

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
MÜZİK TEKNOLOJİSİ BİLİM DALI
Yüksek Lisans Tezi

**RESTORANLARDA GÜRÜLTÜ ETKİSİ ALTINDA KONUŞMA
ANLAŞILIRLIĞININ İNCELENMESİ**

Hazırlayan
Umut TOSUNLAR

Danışman
Prof. Dr. Feridun ÖZİŞ

İZMİR / 2022

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Restoranlarda Gürültü Etkisi Altında Konuşma Anlaşılabilirliğinin İncelenmesi” adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını, yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilenden oluştuğunu ve bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Adı-Soyadı

Umut Tosunlar

TUTANAK

Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü'nün/...../...../ tarih ve Sayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin maddesine göre Müzik Teknolojisi Bilim Dalı, Yüksek Lisans Öğrencisi Umut Tosunlar'ın **“Restoranlarda Gürültü Etkisi Altında Konuşma Anlaşılabilirliğinin İncelenmesi”** konulu tezini incelemiş ve aday/...../...../ tarihinde, saat’da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan bilim dallarından jüri üyeleri tarafından sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin olduğuna oy ile karar verilmiştir.

BAŞKAN**ÜYE****ÜYE**

ÖZET

Son on yılda, restoran ve restoran benzeri yemekli mekanlarda akustik koşullar üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların odak noktalarından biri de sözlü iletişimin kalitesi ve konuşma anlaşılabilirliğidir. Mimari ve iç mekan tasarımı, gürültü, aydınlatma, havalandırma, malzeme ve renk seçimi, mobilya ve oturma düzeni, mekan tercihlerindeki önemli parametrelerdir. Bu unsurların işlevselliği ve kontrolü ise iyi bir planlamayla mümkündür.

Günümüz koşullarında bu alanlardaki önemli diğer kalite parametreleri ise gürültü kontrolü ve akustik tasarımıdır. Mekandaki insan sayısının artışı ve olumsuz akustik koşullar ortamdaki gürültü düzeyinde yükselmeye neden olmaktadır. Gürültü düzeyindeki artış mekandaki sözlü iletişim kalitesini olumsuz olarak etkilemektedir.

Bu tez çalışmasının amacı restoranlarda konuşma anlaşılabilirliğini ve ortam gürültüsü tahminini, J.H.Rindel'in önerdiği akustik kapasite yöntemi ile hesaplamak ve uluslararası standartlarca belirlenmiş konuşma anlaşılabilirliği parametrelerindeki değişimleri değerlendirmektir.

Bu doğrultuda 'The Badau Akasya Jazz Club' örnek mekan olarak seçilmiş ve farklı akustik tasarımlar gerçekleştirilerek konuşma anlaşılabilirliği, akustik kapasite, RT ve gürültü düzeyleri analiz edilmiştir.

ABSTRACT

In the last decade, there have been plenty of research made on the acoustic conditions of dining venues such as restaurants and a like. One of the objectives of these studies was the quality of verbal communication and speech intelligibility. Architectural and interior design, noise, lighting, ventilation, choice of materials and colors, furniture and seating arrangements are important parameters on the preferences of venues. The functionality and control of these factors are possible with good space planning.

Other important quality parameters in the fields mentioned above within the circumstances of today are noise control and acoustic design. An increase in the number of people and negative acoustic conditions of the place cause an increase in the ambient noise level. The increase of noise level has adverse effects on the quality of verbal communication.

The aim of this thesis is to calculate the speech intelligibility and ambient noise predictions according to the acoustic capacity method in restaurants proposed by J.H. Rindel, and to evaluate the variances within the speech intelligibility parameters, which have been determined by international standards.

In this respect, 'The Badau Akasya Jazz Club' was chosen as the sample venue. Speech intelligibility, acoustic capacity, RT and ambient noise levels were analyzed applying several acoustic designs.

Keywords: Speech Intelligibility, Speech in Noise, Lombard Effect, Acoustic Capacity, Restaurants

ÖNSÖZ

Konservatuvar öğrenciliğim boyunca hayatımı şekillendiren müziğin, fizik ile olan ilişkisi belirli dönemlerde ilgi odağında olmuştur. Yüksek lisans öğrenciliğim sürecinde de caz pianisti kimliğiyle devam eden müzik hayatımda, kendimi geliştirmemde oldukça faydasını gördüğüm ses fiziği ve müzik teknolojisi disiplinleri bana çok yönlü düşünme becerisi kazandırmıştır. Şimdiye kadar kazandığım tecrübelerin birikimi, tez çalışmamı tamamlama sürecinde bana büyük katkı sağlamıştır.

Restoranlarda gürültü etkisi altında konuşma anlaşılabilirliğinin incelenmesi konulu tez çalışmamda bana çok değerli bilgileri ile yol gösteren ve yardımcı olan tez danışmanım Prof. Dr. Feridun ÖZİŞ'e şükranlarımı sunarım. Ayrıca yüksek lisans öğrenimim boyunca tecrübe ve bilgilerinden faydalandığım enstitü hocalarım Prof.Dr. Cihan IŞIKHAN'a, Doç. Dr. Suat VERGİLİ'ye, Dr. Öğretim Üyesi Serhat DURMAZ'a ve Öğretim Görevlisi Alp VAROL'a teşekkür ederim. Çalışmamın başlangıcında bana gerekli imkanları esirgemedi sunan değerli arkadaşım caz gitaristi Barış ARSLAN ve The Badau Caz Kulübü ailesine teşekkürü borç bilirim.

Tüm öğrenim hayatım boyunca ve tez çalışmamı tamamlama sürecinde benden desteğini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ	ii
TUTANAK.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xii
KISALTMALAR	xiv
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

KONUŞMA ANLAŞILIRLIĞI PARAMETRELERİNE GENEL BAKIŞ

1.1. Konuşma Aktarım İndeksi (STI)	4
1.2. Hızlandırılmış Konuşma Aktarım İndeksi (RASTI).....	6
1.3. Konuşma Anlaşılrlık İndeksi (SII).....	7
1.4. Ünsüz Harflerin Artikülasyon Kaybı (%Alcons)	7
1.5. Konuşma Anlaşılrlığında Değerlendirilen Nesnel Parametreler	8
1.5.1. Belirginlik (D50).....	8
1.5.2. Netlik(C50)	8
1.6. Ortam Gürültüsü Sebebiyle Konuşma ve İşitme İçin Ortaya Çıkan Efektler	9
1.6.1. Lombard Efektii.....	9
1.6.2. Kokteyl Partisi Efektii	9

2. BÖLÜM

RESTORANLARDA AKUSTİK KAPASİTE

2.1. Ortam Gürültüsü İçinde Konuşmanın Ses Seviyesi.....	11
2.1.1. Lombard Efektii.....	11

2.1.2. Lombard Eğimi	12
2.2. Gürültülü Mekanlarda Sözlü İletişimin Kalitesi	13
2.2.1. Sinyal Gürültü Oranı (SNR)	13
2.3. Rindel'in Ortam Gürültüsü Tahmini İçin Hesaplama Modelleri.....	15
2.3.1. Hesaplama ile Ortam Gürültüsü Tahmini	15
2.3.2. Bilgisayar Modellemesi ile Ortam Gürültüsü Tahmini.....	17
2.4. Akustik Kapasite (AC)	20

3. BÖLÜM

BİLGİSAYAR MODELLEMESİ İLE ORTAM GÜRÜLTÜSÜ TAHMİNİ İÇİN REHBER

3.1. Model Oluşturma Aşaması	26
3.2. Odeon İşlem Sırası – Gürültü Hesaplaması.....	27
3.3. 80 Kişi İçin Gürültü Hesabı.....	31
3.4. STI Simulasyonu.....	34
3.5. Akustik Kapasite Hesabı.....	36
3.6. 53 Kişi İçin Gürültü Hesabı.....	37
3.7. İkinci STI Simulasyonu.....	40

4. BÖLÜM

DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

4.1. Ölçümlerden Elde Edilen Veriler ve Değerlendirme	42
4.2. Birinci Değerlendirme: Akustik Kapasite-T30 Karşılaştırılması	46
4.3. İkinci Değerlendirme: Yan Yüzey-Zemin Karşılaştırılması	49
4.4. Üçüncü Değerlendirme: Yan Yüzey-Tavan Karşılaştırılması	50
4.5. Dördüncü Değerlendirme: Farklı Yan Yüzey Karşılaştırılması.....	52
4.6. Sonuç.....	55
KAYNAKÇA	56
EKLER.....	59
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Ağızdan 1metre uzaklıktaki konuşma seviyesi formülü

Şekil 2. Sinyal Gürültü Oranı Formülü

Şekil 3. A ağırlıklı Ortam Gürültüsü Tahmini Formülü

Şekil 4. Önerilen Basitleştirilmiş Yeni Formül

Şekil 5. A değerini Bulmak İçin Formül

Şekil 6. G (Group Size) Değerini Hesaplama Formülü

Şekil 7. AGH Üniversitesinin Buluşma Salonu

Şekil 8. Model A Akşam Yemeği Verilen Bir Mekan

Şekil 9. Model B Kantin Akşam Yemeği Yerilen Bir Mekan

Şekil 10. Model C Akşam Yemeği Verilen Bir Mekan

Şekil 11. Akustik Kapasite Formülü

Şekil 12. İkinci Akustik Kapasite Formülü

Şekil 13. Kişi Başına Düşen Hacim Formülü

Şekil 14. Akustik Kapasite Oranı Formülü

Şekil 15. Mekanın Doluluk Oranı Formülü

Şekil 16. Yüzey Kaynağı Sketch-up Görünümü

Şekil 17. Yüzey Kaynağı Odeon Görünümü

Şekil 18. Multi Surface Source İçin Yüzey Kaynağı Atama

Şekil 19. Konuşma Alanı İçin Raised Eq Değerlerinin Girilmesi

Şekil 20. Konuşma Alanı İçin Orientation ve Radiation Type Ayarlarının Yapılması

Şekil 21. Grid Ataması ve Ayarların Gösterimi

Şekil 22. Grid Ataması Konuşma Alanı Görünümü

Şekil 23. Konuşma Alanına Transparent Malzeme Atama

Şekil 24. Grid Ölçümü

Şekil 25. Grid Sonuç Okuma

Şekil 26. Mekanda Toplam Konuşan Kişi Sayısı İçin Formül

Şekil 27. 80 Kişi İçin Ekleme Yapılacak Olan dB Formülü

Şekil 28. 80 Kişi İçin Bulunacak Olan Ortam Gürültüsü Değerinin (16 dB) Eklenmesi

Şekil 29. 80 Kişinin Frekanslara Göre Gürültü Değerleri İçin Grid Ölçümü

Şekil 30. 1000hz İçin Örnek Gösterim

Şekil 31. 80 Kişinin Toplam Gürültü Düzeyi 74,7 dB (A)

Şekil 32. STI Simulasyonu İçin Kaynak-Alıcı Yerleşimi

Şekil 33. STI Simulasyonu İçin Kaynak seçimi ve Eq Ayarları

Şekil 34. STI Sonuç Gösterimi = 0,29

Şekil 35. 53 Kişi İçin Bulunacak Olan Ortam Gürültüsü Değerinin (12.3 dB) Eklenmesi

Şekil 36. 53 Kişinin Frekanslara Göre Gürültü Değerleri İçin Grid Ölçümü

Şekil 37. 1000hz İçin İkinci Örnek Gösterim

Şekil 38. 53 Kişinin Toplam Gürültü Düzeyi 71.0 dB (A)

Şekil 39. STI Sonuç Gösterimi = 0,42

Şekil 40. Badau Orijinal-Malzemeler A

Şekil 41. Badau Orijinal-Malzemeler B

Şekil 42. Baffle + Halı-Malzemeler

Şekil 43. K13+Baffle+Halı+Adawall+Mdf-Malzemeler

Şekil 44. K13+Mdf+Halı-Malzemeler

Şekil 45. K13+Mdf+Adawall-Malzemeler

Şekil 46. K13+Baffle+Mdf-Malzemeler

Şekil 47. K13+Adawall+Mdf-Malzemeler

Şekil 48. K13+Mdf+Halı-Malzemeler

Şekil 49. K13+Adawall+Halı-Malzemeler



TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Konuşma Anlaşılrlığı Derecelendirme Tablosu

Tablo 2. % Alcons Anlaşılrlık Değerleri Tablosu

Tablo 3. C50 ile STI ilişkisi Tablosu

Tablo 4. Ağızdan 1 Metre Uzaktaki A Ağırlıklı Ses Seviyeleri ve Vocal Effort Tablosu

Tablo 5. Sözlü İletişimin Kalitesi ile Sinyal Gürültü Oranı İlişkisi Tablosu

Tablo 6. Mekandaki Gerçek Ölçüm ile Gürültü Hesabı Formülü Kullanılarak Yapılan Çalışmanın Karşılaştırma Tablosu

Tablo 7. ANSI 3.5 1997’de Belirtilen Bir Kişinin Frekanslara Göre Ses gücü Seviyeleri Tablosu

Tablo 8. Modelleme Yöntemi, Gerçek Ölçüm ve Gürültü Hesabı Formülünün Karşılaştırma Tablosu

Tablo 9. Sözlü İletişimin Kalitesi ve Sinyal Gürültü Oranı İlişkisi

Tablo 10. 1 Metre mesafede Sözlü iletişimin Kalitesi İçin Kişi Başına Düşen Hacim ile Yansıım Süresi İlişkisi

Tablo 11. 16 Farklı Yemekli Mekan İçin Yapılmış Akustik Kapasite Sayısı Tablosu

Tablo 12. Modellerden Elde Edilen Sonuçlar

Tablo 13. Modelde Kullanılan Malzemelere ilişkin Bilgiler

Tablo 14. Badau Orijinal Frekanslara Göre T30 Süreleri

Tablo 15. Baffle + Halı Frekanslara Göre T30 Süreleri

Tablo 16. K13+Baffle+Halı+Adawall+Mdf Frekanslara Göre T30 Süreleri

Tablo 17. K13+Mdf+Halı Frekanslara Göre T30 Süreleri

Tablo 18. K13+Mdf+Adawall Frekanslara göre T30 Süreleri

Tablo 19. K13+Baffle+Mdf Frekanslara göre T30 Süreleri

Tablo 20. K13+Adawall+Mdf Frekanslara Göre T30 Süreleri

Tablo 21. K13+Mdf+Halı Frekanslara Göre T30 Süreleri

Tablo 22. K13+Adawall+Halı Frekanslara göre T30 Süreleri



KISALTMALAR

dB: Decibel

SPL: Sound Pressure Level

STI: Speech Transmission Level

STIPA: Speech Transmission Level Public Address

SII: Speech Intelligibility Index

RASTI: Rapid Sti

AI: Articulation Index

PA: Public Address

C50: Clarity

D50: Definition

% ALCONS: Articulation Loss Of Consonants

SNR: Signal to Noise Ratio

RT: Reverbration Time

HZ: Hertz

AC: Acoustic Capacity

GİRİŞ

Restoran ve restoran benzeri yemekli mekanlar insanların yemek yeme ihtiyacı dışında özel buluşmalara, toplu etkinliklere veya bir müzik organizasyonuna ev sahipliği yapmaktadır. Bir buluşma noktası haline gelen restoranlar oturma düzenini, dekoratif malzemelerini varsa sahne düzenini mekanda gerçekleşecek olan etkinliğe göre planlayabilir. Buluşma sebebi ne olursa olsun insanlar birbirleriyle konuşmaya başladıklarında çoğu zaman ortamdaki gürültü düzeyini arttırmaları. Bu sebepten dolayı konuşma sadece yüksek bir ses seviyesi ve yakın bir mesafede anlaşılır olabilir. Gürültü ayrıca mekanın hacmi, yansıma süresi, insan sayısı ve insanların toplanma sebebiyle ilişkilidir. Bu belirtilenlerin sonucunda gürültülü bir ortamda sözlü iletişimin getirdiği iki akustik durum ortaya çıkmaktadır. Bunlar ‘Lombard Efektive ve Kokteyl Partisi Efektive’ olarak bilinir (Rindel,2019:2).

Konuşma anlaşılabilirliğini olumsuz etkileyen lombard efekti mekandaki ortam gürültüsü düzeyinin artmasındaki en büyük etkenlerden biridir. Günümüz mekanlarındaki gürültü problemi artık bu alanların temel kalite parametrelerinden biri haline gelmiştir. İnsanlar restoran tercihlerinde gürültü faktörünü ciddi bir şekilde dikkate almaktadırlar.

Lombard efekti ve ortam gürültüsünün insanların restoranlarda geçirdiği zaman ve para harcama isteğine etkisi isimli çalışmada 28 kişiden oluşan katılımcılara 35 dB (A) – 80 dB (A) arası ortam gürültüsü düzeylerinde bir paragraf okutulmuş, 52 dB (A) ortam gürültüsüne maruz kaldıklarında rahatsızlık duymaya başladıklarını belirtmişler ve ses seviyelerini 57 dB (A) seviyesine çıkartmışlardır. Bunun yanında restoranda zaman geçirme ve para harcama isteğinin 52 dB (A) seviyesinin üzerinden itibaren düşüşe geçtiğini belirtmişlerdir (Bottalico,2018:1).

J.H. Rindel’in akustik kapasite hesabı ile birlikte restoranlar için önerdiği 71 dB (A) ortam gürültüsü düzeyini yakalamak ve farklı akustik düzenlemelerle yansıma süresine ve ortam gürültüsü düzeyine müdahalede bulunarak konuşma anlaşılabilirliğini optimum seviyeye getirmek tez çalışmasının sonucunu oluşturmuştur. Çalışılan

modelin simülasyonu için Odeon Room Acoustics Combined (15.16) yazılımı kullanılmıştır.



1. BÖLÜM

KONUŞMA ANLAŞILIRLIĞI PARAMETRELERİNE GENEL BAKIŞ

KONUŞMA ANLAŞILIRLIĞI PARAMETRELERİNE GENEL BAKIŞ

Konuşma, insanlar arasındaki temel iletişim yöntemi olarak kabul edilir. Konuşma sinyali sıklıkla, sinyal yolu veya konuşmacı ile dinleyici arasındaki iletim ortamı tarafından bozulur, bu da dinleyici konumunda konuşma anlaşılabilirliğinde bir azalmaya yol açar (IEC 60268-16,2011:7).

Bu iletim kanalının neden olduğu bozulmayı ölçmek için objektif ölçüm yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlar IEC 60268-16:2011'e göre STI-STIPA-STITEL ve ANSI S3.5-1997'e göre SII olarak belirlenmiştir.

1.1. Konuşma Aktarım İndeksi (STI)

Konuşma aktarım indeksi, bir ses aktarım ortamında konuşan kişiden dinleyiciye iletilen sinyalin anlaşılabilirliğini tahmin etmek için kullanılan nesnel bir ölçüdür (IEC 60268-16,2011:7). İlk olarak Tammo Houtgast ve Herman Steeneken tarafından 1971 yılında 'Yapay sinyaller kullanarak konuşma iletim kanallarının değerlendirilmesi' başlığıyla *Acustica*'da yayımlanmıştır (Steeneken, Wijngaarden & Verhave,2011:1).

STI yöntemi, 1970'lerde ortaya çıktığı andan itibaren çeşitli geliştirme ve iyileştirmelere konu olmuştur. STI'daki önemli iyileştirmeler IEC 60268-16'da birbirini takip eden revizyonlara dahil edilerek derlenmiştir (IEC 60268-16,2011:7).

STI ölçüm yöntemi, aktarım kanalına özel bir test sinyali uygular ve alınan test sinyalini analiz eder. Bunun sonucunda kanalın konuşma aktarım kalitesi, konuşma aktarım indeksi olarak 0 ile 1 arasındaki bir değerde türetilir ve ifade edilir. Elde edilen STI değeri potansiyel konuşma anlaşılabilirliği olarak belirlenebilir. 0 kötü, 1 mükemmel bir anlaşılabilirlik olarak ifade edilir (IEC 60268-16,2011:7).

ISO 9921:2003 standartına göre konuşma anlaşılabilirliği derecelendirme değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Konuşma Anlaşılabilirliği Derecelendirme Tablosu ISO 9921(2003).

<u>ANLAŞILIRLIK</u>	<u>STI DEĞERİ</u>
KÖTÜ	0.00 – 0.30
ORTA	0.30 – 0.45
İYİ	0.45 – 0.60
ÇOK İYİ	0.60 – 0.75
MÜKEMMEL	0.75 – 1.00

STI standardı yapılan dört revizyonla beraber yeni ölçüm yöntemleri getirmiştir (IEC 60268-16, 2011:7).

1. STI standardının ilk versiyonunda, cinsiyetten bağımsız bir test sinyali spektrumu kullanıldı. (1988 versiyonu)
2. Kadın ve erkek konuşmacılar için cinsiyete özgü test sinyalleri tanıtıldı, her cinsiyet için belirli bir ağırlıklandırma faktörü uygulandı. Ek olarak, artıklık faktörleri için de ağırlıklandırmalar getirildi. STIr(revize) terimi, bu artıklık faktörlerinin kullanımını belirtmek için tanıtıldı. (1998 revizyonu)
3. Seviyeye bağlı maskeleme fonksiyonları ve STIPA tanıtıldı. PA sistemlerinin konuşma aktarım kalitesini belirleyen, elektro-akustik ve akustik etkileri de dikkate alan hızlı bir ölçüm yöntemi geliştirildi. (2003 revizyonu)
4. Son revizyon ise STI metodolojisinin daha kapsamlı, eksiksiz ve kesin bir standartizasyonunu sağlamaktadır. STIr terimi artık sona ermiştir. Seviyeye bağlı işitsel maskeleme etkilerinin tahmini için yeni bir STI algoritması tanıtılmıştır (2011 revizyonu).

IEC 60268-16:2011 standartına göre STI ölçmek için kullanılan iki metot vardır. Bunlar doğrudan ve dolaylı olarak ikiye ayrılır (IEC 60268-16, 2011:18).

1. Doğrudan STI Ölçüm Metodu: Modülasyon transfer fonksiyonu ile belirlenmiş olan ve 125hz -8Khz aralığında 7 oktav bandı için 14 farklı modülasyon frekansı kullanan 98 ayrı test sinyali ile yapılan ölçümdür. Bu sinyal A ağırlıklıdır. Test sinyalleri sırayla üretilir. Sinyal başına ortalama 10 saniye olan STI ölçümü yaklaşık 15 dakika sürer (IEC 60268-16, 2011:24-25).
2. Dolaylı STI Ölçüm Metodu: Schroeder integrali kullanarak oda cevabından (Impulse response) gelen bilgiye göre üretilen modülasyon transfer fonksiyonu ile yapılır. Bilgisayar tabanlı simülasyon programları bu metodu kullanmaktadır (IEC 60268-16, 2011:27).

1.2. Hızlandırılmış Konuşma Aktarım İndeksi (RASTI)

STI' nin bir alt fonksiyonudur. Konuşma anlaşılabilirliğinin daha hızlı ve kısa sürede hesaplanmasına izin vermek için oluşturulmuştur. Elektro-akustik iletişim sistemi kullanmadan direkt konuşmacı-dinleyici arasındaki anlaşılabilirliğe odaklanmıştır (IEC 60268-16,2011:10,49). Konuşma anlaşılabilirliği derecesi tablosu STI tablosu ile aynıdır.

RASTI yöntemi modülasyon transfer fonksiyonu ile belirlenmiş olan dokuz modülasyon frekansına sahip yalnızca bir test sinyalinden oluşur; bunlardan beşi 2000 Hz oktav bandı için ve dördü 500 Hz oktav bandı olmak üzere gerçekleşir. Ölçüm yaklaşık 30 saniye sürer (IEC 60268-16, 2011:25).

IEC 60268-2011-16 standartı dördüncü revizyondan itibaren RASTI' nin artık kullanılmadığına ve kullanılmasının tavsiye edilmediğini belirtmiştir (IEC 60268-16, 2011:7).

1.3. Konuşma Anlaşılrlık İndeksi (SII)

Konuşma anlaşılrlık indeksi ANSI S3.5 1997 standartına göre gürültü altında konuşma anlaşılrlığının değerlendirilmesi olarak tanımlanır (ANSI S3.5, 1997). STI' ile benzerlik gösterse de işitme kaybı olan denekler ile yapılan testlerde ve özel dinleme testlerinde STI' dan daha detaylı sonuçlar çıkarabilir.

SII hesaplama yöntemi konuşmanın spektrumu, gürültünün spektrumu ve dinleyicinin duyabilme eşiğini hesaba katarak ölçüm yapar. Hem konuşma hem de gürültü sinyalini frekans bantlarına göre filtreler. Fakat tüm frekans bantları eşit konuşma bilgisi içermediğinden söz konusu konuşma materyalinin türüne bağlı olarak (örneğin; heceler, kelimeler, kısa cümleler) o frekans bandı için ağırlıklandırma yapar. (Rhebergen, K. S.& Versfeld, N. J, 2005: 2181-2192). Artikülasyon İndeksi (AI) gibi, SII' da yalnızca akustik ortamlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır ve elektronik iletişim ekipmanları için uygun değildir (Stout, 2015).

1.4. Ünsüz Harflerin Artikülasyon Kaybı (%Alcons)

Alcons bir konuşma sırasında ünsüz harflerde ses kaybının yüzdesi olarak tanımlanır. (Utami vd, 2014:4). Konuşma anlaşılrlığı yalnızca bir iletim ortamı örneğin: oda tarafından belirlenemeyebilir. Konuşmacı ve dinleyici arasındaki diyalog da (Konuşan kişinin kendini ifade etme biçimi, kullandığı cümlelerin karışıklığı-sadeliği veya benzerliği) anlaşılrlık üzerinde etkili olabilir. Aşağıdaki tabloda %Alcons için anlaşılrlık değerleri verilmiştir. Tablo 2

Tablo 2. % Alcons Anlaşılrlık Değerleri (TNO Human Factors,2002).

<u>ANLAŞILIRLIK</u>	<u>ALCONS DEĞERİ</u>
Mükemmel	ALcons ≤ %3
Çok İyi	ALcons = %3 ile %8
İyi	ALcons = %8 ile %11
Kötü	ALcons > %11
Çok Kötü	ALcons > %20(limit değer %15)

Yukarıda verilen tabloya göre düşük % değerleri konuşmadaki ünsüz kaybının az olduğunu, yüksek % değerleri ise konuşmadaki ünsüz kaybının fazla olduğunu belirtir. Konuşma anlaşılabilirliği % Alcons parametresi üzerinden değerlendirilecekse Alcons yüzdesi düşük olmalıdır.

1.5. Konuşma Anlaşılabilirliğinde Değerlendirilen Nesnel Parametreler

1.5.1. Belirginlik (D50)

Alıcıya direkt gelen ilk 0-50ms içerisindeki yansıma enerjisi ile oda cevabından alıcıya gelen toplam ses enerjisinin oranı olarak tanımlanır (ISO 3382-1, 2009). Thile tarafından 1953 yılında konuşmanın belirginliğini ölçmek için geliştirilmiştir ve yüzde (%) olarak ifade edilir.

Teorik olarak D50, dört frekans bandında (500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz) iyi bir konuşma anlaşılabilirliği için %50'nin üzerinde değerlere sahip olmalıdır (Jedidi, Boulila, 2016:29).

1.5.2. Netlik(C50)

Alıcıya direkt gelen ilk 0-50ms içerisindeki erken yansıma enerjisi ile alıcıya gelen 50ms sonrası geç yansıma enerjisinin oranı olarak tanımlanır ve dB olarak ifade edilir (ISO 3382-1, 2009). Marshall'ın C50 ile STI parametresi arasındaki ilişki için yaptığı çalışma aşağıdaki tabloda belirtilmiştir. Tablo 3

Tablo 3. C50 ile STI ilişkisi (Harvie-Clark, Dobinson, Larrieu,2014)

C50dB (Aweighted)	-6	-3	0	3	6	9
STI	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
Derecelendirme	Kötü	Orta		İyi		Mükemmel

Tabloya göre C50 parametresi kabul edilebilir bir konuşma anlaşılabilirliği için 0dB'ye eşit veya 0dB' den yüksek bir değerde olması gerekir.

1.6. Ortam Gürültüsü Sebebiyle Konuşma ve İşitme İçin Ortaya Çıkan Efektler

1.6.1. Lombard Efekt

Fransız araştırmacı Etienne Lombard tarafından 1911 yılında psiko-akustik bir efekt olarak keşfedilen lombard efekti, gürültülü bir ortamda konuşan kişinin, sesini istemsizce yükseltmeye yönelik bir eğilimi olarak tanımlanır (Whitlock, 2012:14). Tezin ikinci bölümünde detaylı olarak tekrar değinilecektir.

1.6.2. Kokteyl Partisi Efekt

1953 yılında Colin Cherry tarafından diğerleri konuşurken aynı zamanda bir kişinin ne dediğini nasıl anlarız? (kokteyl partisi sorunu) sorusu ile ortaya çıkmıştır (Cherry, 1953:975-976). Kokteyl partisi efekti, büyük bir kalabalığın içinde ve çok fazla arka plan gürültüsü olan bir ortamda, bir kişinin konuşmasına odaklanma konusunda gelişmiş olan insan yeteneğidir.

Kokteyl partisi efekti hem psikolojik hem de nörolojik bileşenlere sahiptir. Tüm sesler kulaklara kakofonik bir sinyal olarak girer, ancak beyin gelen bilgiyi işler ve tek bir sese odaklanır, örneğin: Bir kişinin sesine odaklanır ve gerisini filtreler(<https://www.hear-it.org/the-mystery-of-the-cocktail-party-effect-solved>).



2. BÖLÜM

RESTORANLARDA AKUSTİK KAPASİTE

RESTORANLARDA AKUSTİK KAPASİTE

2.1. Ortam Gürültüsü İçinde Konuşmanın Ses Seviyesi

2.1.1. Lombard Efektı

Fransız araştırmacı Etienne Lombard tarafından 1911 yılında psiko-akustik bir efekt olarak keşfedilen lombard efektı, gürültülü bir ortamda konuşan kişinin, sesini istemsizce yükseltmeye yönelik bir eğilimi olarak tanımlanır (Whitlock,2012:14). Korn, ortam gürültüsü ile konuşma ses seviyesinin birbirleriyle olan ilişkisini karşılaştırmak için erkek ve kadınlardan oluşan yaşları 20 ile 60 arasında toplamda 50 denek ile yaptığı deneyde 45 dB (A) 'nın altındaki düşük gürültü düzeylerinde konuşma anlaşılabilirliğinin ciddi bir şekilde etkilenmediğini bildirmiştir (Korn, 1954:793-794).

Ortam gürültüsü' nün yaklaşık 45 dB(A), konuşmanın da 55 dB(A) seviyesinde olduğu zaman lombard efektinin başladığı, 45dB(A) seviyesinin altındaki gürültü düzeylerinde ise konuşma anlaşılabilirliğinin etkilenmediği belirlenmiştir (Rindel, 2017:4).

Konuşma sinyalinin seviyesi konuşmacının vocal effort seviyesine bağlıdır. Vocal Effort ağızdan 1 metre uzaklıkta devam eden bir konuşma için ölçülen eşdeğer A ağırlıklı ses basınç seviyesi olarak tanımlanır. Aşağıdaki tabloda 6 dB'lik farklarla erkek bir konuşmacının 1 metre uzaklıktaki çeşitli A ağırlıklı ses seviyelerindeki vocal effort karşılıkları gösterilmektedir (ISO 9921: 2003) Tablo 4.

Tablo 4. Ağızdan 1 metre uzaklıktaki A ağırlıklı ses seviyeleri ve vocal effort karşılıkları (ISO 9921: 2003)

<u>Vocal Effort</u>	<u>Lsa 1m dB</u>
Çok gürültülü	78
Gürültülü	72
Yüksek	66
Normal	60
Düşük	54

2.1.2. Lombard Eğimi

A ağırlıklı ortam gürültüsü düzeyinin bir fonksiyonu olan konuşma seviyesindeki artış, Lombard eğimi = C olarak ifade edilir (Rindel, 2017:4).

Yapılan çalışmalar lombard etkisini çeşitli koşullarda araştırıp arkaplan gürültü düzeyi ile konuşmacı ses seviyesi arasındaki ilişki için çeşitli eğim değerlerini ortaya çıkartmıştır ve bu eğim değerleri, konuşmanın durumu (okuma ve konuşma yapma), gürültünün türü (makine gürültüsü, ofis gürültüsü, konuşma gürültüsü, geniş bant gürültü, beyaz gürültü ve pembe gürültü), konuşmanın seviyesi (normal veya bağırarak), konuşmacı dinleyici arası mesafe ve mekanın akustiğine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Bottalico vd, 2016:1).

Lazarus yaptığı çalışmayla birlikte sabitlenen eğim değerinin $c = 0,5\text{dB}$ ile $0,7\text{dB}$ aralığında değişkenlik gösterebileceğini bulmuştur (Lazarus, 1986:458). Rindel ise eğim değerini yemekli mekanlar için 0.5dB olarak önermiştir. 45 dB (A) üzerindeki ortam gürültüsü ile konuşmanın ses seviyesi arasında doğrusal bir ilişki varsayıldığında, ağızdan 1 metre uzaklıktaki konuşma seviyesi aşağıdaki formül ile elde edilebilir (Rindel, 2012:2-5). Şekil 1

$$L_{S A, 1m} = 55 + c. (L_{na} - 45) ; (\text{dB})$$

Şekil 1. Ağızdan 1 metre uzaklıktaki konuşma seviyesi formülü (Rindel, 2012:2-5).

- L_{sa1m} : Ağızdan 1 m uzakta A ağırlıklı konuşma seviyesi
- L_{na} : Ortam gürültüsü düzeyi
- C: Lombard eğimi-dB

2.2. Gürültülü Mekanlarda Sözlü İletişimin Kalitesi

2.2.1. Sinyal Gürültü Oranı (SNR)

Gürültülü mekanlarda sözlü iletişimin kalitesi sinyal-gürültü oranı ile ilişkilidir. Gürültü düzeyinin rahatsızlık vermediği bir ortamda konuşmacının ağızdan 1 metre uzakta ölçülen konuşmanın seviyesi ($L_{s,a1m}$) yaklaşık 55dB - 65dB aralığındadır. Sessiz ve rahat bir ortamda ise ağızdan 1 metre uzaktaki konuşmanın seviyesi genellikle 55dB - 60dB seviyelerine düşer. Ancak konuşmacı rahatsız edici bir gürültüye maruz kaldığında veya belirli bir mesafede dinleyici ile iletişim kurmaya çalışıyorsa ses seviyesini yükseltir (Lazarus, 1986:449).

RT süresi 0.5 saniyeden düşük, yansıtıcı yüzeyleri az olan sessiz küçük bir ortam ile RT süresi 1 ile 3 saniye arasında ve ortam gürültüsü düzeyi (L_{na}) yaklaşık 40dB olan daha büyük bir ortamla karşılaştırıldığında konuşmanın seviyesi 2dB ile 9dB arasında azalır. Eğer konuşmacı ve dinleyici arası uzaklık 1 metre yerine 3.5 metre ise konuşmanın seviyesi 2dB ile 5dB arasında yükselir (Lazarus, 1986:453).

Sinyal gürültü oranı ($L_{sn,a}$) konuşmacının ağızdan 1 metre uzaklıkta ölçülen A ağırlıklı konuşma seviyesi ile A ağırlıklı ortam gürültüsü düzeyi arasındaki fark olarak tanımlanır ve bu oran aşağıdaki formül ile hesaplanır (Lazarus, 1986:441-443).
Şekil 2

$$L_{sn,a} = L_{s,a} - L_{n,a}$$

Şekil 2. Sinyal Gürültü Oranı Formülü (Lazarus, 1986:441-443).

- $L_{sn,a}$:Sinyal Gürültü Oranı
- $L_{s,a}$:Ağızdan 1 metre uzakta ölçülen konuşma seviyesi
- L_{na} : Ortam gürültüsü düzeyi

Aşağıdaki tabloda sözlü iletişimin kalitesi ile sinyal gürültü oranına ilişkin değerler verilmiştir. Tablo 5

Tablo 5. Sözlü İletişimin Kalitesi ile Sinyal Gürültü Oranı ilişkisi tablosu (Lazarus, 1987:250).

Sözlü İletişimin Kalitesi	Lsa 1m-dB Konuşmacı	Lsna-dB Dinleyici	Vocal Effort Seviyesi	Konuşma Güçleşme Seviyesi	İşitme Güçleşme Seviyesi
Mükemmel-Excellent	< 48	> 18	Düşük	Düşük	Düşük
Çok iyi-Very Good	54	9---18	↑	↑	↑
İyi-Good	60	3---9			
Kabul Edilebilir-Satisfactory	66	0---3			
Yeterli-Sufficient	72	-3---0			
Yetersiz-Insufficient	> 78	< -3	Yüksek	Yüksek	Yüksek

Yukarıda verilen tabloya göre Lsa 1m, ağızdan 1metre uzaklıktaki konuşmacının ses seviyesini tanımlar, Lsna ise dinleyici pozisyonundaki sinyal gürültü oranını tanımlar. İyi bir anlaşılabilirlik için ortamda vocal effort, konuşma ve işitme güçlüğü'nün düşük seviyelere yaklaşması beklenir. Lazarus'a göre konuşma seviyesinin konuşma anlaşılabilirliği üzerindeki etkisini hesaplamak için sinyal gürültü oranı yani Lsna, 2dB'den daha büyük bir değerde olması gerekmektedir (Lazarus, 1987:250-256).

Bu doğrultuda örnek olarak konuşmacı ses seviyesi Lsa1m: 66dB ve dinleyici pozisyonundaki ses seviyesi Lsna: 60dB ise 6dB sinyal gürültü oranı elde etmiş oluruz. Bu da iyi bir anlaşılabilirliğin olduğunu göstermektedir.

Konuşmacı ses seviyesi ve dinleyici pozisyonundaki ses seviyesi eşitse örneğin; Lsa1m: 66dB ve Lsna: 66dB ise sinyal gürültü oranı 0dB olarak elde edilir. 0dB kabul edilebilir bir anlaşılabilirlik olarak karşımıza çıkar.

Diğer bir örnek olarak konuşmacı ses seviyesi Lsa1m: 60dB ve dinleyici pozisyonundaki ses seviyesi Lsna: 66dB ise, sinyal gürültü oranı -6dB olarak elde edilir. Bulunan bu değer anlaşılabilirlikta yetersiz olarak değerlendirilir.

2.3. Rindel'in Ortam Gürültüsü Tahmini İçin Hesaplama Modelleri

2.3.1. Hesaplama ile Ortam Gürültüsü Tahmini

Rindel yemekli mekanlarda ortamdaki emici alan, konuşan insan sayısı, dağılık ses alanı ve ses yayılımı varsayımına dayanan tahmini A ağırlıklı ortam gürültüsü düzeyi için aşağıdaki formülü önermiştir (Rindel, 2010: 1157). Şekil 3

$$L_{N,A} = \frac{1}{1-c} \cdot \left(69 - c \cdot 45 - 10 \log \left(g \cdot \left(\frac{0.16 \cdot V}{T_0 \cdot N} + A_p \right) \right) \right) \text{ (dB)}$$

Şekil 3. A ağırlıklı Ortam Gürültüsü Tahmini Formülü (Rindel, 2010: 1157).

Rindel daha sonra bu formülün basitleştirilmiş yeni bir alternatifini önermiş ve bu formül üzerinden çalışmalar yapmıştır. (Rindel,2012:3). Şekil 4 ve Şekil 5

$$L_{N,A} = 93 - 20 \log \left(\frac{A}{N_s} \right)$$

Şekil 4. Önerilen Basitleştirilmiş Yeni Formül (Rindel, 2012:3).

$$A = \frac{0.16 \cdot V}{T_0} + A_p \cdot N(\text{m}^2)$$

Şekil 5. A değerini Bulmak İçin Formül (Rindel, 2012:3).

Yukarıda verilmiş olan formüllere ilişkin bilgiler aşağıdaki gibidir (Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5).

- L_{nA}: A ağırlıklı ortam gürültüsü düzeyi.
- C: Lombard eğimi: 0.5 dB.
- G (Group Size): Ortalama konuşan kişi sayısı başına bir değerdir. Yemekli mekanlarda kişi sayısına göre 2 ve 4 arasında değişkenlik gösterir. Bu değer yükseldikçe görece az aktivitesi olan bir ortamı belirtir, düştükçe görece daha

aktif ve sosyal bir ortamı ifade eder. Hodgson, yemekli mekanlardaki g değerini 3 olarak önermiştir (Rindel, 2010:1159). G değeri aşağıdaki formül ile hesaplanır. Şekil 6

$$G = N/Ns$$

Şekil 6. G (Group Size) Değerini Hesaplama Formülü (Rindel, 2010:1159).

- N: Mekandaki toplam kişi sayısı
- Ns: Mekanda konuşan toplam kişi sayısı
- V: Mekanın hacmi m³
- T: Yansıma süresi
- Ap: Kişi başına m² cinsinden ses emilimi değeri 0.2- 0.5 arası olmak üzere kıyafet tipine göre değişkendir (Rindel, 2010:1159).
- A: İnsanların emici yüzey alanı, m² cinsinden.

Rindel 2014 yılındaki bir partide, önerdiği formülü (Şekil 4) kullanarak AGH üniversitesi buluşma salonunda gürültü ve insanlar varken yaptığı çalışmada ölçülen değerler ile, hesaplanan model arasında birbirine yakın değerler bulunduğunu bildirmiştir. Ayrıca ortamda piyano ve vokal olmak üzere duo müzik olduğunu da eklemiştir (Rindel, 2015:2432). Aşağıdaki tabloda yapılan iki ölçümün karşılaştırması verilmiştir. Tablo 6

Tablo 6. Mekandaki Gerçek Ölçüm ile Gürültü Hesabı Formülü (Şekil 4) Kullanılarak Yapılan Çalışmanın Karşılaştırma Tablosu. (Rindel, 2015:2432).

Volume V, m ³	8265		
Reverberation time, s	3.9		
Number of people N	250	500	1000
Calculated L _{N,A} , dB	78	82	85
Measured L _{A,eq, 15 min} , dB	77	-	-

Aşağıda ölçüm yapılan AGH salonunun resimleri belirtilmiştir. Şekil 7



Şekil 7. AGH Üniversitesinin Buluşma Salonu (Rindel, 2017:9).

2.3.2. Bilgisayar Modellemesi ile Ortam Gürültüsü Tahmini

Bu aşamadan sonra mekanın hacmi ve boyutları bazı sebeplerden dolayı tam olarak belirlenemediğinden Rindel yeni bir yöntem önermiştir. Bu yöntem yüzey kaynağı oluşturularak çalışır. Sistem, mekanda konuşan birçok insanın oluşturduğu ortam gürültüsünü modellemek için geliştirilmiştir (Rindel, 2015:2432). Tez çalışmasında bilgisayar modellemesi yöntemi kullanılmıştır.

Bir noktasal kaynağın ses gücü seviyesi ile alıcı noktasındaki SPL arasındaki ilişki, o odanın transfer fonksiyonudur. Bilgisayar modelinin yaptığı hesaplama, yüzeysel kaynak alanı dahilinde, konuşan insanlar ile aynı alan içinde bulunan alıcı bölgesi arasında bir transfer fonksiyonu hesaplamaktır. Hesaplamalar 63hz-8khz aralığında olmak üzere sekiz frekans bandında yapılır (Rindel, 2017:8).

Yüzey kaynağı ise ANSI 3.5, 1997'de belirtilmiş sekiz oktav bandında bir kişinin frekanslara göre ses gücü seviyelerini referans alır (Rindel, 2012 Odeon Application Note-Restaurants). Ses gücü Seviyeleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Tablo

Tablo 7. ANSI 3.5, 1997’de Belirtilen Bir Kişinin Frekanslara Göre Ses gücü Seviyeleri (Rindel, 2012 Odeon Application Note-Restaurants).

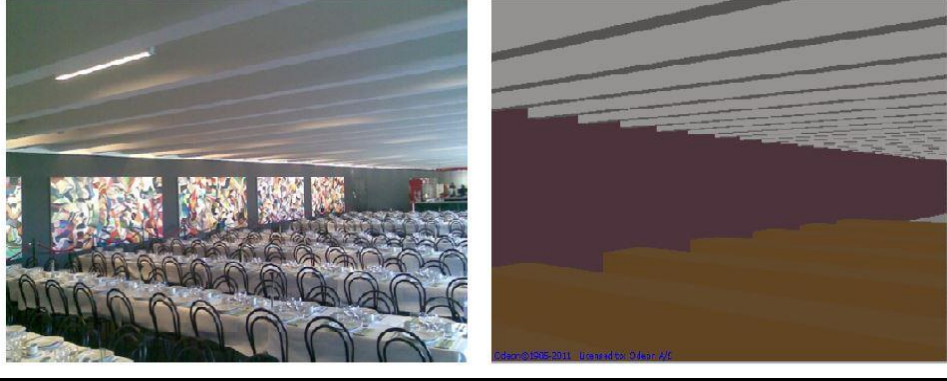
Frequency, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	$L_{W,A,1}$	$L_{N,A}$ range
Normal	45,0	55,0	65,3	69,0	63,0	55,8	49,8	44,5	68,4	45; 61
Raised	48,0	59,0	69,5	74,9	71,9	63,8	57,3	48,4	75,5	61; 75
Loud	52,0	63,0	72,1	79,6	80,2	72,9	65,9	54,8	82,6	75; 91
Shouted	52,0	63,0	73,1	84,0	89,3	82,4	74,9	64,1	91,0	> 91

Rindel, modelleme yöntemi, gerçek ölçüm ve gürültü hesabı formülünü (Şekil 4) kullanarak akşam yemeği esnasında farklı akustik koşulların olduğu 3 farklı yemekli mekanda bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmayla ilgili karşılaştırma aşağıdaki tabloda verilmiştir. Tablo 8

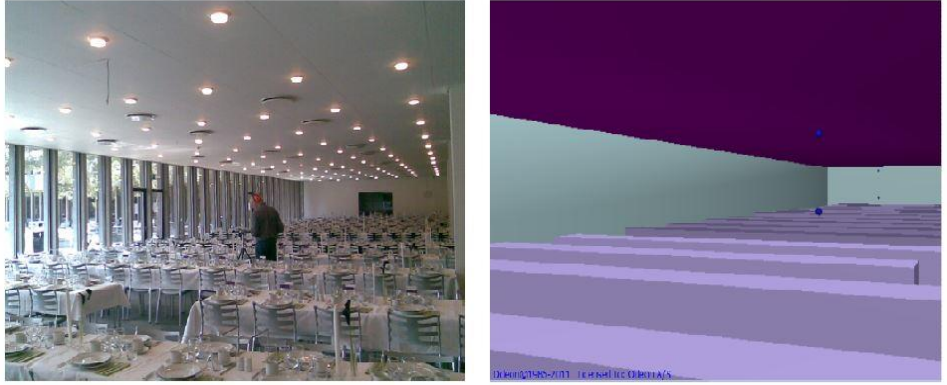
Tablo 8. Modelleme Yöntemi, Gerçek Ölçüm ve Gürültü Hesabı Formülünün Karşılaştırma Tablosu (Rindel, 2019:7).

	Hall A	Hall B	Hall C
Volume V , m ³	N/A	N/A	1 605
Reverberation time, s	2.5	0.8	1.0
Number of people N	480	530	380
Measured $L_{A,eq,2h}$, dB	87	83	83
Calculated (simulation) $L_{N,A}$, dB	88	83	83
Calculated (simple) $L_{N,A}$, dB	–	–	82

Yukarıdaki tabloda belirtilen karşılaştırma için üç farklı yemekli mekanın modellemeleri aşağıdaki gibidir. Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10 (Rindel, 2012:11).



Şekil 8. Model A Akşam Yemeği Verilen Bir Mekan



Şekil 9. Model B Kantin Akşam Yemeği Yerilen Bir Mekan



Şekil 10. Model C Akşam Yemeği Verilen Bir Mekan

2.4. Akustik Kapasite (AC)

Akustik kapasite (AC) sinyal gürültü oranını yeterli (sufficient) seviyesinde tutabilmek için mekanda olması gereken maksimum insan sayısını belirten bir değerdir. Yeterli seviyesi için ortalama sinyal gürültü oranı 1 metre uzakta en az -3 dB olmalı, ortam gürültüsü ise 71dB'den daha yüksek bir seviyede olmamalıdır (Rindel,2012:6). Rindel Sözlü iletişimin kalitesi ve sinyal gürültü oranı ilişkisi için aşağıda belirtilen tabloyu referans almaktadır. Tablo9

Tablo 9. Sözlü İletişimin Kalitesi ve Sinyal Gürültü Oranı İlişkisi (Rindel, 2015:2433).

Quality of verbal communication	SNR dB	$L_{S,A,1m}$ dB	L_{NA} dB
Very good	9	56	47
Good	3	62	59
Satisfactory	0	65	65
Sufficient	-3	68	71
Insufficient	-9	74	83
Very bad			

Akustik kapasite (AC) sayısı aşağıdaki formül ile hesaplanır (Şekil 11). Bu formül ortamdaki gürültü düzeyinin 71.0 dB(A) olması için mekanda olması gereken maksimum kişi sayısını belirler (Rindel, 2012: Odeon Application Note-Restaurants). Tezde bu formül üzerinden hesaplamalar yapılmıştır.

$$N_{\max} = N \cdot 10^{(71-L_{N,A})/20}$$

Şekil 11. Akustik Kapasite Formülü (Rindel,2012: Odeon Application Note - Restaurants).

- Nmax: Maksimum Kişi Sayısı (olması gereken akustik kapasite sayısı AC)

- N: Mekanda Var Olan veya İstenen Toplam Kişi Sayısı (bilinen)
- LNA: Toplam Ortam Gürültüsü Düzeyi (ölçülen)
- 20: Kişi Başına Düşen Hacim (Şekil 13)

İkinci bir akustik kapasite formülü ise sadece hacim ve RT süresi bilgisine ihtiyaç duyar. Bu formül de aynı şekilde ortamdaki gürültü düzeyinin 71.0 dB(A) olması için mekanda olması gereken maksimum kişi sayısını belirler. Aşağıdaki şekilde akustik kapasite formülü verilmiştir. Şekil 12

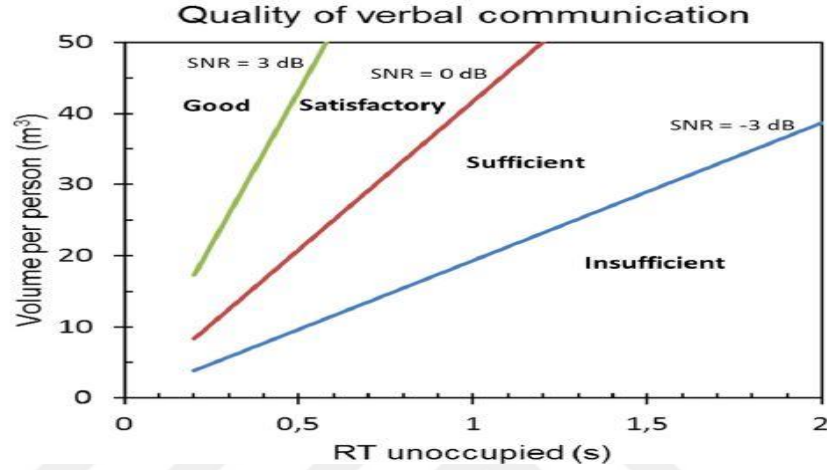
$$N_{\max} \cong \frac{V}{20 \cdot T}$$

Şekil 12. İkinci Akustik Kapasite Formülü (Rindel, 2012:7).

- Nmax: Maksimum Kişi Sayısı (olması gereken akustik kapasite sayısı AC)
- V: Mekanın Hacmi m³
- T: Yansıma Süresi (500hz-1000hz ortalaması)
- N: Mekanda Var Olan veya Olması İstenen Toplam Kişi Sayısı (bilinen)
- 20: Kişi Başına Düşen Hacim m³ (Şekil 13). Sinyal gürültü oranı ile ilişkisi olan bu hacim sayısı 1 metre mesafeyi referans alır (Rindel, 2017:14). Lazarus (Tablo 5) ve Rindel'in (Tablo 9) 1metre mesafede sınır olarak belirttiği sufficient (yeterli) konuşma seviyesi yani -3db sinyal gürültü oranı, bu sayının minimum 20m³ olarak kabul edilmesinde belirleyicidir.

Aşağıdaki tabloda 1 metre mesafede sözlü iletişimin kalitesi için kişi başına düşen hacim ile yansıma süresi ilişkisi verilmiştir. Tablo 10

Tablo 10. 1 Metre Mesafede Sözlü İletişimin Kalitesi İçin Kişi Başına Düşen Hacim ile Yansıma Süresi İlişkisi (Rindel, 2015:2433).



Aşağıdaki Şekilde Kişi Başına Düşen Hacim Formülü Verilmiştir. Şekil 13

$$V/(NT) = 20m^3$$

Şekil 13. Kişi Başına Düşen Hacim Formülü (Rindel, 2017:14).

Şekil 13’de verilen formül için örneğin $600m^3$ hacminde, içerde tam kapasite 80 kişi olan ve 0,5 saniye RT süresine sahip olan bir restoran için kişi başına düşen hacim $600/(80.0,5)=15m^3$ olarak bulunur. Ancak bu değer Rindel’in belirttiği üzere $20m^3$ olması gerekmektedir. Bu doğrultuda şekil 12’deki formül uygulanır ve olması gereken akustik kapasite sayısı 60 kişi olarak bulunur: $600/(20.0,5)=60$. Sonuç olarak mevcut akustik koşullar altında mekandaki konuşma anlaşılabilirliğinin olumsuz etkilenmemesi için 60 kişi maksimum değer olarak belirlenebilir.

Rindel kötü akustik koşullara sahip ve maksimum dolulukta olan 16 farklı yemekli mekanda akustik kapasite üzerinde çalışma yapmıştır ve bunu tablo olarak sunmuştur. Tablo 11

Tablo 11. 16 Farklı Yemekli Mekan İçin Yapılmış Akustik Kapasite Sayısı Tablosu (Rindel, 2012:22).

Eating Establishment	Volume m ³	RT unocc. s	No. of seats N	Ac. Capacity AC	Ratio N / AC	Ratio AC / N
C1	619	0,5	120	62	1,9	52%
C2	412	1,0	100	21	4,9	21%
B1	692	1,5	72	23	3,1	32%
B2	384	1,2	46	16	2,9	35%
B3	333	0,9	70	19	3,8	26%
R1	176	0,9	40	10	4,1	24%
R2	180	0,5	54	18	3,0	33%
R3	960	0,8	126	60	2,1	48%
S1	297	0,5	56	30	1,9	53%
S2	1176	0,8	106	74	1,4	69%
Food Court J	7228	1,3	350	278	1,3	79%
Food Court L	3133	0,9	550	174	3,2	32%
Canteen	1235	0,5	250	131	1,9	53%
Hall A	2485	2,5	480	50	9,7	10%
Hall B	2495	0,8	530	156	3,4	29%
Hall C	1605	1,0	380	80	4,7	21%

Tabloya göre verilen akustik kapasite (AC) sayıları mevcut akustik koşullar dahilinde mekanda olması gereken maksimum kişi sayısını belirtmektedir. Bununla birlikte mekanda var olan toplam kişi sayısı (N) akustik kapasite (AC) sayısına bölünür ve mekanın akustik kapasite oranı elde edilir. Aşağıdaki şekilde akustik kapasite oranı formülü verilmiştir. Şekil 14

$$\text{Akustik Kapasite Oranı (Ratio)} = N/AC$$

Şekil 14. Akustik Kapasite Oranı Formülü. Tablo 11

Rindel'in önerisine göre mekanda var olan toplam kişi sayısı(N), bulunan akustik kapasite sayısına (AC) mümkün olduğunca yakın olmalıdır ve tercihen iki katından fazla olmamalıdır (Rindel, 2017:7).

Bu doğrultuda yukardaki tabloya göre tercihen akustik kapasite oranı 2 veya 2'nin altında bir değerde olursa konuşma anlaşılabilirliği olumlu etkilenebilir. Aynı şekilde mekanda var olan toplam kişi sayısı mevcut akustik koşullar dahilinde %50 azaltıldığında akustik kapasite oranı 2 seviyelerinde olacaktır. Yani sadece toplam kişi sayısına müdahale ederek mekanın doluluk oranında en az %50 bir düşüş

gerçekleşecektir. Aşağıdaki şekilde mekanın doluluk oranı hesaplama formülü verilmiştir. Şekil 15

$$\text{Mekanın Doluluk Oranı} = AC/N$$

Şekil 15. Mekanın Doluluk Oranı Formülü. Tablo 11

Restoran ve restoran benzeri yemekli mekanlarda gürültü probleminin tahmini için Rindel tarafından önerilen akustik kapasite hesabı temel olarak mekanın hacmi, yansıma süresi ve toplam kişi sayısı bilgisi üzerinden olması gereken kişi sayısını belirler. Bu üç temel veriden müdahale edilebilecek bir alan varsa restoran sahibinin de tercihine bağlı olarak akustik iyileştirme, oturma düzeninde değişiklik veya mekan hacminde değişiklikler yapılabilir.



3. BÖLÜM

BİLGİSAYAR MODELLEMESİ İLE ORTAM GÜRÜLTÜSÜ TAHMİNİ İÇİN REHBER

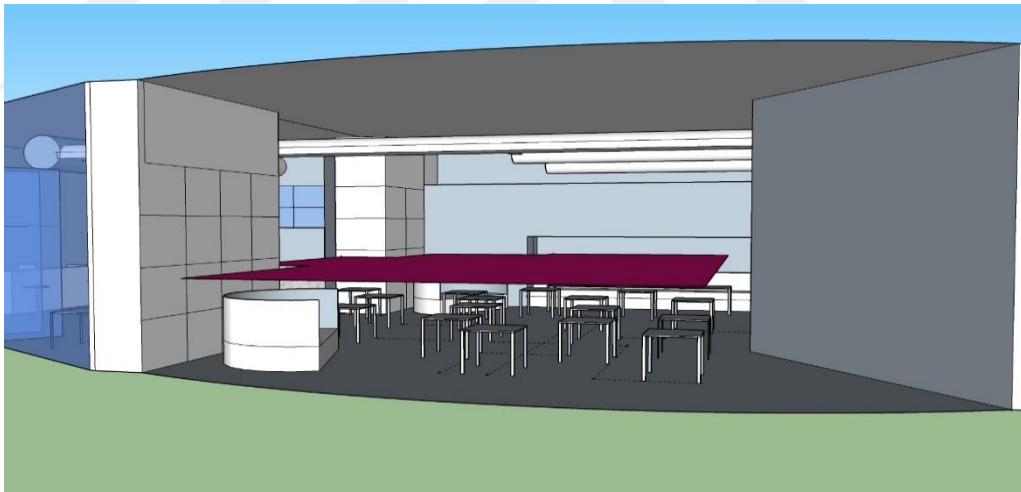
BİLGİSAYAR MODELLEMESİ İLE ORTAM GÜRÜLTÜSÜ TAHMİNİ İÇİN REHBER

Bu rehber, tezde çalışılmış olan mekanın üç boyutlu modelleme işleminden sonraki aşaması olan, Rindel'in önerdiği bilgisayar modellemesi ile ortam gürültüsü tahmini için yapılan işlemlerin sıralamasını göstermektedir. Bu bölümdeki şekiller ve hesaplamalar K13+MDF+HALI tasarımına aittir.

Bu yöntemi kullanabilmek için mekandaki insan sayısının minimum 50 kişi olması gerekmektedir (Rindel, 2012 Odeon Application Note – Restaurants)

3.1. Model Oluşturma Aşaması

Mekan içerisindeki oturma ve konuşma düzenine göre yatay bir yüzey kaynağı alanı oluşturulur. Şekil 16 (Sketch-up yazılımı ile yapılmıştır)

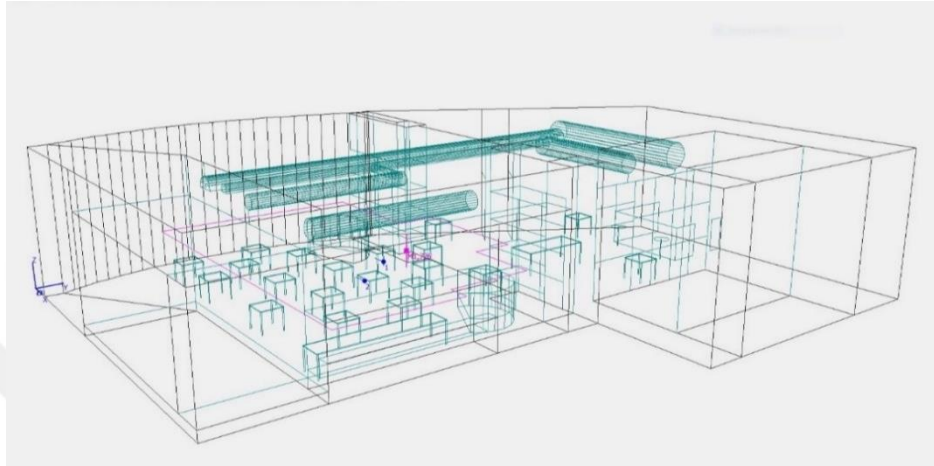


Şekil 16. Yüzey Kaynağı Sketch-up Görünümü

Bu yüzey kaynağı oturan insanlar için yerden 1.20m yükseklikte oluşturulmalıdır. Ayakta duran insanlar varsa biraz daha yüksek ayarlanmalıdır. (Odeon Application Note – Restaurants). Çalışılan modelde oturma yüksekliklerinden kaynaklı yüzey kaynağı 1.50m olacak şekilde oluşturulmuştur. Yüzey kaynağı pembe renkli alandadır.

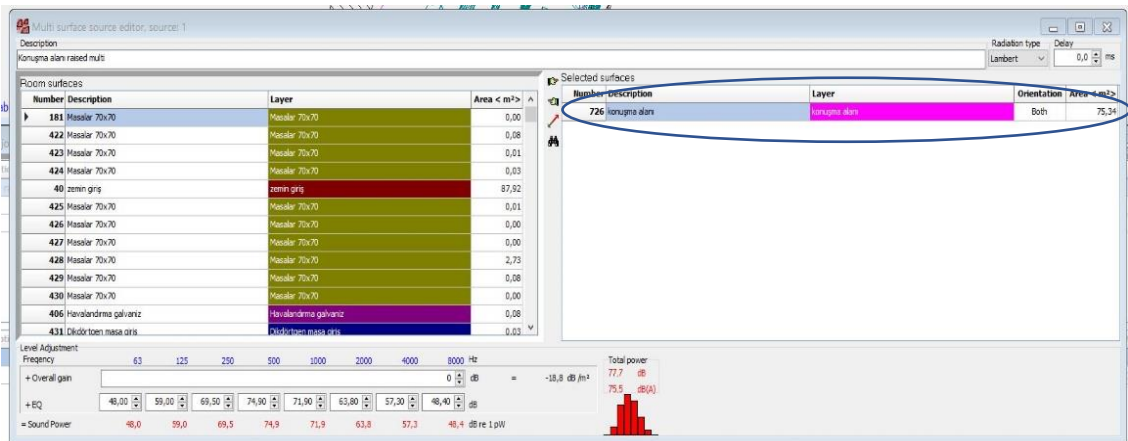
3.2. Odeon İşlem Sırası – Gürültü Hesaplaması

Oluşturulan yüzey kaynağı odeon içinde aşağıdaki gibi görünmektedir. Yüzey kaynağı pembe renkli çizgiyle belirtilmiş alandadır. Şekil 17



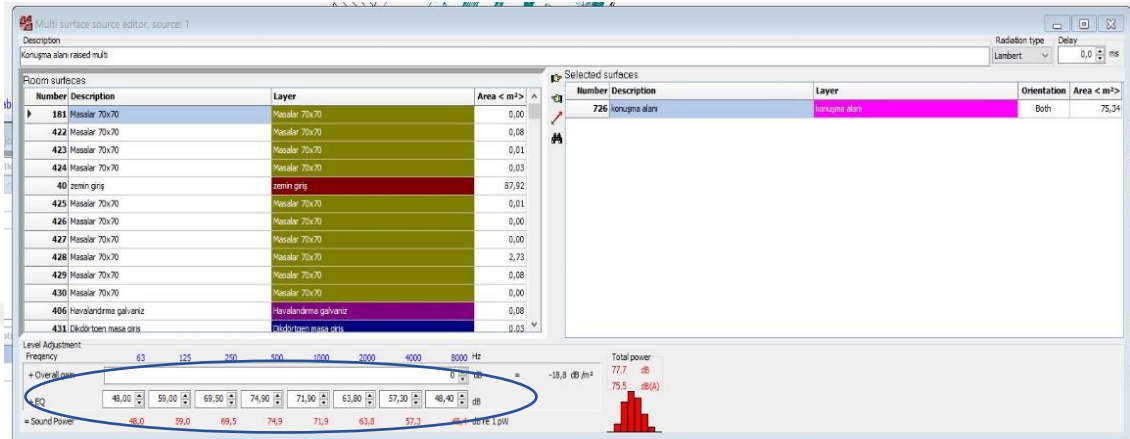
Şekil 17. Yüzey Kaynağı Odeon Görünümü

Multi surface source olarak bir kaynak oluşturulur ve modellenen yüzey kaynağı konuşma alanı ismiyle bu kaynağa atanır (Odeon Application Note – Restaurants). Şekil 18



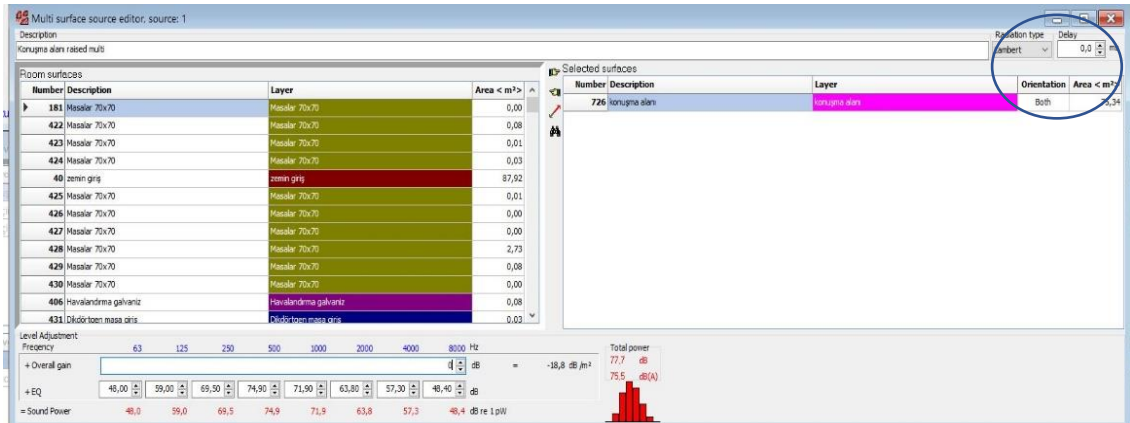
Şekil 18. Multi Surface Source İçin Yüzey Kaynağı Atama

Konuşma alanına Rindel'in verdiği SPL tablosundan (Tablo7) raised eq değerleri girilir ve overall gain 0 dB olarak bırakılır (Odeon Application Note – Restaurants). Şekil 19



Şekil 19. Konuşma Alanı İçin Raised eq Değerlerinin Girilmesi

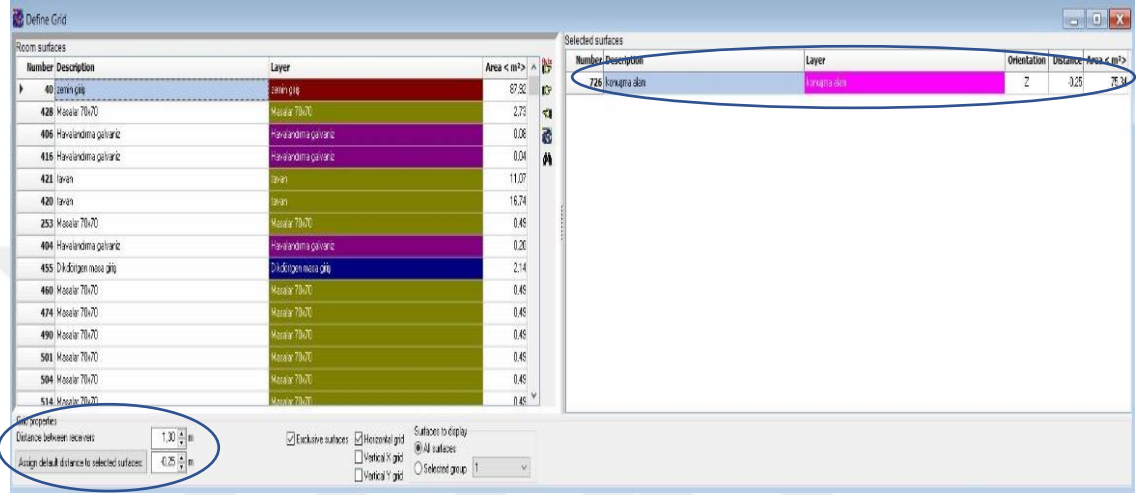
Konuşma alanı için orientation (Both) ve radiation type (Lambert) olarak ayarlanır(Odeon Application Note – Restaurants). Şekil 20



Şekil 20. Konuşma Alanı İçin Orientation ve Radiation Type Ayarlarının Yapılması.

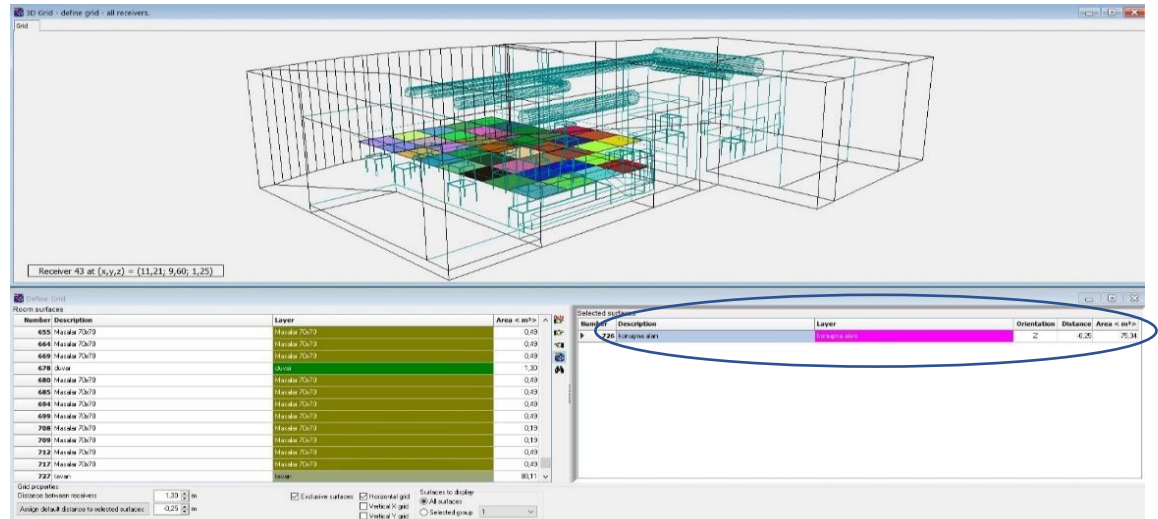
Konuşma alanı için grid ataması yapılır ve önerilen yükseklik seviyesi girilir, önerilen seviye yerden 1.20m yükseklikte olacak şekilde yani-0.30m değeri girilerek yapılır. Grid alıcıları arası uzaklık istenilen değerde olabilir (Odeon Application Note – Restaurants).

Modelde 1.30m girilmiştir. Ancak çalışılan model gereği yerden 1.25m yükseklikte olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu doğrultuda, öncesinde 1.50m yükseklikte ayarlanmış olan yüzey kaynağı -0.25m değerini alarak yerden 1.25m yükseklikte olacak şekilde sonuçlanır. Şekil 21



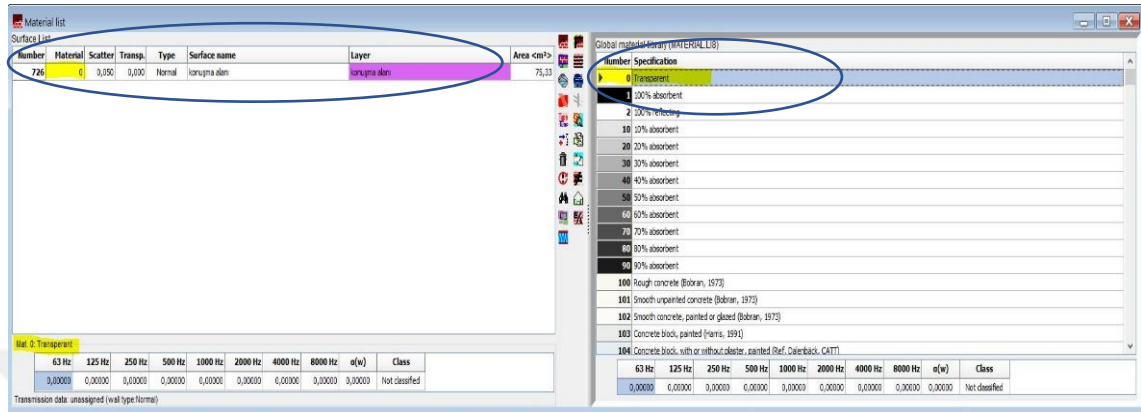
Şekil 21. Grid Ataması ve Ayarların Gösterimi

Grid atama işleminden sonra konuşma alanı görünümü aşağıdaki gibidir. Şekil 22.



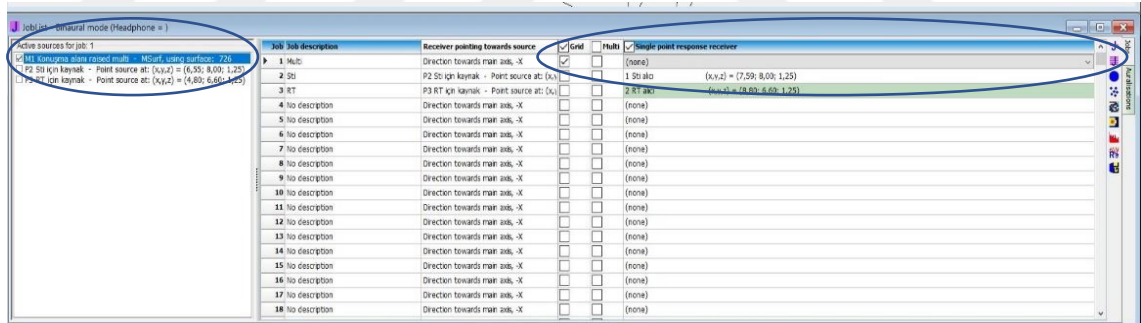
Şekil 22. Grid Ataması Konuşma Alanı Görünümü

Malzeme atama bölümünden konuşma alanına 0 numaralı Transparent atanır (Odeon Application Note – Restaurants). Şekil 23



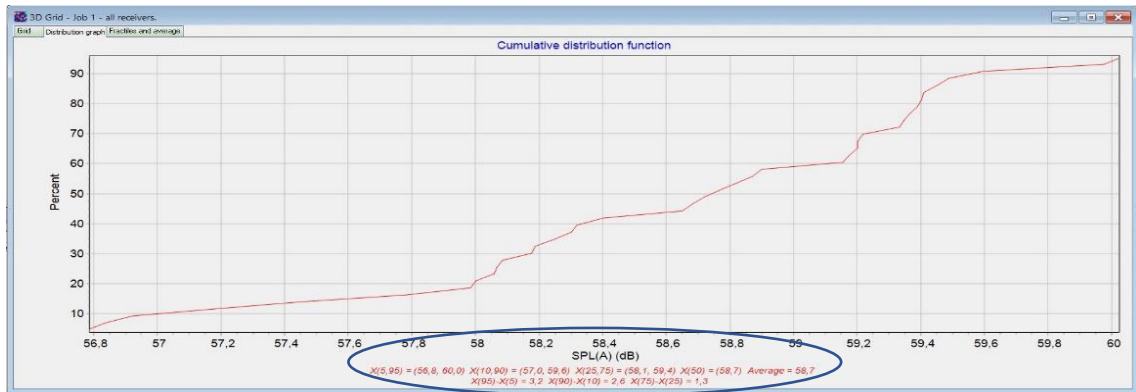
Şekil 23. Konuşma Alanına Transparent Malzeme Atama

Grid ölçümü aşamasında alıcı noktası olduğu gibi bırakılır. Grid kutusu işaretlenip, single job sekmesine tıklanır. Şekil 24



Şekil 24. Grid Ölçümü

Grid cevabından sonuç okunur. Distribution sekmesinden SPL (A) için average değeri alınır. Bu değer konuşan 1 kişinin ortamda yarattığı gürültü düzeyidir, $L_{na1} = 58.7$ (Odeon Application Note – Restaurants). Şekil 25



Şekil 25. Grid Sonuç Okuma (Lna1:58.7dB)

3.3. 80 Kişi İçin Gürültü Hesabı

Bulunan 1 kişinin gürültü değeri referans alınıp aşağıdaki formüller ile birlikte mekanın maksimum alabildiği kişi sayısı için (80 kişi) toplam ortam gürültüsü düzeyi hesaplanır.

İlk aşamada mekanda toplam konuşan kişi sayısı bulunur. Şekil 26

$$N_s = \frac{N}{g}$$

Şekil 26. Mekanda Toplam Konuşan Kişi Sayısı İçin Formül (Odeon Application Note – Restaurants).

Ns: Mekanda Toplam konuşan kişi sayısı.

N: Mekanda olan maksimum kişi sayısı.80 kişi

G: Ortalama konuşan kişi sayısı başına bir değerdir. 3.5 alınmıştır.

Örnek İşlem: $80/3.5= 22.85$ İşlem sonucunda Ns değeri: 22.85 olarak bulunur.

İkinci aşamada 80 kişi için eklenecek dB değeri bulunur. Şekil 27

$$\Delta L = 81 + 20 \log(N_s) + L_{N,A,1} - 2 \cdot L_{W,A,1}, \quad (\text{dB})$$

Şekil 27. 80 Kişi İçin Ekleme Yapılacak Olan dB formülü (Odeon Application Note – Restaurants).

N_s : 22.85

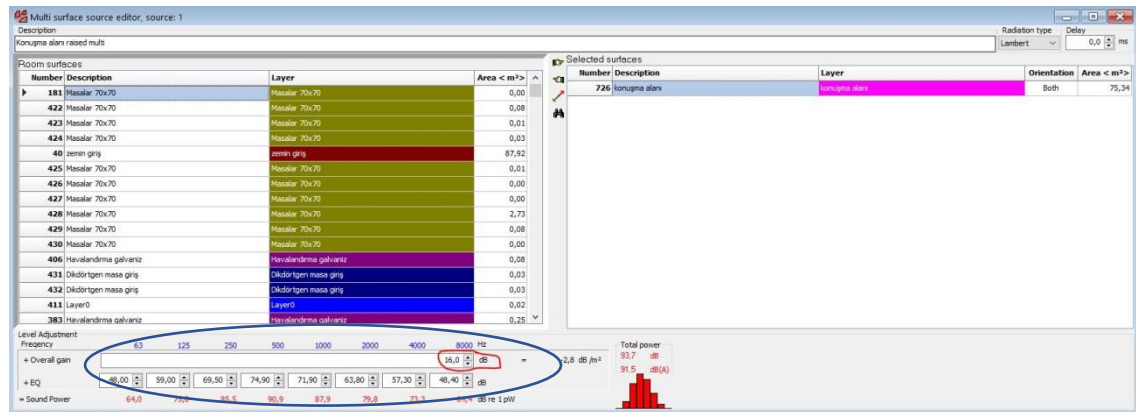
L_{na1} : 58.7dB

L_{wa1} : 75.5dB= Girilen raised eq değerleri için 1 kişinin toplam ses gücü seviyesi (Tablo7)

Örnek işlem: $81+27.2+58.7-151 = 16.0$ dB

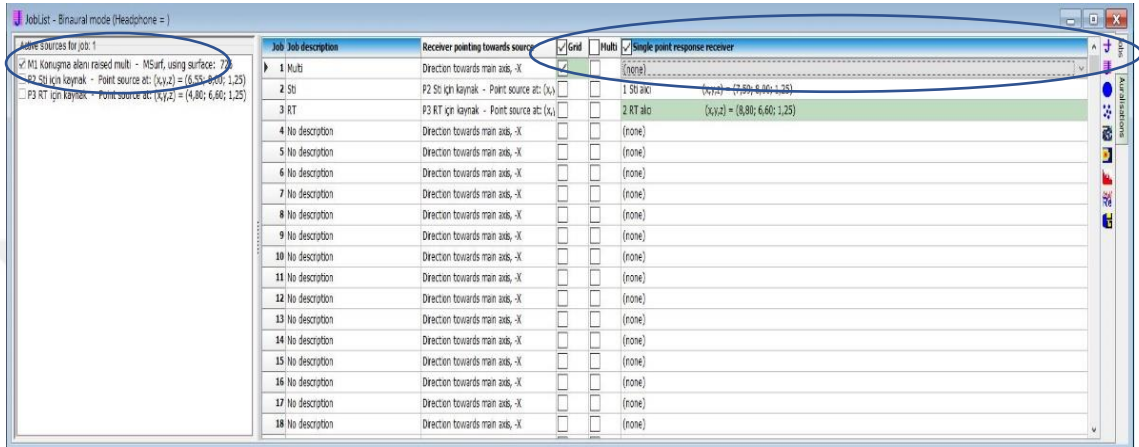
İşlem sonucunda bulunan değer, mekandaki 80 kişinin ürettiği toplam ortam gürültü düzeyini bulmak için ekleme yapılacak olan değerdir =16.0 dB

Overall gain sekmesine eklenecek olan değer girilmesi aşağıdaki gibidir. Şekil 28



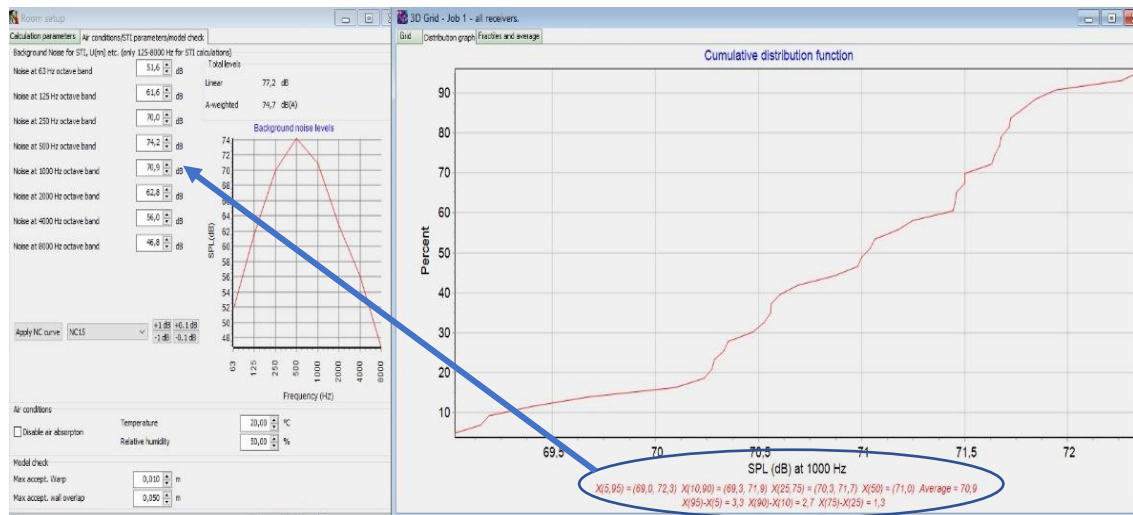
Şekil 28. 80 Kişi İçin Bulunacak Olan Ortam Gürültüsü Değerinin (16 dB) Eklenmesi.

16 dB eklemesinden sonra grid ölçümü yapılır ve 80 kişi için frekanslara göre gürültü değerleri bulunur. Grid için ayarlar ilk ölçümdeki (Şekil 24) gibidir. Şekil 29



Şekil 29. 80 Kişinin Frekanslara Göre Gürültü Değerleri İçin Grid Ölçümü

Grid cevabından sonuç okunur. Distribution graph sekmesinden average SPL dB olarak frekanslara göre gürültü değerleri alınır ve arkaplan gürültüsü sekmesine girilir (63hz-8khz). Şekil 30



Şekil 30. 1000hz İçin Örnek Gösterim

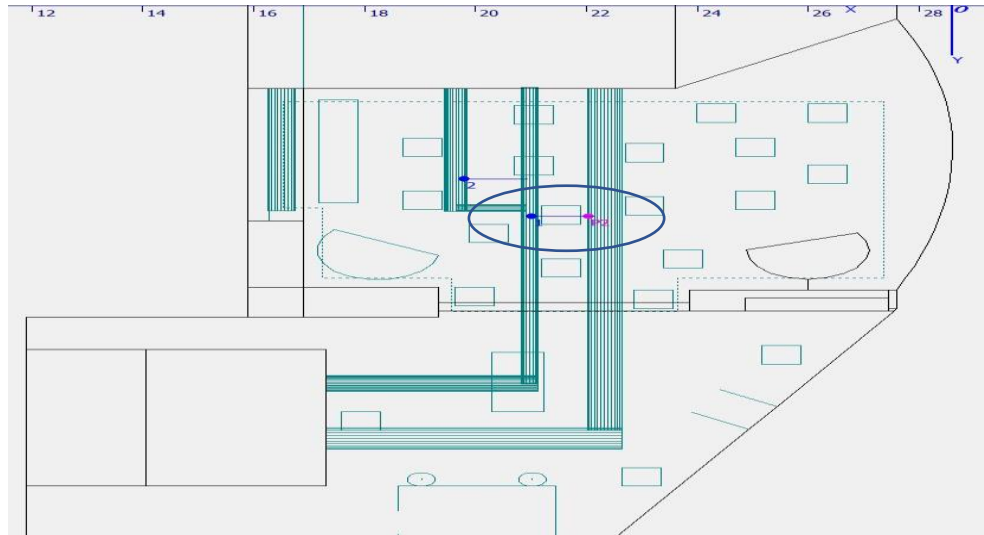
Sonrasında grid cevabından SPL (A) okunur ve 80 kişi için mekandaki toplam gürültü düzeyi de 74,7 dB (A) olarak bulunmuş olur. Şekil 31



Şekil 31. 80 kişinin Toplam Gürültü Düzeyi 74,7 dB (A)

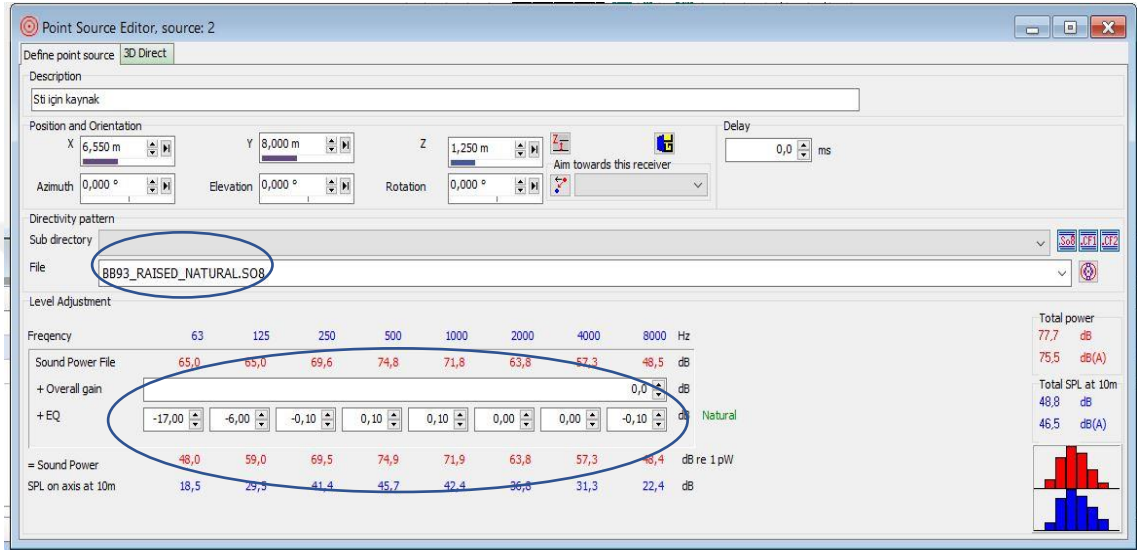
3.4. STI Simulasyonu

Frekanslara göre gürültü değerleri girildikten sonra STI simulasyonu için kaynak-alıcı yerleşimi yapılır. Kaynak alıcı arası mesafe 1m olarak ayarlanmıştır. Şekil 32



Şekil 32. STI Simulasyonu İçin Kaynak-Alıcı Yerleşimi

Kaynak seçimi ve eq düzeltmesi yapılır. Kaynak raised olarak atanır ve eq düzeltmesi Rindel'in verdiği tablodaki (Tablo7) raised eq değerleri ile aynı olacak şekilde düzeltme uygulanır. Şekil 33



Şekil 33. STI Simulasyonu İçin Kaynak Seçimi ve Eq Ayarları

Tablo 7. ANSI 3.5 1997'de Belirtilen Bir Kişinin Frekanslara Göre Ses gücü Seviyeleri. (Rindel,2012 Odeon Application Note-Restaurants).

Frequency, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	$L_{W,A,1}$	$L_{N,A}$ range
Normal	45,0	55,0	65,3	69,0	63,0	55,8	49,8	44,5	68,4	45; 61
Raised	48,0	59,0	69,5	74,9	71,9	63,8	57,3	48,4	75,5	61; 75
Loud	52,0	63,0	72,1	79,6	80,2	72,9	65,9	54,8	82,6	75; 91
Shouted	52,0	63,0	73,1	84,0	89,3	82,4	74,9	64,1	91,0	> 91

STI simulasyonu yapılır ve sonuç energy parameters sekmesinden okunur. STI= 0.29 olarak bulunmuştur. Şekil 34

Parameter	Value
C(80)	9,1
U(S0)	-11,4
U(80)	-11,2
MTI(corrected)	0,11
LF(80)	0,034
LFC(80)	0,052
Diffusivity(ss)	1,6
Echo(Dietsch)	0,43
IACCearly	0,580
IACClate	0,448
IACCtotal	0,564
STearly	-7,94
STlate	-9,44
STtotal	-5,62
SPL(A)	68,0 dB
SPL(Lin)	70,4 dB
SPL(C)	70,4 dB
SPL(A_Direct)	66,1 dB
STI	0,29
STI(female)	0,32
STI(male)	0,30
STIPA	0,29
RASTI	0,30
STI(expected)	0,08
T(30_Average)	0,4 s
LF(80_Average)	0,014
Lj(Average)	-3,9 dB
BR(SPL)	-8,6 dB
SIL	0,2 dB
AI	0,21
Alcons(STI)	34,46 %
Density(reflections)	68,92 /ms

Şekil 34. STI Sonuç Gösterimi = 0,29

3.5. Akustik Kapasite Hesabı

Akustik kapasite hesaplanmasında aşağıda verilen akustik kapasite formülü uygulanır. Bu formül mekandaki gürültü düzeyinin 71.0 dB(A) da olması için maksimum kişi sayısını belirler.

$$N_{\max} = N \cdot 10^{(71-L_{N,A})/20}$$

Şekil 11. Akustik Kapasite Formülü

N_{\max} : Maksimum Kişi Sayısı (olması gereken akustik kapasite sayısı AC)

N : Mekanda Var Olan veya İstenen Toplam Kişi Sayısı (bilinen 80)

$L_{N,A}$: Toplam ortam gürültüsü düzeyi 74.7 dB(A) grid ölçümünden okunan. (Şekil 31)

Örnek İşlem: $N_{\max} = 80 \cdot 10^{(71-74.7)/20}$

N_{\max} : 53 Kişi bulunmuştur.

İşlem sonucunda mekandaki akustik koşullar dahilinde gürültü düzeyi 71.0 dB (A) olması için maksimum kişi sayısı 53 olmalıdır.

3.6. 53 Kişi İçin Gürültü Hesabı

Tekrar şekil 26 ve şekil 27 da verilen formüller sırasıyla yapılır ve 53 kişi için eklenecek dB değeri bulunur.

$$N_s = \frac{N}{g}$$

Şekil 26. Mekanda Toplam Konuşan Kişi Sayısı İçin Formül

Ns: Mekanda Toplam konuşan kişi sayısı.

N: 53 kişi

G: 3.5

Örnek İşlem: $53/3.5 = 15.14$ İşlem sonucunda Ns değeri: 15.14 olarak bulunur.

$$\Delta L = 81 + 20 \log(N_s) + L_{N,A,1} - 2 \cdot L_{W,A,1}, \text{ (dB)}$$

Şekil 27. 53 Kişi İçin Ekleme Yapılacak Olan dB formülü

Ns: 15.14

Lna1: 58.7dB

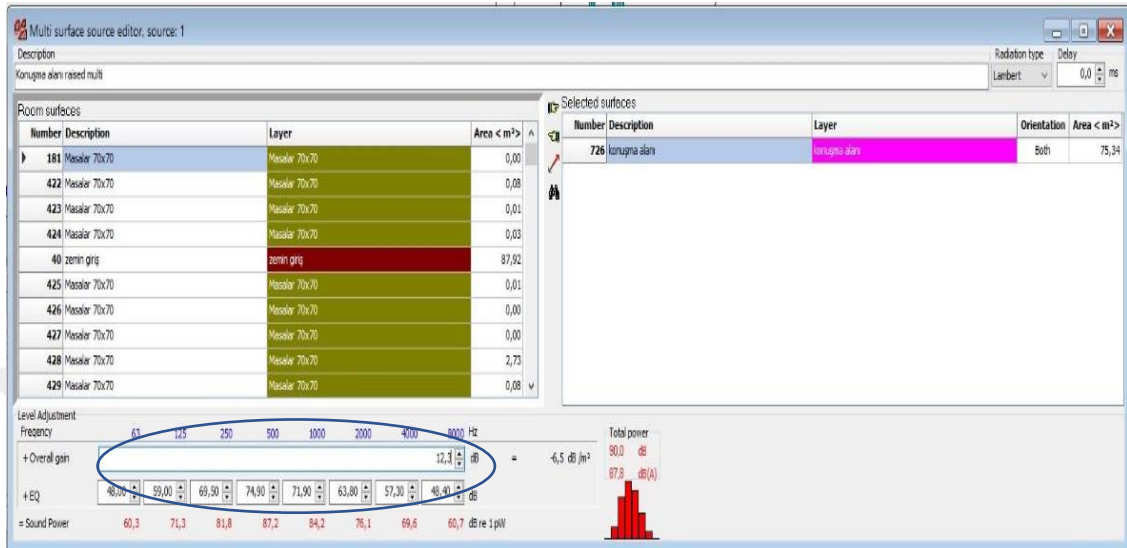
Lwa1:75.5dB= Girilen raised eq değerleri için 1 kişinin toplam ses gücü seviyesi.
(Tablo7)

Örnek İşlem: $81+23.6+58.7-151 = 12.3 \text{ dB}$

İşlem sonucunda bulunan değer mekandaki 53 kişinin ürettiği toplam ortam gürültüsü düzeyini bulmak için ekleme yapılacak olan değerdir =12.3dB.

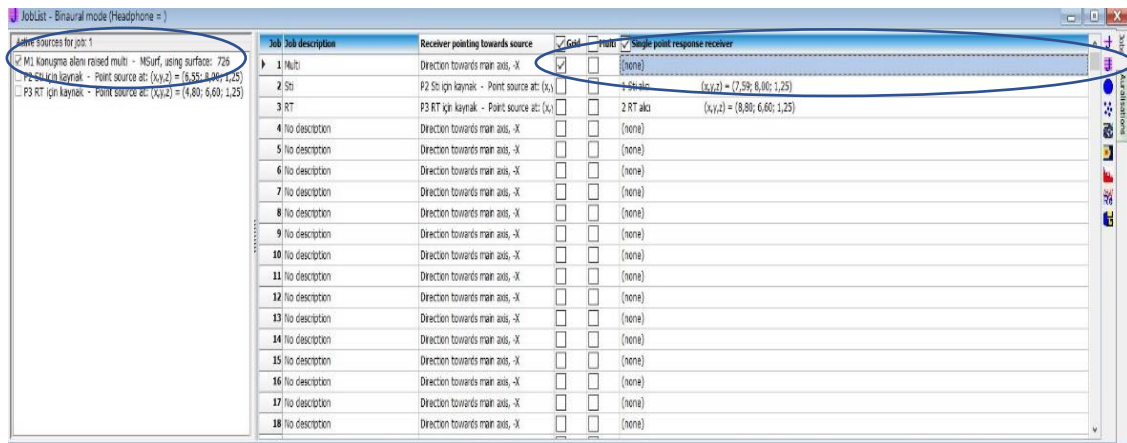
Overall gain sekmesine eklenecek olan değerin girilmesi aşağıdaki gibidir.

Şekil 35



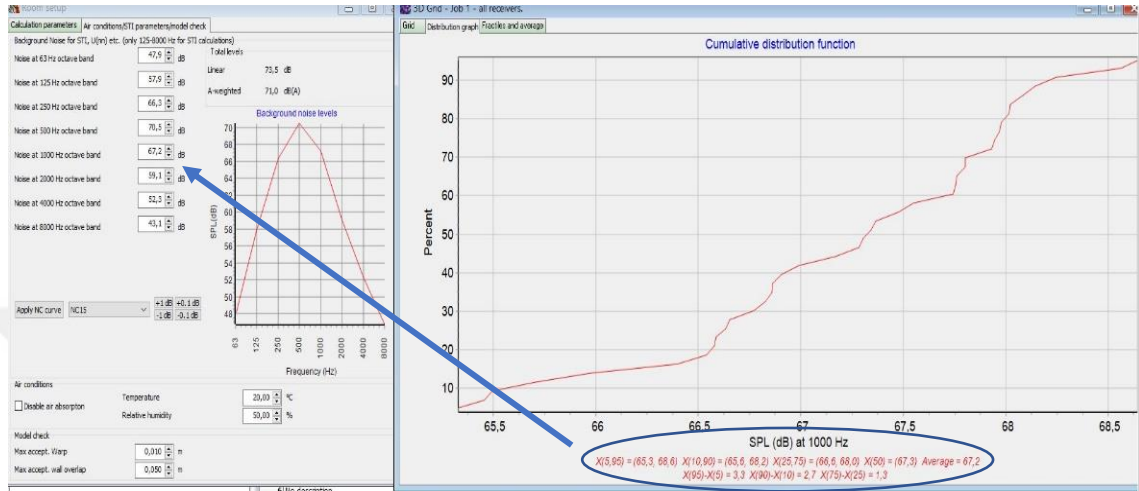
Şekil 35. 53 Kişi İçin Bulunacak Olan Ortam Gürültüsü Değerinin (12.3 dB) Eklennesi.

12.3 dB eklemesinden sonra grid ölçümü yapılır ve 53 kişi için frekanslara göre gürültü değerleri bulunur. Grid ayarları ilk ölçümdeki (Şekil 24) gibidir. Şekil 36



Şekil 36. 53 Kişinin Frekanslara Göre Gürültü Değerleri İçin Grid Ölçümü

Grid cevabından sonuç okunur. Distribution graph sekmesinden average SPL dB olarak frekanslara göre gürültü değerleri alınır ve arkaplan gürültüsü sekmesine girilir (63hz-8khz). Şekil 37



Şekil 37. 1000hz İçin İkinci Örnek Gösterim

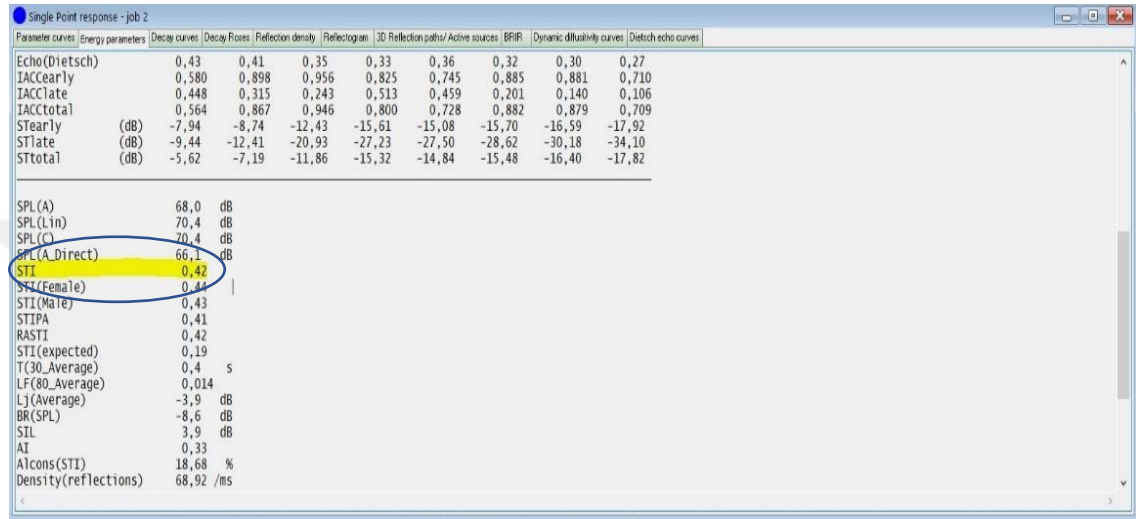
Sonrasında grid cevabından SPL (A) okunur ve 53 kişi için mekandaki toplam gürültü düzeyi de 71 dB (A) olarak bulunmuş olur. Şekil 38



Şekil 38. 53 Kişinin Toplam Gürültü Düzeyi 71.0 dB (A)

3.7. İkinci STI Simulasyonu

STI kaynak–alıcı yerleşimi ilk ölçümdeki gibidir (Şekil 32). Kaynak seçimi ile eq değerleri şekil 32 ve tablo 7 de gösterildiği gibidir. Son STI simulasyonu yapılır ve sonuç energy parameters sekmesinden okunur. STI= 0.42 olarak bulunmuştur.



Parameter curves	Energy parameters	Decay curves	Decay Flows	Reflection density	Reflection	3D Reflection paths/ Active sources	BRIR	Dynamic diffusivity curves	Dietsch echo curves
Echo(Dietsch)		0,43	0,41	0,35	0,33	0,36	0,32	0,30	0,27
IACCearly		0,580	0,898	0,956	0,825	0,745	0,885	0,881	0,710
IACClate		0,448	0,315	0,243	0,513	0,459	0,201	0,140	0,106
IACCtotal		0,564	0,867	0,946	0,800	0,728	0,882	0,879	0,709
STearly	(dB)	-7,94	-8,74	-12,43	-15,61	-15,08	-15,70	-16,59	-17,92
STlate	(dB)	-9,44	-12,41	-20,93	-27,23	-27,50	-28,62	-30,18	-34,10
STtotal	(dB)	-5,62	-7,19	-11,86	-15,32	-14,84	-15,48	-16,40	-17,82
SPL(A)		68,0	dB						
SPL(Lin)		70,4	dB						
SPL(C)		70,4	dB						
SPL(A Direct)		66,1	dB						
STI		0,42							
STI(Female)		0,44							
STI(Male)		0,43							
STIPA		0,41							
RASTI		0,42							
STI(expected)		0,19							
T(30_Average)		0,4	s						
LF(80_Average)		0,014							
Lj(Average)		-3,9	dB						
BR(SPL)		-8,6	dB						
SIL		3,9	dB						
AI		0,33							
AIcons(STI)		18,68	%						
Density(reflections)		68,92	/ms						

Şekil 39. STI Sonuç Gösterimi = 0,42

4. BÖLÜM

DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

4.1. Ölçümlerden Elde Edilen Veriler ve Değerlendirme

Aşağıda verilen tablo çalışılan modelin farklı tasarımlar sonucunda temel olarak akustik kapasite, RT ve STI ilişkisini karşılaştırmalı bir şekilde göstermektedir.

Tablo 12



Tablo 12. Modellerden Elde Edilen Sonuçlar

TASARIM	HACİM M3	T30 ORTALAMA 500HZ-1K	ORTAM GÜRÜLTÜSÜ LNA	STI 0-1	MEKANDA OLMASI İSTENEN MAX. KİŞİ SAYISI N	AKUSTİK KAPASİTE SAYISI AC	ORTAM TÜSÜ LNA	AKUSTİK KAPASİTEYE GÖRE STI 0-1	AKUSTİK KAPASİTE ORANI N/AC	DOLULUK ORANI AC/N %
BADAU ORİJİNAL	1046	1.7	80 Kişi 83.6 dBA	0.04	80	19	19 Kişi 71.0 dBA	0.43	4.21	%24
K13+MDF	1046	0.4	80 Kişi 75.2 dBA	0.27	80	49	49 Kişi 71.0 dBA	0.41	1.63	%61
K13+MDF+HALI	1046	0.4	80 Kişi 74.7 dBA	0.29	80	53	53 Kişi 71.0 dBA	0.42	1.50	%66
K13+BAFFLE+MDF	1046	0.4	80 Kişi 74.6 dBA	0.30	80	53	53 Kişi 71.0 dBA	0.42	1.50	%66
BAFFLE+HALI+MDF	1046	0.6	80 Kişi 74.9 dBA	0.30	80	52	52 Kişi 71.0 dBA	0.41	1.54	%65
K13+ADAWALL+MDF	1046	0.3	80 Kişi 74.0 dBA	0.31	80	56	56 Kişi 71.0 dBA	0.41	1.42	%70
K13+ADAWALL+HALI	1046	0.4	80 Kişi 74.0 dBA	0.31	80	56	56 Kişi 71.0 dBA	0.42	1.42	%70
K13+ADAWALL+MDF +HALI	1046	0.3	80 Kişi 73.4 dBA	0.33	80	61	61 Kişi 71.0 dBA	0.41	1.31	%76
K13+BAFFLE+ADAWA LL+MDF+HALI	1046	0.2	80 Kişi 73.2 dBA	0.34	80	62	62 Kişi 71.0 dBA	0.42	1.30	%77
BAFFLE+HALI	1046	0.9	80 Kişi 75.8 dBA	0.27	80	46	46 Kişi 71.0 dBA	0.43	1.74	%57
BAFFLE+HALI+ADAW ALL	1046	1.0	80 Kişi 74.8 dBA	0.30	80	52	52 Kişi 71.0 dBA	0.42	1.54	%65

Tabloya göre hedeflenen 71 dB (A) ortam gürültüsü düzeyi, konuşmacı-dinleyici arası uzaklık 1 metredeyken konuşma anlaşılabilirliğinin olumsuz etkilenmemesi için sınır değerdir. Bu doğrultuda akustik kapasite sayısı, mekanda olması beklenen maksimum insan sayısını ifade etmiş olur.

Restoran sahibinin verdiği bilgiler doğrultusunda mekanda istenen veya varsayılan maksimum kişi sayısı 80 olarak kabul edilmiştir. Yani mekanda maksimum doluluk oranı %100 istenmektedir. Ancak akustik düzenlemeler yapılsa bile 80 kişi için gürültü düzeyi 71 dB (A)'dan yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumda akustik kapasite hesabı yapılmış ve gerçekleştirilen farklı tasarımlar için olması gereken maksimum kişi sayısı bulunmuştur.

Rindel tarafından önerilen gürültü hesaplama yöntemi ve simülasyon ortamında gerçekleştirilen ölçümler sonucunda elde edilen veriler yukarıdaki tabloda belirtilmiştir. Mekan için 11 farklı tasarım gerçekleştirilerek sonuçlara ulaşılmıştır. Yapılan tasarımlar belirli malzemeler çerçevesinde gerçekleştirilmiş ve akustik kapasite, RT ve STI değişimleri gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra malzemelerin yerleşim bölgelerindeki değişimlerin yine akustik kapasite ve T30 parametrelerine etkisi incelenmiştir.

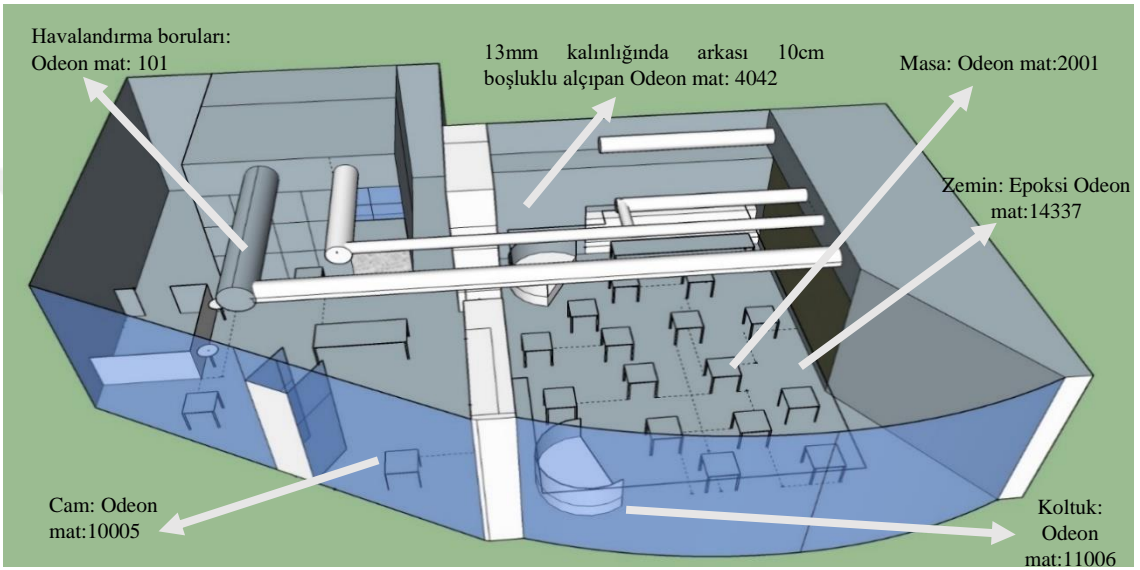
Çalışılan modelde kullanılan malzemelere ilişkin bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bolt olarak yazılan malzemeler bu bölümde değerlendirmeye alınan malzemeleri göstermektedir. Tablo 13

Tablo 13. Modelde Kullanılan Malzemelere ilişkin Bilgiler

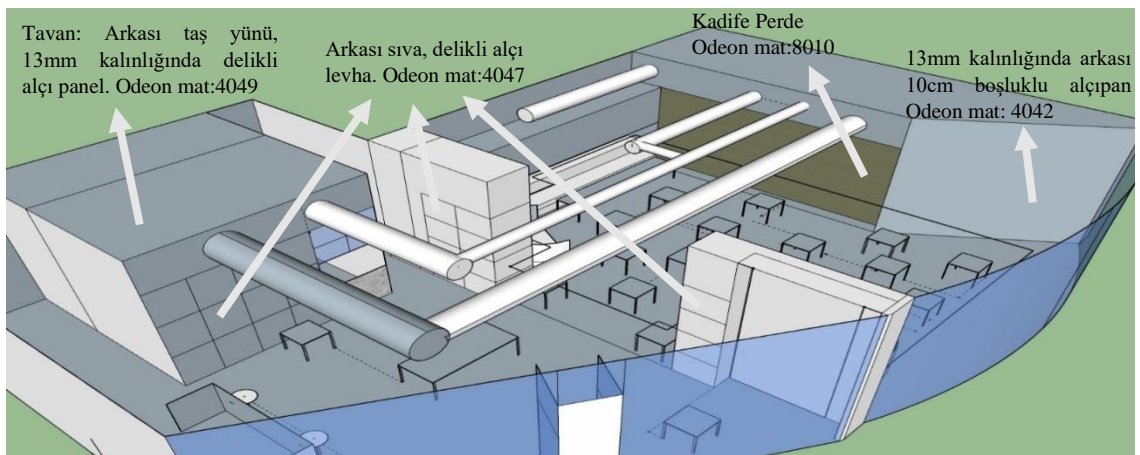
Odeon Kodu	Malzeme	Yüzey Alanı ve 63hz-8khz Alfa Değeri α_w
14337	Epoksi	114.8 m ² -0.05 α_w
6001	Layer of rubber (Perdenin arkası sahne)	53.3 m ² -0.05 α_w
14323	30mm soni 591/O poliester(Perdenin arkası sahne)	63.2 m ² -0.55 α_w
4042	Plasterboard on frame,13 mm boards, 100 mm empty cavity	53.0 m ² -0.05 α_w
4047	13mm plaster on 25mm Studs (No mineral wool)	56.6 m ² -0.10 α_w
4049	13 mm plaster on 25mm studs (With mineral wool)	250.8 m ² -0.10 α_w
11006	Empty chairs, upholstered with cloth cover	25.6 m ² -0.80 α_w
10005	Glass, large panes	107.4 m ² -0.05 α_w
2001	Marble or glazed tile	54.9 m ² -0.00 α_w
10007	Solid wooden door (Giriş kapı & dikdörtgen masa)	4.5 m ² -0.10 α_w
101	Smooth unpainted concrete	77.6 m ² -0.05 α_w
14341	Arkası 50mm taş yünü kaplı delikli Mdf Panel	56.6 m²-1.00 α_w
14342	38mm Sona Spray K-13	250.8 m²-0.90 α_w
8010	Drapes, heavy velour	29.5 m ² -0.60 α_w
14315	50mm Knauf acoustic board taşıyünü Baffle	281.8 m²-1.00 α_w
7007	10 mm soft carpet on concrete	114.8 m²-0.25 α_w
14317	Akustik duvar kağıdı ADAWALL	53.0 m²-0.85 α_w

4.2. Birinci Değerlendirme: Akustik Kapasite-T30 Karşılaştırılması

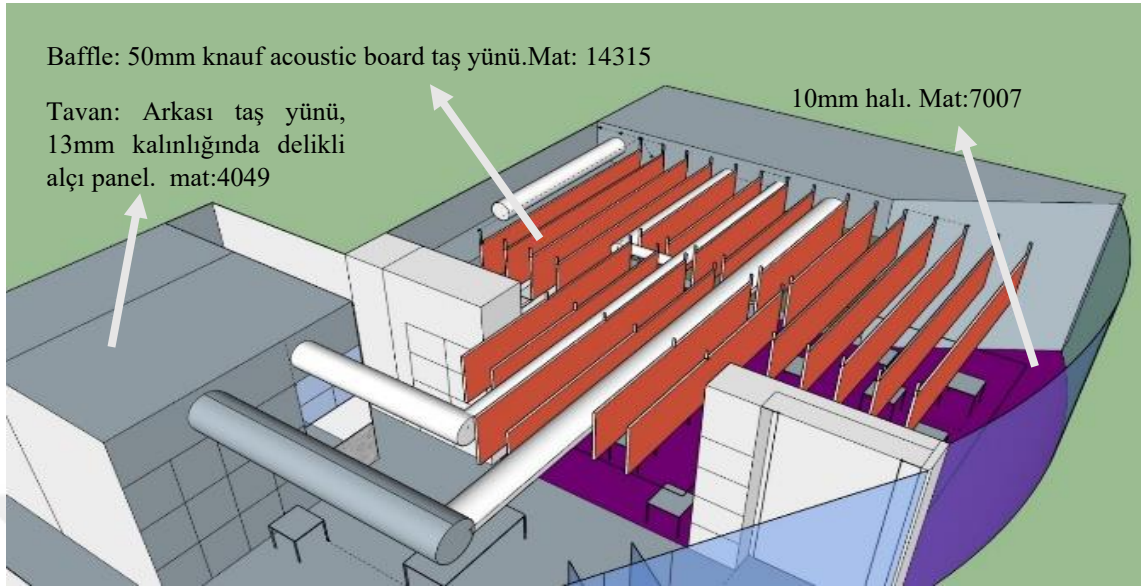
Bu değerlendirmede mekanın orijinal hali, orta seviyede T30 ve çok düşük seviyede T30 değerine sahip tasarımlar analiz edilmiştir. Kullanılan malzemeler aşağıda belirtilmiştir. Renklendirme yapılan modellerde eşleşmiş olan bölgeler aynı malzeme kullanıldığını işaret eder.



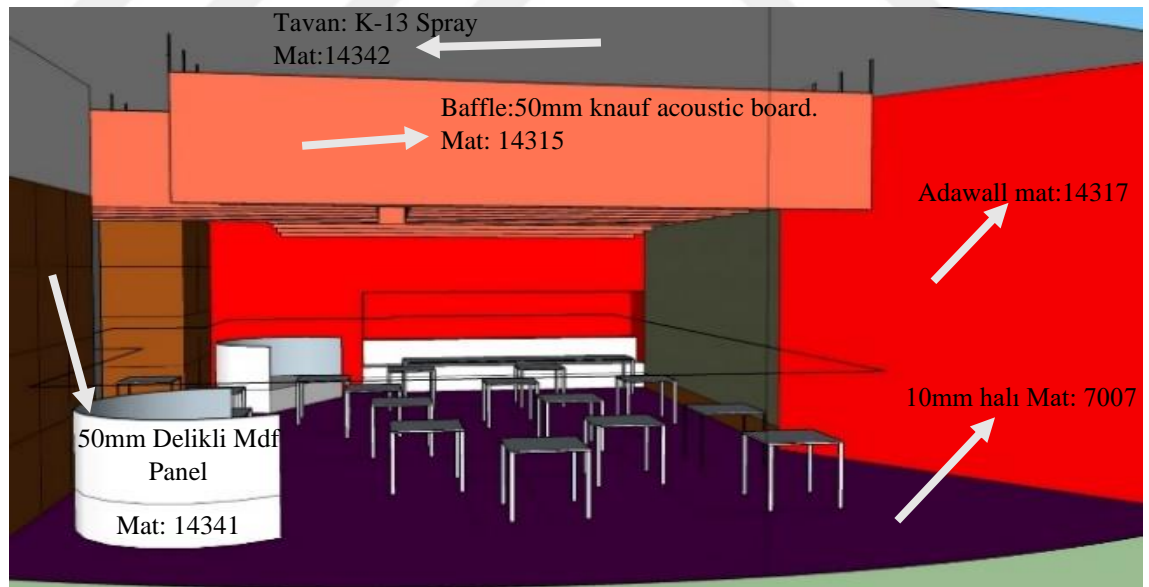
Şekil 40. Badau Orijinal-Malzemesler A



Şekil 41. Badau Orijinal-Malzemesler B



Şekil 42. Baffle + Halı-Malzemeler



Şekil 43. K13+Baffle+Halı+Adawall+Mdf-Malzemeler

Tablo 14. Badau Orijinal Frekanslara Göre T30 Süreleri

Band (hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	AC: 19 KİŞİ
T 30 (s)	1.12	1.11	1.30	1.63	1.70	1.78	1.33	0.78	T30 Avg:1.7s

ORİJİNAL

Tablo 15. Baffle + Halı Frekanslara Göre T30 Süreleri

Band (hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	AC: 46 KİŞİ
T 30 (s)	0.81	0.71	0.75	0.88	1.00	0.87	0.68	0.48	T30 Avg:0.9s

BAFFLE + HALI

Tablo 16. K13+Baffle+Halı+Adawall+Mdf Frekanslara Göre T30 Süreleri

Band (hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	AC: 62 KİŞİ
T 30 (s)	1.05	0.67	0.41	0.23	0.26	0.23	0.25	0.20	T30 Avg:0.2s

K13+BAFFLE+HALI+ADAWALL+MDF

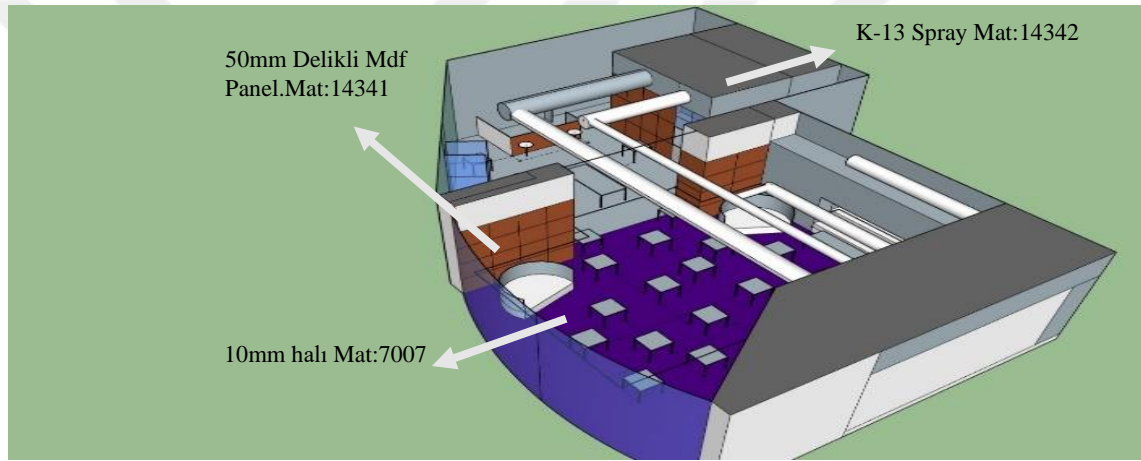
Gerçekleştirilen ilk değerlendirmede mekanın orijinal ölçümü, basit bir müdahale ve mekanda gerçekleştirilen maksimum müdahale durumları incelenmiştir. İncelenen tasarımların T30 değerleri 0,2 sn, 0,9 sn ve 1,7 sn olarak elde edilmiştir.

Mekanda yapılan farklı tasarımlar sonucunda akustik kapasite değerinin yansıma süresindeki düşüşe paralel olarak arttığı gözlemlenmiştir. Örnek olarak alınan üç tasarımdan mekanın orijinal durumunda T30 1.7 sn'ye iken akustik kapasite değeri 19 olarak ortaya çıkmıştır. Gerçekleştirilen ilk tasarımda T30 0.9 sn'ye düşürülmüş ve akustik kapasite değeri 46 kişiye yükselmiştir. Üçüncü tasarımda ise mekana yüksek seviyede emiciler yerleştirilerek ölçümlene yapılmış ve T30 değeri 0.2 sn'ye akustik kapasite ise 62 kişiye çıkarılmıştır. Bu değer aynı zamanda mekanın T30 değerinin çok

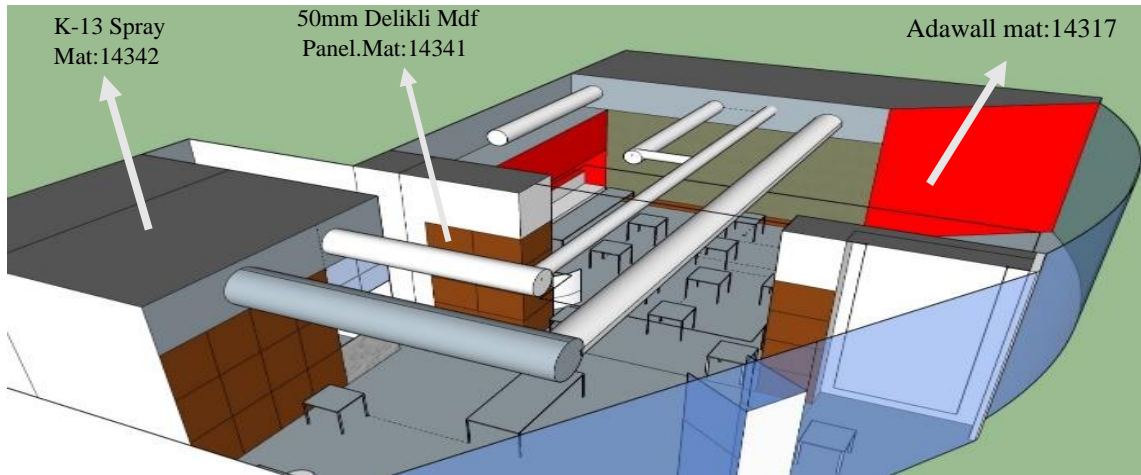
küçük olması nedeniyle akustik kapasitenin de maksimum olduğunu göstermektedir. Bu değer mekanda bulunacak maksimum kişi sayısını belirtmektedir.

4.3. İkinci Değerlendirme: Yan Yüzey-Zemin Karşılaştırılması

Bu değerlendirmede zemine yerleştirilen halı ve yan yüzeylere yerleştirilen emici duvar kağıdı analiz edilmiştir. Kullanılan malzemeler aşağıda belirtilmiştir. Renklendirme yapılan modellerde eşleşmiş olan bölgeler aynı malzeme kullanıldığını işaret eder.



Şekil 44. K13+Mdf+Halı-Malzemeler



Şekil 45. K13+Mdf+Adawall-Malzemeler

Tablo 17. K13+Mdf+Halı Frekanslara Göre T30 Süreleri

Band (hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	AC: 53 KİŞİ
T 30 (s)	1.44	0.99	0.54	0.42	0.43	0.42	0.41	0.35	T30 Avg:0.4s

K13 + MDF + HALI

Tablo18. K13+Mdf+Adawall Frekanslara göre T30 Süreleri

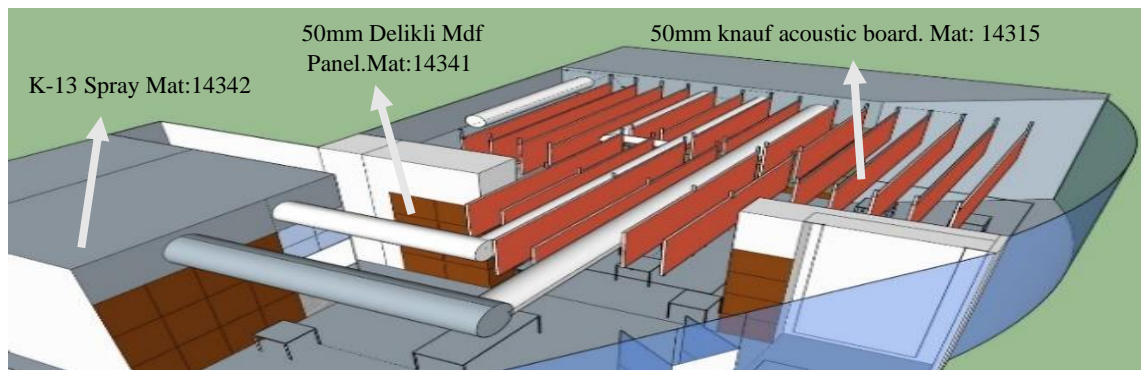
Band (hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	AC: 56 KİŞİ
T 30 (s)	1.64	1.06	0.46	0.33	0.32	0.30	0.30	0.21	T30 Avg:0.3s

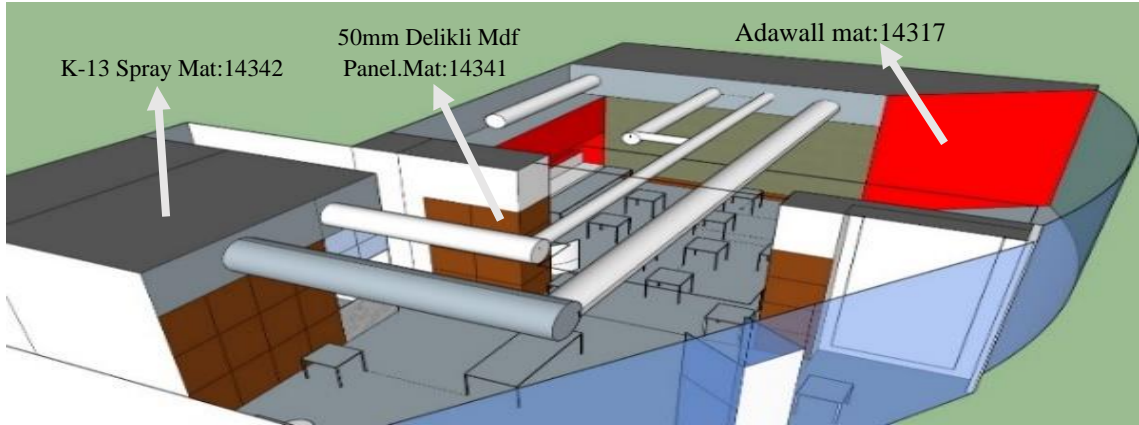
K13 + MDF + ADAWALL

Tasarımlar arasındaki fark T30 süresini 0,4' den 0.3'e düşürmüş ve akustik kapasite değerini 3 kişi arttırmıştır. Bu değişimler yan yüzey emiciliğinin zeminden sağlanan emiciliğe göre yansıma süresi ve akustik kapasite üzerinde daha etkili olduğunu göstermektedir. Tasarımda $114.8 \text{ m}^2 - 0.25 \alpha_w$ değerleri olan düşük emiciliğe sahip halı ve $53 \text{ m}^2 - 0.85 \alpha_w$ değerleri olan yüksek emici duvar kağıdı kullanılmıştır.

4.4. Üçüncü Değerlendirme: Yan Yüzey-Tavan Karşılaştırılması

Bu örnekteki emici yerleşiminde duvar kağıdı ve baffle malzemeleri karşılaştırılmıştır. Kullanılan malzemeler aşağıda belirtilmiştir. Renklendirme yapılan modellerde eşleşmiş olan bölgeler aynı malzeme kullanıldığını işaret eder.

**Şekil 46.** K13+Baffle+Mdf-Malzemeler



Şekil 47. K13+Adawall+Mdf-Malzemeler

Tablo 19. K13+Baffle+Mdf Frekanslara göre T30 Süreleri

Band (hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	AC: 53 KİŞİ
T 30 (s)	1.10	0.70	0.45	0.40	0.43	0.43	0.42	0.26	T30 Avg:0.4s

K13+BAFFLE+MDF

Tablo 20. K13+Adawall+Mdf Frekanslara Göre T30 Süreleri

Band (hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	AC: 56 KİŞİ
T 30 (s)	1.64	1.06	0.46	0.33	0.32	0.30	0.30	0.21	T30 Avg:0.3s

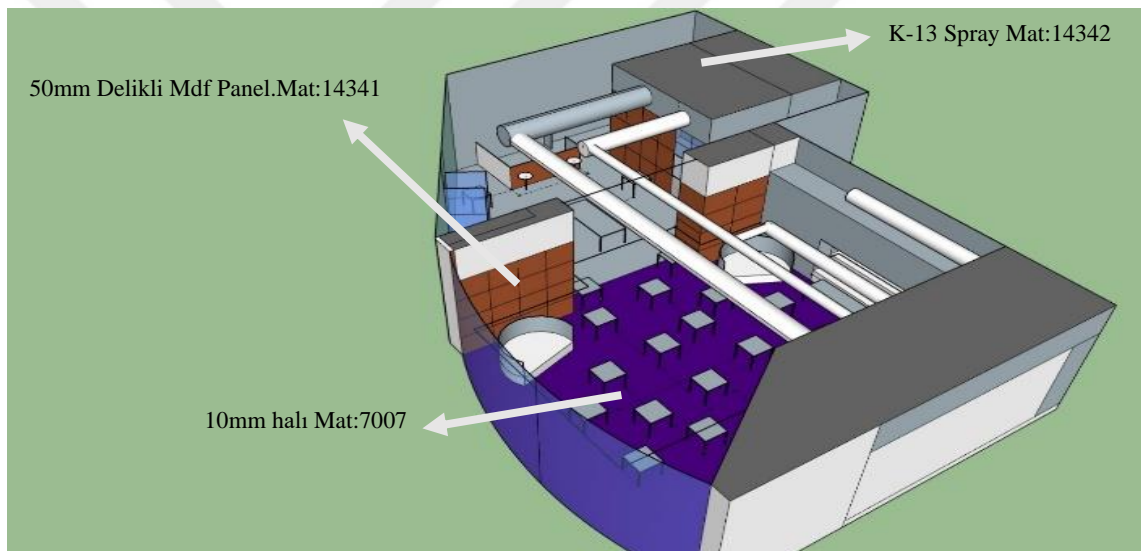
K13+ADAWALL+MDF

Sonuçlar değerlendirildiğinde, yan yüzeye uygulanan emici malzemenin tavana yerleştirilen emici malzemeye oranla da iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. T30 değerlerinin mid frekans bölgesinde 0,10 sn seviyesinde düşmüş ve buna bağlı olarak akustik kapasite değeri 3 kişi artmıştır. Adawall ve baffle emicilikleri değerlendirildiğinde baffle tüm frekanslarda 0,1-0,2 sabine daha emici görülmektedir. Buna rağmen daha düşük emicilik katsayısına sahip yan duvar uygulaması adawall'un akustik kapasiteyi 3 kişi arttıracak kadar etkili olduğu görülmüştür. Tasarımda 53 m² - 0.85 α_w değerlerine sahip adawall ve 281.8 m² - 1.00 α_w değerlerine sahip olan baffle malzemesi kullanılmıştır.

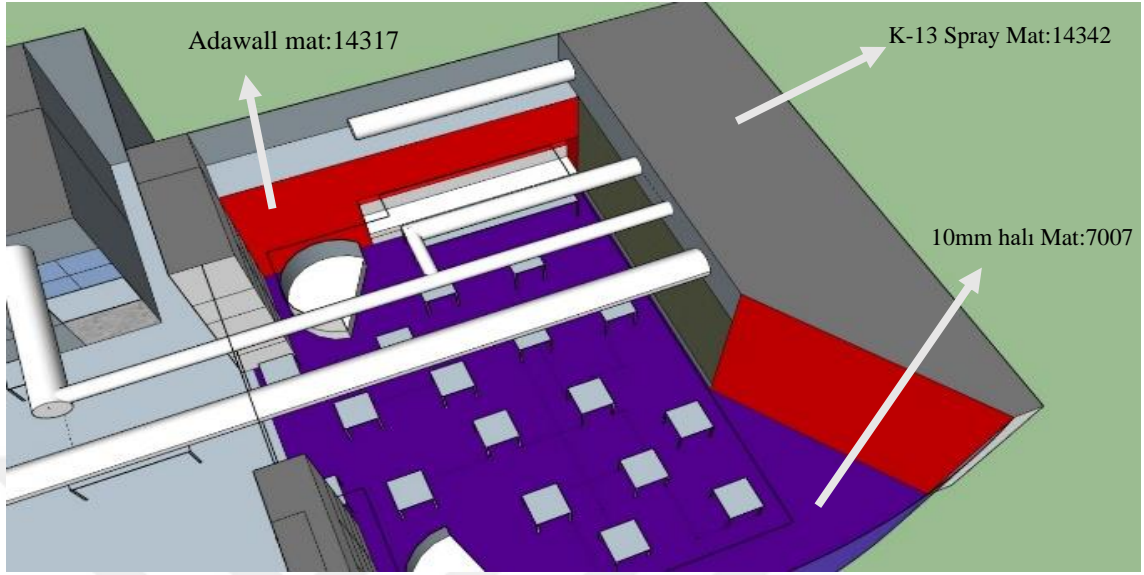
Emicilik katsayısı ve yüzey alanı çok yüksek olmasına rağmen tavana yerleştirilen baffle T30 ve akustik kapasite değeri olarak daha kötü sonuçlar vermektedir.

4.5. Dördüncü Değerlendirme: Farklı Yan Yüzey Karşılaştırılması

Bu tasarımlarda farklı yan yüzeylere yerleştirilen mdf panel ve duvar kağıdı malzemelerinin değerlere etkisi analiz edilmiştir. Kullanılan malzemeler aşağıda belirtilmiştir. Renklendirme yapılan modellerde eşleşmiş olan bölgeler aynı malzeme kullanıldığını işaret eder.



Şekil 48. K13+Mdf+Halı-Malzemeler



Şekil 49. K13+Adawall+Halı-Malzemeler

Tablo 21. K13+Mdf+Halı Frekanslara Göre T30 Süreleri

Band (hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	AC: 53 Kişi
T 30 (s)	1.44	0.99	0.54	0.42	0.43	0.42	0.41	0.35	T30 Avg:0.4s

K13 + MDF + HALI

Tablo 22. K13+Adawall+Halı Frekanslara göre T30 Süreleri

Band (hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	AC: 56 Kişi
T 30 (s)	1.41	1.11	0.61	0.42	0.42	0.38	0.37	0.25	T30 Avg:0.4s

K13 + ADAWALL+ HALI

T30 değerleri neredeyse aynı olan iki tasarım karşılaştırılmıştır. Çok az da olsa adawall kullanılan tasarımın T30 değerleri' nin daha düşük çıktığı gözlemlenmiştir. Bu durum giriş tablosunda (Tablo 12) belirtilen toplam gürültü hesabında 0,7 dB'lik bir düşüş ve buna bağlı olarak akustik kapasite sayısında üç kişilik bir artış yaratmıştır. Bu, ortalama sonuçlar üzerinde yapılacak değerlendirmelerin kimi zaman yanlış sonuçlar ortaya çıkarabildiğini gösterir. Belirli frekanslarda 0,01-0,03 sn gibi değişimler akustik kapasite üzerinde etkili olabilmektedir.

Bunun yanı sıra tasarımlarda mekana yerleştirilen adawall ve mdf bölgeleri birbirlerinden farklıdır. Adawall emiciliği özellikle 250-500 ve 1K'de daha düşük değerlere sahip olsa da MDF malzemesine göre yüzey alanı daha küçük bir bölgeyi kaplamasına rağmen T30 değerleri MDF ile yaklaşık olarak aynı çıkmaktadır. Bu durum mekanlarda farklı alanlara yerleştirilen emici malzemelerin, mekan tasarımına bağlı olarak değiştirilebileceğini gösterir.

Zemine yerleştirilen halının parametreler üzerindeki etkisi iki çift farklı tasarım üzerinden değerlendirilmiştir. K13+Mdf tasarımına halı eklendiğinde akustik kapasite değeri 49 kişiden 53 kişiye yükselmiştir. K13+ADAWALL+MDF tasarımına halı eklendiğinde ise akustik kapasite değerinin 5 kişi arttığı gözlemlenmiştir. Bu, zemine yerleştirilen emici malzemelerin toplam gürültü ve akustik kapasite değerlerinde etkin rol üstlendiğini açıklar.

Tablo 12'de T30 değer ortalamarı 0.4 sn çıkan modellerden elde edilen gürültü düzeylerinin farklı çıktığı gözlemlenmiştir. T30 değerlerinin detaylı incelendiğinde birbirinden farklı olduğu ve gürültü değerlerinin buna bağlı olarak farklılaştığı belirlenmiştir.

STI değerinin tasarım öncesi 80 kişi için 0,04 olduğu, yapılan tasarımlarla yüzey kaynağı tanımlanarak yapılan ölçümler sonucunda 0,30'lar seviyesine çıktığı gözlemlenmiştir. Yapılan akustik tasarım ve akustik kapasite hesaplamalarıyla birlikte STI 0,41'ler seviyesine yükseltilmiştir.

4.6. Sonuç

Genel bir değerlendirme yapıldığında yüksek oranda değişen T30 değerlerinin doğal olarak yüksek miktarda akustik kapasite değişimleri yarattığı gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra 0.10-0.20 sn'lik değişimler genel olarak akustik literatüründe çok küçük değişimler olarak değerlendirilebilir. Yapılan hesaplamalarda bu farklılıkların yarattığı gürültü değişim miktarları ise 73.2 dB-75.2 dB aralığında bir gürültü düzeyi değişimi sağladığı gözlemlenmiştir. T30 ve hesaplanan gürültü miktarlarındaki değişimlerin bu kadar küçük olmasına rağmen mekanlar için öngörülen kişi sayısı miktarının 49 kişiden 62 kişiye kadar yükseldiği görülmüştür. Birinci değerlendirme bölümünde sözü edilen büyük T30 değişimlerinin hesaplanan akustik kapasite miktarını arttırdığı gözlemlenmekle beraber çok küçük T30 ve gürültü düzeyi değişiminin akustik kapasite miktarında ciddi değişimler yarattığı ortaya çıkmıştır.

Yapılan çalışmadan çıkan diğer bir sonuç ise yan yüzeylere yerleştirilen malzemelerin kapladığı alan ve emicilik miktarları daha düşük olmasına rağmen tüm parametreler üzerinde daha etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Çoklu konuşma ortamlarının akustik tasarımlarında RT, Lombard etkisi ve konuşma anlaşılabilirliği genel değerlendirme kriterleri olmakla beraber, elde edilen STI değerleri ve lombard etkisine bağlı akustik kapasite değeri belirli oranda düşük çıkmaktadır. Verilerin bu noktada analizinde convolution örnekleri üzerinden gerçekleştirilecek değerlendirmelerin, her mekanın kendi öznel koşulları çerçevesinde gerçekleştirilecek tasarımları için daha açıklayıcı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Kitap

Past, present and future of the Speech Transmission Index Published by: TNO

Human Factors, PO Box 23, 3769 ZG Soesterberg, The Netherlands © 2002 ISBN 90-76702-02-0.

Makaleler

Bottalico Pasquale, Passione Ivano Ipsaro, Graetzer Simone Hunter, Eric J. Is There a Starting Point in The Noise Level for The Lombard Effect, June 13-15 2016 Porto.

Bottalico Pasquale, Lombard effect, ambient noise, and willingness to spend time and money in a restaurant, <https://doi.org/10.1121/1.5055018>, September 2018.

Bradley, J. S. Proceedings of the International Symposium on Room Acoustics, ISRA 2010, 29-331 August 2010, Melbourne, Australia, pp. 1-8, 2010-08-29. Review of objective room acoustics measures and future needs.

Cherry E. Colin - Some Experiments on the Recognition of Speech, with One and with Two Ears The Journal of the Acoustical Society of America 25, 975 (1953); doi: 10.1121/1.1907229.

Clark J Harvie, N Dobinson, F Larrieu, Proceedings of the Institute of Acoustics USE OF G AND C50 FOR CLASSROOM DESIGN vol.36 pt3, 2014 UK.

Jedidi M., A. Boulila Acoustic study of an auditorium by the determination of reverberation time and speech transmission index Int. J. Architect. Eng. Urban Plan, 26(1): 25-32, June 2016.

Korn, T. S., 1954. Effect of psychological feedback on conversational noise reduction in rooms. The Journal of the Acoustical Society of America 26 (5), 793–794.

Lazarus H. Prediction of Verbal Communication in Noise - A review: Part 1, *Applied Acoustics*, Vol 19 (6), 1986, pp. 439-464.

Lazarus, H. Prediction of Verbal Communication in Noise - A Development of Generalized SIL Curves and 507 the Quality of Communication (Part 2). *Appl. Acoustics* 1987, 20, 245-261.

Rhebergen, K. S., & Versfeld, N. J. (2005). A Speech Intelligibility Index-based approach to predict the speech reception threshold for sentences in fluctuating noise for normal-hearing listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 117(4 pt 1), 2181-2192.

Rindel J.H. Verbal communication and noise in eating establishments. *Applied Acoustics* 71, 2010, 1156-1161.

Rindel, J.H. Acoustical capacity as a means of noise control in eating establishments. *Proc. of BNAM 2012*, pp 2-5, pp 6-8, pp 21-25 Odense, Denmark, 18-20 June 2012.

Rindel, J.H. Christensen, C.L.; Gade A.C. Dynamicsound source for simulating the Lombard effect in room acoustic modeling software. *Proc. of InterNoise*, pp 3-5 pp 11-12 New York City, USA, 19–22 August 2012.

Rindel, J.H. The acoustics of places for social gatherings. (Plenary). *Proceedings of EuroNoise 2015*, Maastricht, the Netherlands, 31 May – 3 June 2015, 2429-2436. (ISSN 2226-5147).

Rindel, J.H. Restaurant Acoustics – the Science behind Verbal Communication in Eating Establishments. *Preprints 2017*, 2017120011 (doi: 10.20944) pp 7-8 , pp 4.

Rindel, J.H. Restaurant acoustics–Verbal communication in eating establishments *International e-Journal of the European Acoustics Association (EAA)* Vol. 7 January 2019 No.1-, pp 2. pp 8-9.

Steeneken E.M, SA. J.. van Wijngaarden, and JA. A.. Verhave, "The Evolution of the Speech Transmission Index," Paper 8315, (2011 May.)

UTAMI Sentagi Sesotya; Joko SARWONO; Nurwachid Al ROCHMADI; Nanan SUHERI Speech Privacy and Intelligibility in Open-Plan Offices as an Impact of Sound-Field Diffuseness Internoise 2014.

Whitlock.J. New Zealand Acoustics, vol. 25, no. 2, pp. 14-17, 2012 - Understanding the Lombard Effect.

Kılavuzlar ve Standartlar

American National Standards Institute. ANSI S3.5-1997. Methods for the Calculation of the Speech Intelligibility Index. New York: Acoustical Society of America, 1997.

ISO 3382-1 (2009) Acoustics—Measurement of Room Acoustic Parameters—Part I: Performance Spaces. International Organization for Standardization.

ISO 9921: (2003) Ergonomics — Assessment of speech communication. International Organization for Standardization, 1st Edition.

Rindel, J.H. Odeon Application Note – Restaurants July, 2012.

Sound system equipment - Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index (IEC 60268-16:2011).

Stout Justin. Cambridge Sound Management, Inc. Speech Privacy Standards, Tech Notes 2015.

İnternet Kaynağı

<https://www.hear-it.org/the-mystery-of-the-cocktail-party-effect-solved>

EKLER

EK 1. Modelde Kullanılan Malzemelerin Frekanslara Göre Emicilik Değerleri

Odeon Kodu	63hz	125hz	250hz	500hz	1000hz	2000hz	4000hz	8000hz	Alfa Değeri
14337	0.00300	0.00500	0.01000	0.02500	0.01800	0.01200	0.01500	0.01100	0.05 α_w
6001	0.02000	0.02000	0.02000	0.04000	0.05000	0.05000	0.10000	0.10000	0.05 α_w
14323	0.08000	0.15000	0.27000	0.60000	1.00000	1.00000	0.96000	0.62000	0.55 α_w
4042	0.08000	0.08000	0.11000	0.05000	0.03000	0.02000	0.03000	0.03000	0.05 α_w
4047	0.16000	0.16000	0.15000	0.07000	0.08000	0.05000	0.06000	0.06000	0.10 α_w
4049	0.26000	0.26000	0.20000	0.10000	0.07000	0.04000	0.07000	0.07000	0.10 α_w
11006	0.44000	0.44000	0.60000	0.77000	0.89000	0.82000	0.70000	0.70000	0.80 α_w
10005	0.18000	0.18000	0.06000	0.04000	0.03000	0.02000	0.02000	0.02000	0.05 α_w
2001	0.01000	0.01000	0.01000	0.01000	0.01000	0.02000	0.02000	0.02000	0.00 α_w
10007	0.14000	0.14000	0.10000	0.06000	0.08000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10 α_w
101	0.01000	0.01000	0.01000	0.02000	0.02000	0.02000	0.05000	0.05000	0.05 α_w
14341	0.10000	0.40000	0.90000	1.00000	1.00000	0.95000	0.85000	0.90000	1.00 α_w
14342	0.10000	0.20000	0.62000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.90 α_w
8010	0.14000	0.14000	0.35000	0.55000	0.72000	0.70000	0.65000	0.65000	0.60 α_w
14315	0.13000	0.30000	0.83000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00 α_w
7007	0.09000	0.09000	0.08000	0.21000	0.26000	0.27000	0.37000	0.37000	0.25 α_w
14317	0.05000	0.12000	0.60000	0.80000	0.90000	0.97000	1.00000	1.00000	0.85 α_w

EK 2. Modelde Kullanılan Malzemelere ilişkin Bilgiler

Odeon Kodu	Malzeme	Yüzey Alanı ve 63hz-8khz Alfa Değeri α_w
14337	Epoksi	114.8 m ² -0.05 α_w
6001	Layer of rubber (Perdenin arkası sahne)	53.3 m ² -0.05 α_w
14323	30mm soni 591/O poliester(Perdenin arkası sahne)	63.2 m ² -0.55 α_w
4042	Plasterboard on frame,13 mm boards, 100 mm empty cavity	53.0 m ² -0.05 α_w
4047	13mm plaster on 25mm Studs (No mineral wool)	56.6 m ² -0.10 α_w
4049	13 mm plaster on 25mm studs (With mineral wool)	250.8 m ² -0.10 α_w
11006	Empty chairs, upholstered with cloth cover	25.6 m ² -0.80 α_w
10005	Glass, large panes	107.4 m ² -0.05 α_w
2001	Marble or glazed tile	54.9 m ² -0.00 α_w
10007	Solid wooden door (Giriş kapı & dikdörtgen masa)	4.5 m ² -0.10 α_w
101	Smooth unpainted concrete	77.6 m ² -0.05 α_w
14341	Arkası 50mm taş yünü kaplı delikli Mdf Panel	56.6 m²-1.00 α_w
14342	38mm Sona Spray K-13	250.8 m²-0.90 α_w
8010	Drapes, heavy velour	29.5 m ² -0.60 α_w
14315	50mm Knauf acoustic board taşıyünü Baffle	281.8 m²-1.00 α_w
7007	10 mm soft carpet on concrete	114.8 m²-0.25 α_w
14317	Akustik duvar kağıdı ADAWALL	53.0 m²-0.85 α_w

ÖZGEÇMİŞ

Adı : **UMUT**

Soyadı : **TOSUNLAR**

Eğitim

- Yüksek Lisans: Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Müzik Teknolojisi Bilim Dalı / 2022
- Lisans: Hacettepe Üniversitesi Ankara Devlet Konservatuvarı, Müzik Bölümü, Caz Anasanat Dalı-Piyano / 2016
- Lise: Işıl Saygın Anadolu Güzel Sanatlar Lisesi-İzmir / 2010

İş

- Yaşar Üniversitesi Sanat ve Tasarım Fakültesi, Müzik Bölümü, Yarı Zamanlı Eğitimci-Caz piyano ve Armoni 2021-2022
- We.III Albümü için Performans ve Prodüktörlük 2021
- Megapol Group-Çarşıkule için Ses Kayıt Stüdyosu Tasarım ve Uygulama 2020
- Hacettepe Üniversitesi Ankara Devlet Konservatuvarı, Müzik Bölümü, Caz Anasanat Dalı Öğretim Görevlisi-Caz Piyano ve Armoni 2016-2018

Projeler ve konserler

- Four Seasons Hotel, Jazz Performance – Amman/Jordan (January-March 2022)
- Kıbrıs Uluslararası Klasik Müzik festivali Mihriban Aviral Latin jazz Project (Mayıs,2018)
- 21. Ankara Uluslararası Caz Festivali Mihriban Aviral latin jazz Project (Mayıs,2017)
- Trabzon Haftası kapsamında modern aranjmanlarla yöresel Rum türküleri konseri. Düsseldorf / Almanya (Kasım,2016)
- Türk Haftası kapsamında İzmir TRT radyo sanatçılarıyla Türk Sanat Müziği konseri Stuttgart - Tübingen /Almanya (Eylül,2014)
- İKSV Genç Caz kapsamında 22.İstanbul Caz Festivali (Temmuz,2014)
- Türk Caz Haftası Kosova/Pristina (Nisan,2014)
- İzmir Uluslararası Caz Kampı (Haziran,2013)

- ReGeneration – Music Acrossages. AB öğrenci değişim programı Utrecht / Holland (Kasım,2012)
- Uluslararası Koro Festivali. Venedik / İtalya (Mayıs,2010)

Atölye ve Seminer

- Türk Akustik Derneği Temel Akustik ‘Gürültü ve Titreşim Kontrolü’ Seminerinde, Çevrimiçi Katılımcı (Mayıs,2022)
- Aydın Esen Caz Doğaçlama ve Ensemble, Katılımcı (Mayıs,2017)
- Ankara’da Amerika Büyük Elçiliği’nin desteği ile birlikte yürütülen “NAZ YAPMA – CAZ YAP” adlı proje ile ‘Büyük Hanlı Kardeşler Orta Okulu, Balgat Anadolu Teknik Meslek Lisesi, Ankara A.G.S.L , Hacettepe Üniversitesi Ankara Devlet Konservatuvarı’ olmak üzere caz tarihi ve caz doğaçlama üzerine atölye, Yönetici (Ekim,2016)