

57552



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

# KAPALI BİR MEKANIN DEĞİŞİK NOKTALARINDAKİ SES DÜZEYLERİNİN HESAP VE ÖLÇME YOLU İLE BELİRLENEREK AYRIMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

F.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Mimar Gülçin KOÇAN

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç.Dr.Zerhan Karabiber

İSTANBUL, 1996

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SEMBOL LİSTESİ	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
ÇİZELGE LİSTESİ	v
GRAFİK LİSTESİ	vii
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
2. İÇ MEKANLARDA SES DÜZEYİ VE HESAP YÖNTEMLERİ	3
2.1. Dolaysız Ses Düzeyi	3
2.1.1. Dolaysız Sesin Doğrultululuk Çarpanına Bağlı Değişimi	4
2.2. Yansımış Ses Düzeyi	6
2.2.1. Yansımış Ses Düzeyinin Hacim Sabitine Bağlı Değişimi	7
2.2.2. Yansımış Ses Düzeyinin Toplam Yutuculuğa Bağlı Değişimi	7
2.3. Toplam Ses Düzeyi	7
3. SES ÖLÇMELERİ	11
3.1. Ses Ölçme Sistemi	11
3.2. Ses Ölçme Yöntemleri	12
4. KAPALI BİR MEKANIN DEĞİŞİK NOKTALARINDAKİ SES DÜZEYLERİNİN HESAP VE ÖLÇME YOLU İLE BELİRLENMESİNDE İZLENECEK YÖNTEM	14
4.1. Hacimlerin Seçimi, Tanıtımı	14
4.2. Kabuller ve Yöntem	28

5. HACİMLERDE SES DÜZEYİ DAĞILIMLARININ, HESAP VE ÖLÇME YOLU İLE İLGİLİ BELİRLEMELERİ	32
5.1. Seçilmiş Hacimlerde Hesap Yolu ile Ses Düzeyi Dağılımlarının Belirlenmesi	32
5.1.1. Hacimlerde Hesap Yöntemi ile Uzaklığa Göre Ses Düzeyi Dağılımları ve Karşılaştırılması	45
5.1.2. Hacimlerde Hesap Yöntemi ile Frekansa Göre Ses Düzeyi Dağılımları ve Karşılaştırılması	46
5.2. Seçilmiş Hacimlerde Ölçme Yolu ile Ses Düzeyi Dağılımlarının Belirlenmesi	48
5.2.1. Hacimlerde Ölçme Yöntemi ile Uzaklığa Göre Ses Düzeyi Dağılımları ve Karşılaştırılması	64
5.2.2. Hacimlerde Ölçme Yöntemi ile Frekansa Göre Ses Düzeyi Dağılımları ve Karşılaştırılması	65
5.3. Hacimlerde Hesap ve Ölçme Yöntemi ile Belirlenmiş Ses Düzeylerinin Karşılaştırma ve Değerlendirilmesi	68
5.3.1. Hacimlerde Hesap ve Ölçme Yöntemi ile Uzaklığa Göre Ses Düzeyleri Dağılımları ve Karşılaştırılması	68
5.3.2. Hacimlerde Hesap ve Ölçme Yöntemi ile Frekansa Göre Ses Düzeyleri Dağılımları ve Karşılaştırılması	74
6. SONUÇ	86
KAYNAKLAR	88
EK: I.	89
ÖZGEÇMİŞ	97

## SEMBOL LİSTESİ

A	:	Toplam yutuculuk, (sabine m <sup>2</sup> )
D	:	Doğrultululuk çarpanı
P	:	Kaynak gücü, ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )
S,	:	Bir hacmin iç yüzey toplam alanı, (m <sup>2</sup> )
$\bar{a}$	:	Yutma çarpanı



## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Tek bir hoparlöre göre doğrultululuk değişimleri	5
Şekil 2.2. Çok hoparlörlü düzenin doğrultululuk fonksiyonu	5
Şekil 4.3. Y.T.Ü. Alpay aşkun Audio Salonu, plan	20
Şekil 4.4. Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu, kesit	21
Şekil 4.5. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu, plan	23
Şekil 4.6. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu, kesit	24
Şekil 4.7. Y.T.ü. Yeni Konferans Salonu, plan	26
Şekil 4.8. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu, kesit	27
Şekil Ek 9. Boş eşyasız hacmin şeması	89

## ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa	
Çizelge 2.1.	Doğrultululuk çarpanı ve göstergesi değerleri	4
Çizelge 4.2.	Çalışılan salonların özellikleri	16
Çizelge 4.3.	Y.T.Ü. Alpay aşkun Audio Salonu içindeki nesnelere ve frekanslarına göre yutuculukları	19
Çizelge 4.4.	Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu içindeki nesnelere ve frekanslarına göre yutuculukları	22
Çizelge 4.5.	Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu içindeki nesnelere ve frekanslarına göre yutuculukları	25
Çizelge 5.6.	Y.T.Ü. AlpayAşkun Audio Salonu ses düzeyi hesapları	33
Çizelge 5.7.	Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu ses düzeyi hesapları	36
Çizelge 5.8.	Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu ses düzeyi hesapları	41
Çizelge 5.9.	Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu Fon Gürültüsü ölçmeleri	49
Çizelge 5.10.	Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu Fon Gürültüsü ölçmeleri	50
Çizelge 5.11.	Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu Fon Gürültüsü ölçmeleri	52
Çizelge 5.12.	NR35 değerleriyle Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu Fon Gürültüsü ölçmelerinin karşılaştırılması	55
Çizelge 5.13.	NR35 değerleriyle Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu Fon Gürültüsü ölçmelerinin karşılaştırılması	56
Çizelge 5.14.	NR35 değerleriyle Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu Fon gürültüsü ölçmelerinin karşılaştırılması	57
Çizelge 5.15.	Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonunda yapılan ölçmeler	59

Çizelge 5.16.	Y.T.Ü. Eski Konferans Salonunda Yapılan Ölçmeler	60
Çizelge 5.17.	Y.T.Ü. yeni Konferans Salonunda yapılan ölçmeler	62
Çizelge 5.18.	Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonunda hesaplanan ve ölçülen ses düzeyleri	69
Çizelge 5.19.	Y.T.Ü. Eski Konferans Salonunda hesaplanan ve ölçülen ses düzeyleri	70
Çizelge 5.20.	Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonunda hesaplanan ve ölçülen ses düzeyleri	72
Çizelge 5.21.	Y.T.Ü. AlpayAşkun Audio Salonunda noktalar arası ses düzeyi farkı	73
Çizelge 5.22.	Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu noktalar arası ses düzeyi farkı	73
Çizelge 5.23.	Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu noktalar arası ses düzeyi farkı	73
Çizelge 5.24.	Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonunda yapılan ölçmeler ve hesaplar	76
Çizelge 5.25.	Y.T.Ü. Eski Konferans Salonunda yapılan ölçmeler ve hesaplar	77
Çizelge 5.26.	Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonunda yapılan ölçmeler ve hesaplar	81
Çizelge Ek 27.	Değişik ölçüm cinslerindeki düzeltmeler	91
Çizelge Ek 28.	Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu beyaz gürültü ölçmeleri	92
Çizelge Ek 29.	Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu beyaz gürültü ölçmeleri	93
Çizelge Ek 30.	Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu beyaz gürültü ölçmeleri	95

## GRAFİK LİSTESİ

	Sayfa
Grafik 2.1. Oranları 1:1,5:2 olan bir hacim için istatistiksel ortalama yutma çarpanları ve hacim sabitinin ilişkisi	8
Grafik 2.2. Dolaysız ses düzeyi, yansımış ses düzeyi ve toplam ses düzeyi gösterimi	10
Grafik 2.3. Optimum reverberasyon süreleri	18
Grafik 4.4. FFT sisteminin, beyaz ve pembe gürültüye etkisi	30
Grafik 5.5. Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonunda, kaynaklanan 1 m. uzaklıkta ses düzeyi hesabı	34
Grafik 5.6. Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonunda, kaynaktan 5.75 m. uzaklıkta ses düzeyi hesabı	34
Grafik 5.7. Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonunda, kaynaktan 9.25 m. uzaklıkta ses düzeyi hesabı	34
Grafik 5.8. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonunda B-B ve A-A kesiti doğrultusunda kaynaklanan 4,5 m. uzaklıkta ses düzeyi hesabı	37
Grafik 5.9. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonunda B-B ve A-A kesiti doğrultusunda kaynaktan 13 m. uzaklıkta ses düzeyi hesabı	37
Grafik 5.10. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonunda, B-B kesiti doğrultusunda kaynaktan 13 m uzaklıkta ses düzeyi hesabı	37
Grafik 5.11. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonunda A-A kesiti doğrultusunda kaynaktan 19 m. uzaklıkta ses düzeyi hesabı	38
Grafik 5.12. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu, C-C kesiti doğrultusunda kaynaktan 5 m. uzaklıkta ses düzeyi hesabı	38

	Sayfa
Grafik 5.13. Y.T.Ü. Eski Eski Konferans Salonu, C-C kesiti doğrultusunda kaynaktan 8 m. uzaklıkta ses düzeyi hesabı	38
Grafik 5.14. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu, C-C kesiti doğrultusunda kaynaktan 10,5 m. uzaklıkta ses düzeyi hesabı	39
Grafik 5.15. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu, A-A kesiti doğrultusunda kaynaktan 3,7 m. uzaklıkta ses düzeyi hesabı	42
Grafik 5.16. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu, A-A kesiti doğrultusunda kaynaktan 9.2 m uzaklıkta ses düzeyi hesabı	42
Grafik 5.17. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu, A-A kesiti doğrultusunda kaynaktan 11,7 m. uzaklıkta ses düzeyi hesabı	42
Grafik 5.18. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu, B-B kesiti doğrultusunda kaynaktan 2,5 m. uzaklıkta ses düzeyi hesabı	43
Grafik 5.19. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu, B-B kesitidoğrultusunda kaynaktan 6,6 m. uzaklıkta ses düzeyi hesabı	43
Grafik 5.20. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu, B-B kesiti doğrultusunda kaynaktan 9,1 m. uzaklıkta ses düzeyi hesabı	43
Grafik 5.21. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu, C-C kesiti doğrultusunda kaynaktan 4 m. uzaklıkta ses düzeyi hesabı	44
Grafik 5.22. Y.T.Ü. yeni Konferans Salonu, C-C kesiti doğrultusunda kaynaktan 8,8 m. uzaklıkta ses düzeyi hesabı	44
Grafik 5.23. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu, C-C kesiti doğrultusunda kaynaktan 11,8 m. uzaklıkta ses düzeyi hesabı	44
Grafik 5.24. Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu, tayfa göre fon gürültüsü ölçmeleri	49
Grafik 5.25. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu, tayfa göre fon gürültüsü ölçmeleri	51
Grafik 5.26. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu, tayfa göre fon gürültüsü ölçmeleri	53

	Sayfa
Grafik 5.27. NR 35 değerleriyle Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu fon gürültüsü ölçmesinin karşılaştırılması	55
Grafik 5.28. NR35 değerleriyle Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu fon gürültüsü ölçmesinin karşılaştırılması	56
Grafik 5.29. NR35 değerleriyle Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu fon gürültüsü ölçmesinin karşılaştırılması	57
Grafik 5.30. Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonunda yapılan ölçmeler	59
Grafik 5.31. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonunda yapılan ölçmeler	61
Grafik 5.32. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonunda yapılan ölçmeler	63
Grafik 5.33. Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonunda hesaplanan ve ölçülen ses düzeyleri	69
Grafik 5.34. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonunda hesaplanan ve ölçülen ses düzeyleri	70
Grafik 5.35. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonunda hesaplanan ve ölçülen ses düzeyleri	72
Grafik 5.36. Y.T.Ü. Alpay Aşkun Salonu, A <sub>1</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	76
Grafik 5.37. Y.T.Ü. Alpay Aşkun Salonu, A <sub>3</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	76
Grafik 5.38. Y.T.Ü. Alpay Aşkun Salonu, A <sub>5</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	76
Grafik 5.39. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu, A <sub>1</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	78
Grafik 5.40. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu, A <sub>4</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	78
Grafik 5.41. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu, A <sub>6</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	78
Grafik 5.42. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu, B <sub>1</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	79
Grafik 5.43. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu, B <sub>4</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	79
Grafik 5.44. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu, B <sub>6</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	79
Grafik 5.45. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu, C <sub>1</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	80

	Sayfa
Grafik 5.46. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu, C <sub>2</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	80
Grafik 5.47. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu, C <sub>3</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	80
Grafik 5.48. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu, A <sub>1</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	82
Grafik 5.49. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu, A <sub>3</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	82
Grafik 5.50. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu, A <sub>5</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	82
Grafik 5.51. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu, B <sub>1</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	83
Grafik 5.52. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu, B <sub>3</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	83
Grafik 5.53. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu, B <sub>5</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	83
Grafik 5.54. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu, C <sub>1</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	84
Grafik 5.55. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu, C <sub>3</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	84
Grafik 5.56. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu, C <sub>5</sub> noktasında ölçme ve hesaplar	84
Grafik Ek 57. Y.T.Ü. Alpay Aşkun Salonunda yapılan tayfa göre beyaz gürültü ölçümleri	92
Grafik Ek 58. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonun yapılan tayfa göre beyaz gürültü ölçümleri	94
Grafik Ek 59. Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonunda yapılan tayfa göre beyaz gürültü ölçümleri	

## ÖZET

Mimari akustiğin bir bölümü olan hacim akustiğinde tasarım aşamasında salonların, hem fiziksel özellikleri hem de kullanım amaçları gözönüne alınarak incelenmelidir.

Mevcut bir hacmin akustik kalitesini yükseltmek veya tasarım aşamasındaki bir salonun yönlendirilebilmesi açısından yapılan hesaplar kaçınılmazdır. Ancak, hemen her zaman, hesaplarla gerçek durum arasında farklar oluşur. Hesaplamalarda kullanılan verilerin, örneğin yutma çarpanlarının eksikliği, yetersizliği ya da bunlardaki küçük hatalar, hacimde yayınlığın öngörüldüğü biçimde olmaması, uygulamadaki değişimler ve benzeri nedenler ile hesap yöntemlerindeki aksaklıkları salonlarda, hesapla öngörülen akustik ortamın oluşturulamamasına neden olabilir.

Bir hacmin, akustik olarak algılanmasında çok önemli bir etkisi olan ses düzeyi, bu çalışmanın konusu olarak seçilmiştir. Bu verilerin ışığında bu çalışmanın amacı, hacim akustiğinin ilgi alanına giren salonlarda, ses düzeyi açısından hesap ve ölçme arasındaki ilişkiyi ortaya koymak olarak belirlenmiştir.

Çalışmada öncelikle, mekanlardaki ses düzeyi ile ilgili ölçme ve hesaplama yöntemleri ve ses ölçme sistemi açıklanmış; çalışmada yararlanılacak hesaplama ve ölçme biçimi belirlenmiş, mekanların tanıtımı yapılmış ve kullanılacak kabul ve yöntemler anlatılmıştır. Bunun ardından, seçilen salonların, fiziksel özellikleri ve kullanım amaçları gözönüne alınarak, bu çalışmanın konusu olan ses düzeyi ile ilgili hesaplamalar ve ölçümler yapılmıştır. Bunun sonucunda hacimlerdeki ses düzeyi hesaplarıyla, ölçümleri yani hesaplarla gerçek durum arasında farkların çıktığı görülmüştür. Buna göre bu verilerin tasarım halindeki salonların planlanmasının yönlendirilmesi ve mevcut salonların iyileştirilmesi için yararlanılacak sonuçlar ortaya konmuştur.

## **SUMMARY**

Volume acoustics which is an important component of architectural acoustics should be examined keeping in mind both the physical features and the aims of usage in the design phase of saloons.

It is inevitable that some calculations should be made during the design phase of a saloon in order to increase the acoustic quality of an already existing volume. On the other hand, almost always there occurs a difference between the calculations and the reality. The data being used in the calculations might lead to some deviations, for example there might be deficiency, imperfection or some small mistakes in the absorption coefficients, or the diffusion of volume might be different than the anticipated, or even the changes in the application and mistakes being made in the calculations might end up in an inability to form the acoustic environment in the saloons anticipated by the calculations. In such a case, the difference between the calculations and the measurements would reveal this deviation although it will not be a certainty.

The sound level which has an important impact on the acoustic perception of volume was chosen as the subject matter of this work. The aim of this project will be to reveal the relation between calculation and measurement regarding the sound level in the saloons that are relevant to volume acoustics using the foretold data.

During the course of this activity, the calculation and measurement methods regarding the sound level and sound measurement systems were explained; the measurement and calculation methods to be used were defined; a demonstration of the saloons were made and finally the methods to be used were explained. Then, considering the physical properties and the aim of usage of the foretold saloons, calculations and measurements about the sound level were made which being the aim of this activity. As a result, it was realized that there was a deviation between the calculations in the sound level of volumes and the measurements which reveal the difference between the calculations and the reality. Therefore it can be stated that the realized facts will help in the planning of saloons in the design phase and also have impact in the improvement of the already existing saloons.

## 1. GİRİŞ

Mimari akustik genelde yapı akustiği ve hacim akustiği olarak iki ana başlık altında ele alınan, akustik dalıdır. Hacim akustiği, bir mekanda oluşturulan seslerin (konuşma ve müzik), dinleyicilere, en uygun biçimde iletilebilmesi konularını kapsar. Günümüzde hacim akustiğinde, kuramsal çalışmaların yanı sıra ölçmelerden de sıklıkla yararlanılmakta ve kapalı mekanlarda algılanan seslerin, öznel ve nesnel özelliklerinin belirlenmesinde ölçme yöntemleri de kullanılmaktadır.

Hacim akustiğinde, tasarım aşamasında salonların hem büyüklük, biçim gibi fiziksel özellikleri hem de kullanım amaç ve/ya da amaçları gözönüne alınarak incelemeler yapılmalıdır. Her salon için yansım süresi, sesin sönmesi, gelişmesi ve gelişmedeki düzen, hacmin öz frekanslarının dağılışı, dinleyicinin ses kaynağının yerini yani doğrultusunu ve uzaklığını algılayabilmesi gibi insanların işitsel duyulanmalarının yetkinleştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmalı ve yeterli belirleyicilik ortaya konmalıdır.

Hacmin akustik kalitesini yükseltmek için yapılan hesaplar, tasarımın yönlendirilmesi açısından kaçınılmazdır. Ancak, hemen her zaman, her konuda ve durumda olduğu gibi, hesaplarla gerçek durum arasında farklar oluşur. Hesaplamalarda kullanılan verilerin, örneğin yutma çarpanlarının eksikliği, yetersizliği ya da bunlardaki küçük hatalar, hacimde yayınlığın öngörüldüğü biçimde olmaması, uygulamadaki değişimler ve benzeri nedenler hesap yöntemlerindeki aksaklıkları salonlarda, hesapla öngörülen akustik ortamın oluşturulamamasına neden olabilir. Bu durum tam bir kesinlik taşımasa da, hesap ve ölçme arasındaki ayrımlarla ortaya çıkar ya da belirlenir. Bir hacmin akustik değerlendirilmesinde kullanılan pek çok ölçüt söz konusudur. Gelişen ölçme teknolojisi, kuramsal ölçütlerin ölçülebilirliklerini sağlamakta ve giderek ölçmelerdeki duyarlılık da artmaktadır. Bu durum ölçme ve hesap arasındaki ilişkinin sağlamlaştırılmasına da yardımcı olmaktadır.

Bir hacmin, akustik olarak algılanmasında çok önemli bir etkisi olan ses düzeyi, bu çalışmanın konusu olarak seçilmiştir. Bu verilerin ışığında bu çalışmanın amacı, hacim akustiğinin ilgi alanına giren salonlarda, ses düzeyi açısından hesap ve ölçme

arasındaki ilişkiyi ortaya koymak olarak belirlenmiştir. Bu amaca ulaşmak için seçilecek salonlarda hesap ve ölçmeler yapılarak karşılaştırılacak ve değerlendirilecektir.

Bu alışma için seçilen salonlar, kullanım amacı konuşma olan, Y.T.. kampüsü içinde yer alan, Alpay Aşkun Audio Salonu, Eski Konferans Salonu ve Yeni Konferans Salonudur.

Tez çalışmasında öncelikle, toplam ses düzeylerinin bağlı olduğu değişkenler olan, mekanlardaki ses düzeyi ele alınarak, bunlarla ilgili ses düzeyi lme ve hesaplama yöntemleri ve ses lme sistemi açıklanacaktır; çalışmada yararlanılacak hesaplama ve lme biçimi belirlenecek, mekanların tanıtımı yapılacak ve kullanılacak kabul ve yöntemler anlatılacaktır. Bunun ardından, seçilen salonların, büyüklük, biçim gibi fiziksel özellikleri ve kullanım amaçları gözönüne alınarak, bu çalışmanın konusu olan ses düzeyi ile ilgili hesaplamalar ve ölçümler yapılacaktır. Böylelikle elde edilen verilerden yararlanılarak hesap ve lme arasındaki ilişki incelenecek ve değerlendirilecektir.

## 2. İÇ MEKANLARDA SES DÜZEYİ VE HESAP YÖNTEMLERİ

Bu bölümde öncelikle toplam ses düzeyinin bağlı olduğu değişkenler ele alınacak ardından bunlarla ilgili hesaplama biçimleri açıklanacaktır.

Kapalı bir hacim ile açık hava, ses alanları bakımından ayrı özellikler gösterir. Açık havada ses alanı büyük oranda doğrultuludur. Yani bir ses kaynağından yayılan sesler belli bir uzaklıktaki birim hacimden, belli baskın doğrultusu olan ses ışınları biçiminde geçer. Buna 'doğrultulu ses alanı' denir. Kapalı bir hacimde ise, iç yüzeylerden peşpeşe yansımalar sonucu, ses kaynağından belli bir uzaklıktaki birim hacimden değişik doğrultuda ses ışınları geçer. Buna da 'yayınık ses alanı' denir.

Kapalı bir hacimde ses alanı, doğrultulu ses ve yayınık ses alanlarından oluşur. Ses alanının yayınıklık ya da doğrultululuk özelliği, ses kaynağına olan uzaklık ile de değişecektir.

### 2.1. Dolaysız Ses Düzeyi

Kaynaktan doğrudan yani hiç bir yüzeyden yansımadan alıcıya gelen ses dolaysız sesdir. Dolaysız sesin oluşturduğu ses düzeyi, ses kaynağının gücüne ve alıcı ile ses kaynağı arasındaki uzaklığa bağlı olarak değiştiği için, birim yüzeye düşen enerji uzaklığın karesi ile azalır.

Küre yüzeyi  $4\pi r^2$  olduğuna göre, kaynak gücü P olan bir ses kaynağından, r uzaklığında bulunan bir noktadaki dolaysız sesin yeğlinliği aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir.

$$I_d = \frac{W.D}{4\pi r^2} \quad (\text{Denklem 2.1})$$

W = Ses kaynağının akustik gücü ( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )

D = Doğrultuluk çarpanı

$I_d$  = Dolaysız sesin yeğlinliği ( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )

r = Ses kaynağına olan uzaklık (m)

### 2.1.1. Dolaysız Sesin Doğrultuluk Çarpanına Bağlı Değişimi

Bir kaynağın doğrultululuğu, aşağıda tanımlanan boyutsuz birim olan, doğrultululuk çarpanı D, ile tanımlanır.

$$D_t = \frac{I}{I_{re}} \quad (\text{Denklem 2.2})$$

I = Doğrultululuğun belirlenmek istendiği doğrultuda, kaynaktan belli bir uzaklıkta ölçülen yeğlilik ( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )

$$I_{re} = \frac{W.D}{4\pi r^2} \quad \text{olarak tanımlanan referans yeğlilik } (\mu\text{W}/\text{m}^2)$$

dB cinsinden doğrultululuk göstergesi aşağıdaki eşitlikte ifade edilir.

$$d = 10\log_{10} D \quad (\text{Denklem 2.3})$$

Doğrultululuk çarpanı değerleri, kaynağın yönlendiriciliğine bağlı olarak 1 ile daha büyük sayılar arasında değişir. Doğrultululuk aynı zamanda kaynağın yerine de bağlıdır. Çizelge 2.1'de doğrultululuk çarpanı ve göstergesi değerleri yer almaktadır.

Kaynak Konumu	Doğrultululuk Çarpanı(D)	Doğrultululuk Göstergesi(d)
Serbest yani döşeme ile tavan arasında asılı	1	0
Düzlem düzeyde, örnek:döşemede	2	3
İki dik yüzeyin kesişme noktasında örnek:döşeme ve duvar	4	6
Üç dik yüzeyin kesişme noktasında örnek:köşede	8	9

ÇİZELGE 2.1



Lineer düzendeki hoparlörlerin doğrultululuk fonksiyonu Denklem 2.4'teki eşitlikte gösterilir.

$$\Gamma(\varnothing) = \frac{\sin\left(\frac{1}{2} \cdot N \cdot k \cdot \sin \varnothing\right)}{N \cdot \sin\left(\frac{1}{2} \cdot N \cdot k \cdot \sin \varnothing\right)} \quad (\text{Denklem 2.4})$$

- N = ilk kullanılan sistem elemanlarının sayısı  
ϕ = ışınal yayılımın normal ile yaptığı açı  
k = yayma sabiti  
d = uzaklık

## 2.2. Yansımış Ses Düzeyi

Kapalı bir hacimde, belli bir ses kaynağından yayılan ses, iç yüzeylerden peşpeşe yansımalar sonucunda kuramsal olarak hemen hemen doğrultusuz duruma gelir ve yayınık ses alanı oluşur.

Yansımış ses, ses kaynağı ile ilgili olmayan pek çok doğrultudan gelen ve düzeyleri de birbirinden çok farklı olan çok sayıda yansıyan sestten oluşur. Yansımış sesin oluşturduğu ses düzeyi, ses kaynağının gücüne ve hacmin toplam yutuculuğuna bağlı olup, kuramsal olarak tam yayınık alanda, bir noktadan ötekine değişmez.

Kapalı bir hacimde, yansımış sesin oluşturduğu ses düzeyi Denklem 2.5 ve 2.6'daki eşitlikler ile iade edilir.

$$1- I_y = \frac{4 \cdot W}{A} \quad (\text{Denklem 2.5})$$

- W = Ses kaynağının akustik gücü ( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )  
I<sub>y</sub> = Yansımış ses düzeyi ( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )  
A = Hacmin toplam yutuculuğu (sabine,  $\text{m}^2$ )

$$2- I_y = \frac{4.W}{A} \quad (\text{Denklem 2.6})$$

$$R = \frac{S.\bar{a}}{1-\bar{a}} \quad (\text{Denklem 2.7})$$

R = Hacim sabiti (m<sup>2</sup>)

S = Alan (m<sup>2</sup>)

a = Ortalama yutuculuk

### 2.2.1. Yansımış Ses Düzeyinin Toplam Yutuculuğa Bağlı Değişimi

Bir hacmin toplam yutuculuğu, tam yutucu (% 100 yutucu) yüzey alanı cinsinden verilir.

Toplam yutuculuğun simgesi A, birimi sabine, m<sup>2</sup>'dir. Toplam yutuculuk, bir hacimde üç ayrı tür yutuculuğun toplamıdır.

$$A = A_y + A_b + A_h \quad (\text{Denklem 2.8})$$

A = Hacimdeki toplam yutuculuk

A<sub>y</sub> = Hacimdeki yüzeylerin toplam yutuculuğu

A<sub>b</sub> = Hacimdeki birimsel nesnelerin (insan, eşya vb.) toplam yutuculuğu

A<sub>h</sub> = Hacmin havasının yutuculuğu

Denklem 2.8'den de anlaşılacağı gibi iç mekanlarda yansımış ses düzeyi hacmin toplam yutuculuğuna bağlı olarak değişim gösterir.

### 2.2.2. Yansımış Ses Düzeyinin Toplam Yutuculuğa Bağlı Değişimi

Bir hacmin, hacim sabiti, belli bir hacmin, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>...S<sub>n</sub> yüzeylerinin a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>...a<sub>n</sub> yutma çarpanlarının ortalaması olan ortalama yutma çarpanına karşılık gelen bir değerdir.

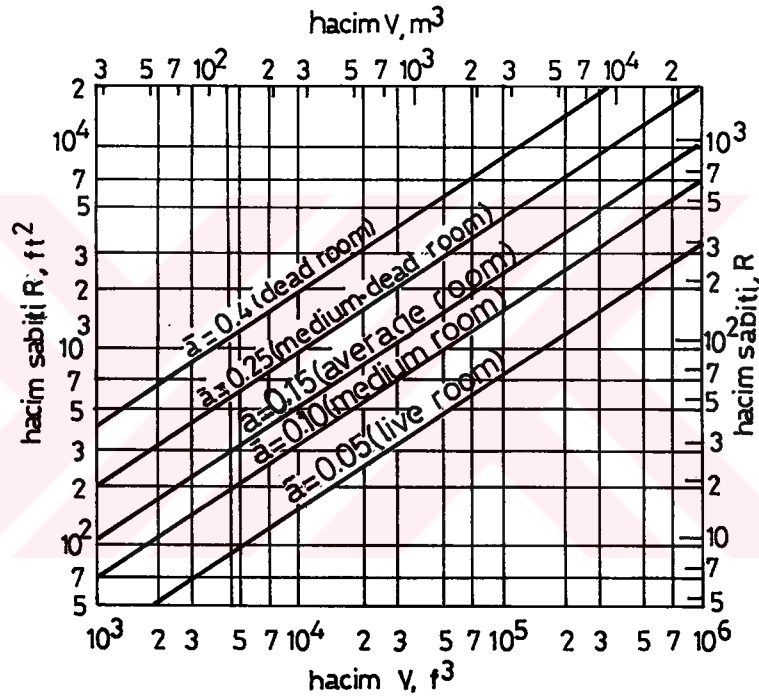
Hacim sabitinin simgesi R, birimi m<sup>2</sup>'dir.

$$R = \frac{S \cdot \bar{a}}{1 - \bar{a}} \quad (\text{Denklem 2.7})$$

S = Bir hacmin iç yüzeylerinin toplam alanı (m<sup>2</sup>)

$\bar{a}$  = Ortalama yutuculuk (ortalama yutma çarpanı)

Grafik 2.1'de, yaklaşık oranları 1:1,5:2 olan bir hacim için istatistiksel ortalama yutma çarpanları ile hacim sabitinin ilişkisi gösterilmiştir.



(Grafik 2.1)

Grafik 2.1'de belli bir işlevi olan yaklaşık 1:1,5:2 oranlarında bir hacim için hesap edilmiş hacim sabiti değerleri görülmektedir. Sağda ve yukarı koordinatlarda SI ölçü sistemine göre, solda ve aşağı koordinatlarda İngiliz ölçüm sistemine göre gösterilmiştir " $\bar{a}$ ", hacimler için istatistiksel ortalama yutma çarpanıdır. R ordinatı aynı zamanda yaklaşık olarak hacmin toplam yutuculuğuna denktir. Bu grafik kullanılırken, büyük hacimlerde ve 1000 Hz'in yukarısındaki frekanslarda havanın yutuculuğu mutlaka dikkate alınmalıdır.

### 2.3. Toplam Ses Düzeyi

İç mekanlardaki toplam ses düzeyi dolaysız ses ile yansımış ses düzeyinden oluşur.

Dolaysız ses düzeyinin;

- Ses kaynağının gücüne
- Alıcı ile kaynak arasındaki uzaklığa,

Yansımış ses düzeyinin ise;

- Ses kaynağının gücüne,
- Hacmin toplam yutuculuğuna,

bağlı olarak değişimi gösterdiği daha önce açıklanmıştır.

Bu durumda hacmin herhangi bir noktasındaki toplam ses düzeyi yansımış ses düzeyi ile o noktadaki dolaysız ses düzeyinin toplamı olarak tanımlanabilir.

Buna göre toplam ses düzeyi Denklem 2.9'daki eşitlik ile hesaplanır.

$$I_t = I_d + I_y \quad \text{(Denklem 2.9)}$$

Denkleme göre bir noktadaki toplam ses düzeyinin kuramsal olarak;

- Ses kaynağının gücüne
- O noktanın ses kaynağına olan uzaklığına
- Hacmin toplam yutuculuğuna

bağlı olarak hesaplandığı görülmektedir. Gerçekte bir noktadaki alıcı, noktanın hacim içindeki durumuna bağlı olarak ilk yansımalarından da önemli ölçüde etkilenir. Bu çalışmada hesaplarda, ilk yansımaların durumu gözönüne alınmayacaktır. Ancak ölçme sonuçlarının değerlendirilmesinde ilk yansımalar dikkate alınacaktır.

Toplam ses düzeyinin, ses gücü düzeyine bağlı olarak hesaplanmasında kullanılan eşitlikler Denklem 2.10 ve 2.11'de verilmiştir.

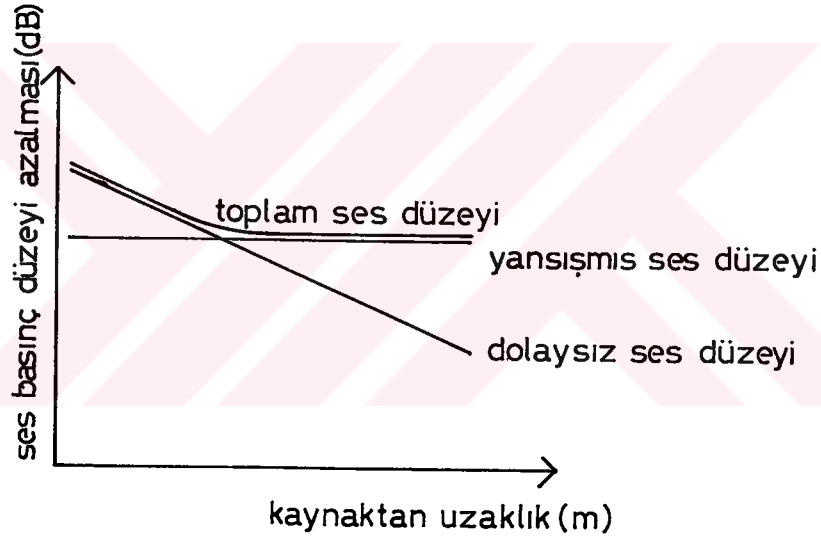
$$1- I_t = SWL + 10 \log \left( \frac{D}{4\pi r^2} + \frac{4}{A} \right) \quad (\text{Denklem 2.10})$$

SWL = Ses gücü düzeyi (dB)

$$2- I_t = SWL + 10 \log \left( \frac{D}{4\pi r^2} + \frac{4}{A} \right) \quad (\text{Denklem 2.11})$$

Ses gücü düzeyinin en önemli özelliği, kaynağın bulunduğu çevreden tamamen bağımsız bir değer olmasıdır.

Grafik 2.2'de dolaysız ses düzeyi, yansımış ses düzeyi ve toplam ses düzeyi gösterilmiştir.



(Grafik 2.2)

(\*) Ses Gücü Düzeyi: Bir ses kaynağının enerji verimi olarak tanımlanan SWL, aşağıdaki eşitlikle belirlenir.

$$SWL = 10 \log (W/W_0) \quad (\text{Denklem 2.12})$$

SWL = Ses gücü düzeyi (dB)

W = Ses kaynağının akustik gücü (W)

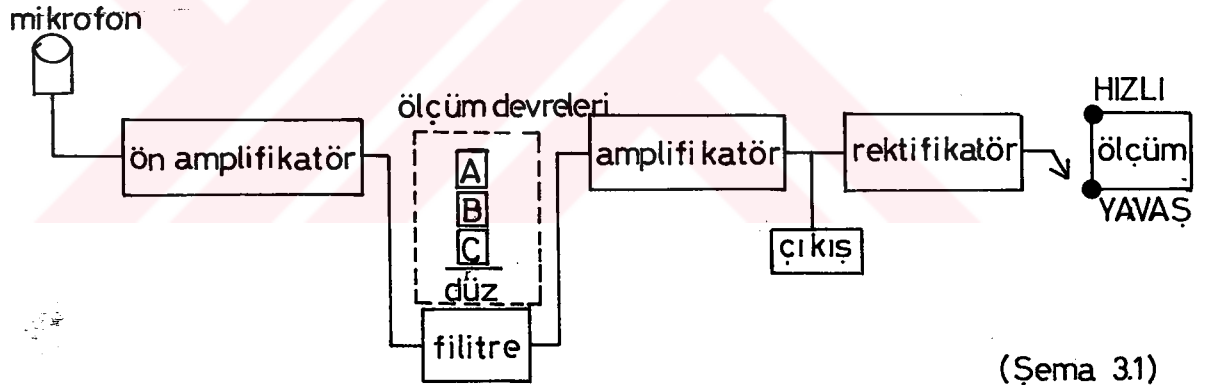
W<sub>0</sub> = Referans akustik güç

### 3. SES ÖLÇMELERİ

Ses düzeyinin belirlenmesi için, sesin fiziksel özelliklerine ve insanların işitsel duyanmalarına dayanan, çok sayıda ölçüt ve yöntem oluşturulmuştur. Ses düzeyi zaman içinde nicelik ve nitelik açısından değişime uğrar, bundan ötürü bir ses ölçmesine en iyi uyum gösterecek ölçme sistemini, seçebilmek ve uygulamadaki sorunları çözebilmek önemli bir sorundur.

#### 3.1. Ses Ölçme Sistemi

Ses düzeyini ölçmek için basit bir sistem; uygun bir kalibratör, oktav veya 1/3 oktav ses analizörü ve bir kayıt cihazından oluşur. Tipik ölçüm cihazı şeması, Şema 3.1'de gösterilmiştir.



Ses düzeyi ölçümü ibrelı veya dijital aletlerle yapılabilir. Mikrofon ses dalgalarını elektrik sinyallerine çevirir ve bunlar ön amplifikatörü besler, böylece sinyaller okuma sağlanabilecek biçimde güçlendirilir (amplifiye) ve düzenlenir (modifiye). Amplifikatörün çıkışı, okunan ses düzeyinin sınırlarını ayarlamaya yarayan A,B,C gibi

(\*) Rektifikatör: Dalgalı akımı doğru akıma çevirici.

sınıflandırıcı ağırlık değerlendirme devrelerine veya oktav bant filtresine geçer. İbrelı aygıtlarda genellikle 10 dB'lik kademeler vardır. Dijital aletlerde ise bu kademelenme gerekmez. Gereksinmelere bağlı olarak, buradan alınan iki çıkıştan birisi, bir teybe, grafik yazıcıya, kulaklıklara vs. gider. Diğer çıkış göstergeye gider. Göstergede okunan değer, genellikle \*RMS cinsindedir.

Sesın ölçüm zamanı içindeki durumunun değerlendirilmesi açısından, genellikle iki tip değer söz konusudur.

- 1- HIZLI (FAST) ölçüm durumu, 125 milisaniyelik zaman aralıklarında örnek alır.
- 2- YAVAŞ (SLOW) ölçüm durumu, 1 saniyelik zaman aralıklarında örnekleme yapar.

### 3.2. Ses Ölçme Yöntemleri

Ses ölçmeleri; ses tipine konuya ve gereksinimlere bağlı olarak; sesin frekansının, düzeyinin zaman içindeki değişimlerinin ya da bunların tümünün birden belirlenmesine yönelik olabilir. Ölçme sisteminde yer alacak elemanlar, doğal olarak ölçülmesi gereken sesin özelliklerine bağlı olarak saptanır.

Herhangi bir ölçme için tanımlanmış bir kriter ya da standart bulunmadığı durumlarda, sistem bir ses düzeyi ölçer ve bir oktav bant analizöründen oluşturulmalıdır. Daha ayrıntılı ölçmeler için 1/3 oktav bant analizörü ya da dar bant analizörü seçilmelidir. Hatta gereksinmelere bağlı olarak, gerçek zaman analizörleri de kullanılmalıdır.

Günümüzde ses ölçmeleri, mimari akustikte önemli bir yer tutmaktadır. Gerek tasarım aşamasında, gerekse mevcut durumların değerlendirilmesinde çeşitli ölçmelerden yararlanılır. Aşağıda mimari akustikte kullanılan başlıca ölçmeler sıralanmıştır.

- Gürültü denetimi ile ilgili ölçmeler
  - Kaynak gürültüsü (çevre) ölçmeleri
  - Havada doğan sesler için sesgeçirmezlik ölçmeleri

---

(\*) RMS: Ölçmelerde genellikle ses basınçlarının kare kök ortalamalarında elde edilen RMS ses basıncı ve buna bağlı RMS ses basınç düzeyi kullanılır. Bu durumda göstergede okunan değer, dB cinsinden RMS ses basınç düzeyidir.

- Yapı bölümleri arasındaki yapı elemanlarının sesgeçirmezlik ölçmeleri
- Cepheler ve cephe elemanlarının sesgeçirmezlik ölçmeleri
- Darbe gürültüsü için sesgeçirmezlik ölçmeleri
- Hacim akustiği ile ilgili ölçmeler
  - Yansıım süresi ile ilgili ölçmeler
  - Hacimdeki ses düzeyleri dağılımı ile ilgili ölçmeler
  - Yutma çarpanları ile ilgili ölçmeler
  - Özfrenkslar ile ilgili ölçmeler
  - Konuşmanın anlaşılabilirliği ile ilgili ölçmeler

Tezde amaçlanan konu için yapılacak ses ölçme yöntemi, hacimdeki ses düzeyleri dağılımı ile ilgili ölçmelerdir. bunun yanında ses düzeyinin, fon gürültüsü ile ilişkisine bağlı ölçümler, ses düzeyinin, hacmin değişik noktalarında yeterli olup olmadığı ile ilgili ölçümler de yapılacaktır.

Hacimdeki ses düzeylerinin dağılımı ile ilgili bir ölçme yapmak istendiğinde, hacimde bir ses kaynağı oluşturulmalıdır. Bir hoparlör ile oluşturulacak bu kaynak, hacmin normal kullanımında en olası konumda olmalıdır (Örneğin bir konferans salonunda kürsüde). Konuya ve amaca uygun olarak belirlenmiş olan ölçme sistemi kurulup, ses düzeyi ölçüm aygıtıyla, istenilen noktalarda, gereken ölçümler gerçekleştirilmelidir.

#### **4. KAPALI BİR MEKANIN DEĞİŞİK NOKTALARINDAKİ SES DÜZEYLERİNİN HESAP VE ÖLÇME YOLU İLE BELİRLENMESİNDE İZLENECEK YÖNTEM**

Bu bölümde hacimlerde ses düzeyi dağılımlarının belirlenmesinde izlenecek yöntem ele alınacak ve üzerinde çalışılacak hacimler belirlenecektir.

Kapalı bir mekandaki ses düzeyi dağılımlarını hesap ve ölçme yolu ile belirlenmesi, ayrımlarının ortaya konmasının amaçlandığı bu çalışmada gereken incelemeler seçilecek hacimler üzerinde Bölüm 2.3'te değinilen hesap yöntemi ve Bölüm 3.2'de değinilen ölçmelerden yararlanılarak, gerçekleştirilecektir.

Bölüm 4.1'de, çalışmalarda kullanılacak hacimlerin mimari ve akustik özellikleri sunulmuştur. Bölüm 6.2'de ise hacimlerde ses düzeyi dağılımlarının belirlenmesi için gerekli kabul ve yöntemler sunulmuştur.

##### **4.1. Hacimlerin Seçimi, Tanıtımı**

Ses düzeylerinin hesap ve ölçme yolu ile belirlenerek, ayrımlarının değerlendirilmesi için Y.T.Ü'nün üç ayrı salonu(\*) kullanılmıştır. söz konusu salonlar, Kroki 4.1'de görüldüğü gibi B blokta "Alpay Aşkun Audio Salonu", C blokta "Eski Konferans Salonu" ve anfiler bloğunda yer alan "Yeni Konferans Salonu'dur".

B bloğunda bulunan, Alpay Aşkun Audio Salonu, binanın Güney-Doğu tarafındadır. Binanın Güney tarafında bulunan bahçe, öğrencilerin burada, özellikle iyi hava koşullarında, çeşitli etkinliklerde bulunulması nedeni ile ölçüm yapılan salon için gürültü kaynağı durumunda olmaktadır. Binanın Doğu tarafında ise bahçe içinde, çeşitli sosyal hizmetler veren (öğrenci harç kredisi binası gibi) binalar bulunmaktadır. Burada pek insan bulunmamakta ve gürültü kaynağı oluşturacak bir eylem olmamaktadır. Yapı, eski bir saray yapısı olduğu için, yapı kabuğu 80 cm kalınlıkta taş duvar + sıva + badanadır.

---

(\*) Sonuçların sağlıklılığını arttırabilmek için daha çok sayıda salon ve değişken üzerinde çalışılmasını gerektirdiği açıktır. Ancak bu çalışmanın kapsamının sınırlı olması, incelemelerin üç salon üzerinde gerçekleştirilmesi ile yetinilmesi durumunu ortaya çıkarmıştır.



Salonun Doğu tarafına bakan 6 tane pencere vardır. Pencereleler, yakın zamanda alüminyum doğrama ve çift cam (ısı cam) yapılmıştır. Yaklaşık doluluk oranı 1/4'tür. Şekil 4.3'te görüldüğü gibi Salonun Kuzeyinde ve Güneyinde odalar vardır. Batı tarafında bulunan kapı koridora açılmaktadır ve kapı masif ahşaptır. Kapı, yapının özgün kapısıdır. Salonun Batı tarafında bulunan koridorda, ders arası öğrencilerin bulunması ve gürültü olması burasını salon için gürültü kaynağı yapmaktadır.

C bloğunda bulunan, Eski Konferans Salonu, binanın Güney-Batı tarafındadır. Binanın Güney tarafında bulunan giriş avlusundan dolayı burada öğrencilerin bulunması salon için gürültü kaynağı oluşturmaktadır. Yapı kabuğu 20 cm. kalınlığında betonarme duvar+sıva+badanadır. Şekil 4.5'te de görüldüğü gibi, salonun Kuzey, Doğu ve Batısı koridorla çevrilidir. Koridorlarda ders arası öğrencilerin bulunması salon için gürültü kaynağı olmaktadır. Koridorlara açılan kapılar, sunta+kaplamadır. Hacimde dişey pencere yoktur, tepe pencereleri bulunmaktadır.

Anfiler bloğunda bulunan, Yeni Konferans Salonu, binanın Güney-Batı tarafındadır. Binanın Güney tarafında bulunan giriş avlusu, öğrencilerin devamlı bulunmasından dolayı, Batı tarafında ulunan otopark ve Boğaziçi Köprüsüne giden yol, arabaların gürültüsünden dolayı, Doğu tarafında bulunan A bloğa geçiş yeri, öğrencilerin bulunmasından dolayı, salon için gürültü kaynağı oluşturmaktadır. Yapı kabuğu 20 cm. kalınlığında betonarme duvar + sıvadır. Şekil 4.7'de görüldüğü gibi salon giriş kapılarının olduğu giriş avlusu, salon dolduktan sonra boşaldığı için herhangi bir insan gürültüsü olmamaktadır. Salonda kapılar sunta+kaplamadır. Giriş avlusuna bakan, Güney ve Batı yüzlerinde hiç pencere yoktur. Kuzey ve Doğu yüzlerinde otoparka ve Boğaziçi Köprüsüne giden yola bakan ve A bloğa giriş yerine bakan pencereler vardır. Pencerelerin doğramaları alüminyum, camlar çift cam (ısı cam) dır. Camların doluluk oranı 1/8'dir.

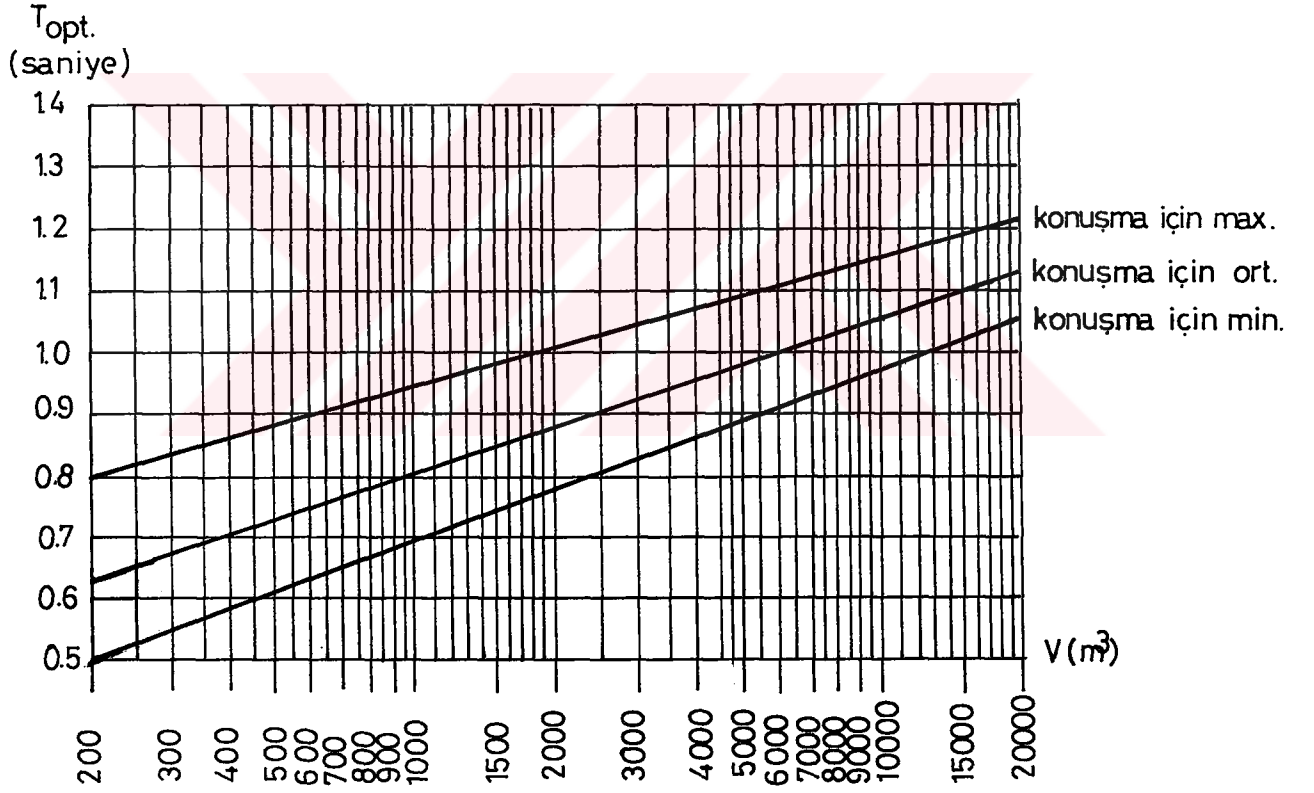
Ölçmelerin yapıldığı salonlar özelliklerine göre Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Salonlarda doluluk oranları, salonun mevcut dileyici kapasitesi üzerinden kabul edilmiştir. Koltuklar, Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonunda lake, Eski Konferans Salonunda ahşap, Yeni Konferans Salonunda kumaş ve yapay deri kaplı olarak bulunmaktadır. Çizelgedeki mevcut  $T_{60}$ 'lar hesap yoluyla bulunmuşlardır. Kaynak olarak, 60  $\mu$ W ses düzeyinde, yüksek sesle konuşan bir konuşmacı kabul edilmiştir. Hacim içindeki nesnelere ve frekanslara göre yutuculukları Çizelge 4.3, 4.4 ve 4.5'te verilmiştir.

ÇALIŞILAN SALONLARIN ÖZELLİKLERİ

ÖLÇÜM YAPILAN SALON	HACİM V (m3)	ALAN S (m2)	Topt (sn)	MEVCUT T 60(sn)						DINLEYİCİ SAYISI	MAX. N	DOLULUK ORANI	ORT. FON GÜRÜLTÜ DÜZEYLERİ(dB)
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz				
Y.T.Ü. ALPAY AŞKUN SALONU	354,33	407,85	0,7	1,3	1,03	0,84	0,61	0,5	0,42	85	125	2/3	61,1
Y.T.Ü. ESKİ KONF. SALONU	1428,44	1204,8	0,82	1,59	1,13	0,98	0,99	0,87	0,74	358	345	3/4	58,2
Y.T.Ü. YENİ KONF. SALONU	1560,94	1048	0,84	2,02	1,37	1,04	0,78	0,86	0,71	296	382	3/4	65,5

ÇİZELGE 4.2

### OPTİMUM REVERBERASYON SÜRELERİ



(GRAFİK 4.3)

Y.T.Ü. ALPAY AŞKUN AUDIO SALONU İÇİNDEKİ NESNELER VE FREKANSLARA GÖRE YUTUCULUKLARI

BÖLÜM	V=354,33m <sup>2</sup>		W= 60mW						D=1						Topt.=0,7sn(konuşma için ort.)							
	YÜZEY		125 Hz		250 Hz		500 Hz		1000 Hz		2000 Hz		4000 Hz		1000 Hz		2000 Hz		4000 Hz			
	NO	CINSİ	ALANI(m <sup>2</sup> )	a	a.S	a	a.S	a	a.S	a	a.S	a	a.S	a	a.S	a	a.S	a	a.S	a	a.S	
Ah		hava(20 C)%40																				
Ab(insan)	1	kol.otu,yet.din.	63	0,28	17,64	0,37	23,31	0,42	26,46	0,45	28,35	0,008	1,13	0,003	4,25	0,008	4,25	0,008	4,25	0,008	4,25	
Ab	1	sandañye,kum.	0,27	0,2	0,054	0,3	0,081	0,3	0,081	0,33	0,089	0,34	0,089	0,34	0,092	0,34	0,092	0,34	0,092	0,34	0,0918	
Ab	2	sandañye,lake	7,74	0,17	1,316	0,39	3,0186	0,4	3,096	0,39	3,019	0,33	2,554	0,3	2,322	0,3	2,322	0,3	2,322	0,3	2,322	
Ay	1	kapl.mas.ağaç	4,6	0,12	0,552	0,11	0,506	0,1	0,46	0,09	0,414	0,08	0,368	0,08	0,368	0,08	0,368	0,08	0,368	0,08	0,368	
Ay	2	dolep,sunta+b.	1,875	0,25	0,496	0,22	0,4125	0,17	0,3188	0,09	0,169	0,09	0,169	0,09	0,169	0,08	0,15	0,08	0,15	0,08	0,15	
Ay	3	camlar,ısı cam	18,56	0,18	3,341	0,06	1,1136	0,04	0,7424	0,03	0,557	0,02	0,371	0,02	0,371	0,02	0,371	0,02	0,371	0,02	0,371	
Ay	4	pencere,doğ.	5,44	0,1	0,544	0,04	0,2176	0,03	0,1632	0,02	0,109	0,02	0,109	0,02	0,109	0,02	0,109	0,02	0,109	0,02	0,1088	
Ay	5	perde,kalın	32	0,1	3,2	0,3	9,6	0,5	16	0,65	20,8	0,8	25,6	0,9	28,8	0,9	28,8	0,9	28,8	0,9	28,8	
Ay	6	masa,ağş.kapl.	1,96	0,25	0,49	0,22	0,4312	0,17	0,3332	0,09	0,176	0,09	0,176	0,08	0,1568	0,08	0,1568	0,08	0,1568	0,08	0,1568	
Ay	7	denizlik,moz.	6,24	0,02	0,125	0,03	0,1872	0,03	0,1872	0,03	0,187	0,04	0,25	0,07	0,4368	0,07	0,4368	0,07	0,4368	0,07	0,4368	
Ay	8	pervaz,ağşap	3,6	0,25	0,9	0,22	0,792	0,17	0,612	0,09	0,324	0,09	0,324	0,08	0,288	0,08	0,288	0,08	0,288	0,08	0,288	
Ay	9	tahta	5,2	0,25	1,3	0,22	1,144	0,17	0,884	0,09	0,468	0,09	0,468	0,08	0,416	0,08	0,416	0,08	0,416	0,08	0,416	
Ay	10	masa,ağş.kapl.	1,275	0,25	0,319	0,22	0,2805	0,17	0,2168	0,09	0,115	0,09	0,115	0,08	0,102	0,08	0,102	0,08	0,102	0,08	0,102	
Ay	11	döş.kal.tüy.halı	72	0,15	10,8	0,16	11,52	0,22	15,84	0,45	32,4	0,6	43,2	0,68	48,96	0,68	48,96	0,68	48,96	0,68	48,96	
Ay	12	duv.sıva+bad.	175,09	0,01	1,751	0,01	1,7509	0,01	1,7509	0,02	3,502	0,02	3,502	0,02	3,5018	0,02	3,5018	0,02	3,5018	0,02	3,5018	
Ay	13	tav.sıva+bad.	72	0,01	0,72	0,01	0,72	0,01	0,72	0,02	1,44	0,02	1,44	0,08	5,76	0,08	5,76	0,08	5,76	0,08	5,76	
Ay	14	toplam alanlar	407,85		24,51		28,676		38,228		60,66		76,09		89,419		89,419		89,419		89,419	
a ort.	15	mev.ort.yut.değ.			0,06		0,07		0,093		0,148		0,186		0,219		0,219		0,219		0,219	
Ay=S*2,3*log(1-a)	16	mevcut Ay			25,2		29,56		39,76		65,25		83,83		100,69		100,69		100,69		100,69	
A=Ah+Ab+Ay	17	mevcut A			43,52		55,085		67,865		93,25		113,2		133,41		133,41		133,41		133,41	
T60=0,16*V/A	18	mevcut T60		1,3		1,029		0,835		0,607		0,5		0,424		0,424		0,424		0,424		0,424

ÇİZELGE 4.3

# YTÜ ALPAY AŞKUN AUDIO SALONU

GÜRÜLTÜ KAYNAĞI

KORİDOR



ODA

A

KAYNAK A1

A

ODA

A5

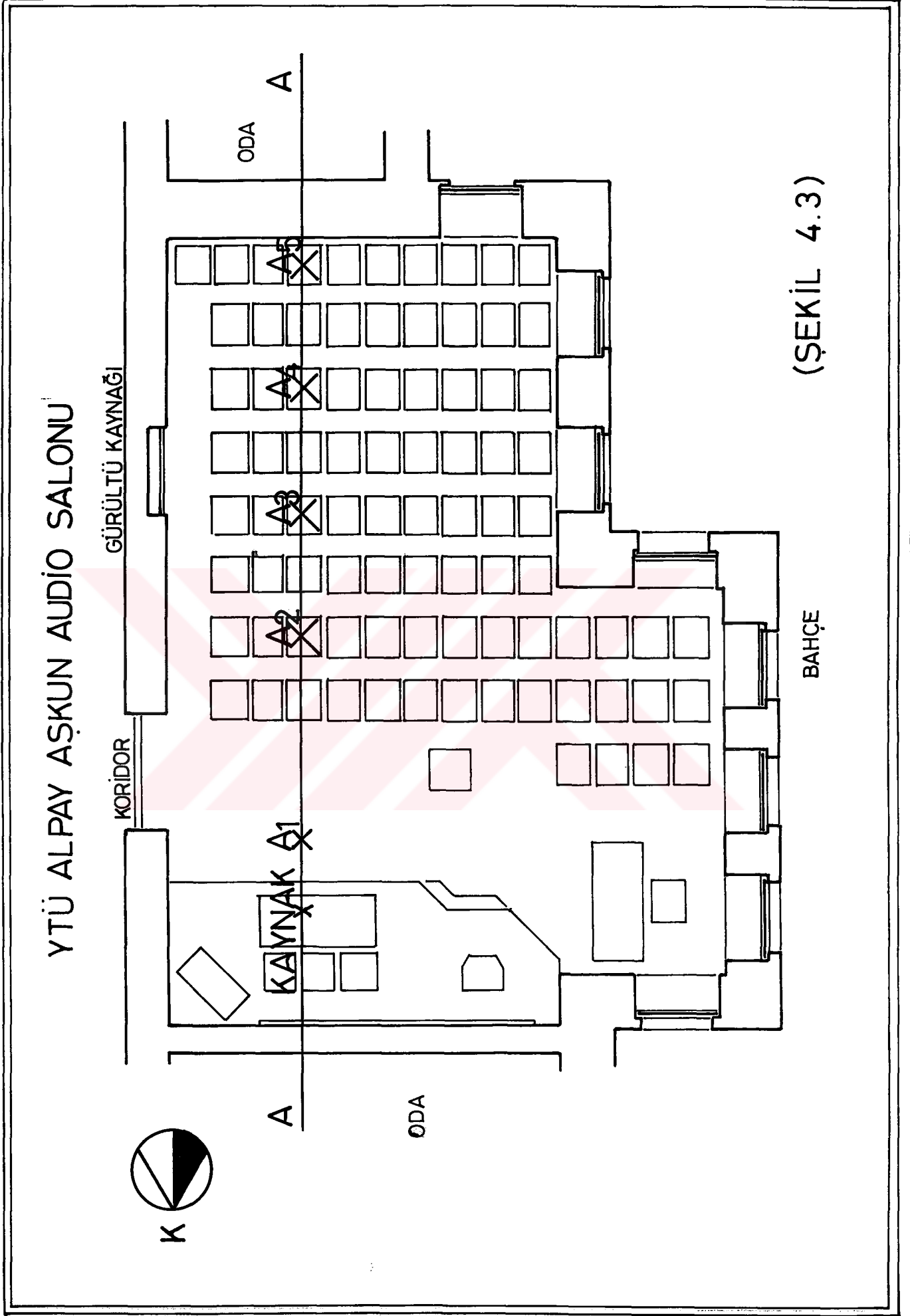
A4

A3

A2

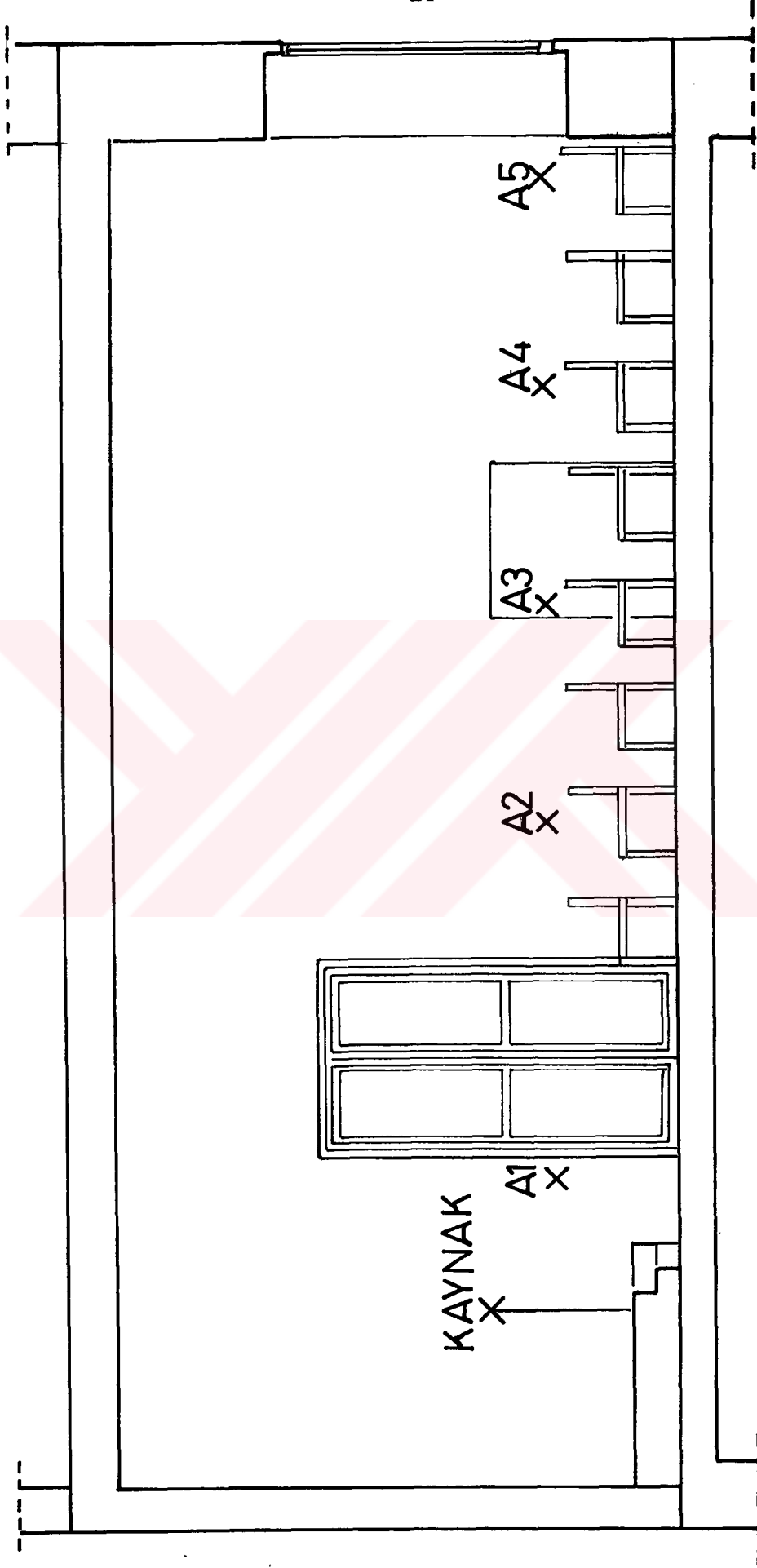
(ŞEKİL 4.3)

BAHÇE



YTÜ ALPAY AŞKUN AUDIO SALONU

- 21 -

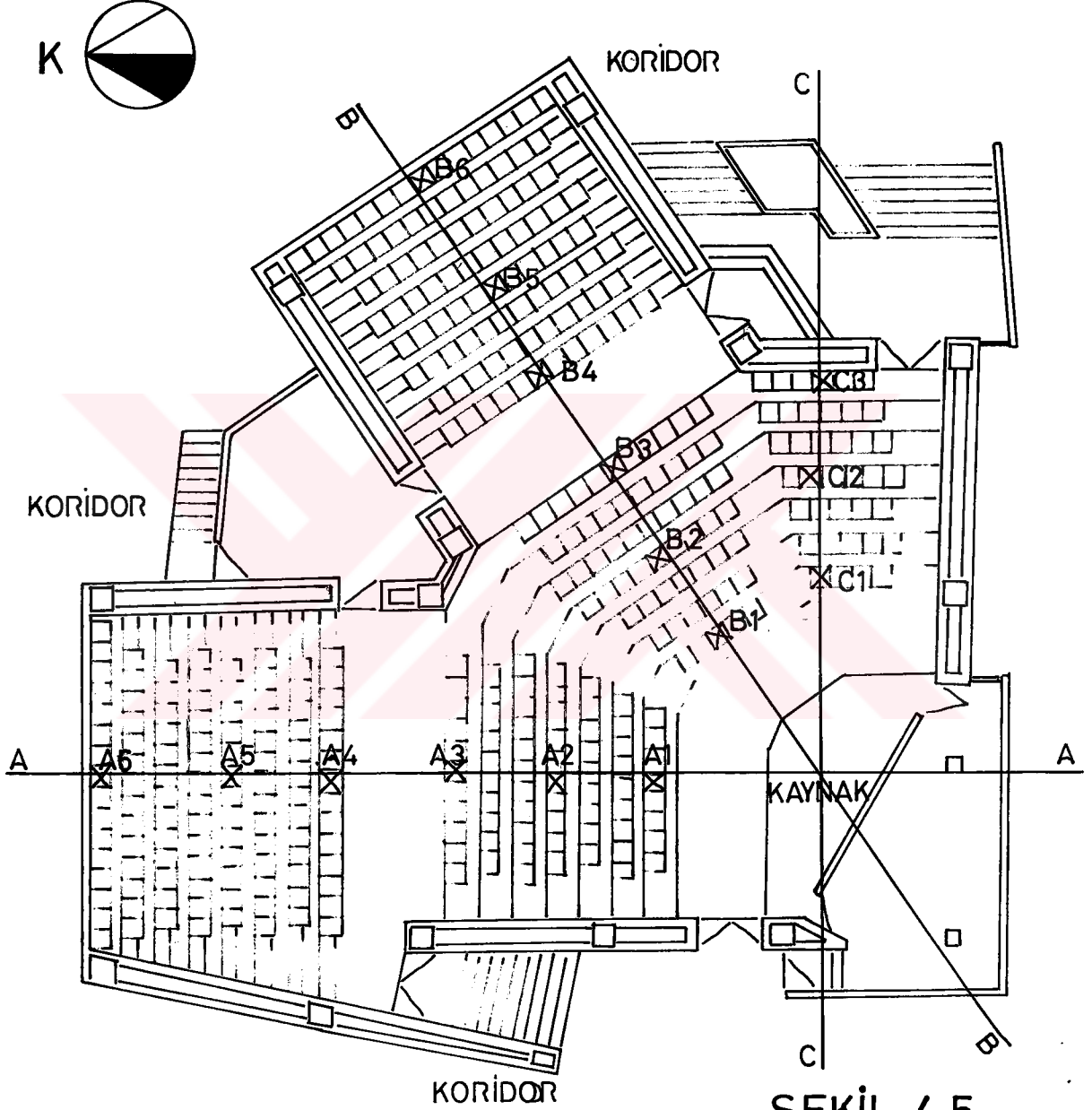


(ŞEKİL 4.4)

Y.T.Ü. ESKİ KONFERANS SALONU İÇİNDEKİ NESNELER VE FREKANSLARA GÖRE YUTUCULUKLARI

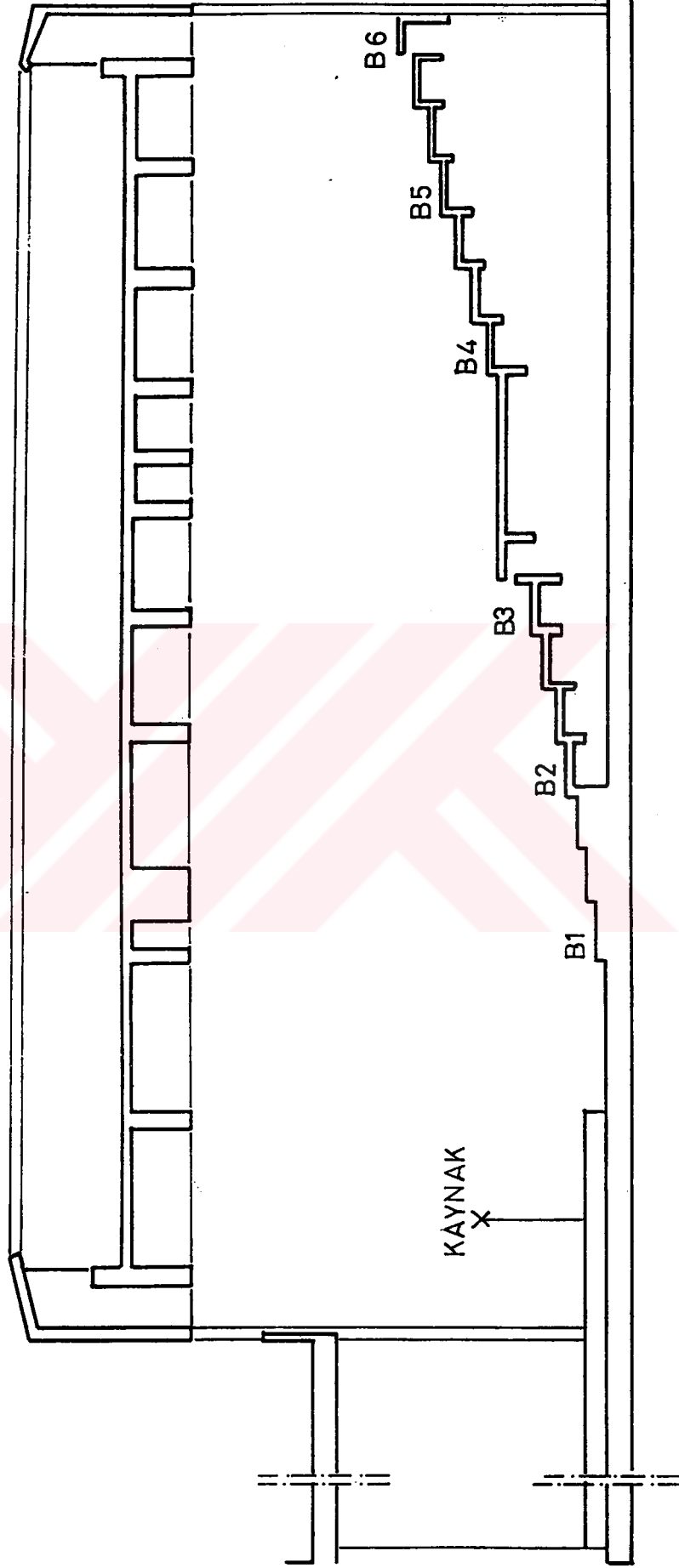
BÖLÜM	V=1428,44m <sup>2</sup>		W= 60mW						D=1						Topt.=0,82sn(konuşma için ort.)		
	YÜZEY		125 Hz		250 Hz		500 Hz		1000 Hz		2000 Hz		4000 Hz				
	NO	C/NSI	ALANI(m <sup>2</sup> )	a	a.S	a	a.S	a	a.S	a	a.S	a	a.S	a	a.S	a	a.S
Ah		hava(20 C)%40															
Ab(İnsan)	1	kol.otu.yet.din.	247	0,28	69,16	0,37	91,39	0,42	103,74	0,45	111,2	0,48	118,6	0,48	118,56	0,48	118,56
Ay	1	boş ahş. koltuk	124	0,01	1,24	0,02	2,48	0,02	2,48	0,04	4,96	0,04	4,96	0,05	6,2	0,05	6,2
Ay	1	hali	43,755	0,11	4,81	0,14	6,12	0,37	16,18	0,43	18,81	0,27	11,81	0,37	16,18	0,37	16,18
Ay	2	linolyum	180,375	0,02	3,6	0,02	3,6	0,03	5,41	0,03	5,41	0,04	7,21	0,04	7,21	0,04	7,21
Ay	3	ahşap kafes pano	29,84	0,05	1,49	0,04	1,19	0,03	0,89	0,03	0,89	0,03	0,89	0,03	0,89	0,03	0,89
Ay	4	perde	23,1	0,1	2,31	0,3	6,93	0,5	11,55	0,65	15,01	0,8	18,48	0,9	20,79	0,9	20,79
Ay	5	kapılar	20,58	0,12	2,46	0,11	2,26	0,1	2,05	0,09	1,85	0,08	1,64	0,07	1,44	0,07	1,44
Ay	6	meşe lambripler	173,14	0,2	34,62	0,28	48,47	0,26	45,01	0,09	15,58	0,12	20,77	0,11	19,04	0,11	19,04
Ay	7	tavanda boşluk	49,69	0,3	14,9	0,4	19,87	0,5	24,84	0,5	24,84	0,5	24,84	0,5	24,84	0,5	24,84
Ay	8	duvarda boşluk	265	0,2	53	0,3	7,9	0,4	1,06	0,4	1,06	0,04	1,06	0,4	1,06	0,4	1,06
Ay	9	tarak sıva	681,635	0,01	6,81	0,03	13,63	0,02	13,63	0,03	20,44	0,04	27,26	0,05	34,08	0,05	34,08
Ay	10	toplam alanlar	1204,765				71,53		102,86		120,6		113,9		125,53		125,53
a ort.	11	mev.ort.yut.değ.			0,059		0,085		0,1		0,086		0,095		0,104		0,104
Ay=S*2,3*log(1-a)	12	mevcut Ay			73,18		106,9		126,79		108,2		119,5		132,15		132,15
A=Ah+Ab+Ay	13	mevcut A			143,6		200,77		233,01		228		260,1		307,19		307,19
T60=0,16*V/A	14	mevcut T60		1,59		1,13		0,98		0,99		0,87		0,74		0,74	0,74

## YTÜ ESKİ KONFERANS SALONU



ŞEKİL 4.5

# YTÜ ESKİ KONFERANS SALONU

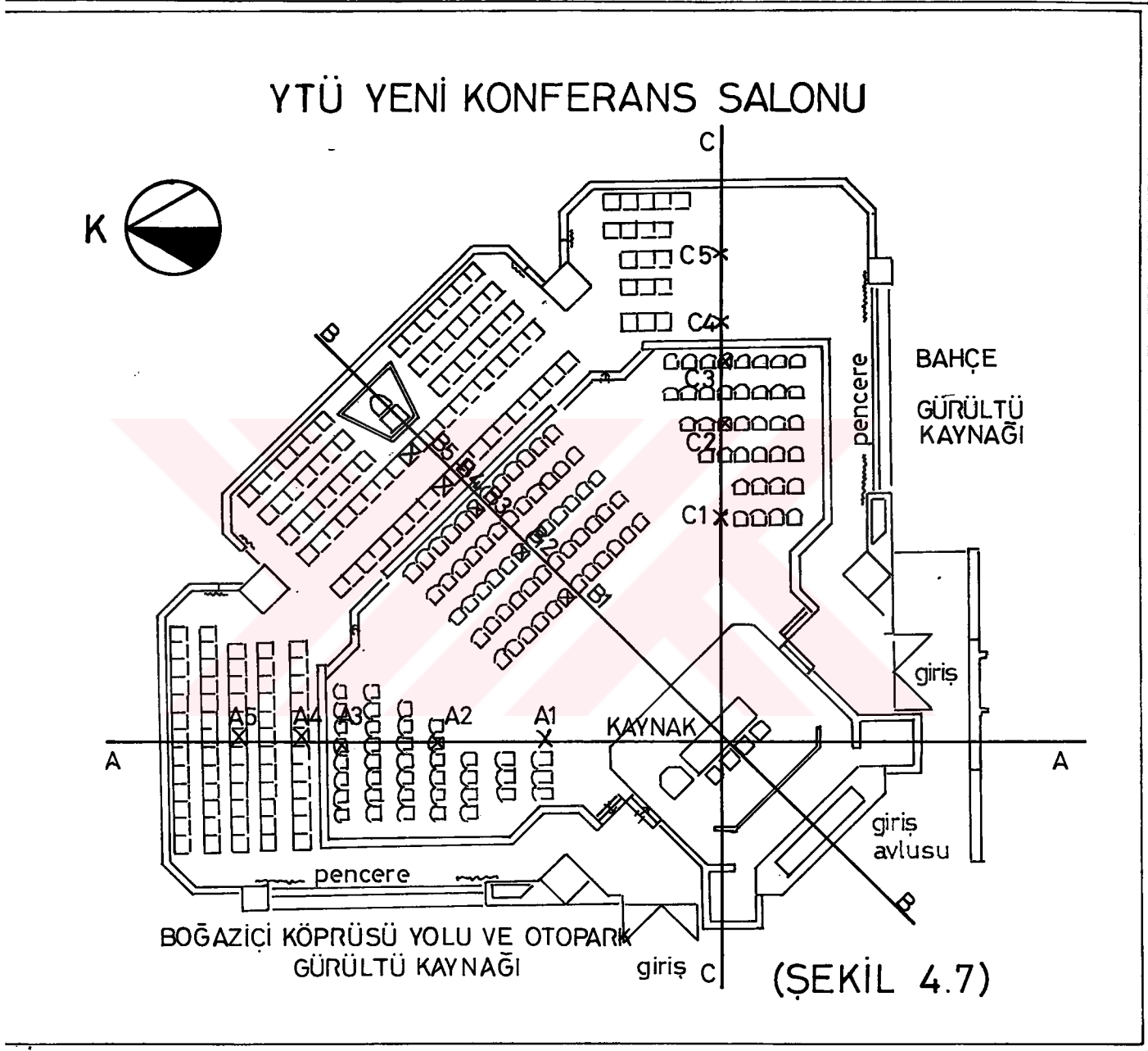


(ŞEKİL 4.6)

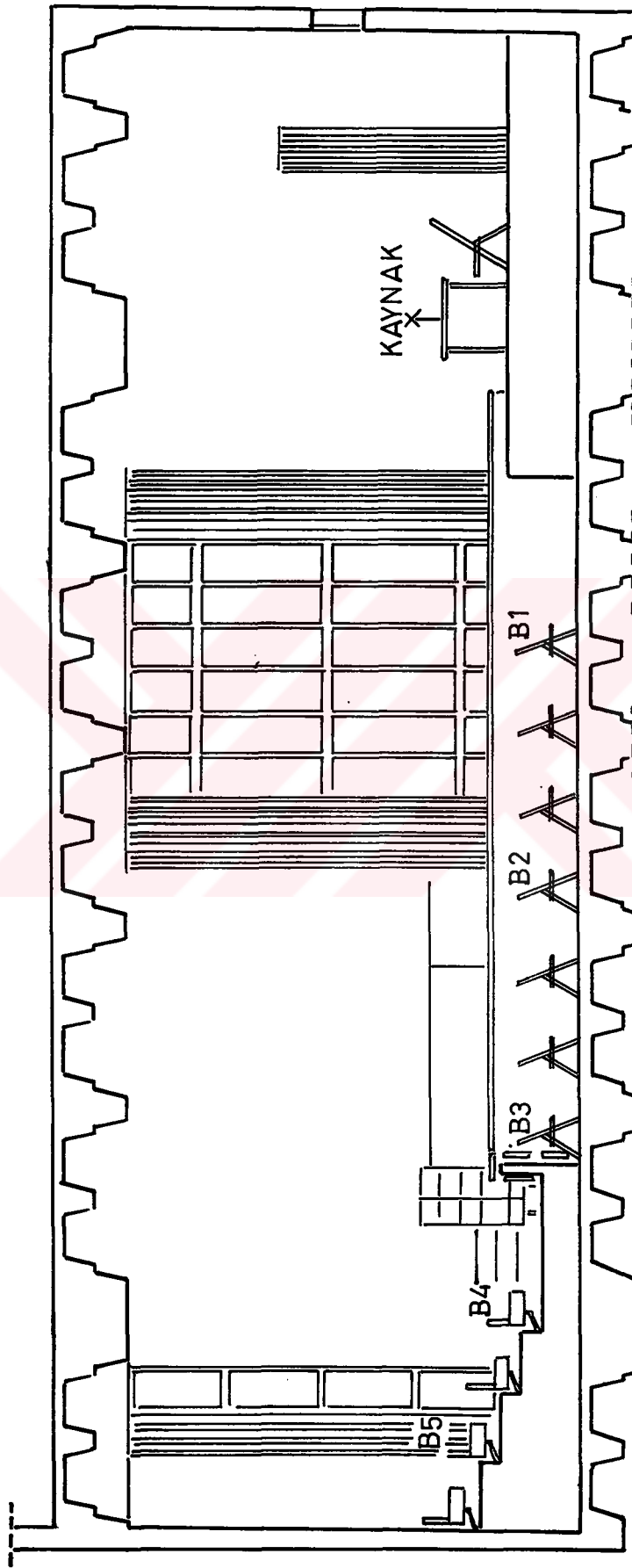
Y.T.Ü YENİ KONFERANS SALONU İÇİNDEKİ NESNELER VE FREKANSLARA GÖRE YUTUCULUKLARI

BÖLÜM	V=1560,94m <sup>2</sup>		W= 60mW						D=1						Topt.=0,84sn(konuşma için ort.)						
	YÜZEY		125 Hz		250 Hz		500 Hz		1000 Hz		2000 Hz		4000 Hz		1000 Hz		2000 Hz		4000 Hz		
	NO	CINSİ	ALANI(m <sup>2</sup> )	a	a.S	a	a.S	a	a.S	a	a.S	a	a.S	a	a.S	a	a.S	a	a.S	a	a.S
Ah		hava(20 C)%40																			
Ab(İnsan)	1	kol.otu.yet.din.	296	0,28	82,88	0,37	109,52	0,42	124,32	0,45	133,2	0,48	142,1	0,48	142,08	0,0008	4,99	0,0077	48,07	0,0077	48,07
Ab	1	deri kap. kol.	160	0,01	1,6	0,02	3,2	0,02	3,2	0,04	6,4	0,04	6,4	0,05	8						
Ay	1	kumaş kaplı kol.	136	0,09	12,24	0,13	17,68	0,37	20,4	0,15	20,4	0,11	14,96	0,07	9,52						
Ay	2	8 mm kal. halli	238,43	0,04	9,53	0,12	28,61	0,03	61,99	0,49	116,8	0,28	66,76	0,29	69,14						
Ay	3	orta kal. kum. p.	72	0,06	4,32	0,1	7,2	0,03	10,8	0,25	18	0,4	28,8	0,6	43,2						
Ay	4	kalın kum. per.	10,92	0,1	1,09	0,3	3,28	0,5	5,46	0,65	7,1	0,8	8,74	0,9	9,83						
Ay	5	ahşap kapı	11,5	0,25	2,88	0,22	2,53	0,1	1,96	0,09	1,04	0,09	1,04	0,08	0,92						
Ay	6	kireç siva+boya	48,4	0,01	0,484	0,01	0,484	0,26	0,97	0,02	0,97	0,02	0,97	0,03	1,452						
Ay	7	%50 haval. ağı.	20	0,29	5,8	0,33	6,6	0,5	7,6	0,43	8,6	0,48	9,6	0,52	10,4						
Ay	8	düz beton+boya	248	0,01	2,48	0,01	2,48	0,4	2,48	0,02	4,96	0,02	4,96	0,02	4,96						
Ay	9	toplam alanlar	785,25		38,82		68,864		111,66		177,9		135,8		149,42						
a ort.	10	mev.ort.yut.değ.			0,049		0,087		0,142		0,226		0,172		0,19						
Ay=S*2,3*log(1-a)	11	mevcut Ay			78,33		141,91		238,79		399,4		294		328,05						
A=Ah+Ab+Ay	12	mevcut A			123,3		181,58		239,18		317,5		289,3		347,57						
T60=0,16*V/A	13	mevcut T60		2,02		1,37		1,04		0,78		0,86		0,71							

ÇİZELGE 4.5



# YTÜ YENİ KONFERANS SALONU



(ŞEKİL 4.8)

#### 4.2. Kabuller ve Yöntem

Seçilen kapalı mekanlarda, toplam ses düzeyinin bağlı olduğu değişkenler ele alınarak, bunlarla ilgili hesaplama ve ölçme biçimleri belirlenerek, hesap ve ölçmeler buna göre yapılacak, bunlar doğrultusunda her ikisi arasındaki ayrımlar değerlendirilecektir.

Seçilen mekanlarda, değişik noktalardaki ses düzeyleri hesaplanırken; hacmin içindeki dolaysız ses düzeyi, yansımış ses düzeyi hesaplanarak toplam ses düzeyi bulunacaktır. Bunun için toplam ses düzeyinin bağlı olduğu; ses kaynağına olan uzaklık, ses kaynağının gücü, hacmin toplam yutuculuğu belirlenecektir.

Bir ses kaynağına olan uzaklık; çalışma konferans salonunda olduğu için, dinleyici ile ses kaynağı arasında olabilecek en yakın ve en uzak noktalar ile arasındaki yerlerde seçilmelidir. Ses kaynağının gücü ise hacim içindeki fon gürültüsünün, ölçme noktalarında (kaynağa en uzak olan noktada bile) kaynağın gücünü etkileyemeyeceği düzeyde olmalıdır. Hacmin toplam yutuculuğu için hacimdeki nesnelerin frekanslara göre yutuculukları, hacmin doluluk oranına göre dinleyici yutuculuğu belirlenip, ortalama yutma çarpanı belirlenmelidir.

Ölçme için kullanılacak sistem bir ses düzeyi ölçer ve gürültü jeneratöründen oluşturularak, hesapların gerçekleştirildiği dinleyici konumlarında ses düzeyi ölçümü yapılacaktır.

Seçilen salonlarda, hesaplamada, plan üzerinde belirlenmiş noktalardaki, ses düzeylerini ölçerken kullanılan aygıtlar aşağıda yer almaktadır:

- CEL-213 Random Gürültü Jeneratörü (Noise Generator)
- CEL-393 Ses Düzeyi Ölçer (Leq ve SPL cinsinden ölçer)
- Pioneer Amplifikatör
- Pioneer Hopalör

Sistemin özelliklerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalar Ek bölümünde yer almaktadır.

Salonların değişik noktalarındaki ses düzeylerini hesaplamada kullanılacak yol ve denklemler:

**KAYNAK:** Hacmin belirli noktalarındaki ses düzeyleri ölçmeleri yapılırken kaynak için dikkat edilmesi gereken; kaynağın yeri, gücü ve özelliğidir.

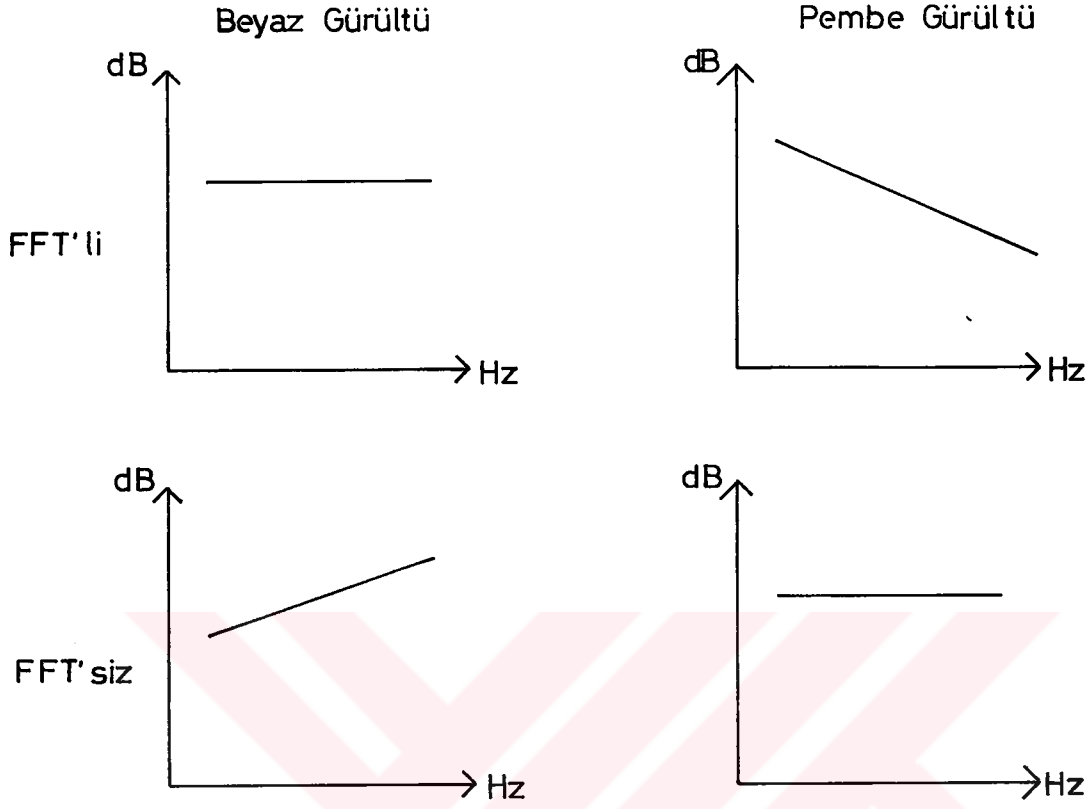
**Kaynağın yeri:** Ses düzeyi ölçümünün ve hesabının yapılacağı hacimlerde kaynak yeri her ikisi için de aynı noktadadır. Ses düzeyi hesaplamasında kaynak her hacim için sahenin ortasında, konuşmacının olacağı en uygun konumda ve dileyici doğrultusunda yerleştirilmiştir. Şekil 4.3, 4.5 ve 4.7'de görüldüğü gibi, ses düzeyi ölçümü yapılırken; kaynağın yüksekliği konuşmacının olacağı en uygun durumda; Y.T.Ü.Alpay Aşkun Audio Salonunda, Eski Konferans Salonunda ve Yeni Konferans Salonunda, podyumdan 1.20 m. yükseklikte alınmıştır. Kaynağın doğrultusu da dinleyiciye dik konumda tutulmuştur.

**Kaynağın gücü:** Ses düzeyi hesabının yapılmasında, kabul edilen kaynağın gücü gelişigüzel ama tüm hacimlerde aynı ve yüksek sesle konuşan bir konuşmacının çıkartabileceği bir değer olan 60  $\mu$ W alınmıştır. Çünkü burada önemli olan sesin dağılımının belirlenmesidir. Karşılaştırılması yapılacak ses düzeyleri arasında tayfsal benzerlik olması gerekmektedir. Ses düzeyi ölçümünde, her hacim için fon gürültüsü ölçümü yapılmıştır, bunlarla ilgili değerler Çizelge 5.9, 5.10 ve 5.11'de yer almaktadır. Toplamda bu değerlerin yaklaşık 20 dB üzerinde olacak biçimde Beyaz ve Pembe Gürültü ayarlanmaya çalışılmıştır. Buna göre fon gürültüsü, ayarlanan gürültü düzeylerini etkileyemeyecektir. Bunlarla ilgili değerler Çizelge 5.15, 5.16 ve 5.17'de yer almaktadır.

**Kaynağın özelliği:** Kaynağın doğrultululuğu, belirlemelerin yapılmasında yetersiz kalacağı için, hesapta ve ölçmede gözardı edilmiştir. Kaynağın tayfsal yapısında ise ölçmede kullanılan aygıtın \*FFT sisteminin olmaması, Beyaz Gürültüde artış, Pembe Gürültüde de Beyaz Gürültüye benzerlik göstermiştir. Buna göre hesaplarda karşılaştırılacak tayf, hesapta da ortaya çıkan Pembe Gürültü tayfı olacaktır.

---

(\*) FFT sistemi: Pembe ve Beyaz Gürültüyü oluşturan aygıt, tayftaki oktavlar arası gelen elektrik sinyallerine göre çıkış verebilir. Oktavlar arasındaki frekans sayısının artması nedeniyle enerji artışı olur. Yüksek oktavlarda frekans sayısı artacağından, yüksek enerji gelir. Aygıt üzerinde bulunan FFT sistemi ise bu artışı ayarlar ve olması gereken duruma indirger. Buna göre aygıtta FFT sisteminin olup olmaması, tayfın düzgün çıkıp çıkmamasını sağlar.



Grafik 4.4

**ALICI:** Hacmin belirli noktalarındaki ses düzeyi ölçümleri yapılırken alıcı için dikkat edilmesi gereken; alıcının (insan olarak ele alındığında) ve mikrofon konumudur.

**Alıcının konumu:** Ses düzeyi ölçümünün ve hesabının yapılacağı hacimlerde alıcı yeri her ikisi için de aynı noktadadır. Ses düzeyi hesaplamasında alıcı, her hacim için kaynağa en yakın ve en uzak noktalarda ve arasında kalan noktalarda ve kaynağın doğrultusunda kabul edilmiştir. Ses düzeyi ölçümü yapılırken, Şekil 4.3-4.8 arası görüldüğü gibi, dağılımın belirlenmesi için en az 5 nokta alınmıştır.

**Mikrofonun konumu:** Ses düzeyi ölçümü yapılırken mikrofonun yüksekliği ve doğrultusu, hesabın gerçekleştirildiği yerde ve insan kulağının bulunduğu konumda yani kaynağa doğrultulmuş durumda alınmıştır.

**ÖLÇÜLEN DEĞERLER:** Hacmin belirli noktalarındaki ses düzeyi ölçümleri yapılırken, dBA ölçmeleri işitsel yeğlilik verdiğinden ölçmeler, lineer cinsten yapılmıştır. Hacim içindeki, ölçüm noktalarındaki ses düzeylerinin değerleri ölçüldüğü için, ses basınç düzeyini veren SPL cinsinden ölçüm yapılmıştır. Frekans dağılımı da 1/1 oktav olarak gerçekleştirilmiştir.



## **5. HACİMLERDE SES DÜZEYİ DAĞILIMLARININ, HESAP VE ÖLÇME YOLU İLE İLGİLİ BELİRLEMELER**

Bu bölümde, seçilmiş olan hacimlerde, belirtilen kabuller ve yöntem ile hesap ve ölçme yoluyla, mekânın değişik noktalarındaki ses düzeyleri belirlenecek ve karşılaştırılacaktır.

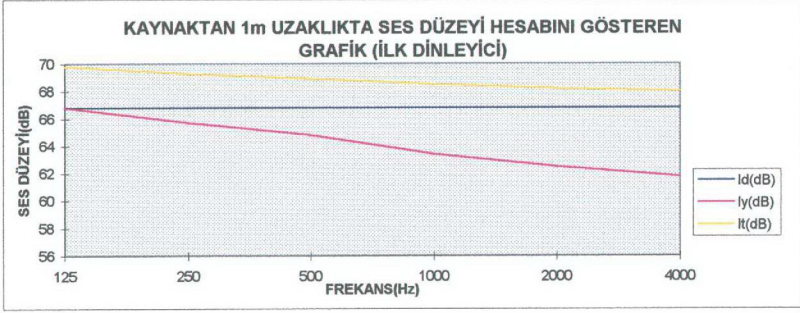
### **5.1. Seçilmiş Hacimlerde Hesap Yolu ile Ses Düzeyi Dağılımlarının Belirlenmesi**

Hesap yolu ile ses düzeyi dağılımlarının belirlenmesinde, yansımış ses düzeyleri hesaplanırken, oktav frekans bandına göre yansıma süresinin önemli değişkenlikler göstermesi nedeni ile, ses düzeyleri ortalama toplam yutuculuğa göre değil, frekansa göre toplam yutuculuğa bağlı olarak hesaplanmıştır.

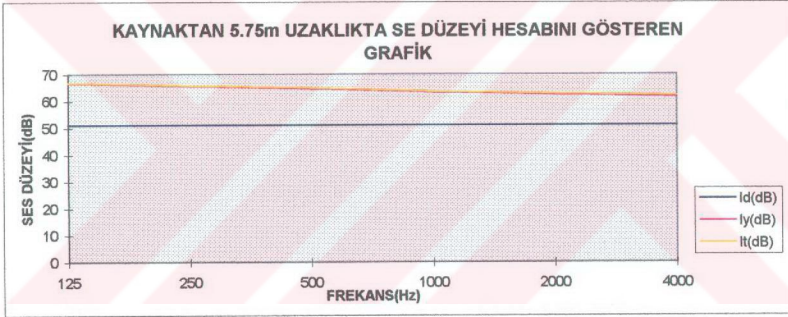
Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu için yapılan hesaplamalarda Çizelge 5.6'da görüldüğü gibi kaynaktan 1 m uzaklıkta hesaplanan ses düzeyi ile diğer noktalarda hesaplanan ses düzeyi arasında yaklaşık 3 dB'lik fark olmuştur ve bu fark son dinleyiciye kadar aynı düzeyde kalmıştır. Grafik 5.5 ve 5.23 arası görüldüğü gibi, düşük frekanslarda yüksek frekanslara göre daha yüksek değerler çıkmıştır. Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi yüksek frekanslara doğru toplam yutuculuk artmaktadır.



Y.T.Ü. ALPAY AŞKUN AUDİO SALONUNDA YAPILAN HESAPLARIN  
GRAFİKLERİ



GRAFİK 5.5



GRAFİK 5.6



GRAFİK 5.7

Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu için yapılan hesaplamalarda, Çizelge 5.7'de görüldüğü gibi, kaynağa yakın ilk dinleyici uzaklığında hesaplanan toplam ses düzeyi ile diğer noktalarda hesaplanan ses düzeyi arasında 0.4 dB'lik bir fark görülmektedir ve bu farkın son dinleyiciye kadar aynı düzeyde kalmıştır. Çizelge 4.4'te görülen toplam yutuculuğun artışına göre, Grafik 5.8 ve 5.14 arası görüldüğü gibi tayflarda 125 Hz ile 500 Hz arasında ses düzeyinde bir azalma görülmektedir. 1000 Hz'de toplam yutuculukta olan düşme, 2000 Hz ile 4000 Hz arası toplam yutuculukta artış, bu frekanslar arasındaki ses düzeyinde 1000 Hz ile 2000 Hz arasında bir artış ve 4000 Hz'te düşme göstermiştir.

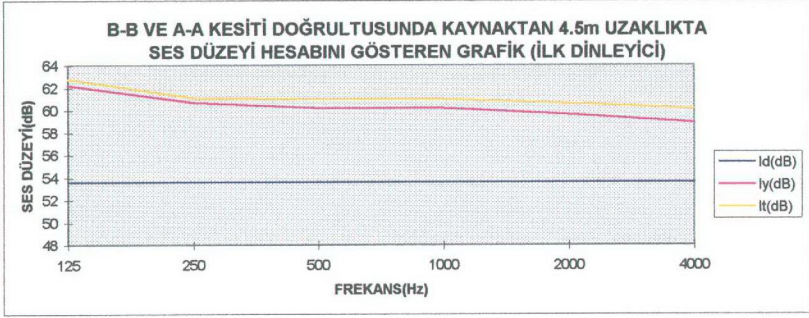


Y.T.Ü. ESKİ KONFERANS SALONU SES DÜZEYİ HESAPLARI

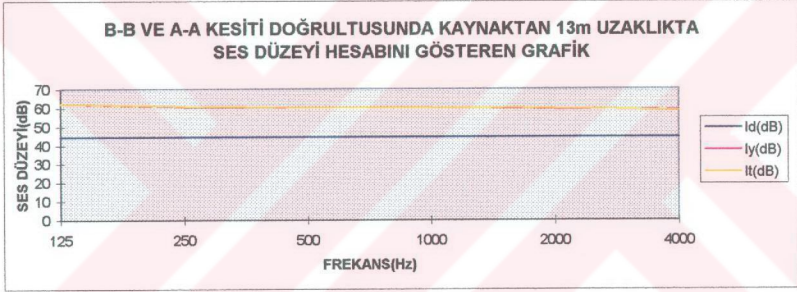
V=1428,44m <sup>3</sup>		W=60mW							D=1				Topl= 0,82sn			max. ve min. fre. değ. arası fark(dB)
r(m)	ld (dB)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	lt (dB)		
A-A KESİTİ İÇİN	4,5	53,6						62,8	61,1	61	61	60,6	60,1	61	60,1	2,7
	7	49,9						62,5	60,9	60,6	60,6	60,1	59,4	60,1	59,4	3,1
	9,5	47,2						62,3	60,9	60,3	60,1	59,9	59,2	60,1	59,2	3,1
	13	44,5	62,2	60,7	60,2	59,6	58,9	62,3	60,8	60,2	60,3	59,8	59	60,3	59	3,3
	15,5	43						62,2	60,8	60,2	60,3	59,7	59	60,3	59,7	3,2
19	41,1						62,2	60,8	60,2	60,2	59,6	58,9	60,2	59,6	58,9	3,3
İLK VE SON DİN ARASI SES DÜZ. FARKI(dB)	12,8	-	-	-	-	-	-	0,6	0,3	0,8	0,8	1	1,2	0,8	1,2	
B-B KESİTİ İÇİN	4,5	53,6						62,8	61,1	61	61	60,6	60,1	61	60,6	2,7
	7	49,9						62,5	60,9	60,6	60,6	60,1	59,4	60,1	59,4	3,1
	9,5	47,2						62,3	60,9	60,3	60,1	59,9	59,2	60,1	59,2	3,1
	13	44,5	62,2	60,7	60,2	59,6	58,9	62,3	60,8	60,2	60,3	59,8	59	60,3	59,8	3,3
	16	42,8						62,3	60,8	60,2	60,3	59,7	58,7	60,3	59,7	3,6
19,5	40,8						62,2	60,8	60,2	60,2	59,6	58,9	60,2	59,6	58,9	3,3
İLK VE SON DİN ARASI SES DÜZ. FARKI(dB)	12,5	-	-	-	-	-	-	0,6	0,3	0,8	0,8	1	1,2	0,8	1,2	
C-C KESİTİ İÇİN	5	52,8						62,7	61,4	60,9	60,9	60,4	60,4	60,9	60,4	2,3
	8	48,7	62,2	60,7	60,2	59,6	58,9	62,4	61	60,2	60,5	59,9	59,3	60,5	59,3	3,1
	10,5	46,3						62,3	60,6	60,3	60,3	59,8	59,1	60,3	59,8	3,2
İLK VE SON DİN ARASI SES DÜZ. FARKI(dB)	6,5	-	-	-	-	-	-	0,4	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1,3	

ÇİZELGE 5.7

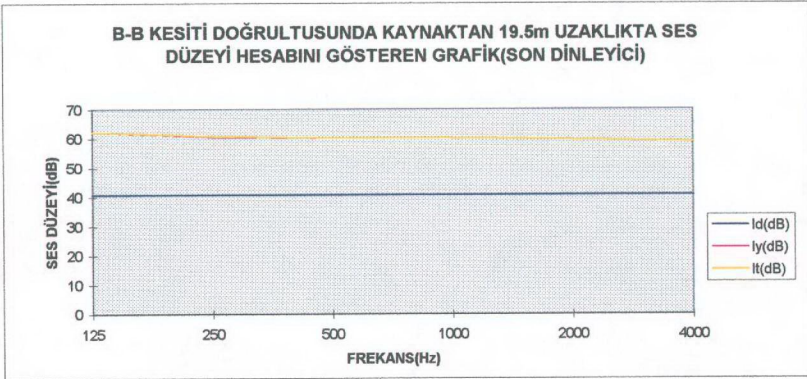
Y.T.Ü. ESKİ KONFERANS SALONUNDA YAPILAN HESAPLARIN  
GRAFİKLERİ



GRAFİK 5.8



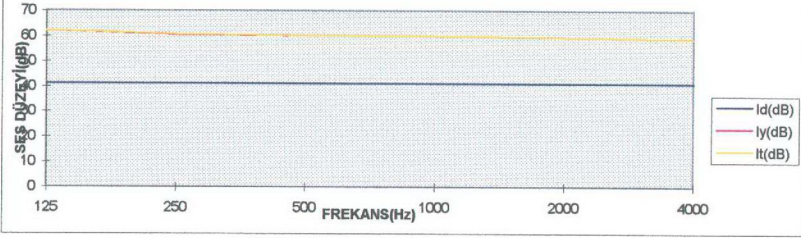
GRAFİK 5.9



GRAFİK 5.10

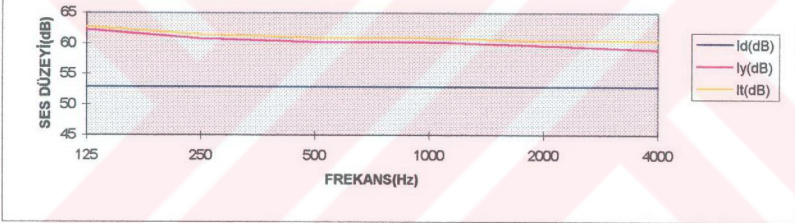
Y.T.Ü. ESKİ KONFERANS SALONUNDA YAPILAN HESAPLARIN  
GRAFİKLERİ

A-A KESİTİ DOĞRULTUSUNDA KAYNAKTAN 19m UZAKLIKTAKİ SES  
DÜZEYİ HESABINI GÖSTEREN GRAFİK(SON DİNLEYİCİ)



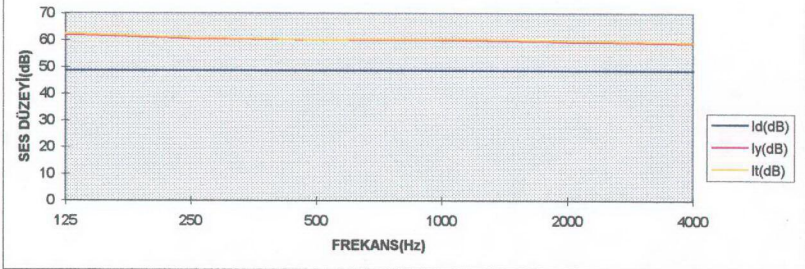
GRAFİK 5.11

C-C KESİTİ DOĞRULTUSUNDA KAYNAKTAN 5m UZAKLIKTAKİ SES  
DÜZEYİ HESABINI GÖSTEREN GRAFİK(SON DİNLEYİCİ)



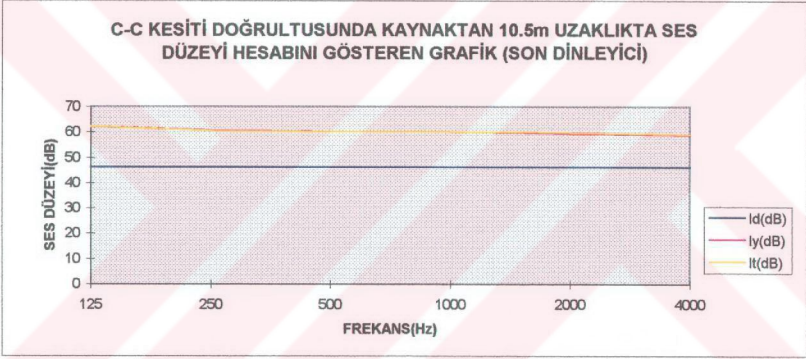
GRAFİK 5.12

C-C KESİTİ DOĞRULTUSUNDA KAYNAKTAN 8m UZAKLIKTAKİ SES  
DÜZEYİ HESABINI GÖSTEREN GRAFİK



GRAFİK 5.13

Y.T.Ü. ESKİ KONFERANS SALONUNDA YAPILAN HESAPLARIN  
GRAFİKLERİ



GRAFİK 5.14

Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu için yapılan hesaplamalarda Çizelge 5.8'de görüldüğü gibi kaynaktan 2.5 m uzaklıkta hesaplanan ses düzeyi ile diğer noktalarda hesaplanan ses düzeyi arasında fark görülmektedir ve bu fark son dinleyiciye kadar aynı düzeyde kalmıştır. Çizelge 4.5'te görülen toplam yutuculuğun artışına göre, Grafik 5.15 ve 5.23 arası görüldüğü gibi tayflarda 125 Hz ile 1000 Hz arası bir azalma, 2000 Hz'de toplam yutuculuğa bağlı bir artış görülmektedir.

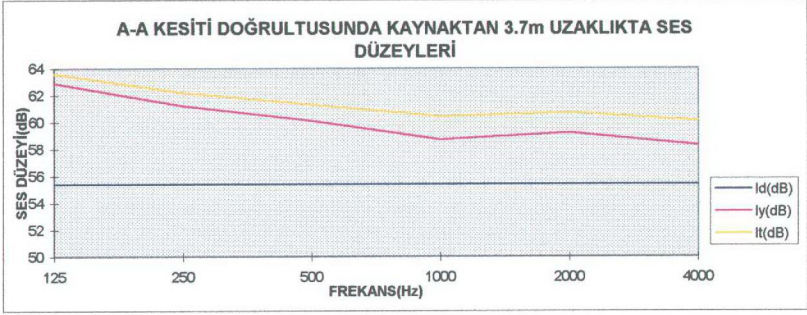


## Y.T.Ü. YENİ KONFERANS SALONU SES DÜZEYİ HESAPLARI

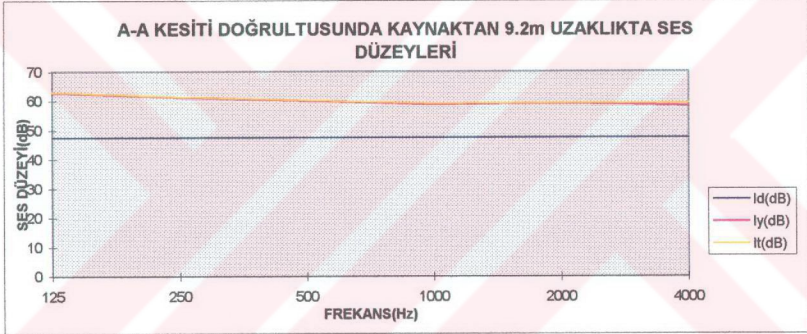
V=1560,94m <sup>3</sup>		W=60mW					D=1					Topt=0,84sn			max. ve min. fre. deg. arası fark(dB)
r(m)	Id (dB)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000Hz		
A-A KESİTİ İÇİN	3,7	55,4						63,6	62,2	61,3	60,4	60,7	60,1	3,5	
	6,7	50,4						63,1	61,6	60,5	59,3	59,7	59	4,1	
	9,2	47,5	62,9	61,2	60,1	58,7	59,2	63	61,4	60,2	59,1	59,4	58,7	4,3	
	10,2	46,6						63	61,3	60,2	59	59,4	58,6	4,4	
	11,7	45,4						62,9	61,3	60,1	58,9	59,4	58,5	4,4	
ILK VE SON DİN. ARASI SES DÜZ. FARKI (dB)	11,1	-	-	-	-	-	-	1,3	1,8	2,3	2,8	2,2	2,9		
B-B KESİTİ İÇİN	2,5	58,8						64,3	63,2	62,5	61,8	62	61,6	2,7	
	4,8	53,2						63,3	61,8	60,8	59,8	60,1	59,5	3,8	
	6,6	50,4	62,9	61,2	60,1	58,7	59,2	63,1	61,6	60,5	59,3	59,7	59	4,1	
	7,6	49,2						63	61,1	60,3	59,2	59,6	58,8	4,2	
	9,1	47,7						63	61,4	60,2	59	59,5	58,7	4,3	
ILK VE SON DİN. ARASI SES DÜZ. FARKI (dB)	10	-	-	-	-	-	-	0,7	0,9	1,2	1,5	1,3	1,6		
C-C KESİTİ İÇİN	4	54,8						63,5	62,1	61,1	60,2	60,5	59,9	3,6	
	6	51,1						63,2	61,1	60,5	59,4	59,8	59,1	4,1	
	8,8	47,9	62,9	61,2	60,1	58,7	59,2	63	61,4	60,3	59,1	59,5	58,7	4,3	
	9,8	47						63	61,4	60,2	59	59,4	58,6	4,4	
	11,8	45,3						62,9	61,3	60,2	58,9	59,4	58,5	4,4	
ILK VE SON DİN. ARASI SES DÜZ. FARKI (dB)	9,5	-	-	-	-	-	-	0,6	0,8	0,9	1,3	1,1	1,4		

ÇİZELGE 5.8

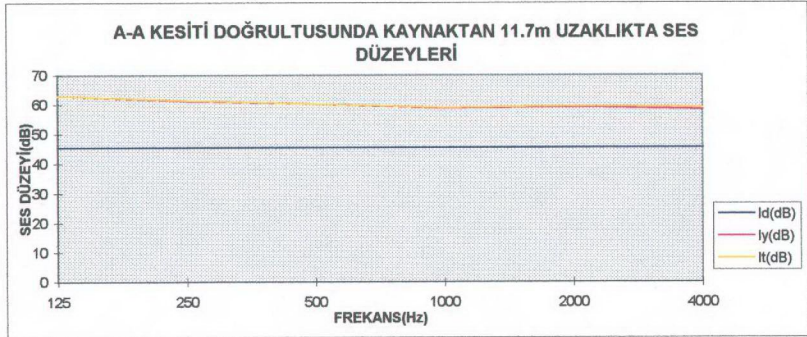
Y.T.Ü. YENİ KONFERANS SALONUNDA YAPILAN HESAPLARIN  
GRAFİKLERİ



GRAFİK 5.15

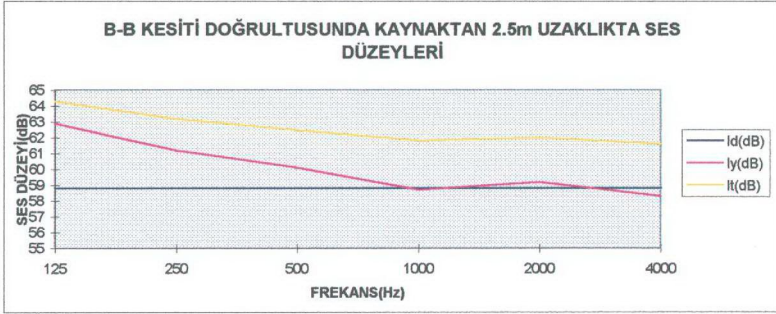


GRAFİK 5.16

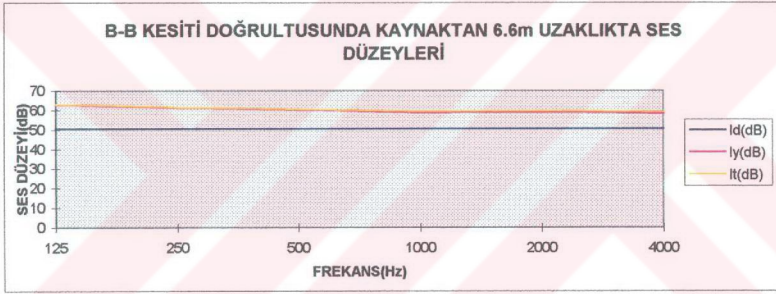


GRAFİK 5.17

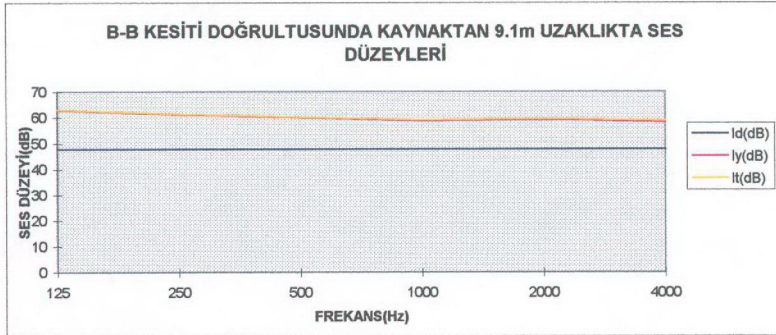
Y.T.Ü. YENİ KONFERANS SALONUNDA YAPILAN HESAPLARIN  
GRAFİKLERİ



GRAFİK 5.18

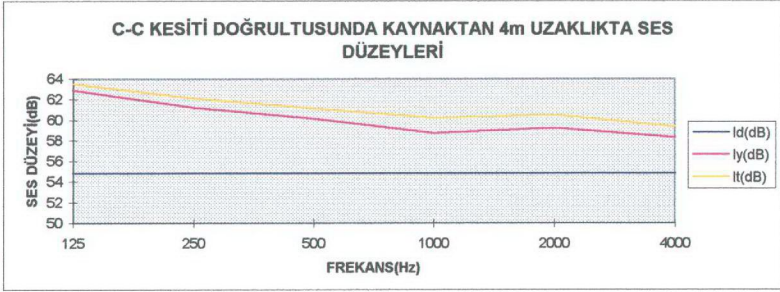


GRAFİK 5.19

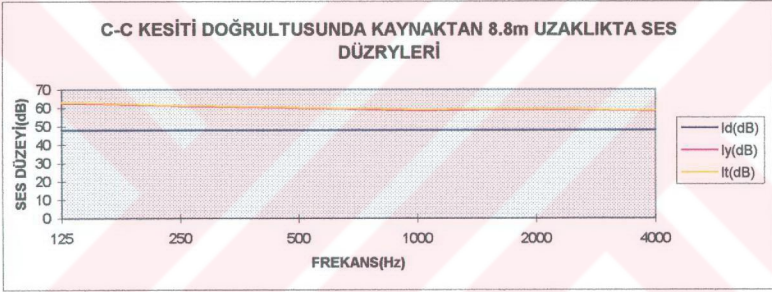


GRAFİK 5.20

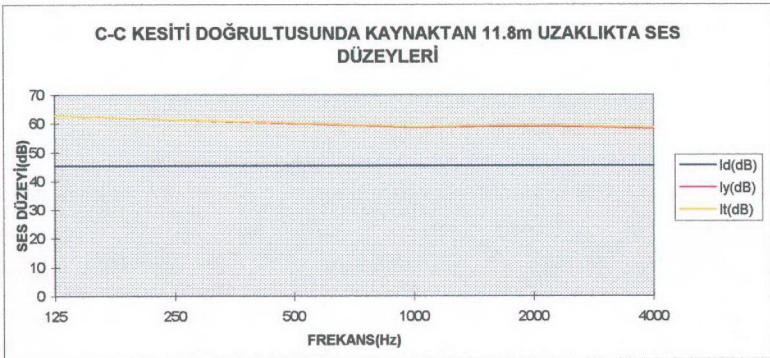
Y.T.Ü. YENİ KONFERANS SALONUNDA YAPILAN HESAPLARIN  
GRAFİKLERİ



GRAFİK 5.21



GRAFİK 5.22



GRAFİK 5.23

### 5.1.1. Hacimlerde Hesap Yöntemi ile Uzaklığa Göre Ses Düzeyi Dağılımları ve Karşılaştırılması

Bu bölümde salonlar sırasıyla ele alınarak değerlendirilecektir. Tekrarları önlemek için, her salonda ortak olan özellikler bir kere anlatıldıktan sonra yinelenmeyecektir.

Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu'nda Çizelge 5.6 ve Grafik 5.5'te görüldüğü gibi, kaynaktan 1 m uzaklıktaki yansımış ses düzeyi, diğer noktalarındaki yansımış ses düzeylerinden farklı olarak, dolaysız ses düzeyinden daha az çıkmıştır. Bu farkın oluşmasının nedeni, kaynaktan 1 m uzaklıkta  $A_1$  noktasındaki ilk dinleyicinin kaynağa yakınlığı ve dolaysız sesin baskın olmasıdır.

Nokta kaynakta, dolaysız ses düzeyinin uzaklığın karesiyle ters orantılı azalması kuralına göre, Çizelge 5.6'daki verilerden çıkartılacağı gibi, kaynaktan 4 m uzaklıkta  $A_2$  noktasıyla, 7.5 m uzaklıkta  $A_4$  noktası arasında dolaysız ses düzeyinde 5.6 dB bir azalma çıkmıştır.

Çalışılan salonda yapılan hesaplarda, Çizelge 5.6'da görüldüğü gibi  $A_2$  noktasından sonra frekanslara göre toplam ses düzeyleri, uzaklıkla değişmemiş yaklaşık aynı düzeyde devam etmiştir; yani bu noktadan başlayarak yayıncı ses etkin duruma gelmiştir.

Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu'nda Çizelge 5.7'deki verilerden çıkartılacağı gibi, B-B.Kesiti ve A-A kesiti doğrultusunda, kaynaktan 4.5 m uzaklıkta  $A_1$  ve  $B_1$  noktası ile, 9.5 m uzaklıkta  $B_3$  ve  $A_3$  noktası arası dolaysız ses düzeyindeki azalma 6.4 dB olmuştur. C-C kesiti doğrultusunda kaynaktan 5 m uzaklıkta  $C_1$  noktası ile 10.5 m uzaklıkta  $C_3$  noktası arasında, dolaysız ses düzeyindeki azalma 6.5 dB olmuştur.

Çalışılan salonda yapılan hesaplarda, Çizelge 5.7'de görüldüğü gibi, B-B. kesiti için  $B_2$ , A-A kesiti için  $A_2$  ve C-C kesiti için  $C_2$  noktasından sonra, toplam ses düzeyleri yaklaşık olarak aynı düzeyde devam etmiştir.

Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu'nda, Çizelge 5.8'deki verilerden çıkartılacağı gibi, B-B kesiti doğrultusunda kaynaktan 4.8 m uzaklıkta  $B_2$  noktası ile 9.1 m uzaklıkta  $B_5$  noktası arası dolaysız ses düzeyindeki azalma 5.5 dB olmuştur. A-A kesiti doğrultusunda kaynaktan 3.7 m uzaklıktaki  $A_1$  noktası ile 6.7 m uzaklıktaki  $A_2$  noktası arası dolaysız

ses düzeyindeki azalma 5 dB olmuştur. C-C kesiti doğrultusunda, Kaynaktan 6 m uzaklıkta  $C_2$  noktası ile 11.8 m uzaklıkta  $C_5$  noktası arasında dolaysız ses düzeyindeki azalma 5.8 dB olmuştur.

Çalışma yapılan salonlarda, yapılan hesaplarda Çizelge 5.8'de görüldüğü gibi B-B kesiti için  $B_3$ , A-A kesiti için  $A_2$ , C-C kesiti için  $C_2$  noktasından sonra frekanslara göre toplam ses düzeyleri yaklaşık aynı düzeylerde devam etmiştir.

Salonların birbiriyle karşılaştırılmasında kolaylık sağlamak amacıyla ilk ve son dinleyiciler arasındaki yeğinlik farkları belirlenmiş ve bunlar Çizelge 5.6, 5.7 ve 5.8'de gösterilmiştir. Adı geçen Çizelgelerde görüldüğü gibi bu fark salonlara göre değişmektedir. Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu'nda, büyük salonlara göre, (Y.T.Ü. Eski ve Yeni Konferans Salonu) yeğinlik farkı daha fazladır. Diğer salonlarda bu fark azalmıştır. Çizelgelerde frekansa göre toplam seslerin aritmetik ortalaması alındığında Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu, Eski Konferans Salonu ve Yeni Konferans Salonları'nda, Çizelge 5.6, 5.7 ve 5.8'deki verilerden çıkartılacağı gibi, ilk dinleyici ile son dinleyici arasındaki ses düzeyi farkları, sırasıyla 3.6 dB, 0.8 dB ve 1.5 dB olduğu görülmektedir.

Y.T.Ü. Alpay Aşkun Salonu'ndaki farkın diğer salonlara göre daha yüksek çıkmasının nedeni ilk dinleyicinin kaynağa yakınlığı ve dolaysız sesin daha baskın olmasıdır. Eski ve Yeni Konferans Salonları'nda bu fark işitsel olarak algılanamaz düzey sınırlarındadır. Oysa Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu'nda ayırdedilebilir bir fark vardır. Yine de bu durum salonlarda yeterli üniformluğun kabul edilebilirlik sınırları içindedir. Bu farkın dinleyici etkilemesi az olacağından önemli değildir.

### **5.1.2. Hacimlerde Hesap Yöntemi ile Frekansa Göre Ses Düzeyi Dağılımları ve Karşılaştırılması**

Frekansa göre ses düzeyi dağılımının incelenebilmesi için her bir noktadaki yeğinliklerden en fazla olanı ile en az olanı arasındaki fark bulunmuş ve Çizelge 5.6, 5.7 ve 5.8'de gösterilmiştir.

Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu'nda Çizelge 5.6'da görüldüğü gibi, ilk dinleyici konumunda frekansa göre toplam ses düzeyi değişimi az iken, diğer noktalarda daha çok olmuştur. Özellikle 125 Hz ile 250 Hz ve 500 Hz ile 1000 Hz arası bu durum

gerçekleşmiştir. 1000 Hz'den sonrası ilk dinleyici noktasında yaklaşık aynı düzeyde, diğer noktalarda azalarak devam etmiştir. Frekansa göre ses düzeyi değişimi arka sıralara doğru artmıştır.

Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu'nda frekanslara göre toplam ses düzeyi değişimi Çizelge 5.7'de görüldüğü gibi, kalın seslerde 125 Hz ile 250 Hz arası ince seslere göre toplam ses düzeyi değişimi çok fazladır. 250 Hz'den sonrası aynı düzeyde devam etmiştir. Frekansa göre ses düzeyi değişimi ilk sıradan sonra artmıştır.

Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu'nda, frekanslara göre ses düzeyi değişimi, Çizelge 5.8'de görüldüğü gibi, kalın seslerde 125 Hz ile 1000 Hz arası, ince seslere göre toplam ses düzeyi değişimi çok fazla olmuştur. 1000 Hz'den sonra yaklaşık aynı düzeyde devam etmiştir. Frekansa göre ses düzeyi değişim her noktada aynı kalmıştır.

Bu durum hesaplanan yansıma sürelerinin frekanslara göre değişim göstermesinden ve  $T_{opi}$ 'a yakın olmasından kaynaklanmaktadır.

Salonlar birbiriyle karşılaştırıldıklarında, ses düzeyleri frekanslara göre değişim göstermesi gerekirken, Çizelge 5.6, 5.7 ve 5.8'de ve Grafik 5.5 ve 5.23 arası görüldüğü gibi çalışma yapılan salonlar bu değişimi göstermiştir. Buna göre bu değişimi en az gösteren Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu'dur. Bu salon frekanslara göre ses düzeyi dağılımı en iyi olan salon olarak görünmektedir. Yine de, herhangi bir noktada yaklaşık 3 dB'lik frekansa göre düzey farkı oluşmaktadır. Diğer salonlarda çok daha fazla, frekanslara göre ses düzeyi değişimi olmuştur. Yayınık ses gözönüne alındığında 3 dB'lik farkın, yansıma süresinin iki katına çıkması ya da yarıya inmesi durumunda olduğu düşünüldüğünde, tüm salonlarda önemli boyutta distorsiyon olduğu söylenebilir. bu durumda hesap yöntemi ile elde edilen değerlerden salonlarda oluşan distorsiyonun, konuşmanın anlaşılabilirliğini zedeleyici olduğu sonucuna varılmaktadır. Bilindiği gibi konuşmanın anlaşılabilirliği açısından ince seslerin önemi daha fazladır. Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu Eski ve Yeni Konferans Salonu'nda, yüksek frekanslardaki ses düzeyinin alçak frekanslara göre daha az olması, bu salonlarda konuşmanın anlaşılabilirliğini azaltacaktır.

## 5.2. Seçilmiş Hacimlerde Ölçüm Yolu ile Ses düzeyi Dağılımlarının Belirlenmesi

Seçilmiş olan hacimlerde kaynak düzeyinin belirlenebilmesi için öncelikle hacimlerdeki mevcut fon gürültüsü saptanmıştır. Fon gürültüsü ölçmeleri çalışmaya veri oluşturan her hacim noktasında toplam ve frekansa göre ayrıntılı bir biçimde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen değerler çalışmanın amacına doğrudan yönelik olmasa da hacimlerde kabul edilebilir gürültü düzeyleri açısından da değerlendirilmiştir. Beyaz ve Pembe Gürültü düzeyleri fon gürültüsüne göre belirlenip, ölçümleri yapılmıştır. Yapılan tüm ölçümler 16 Hz ile 16000 Hz arasındadır. Karşılaştırma ve değerlendirmelerde ise ses alanının daha sık kullanılan bölümü olması nedeniyle, mimari akustik çalışmalarında kabul edilen 125 Hz ile 4000 Hz frekans aralığı kullanılmıştır.

Fon Gürültüsü Ölçmeleri: Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu'nda yapılan Fon Gürültüsü ölçmelerinde, Çizelge 5.9 ve Grafik 5.24'te görüldüğü gibi Fon Gürültüsü ortalama 61.06 dB ölçülmüştür. A<sub>1</sub> noktasında olan ölçümde çıkan değerler, Şekil 4.3 ve 4.4'te görüldüğü gibi, kapiya yakın olduğu için, daha yüksek düzeyde çıkmıştır. Salondaki Fon Gürültüsü'nde, Grafik 5.24'te de görüldüğü gibi, düşük frekanslarda yüksek ses düzeyleri ölçülmüştür. Yüksek frekanslara doğru ise azalma görülmektedir.

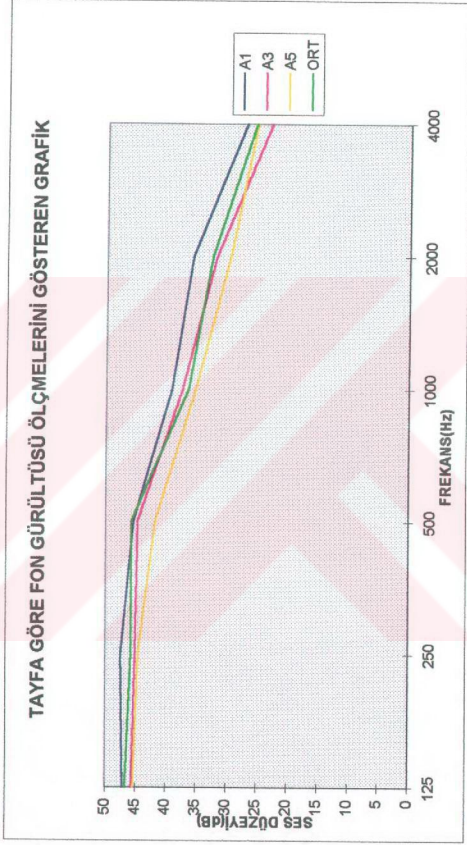
Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu'nda yapılan Fon Gürültüsü ölçmelerinde Çizelge 5.10 ve Grafik 5.25'te görüldüğü gibi Fon Gürültüsü ortalama 58.33 dB ölçülmüştür. Şekil 4.5 ve 4.6'da görüldüğü gibi A noktalarında ve C noktalarında olan ölçümler, kapiya yakın oldukları için, B noktalarında olan ölçümlere göre yüksek çıkmıştır. A noktaların Fon Gürültüsü ortalama 58.55 dB, C noktalarında 58.53 dB iken, B noktalarında 57.91 dB ölçülmüştür. Salondaki Fon Gürültüsü, Grafik 5.25'te de görüldüğü gibi düşük frekanslardan yüksek frekanslara doğru, ses düzeyinde düşme görülmektedir.

Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu'nda yapılan Fon Gürültüsü ölçmelerinde, Çizelge 5.11 ve Grafik 5.26'da görüldüğü gibi Fon Gürültüsü ortalama 65.6 dB ölçülmüştür. A noktalarında olan ölçümler, B ve C noktalarına göre daha düşük düzeyde ölçülmüştür. A noktalarında Fon Gürültüsü ortalama 64.5 dB, B noktalarında 66.3 dB, C noktalarında 66.4 dB ölçülmüştür. Salondaki Fon Gürültüsü, Grafik 5.26'da görüldüğü gibi düşük frekanslardan yüksek frekanslara doğru,ses düzeyinde düşme görülmektedir. Grafik 5.26'da görülen Fon Gürültüsü tayfı, Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu'nun Fon Gürültüsü tayfı ile benzerlik göstermektedir.

Y.T.Ü. ALPAY AŞKUN SALONU FON GÜRÜLTÜSÜ ÖLÇMELERİ (dB)

r(m)	NOKTA	FREKANS		16	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	TOPLAM
		ALT SINIR	HZ	HZ	HZ	HZ	HZ	HZ	HZ	HZ	HZ	HZ	HZ	HZ	
1	A1	3R	56,9	54,7	53,3	47,2	47,5	45,5	45,5	39,2	35,8	27,1	24,1	23,4	64,3
4	A2	2R	47,5	55,1	52,2	47,1	45,9	44	35,9	33,6	26,7	25,1	23,4	59,7	
5,75	A3	2R	52,1	52,5	51,6	45,7	45,1	44,8	37,4	31,9	22,9	21,6	19	59,3	
7,5	A4	2R	61,1	55,2	56,6	48,2	46,2	42,2	34,5	32,1	25,5	22,1	20,1	61,1	
9,25	A5	2R	55	55	54,2	45,4	44,6	41,9	35,2	29,6	25,3	21,1	20,1	60,9	
	ORTALAMA		54,5	54,5	53,6	46,7	45,9	45,9	36,4	32,6	25,5	22,8	21,2	61,06	

ÇİZELGE 5.9



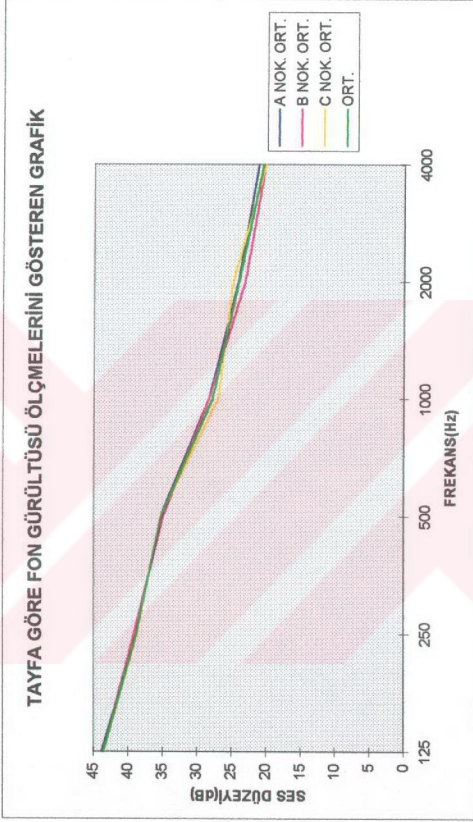
GRAFİK 5.24

## Y.T.Ü ESKİ KONFERANS SALONU FON GÜRÜLTÜSÜ ÖLÇMELERİ (dB)

r(m)	NOKTA	FREKANS		16	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	TOPLAM			
		ALT SINIR	HZ															
4,5	A1	2R	49,8	55,9	52,1	46,8	37,2	34,6	25,9	32,3	24,6	20,4	20,1	57,1				
			45,8	51,1	52,6	40,3	36,9	31,4	25,1	21,9	20,1	20,1	20,1	56,1				
			46,8	51,4	52,8	41,9	35,5	35,3	27,3	21,2	20,1	20,1	20,1	55,9				
			44,5	50,4	51,4	39,8	35	29,6	24,5	21,6	20,1	20,1	20,1	56,2				
			49,9	50,8	58,5	44,8	45,2	43,9	35,8	22,3	18,4	17,3	14,1	62,5				
			57,9	55,9	57,8	49,4	42,3	37,1	30,9	25,1	23,8	30,9	20,1	63,5				
A NOKTALARININ																		
ORTALAMASI																		
4,5	B1	2R	49,1	52,6	54,2	43,8	38,7	35,3	28,3	24,1	21,2	21,5	19,1	58,55				
			57,6	58,4	52,5	41,8	36,3	33,1	27,4	23,9	20,8	20,1	20,1	57,7				
			52,1	53,1	53,7	43,7	38,1	32,9	29,3	22,9	20,1	20,1	20,1	57,4				
			48,6	56,6	50,5	41,5	37,1	32,9	25,1	21,7	20,1	20,1	20,1	56,1				
			47,8	52,9	53,8	44,3	39,1	37,1	28,3	24,8	21,9	16,9	14,6	57,9				
			50,1	53,7	51,4	45,2	42,7	37,2	31,4	23,6	20,4	16,6	14,7	58				
19,5	B6	1R	54,9	58,2	52,9	44,8	41,4	36,2	28,3	21,4	17,9	16,8	14,5	60,4				
			B NOKTALARININ															
			ORTALAMASI															
			5	C1	2R	51,9	55,5	52,5	43,6	39,1	34,9	28,3	23,1	20,2	18,4	17,35	57,91	
						51,3	54,7	51,3	41,8	39,5	32,3	24,9	21,4	20,1	20,1	20,1	55,6	
						55,3	57,1	53,4	43,9	38,3	36,9	28,3	28,8	20,1	20,1	20,1	60,2	
10,5	C3	2R	50,8	56,6	53,2	44,8	38,3	36,7	27,4	24,1	20,1	20,1	20,1	59,8				
			C NOKTALARININ															
			ORTALAMASI															
ORTALAMA FON																		
GÜRÜLTÜSÜ																		
			52,5	56,1	52,6	43,5	38,7	35,3	26,9	24,8	20,1	20,1	20,1	58,53				
			51,1	54,7	53,1	43,6	38,8	35,2	27,8	24	20,5	20	18,85	58,33				

ÇİZELGE 5.10

Y.T.Ü. ESKİ KONFERANS SALONU FON GÜRÜLTÜSÜ ÖLÇMELERİ



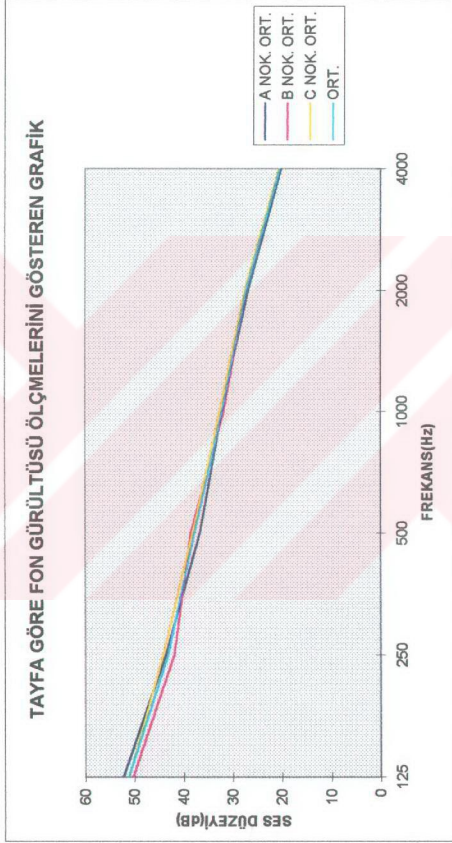
GRAFİK 5.25

## Y.T.Ü. YENİ KONFERANS SALONU FON GÜRÜLTÜSÜ ÖLÇÜMLERİ (dB)

r(m)	NOKTA	FREKANS		16	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	TOPLAM
		ALT	SINIR												
3,7	A1	2R	56,9	61,7	61,7	53,2	43,3	37,8	32,8	27,6	20,3	20,1	20,1	20,1	66,6
6,7	A2	2R	54,9	56,6	58,4	50,8	41,9	34,9	29,4	25,3	20,5	20,1	20,1	20,1	63,3
9,2	A3	2R	48,1	59,4	60,9	51,2	41	34	29,7	24,2	20,1	20,1	20,1	20,1	65,1
10,2	A4	2R	46,4	60,2	60,3	51,8	42,8	35,3	32,7	26,7	20,3	20,1	20,1	20,1	63,4
11,7	A5	1R	54,4	61	64,6	54,9	49,4	42	36,6	31,1	20,1	20,1	20,1	20,1	64,1
A NOKTALARININ															
ORTALAMASI															
2,5	B1	2R	57,3	62,2	57,8	51,2	42,6	38	31,3	26	20,1	20,8	20,1	20,1	65,8
4,8	B2	2R	58,1	63,6	59,3	51,2	43,9	37,9	33,4	27,6	20,1	20,2	20,1	20,1	67,4
6,6	B3	2R	55,1	61,1	58,9	49,2	41,1	43,4	31,4	30,3	22,1	20,2	20,1	20,1	65,4
7,6	B4	1R	52,3	65,4	61,6	48,5	41,9	35,7	30,6	26,1	20,1	20,1	20,1	20,1	66,2
9,1	B5	1R	53,4	59,8	60,9	51,6	40,4	37,8	32,9	26,9	20,4	20,2	20,1	20,1	66,7
B NOKTALARININ															
ORTALAMASI															
4	C1	2R	55,2	62,4	59,7	50,3	42	38,6	31,9	27,4	20,6	20,3	20,1	20,1	66,3
6	C2	2R	56,8	62,9	62,1	50,7	42,5	37,3	31,4	27	21,1	20,1	20,1	20,1	66,2
8,8	C3	2R	52,2	60,8	61,3	52,6	44,8	38,9	31,7	26,1	20,6	20,1	20,1	20,1	65,3
9,8	C4	2R	52,5	60,8	66,1	51,3	43,9	38,1	34,3	29,9	20,1	20,1	20,1	20,1	64,8
11,8	C5	2R	48,6	59,5	61,8	50,9	45,4	39,4	34,1	26,7	20,3	20,1	20,1	20,1	67,7
C NOKTALARININ															
ORTALAMASI															
ORTALAMA FON															
GÜRÜLTÜSÜ															
			53,6	62	63,3	51,2	44,2	38,3	32,7	27,7	20,7	20,1	20,1	20,1	66,4
			53,6	61,4	61,4	51,3	43,3	37,9	32,3	27,4	20,5	20,1	20,1	20,1	65,6

ÇİZELGE 5.11

Y.T.Ü. YENİ KONFERANS SALONU FON GÜRÜLTÜSÜ ÖLÇMELERİ



GRAFİK 5.26

Salonlardaki Fon Gürültüsü ölçmeleri bu tür mekanlar için kabul edilebilir düzey olan, NR 35 değerleriyle karşılaştırıldığında, Çizelge 5.12 ve Grafik 5.27'de görüldüğü gibi Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu'nda 250Hz ile 2000 Hz arasında Fon Gürültüsü kabul edilebilir, gürültü düzeyinin üzerine çıkmıştır. Çizelge 5.13 ve 5.14'te ve Grafik 5.28 ve 5.29'da görüldüğü gibi Y.T.Ü. Eski ve Yeni Konferans Salonları'nda ise ölçülen gürültü düzeyi, kabul edilebilir Fon Gürültüsü değerlerindedir.

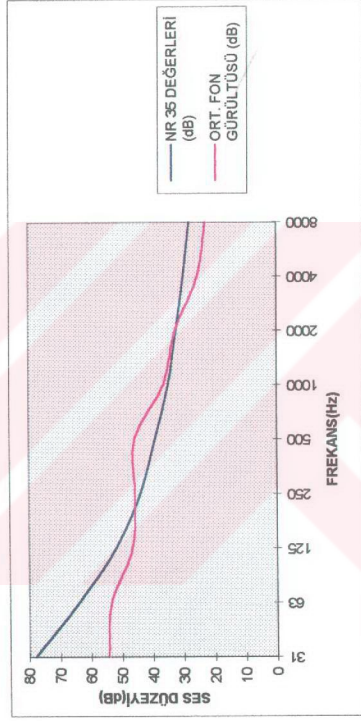
Buradan görüldüğü gibi, toplantı salonları için kabul edilebilir NR35 değerleriyle salonların Fon Gürültü düzeyleri karşılaştırıldığında, Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu uygun çıkmamıştır. Y.T.Ü. Eski ve Yeni Konferans Salonları'nın fon gürültüsü de kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu söylenebilir.



**NR 35 DEĞERLERİYLE Y.T.Ü. ALPAY AŞKUN AUDIO SALONU  
FON GÜRÜLTÜSÜ ÖLÇMESİNİN KARŞILAŞTIRMASI**

FREKANS (Hz)	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NR 35 DEĞERLERİ (dB)	78,1	64	52	44	39,3	35	32,3	30	28,1
ORT. FON GÜRÜLTÜSÜ (dB)	54,5	53,58	46,72	45,86	45,86	36,44	32,6	25,5	22,8

ÇİZELGE 5.12

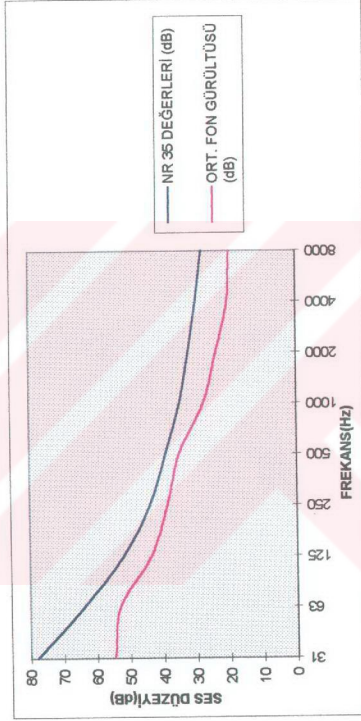


GRAFİK 5.27

NR 35 DEĞERLERİYLE Y.T.Ü. ESKİ KONFERANS SALONU  
FON GÜRÜLTÜSÜ ÖLÇMESİNİN KARŞILAŞTIRMASI

FREKANS (Hz)	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NR 35 DEĞERLERİ (dB)	78,1	64	52	44	39,3	35	32,3	30	28,1
ORT. FON GÜRÜLTÜSÜ (dB)	54,73	53,1	43,62	38,8	35,17	27,8	23,96	20,49	20

ÇİZELGE 5.13

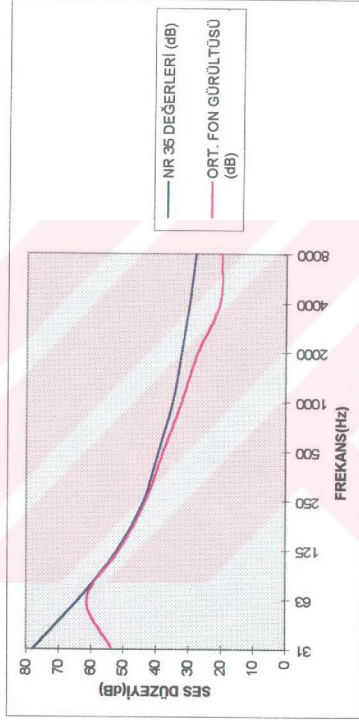


GRAFİK 5.28

NR 35 DEĞERLERİYLE Y.T.Ü. YENİ KONFERANS SALONU  
FON GÜRÜLTÜSÜ ÖLÇMESİNİN KARŞILAŞTIRMASI

FREKANS (Hz)	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NR 35 DEĞERLERİ	78,1	64	52	44	39,3	35	32,3	30	28,1
ORT. FON GÜRÜLTÜSÜ (dB)	53,63	61,4	51,3	43,3	37,9	32,26	27,36	20,53	20,13

ÇİZELGE 5.14



GRAFİK 5.29

Kaynak (Pembe Gürültü) Ölçümleri: Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu'nda yapılan Pembe Gürültü ölçümünde, Pembe Gürültü Çizelge 5.15 ve Grafik 5.30'da görüldüğü gibi, Fon Gürültüsü'ne göre yaklaşık 20 dB fazla olarak ayarlanmış ve 76.6 dB ölçülmüştür. Şekil 4.3 ve 4.4'te görüldüğü gibi  $A_1$  noktasında olan ölçümde çıkan değerler, kaynağın yakın çevresinden olan yansımalarından ötürü ve kaynağın dinleyiciye yakınlığından ötürü, diğer noktalara göre daha yüksek düzeyde çıkmıştır. Ölçülen Pembe Gürültü Grafik 5.20'de de görüldüğü gibi, yüksek frekanslara doğru ses düzeyinde bir azalma, yaklaşık 6 dB olmuştur. Grafik 5.30'da görülen Pembe Gürültü tayfı, Beyaz Gürültü tayfına yakın çıkmıştır.

Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu'nda yapılan Pembe Gürültü ölçümünde, Pembe Gürültü, Fon Gürültüsü'ne göre yaklaşık 20 dB fazla olarak ayarlanmış ve Çizelge 5.16 ve Grafik 5.31'de görüldüğü gibi ortalama 79.6 dB ölçülmüştür. Ölçülen Pembe Gürültü tayfında Grafik 5.31'de görüldüğü gibi, 125 Hz ile 250 Hz arası bir azalma görülmektedir. Çizelge 4.4'teki toplam yutuculuğun bu frekanslarda da arttığı görülmektedir. 500 Hz'de toplam yutuculuk daha da artarken, ses düzeyinde bir artış olmuştur. Bu da gerçekte 500 Hz'deki yutuculuğun daha az olduğunu gösteriyor. 1000 Hz'deki toplam yutuculukta, 500 Hz'deki toplam yutuculuğa göre azalma görülürken, ses düzeylerinde azalma olmuştur. Bu da gerçekte 1000 Hz'deki toplam yutuculuğun fazla olduğunu göstermektedir. 2000 Hz ve 4000 Hz'de toplam yutuculukla ters orantılı olarak tayfta azalma gerçekleşmiştir.

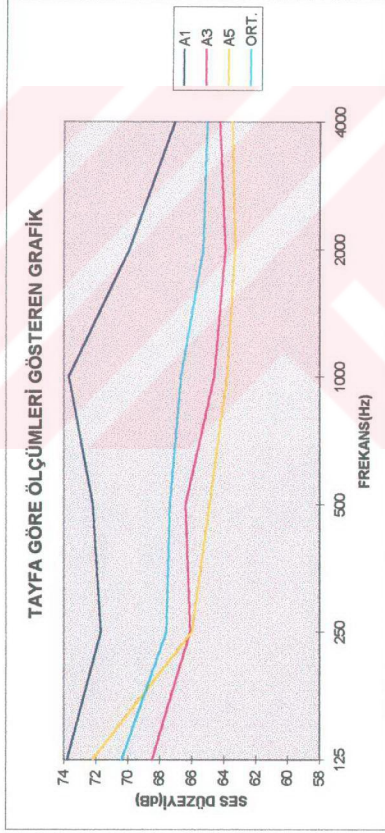
Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu'nda yapılan Pembe Gürültü ölçümünde, Pembe Gürültü, Fon Gürültüsü'ne göre yaklaşık 20 dB fazla olarak ayarlanmış ve Çizelge 5.17 ve Grafik 5.32'de görüldüğü gibi ortalama 83.1 dB ölçülmüştür.

Çizelge 4.5'te, 125 Hz ile 250 Hz arası toplam yutuculuktaki artış, Grafik 5.32'de görülen tayfta aynı frekanslar arası ses düzeyinde de azalma görülmüştür. 500 Hz ve 1000 Hz'de yapılan toplam yutuculuklarda artış görülürken, tayfta aynı frekanslar arası artış devam etmektedir. 1000 Hz ile 4000 Hz arası toplam yutuculukta orantılı olarak tayfta azalma gerçekleşmiştir.

Y.T.Ü. ALPAY AŞKUN SALONUNDA YAPILAN TAYFA GÖRE ÖLÇÜMLER(dB)

r(m)	NOKTA	FREKANS		16	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	TOPLAM	(***)max. ve min.fre. deg. arası fark(dB)
		ALT	SINIR													
1	A1	4R	53	59,7	69,9	73,8	71,7	72,2	73,7	69,9	67,1	72	70,1	80,9	6,7	
4	A2	4R	49,8	57,8	64,9	69,7	68	68,1	66,8	65,6	66,7	64,9	56,9	76,3	4,1	
5,75	A3	4R	52,1	56,9	66,6	68,5	66,1	66,4	64,6	63,9	64,3	62,9	56,5	74,8	4,6	
7,5	A4	4R	53,7	59,3	65,3	68,1	66,6	65,5	65	63,9	64,1	62,3	56,2	74,6	4,2	
9,25	A5	4R	53,3	61,1	69,5	72,2	66	64,9	63,8	63,3	63,5	61,6	55,3	76,4	8,9	
	ORTALAMA		52,3	58,9	67,2	70,4	67,6	67,4	66,7	65,3	65,1	64,7	59	76,6	5,3	
	(*)A1-A5 (dB)		-0,3	-1,4	0,4	1,6	5,7	7,3	9,9	6,6	3,6	10,4	14,8	4,5		

ÇİZELGE 5.15



GRAFİK 5.30

125Hz ile 4000Hz arası max. frekans değeri  
125Hz ile 4000Hz arası min. frekans değeri

(\*) İlk ve son dinleyiciler arası ses düzeyi farkı

(\*\*) 125Hz ile 4000Hz arası max. ve min. ses düzeyleri farkı

## Y. T. Ü. ESKİ KONFERANS SALONUNDA YAPILAN TAYFA GÖRE ÖLÇÜMLER(dB)

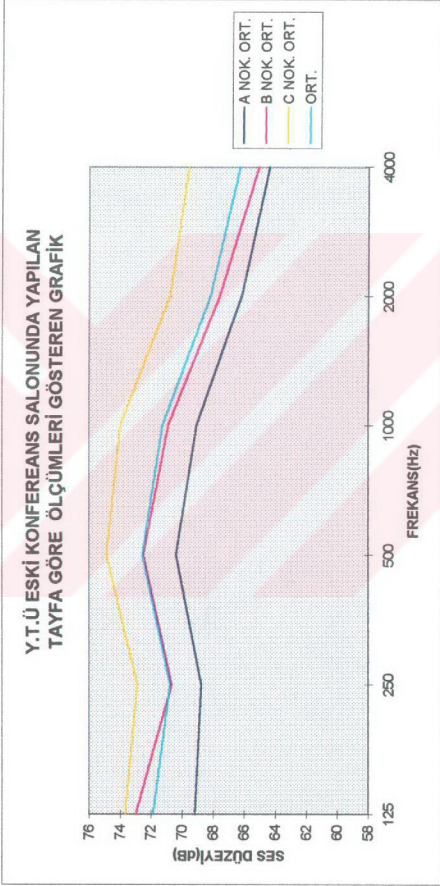
r(m)	NOKTA	FREKANS ALT SINIR	16	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	TOPLAM	(**)max. ve min fre. değ. arası fark(dB)
			Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz		
4,5	A1	4R	49,1	61,7	76,6	76,4	75,8	78,1	76,6	74,4	74,8	75,4	71,6	85,5	3,7
7	A2	4R	53,6	58,9	70,9	75,3	74,3	73,8	72,8	69,6	66,8	69,3	62,5	81,7	8,5
9,5	A3	3R	50,9	56,8	69,6	74,1	71,4	73,3	70,8	67,5	64,4	63,1	55,3	79,4	9,7
13	A4	3R	52,6	59,1	67,5	70,4	70,7	71,7	69,6	66,6	63,8	60,9	53,8	78,2	6,9
15,5	A5	3R	48,3	50,9	56,1	50,8	52	54,1	55,4	53,8	54,4	53,3	51,1	63,5	4,6
19	A6	3R	54,4	55,6	67,8	68,4	68,3	71,4	69,3	65,1	61,9	58,6	53,7	76,9	9,5
<b>A NOKTALARININ</b>															
<b>ORTALAMASI</b>															
			51,5	57,2	68,1	69,2	68,8	70,4	69,1	66,2	64,4	63,4	58,0	77,5	
			-5,3	6,1	8,8	8	7,5	6,7	7,3	9,3	12,9	16,8	17,9	8,6	
			(*)A1-A6 (dB)												
4,5	B1	2R	46,6	62,4	73,2	77,9	75,1	78,6	77,5	74,8	75,5	73,9	66,6	85,1	3,8
7	B2	2R	52,6	58,7	70,5	74,2	71,4	73,1	71,3	68,5	66,2	63,1	63,9	80,4	8
9,5	B3	2R	51,6	58	70,8	72,2	69,7	71,5	70	66,7	63,1	63,8	55,4	78,9	9,1
13	B4	1R	51,6	56,9	68,3	72,5	69,8	70,1	68,6	65,7	62,7	61,1	51,1	78,6	9,8
16	B5	1R	52,2	55,6	69,8	73,4	69,8	70,3	68,5	65,2	61,9	59,6	51	78,5	11,5
19,5	B6	1R	54,7	57,4	68,3	68	68,6	71,6	69,2	64,8	61,2	57,8	50,8	76,8	10,4
<b>B NOKTALARININ</b>															
<b>ORTALAMASI</b>															
			51,6	58,2	70,2	73,0	70,7	72,5	70,9	67,6	65,1	63,2	56,5	79,7	
			-8,1	5	4,9	9,9	6,5	7	8,3	10	14,3	16,1	15,8	8,3	
			B1-B6 (dB)												
5	C1	4R	49,1	61,1	73,2	76,1	74,9	76,5	76,2	73,5	73,7	72,8	66	83,9	3
8	C2	3R	50,9	61,3	68,4	74,6	72,3	73,4	73,8	69,7	69,3	70,4	64,4	81	5,3
10,5	C3	3R	55,9	61,1	71,3	70,5	71,6	74,9	71,9	69,3	65,9	66	58,2	79,9	9
<b>C NOKTALARININ</b>															
<b>ORTALAMASI</b>															
			52,0	61,2	71,0	73,7	72,9	74,9	74,0	70,8	69,6	69,7	62,9	81,6	
			-6,8	0	1,9	5,6	3,3	1,6	4,3	4,2	7,8	6,8	7,8	4	
			C1-C3 (dB)												
<b>ORTALAMA</b>															
			51,7	58,8	69,7	71,9	70,8	72,6	71,3	68,2	66,3	65,4	59,1	79,6	

ÇİZELGE 5.16

125Hz ile 4000Hz arası max. frekans değeri  
125Hz ile 4000Hz arası min. frekans değeri

(\*) İlk ve son dinleyici arasındaki ses düzeyi farkı

(\*\*) 125Hz ile 4000Hz arası max. ve min. ses düzeyleri farkı



GRAFİK 5.31

## Y.T.Ü. YENİ KONFERANS SALONUNDA YAPILAN TAYFA GÖREÖLÇMELERİ(dB)

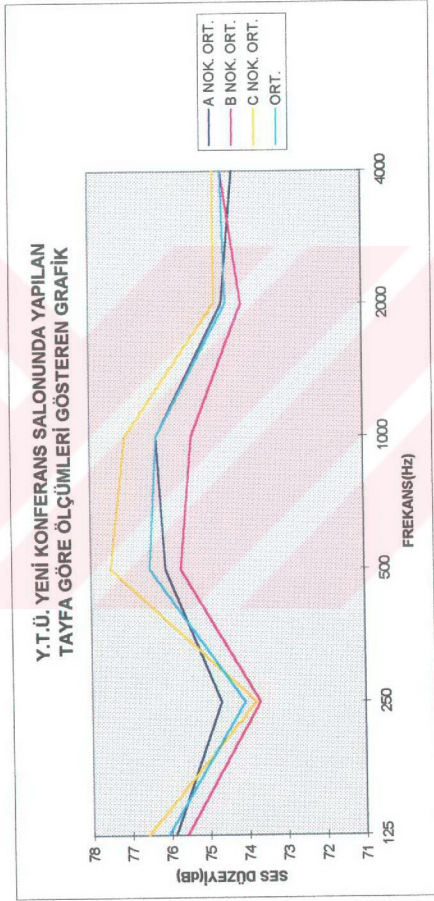
r(m)	NOKTA	FREKANS ALT SINIR	16 Hz	31 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	16000 Hz	TOPLAM	(**)max. ve min. fre. değ. arası fark(dB)
3,7	A1	4R	55,9	67,2	80,6	79,4	77,4	79,3	81,2	77,5	75,1	74,3	75,1	88,5	6,1
6,7	A2	4R	57,3	66,9	76,7	79,5	78,5	78,7	79,2	77,2	76,7	74,4	70,5	87,1	2,8
9,2	A3	4R	50,1	67	75,5	74,1	71,7	73,4	74,3	73,3	73,6	73,2	64	82,9	2,6
10,2	A4	4R	52,6	64,6	74,6	74,7	73,5	75,6	73,7	72,9	73,7	74	68,1	83,3	2,7
11,7	A5	4R	55,1	62,1	72,9	72,2	72,7	73,9	73,4	72,9	72,7	72,3	65,2	82,7	1,7
A NOKTALARININ ORTALAMASI															
54,2	65,5	76	75,9	74,7	76,1	76,3	74,6	74,3	73,6	74,6	74,3	73,6	68,5	84,9	
0,8	5,1	7,7	7,2	4,7	5,4	7,8	4,6	2,4	2	9,9	5,8				
(*) A1-A5 (dB)															
2,5	B1	2R	57,9	66,9	77,3	78,9	77,7	78,7	79,2	77,2	76,7	74,4	70,5	87,1	2,5
4,8	B2	2R	57,3	66,1	78,6	78	74,4	76,3	76,1	73,9	75,7	75,2	64,6	85,2	2,4
6,6	B3	2R	56,4	66,8	76,8	74,4	72,5	74,6	74,4	73,4	74,2	73,7	64,4	83,7	2,1
7,6	B4	1R	52,6	64,6	74,6	74,7	73,5	75,6	73,7	72,9	73,7	74	68,1	83,3	2,7
9,1	B5	1R	54,2	63,5	75,9	74	70,3	73,5	73,6	73,3	72,6	72,3	66	82,6	3,7
B NOKTALARININ ORTALAMASI															
55,7	65,6	76,6	75,6	73,7	75,7	75,4	74,1	74,6	73,9	74,1	74,6	73,9	66,7	84,4	
3,7	3,4	1,4	4,9	7,4	5,2	5,6	3,9	4,1	2,1	4,5	4,5				
B1-B6 (dB)															
4	C1	4R	56	67,3	78,7	77,9	77,1	79,9	80,9	77,6	75,4	73,1	73,1	87,5	5,5
6	C2	4R	52,9	65,4	75,7	77,9	73,5	75,5	76,5	74,1	75,5	74,8	63,8	84,3	4,4
8,8	C3	4R	52,9	68	76,4	73,5	71	77,3	74	72,8	73,7	73,5	64,2	83	6,3
9,8	C4	4R	50,4	65,9	72,3	72,9	71,5	73,6	73,1	72,2	73,4	73,4	67,3	82,5	2,1
11,8	C5	4R	56	63,9	72,1	71,1	70,7	72,8	73,1	72,1	72	72	65,4	81,5	2,4
C NOKTALARININ ORTALAMASI															
53,9	66,9	76,9	76,7	73,9	77,6	77,1	74,8	74,9	73,8	74,8	74,9	73,8	67	84,9	
0	3,4	6,6	7,5	6,4	7,1	7,8	5,5	3,4	1,1	7,7	6				
C1-C5 (dB)															
ORTALAMA															
54,6	66,0	76,5	76,1	74,1	76,5	76,3	74,5	74,6	73,8	74,5	74,6	73,8	67,4	84,7	

ÇİZELGE 5.17

125Hz ile 4000Hz arası max. frekans değeri  
125Hz ile 4000Hz arası min. frekans değeri

(\*) İlk ve son dinleyiciler arası ses düzeyi farkı

(\*\*) 125Hz ile 4000Hz arası max. ve min. ses düzeyleri farkı



GRAFİK 5.32

### 5.2.1. Hacimlerde Ölçme Yöntemi ile Uzaklığa Göre Ses Düzeyi Dağılımları ve Karşılaştırılması

Bu bölümde salonlar sırasıyla ele alınarak değerlendirilecektir. Tekrarları önlemek için, her salonda ortak olan özellikler bir kere anlatıldıktan sonra yinelenmeyecektir.

Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu'nda Çizelge 5.15 ve Grafik 5.30'da görüldüğü gibi kaynaktan 1 m uzaklıkta  $A_1$  noktası'nda toplam ses düzeyi diğer noktalara göre daha yüksek çıkmıştır. Dinleyicinin kaynağa yakın olması ve dolaysız sesin baskın olmasından dolayı bu durum ortaya çıkmıştır.

Çizelge 5.15'te görüldüğü gibi, kaynaktan 4 m uzaklıkta  $A_2$  noktasından, 7.5 m uzaklıkta,  $A_4$  noktasına kadar toplam ses düzeyi birbirine yakın düzeyde devam etmiştir. Grafik 5.30'da görüldüğü gibi  $A_1$  noktasındaki tayf hariç diğer noktadaki tayflarda bir gruplaşma olmuştur. Kaynaktan 9.25 m uzaklıkta, son dinleyici konumundaki  $A_5$  noktasında arka duvardan yansımalar sonucu bir artış olmuştur. (\*)

Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu'nda Çizelge 5.16'da görüldüğü gibi, ilk dinleyici konumlarında toplam ses düzeyi diğer noktalara göre yüksek çıkmıştır.

Çizelge 5.16'da görüldüğü gibi, A-A kesiti doğrultusunda kaynaktan 9.5 m uzaklıkta  $A_3$  noktası ile 13 m uzaklıkta  $A_4$  noktası arası, B-B kesiti doğrultusunda kaynaktan 9.5 m uzaklıkta  $B_3$  noktası ile 15.5 m uzaklıkta  $B_5$  noktası arasında toplam ses düzeyi birbirine yakın düzeyde devam etmiştir. Son dinleyici konumunda, artış gerçekleşmiştir. C-C kesiti doğrultusunda kaynaktan 5 m uzaklıkta  $C_2$  noktasıyla, 10.5 m uzaklıkta  $C_3$  noktası arası toplam ses düzeyi birbirine yakın düzeyde devam etmiştir.

Grafik 5.31'de görüldüğü gibi, C-C kesiti doğrultusu diğerlerine göre daha kısa olduğu için, C noktalarının ortalaması daha yüksek düzeyde çıkmıştır. Diğer noktaların ortalamasını gösteren tayflarda ise bir gruplaşma olmuştur.

Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu'nda, Çizelge 5.17'de görüldüğü gibi, A-A kesiti doğrultusunda, kaynaktan 92 m uzaklıkta  $A_3$  noktası ile 11.7 m uzaklıkta  $A_5$  noktası arası

---

(\*) Çizelge ve Grafikler yansıyan seslerin etkisi hesaba katılmadan hazırlanmıştır.

B-B kesiti doğrultusunda kaynaktan 6.6 m uzaklıkta  $B_3$  noktası ile 9.1 m uzaklıkta  $B_5$  noktası arası, C-C kesiti doğrultusunda kaynaktan 8.8 m uzaklıktaki  $C_3$  ve 9.8 m uzaklıktaki  $C_4$  noktaları arası toplam ses düzeyi birbirine çok yakın düzeyde çıkmıştır.

A-A, B-B ve C-C kesiti doğrultusunda, ortalama toplam ses düzeyleri de birbirine çok yakın çıkmıştır.

Salonlar birbirleriyle karşılaştırıldıklarında, Çizelge 5.15, 5.16 ve 5.17'de görüldüğü gibi Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu'nda ilk dinleyici ile son dinleyici arası toplam ses düzeyi farkı, 4,5 dB, Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu'nda ortalama 7 dB, Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu'nda ortalama 5,4 dB'dir. Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu'nda ilk dinleyici ile son dinleyici arası ses düzeyi farkı daha az iken diğer salonlarda bu fark artmıştır. Öte yandan, frekansa göre değerlere bakıldığında ön ve arka sıra arasında 12 dB'e kadar çıkabilen farkların oluştuğu görülmektedir. Bu durumda ölçme verilerinin salonlarda kabul edilebilir farklılıklar olan 5 dB'lik sınır değere çok yaklaştığı, hatta kimi frekanslarda fazlasıyla aştığı, dolayısıyla incelenen salonlardaki ses düzeyi dağılımının güçlükle uygun değerler içinde kaldığı söylenebilir.

### 5.2.2. Hacimlerde Ölçme Yöntemi ile Frekansa Göre Ses Düzeyi Dağılımları ve Karşılaştırılması

Frekanslara göre ses düzeyi dağılımının incelenebilmesi için 125 Hz ile 4000 Hz arası her bir noktadaki yeğinliklerin en fazla olanı ile en az olanı arasındaki fark bulunmuş ve Çizelge 5.15, 5.16 ve 5.17'de gösterilmiştir. Değerlendirmeler de bu frekanslar arasında yapılmıştır.

Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu'nda, Çizelge 5.15'te görüldüğü gibi, kalın sesler olan 125 Hz ile 250 Hz arası ses düzeyi farkı diğer frekanslara göre daha fazla çıkmıştır. 125 Hz ile 1000 Hz arası kaynaktan uzaklaştıkça ses düzeyindeki fark artmıştır. İnce seslerde frekanslar arası fark hemen hemen sabit kalmıştır. Kaynaktan 1 m uzaklıktaki  $A_1$  noktasında frekanslar arası ses düzeyi farkı diğer noktalara göre ince seslerde daha fazla olmuştur. Ama bu fark dinleyicinin kaynağa çok yakın olması ve dolayısıyla sesin baskın olması hesaba katılırsa azalacaktır.

Çizelge 5.15'te görüldüğü gibi max. frekans değerleri her noktada 125 Hz'de olmuştur, min. frekans değerleri ise  $A_1$  ve  $A_5$  noktalarında 4000 Hz'de diğer noktalarda 2000 Hz'de olmuştur. Min. ve max. frekans değerleri kendi aralarında bir gruplaşma olmuştur.

Grafik 5.30'dan görüleceği gibi, frekanslara göre tayflar biçim olarak birbirlerine benzerlik göstermektedir.

Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu'nda görülen ince seslerdeki bu ses düzeyi farkı, dinleyicilerin konuşmayı anlaşılabilir şekilde duyabilmeleri açısından sorun yaratacaktır.

Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu'nda, Çizelge 5.16'da görüldüğü gibi, ince sesler olan 500 Hz ile 4000 Hz arası, ses düzeyi farkı diğer frekanslara göre daha fazla çıkmıştır. Bu fark A-A kesiti doğrultusunda salonun orta sıralarında ve arka sırada, B-B ve C-C kesiti doğrultusunda arka sıralarda daha çok artmaktadır. Buna göre A-A kesiti, doğrultusunda orta sıralarda ve arka sırada B-B ve C-C kesiti doğrultusunda arka sıralarda oturan kişiler ince sesleri duyması zorlaşacak, konuşmanın anlaşılabilirliği az olacaktır.

Çizelge 5.16'da görüldüğü gibi max. frekans değerleri her nokta için aynı frekanslarda olmayıp değişkenlik göstermiştir. Min. frekans değerleri ise genelde 4000 Hz'de toplanmış. Üç ayrı kesit doğrultusunda ilk dinleyicilerde ise 2000 Hz'de toplanmıştır.

Grafik 5.31'den görüleceği gibi, frekanslara göre tayflar biçim olarak birbirine benzerlik göstermektedir.

Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu'nda, Çizelge 5.17'de görüldüğü gibi, frekanslar arası ses düzeyi farkı B-B kesiti doğrultusunda birbirine oldukça yakındır. A-A kesiti doğrultusunda ilk dinleyici konumunda, C-C kesiti doğrultusunda  $C_1$  ve  $C_2$  noktalarında fark artmıştır. Salonda ince seslerde öteki salonlardaki kadar belirgin bir azalma olmamakla birlikte konuma göre değişen distorsiyon olduğu söylenebilir.

Çizelge 5.17'de görüldüğü max. frekanslar bir gruplaşma göstermemiştir. Aynı şekilde min. frekanslarda da görülmektedir.

Grafik 5.32'den görüleceği gibi, frekanslara göre tayflar biçim olarak birbirine benzerlik göstermektedir.

Salonlar birbirleriyle karşılaştırıldıklarında, ses düzeyleri frekanslara göre değişim göstermemesi gerekirken, Çizelge 5.15, 5.16 ve 5.17 ve Grafik 5.30, 5.31 ve 5.32'de görüldüğü gibi ölçüm yapılan salonlarda bu değişimin önemli ölçüde olduğu saptanmıştır. Tüm salonlarda, tüm noktalarda, frekansa göre 2 dB ile 11 dB arasında oldukça önemli düzey farklılıkları olduğu yani önemli distorsiyon olduğu ortaya çıkmıştır. Yine de Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu ötekilere göre daha az kötü durumda görünmektedir. En kötü durumda olan salon ise Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu'dur. Öte yandan amaç gözönüne alındığında, konuşmanın anlaşılabilirliğinin Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu'nda en belirgin biçimde zedelendiği görülmektedir. Y.T.Ü. Eski Konferans Salonu'nda da distorsiyon kalın seslerin baskınlığı yönündedir. Oysa Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu'nda noktalara göre değişmekle birlikte, ince seslerde de baskınlık görülmektedir. Genel olarak düşünöldüğünde, tüm salonlar arasında hem frekansa göre farkın az olması hem de baskın yeğinliğin belirgin olarak kalın seste olmaması nedeni ile, göreceli olarak en iyi akustik koşula sahip salonun Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonu olduğu söylenebilir.

### **5.3. Hacimlerde Hesap ve Ölçme Yolu ile Belirlenmiş Ses Düzeylerinin Karşılaştırma ve Değerlendirilmesi**

Bu bölümde salonlar sırasıyla ele alınarak değerlendirilecektir. Tekrarları önlemek için, her salonda ortak olan özellikler bir kere anlatıldıktan sonra yinelenmeyecektir.

Hesaplama ve ölçümlerin yapıldığı salonlarda, Çizelge 5.18, 5.19 ve 5.20 ve Grafik 5.33, 5.34 ve 5.35'te görüldüğü gibi, hesaplanan ve ölçülen toplam ses düzeyleri arasında düzey açısından bir fark olduğu görülmektedir. Bu fark hesaplarda kabul edilen ses düzeyi ile ölçümlerde ayarlanan ses düzeyinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada değerlendirme ses düzeyinin ulaştığı nokta açısından değil, mekanda ve frekansa göre dağılım açısından gerçekleştirileceğinden, bu bölümde, hacimde ses düzeyi dağılımı ve frekansa göre dağılım incelemesi yapılacaktır.

#### **5.3.1. Hacimlerde Hesap ve Ölçme Yöntemi ile Uzaklığa Göre Ses Düzeyi Dağılımları ve Karşılaştırılması**

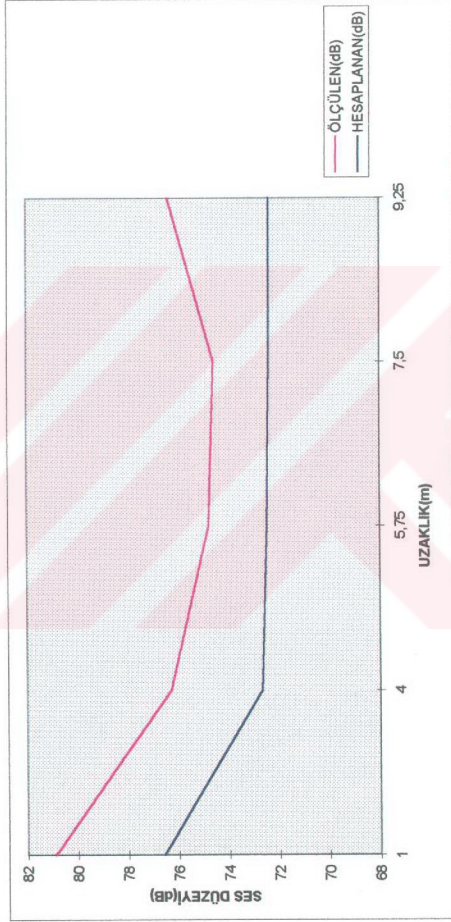
Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonunda, ölçülen ses düzeyi dağılımı, Çizelge 5.18 ve Grafik 5.33'te görüldüğü gibi oldukça düzgün çıkmıştır. Çizelge 5.21'de görüldüğü gibi, kaynaktan 1 m ve 4 m uzaklıklarda olan  $A_1$  ve  $A_2$  noktaları arasında ölçülen ses düzeyinde 4,6 dB azalma gösteren ses düzeyi, diğer noktalarda az farklar göstererek devam etmiştir. Son dinleyici konumunda, duvarlardan dolayı sesin yansımaları ile artış olmuştur.

Çalışılan salonda, aynı uzaklık farklarında, Çizelge 5.21 ve Grafik 5.33'te görüldüğü gibi, noktalar arası hesaplanan ve ölçülen ses düzeyleri farkı  $A_3$  noktasından sonra yaklaşık aynı çıkmıştır.

ALPAY AŞKUN AUDIO SALONUNDA  
HESAPLANAN VE ÖLÇÜLEN SES DÜZEYLERİ

NOKTA	A1	A2	A3	A4	A5
KAYNAKTAN UZAKLIK(m)	1	4	5,75	7,5	9,25
HESAPLANAN(dB)	76,6	72,7	72,5	72,4	72,4
ÖLÇÜLEN(dB)	80,9	76,3	74,8	74,6	76,4

ÇİZELGE 5.18

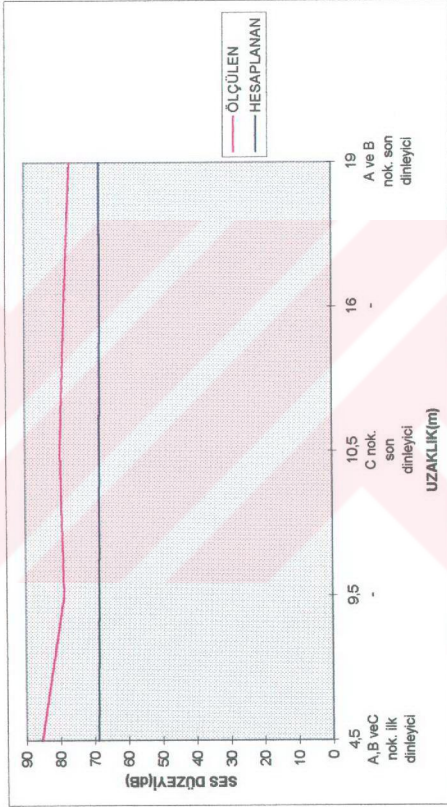


GRAFİK 5.33

Y.T.Ü ESKİ KONFERANS SALONUNDA HESAPLANAN VE ÖLÇÜLEN SES DÜZEYLERİ

NOKTA	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6	C1	C2	C3
KAYNAKTAN UZAKLIK(m)	4,5	7	9,5	13	15,5	19	4,5	7	9,5	13	16	19,5	5	8	10,5
HESAPLANAN	69	68,9	68,6	68,3	68,2	68,2	69	68,9	68,6	68,3	68,1	68,1	68,9	68,4	68,3
ÖLÇÜLEN	85,5	81,7	79,4	78,2	63,5	76,9	85,1	80,4	78,9	78,6	78,5	76,8	83,9	81	79,9

ÇİZELGE 5.19



GRAFİK 5.34

Y.T.Ü. Eski Konferans Salonunda, Çizelge 5.22 ve Grafik 5.34'de görüldüğü gibi, kaynaktan 4,5 m. uzaklıkta  $A_1$  ve  $B_1$  noktası ile 9,5 m uzaklıkta  $B_3$  ve  $A_3$  noktaları arası ölçülen ses düzeyinde 6,1 dB'lik bir azalma olmuş, diğer noktalarda yaklaşık aynı düzeyde devam etmiştir.

Bu salonda, aynı uzaklık farklarında Çizelge 5.22 ve Grafik 5.34'te görüldüğü gibi, hesaplanan ve ölçülen ses düzeyleri arası, ses düzeyi farkları yaklaşık aynı çıkmıştır. Yalnız 4,5 m. ile 9,5 m. uzaklıkta  $A_1$ - $A_3$ ,  $B_1$ - $B_3$  arası noktalarda, hesaplanan ve ölçülen ses düzeyinde 0,4 dB'lik azalma olurken, ölçülen ses düzeyinde 6,1 dB bir azalma olmuştur.

Salonda üç ayrı kesit doğrultusunda yapılan ses düzeyi ölçmelerinde aynı uzaklıklarda birbirine yakın değerler verdiği görülmektedir. Çizelge 5.19'da görüldüğü gibi, B-B ve A-A kesiti doğrultusunda,  $B_1$  ve  $A_1$  noktalarında,  $B_1$  noktasında 85,1, dB  $A_1$  noktasında 85,5, dB C-C kesiti doğrultusunda  $C_1$  noktasında 83,9 dB ölçülmüştür.

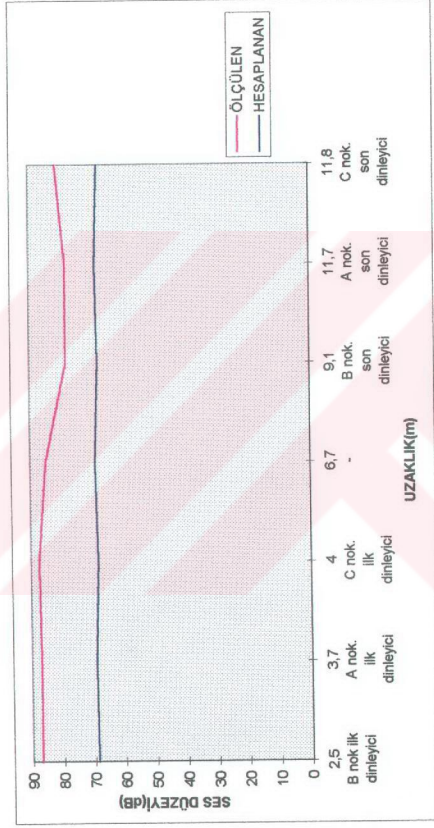
YTÜ Yeni Konferans Salonunda, Çizelge 5.23 ve Grafik 5.35'te görüldüğü gibi, kaynaktan 2,5 m ile 4,5 m uzaklıkta  $B_1$  ve  $C_1$  noktaları arası ölçülen ses düzeyi aynı düzeyde devam edip, kaynaktan 6,7 m. ile 9,1 m. uzaklıktaki  $A_2$  ve  $B_5$  noktaları arası 6,7 dB'lik bir azalma olmuştur, daha sonraki noktalarda yaklaşık aynı düzeyde devam etmiştir. Kaynaktan 11,8 m. uzaklıkta  $C_5$  noktasında ise 3 dB'lik bir artış olmuştur.

Salonda, aynı uzaklık farklılıklarında, Çizelge 5.20 ve Grafik 5.35'te görüldüğü gibi, hesaplanan ve ölçülen ses düzeyi arası, ses düzeyi farkları yaklaşık aynı çıkmıştır. Kaynaktan 6,7 m. ile 9,1 m. uzaklıkta  $A_2$  ve  $B_5$  noktaları arası hesaplanan ses düzeyinde 1 dB'lik bir azalma olurken, ölçülen ses düzeyinde 6,7 dB'lik bir azalma olmuştur.

Y.T.Ü YENİ KONFERANS SALONUNDA HESAPLANAN VE ÖLÇÜLEN SES DÜZEYLERİ

NOKTA	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
KAYNAKTAN UZAKLIK(m)	3,7	6,7	9,2	10,2	11,7	2,5	4,8	6,6	7,6	9,1	4	6	8,8	9,8	11,8
HESAPLANAN	69,4	69,3	69,2	69,1	69	69	68,6	68,5	68,4	68,3	68,5	68,4	68,3	68,2	68,1
ÖLÇÜLEN	87,1	85,2	83,7	83,3	78,5	87,1	85,2	83,7	83,3	78,5	87,5	84,3	83	82,5	81,5

ÇİZELGE 5.20



GRAFİK 5.35

Y.T.Ü ALPAY AŞKUN AUDIO SALONU NOKTALAR ARASI SES DÜZEYİ FARKI

NOKTA	A1-A2	A2-A3	A3-A4	A4-A5
HES(dB)	3,9	0,2	0,1	0
ÖLÇ.(dB)	4,6	1,5	0,2	-1,8
(*)ÖLÇ.-HES. (dB)	0,7	1,3	0,1	-1,8

ÇİZELGE 5.21

Y.T.Ü. ESKİ KONFERANS SALONU NOKTALAR ARASI SES DÜZEYİ FARKI

NOKTA	A1-A3 B1-B3	A3-C3 B3-C3	C3-B5	B5-A6 B5-B6
HES(dB)	0,4	0,3	0,2	-0,1
ÖLÇ.(dB)	6,1	-0,5	1,4	1,6
(*)ÖLÇ.-HES. (dB)	5,7	-0,8	1,2	1,7

ÇİZELGE 5.22

Y.T.Ü. ESKİ KONFERANS SALONU NOKTALAR ARASI SES DÜZEYİ FARKI

NOKTA	B1-A1	A1-C1	C1-A2	A2-B5	B5-A5	A5-C5
HES(dB)	0,4	0,9	-0,8	1	-0,7	0,9
ÖLÇ.(dB)	0	-0,4	2,3	6,7	0	-3
(*)ÖLÇ.-HES. (dB)	-0,4	-1,3	3,1	5,7	0,7	-3,9

ÇİZELGE 5.23

(\*) Ölçülen ve hesaplanan ses düzeyleri arasındaki fark

Salonda üç ayrı kesit doğrultusunda yapılan ses düzeyi ölçmelerinde aynı uzaklıklarda  $A_3$  ve  $C_3$  noktalar yaklaşık aynı değeri vermiştir.  $A_3$  noktasında 83,7 dB,  $C_3$  noktasında 83 dB çıkmıştır. Yine aynı uzaklıkta olan  $B_5$  noktası ise farklı bir değerinde, 78,5 dB çıkmıştır. Ölçüm sırasında yan pencerelerin perdelerinin açık olması, bu durumu yansıma olabileceğinden dolayı olası yapabilir.

Salonlar birbirlerine göre karşılaştırıldıklarında, Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu ile YTÜ Yeni Konferans Salonunda, ses düzeyleri ölçümlerinde aynı noktalarda eşit azalma olurken, Y.T.Ü. Eski Konferans Salonunda daha farklı bir azalma olmuştur. Çizelge 5.18 ve 5.20'de görüldüğü gibi kaynaktan 5 m ile 10 m uzaklıktaki noktalar arası yaklaşık 1,6 dB bir azalma görülürken, Çizelge 5.19'da görüldüğü gibi aynı uzaklıklar arası 4 dB'lik azalma olmuştur.

Hesaplanan ve ölçülen ses düzeylerinin hacim içindeki dağılımlarında, salonlarda, Grafik 5.33, 5.34 ve 5.35'te de görüldüğü gibi, ortalama bir frekansta hesaplanan ses düzeyi ile ölçülen ses düzeyi arasında hacmin içindeki dağılım olarak bir benzerlik görülmektedir. Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonunda ve Yeni Konferans Salonunda ölçüme, son dinleyicilerin konumunda, Grafik 5.33 ve 5.35'te görüldüğü gibi, bir artış olmuştur.

### **5.3.2. Hacimlerde Hesap ve Ölçme Yöntemi ile Frekansa Göre Ses Düzeyi Dağılımları ve Karşılaştırılması**

Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonunda, Çizelge 5.24 ve Grafik 5.36, 5.37 ve 5.38'de görüldüğü gibi,  $A_1$ ,  $A_3$  ve  $A_5$  noktalarında, frekanslara göre dağılımda hesaplanan ve ölçülen ses düzeyleri, grafik yapısı açısından değişkenlik göstermektedir. Kaynağı yakın noktada ölçülen ve hesaplanan ses düzeyleri arasında fark fazla, uzak noktalara doğru benzerlik fazlalaşmaktadır. Ayrıca frekansa göre ölçme ve hesapla elde edilen ses düzeyleri arasındaki fark uzaklıkla değişmekte, kaynaktan uzaklaştıkça birbirine yaklaşmaktadır.

$A_1$  noktasında frekanslara göre toplam ses düzeyi değişimi özellikle ince seslerde etkili olmuştur. Diğer noktalarda da frekanslara göre toplam ses düzeyi farkı gerçekleşmiştir. Kaynaktan 9.25 m. uzaklıktaki  $A_5$  noktasında 250 Hz ile 1000 Hz arası ölçülen ve hesaplanan ses aynı değerleri vermiştir.

Y.T.Ü. Eski Konferans Salonunda, Çizelge 5.25 ile Grafik 5.39 ve 5.47 arasında görüldüğü gibi, noktaların frekanslara göre dağılımında, hesaplanan ve ölçülen ses düzeyleri, grafik yapısı açısından benzerlik göstermektedir. Yüksek frekanslarda biraz düşme, 500 Hz'de de bir artış olmuştur.

Grafik 5.42 ve 5.47 arası görüldüğü gibi, salonda üç ayrı kesit doğrultusunda son dinleyici noktalarında ince seslere doğru frekanslar arası ses düzeyi farkı daha az çıkmıştır. Salon 3 kesit doğrultusunda da noktalar arası aynı grafik yapısına sahiptir. Hemen hemen her noktada 500 Hz'de toplam ses düzeyinde bir artış olmuştur. 500 Hz ile 4000 Hz arası azalmıştır.

Y.T.Ü. Yeni Konferans Salonunda, Çizelge 5.26 ve Grafik 5.48 ile 5.56 arası görüldüğü gibi, noktaların frekansa göre dağılımlarında hesaplanan ve ölçülen ses düzeyleri grafik yapısı açısından birbirine benzerlik göstermektedir.

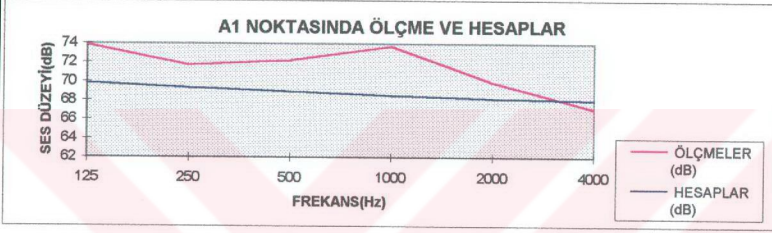
Grafik 5.51 ve 5.56 arası görüldüğü gibi salonda B-B ve C-C kesiti doğrultusunda son dinleyici noktalarında ince seslere doğru frekanslar arası ses düzeyi farkı daha az çıkmıştır. Salon simetrik bir plan göstermesine karşın üç ayrı kesit doğrultusunda ilk dinleyicilerde ölçülen ses düzeylerinin ve hesaplanan ses düzeylerinin grafik yapıları birbirine benzerlik göstermekte ama diğer noktalarda bu görülmemektedir. C-C kesiti doğrultusunda frekanslar arası toplam ses düzeyi farkı daha fazla çıkmıştır. C-C kesiti doğrultusunda C<sub>3</sub> noktasında oturan bir kişi için ince seslerde ses düzeyinin düşmüş olması konuşmanın anlaşılabilirliğini azaltacaktır. A-A ve B-B kesiti doğrultusunda yansıma süresi frekanslara göre daha az değişim göstermiştir.

Ses düzeyi açısından hesap ve ölçme arasındaki ilişkiyi ortaya koymak gerekirse, hesaplarda kullanılan yöntemlerin ve verilerin, ölçmelerle farklılık gösterdiği ortaya çıkmıştır.

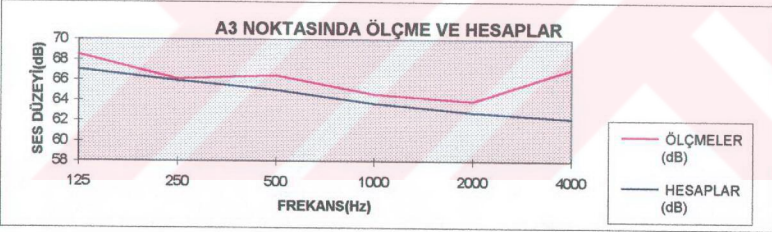
Y.T.Ü ALPAY AŞKUN AUDIO SALONU  
ÖLÇMELER VE HESAPLAR

	r(m)	FREKANS	125	250	500	1000	2000	4000
		NOKTA	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz
HESAPLAR (dB)	1	A1	69,8	69,3	68,9	68,5	68,2	68
	5,75	A3	67	65,9	65	63,7	62,8	62,2
	9,25	A5	66,9	65,8	64,9	63,5	62,6	62
ÖLÇMELER (dB)	1	A1	73,8	71,7	72,2	73,7	69,9	67,1
	5,75	A3	68,5	66,1	66,4	64,6	63,9	64,3
	9,25	A5	72,2	66	64,9	63,8	63,3	63,5

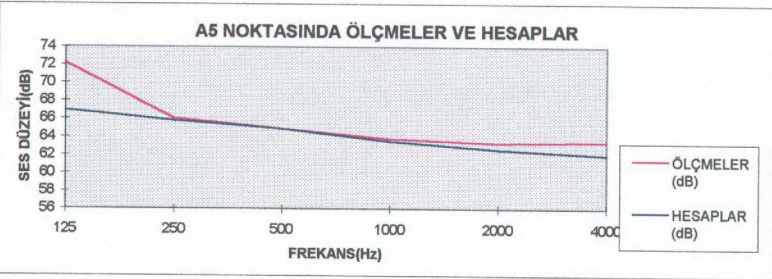
ÇİZELGE 5.23



GRAFİK 5.36



GRAFİK 5.37



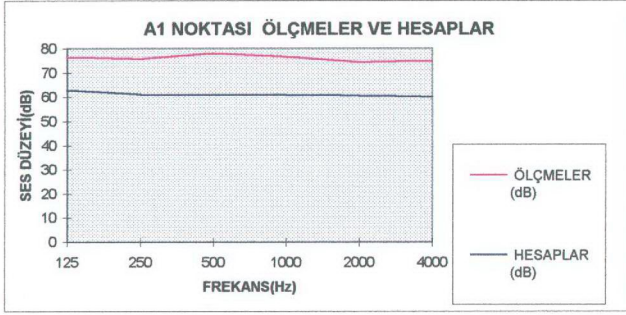
GRAFİK 5.38

**Y.T.Ü. ESKİ KONFERANS SALONU  
ÖLÇMELER VE HESAPLAR**

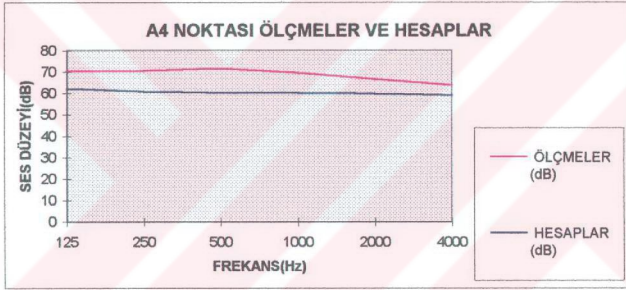
	r(m)	FREKANS	125	250	500	1000	2000	4000
		NOKTA	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz
HESAPLAR (dB)	4,5	A1	62,8	61,1	61	61	60,6	60,1
	13	A4	62,3	60,8	60,2	60,3	59,8	59
	19	A6	62,2	60,8	60,2	60,2	59,6	58,9
ÖLÇMELER (dB)	4,5	A1	76,4	75,8	78,1	76,6	74,4	74,8
	13	A4	70,4	70,7	71,7	69,6	66,6	63,8
	19	A6	68,4	68,3	71,4	69,3	65,1	61,9
HESAPLAR (dB)	4,5	B1	62,8	61,1	61	61	60,6	60,1
	13	B4	62,3	60,8	60,2	60,3	59,8	59
	19,5	B6	62,2	60,8	60,2	60,2	59,6	58,9
ÖLÇMELER (dB)	4,5	B1	77,9	75,1	78,6	77,5	74,8	75,5
	13	B4	72,5	69,8	70,1	68,6	65,7	62,7
	19,5	B6	68	68,6	71,6	69,2	64,8	61,2
HESAPLAR (dB)	5	C1	62,7	61,4	60,9	60,9	60,4	60,4
	8	C2	62,4	61	60,2	60,5	59,9	59,3
	10,5	C3	62,3	60,6	60,3	60,3	59,8	59,1
ÖLÇMELER (dB)	5	C1	76,1	74,9	76,5	76,2	73,5	73,7
	8	C2	74,6	72,3	73,4	73,8	69,7	69,3
	10,5	C3	70,5	71,6	74,9	71,9	69,3	65,9

ÇİZELGE 5.25

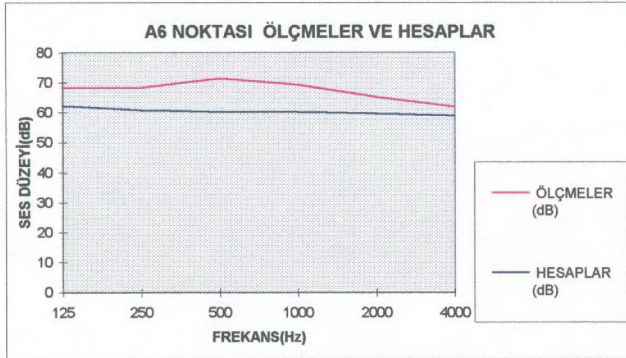
Y.T.Ü. ESKİ KONFERANS SALONU  
ÖLÇMELER VE HESAPLAR



GRAFİK 5.39

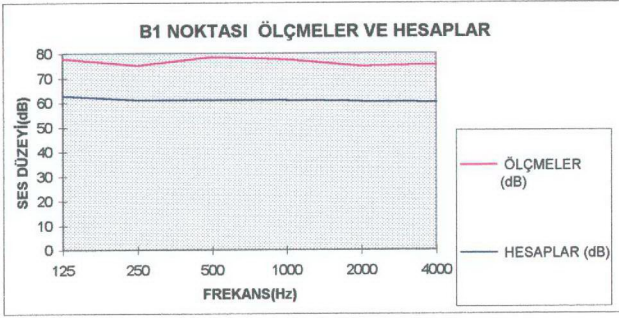


GRAFİK 5.40

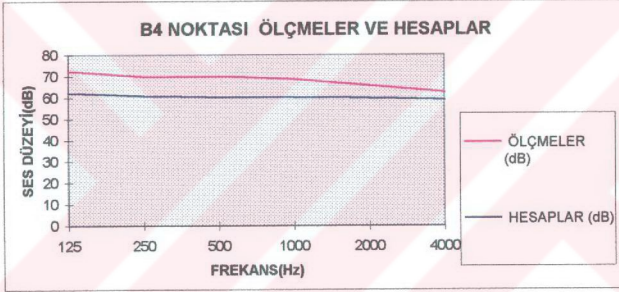


GRAFİK 5.41

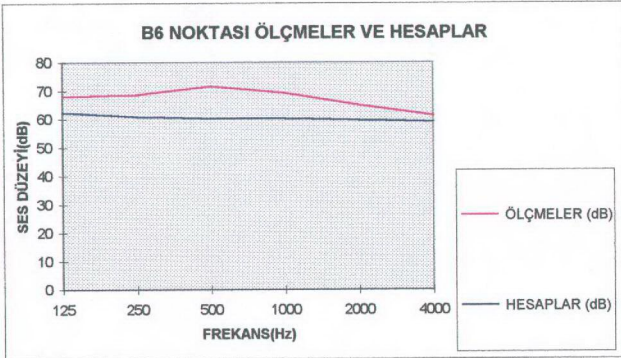
Y.T.Ü ESKİ KONFERANS SALONU  
ÖLÇMELER VE HESAPLAR



GRAFİK 5.42

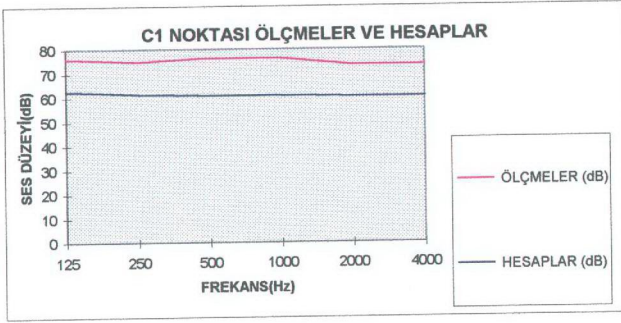


GRAFİK 5.43

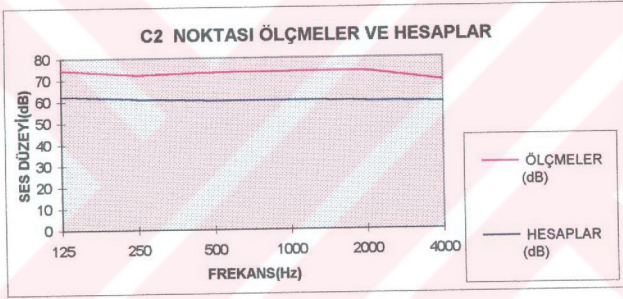


GRAFİK 5.44

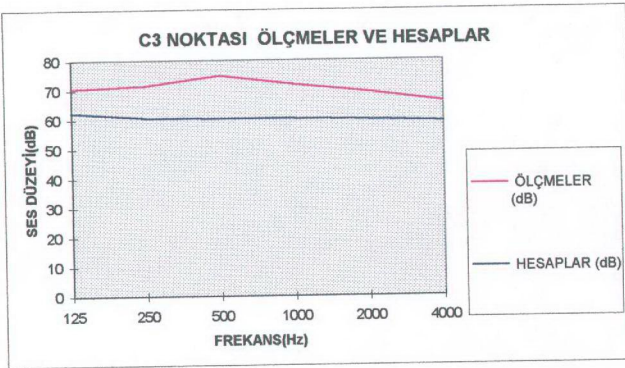
Y.T.Ü. ESKİ KONFERANS SALONU  
ÖLÇMELER VE HESAPLAR



GRAFİK 5.45



GRAFİK 5.46



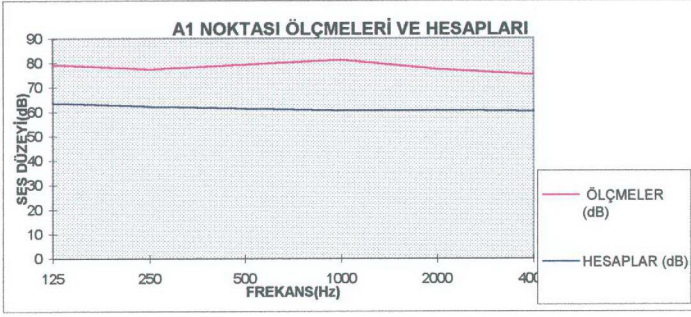
GRAFİK 5.47

Y.T.Ü. YENİ KONFERANS SALONU  
ÖLÇMELER VE HESAPLAR

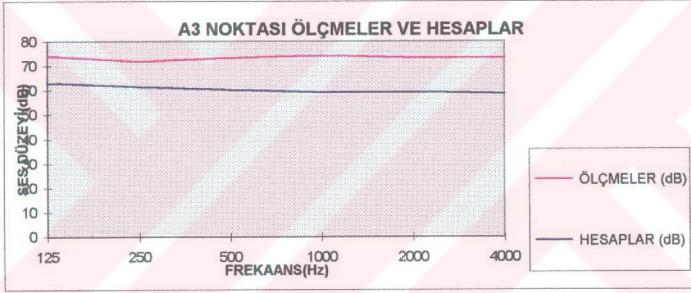
	r(m)	FREKANS	125	250	500	1000	2000	4000
		NOKTA	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz
	3,7	A1	63,6	62,2	61,3	60,4	60,7	60,1
	9,2	A3	63	61,4	60,2	59,1	59,4	58,7
HESAPLAR (dB)	11,7	A5	62,9	61,3	60,1	58,9	59,4	58,5
	3,7	A1	79,4	77,4	79,3	81,2	77,5	75,1
	9,2	A3	74,1	71,7	73,4	74,3	73,3	73,6
ÖLÇMELER (dB)	11,7	A5	72,2	72,7	73,9	73,4	72,9	72,7
	2,5	B1	64,3	63,2	62,5	61,8	62	61,6
	6,6	B3	63,1	61,6	60,5	59,3	59,7	59
HESAPLAR (dB)	19,5	B5	63	61,4	60,2	59	59,5	58,7
	2,5	B1	78,9	77,7	78,7	79,2	77,2	76,7
	6,6	B3	74,4	72,5	74,6	74,4	73,4	74,2
ÖLÇMELERİ (dB)	9,1	B5	73,4	69,8	70,3	68,5	65,2	61,9
	4	C1	63,5	62,1	61,1	60,2	60,5	59,9
	8,8	C3	63	61,4	60,3	59,1	59,5	58,7
HESAPLAR (dB)	11,8	C5	62,9	61,3	60,2	58,9	59,4	58,5
	4	C1	78,6	77,1	79,9	80,9	77,6	75,4
	8,8	C3	73,5	71	77,3	74	72,8	73,7
ÖLÇMELER (dB)	11,8	C5	71,1	70,7	72,8	73,1	72,1	72

ÇİZELGE 5.26

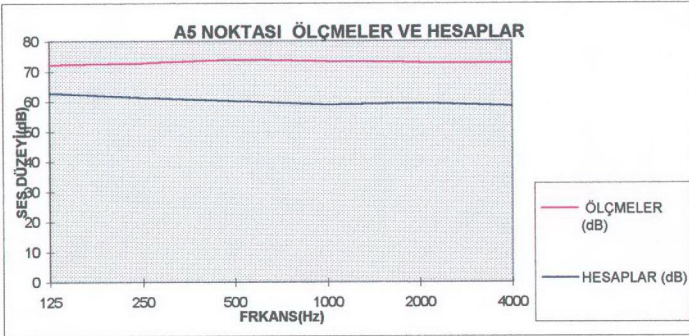
Y.T.Ü YENİ KONFERANS SALONU  
ÖLÇMELER VE HESAPLAR



GRAFİK 5.48

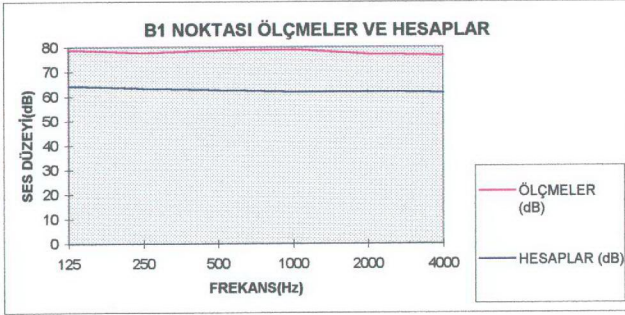


GRAFİK 5.49

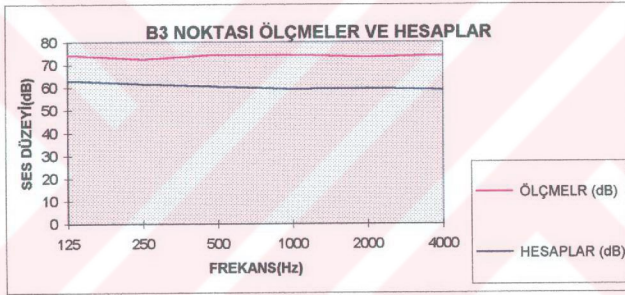


GRAFİK 5.50

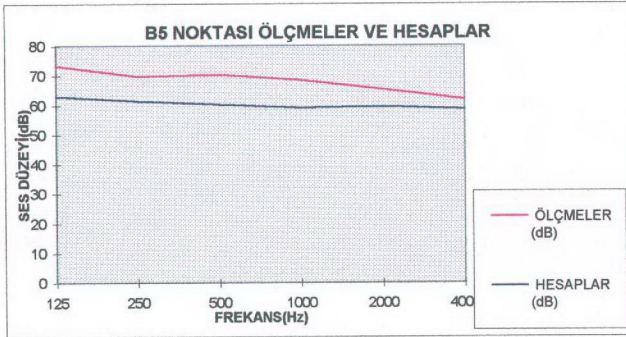
Y.T.Ü YENİ KONFERANS SALONUN  
ÖLÇMELERİ VE HESAPLAR



GRAFİK 5.51

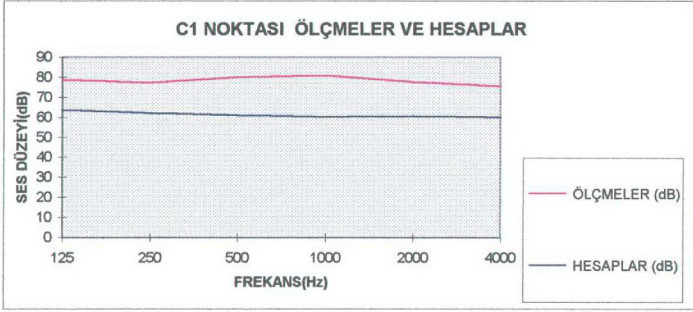


GRAFİK 5.52

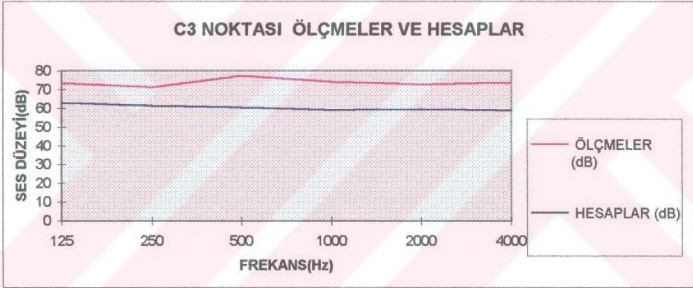


GRAFİK 5.53

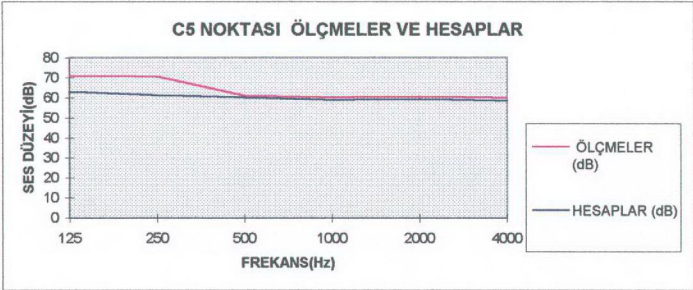
Y.T.Ü YENİ KONFERANS SALONU  
ÖLÇMELER VE HESAPLAR



GRAFİK 5.54



GRAFİK 5.55



GRAFİK 5.56

Salonlar birbirleriyle karşılaştırıldığında, aynı koşulu sağlayan kesit olması nedeniyle Y.T.Ü. Eski ve Yeni Konferans Salonlarında B-B kesiti ve Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonunun durumu gözönüne alındığında hesap ve ölçme sonuçlarının farklı olduğu ortaya çıkmaktadır. Hesap ve ölçme farkı, kaynağa uzaklıkla değişmekte, benzer büyüklükte olan Y.T.Ü. Eski ve Yeni Konferans Salonlarında kaynağa yakın bölgede az, uzak bölgede fazla olmaktadır. Ötekilere göre daha küçük olan Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonunda ise tersine bir durum görülmekte yani yakında fazla olan hesap ve ölçme farkı kaynaktan uzakta azalmaktadır. Öte yandan frekanslara göre tüm salonlarda görülen düzey farkının ölçme değeri hesaba göre daha fazladır. Ayrıca genel olarak ince seslerdeki düzey farklılığının daha belirgin olduğu da görülmektedir.

### Genel Değerlendirme

#### • Hesap ve Ölçmenin Uzaklıkla İlişkisi

- Hesap ve ölçme sonuçları birbirine benzer ancak ölçmede ön ve arka sıralar arası fark daha çoktur, yani yayınık sesin baskın olduğu bölüm, hesaptaki gibi belirgin değildir. Bu nedenle, örneğin olması gereken duruma uygunluk açısından düşünüldüğünde (yani dinleyiciler arası max 5 dB'lik fark) hesapta uygun çıkan ön ve arka sıralar arası farkı ölçmede çıkmayabilir.

#### • Hesap ve Ölçmenin Frekansla İlişkisi

- Hesap ve ölçme değeri farklı çıkmıştır.
- Ölçmelerde frekansa göre düzey değişimleri hesaba göre daha fazla yani daha belirgin distorsiyon ortaya çıkıyor.
- İnce seslerdeki farklılık fazla çıkmıştır.
- Hesap ve ölçme değerleri arasındaki fark uzaklıkla değişiyor. Göreceli olarak büyük salonlarda fark yakında az, uzakta fazla çıkmıştır. Küçük olan salonda ise tersi olmuştur. Bu durum ortalama serbest yolun daha kısa olduğu, küçük salonda yayınık sesin daha iyi olmasından dolayıyla farkın kaynaktan uzak noktalarda az olduğu, büyük salonlar için tam tersi olduğu söylenebilir.

## 6. SONUÇ

Mimari akustikte hacim akustiği, mekanda oluşturulan seslerin dinleyicilere en uygun biçimde iletilebilmesi konusunu kapsayan bir konudur ve mimari akustiğin ana bölümünü oluşturan bir akustik dalıdır.

Bir hacmin akustik kalitesinin daha iyi olabilmesi veya tasarım aşamasında bir salonun planlamasının yönlendirilmesini sağlamak için hesaplar önem taşımaktadır. Değişik nedenlerden ötürü hesaplarla gerçek durum arasında farklar oluşur. Bu farklar belli bir dereceye kadar ölçmelerle saptanabilir. Bu çalışmanın amacı da, ses düzeyi açısından hesaba ve ölçme arasındaki ilişkiyi ortaya koymak olarak belirlenmiştir. Bunun için salonlarda uygun ses ölçme ve hesaplama yöntemi ve ses ölçme sistemi seçilmiş ardından hesap ve ölçümler yapılarak, karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamının sınırlı olması, incelemelerin Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio Salonu, Y.T.Ü. Eski ve Yeni Konferans Salonları üzerinde gerçekleştirilmesi ile yetinilmesi durumunu ortaya çıkartmıştır. Bundan dolayı bu bilgilerin yararlanılabilir nitelikte olmasının güvenilirliğini azaltan eksiklikler vardır.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalarda incelenen, hacimlerde hesap ve ölçme yolu ile belirlenmiş ses düzeyleri arasında önemli farkların ortaya çıktığı saptanmıştır. Söz konusu farklar; kaynağa yakın ve uzak dinleyici konumalarında ölçmelerde hesaptan farklı değerler elde edilmesi, özellikle ince seslerde olan değişimin hesaplanan durumdan daha fazla olması, distorsiyonun hesaplanandan belirgin çıkması gibi sıralanabilir.

Bu çalışmada elde edilen genel sonuçlar aşağıda yer almaktadır.

Ses düzeyi hesaplarının temel belirleyicisi olan yansıım süresinin toplam yutuculuğa etkisi açısından yansıım, süresi hesaplarının önemi büyüktür. Yansıım süresinin hesabının zorunlu olarak tatonmanla yapıldığı, dolayısıyla kesin hesaplanamadığı gözönüne alınmalıdır.

Salon içinde bulunan nesnelerin yutuculukları, emin kaynaklardan edinilmeli, olabildiğince gerçek değerlerine uygun alınmalı ve temizlikle uygulanmalıdır.

Hacim içinde kullanılan nesnelerin yansıtıcı veya yutucu etkisinin nasıl olacağına dikkat edilmelidir. Bunun için yutuculukların hacme düzgün dağıtılmış olması sağlanmalıdır.

Yapılan ölçümlerde ince seslerde çıkan farklılık, hesaplamalardaki farklardan çok daha fazla olmuştur. Bu durum daha çok yüksek frekanslarda, yapılan hesaplarda özen gösterilmesini gerektirmektedir. Böylece yüksek frekanslı seslerin rahat duyulabilmesi sağlanacak ve ince seslerin etkisinin büyük olduğu konuşmanın anlaşılabilirliği de arttırılacaktır.

Yapılan ölçüm ve hesaplarda distorsiyonun çıktığı görülmektedir. Özellikle yapılan ölçümlerde ortaya çıkan distorsiyonun hesaplardaki distorsiyondan daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durumda, hesaplarda distorsiyonun en aza indirgenmesi gerekir. Bunun için mutlaka altı frekans için hesap yapıp hepsinin birbirine ve  $T_{opt}$ 'a yakın olması sağlanmalıdır.

Sesin hacim içinde düzgün dağılım göstermesine dikkat edilmelidir. Bunun için, salonlarda yansıtıcı yüzeyler kullanılabilir.

Çalışmaya veri oluşturan salonların ve koşulların sınırlı olması, yukarıda sıralanan sonuçların güvenilirliğini azaltan durumlar olsa da, genel bir yaklaşım açısından varılan sonuçların yararlanılabilir olduğu görülmektedir. Bu bilgiler, tasarım aşamasındaki salonların akustik açıdan biçimlendirilmesi ile, mevcut salonların iyileştirilmesinde kullanılabilir niteliktedir. Öte yandan bu sonuçların yalnızca ses düzeyi açısından hesap ve ölçme değerlendirmesine dayandığı unutulmamalıdır. Hacim akustiğinin ölçülebilir öteki kriterlerinin tümünü kapsayan bir çalışma ile elde edilecek sonuçların daha güvenilir ve yararlı olacağı açıktır.

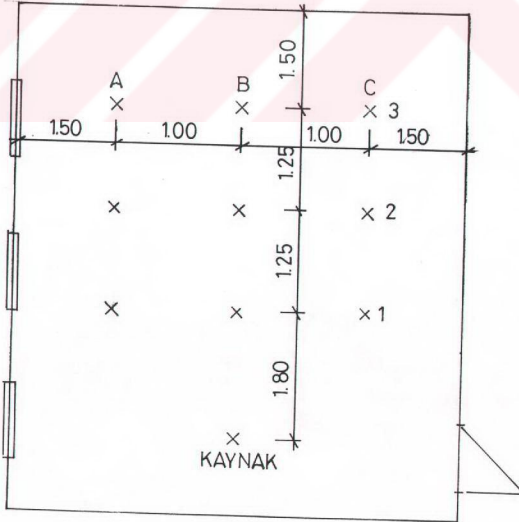
## KAYNAKLAR

1. Beranek, Leo L. (1954) Acoustics.
2. Beranek, Leo L. (1971) Noise and Vibration Control
3. Coles, Paul Dunham (1966) Sound Control and Thermal Insulation of Buildings
4. Egan, M. David (1988) Architectural Acoustics
5. Harris, C.M. (1957) Handbook of Noise Control
6. Karabiber, Zerhan (1991) Mimari Akustikle İlgili Başlıca Tanım, Terim, Formül ve Büyüklükler
7. Karabiber, Zerhan (1992) Mimari Akustikte Ses Ölçmeleri
8. Kinsler, Lavrance E.; Frey, Austin R. (1958) Fundamentals of Acoustics
9. Kuttruff, Heinrich (1979) Room Acoustics
10. Lawrance, Anita (1970) Architectural Acoustics
11. Parkin, P.H.; Humphreys, H.R. (1958) Acoustics, Noise and buildings
12. Sirel, Şazi (1974) Yapı Akustiği I. Temel Bilgiler
13. Smith, B.J. (1971) Acoustics
14. Stewart, George Walter; Lindsey, Robert Bruce (1930) A Text on Theory and Applications.
15. Şerefhanoğlu, Müjgan (1987) Gürültü Denetiminde Kabul Edilebilecek Gürültü Düzeylerinin Belirlenmesi

## EK - 1

Kapalı bir mekanın değişik noktalarındaki ses düzeylerinin hesap ve ölçme yolu ile belirlenmesi için yapılan çalışmaların ilki 7.12.1995 tarihindeki deneme ölçmesidir. Boş eşyasız; yerleri, duvarları ve tavanı yansıtıcı olan hacimde yapılan ve CEL-213 Random Noise Generator, CEL-196 Otomatik 1/3 oktav analizör, CEL-393 ses düzeyi ölçer, Loewe portable component system DP 650, hoparlör (2 way bass reflex system, loewe), tripot aletleri kullanılan ölçmede, kullanılan aletlerde Loewe portable component system ve hoparlörün yeterli olmadığı tespit edildi. dBA ölçmesi yapılan hacimde, düzgün bir beyaz ve pembe gürültü elde edilemedi. Kalın sesler ince seslere göre istenilen düzeyde çıkamadı. Bunun sebebinin aletlerin yetersiz kalması olarak belirlendi. Daha iyi bir amplifikatör ve hoparlör kullanmak üzere, ikinci deneme ölçmesi yapıldı.

Çalışan hacmin planı şema olarak Şekil Ek 9'da gösterilmiştir.



(ŞEKİL EK.9)

12.12.1995 tarihinde yapılan 2. deneme ölçmesi Y.T.Ü. Alpay Aşkun Audio salonunda yapıldı. Kullanılan aletler, CEL-213 Random noise generator, CEL-196 otomatik 1/3 oktav analizörü, CEL-393 ses düzeyi ölçer, Pioneer amplifikatör, Pioneer hoparlör, tripot oldu ve ölçmeler dBA cinsinden yapıldı. Yine düzgün bir beyaz ve pembe gürültü elde edilemedi. Tayfta 125 Hz ile 1000 Hz arasında artış, 16000 Hz'e kadar bir düşüş görüldü. Yine kalın sesler yeterli düzeyde çıkamadığı görüldü. Yapılan ölçmeler dBA cinsinden olduğu için, gerekli düzeltmeler yapıldığında Çizelge Ek 27'de görüldüğü gibi belli bir düzgünlük elde ediliyor. dBA ölçmeleri, işitsel yeğlilik verdiğinden ölçmeler Lineer olarak yapılıyor.

27.12.1995 tarihinde yapılan 3. ölçme aynı hacimde ve aletlerle yapıldı. Yapılan lineer ölçümde beyaz gürültü tayfı daha düzgün çıktı. 250 Hz - 8000 Hz arasında ses düzeyinde artış var, 8000 Hz - 16000 Hz arası düşüş görülüyor. Pembe gürültü tayfı beyaz gürültüye benzer bir tayf gösteriyor. Bu tayfa göre kalın seslerde ses düzeyi düşük, hacimdeki birim elemanlar tarafından yutulmuş görünüyor. Bunun hacim etkisinden dolayı mı yoksa aletin yanıtı ile ilgili mi olduğu anlaşılması için, 8.1.1996 tarihinde 4. deneme açık havada ve boş bir hacimde yapılıyor.

4.Ölçme, lineer ölçme yapılarak aynı aletler kullanılmıştır. Bu ölçmelerden, beyaz gürültü tayfında kalın sesler ince seslere göre daha az düzeyde çıktı. Bir önceki deneme ile benzerlik görünmesiyle, tayfin bu şekilde çıkışı hacmin etkisi ile değil, aletin yanıtı ile ilgili olduğu anlaşıldı. Pembe gürültüde 125 Hz ile 250 Hz arasında azalma, 4000 Hz 'ten sonra düşüş görülmüştür. Bizim baz alacağımız aralık 250 Hz ile 4000 Hz arası olacaktır.

Tayflara göre hesaplanan ve ölçülen ses düzeyleri arasında fark olması ile birlikte (kaynak gücünden ve doğrultululuk etkisinden dolayı) tayf olarak benzerlik görülmüştür.

Alpay Aşkun salonunda yapılan Lineer ölçmeler sonucunda çıkarılan tayflara göre pembe gürültü beyaz gürültü gibi çıkması nedeniyle ölçmelere de beyaz gürültü, pembe gürültü olarak kabul edilip, değerlendirilmesine karar verilmiştir. Belli frekanslarda hesaplanana göre ölçülen ses düzeylerindeki farklılıklar, hacimdeki birim elemanların etkisiyle oluşmaktadır.

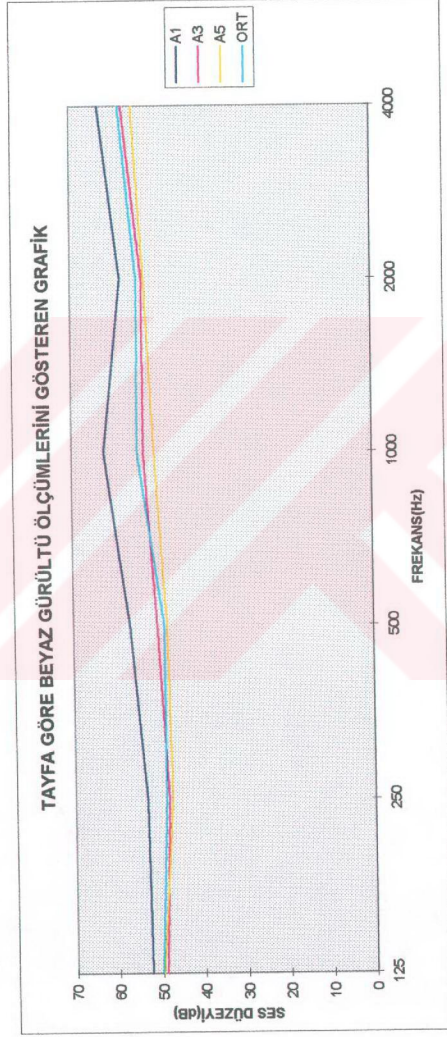
FREKANS Hz	dBA	dBb	dBc
10	-70,4	-38,2	-14,3
12,5	-63,4	-33,2	-11,2
16	-56,7	-28,5	-8,5
20	-50,5	-24,2	-6,2
25	-44,7	-20,4	-4,4
31,5	-39,4	-17,1	-3
40	-34,6	-14,2	-2
50	-30,2	-11,6	-1,3
63	-26,2	-9,3	-0,8
80	-22,5	-7,4	-0,5
100	-19,1	-5,6	-0,3
125	-16,1	-4,2	-0,2
160	-13,4	-3	-0,1
200	-10,9	-2	0
250	-8,6	-1,3	0
315	-6,6	-0,8	0
400	-4,8	-0,5	0
500	-3,2	-0,3	0
630	-1,9	-0,1	0
800	-0,8	0	0
1000	0	0	0
1250	0,6	0	0
1600	1	0	-0,1
2000	1,2	-0,1	-0,2
2500	1,3	-0,2	-0,3
3150	1,2	-0,4	-0,5
4000	1	-0,7	-0,8
5000	0,5	-1,2	-1,3
6300	-0,1	-1,9	-2
8000	-1,1	-2,9	-3
10000	-2,5	-4,3	-4,4
12500	-4,3	-6,1	-6,2
16000	-6,6	-8,4	-8,5
20000	-9,3	-11,1	-11,2

ÇİZELGE EK. 27

Y.T.Ü. ALPAY AŞKUN SALONUNDA YAPILAN TAYFA GÖRE BEYAZ GÜRÜLTÜ ÖLÇMELERİ

r(m)	NOKTA	FREKANS		16	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	TOPLAM
		ALT SINIR	Hz												
1	A1	4R	52,2	54,9	52,8	52,6	53,3	56,9	62,5	58,4	63,4	69,5	65,7	72,8	
4	A2	4R	48,8	51,4	52,6	49,4	48,4	51,4	54,8	55,6	60,4	61,1	55,1	66,3	
5,75	A3	4R	50,4	51,9	51,6	49,1	48,2	50,5	53,3	53,4	57,9	59,5	54,1	64,6	
7,5	A4	4R	54,8	49,4	51,8	50	47,3	48	51	53,4	55,9	57,8	54,6	63,7	
9,25	A5	4R	56,6	54,9	54,6	49,9	47,4	48,2	50,8	52,9	55,6	57,1	53,6	64,7	
	ORTALAMA		52,1	52,5	52,6	50,2	48,9	48,9	54,8	54,7	58,6	61	56,6	66,4	

ÇİZELGE EK.28

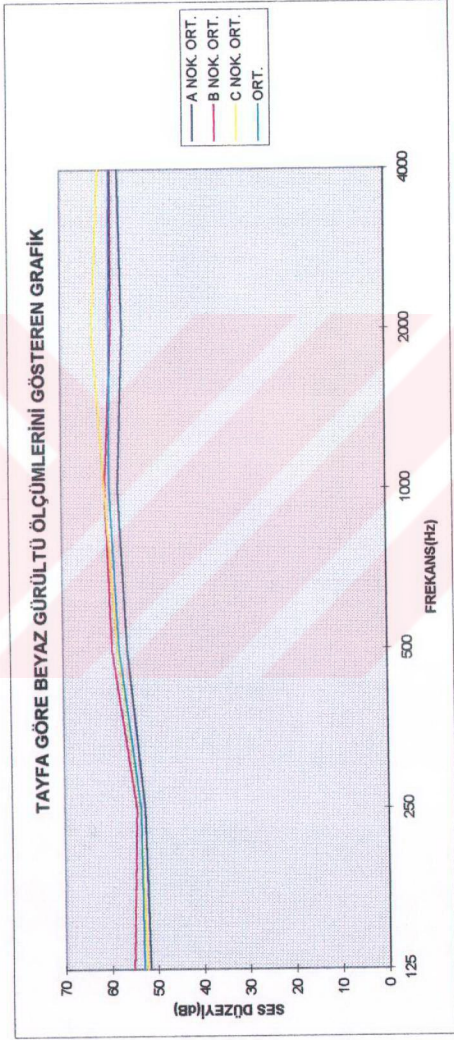


GRAFİK EK.57

Y.T.Ü ESKİ KONFERANS SALONUNDA YAPILAN TAYFA GÖRE BEYAZ GÜRÜLTÜ ÖLÇMELERİ

r(m)	NOKTA	FREKANS ALT SINIR	16	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	TOPLAM
4,5	A1	4R	52,3	51,9	54,4	55,2	55,8	61,1	63,3	63,6	66,7	70,1	68,3	74,8
7	A2	4R	45,3	50,1	51,8	54,7	53,9	56,6	59,4	58,2	58,4	64,4	59,7	68,6
9,5	A3	4R	47,9	48,9	51,6	52,4	52,8	56,6	57,7	56,2	56,7	58,7	52,7	65,1
13	A4	4R	47,3	52,9	50,8	48,8	52,5	54,7	55,8	55,1	55,8	55,4	51,1	62,4
15,5	A5	4R	48,3	50,9	56,1	50,8	52	54,1	55,4	53,8	54,4	53,3	51,1	63,5
19	A6	4R	56,6	56,1	58,4	49,3	49,2	54,4	55,6	53,8	53,6	52,8	50,6	64,6
A NOKTALARININ														
ORTALAMASI														
4,5	B1	4R	49,6	51,8	53,8	51,8	52,7	56,2	57,8	56,7	57,6	59,1	55,5	66,5
7	B2	4R	43,3	51,6	52,8	56,1	55,1	62,2	64,3	63,4	67	68,3	64	73,3
9,5	B3	4R	45,4	54	55,2	53,4	52,3	57,9	60,1	59,1	59,7	65,7	62,7	69,9
13	B4	4R	45,3	53,9	52,8	50,9	50,4	55,1	57,6	56,4	55,8	59,1	52,9	64,4
16	B5	4R	48,2	54,6	53,8	50,8	50,6	55,2	56,8	55,6	55,8	56,7	48,6	64,8
19,5	B6	4R	47,5	54,9	56,2	51,9	49,3	54,3	55,1	54,8	54,5	54,5	47,6	63,6
B NOKTALARININ														
ORTALAMASI														
5	C1	2R	47,7	54,5	56,6	55,3	54,4	59,4	60,6	59,1	59,1	60,4	54,5	68,9
8	C2	2R	48	58,6	53,3	54,3	56,1	60,3	63,3	62,9	66,3	67,7	63,3	72,8
10,5	C3	2R	50,3	52,2	50,6	53,2	52,9	56,5	60,4	68,8	61,4	65,1	61,4	69,5
C NOKTALARININ														
ORTALAMASI														
ORTALAMA BEYAZ														
GÜRÜLTÜ														
											60,9	55,4	67,4	
											61,7	64,5	60	69,9
											59,4	61,3	56,6	68,4

ÇİZELGE EK.29

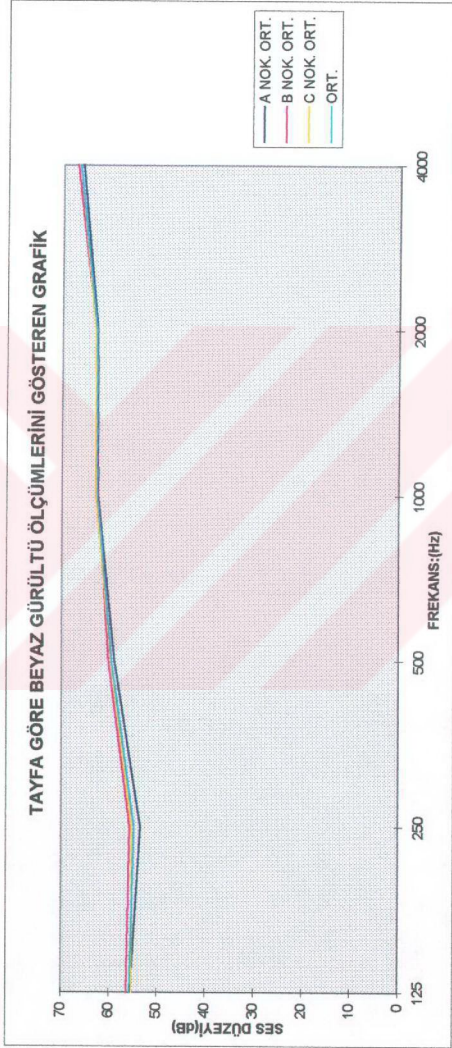


GRAFİK EK.58

Y.T.Ü. YENİ KONFERANS SALONUNDA YAPILAN TAYFA GÖRE BEYAZ GÜRÜLTÜ ÖLÇMELERİ

r(m)	NOKTA	FREKANS ALT SINIR	16	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	TOPLAM
3,7	A1	4R	54,6	61,9	60,6	58,4	58,3	63,3	67,9	65,9	66,2	68,8	71,2	76,1
6,7	A2	4R	50,5	58,9	60,2	56,9	54,4	59,8	63,4	63,2	68,1	69,4	61,1	73,8
9,2	A3	4R	50,5	61,4	64,3	54,9	52	58,5	61,4	62,1	66,3	68,4	61,4	73,6
10,2	A4	4R	48,1	63,6	62,3	53,6	51,9	57,9	60,5	61,4	65,4	68,4	64,7	73,1
11,7	A5	4R	56,3	61,9	62,6	54,1	50,9	55,9	59,6	60,9	63,5	66,2	61,8	71,4
A NOKTALARININ														
ORTALAMASI														
2,5	B1	4R	52	61,5	62	55,5	53,5	59	62,5	62,7	65,9	68,2	64	73,6
4,8	B2	4R	57,9	63,4	65,1	59,1	58,6	63,2	65,3	65,8	69,4	69,7	66,7	75,9
6,6	B3	4R	58,8	64,1	62,8	57,8	55,9	60,8	63,8	63,4	68,4	70,4	62,4	74,7
7,6	B4	4R	56,6	66,1	64,5	55,3	55,7	58,5	61,9	62,4	66,9	68,9	61,9	73,6
9,1	B5	4R	53,7	61,2	63,8	55,1	55,8	60,5	60,6	62,1	66,1	69,2	65,6	73,8
B NOKTALARININ														
ORTALAMASI														
4	C1	4R	56,4	62,7	63,8	56,3	55,7	60,2	62,5	63	67,1	69,2	64	74,1
6	C2	4R	55,1	59,4	58,1	56,9	58,3	63,4	67,9	66,2	68,1	67,9	69,4	75,8
8	C3	4R	52,9	61,6	61,4	57,6	55,3	59,4	63,6	63,6	68,1	69,4	60,8	74,1
9,8	C4	4R	50,1	59,7	65,8	54,8	54	58,9	61,3	62,3	65,9	68,2	61,7	73,4
11,8	C5	4R	48,6	59,9	62,3	54,1	54,2	58,3	60,9	61,5	65,4	68,5	64,3	72,9
C NOKTALARININ														
ORTALAMASI														
ORTALAMA BEYAZ GÜRÜLTÜ														
52,6	60,7	62,8	55,3	55,3	59,7	63	63,2	66,5	68,3	63,8	66,4	66,4	66,4	
53,6	61,6	62,8	55,7	54,8	59,6	62,6	62,9	66,5	68,5	63,9	71,3	71,3	71,3	

ÇİZELGE EK.30



GRAFİK EK.60

## ÖZGEÇMİŞ

<b>Doğum Tarihi</b>	: 8 Ağustos 1972
<b>Doğum Yeri</b>	: İstanbul
<b>İlkokul Mezuniyeti</b>	: 1983, İzmir Duatepe İlkokulu, İzmir
<b>Lise Mezuniyeti</b>	: 1989, İzmir Özel Türk Koleji, İzmir
<b>Üniversite Mezuniyeti</b>	: 1994, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
<b>Yüksek Lisans Eğitim Başlangıcı</b>	: 1994, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul