

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

EĞİTİM YAPILARINDAKİ İÇ MEKÂNLARIN BİLGİSAYAR SİMÜLASYON
YÖNTEMİ İLE AKUSTİK AÇIDAN İNCELENMESİ, DEĞERLENDİRİLMESİ VE
DÜZENLENMESİ: KTÜ ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar ÖZNER KABİL

HAZİRAN 2018
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun / / gün ve sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan :

Üye :

Üye :

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Eğitim Yapılarındaki İç Mekânların Bilgisayar Simülasyon Yöntemi İle Akustik Açıdan İncelenmesi, Değerlendirilmesi ve Düzenlenmesi: KTÜ Örneği” adlı bu alışma, KTÜ Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) fonu tarafından desteklenen 2009.120.001.1 No’lu proje kapsamında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Tez çalışmam boyunca, bana her zaman destek olan, çalışmamın her safhasında yol gösteren, bilgi ve tecrübelerini paylaşmak için bana daima vakit ayıran çok değerli hocam Doç. Dr. Mustafa KAVRAZ’a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca yüksek lisans eğitimim boyunca maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen annem Fikriye YILMAZ’a, babam Osman YILMAZ’a, kardeşim Yük. Makine Mühendisi Murat YILMAZ’a ve ölçümler sırasında özveri ile yardım edip desteğini esirgemeyen sevgili eşim İnşaat Mühendisi Abdulaziz KABİL’e de teşekkürlerimi sunarım.

Öznur KABİL
Trabzon, 2018

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Eğitim Yapılarındaki İç Mekânların Bilgisayar Simülasyon Yöntemi İle Akustik Açıdan İncelenmesi, Değerlendirilmesi ve Düzenlenmesi: KTÜ Örneği” isimli bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Mustafa KAVRAZ’ ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.29/06/2018

Öznur KABİL

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	iii
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ÖZET	ix
SUMMARY	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xvii
SEMBOLLER DİZİNİ	xx
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.2. Literatür Çalışması	2
1.3. Ses ve Ses ile İlgili Akustik Göstergeler.....	6
1.3.1. Frekans (f).....	7
1.3.2. Periyot / Devir Süresi (T).....	8
1.3.3. Ses Hızı (c).....	8
1.3.4. Dalga Boyu (λ)	8
1.3.5. Genlik (a)	9
1.3.6. Yeğnlik / Ses Şiddeti (I).....	9
1.3.7. Ses Basıncı (P).....	10
1.3.8. Ses Gücü (W).....	10
1.3.9. Toplam Ses Düzeyi.....	10
1.4. Ses ile İlgili Fiziksel Olaylar	12
1.4.1. Sesin Yansıması	13
1.4.2. Sesin Yutulması.....	14
1.4.3. Sesin Kırılması	14
1.5. Hacim Akustiği.....	15
1.6. Konuşma ve Konuşmanın Anlaşılabilirliği	16
1.7. Konuşma Amaçlı Salonlarda İç Mekân Tasarım Parametreleri	16
1.8. Hacim Akustiğinde Ses Parametreleri.....	21

1.8.1.	Sesin Nesnel Parametreleri	21
1.8.1.1.	Ayırt Edilebilirlik (Distinctness) – (D ₅₀)	21
1.8.1.2.	Netlik (Clarity) – (C ₈₀)	22
1.8.1.3.	İlk Yansıma Aralığı (Initial Time Delay Gap) – (ITDG)	23
1.8.1.4.	Merkez Zamanı (Centre Time) – (T _s)	24
1.8.1.5.	Reverberasyon (Yansışım) Süresi (Reverberation Time) – (RT)	25
1.8.1.6.	Erken Düşme Süresi (Early Decay Time)- (EDT).....	29
1.8.1.7.	Bas Oranı (Bass Ratio) - (BR).....	31
1.8.1.8.	Tiz Oranı (Treble Ratio) - (TR)	31
1.8.1.9.	Toplam Ses Basınç Düzeyi (Total Sound Pressure Level) - (SPL).....	31
1.8.1.10.	Toplam Ses Düzeyi - Seslilik (Total Sound Level - Strength)- (G).....	32
1.8.1.11.	Erken Yanal Enerji Oranı (Lateral Energy Fraction)- (LF ₈₀).....	33
1.8.1.12.	Geç Yanal Enerji Oranı (Late Arriving Lateral Energy) - (LG ₈₀).....	33
1.8.1.13.	Ses İletim İndeksi (Speech Transmission Index) - (STI).....	34
1.8.2.	Sesin Öznel Parametreleri.....	36
1.8.2.1.	Canlılık ve Ses Dolgunluğu (Liveness and Fullness of Tone).....	36
1.8.2.2.	Belirginlik veya Netlik (Definition or Clarity)	36
1.8.2.3.	Seslilik (Loudness)	37
1.8.2.4.	Samimilik (Intimacy).....	38
1.8.2.5.	Bas Seslerin Sıcaklığı (Quality of Bass Sound).....	38
1.8.2.6.	Parlaklık (Brilliance)	39
1.9.	Akustik Kusurlar	39
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	41
2.1.	Giriş	41
2.2.	Eğitim Yapılarında Hacim Akustiğinin Bilgisayar Destekli Akustik Simülasyon Yöntemiyle Değerlendirilmesi.....	41
2.3.	Akustik Simülasyon Programının Dayandığı Hesap Yöntemleri.....	42
2.4.	Mekânların 3D Modellerinin Hazırlanması.....	42
2.5.	Simülasyon Programı İçin Yapılan Kabuller	43
2.5.1.	Hacim ile İlgili Kabuller	44
2.5.2.	Kaynak ve Alıcı Noktaları ile İlgili Kabuller	53

2.5.3.	Yüzeylerin Malzemeleri ile İlgili Kabuller.....	55
2.6.	Simülasyon Sonuçlarının Elde Edilmesi Süreci.....	65
2.7.	Simülasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesinde Kullanılan Sesin Nesnel Parametreleri ve Optimum Değer Aralıkları	68
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA	69
3.1.	Giriş	69
3.2.	Elektrik Bölümü 5 No'lu Dersliğin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi	70
3.2.1.	Elektrik Bölümü 5 No'lu Derslik İçin İyileştirme Çalışması.....	72
3.3.	Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarının Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi.....	75
3.3.1.	Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarı İçin İyileştirme Çalışması.....	77
3.4.	Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisinin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi.....	80
3.4.1.	Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisi İçin İyileştirme Çalışması.....	83
3.5.	Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi.....	86
3.5.1.	Fizik Bölümü 4 No'lu Derslik İçin İyileştirme Çalışması.....	89
3.6.	Harita Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisinin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi.....	91
3.7.	Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Dersliğin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi.....	94
3.7.1.	Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Derslik İçin İyileştirme Çalışması	96
3.8.	Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarının Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi.....	99
3.9.	Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarının Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi.....	101
3.9.1.	Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarı İçin İyileştirme Çalışması.....	104
3.10.	Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Dersliğin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi.....	106
3.10.1.	Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Derslik İçin İyileştirme Çalışması	109

3.11.	Orman Mühendisliği D-3 No'lu Dersliğin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi.....	111
3.11.1.	Orman Mühendisliği D-3 No'lu Derslik İçin İyileştirme Çalışması.....	114
3.12.	Orman Endüstri Mühendisliği A2 No'lu Amfinin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi.....	117
3.13.	İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Dersliğin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi.....	119
3.13.1.	İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Dersliğin İçin İyileştirme Çalışması	122
3.14.	Peyzaj Mimarlığı PMD2 No'lu Dersliğin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi.....	125
3.14.1.	Peyzaj Mimarlığı PMD2 No'lu Derslik İçin İyileştirme Çalışması	127
3.15.	İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No'lu Dersliğin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi.....	130
3.15.1.	İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No'lu Derslik İçin İyileştirme Çalışması.....	132
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	136
5.	KAYNAKLAR.....	139
6.	EKLER	144
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

EĞİTİM YAPILARINDAKİ İÇ MEKÂNLARIN BİLGİSAYAR SİMÜLASYON YÖNTEMİ İLE
AKUSTİK AÇIDAN İNCELENMESİ, DEĞERLENDİRİLMESİ VE DÜZENLENMESİ: KTÜ
ÖRNEĞİ

Öznur KABİL

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Mustafa KAVRAZ
2018, 143 Sayfa, 1 Ek Sayfa

Eğitim yapılarına ait mekânlarda eğitimin kalitesi konuşmanın anlaşılabilirliği ile ilgilidir. Eğitimin ve öğretimin temel amacı olan bilgi aktarmanın hedeflendiği bu mekânlarda konuşmanın anlaşılabilirliğinin sağlanması göz ardı edilemez bir akustik konfor koşuludur.

Bu tez çalışmasında, Trabzon İli, Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüsü' nde yer alan toplam on dört adet derslik, amfi ve laboratuvarların akustik konfor koşullarının belirlenebilmesi için bilgisayar simülasyon yöntemi kullanılmıştır. Yapılan çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümünde; literatür taraması yapılarak çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntemi belirlenmiştir. İkinci bölümünde; çalışma kapsamındaki mekânların, bilgisayar destekli akustik simülasyonda kullanmak üzere 3D modellerinin oluşturulabilmesi için rölöveleri alınmış ve rölövelere göre hazırlanan 3D modeller ODEON V10 programına aktarılmıştır. Simülasyon programına aktarılan her bir mekân için ses kaynağı- alıcı ve yüzey malzemeleri ile ilgili kabuller yapıldıktan ve diğer gerekli veriler girildikten sonra program çalıştırılmıştır. Üçüncü bölümde; simülasyon sonucunda sesin nesnel parametrelerine ait değerler elde edilmiş ve bu parametreler optimum değer aralıkları ile karşılaştırılmıştır. İşitsel konfor koşulları yetersiz olan mekânlarda, sesin nesnel parametrelerine ait değerlerin optimum aralıklarda elde edilmediği yüzey malzemelerinde değişiklik yapılarak her bir mekân için çözüm önerileri geliştirilmiştir. Sesin nesnel parametrelerine ait optimum değerlerin elde edilmesi amacıyla bu çözüm önerilerine göre yeniden hazırlanan 3D modeller ODEON V10 programına aktararak simülasyon tekrarlanmıştır. Dördüncü bölümde ise çalışmaya ait sonuçlar ve öneriler belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akustik, konuşmanın anlaşılabilirliği, eğitim yapıları, simülasyon

Master Thesis

SUMMARY

ACOUSTIC ANALYSIS, EVALUATION AND REGULATION OF INTERIOR SPACES OF EDUCATION BUILDINGS WITH COMPUTER BASED SIMULATION METHOD: CASE OF KTU

Öznur KABİL

Karadeniz Technical University

Institute of Science

Architectural Program

Consultant: ASSOC. Prof. Dr. Mustafa KAVRAZ

2018, 143 Pages, Appendix 1

The quality of education is related to the intelligible of speech in the education buildings wherein speaking is important. Providing clarity of speech is an indispensable acoustic comfort condition in those volumes where the main aim of education and training is to transfer information

In this thesis study, a computer simulation was carried out to determine the acoustic comfort conditions of a total of fourteen lecture halls, classrooms and laboratories of Karadeniz Technical University located at the Kanuni Campus of Trabzon province. The study consists of four parts. In the first part; the purpose of study, scope and method has been determined by doing literature review. In the second chapter; the 3D models of the spaces covered by the study were designed to be used in computer aided acoustic simulations. In order to create 3D models, the relievo of the places were taken. 3D models prepared according to the scale were transferred to ODEON V10 program. The software has been run after making assumptions for source, receiver and surface materials and after entering the other datas required for simulation. In the third chapter at the end of the simulation, the values of the objective parameters of the sound were obtained and those parameters were compared with the optimum value ranges. In places where auditory comfort conditions are insufficient, solutions for each place have been developed by doing modifications in the surface materials. In order to obtain the optimum values of the objective parameters of the sound, 3D models re-prepared according to these solution proposals were transferred to ODEON V10 software and the simulation was repeated. In the fourth section, the results and recommendations of the study are mentioned.

Keywords: Acoustics, intelligibility of speech, education buildings, acoustic simulation

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Sinüzoidal ses dalgaları	7
Şekil 2.	Akustikt ile ilgili çalışmalarda dikkate alınan ses frekans alanının dağılımı	7
Şekil 3.	Dalga boyu	9
Şekil 4.	Konuşmacının doğrultusuna göre değişen ses düzey değerleri.....	11
Şekil 5.	Yüzeyden yansıyan, yutulan ve geçen ses dalgası	13
Şekil 6.	Sesin düzlemsel, iç bükey ve dış bükey yüzeylerden yansımaları.....	14
Şekil 7.	Ses kırılmasının şematik gösterimi	15
Şekil 8.	Optimal tavan yüzeyleri	18
Şekil 9.	Salon formu ile yanal seslerin ilişkisi	19
Şekil 10.	D_{50} – Anlaşılabilirlik İlişkisi	22
Şekil 11.	Reverberasyon Süresi (RT) ile Netlik (C_{80}) arasındaki ilişki.....	23
Şekil 12.	Dolaysız sestten sonra gelen seslerin zaman içinde dağılımı.....	24
Şekil 13.	Merkez Zamanı	25
Şekil 14.	Reverberasyon Süresi	26
Şekil 15.	Farklı fonksiyonlara sahip olan mekanlar için optimum RT değerleri	27
Şekil 16.	Düşüş eğrisi üzerinde EDT ve RT'nin belirlenmesi	29
Şekil 17.	Uzun ve kısa EDT süresinin zamana bağlı grafiği	30
Şekil 18.	STI değeri ile konuşmanın anlaşılabilirliği arasındaki ilişki.....	35
Şekil 19.	RASTI yönteminde kabul edilen konuşmanın anlaşılabilirlik oranları.....	36
Şekil 20.	Salonun boyutlarına bağlı olarak ITDG' nin değişimi	38
Şekil 21.	Mimarlık Bölümü MA2 Dersliğinin üç boyutlu modeli	43
Şekil 22.	Elektrik Bölümü 5 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli	44
Şekil 23.	Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarına ait üç boyutlu model ve laboratuvarın görseli	45
Şekil 24.	Elektrik Elektronik Mühendisliği Halis Duman Amfisine ait üç boyutlu model ve amfinin görseli	45
Şekil 25.	Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli	46
Şekil 26.	Harita Mühendisliği Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisine ait üç boyutlu model ve amfinin görseli	47

Şekil 27.	Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli	47
Şekil 28.	Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarına ait üç boyutlu model ve laboratuvarın görseli	48
Şekil 29.	Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarına ait üç boyutlu model ve laboratuvarın görseli	49
Şekil 30.	Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli	49
Şekil 31.	Orman Mühendisliği D-3 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli	50
Şekil 32.	Orman Endüstri Mühendisliği A2 Amfisine ait üç boyutlu model ve amfinin görseli	51
Şekil 33.	İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli	51
Şekil 34.	PMD2 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli.....	52
Şekil 35.	İktisadi ve İdari Bilimler Bölümü 2-S01 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli.....	53
Şekil 36.	Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri.....	70
Şekil 37.	Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	71
Şekil 38.	Oktav band frekanslarda elde edilen D ₅₀ değerleri	71
Şekil 39.	Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri	72
Şekil 40.	Elektrik Bölümü 5 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler.....	72
Şekil 41.	Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri.....	73
Şekil 42.	Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	74
Şekil 43.	Oktav band frekanslarda elde edilen D ₅₀ değerleri	74
Şekil 44.	Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri	75
Şekil 45.	Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri.....	76
Şekil 46.	Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	76
Şekil 47.	Oktav band frekanslarda elde edilen D ₅₀ değerleri	77
Şekil 48.	Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri	77
Şekil 49.	Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarının iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler.....	78
Şekil 50.	Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri.....	79
Şekil 51.	Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	79

Şekil 52.	Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	80
Şekil 53.	Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri	80
Şekil 54.	Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri	81
Şekil 55.	Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	82
Şekil 56.	Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	82
Şekil 57.	Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri	83
Şekil 58.	Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisinin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeleri gösteren modelleri.....	84
Şekil 59.	Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri.....	85
Şekil 60.	Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	85
Şekil 61.	Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	86
Şekil 62.	Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri	86
Şekil 63.	Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri.....	87
Şekil 64.	Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	88
Şekil 65.	Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	88
Şekil 66.	Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri	88
Şekil 67.	Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler.....	89
Şekil 68.	Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri.....	90
Şekil 69.	Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	90
Şekil 70.	Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	91
Şekil 71.	Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri	91
Şekil 72.	Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri.....	92
Şekil 73.	Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	93
Şekil 74.	Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	93
Şekil 75.	Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri	94
Şekil 76.	Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri.....	95
Şekil 77.	Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	95
Şekil 78.	Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	96
Şekil 79.	Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri.....	96
Şekil 80.	Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler.....	97
Şekil 81.	Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri.....	98

Şekil 82.	Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	98
Şekil 83.	Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	98
Şekil 84.	Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri	99
Şekil 85.	Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri	100
Şekil 86.	Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	100
Şekil 87.	Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	101
Şekil 88.	Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri	101
Şekil 89.	Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri	102
Şekil 90.	Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	103
Şekil 91.	Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	103
Şekil 92.	Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri	103
Şekil 93.	Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarının iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler	104
Şekil 94.	Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri	105
Şekil 95.	Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	105
Şekil 96.	Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	106
Şekil 97.	Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri	106
Şekil 98.	Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri	107
Şekil 99.	Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	108
Şekil 100.	Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	108
Şekil 101.	Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri	108
Şekil 102.	Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler	109
Şekil 103.	Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri	110
Şekil 104.	Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	110
Şekil 105.	Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	111
Şekil 106.	Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri	111
Şekil 107.	Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri	112
Şekil 108.	Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	113
Şekil 109.	Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	113
Şekil 110.	Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri	113
Şekil 111.	Orman Mühendisliği D-3 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler	114

Şekil 112. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri.....	115
Şekil 113. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	116
Şekil 114. Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	116
Şekil 115. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri.....	117
Şekil 116. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri.....	118
Şekil 117. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	118
Şekil 118. Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	119
Şekil 119. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri.....	119
Şekil 120. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri.....	120
Şekil 121. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	121
Şekil 122. Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	121
Şekil 123. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri.....	122
Şekil 124. İnşaat Mühendisliği 270 No’lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler.....	122
Şekil 125. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri.....	123
Şekil 126. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	124
Şekil 127. Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	124
Şekil 128. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri.....	124
Şekil 129. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri.....	125
Şekil 130. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	126
Şekil 131. Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	126
Şekil 132. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri.....	127
Şekil 133. Peyzaj Mimarlığı PMD2 No’lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler.....	127
Şekil 134. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri.....	128
Şekil 135. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	129
Şekil 136. Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	129
Şekil 137. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri.....	130
Şekil 138. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri.....	131
Şekil 139. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	131
Şekil 140. Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	132
Şekil 141. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri.....	132

Şekil 142. İktisadi ve İdari Bilimler Bölümü 2-S01 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler.....	133
Şekil 143. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri.....	134
Şekil 144. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri	134
Şekil 145. Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri	135
Şekil 146. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerler	135



TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	Farklı kullanım amacına sahip salon tiplerine göre tavsiye edilen kişi başına düşen hacim miktarı	21
Tablo 2.	AI ile konuşmanın anlaşılabilirliği arasındaki ilişki	34
Tablo 3.	Kaynak ve alıcı noktalarına ait örnek uygulamalar.....	54
Tablo 4.	Elektrik Bölümü 5 No'lu Dersliğin iç mekan yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları	56
Tablo 5.	Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarının iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları	56
Tablo 6.	Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisinin iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları.....	57
Tablo 7.	Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğinin iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları	57
Tablo 8.	Harita Mühendisliği Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisinin iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları.....	58
Tablo 9.	Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Dersliğinin iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları	59
Tablo 10.	Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarının iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları	59
Tablo 11.	Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarının iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları	60
Tablo 12.	Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Dersliğini iç mekân yüzeylerinde kullanılanmalzemeler ve ses yutma katsayıları	61
Tablo 13.	Orman Mühendisliği D-3 No'lu Dersliğinin iç mekân yüzeylerinde kullanılanmalzemeler ve ses yutma katsayıları	61
Tablo 14.	Orman Endüstri Mühendisliği A2 Amfisinin iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları	62
Tablo 15.	İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Dersliğinin iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları	62
Tablo 16.	Peyzaj Mimarlığı PMD2 No'lu Dersliğinin iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları	63
Tablo 17.	İktisadi ve İdari Bilimler Bölümü 2-S01 No'lu Dersliğinin iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları.....	63
Tablo 18.	Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarının iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları	64
Tablo 19.	Odeon V10'dan alınan mekanlara ait simülasyon modelleri.....	65

Tablo 20.	Elektrik Bölümü 5 No’lu Dersliğin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları.....	70
Tablo 21.	Elektrik Bölümü 5 No’lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları	73
Tablo 22.	Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarının mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları.....	75
Tablo 23.	Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarının iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve yüzeylerin ses yutma katsayıları	78
Tablo 24.	Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisinin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları.....	81
Tablo 25.	Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisinin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları	84
Tablo 26.	Fizik Bölümü 4 No’lu Dersliğin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları.....	87
Tablo 27.	Fizik Bölümü 4 No’lu Dersliğin için iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları	89
Tablo 28.	Harita Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisinin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları	92
Tablo 29.	Mimarlık Bölümü MA2 No’lu Dersliğin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları.....	94
Tablo 30.	Mimarlık Bölümü MA2 No’lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları	97
Tablo 31.	Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarının mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları.....	99
Tablo 32.	Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarının mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları.....	102
Tablo 33.	Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarının iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları	104
Tablo 34.	Edebiyat Bölümü D-203 No’lu Dersliğin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları.....	107
Tablo 35.	Edebiyat Bölümü D-203 No’lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları	109

Tablo 36.	Orman Mühendisliği D-3 No'lu Dersliğin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları.....	112
Tablo 37.	Orman Mühendisliği D-3 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları	115
Tablo 38.	Orman Endüstri Mühendisliği A2 No'lu Amfinin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları.....	117
Tablo 39.	İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Dersliğin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları.....	120
Tablo 40.	İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları	123
Tablo 41.	Peyzaj Mimarlığı PMD2 No'lu Dersliğin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları.....	125
Tablo 42.	Peyzaj Mimarlığı PMD2 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları	128
Tablo 43.	İktisadi ve İdari Bilimler Bölümü 2-S01 No'lu Dersliğin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları	130
Tablo 44.	İktisadi ve İdari Bilimler Bölümü 2-S01 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları	133

SEMBOLLER DİZİNİ

A	: Alan (m^2)
BR	: Bas Oranı (Bass Ratio)
C ₈₀	: Netlik (Clarity)
D ₅₀	: Ayırt Edilebilirlik (Distinctness)
EDT	: Erken Düşme Süresi (Early Decay Time)
T	: Periyot / Devir Süresi (sn.)
G	: Toplam Ses Düzeyi- Seslilik (Total Sound Level- Strength)
ITDG	: İlk Yansıma Aralığı (Initial Time Delay Gap)
I	: Yeğlilik / Ses şiddeti (W/m^2)
LF ₈₀	: Erken Yanal Enerji Oranı (Lateral Energy Fraction)
LG ₈₀	: Geç Yanal Enerji Oranı (Late Arriving Lateral Energy)
P	: Ses Basıncı (N/m^2)
RASTI	: Hızlandırılmış Ses İletim İndeksi
RT	: Reverberasyon (Yansıım) Süresi (Reverberation Time)
SPL	: Toplam Ses Basınç Düzeyi (Total Sound Pressure Level)
STI	: Ses İletim İndeksi (Speech Transmission Index)
TR	: Tiz Oranı (Treble Ratio)
T _s	: Merkez Zamanı (Centre Time)
c	: Ses Hızı (m/sn.)
V	: Hacim (m^3)
W	: Ses Gücü (Watt)
λ	: Dalga Boyu (m)
a	: Genlik (m)
f	: Frekans (Hz)
α	: Ses yutma katsayısı

1. GİRİŞ

1.1.Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Eğitim; bireyin davranışında, kendi yaşantısı yoluyla ve kasıtlı olarak istenilen yönde değişim gösterme sürecidir (Ertürk, 1972). Eğitim etkinliklerinin yapıldığı ve temel fonksiyonu bilgi aktarma olan mekânların yapı fiziği gereksinimi bakımından konforlu koşullara ve donanımına sahip olması, eğitim kalitesini de olumlu yönde etkilemektedir. Bu anlamda, eğitim sürecinin devamlılığı ve kalitesinin sürdürülebilirliği açısından, eğitim faaliyetlerinin gerçekleştiği mekânların işitsel konfor koşulları yani akustik kalitesi en önemli tasarım parametreleri arasında yer almaktadır (Karaman ve Üçkaya, 2015).

Bu tez çalışmasında; Trabzon İli Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüsü'nde yer alan derslik, amfi ve laboratuvarın akustik konfor koşullarının belirlenmesi ve iyileştirilmesi için gerekli önerilerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Kampüs içerisinde dengeli dağılım sağlayacak şekilde, büyük hacimli 7 adet (1200-750 m³), orta hacimli 5 adet (750-250 m³) ve küçük hacimli 2 adet (250 m³'den küçük) olmak üzere toplam on dört adet mekân seçilmiştir. Çalışma kapsamındaki mekanların mevcut akustik özellikleri sesin nesnel parametrelerine göre, ODEON V10 programı yardımıyla değerlendirilmiş ve mevcut akustik özellikleri yetersiz bulunan mekanların yüzey malzemelerinde yapılan değişikliklerle akustik özellikleri optimum düzeylerde elde edilmiştir.

Öncelikle, çalışma alanındaki mekânların bilgisayar destekli akustik simülasyonda kullanılmak üzere modellerinin oluşturulabilmesi için rölöveleri alınmış ve rölövelere göre hazırlanan 3D modeller ODEON V10 programına aktarılmıştır. Simülasyon programına aktarılan her bir mekân için ses kaynağı- alıcı ve yüzey malzemeleri ile ilgili kabuller yapıldıktan ve simülasyonun çalışması için gerekli veriler girildikten sonra program çalıştırılmıştır. Simülasyon sonucunda sesin nesnel parametre değerleri elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında, konuşmanın anlaşılabilirliğinde önemli olan reverberasyon süresi (RT), erken düşme süresi (EDT), ayırt edilebilirlik (D₅₀) ve ses iletim indeksine (STI) ait değerler optimum değer aralıkları ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın devamında, işitsel konfor koşulları yetersiz olan mekânlarda, yüzey malzemelerinde değişiklik yapılarak her

bir mekân için çözüm önerileri geliştirilmiştir. Sesin nesnel parametrelerine ait optimum değerlerin elde edilmesi amacıyla bu çözüm önerilerine göre yeniden hazırlanan 3D modeller ODEON V10 programına aktarılarak simülasyon işlemi tekrarlanmıştır. Çalışma sonucunda, çözüm önerilerine göre elde edilen sesin nesnel parametre değerlerinin optimum değerler aralığında olduğu görülmüştür.

1.2. Literatür Çalışması

Karaman ve Üçkaya (2015) tarafından yapılan çalışmada, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nde bir adet stüdyo ve bir adet dersliğin mevcut durumdaki hacim akustiği koşulları öznel ve nesnel yöntemler kullanarak belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda çözüm önerileri geliştirilmiştir. Çalışmada kullanılan öznel değerlendirmeler, öğrenciler tarafından cevaplanan anket soruları ile gerçekleştirilirken, nesnel değerlendirmeler sesin nesnel parametreleri ile gerçekleştirilmiştir. Anket çalışması sonuçlarına göre akustik açıdan problemlili olduğu tespit edilen stüdyo ve derslikte; arka plan gürültü seviyesi, erken düşme süresi (EDT), reverberasyon süresi (RT), ayırt edilebilirlik (D_{50}), ses iletim indeksi (STI) ve hızlandırılmış konuşma iletim göstergesi (RASTI) parametreleri 125 Hz ve 4000 Hz oktav band aralığında yerinde ölçüm metodu ile elde edilmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Ölçümlerde RT'nin kabul edilebilir değer aralığının oldukça üzerinde olduğu, RT ile paralellik göstermesi istenen EDT'nin bazı alıcı noktalarında farklılık gösterdiği, %50' nin üzerinde olması gereken D_{50} parametresinin hemen hemen tüm frekanslarda ve alıcı noktalarında bu değerinin altında olduğu, 0,45'in üzerinde olması istenen STI ve RASTI değerlerinin de sınırın altında olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlara göre hacimlerde konuşmanın anlaşılabilirliğinin sağlanamadığı, sesin düzgün yayılmadığı ve maskeleyen etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle hacimlerin geometrik büyüklüğü ile biçimlerini değiştirmeden, sökülür takılır nitelikte, maliyeti düşük ve mekânların yoğun kullanımına uygun malzemelerin kullanılması önerilmiştir.

Özçetin vd., (2015) tarafından yapılan çalışmada, Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde yer alan sınıfların mevcut durumları akustik konfor koşulları açısından yerinde ölçüm metodu ile incelenmiş, optimum olmayan koşulların iyileştirilmesi için sürdürülebilir yapı malzemelerin kullanılmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur. Sınıflar arasında bulunan mevcut yapı bileşenlerinin gürültü

azaltım düzeyi açısından değerlendirilmesi amacıyla yerinde ölçüm metodu ve Insul 6.4 simülasyon programı kullanılarak yapılan analizleri sonucunda, havada yayılan sese karşı yalıtım performansının mevzuatlara uygun olmadığı tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde, bu durumun duvarlarda kullanılan malzemelerin akustik performanslarından kaynaklandığı sonucuna ulaşılmış ve mevcut yapı elemanlarının sürdürülebilir yapı malzemeleri kullanarak iyileştirilmesine yönelik öneride bulunulmuştur.

Atça vd., (2013) tarafından yapılan çalışmada, İzmir İleri Teknoloji Enstitüsü Matematik Bölümü Amfisinin işitsel, görsel ve ısı konfor koşullarına ilişkin problemleri incelenmiştir. Çalışmada, bu problemlerin başlıca odaklı tasarım yöntemi ile yani daha tasarım aşamasındayken benzetim araçları (simülasyon) kullanılarak kolaylıkla öngörülebileceği ve önlenilebileceği ortaya konulmuştur. Çalışmada, akustik açıdan değerlendirme yapılabilmesi için hem yerinde ölçüm yapılmış ve hem de akustik simülasyon programı (ODEON) kullanılmıştır. ODEON ile elde edilen değerler yerinde ölçüm ile elde edilen değerlerle karşılaştırıldığında sadece 125 Hz’de büyük uyumsuzluk meydana gelmiş diğer frekanslarda ise değerler birbirine yakın olarak elde edilmiştir. 220 kişi kapasiteli amfinin 1100 m³ hacme sahip olması beklenirken mekânın üst örtüsünün çok yüksek tasarlanması nedeniyle 1875m³ olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle yansım süresinin optimum değer aralığının çok üzerinde çıktığı belirtilmiş ve mekânda konuşmanın anlaşılabilirliğinin sağlanamadığı sonucuna varılmıştır.

Gürel (2007) tarafından yapılan çalışmada, Oruç Gazi İlköğretim Okulu yerleşme, bina ve yapı ölçeğinde incelenmiş ardından derslikler öznel ve nesnel olarak değerlendirilmiştir. Nesnel değerlendirme okulun her iki bloğunda 4’er sınıfta seçilen 5 alıcı noktası için elde edilen, reverberasyon süresi (RT), erken düşme süresi (EDT), sesin netliği (C₈₀), ayırtedilebilirlik (D₅₀), sinyal gürültü oranı (SNR) ve hızlandırılmış konuşma iletim göstergesi (RASTI) parametrelerinin 125-4000 Hz oktav band aralıkta yerinde ölçüm metodu ile elde edilen sonuçlarına göre gerçekleştirilirken, öznel değerlendirme okuldaki tüm öğretmen ve öğrencilere yapılan anket çalışması ile yapılmıştır. Çalışmanın devamında anket çalışması ile hacim akustiği ölçüm sonuçları karşılaştırılmış ve akustik performans kriterlerini sağlamadığı sonucuna varılmıştır.

Yerli (2015) tarafından yapılan çalışmada, Ankara İli Çankaya İlçesinde bulunan benzer hacim ve şekildeki farklı malzeme kullanımına sahip, biri özel diğeri tip proje devlet okuluna ait sınıflarda akustik konfor koşulları araştırılmıştır. Belirlenen sınıflarda 9 alıcı nokta için yerinde ölçüm metodu ile reverberasyon süresi (RT), erken düşme süresi

(EDT), sesin netliği (C_{80}), ayırtedilebilirlik (D_{50}), ses iletim indeksi (STI), hızlandırılmış konuşma iletim göstergesi (RASTI) parametreleri ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Değerlendirmede arka plan gürültüsü ve mekanların iç yüzey malzemelerinin bir çok parametreyi olumsuz yönde etkilediği sonucuna varılmış ve yeni tasarlanacak ya da iyileştirme çalışması yapılacak sınıflarda konuşmanın anlaşılabilirliğinin optimum düzeylere çıkarılabilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

Kavraz (2016) tarafından yapılan çalışmada, 540 kişi kapasiteye sahip Bayburt Üniversitesi Konferans Salonunun optimum konfor koşullarını sağlamak amacıyla Mimari Akustik Projesi hazırlanmıştır. Sahnede yer alan konuşmacının sesinin dinleyiciler tarafından doğrudan ya da en az bir yansıtıcı yüzeyden yansiyarak dinleyici alanına ulaşabilmesi hedeflenmiş ve öncelikle salonun formu kontrol ışınları yardımıyla elde edilmiştir. Bu yöntemle hem plan hem de kesit düzleminde elde edilen optimum form yüzeylerinden sonra salonun hem üç boyutlu görsel algısı hem de reverberasyon süresi dikkate alınarak malzeme seçimi yapılmıştır. Ayrıca dış ortamdan gelen sesin mekân içerisindeki dinleyici algısını olumsuz etkileyeceği düşünülerek duvar ve tavanda gürültü yalıtımı sağlanmıştır. Yine Kavraz (2011) tarafından yapılan çalışmada 579 kişi kapasiteye sahip Sultanbeyli Kültür Merkezi Çok Amaçlı Salonu Akustik Projesi hazırlanmıştır. Salonun akustik konfor koşulların sağlanabilmesi için kontrol ışınları yardımıyla ses yansıtıcı elemanların yerleri belirlenmiş ve bu ses yansıtıcı elemanların üzerine ses dağıtıcı elemanlar yerleştirilmiştir. Optimum reverberasyon süresinin elde edilebilmesi için de tavan yüzeyine yakın duvar yüzeylerinde ses yutucu elemanlar yerleştirilmiştir. Salona dış ortamdan ve salon dışındaki iç mekânlardan gelen sesin kontrolü için gürültü yalıtımı yapılmıştır.

İlban (2015) tarafından yapılan çalışmada, Trabzon ve Rize İllerinde bulunan altı adet caminin ibadet bölümlerinin akustik özellikleri incelenmiştir. Çalışmada camilerde akustik simülasyon yöntemi (ODEON) ile reverberasyon süresi (RT), erken düşme süresi (EDT), sesin netliği (C_{80}), ayırt edilebilirlik (D_{50}), ses iletim indeksi (STI) parametreleri 125-4000 Hz oktav band frekans aralığında elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar camilerin doluluk oranlarına göre oluşturulan senaryolar esas alınarak optimum aralıklarla karşılaştırılmıştır. Sesin nesnel parametre değerlerinin optimum olarak elde edildiği ve elde edilmediği durumlar değerlendirilmiş ve her cami için optimum koşulların sağlanabilmesi amacıyla iç mekan yüzey malzemelerinde düzenlemeler yapılması yönünde önerilerde bulunulmuştur. Düzenleme sonrası oluşan akustik koşullar yeniden değerlendirilmiştir.

Rabelo vd., (2014) tarafından yapılan çalışmada, Brezilya Minas Gerais Belo Horizonte'deki 9 devlet okulunda yer alan 18 derslikte ölçülen akustik parametrelere göre öğrencilerin konuşmanın anlaşılabilirliği testindeki performansı analiz edilmiştir. Çalışmada eşdeğer ses basınç seviyesi (L_{eq}), reverberasyon süresi (RT), ses iletim indeksi (STI) parametreleri yerinde ölçüm metodu ile ölçülmüş ve sınıfların çoğunda iyi akustik performans için önerilen standartlara uyulmadığı görülmüştür. %45.4'ü erkek ve yaş ortalaması 9,4 olan 273 öğrenci üzerinde konuşmanın anlaşılabilirliği student-t testi ile yapılmıştır. Elde edilen nesnel parametre değerlerine göre test sonuçları değerlendirilmiştir. Çocukların konuşmanın anlaşılabilirliği testindeki sonuçları incelendiğinde, 60 dB'den küçük ya da eşit eşdeğer ses basınç (L_{eq}) değerine sahip sınıflarda daha anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca çocuklar, ortalama RT değerinin 0.88 sn. ve STI değerinin 0.65 olduğu durumlarda daha iyi performans göstermişlerdir.

Eggenschwiler (2006) tarafından yapılan çalışmada İsviçre Wetzikon şehrinde yer alan Rudolf Steiner School (Waldorf School) binasındaki 12 sınıfın akustik konfor koşulları araştırılmıştır. Araştırmada arka plan gürültüsü, reverberasyon süresi (RT), ses iletim indeksi (STI) parametreleri ölçülmüş ve genel olarak uygun düzeylerde sonuçlar elde edilmiştir. Fakat bazı sınıflarda reverberasyon süresinin kabul edilir alt sınırın biraz altında olduğu görülmüştür. Ölçümlere ek olarak eğitimcilerle anket çalışması da yapılmıştır. Anket sonuçlarına göre eğitimciler sadece konuşmanın anlaşılabilirliğini değil, aynı zamanda müzik yapmak için de akustik koşullardan oldukça memnun olduklarını ifade etmişlerdir. Fakat anket çalışması sonuçlarına göre arka plan gürültüsü ile ilgili olarak olumlu sonuçlar elde edilememiştir.

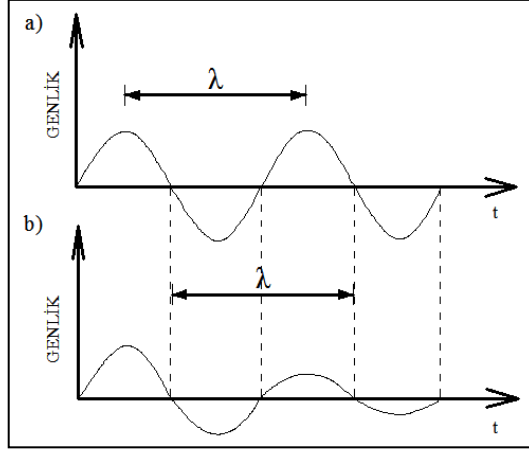
Awad vd., (2012) tarafından yapılan çalışmada Mısır'ın İskenderiye kentindeki bir kamu ve iki özel üniversiteye ait eğitim alanlarının akustik performansı değerlendirilmiştir. Her sınıfta ölçülen ses seviyesi, arka plan gürültüsü, sinyal-gürültü oranları ve reverberasyon süresi (RT) değerleri Amerika Birleşik Devletleri'ndeki sınıfların akustik özellikleri için Amerika Ulusal Standartlar Enstitüsü tarafından geliştirilen kriterler ile karşılaştırılmıştır. Değerlendirmede üç yöntem kullanılmıştır. B&K 2250 SLM ve Odeon akustik simülasyon programlarıyla ölçümler, Sabine ve Eyring formülleriyle matematiksel hesaplamalar yapılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda, sınıflarda akustik tasarım eksikliği olduğu sonucuna varılmıştır. Yüksek reverberasyon değerine neden olan malzemelerin yerine sınıfların akustik kalitesini iyileştirmek için bazı basit ve uygulanabilir önerilerde bulunulmuştur ve öneriler önemli iyileştirme göstermiştir.

Escobar ve Morillas (2015) tarafından yapılan çalışmada, Extremadura Üniversitesi'ndeki 17 oditoryum ve konferans salonlarında nesnel değerlendirme; ölçülen arka plan gürültü seviyesi, reverberasyon süresi (RT), ses iletim indeksi (STI) nesnel parametre değerlerine göre, öznel değerlendirme ise konuşma testleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen öznel ve nesnel veriler arasındaki ilişkiler incelenmiştir. STI parametresinin mekânlardaki sesin anlaşılabilirliğini değerlendirmede iyi bir gösterge olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca arka plan gürültü seviyeleri ve reverberasyon süresi değerleri ile STI arasındaki ilişkiler de incelenmiştir.

1.3. Ses ve Ses ile İlgili Akustik Göstergeler

Fiziksel açıdan, elastik bir ortamdaki parçacıkların belirli bir basınç altında yer değiştirmesi olarak ifade edilen ses; ortamın özgül ağırlığına, esnekliğine ve koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Fizyolojik açıdan ses; bir basınç akımı ile insan kulağında uyandırılan işitsel bir duygu olarak ifade edilmektedir (Karabiber, 1992).

Kaynağın titreşimi, onu çevreleyen ortamda bulunan moleküllerin sıkışması ve gevşemesiyle ortamda basıncın değişmesine ve hareketin bir molekülden diğerine iletilmesine neden olmaktadır. Ortam basıncındaki bu değişmeler sonucunda ses dalgası meydana gelmektedir. Bir ses dalgasının zamana bağlı grafiği sinüzoidal bir iz vermektedir. Sürekli çalışan bir ses kaynağının oluşturduğu sönmeyen sinüzoidal dalga izi Şekil 1.a'da yer alırken, sönen bir ses kaynağının oluşturduğu sinüzoidal dalga izi ise Şekil 1.b'de yer almaktadır (Abdulrahimov, 2005).

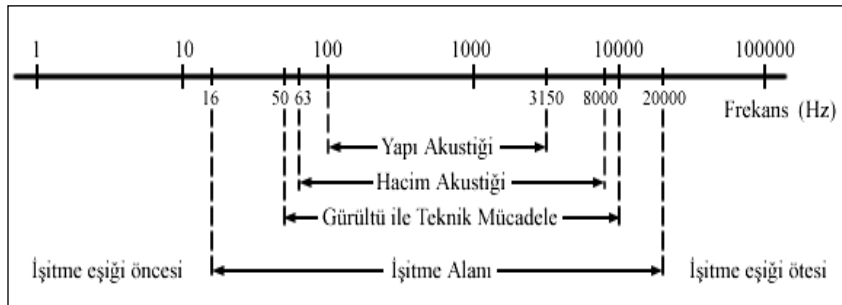


Şekil 1. Sinüzoidal ses dalgaları

a) Sönmeyen sinüzoidal dalga, b) Sönen sinüzoidal dalga (Abdulrahimov, 2005)

1.3.1. Frekans (f)

Bir parçacığın birim zamandaki (saniye) tekrarlanma sayısı olarak tanımlanmaktadır. Frekans “f” harfi ile gösterilmektedir ve birimi Hertz (Hz)’dir (Özer,1979). Her canlının işitsel açıdan frekans sınır değerleri farklıdır. İnsanlar için bu değer 16-16.000 Hz aralığında olup 16.000 Hz’den yüksek değerlerdeki sesler ses üstü olarak ifade edilirken, 16 Hz’den daha düşük değerlerdeki sesler ise ses altı olarak ifade edilmektedir. Bu sınırlar dışındaki sesler insan kulağı tarafından işitsel olarak algılanamamaktadır. İnsanların işitsel olarak en iyi algıladıkları frekans 1000 Hz ve ona çok yakın olan frekanslardır (Abdulrahimov, 2005). Şekil 2’de akustik açıdan yapılan çalışmalar kapsamında dikkate alınan frekans aralıkları genel olarak belirtilmiştir (Özer, 1979).



Şekil 2. Akustik ile ilgili çalışmalarda dikkate alınan ses frekans alanının dağılımı (Özer, 1979)

Oda akustiği ile ilgili yapılan çalışmalar kapsamında oktav band frekanslar değerlendirmeye alınıp bu çalışma kapsamında 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz oktav band frekanslar için değerlendirmeler yapılmıştır.

1.3.2. Periyot / Devir Suresi (T)

Bir ses dalgasının oluşması için geçen zaman olarak tanımlanmakta olan “periyot” “T” harfi ile gösterilmekte olup birimi saniye (sn.)’dir. Periyot;

$$T=1/f, \text{ sn.} \quad (1)$$

formülü ile elde edilmektedir. Burada;

T :Devir suresi (sn.)

F :Frekans (Hz), dır (Erol, 2006).

1.3.3. Ses Hızı (c)

Ses dalgalarının ortam içerisindeki yayılma hızı olarak tanımlanmaktadır. Ses hızı “c” harfi ile gösterilmektedir ve birimi m/sn. ’dir. Sesin yayılma hızı sıcaklık, basınç ve neme bağlı olarak değişmekte olup, 20°C oda sıcaklığındaki hızı 340 m/sn.’dir (Karabiber,1991).

1.3.4. Dalga Boyu (λ)

Ses dalgasının iki basınç veya iki gevşeme bölgesi arasındaki dik uzaklık olarak tanımlanmaktadır (şekil 3). Dalga boyu, hem titreşim hareketinin özelliklerine hem de ortamın özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. “ λ ” harfi ile gösterilmekte olup birimi metre (m)’dir. Dalga boyu;

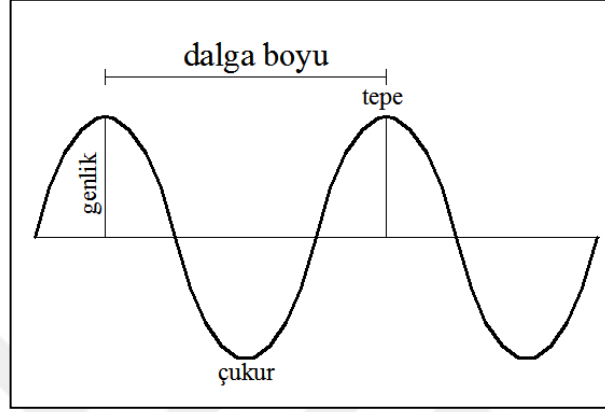
$$\lambda = c. T= c/f, \text{ m.} \quad (2)$$

formülü ile elde edilmektedir. Burada;

λ :Dalga boyu (m)

c :Sesin yayılma hızı (m/sn.)

f :Frekans (Hz), dır (Abdülrahimov, 2005).



Şekil 3. Dalga boyu (URL-1, 2018)

1.3.5. Genlik (a)

Titreşen bir taneciğin maksimum ayrılması titreşimin genliği olarak tanımlanmaktadır. Genlik “a” harfi ile ifade edilmekte olup birimi metre (m)’dir. Genliğin, insan kulağının algılayabildiği alt sınırı 0,1 μm , üst sınırı ise kulağın zarar görme sınırı olan 100 μm ’ dir (Erol, 2006).

1.3.6. Yeğnlik / Ses Şiddeti (I)

Yayıma doğrultusundaki birim alandan, birim zamanda geçen ses enerjisi olarak tanımlanan ses şiddeti; parçaların genliklerine, ortamın yoğunluğu ile sesin frekansına ve hızına bağlı olarak değişmektedir. “I” harfi ile gösterilen yeğnliğin birimi W/m^2 ’dir. Yeğnlik;

$$I = p^2 / \rho c, \text{W/m}^2 \quad (3)$$

formülü ile elde edilmektedir. Burada;

- I :SesSEL yeğinlik (W/m^2)
 p :Akustik basınç ($Pa= N/m^2$)
 ρ :Özgöl ağırlık (kg/m^3)
 c :Sesin yayılma hızı (m/sn.), dır (Karabiber, 1991).

1.3.7. Ses Basıncı (P)

Ses dalgasının yayılması esnasında, ortamda herhangi bir noktadaki hava basıncının atmosferin normal basıncından farkı olarak tanımlanan ses basıncı “p” harfi ile gösterilmekte olup birimi N/ m^2 ’dir. Ses basıncı;

$$P= c^2 \cdot P, N/m. \quad (4)$$

formülü ile elde edilmektedir. Burada;

- P :Ses basıncı (N/m^2)
 ρ :Ortamın yoğunluğu (kg/m^3)
 c :Sesin hızı (m/sn.), dır (Abdülrahimov, 2005).

1.3.8. Ses Gücü (W)

Bir ses kaynağının birim zamanda ortama yaydığı toplam ses enerjisi kaynağın ses gücünü ifade etmekte olup “W” harfi ile gösterilmektedir. Ses gücünün birimi Watt (W)’dır (Abdülrahimov, 2005).

1.3.9. Toplam Ses Düzeyi

Dolaysız ve yansımış ses alanlarından oluşan kapalı bir hacmin herhangi bir noktasındaki toplam ses düzeyi; yansımış ses düzeyi ile o noktadaki dolaysız ses düzeyinin toplamı olarak tanımlanmaktadır (Özçevik, 2005).

Hacimdeki ses çeşitli bileşenlerden oluşmaktadır. Bunlar;

Dolaysız ses: Kaynaktan çıktıktan sonra hiçbir yüzeyden yansımada dinleyiciye doğrudan ulaşan ses olarak tanımlanmaktadır (Karabiber, 1991). Dolaysız ses;

$$SPL_d = SWL + 10 \log(Q/4 \pi d^2), \text{ dB} \quad (5)$$

formülü ile elde edilmektedir. Burada;

SPL_d :Dolaysız ses düzeyi (dB)

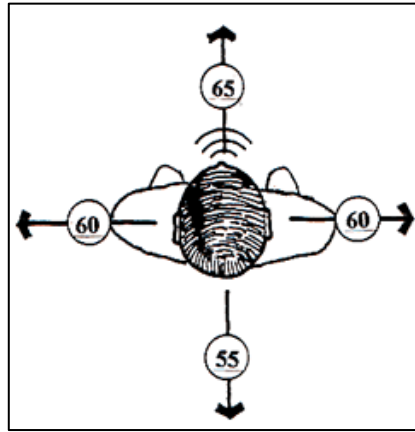
SWL :Ses gücü düzeyi (dB)

Q :Doğrultululuk çarpanı

d :Kaynak- alıcı uzaklığı (m)'dir (Karabiber, 1991).

Denklem 5'de görüldüğü gibi ses kaynağı ile alıcı arasındaki mesafenin artması toplam ses düzeyinde azalmaya neden olmaktadır (Sirel, 2000).

Ses düzeyinin mesafenin artışıyla birlikte azalmasının yanı sıra ses kaynağının doğrultusunun değişmesi de anlaşılabilirliğin azalmasında önemli rol oynamaktadır. Bu konuda yapılan araştırmalarda konuşmacı başını 90 derece çevirdiğinde mekânda konuşmanın anlaşılabilirliğinin azaldığı; 180 derece çevirdiğinde ise ilk yansımaların olmaması durumunda anlaşılabilirliğin mümkün olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4) (Bradley, Sato ve Picard, 2003).



Şekil 4. Konuşmacının doğrultusuna göre değişen ses düzeyi değerleri (URL-2, 2018)

İlk Yansıyan Sesler: Ses kaynağından çıkıktan sonra herhangi bir yüzeyden bir kez yansıyarak dinleyiciye ulaşan ses olarak tanımlanmaktadır (Irvine ve Richards, 1998). İlk yansımalar dinleyicilerin dinlediklerini anlama düzeyinde olumlu yönde etki sağlamaktadır. Bu nedenle ilk yansıyan sesler eğitim mekanlarında anlaşılabilirlik açısından önemlidir (Önder vd., 2012).

Yansıymış Sesler: Kapalı bir hacimde kaynaktan çıktıktan sonra birçok yüzeyden birçok defa yansıyarak dinleyiciye ulaşan ses topluluğu olarak tanımlanmaktadır. Yansıymış sesler;

$$L_p = L_w + 10 \log (4/A), \text{ dB} \quad (6)$$

formülü ile elde edilmektedir. Burada,

L_w :Hacimde ölçülen ses düzeyi (dB)

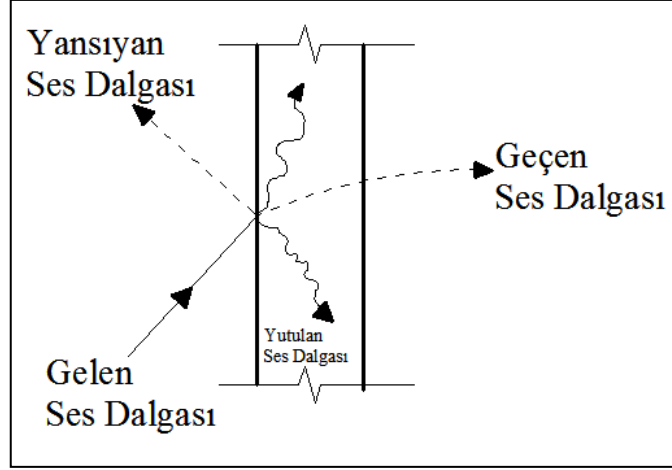
A :Toplam yutuculuk değeri (m^2)'dir (Kurtulan, 2009).

Fon Gürültüsü: Hacim içindeki dinleyiciler ile iç ve dış gürültü kaynaklarının oluşturduğu toplam ses düzeyi olarak tanımlanmaktadır. Dış kaynaklı gürültü; araç trafiği gürültüsü, inşaat gürültüsü, atmosferik koşullar nedeniyle oluşan gürültü, insan gürültüsü vb.'den oluşurken, iç kaynaklı gürültü; insan sesi, yapı teknik tesisatından gelen gürültü (ısıtma, aydınlatma vs.), mobilyalardan gelen gürültü vb.'den oluşmaktadır (Karaman ve Üçkaya, 2015).

Eğitim yapılarında sesin nesnel parametre değerleri ile fon gürültüsü düzeyi öğrenci ve eğitimci arasındaki işitsel algının sağlıklı bir biçimde işleyebilmesinde büyük rol oynamaktadır. Eğitim mekânlarında gürültülü bir ortamın varlığı eğitimcilerde ve öğrencilerde fizyolojik, psikolojik ve işitsel sorunlara neden olmaktadır (Kavraz, 2015).

1.4. Ses ile İlgili Fiziksel Olaylar

Fiziksel bir ortamda yayılan ses enerjisi bir engelle karşılaştığında; enerjinin bir kısmı bu engelin yüzeyinden yansımakta, bir kısmı engeli geçmekte, diğer bir kısmı ise engelde yutulmaya uğramaktadır (Şekil 5).

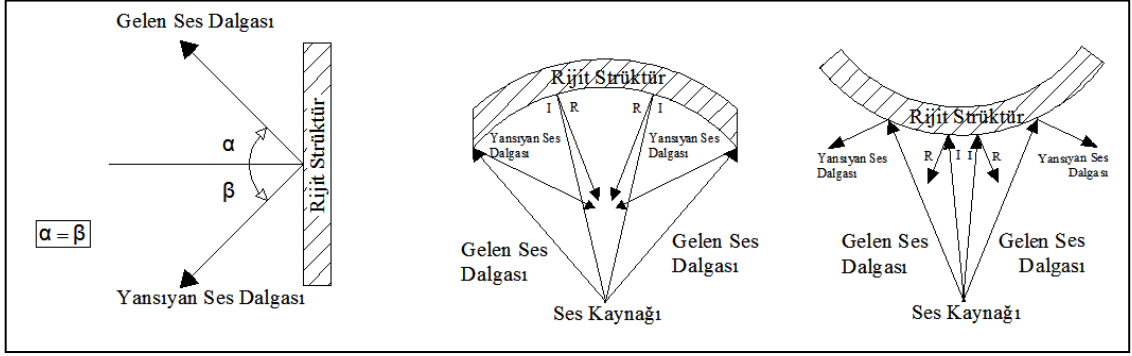


Şekil 5. Yüzeyden yansıyan, yutulan ve geçen ses dalgası (Cowan, 2000)

1.4.1. Sesin Yansıması

Sesin yansıması çoğunlukla ışığın yansıması gibidir ve yansıma düzgün ya da yayınlık şekilde olmaktadır. Yansıtıcı yüzeyin girinti, çıkıntı ve pürüzleri yüzeye çarpan ses dalgasının dalga boyundan küçükse yansıma düzgün, eşit veya büyükse yansıma yayınlık olmaktadır. Yayınlık yansımada yansıyan ses dalgası, gelen ses dalgasının doğrultusuyla bazen az ilgili, bazen ilgili olmayan doğrultularda yayılmaktadır (Sirel, 1974).

Yüzeyler üzerine gelen ses dalgaları yüzeyin geometrik formuna bağlı olarak farklı şekillerde yansımaktadır. Düzlem yüzeylerin üzerine gelen ses dalgaları yüzeylerin normali ile eşit açı yaparak yansımaya uğramaktadır. Ses dalgasının yansıması için yansıtıcı yüzeyin boyunun dalga boyundan büyük olması gerekmektedir. Aksi halde sesin yansıma açısı geliş açısına eşit olmamakta ve ses saçılarak dağılmaktadır. İç bükey yüzeylerin üzerine gelen ses dalgaları yüzeylere çarptığı noktanın teğetinin normaline eşit açı yaparak yansımaktadır. Bu durum odaklanmaya neden olmaktadır. Dış bükey yüzeylerin üzerine gelen ses dalgaları ise yüzeylere çarptığı noktanın teğetinin normaline eşit bir yansıma yaparak yansımaktadır. Bu durumda da ses etrafa yaygın şekilde yansımaktadır (Şekil 6) (Çalışkan, 2008).



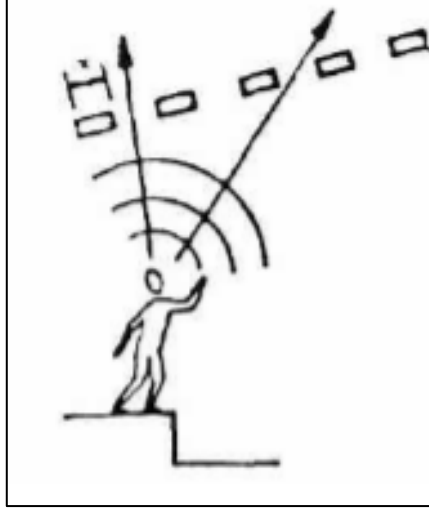
Şekil 6. Sesin düzlemsel, iç bükey ve dış bükey yüzeylerden yansımaları (Çalışkan, 2008)

1.4.2. Sesin Yutulması

Ses enerjisinin yüzeye çarptıktan sonra emilerek ısı enerjisine veya titreşerek hareket enerjisine dönüşmesi olayı sesin yutulmasını ifade etmektedir. Yüzeylerin ses yutma katsayısı, yüzeylere gelen ses enerjisinin yüzdelik yutulma oranını ifade etmekte ve α ile gösterilmektedir. Ses yutma katsayısı 0 ile 1 arasında değişmektedir. Örneğin, 500 Hz frekansta üzerine gelen sesin % 65'ini yutup, % 35'ini yansıtan akustik bir malzemenin 500 Hz' deki ses yutma katsayısı 0.65 'tir. Ses yutma katsayısı, malzemenin özelliklerinin yanı sıra ses dalgasının geliş açısına ve frekansa göre değişmektedir. Bir yüzeyin ses yutuculuğu, sahip olduğu ses yutma katsayısı ile yüzey alanının çarpımı sonucu elde edilmektedir (Erol, 2006).

1.4.3. Sesin Kırılması

Sonlu büyüklükteki bir cisme çarpan sesin dalga boylarının cismin boyutlarından daha uzun olduğu durumlarda, cisim etrafından dolaşarak herhangi bir yansımaya uğramadan yollarına devam etmeleri sesin kırılması olarak tanımlanmaktadır (Şekil 7). Bu olay özellikle uzun dalga boyuna sahip düşük frekanslı seslerde gözlemlenmektedir (Çalışkan, 2008).



Şekil 7. Ses kırılmasının şematik gösterimi (Erol, 2006)

1.5. Hacim Akustiği

Ses dalgalarının oluşumu, iletimi, etkileri ve işitme ile ilgili konuları inceleyen ve uygulama olanaklarını araştıran bilim “Akustik” olarak adlandırılmaktadır (Doğan ve Yalçın, 2017). Mimari Akustiğin ilgilendiği konular; “Gürültü Denetimi ” (Yapı Akustiği) ve “Hacim Akustiği” olmak üzere iki temel bölümde değerlendirilmektedir. Yapı Akustiği; istenmeyen seslerin ve gürültünün azaltılmasını ya da dış kaynaklı seslerin kontrol altına alınmasını amaçlarken, Hacim Akustiği ise; açık veya kapalı bir hacim içerisinde, istenilen seslerin üretilmesi, iletilmesi ve algılanmasını sağlayarak işitsel konforu arttıracak koşulları elde etmeyi amaçlamaktadır (Kurtulan, 2009).

Hacim Akustiği, işitsel faaliyetlerin yapıldığı kongre, konferans, konser salonları ile hem işitsel hem de görsel faaliyetlerin bir arada yapıldığı tiyatro, opera ve sinema salonları gibi mekânlarda kaynaktan çıkan sesin dinleyici alanına en uygun şekilde iletilmesini hedeflemektedir (Çalışkan, 2008).

Hacim Akustiği ile ilgili uygulamaların temelleri eski Yunan ve Roma medeniyetlerinde inşa edilen tiyatro yapılarına kadar uzanmaktadır. Özellikle 19. yüzyılda bilim olarak görülmeye başlanmış ve akustikle ilgili yazılı eserlerin sayısı artmıştır. Dönemin en önemli eserlerinden biri Lord Rayleigh’nin 1894 ve 1896 tarihli “Theory of Sound” (Sesin Teorisi) adlı kitabıdır. Ancak hacim akustiğinin bilime dönüşmesi 19. yy sonunda Harvard’lı genç fizikçi Walter Clement Sabine’in reverberasyon süresinin hacmin akustik koşulları üzerindeki etkisini elde etmesiyle başlamıştır (Kurtulan, 2009).

Hacim Akustiğı mekân içinde yayılan seslerin (konuşma-müzik) dinleyicilere en uygun şekilde iletilmesini amaçlamaktadır. Bu amaç eğitim yapılarında daha büyük önem taşımaktadır. İletişim konsepti üzerine kurulu bu yapılarda görsel algılamayla beraber işitsel algılamanın etkinliği, konuşma ve konuşmanın anlaşılabilirliği konuları üzerinde ayrıntılı bir şekilde durulması gerekliliğini ortaya koymaktadır (Özçevik, 2005).

1.6. Konuşma ve Konuşmanın Anlaşılabilirliği

Konuşma tempolu bir ses biçimi olup, düzenli ve düzensiz seslerin birbirini izlemesinden oluşmaktadır. Düzenli sesler, belli bir frekansı ve uyumu olan yani notası belirlenebilen seslerden oluşmaktadır. Düzensiz sesler ise, notası belirlenemeyen seslerdir ve bu seslerde en inceden en kalına kadar bütün frekanslar bulunmaktadır. Düzensiz seslerin akustik enerji dağılımı belli kuralları izlememektedir ve daha çok gürültü niteliğindedir. Konuşma esnasında, alçak frekanslı sesli harfler içeren düzenli sesler ile yüksek frekanslı sessiz harfler içeren düzensiz sesler konuşma süresince birbirini takip etmektedir (Lawrence, 1989)

Mekânlarda yayılan seslerin (konuşma-müzik) dinleyicilere işitsel algı sınırları içinde iletilmesi eğitim yapılarında büyük önem taşımaktadır. Görsel algılamanın yanı sıra işitsel algılamanın etkin olduğu eğitim yapılarında konuşmanın; zorlanmadan, yorulmadan, eksiksiz ve doğru bir şekilde algılanabilmesi, yeterli anlaşılabilirlik koşullarının yani işitsel konforun göstergesidir (Özçevik, 2005).

Eğitim amaçlı mekânlarda, akustik koşullar düşünülerek işitsel konforun sağlanması hem öğrenciler hem de eğitimciler açısından önemli bir tasarım kriteridir. Bu bağlamda; eğitim süresinin kesintisiz ve istenilen nitelikte sürdürülebilmesi, anlatılan ya da tartışılan konunun öğrenilebilmesi için ilk aşama eğitimcilerin konuşmalarının anlaşılabilir olmasıdır (Karaman ve Üçkaya, 2015).

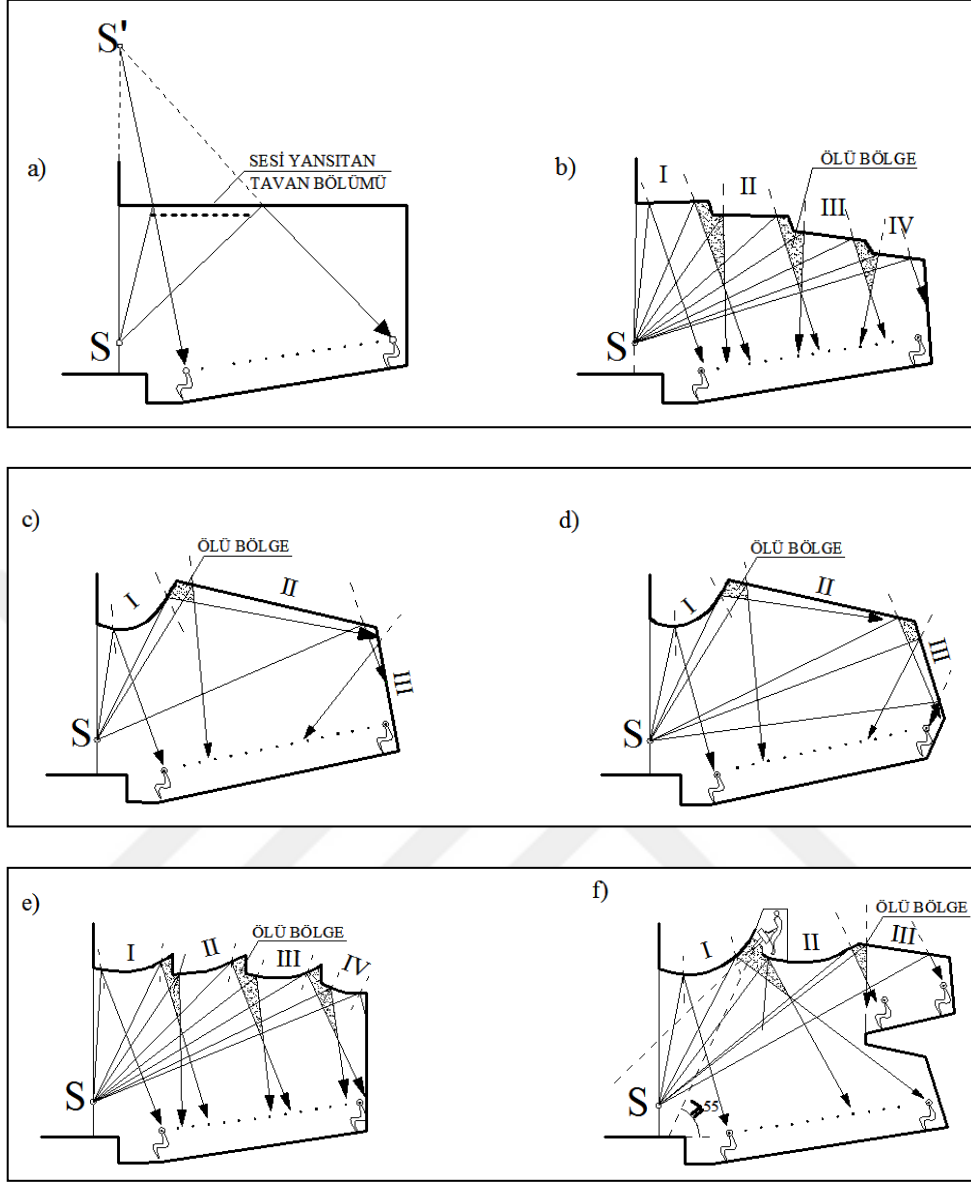
1.7. Konuşma Amaçlı Salonlarda İç Mekân Tasarım Parametreleri

Eğitim yapıları gibi işitsel açıdan önemli, özellikle konuşma amaçlı hacimleri fazla olan yapılarda konuşmanın doğru ve düzgün anlaşılabilmesi en önemli tasarım kriteridir.

Konuşma amaçlı kullanılan mekânlarda (salonlarda) istenilen işitsel algının sağlanabilmesi için bazı koşulların sağlanması gerekmektedir. Bu koşullar;

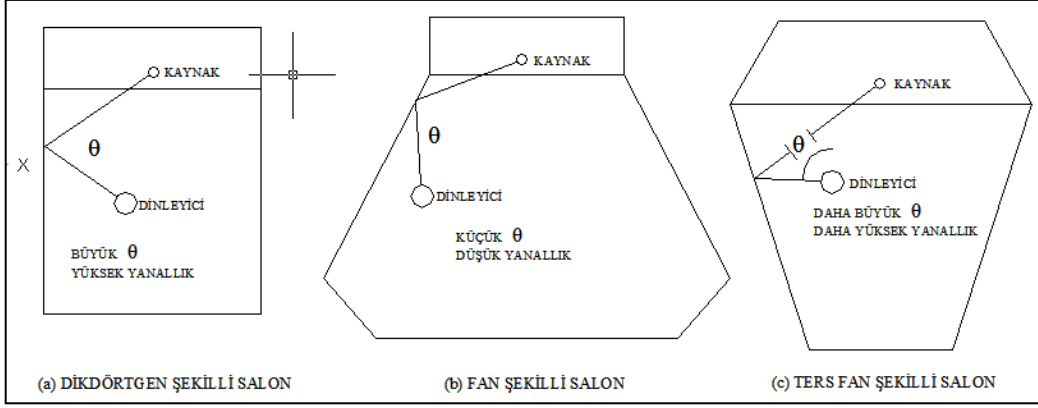
- Salonlarda ses yüksekliği her yerde yeterli ve aynı düzeyde olmalı,
- Salondaki tüm dinleyici alanında ses enerjisi homojen olarak dağıtılmalı,
- Salonlarda optimum reverberasyon süresi sağlanmalı,
- Konuşmanın anlaşılabilirliğini engelleyebilecek arka plan gürültüsü minimum seviyede tutulmalı,
- Eko, titreşimli ekolar, odaklanma, ses gölgesi ve oda rezonansı gibi akustik kusurlar önlenmeli,
- Ses düzeyi ile dinleyicinin işitsel olarak algıladığı arka plan gürültü düzeyi arasındaki oranı veren sinyal/gürültü oranı yüksek olmalı,
- Ses kaynağı ile dinleyici arasındaki mesafe, ses dalgasının dinleyiciye ulaşmaya kadar ses enerjisini belirli düzeyin üzerinde kaybetmeyecek mesafede tasarlanmalıdır (Long, 2006).

Salonun Formu: Salonda doğal akustiğin sağlanması; salonun hacmine, geometrik formuna, ses kaynağına yakın yüzeylerin geometrisine ve yüzeylerde yer alan malzeme türüne bağlıdır. Salona ait duvar ve tavan formu seçilirken, bu yüzeylerden yansıyan ses enerjisinin az bir gecikme süresi ve büyük enerji ile dinleyici alanına ulaşabilmesi hedeflenmelidir. Burada bahsedilen gecikme süresi; yüzeylerin ve dinleyicilerin ses kaynağına olan uzaklığına, yansıyan sesin enerjisi ise; yüzeylerin malzeme seçimine bağlıdır. Tavan yüzeyinden yansiyarak gelen sesler bir kez yutulmaya maruz kaldıkları için diğer yansıyan seslere göre daha yüksek enerji taşımaktadırlar. Bu nedenle tavanın tamamen yansıtıcı olarak tasarlanması yansıyan seslerin etkisi açısından büyük avantaj sağlamaktadır. Şekil 8a'daki gibi bütün olarak yatay yüzeyli tavan alanının yarısı yansıtıcı olarak çalışmadığı için tavan formu Şekil 8b, c, d, e, f'deki gibi parça parça ya da dışbükey yansıtıcı parçalardan oluşacak şekilde tasarlanmalıdır (Abdülrahimov, 2005). Bu formların seçilmesi kontrol ışınları yardımıyla yapılmaktadır. Kontrol ışınlarıyla; plan düzleminde salonun yan duvarlarının açılı, kesitte ise tavanda kullanılan elemanların açılı belirlenmektedir. Uygun şekilde tasarlanan yan duvarların ve tavan yüzeylerinin eğimleri ile yansıyan ses enerjisinin dinleyici alanına eşit şekilde iletilmesini sağlamaktadır (Kavraz, 2010).



Şekil 8. Optimal tavan yüzeyleri a) Yatay yüzeyli, b) Parçalı yassı, c) Parçalı dışbükey, d, e, f) Karışık yüzeyli (Abdülrahimov, 2005)

Yanal yansımalar genellikle yan duvarlar tarafından yansıtılarak dinleyici alanına ulaşmaktadır. Bu nedenle dikdörtgen şekilli salonlar yelpaze şekilli salonlara göre daha iyi düzeyde yanal yansımalara sahiptir. Ters yelpaze şekilli salonlarda ise, yanal yansımaları dikdörtgen şekilli salonlara göre daha etkili düzeyde gerçekleşmektedir (Şekil 9) (Mehta vd., 1999).



Şekil 9. Salon formu ile yanal seslerin ilişkisi (Mehta vd., 1999)

Doğal akustiğe sahip salonlarda formun seçilmesinin yanı sıra değişik yüzeylerden yansiyarak gelen ses enerjisinin uygun gecikme ile dinleyiciye ulaşması, düşey düzlemde yerleştirilen ses dağıtıcılarla ses enerjisinin saçılması, salonun reverberasyon süresinin farklı oktav band frekanslarda optimum değerde olması, kişi başına düşen hacim miktarının optimum sınırlar içinde olması iyi bir akustik ortam için gerekli koşullardır (Kavraz, 2010).

Sahne ve Dinleyici Alanı: Salon ister konuşma isterse müzik amaçlı olsun her iki durumda da dinleyicilerin sahneyi net bir şekilde görebilmesi ve konuşmacının sesinin kesintiye uğramadan rahatça dinleyici alanına ulaşabilmesi gerekmektedir. Bunun için sahnenin yükseltilmesi, dinleyici alanının parabolik ya da çizgisel olarak eğimli hale getirilmesi, dinleyici alanının kademelendirilmesi ve balkon uygulaması sesin ulaşılabilirliği açısından etkili sonuçlar sağlamaktadır (Kurtulan, 2009).

Sahnenin yükseltilmesi durumunda birinci sıradaki dinleyicinin göz seviyesinden sahne tabanını görebilmesi için maksimum sahne yüksekliği 1.05 m olmalıdır. Konuşma amaçlı salonlarda altı dolu betonarme döşeme, müzik icra edilen salonlarda alçak frekanslardaki sesi yükseltmek için altı hava ile dolu yükseltilmiş (200 mm veya daha fazla) ahşap döşemeli sahne tercih edilmelidir. Kademelendirilmiş dinleyici alanının döşeme eğimi arttıkça ve sahne yükseldikçe dinleyici alanı daha yüksek düzeyde ses almaktadır. Döşemenin düz olduğu durumlarda ise sahne ile dinleyici arasındaki mesafe artıkça ses düzeyi düşmekte ve arka tarafta oturan dinleyici alanında akustik konfor koşulları sağlanamamaktadır. Fakat dinleyici alanındaki her dinleyici ile sahne arasında net bir görüş hattı varsa eğimli döşemeye gerek kalmadan düz döşeme uygulanabilmektedir.

Genellikle küçük salonların dışındaki tüm salonlarda eğimli döşeme tercih edilmektedir. Bir salonda döşemenin eğimli olması sadece görsel sebeplerden dolayı değil akustik konfor koşulları açısından da önemlidir. (Mehta vd., 1999).

Geniş salonlarda konuşmacı ile dinleyici arasındaki gerekli mesafenin sağlanabilmesi için balkon uygulaması yapılmaktadır. Balkon uygulaması ile dinleyiciler sahneye yaklaşmış olmasına rağmen akustik bir kusur olan akustik gölge etkisi oluşabilmektedir. Bu etkinin oluşmaması için balkon derinliği, yüksekliğinin iki katından fazla olmamalıdır (Egan, 1988).

Ses Kaynağı ile Dinleyici Arasındaki Mesafe: Dolaysız ses düzeyinin ses kaynağı ile dinleyici arasındaki yol boyunca azalımı, mesafenin artması ve düşük miktarda da olsa hava tarafından emilmesiyle gerçekleşmektedir. Mesafenin artmasıyla konuşmanın anlaşılabilirliği de azalmaktadır. Konuşmanın anlaşılabilirliği için ses kaynağı ile dinleyici arasındaki mesafenin azaltılması sadece akustik açıdan değil görsel açıdan da önemlidir. Ayrıca, dinleyicilerin konuşmacının yüz ifadelerini, el kol hareketlerini ve belirli ölçüde dudak hareketlerini görebilmesi, konuşmanın anlaşılabilirliği açısından önem taşımaktadır. Ortalama bir insan için; 12 m'den uzakta yüz ifadelerini, 20 m'den uzakta el kol hareketlerini, 30 m'den uzakta ise vücut hareketlerini görmek güçleşmektedir. Bundan dolayı, sahne ile en uzaktaki dinleyici koltuğun arasındaki mesafenin toplantı salonları için en fazla 25 m, tiyatro salonları için ise 20 m olması önerilmektedir (Mehta vd., 1999).

Salonun Hacmi: Salon hacminin yüksek değerlerde olması, yansıyan seslerin yolunun uzamasına ve ses düzeyinin azalmasına neden olmaktadır. Bundan dolayı koltuk başına düşen hacim azaldıkça, her bir dinleyiciye gelen ses enerjisi miktarı da artmaktadır. Bunun yanı sıra reverberasyon süresi ile hacim arasındaki ilişki doğru orantılı olduğundan, küçük hacimli mekanlarda optimum reverberasyon süresini elde etmek için daha az ses yutulmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Salondaki yüzeylerin yansıtıcı olması ses düzeyinin artmasına neden olmaktadır. Konuşmanın anlaşılabilirliğinin öncelikli olduğu konferans salonunda diğer salonlara kıyasla kişi başına düşen hacim miktarı en düşük değerdedir (Tablo 1) (Doelle, 1972). Farklı kullanım amacına sahip salon tipleri için tavsiye edilen kişi başına düşen hacim miktarları farklı akustikçiler tarafından yapılmış olan çalışmalarda farklı değer aralıklarında önerilmiştir (Abdülrahimov, 2005; Kurra 2010; Doelle, 1972).

Tablo 1. Farklı kullanım amaçlı salonlar için tavsiye edilen kişi başına düşen hacim miktarları (Doelle, 1972)

Salon Tipi	Kişi başına düşen hacim miktarı (m ³)		
	Minimum	Optimum	Maksimum
Konferans Salonu	2.3	3.1	4.3
Konser Salonu	6.2	7.8	10.8
Opera Salonu	4.5	5.7	7.4
Çok Amaçlı Salon	5.1	7.1	8.5
Sinema Salonu	2.8	3.5	5.1

1.8. Hacim Akustiğinde Ses Parametreleri

Akustik biliminde yapılan araştırmalarda, bir mekânın akustik açıdan kalitesinin belirlenmesinde iki ana parametre dikkate alınmaktadır. Bunlar;

1. Sesin nesnel parametreleri,
2. Sesin öznel parametreleridir (Beranek, 1962).

1.8.1. Sesin Nesnel Parametreleri

1.8.1.1. Ayırt Edilebilirlik (Distinctness) – (D₅₀)

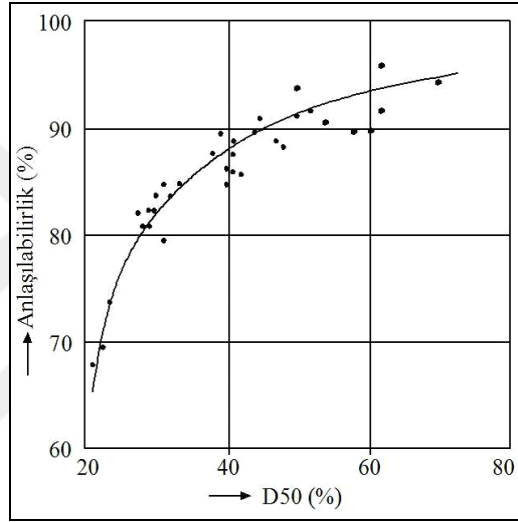
İlk olarak 1953 yılında Thiele tarafından ortaya konulan ve konuşmanın anlaşılabilirliğini ölçmede kullanılan Ayırt Edilebilirlik parametresi, dolaysız sestem sonraki ilk 50 msn. içinde alıcıya gelen seslerin enerjilerinin, toplam ses enerjisine oranı olarak tanımlanmaktadır. Parametrenin matematiksel ifadesi Denklem 7’de yer almaktadır.

$$D_{50} = \frac{\int_0^{0.05} p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt} \quad (7)$$

Bu eşitlikteki;

$P(t)$:“t” anındaki anlık ses basınç değeridir.

Bore (1956) tarafından yapılan çalışmada, D_{50} parametresi ile konuşmanın anlaşılabilirlik yüzdesi arasında bir ilişki kurulmuştur. Bu ilişkiyi gösteren grafik Şekil 10’da yer almaktadır. Grafikte görüldüğü gibi D_{50} değeri arttıkça anlaşılabilirlik de artmaktadır. %50’nin üzerindeki D_{50} değerleri için, %90 anlaşılabilirlik sağlanmaktadır (Kuttruff, 1991).



Şekil 10. D_{50} – Anlaşılabilirlik İlişkisi (Kuttruff, 1991)

1.8.1.2. Netlik (Clarity) – (C_{80})

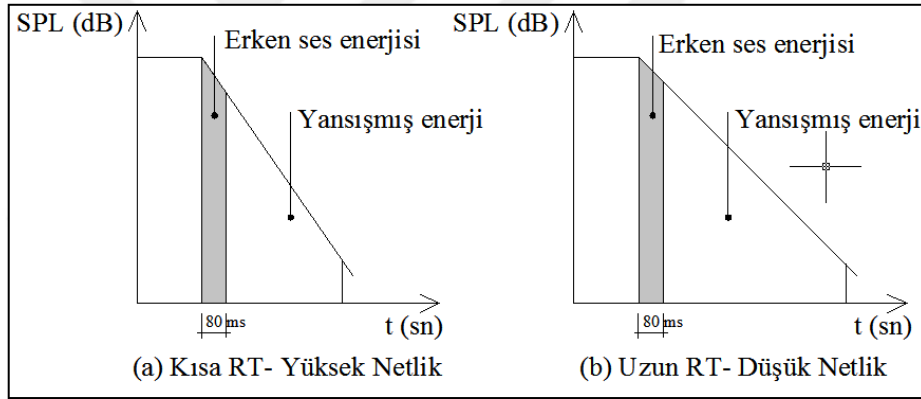
Erken sesin geç sese oranı (early – to – late sound index) olarak tanımlanan ve bir mekândaki müzik sesinin netliğinin belirlenmesinde kullanılan netlik parametresi ilk olarak 1953 yılında Thiele’nin ortaya koyduğu Ayırt Edilebilirlik parametresinden türetilmiştir. Daha sonra 1975’te Reichardt yaptığı çalışma sonucunda, ayırt edilebilirlik için belirlenen dolaysız sesteki sonraki ilk 50 msn zaman aralığı yerine, müzik için erken ses sınırında 80 msn’ lik zaman aralığı önerisinde bulunmuştur ve bu şekilde Netlik (C_{80}) parametresi elde edilmiştir. Parametrenin matematiksel ifadesi Denklem 8’de yer almaktadır (Barron, 1993).

$$C_{80}=10\log\left[\frac{\int_0^{0.08} p^2(t)dt}{\int_0^{\infty} p^2(t)dt}\right], dB \quad (8)$$

Bu eşitlikteki;

$P(t)$:“ t ” anındaki anlık ses basınç değeridir.

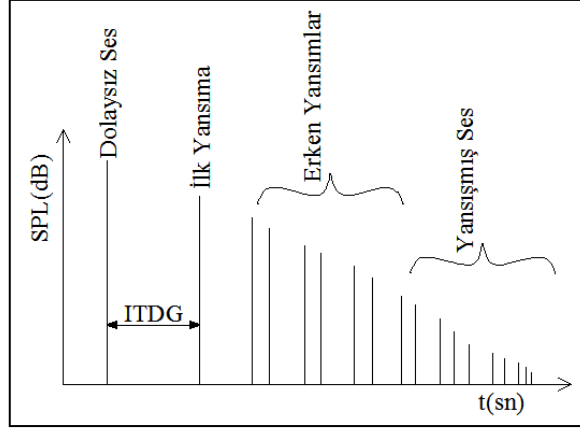
C_{80} parametresi ile RT parametresi değerleri arasında ters orantılılık bulunmaktadır. Şekil 11a grafiğinde erken ses enerjisi toplam ses enerjisi içinde büyük bir alan kapladığından büyük netlik değeri, Şekil 11b grafiğinde ise erken ses enerjisi toplam ses enerjisi içinde küçük yer kapladığından küçük netlik değeri oluşturmaktadır. Bu nedenle kısa RT süresine sahip olan a grafiği büyük C_{80} değeri, uzun RT süresine sahip olan b grafiği ise küçük C_{80} değeri vermektedir (Mehta vd., 1999).



Şekil 11. Reverberasyon Süresi (RT) ile Netlik (C_{80}) arasındaki ilişki (Mehta vd., 1999)

1.8.1.3. İlk Yansıma Aralığı (Initial Time Delay Gap) – (ITDG)

Kapalı bir hacimde kaynağın açılmasıyla hacme ilk olarak dolaysız ses yayılmaktadır. Dolaysız sesin kaynağın yakın çevresindeki yüzeylerden bir kez yansiyarak dinleyiciye ulaşması ile “ilk yansımalar”, dolaysız sesin birkaç yüzeyden yansiyarak dinleyiciye ulaşması ile “yansımış sesler” oluşmaktadır. İlk yansımanın zaman aralığı ile dolaysız sesin zaman aralığı arasındaki fark “İlk Yansıma Aralığı” (ITDG) parametresi olarak tanımlanmaktadır (Şekil 12) (Kurtulan, 2009).



Şekil 12. Dolaysız sestten sonra gelen seslerin zaman içinde dağılımı (Kurtulan, 2009)

1.8.1.4. Merkez Zamanı (Centre Time) – (T_s)

Cremer tarafından geliştirilen Merkez Zamanı parametresi, “Point of Gravity” ya da “Center Time” olarak da adlandırılmaktadır. Karesi alınan sinyal tepkisi diyagramının zaman aksına göre ağırlık merkezini vermektedir. Parametrenin matematiksel ifadesi Denklem 9’da yer almaktadır (Barron, 1993).

$$T_s = \frac{\int_0^{\infty} t p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt}, \text{sn.} \quad (9)$$

Bu eşitlikteki;

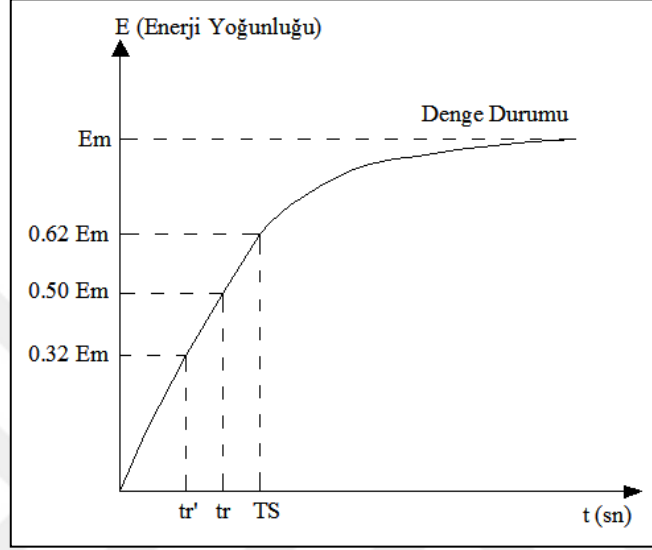
$P(t)$:“t” anındaki anlık ses basınç değeridir.

Merkez Zamanı ile Erken Düşme Süresi arasında sıkı bir ilişki olduğu da bilinmektedir. Aralarındaki ilişki katsayısı 0,975’tir. Merkez Zamanı ile Reverberasyon Süresi arasındaki ilişki ise;

$$T_s = RT/0,0138 \text{ msn.}'dir \text{ (Barron, 1993).} \quad (10)$$

Ses, teorik olarak gelişme bölümünde dengeye sonsuzda ulaşabilmektedir. Merkez Zamanındaki ses enerjisi yoğunluğu, denge durumundaki ses enerjisi yoğunluğunun 0,62’sini teşkil etmektedir (Şekil 13). Merkez Zamanı parametresinin düşük değerler

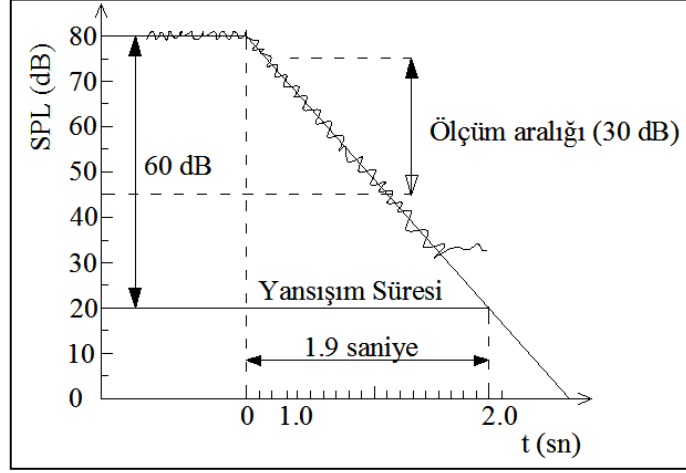
alması enerjinin büyük bir kısmının dinleyiciye erken ulaştığını ve hacimde C_{80} değerinin arttığını; yüksek değerler alması ise enerjinin büyük bir kısmının dinleyiciye dolaysız sesten uzun bir süre sonra ulaştığını ve hacimde yansımış ses enerjisinin yüksek olduğunu göstermektedir (Kurtulan, 2009).



Şekil 13. Merkez Zamanı (Kurtulan, 2009)

1.8.1.5. Reverberasyon (Yansıma) Süresi (Reverberation Time) – (RT)

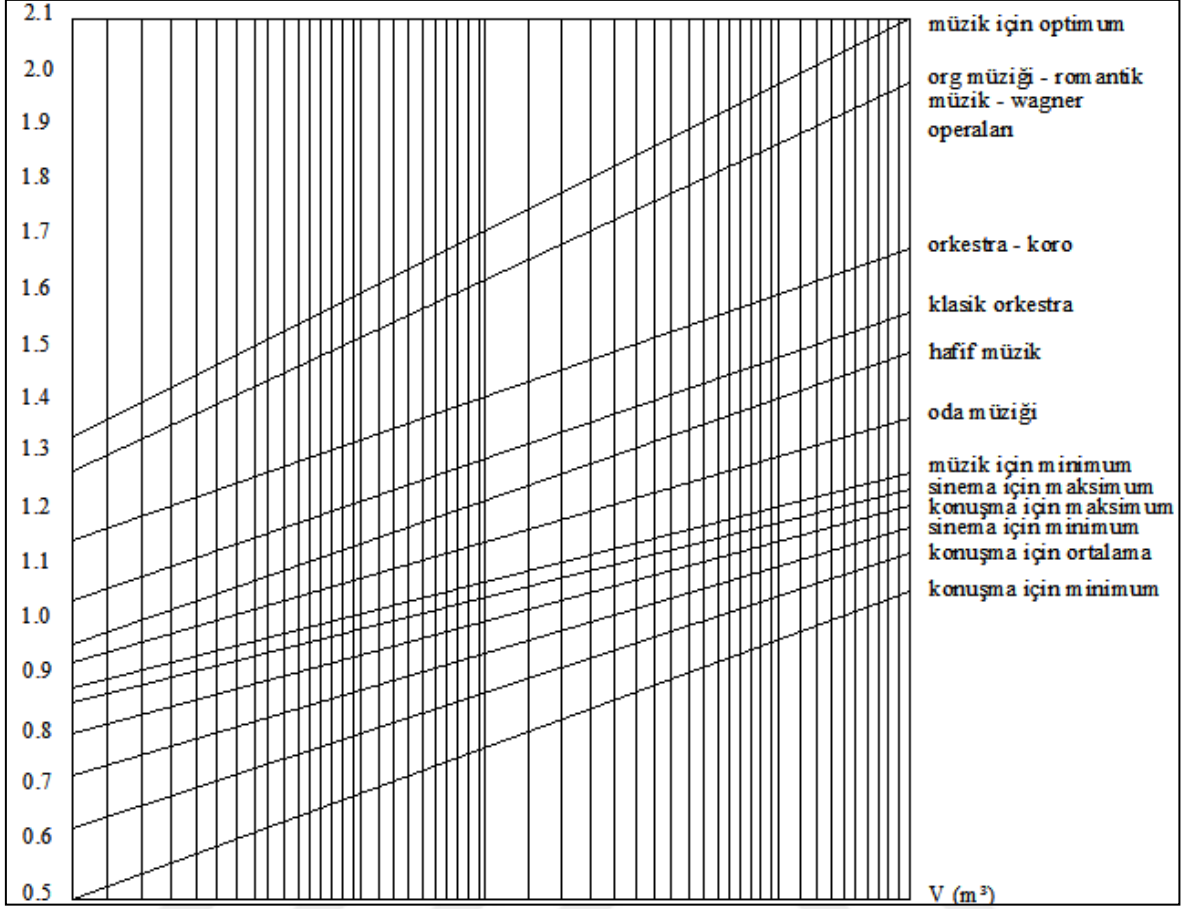
Bir ses kaynağının kapatılmasından sonra 60 dB düşüşü için geçen süre Reverberasyon Süresi olarak tanımlanmaktadır. Bu süre (RT), genellikle -5 dB ile -35 dB arasındaki 30 dB'lik düşüşün 2 ile çarpılmasıyla elde edilmektedir (Şekil 14) (Mehta vd., 1999).



Şekil 14. Reverberasyon Süresi (Barron, 1993)

Reverberasyon Süresi, oktav band frekanslar için ayrı ayrı elde edilmektedir. Bu aralık konuşma amaçlı mekânlarda 125 Hz- 4000 Hz aralığındadır (Beranek, 1996).

Her mekânın hacmine ve işlevine göre optimum reverberasyon süreleri değişmektedir. Konuşma amaçlı hacimlerde reverberasyon süresinin uzun olması, konuşmada birbirlerini sık aralıklarla izleyen seslerin maskelenmesine neden olmakta, bu durumda da anlaşılabilirliği azaltmaktadır (Yügrük ve Aknesil, 1993). Bu nedenle, konuşma amaçlı hacimlerde reverberasyon süresinin olabildiğince kısa olması gerekmektedir, yani akustik açıdan ölü hacimler olması istenmektedir (Long, 2006). Hacimlerin işlev ve büyüklüklerine göre değişen optimum reverberasyon süresi değerleri Şekil 15’de yer almaktadır (Sirel, 1981).



Şekil 15. Farklı fonksiyonlara sahip mekanlar için optimum RT değerleri (Sirel, 1981)

Reverberasyon süresini belirlemek amacıyla farklı akustikçiler tarafından yapılan çalışmalar sonucunda farklı hesaplama yöntemleri elde edilmiştir. Bunlar;

Sabine Reverberasyon Süresi: Sesin bir hacim içinde sönmesi için belli bir sürenin geçmesi gerektiği fikri ilk olarak, Wallace Clement Sabine tarafından 1895 yılında Fogg Art Müze'sinin Oditoryumunda yaptığı çalışması sonucunda ortaya çıkmıştır. Harvard Üniversitesinin üç oditoryumundan biri olan salonda reverberasyon süresi başlangıçta 5 sn. olarak elde edilmiştir. Sonraki süreçte, oditoryumun yakınında bulunan Sanders Tiyatrosundan getirilen 7-8 cm kalınlığındaki yastıklar kullanılarak bu sürenin düştüğü gözlemlenmiştir. Sonunda ise 550 yastık kullanarak reverberasyon süresi 1 sn. olarak elde edilmiştir. Sabine, tüm bu araştırmalar sonucunda hacimlerin reverberasyon süreleri ile ilgili Denklem 11'deki formülü geliştirmiştir (Long, 2006).

$$RT=0.161\frac{V}{A} ,sn. \quad (11)$$

Bu denklemde;

$$A: S_1\alpha_1+S_2\alpha_2+\dots\dots\dots+S_n\alpha_n , m^2 \quad (12)$$

olarak elde edilmiştir. Burada;

RT :Mekândaki ses düzeyinin 60 dB düşmesi için geçen süre reverberasyon süresi (sn.)

V :Mekânın hacmi (m³)

A :Mekândaki toplam ses yutuculuk (sabine= m²)

α_n :Mekândaki yüzeylerde kullanılan malzemelerin ses yutma katsayıları (%)

S_n :Mekândaki farklı malzemelerle kaplı her bir yüzeyin alanı (m²), dır.

Norris-Eyring Reverberasyon Süresi: Carl Eyring 1930'da, R.F. Norris'in çalışmalarına dayandırarak Denklem 13'ü geliştirmiştir (Egan, 1988).

$$RT= \frac{0.161.V}{-S.\ln(1-\alpha)} , sn. \quad (13)$$

Bu denklemde;

$$\alpha= \frac{\sum S\alpha}{\sum S} = \frac{S_1\alpha_1+S_2\alpha_2+\dots+S_n\alpha_n}{S_1+S_2+\dots+S_n} \quad (14)$$

olarak elde edilmiştir. Burada;

RT :Mekândaki ses düzeyinin 60 dB düşmesi için geçen süre – Reverberasyon Süresi (sn.)

V :Mekânın hacmi (m³)

S :Toplam yüzey alanı (m²)

α_{ort} :Ortalama yutma çarpanı (%)

α_n :Mekânın farklı malzemelerle kaplı her bir yüzeyi için yutma çarpanı (%)

S_n :Mekânın farklı malzemelerle kaplı her bir yüzeyinin alanı (m²), dır.

Eyring bağıntısının doğru sonuç vermesinin ön koşulu olarak, ses alanın yayınlık olmasının yanında, hacim yüzeylerindeki yutuculukların mekân içinde eşit olarak dağılmış olmasıdır. Bu nedenle yutma çarpanları birbirinden farklı tek parçalı büyük yüzeyli malzemeler yerine küçük yüzeyli malzemeler hacim içinde dağınık bir şekilde kullanılmalıdır. Bu şekilde yutucuların iç yüzeylere düzgün bir şekilde yayılması sağlanmalıdır. Sabine bağıntısının doğru sonuç vermesinin ön koşulu olarak, her bir iç yüzey parçasığına, her zaman biriminde eşit ses erkesinin gelmesi yani ses alanının tam yayınlık olmasıdır (Sirel, 1981).

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

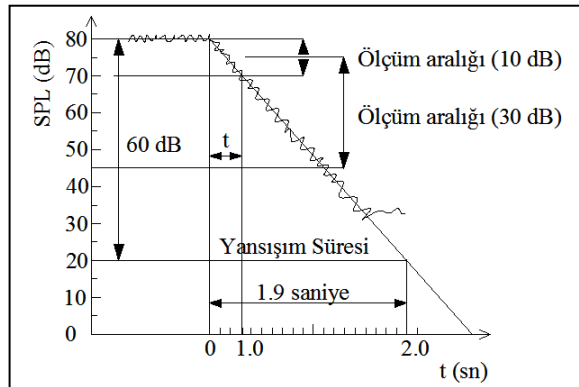
Ses kaynağının kapatılmasından sonra ses düzeyinin -5 dB'den -35 dB'e düşmesi için geçen zamanın iki ile çarpılmasıyla reverberasyon süresi elde edilirken; genel bir kabul olarak, hacimdeki ses düzeyinin 10 dB düşmesi için geçen zamanın 6 ile çarpılması sonucu olarak da Erken Düşme Süresi elde edilmektedir (Şekil 16). Parametrenin matematiksel ifadesi Denklem 15'de yer almaktadır (Mehta vd., 1999).

$$EDT = t \times 6, \text{ sn.} \quad (15)$$

Burada;

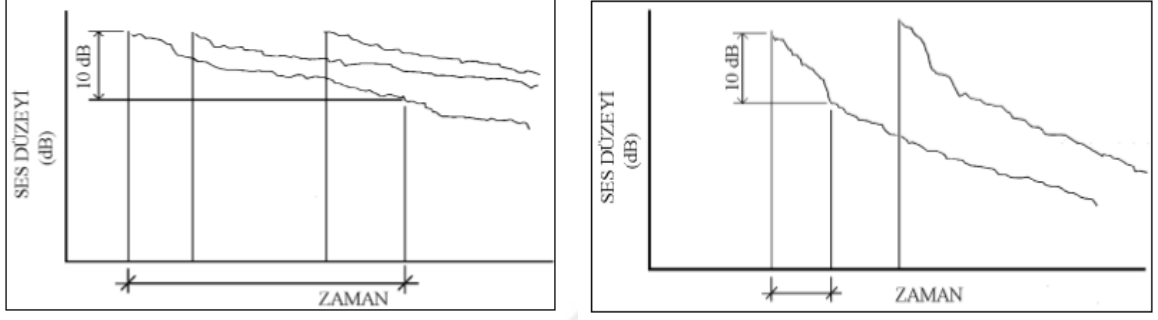
EDT :Erken düşme süresi (sn.)

T :Sesin ilk 10 dB'lik düşüşü için geçen süre (sn.),dir.



Şekil 16. Düşüş eğrisi üzerinde EDT ve RT'nin belirlenmesi (Beyazıt, 1999)

Erken Düşme Süresinin yansıma olayı süresince uzun ya da kısa olması konuşmanın anlaşılabilirliğini etkilemektedir. Şekil 17'deki uzun EDT değeri birbiri ardınca gelen heceleri maskeleyerek anlaşılabilirliği olumsuz yönde etkilemektedir. Kısa EDT değeri ise her bir hecenin net bir şekilde duyulmasına imkân vererek anlaşılabilirliği arttırmaktadır (Cavanaugh ve Wilkes, 1999).



Şekil 17. Uzun ve kısa EDT süresinin zamana bağlı grafiği (Cavanaugh ve Wilkes, 1999)

Ses düşüşünün doğrusal olduğu durumlarda EDT ve RT değerleri birbirine eşitken, öznel algılamamanın önemli olduğu kademeli durumda ise EDT değerinin RT değerinden %10 daha büyük olduğu görülmüştür. EDT_{mid} ve RT_{mid} arasındaki ilişki Denklem 16'da ifade edilmektedir (Mehta vd., 1999).

$$EDT_{mid} = 1,1 RT_{mid}, \text{ sn.} \quad RT_{mid} = \frac{(RT_{500} + RT_{1000})}{2}, \text{ sn.} \quad (16)$$

Burada;

EDT_{mid} :Orta frekanslarda EDT değeri (sn.)

RT_{mid} :Orta frekanslardaki RT değeri (sn.), dir.

Gade (1989) ise konser salonları üzerine yapmış olduğu çalışmalar sonucunda EDT ile RT arasındaki ilişkiyi Denklem 17'deki gibi elde etmiştir (Gade, 1989).

$$EDT_{mid} = -0,2 + 1,1 RT_{mid}, \text{ sn.} \quad (17)$$

Burada;

EDT_{mid} :Orta frekanslarda EDT değeri (sn.)

RT_{mid} :Orta frekanslardaki RT değeri (sn.), dir.

1.8.1.7. Bas Oranı (Bass Ratio) - (BR)

Bas Oranı parametresi 125 Hz ve 250 Hz frekanslardaki Reverberasyon Süresi değerleri toplamının 500 Hz ve 1000 Hz frekanslardaki Reverberasyon Süresi değerleri toplamına oranı olarak ifade edilmektedir. Bas Oranı, öznel bir parametre olan sıcaklık parametresinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bas Oranının matematiksel ifadesi Denklem 18 ile elde edilmektedir (Mehta vd., 1999)

$$BR = \frac{RT_{125} + RT_{250}}{RT_{500} + RT_{1000}} \quad (18)$$

1.8.1.8. Tiz Oranı (Treble Ratio) - (TR)

Tiz Oranı parametresi 2000 Hz ve 4000 Hz frekanslardaki reverberasyon süresi değerleri toplamının 500 Hz ve 1000 Hz frekanslardaki reverberasyon süresi değerleri toplamına oranı olarak ifade edilmektedir. Bas Oranının matematiksel ifadesi Denklem 19 ile elde edilmektedir (Figueiredo ve Iazzetta, 2005).

Parametrenin diğer hesaplama yöntemi; 2000 ve 4000 Hz frekanslardaki Erken Düşme Sürelerinin iki katının, orta frekanslardaki Erken Düşme Süresi değerleri toplamına oranı olarak ifade edilmektedir. Tiz Oranı, öznel bir parametre olan Parlaklık parametresinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Parametrenin matematiksel ifadesi Denklem 20 ile elde edilmektedir (Mehta vd., 1999)

$$TR = \frac{RT_{2000} + RT_{4000}}{RT_{500} + RT_{1000}}, \quad (19)$$

$$TR = \frac{2XEDT_{2000}}{[EDT_{500} + EDT_{1000}]} \quad TR = \frac{2XEDT_{4000}}{[EDT_{500} + EDT_{1000}]} \quad (20)$$

1.8.1.9. Toplam Ses Basınç Düzeyi (Total Sound Pressure Level) - (SPL)

Kapalı bir hacimdeki ses alanı, dolaysız ve yayınlık ses alanlarından oluşmaktadır. Hacmin herhangi bir noktasındaki toplam ses basınç düzeyi, yayınlık ses basınç düzeyi ile o

noktadaki dolaysız ses basınç düzeyi toplamı olarak tanımlanmaktadır. Parametrenin matematiksel ifadesi Denklem 21’de yer almaktadır (Kurtulan, 2009).

$$SPL_d = SWL + 10 \log \frac{Q}{4\pi d^2}, dB \quad (21)$$

$$SWL = 10 \log \left(\frac{W}{W_0} \right) \quad (22)$$

$$SPL_r = SWL + 10 \log \left(\frac{4}{A} \right), dB \quad (23)$$

$$SPL_d = SWL + 10, dB \quad (24)$$

Burada;

SPL_d :Dolaysız ses basınç düzeyi (dB)

SPL_r :Yayınık ses basınç düzeyi (dB)

Q :Doğrultululuk Çarpanı

D :Kaynak alıcı arasındaki uzaklık (m)

W :Ses kaynağının gücü (W)

W :Referans ses gücü (W)

A :Hacmin toplam yutuculuğu (Sabine, m²), dur.

1.8.1.10. Toplam Ses Düzeyi - Sesslilik (Total Sound Level - Strength)- (G)

Toplam Ses Düzeyi, bir kaynağın bir mekânda oluşturduğu Ses Basınç Düzeyinin aynı kaynağın yansısız bir mekânda kaynaktan 10 m ötede oluşturduğu Ses Basınç Düzeyine oranı ile elde edilmektedir. Diğer bir tanımla, Toplam Ses Basınç Düzeyinin 10 m ötedeki Dolaysız Ses Basınç Düzeyine göre ölçülmesi olarak tanımlanmaktadır. Toplam Ses Düzeyi Parametresinin matematiksel ifadesi Denklem 25’de yer almaktadır (Barron, 1993).

$$G = 10 \log \left(\frac{\int_0^{\alpha} p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p_A^2(t) dt} \right), dB \quad (25)$$

Burada;

G :Toplam ses düzeyi

P(t) :Dolaysız sesin duyulduğu andaki ses basıncı

$p_A(t)$:Yansımsız bir oda kaynaktan 10 m uzaklıktaki ses basıncıdır.

1.8.1.11. Erken Yanal Enerji Oranı (Lateral Energy Fraction) - (LF_{80})

Erken Yanal Enerji Oranı, çift yönlü bir mikrofona (bidirectional) dolaysız sestten sonra ilk 80 ms içinde gelen yanal yansımaların ses basınç düzeyinin aynı konumdaki sesi her yönden alan omni-directional bir mikrofona dolaysız sestten sonra ilk 80 ms içinde her yönden gelen yanal yansımaların ses basınç düzeyine oranı olarak tanımlanmaktadır (Barron, 1993). Erken Yanal Enerji Oranı Parametresinin matematiksel ifadesi Denklem 26'da yer almaktadır (Barron, 1999).

$$LF_0^{80} = \frac{\int_0^{0.08} p_F^2(t) \cos^2 \theta dt}{\int_0^{0.08} p_0^2(t) dt} \quad (26)$$

Burada;

LF :Erken yanal enerji oranı

$P_F(t)$:Bidirectional bir mikrofona gelen ses basıncı

$P_0(t)$:Aynı noktadaki omnidirectional bir mikrofona gelen ses basıncıdır.

1.8.1.12. Geç Yanal Enerji Oranı (Late Arriving Lateral Energy) - (LG_{80})

Bradley ve Soulodre'nin 1995 yılında yapmış oldukları çalışmada Algılanan Kaynak Genişliği (ASW) öznel parametresinin erken gelen yanal yansımalarla; Dinleyici Kuşatılmışlığı (LEV) öznel parametresinin ise geç gelen yanal yansımalarla ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Yine Bradley ve Soulodre, 1995 yılında yaptıkları deneysel çalışmalar sonucunda bir hacimde Dinleyicinin Sesle Kuşatılması (LEV) parametresinin, düzey ve mekânsal ya da açisal dağılım olan iki temel bileşenden etkilendiğini ortaya koymuşlardır. Bradley ve Soulodre yaptıkları çalışmada yanal enerji oranı (late lateral sound level- LG_{80}) nesnel parametresini Denklem 27 ile ifade etmişlerdir (Bradley ve Soulodre, 1994).

$$LG_{80}^{\infty} = \frac{\int_{80}^{\infty} p_F^2(t) \cos^2 \theta dt}{\int_{80}^{\infty} p_0^2(t) dt} \quad (27)$$

Burada;

$P_F(t)$:Bidirectional (figure-of-eight) bir mikrofona gelen ses basıncı

$P_0(t)$:Aynı noktadaki omnidirectional bir mikrofona gelen ses basıncıdır.

1.8.1.13. Ses İletim İndeksi (Speech Transmission Index) - (STI)

Konuşmanın anlaşılabilirliğini ölçmede çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemler arasında en yaygın kullanılanları; Söylem Göstergesi (AI), Hece Söylem Testleri (PSA), Ses İletim İndeksi (STI), Hızlandırılmış Ses İletim İndeksi (RASTI)'dir.

Söylem Göstergesi (AI): Gürültülü hacimlerde konuşmanın anlaşılabilirliğini ölçmek için kullanılan öznel bir yöntemdir. Bu yöntemle, konuşmacı tarafından söylenen – anlamsız sessiz-sesli-sessiz harf dizisi şeklindeki– logatomların bir grup tecrübeli dinleyici tarafından anlaşılabilirlik yüzdesinin ölçülmesidir (Irvine ve Richards, 1998; Kurtulan, 2009). AI 0 ile 1 arasında değerler almaktadır ve 200- 5000 Hz oktav band aralığında maskelenen gürültü düzeyinin karşılaştırılmasında kullanılmaktadır. Ölçülen değer 0'a yaklaştığında anlaşılabilirlik düşmekte, 1'e yaklaştığında ise yükselmektedir (Irvine ve Richards, 1998). Tablo 2'de AI ile konuşmanın anlaşılabilirliği arasındaki ilişki yer almaktadır (Özçevik, 2005).

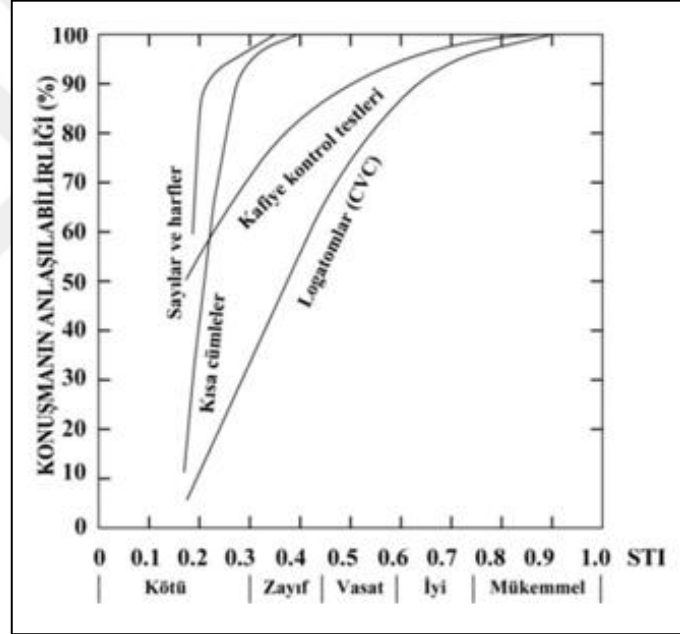
Tablo 2. AI ile konuşmanın anlaşılabilirliği arasındaki ilişki (Mehta vd., 1999)

AI	Konuşmanın anlaşılabilirliği
>0,7	Çok İyi
0,5-0,7	İyi
0,3-0,5	Orta
>0,3	Zayıf

Hece Söylem Testleri (PSA): Hacimlerde konuşmanın anlaşılabilirliğinde diğer öznel bir yöntem olan Hece Söylem Testi, dinleyiciler tarafından doğru algılanan hece oranının ölçülmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu yöntemde, her dilde ayrı ayrı seçilmiş ve o dildeki

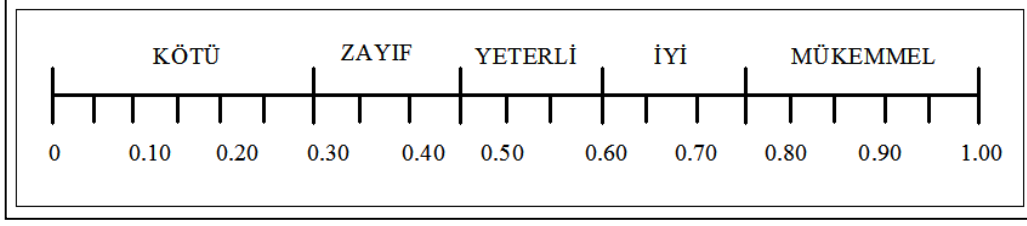
kişiler için hiçbir anlam teşkil etmeyen sözcükler çok sayıda tecrübeli kişiler tarafından dinletilerek anlaşılabilirlik yüzdesi ölçülmektedir (Karabiber, 1991).

Ses İletim İndeksi (STI): Konuşmanın anlaşılabilirliğini değerlendirmede kullanılan nesnel bir yöntemdir. Ses İletim İndeksi, iki Hollandalı bilim adamı olan Houtgast ve Steeneken' in 1973 yılında insan sesinin birçok özelliğini taklit eden Modülasyon İletim Fonksiyonu-Modulation Transfer Function (MTF) isimli ölçüm metodundan geliştirilmiştir (Long, 2006). Houtgast ve Steeneken, STI değerlerini 1,00 ile 0,75 aralığında mükemmel, 0,75 ile 0,60 aralığında iyi, 0,60 ile 0,45 aralığında orta, 0,45 ile 0,30 aralığında zayıf, 0,30 ile 0,00 aralığında kötü olarak değerlendirmişlerdir (Şekil 18) (Yerli, 2015).



Şekil 18. STI değeri ile konuşmanın anlaşılabilirliği arasındaki ilişki (Long, 2006)

Hızlandırılmış Ses İletim İndeksi (RASTI): Brüel ve Kjaer tarafından geliştirilen Hızlandırılmış Ses İletim İndeksi konuşmanın anlaşılabilirliğini mekanik olarak ölçmektedir. STI'ya benzer bir yöntemdir. Ondan farklı olarak RASTI sadece 500 Hz ve 2000 Hz merkezli 2 oktav bantta yapılan ölçümleri esas almaktadır. RASTI için 0,45 ve üzeri değerler kabul edilebilir alt limiti göstermektedir (Şekil 19) (Gürel, 2007).



Şekil 19. RASTI yönteminde kabul edilen konuşmanın anlaşılabilirlik oranları (Gürel, 2007)

1.8.2. Sesin Öznel Parametreleri

1.8.2.1. Canlılık ve Ses Dolgunluğu (Liveness and Fullness of Tone)

Sesin dolgunluğu yansımış sesin sesliliğinin erken sesin sesliliğine oranına bağlıdır. Bu nedenle hem Reverberasyon Süresi (RT) hem de Erken Düşme Süresinden (EDT) etkilenmektedir. Canlılık ise sadece Reverberasyon Süresinden etkilenmektedir. Bir mekânın iç yüzeyleri kaynaktan çıkan sesi dinleyiciye doğrudan yansıtacak şekilde tasarlanmışsa, kaynaktan çıkan ses dinleyiciye dolaysız sesten hemen sonra ulaşmakta ve bu da sesin dolgunluğunun azalmasına sebep olmaktadır. Böyle bir mekânın gecikmiş yansımalarla güçlendirilmeyen erken ses enerjisi hem çok net hem de çabuk sönmüş olarak algılandığından, dinleyiciler tarafından öznel açıdan “kuru” ya da “ölü” olarak tanımlanmaktadır. Kaynaktan yayılan sesler çok sayıda yansımadan sonra mekânı dolduruyorsa, erken seslerin enerjisi düşmekte, yansımış seslerin enerjisi artmaktadır ve böylece sesin dolgunluğu artmaktadır. Böyle mekânlar ise dinleyiciler tarafından “canlı” olarak tanımlanmaktadır (Beranek, 1996).

1.8.2.2. Belirginlik veya Netlik (Definition or Clarity)

Belirginlik, müzikal bir performansta her bir ses tonunun dinleyici tarafından öznel olarak algılanma derecesi ile ilişkilidir. Müzisyenlerin performansına ve müzikal faktörlerle bağlı olarak değişmemektedir. Aynı zamanda hacmin akustik koşulları ile de ilişkilidir (Beyazıt, 1999).

Bir salonda sesin belirginliğini etkileyen müziğin hızı dışında dört faktör vardır. Birincisi, ilk ulaşım gecikmesi kısa olmalıdır ki ilk yansıma direkt sesi

güçlendirebilmelidir. İkincisi, dinleyici ne sanatçıdan çok uzak olmalı ne de kafası arada kalacak şekilde oturmalıdır ki direkt ses her koltuğa yeterince ulaşabilmelidir. Üçüncüsü, yansıyan ses dolaysız sesi maskeleyecek kadar yüksek olmamalıdır. Dördüncüsü ise, iyi bir belirginlik için eko olmamalıdır (Beranek, 1996).

1.8.2.3. Seslilik (Loudness)

Bir mekânda sesin yeterince yüksek düzeyde algılanması akustik değerlendirme bakımından oldukça önem taşımaktadır. Ses yüksekliği, dinleyicilerin mekân içerisindeki seslerinin, bir orkestranın sesine göre göreceli olarak nasıl algıladığının bir göstergesidir (Beyazıt, 1999)

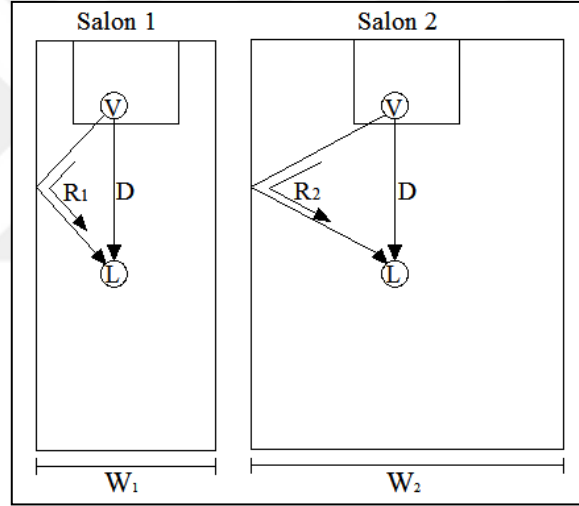
Seslilik; bir ses enerjisinin, o sesi paylaşacak olan kişi sayısına bölünmesi ile elde edilmektedir. Ortamdaki insanların ve malzemelerin yutuculuk özelliklerine göre değişmektedir. Ses yüksekliği yani seslilik, erken sesler ve yansımış sesler olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Erken sesler; dolaysız sesin enerjisi ile dolaysız sesten sonraki ilk 80 msn.'lik dilimdeki yansıyan seslerin enerjilerinin toplamı iken, yansımış sesler ise; 80 msn.'den sonraki seslerin enerjilerinin toplamıdır (Beranek, 1962). Seslilik üç mimari özellikten etkilenmektedir. Bunlar;

- Dinleyicinin sahneye olan mesafesi,
- Dinleyicilere erken ses enerjisini yansıtacak olan yüzeyler,
- Mekânın hacmi ve orta frekans bölgesindeki Reverberasyon Süresidir.

Bir ses kaynağından çıkıp dinleyiciye ilk ulaşan ses dolaysız ses olarak tanımlanmakta ve dolaysız sesin sesliliği salonun arkasına doğru gidildikçe azalmaktadır. Dinleyicinin sahneye olan mesafesi arttıkça bu azalma da artmaktadır. Ses düşüşündeki bu azalmayı engellemek için mekânda erken yansıyan sesi, dinleyicilere ulaştıracak yansıtıcı panellerin kullanılması gerekmektedir. Ayrıca Reverberasyon Süresi yükseldikçe seslilik de yükselmektedir. Başka bir ifadeyle seslilik Reverberasyon Süresi ile doğru orantılı, mekânın hacmi ile ters orantılıdır. Hacim küçüldükçe, ses gücü ve seslilik artmaktadır (Mehta vd., 1999).

1.8.2.4. Samimilik (Intimacy)

Samimilik, dinleyiciye müziğin icra edildiği mekânın boyutları hakkında bilgi vermektedir. Farklı müzik tarzları kendilerine uygun akustik samimiyete sahip mekânlarda en iyi şekilde icra edilebilmektedirler. Burada mekânın uygun hacme sahip olması değil, uygun boyutta olması önem taşımaktadır. Akustik Samimilik genellikle İlk Yansıma Aralığı (ITDG) ile ilişkilidir. Şekil 20’de görüldüğü gibi Salon 1, Salon 2’ye göre daha dar olduğu için ITDG değerleri daha küçüktür. Bundan dolayı Akustik Samimilik değeri daha yüksek olmaktadır. Salon 2’deki genişliğin (W_2) Salon 1’deki genişliğe (W_1) göre daha büyük olması ITDG değerlerinin artmasına, bu da Akustik Samimilik değerinin düşmesine neden olmaktadır (Beranek, 1996).



Şekil 20. Salonun boyutlarına bağlı olarak ITDG' nin değişimi (Beranek, 1996)

1.8.2.5. Bas Seslerin Sıcaklığı (Quality of Bass Sound)

Bas seslerin canlılığı sıcaklık olarak tanımlanmaktadır. Alçak frekanslarla orta frekanslardaki Reverberasyon Sürelerinin oranlanmasıyla elde edilmektedir. Sıcaklığı belirlemede Bas Oranı (BR) parametresi kullanılmaktadır. Reverberasyon süresinin 1.8’den büyük olduğu mekânlarda BR değerinin 1.1 ile 1.25 arasında, 1.8’den küçük olduğu mekânlarda ise BR değerinin 1.1 ile 1.45 arasında olması beklenmektedir. (Mehta vd., 1999).

1.8.2.6. Parlaklık (Brilliance)

Parlaklık, 2000 ve 4000 Hz'deki Erken Düşme Sürelerinin toplamının 500 ve 1000 Hz'deki Erken Düşme Sürelerinin toplamına oranıyla elde edilmektedir. Parlak bir müzik açık, net ve çınlayan müzik olarak ifade edilmektedir. Hacimde yüksek frekanslı sesler orta frekanslı seslere göre daha kolay yutulmaktadır. Sesin yutulması bir dereceye kadar önemli olmasına karşın, aşırı düzeyde yutulması hacimde Parlaklığın azalmasına sebep olmaktadır. Müzik icra edilen mekânlarda, 2000 ve 4000 Hz'deki en düşük Parlaklık değerlerinin sırasıyla 0,9 ve 0,8 sn. olması tercih edilmektedir (Mehta vd., 1999).

1.9. Akustik Kusurlar

Maskeme: Reverberasyon Süresi uzun olan hacimlerde konuşma esnasında hecenin duraklatıldığı anda daha sonraki hecenin sesini gizleme eğilimi göstermesi olarak tanımlanmaktadır (Karaman ve Üçkaya, 2015). Ayrıca hacimdeki fon gürültüsü de maskemeye neden olabilmektedir. Maskeme özellikle konuşmanın anlaşılabilirliğinde etkin olan yüksek frekanslarda algılanabilirliği düşürmesi nedeniyle önlenmesi gereken önemli akustik kusurdur (Akdağ Yüğrük, 1996).

Distorsiyon: Hacimde yayılan seslerin belli frekanslarda farklı ses yutuculuk özelliği göstermesiyle tayfsal yapısındaki değişme ve kalitesindeki bozulma olarak tanımlanmaktadır (Karaman ve Üçkaya, 2015).

Yankı: Ses kaynağından gelen dolaysız sese oranla dinleyicileri rahatsız edecek düzeydeki gecikmeli yansımalar olarak tanımlanmaktadır (Karaman ve Üçkaya, 2015). Ayrıca, dolaysız ses ile yansiyarak ulaşan seslerin geçtiği yollar arasındaki mesafe 34 m'den fazla ise alıcı yansiyarak gelen sesi ayrı ses olarak duymakta ve yankı oluşmaktadır. Bu mesafe 22 ile 34 m arasında ise sesin süresine göre yankı ya da ses uzaması oluşmaktadır (Akın ve Şerefhanoglu Sözen, 1999).

Vurgusal Yankı: Ses yutma katsayısı düşük ve birbirine paralel olan iki yüzeyden yansıyan seslerin bir aynı bir zıt fazlı olması nedeniyle ortaya çıkan dalgalanmalar olarak tanımlanmaktadır. Vurgusal yankıyı önlemenin yolu; yüzeylerin paralellliğini bozmak,

karşılıklı yüzey malzemelerinden en az birini ses yutuculuğu yüksek malzemeyle kaplamak ya da yüzeyler üzerinde dışbükey elemanlar kullanmaktır (Özçevik, 2015).

Odaklanma: İçbükey yüzeylerde ses enerjisinin belli bir noktada ya da küçük bir alanda yoğunlaşması olarak tanımlanmaktadır. Bu noktada yoğunlaşan ses enerjisinin yeğinliği artmakta, ses kaynağının düzeyine ulaşmakta ve böylece hacimde ikinci bir kaynak gibi algılanmaktadır (Akın ve Şerefhanoglu Sözen, 1999).

Düzgün Yayınmamışlık: Hacim içerisinde farklı bölgelerde ses düzeyi bakımından ciddi ayrımların bulunması durumu olarak tanımlanmaktadır. Derin balkon çıkıntısının altı, geniş hacimli mekânların sahneye yakın kenar kısımları, uzun hacimli mekânlarda ise arka sıralar genellikle sesin zayıf olduğu alanlardır. Düzgün yayınmamışlık akustik kusurunu önlemek için; hacim içerisindeki yüzeylerin, sesi dinleyici alanına yönlendirecek şekilde tasarlanması, ses kaynağının bulunduğu alanın ise ses tuzağı gibi akustik kusura neden olmayacak şekilde tasarlanması gerekmektedir (Akdağ Yügrük, 1996).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Bu bölümde, öncelikle araştırma kapsamındaki toplam on dört adet derslik ve laboratuvarın akustik konfor koşullarının incelenmesi için gerekli olan rölöveler alınmıştır. Daha sonra rölöveleri alınan mekanlar SketchUp 8 Programı aracılığı ile 3D modeller haline getirilerek ODEON Version 10 akustik simülasyon programına aktarılmıştır. Simülasyon programında her bir mekan için kaynak- alıcı ve yüzey malzemeleri ile ilgili kabullerden ve programın çalışması için gerekli düzenlemelerin yapılmasından sonra simülasyon programı çalıştırılmış ve simülasyon sonucu Sesin Nesnel Parametrelerine ait değerler elde edilmiştir. Çalışma kapsamında; Reverberasyon Süresi (T_{30}), Erken Düşme Süresi (EDT), Ayırt Edilebilirlik (D_{50}) ve Ses İletim İndeksi (STI) parametreleri değerlendirilmeye alınmıştır.

2.2. Eğitim Yapılarında Hacim Akustiğinin Bilgisayar Destekli Akustik Simülasyon Yöntemiyle Değerlendirilmesi

Eğitim yapıları, temel işlevleri nedeniyle konuşmanın anlaşılabilirliğinin sağlanması açısından son derece önem taşımaktadır. Bu nedenle, eğitim yapıları içerisindeki derslik, laboratuvar, atölye ve konferans salonu gibi mekânların işlevlerine uygun akustik koşulların sağlanması daha tasarım aşamasında iken üzerinde önemle durulması gereken bir konudur.

Mekânların akustik açıdan denetimleri;

1. Maket modellemelerinde yapılan akustik ölçümler,
2. Yerinde yapılan akustik ölçümler,
3. Bilgisayar destekli simülasyon modellemeleri ile yapılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında bilgisayar destekli akustik simülasyon yöntemi uygulanmış ve ODEON V10 programı kullanılmıştır. Tasarım aşamasında mekanların akustik açıdan denetlenmesi ve değerlendirilmesine, optimum sınırlar dışında sonuçlar elde edilmesi durumunda tasarımda yapılacak değişikliklerle tekrar kolaylıkla denetim yapılmasına imkan vermesi nedeniyle genellikle bilgisayar destekli akustik simülasyon yöntemi tercih edilmektedir.

2.3. Akustik Simülasyon Programının Dayandığı Hesap Yöntemleri

ODEON akustik yazılım programı akustik nesnel parametrelerin hesaplanmasını bileşik bir yöntemle yapmaktadır. Bunlar; ışımsal izleme yöntemi (ray tracing) ve imaj-kaynak yöntemi (image-source) dir. Işın izleme yöntemi; ses kaynağından çıkan, çeşitli doğrultularda yayılarak hacmin geometrisine ve yüzeylerde kullanılan malzemelerin ses yutuculuklarına bağlı olarak enerji kaybeden ses ışınlarının alıcı noktalarına kadar izlenmesini içermektedir. Bu aşamada ışın taramasına geçmeden önce dört parametrenin kullanıcı tarafından belirlenmesi gerekmektedir. Bunlar;

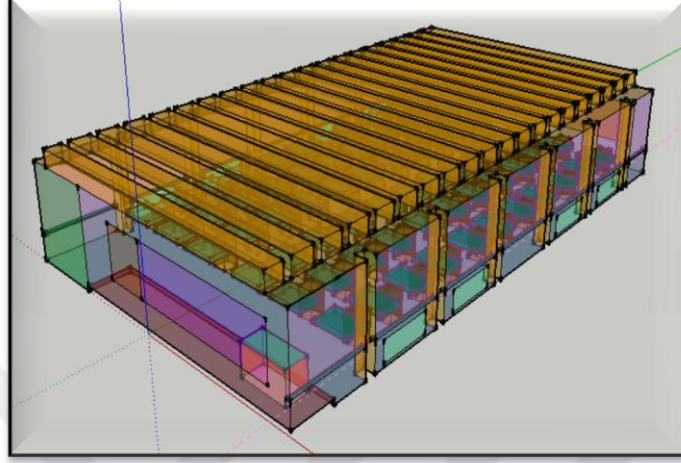
- Taramada kullanılacak ışın sayısı (number of rays),
- Bir ışının maksimum yansıma sayısı (max. Reflection order),
- Bir ışının maksimum yansıma süresi (max. Ray runtime),
- Sanal kaynakların yansıma derecesi (reverberant from order),
- Arka plan gürültüsüdür (Rindel, 2000).

İmaj-kaynak yöntemi ise; sanal olarak aynalanan kaynaktan ışınlar gönderilerek yapılan hesaplamadır. İlk yansımaların enerjisini hesaplamak için kullanılmaktadır (Christensen, 2009).

2.4. Mekânların 3D Modellerinin Hazırlanması

Rölöveleri alınan derslik ve laboratuvarların Sketchup 8 programı kullanılarak üç boyutlu modelleri hazırlanmıştır. Üç boyutlu modeller, DXF formatına çevrilerek ODEON V10 programında akustik simülasyonda kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir. Eğitim

yapılarına ait mekânlardan Mimarlık Bölümü MA2 Dersliğine ait üç boyutlu modelin görseli Şekil 21’de görülmektedir.



Şekil 21. Mimarlık Bölümü MA2 Dersliğinin üç boyutlu modeli

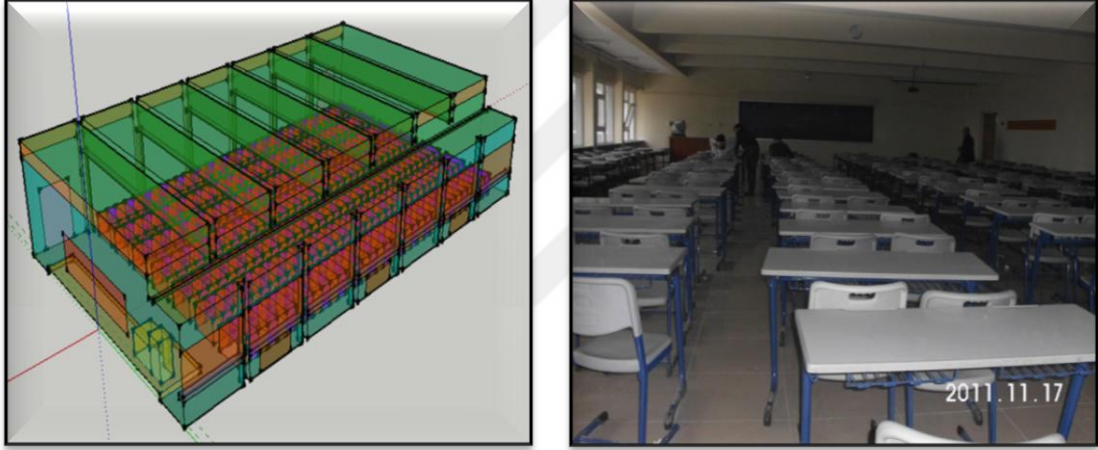
Mekânlarda yer alan küçük boyutlu az sayıdaki yüzeylerin ODEON V10 ile elde edilen sesin nesnel parametre değerleri üzerinde büyük bir etkisi olmamasından ayrıca yüzey sayısının artmasının programın yükünün artmasına ve dolayısıyla simülasyon süresinin uzamasına neden olmasından dolayı küçük boyutlu kapı, pencere doğramaları, sıva üstü floresan lamba gibi küçük boyutlu yüzeyler modellere dahil edilmemiştir.

2.5. Simülasyon Programı İçin Yapılan Kabuller

ODEON sanal kaynak ve ışın tarama yöntemlerini birlikte kullanan bir programdır ve diğer tüm simülasyon programlarında olduğu gibi bir takım kabullere göre hesap yapılmaktadır. Bu çalışmanın amacı doğrultusunda nesnel akustik parametrelerin elde edilmesi için; hacim, kaynak-alıcı noktaları ve yüzey malzemeleri ile ilgili kabullerin yapılması gerekmektedir.

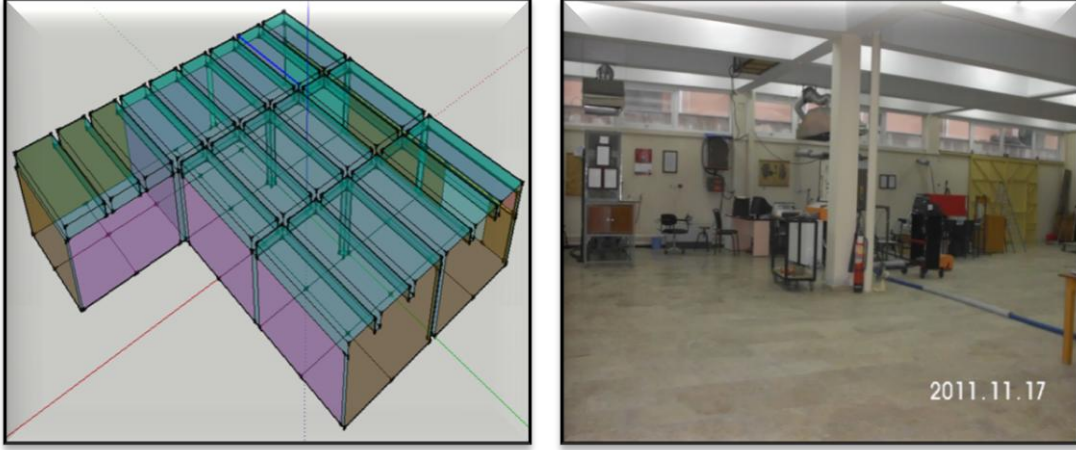
2.5.1. Hacim ile İlgili Kabuller

Elektrik Bölümü 5 No'lu Derslik: Boyu 20,80 m, eni 10,30 m, yüksekliği 4,05 m olan dersliğin hacmi 1114 m³ tür. Büyük hacimli mekân kapsamında olan derslik 238 kişi kapasitesinde olup, kişi başına yaklaşık 4,7 m³ hacim düşmektedir. Dikdörtgen prizma formundaki dersliğin zemini seramik kaplıdır. Duvarların ve tavanın yüzeyleri ise sıva üzerine boya kaplıdır. Dersliğin boyu doğrultusunda; dış cephe duvarındaki kolonlar arasında pencere, koridor duvarında ise iki adet ahşap kapı yer almaktadır. Eni doğrultundaki duvarda ise yazı tahtası bulunmaktadır. Şekil 22'de 5 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli yer almaktadır.



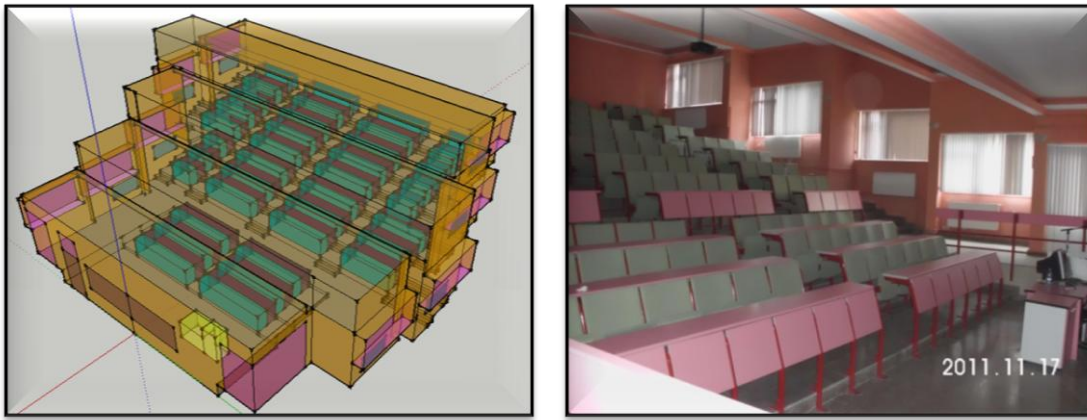
Şekil 22. Elektrik Bölümü 5 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli

Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarı: Boyu 17,82 m, eni 11,81 m, yüksekliği 4,05 m olan laboratuvarın hacmi 1011 m³ tür. Büyük hacimli mekân kapsamında yer alan laboratuvar içinde bulunan makinelerin adetlerine ve kullanım şekline göre ortalama 20-25 kişi kapasitesine sahiptir. Dikdörtgen prizma formundaki laboratuvarın zemini seramik kaplıdır. Duvarların ve tavanın yüzeyleri ise sıva üzerine boya kaplıdır. Laboratuvarın dış cephe duvarındaki kolonlar arasında bant pencereler ve bir adet demir kapı bulunmaktadır. Laboratuvarın diğer iki cephesi, komşusu olan diğer mekânlarla cam bölme ile ayrılmıştır. Şekil 23'de Motorlar Laboratuvarına ait üç boyutlu model ve laboratuvarın görseli yer almaktadır.



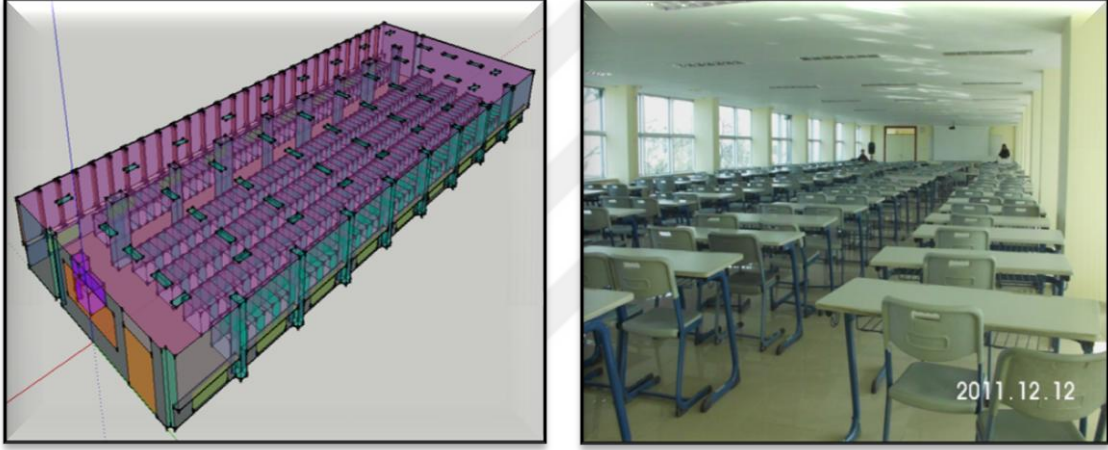
Şekil 23. Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarına ait üç boyutlu model ve laboratuvarın görseli

Elektrik Elektronik Mühendisliği Halis Duman Amfisi: Boyu 14,51 m, eni; en geniş yerde 15,46 m, en dar yerde 12,01 m, yüksekliği; en alçak yerde 2,75 m, en yüksek yerde 5,75 m olan amfi 980 m³ hacme sahiptir. Büyük hacimli mekân kapsamında yer alan amfi 168 kişi kapasitesinde olup, kişi başına yaklaşık 5,83 m³ hacim düşmektedir. Dikdörtgen prizma formundaki amfinin zemini mermer kaplıdır. Duvarların ve tavanın yüzeyleri ise sıva üzerine boya kaplıdır. Amfinin boyu doğrultusunda; dış cephedeki her iki duvarda kolonlar arasında pencere yer almaktadır. Eni doğrultusundaki duvarda ise iki adet cam kapı, bir adet ahşap kapı ve yazı tahtası bulunmaktadır. Şekil 24’de Halis Duman Amfisine ait üç boyutlu model ve amfinin görseli yer almaktadır.



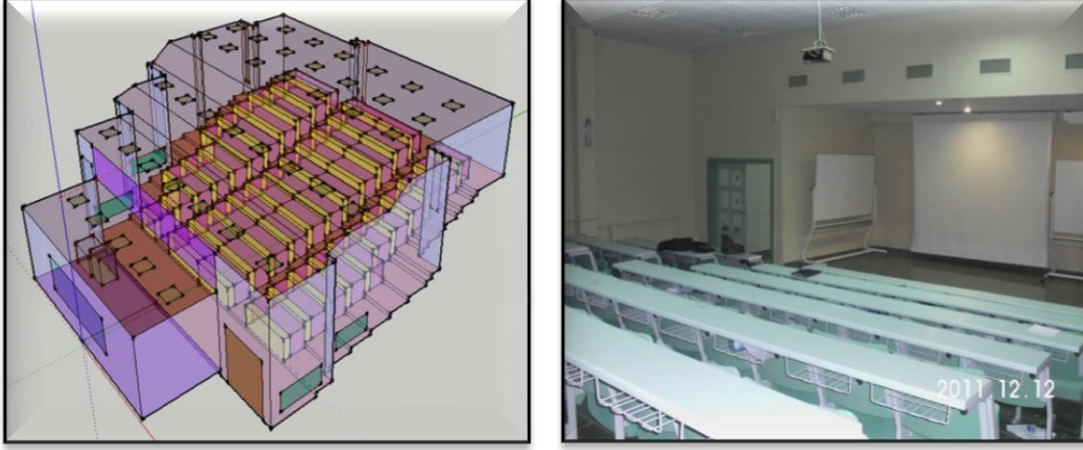
Şekil 24. Elektrik Elektronik Mühendisliği Halis Duman Amfisine ait üç boyutlu model ve amfinin görseli

Fizik Bölümü 4 No'lu Derslik: Boyu 30,80 m, eni 12,11 m, yüksekliği 2,55 m olan dersliğin hacmi 890 m³'tür. Büyük hacimli mekân kapsamında yer alan derslik 260 kişi kapasitesinde olup, kişi başına yaklaşık 3,42 m³ hacim düşmektedir. Dikdörtgen prizma formundaki dersliğin zemini seramik kaplıdır. Duvarların yüzeyleri sıva üzerine boya kaplıdır. Tavan yüzeyi ise alçıpan malzeme ile kaplıdır. Dersliğin dış cephe doğrultusundaki her iki duvarda pencere, koridor doğrultusundaki duvarda ise bir adet ahşap kapı ve yazı tahtası bulunmaktadır. Aydınlatma elemanı olarak sıva altı aydınlatma armatürü kullanılmaktadır. Şekil 25'de 4 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli yer almaktadır.



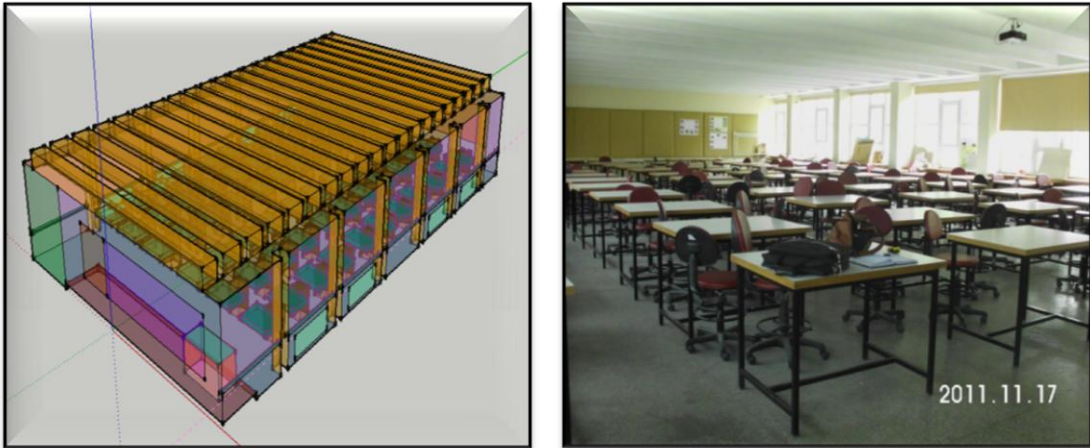
Şekil 25. Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli

Harita Mühendisliği Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisi: Boyu 17,15 m, eni; en geniş yerde 15,73 m, en dar yerde 8,70 m, yüksekliği; en alçak yerde 2,82 m, en yüksek yerde 4,50 m olan amfi 780 m³ hacme sahiptir. Büyük hacimli derslik kapsamında yer alan amfi 185 kişi kapasitesinde olup, kişi başına yaklaşık 4,21 m³ hacim düşmektedir. Dikdörtgen prizma formundaki amfinin zemini seramik kaplıdır. Tavanda taş yünü asma tavan malzemesi kullanılmıştır. Duvarların yüzeyleri ise sıva üzerine boya kaplıdır. Amfinin dış cephe doğrultusundaki her iki duvarında pencere, eni doğrultusundaki duvarda ise bir adet kapı ve yazı tahtası bulunmaktadır. Aydınlatma elemanı olarak sıva altı aydınlatma armatürü kullanılmaktadır. Şekil 26'da Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisine ait üç boyutlu model ve amfinin görseli yer almaktadır.



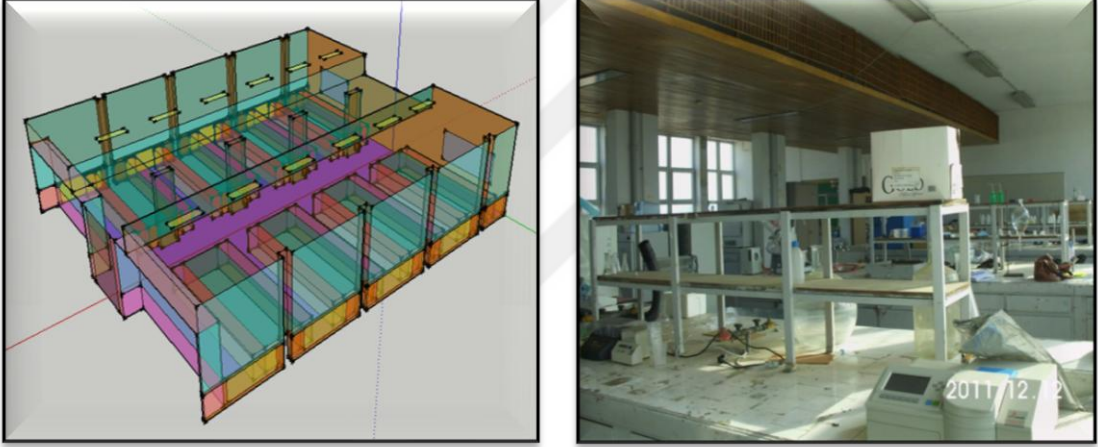
Şekil 26. Harita Mühendisliği Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisine ait üç boyutlu model ve amfinin görseli

Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Derslik: Boyu 19,60 m, eni 11,55 m, yüksekliği 3,35 m olan dersliğin hacmi 747 m³'tür. Büyük hacimli derslik kapsamında yer alan mekân 66 kişi kapasitesinde olup, kişi başına yaklaşık 11,30 m³ hacim düşmektedir. Dikdörtgen prizma formundaki dersliğin zemini dökme mozaik kaplıdır. Duvarların ve tavanın yüzeyleri ise sıva üzerine boya kaplıdır. Dersliğin dış cephe doğrultusundaki her iki duvarında kolonlar arasında pencere yer almaktadır. Eni doğrultusunda; koridor duvarında bir adet kapı ve yazı tahtası, diğer duvarında ise pano bulunmaktadır. Şekil 27'de MA2 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli yer almaktadır.



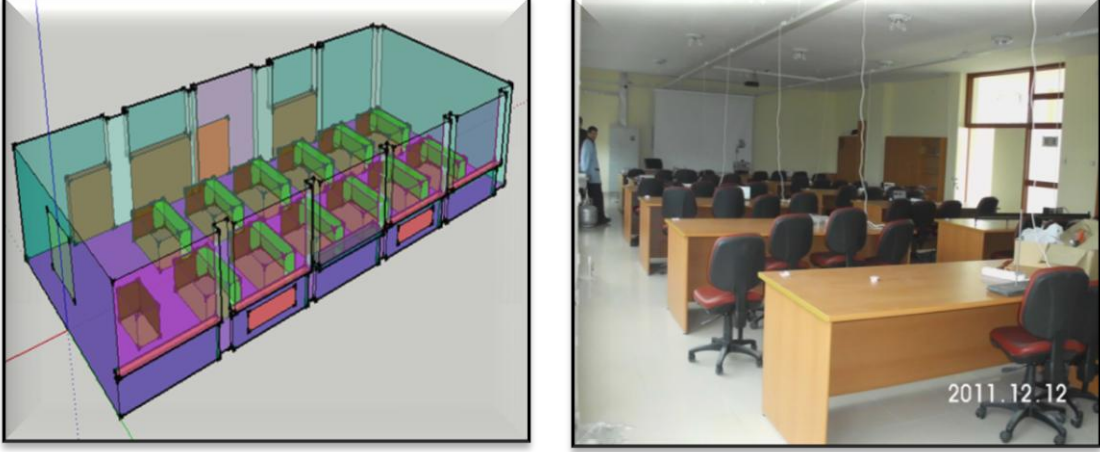
Şekil 27. Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli

Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarı: Boyu 15,75 m, eni 13,50 m, yüksekliği 3,56 m olan laboratuvarın hacmi 728 m³'tür. Büyük hacimli mekân kapsamında yer alan laboratuvar 80 kişi kapasitesinde olup, kişi başına yaklaşık 9,1 m³ hacim düşmektedir. Dikdörtgen prizma formundaki laboratuvarın zemini dökme mozaik kaplıdır. Duvarların ve tavanın yüzeyleri ise sıva üzerine boya kaplıdır. Fakat tavanın orta kısmı, ahşap malzemeye asma tavan olarak uygulanmıştır. Laboratuvarın eni doğrultusunda; koridor duvarında bir adet cam kapı, diğer duvarında ise yazı tahtası ve pano yer almaktadır. Dış cephedeki her iki duvarında kolonlar arasında pencere yer almaktadır. Aydınlatma elemanı olarak sıva üstü aydınlatma armatürü kullanılmaktadır. Şekil 28'de Analitik Kimya Laboratuvarına ait üç boyutlu model ve laboratuvarın görseli yer almaktadır.



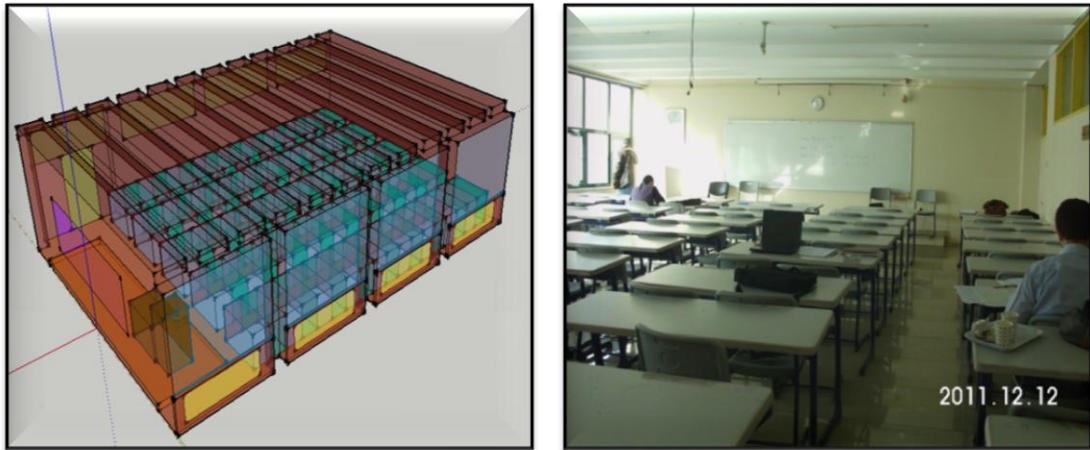
Şekil 28. Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarına ait üç boyutlu model ve laboratuvarın görseli

Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarı: Boyu 18,51 m, eni 8,70 m, yüksekliği 3,10 m olan laboratuvarın hacmi 453 m³'tür. Orta hacimli mekân kapsamında yer alan laboratuvar 48 kişi kapasitesinde olup, kişi başına yaklaşık 1,10 m³ hacim düşmektedir. Dikdörtgen prizma formundaki laboratuvarın zemini seramik kaplıdır. Duvarların ve tavanın yüzeyleri ise sıva üzerine boya kaplıdır. Laboratuvarın boyu doğrultusunda; koridor duvarındaki iki kolon arasında, sadece kanadı ahşap cam bir kapı, cephe duvarında ise kolonlar arasında pencere yer almaktadır. Eni doğrultusundaki duvarda projektör perdesi bulunmaktadır. Şekil 29'da Bilgisayar Laboratuvarına ait üç boyutlu model ve laboratuvarın görseli yer almaktadır.



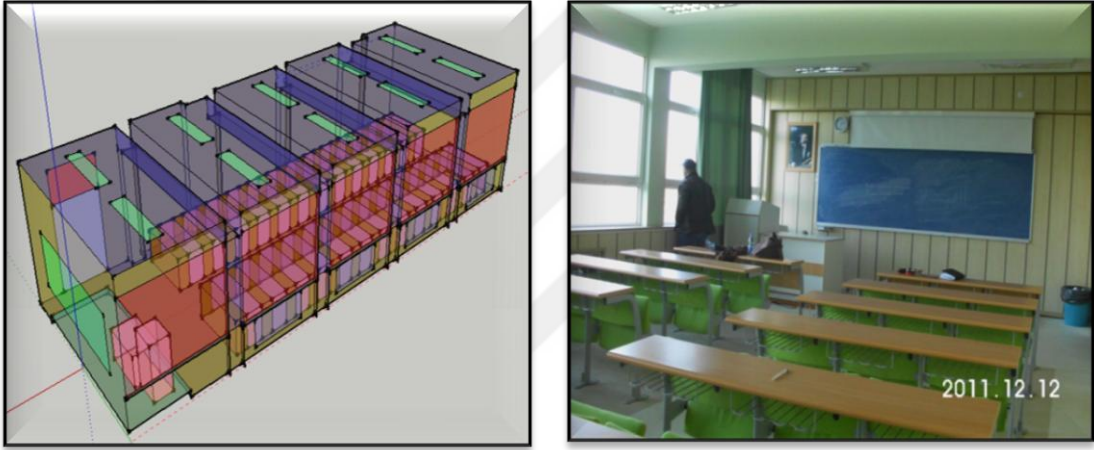
Şekil 29. Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarına ait üç boyutlu model ve laboratuvarın görseli

Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Derslik: Boyu 11,60 m, eni 8,14 m, yüksekliği 3,10 m olan dersliğin hacmi 300 m^3 'tür. Orta hacimli mekân kapsamında yer alan derslik 90 kişi kapasitesine sahip olup, kişi başına yaklaşık $3,33 \text{ m}^3$ hacim düşmektedir. Dikdörtgen prizma formundaki dersliğin zemini seramik kaplıdır. Duvarların ve tavanın yüzeyleri ise sıva üzerine boya kaplıdır. Dersliğin boyu doğrultusunda; koridor duvarındaki kolonlar arasında bant pencere ve bir adet ahşap kapı, dış cephe duvarındaki kolonlar arasında ise pencere yer almaktadır. Eni doğrultusundaki duvarda ise yazı tahtası bulunmaktadır. Şekil 30'da D-203 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli yer almaktadır.



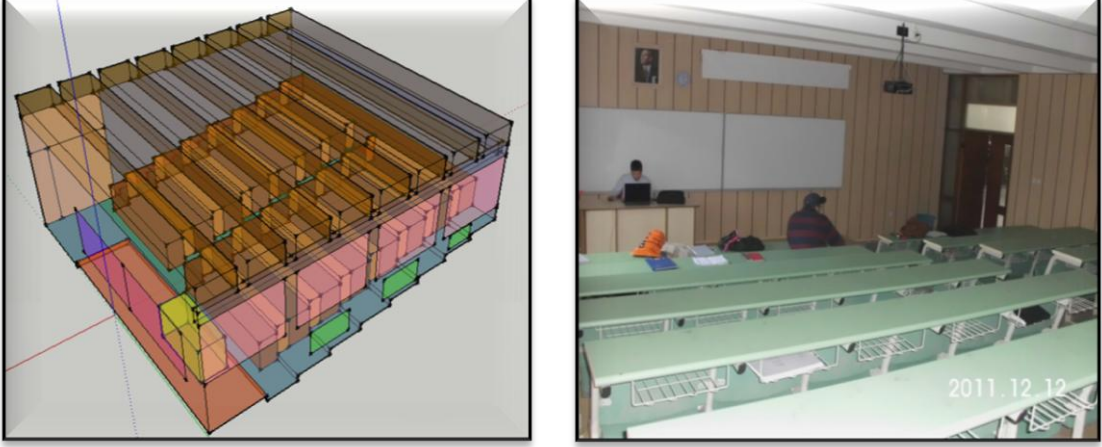
Şekil 30. Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli

Orman Mühendisliği D-3 No'lu Derslik: Boyu 14,80 m, eni 5,35 m, yüksekliği 3,30 m olan dersliğin hacmi 250 m³'tür. Orta hacimli mekân kapsamında yer alan derslik, 78 kişi kapasitesinde olup, kişi başına yaklaşık 3,20 m³ hacim düşmektedir. Dikdörtgen prizma formundaki dersliğin zemini linolyum kaplıdır. Duvarların yüzeyleri ahşap, tavanın yüzeyi ise sıva üzerine boya kaplıdır. Dersliğin boyu doğrultusunda; dış cephe duvarındaki kolonlar arasında pencere, koridor duvarında ise bir adet ahşap kapı (bir bölümü cam yüzey) yer almaktadır. Eni doğrultusundaki duvarda ise, yazı tahtası bulunmaktadır. Aydınlatma elemanı olarak sıva üstü aydınlatma armatürü kullanılmaktadır. Şekil 31'de D-3 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli yer almaktadır.



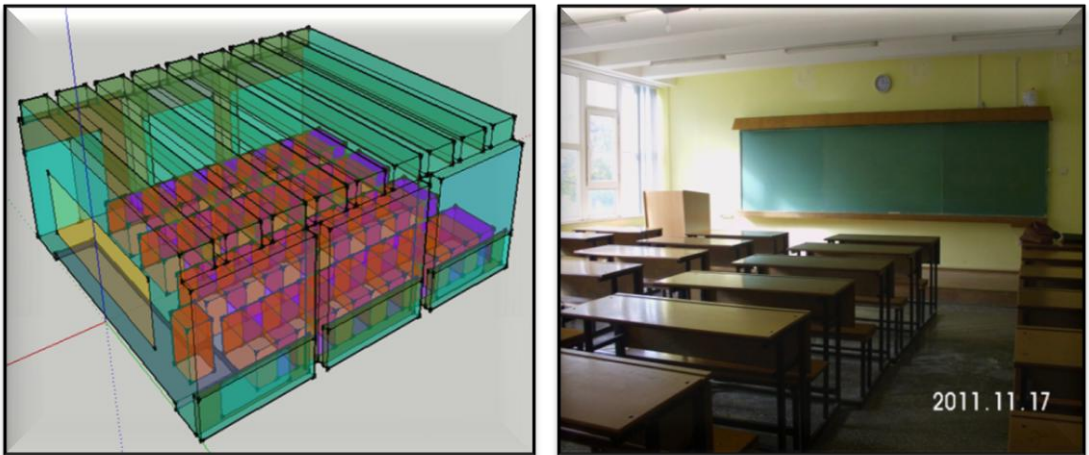
Şekil 31. Orman Mühendisliği D-3 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli

Orman Endüstri Mühendisliği A2 Amfisi: Boyu 9,00 m, eni; eni 8,75 m yüksekliği; en alçak yerde 2,69 m, en yüksek yerde 3,81 m olan amfi 240 m³ hacme sahiptir. Orta hacimli mekân kapsamında yer alan amfi 98 kişi kapasitesinde olup, kişi başına yaklaşık 2,44 m³ hacim düşmektedir. Formu kare prizmaya yakın olan amfinin zemini mermer kaplıdır. Tavanın yüzeyi sıva üzerine boya kaplama olup, duvarların yüzeyleri ise ahşap levha kaplıdır. Amfinin boyu doğrultusunda; dış cephe duvarında kolonlar arasında pencere, koridor duvarında ise bir adet cam kapı yer almaktadır. Eni doğrultusundaki duvarda ise yazı tahtası bulunmaktadır. Şekil 32'de A2 Amfisine ait üç boyutlu model ve amfinin görseli yer almaktadır.



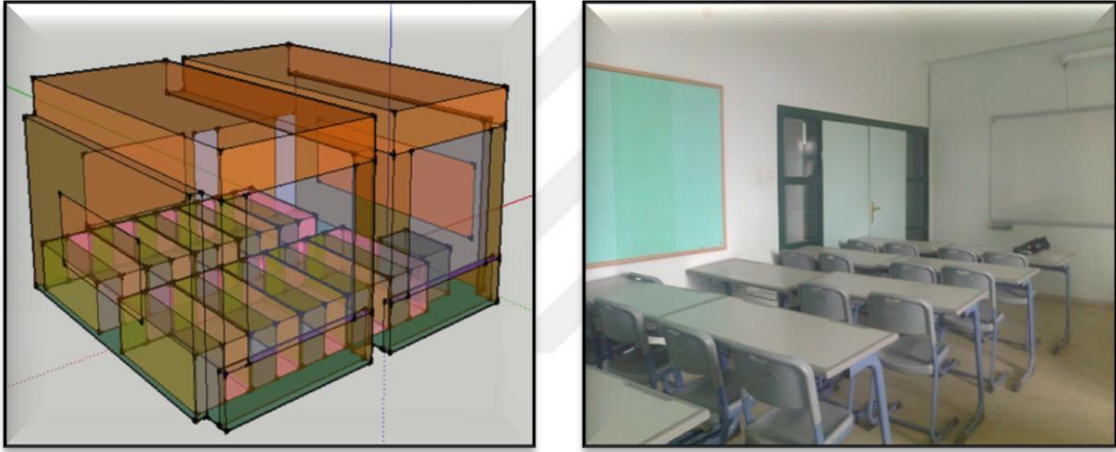
Şekil 32. Orman Endüstri Mühendisliği A2 Amfisine ait üç boyutlu model ve amfinin görseli

İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Derslik: Boyu 8,65 m, eni 8,20 m, yüksekliği 3,30 m olan dersliğin hacmi 220 m^3 tür. Orta hacimli mekân kapsamında yer alan derslik 256 kişi kapasitesinde olup, kişi başına yaklaşık $3,92 \text{ m}^3$ hacim düşmektedir. Formu kare prizmaya yakın olan dersliğin zemini dökme mozaik kaplıdır. Duvarların ve tavanın yüzeyleri ise sıva üzerine boya kaplıdır. Dersliğin boyu doğrultusunda; koridor duvarındaki kolonlar arasında bant pencere ve bir adet ahşap kapı, dış cephe duvarındaki kolonlar arasında ise pencere yer almaktadır. Eni doğrultusundaki duvarda yazı tahtası bulunmaktadır. Şekil 33'de 270 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli yer almaktadır.



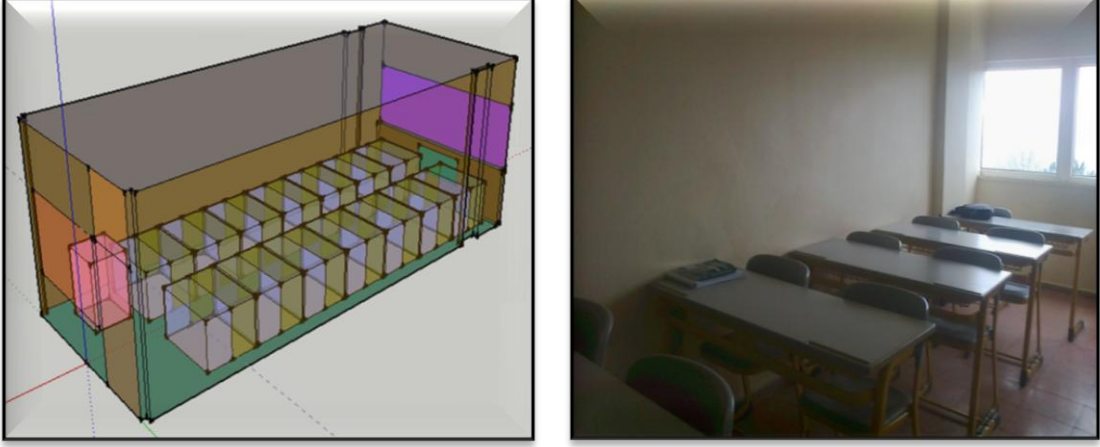
Şekil 33. İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli

Peyzaj Mimarlığı Bölümü PMD2 No'lu Derslik: Boyu 6,87 m, eni 6,50 m, yüksekliği 3,50 m olan dersliğin hacmi 161 m^3 'tür. Küçük hacimli mekân kapsamında yer alan derslik, 40 kişi kapasitesinde olup, kişi başına yaklaşık 4 m^3 hacim düşmektedir. Formu kare prizmaya yakın olan dersliğin zemini mermer kaplıdır. Duvarların ve tavanın yüzeyleri sıva üzerine boya kaplıdır. Dersliğin boyu doğrultusunda; koridor duvarında iki yanda cam sabitleri bulunan ahşap bir kapı ve pano, dış cephe duvarında ise kolonlar arasında pencere yer almaktadır. Eni doğrultusundaki duvarların birinde yazı tahtası, diğerinde ise bir adet pano bulunmaktadır. Şekil 34'de PMD2 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli yer almaktadır.



Şekil 34. PMD2 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli

İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No'lu Derslik: Boyu 8,90 m, eni 3,55 m, yüksekliği 3,05 m olan dersliğin 90 m^3 'tür. Küçük hacimli mekân kapsamında yer alan derslik 28 kişi kapasitesinde olup, derslikte kişi başına yaklaşık $3,21 \text{ m}^3$ hacim düşmektedir. Dikdörtgen prizma formundaki dersliğin zemini seramik kaplıdır. Duvarların ve tavanın yüzeyleri sıva üzerine boya kaplıdır. Dersliğin eni doğrultusunda; dış cephe duvarında pencere, koridor duvarında ise üst kısmında cam yer alan bir adet ahşap kapı ve yazı tahtası bulunmaktadır. Şekil 35'de 2-S01 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve dersliğin görseli yer almaktadır.



Şekil 35. İktisadi ve İdari Fakültesi 2-S01 No'lu Dersliğe ait üç boyutlu model ve Dersliğin görseli

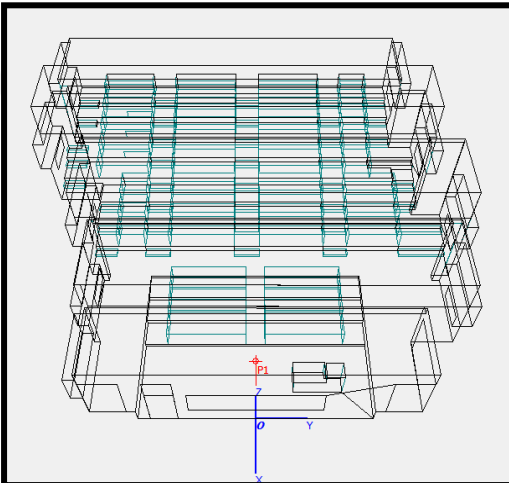
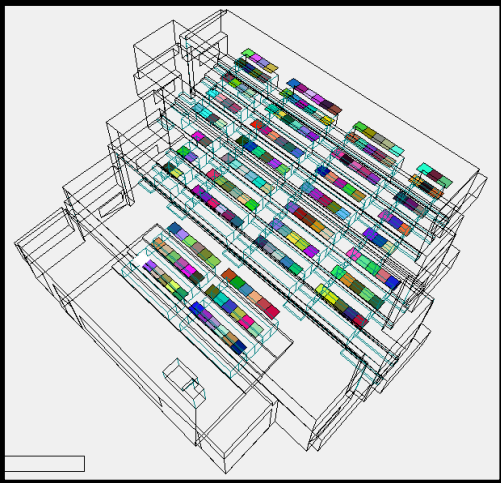
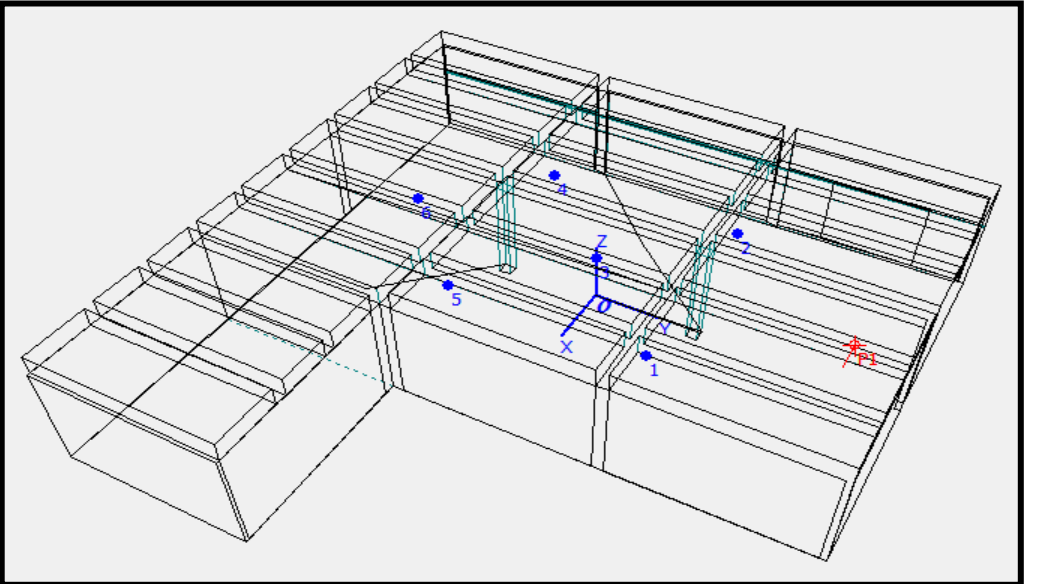
2.5.2. Kaynak ve Alıcı Noktaları ile İlgili Kabuller

Eğitim yapılarına ait hacimlerin akustik parametrelerinin hesaplanmasına yönelik bu çalışmada; her yöne eşit ses enerjisi yayan noktasal kaynak tipi (omnidirectional) kullanılmıştır. Derslik, laboratuvar ve amfi için her üç tipte kaynak olarak eğitimcinin bulunduğu konum temel alınmıştır. Derslerin ayakta anlatıldığı kabul edilerek, eğitimcinin sırtının dönük olduğu ön duvarın orta aksı ($x=0,y=0,z=0$) düzleminde yerleştirilmiştir. Buna göre, kaynak z düzleminde 1,5 m üst kotta, x düzleminde 1,5 m dinleyici alanına doğru ve $y=0$ olacak şekilde konumlandırılmıştır. Mekâna ait diğer duvarlar, eğitimcinin yüzünün dönük olduğu duvar ön duvar olarak; eğitimcinin sağ ve sol yanındaki duvarlar ise; sağ ve sol yan duvarlar olarak tanımlanmıştır.

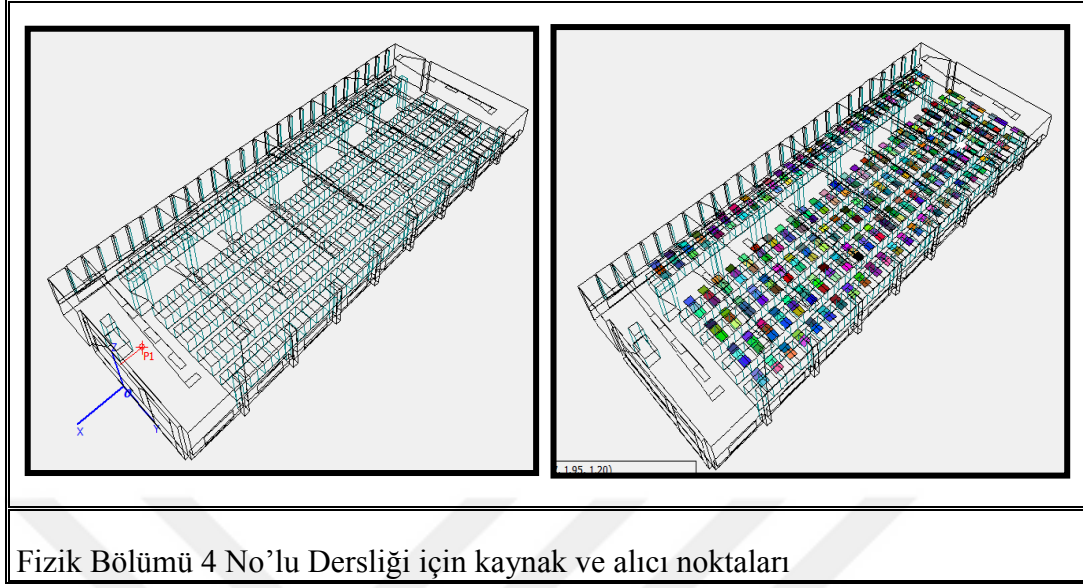
Çalışma kapsamında, alıcıların konumunun belirlenmesi aşamasında iki durum dikkate alınmıştır. Birinci durum; derslik, amfi ve laboratuvarlardaki sıralarda oturan öğrencilerin konumunun belirlenmesi için kullanılmıştır. Bu durumda, alıcı olarak öğrencilerin temel alındığı ve doluluk oranının %100 olduğu derslik, amfi ve laboratuvarlarda, öğrencilerin bulunduğu alan "Grid Definition" olarak tanımlanmıştır. Öğrenci alanları ise 50x50 cm boyutlarında grid yüzey olarak tanımlanmıştır. Alıcı konumu olarak, oturan öğrencilerin kulak seviyesi esas alınmış ve kotu; zemin döşemesi düz olan derslik ve laboratuvarlarda zemin düzleminde, zemin döşeme kotu her bir basamakta değişen amfilerde ise her bir basamak kotundan 1,20 m üst düzlemde kabul edilmiştir.

İkinci durum Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarının akustik koşullarını belirlemek için kullanılmıştır. Bu mekânda alıcı konumları noktasal veriler girilerek belirlenmiştir. Bu durumda, laboratuvarda kullanılan mevcut makinelerin sayısına ve konumlarına bağlı olarak her bir makinede bir öğrencinin çalışacağı düşünülmüş ve zemin düzleminden 1,50 m üst kotta 6 adet alıcı noktası atanmıştır. Tablo 3’de her iki durum için kaynak ve alıcı noktalarına ait yerleşimler gösterilmektedir.

Tablo 3. Kaynak ve alıcı noktalarına ait örnek uygulamalar

	
<p>Elektrik- Elektronik Mühendisliği Halis Duman Amfisi kaynak ve alıcı noktaları</p>	
	
<p>Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarı kaynak ve alıcı noktaları</p>	

Tablo 3'ün devamı



2.5.3. Yüzeylerin Malzemeleri ile İlgili Kabuller

Bir hacmin ses alanındaki erken yansımaların enerjisi doğrudan hacmin geometrisine ve o geometriyi oluşturan yüzeylerin ses yutuculuk ve saçıcılık özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Yüzeylerin yutuculuk özellikleri erken yansıma, saçıcılık özellikleri ise gecikmiş yansıma enerjilerinin hesaplanmasında önem taşımaktadır. Bu nedenle mekânların yüzeylerindeki malzemelerin seçilmesi, simülasyonda sağlıklı sonuçlar elde edilmesi açısından önem taşımaktadır (Christensen,2009).

ODEON V10 programının kütüphanesinde bulunan malzemelerin 63 Hz'den 8000 Hz'e kadar her bir oktav bant için ses yutma katsayı değerleri bulunmaktadır. Bu anlamda ODEON V10 programına yüklenen üç boyutlu modelleri oluşturan yüzeyler için, programın kütüphanesindeki en uygun malzemeler seçilmiştir. ODEON V10 kütüphanesinde olmayan bazı malzemelerin ses yutma katsayıları ise bilimsel literatürlerden alınarak kütüphaneye eklenmiştir. Tablo 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 ve 18'de çalışma kapsamında incelenen mekânlar, mekânların yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve bu malzemelerin oktav bant frekanslardaki (63 Hz-8000 Hz) ses yutma katsayıları yer almaktadır.

Tablo 4. Elektrik Bölümü 5 No'lu Dersliğin iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu (Odeon)	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	102*	B.A.+Sıva+Boya	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
2	Duvarlar	1001*	Tuğla+Sıva+Boya	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07
3	Kürsü	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
4	Dinleyici	11007*	Öğrenci	0.72	0.72	0.80	0.86	0.89	0.90	0.90	0.90
5	Pencere	10003*	Çift Cam	0.10	0.10	0.07	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02
6	Tavan Yan Alın Kapakları	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
7	Sahne	14307**	Seramik	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
8	Öğrenci Masası	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.08
9	Kalorifer Peteği	5000*	Metal	0.40	0.30	0.25	0.20	0.10	0.10	0.15	0.15
10	Denizlik	14308**	Dökme Mozaik	0.01	0.01	0.01	0.015	0.02	0.02	0.02	0.02
11	Zemin Döşemesi	14307**	Seramik	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
12	Kapı	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.08
13	Yazı Tahtası	14306**	Yansıtıcı Yüzey	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02

Tablo 5. Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarının iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	102*	B.A.+Sıva+Boya	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
2	Duvarlar	1001*	Tuğla+Sıva+Boya	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07
3	Pencere	10003*	Çift Cam	0.10	0.10	0.07	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02
4	Zemin Döşemesi	2001*	Mermer	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
5	Denizlik	14308**	Dökme Mozaik	0.01	0.01	0.01	0.015	0.02	0.02	0.02	0.02
6	Kapı	14313**	Demir	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02

Tablo 6. Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisinin iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	102*	B.A.+Sıva+Boya	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
2	Duvar	1001*	Tuğla+Sıva+Boya	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07
3	Kürsü	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
4	Dinleyici	11008*	Öğrenci	0.62	0.62	0.72	0.80	0.83	0.84	0.85	0.85
5	Pencere	8014*	Dokuma	0.06	0.06	0.10	0.38	0.63	0.70	0.73	0.73
6	Yazı Tahtası	14306**	Yansıtıcı Yüzey	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
7	Öğrenci Masası	3062*	Sert Kontrplak	0.30	0.30	0.20	0.15	0.13	0.10	0.08	0.08
8	Kalorifer Peteği	5000*	Metal	0.40	0.30	0.25	0.20	0.10	0.10	0.15	0.15
9	Denizlik	2001*	Mermer	0.01	0.01	0.01	0.015	0.02	0.02	0.02	0.02
10	Zemin Döşemesi	2001*	Mermer	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
11	Kapı 1	10001*	Tek Cam	0.18	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
12	Kapı 2	10007*	Ahşap	0.14	0.14	0.10	0.06	0.08	0.10	0.10	0.10

Tablo 7. Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğin iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Kolonlar	102*	B.A.+Sıva+Boya	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
2	Tavan	4042*	Alçıpan	0.08	0.08	0.11	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03
3	Pencere Doğ.	14311**	Alüminyum	0.34	0.35	0.36	0.55	0.90	0.74	0.46	0.45
4	Duvarlar	1001*	Tuğla+Sıva+Boya	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07
5	Kürsü	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
6	Dinleyici	11008*	Öğrenci	0.62	0.62	0.72	0.80	0.83	0.84	0.85	0.85
7	Pencere	10003*	Çift Cam	0.10	0.10	0.07	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02
8	Yazı Tahtası	14306**	Yansıtıcı Yüzey	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
9	Öğrenci Masası	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
10	Kapı	10007*	Ahşap	0.14	0.14	0.10	0.06	0.08	0.10	0.10	0.10
11	Kalorifer Peteği	5000*	Metal	0.40	0.30	0.25	0.20	0.10	0.10	0.15	0.15

Tablo 7'nin devamı

12	Denizlik	2001*	Mermer	0.01	0.01	0.01	0.015	0.02	0.02	0.02	0.02
13	Zemin Döşemesi	14307**	Seramik	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
14	Aydınlatma Elemanı	14306**	Sıva altı Aydınlatma Armatürü	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02

Tablo 8. Harita Mühendisliği Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisinin iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	14302*	Taş yünü Asma Tavan	0.28	0.29	0.33	0.53	0.73	0.86	0.92	0.92
2	Duvarlar	1001*	Tuğla+Sıva+Boya	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07
3	Dinleyici	11008*	Öğrenci	0.62	0.62	0.72	0.80	0.83	0.84	0.85	0.85
4	Pencere Perdesi	8014*	Dokuma	0.06	0.06	0.10	0.38	0.63	0.70	0.73	0.73
5	Öğrenci Masası	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
6	Kürsü	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
7	Kapı	10001*	Tek Cam	0.18	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
8	Yazı Tahtası	14306**	Yansıtıcı Yüzey	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
9	Kalorifer Peteği	5000*	Metal	0.40	0.30	0.25	0.20	0.10	0.10	0.15	0.15
10	Alçıpan Alın	4042*	Alçıpan	0.08	0.08	0.11	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03
11	Zemin Döşemesi	14307**	Seramik	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
12	Sahne	14307**	Seramik	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
13	Aydınlatma Elemanı	14306**	Sıva altı Aydınlatma Armatürü	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02

Tablo 9. Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Dersliğin iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	102*	B.A.+Sıva+Boya	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
2	Duvarlar	1001*	Tuğla+Sıva+Boya	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07
3	Dinleyici	11008*	Öğrenci	0.62	0.62	0.72	0.80	0.83	0.84	0.85	0.85
4	Kürsü (yan)	102*	B.A.+Sıva+Boya	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
5	Kürsü (üst)	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
6	Pencere	10003*	Çift Cam	0.10	0.10	0.07	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02
7	Öğrenci Masası	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
8	Kapı (cam)	10001*	Tek Cam	0.18	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
9	Yazı Tahtası	14306**	Yansıtıcı Yüzey	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
10	Sahne	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
11	Kalorifer Peteği	5000*	Metal	0.40	0.30	0.25	0.20	0.10	0.10	0.15	0.15
12	Denizlik	2001*	Mermer	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
13	Zemin Döşemesi	14307**	Seramik	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
14	Pano	14309**	Açık Örgü Kumaş	0.35	0.35	0.70	0.90	0.90	0.95	0.90	0.90

Tablo 10. Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarının iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	102*	B.A.+Sıva+Boya	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
2	Duvarlar	1001*	Tuğla+Sıva+Boya	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07
3	Dolap	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
4	Dinleyici	11008*	Öğrenci	0.62	0.62	0.72	0.80	0.83	0.84	0.85	0.85
5	Pencere	10001*	Tek Cam	0.18	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
6	Düşürülmüş Tavan (yan)	70*	Ahşap Izgara	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
7	Düşürülmüş Tavan (alt)	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07

Tablo 10 'un devamı

8	Öğrenci Masası (üst)	14307**	Seramik	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
9	Öğrenci Masası (yan)	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.08
10	Aydınlatma Elemanı	14306**	Sıva üstü Aydınlatma Armatürü	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
11	Kalorifer Peteği	5000*	Metal	0.40	0.30	0.25	0.20	0.10	0.10	0.15	0.15
12	Denizlik	14308**	Dökme Mozaik	0.01	0.01	0.01	0.015	0.02	0.02	0.02	0.02
13	Yazı Tahtası	14306**	Yansıtıcı Yüzey	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
14	Pano	14309**	Açık Örgü Kumaş	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
15	Zemin Döşemesi	14308**	Dökme Mozaik	0.01	0.01	0.01	0.015	0.02	0.02	0.02	0.02
16	Kapı	10002*	3 mm Tek Cam	0.08	0.08	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02

Tablo 11. Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarının iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	102*	B.A.+Sıva+Boya	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
2	Tezgah	2001*	Mermer Malzeme	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
3	Duvarlar	1001*	Tuğla+Sıva+Boya	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07
4	Dinleyici	11008*	Öğrenci	0.62	0.62	0.72	0.80	0.83	0.84	0.85	0.85
5	Pencere	10001*	Tek Cam	0.18	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
6	Öğrenci Masası	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
7	Kapı	10007*	Ahşap	0.14	0.14	0.10	0.06	0.08	0.10	0.10	0.10
8	Kalorifer Peteği	5000*	Metal	0.40	0.30	0.25	0.20	0.10	0.10	0.15	0.15
9	Denizlik	14308**	Dökme Mozaik	0.01	0.01	0.01	0.015	0.02	0.02	0.02	0.02
10	Zemin Döşemesi	14307**	Seramik	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
11	Perde	8005*	Pamuklu Kumaş	0.30	0.30	0.45	0.65	0.56	0.59	0.71	0.71

Tablo 12. Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Dersliğin iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	102*	B.A.+Sıva+Boya	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
2	Duvarlar	1001*	Tuğla+Sıva+Boya	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07
3	Sahne	14307**	Seramik	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
4	Yazı Tahtası	14306**	Yansıtıcı Yüzey	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
5	Dinleyici	11007*	Öğrenci	0.72	0.72	0.80	0.86	0.89	0.90	0.90	0.90
6	Pencere	10001*	Tek Cam	0.18	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
7	Bant Pencere	10001*	Tek Cam	0.18	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
8	Öğrenci Masası	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.08
9	Kürsü	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.08
10	Kalorifer Peteği	5000*	Metal	0.40	0.30	0.25	0.20	0.10	0.10	0.15	0.15
11	Zemin Döşemesi	14307**	Seramik	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
12	Kapı	10007*	Ahşap	0.14	0.14	0.10	0.06	0.08	0.10	0.10	0.10

Tablo 13. Orman Mühendisliği D-3 No'lu Dersliğin iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	102*	B.A.+Sıva+Boya	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
2	Duvarlar	3021*	Ahşap Levha	0.30	0.30	0.20	0.20	0.10	0.05	0.05	0.05
3	Dinleyici	11009*	Öğrenci	0.51	0.51	0.64	0.75	0.80	0.82	0.83	0.83
4	Kürsü	3062*	Sert Kontrplak	0.30	0.30	0.20	0.15	0.13	0.10	0.08	0.08
5	Pencere	10003*	Çift Cam	0.10	0.10	0.07	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02
6	Öğrenci Masası	3062*	Sert Kontrplak	0.30	0.30	0.20	0.15	0.13	0.10	0.08	0.08
7	Kapı	10007*	Ahşap	0.14	0.14	0.10	0.06	0.08	0.10	0.10	0.10
8	Yazı Tahtası	3063*	İnce Kontrplak	0.42	0.42	0.21	0.10	0.08	0.06	0.06	0.06
9	Sahne Döşemesi	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
10	Aydınlatma Elemanı	14306**	Sıva üstü Aydınlatma Armatürü	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
11	Denizlik	2001*	Mermer	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
12	Petek Önü Izgara	40*	Ahşap	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
13	Zemin Döşemesi	6000*	Linolyum	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05

Tablo 14. Orman Endüstri Mühendisliği A2 Amfisinin iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	102*	B.A.+Sıva+Boya	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
2	Duvarlar	3021*	Ahşap Levha	0.30	0.30	0.20	0.20	10	0.05	0.05	0.05
3	Dinleyici	11008*	Öğrenci	0.62	0.62	0.72	0.80	0.83	0.84	0.85	0.85
4	Kürsü	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
5	Pencere	10003*	Çift Cam	0.10	0.10	0.07	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02
6	Öğrenci Masası	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
7	Kapı (cam)	10001*	Tek Cam	0.18	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
8	Yazı Tahtası	14306**	Yansıtıcı Yüzey	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
9	Sahne	2001*	Mermer	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
10	Kalorifer Peteği	5000*	Metal	0.40	0.30	0.25	0.20	0.10	0.10	0.15	0.15
11	Zemin Döşemesi	2001*	Mermer	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02

Tablo 15. İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Dersliğin iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	102*	B.A.+Sıva+Boya	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
2	Duvarlar	1001*	Tuğla+Sıva+Boya	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07
3	Dinleyici	11007*	Öğrenci	0.72	0.72	0.80	0.86	0.89	0.90	0.90	0.90
4	Pencere	10003*	Çift Cam	0.10	0.10	0.07	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02
5	Öğrenci Masası	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
6	Kapı (Ahşap)	10007*	Ahşap	0.14	0.14	0.10	0.06	0.08	0.10	0.10	0.10
7	Kapı (Cam)	10001*	Tek Cam	0.18	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
8	Yazı Tahtası	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
9	Kalorifer Peteği	5000*	Metal	0.40	0.30	0.25	0.20	0.10	0.10	0.15	0.15
10	Denizlik	2001*	Mermer	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
11	Zemin Döşemesi	14308**	Dökme Mozaik	0.01	0.01	0.01	0.015	0.02	0.02	0.02	0.02
12	Sahne	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07

Tablo 16. Peyzaj Mimarlığı PMD2 No’lu Dersliğin iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	102*	B.A.+Sıva+Boya	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
2	Duvarlar	1001*	Tuğla+Sıva+Boya	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07
3	Dinleyici	11007*	Öğrenci	0.72	0.72	0.80	0.86	0.89	0.90	0.90	0.90
4	Pencere	10003*	Çift Cam	0.10	0.10	0.07	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02
5	Öğrenci Masası	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
6	Kapı	10007*	Ahşap	0.14	0.14	0.10	0.06	0.08	0.10	0.10	0.10
7	Kapı (Cam)	10001*	Tek Cam	0.18	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
8	Yazı Tahtası	14306**	Yansıtıcı Yüzey	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
9	Kalorifer Peteği	5000*	Metal	0.40	0.30	0.25	0.20	0.10	0.10	0.15	0.15
10	Denizlik	2001*	Mermer	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
11	Pano	14309**	Açık Örgü Kumaş	0.35	0.35	0.70	0.90	0.90	0.95	0.90	0.90
12	Zemin Döşemesi	2001*	Mermer	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02

Tablo 17. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No’lu Dersliğin iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Pencere	10001*	Tek Cam	0.18	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
2	Yazı Tahtası	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
3	Kürsü	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
4	Dinleyici	11007*	Öğrenci	0.72	0.72	0.80	0.86	0.89	0.90	0.90	0.90
5	Tavan	102*	B.A.+Sıva+Boya	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
6	Öğrenci Masası	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
7	Denizlik	2001*	Mermer	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
8	Kapı 1	10007*	Ahşap	0.14	0.14	0.10	0.06	0.08	0.10	0.10	0.10
9	Kapı 2	10002*	3 mm Tek Cam	0.08	0.08	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
10	Kalorifer Peteği	5000*	Metal	0.40	0.30	0.25	0.20	0.10	0.10	0.15	0.15
11	Duvarlar	1001*	Tuğla+Sıva+Boya	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07
12	Zemin Döşemesi	14307**	Seramik	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02

Tablo 18. Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarının iç mekân yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	102*	B.A.+Sıva+Boya	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
2	Duvar	1001*	Tuğla+Sıva+Boya	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.07
3	Dolap	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
4	Dinleyici	11008*	Öğrenci	0.62	0.62	0.72	0.80	0.83	0.84	0.85	0.85
5	Pencere	10001*	Tek Cam	0.18	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
6	Düşürülmüş Tavan (yan)	70*	Ahşap Izgara	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
7	Düşürülmüş Tavan (alt)	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07
8	Öğrenci Masası (üst)	14307**	Seramik	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
9	Öğrenci Masası (yan)	3004*	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.08
10	Aydınlatma Elemanı	14306**	Sıva üstü Aydınlatma Armatürü	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
11	Kalorifer Peteği	5000*	Metal	0.40	0.30	0.25	0.20	0.10	0.10	0.15	0.15
12	Denizlik	14308**	Dökme Mozaik	0.01	0.01	0.01	0.015	0.02	0.02	0.02	0.02
13	Yazı Tahtası	14306**	Yansıtıcı Yüzey	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
14	Pano	14309**	Açık Örgü Kumaş	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
15	Zemin Döşemesi	14308**	Dökme Mozaik	0.01	0.01	0.01	0.015	0.02	0.02	0.02	0.02
16	Kapı	10002*	3 mm Tek Cam	0.08	0.08	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02

* : Odeon V10 programının kütüphanesinden seçilen malzemedir.

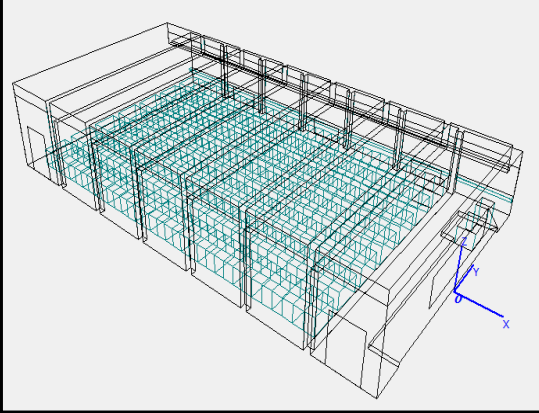
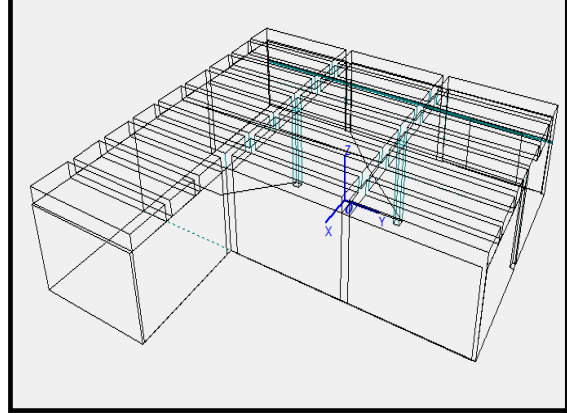
** : (URL-3, 2011)

2.6. Simülasyon Sonuçlarının Elde Edilmesi Süreci

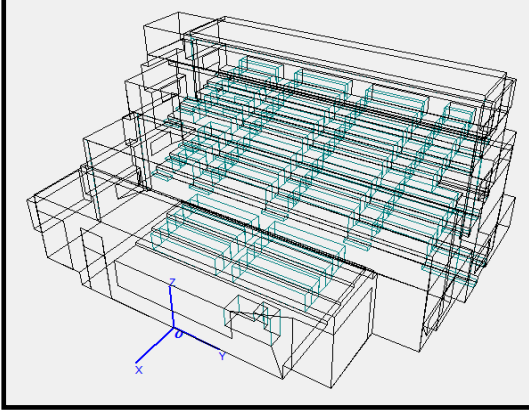
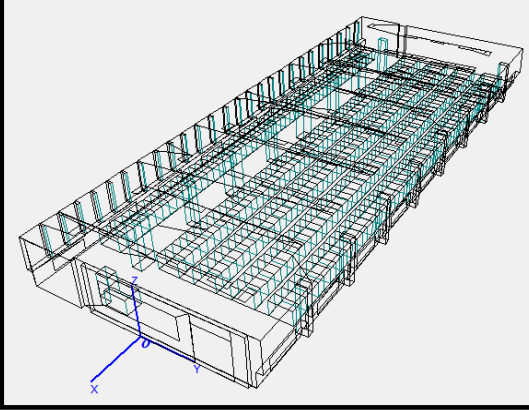
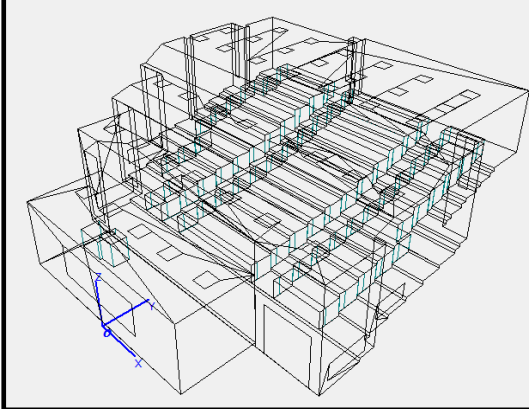
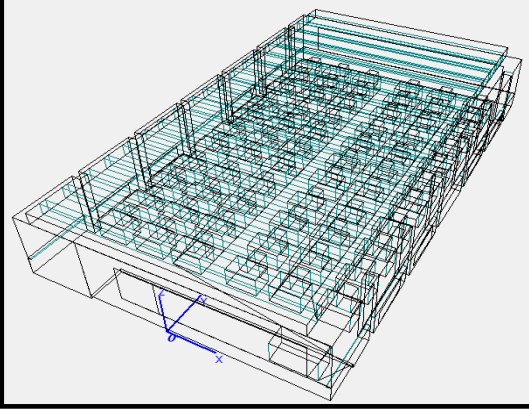
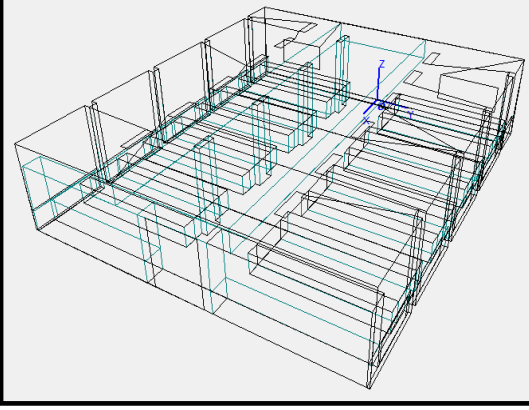
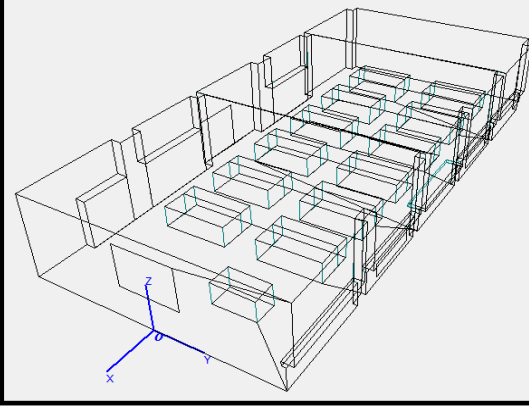
Modellerin ODEON Version 10 programına yüklenmesinden sonra “3D Geometry Debugger” komutuyla üç boyutlu geometrideki yanlışlıkların taranmasıyla modellerin doğrulukları tespit edilmiştir. 3D Geometry Debugger komutu ile birbiri üzerine binen, tekrarlanan ya da birleşmeyen yüzeyler tespit edilmektedir. Simülasyon sırasında ışınların kaçmasına sebep olabilecek boşlukların kontrolü ışın sızdırmalık testi olan “3D Investigate Rays” komutuyla yapılmıştır. Bunun için mekana noktasal bir kaynak atanarak simülasyon programı çalıştırılmıştır. Kontrolleri tamamlanan ve uygunlukları belirlenen modellerin, grid alanları belirlenmiş, yüzey malzemeleri ve kaynak noktaları atanmıştır.

Simülasyon programını çalıştırmadan önce “Global Estimate” komutu ile yaklaşık yansıma süreleri hesaplanmış ve her mekân için programın “Room Setup” kısmına “Number of Rays” ve “Impulse Response Length” değerleri girilmiştir. Tüm bu işlemlerden sonra simülasyon programı çalıştırılmıştır. Mekânların Odeon V10’den alınan modellerine ilişkin görseller Tablo 19’da yer almaktadır.

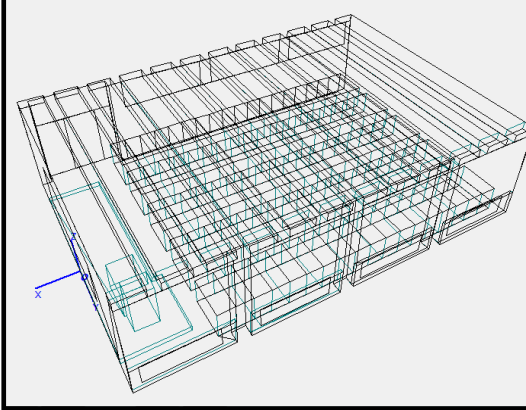
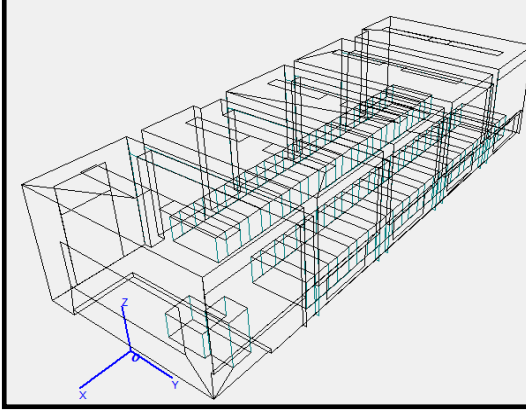
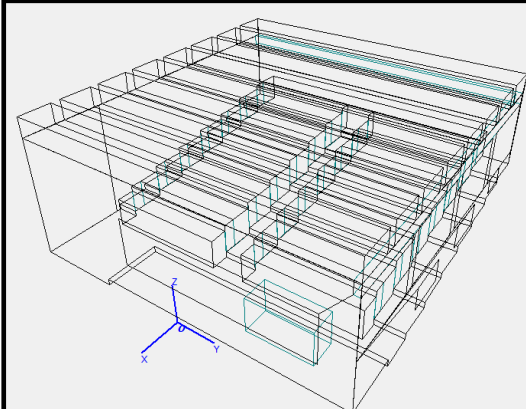
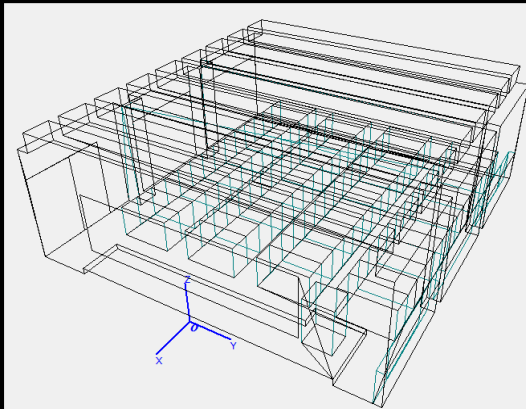
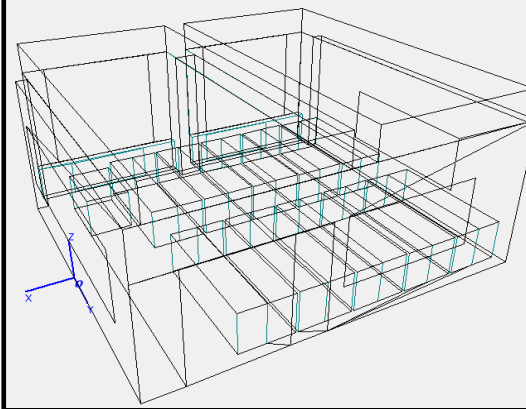
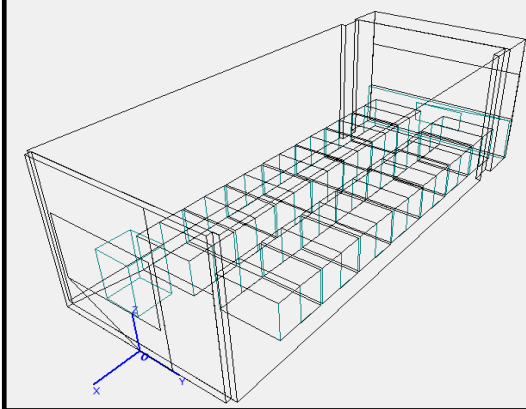
Tablo 19. Odeon V10’den alınan mekanlara ait simülasyon modelleri

	
Elektrik Bölümü 5 No’lu Derslik	Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarı

Tablo 19'un devamı

	
<p>Elektrik-Elektronik Mühendisliği Halis Duman Amfisi</p>	<p>Fizik Bölümü 4 No'lu Derslik</p>
	
<p>Harita Mühendisliği Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisi</p>	<p>Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Derslik</p>
	
<p>Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarı</p>	<p>Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarı</p>

Tablo 19'un devamı

	
Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Derslik	Orman Mühendisliği D-3 No'lu Derslik
	
Orman Endüstri Mühendisliği A2 Amfisi	İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Derslik
	
Peyzaj Mimarlığı PMD2 No'lu Derslik	İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No'lu Derslik

2.7. Simülasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesinde Kullanılan Sesin Nesnel Parametreleri ve Optimum Değer Aralıkları

Eğitim yapılarına ait modellerin ODEON V10 simülasyon programı ile sesin nesnel parametrelerine ait sonuçlar elde edildikten sonra, çalışma kapsamında Reverberasyon Süresi (RT), Erken Düşme Süresi (EDT), Ayırt Edilebilirlik (D_{50}) ve Ses İletim İndeksi (STI) parametrelerine ait sonuçlar değerlendirilmiştir.

Reverberasyon Süresi parametresi değerlendirilirken; Şekil 15'deki farklı fonksiyonlara sahip olan mekanlar için optimum RT değerlerini veren grafikten yararlanılmıştır. Bu grafiğe göre, her bir mekânın sahip olduğu hacme göre RT değerinin alt ve üst sınırlarını belirlemiştir.

Erken Düşme Süresi parametresi değerlendirilirken; Gade (1989)'in konser salonları üzerine yapmış olduğu çalışmada RT-EDT arasındaki ilişkiyi gösteren denklemden faydalanılmıştır (Denklem 17). EDT değerinin alt ve üst sınırları bu denkleme göre belirlenmiştir.

Ayırt Edilebilirlik parametresi değerlendirilirken; Şekil 10'daki D_{50} parametresi ile konuşmanın anlaşılabilirliği arasındaki ilişkiyi gösteren grafikten faydalanılmıştır. Bu grafiğe göre D_{50} parametresinin değeri arttıkça, konuşmanın anlaşılabilirliği artmaktadır. %50 üzerindeki D_{50} değeri, %90 konuşmanın anlaşılabilirliği anlamına gelmektedir (Kuttruff, 1991).

Ses İletim İndeksi parametresi değerlendirilirken; Houtgast ve Steeneken'in STI parametresi için yapmış oldukları değerlendirme esas alınmıştır. Bu değerlendirmeye göre STI değeri, 1,00 ile 0,75 aralığında mükemmel, 0,75 ile 0,60 aralığında iyi, 0,60 ile 0,45 aralığında orta, 0,45 ile 0,30 aralığında zayıf, 0,30 ile 0,00 aralığında ise kötü düzeyde tespit edilmiştir (Yerli, 2015).

Kişi başına düşen hacim miktarları değerlendirilirken; Tablo 1'deki farklı kullanım amaçlı salonlar için tavsiye edilen kişi başına düşen hacim miktarlarını veren tablodan faydalanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Giriş

Bu bölümde, yapılan çalışmalar bölümünde ODEON V10 simülasyon programı kullanılarak elde edilen (Reverberasyon Süresi) RT, (Erken Düşme Süresi) EDT, (Ayırt Edilebilirlik) D_{50} ve (Ses İletim İndeksi) STI değerlerine ait sonuçlar değerlendirilmiştir. Bunun için öncelikle elde edilen sayısal sonuçlar Microsoft Office Word programında grafik haline getirilmiştir. Daha sonra hacim özellikleri de dikkate alınarak incelenen derslik ve laboratuvarlar (büyük, orta ve küçük) için elde edilen sesin nesnel parametrelerine ait 500 Hz'deki değerleri esas alınmış ve optimum değerlerle karşılaştırılmıştır. Akustik konfor koşulları açısından olumsuzluk gösteren mekânlar tespit edilmiş ve bu durumları gidermek amacıyla çözüm önerileri geliştirilmiştir. Bu çözüm önerilerine göre mekânların tavan ve duvar yüzey açılarında değişiklik yapılmadan sadece iç mekân yüzeylerine, uygun malzemeler seçilerek derslik ve laboratuvarlar için yeni 3D modeller hazırlanmıştır. İyileştirme çalışması doğrultusunda hazırlanan 3D modeller ODEON V10 programına aktarılmış ve simülasyon programının çalışması için gerekli kabuller ile ayarlar yapıldıktan sonra program tekrar çalıştırılmıştır. Simülasyon sonucunda her bir mekana ait sesin nesnel parametreleri yeniden elde edilmiş ve elde edilen bu akustik parametreler optimum değer aralıkları ile karşılaştırılmıştır.

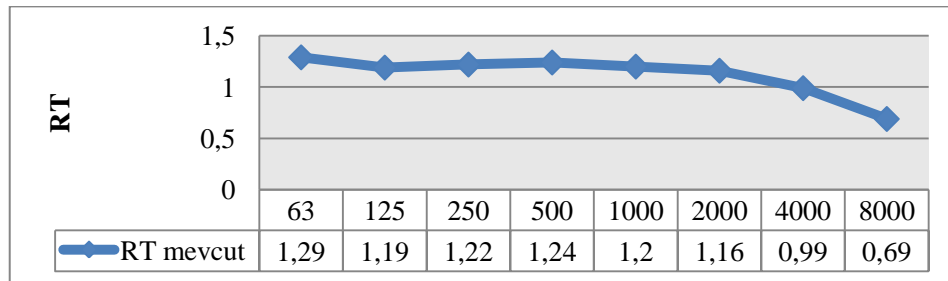
3.2. Elektrik Bölümü 5 No'lu Dersliğin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Elektrik Bölümü 5 No'lu Dersliğin akustik konfor koşullarının incelenmesi için kullanılan sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları, mekanın mevcut durumu ve iyileştirme çalışması doğrultusunda yapılan malzeme değişikliğinden sonraki durumu için Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20. Elektrik Bölümü 5 No'lu Dersliğin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları

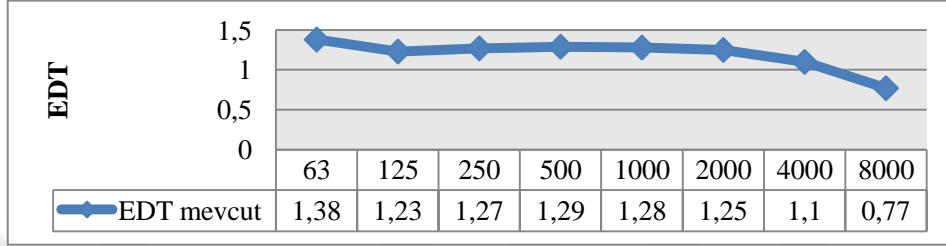
Hacim Akustiği Parametresi	Elektrik Bölümü 5 No'lu Derslik	Optimum (minimum)		Optimum (maximum)		
RT	Mevcut	0,70		0,94		
	Malzeme değişikliği	0,69		0,93		
EDT _{mid}	Mevcut	0,57		0,834		
	Malzeme değişikliği	0,559		0,823		
D ₅₀	Her iki durum için	0,50 ≤				
STI	Her iki durum için	0-0.3 Kötü	0.3-0.45 Zayıf	0.45-0.6 Orta	0.6-0.75 İyi	0.75-1.0 Mükemmel

Reverberasyon Süresi (RT): Elektrik Bölümü 5 No'lu Dersliğin mevcut durumu için RT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 1,24 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 36). Büyük hacimli mekân kapsamında incelenen ve 1114 m³ hacme sahip olan dersliğin, orta frekans bölgesindeki optimum RT değeri 0,70 ile 0,94 sn. aralığındadır (Tablo 20). Belirtilen değer aralıklarına göre, RT değeri optimum düzeyin üzerinde elde edilmiştir.



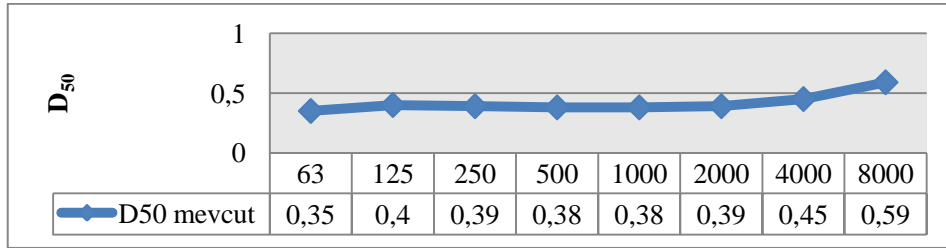
Şekil 36. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Elektrik Bölümü 5 No'lu Dersliğin mevcut durumu için EDT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 1,29 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 37). Optimum EDT değeri ise, orta frekans bölgesinde 0,57 ile 0,834 sn. aralığındadır (Tablo 20). Belirtilen değer aralıklarına göre, dersliğin mevcut durumu için EDT değeri, optimum düzeyin üzerinde elde edilmiştir.



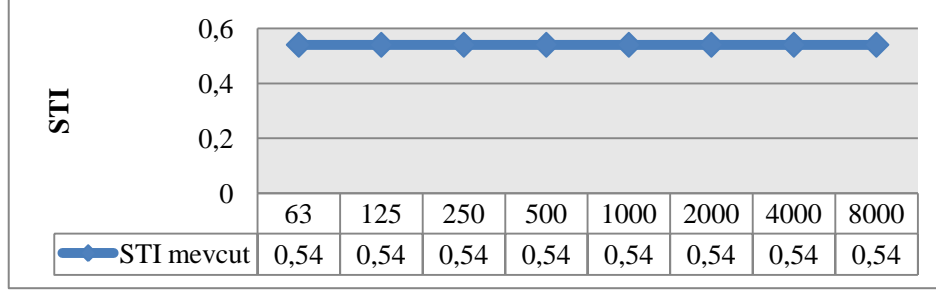
Şekil 37. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Elektrik Bölümü 5 No'lu Dersliğin mevcut durumu için D_{50} değeri 0,38 olarak elde edilmiştir (Şekil 38). Bu değer D_{50} optimum alt sınır değerinden oldukça düşüktür. Dersliğin mevcut durumu için %50'nin altında olan D_{50} parametresine göre, konuşmanın belirginliğinin yeterli düzeyde olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 38. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Elektrik Bölümü 5 No'lu Dersliğin mevcut durumu için STI değeri 0,54 olarak elde edilmiştir (Şekil 39). Elde edilen STI değeri anlaşılabilirliğin orta düzeyde olduğu 0,45 ile 0,60 aralığındadır (Tablo 20).

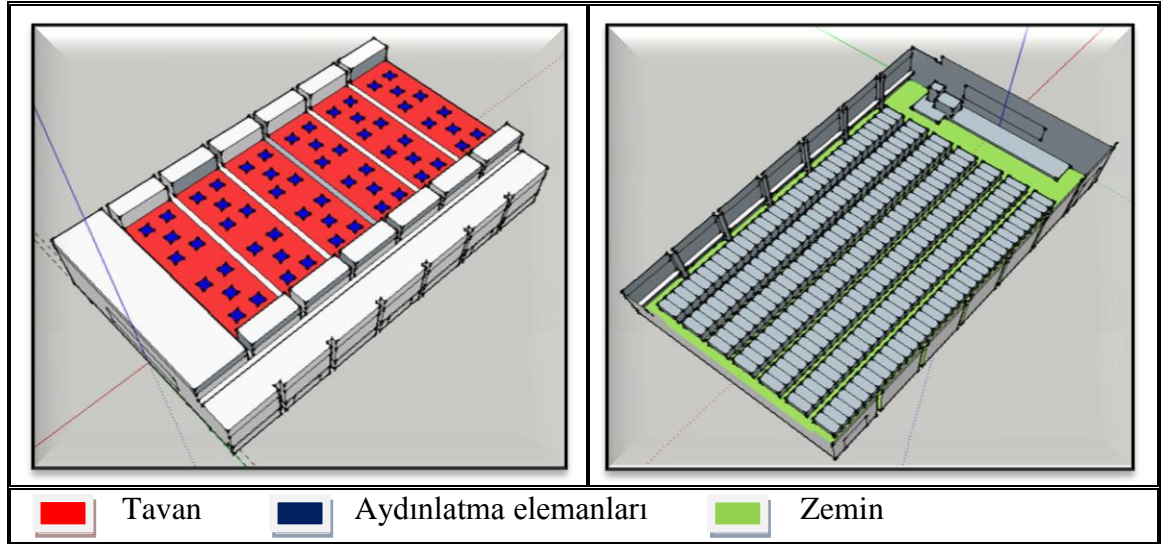


Şekil 39. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

3.2.1. Elektrik Bölümü 5 No’lu Derslik İçin İyileştirme Çalışması

Elektrik Bölümü 5 No’lu Derslik için elde edilen RT, EDT, D_{50} değerlerini optimum düzeylere, STI değerini ise daha iyi düzeye getirmek amacıyla mekan yüzeylerinde bazı malzeme değişiklikleri yapılmıştır (Şekil 40).

Malzeme değişikliğinde genel olarak alçak frekanslardan yüksek frekanslara doğru ses yutuculukları giderek artış gösteren malzemeler olan zeminde: halı, tavanda: taş yünü karo levhalar seçilmiştir. Tavanda kullanılan taş yünü karo levha asma tavan uygulaması ile uyumlu şekilde sıva altı aydınlatma armatürü kullanılmıştır (Tablo 21).



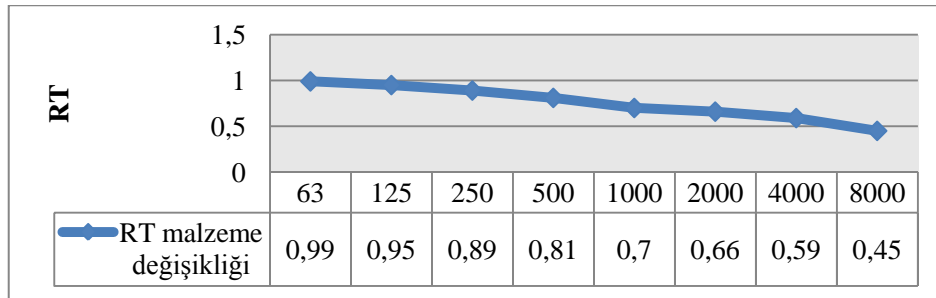
Şekil 40. Elektrik Bölümü 5 No’lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler

Tablo 21. Elektrik Bölümü 5 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	14302	Taş yünü karo levha	0.28	0.29	0.33	0.53	0.73	0.86	0.92	0.92
7	Sahne	7004	Halı	0.02	0.02	0.06	0.14	0.37	0.60	0.65	0.65
11	Zemin Döşemesi	7004	Halı	0.02	0.02	0.06	0.14	0.37	0.60	0.65	0.65
14	Aydınlatma Elemanı	14306	Sıva altı aydınlatma armatürü	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02

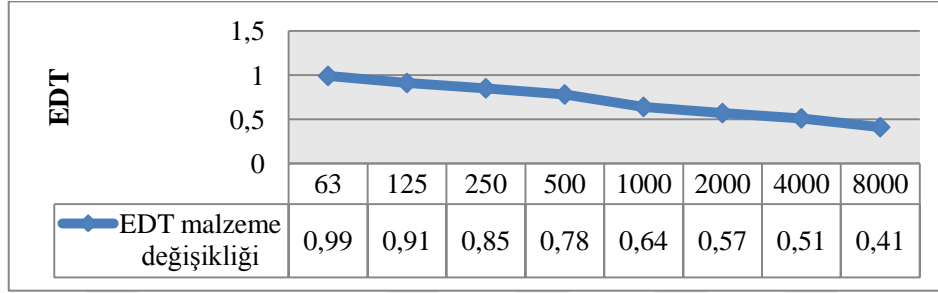
İyileştirme çalışması kapsamında 5 No'lu Dersliğin Sketchup 8 programı ile yeniden modellenmesi yapılmış ve ODEON V10 programında simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sesin nesnel parametre değerlerine göre sonuçlar tekrar değerlendirilmiştir.

Reverberasyon Süresi (RT): Malzeme değişikliği ile meydana gelen tavan formundaki değişiklik sonucunda mekânın hacmi 910 m^3 'e düşmüştür. Belirtilen hacme sahip olan bir mekandaki optimum RT değerinin 0,69 ile 0,93 sn. aralığında olması gerekmektedir (Tablo 20). Bu değer aralığına göre, malzeme değişikliği sonrasında RT değeri 0,81 sn. ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 41).



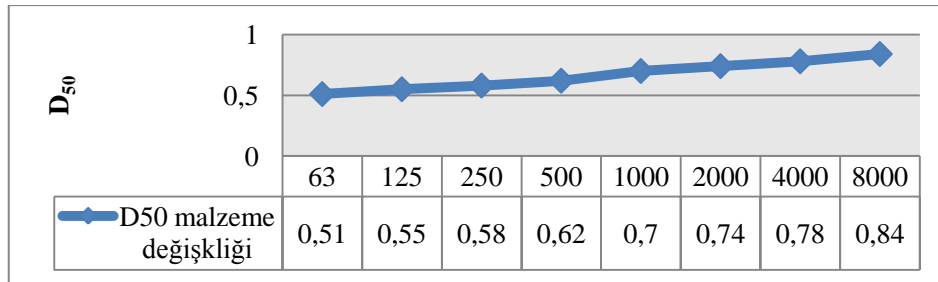
Şekil 41. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Derslik için malzeme değişikliğinden sonraki optimum EDT değeri 0,559 ile 0,823 sn. aralığındadır (Tablo 20). Dersliğin mevcut durumu için optimum değer aralığında olmayan EDT değeri (1,29 sn.), malzeme değişikliğinden sonra 0,78 sn. ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 42).



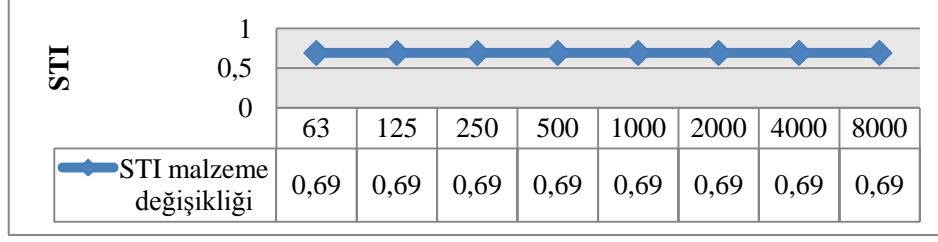
Şekil 42. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Malzeme değişikliğinden sonra elde edilen D_{50} değerinde (0,62), mevcut durumdaki D_{50} değerine (0,38) göre artış meydana gelmiştir (Şekil 43). Değişiklik sonrasında, derslik için konuşmanın belirginliğinin mevcut duruma göre çok daha iyi olduğu belirlenmiştir.



Şekil 43. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Derslikte yapılan malzeme değişikliğinden sonra STI değeri (0,69), anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 aralığında elde edilmiştir (Şekil 44). Bu değer mevcut durumdaki STI değerinden (0,54) daha yüksek değere sahiptir.



Şekil 44. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

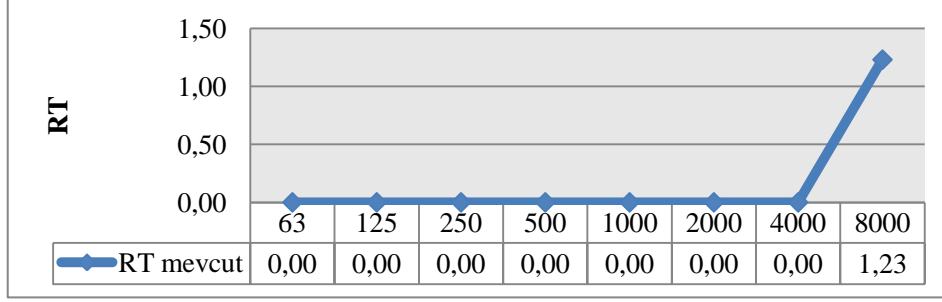
3.3. Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarının Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarının akustik konfor koşullarının incelenmesi için kullanılan sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları, mekanın mevcut durumu ve iyileştirme çalışması doğrultusunda yapılan malzeme değişikliğinden sonraki durumu için Tablo 22’de verilmiştir.

Tablo 22. Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarının mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları

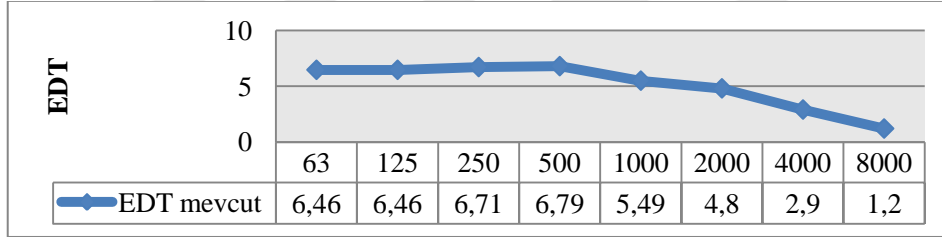
Hacim Akustiği Parametresi	Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarı	Optimum (minimum)			Optimum (maximum)	
RT	Mevcut	0,70			0,94	
	Malzeme değişikliği	0,67			0,91	
EDT _{mid}	Mevcut	0,57			0,834	
	Malzeme değişikliği	0,537			0,801	
D ₅₀	Her iki durum için	0,50 ≤				
STI	Her iki durum için	0-0.3 Kötü	0.3-0.45 Zayıf	0.45-0.6 Orta	0.6-0.75 İyi	0.75-1.0 Mükemmel

Reverberasyon Süresi (RT): Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarının mevcut durumu için sonuç elde edilememiştir (Şekil 45).



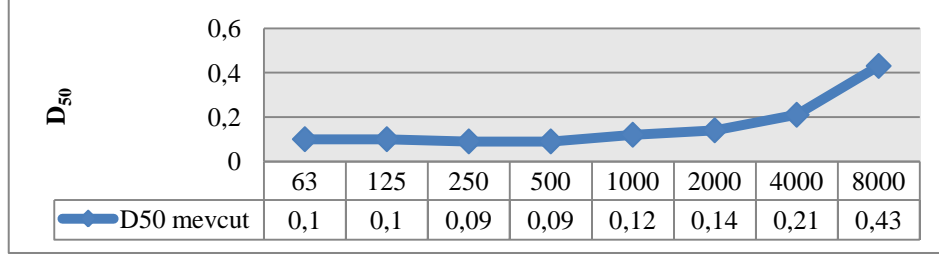
Şekil 45. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarının mevcut durumu için EDT değeri 500 Hz’de (orta frekans bölgesi) 6,79 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 46). Optimum EDT değeri ise, orta frekans bölgesinde 0,57 ile 0,834 sn. aralığındadır (Tablo 22). Belirtilen değer aralıklarına göre, laboratuvarın mevcut durumu için EDT değeri, optimum düzeyin çok üzerinde elde edilmiştir.



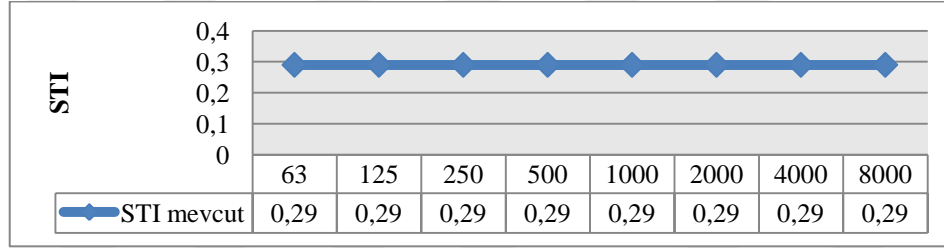
Şekil 46. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarının mevcut durumu için D_{50} değeri 0,09 olarak elde edilmiştir (Şekil 47). Bu değer D_{50} optimum alt sınır değerinden oldukça düşüktür. Laboratuvarın mevcut durumu için %50’nin altında olan D_{50} parametresine göre, konuşmanın belirginliğinin yeterli düzeyde olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 47. Oktav band frekanslarda elde edilen D₅₀ değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarının mevcut durumu için STI değeri 0,29 olarak elde edilmiştir (Şekil 48). Elde edilen STI değeri anlaşılabilirliğin kötü düzeyde olduğu 0,00 ile 0,30 aralığındadır (Tablo 22).

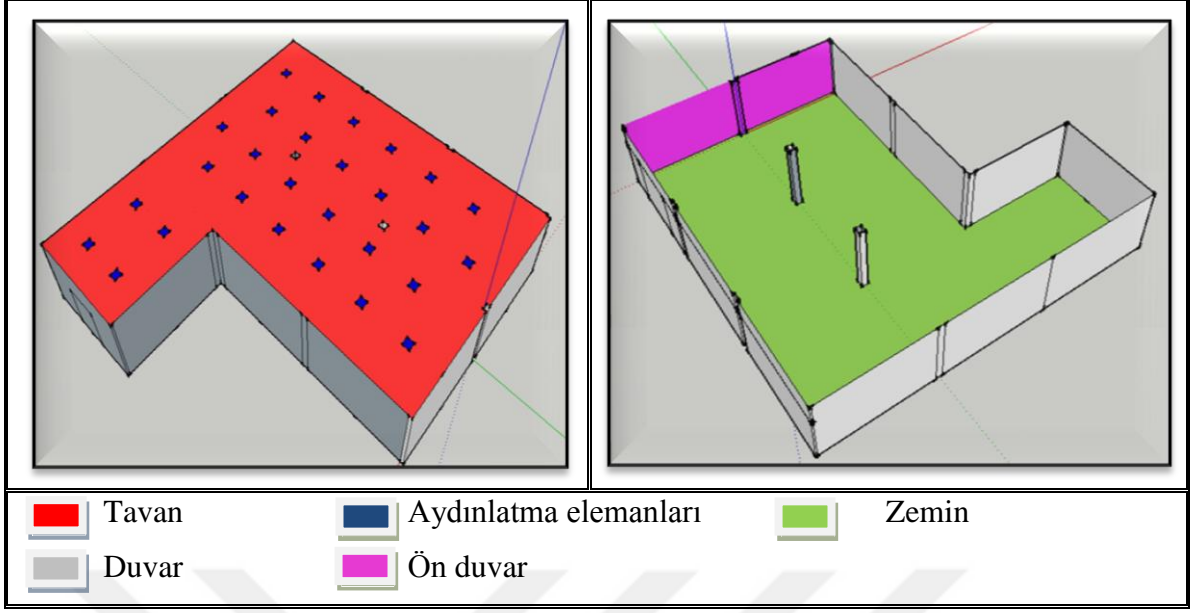


Şekil 48. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

3.3.1. Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarı İçin İyileştirme Çalışması

Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarı için elde edilen RT, EDT, D₅₀ ve STI değerinin optimum düzeye getirmek amacıyla mekan yüzeylerinde bazı malzeme değişiklikleri yapılmıştır (Şekil 49).

Malzeme değişikliğinde genel olarak alçak frekanslardan yüksek frekanslara doğru ses yutuculukları giderek artış gösteren malzeme olan zeminde: linolyum, tavanda: taş yünü karo levhalar, duvarların tamamında: alçı sıva, ön duvarda ise kumaş kaplı paneller seçilmiştir. Tavanda kullanılan taş yünü karo levha asma tavan uygulaması ile uyumlu şekilde sıva altı aydınlatma armatürü kullanılmıştır (Tablo 23).



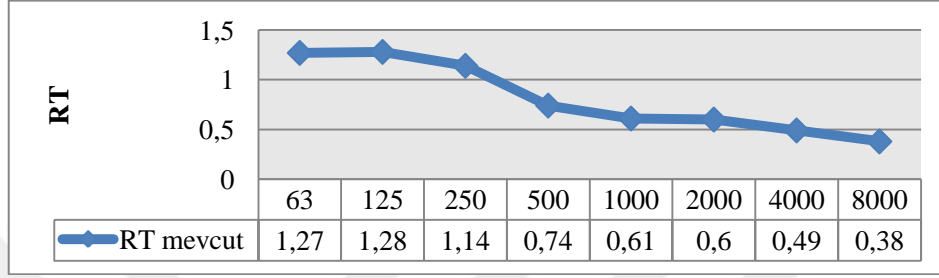
Şekil 49. Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarının iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler

Tablo 23. Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarının iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve yüzeylerin ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	14302	Taş yünü karo levha	0.28	0.29	0.33	0.53	0.73	0.86	0.92	0.92
2	Duvarlar	7001	Alçı sıva	0.03	0.03	0.09	0.25	0.31	0.33	0.44	0.44
4	Zemin Döşemesi	6000	Linolyum	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05
7	Ön Duvar	14309	Açık örgü kumaş	0.35	0.35	0.70	0.90	0.90	0.95	0.90	0.90
8	Aydınlatma Elemanı	14306	Sıva altı aydınlatma armatürü	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02

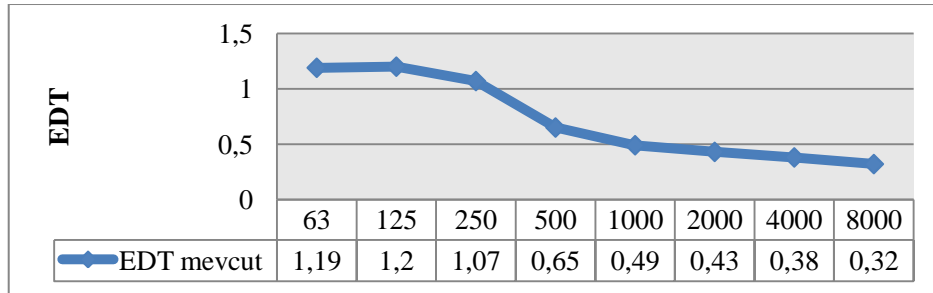
İyileştirme çalışması kapsamında Motorlar Laboratuvarının Sketchup 8 programı ile yeniden modellenmesi yapılmış ve ODEON V10 programında simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sesin nesnel parametre değerlerine göre sonuçlar tekrar değerlendirilmiştir.

Reverberasyon Süresi (RT): Malzeme değişikliği ile meydana gelen tavan formundaki değişiklik sonucunda mekânın hacmi $792,4 \text{ m}^3$ 'e düşmüştür. Belirtilen hacme sahip olan bir mekandaki optimum RT değerinin 0,67 ile 0,91 sn. aralığında olması gerekmektedir. (Tablo 22). Bu değer aralığına göre, malzeme değişikliği sonrasında RT değeri 0,74 sn. ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 50).



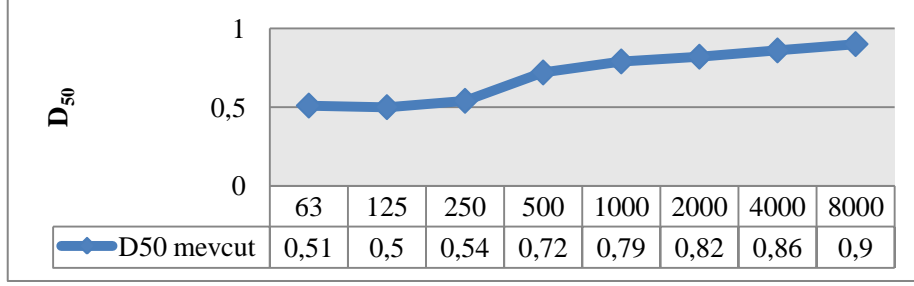
Şekil 50. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Laboratuvar için malzeme değişikliğinden sonraki optimum EDT değeri 0,537 ile 0,801 sn. aralığındadır (Tablo 22). Dersliğin mevcut durumu için optimum değer aralığında olmayan EDT değeri (6,79 sn.), malzeme değişikliğinden sonra 0,65 sn. ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 51).



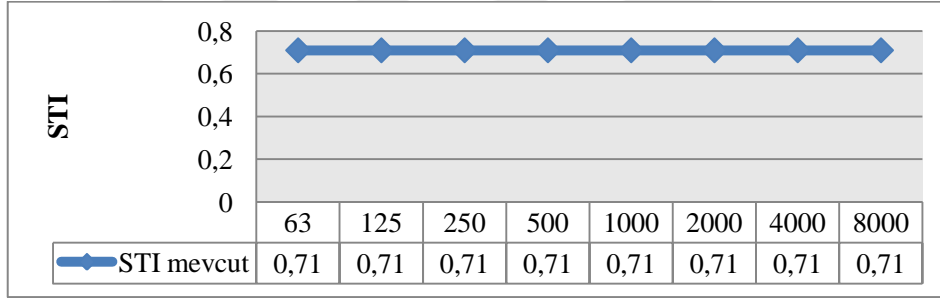
Şekil 51. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Malzeme değişikliğinden sonra elde edilen D_{50} değerinde (0,72), mevcut durumdaki D_{50} değerine (0,09) göre artış meydana gelmiştir (Şekil 52). Değişiklik sonrasında, laboratuvar için konuşmanın belirginliğinin mevcut duruma göre çok daha iyi olduğu belirlenmiştir.



Şekil 52. Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Laboratuarda yapılan malzeme değişikliğinden sonra STI değeri (0,71), anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 değer aralığında elde edilmiştir (Şekil 53). Bu değer mevcut durumdaki STI değerinden (0,29) çok daha etkili düzeydedir.



Şekil 53. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

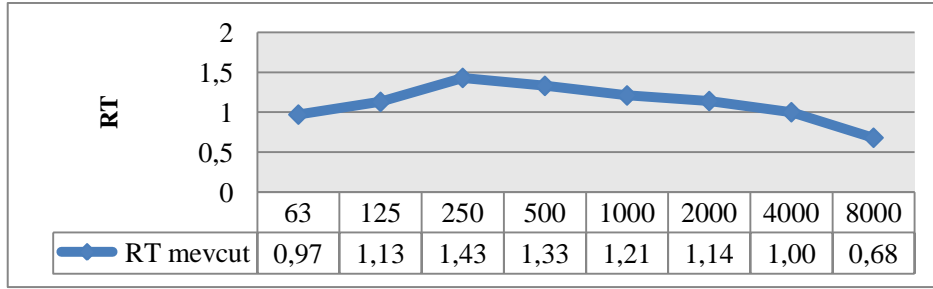
3.4. Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisinin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisinin akustik konfor koşullarının incelenmesi için kullanılan sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları, mekanın mevcut durumu ve iyileştirme çalışması doğrultusunda yapılan malzeme değişikliğinden sonraki durumu için Tablo 24'de verilmiştir.

Tablo 24. Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisinin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları

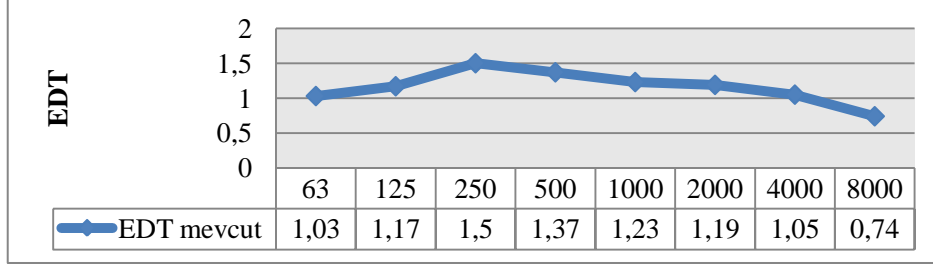
Hacim Akustiği Parametresi	Elektrik-Elektronik B. Halis Duman Amfisi	Optimum (minimum)			Optimum (maximum)	
RT	Mevcut	0,69			0,93	
	Malzeme değişikliği	0,68			0,92	
EDT _{mid}	Mevcut	0,559			0,823	
	Malzeme değişikliği	0,548			0,812	
D ₅₀	Her iki durum için	0,50 ≤				
STI	Her iki durum için	0-0.3 Kötü	0.3-0.45 Zayıf	0.45-0.6 Orta	0.6-0.75 İyi	0.75-1.0 Mükemmel

Reverberasyon Süresi (RT): Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisinin mevcut durumu için RT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 1,33 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 54). Büyük hacimli mekân kapsamında incelenen ve 980 m³ hacme sahip olan amfinin, orta frekans bölgesindeki optimum RT değeri 0,69 ile 0,93 sn. aralığındadır (Tablo 24). Belirtilen değer aralıklarına göre, RT değeri optimum düzeyin üzerinde elde edilmiştir.



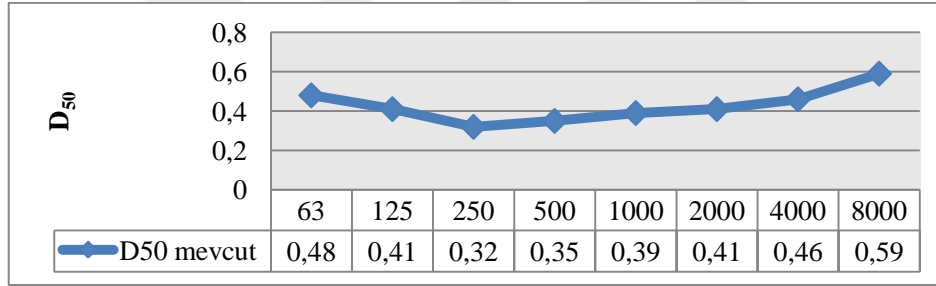
Şekil 54. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisinin mevcut durumu için EDT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 1,37 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 55). Optimum EDT değeri ise, orta frekans bölgesinde 0,559 ile 0,823 sn. aralığındadır (Tablo 24). Belirtilen değer aralıklarına göre, amfinin mevcut durumu için EDT değeri, optimum düzeyin üzerinde elde edilmiştir.



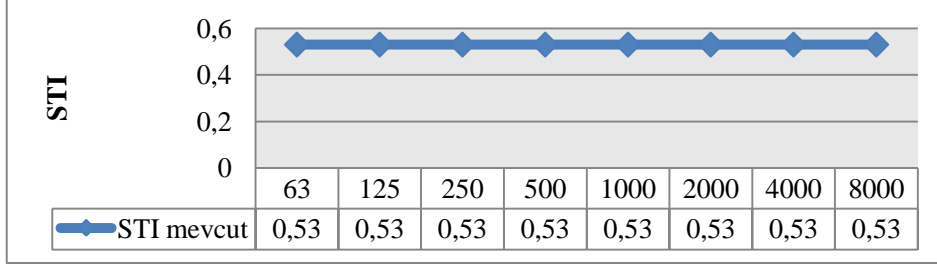
Şekil 55. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayır Edilebilirlik (D_{50}): Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisinin mevcut durumu için D_{50} değeri 0,35 olarak elde edilmiştir (Şekil 56). Bu değer D_{50} optimum alt sınır değerinden oldukça düşüktür. Amfinin mevcut durumu için %50'nin altında olan D_{50} parametresine göre, konuşmanın belirginliğinin yeterli düzeyde olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 56. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisinin mevcut durumu için STI değeri 0,53 olarak elde edilmiştir (Şekil 57). Elde edilen STI değeri anlaşılabilirliğin orta düzeyde olduğu 0,45 ile 0,60 sn. değer aralığındadır (Tablo 24).

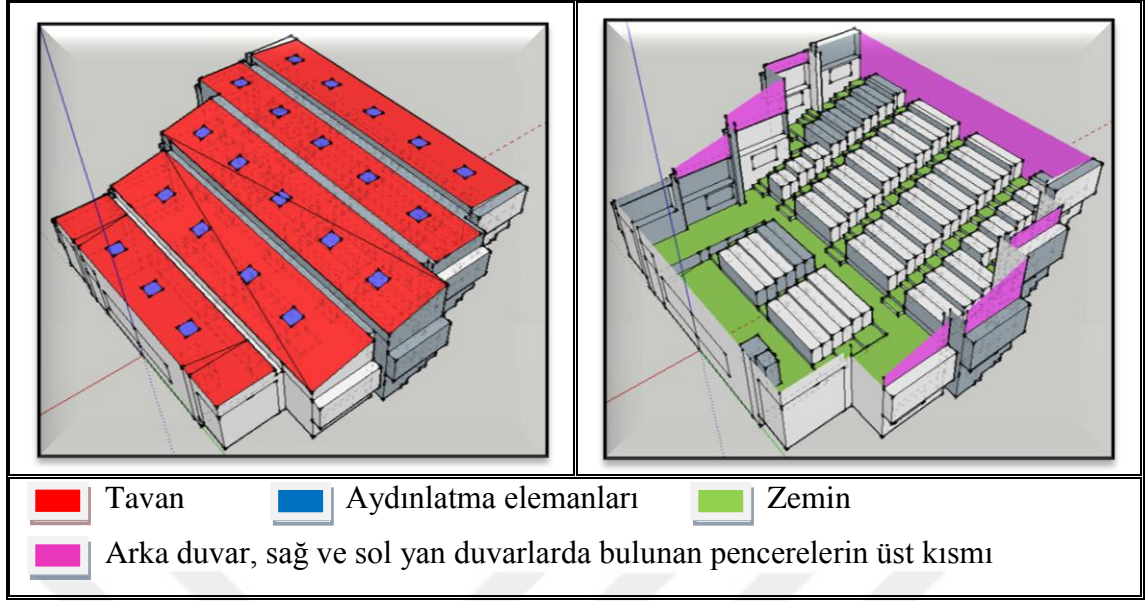


Şekil 57. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

3.4.1. Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisi İçin İyileştirme Çalışması

Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisi için elde edilen RT, EDT, D_{50} değerlerini optimum düzeye, STI değerini ise daha iyi düzeye getirmek amacıyla mekân yüzeylerinde bazı malzeme değişiklikleri yapılmıştır (Şekil 58).

Zeminde: alçak frekanslardan yüksek frekanslara doğru ses yutuculukları giderek artış gösteren halı, arka duvarın tamamı ile sağ ve sol yan duvarlarda bulunan pencerelerin üstünde kalan alanda: kumaş kaplı paneller, tavanda: alçak ve orta frekanslarda ses yutuculuğu yüksek frekanslara göre daha fazla olan alçıpan levhalar seçilmiştir. Tavanda kullanılan alçıpan asma tavan uygulaması ile uyumlu şekilde sıva altı aydınlatma armatürü kullanılmıştır (Tablo 25).



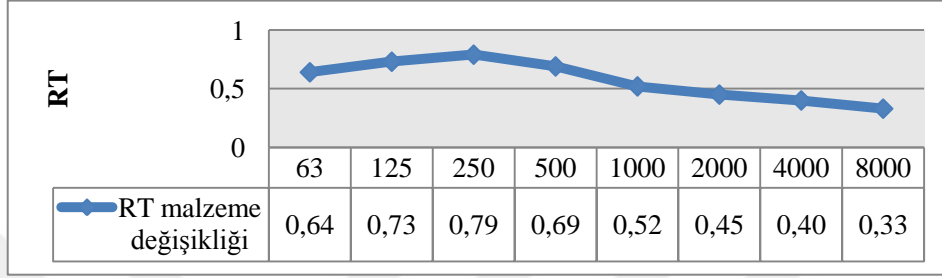
Şekil 58. Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisinin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeleri gösteren modelleri

Tablo 25. Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisinin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	4042	Alçıpan levha	0.08	0.08	0.11	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03
10	Zemin Döşemesi	7004	Halı	0.02	0.02	0.06	0.14	0.37	0.60	0.65	0.65
13	Arka Duvar	8005	Pamuklu kumaş	0.30	0.30	0.45	0.65	0.56	0.59	0.71	0.71
14	Sağ ve Sol Yan Duvarlar	8005	Pamuklu kumaş	0.30	0.30	0.45	0.65	0.56	0.59	0.71	0.71
15	Aydınlatma Elemanı	14306	Sıva altı aydınlatma armatürü	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02

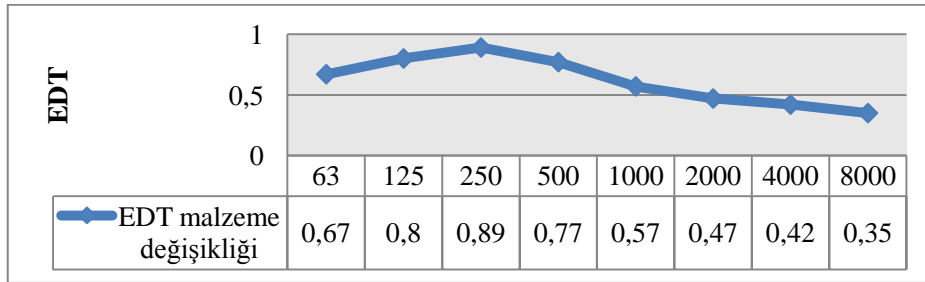
İyileştirme çalışması kapsamında Halis Duman Amfisinin Sketchup 8 programı ile yeniden modellenmesi yapılmış ve ODEON V10 programında simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sesin nesnel parametre değerlerine göre sonuçlar tekrar değerlendirilmiştir.

Reverberasyon Süresi (RT): Malzeme değişikliği ile meydana gelen tavan formundaki değişiklik sonucunda mekânın hacmi 880 m^3 'e düşmüştür. Belirtilen hacme sahip olan bir mekandaki optimum RT değeri 0,68 ile 0,92 sn. aralığında olması gerekmektedir (Tablo 24). Bu değer aralığına göre, malzeme değişikliği sonrasında RT değeri 0,69 sn. ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 59).



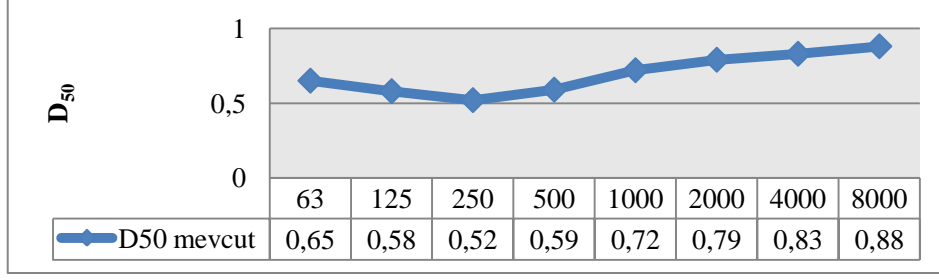
Şekil 59. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Amfi için malzeme değişikliğinden sonraki optimum EDT değeri 0,548 ile 0,812 sn. aralığındadır (Tablo 24). Amfinin mevcut durumu için optimum değer aralığında olmayan EDT değeri (1,37 sn.), malzeme değişikliğinden sonra 0,77 sn. ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 60).



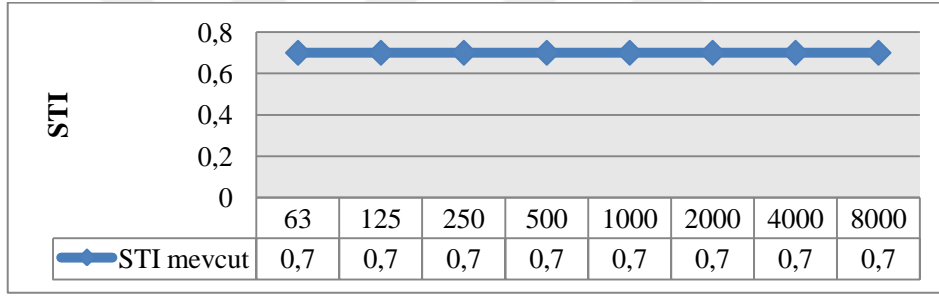
Şekil 60. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Malzeme değişikliğinden sonra elde edilen D_{50} değerinde (0,59), mevcut durumdaki D_{50} değerine (0,35) göre artış olmuştur (Şekil 61). Değişiklik sonrasında, amfi için konuşmanın belirginliğinin mevcut duruma göre daha iyi olduğu belirlenmiştir.



Şekil 61. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Amfide yapılan malzeme değişikliğinden sonra STI değeri (0,70), anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 değer aralığında elde edilmiştir (Şekil 62). Bu değer mevcut durumdaki STI değerine (0,53) göre çok daha etkili düzeydedir.



Şekil 62. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

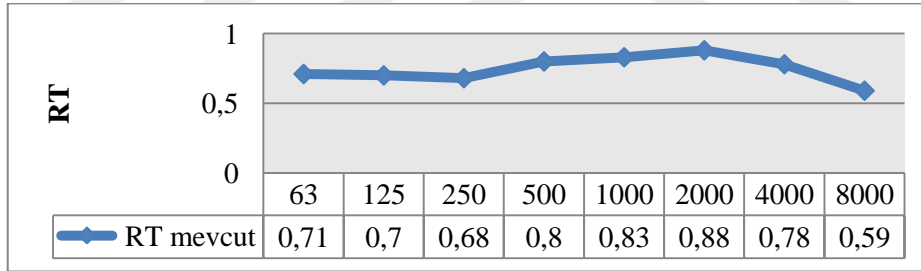
3.5. Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğin akustik konfor koşullarının incelenmesi için kullanılan sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları, mekanın mevcut durumu ve iyileştirme çalışması doğrultusunda yapılan malzeme değişikliğinden sonraki durumu için Tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 26. Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları

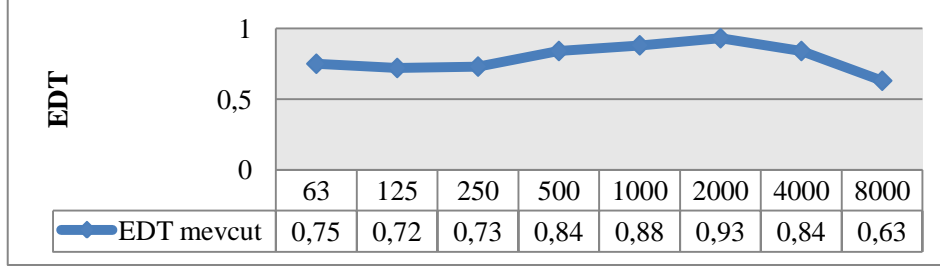
Hacim Akustiği Parametresi	Fizik Bölümü 4No'lu Derslik	Optimum (minimum)			Optimum (maximum)	
RT	Mevcut	0,68			0,92	
	Malzeme değişikliği	0,68			0,92	
EDT _{mid}	Mevcut	0,548			0,812	
	Malzeme değişikliği	0,548			0,812	
D ₅₀	Her iki durum için	0,50 ≤				
STI	Her iki durum için	0-0.3 Kötü	0.3-0.45 Zayıf	0.45-0.6 Orta	0.6-0.75 İyi	0.75-1.0 Mükemmel

Reverberasyon Süresi (RT): Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğinin mevcut durumu için RT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 0,80 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 63). Büyük hacimli mekân kapsamında incelenen ve 890 m³ hacme sahip olan dersliğin, orta frekans bölgesindeki optimum RT değeri 0,68 ile 0,92 sn. aralığındadır (Tablo 26). Belirtilen değer aralıklarına göre, RT değeri optimum düzeyde elde edilmiştir.



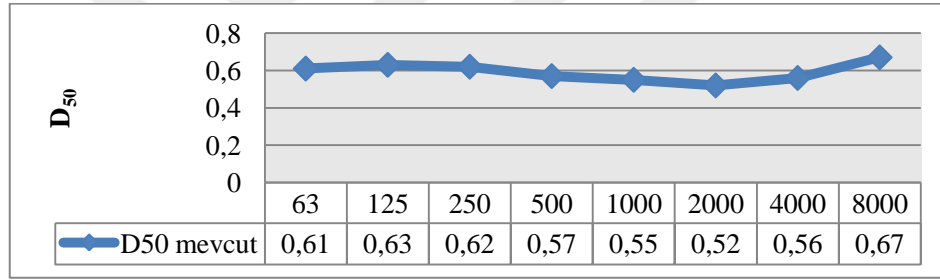
Şekil 63. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğin mevcut durumu için EDT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 0,84 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 64). Optimum EDT değeri ise, orta frekans bölgesinde 0,548 ile 0,812 sn. aralığındadır (Tablo 26). Belirtilen değer aralığına göre dersliğin mevcut durumu için EDT değeri, optimum düzeyin üzerinde elde edilmiştir.



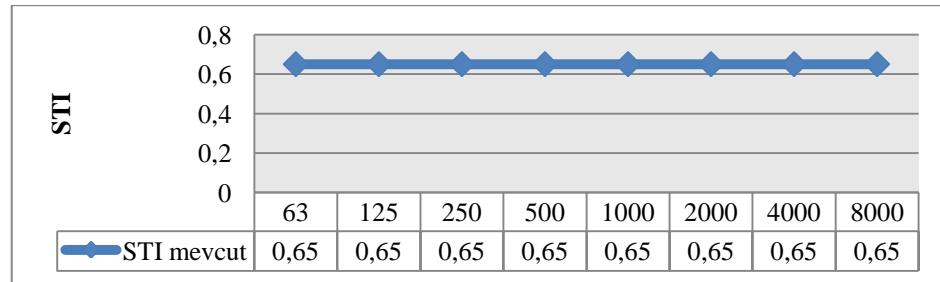
Şekil 64. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğin mevcut durumu için D_{50} değeri 0,57 olarak elde edilmiştir (Şekil 65). Bu değer D_{50} optimum alt sınır değerinin üzerindedir (Tablo 26). Dersliğin mevcut durumu için %50 üzerinde olan D_{50} parametresine göre, konuşmanın belirginliği yeterli düzeydedir.



Şekil 65. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğin mevcut durumu için STI değeri 0,65 olarak elde edilmiştir (Şekil 66). Elde edilen STI değeri anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 aralığındadır (Tablo 26).

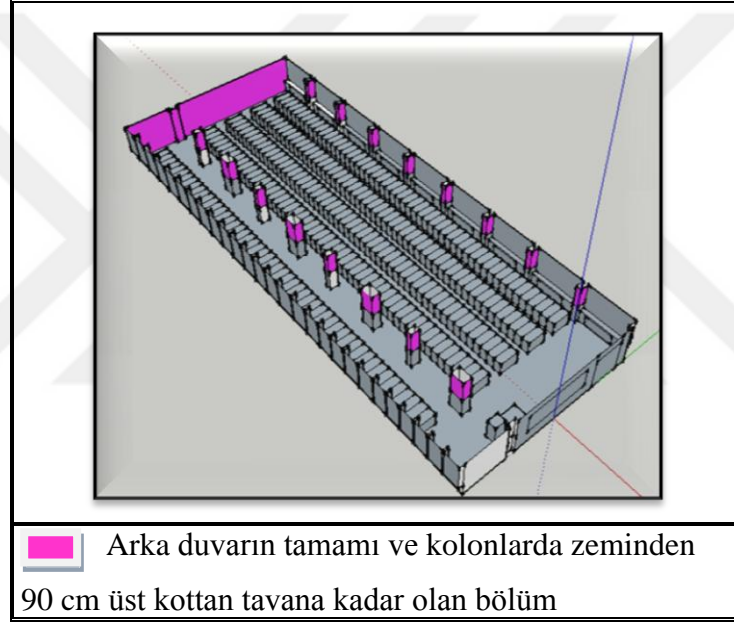


Şekil 66. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

3.5.1. Fizik Bölümü 4 No'lu Derslik İçin İyileştirme Çalışması

Fizik Bölümü 4 No'lu Derslik için elde edilen EDT değerinin optimum düzeye, D_{50} ve STI değerlerini ise daha iyi düzeylere getirmek amacıyla mekan yüzeylerinde bazı malzeme değişiklikleri yapılmıştır (Şekil 67).

Malzeme değişikliğinde alçak frekanslardan yüksek frekanslara doğru ses yutuculukları giderek artış gösteren malzeme olan; arka duvarın tamamı ile kolonların zeminden 90 cm üst kotundan başlayarak tavan düzlemine kadar olan bölümde: kumaş kaplı paneller seçilmiştir (Tablo 27).



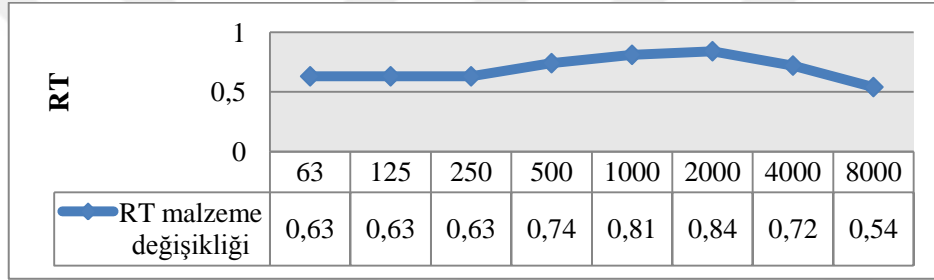
Şekil 67. Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler

Tablo 27. Fizik Bölümü 4 No'lu Dersliğin için iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Kolonlar	8005	Pamuklu kumaş	0.30	0.30	0.45	0.65	0.56	0.59	0.71	0.71
15	Arka duvar	8005	Pamuklu kumaş	0.30	0.30	0.45	0.65	0.56	0.59	0.71	0.71

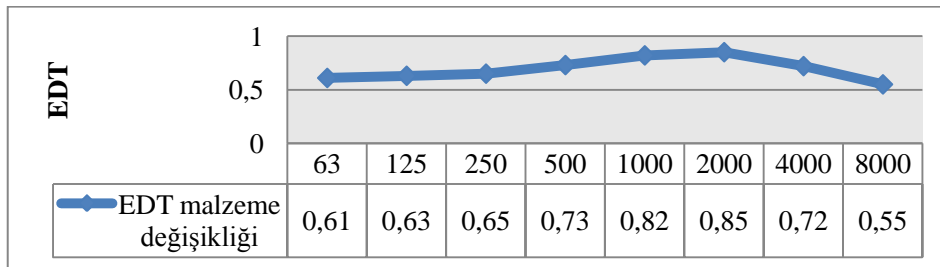
İyileştirme çalışması kapsamında 4 No'lu Dersliğin Sketchup 8 programı ile yeniden modellenmesi yapılmış ve ODEON V10 programında simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sesin nesnel parametre değerlerine göre sonuçlar tekrar değerlendirilmiştir.

Reverberasyon Süresi (RT): İyileştirme çalışması kapsamında mekânın hacminde herhangi bir değişiklik meydana gelmemiş ve bu nedenle optimum RT değer aralığı mevcut durumdaki gibi 0,68 ile 0,92 sn. arasında kalmıştır (Tablo 26). Bu değer aralığına göre, malzeme değişikliği durumunda da RT değeri (0,74 sn.) yine optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 68).



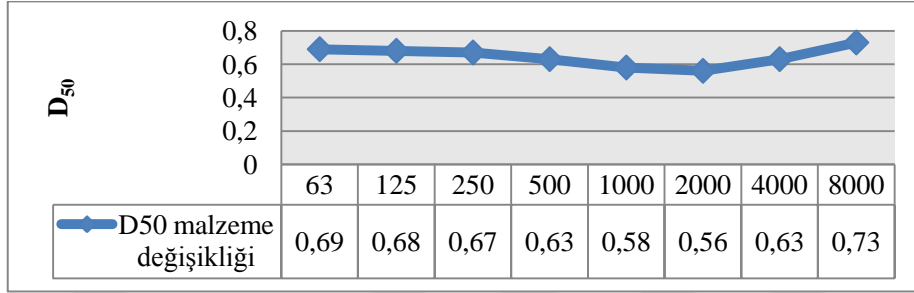
Şekil 68. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Derslik için malzeme değişikliğinden sonraki optimum EDT, mevcut durumdaki gibi 0,548 ile 0,812 sn. değer aralığında kalmıştır (Tablo 26). Dersliğin mevcut durumu için optimum değer aralığında olmayan EDT değeri (0,84 sn.), malzeme değişikliğinden sonra 0,73 sn. ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 69).



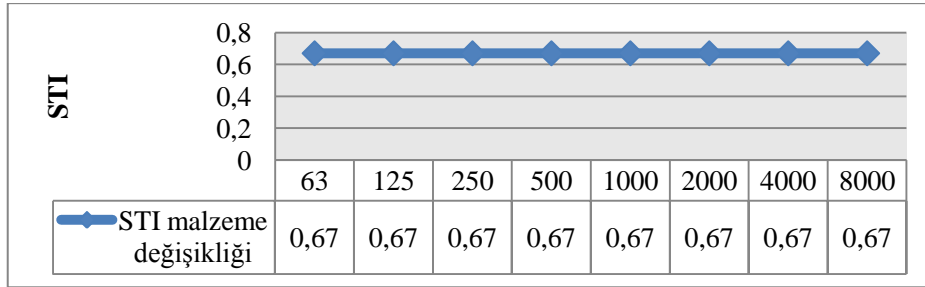
Şekil 69. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayrırt Edilebilirlik (D_{50}): Malzeme değişikliğinden sonra elde edilen D_{50} değerinde (0,63), mevcut durumdaki D_{50} değerine (0,57) göre artış meydana gelmiştir (Şekil 70). Değişiklik sonrasında, derslik için konuşmanın belirginliğinin mevcut duruma göre daha iyi olduğu belirlenmiştir.



Şekil 70. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Derslikte yapılan malzeme değişikliğinden sonra elde edilen STI değeri (0,67), anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 değer aralığında elde edilmiştir (Şekil 71). Bu değer mevcut durumdaki STI değerinden (0,65) biraz yüksek değere sahiptir.



Şekil 71. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

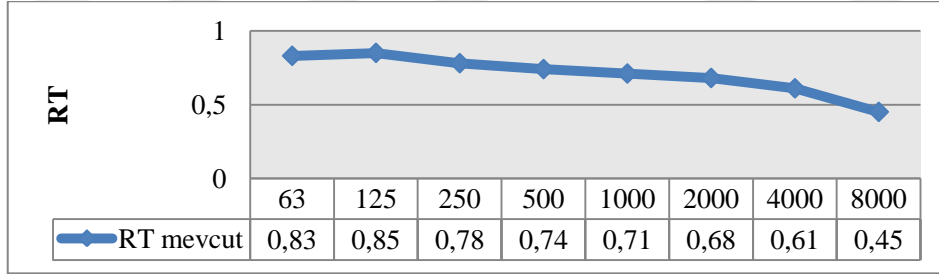
3.6. Harita Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisinin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Harita Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisinin akustik konfor koşullarının incelenmesi için kullanılan sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları ve mekanın mevcut durumu Tablo 28'de verilmiştir.

Tablo 28. Harita Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisinin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları

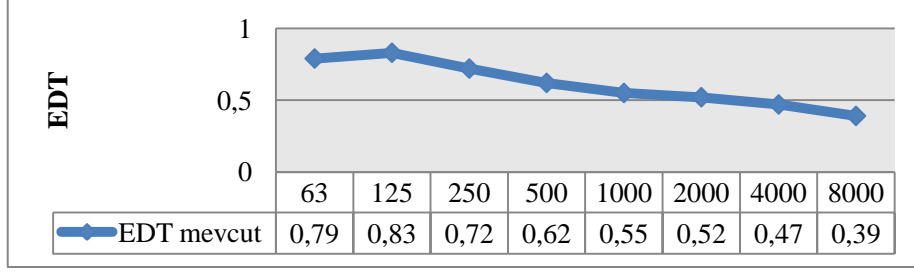
Hacim Akustiği Parametresi	Harita Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. E. Özbenli Amfisi	Optimum (minimum)			Optimum (maximum)	
RT	Mevcut	0,67			0,91	
EDT _{mid}	Mevcut	0,537			0,801	
D ₅₀	Mevcut	0,50 ≤				
STI	Mevcut	0-0.30 Kötü	0.3-0.45 Zayıf	0.45-0.6 Orta	0.6-0.75 İyi	0.75-1.0 Mükemmel

Reverberasyon Süresi (RT): Harita Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisinin mevcut durumu için RT değeri 500 Hz’de (orta frekans bölgesi) 0,74 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 72). Büyük hacimli mekân kapsamında incelenen ve 780 m³ hacme sahip olan amfinin, orta frekans bölgesindeki optimum RT değeri 0,67 ile 0,91 sn. aralığındadır (Tablo 28). Belirtilen değer aralıklarına göre, RT değeri optimum düzeyde elde edilmiştir.



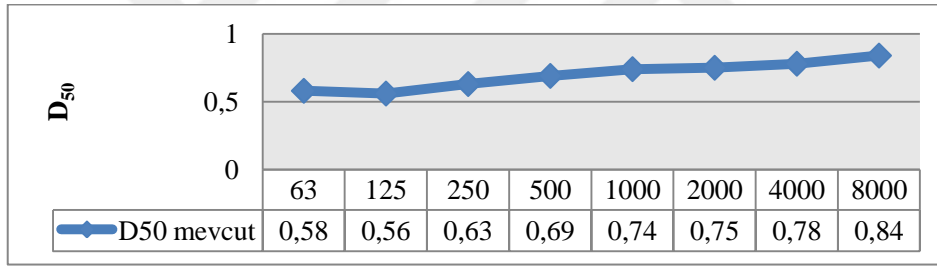
Şekil 72. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Harita Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisinin mevcut durumu için EDT değeri 500 Hz’de (orta frekans bölgesi) 0,62 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 73). Optimum EDT değeri ise, orta frekans bölgesinde 0,537 ile 0,801 sn. aralığındadır (Tablo 28). Belirtilen değer aralığına göre, amfinin mevcut durumu için EDT değeri, optimum değer aralığında elde edilmiştir.



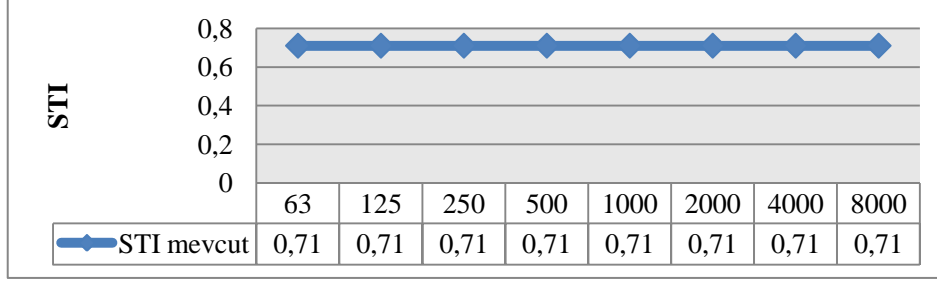
Şekil 73. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Harita Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisinin mevcut durumu için D_{50} değeri 0,69 olarak elde edilmiştir (Şekil 74). Bu değer D_{50} optimum alt sınır değerinin üzerindedir. Amfinin mevcut durumu için %50'nin üzerinde olan D_{50} parametresine göre, %90 konuşmanın belirginliğinin yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 74. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Harita Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisinin mevcut durumu için STI değeri 0,71 olarak elde edilmiştir (Şekil 75). Elde edilen STI değeri anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 değer aralığındadır (Tablo 28).



Şekil 75. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

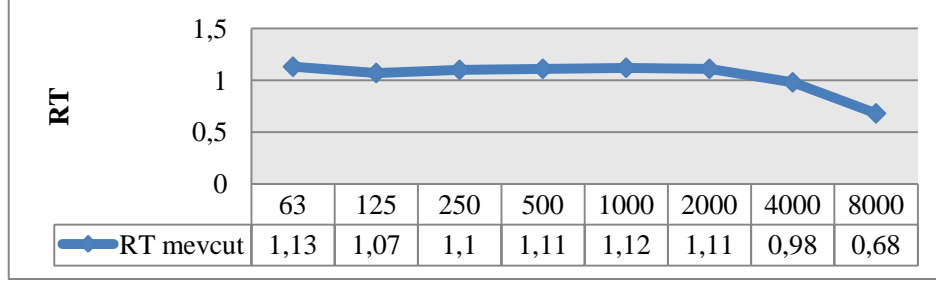
3.7. Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Dersliğin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Dersliğin akustik konfor koşullarının incelenmesi için kullanılan sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları, mekanın mevcut durumu ve iyileştirme çalışması doğrultusunda yapılan malzeme değişikliğinden sonraki durumu için Tablo 29'da verilmiştir.

Tablo 29. Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Dersliğin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları

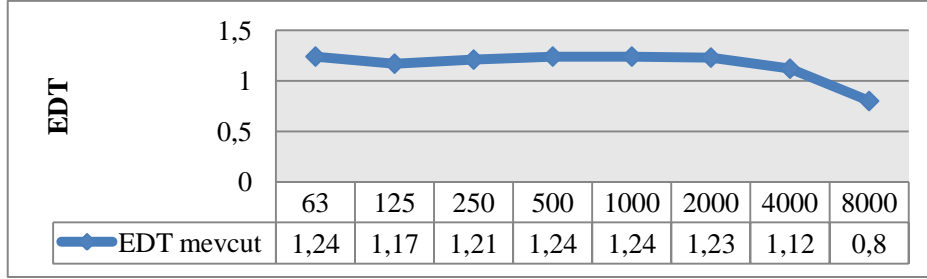
Hacim Akustiği Parametresi	Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Derslik	Optimum (minimum)			Optimum (maximum)	
RT	Mevcut	0,66			0,92	
	Malzeme değişikliği	0,62			0,88	
EDT _{mid}	Mevcut	0,526			0,812	
	Malzeme değişikliği	0,482			0,768	
D ₅₀	Her iki durum için	0,50 ≤				
STI	Her iki durum için	0-0.3 Kötü	0.3-0.45 Zayıf	0.45-0.6 İyi	0.6-0.75 Orta	0.75-1.0 Mükemmel

Reverberasyon Süresi (RT): Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Dersliğin mevcut durumu için RT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 1,11 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 76). Büyük hacimli mekân kapsamında incelenen ve 747 m³ hacme sahip olan dersliğin, orta frekans bölgesindeki optimum RT değeri 0,66 ile 0,92 sn. aralığındadır (Tablo 29). Belirtilen değer aralıklarına göre, RT değeri optimum düzeyin üzerinde elde edilmiştir.



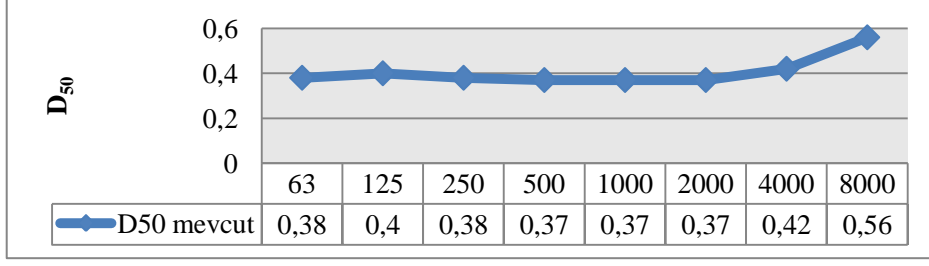
Şekil 76. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Dersliğin mevcut durumu için EDT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 1,24 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 77). Optimum EDT değeri ise, orta frekans bölgesinde 0,526 ile 0,812 sn. aralığındadır (Tablo 29). Belirtilen değer aralığına göre, dersliğin mevcut durumu için EDT değeri, optimum düzeyin üzerinde elde edilmiştir.



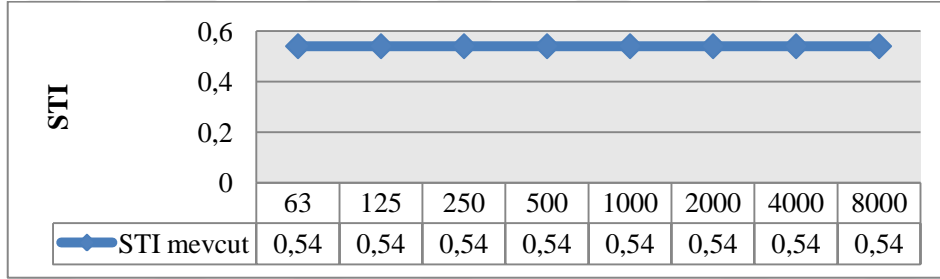
Şekil 77. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Dersliğin mevcut durumu için D_{50} değeri 0,37 olarak elde edilmiştir (Şekil 78). Bu değer D_{50} optimum alt sınır değerinin oldukça altındadır. Dersliğin mevcut durumu için %50'nin altında olan D_{50} parametresine göre, konuşmanın belirginliğinin yeterli düzeyde olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 78. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Dersliğin mevcut durumu için STI değeri 0,54 olarak elde edilmiştir (Şekil 79). Elde edilen STI değeri anlaşılabilirliğin orta düzeyde olduğu 0,45 ile 0,60 değer aralığındadır (Tablo 29).

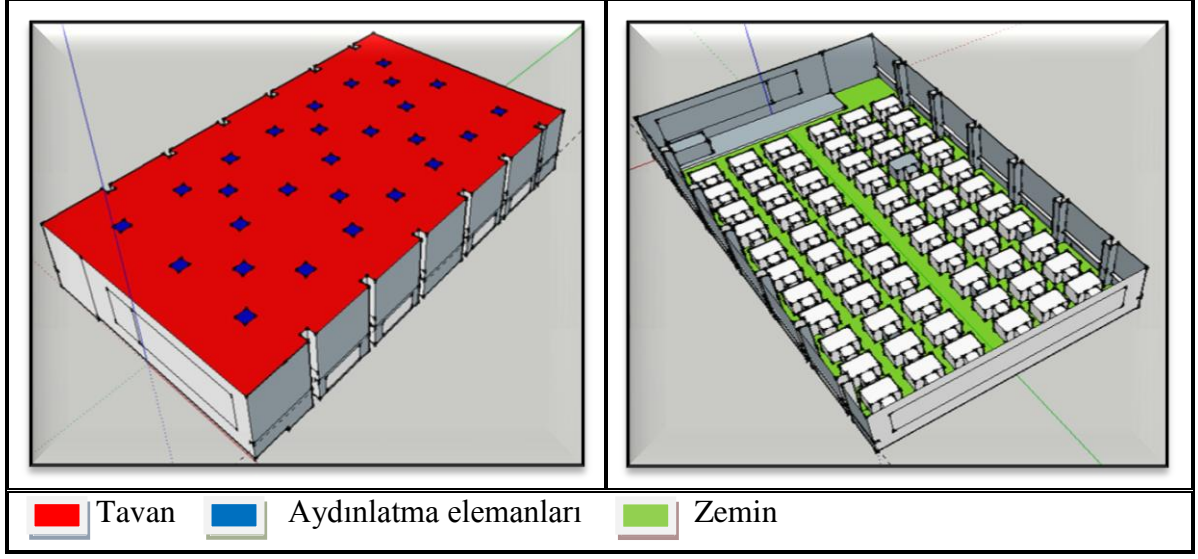


Şekil 79. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

3.7.1. Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Derslik İçin İyileştirme Çalışması

Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Derslik için elde edilen RT, EDT ve D_{50} değerlerini optimum düzeylere, STI değerlerini ise daha iyi düzeye getirmek amacıyla mekan yüzeylerinde bazı malzeme değişiklikleri yapılmıştır (Şekil 80).

Malzeme değişikliğinde alçak frekanslardan yüksek frekanslara doğru ses yutuculukları giderek artış gösteren malzeme olan; zeminde: halı ile alçak ve orta frekanslarda ses yutuculuğu yüksek frekanslara göre fazla olan tavanda: alçıpan levhalar seçilmiştir. Tavanda kullanılan alçıpan asma tavan uygulaması ile uyumlu şekilde sıva altı aydınlatma armatürü kullanılmıştır (Tablo 30).



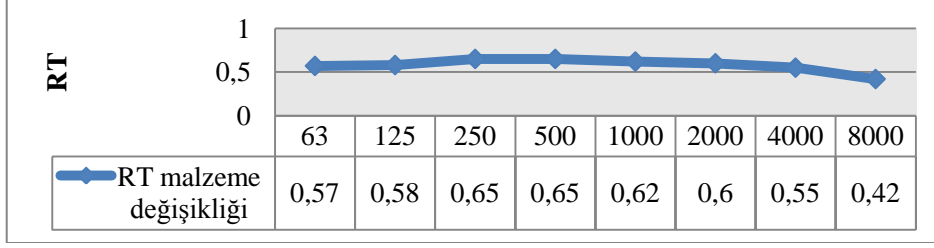
Şekil 80. Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler

Tablo 30. Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	4042	Alçıpan levha	0.08	0.08	0.11	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03
13	Zemin Döşemesi	7004	Halı	0.02	0.02	0.06	0.14	0.37	0.60	0.65	0.65
15	Aydınlatma Elemanı	14306	Sıva altı aydınlatma armatürü	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02

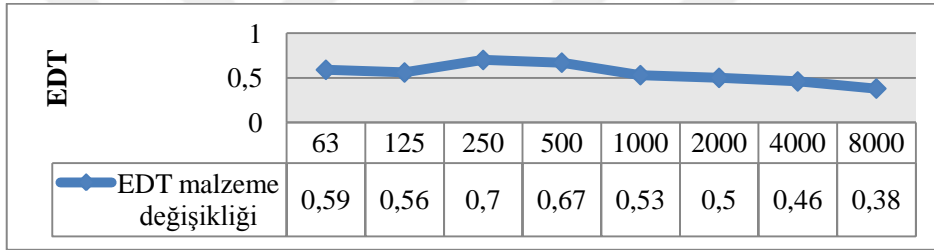
İyileştirme çalışması kapsamında MA2 No'lu Dersliğin Sketchup 8 programı ile yeniden modellenmesi yapılmış ve ODEON V10 programında simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sesin nesnel parametre değerlerine göre sonuçlar tekrar değerlendirilmiştir.

Reverberasyon Süresi (RT): Malzeme değişikliği ile meydana gelen tavan formundaki değişiklik sonucunda mekânın hacmi 575 m^3 'e düşmüştür. Belirtilen hacme sahip olan mekandaki optimum RT değeri 0,62 ile 0,88 sn. aralığındadır (Tablo 29). Bu değer aralığına göre, malzeme değişikliği sonrasında RT değeri 0,65 sn. ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 81).



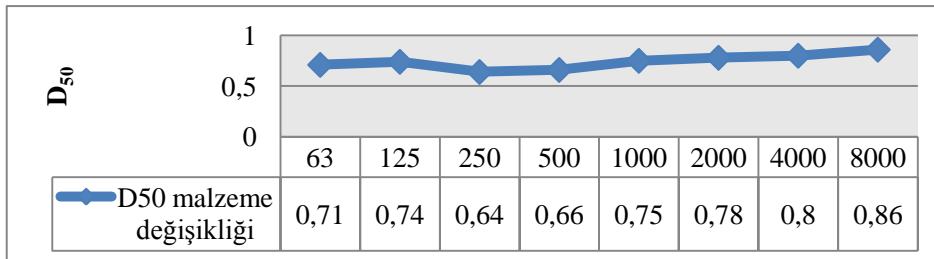
Şekil 81. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Derslik için malzeme değişikliğinden sonraki optimum EDT değeri 0,482 ile 0,768 sn. aralığındadır (Tablo 29). Dersliğin mevcut durumu için optimum değer aralığında olmayan EDT değeri (1,24 sn.), malzeme değişikliğinden sonra 0,67 sn. ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 82).



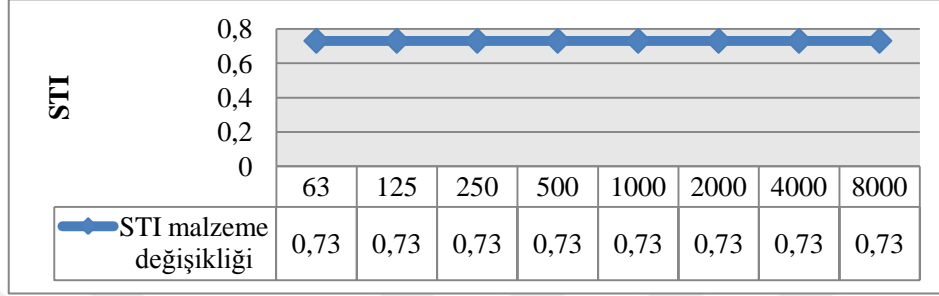
Şekil 82. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Malzeme değişikliğinden sonra elde edilen D_{50} değerinde (0,66), mevcut durumdaki D_{50} değerine (0,37) göre artış meydana gelmiştir. Değişiklik sonrasında, derslik için konuşmanın belirginliğinin mevcut duruma göre çok daha iyi olduğu belirlenmiştir (Şekil 83).



Şekil 83. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Derslikte yapılan malzeme değişikliğinden sonra STI değeri (0,73), anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 değer aralığında elde edilmiştir (Şekil 84). Bu değer mevcut durumdaki STI değerinden (0,54) daha yüksek düzeye sahiptir.



Şekil 84. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

3.8. Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarının Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi

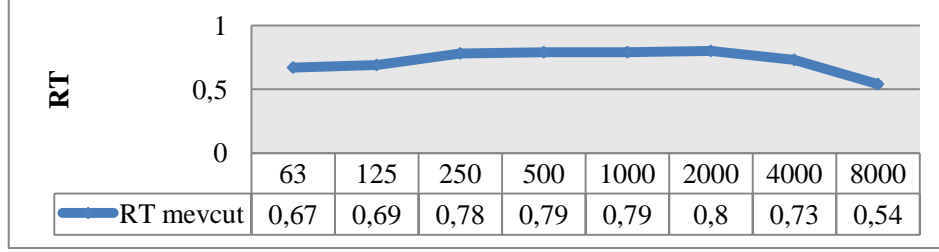
Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarının akustik konfor koşullarının incelenmesi için kullanılan sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları ve mekanın mevcut durumu Tablo 31’de verilmiştir.

Tablo 31. Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarının mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları

Hacim Akustiği Parametresi	Kimya Bölümü Analitik Kimya Lab.	Optimum (minimum)			Optimum (maximum)	
RT	Mevcut	0,65			0,91	
EDT _{mid}	Mevcut	0,515			0,801	
D ₅₀	Mevcut	0,50 ≤				
STI	Mevcut	0-0.3 Kötü	0.3-.45 Zayıf	0.45-0.6 Orta	0.6-0.75 İyi	0.75-1.0 Mükemmel

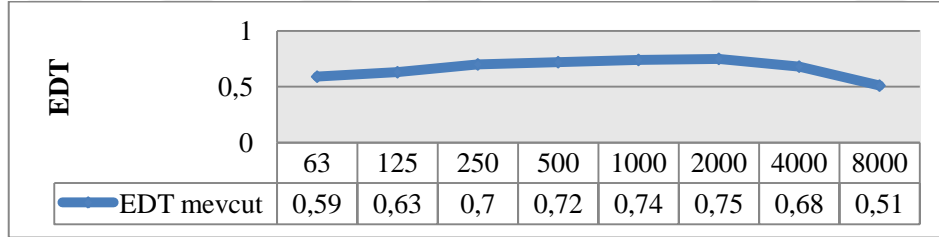
Reverberasyon Süresi (RT): Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarının mevcut durumu için RT değeri 500 Hz’de (orta frekans bölgesi) 0,79 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 85). Büyük hacimli mekân kapsamında incelenen ve 728 m³ hacme sahip olan

laboratuvarın, orta frekans bölgesindeki optimum RT değeri 0,65 ile 0,91 sn. aralığındadır (Tablo 31). Belirtilen değer aralıklarına göre, RT değeri optimum düzeyde elde edilmiştir.



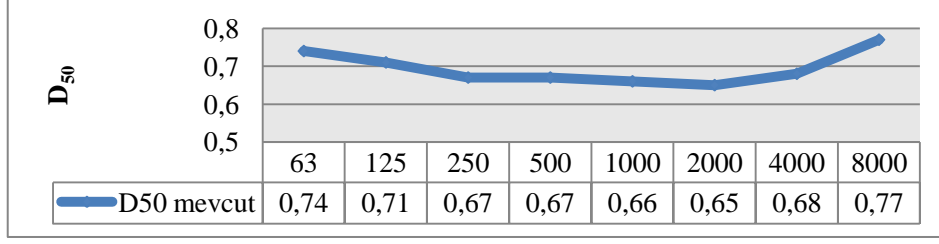
Şekil 85. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarının mevcut durumu için EDT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 0,72 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 86). Optimum EDT değeri ise, orta frekans bölgesinde 0,515 ile 0,801 sn. aralığındadır (Tablo 31). Belirtilen değer aralığına göre, laboratuvarın mevcut durumu için EDT değeri, optimum düzeyde elde edilmiştir.



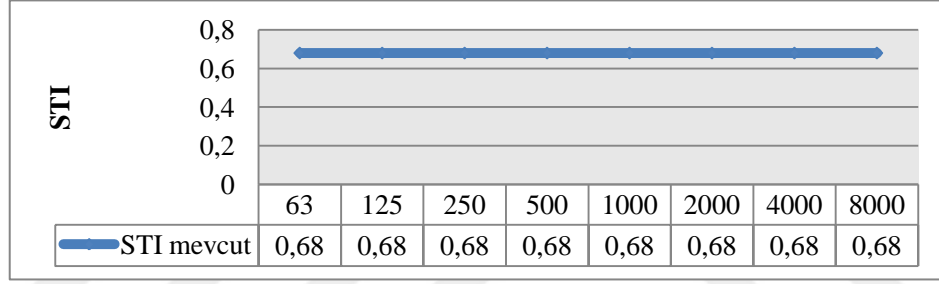
Şekil 86. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarının mevcut durumu için D_{50} değeri 0,67 olarak elde edilmiştir (Şekil 87). Bu değer D_{50} optimum alt sınır değerinin üzerindedir. Laboratuvarın mevcut durumu için %50'nin üzerinde olan D_{50} parametresine göre, %90 konuşmanın belirginliğinin yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 87. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarının mevcut durumu için STI değeri 0,68 olarak elde edilmiştir (Şekil 88). Elde edilen STI değeri anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 aralığındadır (Tablo 31).



Şekil 88. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

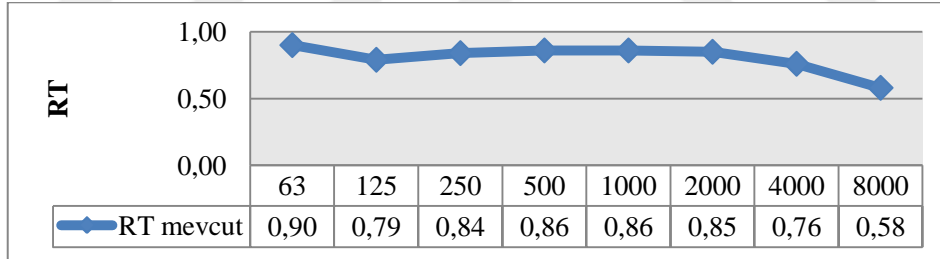
3.9. Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarının Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarının akustik konfor koşullarının incelenmesi için kullanılan sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları, mekanın mevcut durumu ve iyileştirme çalışması doğrultusunda yapılan malzeme değişikliğinden sonraki durumu için Tablo 32’de verilmiştir.

Tablo 32. Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarının mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları

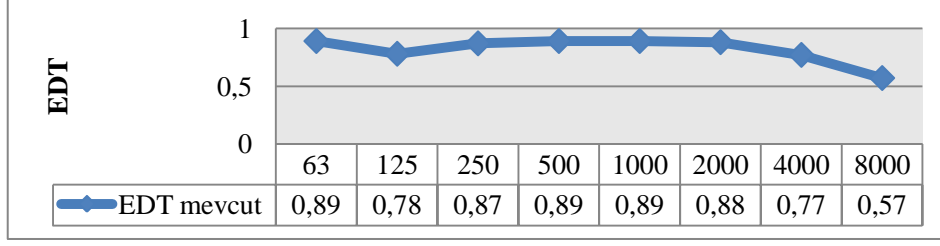
Hacim Akustiği Parametresi	Fizik Bölümü Bilgisayar Lab.	Optimum (minimum)			Optimum (maximum)	
RT	Mevcut	0,60			0,88	
	Malzeme değişikliği	0,58			0,86	
EDT _{mid}	Mevcut	0,46			0,768	
	Malzeme değişikliği	0,438			0,746	
D ₅₀	Her iki durum için	0,50 ≤				
STI	Her iki durum için	0-0.3 Kötü	0.3-0.45 Zayıf	0.45-0.6 Orta	0.6-0.75 İyi	0.75-1.0 Mükemmel

Reverberasyon Süresi (RT): Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarının mevcut durumu için RT değeri 500 Hz’de (orta frekans bölgesi) 0,86 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 89). Orta hacimli mekân kapsamında incelenen ve 453 m³ hacme sahip olan laboratuvarın, orta frekans bölgesinde optimum RT değeri 0,60 ile 0,88 sn. aralığındadır (Tablo 32). Belirtilen değer aralıklarına göre, RT değeri optimum düzeyde elde edilmiştir.



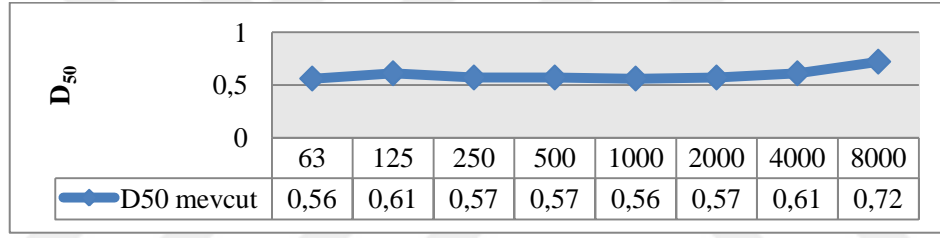
Şekil 89. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarının mevcut durumu için EDT değeri 500 Hz’de (orta frekans bölgesi) 0,89 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 90). Optimum EDT değeri ise, orta frekans bölgesinde 0,46 ile 0,768 sn. aralığındadır (Tablo 32). Belirtilen değer aralıklarına göre, laboratuvarın mevcut durumu için EDT değeri, optimum düzeyin üzerinde elde edilmiştir.



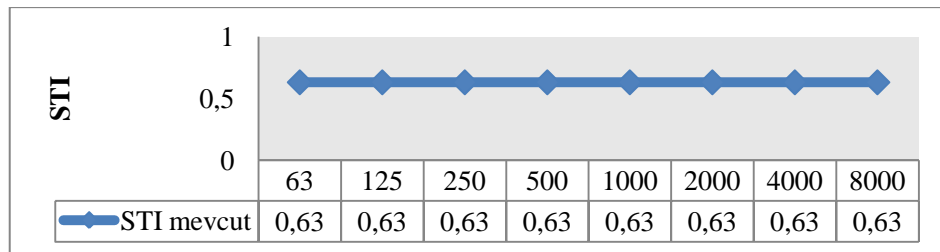
Şekil 90. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayrırt Edilebilirlik (D_{50}): Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarının mevcut durumu için D_{50} değeri 0,57 olarak elde edilmiştir (Şekil 91). Bu değer D_{50} optimum alt sınır değerinin üzerindedir. Laboratuvarın mevcut durumu için %50'nin üzerinde olan D_{50} parametresine göre, %90 konuşmanın belirginliğinin yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 91. Oktav band frekanslarda elde edilen D50 değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarının mevcut durumu için STI değeri 0,63 olarak elde edilmiştir (Şekil 92). Elde edilen STI değeri anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 aralığındadır (Tablo 32).

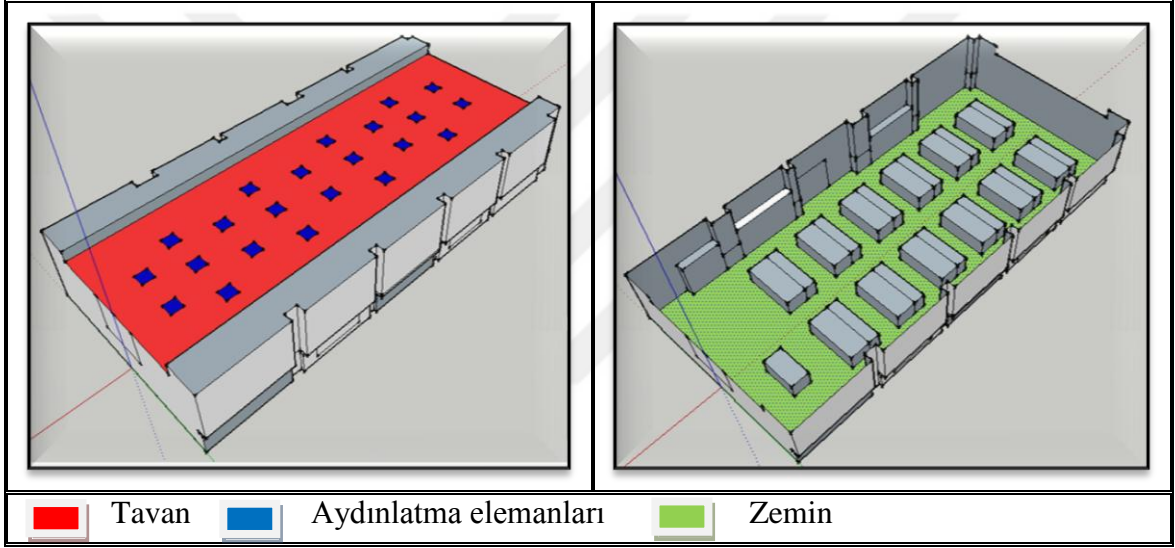


Şekil 92. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

3.9.1. Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarı İçin İyileştirme Çalışması

Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarı için elde edilen EDT değerini optimum düzeye, D_{50} ve STI değerlerini daha iyi düzeylere getirmek amacıyla mekan yüzeylerinde bazı malzeme değişiklikleri yapılmıştır (Şekil 93).

Malzeme değişikliğinde genel olarak alçak frekanslardan yüksek frekanslara doğru ses yutuculukları giderek artış gösteren malzemeler olan; zeminde: halı, tavanda: taş yünü karo levhalar seçilmiştir. Tavanda kullanılan taş yünü karo levha asma tavan uygulaması ile uyumlu şekilde sıva altı aydınlatma armatürü kullanılmıştır (Tablo 33).



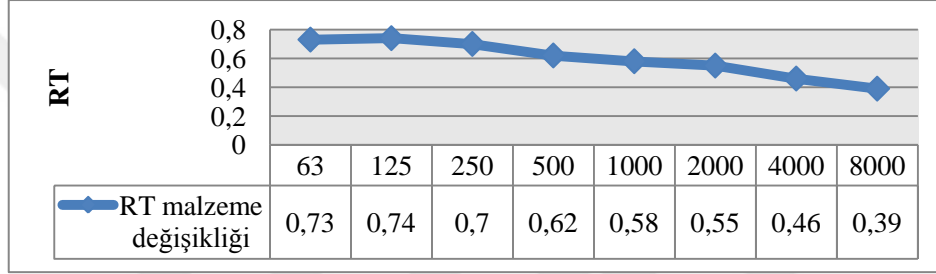
Şekil 93. Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarının iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler

Tablo 33. Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarının iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	14302	Taş yünü karo levha	0.28	0.29	0.33	0.53	0.73	0.86	0.92	0.92
10	Zemin Döşemesi	7004	Halı	0.02	0.02	0.06	0.14	0.37	0.60	0.65	0.65
12	Aydınlatma Elemanı	14306	Sıva altı aydınlatma armatürü	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02

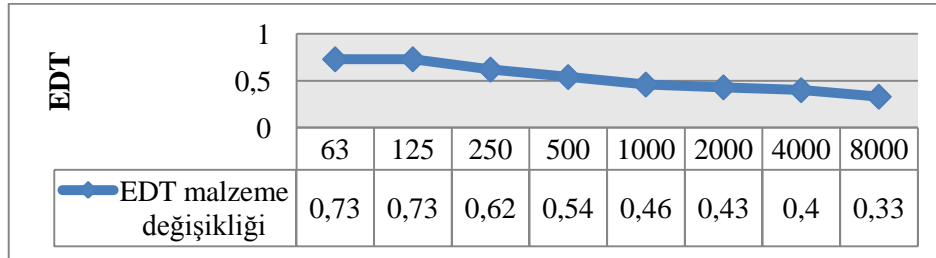
İyileştirme çalışması kapsamında Bilgisayar Laboratuvarının Sketchup 8 programı ile yeniden modellenmesi yapılmış ve ODEON V10 programında simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sesin nesnel parametre değerlerine göre sonuçlar tekrar değerlendirilmiştir.

Reverberasyon Süresi (RT): Malzeme değişikliği ile meydana gelen tavan formundaki değişiklik sonucunda mekânın hacmi 400 m^3 'e düşmüştür. Belirtilen hacme sahip olan bir mekândaki optimum RT değerinin 0,58 ile 0,86 sn. aralığında olması gerekmektedir (Tablo 32). Bu değer aralığına göre, malzeme değişikliği sonrasında da RT değeri 0,62 sn. ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 94).



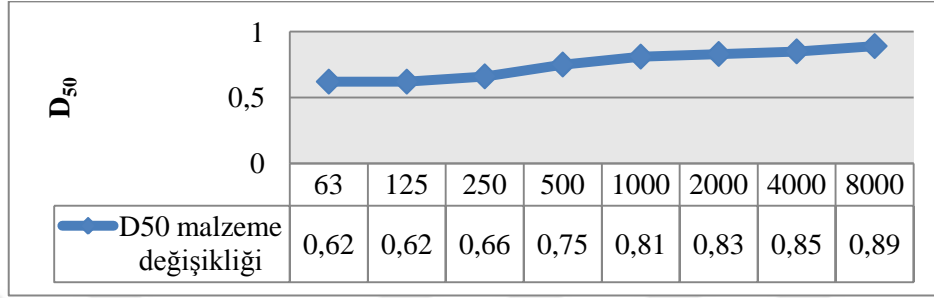
Şekil 94. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Laboratuvar için malzeme değişikliğinden sonraki optimum EDT değeri 0,438 ile 0,746 sn. aralığındadır (Tablo 32). Laboratuvarın mevcut durumu için optimum değer aralığında olmayan EDT değeri (0,89 sn.), malzeme değişikliğinden sonra 0,54 sn. değeri ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 95).



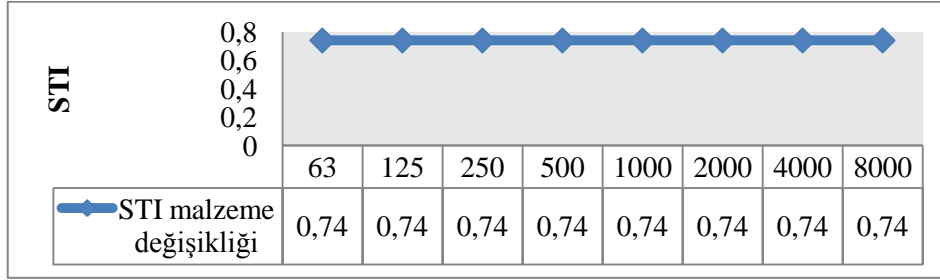
Şekil 95. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Malzeme değişikliğinden sonra elde edilen D_{50} değerinde (0,75) , mevcut durumdaki D_{50} değerine (0,57) göre artış meydana gelmiştir (Şekil 96). Değişiklik sonrasında, laboratuvar için konuşmanın belirginliğinin mevcut duruma göre daha iyi olduğu belirlenmiştir.



Şekil 96. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Laboratuvar da yapılan malzeme değişikliğinden sonra elde edilen STI değeri (0,74) anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 değer aralığındadır ve mevcut durumdaki STI değerine (0,63) göre değerinde artış elde edilmiştir (Şekil 97).



Şekil 97. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

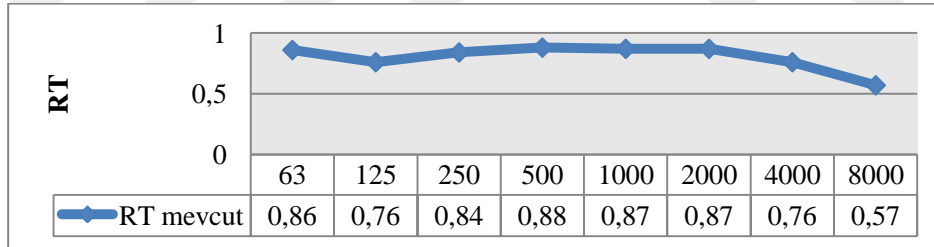
3.10. Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Dersliğin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Dersliğin akustik konfor koşullarının incelenmesi için kullanılan sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları, mekanın mevcut durumu ve iyileştirme çalışması doğrultusunda yapılan malzeme değişikliğinden sonraki durumu için Tablo 34'de verilmiştir.

Tablo 34. Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Dersliğin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları

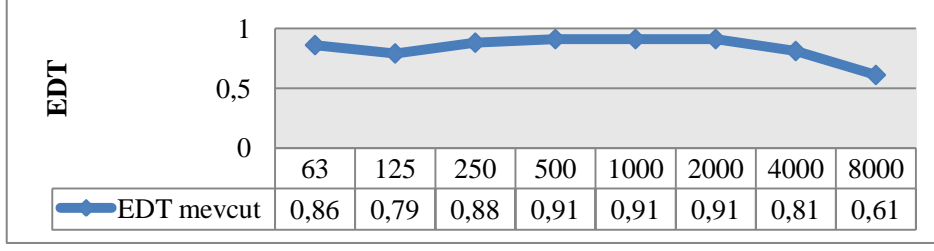
Hacim Akustiği Parametresi	Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Derslik	Optimum (minimum)			Optimum (maximum)	
RT	Mevcut	0,55			0,84	
	Malzeme değişikliği	0,55			0,84	
EDT _{mid}	Mevcut	0,405			0,724	
	Malzeme değişikliği	0,405			0,724	
D ₅₀	Her iki durum için	0,50 ≤				
STI	Her iki durum için	0-0.3 Kötü	0.3-0.45 Zayıf	0.45-0.6 Orta	0.6-0.75 İyi	0.75-1.0 Mükemmel

Reverberasyon Süresi (RT): Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Dersliğin mevcut durumu için RT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 0,88 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 98). Orta hacimli mekân kapsamında incelenen ve 300 m³ hacme sahip olan dersliğin, orta frekans bölgesindeki optimum RT değeri 0,55 ile 0,84 sn. aralığındadır (Tablo 34). Belirtilen değer aralıklarına göre, RT değeri optimum düzey aralığının üzerinde elde edilmiştir (Şekil).



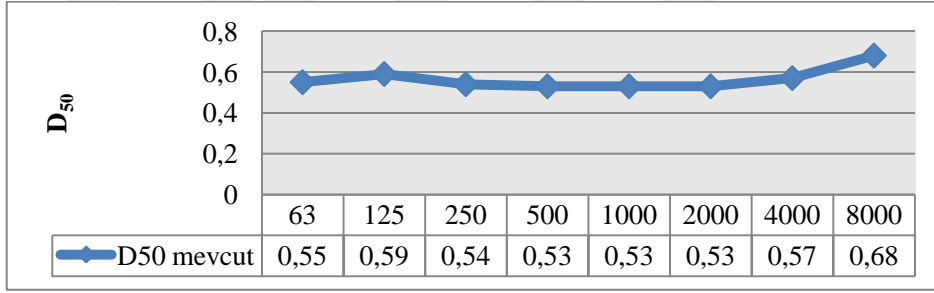
Şekil 98. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Dersliğin mevcut durumu için EDT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 0,91 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 99). Optimum EDT değeri ise, orta frekans bölgesinde 0,405 ile 0,724 sn. aralığındadır (Tablo 34). Belirtilen değer aralığına göre, dersliğin mevcut durumu için EDT değeri, optimum düzeyin üzerinde elde edilmiştir.



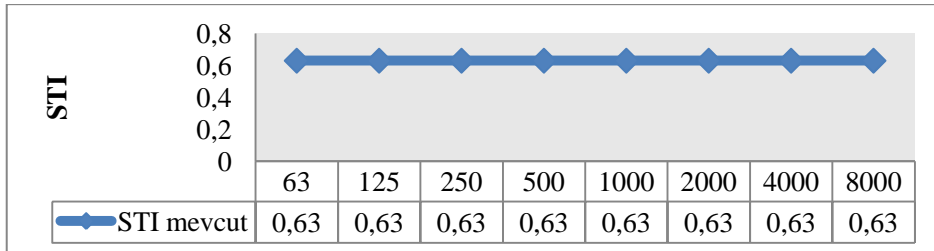
Şekil 99. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Dersliğin mevcut durumu için D_{50} değeri 0,53 olarak elde edilmiştir (Şekil 100). Bu değer D_{50} optimum alt sınır değerinin üzerindedir. Dersliğin mevcut durumu için %50'nin üzerinde olan D_{50} parametresine göre, %90 konuşmanın belirginliğinin yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 100. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Dersliğin mevcut durumu için STI değeri 0,63 olarak elde edilmiştir (Şekil 101). Elde edilen STI değeri anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 aralığındadır (Tablo 34).

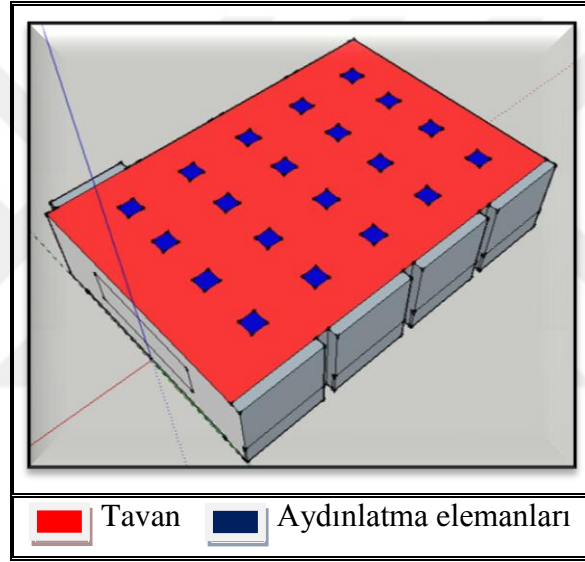


Şekil 101. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

3.10.1. Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Derslik İçin İyileştirme Çalışması

Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Derslik için elde edilen RT ve EDT değerlerini optimum düzeylere, D_{50} ve STI değerlerini ise daha iyi düzeye getirmek amacıyla mekan yüzeylerinde bazı malzeme değişiklikleri yapılmıştır (Şekil 102).

Malzeme değişikliğinde alçak frekanslardan yüksek frekanslara yutuculukları giderek artış gösteren malzeme olan; tavanda: taş yünü karo levhalar seçilmiştir. Tavanda kullanılan taş yünü karo levha asma tavan uygulamasına uygun olarak sıva altı aydınlatma armatürleri kullanılmıştır (Tablo 35).



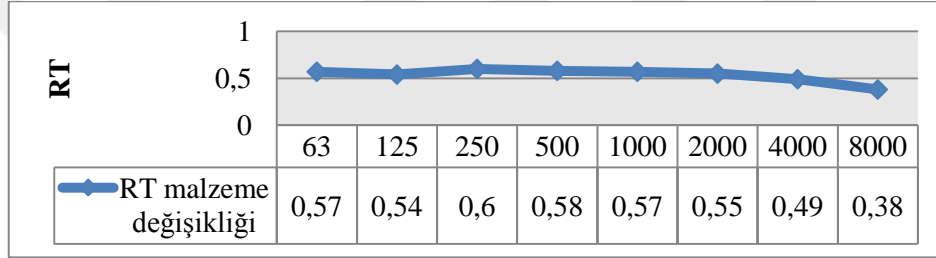
Şekil 102. Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler

Tablo 35. Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	14302	Taş yünü karo levha	0.28	0.29	0.33	0.53	0.73	0.86	0.92	0.92
13	Aydınlatma Elemanı	14306	Sıva altı aydınlatma armatürü	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02

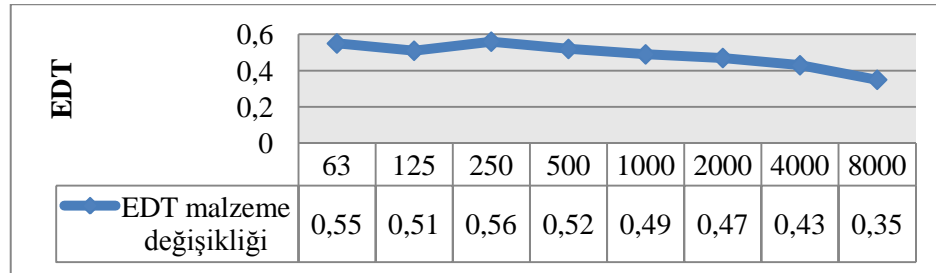
İyileştirme çalışması kapsamında D-203 No'lu Dersliğin Sketchup 8 programı ile yeniden modellenmesi yapılmış ve ODEON V10 programında simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sesin nesnel parametre değerlerine göre sonuçlar tekrar değerlendirilmiştir.

Reverberasyon Süresi (RT): İyileştirme çalışması kapsamında mekanın hacminde herhangi bir değişiklik meydana gelmemiştir ve bu nedenle optimum RT değer aralığı mevcut durumdaki gibi 0,55 ile 0,84 sn. değer aralığında kalmıştır (Tablo 34). Bu değer aralığına göre malzeme değişikliği sonrasında RT değeri 0,58 sn. ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 103).



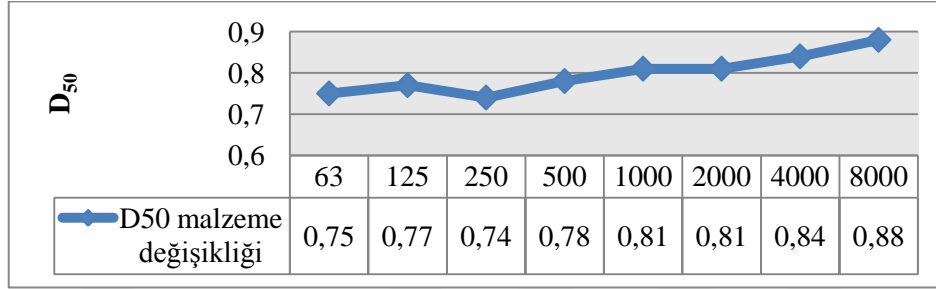
Şekil 103. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Derslik için malzeme değişikliğinden sonraki optimum EDT değeri mevcut durumdaki gibi 0,405 ile 0,724 sn. değer aralığında kalmıştır (Tablo 34). Dersliğin mevcut durumu için optimum değer aralığında olmayan EDT değeri (0,91 sn.), malzeme değişikliğinden sonra 0,52 sn. ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 104).



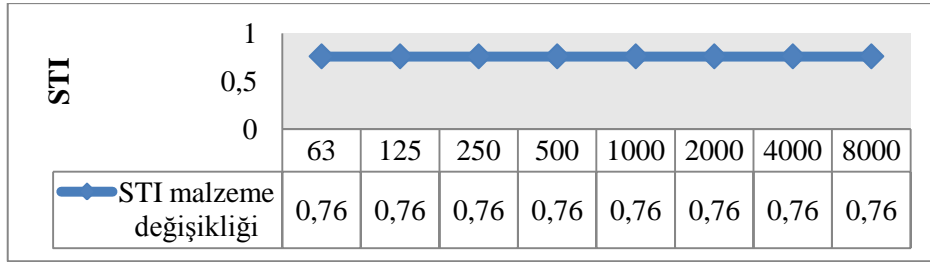
Şekil 104. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Malzeme değişikliğinden sonra elde edilen D_{50} değerinde (0,78) , mevcut durumdaki D_{50} değerine (0,53) göre artış meydana gelmiştir (Şekil 105). Değişiklik sonrasında, derslik için konuşmanın belirginliğinin mevcut duruma göre çok daha iyi olduğu belirlenmiştir.



Şekil 105. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Derslikte yapılan malzeme değişikliğinden sonra elde edilen STI değeri (0,76) anlaşılabilirliğin çok iyi düzeyde olduğu 0,76 ile 1,00 aralığında elde edilmiştir (Şekil 106). Bu değer mevcut durumdaki STI değerinden (0,63) daha yüksek değere sahiptir.



Şekil 106. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

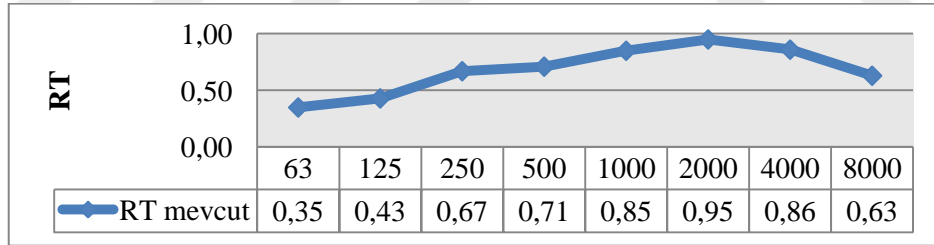
3.11. Orman Mühendisliği D-3 No'lu Dersliğin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Orman Mühendisliği D-3 No'lu Dersliğin akustik konfor koşullarının incelenmesi için kullanılan sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları, mekanın mevcut durumu ve iyileştirme çalışması doğrultusunda yapılan malzeme değişikliğinden sonraki durumu için Tablo 36'da verilmiştir.

Tablo 36. Orman Mühendisliği D-3 No'lu Dersliğin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları

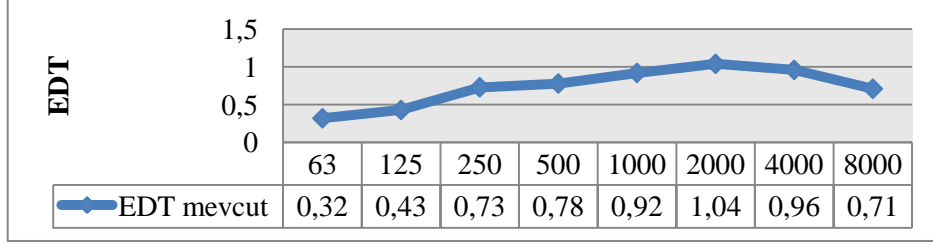
Hacim Akustiği Parametresi	Orman Mühendisliği D-3 No'lu Derslik	Optimum (minimum)			Optimum (maximum)	
RT	Mevcut	0,52			0,82	
	Malzeme değişikliği	0,52			0,82	
EDT _{mid}	Mevcut	0,372			0,702	
	Malzeme değişikliği	0,372			0,702	
D ₅₀	Her iki durum için	0,50 ≤				
STI	Her iki durum için	0-0.3 Kötü	0.3-0.45 Zayıf	0.45-0.6 Orta	0.6-0.75 İyi	0.75-1.0 Mükemmel

Reverberasyon Süresi (RT): Orman Mühendisliği D-3 No'lu Dersliğin mevcut durumu için RT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 0,71 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 107). Orta hacimli mekân kapsamında incelenen ve 250 m³ hacme sahip olan dersliğin, orta frekans bölgesinde optimum RT değeri 0,52 ile 0,82 sn. aralığındadır (Tablo 36). Belirtilen değer aralıklarına göre, elde edilen RT değeri optimum düzeyde elde edilmiştir.



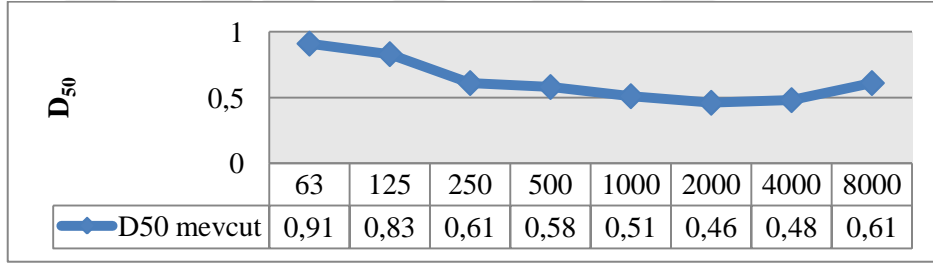
Şekil 107. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Orman Mühendisliği D-3 No'lu Dersliğin mevcut durumu için EDT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 0,78 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 108). Optimum EDT değeri ise, orta frekans bölgesinde 0,372 ile 0,702 sn. aralığındadır (Tablo 36). Belirtilen değer aralığına göre, dersliğin mevcut durumu için EDT değeri, optimum düzeyin üzerinde elde edilmiştir.



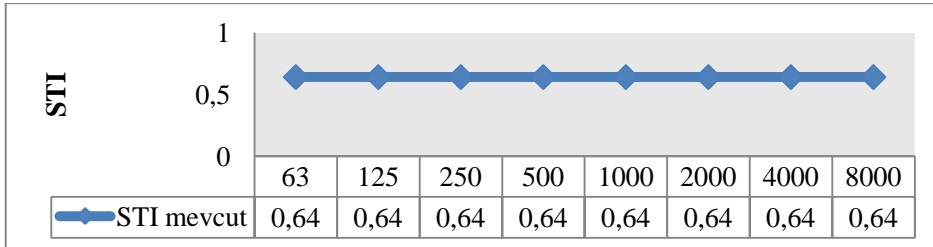
Şekil 108. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Orman Mühendisliği D-3 No'lu Dersliğin mevcut durumu için D_{50} değeri 0,58 olarak elde edilmiştir (Şekil 109). Bu değer D_{50} optimum alt sınır değerinin üzerindedir. Dersliğin mevcut durumu için %50'nin üzerinde olan D_{50} parametresine göre, %90 konuşmanın belirginliğinin yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 109. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Orman Mühendisliği D-3 No'lu Dersliğin mevcut durumu için STI değeri 0,64 olarak elde edilmiştir (Şekil 110). Elde edilen STI değeri anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 aralığındadır (Tablo 36).

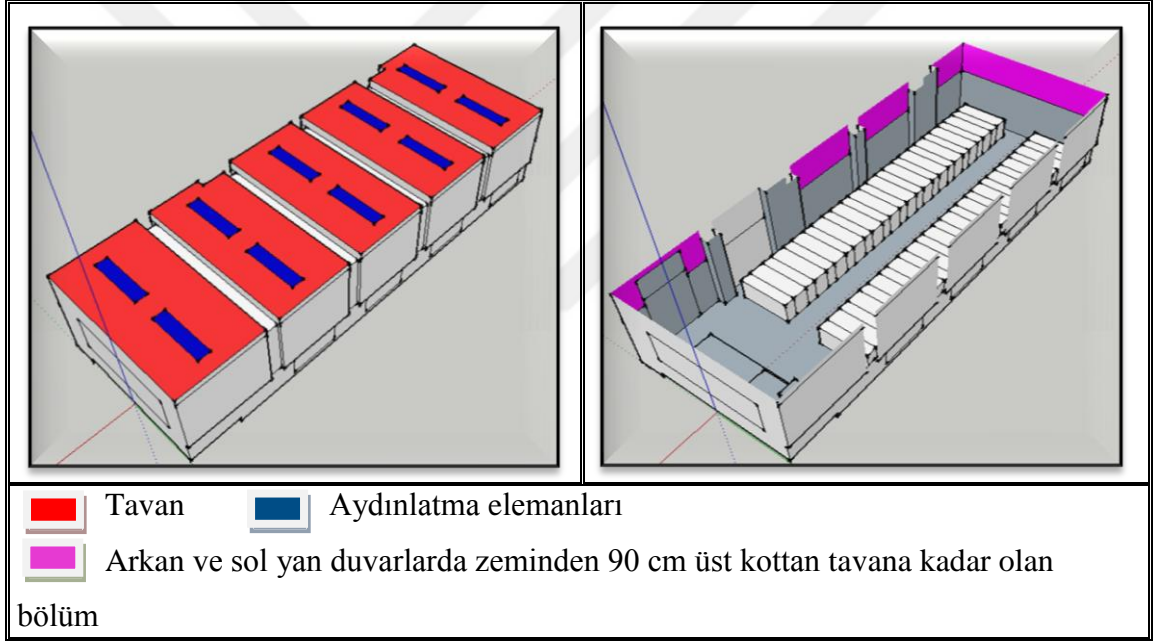


Şekil 110. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

3.11.1. Orman Mühendisliği D-3 No'lu Derslik İçin İyileştirme Çalışması

Orman Mühendisliği D-3 No'lu Derslik için elde edilen EDT değerini optimum düzeye, D_{50} ve STI değerlerini daha iyi düzeye getirmek amacıyla mekan yüzeylerinde bazı malzeme değişiklikleri yapılmıştır (Şekil 111).

Arka ve sol yan duvarlarda, zemin düzleminden 90 cm üst kottan başlayarak tavan düzlemine kadar: alçak frekanslardan yüksek frekanslara doğru ses yutuculukları giderek artış gösteren kumaş kaplı paneller seçilmiştir. Tavanda ise: alçak ve orta frekanslarda ses yutuculuğu yüksek frekanslara göre fazla olan alçıpan levhalar seçilmiştir. Tavanda kullanılan alçıpan asma tavan uygulaması ile uyumlu şekilde sıva altı aydınlatma armatürü kullanılmıştır (Tablo 37).



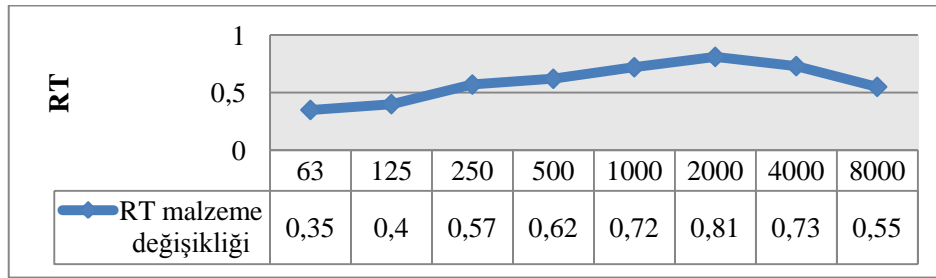
Şekil 111. Orman Mühendisliği D-3 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler

Tablo 37. Orman Mühendisliği D-3 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	4042	Alçıpan levha	0.08	0.08	0.11	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03
10	Aydınlatma Elemanı	14306	Sıva altı aydınlatma armatürü	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
14	Arka ve Sol Yan Duvarlar	8005	Pamuklu kumaş	0.30	0.30	0.45	0.65	0.56	0.59	0.71	0.71

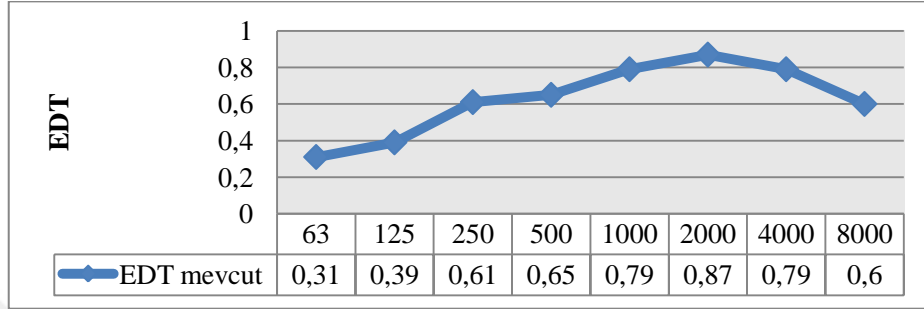
İyileştirme çalışması kapsamında D-3 No'lu Dersliğin Sketchup 8 programı ile yeniden modellenmesi yapılmış ve ODEON V10 programında simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sesin nesnel parametre değerlerine göre sonuçlar tekrar değerlendirilmiştir.

Reverberasyon Süresi (RT): İyileştirme çalışması kapsamında mekânın hacminde herhangi bir değişiklik meydana gelmemiş ve bu nedenle optimum RT mevcut durumdaki gibi 0,52 ile 0,82 sn. aralığında kalmıştır (Tablo 36). Bu değer aralığına göre, malzeme değişikliği sonucunda da RT değeri (0,62 sn.) yine optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 112)



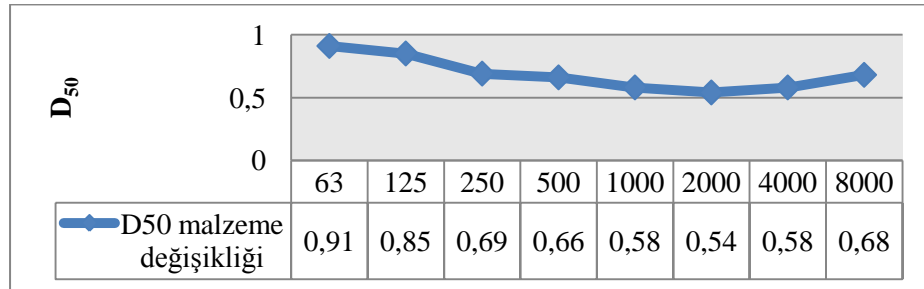
Şekil 112. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Derslik için malzeme değişikliğinden sonraki optimum EDT değeri mevcut durumdaki gibi 0,372 ile 0,702 sn. aralığında kalmıştır (Tablo 36). Dersliğin mevcut durumu için optimum değer aralığında olmayan EDT değeri (0,78 sn.), malzeme değişikliğinden sonra 0,65 sn. ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 113).



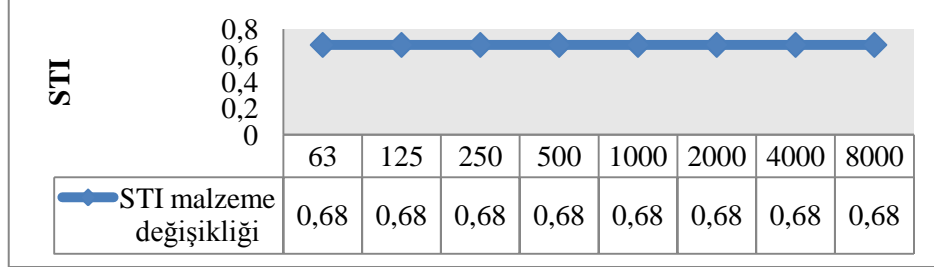
Şekil 113. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Malzeme değişikliğinden sonra elde edilen D_{50} değerinde (0,66) , mevcut durumdaki D_{50} değerine (0,58) göre artış meydana gelmiştir (Şekil 114). Değişiklik sonrasında, derslik için konuşmanın belirginliğinin mevcut duruma göre daha iyi olduğu belirlenmiştir.



Şekil 114. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Derslikte yapılan malzeme değişikliğinden sonraki STI değeri (0,68) anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 aralığında elde edilmiştir (Şekil 115). Bu, mevcut durumdaki STI değerinden (0,64) biraz daha yüksek düzeye sahiptir.



Şekil 115. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

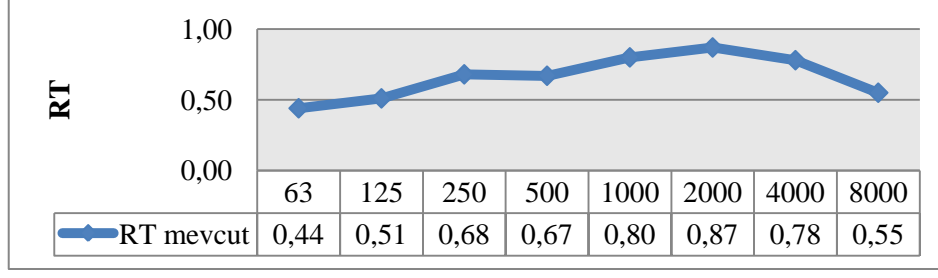
3.12. Orman Endüstri Mühendisliği A2 No'lu Amfinin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Orman Endüstri Mühendisliği A2 No'lu Amfinin akustik konfor koşullarının incelenmesi için kullanılan sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları, mekanın mevcut durumu Tablo 38'de verilmiştir.

Tablo 38. Orman Endüstri Mühendisliği A2 No'lu Amfinin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları

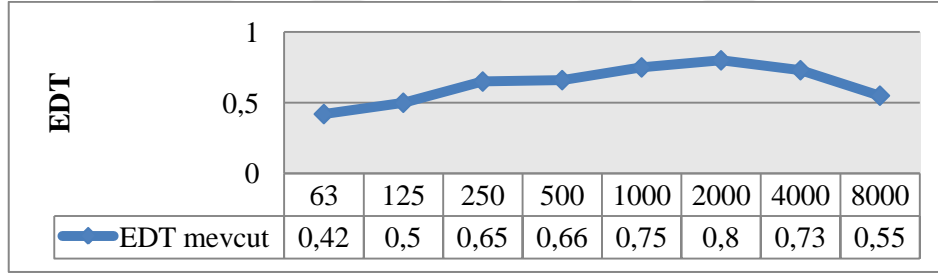
Hacim Akustiği Parametresi	Orman Endüstri Müh. A2 No'lu Amfi	Optimum (minimum)			Optimum (maximum)	
RT	Mevcut	0,50			0,80	
EDT _{mid}	Mevcut	0,35			0,68	
D ₅₀	Mevcut	0,50 ≤				
STI	Mevcut	0-0.3 Kötü	0.3-0.45 Zayıf	0.45-0.6 Orta	0.6-0.75 İyi	0.75-1.0 Mükemmel

Reverberasyon Süresi (RT): Orman Endüstri Mühendisliği A2 No'lu Amfinin mevcut durumu için RT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 0,67 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 116). Orta hacimli mekân kapsamında incelenen ve 240 m³ hacme sahip olan amfinin, orta frekans bölgesinde optimum RT değeri 0,50 ile 0,80 sn. aralığındadır (Tablo 38). Belirtilen değer aralıklarına göre, RT değeri optimum düzey aralığında elde edilmiştir.



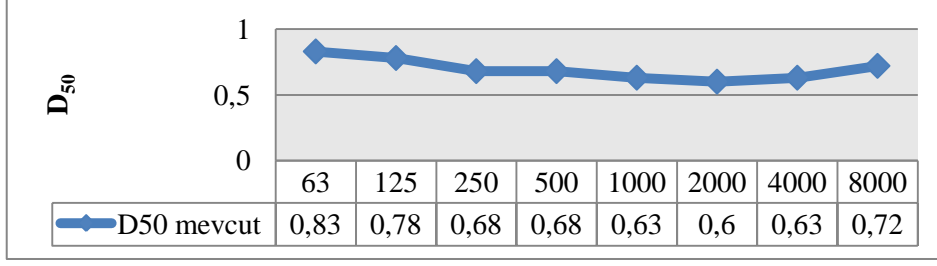
Şekil 116. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Orman Endüstri Mühendisliği A2 No'lu Amfinin mevcut durumu için EDT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 0,66 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 117). Optimum EDT değeri ise, orta frekans bölgesinde 0,35 ile 0,68 sn. aralığındadır (Tablo 38). Belirtilen değer aralığına göre, amfinin mevcut durumu için EDT değeri, optimum düzeyde elde edilmiştir.



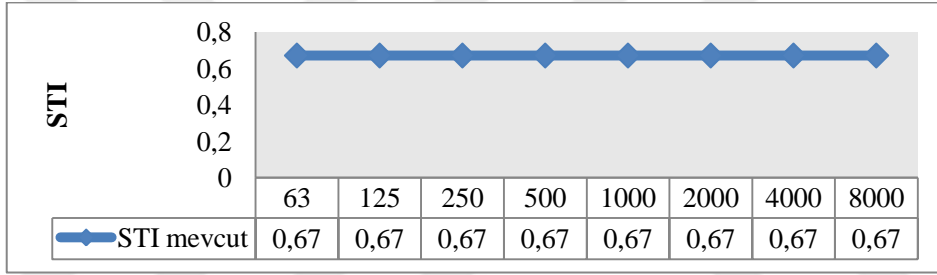
Şekil 117. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Orman Endüstri Mühendisliği A2 No'lu Amfinin mevcut durumu için D_{50} değeri 0,68 olarak elde edilmiştir (Şekil 118). Bu, D_{50} optimum alt sınır değerinin üzerindedir. Amfinin mevcut durumu için %50'nin üzerinde olan D_{50} parametresine göre, %90 konuşmanın belirginliğinin yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 118. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Orman Endüstri Mühendisliği A2 No'lu Amfinin mevcut durumu için STI değeri 0,67 olarak elde edilmiştir (Şekil 119). Elde edilen STI değeri anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 aralığındadır (Tablo 38).



Şekil 119. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

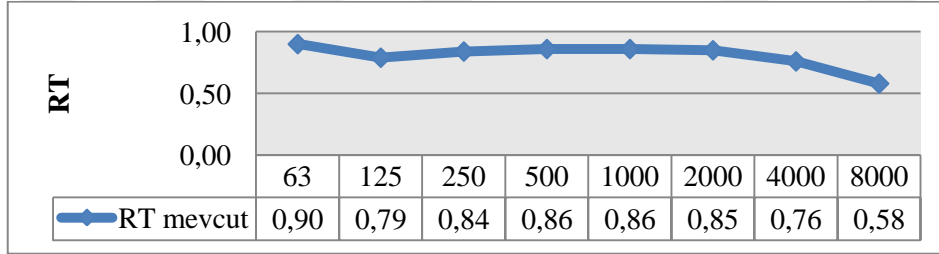
3.13. İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Dersliğin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi

İNşaat Mühendisliği 270 No'lu Dersliğin akustik konfor koşullarının incelenmesi için kullanılan sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları, mekanın mevcut durumu ve iyileştirme çalışması doğrultusunda yapılan malzeme değişikliğinden sonraki durumu için Tablo 39'da verilmiştir.

Tablo 39. İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Dersliğin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları

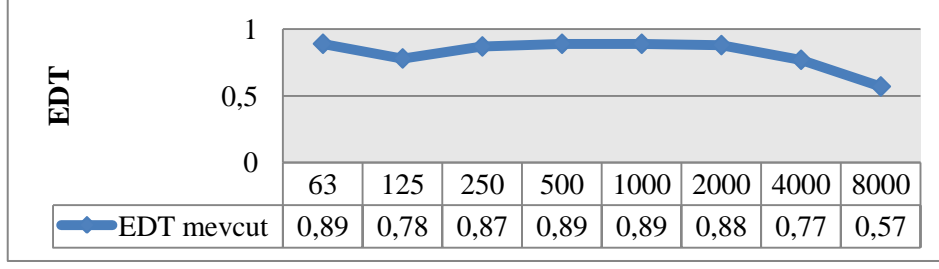
Hacim Akustiği Parametresi	İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Derslik	Optimum (minimum)			Optimum (maximum)	
RT	Mevcut	0,51			0,81	
	Malzeme değişikliği	0,50			0,80	
EDT _{mid}	Mevcut	0,361			0,691	
	Malzeme değişikliği	0,35			0,68	
D ₅₀	Her iki durum için	0,50 ≤				
STI	Her iki durum için	0-0.3 Kötü	0.3-0.45 Zayıf	0.45-0.6 Orta	0.6-0.75 İyi	0.75-1.0 Mükemmel

Reverberasyon Süresi (RT): İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Dersliğin mevcut durumu için RT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 0,86 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 120). Orta hacimli mekân kapsamında incelenen ve 220 m³ hacme sahip olan dersliğin, orta frekans bölgesinde optimum RT değeri 0,51 ile 0,81 sn. aralığındadır (Tablo 39). Belirtilen değer aralıklarına göre, RT değeri optimum düzey aralığının üzerinde elde edilmiştir.



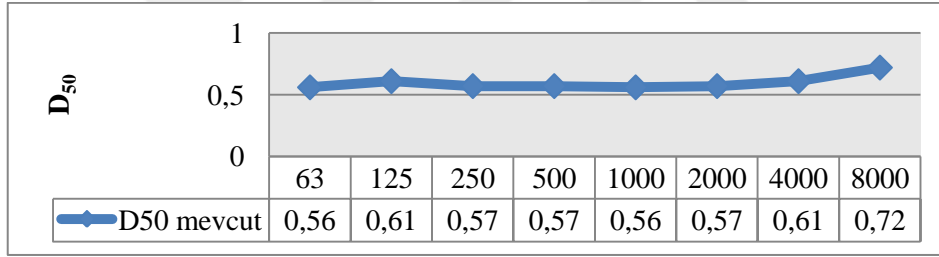
Şekil 120. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Dersliğin mevcut durumu için EDT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 0,89 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 121). Optimum EDT değeri ise, orta frekans bölgesinde 0,361 ile 0,691 sn. aralığındadır (Tablo 39). Belirtilen değer aralığına göre, dersliğin mevcut durumu için EDT değeri, optimum düzeyin üzerinde elde edilmiştir.



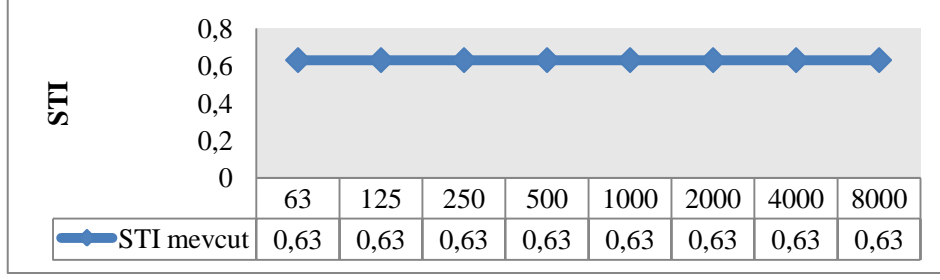
Şekil 121. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Dersliğin mevcut durumu için D_{50} değeri 0,57 olarak elde edilmiştir (Şekil 122). Bu değer D_{50} optimum alt sınır değerinin üzerindedir. Dersliğin mevcut durumu için %50'nin üzerinde olan D_{50} parametresine göre, % 90 konuşmanın belirginliğinin yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 122. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Dersliğin mevcut durumu için STI değeri 0,63 olarak elde edilmiştir (Şekil 123). Elde edilen STI değeri anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 aralığındadır (Tablo 39).

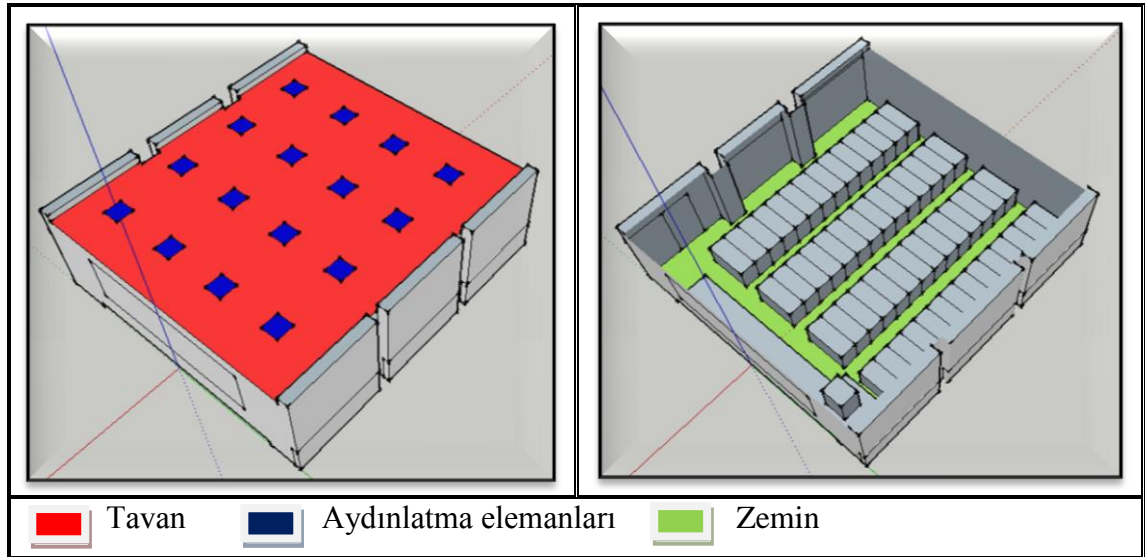


Şekil 123. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

3.13.1. İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Dersliğin İçin İyileştirme Çalışması

İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Derslik için elde edilen RT, EDT değerlerini optimum düzeylere, D_{50} ve STI değerlerini ise daha iyi düzeye getirmek amacıyla mekan yüzeylerinde bazı malzeme değişiklikleri yapılmıştır (Şekil 124).

Malzeme değişikliğinde alçak frekanslardan yüksek frekanslara yutuculukları giderek artış gösteren malzemeler olan; zeminde: halı, tavanda: alçak ve orta frekanslarda ses yutuculuğu yüksek frekanslara göre fazla olan alçıpan levhalar seçilmiştir. Tavanda kullanılan alçıpan asma tavan uygulaması ile uyumlu şekilde sıva altı aydınlatma armatürü kullanılmıştır (Tablo 40).



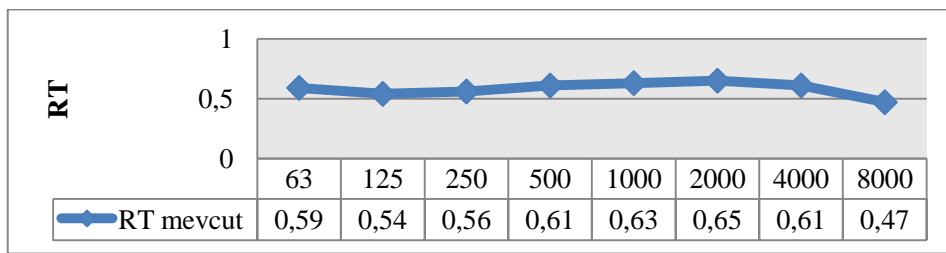
Şekil 124. İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler

Tablo 40. İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	4042	Alçıpan levha	0.08	0.08	0.11	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03
11	Zemin Döşemesi	7004	Halı	0.02	0.02	0.06	0.14	0.37	0.60	0.65	0.65
13	Aydınlatma Elemanı	14306	Sıva altı aydınlatma armatürü	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02

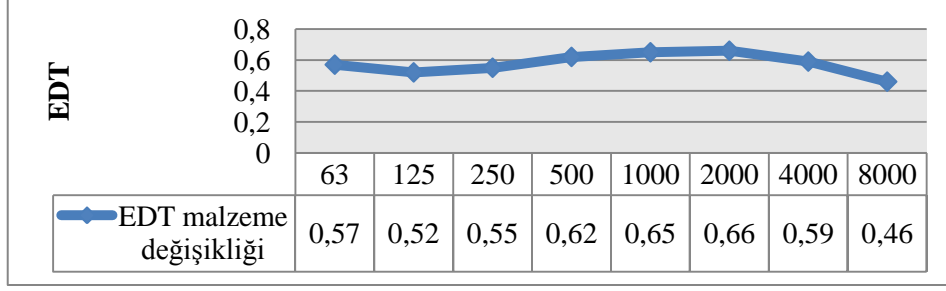
İyileştirme çalışması kapsamında 270 No'lu Dersliğin Sketchup 8 programı ile yeniden modellenmesi yapılmış ve ODEON V10 programında simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sesin nesnel parametre değerlerine göre sonuçlar tekrar değerlendirilmiştir.

Reverberasyon Süresi (RT): Malzeme değişikliği ile meydana gelen tavan formundaki değişiklik sonucunda mekânın hacmi 173 m^3 'e düşmüştür. Belirtilen hacme sahip olan bir mekandaki optimum RT değerinin 0,50 ile 0,80 sn. aralığında olması gerekmektedir (Tablo 39). Bu değer aralığına göre malzeme değişikliği sonrasında RT değeri 0,61 sn. ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 125).



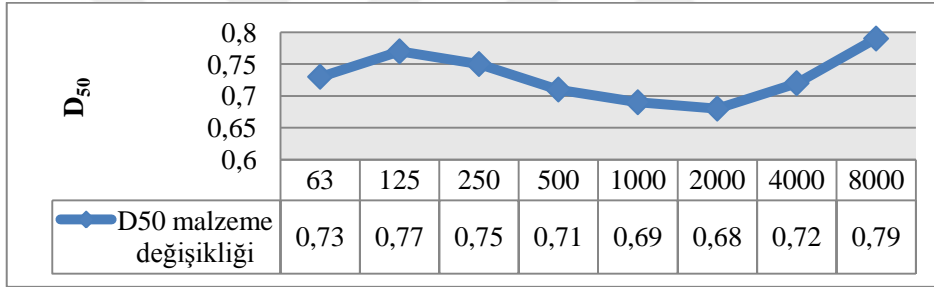
Şekil 125. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Derslik için malzeme değişikliğinden sonraki optimum EDT değeri 0,35 ile 0,68 sn. aralığındadır (Tablo 39). Dersliğin mevcut durumu için optimum değer aralığında olmayan EDT değeri (0,89 sn.), malzeme değişikliğinden sonra 0,62 sn. ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 126).



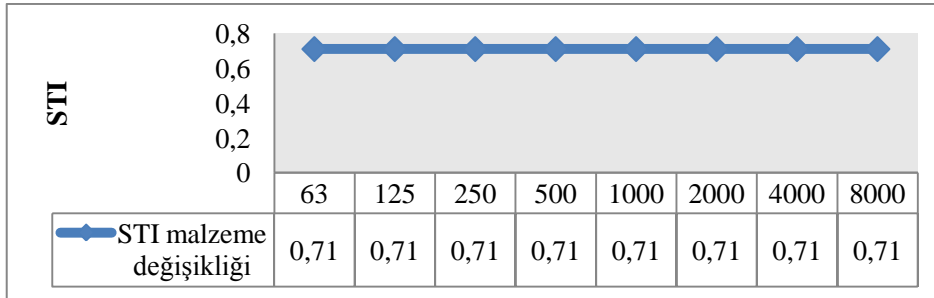
Şekil 126. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayrırt Edilebilirlik (D_{50}): Malzeme değişikliğinden sonra elde edilen D_{50} değerinde (0,71) , mevcut durumdaki D_{50} değerine (0,57) göre artış meydana gelmiştir (Şekil 127). Değişiklik sonrasında, derslik için konuşmanın belirginliğinin mevcut duruma göre daha iyi olduğu belirlenmiştir.



Şekil 127. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Derslikte yapılan malzeme değişikliğinden sonra STI değeri (0,71) anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 aralığında elde edilmiştir (Şekil 128). Bu değer mevcut durumdaki STI değerinden (0,63) daha yüksek değere sahiptir.



Şekil 128. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

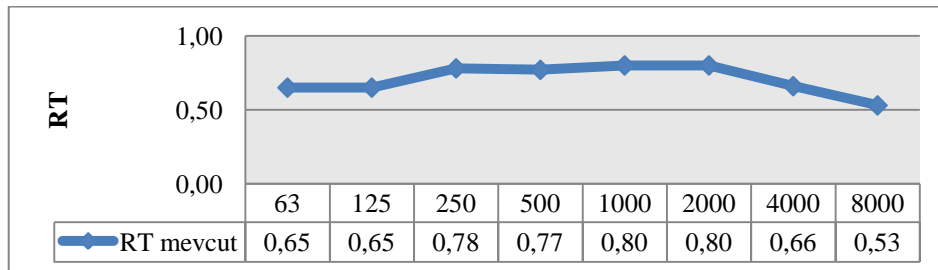
3.14. Peyzaj Mimarlığı PMD2 No'lu Dersliğin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Peyzaj Mimarlığı PMD2 No'lu Dersliğin akustik konfor koşullarının incelenmesi için kullanılan sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları, mekanın mevcut durumu ve iyileştirme çalışması doğrultusunda yapılan malzeme değişikliğinden sonraki durumu için Tablo 41'de verilmiştir.

Tablo 41. Peyzaj Mimarlığı PMD2 No'lu Dersliğin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları

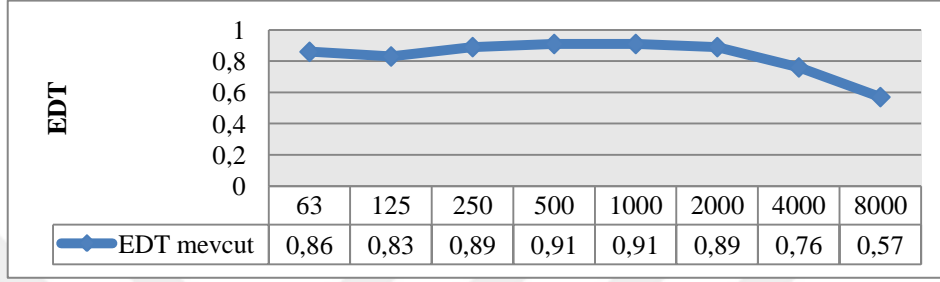
Hacim Akustiği Parametresi	Peyzaj Mimarlığı PMD2 No'lu Derslik	Optimum (minimum)			Optimum (maximum)	
RT	Mevcut	0,35			0,55	
	Malzeme değişikliği	0,32			0,52	
EDT _{mid}	Mevcut	0,185			0,405	
	Malzeme değişikliği	0,152			0,372	
D ₅₀	Her iki durum için	0,50 ≤				
STI	Her iki durum için	0-0.3 Kötü	0.3-0.45 Zayıf	0.45-0.6 Orta	0.6-0.75 İyi	0.75-1.0 Mükemmel

Reverberasyon Süresi (RT): Peyzaj Mimarlığı PMD2 No'lu Dersliğin mevcut durumu için RT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 0,77 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 129). Küçük hacimli mekân kapsamında incelenen ve 163 m³ hacme sahip olan dersliğin, orta frekans bölgesindeki optimum RT değeri 0,35 ile 0,55sn. aralığındadır (Tablo 41). Belirtilen değer aralıklarına göre, RT değeri optimum düzeyin üzerinde elde edilmiştir.



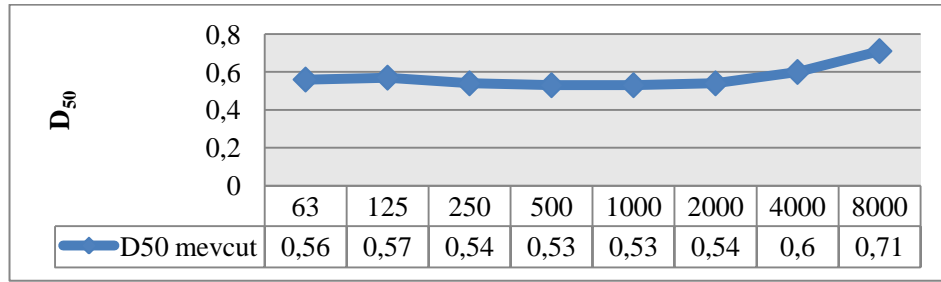
Şekil 129. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Peyzaj Mimarlığı PMD2 No'lu Dersliğin mevcut durumu için EDT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 0,91 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 130) Optimum EDT değeri ise, orta frekans bölgesinde 0,185 ile 0,405 sn. aralığındadır (Tablo 41). Belirtilen değer aralığına göre, dersliğin mevcut durumu için EDT değeri, optimum düzeyin üzerinde elde edilmiştir.



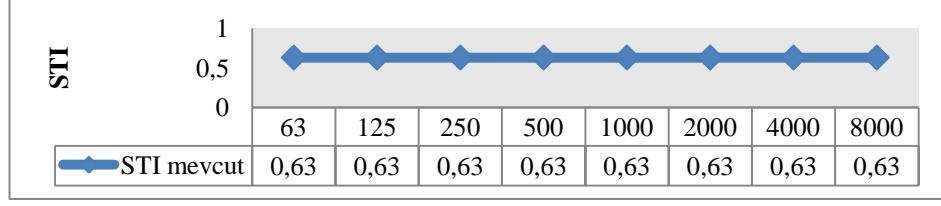
Şekil 130. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Peyzaj Mimarlığı PMD2 No'lu Dersliğin mevcut durumu için D_{50} değeri 0,53 olarak elde edilmiştir (Şekil 131). Bu değer D_{50} optimum alt sınır değerinin üzerindedir. Dersliğin mevcut durumu için %50'nin üzerinde olan D_{50} parametresine göre, %90 konuşmanın belirginliğinin yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 131. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Peyzaj Mimarlığı PMD2 No'lu Dersliğin mevcut durumu için STI değeri 0,63 olarak elde edilmiştir (Şekil 132). Elde edilen STI değeri anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 değer aralığındadır (Tablo 41).

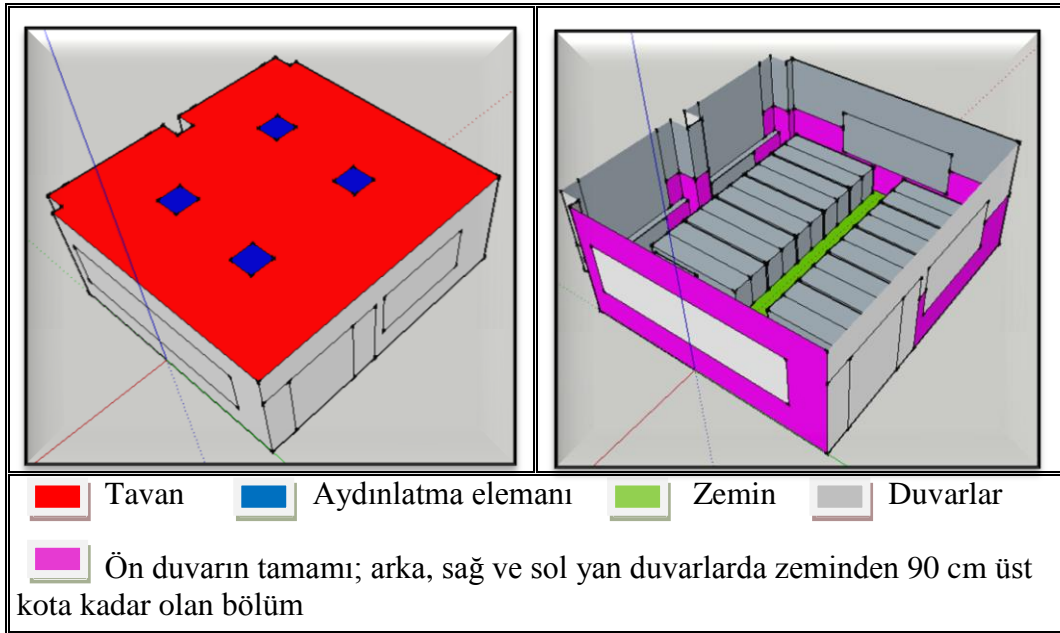


Şekil 132. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

3.14.1. Peyzaj Mimarlığı PMD2 No'lu Derslik İçin İyileştirme Çalışması

Peyzaj Mimarlığı PMD2 No'lu Dersliği için elde edilen RT, EDT değerlerini optimum düzeylere, D_{50} ve STI değerlerini daha iyi düzeylere getirmek amacıyla mekan yüzeylerinde bazı malzeme değişiklikleri yapılmıştır (Şekil 133).

Zeminde: alçak frekanslardan yüksek frekanslara doğru ses yutuculukları giderek artış gösteren halı, tavanda: taş yünü karo levhalar, duvarlarda ise: alçı sıva seçilmiştir. Ön duvarın tamamı ile arka, sağ ve sol yan duvarların zemin düzleminden 90 cm üst kotuna kadar olan bölümde alçıpan paneller seçilmiştir. Tavanda kullanılan taş yünü karo levha asma tavan uygulaması ile uyumlu şekilde sıva altı aydınlatma armatürü kullanılmıştır (Tablo 42).



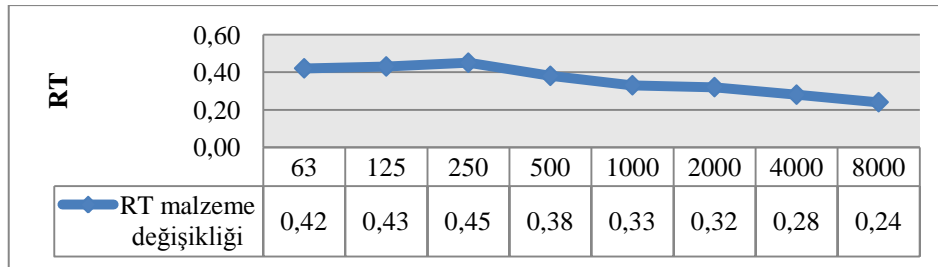
Şekil 133. Peyzaj Mimarlığı PMD2 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler

Tablo 42. Peyzaj Mimarlığı PMD2 No’lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Tavan	14302	Taş yünü karo levha	0.28	0.29	0.33	0.53	0.73	0.86	0.92	0.92
2	Duvarlar	7001	Alçı sıva	0.03	0.03	0.09	0.25	0.31	0.33	0.44	0.44
12	Zemin	7004	Halı	0.02	0.02	0.06	0.14	0.37	0.60	0.65	0.65
13	Ön Duvarlar	4045	Alçıpan panel	0.28	0.28	0.12	0.10	0.17	0.13	0.09	0.09
14	Arka, Sağ ve Sol Yan Duvarlar	4045	Alçıpan panel	0.28	0.28	0.12	0.10	0.17	0.13	0.09	0.09
15	Aydınlatma Elemanı	14306	Sıva altı aydınlatma armatürü	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02

İyileştirme çalışması kapsamında PMD2 No’lu Dersliğin Sketchup 8 programı ile yeniden modellenmesi yapılmış ve ODEON V10 programında simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sesin nesnel parametre değerlerine göre sonuçlar tekrar değerlendirilmiştir.

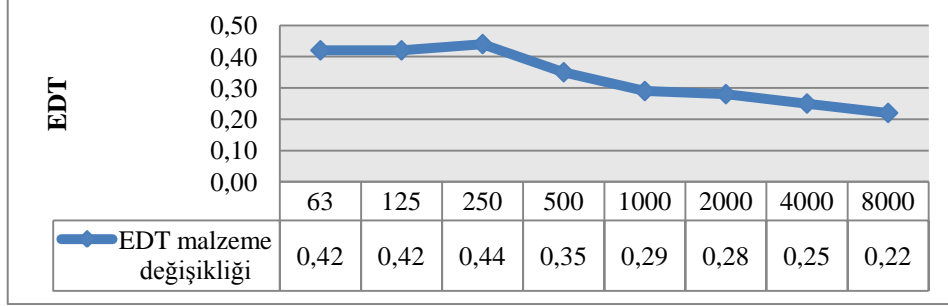
Reverberasyon Süresi (RT): Malzeme değişikliği ile meydana gelen tavan formundaki değişiklik sonucunda mekânın hacmi 127 m^3 ’e düşmüştür. Bu hacme sahip bir mekandaki optimum RT değer aralığı 0,32 ile 0,52 sn.’dir (Tablo 41). Bu değer aralığına göre malzeme değişikliği sonrasında RT değeri 0,38 sn. ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 134).



Şekil 134. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

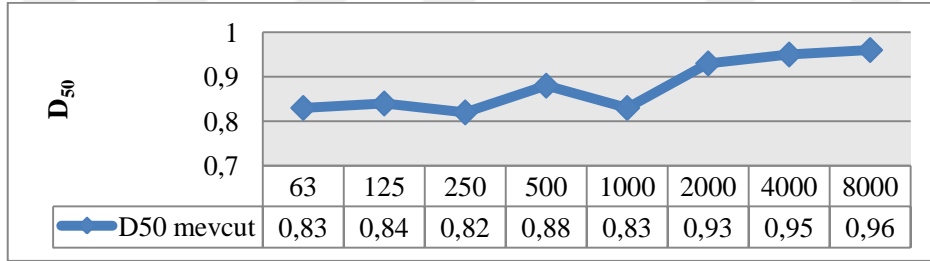
Erken Düşme Süresi (EDT): Derslik için malzeme değişikliğinden sonraki optimum EDT değeri 0,152 ile 0,372 sn. aralığındadır (Tablo 41). Dersliğin mevcut durumu için

optimum değer aralığında olmayan EDT değeri (0,91 sn.), malzeme değişikliğinden sonra 0,35 sn ,ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 135).



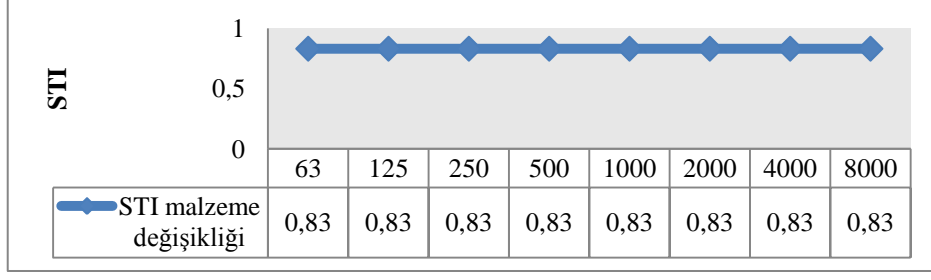
Şekil 135. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Malzeme değişikliğinden sonra elde edilen D_{50} değerinde (0,88) , mevcut durumdaki D_{50} değerine (0,53) göre artış meydana gelmiştir (Şekil 136). Değişiklik sonrasında, derslik için konuşmanın belirginliğinin mevcut duruma göre çok daha iyi olduğu belirlenmiştir.



Şekil 136. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Derslikte yapılan malzeme değişikliğinden sonra STI değeri (0,83) anlaşılabilirliğin mükemmel düzeyde olduğu 0,75 ile 1,00 değer aralığında elde edilmiştir (Şekil 137). Bu değer mevcut durumdaki STI değerinden (0,63) çok daha yüksek değere sahiptir.



Şekil 137. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

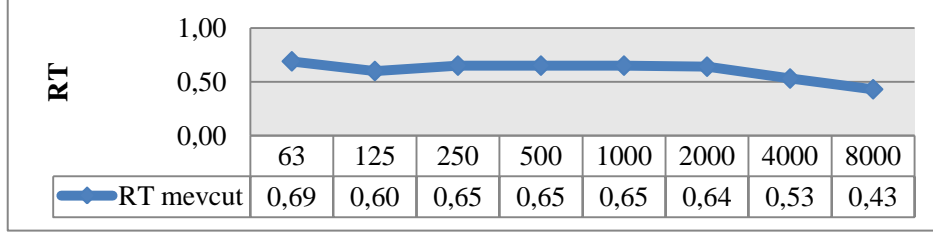
3.15. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No'lu Dersliğin Mevcut Durumu İçin Elde Edilen Sesin Nesnel Parametrelerinin Değerlendirilmesi

İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No'lu Dersliğin akustik konfor koşullarının incelenmesi için kullanılan sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları, mekanın mevcut durumu ve iyileştirme çalışması doğrultusunda yapılan malzeme değişikliğinden sonraki durumu için Tablo 43'de verilmiştir.

Tablo 43. İktisadi ve İdari Bilimler Bölümü 2-S01 No'lu Dersliğin mevcut ve malzeme değişikliğinden sonraki durumu için sesin nesnel parametrelerine ait optimum değer aralıkları

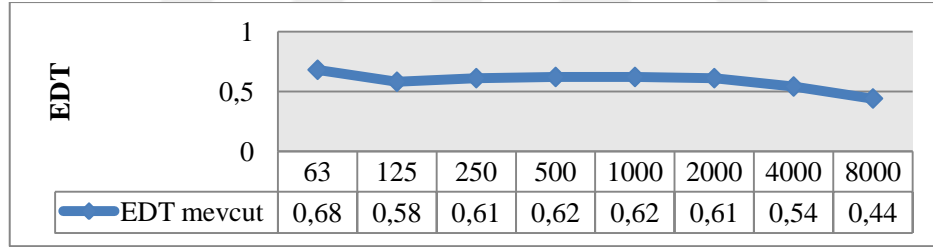
Hacim Akustiği Parametresi	İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No'lu Derslik	Optimum (minimum)			Optimum (maximum)	
RT	Mevcut	0,31			0,51	
	Malzeme değişikliği	0,31			0,51	
EDT _{mid}	Mevcut	0,141			0,361	
	Malzeme değişikliği	0,141			0,361	
D ₅₀	Her iki durum için	0,50 ≤				
STI	Her iki durum için	0-0.3 Kötü	0.3-0.45 Zayıf	0.45-0.6 Orta	0.6-0.75 İyi	0.75-1.0 Mükemmel

Reverberasyon Süresi (RT): İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No'lu Dersliğin mevcut durumu için RT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 0,65 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 138). Küçük hacimli mekân kapsamında incelenen ve 90 m³ hacme sahip olan dersliğin, orta frekans bölgesindeki optimum RT değeri 0,31 ile 0,51sn. aralığındadır (Tablo 43). Belirtilen değer aralıklarına göre, RT değeri optimum düzeyin üzerinde elde edilmiştir.



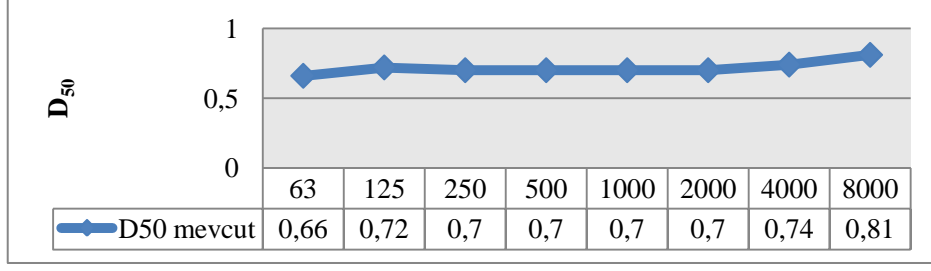
Şekil 138. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No'lu Dersliğin mevcut durumu için EDT değeri 500 Hz'de (orta frekans bölgesi) 0,62 sn. olarak elde edilmiştir (Şekil 139). Optimum EDT değeri ise, orta frekans bölgesinde 0,141 ile 0,361 sn. aralığındadır (Tablo 43). Belirtilen değer aralığına göre, dersliğin mevcut durumu için EDT değeri, optimum düzeyin üzerinde elde edilmiştir.



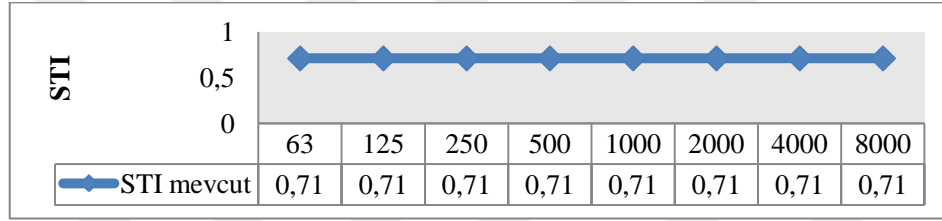
Şekil 139. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No'lu Dersliğin mevcut durumu için D_{50} değeri 0,70 olarak elde edilmiştir (Şekil 140). Bu değer D_{50} optimum alt sınır değerinin üzerindedir. Dersliğin mevcut durumu için %50'nin üzerinde olan D_{50} parametresine göre, %90 konuşmanın belirginliğinin yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 140. Oktav band frekanslarda elde edilen D_{50} değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No'lu Dersliğin mevcut durumu için STI değeri 0,71 olarak elde edilmiştir (Şekil 141). Elde edilen STI değeri anlaşılabilirliğin iyi düzeyde olduğu 0,60 ile 0,75 değer aralığındadır (Tablo 43).

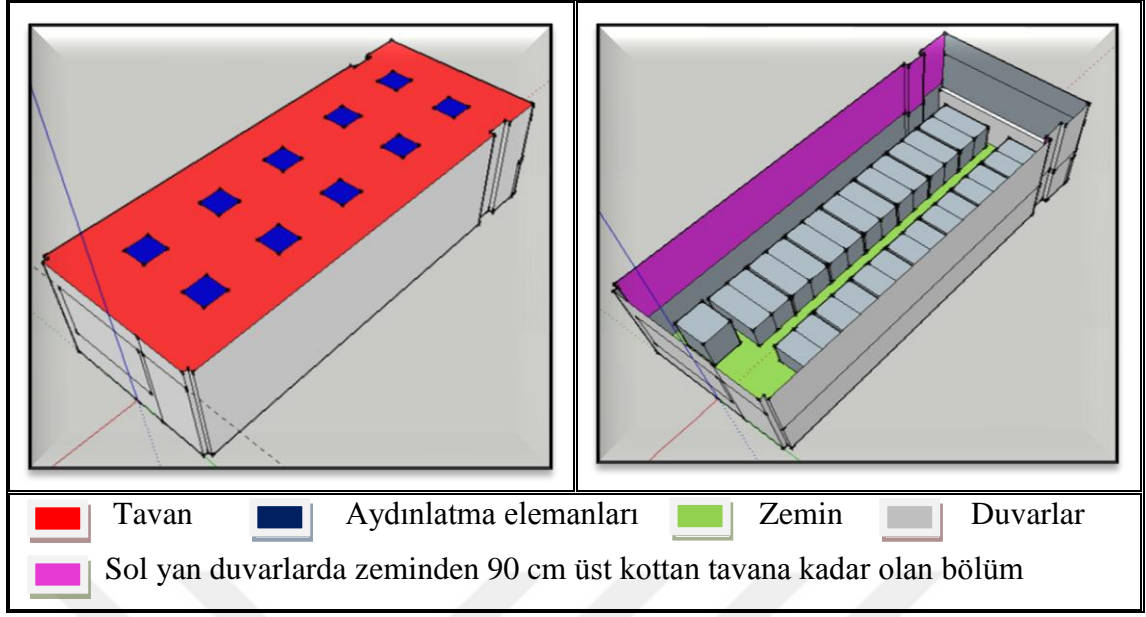


Şekil 141. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerleri

3.15.1. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No'lu Derslik İçin İyileştirme Çalışması

İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No'lu Derslik için elde edilen RT, EDT değerlerini optimum düzeylere getirmek amacıyla mekan yüzeylerinde bazı malzeme değişiklikleri yapılmıştır (Şekil 142).

Zeminde: alçak frekanslardan yüksek frekanslara doğru ses yutuculukları giderek artış gösteren halı, tavanda: taş yünü karo levhalar ve duvarlarda: alçı sıva seçilmiştir. Sol yan duvarlarda: zemin düzleminin 90 cm üst kotundan başlayarak tavan düzleminde kadar ahşap paneller seçilmiştir. Tavanda kullanılan taş yünü karo levha asma tavan uygulaması ile uyumlu şekilde sıva altı aydınlatma armatürü kullanılmıştır (Tablo 44).



Şekil 142. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler

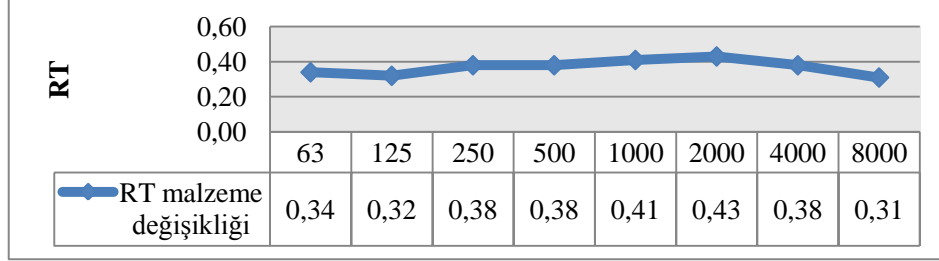
Tablo 44. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No'lu Dersliğin iyileştirme çalışması için değiştirilen malzemeler ve ses yutma katsayıları

NO	Yüzey	Malzeme Kodu	Malzeme	Ses yutma Katsayıları							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
5	Tavan	14302	Taş yünü karo levha	0.28	0.29	0.33	0.53	0.73	0.86	0.92	0.92
11	Duvarlar	7001	Alçı sıva	0.03	0.03	0.09	0.25	0.31	0.33	0.44	0.44
12	Zemin Döşemesi	7004	Halı	0.02	0.02	0.06	0.14	0.37	0.60	0.65	0.65
13	Aydınlatma Elemanı	14306	Sıva altı aydınlatma armatürü	0.20	0.12	0.10	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
14	Sol Yan Duvarlar	3004	Ahşap	0.15	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07

İyileştirme çalışması kapsamında 2-S01 No'lu Dersliğin Sketchup 8 programı ile yeniden modellenmesi yapılmış ve ODEON V10 programında simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sesin nesnel parametre değerlerine göre sonuçlar tekrar değerlendirilmiştir.

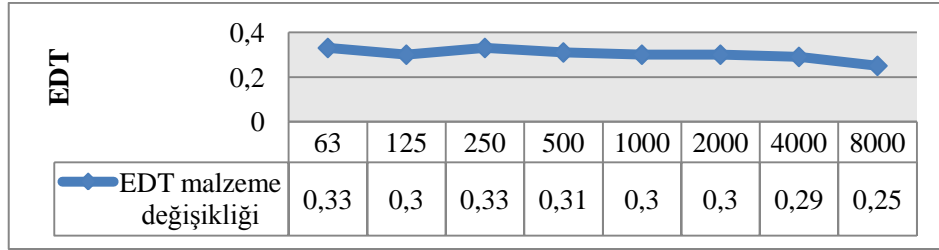
Reverberasyon Süresi (RT): İyileştirme çalışması kapsamında mekanın hacminde herhangi bir değişiklik meydana gelmemiştir ve bu nedenle optimum RT değer aralığı

mevcut durumdaki gibi 0,31 ile 0,51 sn. aralığında kalmıştır (Tablo 43). Bu değer aralığına göre malzeme değişikliği sonucunda RT değeri 0,38 sn. ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 143).



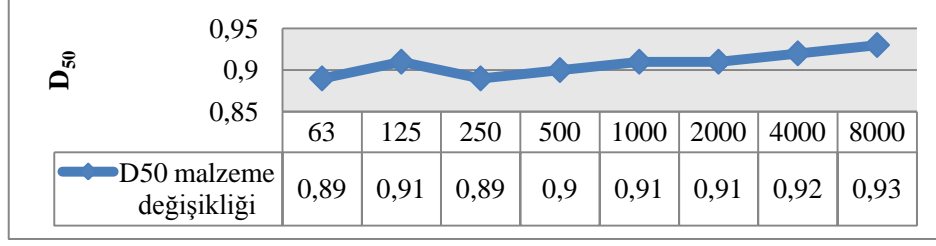
Şekil 143. Oktav band frekanslarda elde edilen RT değerleri

Erken Düşme Süresi (EDT): Derslik için malzeme değişikliğinden sonraki optimum EDT değeri mevcut durumdaki gibi 0,141 ile 0,361 sn. aralığındadır (Tablo 43). Dersliğin mevcut durumu için optimum değer aralığında olmayan EDT değeri (0,62 sn.), malzeme değişikliğinden sonra 0,31 sn. ile optimum düzeyde elde edilmiştir (Şekil 144).



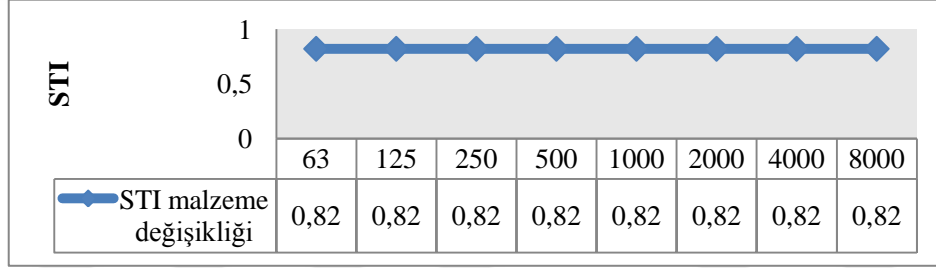
Şekil 144. Oktav band frekanslarda elde edilen EDT değerleri

Ayırt Edilebilirlik (D_{50}): Malzeme değişikliğinden sonra elde edilen D_{50} değerinde (0,90) , mevcut durumdaki D_{50} değerine (0,70) göre artış meydana gelmiştir (Şekil 145). Değişiklik sonrasında, derslik için konuşmanın belirginliğinin mevcut duruma göre çok daha iyi olduğu belirlenmiştir.



Şekil 145. Oktav band frekanslarda elde edilen D₅₀ değerleri

Ses İletim İndeksi (STI): Derslikte yapılan malzeme değişikliğinden sonra STI değeri (0,82), anlaşılabilirliğin mükemmel düzeyde olduğu 0,75 ile 1,00 aralığında elde edilmiştir (Şekil 146). Bu değer mevcut durumdaki STI değerinden (0,71) daha yüksek değere sahiptir.



Şekil 146. Oktav band frekanslarda elde edilen STI değerler

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Konuşmanın anlaşılabilirliğinin önemli olduğu eğitim yapılarında, tüm dinleyicilerin, kaynağından yayılan sesi işitsel açıdan zorlanmadan, yorulmadan, eksiksiz ve doğru şekilde algılayabilmesi, o hacmin büyüklüğüne, geometrisine ve kullanılan yüzey malzemelerine bağlıdır. Bu çalışma kapsamında incelenen on dört adet mekânın akustik konfor koşullarının elde edilmesi ve değerlendirilmesi için Bilgisayar Destekli Akustik Simülasyon Yöntemi kullanılarak RT, EDT, D_{50} ve STI nesnel parametreleri elde edilmiş ve elde edilen değerler optimum değerlerle karşılaştırılarak önerilerde bulunulmuştur.

Mekânın akustik özelliklerini belirlemek için en yaygın şekilde kullanılan RT nesnel parametresi incelendiğinde; Fizik Bölümü 4 No'lu Derslik, Harita Mühendisliği Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisi, Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarı, Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarı, Orman Mühendisliği D-3 No'lu Derslik ve Orman Endüstri Mühendisliği A2 Amfisi için mevcut reverberasyon süreleri optimum değer aralığında elde edilmiştir. Elektrik Bölümü 5 No'lu Derslik, Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisi, Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Derslik, Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Derslik, İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Derslik, Peyzaj Mimarlığı Bölümü PMD2 No'lu Derslik ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No'lu Derslik için ise, mevcut değerler orta frekans bölgesinde optimum değer üzerinde elde edilmiştir. Reverberasyon süresinin optimum değer aralığının üzerinde çıkmasına bağlı olarak, konuşma esnasında maskeleye ortaya çıkmakta ve konuşmanın anlaşılabilirliği azalmaktadır. Reverberasyon süresinin optimum değer aralığının üzerine çıkmasının nedenlerinden biri mekânların yüzeylerinde kullanılan malzemelerin ses yutuculuklarının düşük düzeylerde olmalarıdır. Bu özelliğe sahip olan mekânlardaki iyileştirme çalışmalarında mevcut duruma göre daha yüksek ses yutma katsayı değerlerine sahip malzemeler kullanılmıştır. Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarında ise durum genelinden farklı olarak optimum değer aralığının altında çıkması, mekânda çınlama eksikliğinin olduğunu göstermiştir. Reverberasyon süresi optimum değer aralığının altında çıkan bu mekânda ise reverberasyon süresini optimum değer aralığına getirmek amacıyla mevcut durumda kullanılan malzemelere göre daha fazla yansıtıcı özellik gösteren malzemeler seçilmiştir. Genel anlamda mekânlarda kullanılan malzemelerle ilgili olarak; tavanda: ısı ve ses izolasyonu ile yangın ve nem dayanımı etkili olan, ayrıca kolay temizlenebilme olanağı sağlayan taş yünü karo levha uygulaması ile alçı

levha asma tavan uygulaması tercih edilmiştir. Zeminde: ses yutuculuk, temas sıcaklığı ve yürüme güvenliği bakımından çok iyi düzeyde olması, aynı zamanda gürültü üretmeyen bir malzeme olması, derslik ve amfilerde sessiz bir ortamın sağlanmasına katkıda bulunması dolayısıyla halı seçilmiştir. Ancak uygulamalı derslerin yapıldığı Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarında halı kullanımı iyi bir seçenek olmadığı için, esnek yapısından dolayı ses emiciliği orta düzeyde olan, temizlenmesi kolay, yürüme güvenliği ve sıcak temaslı bir malzeme olmasından dolayı linolyum tercih edilmiştir. Duvarlarda ise: kumaş, ahşap ve alçı paneller ile alçı sıva kullanılması uygun görülmüştür.

Büyük, orta ve küçük hacimli mekân kapsamında incelenen derslik ve laboratuvarlar için kişi başına düşen hacim miktarları incelendiğinde; Elektrik Bölümü 5 No'lu Derslik, Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisi, Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Derslik (büyük hacimli mekânlar) için kişi başına düşen hacim miktarları optimum değerlerin üzerindedir. Kişi başına düşen hacim miktarı optimum değerlerin üzerinde olan mekanlarda mevcut reverberasyon süresinin de optimum değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür. Fizik Bölümü 4 No'lu Derslik ve Harita Mühendisliği Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisi (büyük hacimli mekanlar); Orman Mühendisliği D-3 No'lu Derslik, Orman Endüstri Mühendisliği A2 Amfisi (orta hacimli mekanlar) için kişi başına düşen hacim miktarları optimum değer aralığında kalmıştır. Bu mekanlarda mevcut reverberasyon süresinin de optimum düzeyde olduğunu görülmüştür. Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarı (büyük hacimli mekân) ve Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarı (küçük hacimli mekan) için kişi başına düşen hacim miktarları ise optimum aralıkta olmadığı halde mevcut reverberasyon süreleri optimum değer aralıklarında elde edilmiştir. Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Derslik, İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Derslik (orta hacimli mekan), Peyzaj Mimarlığı Bölümü PMD2 No'lu Derslik, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No'lu Derslik için kişi başına düşen hacim miktarları optimum değer aralığında olduğu halde mevcut reverberasyon süreleri optimum değer aralığında elde edilememiştir (Ek Tablo 1).

Reverberasyon süresinin, üzerinde en etkili olduğu parametre olan EDT parametresi incelendiğinde; Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarı, Orman Endüstri Mühendisliği A2 No'lu Amfisi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No'lu Derslik hariç mekânların genelinde EDT değeri RT değerinden büyük fakat birbirlerine yakın değerlerde olduğu görülmüştür. Bu durum genel olarak hacimlerde sesin düzgün yayıldığını göstermektedir. Sadece Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarı için EDT değeri RT

değerinden çok yüksek değerde elde edilmiştir. Bu durumdan, hacimde düzgün ses yayılımının olmadığı anlaşılmaktadır.

Konuşmanın anlaşılabilirliğinin önem taşıdığı mekânlarda D_{50} ve STI parametreleri belirleyici özellik taşımaktadır. Bu parametreler incelendiğinde; Elektrik Bölümü 5 No'lu Derslik, Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarı, Elektrik-Elektronik Bölümü Halis Duman Amfisi, Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Dersliklerde mevcut durum için D_{50} nesnel parametresi %50'nin altında elde edilmiştir. Bu mekânlardaki STI nesnel parametresi ise Makine Mühendisliği Motorlar Laboratuvarı hariç (kötü düzeyde) genellikle orta düzeyde elde edilmiştir. D_{50} ve STI parametrelerinin düşük değerlerde olması, RT ve EDT parametrelerinin ise optimum değer aralıklarında olmaması, derslik, amfi ve laboratuvarların uygun hacim akustiği koşullarına sahip olmadığını ve bu hacimlerde konuşmanın anlaşılabilirliğinin düşük olduğunu göstermektedir. RT ve EDT nesnel parametre değerlerinin yüksek olması nedeniyle optimum değer aralıklarında olmayan D_{50} ve STI değerlerini optimum düzeylere getirmek amacıyla, mekan yüzeylerinde kiriş gibi yararlı erken yansımaları olumsuz yönde etkileyebilecek yüzeyler yerine, bütün ve düz yüzeyler elde etmek amacıyla alçı asma tavan ve taş yünü asma tavan uygulaması düşünülmüştür.

Mekânlardaki yüksek düzeyli arka plan gürültüsü ana ses kaynağından yayılan sesin maskelenmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle, arka plan gürültüsünün sesin nesnel parametrelerinin optimal etkisini olumsuz yönde etkilememesi için dış ortam gürültüsünün mekan içerisine geçişini mümkün olduğunca engellenmesi ve böylece mekan içerisindeki fon gürültüsünün etkisinin en az düzeye indirilmesi sağlanmalıdır. Bundan dolayı da mekân çevresindeki strüktür doğuşlu gürültünün mekân içine geçişinin önlenmesi amacıyla yumuşak esnek yüzeyler (halı, mantar ve lastik) kullanılmalıdır. Strüktür doğuşlu gürültü için en etkili yöntem yüzer döşemenin yapılmasıdır.

İşitsel algılamanın önem taşıdığı mekânların tasarımında tasarımcılar akustik konfor koşullarına önem vermelidir. Bunun için de mimari tasarımın akustik tasarımla birlikte düşünülmesi gerekmektedir. Böylece tasarım aşamasında akustik projenin hazırlanması mekânın kullanım aşamasında ortaya çıkabilecek sorunların da önüne geçecektir.

5. KAYNAKLAR

- Abdülrahimov, R., 2005. Salonların Akustiği ve Tasarımı, Trabzon.
- Awad, H.S., Farag, H.H., Hanafi, M.A., Taha, D.S., 2012. Architectural Acoustic in Educational Facilities: An Empirical Study on University Classrooms in Egypt, 164 th Meeting of the Acoustical Society of America, 22-26 October, Missouri, Volume: 18.
- Akdağ Yüğrük, N., 1996. Hacim Akustiğinde Temel Kavram ve İlkeler, Yapılarda Akustik Sorunlar ve Çözüm Önerileri, 23-24 Mayıs, İstanbul.
- Akın, Ş., Şerefhanoglu Sözen, M., 1999. Hacim Akustiğinde İlk Yansımaların Önemi ve Mimari Tasarıma Etkisi, Yapı Fiziği - Fiziksel Çevre Denetimi - Kongresi, 6-7 Aralık, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 142-147.
- Atça, E., İlal, M.E., Başaran, T., Kazanasmaz, T., Arsan, Z.,D., 2013. Başarım Odaklı Tasarım: Tasarımın Erken Evrelerinde Benzetim Araçlarının Önemi, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Nisan, İzmir, Bildiriler Kitabı: 1411-1422.
- Barron, M., 1993. Auditorium Acoustics and Architectural Design, E & FN Spon, Londra.
- Barron, M., 1999. Late Lateral Energy Fractions and The Envelopment Question in Concert Halls, Applied Acoustics, 62, 2, 185-202.
- Bayazıt, N.T., 1999. Dikdörtgen Kesitli Konser Salonlarının Akustik Değerlendirmesi için Bir Tasarım Yöntemi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Beranek, L.L., 1962. Music, Acoustics and Architecture, John Wiley&Sons Inc., New York: Wiley.
- Beranek, L., 1996. Concert and Opera Halls: How They Sound, Acoustical Society of America, New York.
- Bradley, J. S., Soulodre, G. A., 1994. The Influence of Late Arriving Energy on Concert Hall Spatial Impression, Proceedings of the Sabine Centennial Symposium, Cambridge, Acoustical Society of America, 101-104.
- Bradley, J. S. , Sato, H., Picard, M., 2003. On The Importance of Early Reflections for Speech in Rooms, The Journal of the Acoustical Society of America, 113, 6, 3233-3244.
- Cavanaugh, W.J., Wilkes, J.A., 1999. Architectural Acoustics Principles and Practice.

- Christensen, C.L., 2009. Odeon Room Acoustics Program Version 10.1 Industrial, Auditorium and Combined Editions, Odeon A/s, Denmark.
- Cowan, J., 2000. Architectural Acoustics Design Guide, McGraw-Hill, USA.
- Çalışkan, M., 2008. Gürültü: Temel Kavramlar, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği, Ankara.
- Doelle, L.J., 1972. Environmental Acoustics, MacGraw Hill, New York.
- Doğan, S., Yalçın E., 2017. Ticari Araçlardaki Direksiyon Sistemlerinde Kullanılan Sabit İletim Hacimli Paletli Pompaların Farklı Devir ve Basınçlardaki Gürültü Seviyelerinin ISO 3744 Standardına Göre Ölçülmesi, VIII. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi, 24 Kasım, İzmir, Bildiri Kitabı:343-362.
- Egan, M.D., 1988. Architectural Acoustics, McGraw-Hill, New York.
- Eggenschwiler, K., 2006. Room Acoustic of Classroom with Different Shapes, Euronoise, Volume:Tampere, Finland.
- Erol, H. B., 2006. İç Mekanda Malzeme Kullanımında Akustik Performans Kriterleri, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ertürk, S., 1972. Eğitim Program Geliştirme, Yelkentepe Yayını:4, Ankara.
- Escobar Gomez, V., Morillas Barrigon J.M., 2015. Analysis of Intelligibility and Reverberation Time Recommendations in Educational Rooms, Applied Acoustics Volume:96, 1-10.
- Figueiredo, F.L., Iazzetta, F., 2005. Comparative Study of Measured Acoustic Parameters in Concert Halls in The City of Sao Paulo, Inter – Noise, Rio.
- Gade, A.C., 1989. Acoustical Survey of Eleven European Concert Halls, Denmark: The Acoustics Laboratory, Technical University of Denmark, Report No.44.
- Gürel, N., 2007. İlköğretim Okullarının Akustik Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Irvine, L.K ve Richards, R.L., 1998. Acoustics and Noise Control Handbook for Architects and Builders, Krieger Publishing Company, Florida.
- İlban, B., 2015. Trabzon ve Rize’de Yer Alan Tarihi ve Modern Cami Örneklerinin Bilgisayar Simülasyon Yöntemi İle Akustik Açısından Değerlendirilmesi ve Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Karabiber, Z., 1991. Mimari Akustikle İlgili Başlıca Tanım, Terim, Formül ve Büyüklükler, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

- Karabiber, Z., 1991. Konuşmanın Anlaşılabilirliğinin Hesap ve Ölçme Yolu ile Belirlenmesinin Tarihsel Gelişimi ve Rastı Ölçme Yönteminin Tanıtılması, YTÜ Yayınları, 212, İstanbul.
- Karabiber, Z., 1992. Mimari Akustikte Ses Ölçmeleri; Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Karaman Yılmaz, Ö., Üçkaya Berber N., 2015. Eğitim Mekânlarında Akustik Konfor: Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Örneği, Megaron, 10, 4, 503-521.
- Kavraz, M., 2010. Bolluca Kültür Merkezi Çok Amaçlı Salonun Akustik Projesi, VI. Uluslar arası Sinan Sempozyumu, 29-30 Nisan, Edirne, Bildiriler Kitabı: 277-282.
- Kavraz, M., 2011. Sultanbeyli Kültür Merkezi Çok Amaçlı Salonu Akustik Projesi, Tasarım Dergisi, 213, 94-95.
- Kavraz M., Yılmaz Ö., 2012. Osman Turan Kongre ve Kültür Merkezi Çok Amaçlı Salonun Sesin Nesnel Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi, 6. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, 6-9 Kasım, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 240-250.
- Kavraz M., Yılmaz Ö., 2013. Dersliklerin Sesin Nesnel Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi – KTÜ Kampüsünde Bulunan İki Derslik Örneği, 10. Ulusal Akustik Kongresi, 16-17 Aralık, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 84-93.
- Kavraz, M., 2015. Gürültü Düzeylerinin İç Mekanlar Açısından Değerlendirilmesi – KTÜ Kanuni Kampüsü Örneği, 21. Ulusal Ergonomi Kongresi Özel Sayısı, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 597-601.
- Kavraz M., Yılmaz Ö., 2016. KTÜ Halis Duman Amfisi ve Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Dersliğin Sesin Nesnel Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi, International Multidisciplinary Congress of Eurasia, 11-13 Temmuz, Odessa Ukrayna, IMCOFE, vol. 1, pp.452-461.
- Kavraz M., 2016. Bayburt Üniversitesi Konferans Salonu Mimari Akustik Projesi, Yapı Dünyası, 246, 247, 39-42.
- Kuttruff, H., 1991. Room Acoustics, Elsevier Science Publishing, New York.
- Kurtulan, Z., 2009. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Sedad Hakkı Erdem Oditoryumunun Hacim Akustiği Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kurra, S., 2010. Oditoryumlarda Doğal Akustik Tasarım, Uygulama Örnekleri ve Sorunlar, Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi, 4-5 Mart, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 461-470.
- Lawrence, A., 1989. Acoustics and The Built Environment, Elsevier Science Publishers Ltd., New York.

- Long, M., 2006. Architectural Acoustics, Elsevier Academic Press, USA.
- Mehta, M., Johnson, J., Rocafort, J., 1999. Architectural Acoustics Principles and Design, Prentice Hall, New Jersey.
- Önder, H.H., Gül, M., Ergüldürenler, G., 2012. Eğitim Ortamında Ergonomi Kullanılması ve Örnek İdeal Sınıf Çalışması, 11. Ulusal Büro Yönetimi ve Sekreterlik Kongresi, 4-6 Ekim, Isparta, Bildiriler Kitabı 28-38.
- Özçetin, Z., Demirel F., Pektaş S., Eminel M., 2015. Eğitim Yapılarında Sürdürülebilir Malzeme ve Akustik Konfor Koşullarının Sağlanmasına Yönelik Bir Çalışma, 2nd International Sustainable Buildings Symposium, 28-30 Mayıs, Ankara, Bildiriler Kitabı: 314-317.
- Özçevik, A., 2005. Mimari Tasarım Stüdyolarında İşitsel Konfor Gereksinimleri ve Bir Örnek, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Özer, M., 1979. Yapı Akustiği ve Ses Yalıtımı, Apraz Matbaacılık, İstanbul.
- Rindel, J. H., 2000. The Use of Computer Modelling in Room Acoustics, Journal of Vibro engineering, 3, 4, 219-224.
- Rabelo, A.T.V., Santos, J.N., Oliveira, R.C., Magalhaes, M.C., 2014. Effect of Classroom Acoustic on the Speech Intelligibility of Students, CoDAS vol. 26 No:5.
- Sirel, Ş., 1974. Yapı Akustiği I – Temel Bilgiler, İstanbul Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Yayınları, İstanbul.
- Sirel, Ş., 1981. Hacim Akustiğinde Yansıma Süresi, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, İDMMA Basımevi, İstanbul.
- Sirel, Ş., 2000. Yapı Akustiğinde 30 Terim 30 Tanım, YFU Yayın No:9, İstanbul.
- Yerli, C., 2015. Farklı Anlayışlarla Tasarlanmış Eğitim Alanlarındaki Sınıfların Hacim Akustiği Yönünden Değerlendirilmesi; Doğa Koleji Çukurambar ve İMKB Alparslan Ortaokulu Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Atılım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Yügrük, N. ve Erdem Aknesil, A., 1993. Dersliklerde Konuşmanın Anlaşılabilirlik Koşulları ve Tip Dersliklerin Değerlendirilmesi, 21. Yüzyıla Doğru Eğitim Yapıları Sempozyumu, 13-14 Mayıs, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 243-252.
- URL-1: <http://www.zamandayolculuk.com/html-3/sesdalgasi.htm> Ses Dalgalarında Temel Kavramlar. 15.04.2018.
- URL-2: http://www.acousticalsurfaces.com/acoustic_IOI/101home.htm Speech Directivity - Speaker and Listener Orientation. 20.05.2018.

URL-3: <http://www.ptb.de/en/org/1/16/163/datenbank.htm> Sound Absorber Materials.
15.12.2011.



6. EK Tablo 1. Mekânlara ait kişi başına düşen hacim miktarları

Mekân	Minimum	Optimum	Maksimum
	2.3 m³	3.1m³	4.3 m³
Elektrik Bölümü 5 No'lu Derslik	4.7 m ³		
Elektrik Bölümü Halis Duman Amfisi	5.83 m ³		
Fizik Bölümü 4 No'lu Derslik	3.42 m ³		
Harita Mühendisliği Prof. Dr. Erdoğan Özbenli Amfisi	4.21 m ³		
Mimarlık Bölümü MA2 No'lu Derslik	11.30 m ³		
Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarı	9.10 m ³		
Fizik Bölümü Bilgisayar Laboratuvarı	1.10 m ³		
Edebiyat Bölümü D-203 No'lu Derslik	3.33 m ³		
Orman Mühendisliği D-3 No'lu Derslik	3.20 m ³		
Orman Endüstri Mühendisliği A2 Amfisi	2.44 m ³		
İnşaat Mühendisliği 270 No'lu Derslik	3.92 m ³		
Peyzaj Mimarlığı Bölümü PMD2 No'lu Derslik	4 m ³		
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2-S01 No'lu Derslik	3.21 m ³		

ÖZGEÇMİŞ

23.12.1979 yılında İstanbul'da doğdu. İlkokul eğitimini Üsküdar III. Selim İlköğretim Okulu'nda, ortaokul eğitimini Üsküdar Kız Lise'nde ve lise eğitimini Özel Marmara Fen Lisesi'nde tamamladıktan sonra 1999 yılında Trakya Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nü kazandı ve 2003 yılında mezun oldu. Bir süre farklı inşaat firmalarında yönetici olarak çalıştıktan sonra 2009 yılında kendi mimarlık ofisini kurdu ve aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Evli ve iki çocuk annesi olan Kabil orta derecede İngilizce bilmektedir.

