

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Seslen, Döş. Yapıl. Ders. Yeter. Anlaş.
Sağl. iç Mekan Düz. Krit. ve Krit

Doktora Tezi

Zerhan Karabiber

151
439

30.000 TL

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SESLENDİRME DÖŞEMİ YAPILMAYACAK DERSLİKLERDE
YETERLİ ANLAŞILABİLİRLİK SAĞLAYACAK
İÇ MEKAN DÜZENLEME KRİTERLERİ VE
BUNLARA BAĞLI KOŞULLAR**

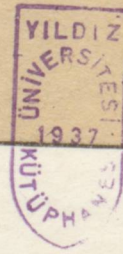
DOKTORA TEZİ

Y.MİMAR ZERHAN KARABİBER

İstanbul - 1987

YILDIZ UNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

Kot : R.151/439
Alındığı Yer : Fen Bilimleri Enst.
Tarih : 27/3/1992
Fatura : -
Fiatı : 30.000.-TL
Ayniyat No : 1/3
Kayıt No : 48267
UDC : 729.3
Ek :



YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SESLENDİRME DÖŞEMİ YAPILMAYACAK DERSLİKLERDE
YETERLİ ANLAŞILABİLİRLİK SAĞLAYACAK
İÇ MEKAN DÜZENLEME KRİTERLERİ VE
BUNLARA BAĞLI KOŞULLAR

DOKTORA TEZİ

Y.MİMAR ZERHAN KARABİBER



İSTANBUL - 1987



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET (TÜRKÇE)

v

ÖZET (İNGİLİZCE)

viii

I. GİRİŞ - ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

1

II. GÜRENCİ-ÖZETİÇİ İLKELERİ VE GÜRENCİLERİN SÖZLÜ BİLGİ AKTARIMIN YERİ VE ÖNEMİ

5

III. KURUM

8

III.1. KURUMUN KURULUŞU VE YERİ

9

III.2. KURUMUN YERİ VE YERİNE YERİ

11

III.3. KURUMUN YERİ

12

III.4. KURUMUN YERİ

14

III.5. KURUMUN YERİ VE YERİNE YERİ TÜRKİYE FREKANSLARIN YERİ

18

III.6. KURUMUN YERİ VE YERİNE YERİ YERİNE YERİ

19

III.7. KURUMUN YERİ VE YERİNE YERİ YERİNE YERİ

20

IV. KURUMUN YERİ VE YERİNE YERİ YERİNE YERİ

Bu çalışmayı yaptığım süre içinde, bilimsel bir tutumla beni destekleyen, doktora çalışmamın yöneticisi, değerli hocam Sayın Prof.Şazi Sirel'e teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET (TÜRKÇE)

v

ÖZET (İNGİLİZCE)

viii

I. GİRİŞ - ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

1

II. ÖĞRENCİ-ÖĞRETİCİ İLİŞKİSİ VE ÖĞRETİMDE SÖZLÜ BİLGİ
AKTARMANIN YERİ VE ÖNEMİ

5

III. KONUŞMA

8

III.1. KONUŞMA (SES) MEKANİZMASI

9

III.2. KONUŞMANIN SES ALANI İÇİNDEKİ YERİ

11

III.3. KONUŞMANIN YAPISI

12

III.4. KONUŞMANIN ERKESİ

14

III.5. KONUŞMANIN ANLAŞILABİLİRLİĞİNDE YÜKSEK FREKANSLARIN
ÖNEMİ

18

III.6. KONUŞMANIN ANLAŞILABİLİRLİĞİNDE YEĞİNLİĞİN ÖNEMİ

19

III.7. KONUŞMANIN ANLAŞILABİLİRLİĞİNDE İNSANA BAĞLI TEMEL
ETKENLER

20

IV. KONUŞMANIN ANLAŞILABİLİRLİĞİNİN BELİRLENMESİNDE
KULLANILAN YÖNTEMLER

21

IV.1. SÖYLEM TESTLERİ VE PSA

22

IV.2. SÖYLEM GÖSTERGESİ - AI

23

IV.3. KONUŞMA İLETİM GÖSTERGESİ - STI

24

IV.3.1. Hızlandırılmış Konuşma İletim Göstergesi
Rastı

26

V. HACİMLERDE KONUŞMANIN ANLAŞILABİLİRLİĞİNİ ETKİLEYEN
ETKENLER VE ETKİLEME BİÇİMLERİ

27

V.1. YEĞİNLİK

27

V.2. YANSIŞIM SÜRESİ

30

V.2.1. Yansışım Süresinin Frekanslara Göre
Değişiminin Anlaşılabilirliğine Etkisi

32

V.2.2. Konuşma Amaçlı Hacimlerin Yansışım Süresinin
Hesaplanmasında Kullanılması Gereken Formül

37

V.3. İLK YANSIMALAR

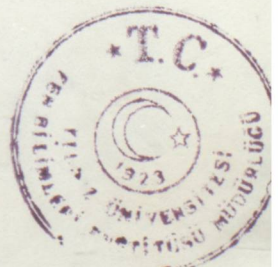
38

V.4. VARLIK KRİTERİ

40

V.5. YANIT EĞRİSİ

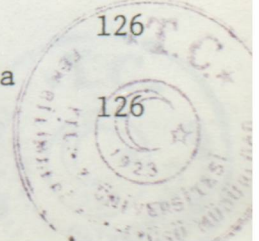
42



	<u>Sayfa</u>
VI. KONUŞMANIN ANLAŞILABİLİRLİĞİNİ ETKİLEYEN ETKENLERİN VE BUNLARIN BAĞLI OLDUĞU DEĞİŞKENLERİN SESLENDİRMESİZ DERSLİKLERDEKİ DURUMU	45
VI.1. SESLENDİRMESİZ DERSLİKLER İÇİN BOYUTLAR VE YOĞUNLUK	45
VI.1.1. Derslikler İçin Saptanmış Yoğunluklara Göre Seslendirmesiz Dersliklere Uygun Boyutların Belirlenmesi	47
VI.1.2. Seslendirmesiz Hacimlerde Olası Kaynak Güçleri	48
VI.2. YEĞİNLİK	50
VI.2.1. Giriş	50
VI.2.2. Yeğinlikle İlgili, Toplu Olarak Verilebilen Değişkenler	52
VI.2.3. 200 m ³ 'lük Derslikte Yeğinlik-Anlaşılabilirlik İlişkisi	55
VI.2.3.1. Uzaklık-Anlaşılabilirlik İlişkisi	55
VI.2.3.2. Fon Gürültüsü-Anlaşılabilirlik İlişkisi	59
VI.2.4. 300 m ³ 'lük Derslikte Yeğinlik-Anlaşılabilirlik İlişkisi	66
VI.2.4.1. Uzaklık-Anlaşılabilirlik İlişkisi	66
VI.2.4.2. Fon Gürültüsü-Anlaşılabilirlik İlişkisi	69
VI.2.5. 400 m ³ 'lük Derslikte Yeğinlik-Anlaşılabilirlik İlişkisi	72
VI.2.5.1. Uzaklık Anlaşılabilirlik İlişkisi	72
VI.2.5.2. Fon Gürültüsü-Anlaşılabilirlik İlişkisi	75
VI.2.6. 500 m ³ 'lük Derslikte Yeğinlik-Anlaşılabilirlik İlişkisi	79
VI.2.6.1. Uzaklık-Anlaşılabilirlik İlişkisi	79
VI.2.6.2. Fon Gürültüsü-Anlaşılabilirlik İlişkisi	81
VI.2.7. Yeğinlikle İlgili Toplu Sonuçlar	83
VI.3. YANSIŞIM SÜRESİ	85



	<u>Sayfa</u>
VI.3.1. 200 m ³ 'lük Derslikte Yansışım Süresi- Anlaşılabilirlik İlişkisi	85
VI.3.1.1. Maskeleme-Anlaşılabilirlik İlişkisi	85
VI.3.1.2. Yansışım Süresine Bağlı Olarak Saptanan Hacim Akustiği Değişkenleri	86
VI.3.2. 300 m ³ 'lük Derslikte Yansışım Süresi- Anlaşılabilirlik İlişkisi	88
VI.3.2.1. Maskeleme-Anlaşılabilirlik İlişkisi	88
VI.3.2.2. Yansışım Süresine Bağlı Olarak Saptanan Hacim Akustiği Değişkenleri	88
VI.3.3. 400 m ³ 'lük Derslikte Yansışım Süresi- Anlaşılabilirlik İlişkisi	89
VI.3.3.1. Maskeleme-Anlaşılabilirlik İlişkisi	89
VI.3.3.2. Yansışım Süresine Bağlı Olarak Saptanan Hacim Akustiği Değişkenleri	89
VI.3.4. 500 m ³ 'lük Derslikte Yansışım Süresi- Anlaşılabilirlik İlişkisi	90
VI.3.4.1. Maskeleme-Anlaşılabilirlik İlişkisi	90
VI.3.4.2. Yansışım Süresine Bağlı Olarak Saptanan Hacim Akustiği Değişkenleri	90
VI.3.5. Yansışım Süresi İle İlgili Toplu Sonuçlar	90
VI.4. İLK YANSIMALAR	93
VI.4.1. 200 ve 300 m ³ 'lük Dersliklerde İlk Yansımalar	94
VI.4.1.1. İlk Yansımaların Zararlı Etkisi	95
VI.4.1.2. İlk Yansımaların Yararlı Etkisi	97
VI.4.2. 400 ve 500 m ³ 'lük Dersliklerde İlk Yansımalar	100
VI.4.2.1. İlk Yansımaların Zararlı Etkisi	102
VI.4.2.2. İlk Yansımaların Yararlı Etkisi	103
VI.4.3. İlk Yansımalarla İlgili Toplu Sonuçlar	106
VI.4.4. 400 ve 500 m ³ 'lük Derslikler İçin Öneriler	108
VI.4.4.1. 400 m ³ 'lük Derslik İçin Öneriler	108
VI.4.4.2. 500 m ³ 'lük Derslik İçin Öneriler	116
VI.5. VARLIK KRİTERİ	121
VI.5.1. 200 m ³ 'lük Derslikte Varlık Kriteri	122
VI.5.2. 300 m ³ 'lük Derslikte Varlık Kriteri	124
VI.5.3. 400 m ³ 'lük Derslikte Varlık Kriteri	126
VI.5.3.1. 400 m ³ 'lük Dersliğin İlk Durumunda Varlık Kriteri	126



	<u>Sayfa</u>
VI.5.3.2. 400 m ³ 'lük Derslik ÖNERİ 2 İçin Varlık Kriteri	128
VI.5.3.3. 400 m ³ 'lük Derslik ÖNERİ 3 İçin Varlık Kriteri	130
VI.5.4. 500 m ³ 'lük Derslikte Varlık Kriteri	131
VI.5.4.1. 500 m ³ 'lük Dersliğin İlk Durumunda Varlık Kriteri Varlık Kriteri	132
VI.5.4.2. 500 m ³ 'lük Derslik ÖNERİ 2 İçin Varlık Kriteri	134
VI.5.4.3. 500 m ³ 'lük Derslik ÖNERİ 3 İçin Varlık Kriteri	135
VI.5.5. Varlık Kriteri İle İlgili Toplu Sonuçlar	136
VI.6. YANIT EĞRİSİ	138
VI.7. TOPLU İNCELEME SONUÇLARI	140
VII. SESLENDİRMESİZ DERSLİKLERDE YETERLİ ANLAŞILABİLİRLİK SAĞLAYACAK İÇ MEKAN KOŞULLARI	143
VIII. SESLENDİRMESİZ DURUMDA YETERLİ ANLAŞILABİLİRLİK SAĞLAYACAK KOŞULLAR İLE SESLENDİRME DÖŞEMİNİN, UYGULAMAYA DÖNÜK KRİTERLER AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI	147
IX. SONUÇ	151
EKLER	
EK I. Toplam Yeğirlik Uzaklık İlişkisi	154
EK II. "Yayınlık Ses-Dolaysız Ses" Değerinin Anlaşılabilirlikle İlişkisi	160
EK III. Yansışım Süresine Bağlı Olarak Saptanan Hacim Akustiği Değişkenlerinin Hesaplanmasında Kullanılan Büyüklükler	162
EK IV. Varlık Kriterinin Sağlandığı Sınır Uzaklıkta, Yayınık Ses-Dolaysız Ses Farkı	163
EK V. Öz Frekans Sayılarının Bulunması İle İlgili Bilgisayar Basic Programı	164
TABLO ÇİZELGESİ	166
ŞEKİL ÇİZELGESİ	171
YARARLANILAN KAYNAKLAR	174
ÖZGEÇMİŞ	179



ÖZET

Konuşma, insanın çevreyle iletişim kurmasında en önemli araçlardan biridir. Bundan ötürü konuşmanın gerçekleştiği her yerde anlaşılabilirlik ön plana çıkar. Ancak, günümüze değin elde edilen bilgi birikiminin genç nesillere aktarılmasında yararlanılan ve öğretimin ayrılmaz bir parçası olan dersliklerdeki anlaşılabilirlik, konuşmanın gerçekleştiği öteki mekanlardan daha da önemlidir. Günümüzde çeşitli nedenlerden ötürü, pek çok derslik seslendirmesiz olarak tasarlanmakta ve kullanılmaktadır. Bu nedenlerle, seslendirmesiz dersliklerde anlaşılabilirlik konusunun incelenmesi gerekli görülmüştür.

Bu tezin amacı kısaca,

"Anlaşılabilirliğin, tasarım aşamasında belirlenmesinde kullanılacak bir yöntem geliştirerek, seslendirme döşemi yapılmayan dersliklerde, yeterli anlaşılabilirlik sağlayacak iç mekan düzenleme kriterleri oluşturmak ve buna bağlı koşulları ortaya koymak",

olarak belirlenmiştir.

Belirtilen amaca yönelik olarak yapılan bu çalışma, dokuz ana bölüm ve Ekler bölümünden oluşmaktadır.

Bölüm I'de; seslendirme döşemi yapılmayan dersliklerde anlaşılabilirliğin önemi, anlaşılabilirliği etkileyen öznel ve nesnel etkenler, bunların dersliklerdeki özel durumu, günümüze değin anlaşılabilirlikle ilgili olarak gerçekleştirilen çalışmaların tez kapsamı ile ilişkisi, konularına değinilmiş ve çalışmanın amacı belirlenmiştir.

Bölüm II'de, çalışmanın yararlılık performansının ortaya konması açısından, öğretimde sözlü bilgi aktarmanın yeri ve önemi



mi ile öğrenci-öğretici ilişkisi konuları ele alınmıştır. Bu sonuçlara dayanılarak, seslendirmesiz dersliklerde yeterli Bölüm III'de, çalışmanın dayandığı temel veri olan "konuşma", ayrıntılı olarak incelenmiş ve konuşmanın anlaşılabilirliğinde insana bağlı etkenler belirlenmiştir. Konuşmanın gerçekleştirilmesi ile elde edilebileceği vurgulanmıştır.

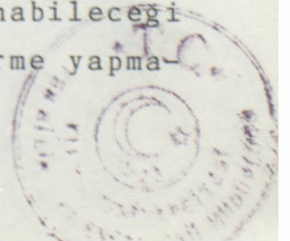
Bölüm IV'de, konuşmanın anlaşılabilirliğinin belirlenmesinde kullanılan ve günümüze değin geçerliliklerini koruyan yöntemler tanıtılmıştır. Bu yöntemler seslendirmesiz dersliklerde, uygulanması

Bölüm V'de, hacimlerde konuşmanın anlaşılabilirliğini etkileyen etkenler ve etkileme biçimleri; konuşmanın seslendirmesiz gerçekleştirildiği koşullar ve bu koşulları sağlamak için gereken koşullar

- yeğinlik, bu tür dersliklerde seslendirmesiz
- yansıma süresi, olduğu belirtilmiştir.
- ilk yansımalar,
- varlık kriteri, kapsamında yapılan çalışmada, anlaşılabilirlik
- yanıt eğrisi, elde edilmesi için gerekli olan koşullar

alt başlıkları halinde ele alınmış ve yeterli anlaşılabilirlik sağlanması için gereken koşullar saptanmıştır.

Bölüm VI'da, çalışmada kullanılacak seslendirmesiz derslik, büyüklük, boyut ve yoğunlukları belirlendikten sonra, konuşmanın anlaşılabilirliğini etkileyen etkenler ve yeterli anlaşılabilirlik için bunlarda sağlanması gereken genel koşulların, saptanan dersliklerdeki durumu ayrıntılı olarak incelenmiş ve alınması gereken önlemler belirlenmiştir. Tezin en ağırlıklı bölümünü oluşturan bu bölümde yapılan çalışmalarla, büyüklüğü ne olursa olsun her türlü derslikte yeterli anlaşılabilirlik konusunun özenle incelenmesinin ve gereken önlemlerin alınmasının kaçınılmaz olduğu sonucuna varılmıştır. Öte yandan, küçük hacimli dersliklerde anlaşılabilirliğinin, büyük hacimli olanlara oranla daha az önlemle sağlanabileceği ve belli büyüklükten sonraki dersliklerde, seslendirme yapmanın gerekli olacağı belirtilmiştir.



Bölüm VII'de, Bölüm VI'da yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlara dayanılarak, seslendirmesiz dersliklerde yeterli anlaşılabilirlik sağlayacak iç mekan koşulları saptanmış ve gerçek anlamda yeterli anlaşılabilirliğin, ancak tasarım-yapım-kullanım bütünüünün tümünde gereken koşulların gerçekleştirilmesi ile elde edilebileceği vurgulanmıştır.

Bölüm VIII'de, seslendirmesiz durumda yeterli anlaşılabilirlik sağlayacak koşullar ile seslendirme döşeminin, uygulamaya dönük kriterler açısından karşılaştırılması yapılmış ve özellikle büyüklükleri sınırlı dersliklerde, yeterli anlaşılabilirlik için gereken koşulları sağlamanın, seslendirmenin gerektirdiği koşul ve ek giderleri sağlamaktan çok daha kolay olacağı sonucuna varılarak, bu tür dersliklerde seslendirme yapmanın gereksiz olduğu belirtilmiştir.

Bölüm IX'da, tez kapsamında yapılan çalışmaların, anlaşılabilirlik konusunun çözülmesine getirdiği yenilik ve olanaklar açıklanmış ve bu yeni yaklaşımın, sıradan bir yaklaşım seçeneği olmayıp, öğretim yapılarının temel amacı bakımından akılcı tek yaklaşım olduğu vurgulanmıştır.

This research, maintaining the above mentioned aim, consists of nine chapters and the Appendix.

In Chapter I, the importance of the intelligibility in the classroom without sound reinforcement systems; the objective and subjective factors affecting intelligibility and their specific positions in the classroom; the relationships between the studies on intelligibility up to date and the scope of the thesis are all explained and the aim of the dissertation is clarified.

The second chapter, aiming to verify the performance fullness of the study deals with the subjects such as



SUMMARY

For human beings, speech is the most important means of communication. Therefore, intelligibility takes the first raw in all the places where speech is used. However, it is important to note that the intelligibility in the classroom, which is the inseparable component of education, and which has been used in knowledge transfer to younger generations, is more important than other places where speech is being used as a means of communication. On the other hand, due to various reasons, a great number of classrooms have been designed and used without the sound reinforcement systems until today. Therefore, the intelligibility in classrooms, without the sound reinforcement systems, are to be examined.

The aim of this dissertation is:

"to specify interior arrangement criteria providing sufficient intelligibility and to determine their conditions, by developing a method to obtain intelligibility during the design process".

This research, maintaining the above mentioned aim, consists of nine chapters and the Appendix.

In Chapter I, the importance of the intelligibility in the classroom without sound reinforcement systems; the objective and subjective factors affecting intelligibility and their specific positions in the classroom; the relationships between the studies on intelligibility up to date and the scope of the thesis are all explained and the aim of the dissertation is clarified.

The second chapter, aiming to verify the performance of the fullness of the study deals with the subjects such as: the



importance of the knowledge transfer through speech and the student-instructor relationships.

In Chapter III, speech, -the basic data in this dissertation- has been examined and the human factors affecting speech intelligibility are determined.

In Chapter IV, the factors affecting speech intelligibility and the ways they affect it, in all types of rooms, without sound reinforcement systems, are explained under the headings; the practical problems and the conclusion which has

- sound level,
- reverberation time,
- first reflections,
- the criteria of existence (intimacy)
- room modes,

and the conditions required to provide sufficient intelligibility are determined.

In Chapter VI, first, -to be used in this dissertation-, the volumes, the dimensions and the densities of the classrooms without sound reinforcement systems have been fixed. Secondly the factors affecting speech intelligibility and the conditions providing sufficient intelligibility in the classrooms have been investigated. Finally the precautions to be taken, are stated. Based on above mentioned studies, it is been concluded that in all types of classrooms (ignoring the volume), necessary precautions must have been taken. Moreover, the intelligibility in the small classrooms can be provided with less precautions than in the big ones and all the classrooms after a certain volume, must be designed in a public address system.



In Chapter VII, taking into consideration the studies done and the results obtained in Chapter VI, the interior arrangement conditions to provide sufficient intelligibility in the classrooms are determined and also the sufficient intelligibility can be realised by providing "design-construction and use" process.

In Chapter VIII, the conditions of the sufficient intelligibility in the classrooms without sound reinforcement systems and the electroacoustic installation are compared in terms of the practical problems and the conclusion which has been reached is that, it is much easier to obtain the conditions of the sufficient intelligibility, than to realise all the conditions and the expenses required for a good electroacoustic installation.

In Chapter IX, the novelties and the possibilities which are procured in this dissertation on sufficient intelligibility are explained and the following result is derived:

"What has been proved in this dissertation is not a casual assumption, but it is the only logical approach for the desired intelligibility in the classroom."



I. GİRİŞ - ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

İnsanlar arasında iletişim kurmada en önemli araç konuşmadır. Bu nedenle, konuşmanın anlaşılabilirliği, önemle üzerinde durulması gereken bir konudur. Konuşma olgusunun gerçekleştiği her yerde anlaşılabilirlik ön planda gelir. Ancak, kimi mekanların, anlaşılabilirlik açısından, ötekilerden daha özel bir önem taşıdığı da yadsınamaz bir gerçektir. Temel işlevi, bilgi aktarma olan derslikler, bu özel önem taşıyan mekanlardan biri, belki de en başta gelenidir.

Seslendirmenin, günümüzdeki gelişmesine karşın, hâlâ pek çok derslik, gerek geleneğe bağlılık, gerekse ekonomik koşullar nedeni ile, seslendirmesiz olarak tasarlanmaktadır. Bundan ötürü, seslendirmesiz dersliklerde anlaşılabilirlik konusunun incelenmesinin, önem sırasında daha da bir önceliği olduğu söylenebilir(*).

İnsana bağlı tüm benzeri olaylarda olduğu gibi, konuşmada da öznel ve nesnel değişkenler vardır. Konuyu sınırlandırmak açısından, yalnızca kapalı mekanlardaki konuşma olgusu ele alındığında, konuşmanın anlaşılabilirliğinde etkili olan

(*) Bu anlatımdan, seslendirme yapılan dersliklerde anlaşılabilirliğin önemli olmadığı gibi, bir yargıya varmamak gerekir. İşlevi ne olursa olsun, seslendirme yapılan mekanların pek çok akustik özelliği, seslendirmesiz mekanlardan farklı olduğundan, böyle bir anlatım kullanılmıştır. Seslendirme yapılan dersliklerde anlaşılabilir ise, bu çalışmanın kapsamına girmeyen bir konudur.

öğeler, TABLO I.1'deki gibi şematize edilebilir(1). Tablo'da görüldüğü gibi, anlaşılabilirlikte önemli rol oynayan ve gerek konuşmacıya, gerekse dinleyiciye bağlı olan, pek çok etken vardır. Örneğin, konuşmacının yeterli yeğinlikte konuşmadığı ve/ya da hızlı konuştuğu bir mekanda, anlaşılabilirliğin yeterli olmama olasılığı fazladır; ya da konuşmacının yeterli yeğinlik ve hızda, açık seçik konuştuğu bir mekanda, eğer dinleyici dikkatini konuşmaya yönlendirmemişse, konuşmanın o kişi için anlaşılabilirliğini büyük oranda yitireceği açıktır(*).

TABLO I.1. Konuşmanın Anlaşılabilirliğini Etkileyen Öğeler

KAYNAK	• Yeterli yeğinlikte konuşma • Açık seçik konuşma		ÖZNEL ETKENLER
İLETİM ORTAMI	• Konuşmadaki yeğinlik değişimi • Uzaklık • Öteki etkenler (Yansıma süresi, vb.)		
İLETİLEN NESNE	• Fon gürültüsü • Dış gürültü • Elektrikli ya da elektronik alet. gür. • Dinleyicilerin gürültüsü		NESNEL ETKENLER
ALICI	• Dikkatin konuşmaya yönlendirilmiş olması • Dinleyicinin fizyolojik ve psikolojik durumu		ÖZNEL ETKENLER

(*) Anlaşılabilirlik, aslında, yalnızca konuşmacı ve ortama bağlı olarak ele alınabilir. Bunun nedeni, verilmiş bir konuşma ve ortam için, belli bir noktada belli bir anlaşılabilirliğin olmasıdır. Bu noktada, dikkatini konuşmaya yönlendirme açısından farklı iki dinleyicinin olması, -o noktadaki- anlaşılabilirliği değil anlaşılmayı yani anlaşılabilirliğin algılanmasını etkiler. Ancak, TABLO I.1'deki şema ve ona dayanan açıklamalar, KONUŞMACI-ORTAM-DİNLEYİCİ bütünü, tümüyle dikkate alması bakımından yararlı görüldüğünden, bu tür bir anlatıma yönelmiştir.

Yukarıda sözü edilen, insana bağlı etkenlerin denetim altında tutulması, çoğu zaman çok güç ya da olanaksızdır. Ancak, burada dersliklerin özel durumunu vurgulamak önem kazanmaktadır. Bilindiği gibi dersliklerde amaç, öğreticinin çeşitli yollarla (çoğu zaman sözlü olarak), öğrenciye bilgi aktarmasıdır. Bu durumda, konuşmacı olan öğreticinin ve dinleyici olan öğrencinin, öteki konuşma amaçlı mekanlardaki kişilerden (konuşmacı ve dinleyicilerden) farklı özellikleri vardır:

- Amacı, bilgi aktarmak olan öğretici, genelde gerek deneysel, gerekse eğitimsel olarak, yeterli yegânlık ve hızla, ve açık seçik konuşma alışkanlığını elde etmiş bir konuşmacıdır.
- Eski adı ile talebe, yani öğrenci ise, bilgi talep eden yani amacı öğrenmek olan kişi olduğundan, dikkatini tümüyle konuşmacıya yönlendirmiş bir dinleyicidir. Ayrıca, elbette ki, öğrencinin dikkatini konuşmaya yönlendirmesine engel olacak, fizyolojik ve/ya da psikolojik bir rahatsızlığının olmaması gereklidir.

Kısaca özetlemek gerekirse, bir derslikte bulunan öğretici ve öğrenciler, kendilerine ait öznel etkenlerin, düşüncel (düşünce ulaşılabilen en iyi-ideal) koşullarını yerine getirmiş olmalıdırlar. Gerek öznel etkenlerin değerlendirmeye alınmasının güçlüğü, gerekse dersliklerdeki, konuşmacı ve dinleyicinin özel durumu nedeni ile, öznel etkenler bu çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır.

Öte yandan, TABLO I.1'de özetlendiği gibi, konuşmanın anlaşılabilirliğinde önemli rol oynayan pek çok nesnel etken vardır. Bu etkenler, anlaşılabilirliği dolaysız ya da dolaylı olarak etkiler. Düşüncel konuşmacının (öğreticinin) ürettiği konuşma, düşüncel dinleyiciye (öğrenciye) ulaşınca değişim, içinde bulunduğu ortamın özelliklerine bağlı olarak değişime uğrar. Bu durumda önemli olan, bu değişimin ve ona neden olan



değişkenlerin incelenmesi, etki büyüklükleri ve koşullarının belirlenmesi ve anlaşılabilirliği yeterli kılacak önlemlerin alınmasıdır.

Günümüze değin, hacimlerde konuşmanın anlaşılabilirliğinin belirlenmesini amaçlayan pek çok çalışma yapılmıştır. Ancak, bu çalışmaların çoğu, bitmiş hacimlerde, konuşmanın anlaşılabilirliğinin saptanmasına yöneliktir. Tasarım aşamasındaki hacimlerde, konuşmanın anlaşılabilirliğini önceden belirleyecek çalışmalar ise, ya oldukça yetersiz ya da mimarlık kapsamına girmeyecek derecede kuramsal ve matematik ağırlıklı, yani güncel kullanıma girememiş çalışmalardır.

Bitmiş hacimlerdeki anlaşılabilirliğin, ölçmelerle saptanabilme yönteminin bulunmuş olması, önemi yadsınamaz bir gelişmedir. Ancak, özellikle ekonomik koşullar gözönüne alındığında, dünyada ve ülkemizde, tüm sorunları tasarım aşamasında çözülmüş hacimler oluşturma çok daha akılcı olduğu, bir gerçektir.

Bu tezin amacı, anlaşılabilirliğin, yapımı bitmiş hacimlerde ölçülüp yetersizlik oranının ve kusurlarının belirlenmesi yerine, bu belirlemeyi tasarım aşamasında yapabilmeyi sağlayacak bir yöntem geliştirerek, buna dayalı ve özellikle mimarların yararlanmasına dönük biçimde, dersliklerde yeterli anlaşılabilirliği sağlayacak iç mekan düzenleme kriterleri oluşturmak ve buna bağlı koşulları ortaya koymaktır.

(*) Örneklemek gerekirse:

İzometrik-konuşma, tazyikli ses vb.

Görme-projeeksiyon vb.

İzometrik-görme-projeeksiyon, video gibi.



II. ÖĞRENCİ-ÖĞRETİCİ İLİŞKİSİ VE ÖĞRETİMDE SÖZLÜ BİLGİ AKTARMANIN YERİ VE ÖNEMİ

Günümüzde, bilgi aktarmada kullanılan pek çok yöntem vardır. Dersliklerde konuşmanın, bu çalışmanın özünü oluşturmasından ötürü, sözlü bilgi aktarmanın, çağdaş bilgi aktarma yöntemleri arasındaki yeri ve öneminin belirlenmesi, gerçekleştirilecek çalışmanın yararlılık performansının ortaya konması açısından gerekli görülmüştür.

Dünyada, günümüze değin, pek çok değişik konuda elde edilmiş olan, bilgi birikimleri vardır. Bu bilgi birikimlerinin büyük bir çoğunluğu yazılıdır. Ancak, çağımızın getirdiği teknolojik gelişmelerle, günümüzde bilgi birikimlerinin bir bölümü görsel, ya da işitsel-görsel (audio-visuel) olarak da oluşturulmaktadır.

Öğretimin temel amacı, günümüze değin elde edilen bilgi birikimin, bunlara gereksinim duyan kişilere aktarılmasıdır. Öğretimde, bilgi birikimlerinden, işitsel, görsel ve işitsel-görsel(*) gibi çeşitli biçimlerde yararlanılması olanaklıdır. Ancak, unutulmamalıdır ki, eğitimden ayrı olarak düşünülmesi olanaksız olan öğretimin amacı, yalnızca kişilere bilgi aktarma olgusu ile sınırlanamaz. Örnekleme gerekirse, çoğu durumda, öğrencinin eline yazılı ya da işitsel-görsel olarak

(*) Örnekleme gerekirse:

İşitsel-konuşma, teyp bantları vb.
Görsel-projeksiyon vb.
İşitsel-görsel-televizyon, video gibi.



bilgi birikimleri vermek, öğrencinin aktarılması istenen bilgileri eksiksiz olarak öğrenmesi ve bunlardan yararlanabilmesine yetmez. Bu nedenle, öğretim ve eğitimin amacı, öğrencilere bilgi aktarmanın yanı sıra, onlara bilgi edinme yöntemlerini öğretmek, edindikleri bilgileri sindirip onlardan yararlanmalarını sağlamak ve bir ileri adım olarak da, kişileri edindikleri bilgiler yolu ile yeni bilgiler üretebilecek düzeye getirmektir.

İnsanın, yapısı gereği, bir şeyler öğrenmesi, bebekliğinden başlayarak hep öteki insanlar yoluyla ve büyük oranda da sözlü iletişime dayanarak gerçekleşir. Yani, insanın sözlü iletişimle bilgi almaya yatkınlığı çok fazladır. Bu açıdan, eğitim ve öğretimin etkili ve yeterli olmasının temel koşulu, öğretimin, sözlü bilgi aktarımına, yani kişiler arasındaki diyaloga dayanmasıdır, denilebilir. Öğretimde yazılı bilgi aktarmanın yararı, elbette ki yadsınamaz, ancak, öğrenci okuduğu bir kitaptaki bilgilerden kavrayamadığı konuları, açığa kavuşturmak zordur. Bunu başka kaynaklar yoluyla sağlayabilmesi olanaklı ise de, hem zaman kullanımı hem de insanın doğal yapısı gözönüne alındığında, öğrencinin, pek çok durumda, bir öğreticiye gereksinim duyacağı ortaya çıkar. Aynı gerçekler, öğretimin yalnızca, işitsel-görsel (örneğin televizyon ya da video yoluyla) olması için de geçerlidir.

Konunun başka bir yönü de, öğretici-öğrenci arasında kurulabilecek iyi bir diyalogla, öğrencinin, gereksinim duyduğu konuya ilgisinin artmasının ve öğrenmesinin kolaylaşmasının sağlanabilmesidir. Öğreticileri ile iyi ilişkiler içinde olan öğrencilerin, öğreticinin sunduğu bilgiyi çok daha kolay ve istekli olarak aldığı bilinen bir gerçektir.

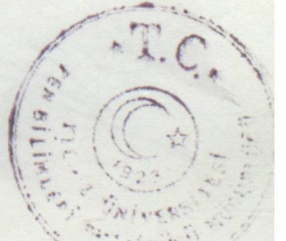
Öğretimde önemli olan bir başka konu da, bilgi edinmeye çalışan kişinin denetlenmesidir. Bu denetimin sürekli olarak ve öğrencinin özel biçimde hazırlanmasına zaman tanınmadan yapılması, yani öğretim sırasında, öğrencinin bilgi alımının



denetlenenebilmesi, bilgi aktarımının yetkinliği açısından büyük önem taşır. Bu tür bir denetim ise, ancak sözlü bilgi aktarma ile yani öğrenci ve öğretici arasındaki karşılıklı konuşma ile sağlanabilir.

Burada, öğretimin aşamaları üzerinde de durmak gereklidir. Özellikle öğretimin başında olan öğrencilerin (örneğin ilkökul öğrencileri), kendilerine yol gösterecek ve yardımcı olacak kişiler olmadan, bilgi birikimi edinebilmeleri çok güç ve hatta olanaksızdır. Bunun yanısıra en ileri öğretim aşaması olan yüksek öğretimde bile, öğrenci, öğreticiye gereksinim duyar. Bu gereksinim o denli güçlüdür ki, temelde öğrenci-öğreticisi ilişkisine dayanmayan bilgi aktarma yöntemlerinde bile (örneğin, ülkemizdeki açık öğretim sistemi), öğrencilerin öğreticilerle ilişki kurmasını ve kavrayamadıkları konuları sözlü olarak açıklığa kavuşturabilmelerini sağlamak amacıyla belli zamanlar ayrılmıştır (Bu kısıtlı zamanlarda, sözlü bilgi aktarma gereksiniminin ne denli karşılanabildiği ise, elbetteki başka bir konudur).

Bilgi aktarmada gelişen teknolojinin getirdiği işitsel, görsel ve işitsel-görsel yöntemlerden yararlanmak gereklidir. Ancak, yeterli ve iyi bir öğretim için, bunların ya sözlü bilgi aktarımını destekleyici olması ya da sözlü bilgi aktarımı ile desteklenmesi kaçınılmazdır. Sonuç olarak denilebilir ki, eğitim ve öğretimde sözlü bilgi aktarma, gelişen teknolojiye karşın, günümüzde en geçerli ve etkili bilgi aktarma yolu olma özelliğini korumaktadır.



III.1. KONUŞMA (SES) MEKANİZMASI

Konuşmanın oluşmasını sağlayan akustik erke, akciğerlerdeki hava ve ses mekanizmasına değişik bölgelerine gönderen, ses kollarından kaynaklanır(6). (Şek. ŞEKİL III.1). Bu bölgede oluşan sesler hava akımına, bizi, dolayısıyla basıncı, ses oluşturan biçimde modüle edilen bir erke taşıyıcı gücüyle

III. KONUŞMA

Gerekli modülasyon, temelde düzenli ve düzensiz sesleri oluşturan biçimde iki ana yolda gerçekleşir.

İnsanda işitsel algılamaya yol açan titreşimler, yani sesler, KONUŞMA-MÜZİK ve GÜRÜLTÜ olarak üç ana grupta sınıflandırılır(2,3). Akustikte sesler, aynı zamanda, DÜZENLİ SES ve DÜZENSİZ SES olarak da sınıflandırılır(4). Düzenli sesler, notası belirlenebilen yani belli bir temel sesi (frekansı) ve uyumluları olan seslerdir. Bu tür seslerde, tayftaki erke dağılımı ve devirsellik belli kurallar izler. Düzensiz sesler ise, notası belirlenemeyen, akustik erke dağılımı gelişigüzel olan, daha çok gürültü niteliğinde seslerdir. Genelde bu tür bir seste, en inceden en kalına kadar tüm frekanslar yer alabilir ve devirsellik yoktur.

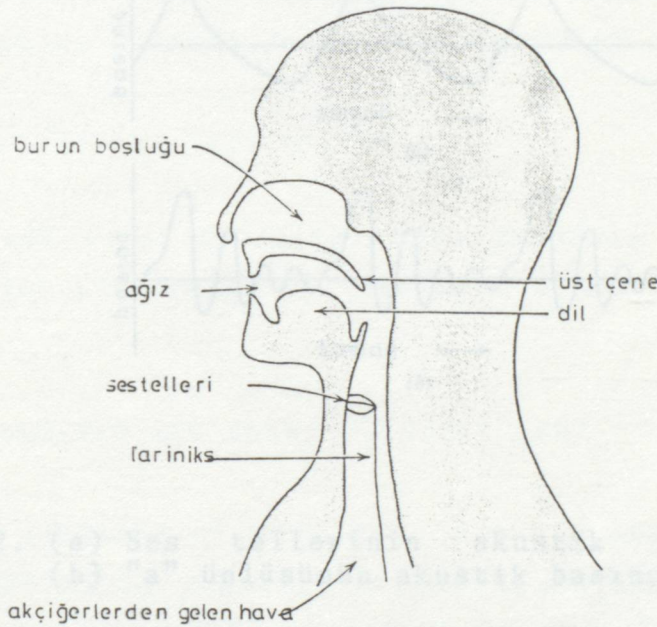
Konuşma, düzenli ve düzensiz seslerin tam bir karışımı, daha doğrusu zaman içinde birbirini izlemesinden oluşan bir ses biçimidir(5). İnsanın çevreyle iletişim kurmasında ve çevreyi algılamasında en önemli etkenlerden biri olan konuşmanın, anlaşılabilirliğinin değerlendirilmesi, ancak, insanın etken olduğu tüm benzer olaylarda olduğu gibi, öznel ve nesnel değişkenlerin birlikte ele alınıp, irdelenmesi ile gerçekleştirilir.

Bu bölümde, konuşmanın fiziksel ve fizyolojik yapısı incelenecek ve konuşmanın anlaşılabilirliğinde insana bağlı etkenler belirlenecektir.



III.1. KONUŞMA (SES) MEKANİZMASI

Konuşmanın oluşumunu sağlayan akustik erke, akciğerlerdeki havayı ses mekanizmasının değişik ögelerine gönderen, göğüs kaslarından kaynaklanır(6), (Bkz. ŞEKİL III.1). Bu biçimde oluşan sabit hava akımına, hızı, dolayısıyla basıncı, sesi oluşturacak biçimde modüle edilen bir erke taşıyıcı gözüyle bakılabilir. Gerekli modülasyon, temelde düzenli ve düzensiz sesleri oluşturacak biçimde iki ana yolda gerçekleşir.

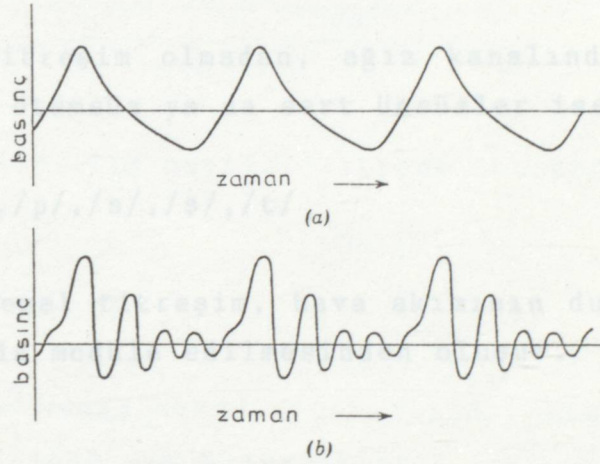


ŞEKİL III.1. Ses mekanizmasının önemli ögelerini gösteren, düşey baş kesiti(7).

İnsanın ürettiği düzenli sesler, hem normal konuşmadaki ünlüleri, hem de şarkı sesindeki karakteristik sesleri (notaları) kapsar. Ünlülerin oluşumundaki ilk modülasyon, üzerinde ses tellerinin bulunduğu larinikte gerçekleşir. Ses telleri, çizgisel yarıklı bir diafram oluşturan iki zarımsı şerittir. Bu yarığın açılıp kapanmasından oluşan titreşimler, akciğerlerden gelen hava akımını modüle eder. Yarığın uzunluğu (erkeklerde yaklaşık 2.5 cm, kadınlarda yaklaşık 1.5 cm) ve ses



tellerinin gerilme derecesi, modülasyonun temel frekansını belirler. Ses tellerinin devinimi, hava akımının hızında, ŞEKİL III.2.(a)'da görüldüğü gibi, testeredişi tipi değişime yol açarak, modüle akımın basıncında değişim oluşturur. Sinüzoidal dalgaların, Fourier serisi analizi sonucunda, bu değişimde, çok sayıda uyumlu frekans bileşeni bulunduğu saptanmıştır.



ŞEKİL III.2. (a) Ses tellerinin akustik basınç outputu, (b) "a" ünlüsünün akustik basınç outputu(7).

Burunda, ağızda ve boğazda bulunan çok sayıdaki boşluk ve delik, bir tür akustik şebeke oluşturarak, ŞEKİL III.2.(a)'da görülen dalganın basıncını, yeniden modüle eder. Bu parametrelerin pek çoğu isteğe bağlı olarak denetlenebilir, yani örneğin, dilin konumu ya da dudakların etkisi değiştirilerek, pekçok sayıda ünlü oluşturulabilir. ŞEKİL III.2.(b), ses tellerinin "a" ünlüsünü oluşturacak biçimdeki modifikasyonunun outputu görülmektedir.

Ses mekanizmasının, sestellerini kullanmadan ses üretmesi de olanaklıdır. Ünlülerin çıkarılışı sırasında sestelleri titreşimli oldukları halde kimi ünsüzlerde, sestellerinde titreşim



olmadığı görülür(8). Bu açıdan ünsüzler, ötümlü (yumuşak) ve ötümsüz (sert) olarak ikiye ayrılır.

Sestellerinin titreşimli durumunda çıkarılan ötümlü ya da yumuşak ünsüzler;

/b/,/c/,/d/,/g/,/ğ/,/j/,/l/,/m/,/n/,/r/,/v/,/y/,/z/,

dir.

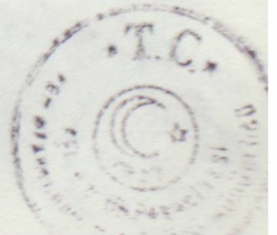
Sestellerinde titreşim olmadan, ağız kanalındaki engelleme-
lerle çıkarılan ötümsüz ya da sert ünsüzler ise,

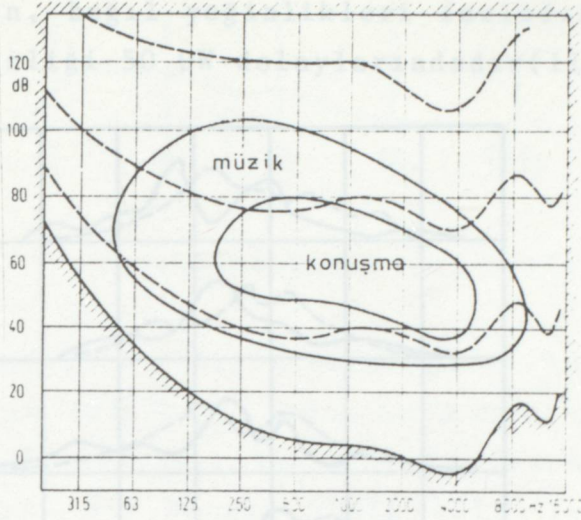
/ç/,/f/,/h/,/k/,/p/,/s/,/ş/,/t/,

dir. Bunlarda temel titreşim, hava akımının dudaklar, dil ya
da dişler yoluyla modüle edilmesinden oluşur.

III.2. KONUŞMANIN SES ALANI İÇİNDEKİ YERİ

İşitebilir titreşimler yani ses, frekans boyutunda 10 oktav-
lık (16-16000 Hz), yeğinlik boyutunda da 10^{12} 'lik (0-130 dB)
bir alana yayılmıştır(9). İnsanlar konuşma için bu ses alanı-
nın oldukça küçük bir bölümünü kullanırlar. ŞEKİL III.3'te,
eşseslilik eğrileri alanı içindeki konuşma bölgesi görülmek-
tedir. Konuşma sınırlarının altındaki ses alanının önemi ol-
dukça büyüktür. Çünkü, hacimlerdeki rahatsız edici fon gürül-
tüsü, en az 25-30 dB düzeyleri civarındadır. Genellikle kala-
balık bir dinleyici kitlesinin ürettiği gürültü, bu düzeyleri
de aşar.





ŞEKİL III.3. Eşseslilik eğrileri içinde, konuşma alanı.

III. KONUŞMANIN YAPISI

Konuşma, ünlü ve ünsüzlerden oluştuğundan, konuşmanın yapısı bu iki başlık altında ele alınacaktır.

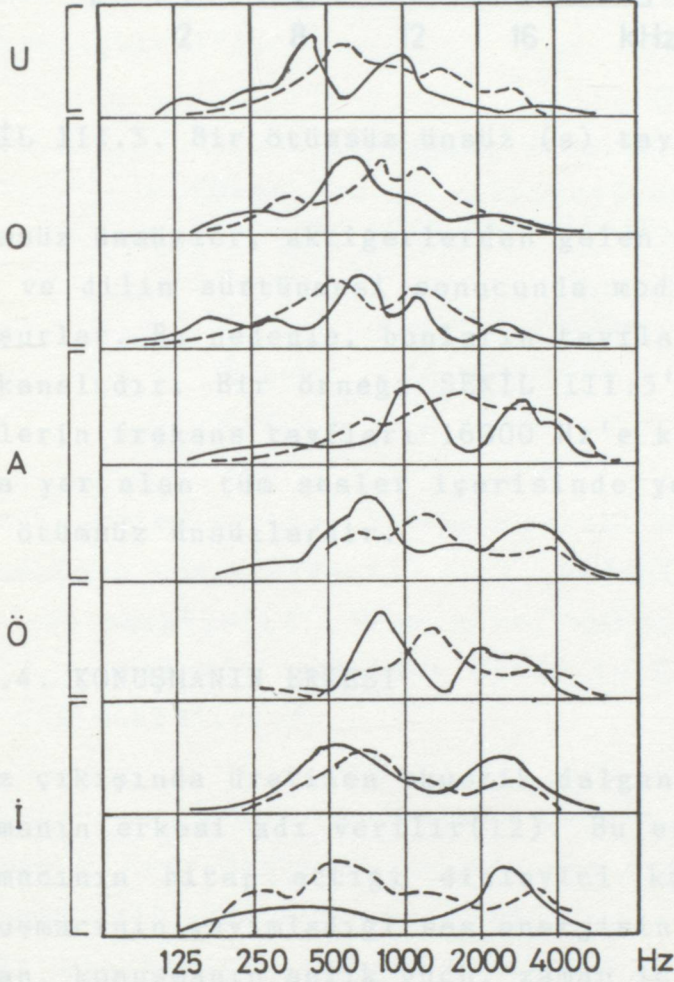
Ünlüler

Grandall'ın değişik ünlülerin tayfları üzerinde yaptığı çalışmalar, aşağıdaki olguları ortaya çıkarmıştır (Bkz. ŞEKİL III.4)(10):

- Ünlülerin tayfları, 100 Hz ile 5000 Hz arasındadır.
- Kadın sesleri, erkek seslerinden yalnızca düşey farkları değil, tınırları ile de belirgin biçimde ayrılmaktadır.
- Her ünlünün yapısı, ötekilerden belirgin bir biçimde farklıdır, böylelikle iletimde ya da üretimde önemli distorsiyonlara uğrasalar bile ayırdedilebilirlikleri korunmaktadır. Yani, ünlülerde anlaşılma yanlışları enderdir.



- Ünlülerin, bağıl yeğinlikleri fazladır. Örneğin "o" ünlüsünün yeğinliği 50 μ W dolaylarındadır(11).

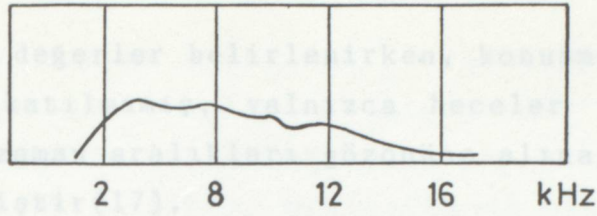


ŞEKİL III.4. Kimi ünlülerin tayfları(10).

Ünsüzler

Ünsüzler, ötümlü ve ötümsüz ünsüzler olarak ikiye ayrılmaktadır (Bkz. Bölüm III.1). Ötümlü ünsüzlerin, sestellerinin titreşimiyle oluşmalarından ötürü, analog karakteristikleri ünlülere benzer. Ancak ötümlü ünsüzlerin tayfları, 10000 Hz'e kadar uzanır ve yeğinlikleri de ünlülerden çok düşüktür. Örneğin, "v" ünsüzünün yeğinliği 0.03 μ W'tır.





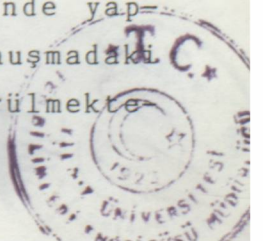
ŞEKİL III.5. Bir ötümsüz ünsüz (s) tayfı örneği.

Ötümsüz ünsüzler, akciğerlerden gelen havanın, dudaklar, dişler ve dilin sürtünmesi sonucunda modifikasyona uğraması ile oluşurlar. Bu nedenle, bunların tayfları çok yaygın ve yüksek frekanslıdır. Bir örneği ŞEKİL III.5'te görülen ötümsüz ünsüzlerin frekans tayfları 16000 Hz'e kadar ulaşabilir. Konuşmada yer alan tüm sesler içerisinde yeğinlikleri en az olanlar ötümsüz ünsüzlerdir.

III.4. KONUŞMANIN ERKESİ

Ağız çıkışında üretilen akustik dalganın ortalama gücüne, konuşmanın erkesi adı verilir(12). Bu erke, konuşmacıya ve konuşmacının hitap ettiği dinleyici kitlesine göre değişir. Konuşmacının yayımladığı ses enerjisinin debisi olarak tanımlanan, konuşmanın anlık gücü, zaman içinde büyük değişim gösterir(13). Konuşmanın anlık gücünün, belli bir zaman aralığı içindeki maksimum gücüne, konuşmanın uç gücü adı verilir. Konuşmanın ortalama gücü, ortalamanın alındığı zaman aralığına bağlı olarak değişir ve uç gücünün çok altındadır. Konuşmada ortalama güç, aynı insanda 1'den 10000'e ve bir insandan ötekine 1'den 500'e kadar varan oranlarda değişim gösterebilir(14). Normal bir konuşmada, konuşmacının harcadığı ortalama güç, (ortalamada 3-4 dakika gibi uzun bir zaman aralığı gözönüne alındığında), yaklaşık olarak 10 μ W'tır(14,15,16).

Dunn ve White'in, kadın ve erkek konuşmacılar üzerinde yaptıkları araştırmalarla belirledikleri, normal konuşmadaki (sohbet) ortalama konuşma güçleri TABLO III.1'de görülmekte



dir. Bu değerler belirlenirken, konuşma sırasındaki boşluklar hesaba katılmamış, yalnızca heceler ve cümleler arasındaki normal zaman aralıkları gözönüne alınarak ortalama güçler belirlenmiştir(17).

TABLO III.1. Normal Konuşmada Ortalama Konuşma Güçleri

(Değerler yansıtıcı yüzeylerin olmadığı, sessiz mekanlar için geçerlidir.)

	<u>sınır değerler</u>	<u>ortalama</u>
Erkek	10 μ W-91 μ W	34 μ W
Kadın	8 μ W-55 μ W	18 μ W

Dunn ve White ayrıca, bir hece süresi içindeki (1/8 sn), konuşma gücünün erkeklerde 230 μ W'ı, kadınlarda ise 150 μ W'ı aştığını saptamıştır(17). Buna göre, normal konuşmada, konuşmacının 1 m uzağında, erkekler 64 dB ve kadınlar 61 dB düzeyinde ses üretmektedirler.

Konuşmacının içinde bulunduğu hacmin büyüklüğü, akustik koşulları, fon gürültüsü ve konuşmacının dinleyiciye uzaklığı konuşmacının ürettiği sesi etkiler. Gürültülü bir ortamda, büyük bir hacimde, ya da kalabalık bir dinleyici kitlesinin karşısında bulunan konuşmacıların, ses düzeylerini arttırdıkları bilinen bir gerçektir.

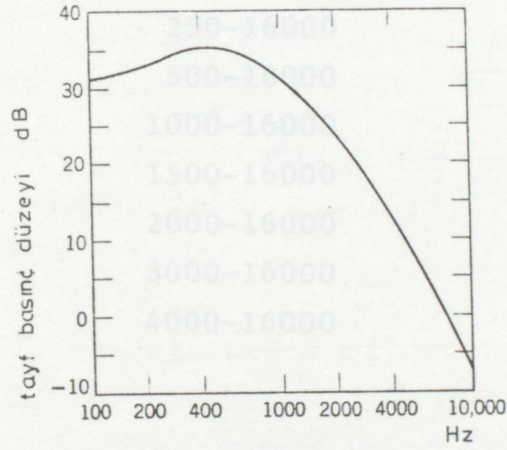
TABLO III.2'de, değişik konuşma durumlarındaki ortalama yegınlıklar yeralmaktadır.

TABLO III.2. Ortalama Konuşma Düzeyleri(18)

<u>Konuşma Biçimi</u>	<u>Uzaklık</u>	<u>Konuşma Düzeyi</u>
Konferansçı	2 m	65-70 dB
Alçak sesle konuşma	1 m	50-60 dB
Yüksek sesle konuşma	1 m	70-80 dB
Bağırma (çığlık)	-	75-85 dB
Yüksek sesle konuşma	1 m	70-80 dBC
Normal konuşma	1 m	68 dBC

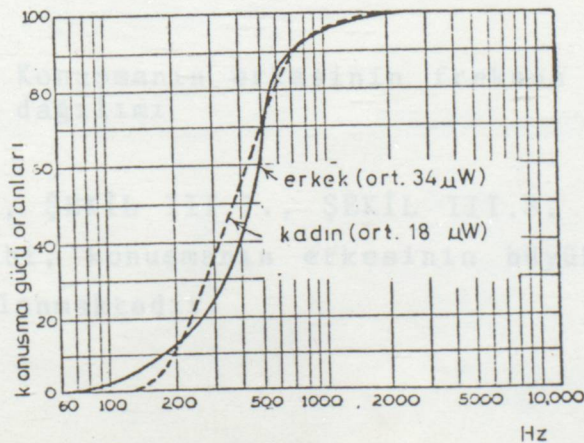


Ortalama konuşma erkesinin, frekans tayfına dağılımı değişik araştırmacılar tarafından incelenmiştir. ŞEKİL III.6'da, bir erkek konuşmacının, tipik ortalama konuşma tayfı görülmektedir(19). Bu grafikte, ordinatta dB olarak yegünlik, yani konuşmacının dudaklarında 1 m uzaklıkta ölçülen 1 Hz genişliğindeki bantların ses basınç düzeyi, apsiste de frekanslar yer almaktadır. 100 Hz'den 10 kHz'e kadar olan tüm frekans bandının ortalama ses basınç düzeyi yaklaşık 65 dB'dir.



ŞEKİL III.6. Ortalama normal konuşmanın tayf düzeyi eğrisi.

ŞEKİL III.7'de, verilen bir frekansın altında kalan sesgücü oranları sunulmaktadır(20). Grafikte kadın ve erkek konuşmacılar için belirlenen iki eğri yer almaktadır.



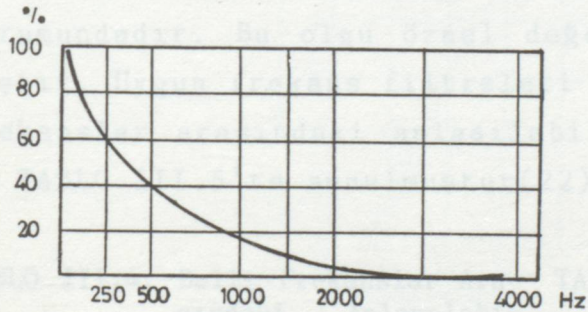
ŞEKİL III.7. Frekans fonksiyonunda, verilen bir frekansın altındaki konuşma gücü oranları



Benzer bir araştırmada, ayarlanabilir bir frekans filtresi kullanılarak, her filtre konumunda güç ölçülmüş ve bu toplam erkeye oranlanmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, TABLO III.3. ve ŞEKİL III.8'de sunulmaktadır(21).

TABLO III.3. Konuşmada, Belirlenen Frekanslar Arasındaki, Erke Oranları

Filtre Konumu	Erke Oranı
0-16000	100
250-16000	60
500-16000	38
1000-16000	14
1500-16000	7
2000-16000	4
3000-16000	2
4000-16000	0



ŞEKİL III.8. Konuşmanın erkesinin frekans bantlarına oransal dağılımı

ŞEKİL III.6., ŞEKİL III.7., ŞEKİL III.8. ve TABLO III.3.'te görüldüğü gibi, konuşmanın erkesinin büyük bir bölümü kalın seslerde toplanmaktadır.



III.5. KONUŞMANIN ANLAŞILABİLİRLİĞİNDE YÜKSEK FREKANSLARIN ÖNEMİ

Bu bölümün başından beri görüldüğü gibi, konuşma, düzenli ve düzensiz seslerin tam bir karışımı, daha doğrusu zaman içinde birbirini izlemesinden oluşan bir ses biçimidir. Konuşmayı ünlü ve ünsüzler oluşturur. Genelde, ünlüler düzenli, ünsüzler düzensiz seslerdir.

- Ünsüzlerin bağıl süreleri kısadır.
- Ünsüzlerin alfabadeki sayısı, ünlülerin yaklaşık 3 katı kadardır, (Türk alfabesinde 8 ünlü, 21 ünsüz vardır).
- Ünsüzler büyük oranda yüksek frekanslardan oluşur. Bu nedenle, hacimlerde doğal olarak var olan fon gürültüsü ile kolayca maskelenebilir.

Yukarıda sayılan nedenlerden ötürü, ünsüzleri oluşturan yüksek frekanslar konuşmanın anlaşılabilirliğinde temel etken durumundadır. Bu olgu öznel değerlendirmelerle de kanıtlanmıştır. Uygun frekans filtreleri kullanılarak saptanan, belli frekanslar arasındaki anlaşılabilirlik oranları TABLO III.4. ve TABLO III.5'te sunulmuştur(22).

TABLO III.4. Belli Frekanslar Arasındaki Anlaşılabilirlik Oranları

Filtre Konumu	Anlaşılabilirlik Oranı % (PSA)(*)
0-16000	100
250-16000	98
500-16000	96
1000-16000	86
1500-16000	70
2000-16000	45
3000-16000	15
4000-16000	5

TABLO III.5. Belli Frekanslar Arasındaki Anlaşılabilirlik Oranları

Filtre Konumu	Anlaşılabilirlik Oranı % (PSA)(*)
0-0	0
0-250	2
0-500	7
0-1000	40
0-1500	62
0-2000	75
0-3000	82
0-14000	87

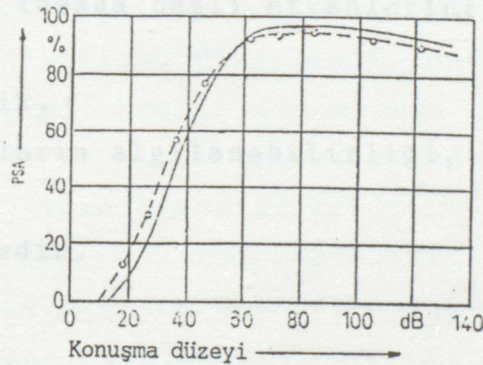
(*) Bkz. Bölüm IV.1.



Tablolarda da görüldüğü gibi, 1000 ile 2500 Hz arasındaki yüksek frekanslar, anlaşılabilirlikte önemli bir yer tutmaktadır. Örneğin, konuşmanın yalnızca 1000 Hz'in üzerindeki herkesinin algılanması, oldukça yüksek bir anlaşılabilirlik olan, % 86 değerine ulaşmaya yetmektedir. Böyle bir durumda, konuşma rahatlıkla algılanmakta, yalnızca tını da hafif bir değişiklik söz konusu olmaktadır.

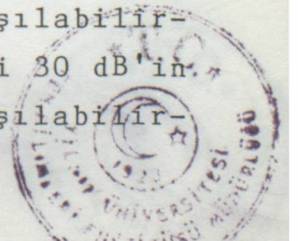
III.6. KONUŞMANIN ANLAŞILABİLİRLİĞİNDE YEĞİNLİĞİN ÖNEMİ

Konuşmanın anlaşılabilirliğinin, konuşma düzeyi ile yakından ilişkili olduğu bilinen bir gerçektir. Konuşma düzeyi ile anlaşılabilirlik arasındaki ilişkiyi saptamak için, Fletcher tarafından yapılmış olan genişli kapsamlı araştırmaların sonuçları ŞEKİL III.9'daki grafikte sunulmaktadır(23).



ŞEKİL III.9. Konuşma düzeyinin anlaşılabilirliği etkisi.

Bu grafikteki sonuçlar, yansışımın sıfır ve dinleyicilerin işitme alt eşiğinin normal (1000 Hz için 2×10^{-7} bar), olduğu verilerine dayanılarak elde edilmiştir. Yeterli anlaşılabilirliğin % 75 dolaylarında elde edilebilmesinden ötürü (Bkz. Bölüm IV.1) 50 dB'in üzerindeki bütün yeğinlik düzeyleri kabul edilebilir gözükmemektedir. 50 dB'in altında anlaşılabilirlik hızla azalmakta ve PSA'nın % 40'ın altına indiği 30 dB'in altında ise olanaksızlaşmaktadır. Öte yandan, anlaşılabilir-



lik grafikte görüldüğü gibi, 80 dB dolaylarında -daha yüksek yeğlilik düzeylerinin zararlı olduğunu gösteren- belirgin bir maksimum değere ulaşmaktadır. Bu sonuçlar, yeğlilik düzeyini yaklaşık 80 dB'den sonra arttırmanın anlaşılabilirliği arttırmayacağını vurgulamaktadır.

Sonuç olarak, konuşmanın anlaşılabilirliğinde, salt yeğlilik etkisi gözönüne alındığında, konuşma düzeyinin 50 dB ile 80 dB arasında olması gerektiği görülmektedir.

III.7. KONUŞMANIN ANLAŞILABİLİRLİĞİNDE İNSANA BAĞLI TEMEL ETKENLER

Konuşmacının açık seçik ve belirli bir hızda konuşması ve dinleyicinin ise dikkatini dinlemeye yöneltmiş olması gibi öznel etkenler bir yana bırakıldığında, konuşmanın anlaşılabilirliğinde insana bağlı etkenlerin;

- yeterli yeğlilik,
- yüksek frekansların algılanabilirliği,

olduğu görülmektedir.



IV. KONUŞMANIN ANLAŞILABİLİRLİĞİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Akustik birbirinden çok değişik yapıda olan, sessel ve işitsel olaylarla aynı derecede ilgili bir bilim dalıdır(24). Sessel olayların oluşu ve bu oluşun özellikleri, akustiğin fizik yönüdür. Öte yandan, bir çok durumda insanları asıl ilgilendiren, işitilenler, yani birtakım fizik olayların işitme organı aracılığı ile insanlarda yaptığı türlü etkilerdir ki, büyük oranda fizyolojik ve psikolojik etkenlere yani insana bağlıdır. Bu da akustiğin fizyolojik yönüdür. Bu nedenle, hacim akustiğinin tüm konularında olduğu gibi, konuşmanın anlaşılabilirliğinde de öznel (fizyolojik) ve nesnel (fiziksel) değişkenlerin birlikte değerlendirilmesi gereklidir. Buna koşut olarak, konuşmanın anlaşılabilirliğinin öznel ve nesnel olarak tutarlı bir biçimde belirlenebilmesi konusunda pek çok çalışma yapılmıştır. Bunların kimi, ya zaman içindeki gelişmelerden ya da temel mantıklarındaki yanlışlıklardan ötürü yetersiz kalmıştır.

Amacı, seslendirmesiz dersliklerde konuşmanın anlaşılabilirliğinde kriterler saptamak olan bu çalışmada, anlaşılabilirliğin belirlenmesinde kullanılan yöntemlere değinmenin gereği kaçınılmazdır. Bu nedenle, bu bölümde, konuşmanın anlaşılabilirliğinin belirlenmesinde günümüze değin geçerliliklerini koruyan yöntemler tanıtılacaktır.



IV.1. SÖYLEM TESTLERİ-PSA

Söylem testleri, konuşmanın algılanmasının sayısal büyüklüğünü, öznel olarak saptamada kullanılan bir yöntemdir(25). Bu yöntemde, konuşması berrak bir konuşmacı, konuşmada normal dağılımları içinde yeralan, tüm ünlü ve ünsüzleri içerecek biçimde hazırlanan ve birbiri ile ilgisiz ve anlamsız hecelerden oluşan (ki bunlara logatom adı verilir), bir listeyi okur. Haccin değişik yerlerinde bulunan dinleyici grupları da, işittikleri biçimde sözcükleri yazarlar(26). Bu tür bir teste, "Söylem Test"i denir ve doğru olarak anlaşılan hece oranı da "PSA", "Hece Söylem Oranı" (Percentage Syllable Articulation) olarak tanımlanır.

Knudsen'in bu konuda yaptığı çalışmalar, en iyi işitme koşullarında (yansıma süresi sıfır, girişime neden olan gürültü yok ve dinleyici ile konuşmacı arasındaki uzaklık çok az) bile, PSA değerinin % 96'nın üstüne çıkmadığını göstermiştir(26,27). PSA'nın, yeterli ve rahat anlaşılabilirlikle ilişkisi aşağıdaki gibidir:

- PSA $\geq$ % 85: Konuşma çok büyük bir rahatlıkla, hiç güç sarfetmeksizin anlaşılabilir ve konuşma açısında işitme koşulları mükemmeldir.
- PSA = % 75: Konuşma iyi bir biçimde anlaşılabilir ancak, dinleyicinin belli oranda güç sarfetmesine neden olur.
- PSA = % 65: Konuşma ancak yüksek konsantrasyonla anlaşılabilir ve dinleme yorucu olur.
- PSA < % 65: Konuşma için işitme koşulları kesinlikle yetersizdir.



Konuşmanın anlaşılabilirliğinin belirlenmesinde kullanılan en eski yöntemlerden biri olan Söylem Testleri, hem öznel değerlendirme hem de nesnel belirleme yöntemlerinin sınanması açısından günümüzde de en çok kullanılan ve geçerliliğini koruyan bir yöntemdir. Günümüze değin bu yöntemle pek çok çalışma ve araştırma yapılmış ve değerli sonuçlar elde edilmiştir.

IV.2. SÖYLEM GÖSTERGESİ-AI

Konuşmanın anlaşılabilirliğinin belirlenmesinde yaygın bir yöntem olan Söylem Testlerinin, dolaysız olmasının sağladığı belirgin yarara karşın, çok sayıda deneyimli konuşmacı ve dinleyici gerektirmesi, uzun sürede gerçekleştirilmesi ve iletim sistemindeki kusurların nedenlerini tam olarak belirleyememesinden kaynaklanan önemli eksikleri vardır(28,29). Bu olgu, nesnel ölçme tekniklerinin geliştirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Söylem Göstergesi "AI" yöntemi, French ve Steinberg'in temelini attığı ve Kryter'in geliştirdiği, fiziksel parametreler yoluyla konuşmanın anlaşılabilirliğini saptamada kullanılan bir yöntemdir.

Söylem Göstergesi "AI" (Articulation Index) başlıca üç adımdan oluşur(30):

- (1) Bir dizi frekans bandındaki etkin sinyal/gürültü oranının hesaplanması (Her bant için, sinyal ve gürültü düzeyleri, işitme organının yol açtığı işitsel algılama ile birlikte değerlendirilir).
- (2) Etkin sinyal/gürültü oranının, 1 ile 0 arasında yer alacak biçimde AI özel-oktav-bant katkısına, lineer çevrimi (Bu çevrim, her bantta, 1'in maksimum katkısı, +18 dB'lik bir sinyal/gürültü oranına ve 0'ın minimum katkısı, -12 dB'lik bir sinyal/gürültü oranına ulaşacak biçimdedir).

- (3) Tüm ilgili oktav bantların katkısının ağırlıklı ortalama-sının hesaplanarak Söylem Göstergesi AI'in belirlenmesi.

Söylem Göstergesi, frekans alanında distorsiyonları olan sis-temler için özellikle uygun olmasına karşın, zaman boyutunda-ki distorsiyonların ve lineer olmayan distorsiyonların varlı-ğı durumunda kullanılabilecek bir yöntem değildir.

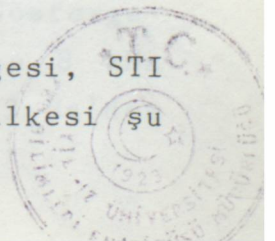
IV.3. KONUŞMA İLETİM GÖSTERGESİ-STI

Konuşma İletim Göstergesi yöntemi, günümüzde geçerliliği ka-nıtlanmış ve standartlara geçmiş (ISO, IEC), bir nesnel ölçme yöntemidir. Söylem Göstergesi kavramı üzerine kurulmuş olan bu yöntemin, zaman alanındaki distorsiyonları ve lineer olma-yan distorsiyonları da gözönüne almasından ötürü, genel kul-lanılabilirliği fazladır(31,32).

Yöntem aşağıdaki üç temel ögeyi içerir:

- (1) Denemeye alınan sistem, oktav başına sinyal/gürültü ora-nı, özel bir test sinyali ile yapılan ölçmeler yoluyla belirlenen, bir tür kara kutu gibi varsayılır.
- (2) Test sinyali, özel yapısından ötürü, süregelen konuşmanın tayfsal ve zamansal özelliklerini yansıttığından, bu yön-tem lineer olmayan distorsiyonlar için de doğru sonuç ve-rir.
- (3) Zaman alanındaki distorsiyonları hesaba katabilmek için, yönteme yeni bir boyut getirilmiştir. Böylelikle sürege-len konuşmadaki değişim oranları da dikkate alınmış ol-maktadır.

Ana hatları yukarıda verilen Konuşma İletim Göstergesi, STI (Speech Transmission Index) yönteminin yola çıkış ilkesi şu

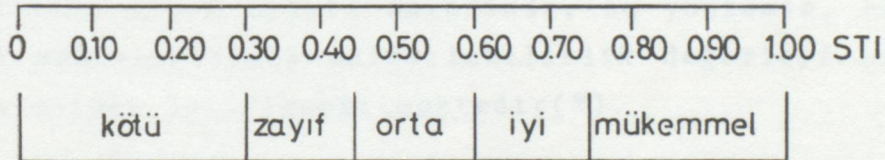


şekilde belirlenmektedir:

Bir konuşmacı bir dinleyici kitlesine hitap ettiğinde, dinleyicilere ulaşan ses belli sınırlar içinde bir değişime uğrayacak ve bu da konuşmanın anlaşılabilirliğinde azalmaya neden olabilecektir. Konuşmacının ürettiği özgün konuşma sinyali input ve dinleyiciye ulaşan ses de output olarak adlandırılan bu ses iletim sisteminin performansı, böylelikle kusursuz olmayabilecektir. Genellikle output, input'un tam özdeşi değildir.

STI yönteminde, bir ses iletim sisteminin input-output ilişkisinin yetkinliği ya da kusurluluğu Modülasyon İletim Fonksiyonu ile doğru olarak tanımlanabilir.

ŞEKİL IV.1'de yer alan skalada, 0 ile 1 arasında yer alan STI değerleri ile, öznel değerlendirmelerin ilişkisi görülmektedir(33,34). Bu skala değişik dillerde yapılan pek çok anlaşılabilirlik testi sonucunda oluşturulmuştur.



ŞEKİL IV.1. STI değerleri ile öznel değerlendirmenin ilişkisi.

ŞEKİL IV.1.'de görüldüğü gibi, skalanın orta bölümünde, her öznel nitelendirme aralığı, STI skalasında 0,15'lik bir aralığa karşılık gelmektedir. Bu olgu, bu büyüklükteki farklılıkların önemli olduğunu gösterir. 0,15'lik bir STI değişimi ile, konuşmanın anlaşılabilirliğindeki değişiklik, belirgin ve açıkça farkedilebilir duruma gelir.

Bir hacmin belirli bir noktasında, Konuşma İletim Göstergesi'nin belirlenmesinde, orta frekansları 125 Hz ile 8 kHz arasında yer alan 7 oktav bantın her biri için 0.63 Hz'den

12.5 Hz'e kadar 1/3 oktav aralıkla değişen, 14 modülasyon frekansı gözönüne alınır. Böylelikle elde edilen STI değerleri, 98 veri noktalık (7x14), bir matrikse dayanır. Konuşma İletim Göstergesi yöntemi ile, konuşmanın anlaşılabilirliğinin yanı sıra, hacimde anlaşılabilirliği olumsuz yönde etkileyen nedenler de belirlenebilir.

IV.3.1. Hızlandırılmış Konuşma İletim Göstergesi-RASTI

Hacimlerdeki mevcut koşulların büyük bir çoğunluğu için, Konuşma İletim Göstergesi'nin dayandığı 98 veri noktalık sistemin, gereğinden çok ayrıntılı ve uzun zaman alan bir yöntem olması nedeni ile, bu sistem üzerine kurulmuş daha hızlı bir ölçme yöntemi geliştirilmiştir. Bu hızlı ölçme yöntemini simgeleyen gösterge RASTI (Rapid STI-Hızlandırılmış STI) diye adlandırılır(35). RASTI yönteminde, analiz, iki oktav bant (500 Hz ve 2 kHz) ve 4 ya da 5 modülasyon frekansı ile sınırlandırılmıştır.

Geliştirilen ölçme aygıtı sayesinde, bu yöntemle, hacimlerin değişik noktalarındaki anlaşılabilirlik değerleri kolaylıkla ve kısa sürede belirlenebilmektedir(*)).

(*) Bu konularla ilgili ayrıntılı bilgi, Konuşmanın Anlaşılabilirliğinin Hesap ve Ölçme Yoluyla Belirlenmesinin Tarihsel Gelişimi ve RASTI Ölçme Yönteminin Tanıtılması adlı kitapta yer almaktadır.



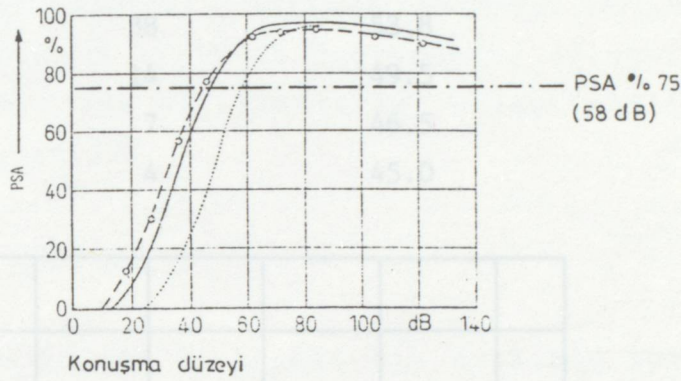
V. HACİMLERDE KONUŞMANIN ANLAŞILABİLİRLİĞİNİ ETKİLEYEN ETKENLER VE ETKİLEME BİÇİMLERİ

V.1. YEĞİNLİK

Yeğİnlik anlaşılabilirlikte önemli bir etkindir. Yeğİnliğin anlaşılabilirlikle ilişkisi Bölüm III.6'da verilmiştir. Ancak, Bölüm III.2'de de belirtildiği gibi, yeğİnlik konusunun, yalnızca konuşma düzeyi biçiminde ele alınması sakıncalıdır. Yeğİnlik, fon gürültüsü ile birlikte incelenmesi gereken bir konudur. Hacimlerde ortalama 40 dB dolaylarında fon gürültüsü bulunduğu varsayımına dayanılarak elde edilen ve bu durumda konuşma düzeyi ile anlaşılabilirlik (PSA - Hece Söylem Oranı) arasındaki ilişkiyi veren grafik ŞEKİL V.1'de sunulmaktadır(36). Grafikte de görüldüğü gibi, anlaşılabilirliğin optimum değeri olarak kabul edilen PSA'nın % 75'lik değerine karşılık gelen ve optimum konuşma düzeyi alt sınırı olarak kabul edilebilecek olan, konuşma düzeyi yaklaşık 58 dB'dir.

Yeğİnliğin az olmasının sakıncalarının olduğu kadar, belli bir düzeyin üzerinde olmasının da sakıncalı olduğu, ŞEKİL V.1'de görülen grafikteki çalışmalarla belirlenmiştir. Özellikle seslendirme sistemlerinin kullanıldığı büyük mekanlarda, konuşmanın yeğİnliği gereğinden fazla arttırıldığında normalde dikkati çekmeyecek olan küçük yankılar, birdenbire rahatsızlık verici hale dönüşmektedir. Bunun yanı sıra, ses düzeyindeki doğal olmayan bu artışlar görülenle işitilen arasında uyumsuzluk yarattığından, kişisel mahremiyet duygu-

sunu da zedelemektedir. Bu nedenlerden ötürü, 40 dB'lik bir fon gürültüsünün varlığı durumunda, konuşma düzeyinin optimum üst sınırının 80 dB dolaylarında olması gerektiği saptanmıştır. Ayrıca, seslendirme sistemlerinin kullanılmadığı hacimlerde, doğal konuşma düzeyinin zaten 70-75 dB değerlerini aşamayacağı da bilinen bir gerçektir (Bkz. Bölüm III.4).



ŞEKİL V.1. Anlaşılabilirliğin (PSA), konuşma düzeyi ve fon gürültüsü ile ilişkisi, (bu grafik yansıma süresinin sıfır ve işitme alt eşiğinin normal olduğu verilerine dayanılarak elde edilmiştir).

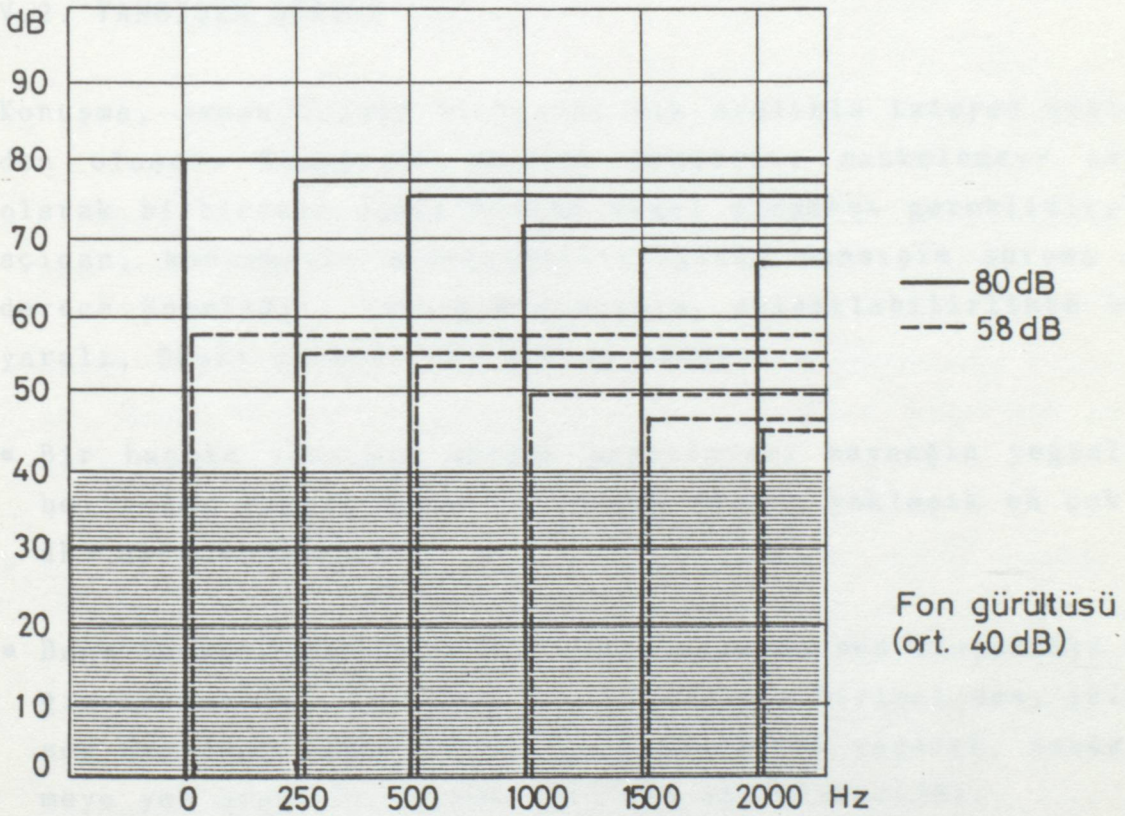
Çok sayıdaki ünsüzler gibi, kimi konuşma bileşenlerinin, kısa süreli ve düşük yoğunluklu olduğu (özellikle yüksek frekanslarda), bunun yanı sıra da anlaşılabilirlikte önemli rol oynadıkları olgusuna Bölüm III.4 ve Bölüm III.5'te değinilmişti. Bölüm III.4'te yeralan, konuşmanın belli frekansları arasındaki erke oranını veren TABLO III.3'ten yararlanılarak, belli düzeydeki bir konuşmanın, tayfsal yoğunluk dağılımı belirlenebilir. 40 dB'lik fon gürültüsü için, alt ve üst sınır değerler olan 58 dB ve 80 dB için, bu dağılım ve dağılımın fon gürültüsü ile tayfsal ilişkisi TABLO V.1'de sunulmaktadır.

Genelde bir sesin, ötekenden ayırdedilebilmesi için iki ses arasında en az 3 dB fark olması gereklidir. Bu farkın yüksek olması, yoğunluğu fazla olan ses lehine ayırdedilebilirliği artırmaktadır.



TABLO V.1. Belirlenen Frekanslar Arasındaki Erke Oranlarına Göre Tayfsal Yeğİnlik Dağılımları (58 dB ve 80 dB İçin)

Filtre Konumu (Hz)	Erke Oranı (%)	Tayfsal Yeğİnlik Dağılımı	Tayfsal Yeğİnlik Dağılımı
0-16000	100	58.0	80.0
250-16000	60	55.8	77.8
500-16000	38	53.8	75.8
1000-16000	14	49.5	71.5
1500-16000	7	46.5	68.5
2000-16000	4	45.0	67.0



ŞEKİL V.2. 40 dB'lik ortalama fon gürültüsü ile, konuşmanın tayfsal yeğİnlik dağılımı arasındaki ilişki.

Genelde bir sesin, ötekİnden ayırdedİlebilmesi için İki ses arasında en az 3 dB fark olması gereklİdir. Bu farkın yüksek olması, yeğİnliği fazla olan ses lehine ayırdedİlebilirliği artırmaktadır.



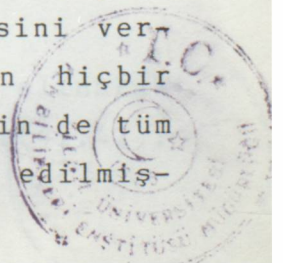
Bu verilerden elde edilen sonuç şudur: Konuşmanın iyi bir biçimde anlaşılabilmesi için ortalama konuşma düzeyinin ortalama fon gürültüsü düzeyinden en az 15 dB fazla olması gereklidir. Bunun yanı sıra, ses düzeyinin hacmin her yerinde olabildiğince eşit olması da, değişik noktalarda anlaşılabilirlik ayrımlarını önlemek açısından gereklidir. Özellikle, yüksek frekansların hem havada hem de yüzeylerde daha fazla yutulduğu gözönüne alındığında, hacimde bulunan her dinleyicinin, fon gürültüsünün en az 15 dB üzerinde ve dolaysız ses düzeyi oranı fazla, bir ses algılaması iyi anlaşılabilirlik açısından kaçınılmazdır(37).

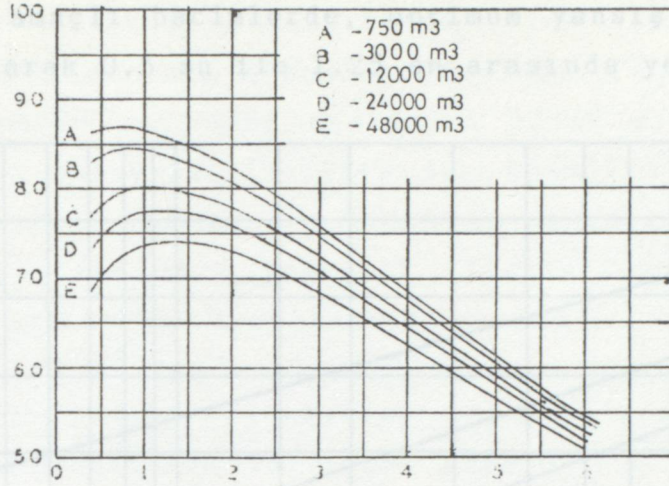
V.2. YANSIŞIM SÜRESİ

Konuşma, zaman içinde birbirini sık aralıkla izleyen seslerden oluşur. Konuşmada yeralan seslerin, maskelemeye neden olarak birbirinin işitilmesine engel olmaması gereklidir. Bu açıdan, konuşmanın anlaşılabilirliğinde yansışım süresi son derece önemlidir. Yansışım olayının, anlaşılabilirlikte biri yaralı, öteki zararlı iki etkisi vardır:

- Bir hacmin yansışım süresi uzatılarak, kaynağın yeğinliği belli bir değere kadar (kılğısal alanda yaklaşık en çok 10 dB) arttırılabilir.
- Buna karşın, yansışım, bir sesin izleyen ses oluşuncaya değin uzamasına neden olur ki, bu durumda birinci ses, ikinci ses üzerinde aşağı yukarı gürültü etkisi yaparak, maskelemeye yol açar. bu açıdan yansışım zararlıdır(38).

Bu nedenle, yeterli yeğinliğin sağlandığı ve maskelemenin olmadığı bir optimum yansışım süresi kavramı doğmuştur. ŞEKİL V.3'te görülen grafik, değişik büyüklükteki salonlarda, yansışım süresinin Hece Söylem Oranı (PSA) ile ilişkisini vermektedir(39). Şekilde görülen eğriler, salonların hiçbir akustik kusuru bulunmadığı ve fon gürültüsü düzeyinin de tüm salonlarda 30 dB olduğu varsayımına dayanılarak elde edilmiştir.





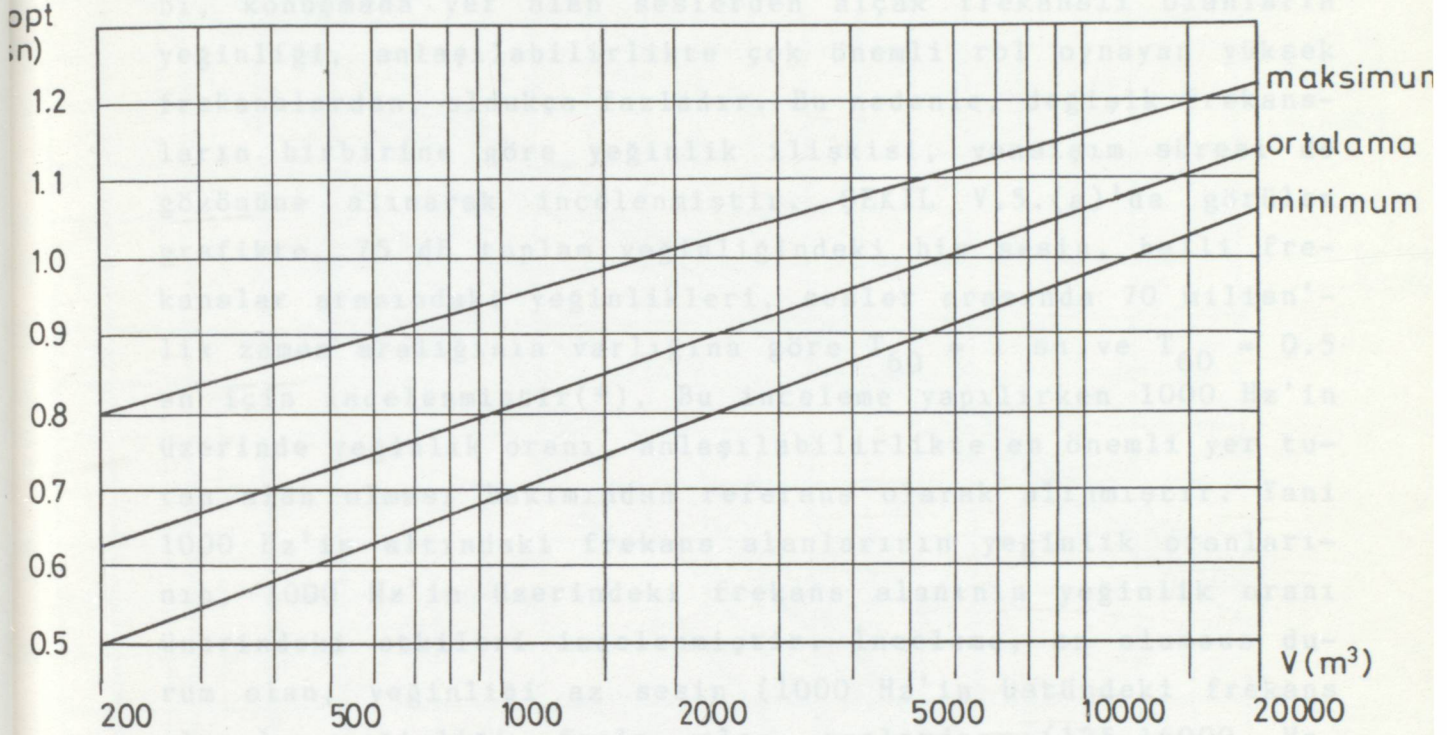
ŞEKİL V.3. Değişik büyüklükteki hacimlerde yansışım süresi fonksiyonunda Hece Söylem Oranı (konuşma gücü ortalama düzeyde).

Bu eğrilerden elde edilen önemli sonuçlar şunlardır(40):

- Verilmiş bir yansışım süresi ve kaynak gücü için, Hece Söylem Oranı, hacmin büyümesi ile azalır.
- Belli büyüklükteki bir hacimde, yansışım süresinin kısılması, Hece Söylem Oranının, belli bir zirve değerine kadar artmasına, sonra da azalmasına yol açar.
- Küçük hacimlerde, büyük hacimlere oranla, daha geniş bir yansışım süresi alanı kabul edilebilir olmaktadır. Örneğin 750 m³'lük hacimde, PSA, 1.5 sn'den kısa olan tüm yansışım süreleri için, anlaşılabilirlikle pratik açıdan mükemmel sayılabilen % 85'in üzerindedir. Oyas 24000 m³'lük hacimde, anlaşılabilirlik (PSA) % 75'in üzerine ancak 1.5 ile 1.9 sn gibi dar bir alanda ulaşabilmektedir. Ayrıca, bu hacimde elde edilebilecek olan en yüksek PSA değeri, 1.2 sn'lik yansışım süresinde ulaşılabilen, % 77'dir ki, bu değer yeterli ama mükemmel değildir.

ŞEKİL V.4'te, yukarıda sözü edilen olgular gözönüne alınarak elde edilen optimum yansışım süreleri görülmektedir(41,42).

Konuşma amaçlı hacimlerde, optimum yansışım süreleri, hacme bağlı olarak 0.5 sn ile 1.25 sn arasında yer almaktadır.

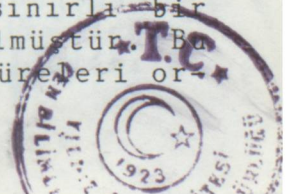


ŞEKİL V.4. Konuşma için, optimum yansışım süreleri.

V.2.1. Yansışım Süresinin Frekanslara Göre Değişiminin Anlaşılabilirliğe Etkisi

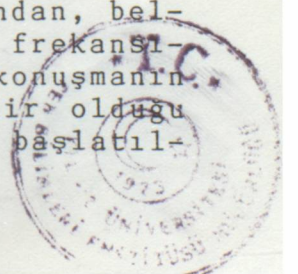
Hacim akustiği literatüründe, distorsiyonlara yol açılmaması için, yansışım sürelerinin frekanslara göre değişim göstermemesi yeğlenir. Konuşmada, saniyede ortalama 5 hece üretilir. Bir hecenin, ünlü ve/ya da ünsüz yaklaşık 3 sestene oluştuğu varsayıldığında, konuşmada seslerin birbirlerini yaklaşık 70 milisn gibi kısa bir zaman aralığı ile izledikleri ortaya çıkar(*) (43). Bu denli, kısa zaman aralıkları ile birbirlerini

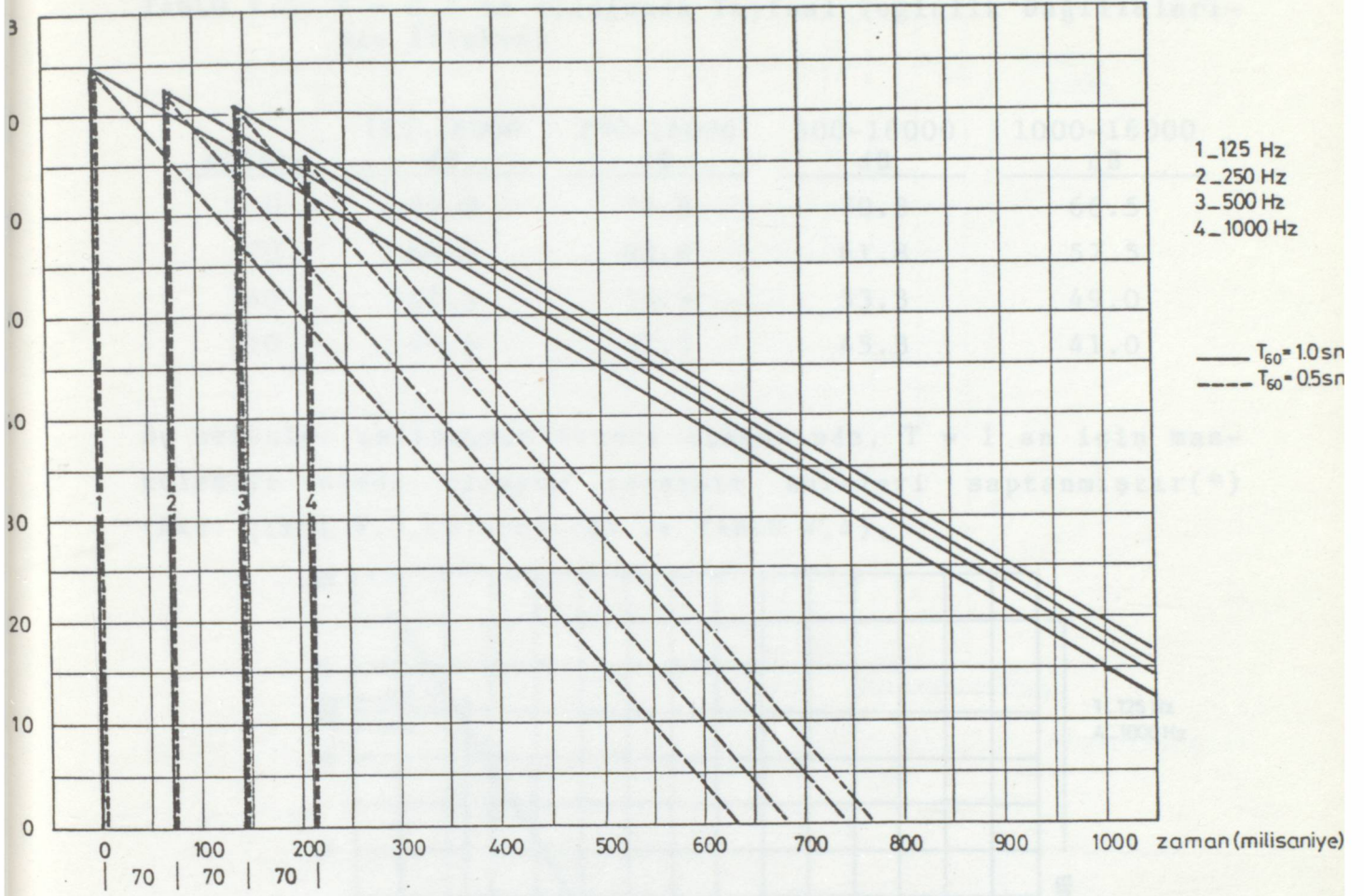
(*) Doğal konuşmada, ünsüzler ünlülerle birlikte oluşurlar. Yani, denilebilir ki, ünsüzler ünlülerce taşınır. Bu nedenle, aslında, ünsüzlerin süreleri ünlülere oranla daha kısadır. Ayrıca, ünlü ve ünsüzlerin süreleri, hece içindeki yerlerine ve, hece ve/ya da sözcüğün biçimlenişine göre de değişir. Ancak, bu çalışmada, tüm bu değişkenlerin gözönüne alınması, konunun, çalışmanın sınırları bir bölümünü oluşturmasından ötürü gereksiz görülmüştür. Bu nedenle, bu çalışma için, ünlü ve ünsüzlerin süreleri ortalama 70 msn olarak kabul edilmiştir.



izleyen sesleyen, yeğinlikleri aynı bile olsa birbirlerini maskelemeleri olasılığı fazladır. Oysa, bilindiği gibi, konuşmada yer alan seslerden alçak frekanslı olanların yeğinliği, anlaşılabilirlikte çok önemli rol oynayan yüksek frekanslardan, oldukça fazladır. Bu nedenle, değişik frekansların birbirine göre yeğinlik ilişkisi, yansışım süresi de gözönüne alınarak incelenmiştir. ŞEKİL V.5.(a)'da görülen grafikte, 75 dB toplam yeğinliğindeki bir sesin, belli frekanslar arasındaki yeğinlikleri, sesler arasında 70 milisn'-lik zaman aralığının varlığına göre $T_{60} = 1$ sn ve $T_{60} = 0.5$ sn için incelenmiştir(*). Bu inceleme yapılırken 1000 Hz'in üzerinde yeğinlik oranı, anlaşılabilirlikte en önemli yer tutan alan olması bakımından referans olarak alınmıştır. Yani 1000 Hz'in altındaki frekans alanlarının yeğinlik oranlarının, 1000 Hz'in üzerindeki frekans alanının yeğinlik oranı üzerindeki etkileri incelenmiştir. İnceleme, en olumsuz durum olan, yeğinliği az sesin (1000 Hz'in üstündeki frekans alanı), yeğinliği fazla olan seslerden (125-16000 Hz, 250-16000 Hz, 500-16000 Hz) hemen sonra (70 milisn'-lik zaman aralığı ile) oluştuğu durumuna göre yapılmıştır (Bkz. TABLO V.2 ve TABLO V.3). Yeğinliği az sesin, fazla olandan önce oluşması ya da yeğinliği az olanla fazla olan ses arasında 70 milisaniyenin katları ile giden, daha uzun zaman aralıklarının bulunması elbetteki seslerin birbirini örtmesini engelleyebilecektir. Ancak, genelde, her hecede ünlü ve ünsüzlerin birlikte yer aldığı gözönüne alınılarak, çalışma, bu en olumsuz durum için gerçekleştirilmiştir. Seslerin açık seçik algılanabilmesi için aralarında en az 3 dB'lik ayırım olması gerektiği gözönüne alındığında, alçak frekansların, 1000 Hz'in üstünü, 1 sn'lik yansışım süresinde tamamen, 0.5 sn'lik yansışım süresinde de belli oranda maskelediği görülmüştür (Bkz. TABLO V.2 ve TABLO V.3).

(*) Bu çalışmada, grafik gösterim kolaylığı açısından, belli frekanslar arasındaki yeğinlikler başlangıç frekansının yeğinliği olarak kabul edilmiştir. Ayrıca, konuşmanın 125 Hz altında kalan bölümünün ihmal edilebilir olduğu gerçeğinden yola çıkılarak çalışma 125 Hz'ten başlatılmıştır.





ŞEKİL V.5.(a). Ortalama düşme hızı fonksiyonunda, alçak frekansların yeginaliklerinin 1000 Hz'in üzerindeki frekansların yeginalikleri ile ilişkisi.

TABLO V.2. $T = 1$ sn Olduğunda Tayfsal Yeginalik Dağılımlarının İlişkisi

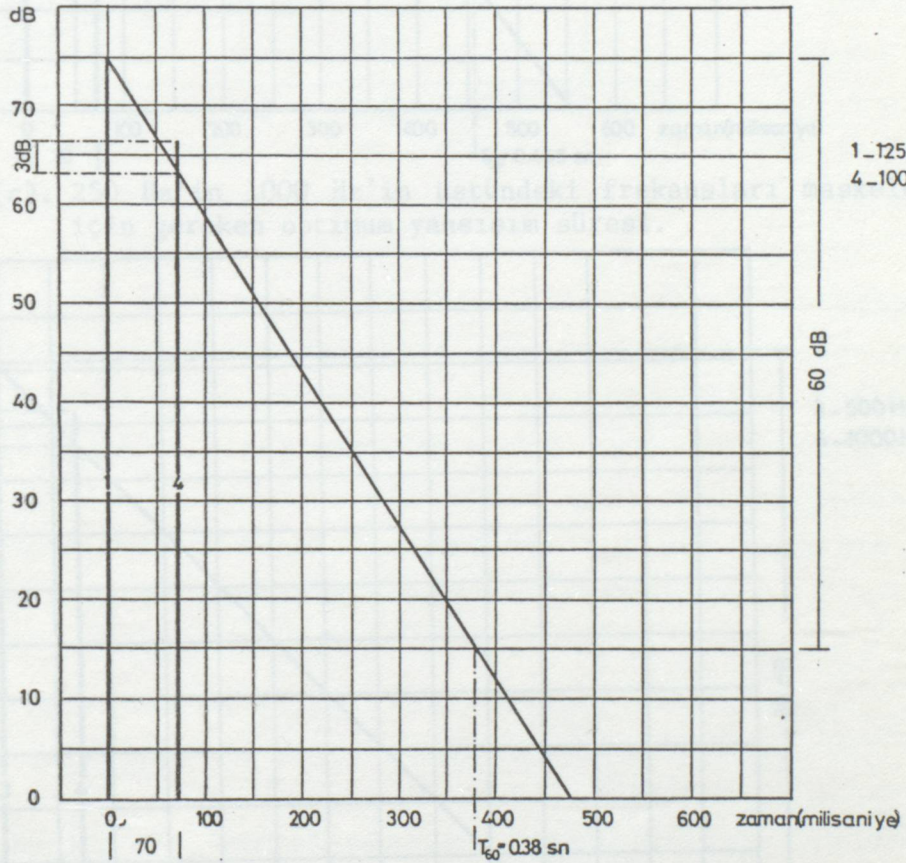
milisn	125-16000 dB	250-16000 dB	500-16000 dB	1000 - 16000 dB
0	75.0	72.8	70.8	66.5
70	71.0	68.5	66.8	62.5
140	66.0	64.5	62.8	-
210	62.5	61.0	-	-



TABLO V.3. $T = 0.5$ sn olduğunda Tayfsal Yegınlık Dağılımlarının İlişkisi

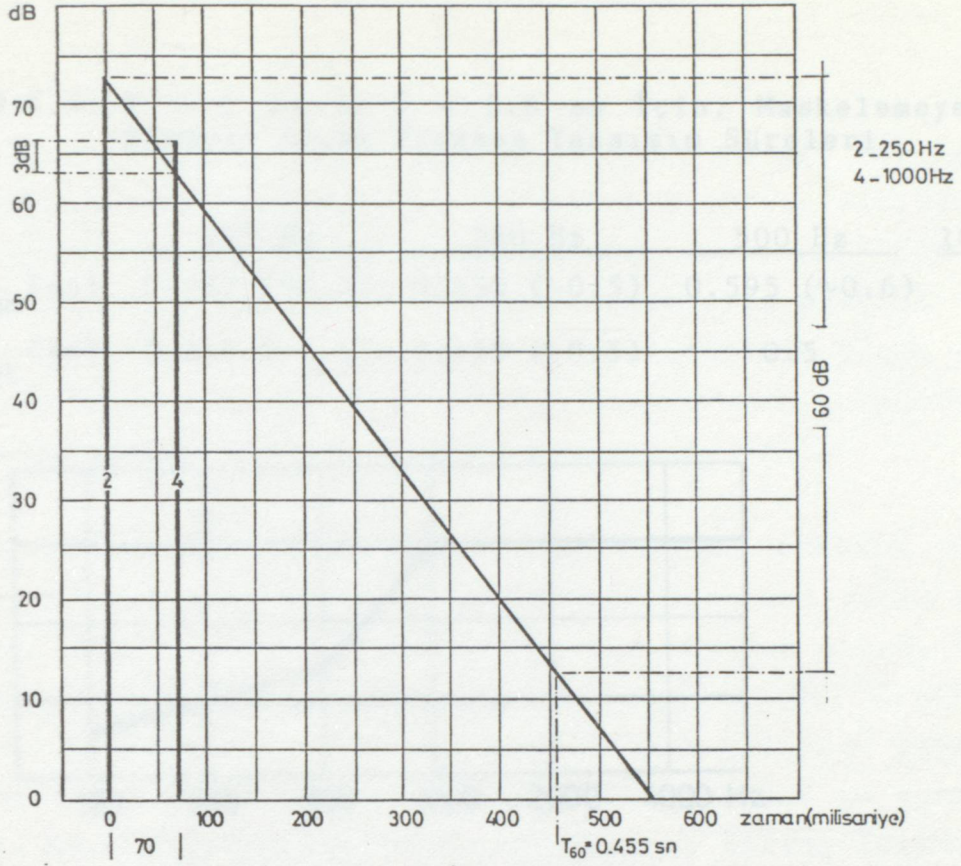
milisn	125-16000 dB	250-16000 dB	500-16000 dB	1000-16000 dB
0	75.0	72.8	70.8	66.5
70	66.0	63.8	61.8	57.5
140	57.5	55.3	53.3	49.0
210	49.5	47.3	45.3	41.0

Bu nedenle, çalışmanın ikinci aşamasında, $T = 1$ sn için maskelemeye neden olmayan yansışım süreleri saptanmıştır(*) (Bkz. ŞEKİL V.5.(b)-(c)-(d) ve TABLO V.4).

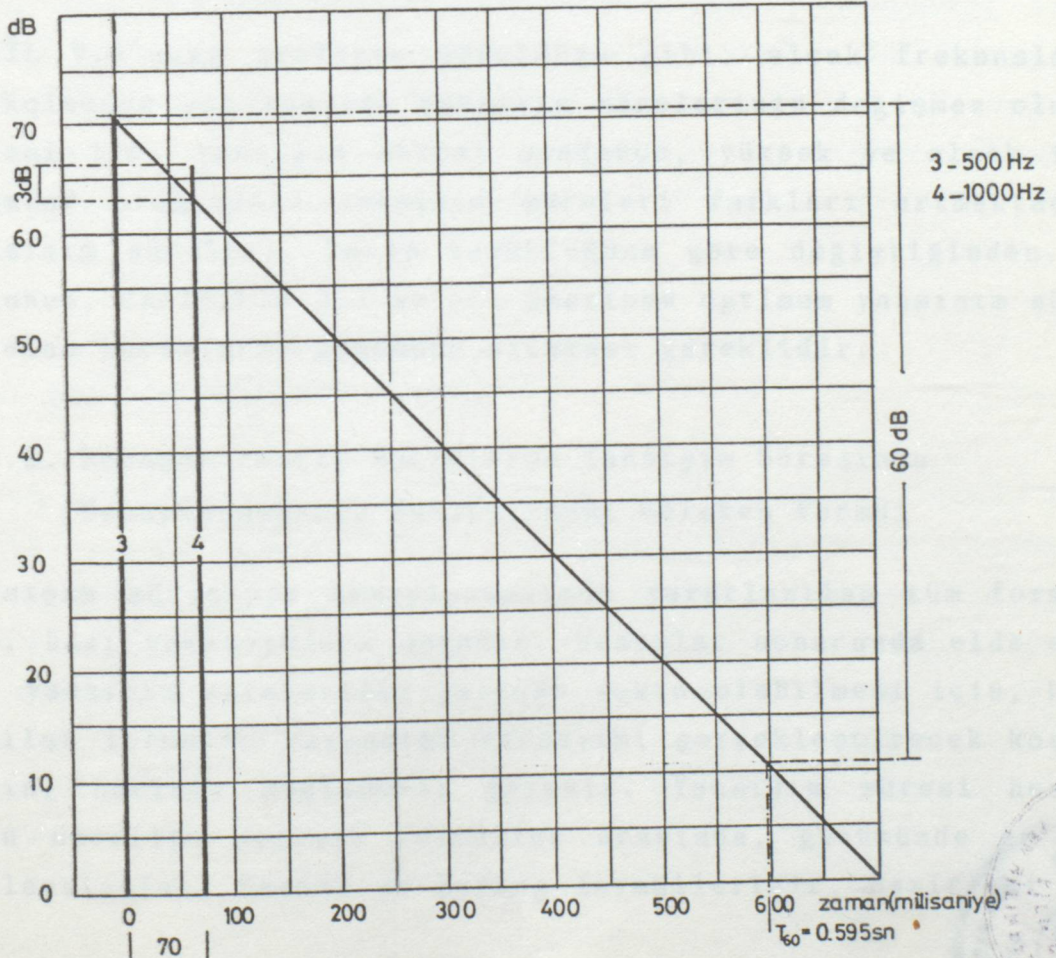


ŞEKİL V.5.(b). 125 Hz'in 1000 Hz'in üstündeki frekansları maskelememesi için gereken optimum yansışım süresi.

(*) Seslerin birbirini sabit bir zaman aralığı ile izlemesi ve çalışmanın 1000 Hz referans alınarak yapılması nedeniyle, maskelemeye yol açmayan optimum yansışım süreleri, yansışım süresinden bağımsızdır. Bu nedenle elde edilen sonuçlar, tüm yansışım süreleri için geçerlidir.



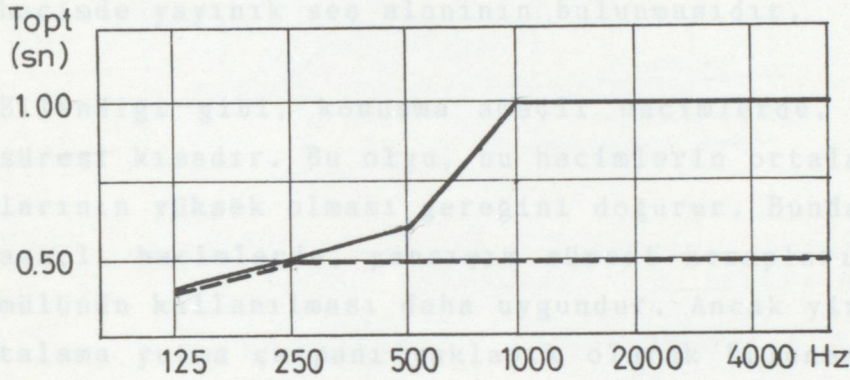
ŞEKİL V.5.(c). 250 Hz'in 1000 Hz'in üstündeki frekansları maskeleyememesi için gereken optimum yansıma süresi.



ŞEKİL V.5.(d). 500 Hz'in 1000 Hz'in üstündeki frekansları maskeleyememesi için gereken optimum yansıma süresi.

TABLO V.4. $T = 1$ sn ve $T = 0.5$ sn İçin, Maskelemeye Neden Olmayan Alçak Frekans Yansışım Süreleri

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz
T_{opt} (sn)	0.380 (~ 0.4)	0.455 (~ 0.5)	0.595 (~ 0.6)	1.0
T_{opt} (sn)	0.380 (~ 0.4)	0.455 (~ 0.5)	0.5	0.5



ŞEKİL V.6. TABLO V.4'ün grafik gösterimi.

ŞEKİL V.6'daki grafikte görüldüğü gibi, alçak frekanslarda maskelemeye yol açmayan yansışım sürelerinin değişmez olması nedeni ile, yansışım süresi uzadıkça, yüksek ve alçak frekanslar arasındaki yansışım süreleri farkları artmaktadır. Yansışım süreleri, hacim büyüklüğüne göre değiştiğinden, bu olgunun, özellikle 0.5 sn'nin üzerinde optimum yansışım süresi olan hacimlerde gözönüne alınması gereklidir.

V.2.2. Konuşma Amaçlı Hacimlerde Yansışım Süresinin Hesaplanmasında Kullanılması Gereken Formül

Yansışım süresinin hesaplanmasında yararlanılan tüm formüller, bazı varsayımlara dayanır. Hesaplar sonucunda elde edilen yansışım sürelerinin gerçeğe yakın olabilmesi için, kullanılan formülün dayandığı varsayımı gerçekleştirecek koşulların, hacimde sağlanması gerekir. Yansışım süresi hesabı için önerilen değişik formüller arasında, günümüzde en çok kullanılanlar, Sabine ve Eyring formülleridir. Basit bir an-



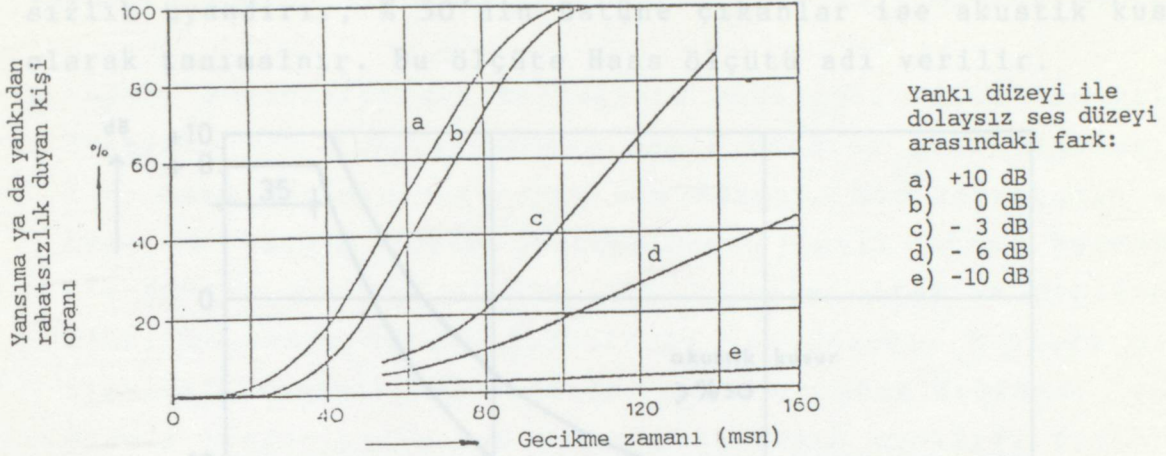
latımla, Sabine formülünün dayandığı temel varsayım, hacimde tam yayınık ses alanının bulunması, yani hacmin ortalama yutuculuğunun çok az olmasıdır (yaklaşık 0.10'nun altında). Öte yandan, Eyring formülünün dayandığı varsayım ise, her iç yüzey parçacığına her zaman biriminde eşit erke gelmesi ve yansımaları, yani hacimde yeralan yüzey gereçlerinin yutma çarpanlarının birbirine yaklaşık olarak eşit olması ile birlikte, hacimde yayınık ses alanının bulunmasıdır.

Bilindiği gibi, konuşma amaçlı hacimlerde, optimum yansıma süresi kısadır. Bu olgu, bu hacimlerin ortalama yutma çarpanlarının yüksek olması gereğini doğurur. Bundan ötürü, konuşma amaçlı hacimlerde, yansıma süresi hesaplarında, Eyring formülünün kullanılması daha uygundur. Ancak yine de, hacmin ortalama yutma çarpanı yaklaşık olarak bulunmalı ve yukarıdaki koşula göre değerlendirilmelidir. Ayrıca, Eyring formülü kullanıldığında; hacimdeki ses alanının yeterli yayınlılıkta olup olmadığı denetlenmeli, yansıma süresi hesapları sırasında, hacimde yeralan yüzey gereçlerinin yutma çarpanları birbirine olabildiğince yakın olacak biçimde tasarlanmalı ve yutuculuklarının fazla olması ve hacimde dağıtılamaması nedeniyle, dinleyici sayısının, maksimum dinleyici sayısını aşmaması sağlanmalıdır.

V.3. İLK YANSIMALARIN ETKİSİ

Hacim akustiğinde, iyi işitme koşulları açısından, konu ister müzik, ister konuşma olsun ilk yansımaların önemi büyüktür. Dinleyiciye dolaysız gelen sesle, birinci yansıma ile gelen ses arasındaki zaman aralığı ve dolaysız sesle birinci yansıma arasındaki yeginalik ayrımı, algılamada önemli etkenlerdir(44). Konuşmada, bu değerlerin hangi sınırlar arasında kalması gerektiği, Haas tarafından yapılan çalışmalarla belirlenmiştir(45).





ŞEKİL V.7. Konuşma hızının 5.3 hece/sn ve yansıma süresi 0.8 sn olması durumunda, ilk yansımadan rahatsız olan kişi oranının, ilk yansımaya ve dolaysız ses düzeyleri arasındaki farkla ilişkisi.

ŞEKİL V.7'deki grafikte görüldüğü gibi, rahatsızlık duyan dinleyici alanının % 50'ye kadar olan bölümü ile karakterize edilen, kabul edilebilen gecikme zamanı, azalan yansımaya düzeyine bağlı olarak hızla artmaktadır.

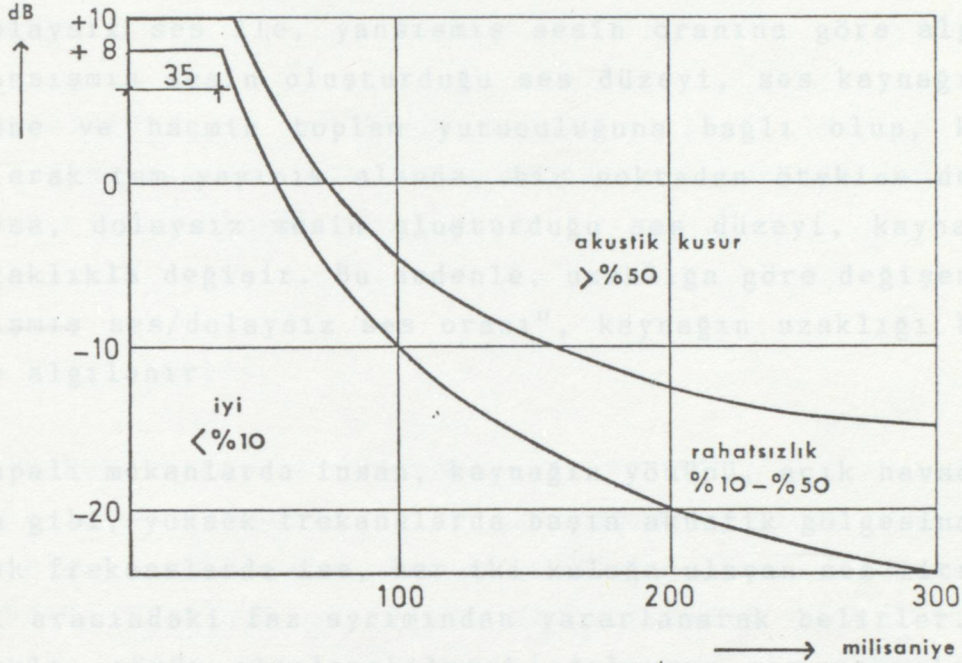
TABLO V.5. İlk Yansımaya Düzeyi İle Dolaysız Ses Arasındaki Fark İle Gecikme Zamanı Rahatsızlık Sınırı İlişkisi

İlk Yansımaya Düzeyi İle Dolaysız Ses Arasındaki Fark (dB)	Gecikme Zamanı Rahatsızlık Sınırı (milisn)
+10	55
0	65
-3	95
-6	155
-10	-

Bu deneysel sonuçlardan elde edilen, % 10 ve % 50'lik rahatsızlık eğrileri ŞEKİL V.8'de sunulmaktadır(46). Dolaysız sese göre yeğinlik ayrımı ve gecikmesi, % 10 eğrisinin altında kalan yansımalar, rahatsız edici değildir, tam aksine yararlı-



dır, % 10 ile % 50 eğrileri arasında kalan yansımalar rahatsızlık uyandırır, % 50'nin üstüne çıkanlar ise akustik kusur olarak tanımlanır. Bu ölçüte Haas ölçütü adı verilir.



ŞEKİL V.8. İlk yansıma açısından rahatsızlık eğrileri.

Bu ölçüt açısından, hacimdeki ses alanının çok sayıda küçük yansımalarından oluşması, az sayıda önemli yansımalarından oluşmasına yeğlenir.

V.4. VARLIK KRİTERİ

İşitsel algılamanın yeterli olması, yalnızca onun nitelik ve nicelik açısından yeterli olmasıyla sağlanamaz. Herhangi bir işitsel algılamada, insan, ses kaynağının konumunu, yani sesin nereden geldiğini, ses kaynağının nerede bulunduğunu bilmek ister(47). Dinlemeye yönelik her durumda, dinleyicinin yalnızca işitsel algılama ile kaynağın yerini belirleyebilmesi, iyi işitme koşulları açısından gereklidir.



İnsan, bir ses kaynağının yerini, polar koordinatla yani, kaynağın yönünü ve uzaklığını ayrı ayrı belirleyerek saptar.

- Kapalı mekanlarda ses kaynağının uzaklığı, kaynaktan gelen dolaysız ses ile, yansımış sesin oranına göre algılanır. Yansımış sesin oluşturduğu ses düzeyi, ses kaynağının gücüne ve hacmin toplam yutuculuğuna bağlı olup, kuramsal olarak tam yayınlık alanda, bir noktadan ötekine değişmez. Oysa, dolaysız sesin oluşturduğu ses düzeyi, kaynağa olan uzaklıkla değişir. Bu nedenle, uzaklığa göre değişen, "yansımış ses/dolaysız ses oranı", kaynağın uzaklığı biçiminde algılanır.
- Kapalı mekanlarda insan, kaynağın yönünü, açık havada olduğu gibi, yüksek frekanslarda başın akustik gölgesinden, alçak frekanslarda ise, her iki kulağa ulaşan ses titreşimleri arasındaki faz ayrimından yararlanarak belirler. Bu nedenle, yönün algılanabilmesi, dolaysız ses erkesinin yansımış ses erkesine oranla belli bir değerin altına düşmesine ve böylece faz ayrimının da, başın akustik gölgesinin de algılanabilme eşiğinin üstünde bulunmasının sağlanmasına bağlıdır. Bu eşik, yansımış sesin örtme etkisinden ötürü bir salt değer değil, bir orandır.

Kapalı mekanda, yön ve uzaklığın belirlenebilmesi, yansımış ses/dolaysız ses oranının, yeterli biçimde algılanabilmesine bağlıdır. Bu oran, deneylerle 1/15 olarak saptanmıştır. Kılğısal nedenlerle, bu oranın tersi kullanılır ve Q simgesi ile gösterilir.

Varlık kriteri değerdendirmesi açısından koşul "Q<15" tir.

$$Q = 100 \pi \frac{d^2 T_{60}}{V}$$

DENKLEM V.1.

ya da

$$Q = 16 \pi \frac{d^2}{A}$$

DENKLEM V.2.



Yukarıda verilen denklemlerde, T_{60} , V ya da A , belli bir hacim ve kullanma amacı için bilinen değerler olduğundan, değişen uzaklığa göre Q sayısı hesaplanır ve hangi sınırlar içinde $Q < 15$ olduğu bulunur ($Q = 15$ için d 'nin hesaplanması ile sınır bulunur).

Q büyüklüğünün 15'ten küçük olduğu yerlerde, varlık kriterinin sağlanabilmesi için, ses kaynağından dolaysız gelen erke oranının büyütülmesi gereklidir.

V.5. YANIT EĞRİSİ

Klasik hacim akustiğinde hacmin pasif (edilgen) olarak düşünülmesine karşın, modern hacim akustiğinde, hacim aktif olarak düşünülür; yani hacim, içinde oluşan seslerin biçimlenişinde etkindir. Titreşim yapan tüm nesneler gibi hacmin de özfrekansları vardır. Hacimde üretilen sesler, bu özfrekanslarla aynı olduğunda, hacimde bu frekanslarda rezonans oluşur; yani bu frekanslardaki seslerin yenginlikleri artar. Hacme, dolaysız gelen ses dışında beyaz gürültü verildiğinde, özfrekansların etkisi ile oluşan bu yenginlik değişimleri, frekans fonksiyonunda bir eğri biçimde gösterilebilir. Bu eğriye hacmin yanıt eğrisi denir. İyi bir akustik için yanıt eğrisinin olabildiğince düzgün olması istenir.

Hacimlerde, genelde, teğetsel, eksensel ve eğik olarak 3 tip özfrekans dizisi bulunduğundan, bunların zaman zaman aynı değerlere sahip olması, yanıt eğrisinde istenmeyen düzgünsüzlüklere yol açar. Ses alanının yeterince yayınlık olmaması, yani hacmin belli bölgelerindeki özfrekansların uyarılmaması da yine aynı yanıt eğrisinde düzgünsüzlük yaratır.

Dikdörtgenler prizması biçimindeki hacimlerin özfrekansları aşağıdaki denklemle hesaplanır(48):



$$f_n = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{n_x}{l_x}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{l_y}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{l_z}\right)^2} \quad \text{DENKLEM V.3.}$$

f_n = özfrekans (Hz)

c = sesin hızı (m/sn)

l_x, l_y, l_z = en, boy, yükseklik (m)

n_x, n_y, n_z = pozitif tam sayılar (uyumlulardan ötürü)

Ayrıca, belli bir frekansa kadar olan özfrekansların sayısını hesaplamak da olanaklıdır(48):

$$N_s = \frac{4}{3} \frac{\pi V}{c^3} f^3 + \frac{\pi S}{4 c^2} f^2 + \frac{L}{2 C} f \quad \text{DENKLEM V.4.}$$

N_s = özfrekansların toplam sayısı

V = hacim (m^3)

S = toplam yüzey alanı (m^2)

L = en + boy + yükseklik (m)

c = sesin hızı (m/sn)

Hacimlerin yanıt eğrilerinin düzgün olabilmesi için alınması gereken önlemler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Hacimleri, dikdörtgenler prizması ya da küp gibi simetrik olarak biçimlendirmekten kaçınmak.
- Pekçok kullanım alanı olduğundan hacimler dikdörtgenler prizması olarak biçimlendirilmekten vazgeçilemediğinde, boyutlar arasında, basit oranlar kullanmamak.
- Ses alanının olabildiğince yayınlık olmasını sağlamak.
- Tegetsel ve eksensel özfrekansların ötekilerin arasına girmesini sağlayacak önlemler almak (Bolt ölçütü).



- Bunların hiçbirini yapılamadığında, yutuculuklar arttırılarak, özfrekanslarda rezonans olayının oluşmasını en aza indirmek.

Genelde, yanıt eğrisi düzgünsüzlükleri daha çok alçak frekanslarda ortaya çıkar. Bunun nedeni, hem yüksek frekanslarda, insan kulağının frekans ayırdetme aralığı olan komma aralığının büyümesi, hem de uyumlulardan ötürü yüksek frekanslardaki özfrekansların düzgünsüzlüğe neden olmayacak kadar sıklaşmasıdır. Alçak frekanslardaki yanıt eğrisi düzgünsüzlükleri ise, hacmin büyüklüğüne bağlıdır. Büyük hacimlerde, ilk özfrekansların sesaltı titreşimler olması nedeni ile, bunların sayısı işitme eşiğine gelinceye kadar yeterli bir biçimde artar. Yani, genelde büyük hacimlerde, alçak frekanslarda da yanıt eğrisi yeterince düzgün olabilir (başka akustik kusurların olmaması halinde). Oysa küçük hacimlerde, ilk özfrekanslar ses alanı içinde kaldıklarından bunların yanıt eğrisinde yol açtığı düzgünsüzlükler, dinleyiciler tarafından algılanabilir. Bu nedenle, yanıt eğrisinin biçimlenişi açısından hacimleri küçük ve büyük hacimler biçimde sınıflandırmak olanaklıdır.

Genelde, konuşmanın anlaşılabilirliği, yüksek frekansların algılanabilirliği ile ilgili olduğundan, konuşma amaçlı hacimler küçük bile olsalar, anlaşılabilirlik açısından sorun yaratmayacak gibi görünmektedir. Ancak, yine de yanıt eğrisindeki düzgünsüzlüklerin hangi frekanslara kadar yayıldığı, konuşma amaçlı hacimlerde de incelenmeli ve gereken önlemler alınmalıdır.



TABLO VI.1. Seslendirmesiz Derslikler İçin Boyut Oranları ve Yoğunluk Taraması

Sıra No	Kısa			Kısa Boyut		
	Boyut	Hacim	Tekrar	Boyut	Hacim	Tekrar
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15
2	15-20	15-20	15-20	15-20	15-20	15-20
3	20-25	20-25	20-25	20-25	20-25	20-25
4	25-30	25-30	25-30	25-30	25-30	25-30
5	30-35	30-35	30-35	30-35	30-35	30-35
6	35-40	35-40	35-40	35-40	35-40	35-40
7	40-45	40-45	40-45	40-45	40-45	40-45
8	45-50	45-50	45-50	45-50	45-50	45-50
9	50-55	50-55	50-55	50-55	50-55	50-55
10	55-60	55-60	55-60	55-60	55-60	55-60
11	60-65	60-65	60-65	60-65	60-65	60-65
12	65-70	65-70	65-70	65-70	65-70	65-70
13	70-75	70-75	70-75	70-75	70-75	70-75
14	75-80	75-80	75-80	75-80	75-80	75-80
15	80-85	80-85	80-85	80-85	80-85	80-85
16	85-90	85-90	85-90	85-90	85-90	85-90
17	90-95	90-95	90-95	90-95	90-95	90-95
18	95-100	95-100	95-100	95-100	95-100	95-100

VI. KONUSMANIN ANLAŞILABİLİRLİĞİNİ ETKİLEYEN ETKENLERİN VE BUNLARIN BAĞLI OLDUĞU DEĞİŞKENLERİN SESLENDİRMESİZ DERSLİKLERDEKİ DURUMU

Bu bölümde, Bölüm V'te ele alınan konuşmanın anlaşılabilirliğini etkileyen etkenlerin, seslendirmesiz dersliklerde iyi konuşma anlaşılabilirliği sağlanabilmesi için, hangi sınırlar arasında kalması gerektiği incelenecektir. Bu nedenle, öncelikle, değişik etkenler açısından en uygun koşulları sağlayan, derslik boyut ve özellikleri, ülkemiz koşulları da gözönüne alınarak saptanacaktır. Ardından, Bölüm V'te saptanan hacimlerde konuşmanın anlaşılabilirliğini etkileyen etkenlerin, saptanan dersliklerdeki durumu, konuşmanın anlaşılabilirliği açısından yeniden ele alınacaktır.

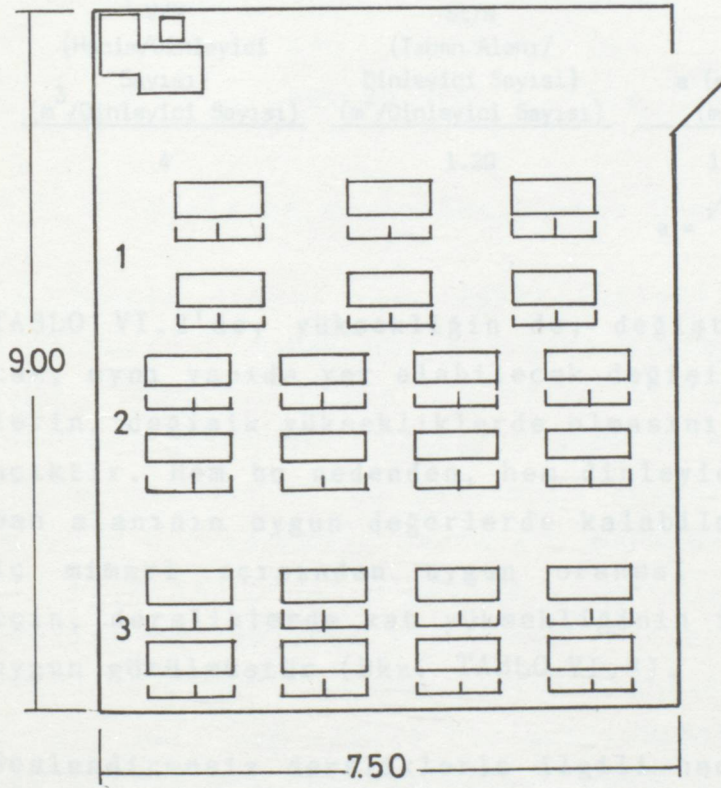
VI.1. SESLENDİRMESİZ DERSLİKLER İÇİN BOYUTLAR VE YOĞUNLUK

Seslendirmesiz dersliklerle ilgili olarak yapılan boyutlar ve yoğunluk taramasında elde edilen sonuçlar TABLO VI.1'de sunulmaktadır(49,50). Yapılan incelemelerde, dersliklerin biçim ve boyutları açısından kesin sınırlamalar olmadığı görülmüştür. Yine de, dar ve uzun ya da çok büyük boyutlardan kaçınılması yararlıdır(51). Knudsen-Harris boyutlar değişse bile, aralarında yaklaşık olarak 1/1.2/0.48'lik (en, boy, yükseklik) oranlarının korunmasını önermektedir. Bu oranlar ve TABLO VI.1'deki değerler gözönüne alınarak yapılan, derslik yoğunluğu ve yerleşim tasarımları ŞEKİL VI.1'de görülmektedir.



TABLO VI.1. Seslendirmesiz Derslikler İçin Boyut Oranları ve Yoğunluk Taraması

Şehir-Bölge-Ülke	Kişi Sayısı (N)	Hacim (V)	Taban Alanı	h	Kişi Başına Taban Alanı (St/N)	Kişi Başına Hacim (V/N)
Prusya/Almanya	48-54	173 m ³	54 m ²	3.2 m	1.0-1.2 m ²	3.5-4 m ²
Leipzig/Almanya	36-40	200 m ³	55 m ²	3.5 m	1.5 m ²	5.5 m ³
Hamburg/Almanya	25	187 m ³	52 m ²	3.6 m	2.08 m ²	7.5 m ³
İsviçre	48	231 m ³	68 m ²	3.4 m	1.42 m ²	4.82 m ³
Amerika	40	292 m ³	80 m ²	3.65 m	2 m ²	7.3 m ²



(1) Knudsen: $V = 243 \text{ m}^3$
 $N = 40$
 $V/N = 6.1$
 $St/N = 1.69$

(2) Prusya: $V = 243 \text{ m}^3$
 $N = 64$
 $V/N = 3.80$
 $St/N = 1.05$

(3) İsviçre: $V = 243 \text{ m}^3$
 $N = 56$
 $V/N = 4.33$
 $St/N = 1.20$

ŞEKİL VI.1. TABLO VI.1'deki değerler gözönüne alınarak yapılan, derslik yoğunluğu ve yerleşim tasarımları örnekleri.



VI.1.1. Derslikler İçin Saptanmış Yoğunluklara Göre
Seslendirmesiz Dersliklere Uygun Boyutların
Belirlenmesi

ŞEKİL VI.1'de de görüldüğü gibi, literatür taraması ile elde edilen boyut ve yoğunlukların kimi, ülkemiz koşullarına uygun değildir. Bu nedenle yapılan eleme sonucunda, yoğunluk ve boyutlar arasındaki oransal ilişkileri, TABLO VI.2'de sunulan değerler seçilmiştir.

TABLO VI.2. Dersliklerde, Dinleyici Sayısı-Yoğunluk-Boyut Oranları İlişkileri

V/N (Hacim/Dinleyici Sayısı) $\frac{m^3}{\text{Dinleyici Sayısı}}$	St/N (Taban Alanı/ Dinleyici Sayısı) $\frac{m^2}{\text{Dinleyici Sayısı}}$	a (en) (m)	b (boy) (m)	h (yükseklik) (m)
4	1.20	1	1.2	0.445
		$a = \sqrt{\frac{St}{1.2}}$	$b = \sqrt{St \times 1.2}$	$h = a/1.2$

TABLO VI.2'de, yüksekliğin de, değiştiği görülmektedir. Ancak, aynı yapıda yer alabilecek değişik büyüklükleri dersliklerin, değişik yüksekliklerde olmasının, mimariyi zorlayacağı açıktır. Hem bu nedenden, hem dinleyici sayısı, hacim ve taban alanının uygun değerlerde kalabilmesi, hem de mekanların iç mimari açısından uygun oransal ilişkilerde olabilmesi için, dersliklerde kat yüksekliğinin iki tip olarak alınması uygun görülmüştür (Bkz. TABLO VI.3).

Seslendirmesiz dersliklerle ilgili hacim sınırları saptanması, bunların dinleyici sayısı ile ilişkisi gözönüne alınarak yapılmıştır. Dersliklerin en az 50, en çok 125 kişilik olabileceği düşünülerek, hacimler, $200 m^3$ ile $500 m^3$ arasında değişen 4 büyüklük tipinde oluşturulmuştur. Böylelikle, hacimlerdeki 25 kişilik artışlar ve bunlara karşılık gelen 100'er m^3 'lük hacim büyümelerinin akustikte, yol açması olası ayrımların incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, $200 m^3$ 'ten küçük ha-

cimlerin derslik olarak kullanılamayacak kadar küçük olması ve 500 m³'ten büyük hacimlerde (125 kişiden fazla dinleyici sayısı), seslendirme yapılması gereğinin doğması olasılığının fazlalığından ötürü, çalışmanın bu sınırlar arasında kalması uygun görülmüştür. Bu verilere ve kabullere göre elde edilen ilişkiler TABLO VI.3'te sunulmaktadır.

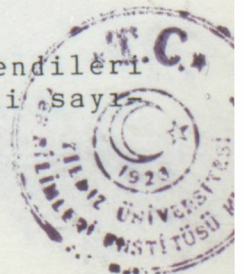
TABLO VI.3. Seslendirmesiz Derslikler İçin Bu Tez Kapsamında Esas Alınacak Olan Büyüklük, Dinleyici Sayısı, Boyut İlişkileri(*)

Salon No	V (m ³)	N	St (m ²)	a (m)	b (m)	h (m)
I	200	50	60	7.07	8.48	3.35
II	300	75	90	8.66	10.39	3.35
III	400	100	105	9.35	11.25	3.80
IV	500	125	132	10.45	12.60	3.80

VI.1.2. Seslendirmesiz Hacimlerde Olası Kaynak Güçleri

Konuşmanın erkese ile ilgili ayrıntılı bilgi Bölüm III.4'te sunulmuştu. Kaynak güçlerindeki kişisel farklılıkların yanı sıra, insanların ses güçlerini içinde bulundukları ortamın fiziksel ve akustik yapısına göre de ayarlama olasılıklarının olmasından ötürü, bu çalışmada kaynak gücünün tek bir değer halinde ele alınması sakıncalı görülmüştür. Bu nedenle, TABLO III.1 ve TABLO III.2'den de yararlanılarak belirlenen kaynak güçleri ve bunların 1 metrede oluşturduğu yeğinlik düzeyleri TABLO VI.4'te, dört değer olarak sunulmaktadır. Bu çalışmada, kaynak gücü ile ilgili tüm araştırmalar, bu dört değişik kaynak gücüne göre yapılacaktır. Ancak çoğu zaman, gereksiz ayrıntılara girmek için, araştırma en olumsuz koşul için gerçekleştirilecek ve çözümler buan göre düzenlenecektir. Bu durumda kaynak gücü değişimlerinin getireceği farklılık, akustik açıdan zarar sağlamayacağı gibi ek bir katkı da getirebi-

(*) Tabloda yeralan dinleyici sayılarının hiçbirisi, kendileri ilgili hacimlerde bulunabilecek maksimum önleyici sayısını aşmamaktadır.



lecektir.

TABLO VI.4. Seslendirmesiz Derslikler İçin, Bu Tez Kapsamında Esas Alınacak Olan, Kaynak Güçleri ve Yeğİnlikler

	K1	K2	K3	K4
Kaynak gücü (µW)	39.69	79.25	158.26	315.25
1 m'deki yeğİnlik (µW/cm ²)	3.16x10 ⁻⁴	6.31x10 ⁻⁴	1.26x10 ⁻³	2.52x10 ⁻³
1 m'deki yeğİnlik(dB)	65	68	71	74

TABLO VI.4'te yararlanılan denklemler(52):

$$ID = \frac{P}{4 \pi r^2} \text{ (1 m'deki yeğİnlik)} \quad \text{DENKLEM VI.1.}$$

$$ID = \text{yeğİnlik (µW/cm}^2\text{)}$$

$$P = \text{kaynak gücü (µW)}$$

$$r = \text{uzaklık (cm)}$$

$$D = 10 \log \frac{ID}{I_0} \quad \text{DENKLEM VI.2.}$$

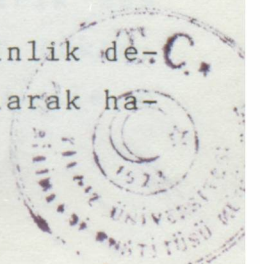
$$D = \text{yeğİnlik (dB)}$$

$$ID = \text{yeğİnlik (MW/cm}^2\text{)}$$

$$I_0 = \text{referans yeğİnlik (10}^2 \text{ MW/cm}^2\text{)}$$

TABLO VI.4'te, belirlenen kaynak güçlerinin birbirinin iki katı şeklinde olduğı görölmektedir. Kaynak güçlerinin ikinin katları şeklinde seçilmesinin nedeni, bunların hem kişiden kişiye, hem de aynı kişide sağlanması olasılığının yüksek olmasıdır (Bkz. Bölüm III.4). Bunun yanı sıra, bu değİşİmlerin 1 metredeki sessel yeğİnlikte neden olduğı 3 dB'lik ayrımların, algılamada belirgin fark yaratması da, tabloda görölen değİrlerin seçiminde etken olmuştur.

TABLO VI.4'te verilen yeğİnlik değİrleri, toplam yeğİnlik değİrleridir. Bu değİrlerin, TABLO III.3'ten yararlanılarak ha-



zırlanan tayfsal yeğİnlik dağılımı TABLO VI.5'te sunulmaktadır.

TABLO VI.5. Belirlenen Kaynak Güçlerindeki Tayfsal Yeğİnlik Dağılımları

Frekans Bandı (Hz)	K1	K2	K3	K4
0-16000	65.0	68.0	71.0	74.0
250-16000	62.8	65.8	68.8	71.8
500-16000	60.8	63.8	66.8	69.8
1000-16000	56.5	59.5	62.5	65.5
1500-16000	53.5	56.5	59.5	62.5
2000-16000	51.0	54.0	57.0	60.0
3000-16000	48.0	51.0	54.0	57.0
4000-16000	0	0	0	0

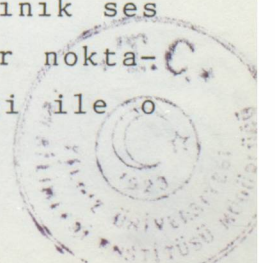
VI.2. YEĞİNLİK

VI.2.1. Giriş

Bir hacimde, yeğİnliğin biçimlenmesine neden olan ve bunların anlaşılabilirliğe etkisini belirleyen pek çok etken vardır. Bu etkenleri topluca aşağıdaki gibi genelleyerek sıralamak olanaklıdır:

- Kaynak gücü
- Uzaklık
- Toplam yutuculuk
- Yansışım süresi
- Fon gürültüsü

Kapalı bir mekandaki ses alanının, dolaysız ve yayınık ses alanlarından oluşmasından ötürü, hacmin herhangi bir noktadaki toplam ses yeğİnliği, yayınık ses yeğİnliği ile



noktadaki dolaysız ses yeginliğinin toplamı olarak tanımlanabilir:

Dolaysız ses yeginliği:

$$ID = \frac{P}{4 \pi r^2}$$

DENKLEM VI.1.

Yansısmış ses yeginliği:

$$IY = \frac{P}{A}$$

DENKLEM VI.3.(53)

Toplam yeginlik:

$$IT = ID + IY$$

DENKLEM VI.4.

Yukarıdaki denklemlerde görüldüğü gibi, bir noktadaki toplam yeginlik, o noktanın kaynağa olan uzaklığına ve hacmin toplam yutuculuğuna bağlıdır. Belirli bir hacimde toplam yutuculuğun optimum yansısm süresi ile ilişkisi değişmeyeceğinden, bir noktadaki toplam yeginlik, aynı zamanda uzaklığa ve yansısm süresine de bağlıdır.

Bu bölümün başında sıralanan etkenlerden de anlaşıldığı gibi, bir noktadaki toplam yeginlik, bir hacimde, yeginlik açısından anlaşılabilirliğin tek ölçütü olarak değerlendirilemez. Yani, bir hacmin her noktasındaki toplam yeginliğin, yeginlik açısından gerekli sınırlar içerisinde kalması, o hacimde yeginlik açısından konuşma anlaşılabilirliğinin sağlandığını göstermez. Bir hacimde yeginlik açısından konuşma anlaşılabilirliğinin sağlanabilmesi için, yeginliğin fon gürültüsünün, yol açabileceği süregelen konuşmadaki seslerde oluşabilecek maskeleme ile ilişkisinin incelenmesi ve gerekli önlemlerin alınması kaçınılmazdır.

Bu çalışmanın, 4 değişik hacimli derslik ve değişik kaynak gücü gözönüne alınarak yürütüleceği Bölüm VI.1 ve Bölüm VI.2 de belirtilmişti. Bunlarla birlikte çalışmada yeralacak öteki değişkenler, bunların sayıları ve yazı içinde kullanılacak olan simgeleri TABLO VI.6'da sunulmaktadır.

TABLO VI.6. Çalışma Kapsamında Yeralan Değişkenler, Simgeleri, Birimleri ve Sayıları

Değişken	Simgesi	Birimi	Sayısı
Hacim	V	m ³	4
Kaynak gücü	K	μW/cm ²	4
Yansışım süresi	T ₆₀	sn	4
Toplam yutuculuk	A	Sabine	4
Dolaysız ses yenginliği	D	dB	10
Yayınık ses yenginliği	Y	dB	4
Toplam ses yenginliği	T	dB	-
Frekans	F	Hz	6
Fon gürültüsü	-	NR	3

TABLO VI.6'da görüldüğü gibi, bu çalışmada, değişkenlerin sınırları oldukça geniş tutularak, olabildiğince çok olasılığın incelenmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle, çalışma içinde karmaşaya yol açmamak için, öncelikle ilişkileri toplu olarak verilebilecek olan değişkenler tablolar halinde sunulacaktır. Bunun ardından, 4 değişik hacimde, öteki değişkenlerin durumu, izleyen bölümlerde ele alınacak, incelenecek ve sorunların çözümleri belirlenecektir.

VI.2.2. Yeğinlikle İlgili, Toplu Olarak Verilebilen Değişkenler

Bölüm VI.1'de belirlenen derslik hacimlerinin, konuşma için optimum yansışım süreleri ve bu yansışım sürelerine göre belirlenen toplam yutuculuklarla ilişkisi Tablo VI.7'de görülmektedir.



TABLO VI.7. Belirlenen Derslik Hacimlerinde Konuşma İçin Optimum Yansışım Süreleri ve Toplam Yutuculuklar(*)

Hacim ($V \text{ m}^3$)	$T_{\min}$	$A_{\max}$	T_{ort}	A_{ort}	$T_{\max}$	$A_{\min}$
200	0.50	64	0.63	51	0.80	40
300	0.55	87	0.67	72	0.84	57
400	0.58	110	0.71	90	0.87	74
500	0.61	131	0.73	110	0.89	90

TABLO VI.4'de belirlenen kaynak güçlerinin, TABLO VI.7'de verilen optimum yansışım süreleri ve toplam yutuculuklara bağlı olarak oluşturduğu, yayınık ses yegınlıkları, TABLO VI.8, TABLO VI.9, TABLO VI.10 ve TABLO VI.11'de sunulmaktadır.

TABLO VI.8. 200 m^3 'lük Derslikte Kaynak Gücü, Toplam Yutuculuk ve Yansışım Süresinin, Yansışımış Ses Yegınlığı İle İlişkisi

T_{OPT} (sn)	0.5	0.63	0.80
A (m^2)	64	51	40
P (μW)	39.69	58	59
79.25	61	62	63
158.26	64	65	66
315.25	67	68	69
D1-Y	7	6	5

(*) Tabloda yeralan optimum yansışım süreleri ŞEKİL V.4'ten belirlenmiş, toplam yutuculuklar ise $T_{60} = 0.16 V/A$ for mülünden elde edilmiştir.

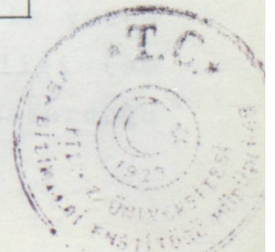


TABLO VI.9. 300 m³'lük Derslikte Kaynak Gücü ve Toplam Yutuculuğun (Yansışım Süresinin), Yansışmış Ses Yegînliğı İle İlişkisi

T _{OPT} (sn)	0.55	0.67	0.84
A (m ²)			
P (μW)	87	72	57
39.69	56.6	57.4	58.4
79.25	59.6	60.4	61.4
158.26	62.6	63.4	64.4
315.25	65.6	66.4	67.4
D1-Y	8.4	7.6	6.6

TABLO VI.10. 400 m³'lük Derslikte Kaynak Gücü ve Toplam Yutuculuğun (Yansışım Süresinin), Yansışmış Ses Yegînliğı İle İlişkisi

T _{OPT} (sn)	0.58	0.71	0.87
A (m ²)			
P (μW)	110	90	74
39.69	55.6	56.5	57.3
79.25	58.6	59.25	60.3
158.26	61.6	62.5	63.3
315.25	64.6	65.5	66.5
D1-Y	9.4	8.5	7.7



TABLO VI.11. 500 m³'lük Derslik (TABLO VI.10'daki gibi)

T _{OPT} (sn)	0.61	0.73	0.89
A (m ²)			
P (μW)	131	110	90
39.69	54.8	55.6	56.5
79.25	57.8	58.6	59.5
158.26	60.8	61.6	62.5
315.25	63.8	64.6	65.5
D1-Y	10.2	9.4	8.5

TABLO VI.8, TABLO VI.9, TABLO VI.10 ve TABLO VI.11'de, kaynak gücü - toplam yutuculuk - yansımış ses yeğ inlikleri ilişkilerinin yanısıra 1 metrede, verilen kaynak güçlerinin oluşturduğu yeğ inlikle, yayınık ses yeğ inliklerinin farkları da yer almaktadır. Tablolardan elde edilen sonuca göre, verilmiş bir hacimde, belli bir yutuculukta, kaynak gücünün artması, yansımış ses yeğ inliğini arttırmakta, ancak bir metrede oluşan dolaysız ses yeğ inliği ile yansımış ses yeğ inliği arasındaki ilişkiyi etkilememektedir. Bu nedenle, bu ilişki tabloların son satırlarında sabit değerler olarak verilmiştir. Bir metredeki dolaysız ses yeğ inliği ile yansımış ses yeğ inliği arasındaki ilişkiden, izleyen bölümlerde yararlanılacaktır.

VI.2.3. 200 m³'lük Derslikte, Yeğ inlik Anlaşılabilirlik İlişkisi

VI.2.3.1. Yeğ inlik-Uzaklık-Anlaşılabilirlik İlişkisi

TABLO EK I.1'den yararlanılarak hazırlanan TABLO VI.12, kaynak gücü K1'in (39.69 MW), 200 m³'lük derslikte A birim yutuculukta (40 Sabine), oluşturduğu yayınık ses yeğ inliği (60 dB) ile, aynı kaynak gücünün 1 metre uzaklıkta oluşturduğu

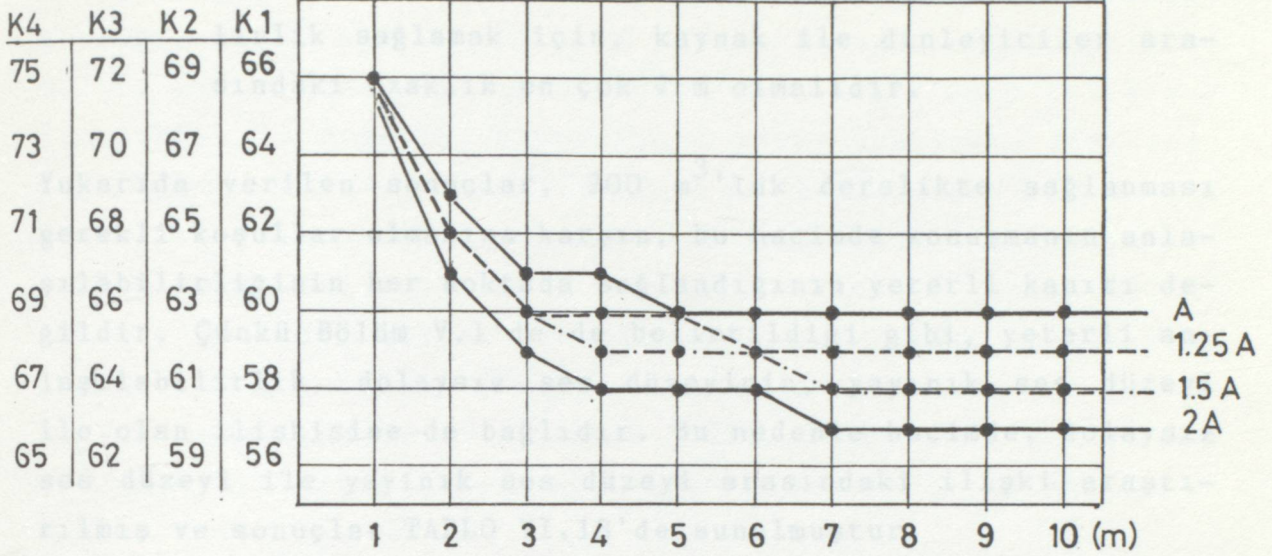
dolaysız ses yęinlięinin (65 dB) ilişkisine göre düzenlenmiştir (Bkz. TABLO VI.8). Bu durumda, TABLO VI.12'de görülen değerlerin, verilen koşullar için, o hacimde oluşabilecek en düşük ses düzeyleri olduğu açıktır. Kaynak gücünün artması ile, oluşacak yęinlik değişimleri, oransal ilişkiler açısından sabit olduğundan, artan kaynak güçleri için tablolar oluşturulmayacaktır. Ancak, yęinlikteki artışların, uzaklıkla değişiminin belirlenmesi açısından, bu değerler üzerinde grafik araştırmalar yapılacaktır.

TABLO VI.12. 200 m³'lk Derslikte, Yutuculuk-Uzaklık-Toplam Yęinlik İlişkisi (K1 İçin)

		T(dB)			
r=uzaklık (m)	A(m ²)	A(40)	1.25A(51)	1.50A(64)	2A(80)
	Y(dB) D(dB)	60	59	58	57
1	65	66	66	66	66
2	59	63	62	62	61
3	55	61	60	60	59
4	53	61	60	59	58
5	51	60	60	59	58
6	50	60	59	59	58
7	48	60	59	58	57
8	47	60	59	58	57
9	46	60	59	58	57
10	45	60	59	58	57



toplam yeğinlik(dB)



ŞEKİL VI.2. 200 m³'lük derslikte, toplam yeğinliğin, uzaklık fonksiyonunda değişimi (ordinatta görünen değerler, değişik kaynak güçlerinin oluşturduğu yeğinliklerdir).

ŞEKİL VI.2'deki grafikte, kaynağa yakın olan bölgelerde toplam yeğinliğin, değişik toplam yutuculuklarda önemli ayrımlar göstermemesine karşın, kaynaktan uzaklaştıkça, toplam yutuculuğun yeğinlikteki etkisinin arttığı görülmektedir. Dersliğin arka bölümlerinde toplam yeğinlik artışının en iyi sağlandığı toplam yutuculuk değerleri 1.5 A ve 2A'dır.

Konuşmada yeterli anlaşılabilirliğin sağlanması için (40 dB'lik ortalama fon gürültüsü durumunda), ortalama yeğinlik en az 58 dB olmalıdır (Bkz. Bölüm V.1). Bu koşulda, hacmin her noktasında yeterli anlaşılabilirlik sağlayacak toplam yeğinlikler, toplam yutuculuğun 1.5 A olması durumunda elde edilmektedir.

SONUÇ 1: 200 m³'lük derslikte, konuşmanın anlaşılabilirliği açısından yeterli yeğinliğin, hacimde olabildiğince düzgün yayılması için, toplam yutuculuk 1.5 A yani 64 Sabine olmalıdır.



SONUÇ 2: 200 m³'lük derslikte her noktada yeterli anlaşılabilirlik sağlamak için, kaynak ile dinleyiciler arasındaki uzaklık en çok 7 m olmalıdır.

Yukarıda verilen sonuçlar, 200 m³'lük derslikte sağlanması gerekli koşullar olmasına karşın, bu hacimde konuşmanın anlaşılabilirliğinin her noktada sağlandığının yeterli kanıtı değildir. Çünkü Bölüm V.1'de de belirtildiği gibi, yeterli anlaşılabilirlik, dolaysız ses düzeyinin, yayınık ses düzeyi ile olan ilişkisine de bağlıdır. Bu nedenle hacimde, dolaysız ses düzeyi ile yayınık ses düzeyi arasındaki ilişki araştırılmış ve sonuçlar TABLO VI.13'de sunulmuştur.

TABLO VI.13. "Yayınık Ses Düzeyi - Dolaysız Ses Düzeyi" Değerlerinin Uzaklıkla İlişkisi

Uzaklık (m)	Y - D (db)			
	A	1.25 A	1.5 A	2A
1	-5	-6	-7	-8
2	1	0	-1	-2
3	5	4	3	2
4	7	6	5	4
5	9	8	7	6
6	10	9	8	7
7	12	11	10	9
8	13	12	11	10
9	14	13	12	11
10	15	14	13	12

Bu tabloda kaynak gücü değişimlerinin dikkate alınmamasının nedeni, bu değişimlerin BÖLÜM VI.2.2'de de belirtildiği gibi, yayınık ses yenginliği ile dolaysız ses yenginliği arasındaki oransal ilişkiyi etkilememesi, yani değişen kaynak güçlerinde, aynı hacim için "Y-D" değerlerinin sabit kalmasıdır.



EK II'de yapılan çalışmalara göre, yeterli dolaysız ses yenginliği, "Y-D" nin en çok 7 dB olduğu durumda sağlanabilmektedir. 200 m³'lük derslikte, SONUÇ 1'de belirlenen 1.5 A yutuculukta, bu değerin, kaynaktan 5 metre uzaklıkta sınırlandırıldığı görülmektedir. Yani SONUÇ 2'de belirlenen kaynak ile dinleyici arasındaki 7 metrelik uzaklık, yeterli dolaysız yenginlik açısından yaklaşık 5 metreye inmektedir. Ancak 200 m³ lük bir hacimde, kaynak ile dinleyici arasındaki bu uzaklık, hem tefriş tasarımı zorlayacak, hem de gereksiz yer kayıplarına neden olacaktır. Bundan ötürü, SONUÇ 2'de belirlenen kaynakla dinleyici arasındaki, kritik uzaklıklarda başka çözümler aramak gereklidir.

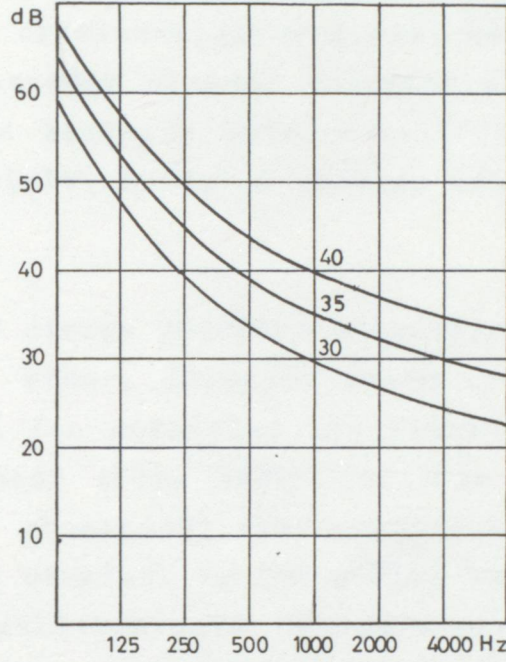
Yenginliği ve zaman gecikmesi istenen sınırlar içinde kalan ilk yansımalar, dolaysız sestten ayrı olarak algılanmaz, tersine dolaysız sesin yenginliğinin arttığı izlenimini uyandırır (Bkz. Bölüm V.4). Yani, yenginliği yeterli bir ilk yansıma ile dolaysız ses yenginliği arttırılabilir ve "Y-D" ilişkisi istenen sınırlar içinde tutulabilir.

SONUÇ 3: Toplam ses yenginliği ile dolaysız ses yenginliğinin istenen sınırlar içinde kalmasını sağlamak amacı ile, 6 ve 7 metre uzaklıklarda dolaysız ses yenginlikleri, ilk yansımalar yardımıyla arttırılmalıdır.

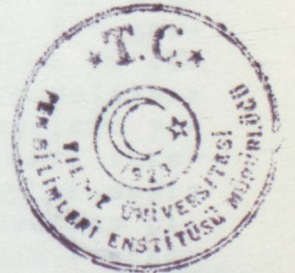
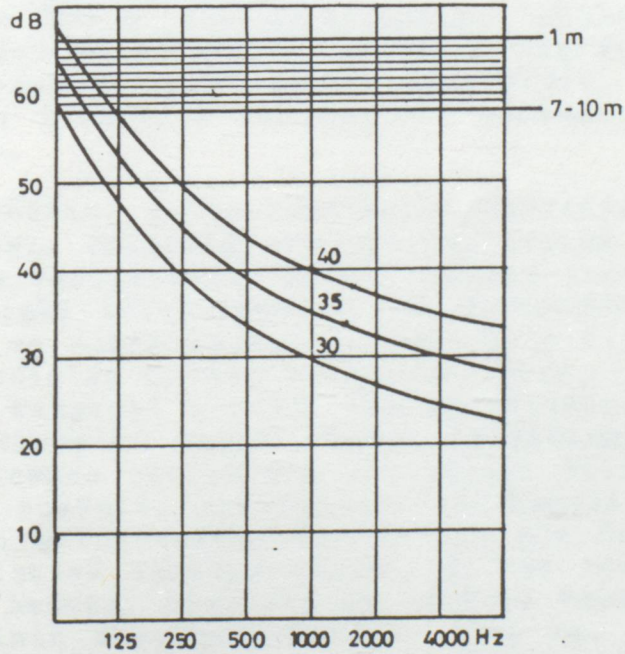
VI.2.3.2. Fon Gürültüsü - Anlaşılabilirlik İlişkisi

Fon gürültüsünün anlaşılabilirlikle ilişkisinin saptanabilmesi için, öncelikle dersliklerde kabul edilen fon gürültüsü düzeyleri belirlenecektir. Fon gürültüsünün, frekanslara göre değişimini gözönüne alan NR değerlerinin, derslikler için kabul edilen değeri NR 30'dur. Ancak, değişik yapılarda (okullarda) fon gürültüsü değerlerinin her zaman tek bir değer olarak sağlanamayacağı düşünülerek, dikkatin dağılmaması gereken çalışmalar için sınır olan NR 40 ve ikisinin ortalaması olan NR 35 değerleri de bu çalışmada gözönüne alınacak-

tır(54). ŞEKİL VI.3'teki grafikte sözü edilen NR eğrileri görülmektedir(55).



ŞEKİL VI.3. Dersliklerde kabul edilebilen NR değerleri



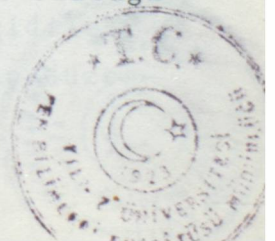
ŞEKİL VI.4. 200 m³'lük derslikte toplam yeğinliğin, NR cinsinden fon gürültüleri ile ilişkisi (kaynak gücü 39.69 μ W-K1)

ŞEKİL VI.4'teki grafikte, toplam yeğinliğin dersliklerde kabul edilebilen fon gürültüleri ile ilişkisi görülmektedir. Grafikte de görüldüğü gibi, fon gürültüsü ortalama değer olarak değil de NR cinsinden alındığında, kalın seslerde, anlaşılabilirlik açısından olumsuz durumlar çıkma olasılığı vardır. Ancak kalın seslerin anlaşılabilirlikte önemli rol oynamamaları nedeniyle, bu durum gözardı edilebilir (Bkz. TABLO III.4)(*).

Fon gürültüsü NR olarak gözönüne alındığında, incelenmesi gereken en önemli etken, dolaysız sesin uzaklıkla frekanslara göre değişiminin fon gürültüsü ile ilişkisidir(**). Bu ilişkinin kurulabilmesi için, TABLO III.3'te yeralan, konuşmada belli frekanslar arasındaki erke oranlarından yararlanılacaktır. Anılan erke oranları ve 200 m^3 'lük hacimde K1 kaynak gücünde değişik uzaklıklardaki dolaysız ses yeğinlikleri, esas alınarak hazırlanan, frekans-uzaklık-dolaysız ses yeğinliği ilişkisi TABLO VI.4'te sunulmaktadır.

(*) $300, 400$ ve 500 m^3 'lük dersliklerde, toplam yeğinlik - fon gürültüsü ilişkisinin, yaklaşık olarak, 200 m^3 'lük dersliğe koşut sonuçlar vermesinden ötürü, anılan dersliklerde bu ilişkinin yeniden ele alınmasına gerek görülmemiştir.

(**) Fon gürültüsünün, anlaşılabilirlik üzerindeki etkisinin araştırılması, dolaysız ses yerine, toplam ses gözönüne alınarak da yapılabilir. Ancak yapılan araştırmalar, bu tür bir ilişki kurulduğunda, fon gürültüsünün en yüksek değerinin, en düşük kaynak gücünde bile olumsuz bir durum yaratmadığını ortaya koymuştur. Oysa, gerek kuramsal, gerek kılğısal alanda, fon gürültüsünün, kimi seslerin işitilmesine engel olarak (maskelemeye yol açarak), algılamada zorluklara yol açtığı bilinen bir gerçektir. Bu nedenle, yanılğılara yolaçmamak için, bu çalışmada fon gürültüsünün toplam ses ile değil dolaysız ses ile ilişkisi incelenenecektir. Bu tür bir seçimin yapılmasının nedeni, olayları en olumsuz koşullarda inceleme gereğinin duyulmasındandır. Yine de, toplam sesin fon gürültüsünün yol açacağı işitsel örtünün üzerine çıkarak anlaşılabilirlikte belli bir ek katkısının olacağı da unutulmamalıdır.



TABLO VI.14. Frekans - Uzaklık - Dolaysız Ses İlişkisi (K1 İçin)

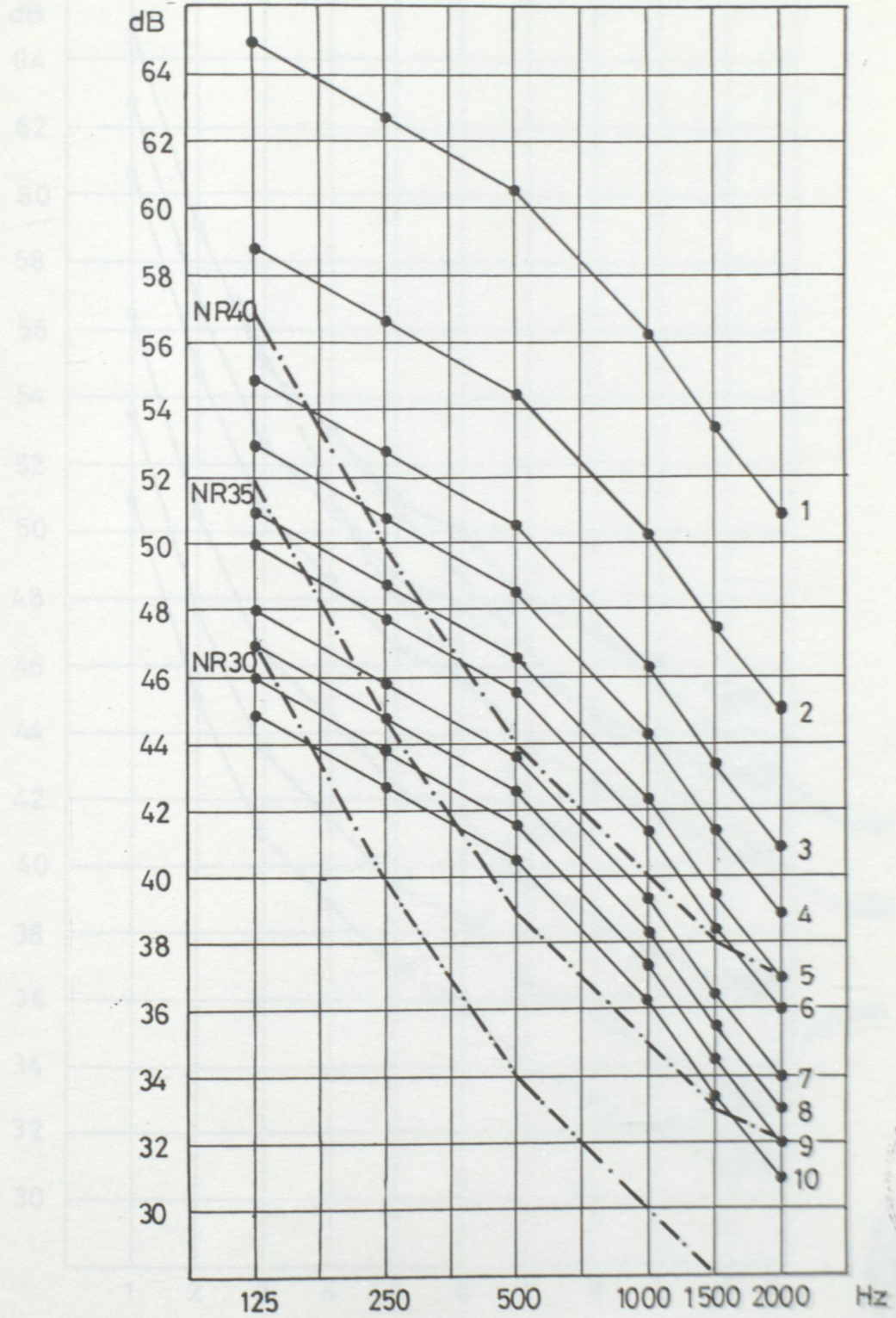
Frekans (Hz)	Dolaysız Ses Yeğirliği (dB)									
	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
125	65.0	59.0	55.0	53.0	51.0	50.0	48.0	47.0	46.0	45.0
250	62.8	56.8	52.8	50.8	48.8	47.8	45.8	44.8	43.8	42.8
500	60.8	54.8	50.8	48.8	46.8	45.8	43.8	42.8	41.8	40.8
1000	56.5	50.5	46.5	44.5	42.5	41.5	39.5	38.5	37.5	36.5
1500	53.5	47.5	43.5	41.5	39.5	38.5	36.5	35.5	34.5	33.5
2000	51.0	45.0	41.0	39.0	37.0	36.0	34.0	33.0	32.0	31.0

TABLO VI.14 ile belirlenen belli frekansın üzerindeki dolaysız ses yeğirliklerinin uzaklıkla değişimlerinin NR cinsinden fon gürültüleri ile ilişkisi, ŞEKİL VI.5 ve ŞEKİL VI.6'daki grafiklerde sunulmaktadır.

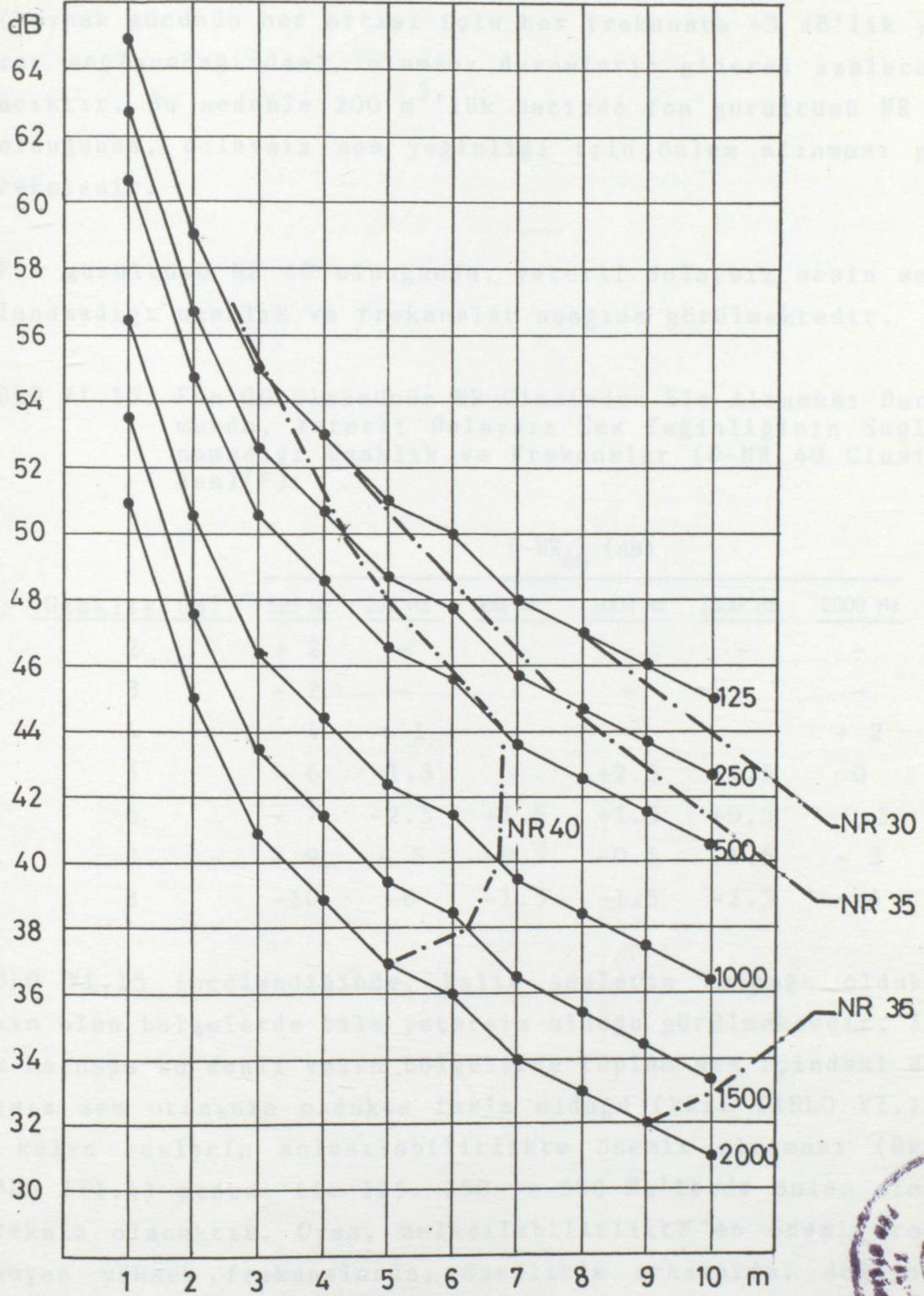
Fon gürültüsü, frekanslara göre belirlendiğinde yeterli anlaşılabilirlik için dolaysız sesin fon gürültüsünden en az 3 dB fazla olması gerekmektedir. Buna bağlı olarak grafikler incelendiğinde ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Fon gürültüsü NR 30 olduğunda, 200 m^3 'lük hacimde belirlenen dinleyici sınırının 7 metre olması nedeniyle, hemen hiçbir uzaklık ve frekansta anlaşılabilirlik açısından olumsuz bir durum yoktur.
- Fon gürültüsü NR 35 olduğunda, 125 Hz'de 3-4-5-6 ve 7 metre uzaklıklarda ve 250 ve 2000 Hz'de 7 metre uzaklıkta, dolaysız sesle fon gürültüsü arasında istenen ilişkinin sağlanmadığı görülmektedir. Kalın seslerin anlaşılabilirlikte önemli olmaması nedeniyle, o değerler için önlem gerekmektedir. 2000 Hz için ise, ilk yansımalarından yararlanılarak dolaysız ses yeğirliğinin arttırılması yoluna gidilebilir. Ancak grafiklerin, en düşük kaynak güçleri için düzen-





ŞEKİL VI.5. Dolaysız ses yenginliğinin frekans fonksiyonunda uzaklıklara göre değişiminin, fon gürültüleri ile ilişkisi.



ŞEKİL VI.6. Dolaysız ses yenginliğinin, uzaklık fonksiyonunda frekanslara göre değişiminin, fon gürültüleri ile ilişkisi.

lendiği gözönüne alınırsa kaynak güçlerinin artması ile (kaynak gücünün her artışı için her frekansta +3 dB'lik yarar sağlanacağından), olumsuz durumların giderek azalacağı açıktır. Bu nedenle 200 m³'lük hacimde fon gürültüsü NR 35 olduğunda, dolaysız ses yegînliği için önlem alınması gereksizdir.

- Fon gürültüsü NR 40 olduğunda, yeterli dolaysız sesin sağlanamadığı uzaklık ve frekanslar aşağıda görülmektedir.

TABLO VI.15. Fon Gürültüsünün NR Cinsinden Ele Alınması Durumunda, Yeterli Dolaysız Ses Yegînliğinin Sağlanamadığı Uzaklık ve Frekanslar (D-NR 40 Cinsinden)(*)

Uzaklık (m)	D-NR ₄₀ (dB)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	1500 Hz	2000 Hz
2	+ 2	-	-	-	-	-
3	- 2	-	-	-	-	-
4	- 4	+ 1	-	-	-	+ 2
5	- 6	-1.5	-	+2.5	+1.5	0
6	- 7	-2.5	+1.5	+1.5	+0.5	-0.5
7	- 9	- 5	-0.5	-0.5	-1.5	- 3
8	-10	-6	-1.5	-1.5	-2.5	- 4

TABLO VI.15 incelendiğinde, kalın seslerin kaynağa oldukça yakın olan bölgelerde bile yetersiz olduğu görülmektedir. Ancak kaynağa bu denli yakın bölgelerde toplam ses içindeki dolaysız ses oranının oldukça fazla olduğu (Bkz. TABLO VI.13) ve kalın seslerin anlaşılabilirlikte önemli olmaması (Bkz. TABLO III.4) nedeni ile 125, 250 ve 500 Hz'lerde önlem almak gereksiz olacaktır. Oysa, anlaşılabilirlikte en önemli rolü oynayan yüksek frekanslarda, özellikle arkalarda, dolaysız ses yegînliğinin arttırılması gereği kaçınılmazdır. (Konuşma-

(*) Bu tablo, 300 m³'lük hacim için de geçerli olduğundan, tekrarlamaları ortadan kaldırmak için 8 metre uzaklığa kadar düzenlenmiştir. 200 m³'lük hacimde dinleyici sınırı 7 metredir.



nın, yalnızca 1000 Hz'in üzerindeki frekanslardaki yeğinliği algılandığında anlaşılabilirlik % 86'dır). Ayrıca, artan kaynak güçlerinin, her frekans ve uzaklık için ek yarar sağlayacağı açıktır.

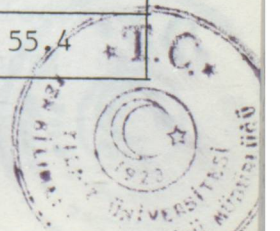
SONUÇ 4: 200 m³'lük hacimde, fon gürültüsü NR 40 olduğunda, 1000 Hz'in üzerinde frekanslar için dolaysız ses yeğinliğinin arttırılması gereklidir. Bu artış, ilk yansımalar yoluyla sağlanılabilir.

VI.2.4. 300 m³'lük Derslikte Yeğinlik-Anlaşılabilirlik İlişkisi

VI.2.4.1. Uzaklık - Anlaşılabilirlik İlişkisi

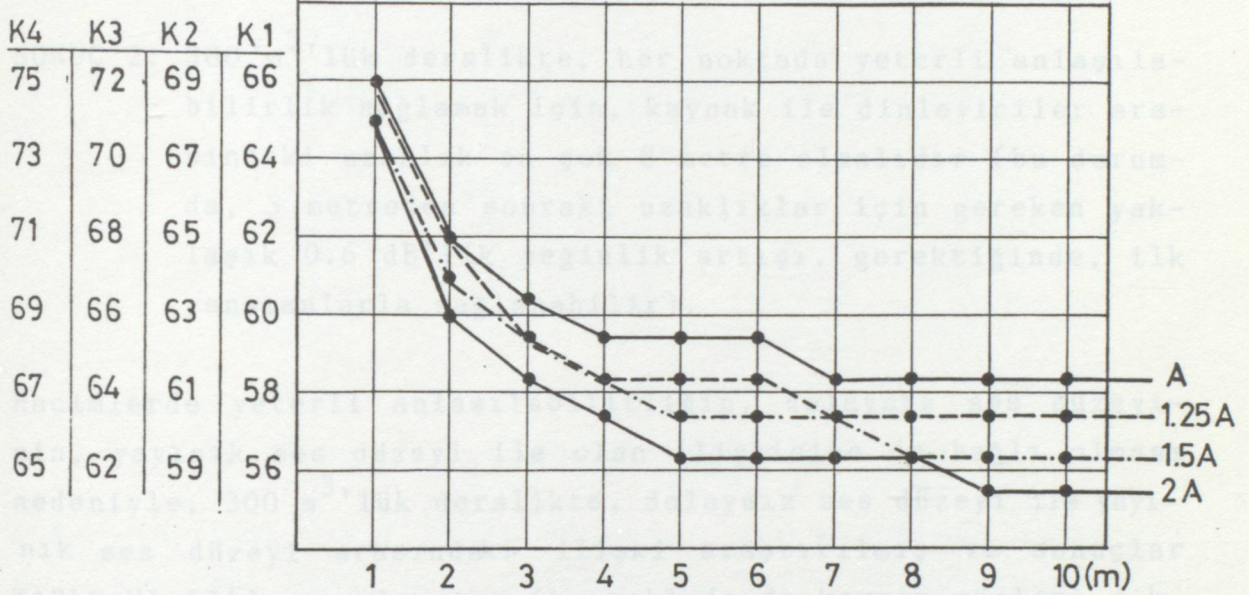
TABLO VI.16. 300 m³'lük Derslikte, Yutuculuk-Uzaklık-Toplam Yeğinlik İlişkisi (K1 İçin)

		T(dB)			
r=uzaklık (m)	A(m ²)	A(57)	1.25A(72)	1.5A(87)	2A(114)
	Y(dB) D(dB)	58.4	57.4	56.4	55.4
1	65	66	66	65	65
2	59	62	62	61	60
3	55	60.4	59.4	59.4	58.4
4	53	59.4	58.4	58.4	57.4
5	51	59.4	58.4	57.4	56.4
6	50	59.4	58.4	57.4	56.4
7	48	58.4	57.4	57.4	56.4
8	47	58.4	57.4	56.4	56.4
9	46	58.4	57.4	56.4	55.4
10	45	58.4	57.4	56.4	55.4



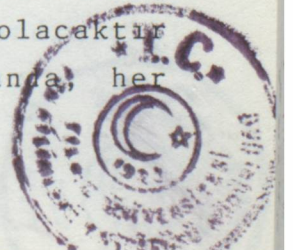
TABLO EK 1.2'den yararlanılarak hazırlanan TABLO VI.16, kaynak gücü K1'in (39.69 MW), 300 m³'lük derslikte A birim yutuculukta (57 Sabine) oluşturduğu yayınlık ses yenginliği ile, aynı kaynak gücünün bir metre uzaklıkta oluşturduğu dolaysız ses yenginliğinin ilişkisine göre düzenlenmiştir (Bkz. TABLO VI.9).

toplam yenginlik(dB)



ŞEKİL VI.7. 300 m³'lük derslikte, toplam yenginliğin, uzaklık fonksiyonunda değişimi. (Ordinatta görülen değerler, değişik kaynak güçlerinin oluşturduğu yenginliklerdir.)

ŞEKİL VI.7'deki grafikte görüldüğü gibi, yenginliğin uzaklıkla dağılımını en iyi sağlayan toplam yutuculuklar 1.5 A ve 2A'dır. Ancak her iki toplam yutuculukta da arkalarda (5 metreden sonra) toplam yenginlik, 50 dB'in altına inmektedir. 2A toplam yutuculukta, yenginliklerin 1.5 A'ya oranla daha da azaldığı görülmektedir. 1.5 A toplam yutuculukta ise 8 metreye kadar olan kritik yenginlikler 57.4 dB'dir. Bu değerle sağlanması gerekli 58 dB arasındaki farkın çok az olması ve 1.5 A yutuculukta sesin, dersliğin arka bölümlerinde de olabildiğince düzgün yayılması nedeniyle, 300 m³'lük derslikte toplam yutuculuğun 1.5 A olarak seçilmesi uygun olacaktır (Grafikte kaynak gücünün artması ile 1.5 A durumunda, her



uzaklıkta, yeterli toplam yeğlinliğin sağlandığı görülmektedir).

SONUÇ 1: 300 m³'lük derslikte, konuşmanın anlaşılabilirliği açısından yeterli yeğlinliğin, hacimde olabildiğince geniş bir alanda sağlanabilmesi için, toplam yutuculuk 1.5 A yani 87 Sabine olmalıdır.

SONUÇ 2: 300 m³'lük derslikte, her noktada yeterli anlaşılabilirlik sağlamak için, kaynak ile dinleyiciler arasındaki uzaklık en çok 8 metre olmalıdır (bu durumda, 5 metreden sonraki uzaklıklar için gereken yaklaşık 0.6 dB'lik yeğlilik artışı, gerektiğinde, ilk yansımalarla sağlanabilir).

Hacimlerde yeterli anlaşılabilirliğin, dolaysız ses düzeyinin, yayınık ses düzeyi ile olan ilişkisine de bağlı olması nedeniyle, 300 m³'lük derslikte, dolaysız ses düzeyi ile yayınık ses düzeyi arasındaki ilişki araştırılmış ve sonuçlar TABLO VI.17'de sunulmuştur (bu tabloda da kaynak güçleri dikkate alınmamıştır) (Bkz. Bölüm VI.2.3.1).

TABLO VI.17'de görüleceği gibi, 300 m³'lük derslikte SONUÇ 2'de belirlenen 1.5 A yutuculukta, "yayınık ses - dolaysız ses" değeri sınırı olan 7 dB kaynaktan yaklaşık 6.5 metre uzaklıkta sağlanmaktadır. Ancak bu uzaklık, bu büyüklükteki bir hacimde tefriş tasarımını ve hacim oranlarını bozacağından, SONUÇ 2'de belirlenen 8 metrelik kaynak-dinleyici uzaklığının, kritik değerlerinde önlemler alınması yoluna gidilmelidir (Bkz. Bölüm VI.2.3.1).

SONUÇ 3: 300 m³'lük hacimde, yayınık ses yeğlinliği ile dolaysız ses yeğlinliğinin istenen sınırlar içinde kalmasını sağlamak amacı ile, 7 ve 8 metre uzaklıklarda, dolaysız ses yeğlilikleri, ilk yansımalar yardımıyla arttırılmalıdır.



TABLO VI.17. "Yayınık Ses Düzeyi - Dolaysız Ses Düzeyi" Değer-
lerinin Uzaklıkla İlişkisi

Uzaklık (m)	Y-D (dB)			
	A	1.25 A	1.5 A	2 A
1	-6.6	-7.6	-8.6	-9.6
2	-0.6	-1.6	-2.6	-3.6
3	3.4	2.4	1.4	0.4
4	5.4	4.4	3.4	2.4
5	7.4	6.4	5.4	4.4
6	8.4	7.4	6.4	5.4
7	10.4	9.4	8.4	7.4
8	11.4	10.4	9.4	8.4
9	12.4	11.4	10.4	9.4
10	13.4	12.4	11.4	10.4

VI.2.4.2. Fon Gürültüsü - Anlaşılabilirlik İlişkisi

İster ortalama değer ister NR olsun, fon gürültüsü değerleri için saptanan kabul edilen değerler, hacim büyüklüğünden bağımsızdır. Dolaysız ses yenginliğinin uzaklıklara göre değişiminin de, hacimle değişmeyeceği açıktır. Bu nedenlerden ötürü, 300 m³'lük derslikte, dolaysız sesin uzaklıkta frekanslara göre değişiminin fon gürültüsü ile ilişkisi ŞEKİL VI.4 ve ŞEKİL VI.5'te verilmiş olan grafikler yoluyla saptanacaktır. 300 m³'lük hacimde doğacak farkın, yalnızca kaynakla dinleyici arasında uzaklık sınırının, bu hacimde 8 metre olmasından kaynaklanacağı açıktır.

ŞEKİL VI.4 ve ŞEKİL VI.5'teki grafikler incelendiğinde, ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Fon gürültüsü NR 30 olduğunda (300 m³'lük hacimde belirlenen dinleyici sınırının 8 metre olması nedeniyle), yalnızca 125 Hz'de 7 ve 8 metre uzaklıkta, gereken yenginlik farkı sağlanamamaktadır. Ancak, gerek grafiğin en düşük kaynak



gücü için hazırlanmış olması ve gerekse de çok kalın bir ses olan 125 Hz'in anlaşılabilirlikteki etkisinin az olması nedeniyle, fon gürültüsü NR 30 olduğunda, hacimde anlaşılabilirlik yeterlidir denilebilir.

- Fon gürültüsü NR 35 olduğunda, yeterli dolaysız sesin sağlanamadığı uzaklık ve frekanslar aşağıda görülmektedir:

TABLO VI.18. Yeterli Dolaysız Ses Yeğİnliğİnin Sağlanamadığı Uzaklık ve Frekanslar (D-NR 35 Cinsinden)

Uzaklık (m)	D-NR ₃₅ (dB)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	1500 Hz	2000 Hz
4	+1	-	-	-	-	-
5	-1	-	-	-	-	-
6	-2	-	-	-	-	-
7	-4	+1	-	-	-	+2
8	-5	-1	+2.5	+2	+2.5	+1

Tablo VI.18 incelendiğinde elde edilen sonuç 7 ve 8 metre uzaklıklarda 1500 ve 2000 Hz'lerde, dolaysız sesin yeğİnliğİnin arttırılmasının gerekli olacağıdır.

Ancak, bu frekanslarda gereken dolaysız ses artışlarının azlığı ve bölgenin darlığı gözönüne alındığında, bunlar için ek önlem alınmasının çok gerekli olmayacağı ortaya çıkmaktadır.

Ayrıca kaynak gücü artışı (iki katına çıkışı) durumunda bu frekanslarda da önlem almak gereğı ortadan kalkabilir.



- Fon gürültüsü NR 40 olduğunda, yeterli dolaysız sesin sağlanamadığı uzaklık ve frekanslar TABLO VI.15'ten belirlenebilir.

TABLO VI.15 incelendiğinde, 200 m^3 'lük derslikte olduğu gibi, bu derslikte de kalın seslerin yetersiz olduğu görülmektedir. Ancak kalın seslerin, anlaşılabilirlikte önemli olmamaları nedeni ile (Bkz. TABLO III.4), 125, 250 ve 500 Hz'lerde, önlem almak gereksizdir. Öte yandan anlaşılabilirlikte en önemli etken olan yüksek frekansların yegînlikleri, özellikle arkalarda, (bu hacimde dinleyici sınırının 8 metre olmasından da ötürü), oldukça yetersizdir.

Yapılan bu inceleme sonucunda, 300 m^3 'lük hacimde, en düşük kaynak gücünün oluşturduğu dolaysız ses yegînliğinin 1000 Hz'in üzerindeki yüksek frekanslarda, 5 metreden sonra yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu nedenle, anılan bölgelerdeki dolaysız ses yegînliği ilk yansımalarla arttırılmalıdır.

Ayrıca, kaynak gücünün artması durumunun her frekans ve uzaklıkta, dolaysız ses yegînliğini arttıracağı da açıktır.

SONUÇ 4: 300 m^3 'lük hacimde, fon gürültüsü NR 35 olduğunda, 1500 ve 2000 Hz'lerde 7 ve 8 metrelerde yeterli dolaysız ses sağlamak için önlem alınabilir. Aynı hacimde, fon gürültüsü NR 40 ise, 1000 Hz'in üzerindeki frekanslar için, 5-6-7 ve 8 metre uzaklıklarda mutlaka önlem alınması, yani ilk yansımalarla yararlanılarak dolaysız sesin yegînliğinin arttırılması, gereklidir.



VI.2.5. 400 m³'lük Derslikte Yeğİnlik-Anlaşılabilirlik İlişkisi

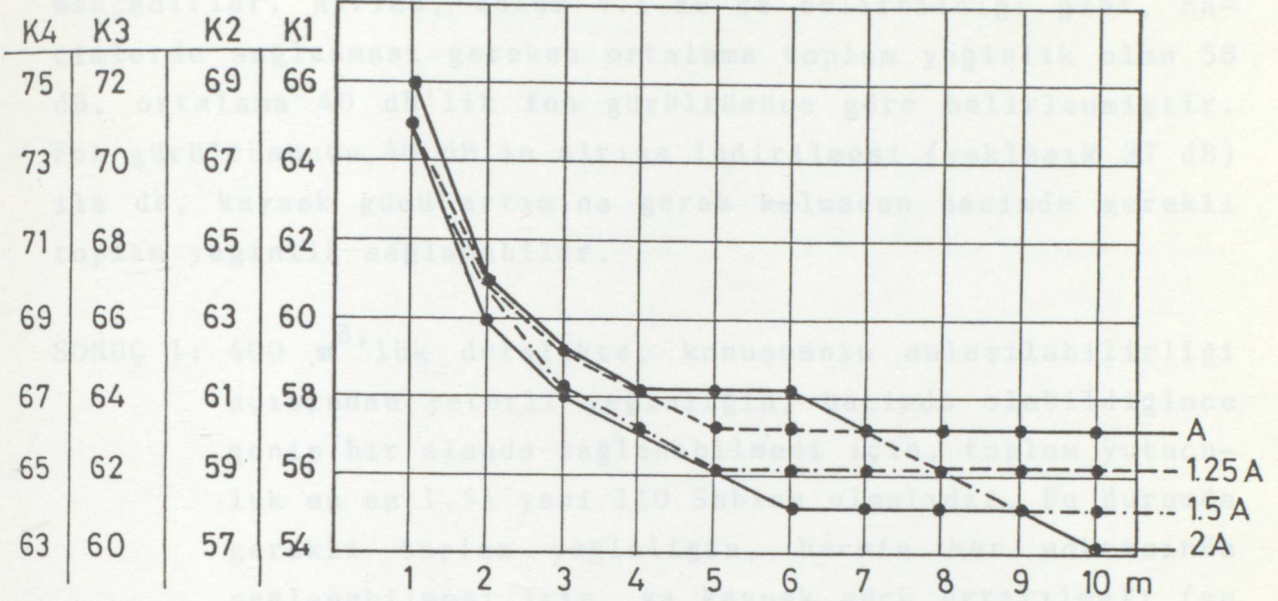
VI.2.5.1. Uzaklık-Anlaşılabilirlik İlişkisi

TABLO EK 1.3'den yararlanılarak hazırlanan TABLO VI.19 kaynak gücü K1'in (39,69 μ W), 400 m³'lük derslikte A birim yutuculukta (74 Sabine) oluşturduğu yayınık ses yeğİnliği ile, aynı kaynak gücünün bir metre uzaklıkta oluşturduğu dolaysız ses yeğİnliğinin ilişkisine göre düzenlenmiştir (Bkz.TABLO VI.10).

TABLO VI.19. 400 m³'lük Derslikte Yutuculuk-Uzaklık-Toplam Yeğİnlik İlişkisi (K1 İçin)

r=uzaklık (m)	A(m ²) Y(dB) D(dB)	T(dB)			
		(A) 74	(1.25A) 90	(1.5A) 110	(2A) 148
		57.3	56.3	55.3	54.3
1	65	66	65	65	65
2	59	61	61	61	60
3	55	59.3	59.3	58.3	58
4	53	58.3	58.3	57.3	57.3
5	51	58.3	57.3	56.3	56.3
6	50	58.3	57.3	56.3	55.3
7	48	57.3	57.3	56.3	55.3
8	47	57.3	56.3	56.3	55.3
9	46	57.3	56.3	55.3	55.3
10	45	57.3	56.3	55.3	54.3

ŞEKİL VI.8'deki grafikte görüldüğü gibi, yeğİnliğin uzaklıkla dağılımını en iyi sağlayan toplam yutuculukla 1.5A ve 2A'dır. Ancak, 400 m³'lük dersliğin, şu ana kadar incelenmiş olan 200 ve 300 m³'lük dersliklerden belirgin bir ayrımı vardır; bu



ŞEKİL VI.8. 400 m^3 'lük derslikte, toplam yenginliğin uzaklık fonksiyonunda değişimi.

derslikte, en düşük toplam yutuculukta bile, hacmin arkalarında gerekli toplam yenginlik sağlanamamaktadır. Kaynak gücü sabit tutulup, hacim büyütüldüğünden bu doğal bir olgudur. 400 m^3 'lük derslik için, en uygun toplam yutuculuğun seçiminde gözönüne alınması gereken başka bir nokta da, toplam ses dolaysız ses farklarının bu hacimde uzaklığa göre değişimidir. Hacimlerde, bu farkların uzaklıkla değişiminin, kaynak yenginliğinden bağımsız olarak, toplam yutuculuğun artmasıyla, azaldığı bilinmektedir. Yani hacimdeki toplam yenginliği arttırmak için, toplam yutuculuk "A" olarak seçilirse, hacmin arkalarındaki toplam ses içindeki dolaysız ses yenginliği azalması, daha yüksek toplam yutuculuklara oranla fazla olacaktır. Ayrıca A yutuculuğun seçildiği durumda bile, toplam ses düzeyi, arkalarda (6 metreden sonra) istenen sınırın altına inmektedir. Dolayısıyla, sesin tüm hacimde olabildiğince düzgün yayılması, bu hacimde de toplam yutuculuğun 1,5A olması ile sağlanabilmektedir. Bu durumda hacmin, her yerinde gerekli yenginlik ise, ancak, konuşmacının kaynak gücünü arttırması ile elde edilir. Bölüm III.4'te de belirtildiği gibi, kişiler ses güçlerini doğal olarak, içinde bulundukları hacmin büyüklüğüne ve öteki akustik özelliklerine göre ayarlar.

maktadırlar. Ayrıca, Bölüm V.1'de de belirtildiği gibi, hacimlerde sağlanması gereken ortalama toplam yegınlık olan 58 dB, ortalama 40 dB'lik fon gürültüsüne göre belirlenmiştir. Fon gürültüsünün 40 dB'in altına indirilmesi (yaklaşık 37 dB) ile de, kaynak gücü artımına gerek kalmadan hacimde gerekli toplam yegınlık sağlanabilir.

SONUÇ 1: 400 m³'lük derslikte, konuşmanın anlaşılabilirliği açısından yeterli yegınlığın, hacimde olabildiğince geniş bir alanda sağlanabilmesi için, toplam yutuculuk en az 1,5A yani 110 Sabine olmalıdır. Bu durumda gerekli toplam yegınlığın, hacmin her noktasında sağlanabilmesi için, ya kaynak gücü artırılmalı (en az iki katına çıkmalı) ya da hacimdeki fon gürültüsü azaltılmalıdır.

SONUÇ 2: 400 m³'lük derslikte, SONUÇ 1'deki önlemler alındığında, hacmin her noktasında yeterli toplam yegınlık sağlanır.

Hacimlerde anlaşılabilirliğin, dolaysız ses düzeyinin yayınlık ses düzeyi ile olan ilişkisine de bağılı olması nedeniyle, 400 m³'lük derslikte, dolaysız ses düzeyi ile, yayınlık ses düzeyi arasındaki ilişki araştırılmış ve sonuçlar TABLO VI.20'de (Y-D cinsinden) sunulmuştur, ("Y-D" ilişkisi kaynak gücü değişimlerinden etkilenmemektedir).

TABLO VI.20'de görüldüğü gibi, "yayınlık ses-dolaysız ses" değeri sınırı olan 7 dB, 400 m³'lük derslikte SONUÇ 1'de belirlenen 1,5A yutuculuk için kaynaktan 6 ile 7 m uzaklıkta sağlanmaktadır. Ancak bu sınır, 400 m³'lük bir hacimde tefriş tasarımı zorlayacağı ve hacim oranlarını bozacağından, SONUÇ 1'deki önlemlere ek olarak, yukarıda belirlenen uzaklıklardan sonra, dolaysız ses yegınlığı ilk yansımalarla artırılarak, derslik istenen boyutlarda biçimlendirilebilir, (yine de kaynak-dinleyici uzaklığın 10 metreyi aşmaması yararlı olur).



TABLO VI.20. "Yayınık Ses Düzeyi-Dolaysız Ses Düzeyi"
Değerlerinin Uzaklıkla İlişkisi

Uzaklık (m)	Y-D (dB)			
	A	1.25A	1.5A	2A
1	-7.7	-8.7	-9.7	-10.7
2	-1.7	-2.7	-3.7	-4.7
3	2.3	1.3	0.3	-0.7
4	4.3	3.3	2.3	1.3
5	6.3	5.3	4.3	3.3
6	7.3	6.3	5.3	4.3
7	9.3	8.3	7.3	6.3
8	10.3	9.3	8.3	7.3
9	11.3	10.3	9.3	8.3
10	12.3	11.3	10.3	9.3

SONUÇ 3: 400 m³'lük derslikte, yayınık ses yenginliği ile dolaysız ses yenginliğinin istenen sınırlar içinde kalmasını sağlamak amacı ile, kaynaktan yaklaşık olarak 6.5 metreden daha uzak bölgelerde, dolaysız ses yenginlikleri ilk yansımalar yardımıyla arttırılmalıdır.

VI.2.5.2. Fon Gürültüsü-Anlaşılabilirlik İlişkisi

400 m³'lük derslikte, gerekli ortalama yenginliğin sağlanabilmesi için ya kaynak gücünün iki katına çıkarılması ya da fon gürültüsünün en az 3 dB azaltılması gerektiği SONUÇ 1'de belirlenmişti. Bu iki seçenekten herhangi birinin seçimi, sonuçta elde edilmesi amaçlanan, dolaysız ses yenginliğinin uzaklığa göre değişiminin fon gürültüsü ile ilişkisini etkilemeyecektir. Ancak bu derslikte, ŞEKİL VI.4 ve ŞEKİL VI.5



verilen, grafikleri kullanmak, anılan grafiklerdeki kaynak gücü-fon gürültüsü ilişkisinin farklılığından ötürü olanaksızdır. Burada oluşturulacak grafiklerin, ötekilerle benzer gösterimde olabilmeleri açısından bu derslik için düzenlenecek tablo ve grafiklerde kaynak gücünün arttırılması (yani fon gürültüsünün değiştirilmemesi) uygun görülmüştür.

TABLO III.3'te verilen erke oranları ve K2 kaynak gücünde değişik uzaklıklardaki dolayız ses yeğinlikleri esas alınarak hazırlanan frekans-uzaklık-dolaysız ses yeğiniği ilişkisi TABLO VI.21'de sunulmaktadır.

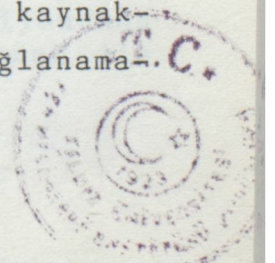
TABLO VI.21. Frekans-Uzaklık-Dolaysız Ses İlişkisi (K2 İçin)

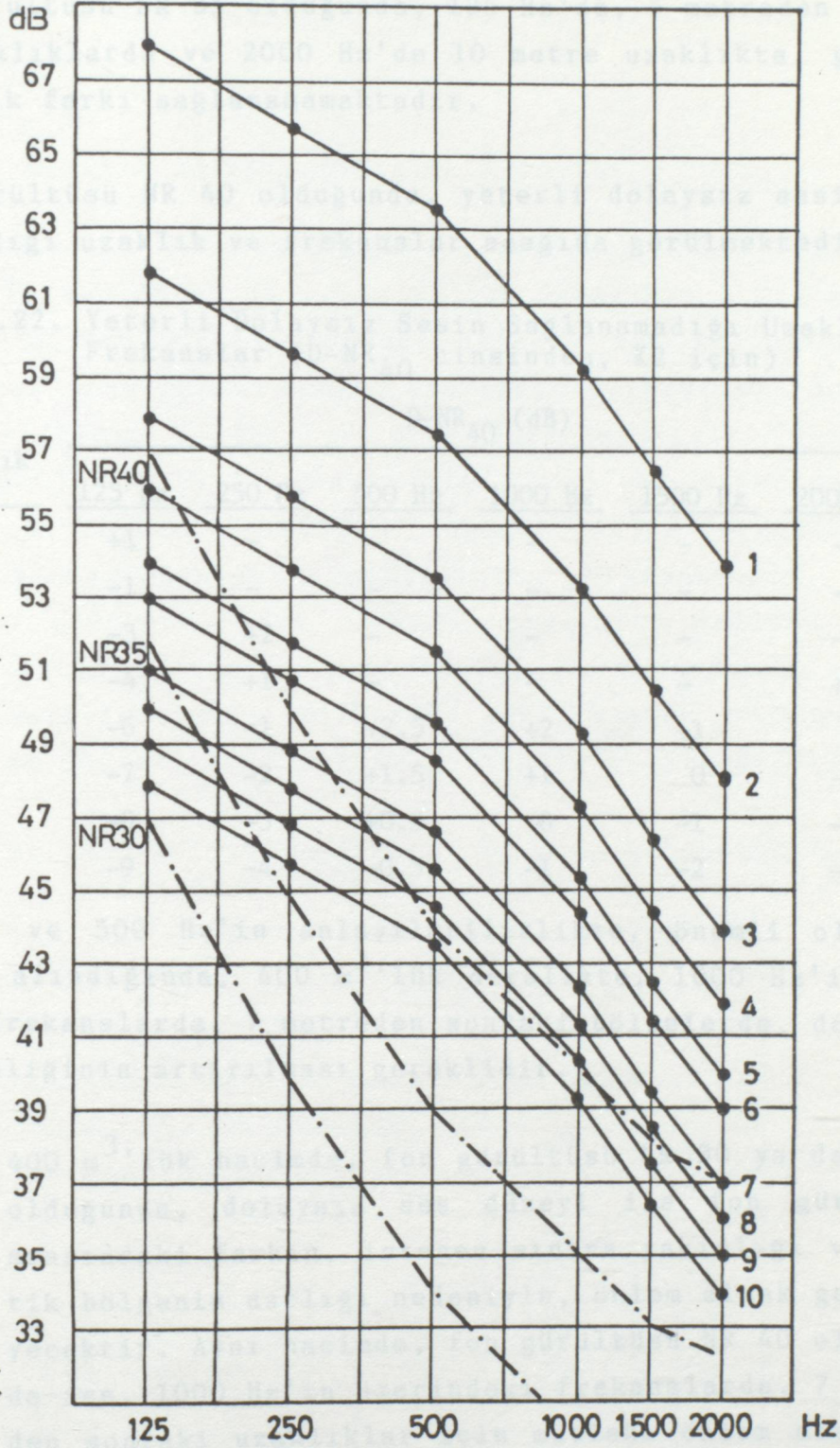
Frekans (Hz)	Dolaysız Ses Yeğiniği (dB)									
	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
125	68.0	62.0	58.0	56.0	54.0	53.0	51.0	50.0	49.0	48.0
250	65.8	59.8	55.8	53.8	51.8	50.8	48.8	47.8	46.6	45.8
500	63.8	57.8	53.8	51.8	49.8	48.8	46.8	45.8	44.8	43.8
1000	59.5	53.5	49.5	47.5	45.5	44.5	42.5	41.8	40.5	39.5
1500	56.5	50.5	46.5	44.5	42.5	41.5	39.5	38.8	37.5	36.3
2000	54.0	48.0	44.0	42.0	40.0	39.0	37.0	36.0	35.0	34.0

TABLO VI.21'de belirlenen, belli frekansın üzerindeki dolaysız ses yeğinliklerinin uzaklıkla değişimlerinin NR cinsinden fon gürültüsü ile ilgisi, ŞEKİL VI.9'daki grafikte sunulmaktadır

Bu grafikler incelendiğinde ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Fon gürültüsü NR 30 olduğunda, yalnızca 125 Hz'de, kaynaktan 10 metre uzaklıkta, gereken yeğinlik farkı sağlanamamaktadır.





ŞEKİL VI.9. Dolaysız ses yenginliğinin, frekans fonksiyonunda uzaklıklara göre değişiminin, fon gürültüsü ile ilişkisi, (K2 için)

- Fon gürültüsü NR 35 olduğunda, 125 Hz'de, 5 metreden sonraki uzaklıklarda ve 2000 Hz'de 10 metre uzaklıkta, gereken yeğinlik farkı sağlanamamaktadır.
- Fon gürültüsü NR 40 olduğunda, yeterli dolaysız sesin sağlanamadığı uzaklık ve frekanslar aşağıda görülmektedir.

TABLO VI.22. Yeterli Dolaysız Sesin Sağlanamadığı Uzaklık ve Frekanslar (D-NR₄₀ cinsinden, K2 için)

Uzaklık (m)	D-NR ₄₀ (dB)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	1500 Hz	2000 Hz
3	+1	-	-	-	-	-
4	-1	-	-	-	-	-
5	-3	+2	-	-	-	-
6	-4	+1	-	-	-	+2
7	-6	-1	+2.5	+2	+1	0
8	-7	-2	+1.5	+1	0	-1
9	-8	-3	+0.5	0	-1	-2
10	-9	-4	-0.5	-1	-2	-3

125, 250 ve 500 Hz'in anlaşılabilirlikte, önemli olmadığı gözönüne alındığında, 400 m³'lük derslikte, 1000 Hz'in üzerindeki frekanslarda, 7 metreden sonraki bölgelerde, dolaysız ses yeğînliğinin artırılması gereklidir.

SONUÇ 4: 400 m³'lük hacimde, fon gürültüsü NR 30 ya da NR 35 olduğunda, dolaysız ses düzeyi ile fon gürültüsü arasındaki farkın, istenen sınıra yakınlığı ve kritik bölgenin darlığı nedeniyle, önlem almak gerekmektedir. Aynı hacimde, fon gürültüsü NR 40 olduğunda ise, 1000 Hz'in üzerindeki frekanslarda, 7 metreden sonraki uzaklıklar için mutlaka önlem alınması, yani ilk yansımalarından yararlanılarak, dolaysız sesin yeğînliğinin arttırılması gereklidir (Bu hacimde kaynak gücünün K2 yani 79.38 μ W olarak kabul edildiği unutulmamalıdır).



VI.2.6. 500 m³'lük Derslikte Yeğİnlik-Anlaşılabilirlik İlişkisi

VI.2.6.1. Uzaklık-Anlaşılabilirlik İlişkisi

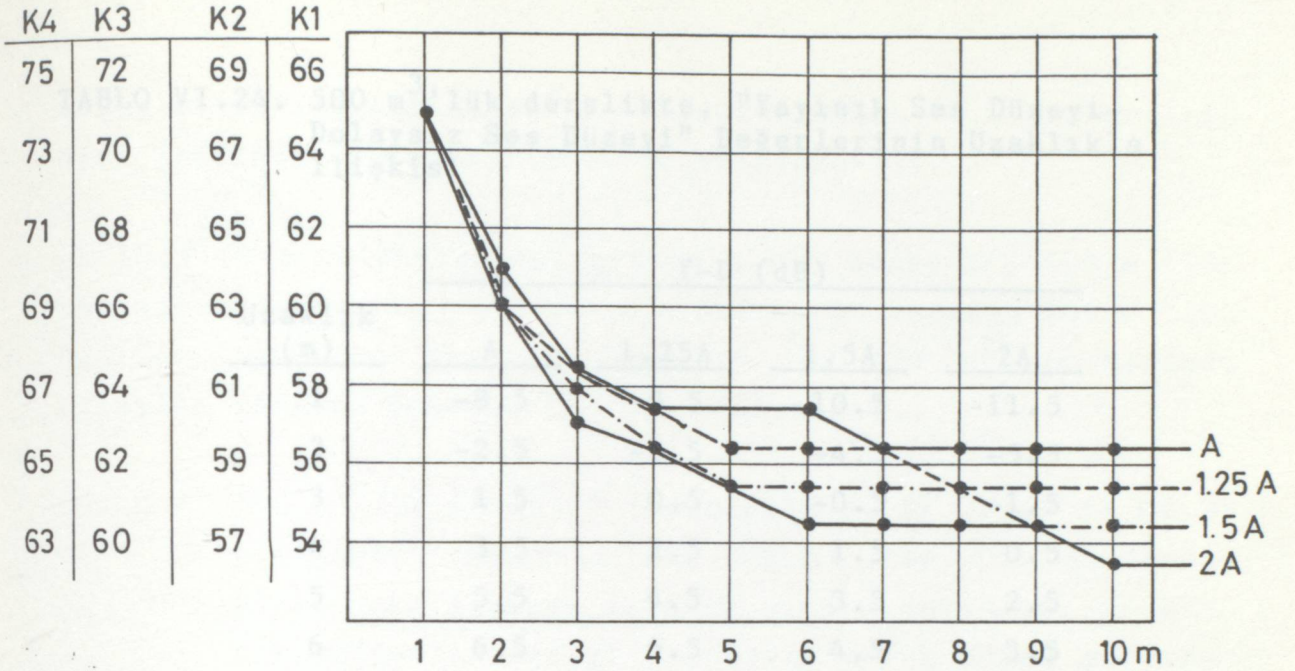
TABLO EK 1.4'ten yararlanılarak hazırlanan, TABLO VI.23 kaynak gücü K1'in (39.69 μ W), 500 m³'lük derslikte A birim yutuculukta (90 Sabine) oluşturduğu yayınlık ses yeğİnliği ile, aynı kaynak gücünün bir metre uzaklıkta oluşturduğu dolaysız ses yeğİnliğinin ilişkisine göre düzenlenmiştir (Bkz.TABLO VI.11). ŞEKİL IV.10'da ise, TABLO VI.23'ten yararlanılarak oluşturulan, toplam yeğİnliğin, değışik toplam yutuculuklarda uzaklık fonksiyonundaki değışimleri görölmektedir. ŞEKİL VI.10'daki grafikte, aynı zamanda, ordinatta değışik kaynak güçleri verilerek toplam yeğİnliğin, bu durumlarda alacağı değıerler belirlenmiştir (Bilindiğı gibi, kaynak gücü değışimleri toplam yeğİnlikteki oransal ilişkiyi etkilememektedir).

TABLO VI.23. 500 m³'lük Derslikte, Yutuculuk-Uzaklık-Toplam Yeğİnlik İlişkisi (K1 İçin)

		T(dB)			
r=uzaklık (m)	A(m ²)	(A) 90	(1.25A) 110	(1.5A) 131	(2A) 180
	Y(dB) D(dB)	56.5	55.5	54.5	53.5
1	65	65	65	65	65
2	59	61	60	60	60
3	55	58.5	58.5	58	57
4	53	57.5	57.5	56.5	56.5
5	51	57.5	56.5	55.5	55.5
6	50	57.5	56.5	55.5	54.5
7	48	56.5	56.5	55.5	54.5
8	47	56.5	55.5	55.5	54.5
9	46	56.5	55.5	54.5	54.5
10	45	56.5	55.5	54.5	53.5



Bölüm VI.2.5.1'de, 400 m³'lük derslik için, belirtilen nedenlerden ötürü, bu hacimde de yeterli yeğİnlik sağlayabilmek için ya kaynak gücü artmalı (en az iki kat), ya da fon gürültüsü azalmalıdır (en az 3 dB). Bu koşullardan herhangi biri



sağlandığında, 500 m³'lük derslikte, sesin arkalarda da yeterli yeginlikte olması, toplam yutuculuğun en az 1.5A olmasıyla sağlanabilmektedir.

SONUÇ 1: 500 m³'lük derslikte, konuşmanın anlaşılabilirliği açısından yeterli yeginliğin, hacimde olabildiğinde geniş bir alanda sağlanabilmesi için, toplam yutuculuk en az 1.5A yani 131 Sabine olmalıdır. Bu durumda gerekli toplam yeginliğin, hacmin her noktasında sağlanabilmesi için ya kaynak gücü arttırılmalı (en az iki katına çıkarılmalı), ya da hacimdeki fon gü-rültüsü azaltılmalıdır.

SONUÇ 2: 500 m³'lük derslikte, SONUÇ 1'deki önlemler alındığında, hacmin her noktasında yeterli toplam yeginlik sağlanır.

500 m³'lük derslikte, dolaysız ses düzeyi ile, toplam ses düzeyi arasındaki ilişki TABLO VI.24'te (Y-D cinsinden) sunulmaktadır ("Y-D" ilişkisi kaynak gücü değişimlerinden etkilenmemektedir).



TABLO VI.24. 500 m³'lük derslikte, "Yayınık Ses Düzeyi-Dolaysız Ses Düzeyi" Değerlerinin Uzaklıkla İlişkisi

Uzaklık (m)	Y-D (dB)			
	A	1.25A	1.5A	2A
1	-8.5	-9.5	-10.5	-11.5
2	-2.5	-3.5	-4.5	-5.5
3	1.5	0.5	-0.5	-1.5
4	3.5	2.5	1.5	0.5
5	5.5	4.5	3.5	2.5
6	6.5	5.5	4.5	3.5
7	8.5	7.5	6.5	5.5
8	9.5	8.5	7.5	6.5
9	10.5	9.5	8.5	7.5
10	11.5	10.5	9.5	8.5

TABLO VI.24'te görüldüğü gibi, "yayınık ses-dolaysız ses" değeri sınırı olan 7 dB, 500 m³'lük derslik SONUÇ 1'de belirlenen 1.5A yutuculuk için, kaynaktan yaklaşık 7.5 metreden sonraki uzaklıklarda sağlanamamaktadır.

SONUÇ 3: 500 m³'lük derslikte, yayınık ses yenginliği ile dolaysız ses yenginliğinin istenen sınırlar içinde kalmasını sağlamak amacı ile, kaynaktan yaklaşık 7.5 metreden daha uzak olan bölgelerde, dolaysız ses yenginlikleri ilk yansımalar yardımıyla arttırılmalıdır.

VI.2.6.2. Fon Gürültüsü-Anlaşılabilirlik İlişkisi

500 m³'lük derslikte, gerekli ortalama yenginliğin hacmin her noktasında sağlanabilmesi için, 400 m³'lük hacimde olduğu gibi, ya kaynak gücünün iki katına çıkarılması ya da fon gürültüsünün 3 dB azaltılması gerektiği SONUÇ 1'de belirlenmiştir. Bu nedenle, 500 m³'lük derslik için dolaysız sesin, uzaklıkla



değişiminin fon gürültüsü ile ilişkisi ŞEKİL VI.9'da verilmiş olan grafikten yararlanılarak belirlenecektir.

ŞEKİL VI.9 incelendiğinde, ortaya çıkan sonuçlar, 400 m³'lük hacimde elde edilen sonuçlarla aynıdır. Bu nedenle 500 m³'lük hacimde, alınması gereken önlemler de, 400 m³'lük hacimde alınması gereken önlemlerle aynı olmaktadır.

SONUÇ 4: 500 m³'lük hacimde, fon gürültüsü NR 30 ya da NR 35 olduğunda, dolaysız ses düzeyi ile fon gürültüsü arasındaki farkın, istenen sınıra yakınlığı ve kritik bölgenin darlığı nedeniyle önlem almak gerekmecektir. Aynı hacimde, fon gürültüsü NR 40 olduğunda ise, 1000 Hz'in üzerindeki frekanslarda, 7 metreden sonraki uzaklıklar için mutlaka önlem alınması, yani ilk yansımalarla yararlanılarak, dolaysız sesin yenginliğinin arttırılması gereklidir (Bu hacimde kaynak gücünün K2 yani 79.38 µW olması gerektiği SONUÇ 1'de belirtilmişti).



VI.2.7. Yeğinlikle İlgili Toplu Sonuçlar

Bölüm VI.2'nin başından beri, saptanan büyüklükteki derslikler için, yeğinlik açısından ele alınan;

- kaynak gücü,
- yansıma süresi,
- toplam yutuculuk,
- hacim derinliği (kaynak-dinleyici uzaklık sınırı)
- fon gürültüsü

konularında, yeterli anlaşılabilirlik sağlanması için belirlenen koşullar TABLO VI.25'de toplu olarak sunulmaktadır. TABLO VI.25'de ayrıca, belirlenen koşulların, hacmin kimi bölgelerinde yetersiz kaldığı durumlarda, alınması gereken önlemler de belirtilmektedir.

TABLO VI.25. Yeğinlikle İlgili Toplu Sonuçlar ve Önlemler

HACİM (m ³)		200	300	400	500
KAYNAK GÜCÜ (μW) (en az)		39.69	39.69	79.38	79.38
YANSIŞIM SÜRESİ (sn)		0.50	0.55	0.58	0.61
TOPLAM YUTUCULUK (Sabine)		64	87	110	131
KAYNAK DIN UZAKLIK SINIRI (m)		7	8	~ 10	~ 10
Y-D İÇİN ÖNLEM GE- REKTİREN BÖLGELER (m)		6-7	7-8	6,5...10	7...10
Fon gürültüsü için önlem gerektiren uzaklıklar(m)	NR 40				
	1000 HZ'in üstün- deki frekans	5-6-7	5-6-7-8	7...10	7...10
	NR 35	7(2000 Hz)	8(1000... 2000 Hz)	10(2000 Hz)	10(2000 Hz)
	NR 30	-	-	-	-



TABLO VI.25'deki değerler incelendiğinde, ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- 200 ve 300 m³'lk dersliklerde, kaynak gücünün en az olması durumunda bile, fon gürültüsünün en yüksek değerinde, yeterli yeğinlik sağlanabilmektedir.
- 400 ve 500 m³'lk dersliklerde, kaynak gücünün en düşük fon gürültüsünün en yüksek olması durumunda yeterli yeğinlik sağlanamadığından, bunlarda ya kaynak gücü artırılmalı ya da fon gürültüsü azaltılmalıdır (TABLO VI.25'de kaynak gücünün artırılması durumu gösterilmiştir).
- Dört büyüklükteki dersliklerin tümünde, hacmin her noktasında anlaşılabilirlik için gereken yeterli yeğinlik, yansıma süresinin optimum değerinin minimum, toplam yutuculuğun optimum değerinin maksimum olduğu durumlarda sağlanabilmektedir.
- 200 ve 300 m³'lk dersliklerde, yeterli anlaşılabilirlik açısından, kaynak-dinleyici uzaklığında sınırlama gerekmektedir, oysa 400 ve 500 m³'lk dersliklerde (kaynak gücünün artması ya da fon gürültüsünün azalmasından ötürü), kaynak-dinleyici uzaklığında, normal hacim oranları açısından sınırlama gerekmemektedir.
- Her hacimde, "yayınık ses dolaysız ses düzeylerinin" istenen sınırlar dışında kaldığı bölgeler bulunmakta, ancak bu bölgelerin başlangıçları, hacmin büyümesi ile arkalara doğru kaymaktadır. Bu bölgelerde, tüm hacimlerde dolaysız ses yeğinliği artırılmalıdır.
- Tüm dersliklerde, fon gürültüsü ile dolaysız ses düzeyi ilişkisinin istenen sınırlar dışında kaldığı bölgeler bulunmaktadır. Ancak yapılan çalışmalarda, bu açıdan önlemin fon gürültüsünün NR 40 olması durumunda alınmasının yeterli olacağı belirlenmiştir.

VI.3. YANSIŞIM SÜRESİ

Bölüm VI.2'de yeğinlik konusu ele alınırken, yansışım sürelerinin yeğinlik üzerindeki etkilerini saptamak gerektiğinden, zorunlu olarak yansışım süresi de incelenmiştir. Anılan bölümde yapılan çalışmalar sonucunda, değişik açılardan gerekli olan, hacimlere bağlı optimum yansışım süreleri de belirlenmiştir.

Bu bölüm de ise, belirlenen yansışım sürelerinin, süregelen konuşmadaki seslerde yol açabileceği maskeleme incelenecek ve gerekli önlemler belirlenecektir. Ayrıca, bu bölümde dersliklerdeki yayınlık, ortalama yutuculuk ve bunlara bağlı olarak da yansışım süresi hesabında kullanılacak formüller de saptanacaktır. Tüm bu çalışmalar Bölüm VI.2'de olduğu gibi, değişik büyüklükteki derslikler için yapılacak, önlemler belirlenecek ve bölüm sonunda, tüm dersliklerin durumu karşılaştırmalı olarak özetlenecektir.

VI.3.1. 200 m³'lük Derslikte Yansışım Süresi-Anlaşılabilirlik İlişkisi

VI.3.1.1. Maskeleme-Anlaşılabilirlik İlişkisi

Anlaşılabilirlikte önemli rol oynayan yüksek frekansların, konuşmanın tayfsal yapısı içindeki yeğinliklerinin az olması ve, konuşmada seslerin birbirini sık aralıklarla izlemesi nedeniyle, alçak frekansların hacimlerde, yüksek frekansları maskelemesi olasılığı fazladır. Bu konu ile ilgili çalışmalar ve alçak frekansların yansışım sürelerinde alınması gereken önlemler, Bölüm V.2.1'de yer almaktadır. Süregelen konuşmadaki seslerin birbirini izleme aralığı sabit ve ortalama bir değer olarak ele alındığından, alçak frekansların yansışım sürelerinde alınması gereken önlemler, yansışım süresi değişimlerinden etkilenmemektedir. Ancak, hacimlerin yansışım süreleri kısaltıldıkça, önlem alınması gereken alçak frekansların

(önlem sınırlarının, hacmin optimum yansışım süresi sınırları içinde kalması nedeni ile), sayısı azalmaktadır. Bu nedenle, ŞEKİL V.6. ve TABLO V.4'ten yararlanılarak, 200 m³'lük dersliğin optimum yansışım süresi olarak saptanmış olan 0.5 sn için belirlenen, maskelemeye yol açmayacak optimum yansışım süreleri TABLO VI.26'da sunulmaktadır.

TABLO VI.26. 200 m³'lük Derslikte, Maskelemeye Yolaçmayan Optimum Yansışım Süreleri

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Topt (sn)	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

TABLO VI.26'da görüldüğü gibi, 200 m³'lük derslikte, yalnızca 125 Hz'e önlem alınması durumunda, yansışım süresinin yol açabileceği maskeleme önlenebilmektedir.

VI.3.1.2. Yansışım Süresine Bağlı Olarak Saptanan Hacim Akustiği Değişkenleri

Bu bölümde ele alınacak olan, yayınlık, ortalama yutuculuk ve hacmin yansışım süresi hesabında kullanılacak olan formülün saptanması çalışmaları, doğrudan anlaşılabilirlikle bağlantılı değildir. Ancak, bu konuların, hacmin hesaplanan yansışım süresinin, gerçeğe uygunluğu açısından, gözardı edilemeyecek önemi nedeni ile, her hacim için bu çalışmanın yapılması uygun görülmüştür*.

Bilindiği gibi, hacimlerde yayınlıklığın göstergesi, yansışım süresindeki yansıma sayısıdır. Yansışım süresindeki yansıma sayısının artması, yayınlıklığın artmasına yol açar. Yansışım süresi hesaplarında kullanılan formüllerin gerçeğe uygun sonuçlar verebilmesi için, hacimlerde yayınlıklığın fazla olması

(*) Bu ve bundan sonraki derslikler için, yansışım süresine bağlı olarak saptanan hacim akustiği değişkenlerinin hesaplanmasında kullanılan ve yararlanılan büyüklükler Ek III'de yer almaktadır.

gereklidir. Yansışım süresindeki yansıma sayısı aşağıda görülen denklemlerle hesaplanır(56):.

$$T_{60} = \frac{0.16 V}{A} \text{ DENKLEM VI.5}$$

T_{60} = yansışım süresi (sn)

V = hacim (m^3)

A = toplam yutuculuk (sabine)

$$n = \frac{c T_{60}}{K} \text{ DENKLEM VI.6}$$

$$K = \frac{4 V}{S} \text{ DENKLEM VI.7}$$

n = yansışım süresindeki yansıma sayısı

K = ortalama serbest yol (m)

c = sesin hızı (345 m/sn)

V = hacim (m^3)

S = toplam yüzey alanı (m^2)

T_{60} = yansışım süresi (sn)

K = ortalama serbest yol (m)

200 m^3 'lük derslikte, Denklem VI.6'ya göre belirlenen, yansıma sayısı, yayınlıklik açısından yeterli sayılabilecek olan, 48'dir.

Hacimlerde ortalama yutuculuk aşağıda görülen denklemlerle belirlenir(56):

$$\bar{a} = \frac{A}{S} \text{ DENKLEM VI.8.}$$

$\bar{a}$ = ortalama yutuculuk (%)

A = toplam yutuculuk (sabine)

S = toplam yüzey alanı (m^2)

200 m^3 'lük derslikte, DENKLEM VI.8'e göre belirlenen ortalama yutuculuk 0.208'dir. Bu değer, ortalama dinleyici yutuculuğu 0.35 alınarak ve havanın yutuculuğu hesaba katılmadan bulunmuştur (Aynı kabuller, öteki hacimler için de geçerlidir).

Ortalama yutuculuğu 0.10'nun üzerinde olan hacimlerde, yansı-
şım süresi hesaplarında Eyring formülünün kullanılması, ger-
çeğe uygun sonuçlar elde etmek açısından gereklidir(57). Bu
nedenle, 200 m³'lük derslikte, yansışım süreleri hesaplarında
Eyring formülü kullanılmalıdır.

VI.3.2. 300 m³'lük Derslikte Yansışım Süresi Anlaşılabilirlik İlişkisi

VI.3.2.1. Maskeleme Anlaşılabilirlik İlişkisi

Bölüm VI.3.1.1.'de belirtilen nedenlerden ötürü, ŞEKİL V.6
ve TABLO V.4'ten yararlanılarak saptanmış olan, 300 m³'lük
derslikte maskelemeye yol açmayan optimum yansışım süreleri,
TABLO VI.27'de sunulmaktadır.

TABLO VI.27. 300 m³'lük derslikte, maskeleme yol açmayan op-
timum yansışım süreleri:

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Topt. (sn)	0.4	0.5	0.55	0.55	0.55	0.55

TABLO VI.27'de görüldüğü gibi, 300 m³'lük derslikte, yansışım
süresinin yol açabileceği maskelemenin önlenebilmesi için,
125 ve 250 Hz'lerin yansışım sürelerinin belirlenen değerlere
indirilmesi gereklidir.

VI.3.2.2. Yansışım Süresine Bağlı Olarak Saptanan Hacim Akustiği Değişkenleri

300 m³'lük derslikte DENKLEM VI.6'ya göre belirlenen yansıma
sayısı 48'dir.

300 m³'lük derslikte DENKLEM VI.8'e göre belirlenen, ortalama
yutuculuk 0.198'dir. Bu nedenle bu derslikte de yansışım sü-
resi hesaplarında Eyring formülü kullanılmalıdır.



VI.3.3. 400 m³'lük Derslikte Yansışım Süresi-Anlaşılabilirlik İlişkisi

VI.3.3.1. Maskeleme-Anlaşılabilirlik İlişkisi

Bölüm VI.3.1.1'de belirtilen nedenlerden ötürü, ŞEKİL V.6. ve TABLO V.4'ten yararlanılarak saptanmış olan, 400 m³'lük derslikte maskelemeye yol açmayan optimum yansışım süreleri, TABLO VI.2.8'de sunulmaktadır.

TABLO VI.28. 400 m³'lük Derslikte, Maskelemeye Yolaçmayan Optimum Yansışım Süreleri

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Topt. (sn)	0.4	0.5	0.58	0.58	0.58	0.58

TABLO VI.28'de görüldüğü gibi, 400 m³'lük derslikte, yansışım süresinin yol açabileceği maskelemenin önlenebilmesi için, 125 ve 250 Hz'lerin yansışım sürelerinin belirlenen değerlere indirilmesi gereklidir.

VI.3.3.2. Yansışım Süresine Bağlı Olarak Saptanan Hacim Akustiği Değişkenleri

400 m³'lük derslikte Denklem VI.6'ya göre belirlenen yansıma sayısı 46'dır.

400 m³'lük derslikte Denklem VI.8'e göre belirlenen, ortalama yutuculuk 0.204'dür. Bu nedenle, bu derslikte de yansışım süresi hesaplarında Eyring formülü kullanılmalıdır.



VI.3.4. 500 m³'lük Derslikte Yansışım Süresi-Anlaşılabilirlik İlişkisi

VI.3.4.1. Maskeleme-Anlaşılabilirlik İlişkisi

Bölüm VI.3.1.1.'de belirtilen nedenlerden ötürü, ŞEKİL V.6. ve TABLO V.4'ten yararlanılarak saptanmış olan, 500 m³'lük derslikte maskelemeye yol açmayan optimum yansışım süreleri, TABLO VI.29'da sunulmaktadır.

TABLO VI.29. 500 m³'lük Derslikte, Maskelemeye Yol Açmayan Optimum Yansışım Süreleri

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Topt. (sn)	0.4	0.5	0.61	0.61	0.61	0.61

TABLO VI.29'da görüldüğü gibi, 500 m³'lük derslikte, yansışım süresinin yol açabileceği maskelemenin önlenebilmesi için, 125 ve 250 Hz'lerin yansışım sürelerinin belirlenen değerlere indirilmesi gereklidir.

VI.3.4.2. Yansışım Süresine Bağlı Olarak Saptanan Hacim Akustiği Değişkenleri

500 m³'lük derslikte DENKLEM VI.6'ya göre belirlenen yansıma sayısı 46'dır.

500 m³'lük derslikte, DENKLEM VI.8.'e göre belirlenen ortalama yutuculuk ise, 0.199'dur. Bu nedenle bu derslikte de yansışım süresi hesaplarında Eyring formülü kullanılmalıdır.

VI.3.5. Yansışım Süresi İle İlgili Toplu Sonuçlar

Bölüm VI.3.'ün başından beri, saptanan büyüklükteki derslikler için, yansışım süresinin yol açabileceği maskeleme açısından ele alınan;



- frekanslara göre belirlenmiş optimum yansışım süreleri, ve özellikleri belirlenen dersliklerdeki;
- yansıma sayıları
- toplam yutuculuk
- kullanılması gereken yansışım süresi formülü,

TABLO VI.30'da toplu olarak sunulmaktadır (Yansışım süresi ile ilgili öteki belirlemeler, TABLO VI.25'te yer aldığından, burada yinelenmesine gerek görülmemiştir).

TABLO VI.30. Yansışım Süresi İle İlgili Toplu Sonuçlar

DERSLİK HACMİ (m ³)			200	300	400	500
Maskelemeye Yol Açmayan Yansışım Süreleri T ₆₀ (sn) (Frekanslara Göre)	Hz	125	0.40	0.40	0.40	0.40
		250	0.50	0.50	0.50	0.50
		500	0.50	0.55	0.58	0.61
		1000	0.50	0.55	0.58	0.61
		2000	0.50	0.55	0.58	0.61
		4000	0.50	0.55	0.58	0.61
Yansıma sayıları			48	48	46	46
Ortalama yutuculuk			0.208	0.198	0.204	0.199
Kullanılması Gereken Formül			EYRING	EYRING	EYRING	EYRING

TABLO VI.30 incelendiğinde, ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- 200 m³'lük derslikte, yansışım süresinin yol açacağı maskelemenin önlenmesi için yalnızca 125 Hz'de önlem almak yeterlidir. 300, 400 ve 500 m³'lük dersliklerde, yansışım sürelerinin giderek artmasına karşın, önlem alınması gereken frekanslar (125 ve 250 Hz) ve bu frekanslardaki yansışım süreleri değişmemektedir. Bunun nedeni, ortalama ve sabit bir değer olarak alınan konuşma hızına göre maskelemeye yol açmayacak optimum yansışım sürelerinin, hacmin yansışım

süresinden bağımsız olmasıdır (Bkz. Bölüm III.1).

- Dört büyüklükteki dersliğinin, tümünün yansıma sayıları birbirine hemen hemen eşittir. Bu durumda, küçük dersliklerde yayınıklık, büyük dersliklerde fazladır.
- Dersliklerin ortalama yutuculukları da hemen hemen birbirine eşit ve yaklaşık 0.20'dir. Bu nedenle tüm dersliklerde yansışım süresi hesaplarında Eyring formülü kullanılmalıdır.

Bu sonuçlara eklenmesi gereken bir konu da, yansışım süresi hesaplarında gözönüne alınması gereken hacmin doluluk durumudur. Bilindiği gibi, yansışım süresi hesabı, normalde, hacim $2/3$ ya da $3/4$ dolulukta kabul edilerek yapılır(57). Ayrıca, yapılan hesaplarla, uygulamada elde edilecek sonuçların uyumunun sağlanması açısından, oturma yerlerinin dinleyici yutuculuğuna yakın olması önerilir. Konser salonları, tiyatrolar vb. gibi hacimlerde, oturma yerlerinin yüksek yutuculukta yapılması olasılığı, bu tür yapıların özelliği gereği, yüksektir. Oysa, dersliklerde bunu önermek ve uygulanabilirliğini düşünmek oldukça güçtür. Bu nedenle, özellikle ilk ve orta öğretime hizmet vermesi olasılığı fazla olan 200 ve 300 m³'lük dersliklerde, genelde bunların dolu olacağı gözönüne alınarak, hesapların hacmin tam dolu olması durumuna göre yapılması ve hacmin herhangi bir nedenle tam dolu olarak kullanılmaması sonucunda, yansışım süresinin gerekenden uzun olması gibi önemli bir sakınca doğar. Öte yandan, yüksek öğretime hizmet verme olasılığı fazla olan 400 ve 500 m³'lük dersliklerin doluluk durumlarının, bunların kullanım özelliğinden ötürü değişken olması da, benzer bir sakınca yaratır. Özetle denilebilir ki, dersliklerle ilgili yansışım süresi hesaplarında, oturma yerlerinin yutuculuğunun -özellikle yüksek frekanslarda- öteki hacimlerdeki kadar fazla olamayacağı gerçeği gözönüne alınarak, dersliklerin hizmet alanları ve kullanım durumları önceden belirlenmeli ve hesaplar bu belirlemelere

göre yapılmalıdır.

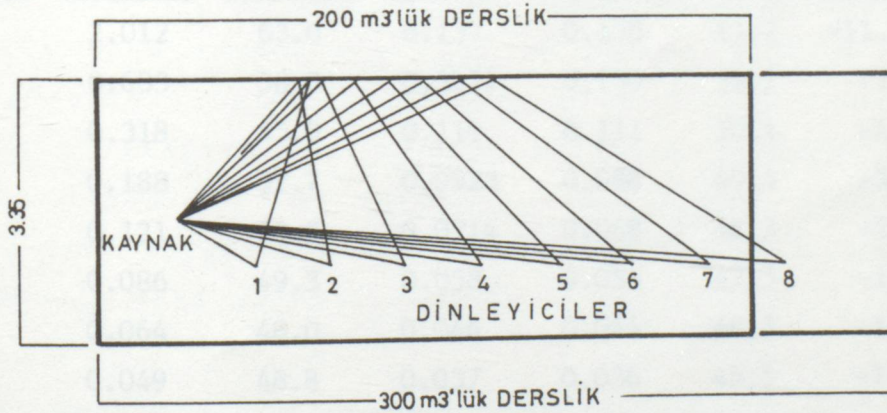
VI.4. İLK YANSIMALAR

Hacimlerde, ilk yansımaların, anlaşılabilirlik açısından, biri yararlı öteki zararlı iki etkisi vardır. Yeğînliği ve zaman gecikmesi belirlenen sınırların dışında kalan ilk yansımalar rahatsız edicidir. Oysa, yeğînliği ve zaman gecikmesi, istenen sınırlar içinde kalan ilk yansımalar, dolaysız sestten ayrı olarak algılanmadığından, dolaysız sesin yeğînliğinin arttığı izlenimini uyandırarak, yararlı etki yapar (Bkz. Bölüm V.3.). Bu nedenle, incelenen dersliklerde, ilk yansımaların durumu, her iki etki açısından ele alınacaktır. Ayrıca, tüm dersliklerde, özellikle hacimlerin arka bölgelerinde, gerek yayınık ses-dolaysız ses ilişkisi ve gerekse de fon gürültüsü-dolaysız ses ilişkisinin istenen sınırlar içinde tutulabilmesi amacı ile, ilk yansımalarından yararlanarak dolaysız sesin yeğînliğini arttırmak zorunluluğu belirlendiğinden, bu bölümde, dolaysız ses yeğînliğinin ne düzeyde artırılabilceği de incelenecektir.

İlk yansımaların etkisi incelenirken, belirlenmesi gereken en önemli nokta, elbette ki, ilk yansımaların hacmin hangi yüzey ya da yüzeylerinden dinleyiciye ulaşacağıdır. Bu çalışmada ele alınan dersliklerin taban alanlarınının kareye yakın olması ve oldukça büyük yutuculukta olan dinleyici kitlesinin, yan duvarlardan olabilecek ilk yansımaların etkisini önemli ölçüde azaltması olasılığı nedeni ile, dersliklerdeki önemli ilk yansımaların tümünün tavandan olacağı kabul edilmiştir. Bölüm VI.1.1., TABLO VI.3.'te görülebileceği gibi, ele alınan dersliklerin hacim yüksekliği iki tiptir ($200 - 300 \text{ m}^3$ için 3.35 m ve $400 - 500 \text{ m}^3$ için 3.80 m). Hacim yükseklikleri aynı olan dersliklerde, ilk yansımalar açısından tek farkın hacim derinliği ile oluşmasından ötürü, gereksiz yinelemelerden kaçınmak için, ilk yansımaların etkisi iki bölümde ele alınacaktır.

VI.4.1. 200 ve 300 m³'lük Dersliklerde İlk Yansımalar

İlk yansımaların etkisi incelenirken, kaynakla dinleyici arasındaki uzaklığın yanı sıra, kaynak ve dinleyicinin yükseklik açısından konumlarının da belirlenmesi gereklidir. Bu çalışmada kaynak yüksekliği 1.60 m, dinleyici yüksekliği (oturma durumunda kulak hizası) 1.00 m olarak alınmıştır. Ayrıca konuşmacının (kaynağın), yazı tahtasının 1.00 m önünde ve dinleyici alanı genişliğinin ortasında, yüzü dinleyicilere dönük durumda bulunduğu kabul edilmiştir. İlk yansımalar, kaynakla dinleyiciyi birleştiren doğrudan geçen ve tavan yüzeyine dik bulunan düzlem içinde oluşur. Bu durumda, dolaysız ses, dinleyiciye planda belirlenen yatay uzaklıklardan değil, kesitte belirlenen eğik uzaklıklardan ulaşır. Ancak, aynı yatay uzaklıklarda bulunan noktaların, eğik uzaklıklarının da aynı olacağı açıktır. Bu nedenle planda, kaynaktan aynı yatay uzaklıkta bulunan dinleyiciler belirlenmiştir. Yatay uzaklıkları belirlenen dinleyicilere ulaşan dolaysız ses ve ilk yansımaların uzaklık olarak belirlenmesi ise kesitte görülen eğik uzaklıklarla yapılmıştır. Yani zaman gecikmesi ve yegınlıkların hesaplanmasında kullanılan uzaklıklar eğik uzaklıklardır.



ŞEKİL VI.11. 200 ve 300 m³'lük dersliklerde ilk yansımaları gösteren boy kesit



TABLO VI.31. Kaynak-Dinleyici Uzaklığına Göre Zaman Gecikmeleri ($c = 345 \text{ m/sn}$)

Dik Uzaklık (m)	Eğik Uzaklık (m)	Ulaşma Zamanı (milisn)	İlk Yansıma Uzaklığı (m)	İlk Yansıma Ulaşma Zamanı (milisn)	Zaman Gecikmesi (milisn)
1	1.25	3.62	4.80	13.9	10.28
2	2.15	6.20	4.80	13.9	7.70
3	3.15	9.10	5.20	15.1	6.00
4	4.10	11.90	5.85	17.0	5.10
5	5.10	14.80	6.65	19.3	4.50
6	6.05	17.50	7.35	21.3	3.80
7	7.05	20.40	8.25	23.9	3.50
8	8.05	23.30	9.15	26.5	3.20

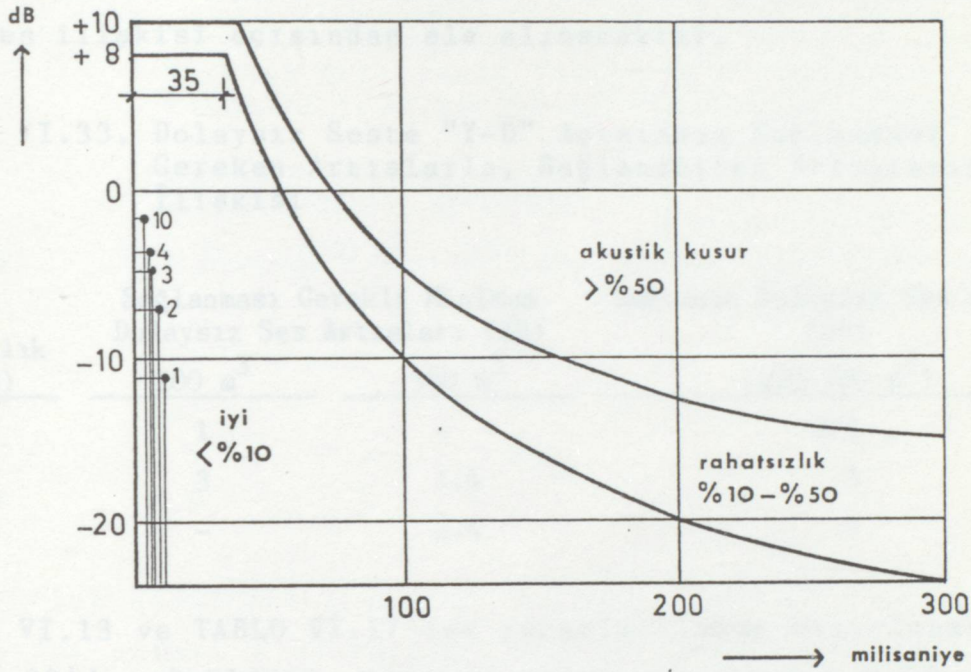
TABLO VI.32. Kaynak Dinleyici Uzaklığına Göre Dolaysız Ses ve İlk Yansıma Yeğinlikleri, Bunların Farkı ve Dolaysız Seste Sağlanan Yeğinlik Artışları (Tavan yutma çarpanı ortalama 0.05)

Dik Uzaklık (m)	Dolaysız Ses yeğ. ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)	Dolaysız Ses yeğ. (dB)	İlk Yansıma Yeğinliği			Yeğin. Farkı dB	Yeğin. Artışı dB
			(Tavana gelen) ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)	Tavandan Yansıyan) ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)	(dB)		
1	2.012	63.0	0.137	0.130	51.2	-11.78	0
2	0.683	58.3	0.3171	0.130	51.2	-7.1	1
3	0.318	55.0	0.119	0.111	50.4	-4.6	1
4	0.188	52.7	0.0923	0.088	49.4	-3.3	1.5
5	0.121	50.8	0.0714	0.068	48.3	-2.5	2
6	0.086	49.3	0.058	0.056	47.5	-1.8	2.5
7	0.064	48.0	0.046	0.044	46.5	-1.5	3
8	0.049	46.8	0.037	0.036	45.5	-1.3	3

VI.4.1.1. İlk Yansımaların Zararlı Etkisi

TABLO VI.31'de yeralan zaman gecikmeleri ve TABLO VI.32.'de yeralan zaman gecikmelerine ait yeğinlik farklarının, ilk

yansımalar açısından "iyi" olarak nitelendirilen bölgede kaldığı ŞEKİL VI.12'de görülmektedir (Bkz. Bölüm V.3).



ŞEKİL VI.12. 200 ve 300 m³'lük dersliklerde, ilk yansımaların rahatsızlık eğrileri ile ilişkisi

Bu durumda, her iki derslikte, hiç bir noktada ilk yansımalar zararlı etki yapmamakta, aksine dolaysız sesin yeğinliğini arttırıcı etki yapmaktadır. Bu ve bundan sonraki hesaplar, tavan gerecinin yutma çarpanının 0.05 olması durumuna göre yapılmıştır (kagir üstü sıvanın ortalama yaklaşık yutuculuğu)(58). Tavanın yutma çarpanının belirlenen değerden daha düşük olması durumunda, ilk yansımının yeğinliği azalacağından, zararlı etki yapma olasılığı yoktur.

SONUÇ 1: Her iki derslikte de, ilk yansımaların zararlı etkisi yoktur.



VI.4.1.2. İlk Yansımaların Yararlı Etkisi

İlk yansımaların yararlı etkisi, öncelikle yayınık-ses-dolaysız ses ilişkisi açısından ele alınacaktır.

TABLO VI.33. Dolaysız Seste "Y-D" Açısından Sağlanması Gereken Artışılarla, Sağlanabilen Artışların İlişkisi

Uzaklık (m)	Sağlanması Gerekli Minimum Dolaysız Ses Artışları (dB)		Sağlanan Dolaysız Ses Artışı (dB) (200-300 m ³)
	200 m ³	300 m ³	
6	1	-	2.5
7	3	1.4	3
8	-	2.4	3

TABLO VI.13 ve TABLO VI.17'den yararlanılarak hazırlanan TABLO VI.33'de görüldüğü, tavanın yutma çarpanının 0.05 olması durumunda, her iki hacimde de, gereken dolaysız ses artışı sağlanabilmekte yani yayınık ses-dolaysız ses düzeyi gereken sınırlar içinde kalmaktadır.

SONUÇ 2: Her iki derslikte de, yayınık-ses-dolaysız ilişkisi açısından gereken dolaysız ses artışı, ilk yansımalarla sağlanabilmektedir.

İlk yansımaların, fon gürültüs-dolaysız ses ilişkisi açısından da etkisinin incelenmesi gereklidir. Konuşmanın anlaşılabilirliğinde, özellikle 1000 Hz'in üzerindeki frekansların önemli olmasından ötürü, ilk yansımalarla dolaysız ses yegİnliğine sağlanacak katkı da, yalnızca 1000 Hz'in üzerindeki frekanslar açısından ele alınacaktır.

Bilindiğı gibi, her iki hacimde de fon gürültüsünün NR 30 ya da NR 35 olması durumunda, önlem alınması gerekmemektedir. Fon gürültüsünün NR 40 olması durumunda ise, TABLO VI.15'ten yararlanılarak belirlenen, gerekli yegİnlik artışları ve sağ-

lanabilen dolaysız ses yeğlilik artış değerleri TABLO VI.34'-te sunulmaktadır.

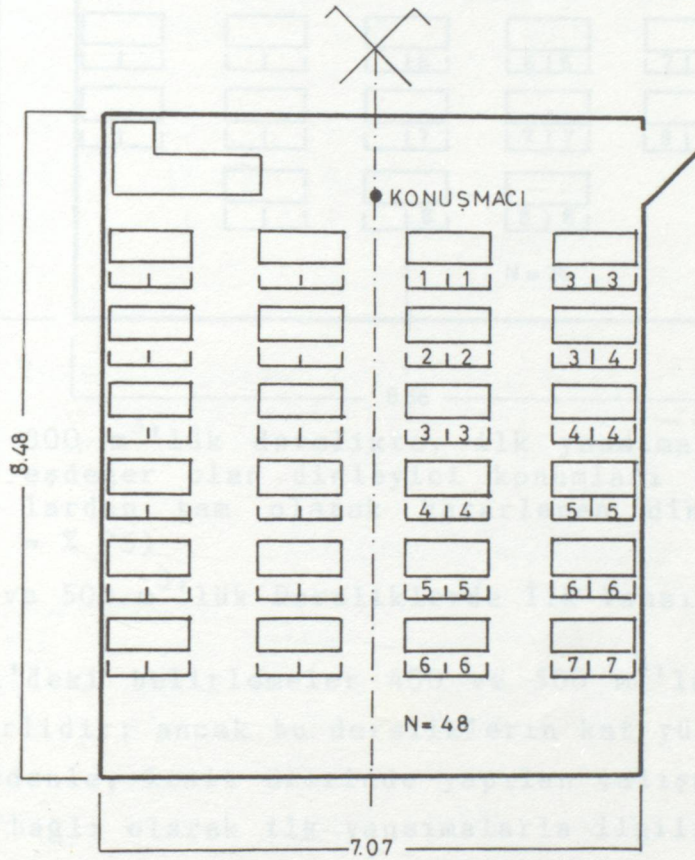
TABLO VI.34. Dolaysız Seste Fon Gürültüsü Açısından Sağlanması Gereken Artışılarla Sağlanabilen Artışların İlişkisi (200 ve 300 m³'lük dersliklerde)

Uzaklık (m)	Frekanslara Göre Sağlanması Gerekli Yeğlilik Artışı(dB)			Sağlanan Yeğlilik Artışı(dB) (Tüm Frekanslarda Ortalama)
	1000 Hz	1500 Hz	2000 Hz	
4	-	-	1	1.5
5	0.5	1.5	3	2
6	1.5	2.5	3	2.5
7	3	4.5	6	3
8	4.5	5.5	7	3

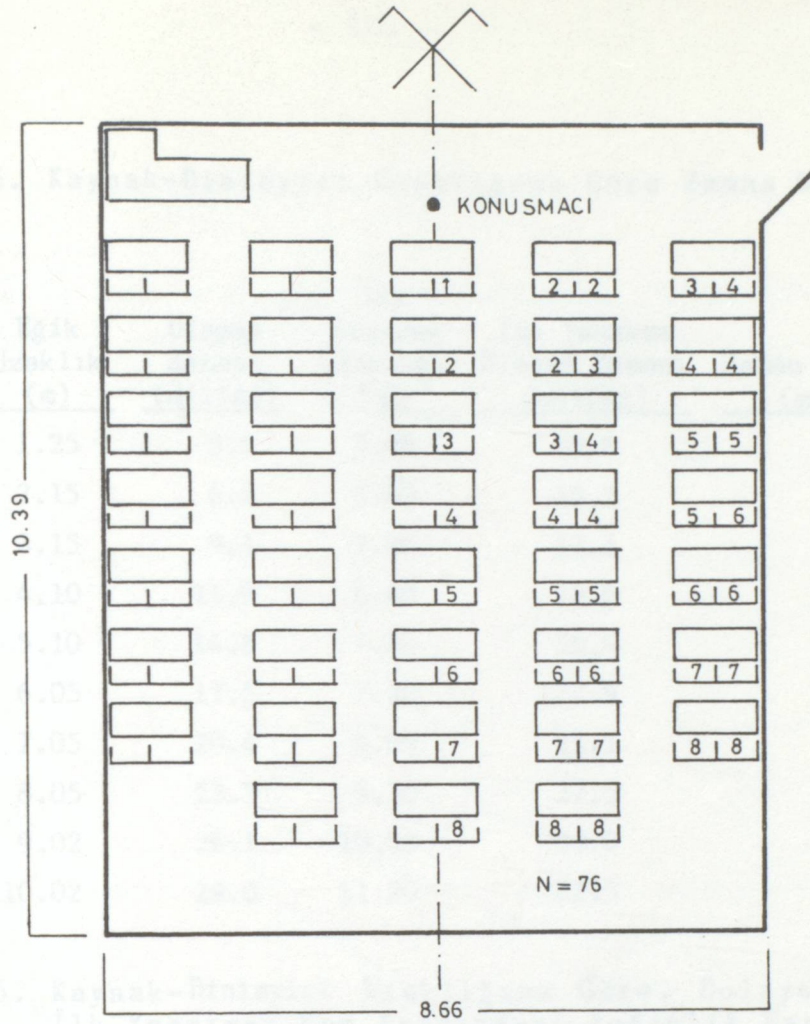
200 m³'lük derslikte dinleyici sınırı 7, 300 m³'lük derslikte dinleyici sınırı 8 metredir. TABLO VI.34.'de görüldüğü gibi, her iki derslikte de, bu sınır değerlerde gereken yeğlilik artışı sağlanamamaktadır. Bilindiği gibi, bu çalışmada fon gürültüsünün yalnızca dolaysız ses yeğliliği ile ilişkisi göz önüne alınmıştır. Oysa fon gürültüsünün yol açtığı maskeleye- de, yayınık sesin de belli bir katkısının olacağı açıktır. Özellikle hacmin arkalarında etkisi artan yayınık ses, toplam sesin fon gürültüsünün üzerine çıkmasına yol açarak anlaşılabilirliği arttıracaktır. Ayrıca incelemenin en olumsuz durum için (fon gürültüsünün en yüksek ve kaynak gücünün en düşük olduğu durum), yapılmış olduğu gözönüne alındığında, bu uç durumlardan herhangi birindeki değişikliğin, belirlenen olumsuzluğu azaltacağı ve hatta giderek ortadan kaldıracağı da açıktır.

SONUÇ 3: Fon gürültüsü dolaysız ses ilişkisi açısından gereken dolaysız ses artışı her iki derslikte de yeterince sağlanamamaktadır. Ancak yine de ilk yansımaların dolaysız ses yeğliliğinde yol açtığı artışlar yararlıdır. Toplam sesin, fon gürültüsünün yol açacağı maskeleye olayında sağlayacağı yarar da gözönüne alındığında, bu dersliklerde, yüksek frekanslarda yeterli anlaşılabilirlik sağlanacaktır.

ŞEKİL VI.13 ve ŞEKİL VI.14'te ilk yansımalar açısından eşdeğer olan dinleyici konumları görülmektedir. Her iki derslikte de, tefriş tasarımları, tüm dinleyicilerin, ilk yansımalarından olabildiğince fazla yararlanmasını sağlayacak şekilde düzenlenmiştir.



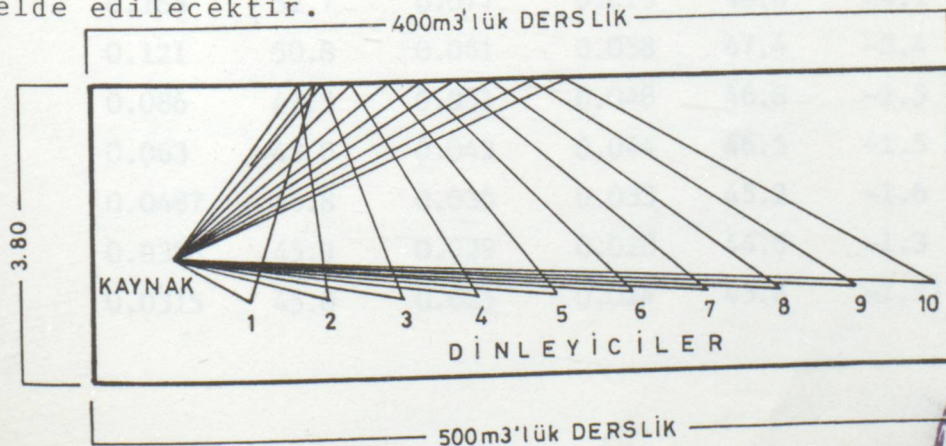
ŞEKİL VI.13. 200 m³'lük derslikte, ilk yansımalar açısından eşdeğer olan dinleyici konumları (ilk yansımalarından tam olarak yararlanan dinleyici oranı = % 92).



ŞEKİL VI.14. 300 m³'lük derslikte, ilk yansımalar açısından eşdeğer olan dinleyici konumları (İlk yansımalarından tam olarak yararlanan dinleyici oranı = % 75)

VI.4.2. 400 ve 500 m³'lük Dersliklerde İlk Yansımalar

Bölüm VI.4.1'deki belirlemeler 400 ve 500 m³'lük derslikler için de geçerlidir; ancak bu dersliklerin kat yüksekliği 3.80 m'dir. Bu nedenle, kesit üzerinde yapılan çalışma, yinelenerek ve buna bağlı olarak ilk yansımalarla ilgili yeni değerler elde edilecektir.



ŞEKİL VI.15. 400 ve 500 m³'lük dersliklerde ilk yansımaları gösteren boy kesit (kat yüksekliği 3.80 m)

TABLO VI.35. Kaynak-Dinleyici Uzaklığına Göre Zaman Gecikmeleri

Dik Uzaklık (m)	Eğik Uzaklık (m)	Ulaşma Zamanı (milisn)	İlk Yansıma Uzaklığı (m)	İlk Yansıma Ulaşma Zamanı (milisn)	Zaman Gecikmesi (milisn)
1	1.25	3.6	5.80	16.8	13.2
2	2.15	6.2	5.60	16.2	10.0
3	3.15	9.1	5.90	17.1	8.0
4	4.10	11.9	6.40	18.6	6.7
5	5.10	14.8	7.20	20.9	6.1
6	6.05	17.5	7.90	22.9	5.4
7	7.05	20.4	8.65	25.1	4.7
8	8.05	23.3	9.50	27.5	4.2
9	9.02	26.1	10.35	30.0	3.3
10	10.02	29.0	11.20	32.5	2.9

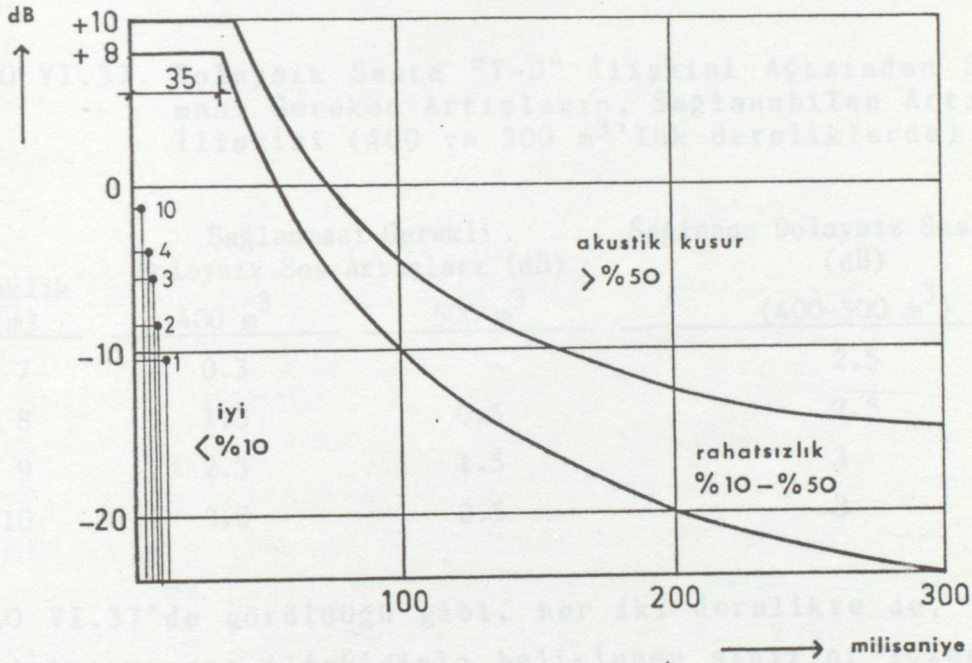
TABLO VI.36. Kaynak-Dinleyici Uzaklığına Göre, Dolaysız Sesle İlk Yansıyan Ses Arasındaki Yeğinlik Farkları ve Dolaysız Seste Sağlanan Yeğinlik Artışı

Dik Uzaklık (m)	Dolaysız Ses yeğ. ($\mu W/m^2$)	Dolaysız Ses yeğ. dB	İlk Yansıma Yeğlinliği			Yeğ. Farkı dB	Yeğ. Artışı dB
			(Tavana gelen) ($\mu W/m^2$)	Tavandan Yansıyan) ($\mu W/m^2$)	dB		
1	2.014	63.0	0.094	0.089	49.5	-13.5	0
2	0.683	58.3	0.101	0.096	49.8	-8.5	0
3	0.318	55.0	0.091	0.086	49.3	-5.7	1
4	0.188	52.7	0.077	0.073	48.6	-4.1	1
5	0.121	50.8	0.061	0.058	47.4	-3.4	1.5
6	0.086	49.3	0.051	0.048	46.8	-2.5	2
7	0.063	48.0	0.042	0.044	46.5	-1.5	2.5
8	0.0487	46.8	0.035	0.033	45.2	-1.6	2.5
9	0.0388	45.9	0.029	0.028	44.6	-1.3	3
10	0.0315	45.0	0.025	0.024	43.8	-1.2)	3



VI.4.2.1. İlk Yansımaların Zararlı Etkisi

TABLO IV.35'te yer alan zaman gecikmeleri ve TABLO IV.35'te yer alan, zaman gecikmelerine ait yegınlık farklarının, ilk yansımalar açısından "iyi" olarak nitelendirilen bölgede kaldığı ŞEKİL VI.16'da görülmektedir.



ŞEKİL VI.16. 400 ve 500 m³'lk derslikler için ilk yansımaların rahatsızlık eğrileri ile ilişkisi

ŞEKİL VI.16.'da da görüldüğü gibi, her iki derslikte, hiçbir noktada ilk yansımalar zararlı etki yapmamakta, aksine dolaysız sesin yegınlığını arttırıcı etki yapmaktadır.

SONUÇ 1: Her iki derslikte de ilk yansımaların zararlı etkisi yoktur.



VI.4.2.2. İlk Yansımaların Yararlı Etkisi

TABLO VI.20 ve TABLO VI.24'ten de yararlanılarak hazırlanan TABLO VI.37'de, 400 ve 500 m³'lük dersliklerde, "yayınık ses-dolaysız ses" ilişkisi açısından, sağlanması gereken dolaysız ses artışları ile tavanın yutma çarpanının 0.05 olması durumunda sağlanan dolaysız ses artışları sunulmaktadır.

TABLO VI.37. Dolaysız Seste "Y-D" İlişkisi Açısından Sağlanması Gereken Artışların, Sağlanabilen Artışlarla İlişkisi (400 ve 500 m³'lük dersliklerde)

Uzaklık (m)	Sağlanması Gerekli Dolaysız Ses Artışları (dB)		Sağlanan Dolaysız Ses Artışı (dB)
	400 m ³	500 m ³	(400-500 m ³)
7	0.3	-	2.5
8	1.3	0.5	2.5
9	2.3	1.5	3
10	3.3	2.5	3

TABLO VI.37'de görüldüğü gibi, her iki derslikte de, yayınık ses-dolaysız ses ilişkisinin belirlenen sınırlar içinde kalmasını sağlayacak dolaysız ses artışları, ilk yansımalar yoluyla sağlanabilmektedir.

SONUÇ 2: Her iki derslikte de, yayınık ses-dolaysız ses ilişkisi açısından gereken dolaysız ses artışı, ilk yansımalarla sağlanabilmektedir.

İlk yansımaların, fon gürültüsü-dolaysız ses ilişkisi açısından da katkısının belirlenmesi gereklidir. Bölüm VI.2.5.2'de belirtilen nedenlerden ötürü, her iki derslikte de, fon gürültüsü NR 30 ya da NR 35 olduğunda önlem almak gerekmemektedir. Fon gürültüsünün NR 40 olması durumunda ise, TABLO VI.22'den yararlanılarak belirlenen, gerekli yeğinlik artışları ve sağlanabilen dolaysız ses yeğinlik artışı değerleri TABLO VI.38'de sunulmaktadır.



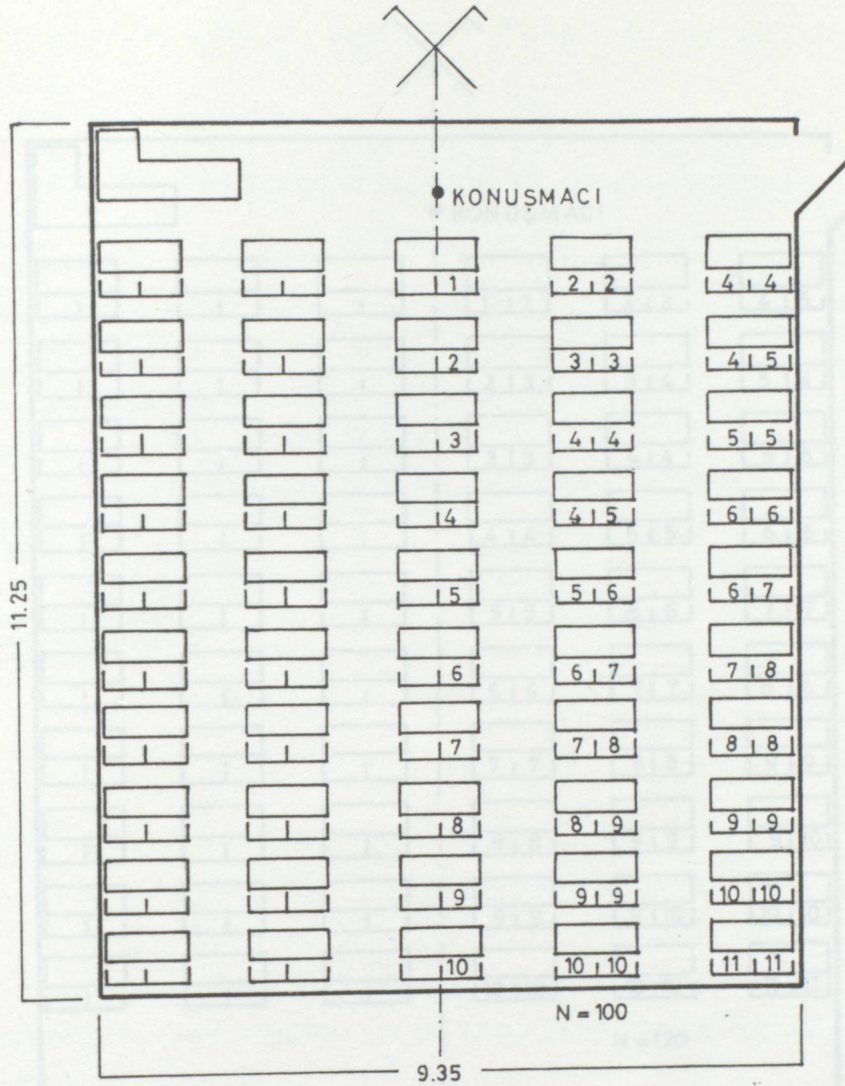
TABLO VI.38. Dolaysız Seste, Fon Gürültüsü Açısından Sağlanması Gereken Artışların, Sağlanabilen Artışlarla İlişkisi (400 ve 500 m³'lük dersliklerde)

Uzaklık (m)	Frekanslara Göre Sağlanması Gerekli Yeğirlik Artışı(dB)			Sağlanan Yeğirlik Artışı(dB) (Tüm Frekanslarda Ortalama)
	1000 Hz	1500 Hz	2000 Hz	
6	-	-	1	2
7	1	2	3	2.5
8	2	3	4	2.5
9	3	4	5	3
10	4	5	6	3

TABLO VI.38'de görüldüğü gibi, 400 ve 500 m³'lük dersliklerde, fon gürültüsünün yarattığı işitsel örtü açısından sağlanması gereken, dolaysız ses yeğirliği artışı, özellikle hacmin arkalarında 1500 Hz'den sonra sağlanamamaktadır. Bölüm VI.4.1.2'de belirtildiği gibi, burada da toplam sesin belli bir katkısının olacağı düşünülebilir. Ancak bu dersliklerde, kaynak gücünün ötekilere oranla yüksek olması ve ayrıca yetersizlik bölgesinde dinleyici oranının büyüklüğü (Bkz. ŞEKİL VI.17-ŞEKİL VI.18), konunun bu hacimlerde üzerinde durulması gereken bir sorun olduğunun göstergesidir.

SONUÇ 3: 400 ve 500 m³'lük dersliklerde, fon gürültüsü-dolaysız ses ilişkisi açısından gereken dolaysız ses artışı, ilk yansımalarla yeterince sağlanamamaktadır. Bu dersliklerde, kaynak gücünün yüksek alınması ve yetersizlik bölgesinin geniş olması da gözönüne alındığında, sorunu çözümleyecek önlemler alınması gerekecektir.

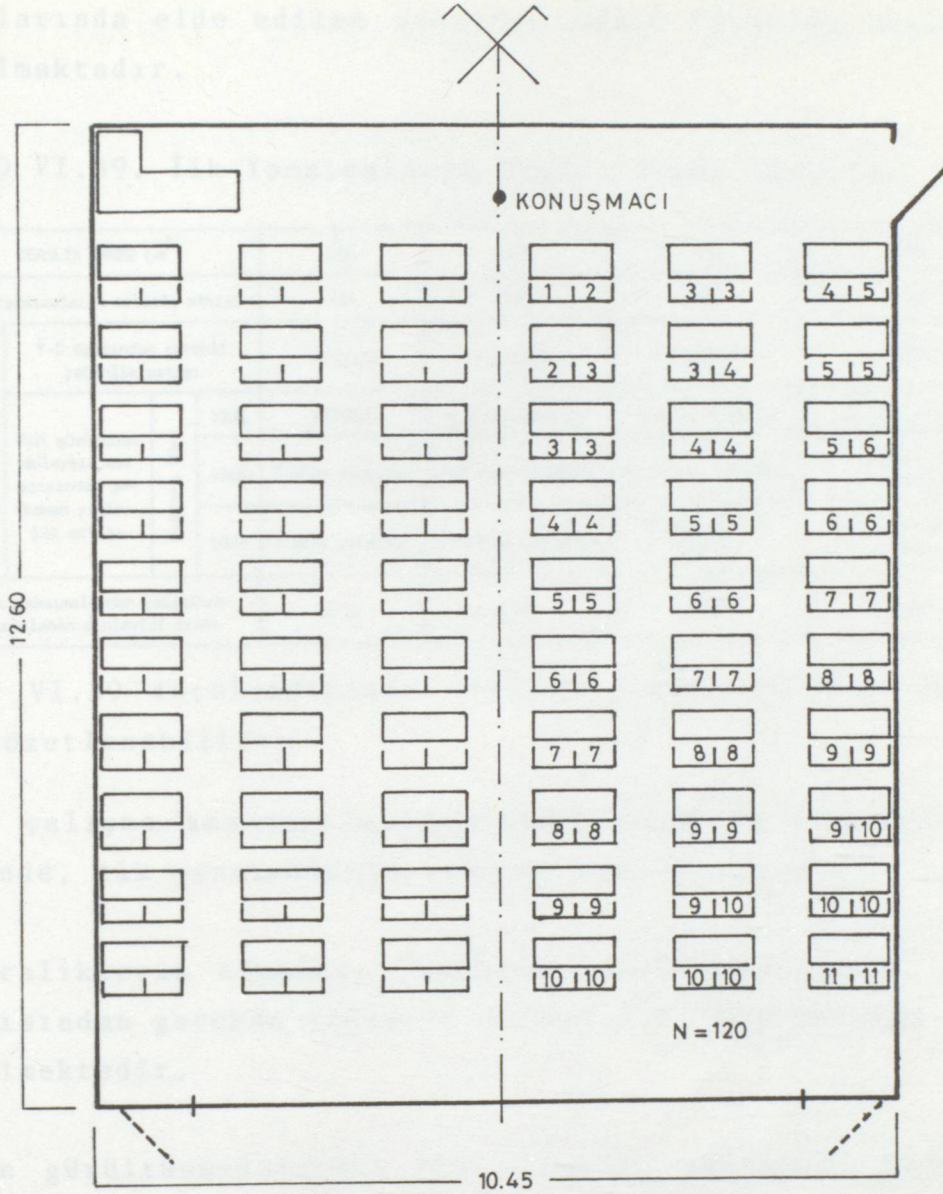




ŞEKİL VI.17. 400 m³'lük derslikte, ilk yansımalar açısından eşdeğer olan dinleyici konumları (İlk yansımalarından tam olarak yararlanan dinleyici oranı = % 62).

ŞEKİL VI.17 ve ŞEKİL VI.18'de, 400 ve 500 m³'lük dersliklerde, ilk yansımalar açısından eşdeğer olan dinleyici konumları görülmektedir. Her iki derslikte de, tefriş tasarımları, tüm dinleyicilerin, ilk yansımalarından olabildiğince yararlanmasını sağlayacak şekilde düzenlenmiştir.





ŞEKİL VI.18. 500 m³'lük derslikte, ilk yansımalar açısından eşdeğer olan dinleyici konumları (İlk yansımalarından tam olarak yararlanan dinleyici oranı = % 60).

VI.4.3. İlk Yansımalarla İlgili Toplu Sonuçlar

Bölüm VI.4'ün başından beri, saptanan büyüklükteki derslikler için ele alınan;

- ilk yansımaların zararlı etkisi,
- ilk yansımaların yararlı etkisi,



konularında elde edilen sonuçlar TABLO VI.39'da toplu olarak sunulmaktadır.

TABLO VI.39. İlk Yansımalarla İlgili Toplu Sonuçlar

DERSLİK HACMİ (m ³)				200	300	400	500
İlk yansımaların zararlı etkisi				YOK	YOK	YOK	YOK
İlk Yansımaların Yararlı Etkisi	Y-D açısından gerekli yegünlük artışı			YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	Fon gürültüsü dolaysız sez açısından ge- reken yegünlük artışı	Frekans (Hz)	1000	YETERLİ	8 m'de yetersiz	10 m'de yetersiz	10 m'de yetersiz
			1500	7 m'de yetersiz	7-8 m'de yetersiz	9-10 m'de yetersiz	9-10-11 m'de yetersiz
			2000	7 m'de yetersiz	7-8 m'de yetersiz	7-8-9-10 m'de yetersiz	7-8-9-10-11 m'de yetersiz
İlk yansılardan yeterince yararlanan dinleyici oranı				% 92	% 75	% 62	% 60

TABLO VI.39 incelendiğinde, ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Bu çalışma kapsamında incelemeye alan dersliklerin hiçbirinde, ilk yansımaların zararlı etkisi yoktur.
- Dersliklerin tümünde, "yayınık ses-dolaysız ses" ilişkisi açısından gereken yeğirlik artışı ilk yansımalarla sağlanabilmektedir.
- Fon gürültüsü-dolaysız ses ilişkisi açısından gereken yeğirlik artışı, genelde hacimlerin tümünde, 1000 Hz'in üstündeki frekanslar için, özellikle hacimlerin arkalarında yeterli olarak sağlanamamaktadır (NR 40 için). Hem seçilen kaynak gücünün en düşük, hem de fon gürültüsünün en yüksek değer olması, ayrıca da öteki koşulların tümüyle sağlanmış olması gözönüne alındığında, 200 ve 300 m³'lük dersliklerde, saptanan yetersizliğin önemli olmadığı kabul edilmiştir. Ancak, 400 ve 500 m³'lük dersliklerde fon gürültüsünün yine en yüksek değer olmasına karşın, kaynak gücü, öteki dersliklerdekinin iki katı olarak alındığından ve 400 ve 500 m³'lük dersliklerde, yetersizlik bölgesi, daha geniş olduğundan, bu dersliklerde başka çözümler aranması gereklidir.

VI.4.4. 400 ve 500 m³'lük Derslikler İçin Öneriler

Bu bölümde, fon gürültüsü-dolaysız ses ilişkisi açısından gereken yeğlilik artışının, ilk yansımalar yoluyla yeterli biçimde sağlanamadığı, 400 ve 500 m³'lük derslikler için çözüm önerileri getirilecek ve bunların gerçekleştirilebilirliği incelenecektir. Ardından önerilen durumlar için, çalışmanın bu bölümüne kadar gerçekleştirilen incelemeler, kısaca yinelenerek ve ortaya çıkan sonuç durumlar sunulacaktır.

VI.4.4.1. 400 m³'lük Derslik İçin Öneriler

ÖNERİ 1: Tefrişi dinleyiciler kaynağa daha yakın olacak biçimde düzenlemek.

- Bu durumda sıra ve iskemle boyutları küçülecek ve sıralar arasındaki boş alanlar azalacaktır. Yani hacmin belli bir bölümünde yoğunluk standartların dışında (Bkz. Bölüm VI.1.) artarken, özellikle hacmin arkalarında kullanımı zor boş alanlar oluşacaktır. Ayrıca gerçek kullanımda, önerilen sıra düzeni rahatlıkla bozulabilecek ve yine istenmeyen durumlar doğabilecektir. Bu nedenlerden ötürü, bu önerinin üzerinde durulmayacak ve buna ilişkin çalışmalar yapılmayacaktır.

ÖNERİ 2: Hacimdeki fon gürültüsünü azaltmak.

- Sorun, fon gürültüsü-dolaysız ses ilişkisinden kaynaklandığından hacimde fon gürültüsünün azaltılması, ilk yansımalarla sağlanması gereken dolaysız ses artışını azaltacağından, rasyonel bir çözüm olabilir. Bu nedenle bu öneri ayrıntılı olarak ele alınıp incelenecektir.



ÖNERİ 2'nin İNCELENMESİ

400 m³'lük derslikteki fon gürültüsü, bu çalışmanın kapsamına giren fon gürültüsü adımlarından olan NR 40'tan NR 35'e indirildiğinde, anlaşılabilirlik açısından yeterli dolaysız ses yegînliğinin sağlanamadığı uzaklık ve frekanslar aşağıda görülmektedir (Bkz. Bölüm VI.2.5.2., ŞEKİL VI.9).

(a) 1000 Hz 1500 Hz 2000 Hz (Din Frekanslarda Ortalama)

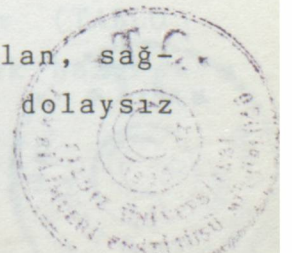
<u>Uzaklık</u>	<u>1000</u>	<u>1500</u>	<u>2000</u>
9 m	-	-	+2
10 m	-	-	+1

Bölüm VI.2.5.2., SONUÇ 4'te belirtildiği gibi, bu durumda dolaysız ses fon gürültüsü ilişkisi açısından önlem almak gerekmemektedir. Ancak, üzerinde durulması gereken konu, bu değerlerin kaynak gücünün iki katına çıkması ile elde edilen değerler olduğudur. Bu durumda, hem kaynak gücü iki katına çıkarılmış, hem de fon gürültüsü NR 35'e indirilmiş olmaktadır ki, bu önlemleri belli oranda zorlamak olarak düşünülebilir. Bu nedenle, fon gürültüsü NR 35 iken, kaynak gücünün iki katına çıkarılmadan önceki durumu (yani 39.69 µW) incelemekte yarar görülmüştür. Buna göre yeterli dolaysız ses yegînliğinin sağlanamadığı uzaklık ve frekanslar TABLO VI.40'da görüldüğü gibidir.

TABLO VI.40. Yeterli Dolaysız Sesin Sağlanamadığı Uzaklık ve Frekanslar (D-NR 35 cinsinden)

<u>Uzaklık (m)</u>	<u>1000</u>	<u>1500</u>	<u>2000</u>
7	-	-	+2
8	+2	+2.5	+1
9	+2	+1	0
10	+1	0	-1

TABLO VI.40 ve TABLO IV.36'ya bağlı olarak oluşturulan, sağlanması gerekli yegînlik artışları ve sağlanabilen dolaysız



ses artış değerleri ise TABLO VI.41'de sunulmaktadır.

TABLO VI.41. Dolaysız Seste, Fon Gürültüsü Açısından Sağlanması gereken artışların, Sağlanabilen Artışlarla İlişkisi

Uzaklık (m)	Frekanslara Göre Sağlanması Gerekli Yeğinalık Artışı(dB)			Sağlanan Yeğinalık Artışı(dB) (Tüm Frekanslarda Ortalama)
	1000 Hz	1500 Hz	2000 Hz	
7	-	-	1	2.5
8	1	0.5	2	2.5
9	1	2	3	3
10	2	3	4	3

TABLO VI.41'de görüldüğü gibi, kaynak gücünün bu çalışma için belirlenen en düşük değerde ve fon gürültüsünün NR 35 olması durumunda, fon gürültüsü-dolaysız ses yeğinalığı açısından gereken artış, ilk yansımalar yoluyla, büyük oranda sağlanabilmektedir.(İlk yansımalarından tam olarak yararlanan dinleyici oranı % 80.)

Ancak bu koşullar için, çalışmanın bu bölümüne değin incelenen konuların kısaca ele alınması, varsa olumsuzlukların belirlenmesi ve olabiliyorsa bunların giderilmesi gereklidir.

Bölüm VI.2.5.1. SONUÇ 1'de belirlenen, toplam yutuculuk olan 1,5 A (110 Sabine), fon gürültüsünün NR 35'e indirilmesi dolayısıyla, 2 A (148 Sabine) olarak değiştirilebilir. Bu durumda hem her uzaklıkta yeterli yeğinalık sağlanmış olacak, hem de özellikle arkalarındaki dolaysız ses oranı artacaktır, (Bkz. Bölüm VI.2.5.1. SONUÇ 2).

Toplam yutuculuk 2A olduğunda, "yayınık ses-dolaysız ses" açısından sağlanması gereken ve ilk yansımalarla sağlanan dolaysız ses artışları TABLO VI.42'de sunulmaktadır (TABLO VI.42; TABLO VI.20 ve TABLO VI.37'den yararlanılarak hazırlanmıştır).



TABLO VI.42. Dolaysız Seste, "Y-D" Açısından Gereken Artışların, Sağlanabilen Artışlarla İlişkisi

Uzaklık (m)	Sağlanması Gerekli Dolaysız Ses Artışları (dB)	Sağlanan Dolaysız Ses Artışı (dB)
8	0.3	2.5
9	1.3	3.0
10	2.3	3.0

Tabloda görüldüğü gibi, "yayınık ses-dolaysız ses" ilişkisinin belirlenen sınırlar içinde kalmasını sağlayacak, dolaysız ses artışları, ilk yansımalar yoluyla fazlasıyla sağlanabilmektedir.

Bu incelemelere göre, 400 m³'lük derslikte;

- kaynak gücünün 39,69 μ W,
- fon gürültüsünün NR 35,
- toplam yutuculuğun 148 Sabine,
- yansıma süresinin 0.43 sn,

olması durumunda çalışmanın bu bölümüne değin ele alınan konuların yeterli anlaşılabilirlik açısından gerektirdiği koşullar sağlanabilmektedir.

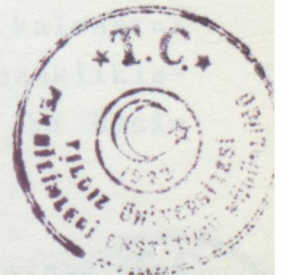
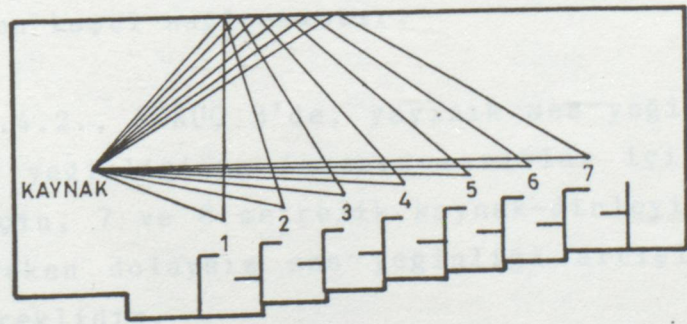
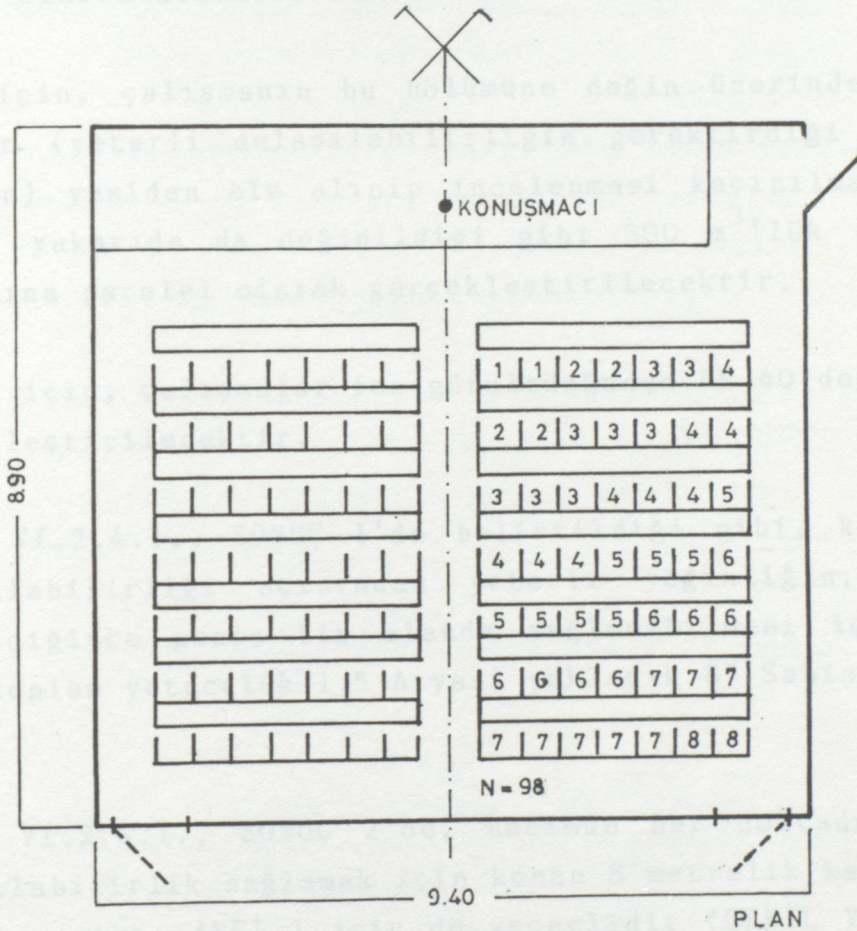
ÖNERİ 3: Dersliği anfi şeklinde yeniden biçimlendirmek.

- Bu durumda, hacimde gereksiz yoğunluk artışına neden olunmadan, dinleyici-konuşmacı uzaklığı azalacağından, hem dinleyicilerin dolaysız sestten daha çok yararlanması sağlanacak hem de ilk yansımaların yararlı etkisinden yararlanma artacaktır. Ancak, bu durumda hacim boyutları ve büyüklüğü de değişebilecektir. Bu nedenle bu önerinin de ayrıntılı olarak ele alınıp incelenmesi uygun görülmüştür.



ÖNERİ 3'ün İNCELENMESİ

Öneri 3'ün incelenmesinde, öncelikle ele alınması gereken konu, dersliğin anfi şeklinde biçimlendirilmesi sonucunda ortaya çıkacak yeni boyutlar ve büyüklüğün belirlenmesidir. Bu nedenle yapılan bir tasarım örneği ŞEKİL VI.19'da sunulmaktadır.

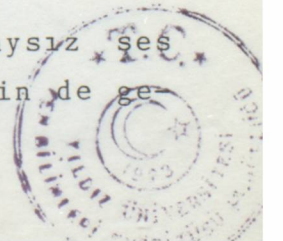


ŞEKİL VI.19. 400 m³'lük dersliğin anfi şeklinde biçimlendirilmesi örnek tasarımı ve ilk yansımalar ile ilk yansımalar açısından eşdeğer olan dinleyici konumları (ilk yansımalarından tam olarak yararlanan dinleyici oranı = % 80)

ŞEKİL VI.19'da görüldüğü gibi, 400 m^3 'lük yani 100 kişilik derslik, anfi şeklinde biçimlendirildiğinde, hacmi yaklaşık olarak 298 m^3 'e inmektedir. Bu durumda, bu derslik için (yaklaşık olarak) 300 m^3 'lük dersliğin koşullarının geçerli olacağı kabul edilebilir. (Karışıklığa yol açmamak için, çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde; 298 m^3 'lük anfi derslik "ANFİ 1" olarak adlandırılacaktır.)

ANFİ 1 için, çalışmanın bu bölümüne değin üzerinde durulan konuların (yeterli anlaşılabilirliğin gerektirdiği koşullar açısından) yeniden ele alınıp incelenmesi kaçınılmazdır. Bu çalışma, yukarıda da değinildiği gibi 300 m^3 'lük dersliğin koşullarına paralel olarak gerçekleştirilecektir.

- ANFİ 1 için, çalışmalar fon gürültüsünden NR 40 değeri için gerçekleştirilecektir.
- Bölüm VI.2.4.1., SONUÇ 1'de belirtildiği gibi, konuşmanın anlaşılabilirliği açısından yeterli yeğinliğin, hacimde olabildiğince geniş bir alanda sağlanabilmesi için, ANFİ 1'de toplam yutuculuk 1,5 A yani yaklaşık 87 Sabine olmalıdır.
- Bölüm VI.2.4.1., SONUÇ 2'de, hacimde her noktada yeterli anlaşılabilirlik sağlamak için konan 8 metrelik kaynak-dinleyici sınırı, ANFİ 1 için de geçerlidir (ŞEKİL VI.19'daki tasarımda bu koşul sağlanmıştır).
- Bölüm VI.2.4.2., SONUÇ 3'de, yayınlık ses yeğinliği ile dolaysız ses yeğinliğinin istenen sınırlar içinde kalmasını sağlamak için, 7 ve 8 metrelik kaynak-dinleyici uzaklıklarında, gereken dolaysız ses yeğinliği artışları bu hacim için de gereklidir.
- Bölüm VI.2.4.2., SONUÇ 4'de, fon gürültüsü-dolaysız ses ilişkisi açısından belirlenen sonuçlar, ANFİ 1 için de geçerlidir.



- ANFİ 1 için maskelemeye yol açmayan optimum yansışım süreleri aşağıdaki gibidir:

TABLO VI.43. ANFİ 1 İçin Maskelemeye Yol Açmayan Optimum Yansışım Süreleri

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Topt. (sn)	0.4	0.5	0.55	0.55	0.55	0.55

- ANFİ 1'de, DENKLEM VI.6.'ya göre belirlenen yansıma sayısı 46, DENKLEM VI.8.'e göre belirlenen ortalama yutuculuk 0.182'dir. Bu nedenle bu derslikte de yansışım süresi hesaplarında Eyring formülü kullanılmalıdır.
- BÖLÜM VI.4.1.'de, ilk yansımaların yararlı ve zararlı etkisinin saptanması için gerçekleştirilen çalışmaların, hacim biçimindeki değişiklikten ötürü, yinelenmesi gereklidir, (Bkz. ŞEKİL VI.19).

TABLO VI.44. Kaynak Dinleyici Uzaklığına Göre Zaman Gecikmeleri

Sıra (No)	Eğik Uzaklık (m)	Ulaşma Zamanı (milisn)	İlk Yansıma Uzaklığı (m)	İlk Yansıma Ulaşma Zamanı (milisn)	Zaman Gecikmesi (milisn)
1	1.90	5.5	5.20	15.1	9.6
2	2.65	7.7	5.25	15.2	7.5
3	3.45	10.0	5.50	15.9	5.9
4	4.20	12.2	5.90	17.1	4.9
5	5.00	14.5	6.45	18.7	4.2
6	5.80	16.8	7.10	20.6	3.8
7	6.60	19.1	7.70	22.3	3.2
8	7.35	21.3	8.20	23.8	2.5



TABLO VI.45. Kaynak Dinleyici Uzaklığına Göre Dolaysız Ses ve İlk Yansıma Yeğinalikleri, Bunların Farkı ve Dolaysız Seste Sağlanan Yeğinalik Artışları (Kaynak gücü 39,69 μ W)

Dik Uzaklık (m)	Dolaysız Ses yeğ. (μ W/m ²)	Dolaysız Ses yeğ. (dB)	İlk Yansıma Yeğinalığı			Yeğinal. Farkı dB	Yeğinal. Artışı dB
			(Tavana gelen) (μ W/m ²)	Tavandan Yansıyan) (μ W/m ²)	dB		
1	0.8749	59.4	0.1168	0.1110	50.4	-9	-
2	0.4498	56.5	0.114	0.108	50.1	-6.5	1
3	0.265	54.2	0.104	0.099	50.0	-4.2	1
4	0.179	52.5	0.090	0.086	49.3	-3.2	1.5
5	0.1263	51.0	0.075	0.0721	48.6	-2.4	2
6	0.0939	49.7	0.062	0.059	47.8	-1.9	2.5
7	0.0725	48.6	0.053	0.050	47.0	-1.6	3
8	0.058	47.7	0.047	0.04	46.5	-1.2	3

TABLO VI.44 ve TABLO VI.45'te belirlenen değerlere göre ANFİ 1'de, ilk yansımaların zararlı etkisi yoktur, (Bkz. Bölüm VI.4.1.1., SONUÇ 1).

TABLO VI.45.'te belirlenen yeğinalik artışları, TABLO VI.32'de belirlenen değerlerle aynı olduğundan, Bölüm VI.4.1.2.'de belirlenen SONUÇ 2 ve SONUÇ 3, ANFİ 1 için de geçerlidir. Yani, incelenen koşullarda, ANFİ 1 için gereken dolaysız ses yeğinalığı artışı sağlanmaktadır(*) (Bkz. ŞEKİL VI.19).

ÖNERİ 4: Hacimde seslendirme yapmak

- Bu durumda, yeterli anlaşılabilirlik için gereken koşullar, özenli bir seslendirme ile sağlanabilecektir. Ancak, seslendirmeden beklenen verimin elde edilmesi için, alınması gereken pek çok önlem olduğu da unutulmamalıdır (Bu konu ile ilgili ayrıntıları

(*) Derslik, anfi şeklinde tasarlandığında, ilk yansımalarından yeterince yararlanılabilmesi için tavanın eğimli olması gereklidir.



bilgi BÖLÜM VIII'de yer almaktadır).

VI.4.4.2. 500 m³'lük Derslik İçin Öneriler

ÖNERİ 1: Tefrisi, dinleyiciler kaynağa daha yakın olacak biçimde düzenlemek.

- Bu durumda Bölüm VI.4.4.1. ÖNERİ 1'de yapılan açıklamalar geçerli olduğundan, bu önerinin üzerinde durulmayacaktır.

ÖNERİ 2: Hacimde fon gürültüsünü azaltmak.

ÖNERİ 2'nin İNCELENMESİ

500 m³'lük derslikte, fon gürültüsü NR 40'dan NR 35'e indirildiğinde, fon gürültüsü-dolaysız ses ilişkisi değerleri, TABLO VI.40. ve TABLO VI.41'de, 400 m³'lük derslik için elde edilen değerlerle aynıdır, (Fon gürültüsü NR 35'e indirildiğinde, bu hacimde de kaynak gücü Kl'e göre hesap yapılmıştır). Bu durumda, 400 m³'lük derslikte olduğu gibi, 500 m³'lük derslikte de, fon gürültüsü-dolaysız ses yegınlığı açısından gereken artış, ilk yansımalar yoluyla sağlanabilmektedir (İlk yansımalarından tam olarak yararlanan dinleyici oranı = % 84).

Ancak 500 m³'lük derslikteki bu yeni koşullar için (fon gürültüsü NR 35, Kaynak gücü 39.69 μ W), çalışmanın, bu bölümüne değin üzerinde durulan konuların yeniden ele alınması gerekmektedir.

- Bölüm VI.2.6.1. SONUÇ 1'de belirlenen, toplam yutuculuk 1.5 A (131 Sabine), fon gürültüsünün NR 35'e indirilmesi dolayısıyla, 2A (180 Sabine) olarak değiştirilebilir. Bu durumda hem her uzaklıkta yeterli yegınlık sağlanmış olacak hem de özellikle hacmin arkalarındaki dolaysız ses oranı



artacaktır (Bkz. Bölüm VI.2.6.2., SONUÇ 2).

- Toplam yutuculuk 2A olduğunda, "yayınık ses-dolaysız ses" açısından sağlanması gereken ve ilk yansımalarla sağlanan dolaysız ses artışları TABLO VI.46.'da sunulmaktadır, (TABLO VI.46.; TABLO VI.24. ve TABLO VI.37.'den yararlanılarak hazırlanmıştır).

TABLO VI.46. Dolaysız Seste, "Y-D" Açısından Sağlanması Gereken Artışların, Sağlanabilen Artışlarla İlişkisi(400 m³'lük Derslik ÖNERİ 2 İçin)

Uzaklık (m)	Sağlanması Gerekli Dolaysız Ses Artışları (dB)	Sağlanan Dolaysız Ses Artışı (dB)
9	0.5	3
10	1.5	3

TABLO VI.46.'da görüldüğü gibi "yayınık ses-dolaysız ses" ilişkisinin, belirlenen sınır içinde kalmasını sağlayacak dolaysız ses artışları, ilk yansımalarla rahatlıkla sağlanabilmektedir.

- 500 m³'lük derslikte, toplam yutuculuğun 2A olması durumunda maskelemeye yol açmayan yansıma süreleri TABLO VI.47.'de görüldüğü gibidir.

TABLO VI.47. 500 m³'lük Derslik ÖNERİ 2 için, Maskelemeye Yol Açmayan Optimum Yansıma Süreleri

Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Topt. (sn)	0.4	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44

Bu incelemelere göre, 500 m³'lük derslikte;

- kaynak gücünün 39.69 μ W,
- fon gürültüsünün NR 35,
- toplam yutuculuğun 180 Sabine,
- yansıma süresinin 0.44 sn



olması durumunda, çalışmanın bu bölümüne değin ele alınan konuların yeterli anlaşılabilirlik açısından gerektirdiği koşullar sağlanabilmektedir.

ÖNERİ 3: Dersliği anfi şeklinde yeniden biçimlendirmek.

ÖNERİ 3'ün İNCELENMESİ

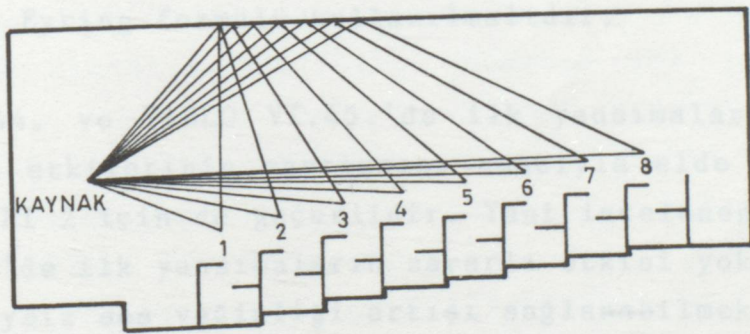
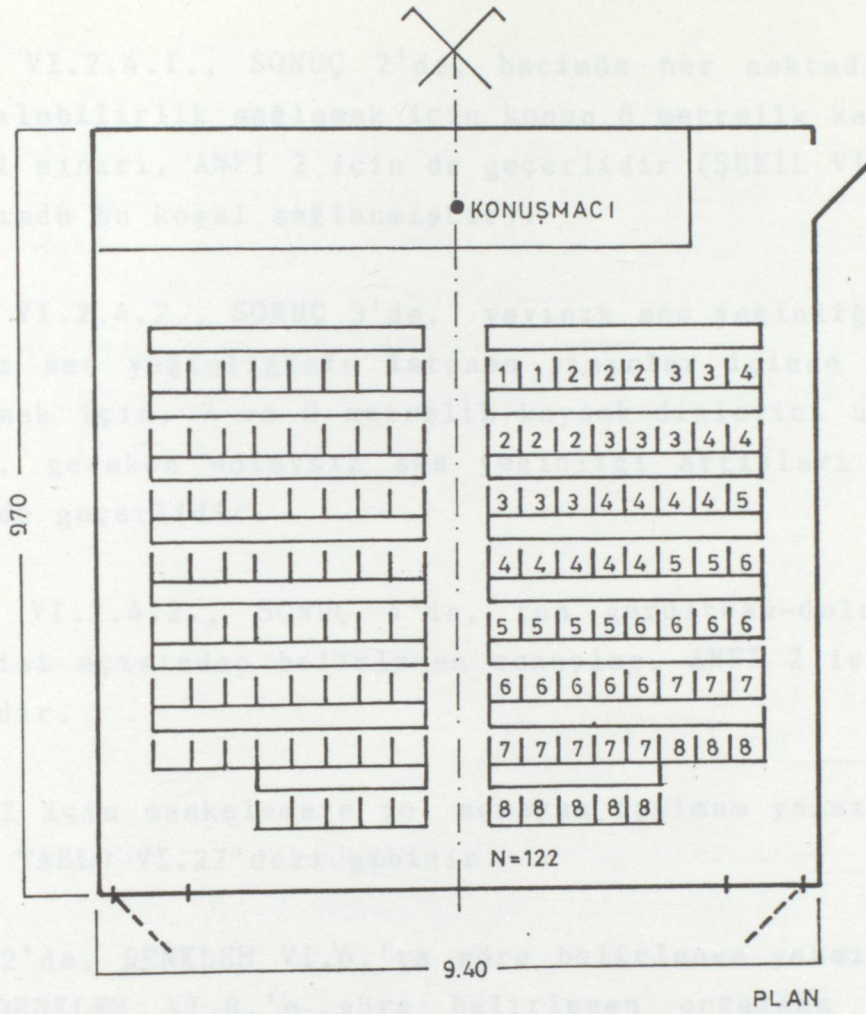
500 m³'lük yani yaklaşık 125 kişilik dersliğin anfi şeklinde biçimlendirilmesi ile ilgili bir tasarım örneği ŞEKİL VI.20'-de sunulmaktadır.

ŞEKİL VI.20'de görüleceği gibi, 500 m³'lük yani 125 kişilik derslik anfi şeklinde biçimlendirildiğinde, hacmi yaklaşık olarak 320 m³'e inmektedir. Bu durumda, bu derslik için 300 m³'lük dersliğin koşulları geçerlidir. (Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde, 300 m³'lük anfi derslik, "ANFİ 2" olarak adlandırılacaktır.)

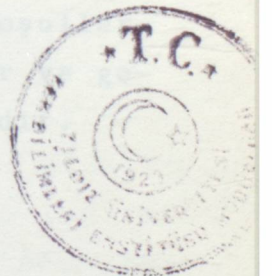
Bölüm VI.4.4.1., ÖNERİ 3'te belirlenen ANFİ 1 ile, ANFİ 2'nin pek çok özelliği birbirine koşuttur. Yine de, ANFİ 2 için, çalışmanın bu bölümüne değin üzerinde durulan konuların yeniden ele alınıp gözden geçirilmesi gereklidir. Ancak, yukarıda değinilen koşutluğun gerçekleştiği durumlarda, gereksiz yinelenmelerden kaçınmak için, çalışmalar gönderme yoluyla yapılacaktır.

- ANFİ 2 için, çalışmalar fon gürültüsünün NR 40 değeri için gerçekleştirilecektir.
- Bölüm VI.2.4.1., SONUÇ 1'de belirtildiği gibi, konuşmanın anlaşılabilirliği açısından yeterli yenginliğin, hacimde olabildiğinde geniş bir alanda sağlanabilmesi, ANFİ 2'de toplam yutuculuk 1,5 A yani yaklaşık 93 Sabine olmalıdır.





KESİT



İlk yansımalarından tam olarak yararlanan dinleyici oranı= % 75

ŞEKİL VI.20. 500 m³'lük dersliğin anfi şeklinde biçimlendirilmesi örnek tasarımı ve ilk yansımalar ile ilk yansımalar açısından eşdeğer olan dinleyici konumları.

- Bölüm VI.2.4.1., SONUÇ 2'de, hacimde her noktada yeterli anlaşılabilirlik sağlamak için konan 8 metrelik kaynak-dinleyici sınırı, ANFİ 2 için de geçerlidir (ŞEKİL VI.20.'deki tasarımda bu koşul sağlanmıştır).
- Bölüm VI.2.4.2., SONUÇ 3'de, yayınık ses yenginliği ile dolaysız ses yenginliğinin istenen sınırlar içinde kalmasını sağlamak için, 7 ve 8 metrelik kaynak-dinleyici uzaklıklarında, gereken dolaysız ses yenginliği artışları bu hacim için de geçerlidir.
- Bölüm VI.2.4.2., SONUÇ 4'de, fon gürültüsü-dolaysız ses ilişkisi açısından belirlenen sonuçlar, ANFI 2 için de geçerlidir.
- ANFİ 2 için maskelemeye yol açmayan optimum yansıım süreleri, TABLO VI.27'deki gibidir.
- ANFİ 2'de, DENKLEM VI.6.'ya göre belirlenen yansım sayısı 44, DENKLEM VI.8.'e göre belirlenen ortalama yutuculuk 0.169'dur. Bu nedenle bu derslikte de yansıım süresi hesaplarında Eyring formülü kullanılmalıdır.
- TABLO VI.44. ve TABLO VI.45.'de ilk yansımaların zararlı ve yararlı etkilerinin saptanması amacıyla elde edilen değerler, ANFI 2 için de geçerlidir. Yani incelenen koşullarda, ANFİ 2'de ilk yansımaların zararlı etkisi yoktur ve gereken dolaysız ses yenginliği artışı sağlanabilmektedir.

ÖNERİ 4: Hacimde seslendirme yapmak

- Bu durumda, yeterli anlaşılabilirlik için gereken koşullar özenli bir seslendirme ile sağlanabilir. Ancak seslendirmeden beklenen verimin elde edilmesi için, alınması gereken pek çok önlem olduğu da unutulmamalıdır (Bkz. Bölüm VIII).



VI.5. VARLIK KRİTERİ

İşitsel algılamanın yeterli olabilmesi için, dinlemeye yönelik her durumda, dinleyicinin, yalnızca işitsel algılama ile, kaynağın yerini belirleyebilmesi de gereklidir. Bölüm V.4.'te belirtildiği gibi, kapalı mekanlarda insan, ses kaynağının yerini, dolaysız ses ile yansımış sesin oranına göre belirler. Bir hacimde kişinin, kaynağın yerini belirleme koşulu aşağıdaki gibidir:

$$Q = \frac{\pi d^2 T_{60}}{V} < 15 \quad \text{DENKLEM VI.9}$$

d = kaynak-dinleyici uzaklığı (m)

T₆₀ = yansıma süresi (sn)

V = hacim (m³)

DENKLEM VI.9'daki Q büyüklüğü 15'e eşitlendiğinde, elde edilen "d" uzaklığı, incelenen hacimde varlık kriterini sınırlayan alanı belirler. Varlık kriterinin sağlandığı alan, çoğunlukla hacmin tümünü kapsamaz. Bu nedenle de dolaysız sesin yeğinliğinin arttırılması gerekir. Ancak, dolaysız ses yeğinliğinde sağlanan artışın etkisini, DENKLEM VI.9.'dan yararlanarak görmek olanaklı değildir. Dolaysız ses yeğinliğinde sağlanan artışın etkisini belirleyebilmek için bu çalışmada dolaylı bir yöntem kullanılmıştır. Bölüm VI.2.'de dersliklerde, değişik toplam yutuculuklar ve uzaklıklar için belirlenen toplam yeğinlikleri gösteren tablolarda, Q=15 için belirlenen uzaklıklardaki "yayınık ses yeğinliği-dolaysız ses yeğinliği" değerinin, her yutuculuk ve hacim için sabit bir değer olduğu saptanmıştır. Y-D=5.8 dB olarak belirlenen bu değer varlık kriterini sınırlayan değer olduğu açıktır (Bkz. Ek IV). Bu nedenle, Y-D (yayınık ses düzeyi-dolaysız ses düzeyi) değerinin yaklaşık olarak 6 dB'den fazla olduğu uzaklıklar belirlenecek ve bu uzaklıklar için dolaysız ses yeğinliğinde (yansımalarla sağlanan) sağlanan artışlarla, "Y-D", istenen si-



nıra indirilecektir. Bu çalışma doğal olarak, dersliklerin, çalışmanın bu bölümüne kadar saptanan, olması gereken özellikleri taşıdığı koşuluna göre gerçekleştirilecektir.

VI.5.1. 200 m³'lük Derslikte Varlık Kriteri

200 m³'lük derslik için Bölüm IV.2.3.1.'de saptanan toplam yutuculuğa bağlı olarak elde edilen, "d" uzaklığı aşağıdaki gibidir.

200 m³'lük derslikte olması gereken toplam yutuculuk A=64 Sabine

$$Q = \frac{16 \pi d^2}{A} \quad d^2 = \frac{15 A}{16} \quad d = 4.37 \text{ m}$$

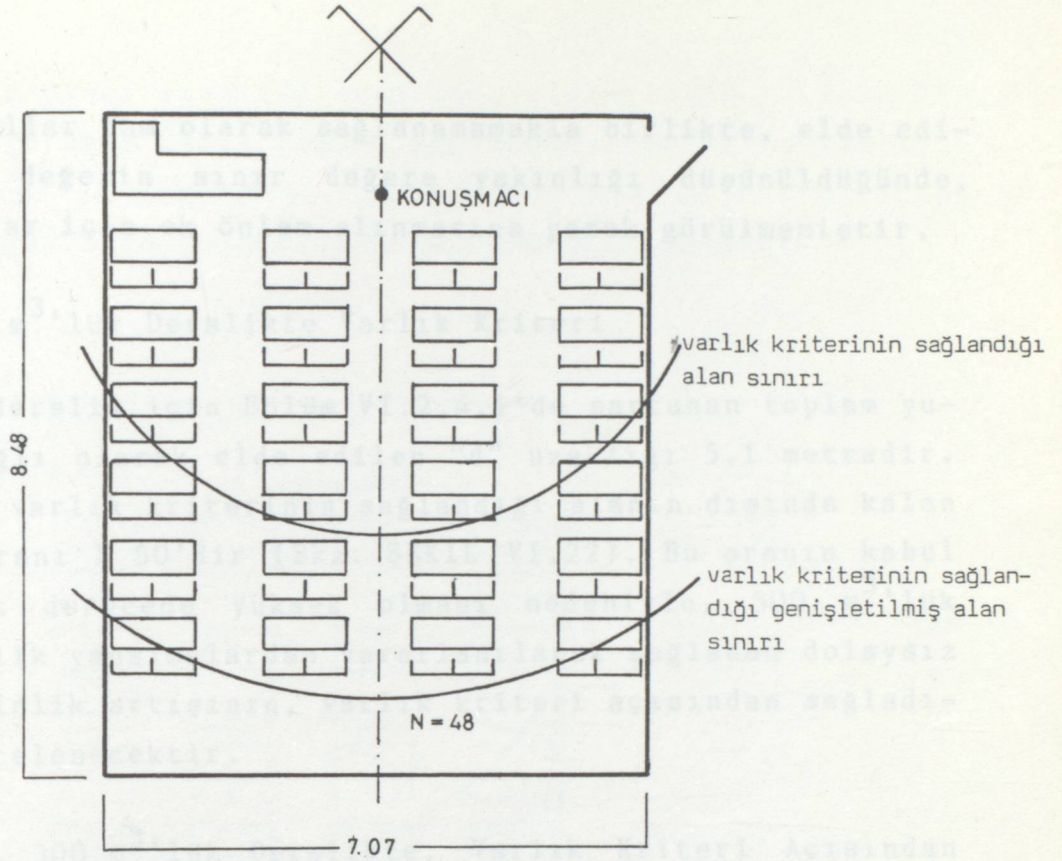
Bu durumda, varlık kriterinin sağlandığı alanın dışında kalan dinleyici oranı % 46'dır (Bkz. ŞEKİL VI.21). Bu oranın kabul edilemeyecek derecede yüksek olması nedeniyle, ilk yansımalarla yararlanılarak sağlanan dolaysız sesteki yeginalik artışının, varlık kriteri açısından sağladığı yarar incelenecektir.

TABLO VI.48. 200 m³'lük Derslikte, Varlık Kriteri Açısından Gereken Dolaysız Ses Yeginalığı Artışlarının, İlk Yansımalarla Sağlanan Artışlarla İlişkisi

Uzaklık (m)	Y-D (dB)	Gereken Artış (dB)	Sağlanan Artış (dB)
4	5	-	-
5	7	1	2
6	8	2	2
7	10	4	3

TABLO VI.12. ve TABLO VI.33(*)'den de yararlanılarak hazırlanan TABLO VI.48'de görüldüğü gibi, 200 m³'lük derslikte yalnızca kaynak-dinleyici uzaklığı 7 m olduğunda, dolaysız seste gereken artış sağlanamamaktadır.

(*) İlk yansımalarla yeginalığı artırma konusu ve sağlanabilen Bölüm VI.4.'de ele alındığından burada yinelenmemiştir.



ŞEKİL VI.21. 200 m³'lük derslikte, varlık kriterinin sağlandığı alanın, dinleyici sayısı ile ilişkisi.

Toplam Dinleyici Sayısı = 48

Genişletilmiş Varlık kriteri alanındaki dinleyici sayısı = 44

Genişletilmiş Varlık kriteri alanındaki dinleyici oranı = % 92

ŞEKİL VI.21.'de, varlık kriterin sağlandığı alanın, dinleyici sayısı ile ilişkisi görülmektedir. İlk yansımalarla dolaysız ses yenginliğinin artması sonucunda, varlık kriterin sağlandığı alanın dışında kalan dinleyici oranı % 41'den % 8'e inmektedir. Yani 200 m³'lük derslikte, ilk yansımalarla yeterince yararlanıldığında, dinleyicilerin yalnızca % 8'inde, varlık kriteri için gereken koşul sağlanamamaktadır. Ancak bu % 8'lik dinleyici kitlesinde de Y-D farkının 10 dB'den 7 dB'e indirilerek, sınır değer olan 6 dB'e yaklaştırıldığı da unutulmamalıdır.

SONUÇ: 200 m³'lük derslikte, varlık kriteri alanın genişletilebilmesi için, dolaysız ses yenginliği ilk yansımalarla arttırılmalıdır. Bu durumda, varlık kriteri alanı dışında kalan % 8'lik dinleyici kitlesi için, gereken



koşullar tam olarak sağlanamamakla birlikte, elde edilen değerin sınır değere yakınlığı düşünüldüğünde, bunlar için ek önlem alınmasına gerek görülmemiştir.

VI.5.2. 300 m³'lük Derslikte Varlık Kriteri

300 m³'lük derslik için Bölüm VI.2.4.1'de saptanan toplam yutuculuğa bağlı olarak elde edilen "d" uzaklığı 5.1 metredir. Bu durumda, varlık kriterinin sağlandığı alanın dışında kalan dinleyici oranı % 50'dir (Bkz. ŞEKİL VI.22). Bu oranın kabul edilemeyecek derecede yüksek olması nedeniyle, 300 m³'lük derslikte, ilk yansımalarla yararlanılarak sağlanan dolaysız sesteki yeğinlik artışının, varlık kriteri açısından sağladığı yarar incelenecektir.

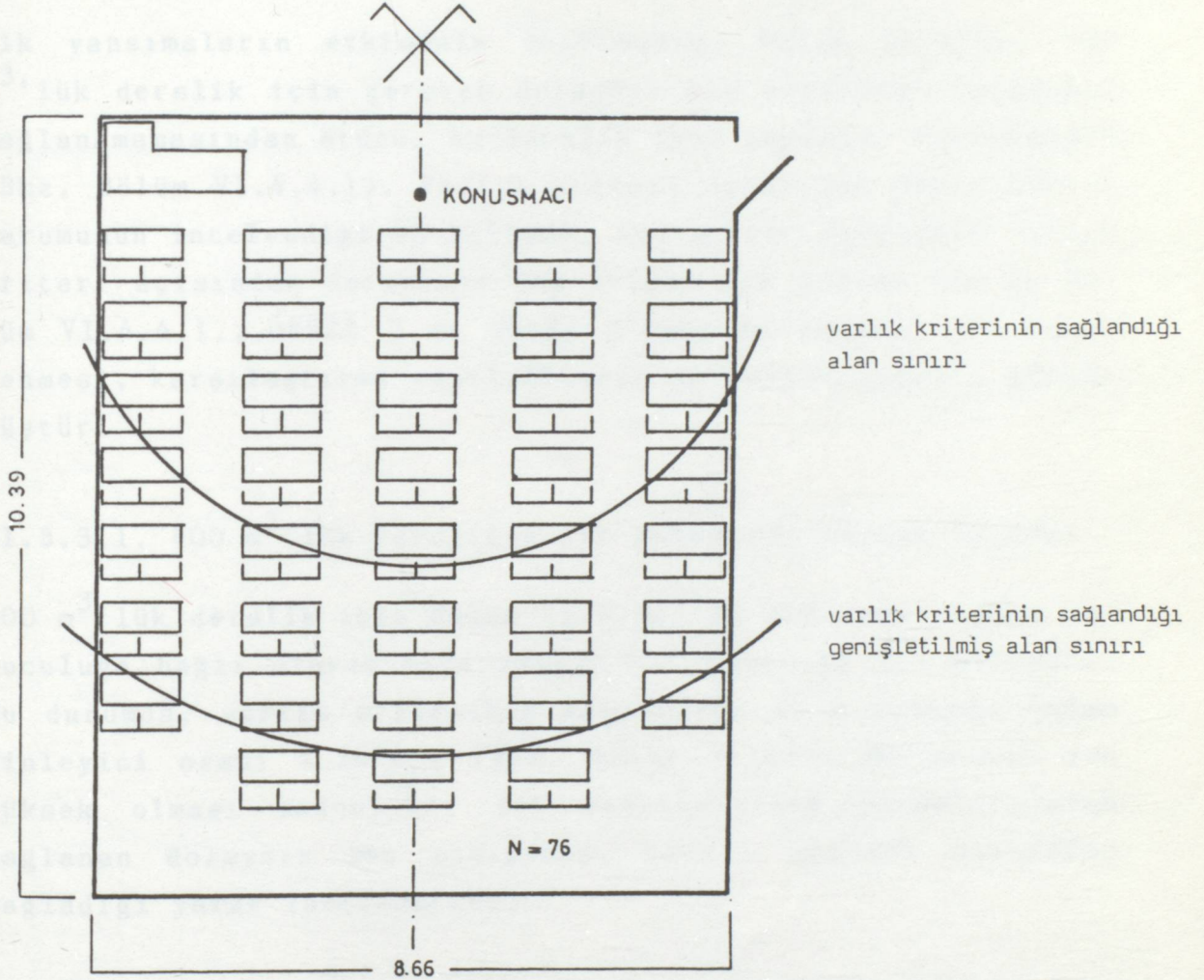
TABLO VI.49. 300 m³'lük Derslikte, Varlık Kriteri Açısından Gereken Dolaysız Ses Artışlarının, İlk Yansımalarla Sağlanan Dolaysız Ses Artışları İle İlişkisi

Uzaklık (m)	Y-D (dB)	Dolaysız Seste Gereken Artış (dB)	İlk Yansımalarla Sağlanan Artış (dB)
5	5.4	-	2.0
6	6.4	0.4	2.0
7	8.4	2.4	3.0
8	9.4	3.4	3.0

TABLO VI.16 ve TABLO VI.33'ten de yararlanılarak hazırlanan TABLO VI.49'da, 300 m³'lük derslikte, yalnızca kaynak-dinleyici uzaklığı 8 m olduğunda, dolaysız seste gereken artış sağlanamamaktadır. Ancak aradaki farkın 0.4 dB gibi az bir değer olduğu gözönüne alındığında, bu hacimde her noktada varlık kriterinin sağlandığı kabul edilebilir.

ŞEKİL VI.22'de, varlık kriterinin sağlandığı alanın dinleyici sayısı ile ilişkisi görülmektedir. Buna göre, ilk yansımalarla dolaysız ses yeğinliğinin artması sonucunda, varlık kriterinin sağlandığı alanın dışında kalan dinleyici oranı, % 50'den % 13'e inmektedir. Yani 300 m³'lük derslikte, ilk yansı-

malardan yeterince yararlanıldığında, dinleyicilerin yalnızca % 13'ünde, gereken koşul sağlanamamaktadır. Ancak bu dinleyici kitlesinde de Y-D farkı, 9.4 dB'den 6.4 dB'e indirilmiş ve sınır değer olan 6 dB'e oldukça yaklaştırılmıştır.



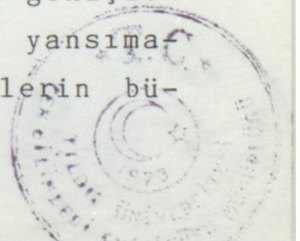
ŞEKİL VI.22. 300 m³'lük derslikte, varlık kriterinin sağlandığı alanın, dinleyici sayısı ile ilişkisi.

Toplam dinleyici sayısı = 76

Genişletilmiş varlık kriteri alanındaki dinleyici sayısı = 66

Genişletilmiş varlık kriteri alanındaki dinleyici oranı = % 87

SONUÇ: 300 m³'lük derslikte, varlık kriteri alanının genişletilebilmesi için, dolaysız ses yenginliği ilk yansımalarla arttırılmalıdır. Bu durumda dinleyicilerin bü-



yük bir çoğunluğu varlık kriterinin sağlandığı alan içinde kalmaktadır.

VI.5.3. 400 m³'lük Derslikte Varlık Kriteri

İlk yansımaların etkisinin incelendiği Bölüm VI.4'te, 400 m³'lük derslik için gereken dolaysız ses yegînliği artışının sağlanamamasından ötürü, bu derslik için çözümler önerilmişti, (Bkz. Bölüm VI.4.4.1). Varlık kriteri açısından dersliklerin durumunun incelendiği bu bölümde, 400 m³'lük dersliğin varlık kriteri açısından durumunun hem hacmin ilk durumu hem de Bölüm VI.4.4.1., ÖNERİ 2 ve ÖNERİ 3'teki durumları için incelenmesi, karşılaştırma yapılabilmesi açısından yararlı görülmüştür.

VI.5.3.1. 400 m³'lük Dersliğin İlk Durumunda Varlık Kriteri

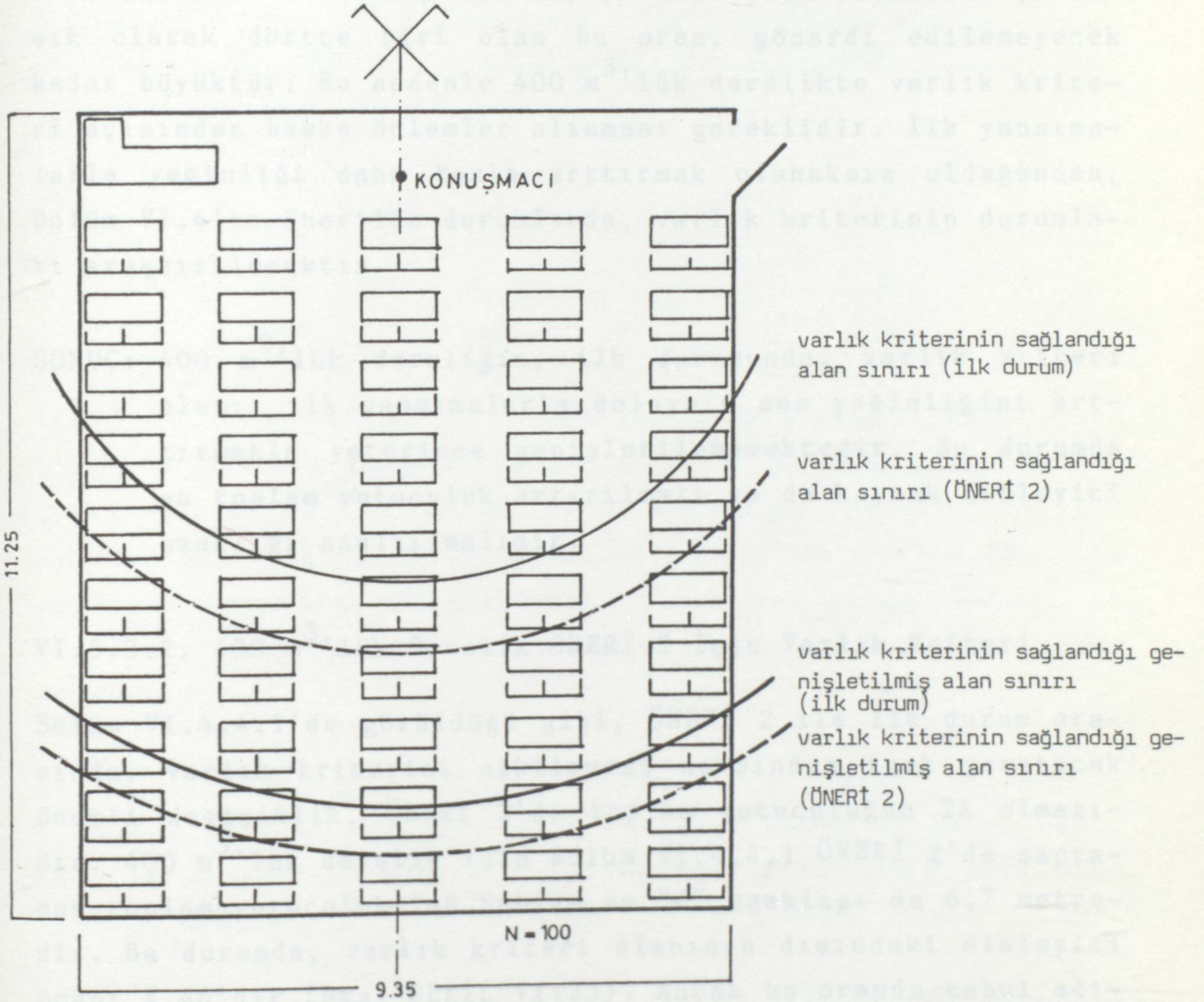
400 m³'lük derslik için Bölüm VI.2.5.1'de saptanan toplam yutuculuğa bağlı olarak elde edilen "d" uzaklığı 5.7 metredir. Bu durumda, varlık kriterinin sağlandığı alan dışında kalan dinleyici oranı % 56'dır (Bkz. ŞEKİL VI.23). Bu oranın çok yüksek olması nedeniyle, ilk yansımalarla yararlanılarak sağlanan dolaysız ses artışının, varlık kriteri açısından sağladığı yarar incelenecektir.

TABLO VI.50. 400 m³'lük Dersliğin İlk Durumunda, Varlık Kriteri Açısından Gereken Dolaysız Ses Yegînliği Artışlarının, İlk Yansımalarla Sağlanan Dolaysız Ses Yegînliği Artışları İle İlişkisi

Uzaklık (m)	Y-D (dB)	Dolaysız Seste Gereken Artış (dB)	İlk Yansımalarla Sağlanan Artış (dB)
5	4.3	-	-
6	5.3	-	-
7	7.3	1.3	2.5
8	8.3	2.3	2.5
9	9.3	3.3	3.0
10	10.3	4.3	3.0



TABLO VI.19 ve TABLO VI.37'den yararlanılarak hazırlanan TABLO VI.50'de, 400 m^3 'lük derslikte, 9 ve 10 metrelik kaynak dinleyici uzaklığında gereken artışın sağlanamadığı görülmektedir.



ŞEKİL VI.23. 400 m^3 'lük derslikte, varlık kriterinin sağlandığı alanın, dinleyici sayısı ile ilişkisi (ilk durum ve ÖNERİ 2 için).

Toplam dinleyici sayısı = 100

Genişletilmiş varlık kriteri alanındaki dinleyici sayısı = 76

Genişletilmiş varlık kriteri alanındaki dinleyici oranı = % 76



ŞEKİL VI.23'te, varlık kriterinin sağlandığı alanın, dinleyici sayısı ile ilişkisi görülmektedir. Bu durumda, ilk yansımalarla dolaysız ses yegînliğinin artması sonucunda, varlık kriterinin sağlandığı alanın dışında kalan dinleyici oranı % 56'dan % 24'e inmektedir. Toplam dinleyici sayısının yaklaşık olarak dörtte biri olan bu oran, gözardı edilemeyecek kadar büyüktür. Bu nedenle 400 m³'lük derslikte varlık kriteri açısından başka önlemler alınması gereklidir. İlk yansımalarla yegînliği daha fazla arttırmak olanaksız olduğundan, Bölüm VI.4'te önerilen durumlarda, varlık kriterinin durumları araştırılacaktır.

SONUÇ: 400 m³'lük dersliğin, ilk durumunda, varlık kriteri alanı, ilk yansımalarla dolaysız ses yegînliğini arttırmakla yeterince genişletilememektedir. Bu durumda ya toplam yutuculuk artırılmalı ya da kaynak dinleyici uzaklığı azaltılmalıdır.

VI.5.3.2. 400 m³'lük Derslik ÖNERİ 2 İçin Varlık Kriteri

Bölüm VI.4.4.1'de görüldüğü gibi, ÖNERİ 2 ile ilk durum arasında, varlık kriterini etkilemesi açısından fark yaratacak önemli değişiklik, ÖNERİ 2'de toplam yutuculuğun 2A olmasıdır. 400 m³'lük derslik için Bölüm VI.4.4.1 ÖNERİ 2'de saptanan toplam yutuculuk 148 Sabine ve "d" uzaklığı da 6.7 metredir. Bu durumda, varlık kriteri alanının dışındaki dinleyici oranı % 46'dır (Bkz. ŞEKİL VI.23). Ancak bu oranda kabul edilemeyecek derecede yüksektir. Bu nedenle hacmin, ÖNERİ 2'deki durumu için de, ilk yansımalarla yararlanılarak sağlanabilecek dolaysız ses artışının, varlık kriteri alanına getireceği katkı incelenecektir.



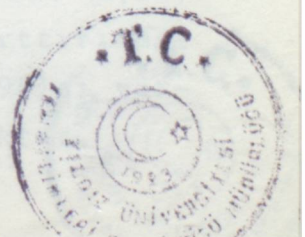
TABLO VI.51. 400 m³'lük Derslik ÖNERİ 2'de, Varlık Kriteri Açısından Gereken Dolaysız Ses Yeğlinliği Artışlarının, İlk Yansımalarla Sağlanan Dolaysız Ses Yeğlinliği Artışları İle İlişkisi

Uzaklık (m)	Y-D (dB)	Dolaysız Seste Gereken Artış (dB)	İlk Yansımalarla Sağlanan Artış (dB)
5	3.3	-	-
6	4.3	-	-
7	6.3	0.3	2.5
8	7.3	1.3	2.5
9	8.3	2.3	3.0
10	9.3	3.3	3.0

TABLO VI.19 ve TABLO VI.40'tan da yararlanılarak hazırlanan TABLO VI.51'de varlık kriteri açısından gereken dolaysız ses yeğlinliği artışının yalnızca 10 metrelik kaynak dinleyici uzaklığında sağlanamadığı görülmektedir. Ancak gereken ile sağlanan arasında yalnızca 0.3 dB'lik bir ayırım olması, bu derslikte varlık kriterinin oldukça iyi durumda olduğunu göstermektedir.

400 m³'lük dersliğin ÖNERİ 2 durumuna göre, dinleyici sayısı - varlık kriteri sağlanan alan ilişkisi ŞEKİL VI.23'te kesik çizgilerle gösterilmiştir. Bu durumda varlık kriterinin sağlandığı alandaki dinleyici oranı % 86'dır (Bkz. ŞEKİL VI.23).

SONUÇ: Fon gürültüsü - dolaysız ses ilişkisinin iyileştirilmesi amacıyla belirlenen ÖNERİ 2'de de varlık kriteri alanının genişletilebilmesi için, dolaysız ses yeğlinliğinin ilk yansımalarla artırılması gereklidir. Bu durumda elde edilen sonuç, hacmin ilk durumuna göre çok daha iyidir.



VI.5.3.3. 400 m³'lük Derslik ÖNERİ 3 İçin Varlık Kriteri

Bölüm VI.4.4.1. ÖNERİ 3'te belirlenen ANFİ 1 için, saptanan toplam yutuculuk 87 Sabine, "d" uzaklığı ise 5 metredir. Bu durumda varlık kriterinin sağlandığı alanın dışında kalan dinleyici oranı % 51'dir (Bkz. ŞEKİL VI.24). Bu oranın çok yüksek olması nedeni ile, ilk yansımalarla yararlanılarak sağlanan dolaysız ses artışının, varlık kriteri açısından sağladığı yarar incelenecektir.

TABLO VI.52. ANFİ 1'de, Varlık Kriteri Açısından Gereken Dolaysız Ses Yeğînliği Artışlarının, İlk Yansımalarla Sağlanan Dolaysız Ses Yeğînliği Artışları İle İlişkisi

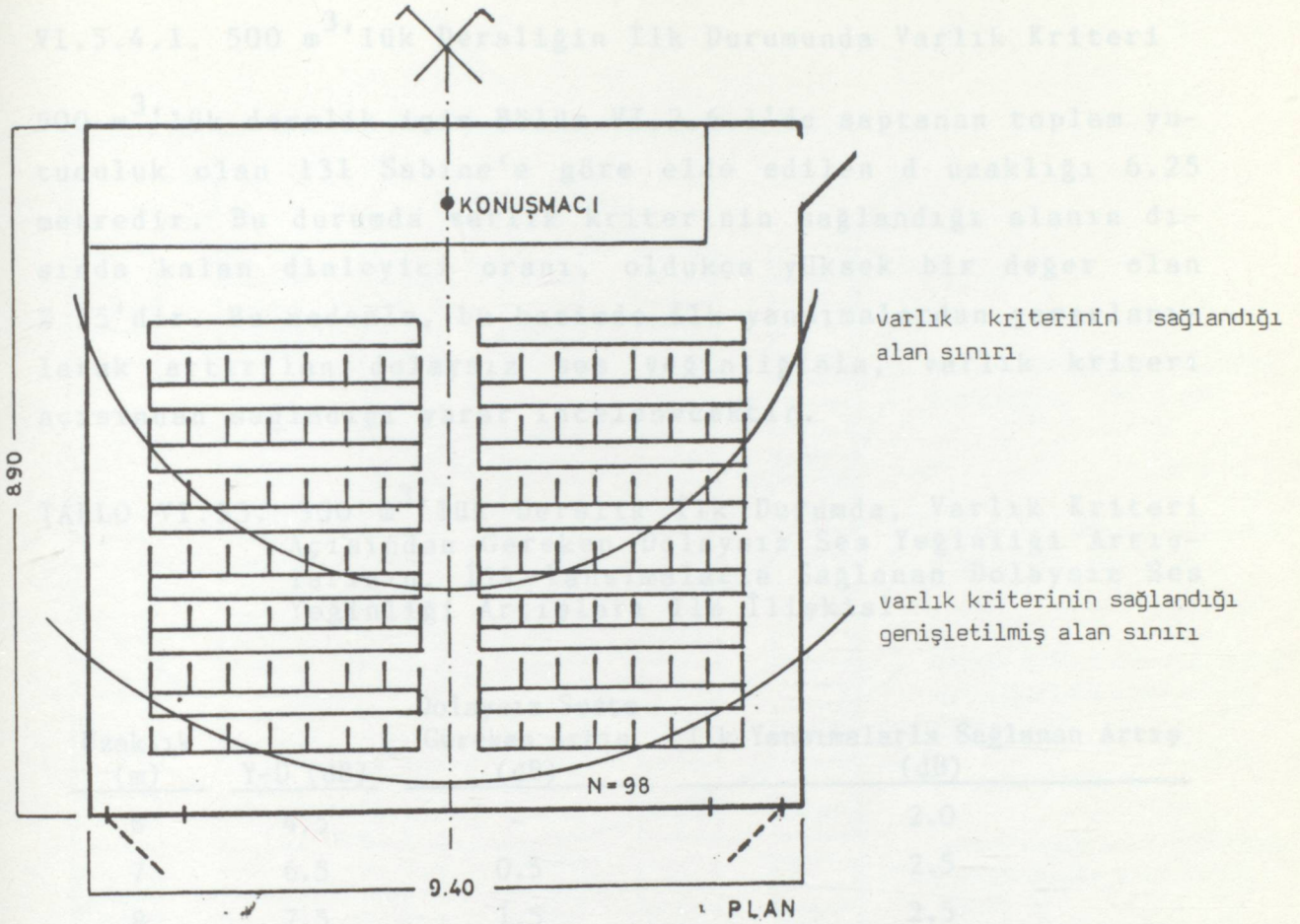
Uzaklık (m)	Y-D (dB)	Dolaysız Seste Gereken Artış (dB)	İlk Yansımalarla Sağlanan Artış (dB)
5	5.8	-	-
6	6.8	0.8	2.0
7	8.8	2.8	3.0
8	9.8	3.8	3.0

TABLO VI.16 ve TABLO VI.33'ten de yararlanılarak hazırlanan TABLO VI.52'de, ANFİ 1'de, varlık kriteri açısından gereken dolaysız ses artışının yalnızca 8 metrelik kaynak dinleyici uzaklığında sağlanamadığı görülmektedir.

ŞEKİL VI.24'te görüldüğü gibi, ANFİ 1'de ilk yansımalarla dolaysız ses yeğînliğinin artması sonucunda, varlık kriterinin sağlandığı alanın dışında kalan dinleyici oranı % 51'den % 4'e inmektedir.

SONUÇ: 400 m³'lük derslikte, fon gürültüsü-dolaysız ses ilişkisinin iyileştirilmesi amacıyla belirlenen ÖNERİ 3'de de varlık kriteri alanının genişletilebilmesi için, dolaysız ses yeğînliğinin ilk yansımalarla arttırılması gereklidir. Bu durumda, dinleyicilerin % 96'sı varlık kriterinin sağlandığı alan içinde kalacaktır.

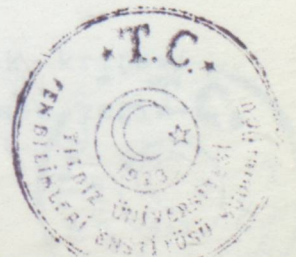




ŞEKİL VI.24. ANFİ 1'de, varlık kriterinin sağlandığı alanın dinleyici sayısı ile ilişkisi.

VI.5.4. 500 m³'lük Derslikte Varlık Kriteri

İlk yansımaların etkisinin incelendiği Bölüm VI.4'te, 500 m³'lük derslik için gereken dolaysız ses yenginliği artışının sağlanamamasından ötürü, bu derslik için (400 m³'lük derslikte olduğu gibi) çözümler önerilmişti (Bkz. Bölüm VI.4.4.2). Varlık kriteri açısından dersliklerin durumunun incelendiği bu bölümde, 500 m³'lük derslik için varlık kriteri açısından durumunun hem hacmin ilk durumu hem de Bölüm VI.4.4.2. ÖNERİ 2 ve ÖNERİ 3'teki durumları için incelenmesi, karşılaştırma yapılabilmesi açısından yararlı görülmüştür.



VI.5.4.1. 500 m³'lük Dersliğin İlk Durumunda Varlık Kriteri

500 m³'lük derslik için Bölüm VI.2.6.1'de saptanan toplam yutuculuk olan 131 Sabine'e göre elde edilen d uzaklığı 6.25 metredir. Bu durumda varlık kriterinin sağlandığı alanın dışında kalan dinleyici oranı, oldukça yüksek bir değer olan % 55'dir. Bu nedenle, bu hacimde ilk yansımalarla yararlanılarak artırılan dolaysız ses yenginliğinin, varlık kriteri açısından sağladığı yarar incelenecektir.

TABLO VI.53. 500 m³'lük Derslik İlk Durumda, Varlık Kriteri Açısından Gereken Dolaysız Ses Yenginliği Artışlarının, İlk Yansımalarla Sağlanan Dolaysız Ses Yenginliği Artışları İle İlişkisi

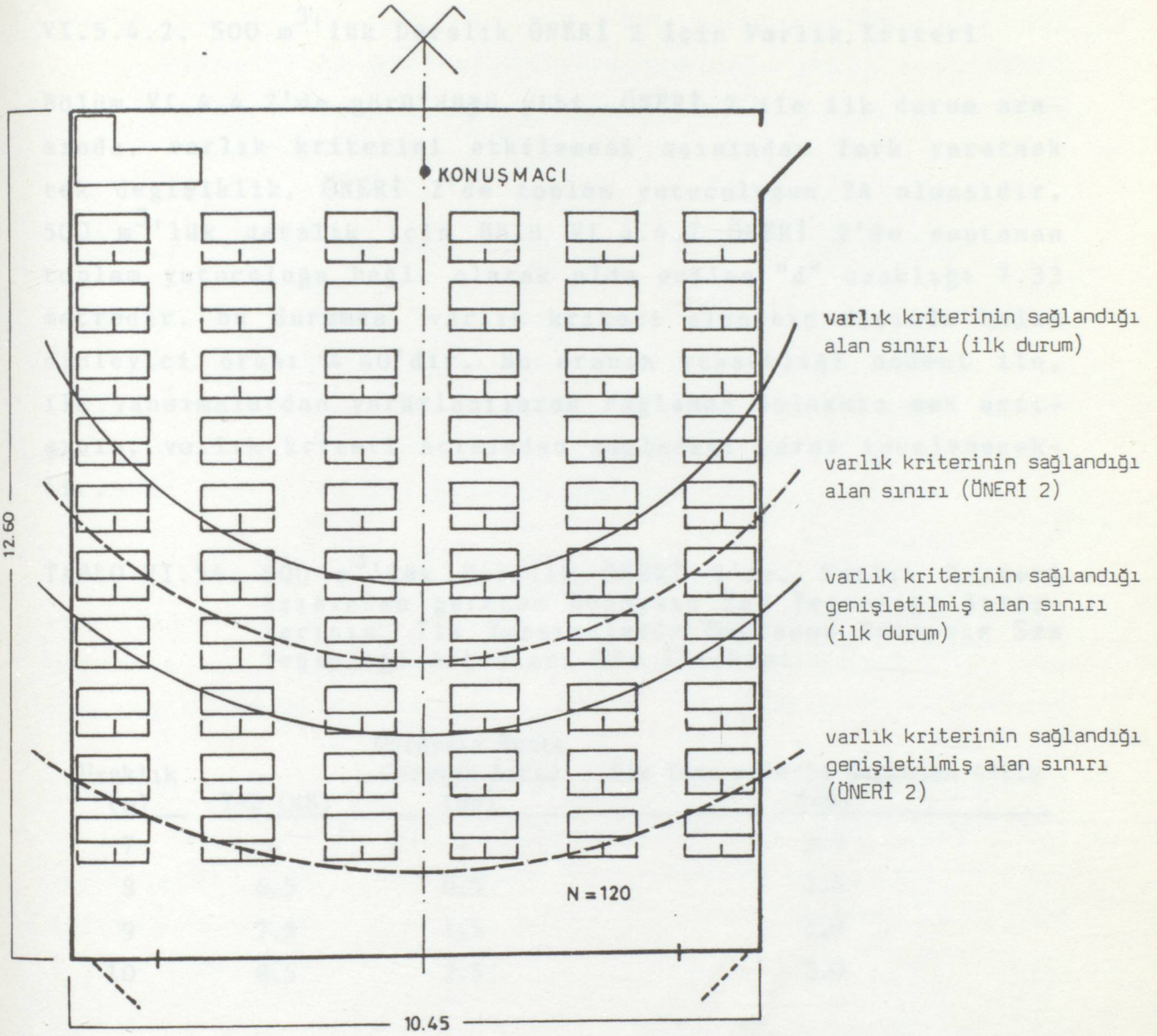
Uzaklık (m)	Y-D (dB)	Dolaysız Seste Gereken Artış (dB)	İlk Yansımalarla Sağlanan Artış (dB)
6	4.5	-	2.0
7	6.5	0.5	2.5
8	7.5	1.5	2.5
9	8.5	2.5	3.0
10	9.5	3.5	3.0

TABLO VI.24 ve TABLO VI.37'den de yararlanılarak hazırlanan TABLO VI.53'de, 500 m³'lük derslikte, yalnızca 10 metrelik kaynak-dinleyici uzaklığında varlık kriteri açısından gereken dolaysız ses yenginliği artışının sağlanamadığı görülmektedir.

ŞEKİL VI.25'te, varlık kriterinin sağlandığı alanın dinleyici sayısı ile ilişkisi görülmektedir. Yapılan hesapta da görüldüğü gibi, 500 m³'lük derslikte dinleyicilerin % 30'u için, varlık kriteri açısından gereken koşul sağlanamamaktadır. Ancak bu bölgede de Y-D farkı 9.5 dB'den 6.5 dB'e indirilmiş ve sınır değeri olan 6 dB'e yaklaştırılmıştır.

SONUÇ: 500 m³'lük dersliğin ilk durumunda, varlık kriteri alanının genişletilebilmesi için, dolaysız ses yenginliği ilk yansımalarla artırılmalıdır.





ŞEKİL VI.25. 500 m³'lük derslikte, varlık kriterinin sağlandığı alanın dinleyici sayısı ile ilişkisi (ilk durum ve ÖNERİ 2 için).

Toplam dinleyici sayısı = 120

Varlık kriteri alanındaki dinleyici sayısı = 84

Varlık kriteri alanındaki dinleyici oranı = % 70



VI.5.4.2. 500 m³'lük Derslik ÖNERİ 2 İçin Varlık Kriteri

Bölüm VI.4.4.2'de görüldüğü gibi, ÖNERİ 2 ile ilk durum arasında, varlık kriterini etkilemesi açısından fark yaratacak tek değişiklik, ÖNERİ 2'de toplam yutuculuğun 2A olmasıdır. 500 m³'lük derslik için Bölü VI.4.4.2 ÖNERİ 2'de saptanan toplam yutuculuğa bağlı olarak elde edilen "d" uzaklığı 7.33 metredir. Bu durumda, varlık kriteri alanının dışında kalan dinleyici oranı % 40'dır. Bu oranın yüksekliği nedeni ile, ilk yansımalarla yararlanılarak sağlanan dolaysız ses artışının, varlık kriteri açısından sağladığı yarar incelenecektir.

TABLO VI.54. 500 m³'lük Derslik ÖNERİ 2'de, Varlık Kriteri Açısından gereken Dolaysız Ses Yeğİnliğı Artışlarının, İlk Yansımalarla Sağlanan Dolaysız Ses Yeğİnliğı Artışları İle İlişkisi

Uzaklık (m)	Y-D (dB)	Dolaysız Seste Gereken Artış (dB)	İlk Yansımalarla Sağlanan Artış (dB)
7	-	-	2.5
8	6.5	0.5	2.5
9	7.5	1.5	3.0
10	8.5	2.5	3.0

TABLO VI.24 ve TABLO VI.37'den de yararlanılarak hazırlanan TABLO VI.54'te varlık kriteri açısından gereken dolaysız ses yeğİnliğı artışının 10 metreye kadar olan kaynak dinleyici uzaklığında sağlandığı görölmektedir.

500 m³'lük dersliğİn ÖNERİ 2 durumuna göre, dinleyici sayısı - varlık kriteri sağlanan alan ilişkisi ŞEKİL VI.25'te kesik çizgilerle gösterilmiştir. Bu durumda varlık kriterinin sağlanamadığı dinleyici oranı yalnızca % 5'tir.



SONUÇ: 500 m³'lük derslik için, fon gürültüsü-dolaysız ses ilişkisinin iyileştirilmesi amacıyla belirlenen ÖNERİ 2'de varlık kriteri, ilk yansımalarla, büyük oranda sağlanmaktadır.

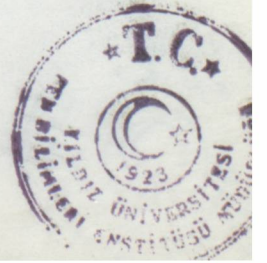
VI.5.4.3. 500 m³'lük Derslik ÖNERİ 3 İçin Varlık Kriteri

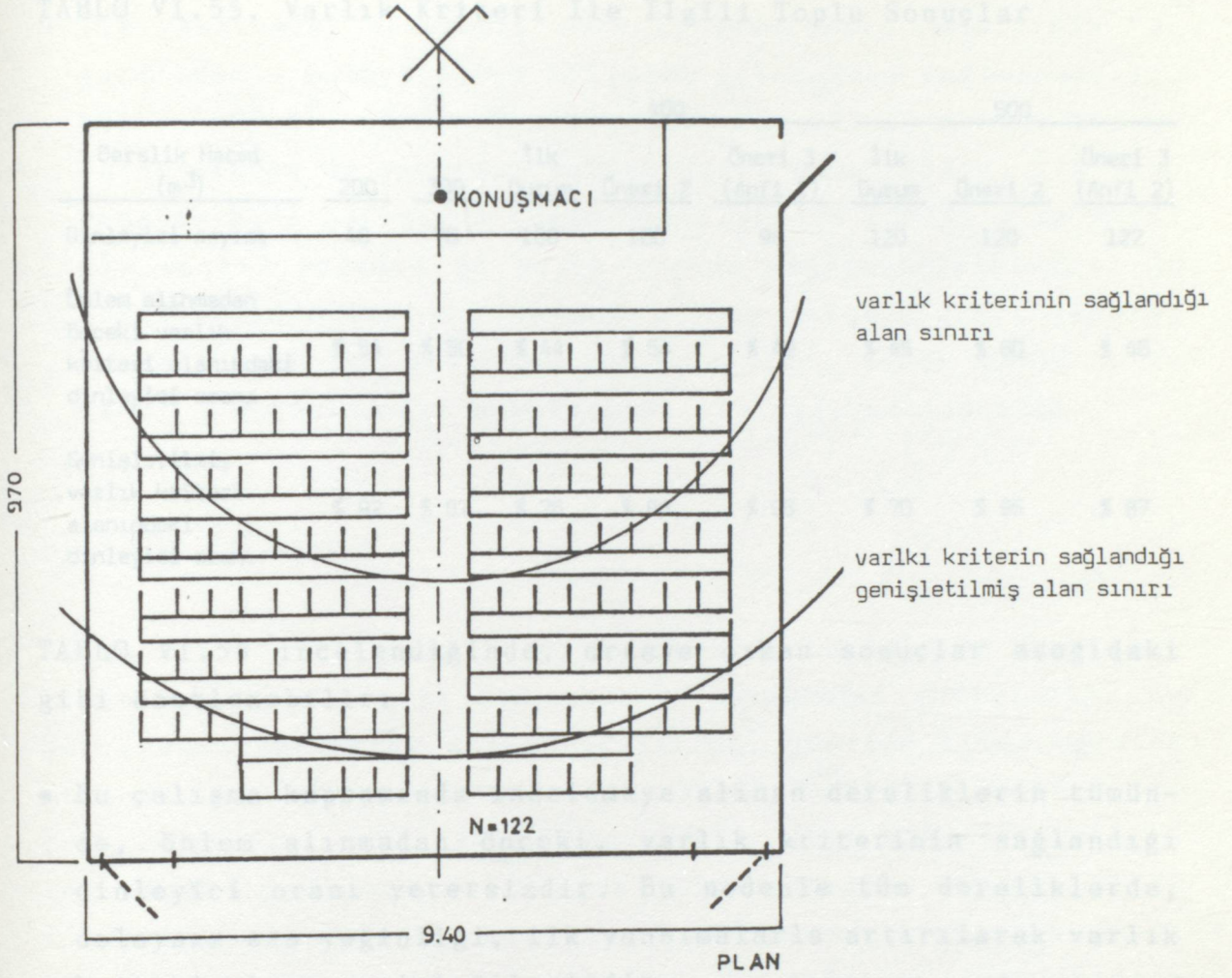
Bölüm VI.4.4.2. ÖNERİ 3'te belirlenen ANFİ 2 için elde edilen "d" uzaklığı 5.1 metredir. Bu durumda varlık kriterinin sağlandığı alanın dışında kalan dinleyici oranı oldukça yüksek bir değer olan % 54'dür (Bkz. Şekil VI.26). Bu nedenle, bu hacim için de ilk yansımaların etkisi araştırılmalıdır.

ANFİ 2'nin hacminin 300 m³'lük derslikle aynı olmasından ötürü, ANFİ 2'de varlık kriteri açısından gereken dolaysız ses yeğiniği artışlarının, ilk yansımalarla sağlanan dolaysız ses yeğiniği artışları ile ilişkisi TABLO VI.49'daki gibidir

ŞEKİL VI.26'da varlık kriterinin sağlandığı alanın dinleyici sayısı ile ilişkisi görülmektedir. Buna göre, ilk yansımalarla dolaysız ses yeğiniğinin artırılması sonucunda, varlık kriteri alanının dışında kalan dinleyici oranı % 54'den % 13'e inmektedir.

SONUÇ: Bölüm VI.4.2.2'de önerilen ANFİ 2'de de varlık kriteri alanının genişletilebilmesi için, dolaysız ses yeğiniğinin ilk yansımalarla artırılması gereklidir. Bu durumda dinleyicilerin % 87'si varlık kriterinin sağlandığı alan içinde kalacaktır.





ŞEKİL VI.26. ANFİ 2'de, varlık kriterinin sağlandığı alanın dinleyici sayısı ile ilişkisi.

Toplam dinleyici sayısı = 122

Genişletilmiş varlık kriteri alanındaki dinleyici sayısı = 106

Genişletilmiş varlık kriteri alanındaki dinleyici oranı = % 87

VI.5.5. Varlık Kriteri İle İlgili Toplu Sonuçlar

Bölüm VI.5'in başından beri, saptanan büyüklükteki derslikte varlık kriterinin durumu ile ilgili olarak gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları TABLO VI.55'te toplu olarak sunulmaktadır:

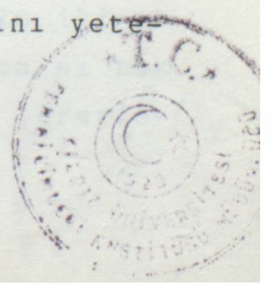


TABLO VI.55. Varlık Kriteri İle İlgili Toplu Sonuçlar

Derslik Hacmi (m ³)	400				500			
	200	300	İlk Durum	Öneri 2	Öneri 3 (Anfi I)	İlk Durum	Öneri 2	Öneri 3 (Anfi 2)
Dinleyici sayısı	48	76	100	100	98	120	120	122
Önlem alınmadan önceki varlık kriteri alanındaki dinleyici oranı	% 54	% 50	% 44	% 54	% 49	% 45	% 60	% 46
Genişletilmiş varlık kriteri alanındaki dinleyici oranı	% 92	% 87	% 76	% 86	% 96	% 70	% 95	% 87

TABLO VI.55 incelendiğinde, ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Bu çalışma kapsamında incelemeye alınan dersliklerin tümünde, önlem alınmadan önceki, varlık kriterinin sağlandığı dinleyici oranı yetersizdir. Bu nedenle tüm dersliklerde, dolaysız ses yenginliği, ilk yansımalarla artırılarak varlık kriteri alanı genişletilmelidir.
- 200 ve 300 m³'lük dersliklerde, varlık kriteri açısından sağlanan dolaysız ses yenginliği artışı yeterlidir.
- 400 ve 500 m³'lük dersliklerin ilk durumlarında, ilk yansımalarla sağlanan dolaysız ses yenginliği artışı, varlık kriteri alanı açısından 200 ve 300 m³'lük dersliklerde olduğu kadar yarar sağlamamaktadır.
- 400 ve 500 m³'lük dersliklerin ÖNERİ 2 ve ÖNERİ 3'teki durumlarında da, önlem alınmadan önceki varlık kriteri alanı yetersizdir. Ancak bu durumlarda, ilk yansımalarla sağlanan dolaysız ses yenginliği artışı varlık kriteri alanını yeterince genişletebilmektedir.



- İlk yansımalar açısından yeterli koşulların (özellikle fon gürültüsü - dolaysız ses ilişkisi açısından) sağlanamadığı, 400 ve 500 m³'lük dersliklerin ilk durumları, varlık kriteri açısından da yetersiz kalmaktadır. Buna karşın, ilk yansımalar için getirilen çözüm önerilerinde (ÖNERİ 2 ve ÖNERİ 3), varlık kriteri de büyük oranda sağlanabilmektedir. Bu nedenlerden ötürü 400 ve 500 m³'lük dersliklerde, yeterli anlaşılabilirlik için gereken koşullar, ancak ÖNERİ 2 ve ÖNERİ 3 durumlarının uygulanması ile sağlanabilecektir.

VI.6. YANIT EĞRİSİ

Bölüm V.5'de belirtildiği gibi, genelde hacimlerde yanıt eğrisinin düzgün olması iyi akustik açısından gereklidir. Bu çalışmanın kapsamına giren derslikler, genelde dikdörtgenler prizması biçimli, küçük hacimli mekanlardır. Yine Bölüm V.5'te açıklandığı gibi, küçük hacimlerde yanıt eğrisi, özellikle alçak frekanslarda düzgün olmamaktadır. Ancak ŞEKİL III.7'de de görülebileceği gibi, konuşmanın erkesinin büyük bir bölümü 200 Hz'in üzerindedir. Bu nedenle, dersliklerde yanıt eğrisinin bu bölümden sonra düzgün olması, konuşma açısından yeterli olacaktır. Konuşmanın anlaşılabilirliğinde en önemli etkisi olan 1000-1500 Hz'de ise yanıt eğrisinin yeterli derecede düzgün olacağı açıktır, (Bkz. Bölüm V.5).

Hacimlerde yanıt eğrisinin düzgünlüğünün belirlenmesi (hesap ile), iki yolla yapılabilir. Bunlardan birincisi DENKLEM V.1 yoluyla hacmin özfrekanslarının saptanarak yanıt eğrisinin oluşturulmasıdır. Ancak özfrekansların sayısının fazlalığı ve hesabın (bilgisayarla yapılsa bile) uzun zaman alması genelde bu yolun seçilmesini engeller, yola genelde alçak frekanslardaki düzgünsüzlüklerin değerlendirilmesinde başvurulur). Yanıt eğrisinin düzgünlüğünün belirlenmesinin ikinci yolu ise, kulağın ayırdetme eşiği olan bir kommaya en az bir özfrekans rastlayıp rastlamadığının DENKLEM V.2'den yararlan-

nılarak saptanmasıdır. Bir tam seste 9 komma olduğundan, bu çalışma bir tam seste 9 özfrekans olup olmadığının denetlenmesi yoluyla da yapılabilir(59). Bu çalışmada, dersliklerin yanıt eğrisinin düzgünlüğü ikinci yolla araştırılacaktır. Çalışmanın işitsel alandaki tüm frekanslar için gerçekleştirilmesi gereksizdir. Bunun nedeni ise, bir sese 9 özfrekans rastlayan frekanstan sonra, o hacim için yanıt eğrisinin durumunun, frekansın yükselmesiyle, gierek artan bir biçimde düzgünleşeceğinin açık olmasıdır.

TABLO VI.56'da, bu çalışmada yer alan dikdörtgenler prizması biçimli dersliklerdeki özfrekansların sayıları (iki oktav için bir tam ses arayla) görülmektedir. Değerlerin elde edilmesinde yararlanılan bilgisayar programı EK V'te yer almaktadır.

TABLO VI.56. Çalışma Kapsamında Yeralan Dikdörtgenler Prizması Biçimli, Seslendirmesiz Dersliklerde, Bir Tam Seste Yeralan Özfrekans Sayıları(*)

A. Kolonları: verilen frekans altındaki özfrekans sayıları

B. Kolonları: bir tam seste yer alan özfrekans sayıları

Bir Tam Ses Ara İle Frekanslar (Hz)	HACİM (m ³)							
	200		300		400		500	
	A	B	A	B	A	B	A	B
32	3	-	3	-	4	-	6	-
35, 92	3	0	4	1	6	2	7	1
40, 32	4	1	6	2	7	1	8	1
45, 25	4	0	7	1	9	2	11	3
50, 80	7	3	10	3	14	5	16	5
57, 02	10	3	14	4	20	6	24	8
64	15	5	20	6	26	6	30	6
71, 84	19	4	26	6	33	7	39	9
80, 63	24	5	35	9	41	8	49	10
90, 51	30	6	44	9	56	15	66	17
101, 59	40	10	61	17	78	22	94	28
114, 04	54	14	76	15	97	19	130	36
128	78	24	113	37	140	43	170	40

NOT: Tabloda kutu içine alınan sayılar, yanıt eğrisinin ilgili hacim için düzgünlüğünün sağlandığı yerlerdir.

TABLO VI.56'da görüldüğü gibi, çalışma kapsamına giren dersliklerin tümünde yaklaşık 128 Hz'in üzerindeki frekanslarda yanıt eğrisini oluşturan özfrekansların sayısı yeterlidir.

(*) Anfi 1 ve Anfi 2, dikdörtgenler prizması biçiminde olduğundan bu çalışma kapsamına alınmamıştır, (Bkz. Bölüm V.5).

SONUÇ: Çalışma kapsamına giren dersliklerin tümünde konuşma kullanımı için yanıt eğrisinin biçimlenişi uygundur.

VI.7. TOPLU İNCELEME SONUÇLARI

Bu bölümde, VI. Bölümün başından beri ayrıntılı olarak ele alınan;

- anlaşılabilirliği etkileyen etkenler,
- bunların bağlı olduğu değişkenler,
- değişkenlerde sağlanması gereken koşullar,
- çeşitli önlemlerle sağlanabilen koşullar,

toplu olarak sunulacak ve değerlendirilecektir (Bkz. TABLO VI.57).

TABLO VI.57'deki değerler incelendiğinde ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- 200 m³'lük derslikte, yeterli anlaşılabilirlik için gereken tüm koşullar, belirlenen önlemlerin alınması ile sağlanabilmektedir.
- 300 m³'lük derslikte, yeterli anlaşılabilirlik için gereken tüm koşullar belirlenen önlemlerin alınması ile sağlanabilmektedir.
- 400 ve 500 m³'lük dersliklerin ilk durumlarında, alınan önlemler;
 - fon gürültüsü - dolaysız ses
 - varlık kriteri

açısından gereken koşulları sağlamaya yeterli olmamaktadır. Ayrıca bu dersliklerin ilk durumlarında, kaynak gücünün artırılmış olması, her zaman sağlanması, güç olabilecek bir koşuldur.



Bu nedenle getirilen çözüm önerilerinden (her iki derslik için), ÖNERİ 2 ve ÖNERİ 3'te, yeterli anlaşılabilirlik için gereken tüm koşullar belirlenen önlemlerin alınması ile sağlanabilmektedir.

- 400 ve 500 m³'lük dersliklerde, ÖNERİ 2 ve ÖNERİ 3'ün çeşitli nedenlerden ötürü uygulanamama olasılığının olduğu durumlarda, hacimlerde seslendirme yapılması gereklidir.

Bu değerlendirmelere bağlı olarak varılan temel sonuçlar şunlardır:

- 1- Büyüklüğü ne olursa olsun, her türlü derslikte, yeterli anlaşılabilirlik koşulları incelenmeli ve gereken önlemler alınmalıdır.
- 2- 300 m³'ten küçük dersliklerde, yeterli anlaşılabilirlik, belirlenen koşullara uyulduğunda, ek önlemlere gerek duyulmadan sağlanabilmektedir.
- 3- 300 m³'ten büyük dersliklerde yeterli anlaşılabilirliğin sağlanması ek önlemler gerektirdiğinden, bu tür dersliklerin tasarımında daha özenli davranılmalıdır.
- 4- 300 m³'ten büyük dersliklerde ek önlemlerin gerçekleştirilmesi olasılığının bulunmadığı durumlarda seslendirme yapılması kaçınılmazdır.



TABLO VI.57. Toplu Sonuçlar

YETERLİ ANLAŞILABİLİRLİK KRİTERLERİ	KRİTERLERİ ETKİLEYEN ETKENLER	200 m ³ /lük Derslik	300 m ³ /lük Derslik	400 m ³ /lük DERSLİK			500 m ³ /lük DERSLİK		
				İLK DURUM	ÖNERİ 2	ÖNERİ 3 (ANFI 1)	İLK DURUM	ÖNERİ 2	ÖNERİ 3 (ANFI 2)
YETERLİ	KAYNAK GÜCÜ (en az) (µW)	39.69	39.69	79.38	39.69	39.69	79.38	39.69	39.69
	TOPLAM YERİMLİK (en az) (dB)	58	56.4	58.3	54.3	56	57.5	53.5	56.4
	FON GÜRÜLTÜSÜ (en çok) (dB)	NR 40	NR 40	NR 40	NR 35	NR 40	NR 40	NR 35	NR 40
	TOPLAM YUTUCULUK (Sabine)	64	87	110	148	87	131	180	93
	YANSIŞIM SÜRESİ (sn)	0.50	0.55	0.58	0.43	0.55	0.61	0.44	0.55
	KAYNAK DİNLEYİCİ UZAKLIĞI (m)	7	8	-	10	8	-	10	8
YANSIŞIM SÜRESİ	Yayımlı ses-dolaysız ses için numaraları verilen tablolarla belirlenen önlemler gerekir.	TABLO VI.25	TABLO VI.25	TABLO VI.25	TABLO VI.40	TABLO VI.25	TABLO VI.25	TABLO VI.46	TABLO VI.25
	Fon gürültüsü-dolaysız ses için numaraları verilen tablolarla belirlenen önlemler gerekir.	TABLO VI.25	TABLO VI.25	TABLO VI.25	TABLO VI.40	TABLO VI.25	TABLO VI.25	TABLO VI.40	TABLO VI.25
	Maskelemeye yol açmayan yansıma süreleri (sn)	125 Hz'te 0.4 Ötekiler 0.50	125 Hz 0.4 250 Hz 0.5 Ötekiler 0.55	125 Hz 0.40 250 Hz 0.50 Ötekiler 0.58	125 Hz 0.40 Ötekiler 0.43	125 Hz 0.4 250 Hz 0.5 Ötekiler 0.54	125 Hz 0.4 250 Hz 0.5 Ötekiler 0.61	125 Hz 0.4 Ötekiler 0.44	125 Hz 0.4 250 Hz 0.5 Ötekiler 0.55
	Ortalama Yutuculuk	0.21	0.20	0.20	0.31	0.20	0.20	0.31	0.17
İLK YANSIMALAR	Kullanılacak formül	EYRING	EYRING	EYRING	EYRING	EYRING	EYRING	EYRING	EYRING
	Zararlı Etkisi	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK	YOK
	Y-0 Acısından	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte
	Yararlı Etkisi	Yeterli artış sağlanabilmekte	Yeterli artış sağlanabilmekte	Yeterli artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte	Yeterli artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte
VARLIK KRİTERİ	Dolaysız Ses Açısı, Varlık Kriteri	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte	Gereken artış sağlanabilmekte
	Önlem alınmadan önceki	54	50	44	54	49	45	60	46
	V.K. sağlandığı dinleyici oranı	92	87	76	86	96	70	95	87
YANIT ECRİSİ	Önlen alındıktan sonraki								
	V.K. sağlandığı dinleyici oranı	1YI	1YI	1YI	1YI	1YI	1YI	1YI	1YI



TABLO VII.1'de, bu çalışma kapsamında yer alan derslikler için gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen sonuçlara bağlı olarak oluşturulan, yeterli anlaşılabilirlik sağlayacak iç mekan koşulları görülmektedir.

Mimaride, bir iç mekanda istenen koşulların sağlanması, ancak,

- iyi bir tasarım*,
- tasarıma uygun özenli yapım,
- tasarıma uygun kullanım,

ile gerçekleşebilir. Bu bilimsel gerçek, seslendirme döşemi yapılmayan derslikler için de geçerlidir. Bu nedenle, seslendirmesiz dersliklerde yeterli anlaşılabilirlik sağlamak;

TASARIM AŞAMASINDA,

- hacmin boyutlandırılmasında bu çalışmada belirlenen değerlere uyulmasına,
- hacmin tefrişinde yeterli anlaşılabilirlik açısından gereken düzenin sağlanmasına,
- hacimdeki olası fon gürültüsünün ölçme ya da hesap yoluyla belirlenip, gürültü denetimi açısından (iç ve dış gürültü gözönüne alınarak) gereken inceleme ve hesapların yapılmasına,
- hacimdeki dinleyici sayısının, çalışmada belirlenen sınırlar içinde kalmasına özen gösterilmesine,

* Burada sözü edilen "iyi tasarım", yalnızca mimari açıdan düşünülmemelidir. İyi tasarım, yapıları ve hacimleri görsel ve işlevsel olarak yetkinlikle biçimlendirmenin yanı sıra, belki de ondan daha önemli olan, insanların içinde yaşadıkları mekanların, kullanma özelliklerine göre gereken fizik ortam koşulları içinde oluşturulmasını da kapsar.



- hacmin yansışım süresinin Eyring formülü ile hesaplanıp, çalışmada belirlenen değerlerin elde edilmesine,
- değişik nedenlerden ötürü önemli olan, kaynak-dinleyici uzaklığının, (gerektiğinde) sınırlandırılmasına,
- ilk yansımaların incelenmesine ve çalışmada belirlenen önlemlerin alınmasına,
- varlık kriteri alanının yeterliliğinin sağlanmasına,

YAPIM AŞAMASINDA,

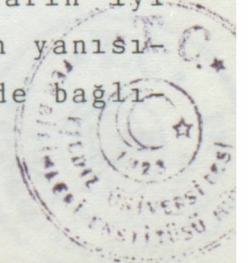
- tasarım aşamasında, yeterli anlaşılabilirlik açısından saptanan koşullara uyulmasına,
- yansışım süresinin oluşmasında temel etkenlerden olan iç yüzey gereçlerinin zaman içinde niteliklerini değiştirmeyen türden seçilmesine,
- çok önemli ve yararlı etkileri olması nedeni ile, özellikle tavanın yutma çarpanı çok düşük gereçlerden oluşturulmasına,

KULLANIM AŞAMASINDA,

- hacmin tefrişinde tasarlanan düzenin korunmasına,
- öğreticilerin ders anlatırken, ayakta, mutlaka yüzleri öğrencilere dönük ve yazı tahtası duvarının ortasında yer alarak, açık seçik ve yeterli yeğinlikle konuşmasına,

bağlıdır.

Ülkelerin varlığını koruması ve gelişmesinde büyük önemi olan genç kuşakların yetiştirmelerinde, iyi eğitim ve öğretimin kaçınılmaz olduğu bilinen bir gerçektir. Genç kuşakların iyi yetişmesi, iyi öğreticiler ve yetenekli öğrencilerin yanı sıra, bunların ayrılmaz bir parçası olan dersliklere de bağlı-



dır. Bu nedenle, dersliklerin tasarımıyla yeterli anlaşılabilirlik sağlayacak koşulların oluşturulmasına büyük özen gösterilmeli, ayrıca bu özenin dersliklerin yapı ve kullanımını da kapsamaması gerektiği unutulmamalıdır.

VIII. SESLENDİRME SİZ DURUMDA YETERLİ ANLAŞILABİLİRLİK SAĞLAYACAK KOŞULLAR İLE SESLENDİRME DÖŞEMİNİN, UYGULAMA DÖNÜK KİTİLERİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde amaç, Bölüm VII'de sunulan, yeterli anlaşılabilirlik sağlayacak iş mekân koşullarında, anlaşılabilirliğin seslendirme yoluyla sağlandığı dersliklerde oluşturulması gereken iş mekân ve yapı-kullanım koşulları ile karşılaştırılmasıdır.

Geleneksel olarak, belli büyüklükten altındaki dersliklerde, dünyada ve ülkemizde seslendirme yapılmamaktadır. Yine de, bu tür dersliklerde seslendirme yaparak, yeterli anlaşılabilirlik sağlamak, elbette ki olanaklıdır. Yukarıda söz edilen karşılaştırmayı yapabilmek için, seslendirme yöntemiyle ilgili olarak, seslendirme yapılan dersliklerde alınması gereken önlemler ve doğabilecek sorunların belirlenmesi gereklidir. Bunları aşağıdaki gibi özetlemek olansızdır(50,61).

- * Günümüzde, çok çok değişik mekân ve işlevde olduğu gibi, dersliklerde de, seslendirme ile çok çok çeşitli karşılanabilir.
- * Seslendirme için olarak yararlanabilmek için, seslendirme yapılan mekânın yansımaları önemli çok kısa tutulmalıdır.
- * Seslendirme kullanılan araçların sesli ve sesli, yani mikrofon ve hoparlörlerin doğru şekilde amplifikasyonların teknik özelliklerinin anlaşılması gereklidir.



- Seslendirme yapılan mekanda, hoparlörlerin yerleşiminin varlık kriterini zedeleyici bir duruma düşürülmemelidir.
- Haricinde Larcene olayına uğrayanları önleyecek önlemler alınmalıdır.
- Seslendirme ile sağlanan ses gücü artısının, konuşmacının ses gücüne göre ayarlanabilirliği sağlanmalıdır.

VIII. SESLENDİRMESİZ DURUMDA YETERLİ ANLAŞILABİLİRLİK SAĞLAYACAK KOŞULLAR İLE SESLENDİRME DÖŞEMİNİN, UYGULAMA DÖNÜK KRİTERLER AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümün amacı, Bölüm VII'de sunulan, yeterli anlaşılabilirlik sağlayacak iç mekan koşullarının, anlaşılabilirliğin seslendirme yoluyla sağlandığı dersliklerde oluşturulması gereken iç mekan ve yapım-kullanım koşulları ile karşılaştırılmasıdır.

Geleneksel olarak, belli büyüklüğün altındaki dersliklerde, dünyada ve ülkemizde seslendirme yapılmamaktadır. Yine de, bu tür dersliklerde seslendirme yaparak, yeterli anlaşılabilirlik sağlamak, elbette ki olanaklıdır. Yukarıda sözü edilen karşılaştırmayı yapabilmek için, seslendirmenin getireceği yararlar, seslendirme yapılan dersliklerde alınması gereken önlemler ve doğabilecek sorunların belirlenmesi gereklidir. Bunları aşağıdaki gibi özetlemek olanaklıdır(60,61).

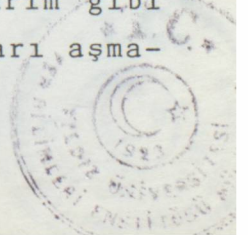
- Günümüzde, pek çok değişik mekan ve işlevde olduğu gibi, dersliklerde de, seslendirme ile pek çok gereksinim karşılanabilir.
- Seslendirmeden tam olarak yararlanabilmek için, seslendirme yapılan mekanın yansıma süresi çok kısa tutulmalıdır.
- Seslendirmede kullanılan aygıtların gelişigüzel seçilmemesi, yani mikrofon ve hoparlörlerin yanıt eğrilerinin ve amplifikatörlerin teknik özelliklerinin amaca uygun olması gereklidir.



- Seslendirme yapılan mekanda, hoparlörlerin yerleşiminin varlık kriterini zedeleyici olmamasına dikkat edilmelidir.
- Hacimde Larsene olayının oluşmasını önleyecek önlemler alınmalıdır.
- Seslendirme ile sağlanan ses gücü artışının, konuşmacının ses gücüne göre ayarlanabilmesi sağlanmalıdır.
- Seslendirme, ilk yapım giderlerini arttırıcı olmanın yanı sıra, ilk yapım açısından zaman kullanımını da arttırır.
- Seslendirme yeterli kalitede gerçekleştirilmediğinde, ortaya çıkan sonuç, çoğu zaman, seslendirmesiz durumdan daha kötüdür.
- Seslendirme döşeminin bakım ve onarımının sürekli ve yeterli bir biçimde yapılması gereklidir. Bu da ancak, yeterli teknik eleman kullanımı ve gerekli kullanım giderlerinin sağlanmasıyla gerçekleştirilebilir.

Görüldüğü gibi, seslendirme pek çok sorunu çözmekte ama beraberinde de pek çok sorun getirmektedir. Seslendirmesiz mekanlarda yeterli anlaşılabilirlik sağlayacak iç mekan koşulları ile, seslendirmenin, yalnızca mekanların yapım ve biçimlenişine getirdiği değişiklikler ve bunların karşılaştırılması TABLO VIII.1'de sunulmaktadır.

Seslendirme yapılan dersliklerin, seslendirmesiz dersliklere göre belli üstünlükleri olduğu, TABLO VIII.1'deki karşılaştırmada da görülmektedir. Ancak, belli büyüklükten sonraki hacimlerde, akustik açıdan olmasa bile, görsel konforun sağlanabilmesi için hacim biçiminde ve yer kullanımında değişiklikler yapılması gereği gözönüne alındığında, seslendirme yapılan dersliklerle, seslendirmesiz derslikler arasında yapım açısından çok önemli ayrımların olmadığı görülür. Ayrıca, seslendirmenin getirdiği; teknik sorunlar, teknik eleman, araç-gereç, ilk yatırım ve kullanma giderleri, bakım-onarım gibi konular gözönüne alındığında, büyüklüğü belli sınırları aşma-



yan dersliklerde, seslendirme yapılmasının gereksiz, zorlayıcı ve giderleri arttırıcı olacağı görülmektedir. Burada, çağdaş tekniğin getirdiği bir gelişmenin, gereksinim duyulmayan yerde kullanılmasının yarardan çok zarar getireceği ortaya çıkmaktadır.

TABLO VIII.1. Seslendirme Döşemi Yapılan ve Seslendirme Döşemi Yapılmayan Dersliklerin Karşılaştırılması

SESLENDİRMESİZ	SESLENDİRMELİ	KARŞILAŞTIRMA
Yansışım süresi kısa	Yansışım süresi kısa	Bu açıdan, seslendirmesiz ve seslendirmeli dersliklerde bir ayrım yoktur. Çünkü her iki durumda da, yansışım süresinin hesaplanması ve saptanan önlemlerin alınması gerekecektir.
Fon gürültüsünün belli sınırlar içinde kalması	Fon gürültüsü sınırları (belli değerleri aşmamak koşulu ile) daha geniş olabilir	Fon gürültüsünün seslendirmesiz dersliklerde kabul edilebilecek değerlerinin seslendirmeli dersliklere oranla daha sınırlı bir alanda olması, bu açıdan seslendirmeli dersliklerin daha avantajlı olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Ancak, seslendirme yapılan derslikler için de fon gürültüsünün araştırılması ve eğer gerekiyorsa önlemlerin alınmasının kaçınılmaz olduğu unutulmamalıdır.
Hacimde, değişik nedenlerden ötürü yer kullanımında sınırlamalar var	Hacimde yer kullanımında sınırlama yok	Yer kullanımı açısından seslendirme yapılan derslikler daha iyi durumdadır.
Belli büyüklükten sonra, hacim biçiminde ya da hacmin akustiğinde değişiklik gerekmemekte	Hacmin büyümesi, hacim biçimi ya da akustiği açısından ek önlem gereksinimi doğurmamakta	Hacim büyümesinin, seslendirmesiz dersliklere getirdiği sorunlar, seslendirmeli dersliklerde olmadığından, bu açıdan, seslendirmeli derslikler avantajlıdır.



Özellikle büyüklükleri sınırlı dersliklerde, yeterli anlaşılabilirlik için gereken koşulları sağlamanın, seslendirmenin gerektirdiği koşul ve ek giderleri sağlamaktan çok daha kolay olması nedeni ile, bu tür dersliklerde seslendirme yapılması gereksizdir.

Çalışma içinde, derslik hacminin artmasıyla (özellikle 300 m³'ün üstüne çıkması ile) seslendirme gereksiniminin arttığı vurgulanmaktadır. Ancak 500 m³'lük derslik için bile, yeterli anlaşılabilirlik sağlayacak rasyonel önlemler olduğu da çalışmada belirlenmiştir. Bu nedenle, özellikle ülkemizdeki teknik eleman, bakım-onarım konusundaki yetersizlik ve ayrıca giderleri artırıcı etkisi düşünüldüğünde, 500 m³'e kadar olan dersliklerde, seslendirmeden olabildiğince kaçınmak gereklidir. Ancak, denetim altına alınamayan fon gürültüsü gibi özel durumlarda ve 500 m³'ten büyük dersliklerde, anlaşılabilirliğin yalnızca iyi bir seslendirme ile sağlanabileceği de unutulmamalıdır.

nalara bağılı koşulları, burada kısaca özetlenmekte yarar vardır:

• Hacimlerde anlaşılabilirliği etkileyen etkenler ve bunların anlaşılabilirliği etkileme biçim ve büyüklükleri, yani HACİMLERDE ANLAŞILABİLİRLİK KRİTERLERİ ve bunların GENEL KOŞULLARI, Bölüm V'de.

IX. SONUÇ

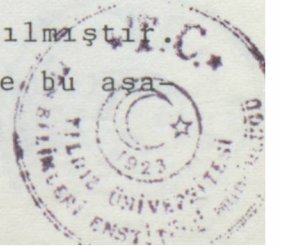
• Hacimlerde anlaşılabilirlik kriterlerinin, büyüklükleri ve boyutları belirlenen seslendirmenin dersliklerdeki durumu.

Bu tezin amacı, GİRİŞ bölümünde de bildirildiği gibi, seslendirme döşemi yapılmayan dersliklerde, yeterli anlaşılabilirliği sağlayacak iç mekan düzenleme kriterleri ile, bunlara bağılı koşulları araştırıp bulmak ve bunları, mimarların tasarım aşamasında yararlanabilecekleri bir biçimde ortaya koymak idi.

Ders dinlemek üzere derse giren öğrencinin amacı, anlatılanı tümü ile anlamak ve bu anlama çabasını dersin sonuna dek sürdürmek olmalıdır. Başka bir deyişle öğrenci, aktarılan bilgiyi eksiksiz alabilmeli ve bunu zorlanmadan ve yorulmadan yapabilmelidir. Kuşkusuz, öğreticinin de amacı aynıdır. Bu nedenle, dersliklerin temel işlevi anlaşılabilirliği sağlamaktır. Kısaca denilebilir ki, öğretimin verimini etkileyen en önemli etkenlerden biri, belki de birincisi dersliklerdeki anlaşılabilirlik oranıdır.

Bu denli önemli olmasına karşın, konu, günümüze değin bu biçimde ele alınmamıştır. Anlaşılabilirlikle ilgili çalışmaların büyük çoğunluğu, bitmiş hacimlerde anlaşılabilirliğin saptanmasına yöneliktir. Tasarım aşamasında anlaşılabilirlik sorunun çözülmesini amaçlayan çalışmalar ise, mimarların rahatça kullanamayacağı derecede kuramsaldır.

Yukarıda açıklanan amaca, bu tez çalışması ile ulaşılmıştır. Bu çalışmanın, amaca ulaşmadaki temel aşamalarını ve bu aşamaların



malara bağılı sonuçları, burada kısaca özetlemekte yarar vardır:

- Hacimlerde anlaşılabilirliği etkileyen etkenler ve bunların anlaşılabilirliği etkileme biçim ve büyüklükleri, yani HACİMLERDE ANLAŞILABİLİRLİK KRİTERLERİ ve bunların GENEL KOŞULLARI, Bölüm V'te,
- Hacimlerde anlaşılabilirlik kriterlerinin, büyüklükleri ve boyutları belirlenen seslendirmesiz dersliklerdeki durumunun incelenmesi sonucu saptanan SESLENDİRMESİZ DERSLİKLERDE ANLAŞILABİLİRLİK KRİTERLERİNİN KOŞULLARI, Bölüm VI'da,
- Seslendirmesiz dersliklerde anlaşılabilirlik kriterlerinin koşullarına bağılı olarak, bu tür dersliklerin tasarımında veri olarak kullanılacak YETERLİ ANLAŞILABİLİRLİK SAĞLAYACAK İÇ MEKAN KOŞULLARI, Bölüm VII'de, ve,
- Seslendirmesiz dersliklerde yeterli anlaşılabilirlik sağlanabilmesinin bağılı olduğu TASARIM-YAPIM-KULLANIM koşulları da, Bölüm VII'de,

belirlenmiş ve açıklanmıştır.

Sonuç olarak;

- konuşma amaçlı seslendirmesiz hacimlerde, yeterli anlaşılabilirlik sağlayacak koşulların belirlenebilmesi ve, tasarımların bu koşullara uygun olarak yapılabilmesi,
- değişik büyüklükteki seslendirmesiz dersliklerde, tasarımların belirlenen yeterli anlaşılabilirlik koşullarına uygun olarak yapılabilmesi,
- çalışmada saptanan büyüklükteki dersliklerin, belirlenen



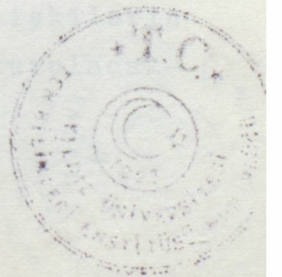
yeterli anlaşılabilirlik koşullarını sağlayacak biçimde oluşturulabilmesi,

- seslendirmesiz dersliklerde yeterli anlaşılabilirlik için belirlenmiş olan tasarım-yapım-kullanım koşullarına uyularak, dersliklerde yeterli anlaşılabilirliğin tam bir yetkinlikle sağlanabilmesi,

ile ilgili sorunlar çözülebilir duruma gelmiştir.

Mimari tasarım sırasında yukarıda belirtilen sorunların çözülebilir duruma gelmesi ile, dersliklerin ve dolayısı ile öğretim-eğitim yapılarının projelendirilmesinde tutulacak yeni bir yol, yeni bir tasarım yaklaşımı ve genelde yeni bir yöntem ortaya konmuştur.

Yukarıdan beri açıklanan nedenlerle, bu yeni yaklaşımın, sıradan bir yaklaşım seçeneği olmayıp, öğretim yapılarının temel amacı bakımından akılcı tek yaklaşım olduğu da savunulabilir.



EK 1. TOPLAM YEĞİNLİK-UZAKLIK İLİŞKİSİ

Bir hacimde, herhangi bir noktadaki toplam yeğİnliğin, yayı-
nık ses yeğİnliği ile, o noktadaki dolaysız ses yeğİnliğinin
toplamı olarak tanımlanılabilceği, Bölüm IV.2.1'de belirtil-
miğti. Buna göre, toplam yeğİnlik, ağağıda görülen ilişkiler
sonucunda elde edilen eğitlikle hesaplanabilir.

Dolaysız ses yeğİnliği

Yayınlık ses yeğİnliği

$$ID(\mu W/cm^2) = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$$IY(\mu W/cm^2) = \frac{P}{A}$$

$$D(dB) = 10 \log \frac{ID}{I_0}$$

$$Y(dB) = 10 \log \frac{IY}{I_0}$$

Toplam yeğİnlik = Dolaysız ses yeğİnliği + Yansığmığ ses yeğİnliği

$$T = D + Y$$

$$IT(\mu W/cm^2) = P\left(\frac{1}{4\pi r^2} + \frac{1}{A}\right)$$

$$T(dB) = 10 \log \frac{IT}{I_0}$$

$$T(dB) = 10 \log \frac{P\left(\frac{1}{4\pi r^2} + \frac{1}{A}\right)}{I_0}$$

$$T(dB) = 10 \log \frac{(ID+IY)}{I_0}$$

Bu alığmada, toplam yeğİnliği belirleyen oransal ilişkilerin
kurulması amaçlandığından, kaynak gücü (P) sabit tutulacak-
tır. Kaynak gücü sabit olduğunda;

- ID, doğrudan doğruya r' 'ye, yani kaynağa olan uzaklığa bağlıdır. Bu değer, metre cinsinden düşünülebileceği gibi, birim uzaklığın katları şeklinde de düşünülebilir. Bilindiği gibi, bir birim uzaklıkta yeğinlik D dB ise, 10 birim uzaklıkta, yeğinlik $D-20$ dB'dir.

- IY, doğrudan doğruya A' 'ya, yani hacimdeki toplam yutuculuğa bağlıdır. Burada da, sayılardan kurtulabilmek için, oranlar kullanılmıştır. Bilindiği gibi, A yutuculuğunda oluşan ses düzeyi, yutuculuk iki katına çıktığında 3 dB, on katına çıktığında ise 10 dB azalır.

Bu nedenle, dolaysız sesin bir birim uzaklıkta oluşturduğu yeğinliğe " D ", yayınık sesin bir birim toplam yutuculukta oluşturduğu yeğinliğe de " Y " denilecek ve toplam yeğinlikte oluşan değişimler D ve Y 'ye göre belirlenecektir.

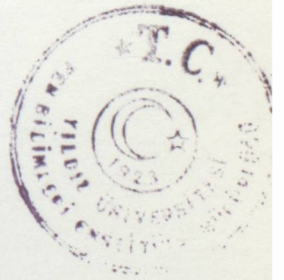
Bu çalışmada yeralan dersliklerin, optimum yansışım sürelerine göre belirlenen toplam yutuculukları, yaklaşık olarak A , 1.25 A , 1.5 A ilişkisi içinde olduklarından, yapılacak olan kuramsal çalışmada bu ilişki esas alınacaktır (Ek olarak 2A toplam yutuculuk da incelenmiştir).

Oluşturulacak tablolar, bir birim uzaklıktaki dolaysız ses yeğinliği ile bir birim yutuculuktaki yansışmış ses yeğinliğinin ilişkisine göre düzenlenecektir. Çalışmada yer alan dersliklerde, belirlenen kaynak güçleri için, bu ilişki Bölüm IV.2.2'de (TABLO IV.8-9-10-11) saptanmıştır. Bu nedenle, tablolar, yalnızca anılan değerlere göre oluşturulacaktır. Yeğinlik dB olarak verildiğinde, 1 dB'in altındaki değişkenliklerin, işitsel algılamada ayırım yaratmamasından ötürü değerler yuvarlatılmış olarak kullanılacaktır.



TABLO EK 1.1. $D=Y+5$ Olduğunda, yutuculuk-Uzaklık-Toplam Yeğlilik İlişkileri(*)

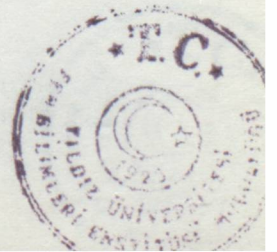
r=birim uzaklık katları	T(dB)				
	$A(m^2)$	A	1.25A	1.5A	2A
	$\begin{matrix} Y(dB) \\ D(dB) \end{matrix}$	Y	Y-1	Y-2	Y-3
1	D	Y+6	Y+6	Y+6	Y+6
2	D-6	Y+3	Y+2	Y+2	Y+1
3	D-10	Y+1	Y	$Y*(Y-2)+2$	Y-1
4	D-12	Y+1	Y	Y-1	Y-2
5	D-14	Y	Y	Y-1	Y-2
6	D-15	Y	Y-1	Y-1	Y-2
7	D-17	Y	Y-1	Y-2	Y-3
8	D-18	Y	Y-1	Y-2	Y-3
9	D-19	Y	Y-1	Y-2	Y-3
10	D-20	Y	Y-1	Y-2	Y-3



(*) Bu ve bundan sonraki tablolarda, toplam yeğlilikler, grafik gösterme kolaylığı açısından, bir birim yutuculuktaki (A) yayınık ses yeğliliği (Y) cinsinden verilmiştir.

TABLO EK 1.2. $D=Y+6,6$ Olduğunda, Yutuculuk-Uzaklık-Toplam
Yegınlık İlişkileri

r=birim uzaklık katları	$A(m^2)$	T(dB)			
		A	1.25A	1.5A	2A
	$\begin{matrix} Y(dB) \\ D(dB) \end{matrix}$	Y	Y-1	Y-2	Y-3
1	D	Y+7,6	Y+7,6	Y+6,6	Y+6,6
2	D-6	Y+3,6	Y+3,6	Y+2,6	Y+1,6
3	D-10	Y+2	Y+1	Y+1	Y
4	D-12	Y+1	Y	Y	Y-1
5	D-14	Y+1	Y	Y-1	Y-2
6	D-15	Y+1	Y	Y-1	Y-2
7	D-17	Y	Y-1	Y-1	Y-2
8	D-18	Y	Y-1	Y-2	Y-2
9	D-19	Y	Y-1	Y-2	Y-3
10	D-20	Y	Y-1	Y-2	Y-3



TABLO EK 1.3. $D=Y+7,7$ Olduğunda, Yutuculuk-Uzaklık-Toplam
Yeğİnlik İlişkileri

r=birim uzaklık katları	$A(m^2)$ D(dB) Y(dB)	T(dB)			
		A	1.25A	1.5A	2A
		Y	Y-1	Y-2	Y-3
1	D	Y+8,7	Y+7,7	Y+7,7	Y+7,7
2	D-6	Y+3,7	Y+3,7	Y+3,7	Y+2,7
3	D-10	Y+2	Y+2	Y+1	Y+0,7
4	D-12	Y+1	Y+1	Y	Y
5	D-14	Y+1	Y	Y-1	Y-1
6	D-15	Y+1	Y	Y-1	Y-2
7	D-17	Y	Y	Y-1	Y-2
8	D-18	Y	Y-1	Y-1	Y-2
9	D-19	Y	Y-1	Y-2	Y-2
10	D-20	Y	Y-1	Y-2	Y-3



EK II. "YAYINLIK SES-DOLAYSIZ SES" DEĞERİNİN ANLAŞILABİLİRLİKLE İLİŞKİSİ

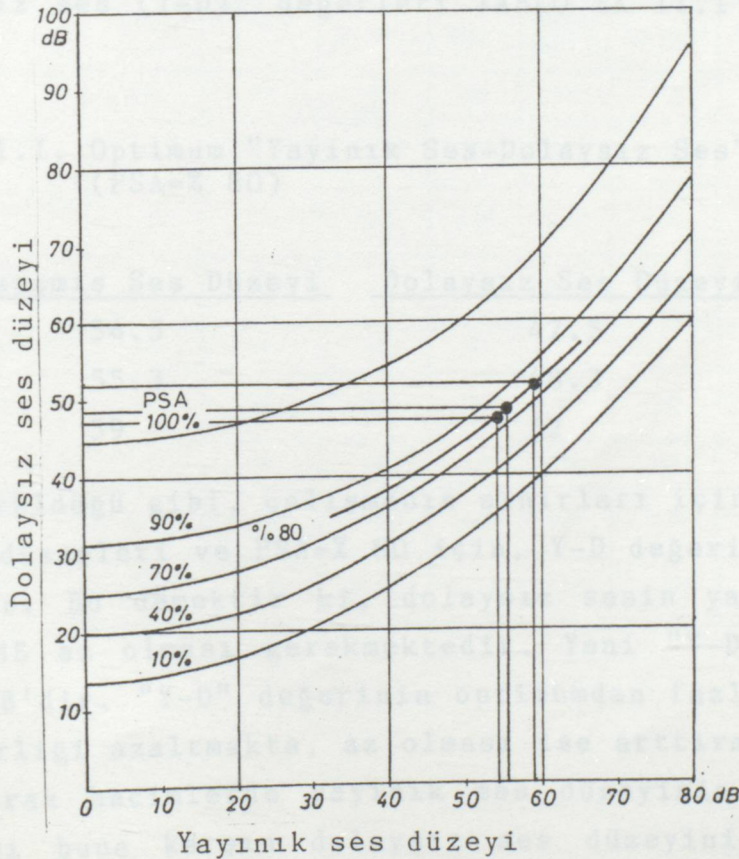
TABLO EK 1.4. $D=Y+8,5$ Olduğunda, Yutuculuk-Uzaklık-Toplam Yeğinlik İlişkileri

r=birim uzaklık katları	$A(m^2)$ Y(dB) D(dB)	T(dB)			
		A	1.25A	1.5A	2A
		Y	Y-1	Y-2	Y-3
1	D	Y+8,5	Y+8,5	Y+8,5	Y+8,5
2	D-6	Y+4,5	Y+3,5	Y+3,5	Y+3,5
3	D-10	Y+2	Y+2	Y+1,5	Y+0,5
4	D-12	Y+1	Y+1	Y	Y
5	D-14	Y+1	Y	Y-1	Y-1
6	D-15	Y+1	Y	Y-1	Y-2
7	D-17	Y	Y	Y-1	Y-2
8	D-18	Y	Y-1	Y-1	Y-2
9	D-19	Y	Y-1	Y-2	Y-2
10	D-20	Y	Y-1	Y-2	Y-3

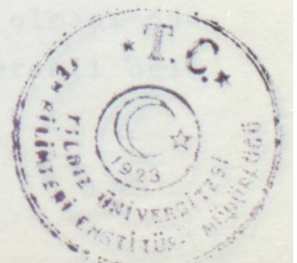


EK II. "YAYINIK SES-DOLAYSIZ SES" DEĞERİNİN ANLAŞILABİLİRLİKLE İLİŞKİSİ

Hacimlerde yeterli anlaşılabilirliğin sağlanması, bilindiği gibi, yayınık ses düzeyi ile dolaysız ses düzeyi arasındaki ilişkiye de bağlıdır. "Yayınık ses-dolaysız ses" değerinin, anlaşılabilirlikle ilişkisinin kurulmasında ŞEKİL EK.II.1'de sunulan grafikten yararlanılacaktır(62). Konuşmanın anlaşılabilirliğinin, yararlı ve zararlı sesler arasındaki ilişkiye bağlı olduğuna dayanan bu grafikte, değişik PSA (hece-söylem oranı-Bkz.Bölüm IV.1) değerlerini veren, konuşma düzeyi (yararlı ses düzeyi) ve yayınık ses düzeyi (zararlı ses düzeyi ya da maskeleyen gürültü düzeyi) ilişkileri yeralmaktadır.



ŞEKİL EK II.1. Dolaysız ses ve yayınık ses fonksiyonunda konuşmanın anlaşılabilirliği



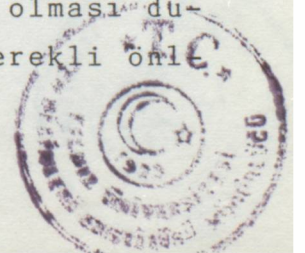
Çalışmanın bu bölümünde amacın, "yayınık ses-dolaysız ses" farkının optimum değerinin belirlenmesi olmasından ötürü, öncelikle PSA için optimum değer saptanacaktır. Bölüm IV.1'de belirtildiği gibi, PSA'nın % 75 olması anlaşılabilirlik açısından sınırdır. Ancak PSA'nın % 75 olması durumunda, hacimlerde yeterli anlaşılabilirliğin sağlanmasına karşın, dinleyicilerin güç sarfetmesi yani dikkatlerini toplamaları gerekmektedir. Bu nedenle, çalışmanın bu bölümünde, optimum PSA değeri, biraz daha yüksek bir değer olan % 80 olarak alınmıştır.

PSA, % 80 olduğunda, bu çalışmanın kapsamına giren yayınık ses yegınlıkları (1.5 A toplam yutuculuk durumunda) için ŞE-KİL EK II.1'den yararlanılarak belirlenen optimum "yayınık ses-dolaysız ses (Y-D)" değerleri TABLO EK II.1'de görüldüğü gibidir.

TABLO EK II.1. Optimum "Yayınık Ses-Dolaysız Ses" Değerleri (PSA=% 80)

<u>Yansısmış Ses Düzeyi</u>	<u>Dolaysız Ses Düzeyi</u>	<u>Y-D</u>
54.5	47.5	7
55.3	48.3	7
59	52	7

Tabloda görüldüğü gibi, çalışmanın sınırları içinde kalan yayınık ses düzeyleri ve PSA=% 80 için, Y-D değeri "7" ye eşit ve sabittir. Bu demektir ki, dolaysız sesin yayınık sestten en çok 7 dB az olması gerekmektedir. Yani "Y-D"nin optimum değeri 7 dB'dir. "Y-D" değerinin optimumdan fazla olması anlaşılabilirliği azaltmakta, az olması ise arttırmaktadır. Kuramsal olarak hacimlerde yayınık ses düzeyinin her noktada aynı olması buna karşın dolaysız ses düzeyinin uzaklıkla, hızla azalmasından ötürü, dersliklerde "Y-D" değerleri uzaklık fonksiyonunda gözden geçirilmeli ve "Y-D" > 7 olması durumunda, bu değeri istenen sınıra indirmek için gerekli önlemler alınmalıdır.

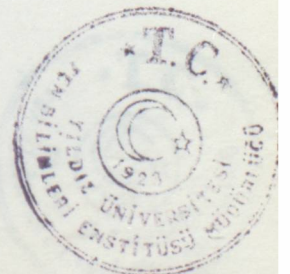


EK III. YANSIŞIM SÜRESİNE BAĞLI OLARAK SAPTANAN HACİM AKUSTİĞİ DEĞİŞKENLERİNİN HESAPLANMASINDA KULLANILAN BÜYÜKLÜKLER

Bu ek bölümde, çalışmada yer alan dersliklerin tümü için yansıma süresine bağlı olarak saptanan hacim akustiği değişkenlerinin hesaplanmasında kullanılan değerler tablo halinde yer almaktadır.

TABLO EK III.1. Bu Çalışma Kapsamında Yer Alan Tüm Derslikler İçin, Yansıma Süresine Bağlı Olarak Saptanan Hacim Akustiği Değişkenlerinin Hesaplanmasında Kullanılan Değerler

DERSLİK TİPİ BÜYÜKLÜKLER	200 m ³ 'lük DERSLİK	300 m ³ 'lük DERSLİK	400 m ³ 'lük DERSLİK			500 m ³ 'lük DERSLİK		
			İLK DURUM	ÖNERİ 2	ÖNERİ 3 (ANFI 1)	İLK DURUM	ÖNERİ 2	ÖNERİ 3 (ANFI 2)
Hacim V(m ³)	200	300	400	400	298	500	500	320
Toplam yüzey S(m ²) alanı	224	308	367	367	289	439	439	298
Ortalama serbest K(m) yol	3.57	3.91	4.36	4.36	4.13	4.56	4.56	4.30
Optimum yansıma topt süresi (sn)	0.50	0.55	0.58	0.43	0.55	0.61	0.44	0.55
Yansıma sayısı n	48	48	46	34	46	46	33	44
Toplam yutuculuk A (sabine)	64	87	110	148	87	131	180	93
Dinleyici sayısı N	48	76	100	100	98	120	120	122
Ortalama dinleyici yutuculuğu a	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Ortalama yutma çarpanı ā	0.208	0.198	0.308	0.182	0.197	0.199	0.314	0.169

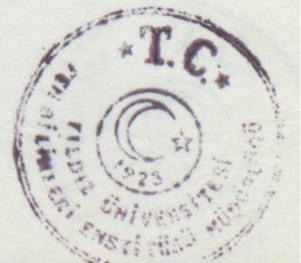


EK IV. VARLIK KRİTERİNİN SAĞLANDIĞI SINIR UZAKLIKTA, YAYINIK SES-DOLAYSIZ SES FARKI

Bölüm VI.5'te de belirtildiği gibi, $Q=15$ için belirlenen uzaklıklardaki "yayınık ses yenginliği-dolaysız ses yenginliği" değeri, kaynak gücü ve hacimden bağımsız ve sabit bir değerdir. TABLO EK IV.1'de, çalışmada yeralan hacimler için ve saptanan koşullar için, yukarıda sözü edilen değerler sunulmaktadır.

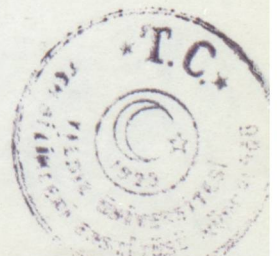
TABLO EK IV.1. Çalışmada Yeralan Derslikler İçin Varlık Kriterinin Sağlandığı Sınır Uzaklıklardaki, Yayınık Ses-Dolaysız Ses Farkları

HACİM (m^3)	d Uzaklığı (m)	Yayınık Ses Düzeyi (dB)	Dolaysız Ses Düzeyi (dB)	Y-D (dB)
200	4,37	58	52,2	5,8
300	5,1	56,1	50,8	5,8
400	5,75	55,6	49,8	5,8
500	6,25	54,8	49,0	5,8



**EK V. ÖZ FREKANS SAYILARININ BULUNMASI İLE İLGİLİ BİLGİSAYAR
BASIC PROGRAMI**

```
0 REM ..YAPI FIZIGI BILIM DALI PROG.3
2 REM ..ÖZFREKANS SAYISI
100 HOME : PRINT : PRINT "SEÇENEKLER:"
105 PRINT : PRINT
110 PRINT "1- VERİLEN SINIR ALTINDAKİ
    ÖZ FREKANS": PRINT "    SAYISI"
120 PRINT : PRINT "2- İKİ SINIR ARASI
    NDAKİ ÖZ FREKANS ": PRINT "    SAYI
    ISI"
160 PRINT : PRINT : PRINT "3- TERK"
170 PRINT : PRINT : PRINT "İS
    TEDİGİNTİZ SEÇENEGİN NUMARASINI YA
    ZIN"
172 PRINT : PRINT SPC( 18);
174 GET C$:C = VAL (C$): IF C < 1 OR
    C > 3 THEN PRINT CHR$(7): GOTO
    174
180 HOME
182 ON C GOTO 200,300,999
199 GOTO 100
200 PRINT : INPUT "LX,LY,LZ (METRE) "
    /LX,LY,LZ
202 PRINT : INPUT "İST FREKANS (HZ) "
    /F: PRINT :FP = F * 2 / 331
205 PRINT : PRINT : PRINT "SALON BOYU
    TLARI="LX"."LY"."LZ" METRE"
210 N = 0: S = 0: IF LX > = LY AND LX > = LZ THEN L = LX: GOTO 220
212 IF LY > = LX AND LY > = LZ THEN
    L = LY: GOTO 220
215 IF LZ > = LX AND LZ > = LY THEN
    L = LZ
220 GOSUB 5000: PRINT : PRINT "GEREKL
    İ TARAMA SINIRI="N
222 PRINT : PRINT "TOPLAM ÖZ FREKANS
    SAYISI=" INT ((N + 1) ^ 3)
225 PRINT : PRINT "MAX. HESAP SÜRESİ=
    "T = INT (.09 * (N + 1) ^ 3): GOSUB 6000: PRINT T$
229 PRINT CHR$(7)
230 FOR I = 0 TO N: FOR J = 0 TO N: FOR K = 0 TO N
240 G = SQR ((I / LX) * (I / LX) + (J
    / LY) * (J / LY) + (K / LZ) * (K
    / LZ)):GL = GL + 1
```




```
IF G = 0 THEN 262
IF G > FP THEN 264
S = S + 1
NEXT K
NEXT J: NEXT I
PRINT CHR$(7); CHR$(7); PRINT :
PRINT : PRINT
PRINT F"HZ "D = POS(I); PRINT
"DAKI"
PRINT SPC(D)"DZ FREKANS SAYISI=
PRINT : PRINT "YAPILAN HESAP SAYI
PRINT : PRINT : PRINT "DEVAM ETME
" BIR TUSA BASIN"; GET Q$; GOSUB 1000
HOME : PRINT : PRINT "ON Q GOTO
10,100
PRINT "2. SECENEK": FOR Z = 1 TO
NEXT Z: GOTO 100
REM
END
HOME : PRINT : PRINT
PRINT "1- YENI SALON BOYUTLARI":
PRINT "2- YENI SINIR DEGERLERI":
PRINT : PRINT "3- SECENEK LİSTES
ON: PRINT
PRINT SPC(18))
GET Q$: Q = VAL(Q$)
IF Q < 1 OR Q > 3 THEN PRINT CHR$(7); GOTO 1050
RETURN
I = N + 1: IF N / L < FP THEN 500
I = N - 1: RETURN
T$ = STR$(INT(T / 3600)) + "
T$ = T$ + STR$(INT((T / 3600 - INT(T / 3600)) * 3600 / 60)) + " M
T$ = T$ + STR$(INT((T / 60 -
(T / 60) * 60)) * 60)) + " S"
RETURN
```



TABLO ÇİZELGESİ

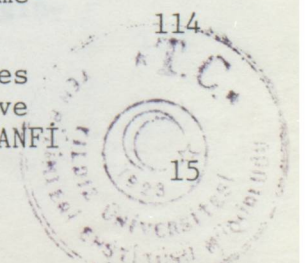
No	TABLO NO	KONU	Sayfa
1	I.I.	Konuşmanın Anlaşılabilirliğini Etkileyen Öğeler	2
2	III.1.	Normal Konuşmada Ortalama Konuşma Güçleri	15
3	III.2.	Ortalama Konuşma Düzeyleri	15
4	III.3.	Konuşmada, Belirlenen Frekanslar Arasındaki Erke Oranı	17
5	III.4.	Belli Frekanslar Arasındaki Anlaşılabilirlik Oranları	18
6	III.5.	Belli Frekanslar arasındaki Anlaşılabilirlik Oranları	18
7	V.1.	Belirlenen Frekanslar Arasındaki Erke Oranlarına Göre Tayfsal Yegînlîk Dağılımları	29
8	V.2.	T=1 sn Olduğunda, Tayfsal Yegînlîk Dağılımlarının İlişkisi	34
9	V.3.	T=0.5 sn Olduğunda, Tayfsal Yegînlîk Dağılımlarının İlişkisi	35
10	V.4.	T=1 sn ve T=0.5 sn İçin, Maskelemeye Neden Olmayan Alçak Frekans Yansıyım Süreleri	37
11	V.5.	İlk Yansıma Düzeyi İle Dolaysız Ses Arasındaki Fark İle Gecikme Zamanı Rahatsızlık Sınırı İlişkisi	39
12	VI.1.	Seslendirmesiz Derslikler İçin Boyut Oranları ve Yoğunluk Taraması	46
13	VI.2.	Dersliklerde, Dinleyici Sayısı-Yoğunluk-Boyut Oranları İlişkileri	47
14	VI.3.	Seslendirmesiz Derslikler İçin, Bu Tez Kapsamında Esas Alınacak Olan Büyüklük, Dinleyici Sayısı, Boyut İlişkileri	48
15	VI.4.	Seslendirmesiz Derslikler İçin, Bu Tez Kapsamında Esas Alınacak Olan Kaynak Güçleri ve Yegînlîkler	49
16	VI.5.	Belirlenen Kaynak Güçlerindeki Tayfsal Yegînlîk Dağılımları	50
17	VI.6.	Çalışma Kapsamında Yeralan Hacim Akustiğî Değışkenleri ve Bunların Simgeleri, Birimleri, Sayıları	52
18	VI.7.	Belirlenen Derslik Hacimlerinde Konuşma İçin Optimum Yansıyım Süreleri ve Toplam Yutuculuklar	53



No	TABLO NO	KONU	Sayfa
19	VI.8.	200 m ³ 'lük Derslikte Kaynak Gücü, Toplam Yutuculuk ve Yansışım Süresinin Yansışmış Ses Yeğİnli- gi İle İlişkisi	53
20	VI.9.	300 m ³ 'lük Derslik (Tablo VI.8'deki Gibi)	54
21	VI.10.	400 m ³ 'lük Derslik (Tablo VI.8'deki Gibi)	54
22	VI.11.	500 m ³ 'lük Derslik (Tablo VI.8'deki Gibi)	55
23	VI.12.	200 m ³ 'lük Derslikte, Yutuculuk-Uzaklık Toplam Yeğİnlik İlişkisi	56
24	VI.13.	"Yayınık Ses Düzeyi-Dolaysız Ses Düzeyi" Değerlerinin Uzaklıkla İlişkisi (200 m ³ 'lük Derslik)	58
25	VI.14.	Frekans-Uzaklık-Dolaysız Ses İlişkisi (K1 İçin)	62
26	VI.15.	Fon Gürültüsünün NR Cinsinden Ele Alınması Durumunda Yeterli Dolaysız Sesin Sağlanamadığı Uzaklık ve Frekanslar	65
27	VI.16.	300 m ³ 'lük Derslikte, Yutuculuk-Uzaklık-Toplam Yeğİnlik İlişkisi	66
28	VI.17.	"Yayınık Ses Düzeyi-Dolaysız Ses Düzeyi" Değerlerinin Uzaklıkla İlişkisi (300 m ³ 'lük Derslik)	69
29	VI.18.	Yeterli Dolaysız Sesin Sağlanamadığı Uzaklık ve Frekanslar (D-NR35 Cinsinden)	70
30	VI.19.	400 m ³ 'lük Derslikte, Yutuculuk-Uzaklık-Toplam Yeğİnlik İlişkisi	72
31	VI.20.	"Yayınık Ses Düzeyi-Dolaysız Ses Düzeyi" Değerlerinin Uzaklıkla İlişkisi (400 m ³ 'lük Derslik)	75
32	VI.21.	Frekans-Uzaklık-Dolaysız Ses İlişkisi (K2 İçin)	76
33	VI.22.	Yeterli Dolaysız Sesin Sağlanamadığı Uzaklık ve Frekanslar (D-NR40 Cinsinden)	78
34	VI.23.	500 m ³ 'lük Derslikte, Yutuculuk-Uzaklık-Toplam Yeğİnlik İlişkisi	79
35	VI.24.	"Yayınık Ses Düzeyi-Dolaysız Ses Düzeyi" Değerlerinin Uzaklıkla İlişkisi (500 m ³ 'lük Derslik)	81
36	VI.25.	Yeğİnlikle İlgili Toplu Sonuçlar ve Önlemler	83
37	VI.26.	200 m ³ 'lük Derslikte, Maskelemeye Yolaçmayan Optimum Yansışım Süreleri	86
38	VI.27.	300 m ³ 'lük Derslikle, Maskelemeye Yolaçmayan Optimum Yansışım Süreleri	88
39	VI.28.	400 m ³ 'lük Derslikte, MASkelemeye Yolaçmayan Optimum Yansışım Süreleri	89



No	TABLO NO	KONU	Sayfa
40	VI.29.	500 m ³ 'lük Derslikte, Maskelemeye Yolaçmayan Optimum Yansışım Süreleri	90
41	VI.30.	Yansışım Süresi İle İlgili Toplu Sonuçlar	91
42	VI.31.	Kaynak-Dinleyici Uzaklığına Göre Zaman Gecikmeleri (200 ve 300 m ³ 'lük Derslikler İçin)	95
43	VI.32.	Kaynak-Dinleyici Uzaklığına Göre, Dolaysız Ses ve ilk Yansıma Yeğinlikleri, Bunların Farkı ve Dolaysız Seste Sağlanan Yeğinlik Artışları (200 ve 300 m ³ 'lük Derslikler İçin)	95
44	VI.33.	Dolaysız Seste "Y-D" Açısından Sağlanması Gereken Artışlarla, Sağlanabilen Artışların İlişkisi (200 ve 300 m ³ 'lük Dersliklerde)	97
45	VI.34.	Dolaysız Seste Fon Gürültüsü Açısından Sağlanması Gereken Artışlarla Sağlanabilen Artışların İlişkisi (200 ve 300 m ³ 'lük Dersliklerde)	98
46	VI.35.	Kaynak-Dinleyici Uzaklığına Göre Zaman Gecikmeleri (400 ve 500 m ³ 'lük Derslikler İçin)	101
47	VI.36.	Kaynak-Dinleyici Uzaklığına Göre, Dolaysız Sesle İlk Yansıyan Ses Arasındaki Yeğinlik Farkları ve Dolaysız Seste Sağlanan Yeğinlik Artışı (400 ve 500 m ³ 'lük Derslikler İçin)	101
48	VI.37.	Dolaysız Seste "Y-D" Açısından Sağlanması Gereken Artışların, Sağlanabilen Artışlarla İlişkisi (400 ve 500 m ³ 'lük Dersliklerde)	103
49	VI.38.	Dolaysız Seste, Fon Gürültüsü Açısından Sağlanması Gereken Artışların, Sağlanabilen Artışlarla İlişkisi (400 ve 500 m ³ 'lük Dersliklerde)	104
50	VI.39.	İlk Yansımalarla İlgili Toplu Sonuçlar	107
51	VI.40.	Yeterli Dolaysız Sesin Sağlanamadığı Uzaklık ve Frekanslar (D-NR35 Cinsinden, 400 m ³ 'lük Hacim ÖNERİ 2 için)	109
52	VI.41.	Dolaysız Seste, Fon Gürültüsü Açısından Sağlanması Gereken Artışların, Sağlanabilen Artışlarla İlişkisi (400 m ³ 'lük derslik ÖNERİ 2 için)	110
53	VI.42.	Dolaysız Seste, "Y-D" Açısından Sağlanması Gereken Artışların, Sağlanabilen Artışlarla İlişkisi (400 m ³ 'lük Derslik ÖNERİ 2 İçin)	111
54	VI.43.	ANFİ 1 (400 m ³ 'lük Derslik ÖNERİ 3) İçin, Maskelemeye Yol Açmayan Optimum Yansışım Süreleri	114
55	VI.44.	Kaynak-Dinleyici Uzaklığına Göre Zaman Gecikmeleri (ANFİ 1 İçin)	114
56	VI.45.	Kaynak Dinleyici Uzaklığına Göre, Dolaysız Ses ve İlk Yansıma Yeğinlikleri, Bunların Farkı ve Dolaysız Seste Sağlanan Yeğinlik Artışları (ANFİ 1 İçin)	115



No	TABLO NO	KONU	Sayfa
57	VI.46.	Dolaysız Seste, "Y-D" Açısından Sağlanması Gereken Artışların, Sağlanabilen Artışlarla ilişkisi (500 m ³ 'lük Derslik ÖNERİ 2 İçin)	117
58	VI.47.	500 m ³ 'lük Derslik ÖNERİ 2 İçin, Maskelemeye Yol Açmayan Optimum Yansıma Süreleri	117
59	VI.48.	200 m ³ 'lük Derslikte Varlık Kriteri Açısından Gereken Dolaysız Ses Yeglinliği Artışlarının, İlk Yansımalarla Sağlanan Artışlarla İlişkisi	122
60	VI.49.	300 m ³ 'lük Derslikte, Varlık Kriteri Açısından Gereken Dolaysız Ses Artışlarının, İlk Yansımalarla Sağlanan Dolaysız Ses Artışları İle İlişkisi	124
61	VI.50	400 m ³ 'lük Dersliğin İlk Durumunda, Varlık Kriteri Açısından Gereken Dolaysız Ses Artışlarının İlk Yansımalarla Sağlanan Dolaysız Ses Artışları İle İlişkisi	126
62	VI.51.	400 m ³ 'lük Derslik ÖNERİ 2'de, Varlık Kriteri Açısından Gereken Dolaysız Ses Artışlarının, İlk Yansımalarla Sağlanan Dolaysız Ses Artışları İle İlişkisi	129
63	VI.52.	400 m ³ 'lük Derslik ÖNERİ 3'de (ANFİ 1), Varlık Kriteri Açısından Gereken Dolaysız Ses Artışlarının, İlk Yansımalarla Sağlanan Dolaysız Ses Artışları İle İlişkisi	130
64	VI.53.	500 m ³ 'lük Dersliğin İlk Durumunda, Varlık Kriteri Açısından Gereken Dolaysız Ses Artışlarının İlk Yansımalarla Sağlanan Dolaysız Ses Artışları İle İlişkisi	132
65	VI.54.	500 m ³ 'lük Derslik ÖNERİ 2'de, Varlık Kriteri Açısından Gereken Dolaysız Ses Artışlarının, İlk Yansımalarla Sağlanan Dolaysız Ses Artışları İle İlişkisi	134
66	VI.55.	Varlık Kriteri İle İlgili Toplu Sonuçlar	137
67	VI.56.	Çalışma Kapsamında Yeralan Dikdörtgenler Prizması Biçimli Seslendirmesiz Dersliklerde, Bir Tam Seste Yeralan Özfrekans Sayıları	139
68	VI.57.	Toplu Sonuçlar	142
69	VII.1.	Yeterli Anlaşılabilirlik Sağlayacak İç Mekan Koşulları	143
70	VIII.1.	Seslendirme Döşemi Yapılan ve Yapılmayan Dersliklerin Karşılaştırılması	149
71	EK I.1.	D=Y+5 Olduğunda, Yutuculuk-Uzaklık-Toplam Yeglinlik İlişkileri	156
72	EK I.2.	D=Y+6,6 Olduğunda, Yutuculuk-Uzaklık-Toplam Yeglinlik İlişkileri	157

ŞEKİL ÇİZELGESİ

No	ŞEKİL NO	KONU	Sayfa
1	III.1.	Ses mekanizmasının önemli öğelerini gösteren, düşey baş kesiti	9
2	III.2.	(a) Ses tellerinin akustik basınç outputu (b) "a" ünlüsünün akustik basınç outputu	10
3	III.3.	Eşseslilik Eğrileri İçinde, Konuşma Alanı	12
4	III.4.	Kimi ünlülerin tayfları	13
5	III.5.	Bir ötümsüz ünsüz (s), tayfı örneği	14
6	III.6.	Ortalama konuşmanın tayf düzeyi eğrisi	16
7	III.7.	Frekans fonksiyonunda, verilen bir frekansın altındaki konuşma gücü oranları	16
8	III.8.	Konuşmanın erkesinin frekans bantlarına oransal dağılımı	17
9	III.9.	Konuşma düzeyinin anlaşılabilirliğe etkisi	19
10	IV.1.	STI değerleri ile öznel değerlendirmenin ilişkisi	25
11	V.1.	Anlaşılabilirliğin (PSA cinsinden), konuşma düzeyi ve fon gürültüsü ile ilişkisi	28
12	V.2.	40 dB'lik ortalama fon gürültüsü ile, konuşmanın tayfsal yeğinlik dağılımı arasındaki ilişki	29
13	V.3.	Değişik büyüklükte hacimlerde yansıma süresi fonksiyonunda hece söylem oranı	31
14	V.4.	Optimum yansıma süreleri grafiği	32
15	V.5.(a)	Ortalama düşme hızı fonksiyonunda, alçak frekansların yeğinliklerinin 1000 Hz'in üzerindeki frekansların yeğinlikleri ile ilişkisi	34
16	V.5.(b)	125 Hz'in üstündeki frekansları maskelememesi için gereken optimum yansıma süresi	35
17	V.5.(c)	250 Hz'in 1000 Hz'in üstündeki frekansları maskelememesi için gereken optimum yansıma süresi	36
18	V.5.(d)	500 Hz'in 1000 Hz'in üstündeki frekansları maskelememesi için gereken optimum yansıma süresi	36
19	V.6.	Tablo V.4'ün grafik gösterimi	37
20	V.7.	Konuşma hızının 5.3 hece/sn ve yansıma süresinin 0.8 sn olması durumunda, ilk yansımadan rahatsız olan kişi oranının, ilk yansıma ve dolaysız ses düzeyleri arasındaki farkla ilişkisi	39



No	ŞEKİL NO	KONU	Sayfa
21	V.8.	İlk yansıma açısından rahatsızlık eğrileri	40
22	VI.1.	Tablo VI.1'deki değerler gözönüne alınarak yapılan, derslik yoğunluğu ve yerleşim tasarımları örnekleri	46
23	VI.2.	200 m ³ 'lük derslikte, toplam yeğinliğin, uzaklık fonksiyonunda değişimi	57
24	VI.3.	Dersliklerde kabul edilebilen NR değerleri	60
25	VI.4.	200 m ³ 'lük derslikte, toplam yeğinliğin, NR cinsinden fon gürültüleri ile ilişkisi	60
26	VI.5.	Dolaysız ses yeğinliğinin, frekans fonksiyonunda uzaklıklara göre değişiminin, fon gürültüsü ile ilişkisi (K1 için)	63
27	VI.6.	Dolaysız ses yeğinliğinin, uzaklık fonksiyonunda frekanslara göre değişiminin, fon gürültüsü ile ilişkisi (K1 için)	64
28	VI.7.	300 m ³ 'lük derslikte, toplam yeğinliğin, uzaklık fonksiyonunda değişimi	67
29	VI.8.	400 m ³ 'lük derslikte, toplam yeğinliğin, uzaklık fonksiyonunda değişimi	73
30	VI.9.	Dolaysız ses yeğinliğinin, frekans fonksiyonunda uzaklıklara göre değişiminin, fon gürültüsü ile ilişkisi (K2 için)	77
31	VI.10.	500 m ³ 'lük derslikte, toplam yeğinliğin uzaklık fonksiyonunda değişimi	80
32	VI.11.	200 ve 300 m ³ 'lük dersliklerde, ilk yansımaları gösteren boy kesit	94
33	VI.12.	200 ve 300 m ³ 'lük derslikler için ilk yansımaların, rahatsızlık eğrileri ile ilişkisi	96
34	VI.13.	200 m ³ 'lük derslikte, ilk yansımalar açısından eşdeğer olan dinleyici konumları	99
35	VI.14.	300 m ³ 'lük derslikte, ilk yansımalar açısından eşdeğer olan dinleyici konumları	100
36	VI.15.	400 ve 500 m ³ 'lük dersliklerde, ilk yansımaları gösteren boy kesit	100
37	VI.16.	400 ve 500 m ³ 'lük derslikler için ilk yansımaların rahatsızlık eğrileri ile ilişkisi	102
38	VI.17.	400 m ³ 'lük derslikte, ilk yansımalar açısından eşdeğer olan dinleyici konumları	105
39	VI.18.	500 m ³ 'lük derslikte, ilk yansımalar açısından eşdeğer olan dinleyici konumları	106
40	VI.19.	400 m ³ 'lük dersliğin anfi şeklinde biçimlendirilmesi, örnek tasarımı	112



No	ŞEKİL NO	KONU	Sayfa
41	VI.20.	500 m ³ 'lük dersliğin anfi şeklinde biçimlendirilmesi, örnek tasarımı	119
42	VI.21.	Varlık kriterinin sağlandığı alanın dinleyici sayısı ile ilişkisi (200 m ³ 'lük derslik)	123
43	VI.22.	Varlık kriterinin sağlandığı alanın dinleyici sayısı ile ilişkisi (300 m ³ 'lük derslik)	125
44	VI.23.	Varlık kriterinin sağlandığı alanın dinleyici sayısı ile ilişkisi (400 m ³ 'lük derslik ilk durum ve ÖNERİ 2 için)	127
45	VI.24.	Varlık kriterinin sağlandığı alanın dinleyici sayısı ile ilişkisi (400 m ³ 'lük derslik ÖNERİ 3 yani ANFİ 1 için)	131
46	VI.25.	Varlık kriterinin sağlandığı alanın dinleyici sayısı ile ilişkisi (500 m ³ 'lük derslik ilk durum ve ÖNERİ 2 için)	133
47	VI.26.	Varlık kriterinin sağlandığı alanın dinleyici sayısı ile ilişkisi (500 m ³ 'lük derslik ÖNERİ 3 yani ANFİ 2 için)	136
48	EK II.1.	Dolaysız ses ve yayınlık ses fonksiyonunda konuşmanın anlaşılabilirliği	160

3- KNUDSEN, V.D., HAREIS, G.M.: "Le Project Acoustique En Architecture", Reuod, Paris, 1957; s.31.

4- SIREL, S.: "Op.cit."; s.33.

5- SIREL, S.: "Op.cit."; s.33.

6- KINSLER, H., FREY, A.: "Fundamentals of Acoustics", John Wiley and Sons, Inc., New York-London, 1962; s.380.

7- KINSLER, H., FREY, A.: "Op.cit."; s.381.

8- ANOS: "Türkçe Seslik", Türk Dil Kurumu Yayınları, Ankara, 1970; ss.12-13.

9- GREENE, L., ve MULLER, H.: "Principles and Applications of Room Acoustics", Gulliford Ltd, Norfolk, 1973; ss.12-13.



10- CONTURIE, L.: "Acoustique Appliquée", Editions Eyrolles, Paris, 1955; ss.68-70.

11- KINSLER, L. ve FREY, A.: "op.cit."; s.383.

12- CONTURIE, L.: "op.cit."; ss.70-71.

13- KNUDSEN, V.D. ve YARARLANILAN KAYNAKLAR ss.34-36.

14- SİREL, Ş.: "op.cit."; s.38.

1- KARABİBER, Z.: "Konuşmanın Anlaşılabilirliğinin Hesap ve Ölçme Yolu İle Belirlenmesinin Tarihsel Gelişimi ve Rastı Ölçme Yönteminin Tanıtılması", Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, 1987; s.4.

2- SİREL, Ş.: "Yapı Akustiği I", İstanbul Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Yayınları, Sayı 115, 1974; s.52.

18- SİREL, Ş.: "op.cit."; s.30 ve s.47.

3- KNUDSEN, V.D., HARRİS, C.M.: "Le Project Acoustique En Architecture", Dunod, Paris, 1957; s.31.

4- SİREL, Ş.: "op.cit."; s.53.

5- SİREL, Ş.: "op.cit."; s.53.

6- KINSLER, L., FREY, A.: "Fundamentals of Acoustics", John Wiley and Sons, Inc., New York-London, 1962; s.380.

23- CREMER, L. ve MULLER, H.: "op.cit."; s.311.

7- KINSLER, L., FREY, A.: "op.cit."; s.381.

24- SİREL, Ş.: "op.cit."; s.3.

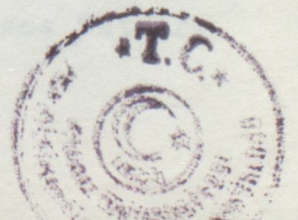
8- ANON: "Türkçe Sözlük", Türk Dil Kurumu Yayınları, Ankara, 1979; ss.12-13.

9- CREMER, L. ve MULLER, H.: "Principles and Applications of Room Acoustics", Galliard Ltd, Norfolk, 1973; ss.456-459.

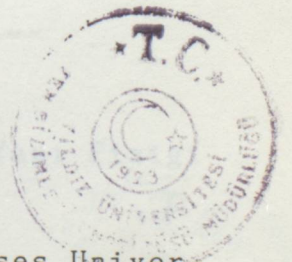
27- KNUDSEN, V.D.: "J. Acoust. Soc. Am.", 1959; s.36.



- 10- CONTURIE,L.: "Acoustique Appliquée", Editions Eyrolles, Paris, 1955; ss.68-70.
- 11- KINSLER,L. ve FREY,A.: "op.cit."; s.383. J.Acoust.Soc.Am. 67(1), 1980; s.318.
- 12- CONTURIE,L.: "op.cit."; ss.70-71.
- 13- KNUDSEN,V.O. ve HARRIS,C.M.: "op.cit."; ss.34-36.
- 14- SİREL,Ş.: "op.cit."; s.58.
- 15- KINSLER,L. ve FREY,A.: "op.cit."; s.382.
- 16- CONTURIE,L.: "op.cit."; s.70.
- 17- KNUDSEN,V.O. ve HARRIS,C.M.: "op.cit."; ss.34-35.
- 18- SİREL,Ş.: "op.cit."; s.30 ve s.47.
- 19- KINSLER,L. ve FREY,A.: "op.cit."; s.382.
- 20- KNUDSEN,V.O. ve HARRIS,C.M.: "op.cit."; ss.35-36.
- 21- CONTURIE,L.: "op.cit."; s.71.
- 22- CONTURIE,L.: "op.cit."; s.72.
- 23- CREMER,L. ve MULLER,H.: "op.cit."; s.511.
- 24- SİREL,Ş.: "op.cit."; s.2.
- 25- KARABİBER,Z.: "op.cit."; s.13.
- 26- SABINE,H.J.: "Less Noise Better Hearing"; s.26.
- 27- KNUDSEN,V.O.: "J.Acoust.Soc.Am.", 1929; s.56.



- 28- KARABİBER,Z.: "op.cit."; s.23.
- 29- STEENEKEN,H.J.M. ve HOUTGAST,T.: "A Physical Method For Measuring Speech,Transmission Quality", J.Acoust.Soc.Am. 67(1), 1980; s.318.
- 30, KARABİBER,Z.: "op.cit."; s.24.
- 31- KARABİBER,Z.: "op.cit."; ss.25-26.
- 32- STEENEKEN,H.J.M. ve HOUTGAST,T.: "op.cit."; s.318.
- 33- KARABİBER,Z.: "op.cit."; ss.33-34.
- 34- HOUTGAST,T. ve STEENEKEN,H.J.M.: "The Modulation Transfer Function In Room Acoustics", Bruel and Kjaer Technical Review, Sayı 3, 1985; s.11.
- 35, KARABİBER,Z.: "op.cit."; s.35.
- 36- KARABİBER,Z.: "op.cit."; s.36.
- 37- LAWRENCE,A.: "Architectural Acoustics", Galliard Ltd., Norfolk, 1970; ss.126-127.
- 38- KNUDSEN,V.O. ve HARRIS,C.M.: "Le Projet Acoustique En Architecture", Dunod, Paris, 1957; s.145.
- 39- KNUDSEN,V.O. ve HARRIS,C.M.: "op.cit."; s.146.
- 40- SABINE,H.J.: "op.cit."; ss.27-28.
- 41- SİREL,Ş.: "Hacim Akustiği Ders Notları".
- 42- LEHMANN,R.: "L'acoustique Des Batiments", Presses Universitaires de France, PARİS, 1961; ss.108-114.



- 43- CREMER,L. ve MULLER,H.: "op.cit."; s.472. "Yapı Fiziki Bilim Dalı Yayınları, İstanbul, 1985; s.17.
- 44- KARABİBER,Z.: "Hacim Akustiğinde Yeni Bir Yaklaşım", Yapı Fiziki Bilim Dalı Yayınları, İstanbul, 1984; s.43. "Yapı Fiziki Bilim Dalı Yayınları, İDMMA Basımevi, İstanbul, 1981;
- 45- KARABİBER,Z.: "Konuşmanın Anlaşılabilirliğinin Hesap ve Ölçme Yolu İle Belirlenmesinin Tarihsel Gelişimi ve Rastı Ölçme Yönteminin Tanıtılması", Yapı Fiziki Bilim Dalı Yayınları, İstanbul, 1987; ss.6-9.
- 46- CONTURIE,L.: "L'acoustique Dans Les Batiments", Editions Eyrolles, PARİS, 1955; ss.160-161.
- 47- SİREL,Ş.: "İşitsel Algılama ve Varlık Kriteri", Yapı Fiziki Bilim Dalı Yayınları, İDMMA Basımevi, İstanbul, 1981; ss.4-6. "op.cit."; ss.254-266.
- 48- CONTURIE,L.: "op.cit."; ss.122-150. "Yapı Fiziki Bilim Dalı Yayınları, İstanbul, 1973; ss.256-277.
- 49- NEUFERT,E.: "Les Eléments Des Projets De Construction", Dunod, PARİS, 1958; ss.162-164.
- 50- KNUDSEN,V.O. ve HARRIS,C.M.: "op.cit."; ss.273-275.
- 51- KNUDSEN,V.O. ve HARRIS,C.M.: "op.cit."; s.273.
- 52- SİREL,Ş.: "Yapı Akustiği I", İstanbul Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Yayınları, Sayı 115, İstanbul, 1974; ss.25-26.
- 53- KINSLER,L. ve FREY,A.: "op.cit."; s.422.
- 54- SİREL,Ş.: "Yapı Bölümleri için NR Değerleri", Yapı Fiziki Bilim Dalı Yayınları, İstanbul, 1979.



55- ŞEREFHANOĞLU,M.: "Gürültü Denetimi I-II Notları", Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, İstanbul, 1985; s.17.

56- SİREL,Ş.: "Hacim Akustiğinde Yansışım Süresi", Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, İDMMA Basımevi, İstanbul, 1981; s.3.

57- SİREL,Ş.: "Hacim Akustiği Ders Notları".

58- SİREL,Ş.: "Yapı Akustiği I", İstanbul Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Yayınları, Sayı 115, İstanbul, 1974; s.90.

59- SİREL,S.: "Oditoryum Akustiği Ders Notları", s.144.

60- CONTURIE,L.: "op.cit."; ss.254-266.

61- KUTTRUFF,H.: "Room Acoustics", Galliard Ltd., Norfolk, 1973; ss.258-277.

62- KUTTRUFF,H.: "op.cit."; s.183.



YABANCI DİL

- İngilizce
- Fransızca

ÖZGEÇMİŞ

DOĞUM

- İstanbul, 1956.

ÖĞRENİM

- Atatürk Kız Lisesi (1966-1973).
- Alliance Française-Paris (1968-1969) Fransızca eğitimi.
- İstanbul Devlet Mühendislik Mimarlık Akademisi, Mimarlık Fakültesi, Lisans-İyi derece ile-(1973-1979).
- Türk-İngiliz Kültür Cemiyeti (1976-1977) İngilizce eğitimi.
- İstanbul Devlet Mühendislik Mimarlık Akademisi, Mimarlık Fakültesi, Yapı Fiziği Bilim Dalı, Yüksek Lisans,Pekiye derece ile-(1979-1982).

ÖĞRENİM SIRASI

- A2Y Mimarlık bürosunda, Prof.Ertel Ayaydın ve Y.Mimar Yaşar Ülkümen gözetiminde, Bodrum Torba Tatil Köyü projelerine yardım.

ÖĞRENİM SONRASI

- Yıldız Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi-Mimarlık Bölümü, Yapı Fiziği Bilim Dalı'nda, 1982'den başlayarak araştırma görevlisi, 1986'dan sonra da öğretim görevlisi olarak eğitim ve öğretimin tüm aşamalarına katılım.



- Yapı Fiziği Bilim Dalı, Döner Sermaye uzmanlık proje ve etkinliklerine katılım.

YABANCI DİL

- İngilizce
- Fransızca

AKADEMİK ETKİNLİKLER

- Bir grup tarafından yapılan "Avrupa'da Başlıca Oditoryumların Akustik Özelliklerinin İncelenmesi ve Belli Ölçütlere Göre Daha Başarılı Bir Oditoryum Modeli Araştırması" adlı Yüksek Lisans Bitirme Tezinde yürütücü yardımcılığı (1984).
- "Yansıma Süresi Hesaplarında Kullanılan Sabine ve Eyring Formülleri Arasındaki Ayrımların Büyük ve Küçük Hacimler Açısından İncelenmesi" adlı Yüksek Lisans Bitirme Tezinde yürütücü yardımcılığı (1985).
- "Bir İç Uzamda, Bu Uzamın Toplam Yutuculuğu, Uzam Dışı Ses Düzeyi ve Bölme Sesgeçirmezliklerinin-Gerçek Değerler için ve Gerçekleştirilebilir Sınırlar İçinde-Fonksiyonu Olarak, Ses Düzeyi Değişimleri" adlı Yüksek Lisans Bitirme Tezinde yürütücü yardımcılığı (1985).
- "Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Giriş Katının Gürültü Denetimi Kriterleri Açısından Değerlendirilmesi ve Kuramsal Çözüm Önerileri" adlı Yüksek Lisans Bitirme Tezinde yürütücü yardımcılığı (1986).
- "Hacim Akustiği Ölçütleri Açısından Büyük ve Küçük Oditoryumların Karşılaştırılması" adlı Yüksek Lisans Bitirme Tezinde yürütücü yardımcılığı (1986).
- İncekaralar Laboratuvar Cihazları P.L. Şirketi ile Brueal and Kjaer'in (Danimarka) ortaklaşa düzenledikleri, "Kapalı Hacim Akustiğinde Sesin Anlaşılabilirliği (RASTI)" adlı seminerlere katılım, Şubat 1987, Ankara.



YAYINLAR

- Ölçün A Işığında Tümler Renk Sapmaları Değişimi, (İDMMA Yüksek Lisans Araştırma Tezi, 1981).
- Çağdaş Mimarlık Eğitiminde Akustik Konularının Yeri ve Değerlendirilmesi, (Y.Ü.Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, 1983).
- Hacim Akustiğinde Yeni Bir Yaklaşım, (Y.Ü.Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, 1984).
- Konuşmanın Anlaşılabilirliğinin Hesap ve Ölçme Yoluyla Belirlenmesinin Tarihsel Gelişimi ve RASTI Ölçme Yönteminin Tanıtılması, (Y.Ü.Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, 1987).

Zerhan KARABİBER, bu özgeçmişin yazıldığı tarihte, Yıldız Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Fiziği Bilim Dalında görevdedir.

