

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONUŞMA AMAÇLI HACİMLERDE
HACİM AKUSTİĞİ SESLENDİRME İLİŞKİSİNİN
ANLAŞILABİLİRLİĞE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ
VE DEĞERLENDİRİLMESİ

93724

Mimar Hayri KÜÇÜK

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


YÜKSEK LİSANS TEZİ

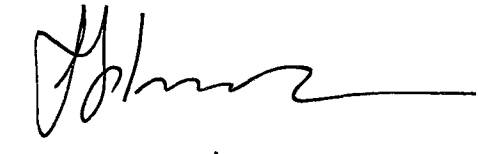
Tez Danışmanı : Doç.Dr. Zerhan KARABİBER



Yrd. Doç. Dr. Nese Akdağ

İSTANBUL 2000




Prof. Dr. Feriye Yılmaz
Demirkale

3.	SESLENDİRME SİSTEMLERİ	17
3.1.	Seslendirme Sistemlerinde Kullanılan Aygıt Ya da Elemanlar.....	17
3.1.1.	Mikrofonlar.....	18
3.1.1.1.	Mikrofon Karakteristikleri.....	18
3.1.1.1.1.	Empedans.....	18
3.1.1.1.2.	Duyarlık.....	18
3.1.1.1.3.	Frekans karakteristiği.....	19
3.1.1.1.4.	Yön Karakteristiği.....	19
3.1.1.2.	Mikrofon Tipleri.....	21
3.1.1.3.	Mikrofon Karakteristiklerinin Mikrofon Tiplerine bağlı değişimi	23
3.1.2.	Yükselteçler.....	24
3.1.2.1.	Yanıt Eğrisi Düzgün Yükselteçler.....	24
3.1.2.2.	Sesin Tayfsal Yapısının Düzenlenmesi.....	24
3.1.2.3.	Elektronik Dengeleyiciler.....	25
3.1.2.4.	Frekans Ayırıcı Devreler.....	26
3.1.3.	Hoparlörler.....	27
3.1.3.1.	Hoparlör Karakteristikleri.....	28
3.1.3.1.1.	Frekans Karakteristiği.....	28
3.1.3.1.2.	Hoparlör Elektriksel Empedansı.....	29
3.1.3.1.3.	Hoparlör Polar Diyagramı.....	29
3.1.3.2.	Hoparlör Tipleri.....	30
3.1.3.3.	Hoparlörlerde Aranılan Özellikler.....	31
3.2.	Seslendirme Sistem Tipleri.....	31
3.2.1.	Doğrultulu Seslendirme Sistem Tipi.....	31
3.2.1.1.	Tek Kanallı Seslendirme Sistem Tipi.....	32
3.2.1.2.	Çift Kanallı Seslendirme Sistem Tipi.....	33
3.2.1.3.	Çok Kanallı Seslendirme Sistem Tipi.....	33
3.2.1.	Yayınık Seslendirme Sistem Tipi.....	35

4.	KONUŞMA AMAÇLI HACİMLERDE SESLENDİRME SİSTEMLERİNİN GENEL KULLANIM NEDENLERİ VE SESLENDİRME SİSTEMİ GEREKSİNİMLERİ	37
4.1.	Seslendirme Sistemlerinin Genel Kullanım Nedenleri	37
4.1.1.	Büyük Hacimler	37
4.1.2.	Fon Gürültüsüne Bağlı Seslendirme	39
4.1.3.	Kötü Biçimlenmiş Hacimler	40
4.1.4.	Yansıma Süresi Uzun Olan Hacimler	41
4.1.5.	İşitme Kayıplarına Bağlı Seslendirme	41
2.2.	Seslendirme Sistemine Bağlı Gereksinimler	42
4.2.1.	Varlık Kriterinin Sağlanması	42
4.2.2.	Yeterli Ses Düzeyi (Kaynak gücü)	45
4.2.3.	Düzenli Yayılma	48
4.2.4.	Geri Beslemenin Önlenmesi	49
4.2.5.	İç Gürültünün Minimumda Tutulması	50
4.3.	Hacime Bağlı Gereksinimler	52
5.	HACİMLERDE SESLENDİRME SİSTEMLERİNİN KURULUM YÖNTEMLERİNİN BELİRLENMESİ	54
5.1	Tasarım Halindeki Hacimlerde ve Mevcut Hacimlerde Seslendirme Sisteminin Kurulması	54
5.1.1	Hacmin Mevcut Durumunun İncelenmesi	55
5.1.2	Hacimde Yapılacak Düzenlemeler	55
5.1.3	Sistem İle İlgili Nitelikler	56
5.1.3.1	Mikrofonların Seçilmesi ve Yerleştirilmesi	56
5.1.3.2	Yükselteç Gücünün ve Niteliklerinin Belirlenmesi	57
5.1.3.3	Hoparlörlerin Seçilmesi ve Yerleştirilmesi	57

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
RESİM LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KONUŞMA -KONUŞMANIN ANLAŞILABİLİRLİĞİ	3
2.1 Konuşmanın Anlaşılabilirliğini Etkileyen Nesnel ve Öznel Etkenler.....	5
2.1.1. Nesnel Etkenler.....	5
2.1.1.1. Yansıma Süresi.....	6
2.1.1.2. Ses Düzeyi.....	8
2.1.1.3. Varlık Kriteri.....	9
2.1.1.4. İlk Yansımaların Etkisi.....	10
2.1.2. Öznel Etkenler.....	10
2.1.2.1. Dinleyiciye Bağlı Etkenler.....	10
2.2 Konuşmanın Anlaşılabilirliğinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemlerden Örnekler.....	11
2.2.1. A-Ağırlıklı ses düzeyi.....	12
2.2.2. Konuşma Girişim Düzeyi.....	13
2.2.3. Anlaşılabilirlik (söylem) Göstergesi.....	14
2.2.4. Konuşma iletim göstergesi.....	15

5.1.4	Denetim ile İlgili Gereksinimler	58
5.1.4.1.	Ses Kontrol Odasının Planlanması.....	59
5.2.	Mevcut Bir Hacimde Kurulmuş Seslendirme Sisteminin Konuşmanın anlaşılabilirliğine katkılarının İncelenmesi ve Değerlendirilmesi	61
5.2.1.	Hacmin Mimari Akustik Açıdan İncelenmesi ve Değerlendirilmesi.....	64
5.2.2.	Hacimdeki Seslendirme Sisteminin İncelenmesi.....	68
5.2.3.	Seslendirme Sisteminin Değerlendirilmesi.....	71
6.	SONUÇ.....	74
KAYNAKLAR.....		75
EKLER.....		77
ÖZGEÇMİŞ		82

Şekil 2.1.	Erkek konuşmacının değişik güçlerdeki konuşmalarının 1 m uzakta oluşturduğu ses basınç düzeylerinin frekans bantlarına dağılım eğrileri.....	4
Şekil 2.2.	Optimum yansım süreleri.....	6
Şekil 2.3	Konuşmanın anlaşılabilirliğinin yansım süresi fonksiyonunda ve konuşma / fon gürültüsü oranına bağlı olarak değişimini gösterir grafik.....	7
Şekil 2.4	Hacmin büyüklüğünün konuşmanın anlaşılabilirliğine etkisi , yansım süresi fonksiyonunda dört farklı büyüklükteki hacimde hecelerin anlaşılabilirlik oranını gösterir grafik.....	8
Şekil 2.5	Gürültü için farklı türdeki test materyalleri kullanılarak (cümleler, kelimeler , heceler) konuşmanın anlaşılabilirliğinin değişimini konuşma / fon gürültüsü oranı fonksiyonunda gösterir grafik.....	9
Şekil 2.6	Farklı türdeki test kelimeleri kullanılarak konuşma / gürültü oranı fonksiyonunda , kullanılan kelime sayısına bağlı olarak (8 , 16 , 32 , 64 kelime) doğru kelime oranını gösterir grafik.....	9
Şekil 2.7	İletişim sağlanabilmesi için konuşmacı dinleyici arasındaki uzaklık.....	13
Şekil 2.8	Konuşmanın anlaşılabilirliği için önemli olan frekans bandında RMS gürültüsü ve konuşmanın zirve değerleri (1/3 oktav bantlar için).....	16
Şekil 3.1.	Doğrultusuz mikrofونun alış diyagramı.....	19
Şekil 3.2.	Tek doğrultulu mikrofونun alış diyagramı.....	20
Şekil 3.3.	İki doğrultulu mikrofونun alış diyagramı.....	20
Şekil 3.4	Mikrofонlardan bazılarının kesit ve şematik gösterilişleri.....	22
Şekil 3.5.	Elektronik dengeleyicilerin kullanılması	25
Şekil 3.6.	Alçak frekans filtre devresi frekans karakteristiği	26
Şekil 3.7.	Orta frekans filtre devresi frekans karakteristiği.....	26
Şekil 3.8.	Yüksek frekans filtre devresi frekans karakteristiği.....	27

Şekil 3.9.	Alçak,orta,yüksek frekans filtre devrelerinin toplam frekans karakteristiği.....	27
Şekil 3.10.	Hoparlörün toplam frekans karakteristiği.....	28
Şekil 3.11.	Dinamik hoparlörün serbest durumda iken empedans- frekans karakteristiği	29
Şekil 3.12.	Hoparlörün polar diyagramı.....	29
Şekil 3.13.	Hoparlörlerden bazılarının kesit ve şematik gösterilişleri.....	30
Şekil 3.14.	Tek kanallı seslendirme sisteminin şematik gösterilişi.....	33
Şekil 3.15.	Çift kanallı seslendirme sisteminin şematik gösterilişi.....	33
Şekil 3.16.	Çok kanallı seslendirme sisteminin şematik gösterilişi.....	34
Şekil 3.17.	Çift kanallı seslendirme sisteminde hoparlörlerin yerleştirilmesi (planda).....	34
Şekil 3.18.	Çift kanallı seslendirme sisteminde hoparlörlerin yerleştirilmesi (kesitte).....	35
Şekil 3.19.	Yaynık seslendirme sisteminde hoparlörlerin yerleştirilmesi (planda).....	36
Şekil 4.1.	Haas kriteri.....	43
Şekil 4.2.	Zaman geciktirme devresi kullanılması bir örnek.....	44
Şekil 4.3.	Gerçek ses kaynağının sesi ile hoparlörün sesinin dinleyiciye ulaşması.....	45
Şekil 4.4.	Hacimlerde genelde 40 dB fon gürültüsü bulunduğu varsayılarak ve bu durumda konuşma düzeyi ile anlaşılabilirlik (P.S.A. Hece söyleme oranı) arasındaki ilişki.....	46
Şekil 4.5.	40 dB'lik ortalama fon gürültüsü ile konuşmanın tayfsal yeğinlik dağılımı arasındaki ilişki.....	47
Şekil 4.6.	Frekans kaydırıcı sistemin kullanılması.....	50
Şekil 4.7.	İç modülasyon bozulması.....	51
Şekil 4.8.	Bolt kriteri.....	53
Şekil 5.1.	Konuşmacı , mikrofon , hoparlör , dinleyici arasındaki ilişki.....	57
Şekil 5.2.	Hoparlörlerin yerleştirilmesine uygun olan yerler.....	58
Şekil 5.3.	Ses kontrol odası olabilecek yerler.....	59

Şekil 5.4.	Hacmin plan + kesiti.....	67
Şekil 5.5.	1650.00 m ³ 'lük hacmin frekans bantlarında olması gereken optimum ve minimum yansım sürelerini gösterir grafik.....	66
Şekil 5.6.	Mikrofonun alış diyagramı.....	68
Şekil 5.7.	Mikrofonun frekans yanıt eğrisi.....	68
Şekil 5.8.	Hoparlörlerin yerleştirilmesi (plan + kesitte).....	69



Çizelge 2.1.	Normal konuşmada ortalama konuşma güçleri.....	4
Çizelge 2.2.	Konuşma erkesinin frekans bantlarına dağılımı.....	5
Çizelge 2.3.	Kulağında herhangi bir rahatsızlığı bulunmayan 50 yaşındaki erkek dinleyicilerin 18-25 yaş grubundakine göre frekans fonksiyonundaki işitme kayıpları.....	11
Çizelge 2.4.	Konuşmanın anlaşılabilirliği için önemli olan frekans bandında RMS gürültüsü ve konuşmanın zirve değerleri (1/3 oktav bantlar için).....	15
Çizelge 3.1.	Mikrofon karakteristiklerinin mikrofon tiplerine bağlı değişimi.....	23
Çizelge 4.1.	Kaynak dinleyici uzaklığı ve frekans fonksiyonunda seslendirme ile sağlanması gereken dolaysız ses yeğnlik düzeyleri.....	38
Çizelge 4.2.	Fon gürültüsü açısından gereken dolaysız ses yeğnlik düzeylerinin sağlanamadığı uzaklık ve frekanslar.....	39
Çizelge 4.3.	Dolaysız ses fon gürültüsü açısından normal konuşma gücüne göre, dolaysız ses yeğnlik düzeyinde gereken artışlar.....	40
Çizelge 5.1.	Konuşma amaçlı hacimlerde konuşmanın anlaşılabilirliğinin iyi olabilmesi için seslendirme sistemi ve sistem bileşenlerinde bulunması gerekli özellikler.....	61
Çizelge 5.2.	Hacimde kullanılan malzemeler.....	64
Çizelge 5.3.	Hacmin frekans bantlarında yansıma sürelerinin hesaplanması.....	65
Çizelge 5.4.	Hacimde fon gürültüsü değerini belirlemeye yönelik yapılan ölçümler.....	70
Çizelge 5.5.	Hacimde ölçüm noktalarında , seslendirme sistemi yardımıyla sağlanan ses düzeyindeki artışlar.....	71

RESİM LİSTESİ

sayfa

Resim 5.1.	Hacmin sahne bölümünden bir görünüş.....	61
Resim 5.2.	Hacmin salon bölümünden genel bir görünüş.....	62
Resim 5.3.	Hacmin salon bölümünden genel bir görünüş.....	63



TEŐEKKÜR

Bu çalıőmayı yaptıđım sűre içinde, bilimsel bir tavırla, eleőtiri ve öneriyle beni yűnlendiren, destekleyen, tez danıőmanım deđerli hocam Doç. Dr. Zerhan KARABİBER' e teőekkűrlerimi sunarım.



ÖZET

Günümüzde hacim akustiği sorunlarının çözümünde seslendirme sistemlerinden büyük ölçüde yararlanılmaktadır. Bunun nedeni , hacmin kullanım amacına bağlı olarak,

- . Yeterli ses düzeyi,
- . Düzgün yayılmışlık,
- . Varlık kriteri koşullarının sağlanması,
- . Akustik kusurların engellenmesinde,

seslendirme sistemlerinin mimarlara büyük kolaylıklar sağlamasıdır.

Bu çalışmada “ Konuşma Amaçlı Hacimlerde, Hacim Akustiği Seslendirme İlişkisinin Anlaşılabilirliğe Etkilerinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi “ başka bir deyişle seslendirme sistemlerinin konuşmanın anlaşılabilirliğine katkılarının ortaya konması olarak belirlenmiştir.

Birinci bölümde tezin kapsamı ve amacıyla ilgili genel bir değerlendirme yapılmıştır.

İkinci bölümde ise konuşma – konuşmanın anlaşılabilirliği incelenmiş ve hacimlerde konuşmanın anlaşılabilirliğini etkileyen nesnel ve öznel etkenler ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde konuşmanın anlaşılabilirliğinin artırılmasında kullanılacak seslendirme sistemleri teknik olarak incelenmiştir.

Dördüncü bölümde konuşma amaçlı hacimlerde seslendirme sistemlerinin genel kullanım nedenleri ve seslendirme sistemi gereksinimlerine yer verilmiştir.

Beşinci bölümde ise seslendirme sisteminin kurulmasında izlenecek yol ele alınmış ve mevcut bir hacimde kurulmuş seslendirme sisteminin konuşmanın anlaşılabilirliği üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Sonuç bölümünde de yapılan çalışma doğrultusunda, mimarların seslendirme sistemlerinin kullanılıp kullanılmayacağına karar verebilmesi gerektiği, seslendirme sisteminin kurulmasında ise mimarlar bu konuda uzmanlaşmış teknik elemanlarla birlikte çalışmalarının doğru olacağı ve yapılan çalışmanın bu kararı verirken mimarlara yardımcı olabileceği vurgulanmıştır.

ABSTRACT

Today, sound systems are used extensively in solving the problems of space acoustics. This is due to the fact that the sound systems, depending on the intended use of a particular space, offer great advantages to the architects in terms of

- sufficient sound power
- regular dispersion
- provision of the conditions of the existence criteria,
- preventing acoustical defaults

The purpose of this study is defined as the, "Investigation And Evaluation Of The Effects Of The Relation Between Space Acoustics And Sound Systems On Audibility In Spaces Targeted For Conversation", in other words, showing the contribution of the sound systems to the audibility of the speech.

The first part contains a general evaluation of the context of the thesis and its purpose.

In the second part, speech and the intelligibility of the speech is investigated and the subjective and objective causes which effect the intelligibility of speech within a space are studied.

The third part contains a technical investigation of the sound systems which could be used in order to improve the audibility and intelligibility of speech.

The fourth part covers the general use purposes of the sound systems in spaces intended for conversation and the requirements of the sound systems.

In the fifth part the the process and procedures for the use of the sound systems are covered and the effects of a sound system installed in an existing space on the intelligibility of the speech is investigated.

In the concluding chapter, based on the study which is carried out, the necessity for achitects to be able to decide about using or not using sound systems, in cases where the sound systems are used the need for the architects to collaborate with technical staff who are experts in this area, and the fact that the study presented can help the architects in such decisions are underlined.

1. GİRİŞ

Mimarlar yapıların ve hacimlerin tasarımını büyük bir sıklıkla kullanım amacına yönelik olarak gerçekleştirir. Bir hacmin her açıdan yeterliliği ise ancak, birçok değişik disiplinin birlikte çalışması ile sağlanabilir. Örneğin; mimarlar, ofis binası olarak tasarlanan bir yüksek yapıda temiz suyun bütün katlara ulaştırılması, dağıtılması, pis suyun uzaklaştırılmasında, binanın ısıtma-soğutma sorunlarının çözümünde mekanik mühendisleri ile enerji temini, güvenli taşınması, dağıtılmasında elektrik mühendisleri ile bina güvenliğinin sağlanmasında bu konuda uzmanlaşmış teknik elemanlar ile çalışmaları zorunludur. Görmenin önemli olduğu hacimlerde tasarıma uygun aydınlatma yapılabilmesi için mimarların elektrik mühendisleri ile birlikte çalışmaları gerekir.

Hacim akustiği açısından da durum aynıdır. Özellikle konuşmanın ağırlıklı olarak yer aldığı seslendirme gereksiniminin ortaya çıktığı durumlarda mühendislerin mimari akustiği göz önüne almaları kaçınılmaz bir gerekliliktir. Oysa ülkemizde seslendirme sistemlerinin kurulması ve gerçekleştirilmesi büyük sıklıkla yalnızca elektrik-elektronik mühendisleri hatta teknisyenleri tarafından yapılmaktadır. Seslendirme sistemlerinin kurulması bu teknik elemanlar ve mimarların işbirliği ile daha doğrusu bu konuda uzmanlaşmış teknik elemanlar ve mimarların işbirliği ile gerçekleştirilmelidir. Ancak bu konuda mimarlarla mühendisler arasında bir iletişim kopukluğu olduğu da bir gerçektir. Bunun nedenlerinden bazıları mimarların konuyu çok teknik bulması, mühendislerin ise bu konuda mimarların herhangi bir katkılarının olabileceği ya da olması gerektiği yolunda bir beklentilerinin bulunmamasıdır. Oysa günümüzde her konuda olduğu gibi bu alanda da değişik bilgi birikimlerinin amaca yönelik olarak birlikte kullanılması önem kazanmaktadır.

Elektrik-elektronik mühendisleri tarafından hacim akustiği göz önüne alınmadan gerçekleştirilen seslendirme sistemlerinin mimari akustik açıdan bazı sakıncalar taşıma olasılığı çok yüksektir. Bu sakıncalardan bazıları yansıma süresi dikkate alınmadan hacmin büyüklüğüne bağlı olarak seslendirme sisteminin gücünün belirlenmesi ya da düzgün yayılmışlık ve yeterli ses gücü elde edebilmek için yayınık seslendirme sisteminin seçilmesi gibi sıralanabilir.

Mimari akustik seslendirme sistemlerinden yararlanma;

- Konuşma
- Müzik
- Konuşma + müzik

amaçlı olabilir.

Ayrıca seslendirme sistemlerinin genel kullanım biçimi de;

- Canlı yayın
- Naklen yayın
- Kayıt

gibi birbirinden temel ayrımlar gösterebilir.

Bu çalışmada amaç “konuşma amaçlı hacimlerde, hacim akustiği seslendirme ilişkisinin anlaşılabilirliğe etkisinin incelenmesi ve değerlendirilmesi” başka bir deyişle seslendirme sistemlerinin konuşmanın anlaşılabilirliğine katkılarının ortaya konması olarak belirlenmiştir. Bu amaca yönelik olarak çalışmada öncelikle konuşma-konuşmanın anlaşılabilirliği konularına değinilecek, ardından seslendirme sistemleri teknik olarak incelenecek ve konuşma amaçlı hacimlerde seslendirme sistemlerinin genel kullanım nedenleri belirlenecektir. Bu inceleme ve belirlemeler yapıldıktan sonra seslendirme sistemlerinin söz konusu gereksinimlere cevap verebilmesi için sağlaması gerekli özellikler ve seslendirme sisteminin kurulmasında izlenecek yol belirlenmeye çalışılacaktır.

Belirtilen amaç doğrultusunda konuşmanın anlaşılabilirliği için önemli olan, yeterli ses düzeyi, düzgün yayılmışlık, varlık kriteri koşullarının sağlanması ve akustik kusurların önlenmesinde , uygun bir seslendirme sisteminin kurulması için mimarlar ve bu konuda uzmanlaşmış elemanların birlikte çalışmaları gerektiği açıktır. Bu çalışma da; belirlenen amaca uygun olarak mimarlara yardımcı olunması hedeflenmiştir.

2. KONUŞMA - KONUŞMANIN ANLAŞILABİLİRLİĞİ

İnsanın ses mekanizmasının, düzenli ve düzensiz sesler olmak üzere temelde iki ayrı ses biçimi oluşturan bir yapısı vardır. Düzenli sesler, notası belirlenebilen, yani belli bir temel sesi olan, düzensiz sesler ise notası belirlenemeyen, akustik erke dağılımı gelişigüzel olan daha çok gürültü niteliğindeki seslerdir. Konuşma , düzenli ve düzensiz seslerin tam bir karışımı, daha doğrusu, zaman içinde birbirini izlemesinden oluşan bir ses biçimidir (Sirel 1974). İnsanlar arasında iletişim kurmada en önemli etken olan konuşmanın, anlaşılabilirliğinin değerlendirilmesinde fiziksel ve fizyolojik yapısının bilinmesi son derece önemlidir.

Konuşmada üretilen düzenli sesler sesli (a, e, ı, i, o, ö, u, ü), düzensiz sesler sessiz (s, t, vb) olarak nitelendirilir. Konuşmanın yapısının belirlenebilmesi için bu iki ses grubunun temel özelliklerinin bilinmesi gerekir.

- Seslilerin çıkarılışı sırasında ses telleri titreşimlidir. Buna karşılık, kimi sessizlerde ses telleri titreşmez. Bu açıdan sessizler ötümlü (b, c, d, g, vb.) ve ötümsüz (ç, h, k, vb.) olarak ikiye ayrılır. Ötümsüz sessizlerde ses, ağız kanalındaki birtakım engellemelerle oluşturulur. Ötümlü sessizler ise, ses tellerinin titreşimli durumunda çıkarılmaları açısından seslilere benzerler. Ancak tayfları seslilere oranla çok daha yaygın ve yüksek frekanslıdır. Yeğnlikleri de seslilerden çok düşüktür.
- Seslilerin tayfları 10 Hz ile 5000 Hz arasındadır. Sessizlerin tayfları ise 16 000 Hz'e kadar uzanır.
- Sessizlerin ses gücü seslilerden çok daha düşüktür. Örneğin "0" seslisinin ses gücü 50 μ w do-laylarında iken, "V" sessizinin ses gücü yalnızca 0.03 μ w'dir.
- Seslilere oranla sessizlerin bağıl süreleri kısadır.
- Sessizlerin alfabedeki sayısı, seslilerin yaklaşık üç katı kadardır. Sıralanan tüm bu etkenler göz önüne alındığında büyük oranda yüksek frekanslardan oluşan sessizlerin konuşmanın anlaşılabilirliğindeki önemli etkisi açıkça görülmektedir. Konuşmanın anlaşılabilirliğinin değerlendirilmesinde bilinmesi gereken bir başka etken de konuşmanın erkesidir.

Konuşmanın Erkesi : Ağız çıkışında üretilen akustik dalganın ortalama gücüne konuşmanın erkesi adı verilir. Konuşmanın erkesi, hacmin büyüklüğü, akustik koşulları, dinleyici kitlesi ve konuşmacının fizyolojik yapısına bağlı olarak değişim gösterir.

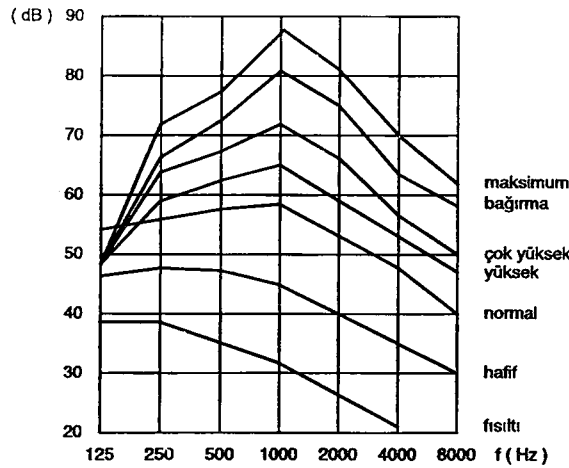
Normal konuşmada $10 \mu w$ dolaylarında olduğu belirlenen ortalama güç, aynı insanda 1'den 10.000'e ve bir insandan ötekine 1'den 500'e kadar varan oranlarda değişim gösterebilir. Çizelge 2.1 kadın ve erkek konuşmacıların, normal konuşmada harcadıkları gücün ortalama ve sınır değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.1'de kadın ve erkek konuşmacıların, normal konuşmada harcadıkları gücün ortalama ve sınır değerleri (Değerler yansıtıcı yüzeylerin olmadığı sessiz hacimler için geçerlidir.)

(Knudsen ve Harris)

	Sınır değerler	Ortalama
Erkek	$10 \mu w - 91 \mu w$	$34 \mu w$
Kadın	$8 \mu w - 55 \mu w$	$18 \mu w$

Şekil 2.1'deki grafikte ise bir erkek konuşmacının değişik güçlerdeki konuşmalarının 1 m. uzakta oluşturduğu ses basınç düzeylerinin frekans bantlarına dağılım eğrileri görülmektedir.



Şekil 2.1 Erkek konuşmacının değişik güçlerdeki konuşmalarının 1 m. uzakta oluşturduğu ses basınç düzeylerinin frekans bantlarına dağılım eğrileri. (Harris 1979)

Ortalama konuşma erkesinin frekans tayfına dağılımı da değişik araştırmacılar tarafından incelenmiştir.

Çizelge 2.2’de konuşma erkesinin frekans bantlarına oransal dağılımını belirleyen deney sonuçları sunulmaktadır. (Counturie 1987)

Çizelge 2.2. Konuşma erkesinin frekans bantlarına dağılımı.

<u>Filtre konumu</u>	<u>Erke oranı (%)</u>
0-16000	100
250-16000	60
500-16000	38
1000-16000	14
1500-16000	7
2000-16000	4
3000-16000	2
4000-16000	0

2.1. Konuşmanın Anlaşılabilirliğini Etkileyen Nesnel ve Öznel Etkenler.

Konuşmanın anlaşılabilirliğini etkileyen nesnel ve öznel etkenler aşağıda sıralanmıştır.

2.1.1. Nesnel Etkenler

Konuşma dinleyiciye ulaşıncaaya değin içinde bulunduğu ortamın özelliklerine göre değişime uğrar. Bu değişime neden olan ve anlaşılabilirliğini dolaylı ya da dolaysız olarak etkileyen pek çok nesnel etken vardır. Hacimde yeterli anlaşılabilirlik koşullarının oluşturulabilmesi ancak bu etkenlerin incelenmesi ve etki büyüklüklerinin belirlenmesi ile gerçekleşebilir. Konuşmanın anlaşılabilirliğini etkileyen nesnel etkenler:

- Hacmin yansıma süresi,
- Hacimdeki ses düzeyi,

- Varlık kriteri,
- İlk yansımalar

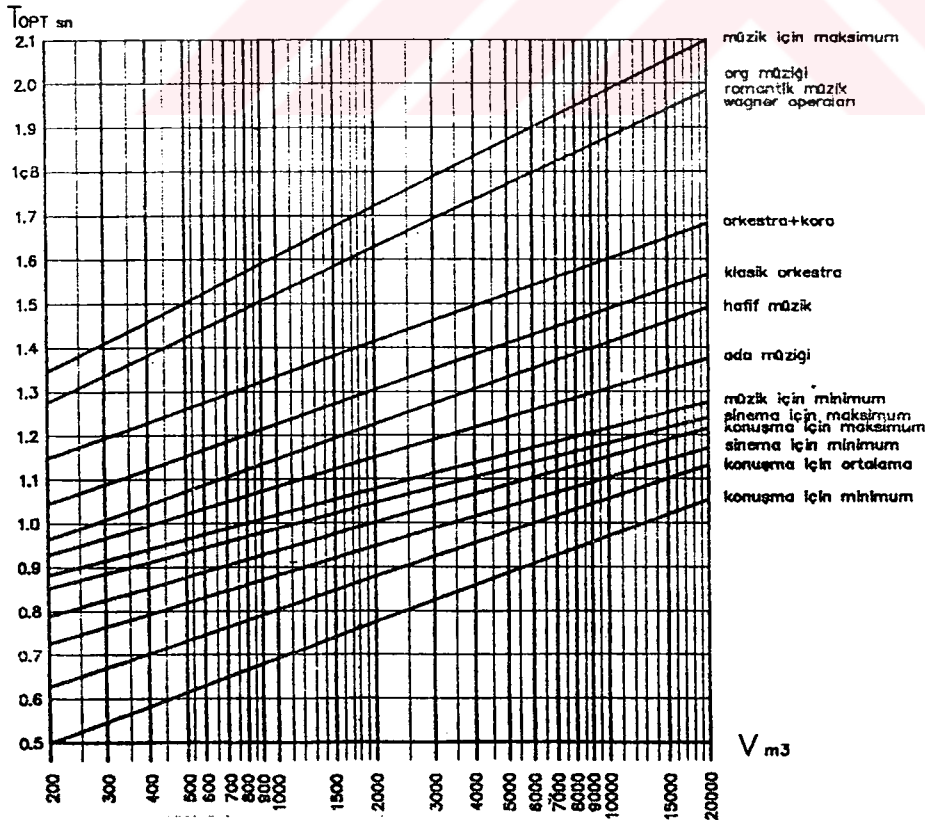
olarak sıralandırılabilir.

2.1.1.1. Yansıma Süresi

konuşma zaman içinde birbirini sık aralıklarla izleyen seslerden oluşur. (Sesler birbirini yaklaşık 70m/sn ara ile izler "Sn'de ortalama 5 hece) (Karabiber 1987) Konuşmada yer alan seslerin, örtmeye neden olarak birbirinin işitilmesine engel olmaması gerekir. Bu açıdan konuşmanın anlaşılabilirliğinde yansıma süresi son derece önemlidir. Yansıma olayının anlaşılabilirlikte biri yararlı diğeri zararlı iki etkisi vardır.

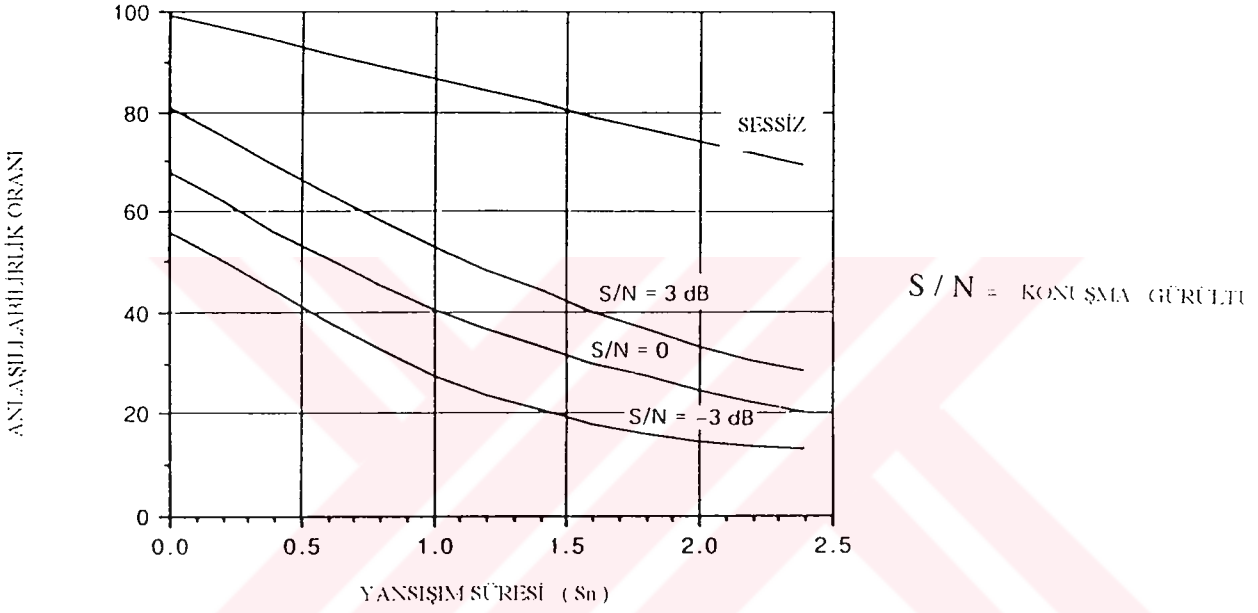
- Bir hacmin yansıma süresi uzatılarak hacimdeki ses düzeyi belli bir düzeye kadar (kılışsal olarak ancak 10 dB) artırılabilir.

- Buna karşın yansıma , bir sesin, izleyen ses oluşuncaya değin azalmasına neden olur. Bu durumda birinci ses, ikinci ses üzerinde gürültü etkisi yaparak örtmeye yol açar. Bu açıdan yansıma zararlıdır. Bu nedenle yeterli yeğnliğin sağlandığı ve örtmenin olmadığı bir optimum yansıma süresi kavramı doğmuştur. Şekil 2.2.'de kullanım amacına bağlı olarak optimum yansıma süreleri görülmektedir. (Sirel 1974)



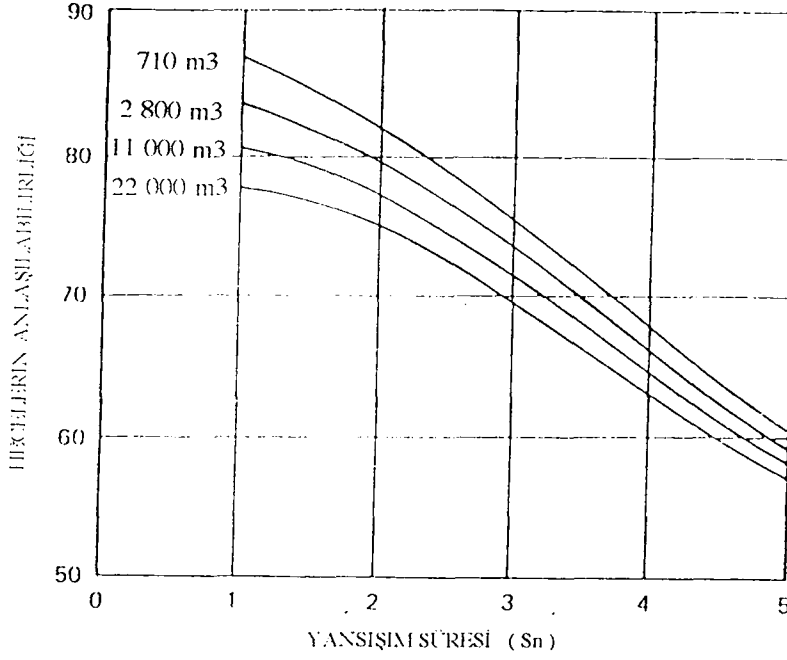
Şekil 2.2. Optimum yansıma süreleri.

Şekil 2.3.'de ise yansımanın konuşmanın anlaşılabilirliği üzerindeki etkisi görülmektedir. Üstteki eğride konuşma/gürültü oranınının 30 dB (yani pratik olarak sessizlik durumunda) olması durumunda, yansıma süresinin uzamasıyla konuşmanın anlaşılabilirliğindeki azalma görülmektedir. Altta üç eğri ise konuşma/gürültü oranınının 3 dB, 0 dB, -3 dB olması durumunda yansıma süresinin uzamasına bağlı olarak konuşmanın anlaşılabilirliğindeki azalma görülmektedir. (Houtga vd 1972)



Şekil 2.3. konuşmanın anlaşılabilirliğinin yansıma süresi fonksiyonunda ve konuşma/fon gürültüsü oranına bağlı olarak değişimi.

Şekil 2.4.'da ise yansıma süresi fonksiyonunda, dört farklı büyüklükteki (710, 2800, 11000 ve 22000 m³) hacimde yansıma süresindeki azalmaya bağlı olarak hecelerin anlaşılabilirlik yüzdesindeki artış görülmektedir. (Knudsen ve Harris 1978)



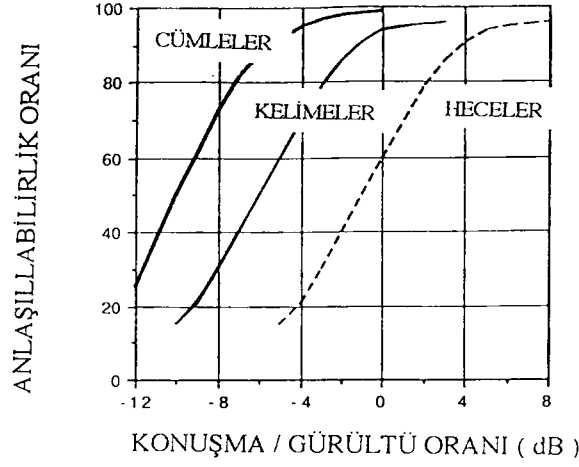
Şekil 2.4. Hacmin büyüklüğünün konuşmanın anlaşılabilirliğine etkisi, yansıma süresi fonksiyonunda dört farklı büyüklükteki hacimde hecelerın anlaşılabilirlik yüzdesi.

2.1.1.2. Ses Düzeyi

Hacimde ortalama 40 dB fon gürültüsü var iken, konuşmanın anlaşılabilirliğinin optimum değeri kabul edilen PSA'nın %75'lik değerine karşılık gelen, optimum konuşma düzeyi alt sınırı 58dB, üst sınırı 80dB dolaylarında olması gerektiği belirlenmiştir. (Karabiber 1987)

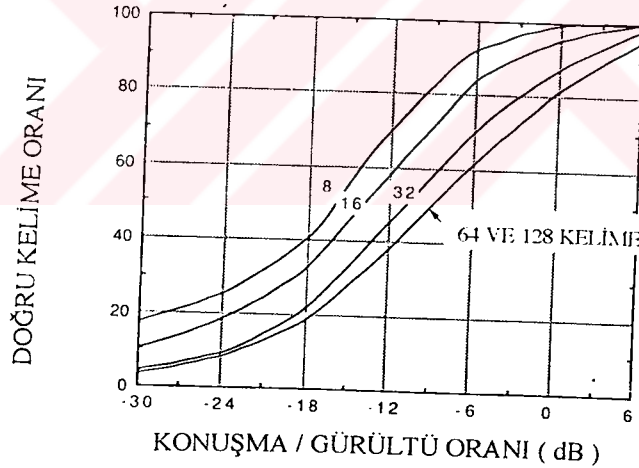
Bir sesin diğerinden ayırt edilebilmesi için iki ses arasında en az 3 dB olmalıdır. Bu farkın yüksek olması, ses gücü fazla olan ses lehine ayırt edilebilirliği artırır. (Karabiber 1987) Konuşmanın iyi bir biçimde anlaşılabilmesi için ortalama konuşma düzeyi ortalama fon gürültüsünden en az 15 dB fazla olmalıdır. Bunun yanı sıra hacmin içindeki değişik dinleyici konumları arasındaki fark en çok 5 dB olmalıdır. Bu hacmin değişik noktalarındaki anlaşılabilirlik ayrımlarını önlemek açısından gerekir.

Şekil 2.4.'de gürültünün anlaşılabilirlik üzerindeki etkisinin cümleler, kelimeler ve heceler kullanılarak belirlendiği bir çalışmanın sonuçları görülmektedir. Anlaşılabilirlik oranı konuşma gürültü oranınının dB cinsinden artmasına bağlı olarak artmaktadır. (Miller vd 1951)



Şekil 2.5. Gürültü için farklı türdeki test materyalleri kullanılarak (cümleler, kelimeler, heceler) konuşmanın anlaşılabilirliğinin değişimini, konuşma / fon gürültüsü oranı fonksiyonunda gösterilmesi.

Şekil 2.5. incelendiğinde konuşma / gürültü oranı aynı durumda iken anlaşılabilirlik oranının testlerde cümleler kullanıldığında yüksek, kelimelerde düşük, hecelerde ise daha düşük olduğu görülmektedir. (Sumbly ve Pollack 1954)



Şekil 2.6. Farklı türdeki test kelimeleri kullanılarak, konuşma/gürültü oranı fonksiyonunda kullanılan kelime sayısına bağlı olarak (8,16,32,64 ve 128 kelime) doğru kelime yüzdesini gösterilmesi.

2.1.1.3. Varlık Kriteri

Kapalı hacimlerde insan, kaynağın yönünü yüksek frekanslarda başın akustik gölgesinden alçak frekanslarda ise her iki kulağa ulaşan ses titreşimleri arasındaki faz ayrımından yararlanarak be-

lirler. Bu nedenle yönün algılanabilmesi, dolaysız ses erkesinin yansımış ses erkesine ya da hoparlörün dolaysız ses erkesine (seslendirme sistemi kullanılan hacimlerde) oranla belli bir değerin altına düşmemesi ve böylece faz ayırımında başın akustik gölgesinin de algılanabilme eşiğinin üstünde bulunmasının sağlanmasına bağlıdır. Bu eşik yansımış sesin (seslendirme sistemi kullanılan hacimlerde hoparlörün dolaysız sesinin) örtme etkisinden ötürü salt değer değil, bir orandır.

Ses kaynağının uzaklığı kaynaktan gelen dolaysız ses ile yansımış sesin oranına göre algılanır. Seslendirme yapılan hacimlerde ise yansımış sesin yerine seslendirme sisteminde kullanılan hoparlörlerden hacme gönderilen dolaysız ses belirleyicidir. Uzaklığa göre değişen “yansımış ses ya da seslendirme sisteminin dolaysız sesi ile dolaysız ses oranı” kaynağın uzaklığı biçiminde algılanır.

2.1.1.4. İlk Yansımaların Etkisi

Hacim akustiğinde iyi işitme koşulları açısından ilk yansımalar önemlidir. Seslendirme sistemi kullanılan konuşma amaçlı hacimlerde yansımın süresi minimumda tutulur ve sahnedeki malzemelerin yutuculukları arttırılır ve ilk yansımaların konuşmanın anlaşılabilirliğine katkısı olmaz. Ancak Haas Kriteri'nde belirtilen iyi anlaşılabilirlik koşullarının sağlanabilmesi için ilk yansımalar yerine hoparlörün dolaysız sesi dikkate alınmıştır. Bu konuya 4.2.2. Bölüm' de daha ayrıntılı değinilecektir.

2.1.2. Öznel Etkenler

Öznel etkenler ; konuşmacıya bağlı öznel etkenler ve dinleyiciye bağlı öznel etkenler olmak üzere iki grupta toplanabilir. Konuşmacıya bağlı öznel etkenler tez kapsamı dışında tutulmuştur. Dinleyiciye bağlı öznel etkenlerden ise yalnızca yaşlanmaya bağlı işitme kayıpları değerlendirilecektir.

2.1.2.1. Dinleyiciye bağlı etkenler.

Yaşlanmaya bağlı işitme kayıpları; insanlarda yaşlanmaya bağlı olarak işitme kayıpları oluşur. İşitme kayıpları özellikle yüksek frekanslarda erkeklerde kadınlara oranla daha fazladır.

Çizelge 2.3’de, kulağında herhangi bir rahatsızlığı bulunmayan 50 yaşındaki erkek dinleyicilerin 18,25 yaş grubundakine göre frekans fonksiyonundaki işitme kayıpları görülmektedir (Yügrük 1994). Bu dağılım dinleyicilerin %50’si için geçerlidir .

Çizelge 2.3. Kulağında herhangi bir rahatsızlığı bulunmayan 50 yaşındaki erkek dinleyicilerin 18,25 yaş grubundakine göre frekans fonksiyonundaki işitme kayıpları

<u>Frekans (Hz)</u>	<u>Ortalama işitme kaybı (dB)</u>
125	3
250	3
500	4
1000	4
2000	7
4000	16
8000	23

2.2. Konuşmanın Anlaşılabilirliğinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemlerden Örnekler.

Gürültü ya da yansımanın konuşmanın anlaşılabilirliği üzerindeki etkilerinin öngörülmesinde kullanılan yöntemlerden bazıları şunlardır.

- . A – ağırlıklı ses düzeyi
- . Konuşma girişim düzeyi
- . Söylem (anlaşılabilirlik) göstergesi.
- . Konuşma iletim göstergesi

Bu göstergeler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

2.2.1. A – Ağırlıklı Ses Düzeyi :

A – ağırlıklı .ses düzeyi, gürültülü ortamda güvenli iletişim için izin verilen maksimum konuşmacı dinleyici uzaklığının öngörülmesinde kullanılır. Güvenilir iletişim için dinleyicilerin, tek heceli test sözcüklerinin % 70'ini anlayabilmeleri gerekir. Test için kullanılan liste 1000 ya da daha fazla sözcük içermelidir.

Tek heceli sözcüklerin % 70'inin anlaşılması cümlelerin % 90'ının anlaşılabilirliğine denk gelir.

Yöntemin adımları aşağıdaki gibidir.

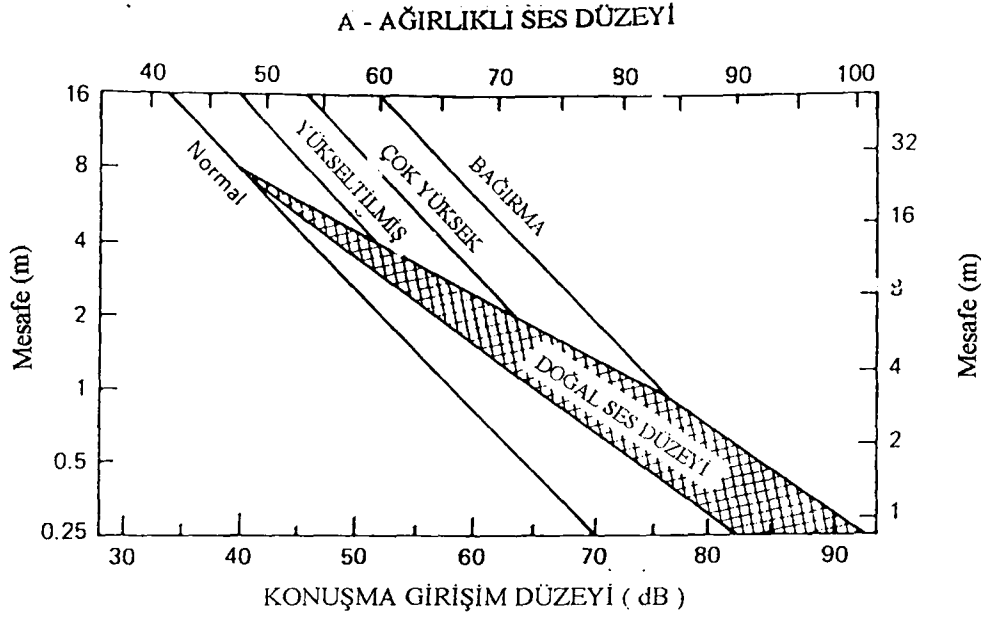
1. Ses ölçüm cihazının yavaş ölçüm (slow) ayarında fon gürültüsü A – ağırlıklı ölçülür.
2. Sonuçlar şekil 2.7. üzerine yerleştirilir.
3. Bu noktadan indirilen bir dik eğrileri keser ve güvenli iletişim için , ses düzeylerinde konuşmacı dinleyici uzaklığını gösterir.

Yöntemin sınırları :

İzleyen koşulların varlığı durumunda yöntem uygulanamaz

1. Fon gürültüsü oktav bant tayfında (250 – 5000 Hz) arasındaki herhangi bir oktavda , ses düzeyi beyaz gürültü tayfından 10 dB fazla oluyorsa.
2. Zamana bağlı ses düzeyindeki değişimler varsa ve bu değişimler A – ağırlıklı ses düzeyinden 10 dB fazla oluyorsa.
3. Yansıma süresi 2 sn. den fazla ise.
4. Konuşma bozuluyor ise.

Şekil 2.7'de iletişim sağlanabilmesi için konuşmacı – dinleyici arasındaki uzaklığın öngörülmesinde kullanılan çizelge görülmektedir.



Şekil 2.7. İletişim sağlanabilmesi için konuşmacı – dinleyici arasındaki uzaklık.

2.2.2. Konuşma girişim düzeyi (SIL)

Konuşma üzerinde gürültünün etkisini saptamak için özel olarak hazırlanmış bir göstergedir. Bu gösterge (Pearsons vd 1977) 4 oktav bantta fon gürültüsü düzeyinin ölçülmesi ile üretilmiştir. Gürültü tayfında frekansa bağlı değişim içerir. (Egan 1948)

Hesaplama yöntemi

Standart 4 bant yöntemde ; 500 ,1000 , 2000 , 4000 Hz bantlarında ses düzeyleri ölçülür.

Konuşma girişim düzeyi bu 4 oktavın ortalamasına eşittir.

Yöntemin sınırları

İzleyen koşulların varlığı durumunda yöntem uygulanamaz.

1. Konuşma girişim düzeyinde 10 db'den fazla değişim var ise.
2. Yansıma süresi 2 sn den fazla ise.
3. Konuşma bozulduğu zaman.

2.2.3. Anlaşılabilirlik (Söylem) Göstergesi

Anlaşılabilirlik göstergesi konuşmanın anlaşılabilirliğinin öngörülmesinde frekans filtrelerinin ve fon gürültüsünün etkilerini hesaplayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu gösterge gürültü düzeyinin zamanla değiştiği durumlarda kullanılabilir. (Egan 1948)

Hesaplama yöntemi :

Anlaşılabilirlik göstergesi hesaplama yöntemi oldukça karmaşıktır. Birkaç tür yöntem geliştirilmiştir.

Üçte bir (1/3) oktav bant yöntemi

1. 200 – 5000 Hz arasında 15 1/3 oktav bant içinde RMS gürültü düzeyi ve konuşma düzeyinin zirveleri ölçülür. Konuşma zirve düzeyi doğrudan ölçülemiyorsa ideal konuşma tayfindan öngörülebilir. İdeal konuşma tayfi ANSI s3.5 1969 'da tanımlanmıştır.
2. Konuşma ve gürültü düzeylerinin etkin düzeyde , yaygın örtme ya da doğrusal olmayan örtme büyüklüğüne neden olup olmadığı kontrol edilir. Ortalama konuşma düzeyi 85 dB üstünde ya da gürültü düzeyi bir 1/3 oktav bantda 70 dB üstünde ise bu etki dikkate alınır. ANSI s3.5 1969
3. Konuşmanın gürültüye oranı her 1/3 oktav bandında bir ağırlık faktörüne göre çoğaltılır. Anlaşılabilirlik göstergesi bu ağırlıklı konuşma gürültü oranının toplamına eşittir.
4. Anlaşılabilirlik göstergesi hesaplanan tahmini konuşmanın anlaşılabilirliği değeri şekil 2,7'de gösterilmiştir.

Sayısal örnekler :

Çizelge 2.4'de RMS gürültüsü ve konuşmanın zirve değerleri 1/3 oktav bantlar için , konuşmanın anlaşılabilirliği için önemli olan frekans bandında gösterilmiştir. Şekil 2.8'de ise grafik olarak gösterilmiştir.

Yöntemin sınırları:

1. Yansıma süresi uzun olan hacimlerde
2. Konuşma bozulmuş ise, ölçümler güvenilmezdir.

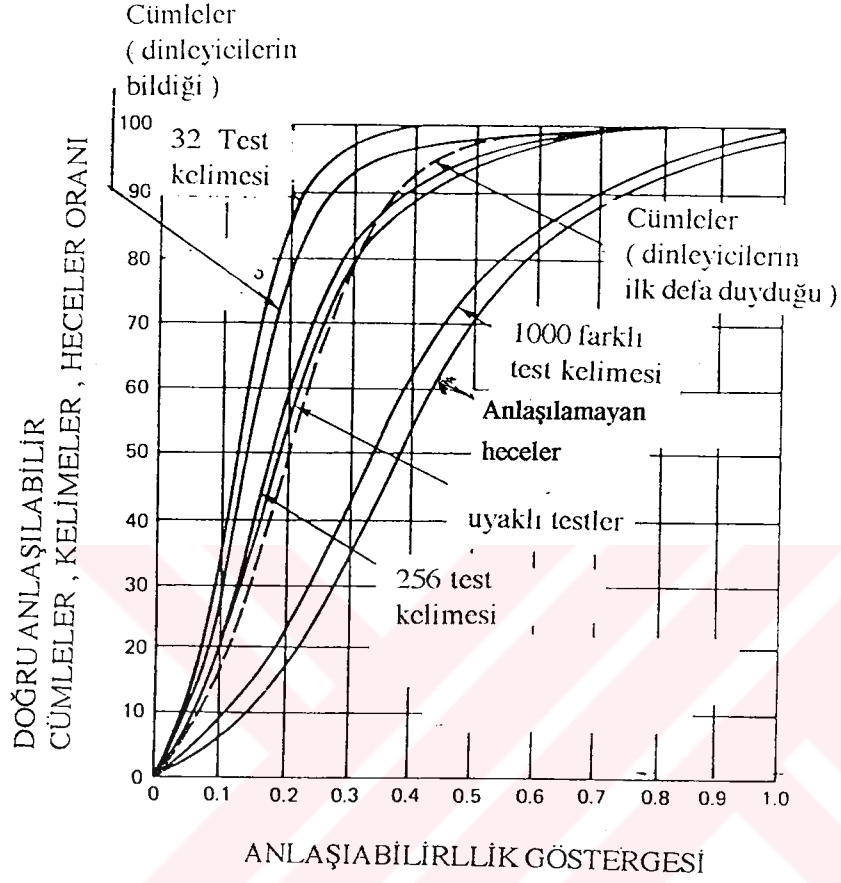
2.2.4. Konuşma İletim Göstergesi :

Konuşma iletim göstergesi kavram olarak anlaşılabilirlik göstergesi ile benzeşir. Ancak konuşma iletim göstergesi konuşmanın anlaşılabilirliğinin , yansıma ve gürültü etkenlerinin ikisinin birden dikkate alındığı durumlarda daha yaygın olarak kullanılır. Konuşma iletim göstergesinde temel varsayımlar konuşmanın anlaşılabilirliği üzerinde yansımanın etkisi (fon gürültüsüne eşit düzeyde) ve bu eş fon gürültüsü konuşmanın anlaşılabilirliği üstünde gürültü ve yansımanın birleşik etkisinden kaçınmak için gerçek fon gürültüsü ile birleşik alınabilir.

Konuşma iletim göstergesinde modülasyon (ses ayarlama – değiştirme) değerlerindeki azalma 125 – 8000 Hz tayfında test sinyallerinde 1/3 oktav bantlık (0,63 Hz'den 12,5 Hz'e 1/3 oktav bant adımı) frekans değişiminde ölçülür. Modülasyon derinliğindeki ortalama azalma 7 oktav bandın her birinde ölçülür.

Çizelge 2.4. Konuşmanın anlaşılabilirliği için önemli olan frekans bandında RMS gürültüsü ve konuşmanın zirve değerleri (1/3 oktav bantlar için) .

1	2	3	4	5	6
Bant merkez Frekansı, Hz	Konuşma zirve düzeyi, dB	RMS gürültü düzeyi, dB	S/N oranı dB	Ağırlık	Col. 4x Col. 5
200	63	67	0*	0.0004	0
250	68	66	2	0.0010	0.0020
315	67	66	1	0.0010	0.0010
400	70	65	5	0.0014	0.0070
500	72	63	9	0.0014	0.0126
630	70	60	10	0.0020	0.0200
800	66	57	9	0.0020	0.0180
1000	65	54	11	0.0024	0.0264
1250	67	49	18	0.0030	0.0540
1600	63	45	18	0.0037	0.0666
2000	59	42	17	0.0038	0.0646
2500	59	38	21	0.0034	0.0714
3150	58	33	25	0.0034	0.0850
4000	56	27	29	0.0024	0.0696
5000	52	21	30*	0.0020	0.0600
ortalama SPL	78	73			AI = 0.5582 = 0.56



Şekil 2.8. Konuşmanın anlaşılabilirliği için önemli olan frekans bandında RMS gürültüsü ve konuşmanın zirve değerleri (1/3 oktav bantlar için) .

3. SESLENDİRME SİSTEMLERİ

Konuşmanın anlaşılabilirliğini iyileştirmede kullanılacak seslendirme sistemlerinden iyi bir sonuç elde edebilmek için seslendirme sistemlerinin tanınması gerekir. Seslendirme sistemlerinde, sistem bileşenleri; mikrofon, yükselteç (amplifikatör), CD, teyp, pikap, hoparlör olarak sıralanabilir. Bir hacimde seslendirme sistemine gereksinim duyulmasının nedenleri önemlidir. Bu nedenler sistemin tasarlanması ya da yapımı aşamasında sistemin çözümüne yardımcı olur.

Seslendirme sistemi kullanılması gerekli hacimleri ve nedenleri;

- . Büyük hacimler,
 - . Fon gürültüsü yüksek olan hacimler,
 - . Kötü biçimlenmiş hacimler,
 - . Sesin nitelik ve niceliğinin denetim altına alınması gerektiği hacimler,
 - . Yaşlanmaya bağlı işitme kayıpları,
 - . Anons-çağrı gereksinimleri,
 - . Kayıt ve yayın gereksinimleri,
- olarak sıralanabilir.

Bu bölümde konuşma amaçlı hacimlerde kullanılan seslendirme sistemlerinin, sistem bileşenleri (mikrofon, yükselteç, hoparlör) ve yardımcı bileşenleri (elektronik dengeleyiciler-filtre devreleri)'nin, teknik özellikleri ve uygun kullanım koşulları ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

3.1. Seslendirme Sistemlerinde Kullanılan Aygıt ya da elemanlar

Her seslendirme sisteminde mikrofon, hoparlör, amplifikatör (yükselteç) olmak üzere üç ana bölüm ve ön yükselteç, crossover, dengeleyici gibi birçok yardımcı bölüm vardır. Mikrofon, gerçek ses kaynağından çıkan ses enerjisini alıp, elektrik enerjisine çevirerek, ön yükselteç yardımıyla yükseltece gönderir. Yükselteç, ön yükselteçten gelen elektrik enerjisini yükseltir ve gerektiğinde elektronik dengeleyiciler yardımı ile tayfsal yapısını düzenler. Hoparlör ise yükselteçten gelen elektrik sinyallerini sese çevirerek hacme verir. Canlı yayının olmadığı sistemlerde sistem bileşenlerinden mikrofon kullanılmaz. Bir seslendirme sisteminin sistem bileşenleri, yüksek kalitede ise; sistemin görevini mükemmel olarak gerçekleştirmesini sağlayacak bir özellik yerine getirilmiştir. Her seslendirme sistemi sadece bileşenleri kadar iyi olabilir. Bileşenlerden bir tanesinin yetersiz olması, sistemi olumsuz etkileyecektir. Başka bir deyişle, bileşenlerin tümü yüksek kaliteli, birbirleri ile uyumlu ve aynı amaca yönelik olmalıdır.

3.1.1. Mikrofonlar

Mikrofon; akustik gücü elektrik gücüne çeviren bir tür enerji çeviricisidir ve bir seslendirme sisteminde sesi ilk karşılayan elemandır. Mikrofon sisteme uygun değilse ya da kötü seçilmişse, sistem en başından düzeltilemeyecek bir zarar görür. Sisteme uygun mikrofon seçebilmek için, mikrofonların özellikleri ve hangi durumlarda olumlu ya da olumsuz sonuçlar vereceği bilinmelidir.

3.1.1.1. Mikrofon Karakteristikleri.

Mikrofon seçimi, empedans, duyarlık, frekans karakteristiği, yön karakteristiği dikkate alınarak yapılmalıdır. Bu bölümde söz konusu özellikler incelenecektir.

3.1.1.1.1. Empedans

Empedans basit olarak elektrik akımı akışına karşı koyma diye tanımlanabilir. Bir mikrofonun çıkış sinyali herhangi bir ses frekansında ya da ses frekans bandında aşırı bir sinyal kaybına uğratılmaksızın yükseltilecekse; mikrofon ön yükseltecinin giriş empedansı mikrofonun gerektirdiği özelliklere uygun olmalıdır. Mikrofondan gelen ses frekanslarını yükseltece uygularken, kayıpların az olması için yükseltecin giriş empedansının, mikrofonun çıkış empedansından üç kat ya da daha fazla olmalıdır. Bunu sağlamak için ön yükselteçten yararlanılır.

(Tamer vd 1990)

Mikrofonlar çıkış empedansı açısından üç grupta toplanabilirler:

- Alçak empedanslı mikrofonlar 20-200 ohm arası
- Orta empedanslı mikrofonlar 200-50 000 ohm arası
- Yüksek empedanslı mikrofonlar 50 000-200 000 ohm arası

Alçak empedanslı mikrofonlar, diğerinden yüksek kaliteli ve daha pahalıdır.

3.1.1.1.2. Duyarlık

Ses basınç düzeyi 1 bar iken, mikrofonun yük empedansı üzerinde ürettiği gerilme "Duyarlık" denir. Bir mikrofonun duyarlığı ile sesin kalitesi arasında bir ilişki yoktur.

3.1.1.1.3. Frekans Karakteristiği

Mikrofonların yanıt eğrisinin düzgün olabilmesi için herhangi bir frekansta keskin tepeler ve çukurlar olmaması gerekir. Keskin tepeler ve çukurluklar varsa, bunların daha sonra düzeltilmesi olanaklı değildir. Mikrofonların frekans bandı kullanılacağı sistemin frekans bandından geniş olmamalıdır. Frekans bandı genişliği: Mikrofon seçimi yapılırken yükseltilecek frekans bandı genişliği göz önünde bulundurulmalıdır. Konuşma için 100 Hz - 7000 Hz'lik bir frekans bandı yeterlidir. Müzik için ise 40 Hz ile 15 000 Hz'lik bir frekans bant genişliğine gereksinim duyulur. Konuşma amaçlı mikrofonlarda, konuşmanın netliğini artırmak için belirli bir frekans bandı (200 Hz ile 6000 Hz arası) bir tepe oluşturularak, tümsekleştirilir. Bu olaya "bandın doruklandırılması" denir.

3.1.1.1.4. Yön Karakteristiği

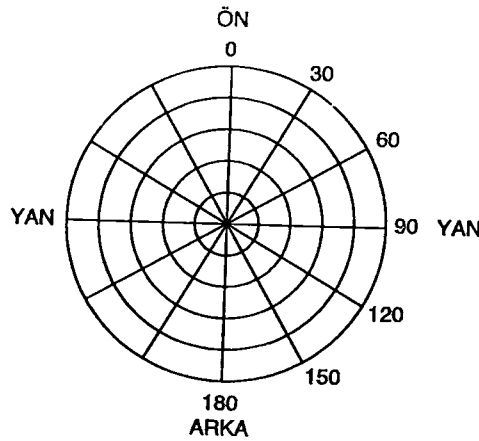
Mikrofona çeşitli açılardan gelen ses dalgalarının mikrofon çıkışında ürettiği, çıkış gerilim düzeyi grafiğidir. Mikrofonların alış diyagramları üç boyutlu özelliğe sahiptir. Alış yönü bakımından mikrofonlar üç grupta toplanabilirler.

• Doğrultusuz mikrofonlar

bütün yönlerden gelen seslere karşı duyarlıdırlar. Sesin birçok doğrultudan geldiği durumlarda (açık oturum, vb.) kullanılabilirler.

Şekil 3.1'de doğrultusuz mikrofonun alış diyagramı görülmektedir.

(Knudsen ve Harris 1950)

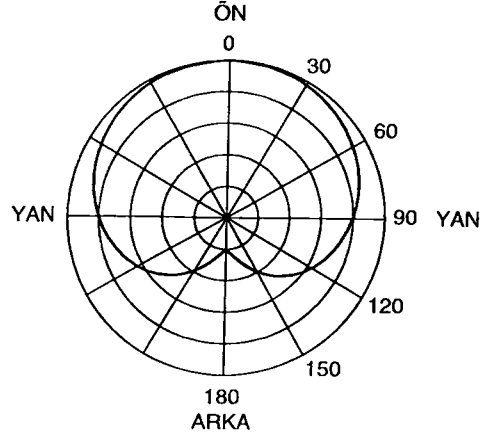


Şekil 3.1. Doğrultusuz mikrofonun alış diyagramı

• Tek doğrultulu mikrofonlar

Tek doğrultulu mikrofonların en yüksek duyarlığa ön taraftadır. İyi bir tek doğrultulu mikrofonun ön tarafından arka tarafına olan duyarlık farkı 20 dB'dir. Bu oranın hemen bütün fre-

kanslarda olması istenir. Şekil 3.2’de tek doğrultulu mikrofonun alışı diyagramı görülmektedir.(Knudsen ve Harris 1950)

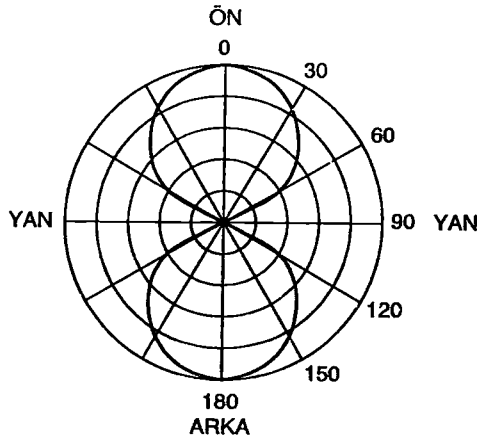


Şekil 3.2. Tek doğrultulu mikrofonun alışı diyagramı

Bu tür mikrofonlar, akustik geri beslemenin oluşmasını önlemek amacıyla kullanılır. Ayrıca doğrultulu mikrofonlar ses kaynağı ile mikrofon arasındaki uzaklık çok ve çevrede gürültü var ise tercih edilirler. Bunların çevreden yani salondan ve hoparlörden gelen seslere duyarlılığı çok azdır.

• İki doğrultulu mikrofonlar

En çok kullanılan mikrofon tipleridir. Bunun nedeni, doğrultulu mikrofonlara göre ucuz olmaları ve duyarlılıklarının ön ve arkada fazla, yanlarda ise sıfır olmasıdır. Şekil 3.3’de iki doğrultulu mikrofonların alışı diyagramı görülmektedir. (Tamer vd 1990)



Şekil 3.3. İki doğrultulu mikrofonun alışı diyagramı .

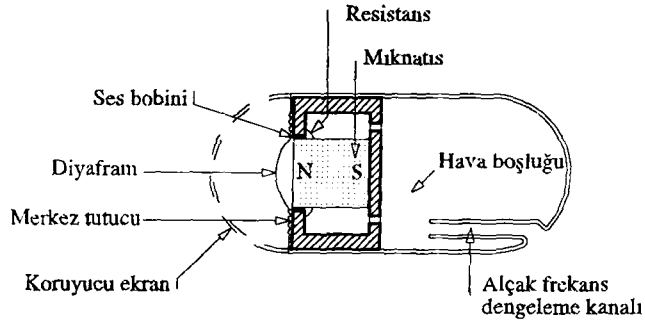
3.1.1.2. Mikrofon Tipleri

Mikrofonlar ses enerjisini elektrik enerjisine çevirme ilkelerine göre sınıflandırılırsa ;

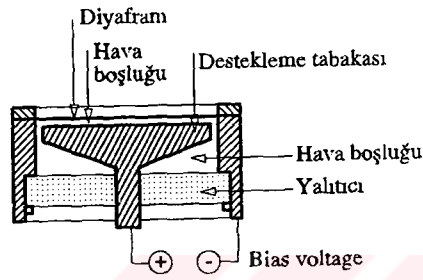
- . Elektrodinamik mikrofonlar,
- . Manyetik mikrofonlar,
- . Şeritli mikrofonlar,
- . Karbonlu mikrofonlar,
- . Piezoelektrik mikrofonlar,
- . Kondansatörlü mikrofonlar,
- . Kristal mikrofonlar,
- . Elektret mikrofonlar,

olarak sekiz grupta toplanabilir.

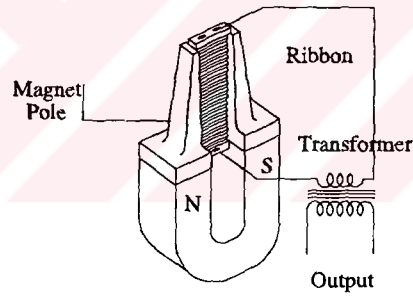
Şekil 3.4. de mikrofonlardan bazılarının kesit ve şematik gösterilişleri görülmektedir. Çizelge 3.1. de ise mikrofon karakteristiklerinin mikrofon tiplerine bağlı değişimi görülmektedir.



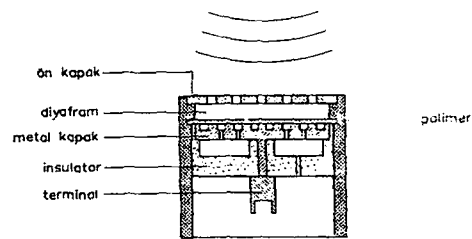
Dinamik mikrofonun kesiti



Kondansatör mikrofonun kesiti



Şeritli mikrofonun kesiti



Piezoelektrik mikrofonun kesiti

Şekil 3.4. Mikrofonlardan bazılarının kesit ve şematik gösterilişleri.

Çizelge 3.1.Mikrofon karakteristiklerinin mikrofon tiplerine bağlı değişimi

KAREKTERİSTİK MİKROFON TİPİ	FREKANS BAND GENİŞLİĞİ, KAREKTERİSTİĞİ	EMPEDANS	DUYARLIK	YÖN KAREKTERİSTİĞİ	FİZİKSEL ÖZELLİKLER	GENEL KULLANIM YERLERİ	DİĞER
ELEKTRODİNAMİK MİKROFONLAR	♫	✗	♫	⊙	•	⊙	
MANYETİK MİKROFONLAR	♫			⊙	•		
ŞERİTLİ MİKROFONLAR	♫		♫	⊙	♫		♫
KARBONLU MİKROFONLAR	♫		♫		•	⊙	♫
KONDANSATÖRLÜ MİKROFONLAR	♫	⊙	♫	⊙	•		⊙
KRİSTAL MİKROFONLAR	♫	⊙			•		⊙
ELEKTRET MİKROFONLAR	♫	⊙		⊙			
PİEZOELEKTRET MİKROFONLAR							

FREKANS BAND GENİŞLİĞİ, KAREKTERİSTİĞİ	♫ İyi	♫ Oldukça iyi		
EMPEDANS	✗ Düşük	⊙ Orta	⊙ Yüksek	
DUYARLIK	♫ Düşük	♫ Orta	♫ Yüksek	
YÖN KAREKTERİSTİĞİ	⊙ Doğrultusuz	⊙ Tek doğrultulu	⊙ İki doğrultulu	
FİZİKSEL ÖZELLİKLER	♫ Dayanıklı	♫ Hassas	• Boyutları küçük	• Boyutları büyük
GENEL KULLANIM YERLERİ	⊙ Çok amaçlı	⊙ Konuşma amaçlı		
DİĞER	♫ Yüksek frekanslarda rezonans tepesi oluşur	♫ Çıktı gerilimi yüksektir	⊙ Hem, sıcaklık, sırsından etkilenir	⊙ Harici güç kaynağı gerektirir

3.1.2. Yükselteçler (Amplifikatörler)

Mikrofondan aldığı elektrik sinyalini yükselterek, gerektiğinde yapısını düzenleyerek hoparlöre veren seslendirme sistemi bileşenine yükselteç (amplifikatör) denir.

Yükselteçlerin, ses sinyalinin yükseltilmesi, sesin tayfsal yapısının düzenlenmesi gibi iki ana görevi vardır. Bu amaçla crossover ve elektronik dengeleyiciler kullanılır.

3.1.2.1. Yanıt Eğrisi Düzgün Yükselteçler

Ses yükselteç tarafından aslına uygun bir şekilde yükseltiliyorsa, bu yükseltece yanıt eğrisi düzgün yükselteç denir. Yanıt eğrisi düzgün yükselteçlerde olması gerekli özellikler:

1-Kazanç frekans karakteristiği: Kazanç-frekans karakteristiği üzerindeki engebelikler, çukurluklar ± 1 dB arasında kalmalıdır. Günümüzde bu değişimler 20 Hz - 20 kHz'lik frekans bant genişliğinde +0.5 dB olacak şekilde yükselteçler üretilmektedir.

2-Toplam harmonik distorsiyon; harmonik distorsiyon ses uyumlularının karakterinde istenmeyen değişiklikler meydana getirmektedir. Yanıt eğrisi düzgün yükselteçlerde "Toplam harmonik distorsiyon" istenilen dinleme düzeyinde %0.5'ten küçük olmalıdır. Harmonik distorsiyonu %0.1 olan yükselteçler üretilmektedir.

3- Entermodülasyon distorsiyonu; bir ses dalgasının başka bir ses dalgası ile etkileşimi sonucunda oluşmaktadır. Bu tür distorsiyon çıkıştaki ses dalgasının karakterini değiştirmektedir. Ayrıca çıkışta ses sinyalleri oluşmaktadır. İstenilen dinleme düzeyinde entermodülasyon distorsiyonu %2'den az olmalıdır.

4-Yükseltecin maksimum çıkış gücü; hacmin boyutları, akustik özellikleri, istenilen dinleme düzeyi, kullanılan hoparlör sisteminin verimi yükseltecin çıkış gücünün belirlenmesinde etkilidir.

5-Ses düzeyi; yanıt eğrisi düzgün bir amplifikatörün ses düzeyini, amplifikatörün ses düzeyini yükselteceği sesteki yeğinliği en yüksek ses ile yeğinliği en düşük ses düzeyi arasındaki ayırımı belirlemektedir. Bu ayırım genellikle dB olarak verilmektedir ve dinamik kapsam adını almaktadır.

6-Mikrofonun duyarlı açısı sınırındaki sinyalleri güçlendirmesi; yükselteçlerin bu sinyalleri de aslına uygun olarak yükseltmesi gerekir.

3.1.2.2. Sesin Tayfsal Yapısının Düzenlenmesi

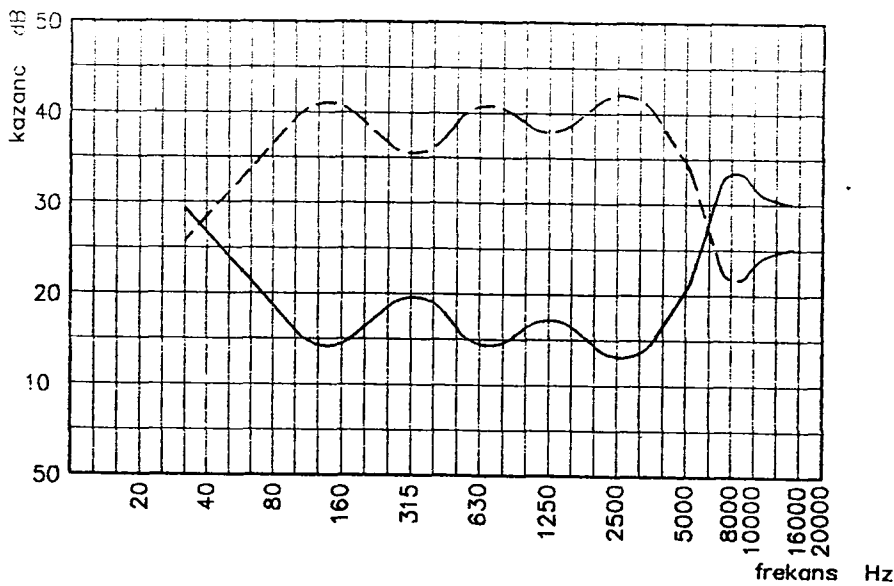
3.1.2. Bölümde yükseltecin, mikrofondan aldığı sesi yükselterek ve gerektiğinde tayfsal yapısını düzenleyerek hoparlöre veren seslendirme sistem bileşeni olduğuna değinilmişti. Yükselticide sesin tayfsal yapısını düzenleme işlevi crossover devreleri ve elektronik dengeleyiciler yardımıyla yapılmaktadır.

3.1.2.3. Elektronik Dengeleyiciler (Equalizerler)

Bir hacimdeki sesin kalitesi sadece seslendirme sistemine bağlı değildir. Salonun akustiği de sesin kalitesini etkilemektedir.

- Hacmin yanıt eğrisi düzgün değilse, eğrideki düzensizlikler konuşmanın anlaşılabilirliğini etkileyecektir (Hacmin fon gürültüsü varsa ve konuşmacı ile mikrofon arasındaki uzaklık yeterince küçük tutulmıyorsa, konuşmanın anlaşılabilirliğini artırmak için sistem kazancı yeterince artırılmayacaktır). Bu sorunları görmek için aktif elemanlı filtre devreleri (elektronik dengeleyiciler) kullanılır. Elektronik dengeleyicileri kullanmanın üç ana nedeni vardır:

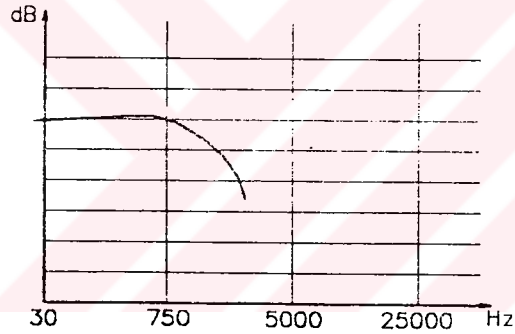
- Daha büyük sistem kazancı elde etmek
- Müziğin daha kaliteli yükseltilmesini sağlamak
- Konuşmanın anlaşılabilirliğinin daha iyi olmasını sağlamaktır. Elektronik dengeleyiciler toplam yanıt eğrisini (dinleyicinin kulağına gelen sesin frekans karakteristiği) düzleştirir. Dengeleme, bu düzleştirme işlemidir. Bir seslendirme sisteminde yanıt eğrisinin düzgün olması istenir, ancak sistem bir bütün olarak ele alındığında (seslendirme sistemi, hacim, dinleyiciler) yanıt eğrisindeki düzensizlikler konuşmanın anlaşılabilirliğini etkilemektedir. Bu düzensizlikleri ortadan kaldırmak ve hacmin yanıt eğrisini düzleştirme için elektronik dengeleyiciler hacmin yanıt eğrisinin simetrik bir eğriyi devreye koyar. Şekil 3.5'de hacmin yanıt eğrisinin simetrik bir eğrinin, elektronik dengeleyiciler tarafından devreye sokulması durumu görülmektedir.



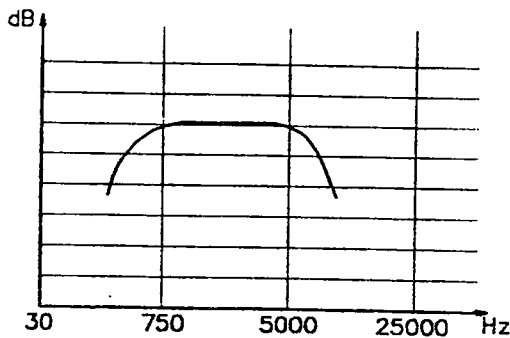
Şekil 3.5. Elektronik dengeleyicilerin kullanılması

3.1.2.4. Frekans Ayırıcı Devreler (Crossover Devreleri)

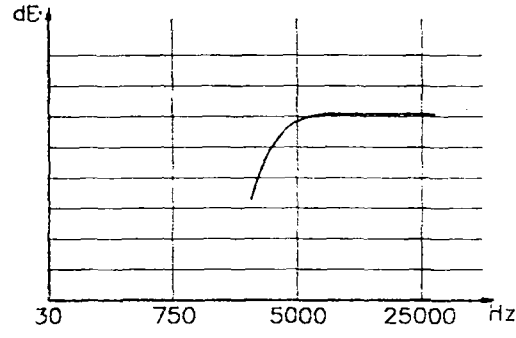
Hoparlör sisteminde frekans ayıran filtrelere crossover devreleri denir. Bir hoparlörler ünitesinde crossover devrelerine gereksinim duyulur. Bu filtre devreleri, çift kanal etkisi elde etmek için, tek kanal seslendirme sistemlerinde alçak ya da yüksek frekansa uygun hoparlörle birlikte kullanılır. Frekans bandı filtreler yardımıyla iki ya da üç bölüme ayrılır. Üniteler yalnız düzenledikleri frekans banlarındaki sinyalleri alırlar. Örneğin alçak frekans ünitesi 500 Hz ya da 750 Hz'e kadar olan frekansları, orta frekans ünitesi 500 Hz'den 5000 Hz'e kadar olan frekansları ve yüksek frekans ünitesi de 5000 Hz'den yüksek frekansları hoparlörlere gönderir. Böylelikle hoparlörlerin farklı frekanslardaki doğrultululuklarının ayrı olması sonucu seste ki bozulmada önlenmiş olur. Şekil 3.6-7-8'de alçak,orta,yüksek frekans filtre devrelerinin frekans karakteristikleri görülmektedir. Şekil 3.9'da ise alçak,orta,yüksek frekans filtre devrelerinin toplam frekans karakteristiği görülmektedir. (Tamer vd 1990)



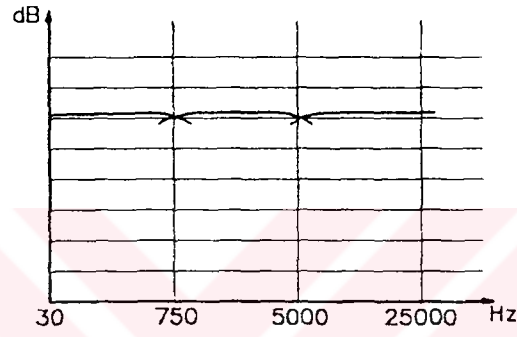
Şekil 3.6. Alçak frekans filtre devresi frekans karakteristiği.



Şekil 3.7. Orta frekans filtre devresi frekans karakteristiği.



Şekil 3.8. Yüksek frekans filtre devresi frekans karakteristiği.



Şekil 3.9. Alçak, orta, yüksek frekans filtre devrelerinin toplam frekans karakteristiği.

3.1.3. Hoparlörler

Hoparlör , yükselticiden gelen elektrik gücünü, akustik güce çeviren bir seslendirme sistemi bileşenidir. Bir hacimde kullanılan seslendirme sistemini tanımlamak için hoparlör sayısına ve yerleşimine bakmak çoğunlukla yeterlidir. Hoparlörün seçimi ve yerleşimi, varlık kriteri, geri besleme ve ses düzeyini düzgün yayılması gibi önemli akustik sorunlarda en önemli rolü oynar. Ses dalgalarını yayınlama ilkesine göre hoparlörler ikiye ayrılabilir.

- Koni hoparlörler
- Horn hoparlörler

Horn hoparlörler, yüksek verimli, ancak frekans yanıt eğrisi düzgünsüzdür. Verimliliğinin yüksek olması nedeniyle açık havada yapılan seslendirmelerde kullanılabilirler.

Konuşma amaçlı hacimlerde kullanılan seslendirme sistemlerinde koni hoparlörler kullanılmaktadır.

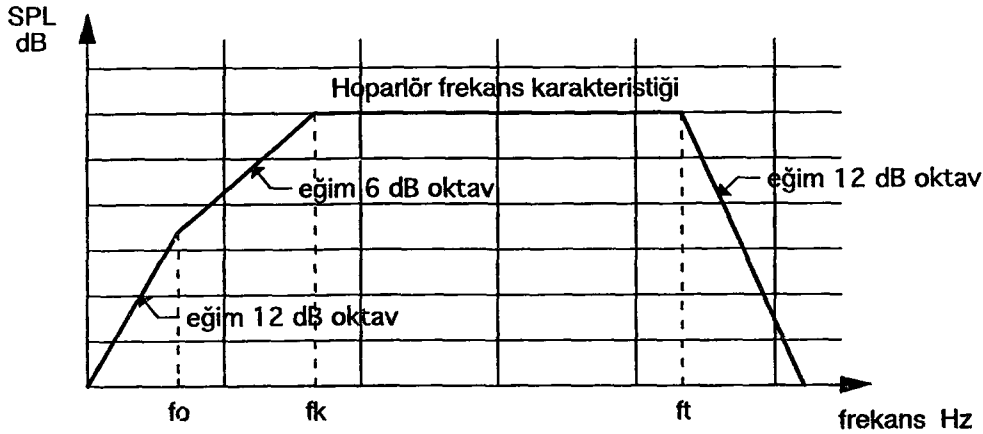
3.1.3.1. Hoparlör Karakteristikleri

Hoparlör seçimi hoparlör karakteristikleri dikkate alınarak yapılmalıdır. Bu bölümde hoparlör karakteristikleri incelenecektir.

3.1.3.1.1. Frekans Karakteristiği

Serbest bırakılan bir hoparlöre, sabit genlikte bir elektriksel sinyal uygulandığında bu hoparlörün üreteceği ses basınç düzeyi, uygulanan sinyalin frekansı düşürülürse belirli bir frekansta 6 dB/oktavlık düşüş gösterir. Bu düşüş Şekil 3.16'da gösterilmiştir. Hoparlörden çıkan ses dalgasının yarım dalga boyu; hoparlör ön yüzü ile arka yüzü arasındaki uzaklığa eşit olduğunda, çıkıştaki ses basınç düzeyi 6 dB/oktavlık bir eğilimle düşecektir. Hoparlör boyutları ilgili olan bu olaya "Akustik kısa devre" denir. Hoparlörün ses bobinine uygulanan elektriksel sinyalin frekansı biraz daha azaltılırsa, bu kez başka bir frekansta 12 dB/oktavlık bir düşüş gösterir (bu düşüş toplam 18 dB/oktav olacaktır). İşte bu 12 dB/oktavlık düşüşün başladığı frekansa hoparlörün "rezonans frekansı" denir. Yüksek frekanslara çıkılınca; hareketli kütlelerin aşırı büyümesinden ötürü 12 dB/oktavlık bir düşüş olur. İnce ve kalın sesler arasındaki frekanslarda ise yeterince düzgün bir ses basınç düzeyi elde edilir

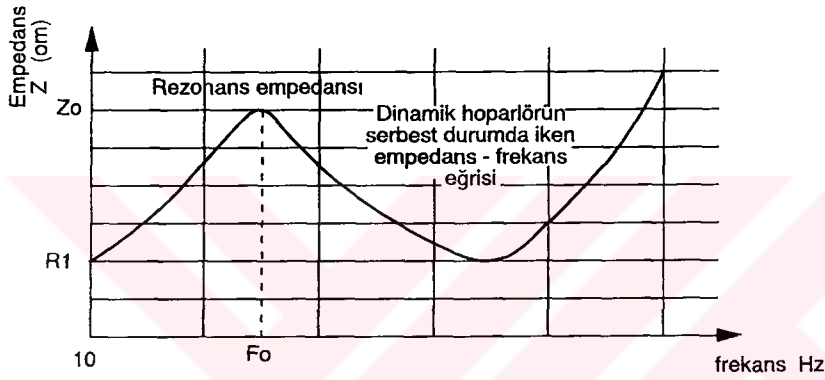
Hoparlörün kalın seslerdeki davranışını iyileştirmek için orta frekanslarda düzgün gidişi olan eğrinin aşağıya doğru bükülerek, düşüşü çok küçük değerlerdeki bir frekans da başlamalıdır. Diyaframın hem önünden hem de arkasından yapılan, diğeriyle zıt fazdaki ses dalgalarının girişimlenmesi sonucunda çıkıştaki ses düzeyi zayıflar. Arka yüzden çıkan ses dalgalarının ön yüze geçişini önlemek için hoparlör geçiş yüzeyli ortası delik bir tahta üstüne ya da kapalı bir kutu içine konur. Tahta ya da kutu akustik kısa devre olayını önler. Şekil 3.10'da Hoparlörün frekans karakteristiği görülmektedir. (Tamer vd 1990)



Şekil 3.10. Hoparlörün frekans karakteristiği.

3.1.3.1.2. Hoparlörün Elektriksel Empedansı

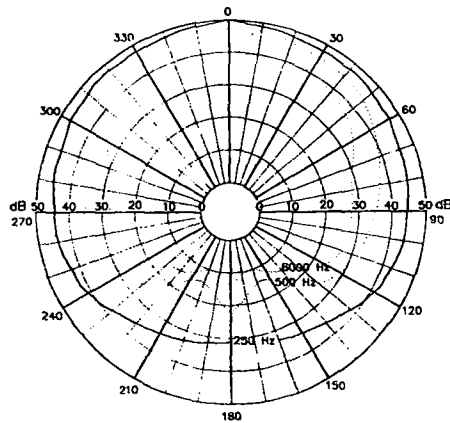
En çok kullanılan hoparlör, dinamik hoparlördür. Dinamik hoparlörün ses bobinine, ses frekanslı elektriksel sinyaller uygulandığında ses bobinini hareket eder. Dinamik hoparlörün ses frekansları boyunca elektriksel empedansı ölçülürse, Şekil 3.11'deki gibi bir eğri elde edilir. bu elektriksel empedans ölçülürken, hoparlör bir ekran ya da bir kutu üzerine yerleştirilmemiştir. Hoparlör açıkta serbest bırakılarak, bu empedans ölçülmüştür. Hoparlörün empedansı frekanslara göre değişir. Bu nedenle hoparlörün empedansı 8 om dendiğinde, 400 Hz'de ölçülen empedansın 8 om olduğu belirtilmek istenir. Hoparlörlerin empedansı yüksek frekanslarda oldukça artar. Bu nedenle ortalama bir değer olarak hoparlör empedansı ile ilgili ölçmeler 400 Hz ile 1000 Hz dolaylarında yapılır. Şekil 3.11'da dinamik hoparlörün serbest durumda iken empedans – frekans karakteristiği görülmektedir. (Tamer vd 1990)



Şekil 3.11. Dinamik hoparlörün serbest durumda iken empedans – frekans karakteristiği.

3.1.3.1.3. Hoparlörün Polar Diyagramı

Bir hoparlörün çıkışındaki ses dalgaları sadece yatay ya da dikey düzlemde yayılmaz, uzaysal bir bölgeye yayılır. Hoparlörün çevresinde bir daire izi boyunca dolanarak, ses basınç düzeyleri ölçülür. Bu ölçme sırasında ölçmenin yapıldığı frekans ile hoparlör ekseninden kaç derece uzaklaştığı belirlenir. Şekil 3.12. de bir polar diyagramı örneği görülmektedir. (Tamer vd 1990)



Şekil 3.12. Hoparlörün polar diyagramı

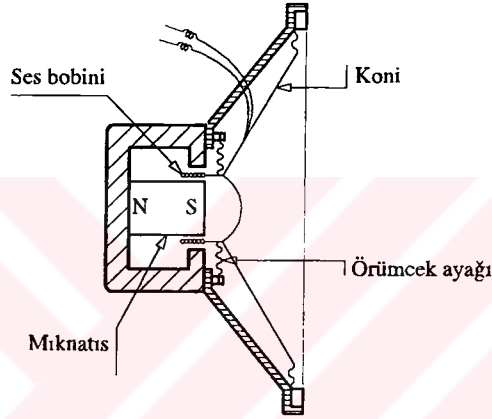
3.1.3.2. Hoparlör Tipleri

Koni hoparlörler elektrik enerjisinin ses enerjisine çevrilmesi ilkesine göre sınıflandırılırsa ;

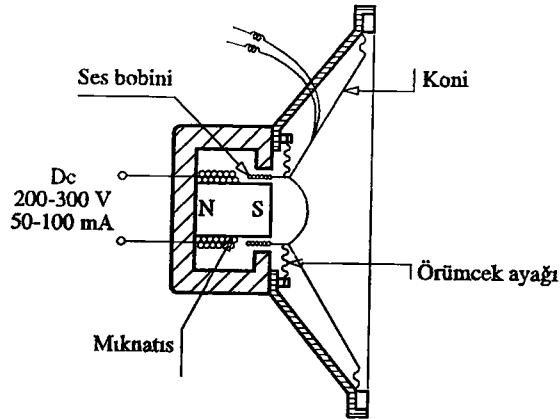
- . Dinamik hoparlörler,
- . Elektrodinamik hoparlörler,
- . Elektrostatik hoparlörler,
- . Kristalli hoparlörler,
- . İyonlu hoparlörler,
- . Düzlemsel hoparlörler,

olmak üzere altı grupta toplanabilir.

Şekil 3.13’de hoparlörlerden bazılarının kesitleri ve şematik gösterilişleri görülmektedir.



Dinamik hoparlörün kesiti



Elektromanyetik hoparlörün kesiti

Şekil 3.13. Hoparlörlerden bazılarının kesit ve şematik gösterilişleri.

3.1.3.3. Hoparlörlerde Aranılan Özellikler

İyi bir hoparlörde olması gerekli özellikleri belirlenebilmesi için hoparlörün kullanım amacının bilinmesi gerekir. Genel olarak bir hoparlörde olması gerekli özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir

- 1- Hoparlörün toplam distorsiyonu küçük olmalıdır. Özellikle yüksek ses basınç düzeylerinde olabildiğince düşük olmalıdır.
- 2- Frekans-yanıt eğrisi düzgün ve geniş olmalıdır. Örneğin konuşma amaçlı seslendirmelerde kullanılan hoparlörde 200 Hz - 7000 Hz arası olabilir. 3000 Hz dolaylarında yanıt eğrisinin tümsek olması konuşmanın anlaşılabilirliğini artırıcı bir etkidir.
- 3- Hoparlörün verimi yüksek olmalıdır. Verim küçük ise, belirli bir ses basınç düzeyi için daha güçlü bir yükselteç kullanmak gerekir.
- 4- Maksimum çıkış güçlerinde hoparlör bozulmamalıdır. Direnme gücü yüksek olmalıdır.
- 5- Konuşma ve müzikte karşılaşılan mikrofonun duyarlı alışı sınırındaki sinyalleri aslına uygun olarak çıkışta oluşturabilmelidir.
- 6- Hoparlörün doğrultululuğu her frekansta aynı olmalıdır.
- 7- Sağlam ve çalışma ömürleri uzun olmalıdır. Hafif ve boyutları küçük olmalıdır. Nemden etkilenmemelidir.

3.2. Seslendirme Sistem Tipleri

Mimaride, seslendirme sistemlerinin kullanıldıkları amaca uygun olarak planlanması, özellikle hoparlörün yerleşimini ve seçimini etkileyen farklılıklar getirir. Bu farklılıklardan doğan iki tip seslendirme sisteminden söz edilebilir.

3.2.1. Doğrultulu Seslendirme Sistem Tipi

Bu sistem işitsel anlaşılabilirliğinin, hacmin temel işlevi ya da işlevlerinden biri olduğu durumlarda kullanılır. Kullanım amacı; varlık kriterinin korunması esasına dayanır. Sistem hoparlörlerinin, varlık kriterinin korunması dikkate alınarak yapılan yerleşimi, bu sistemin tipini belirler. Hoparlör çoğunlukla canlı kaynağa yakın yerlerde (sahnenin yanlarında, tavana, asılı olarak, vb.) tek ya da grup olarak bir ya da iki bölgeye yerleştirilir. Bu yerleşimden ayrı olarak; yayınlık seslendirme sisteminin hoparlör düzeninin kullanılması gerektiği olduğu doğrul-

tulu seslendirme sistemleri vardır. Doğrultulu seslendirme sistemlerinde hoparlör düzeninin böyle kullanılması'nın nedenleri aşağıda belirtilmiştir.

- Doğrultulu seslendirme sisteminin merkezi hoparlör yerleşimi için tavan yüksekliğinin çok düşük olması.
- Dinleyicinin büyük bir bölümünün merkezi hoparlör sisteminden çok uzak olması.
- Merkezi hoparlörle, sesin yeterli düzeyde arka bölümlere ulaştırılamaması.
- Derin balkon ve balkon altlarının bulunması.
- Salonun birçok küçük bölümlere ayrılması. Bu yerleşimde, sisteme bir zaman geciktirici eklenmelidir. Zaman geciktirme sisteminin kullanılmasında amaç, farklı kaynaklardan gelen sesleri dinleyiciye aynı zamanda ulaşmasını sağlayarak, varlık kriteri koşullarının ortadan kalkmasını engellemektir.

Canlı yayının yapıldığı tiyatro, konser salonu, vb. hacimlerde hoparlörler, yeğinliğin yetersiz olduğu arka bölümlere yönlendirilmek için sahne üst kotundan daha yükseğe yerleştirilir. İnsan kulağının kaynak yerini düşeyde belirlemesi zayıf olduğundan, bu yerleşim varlık kriterini zedelemeyebilir.

Doğrultulu seslendirme sistemi duyulan gereksinimlere göre hacimde tek ya da çok kanallı olarak kullanılabilir.

3.2.1.1. Tek Kanallı (Monofonik) Seslendirme Sistem Tipi

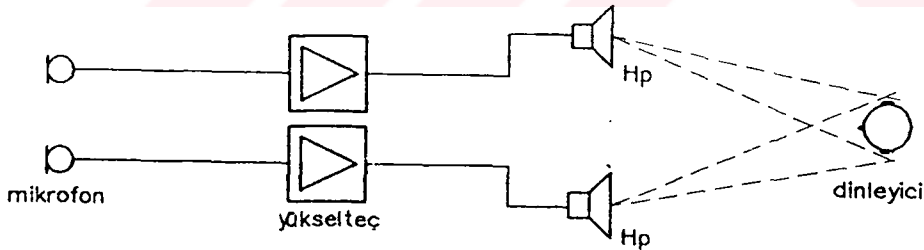
Bu sistemde ses mikrofona alınmaktadır. Tek kanallı yükselteç kullanılarak ses yükseltilmektedir ve çıkışta hoparlör ya da paralel bağlı hoparlörler kullanılmaktadır. Tek kanallı bir seslendirme sistemi, konferans salonları, derslik gibi tek ve en önemlisi, sabit ses kaynağının olduğu hacimlerde tercih edilir. Çünkü tek kanallı bir seslendirme sistemi ile hareket eden ses kaynağının değişen yerine göre sesin yerini belirlemek ya da birden fazla ses kaynağının olduğu durumda her kaynağının yerini ayrı ayrı belirlemek zordur. Sahnede birden fazla ses kaynağı olduğu durumda da yeğinliği az olan sesi işitmek zor olabilir. Tek kanallı seslendirme sisteminde varlık kriterinin sağlanabilmesi için hoparlör ya da hoparlör grubunun yerinin, gerçek ses kaynağına yakın seçilmesi gerekir. Ancak bu yerleşim biçiminin geri besleme olasılığını artıracığı unutulmamalıdır. Şekil3.14'de tek kanallı seslendirme sisteminin şematik gösterilişi görülmektedir. (Knudsen ve Harris 1950)



Şekil3.14. Tek kanallı seslendirme sisteminin şematik gösterilişi

3.2.1.2. Çift Kanallı (Sterofonik) Seslendirme Sistem Tipi

Bu sistem, insanın iki kulakla dinleme yapması ilkesine dayanmaktadır. İnsan, iki kulağına ulaşan ses dalgaları arasındaki zaman ve yeğinlik ayrımı nedeniyle sesin geliş yönünü belirler. Çift kanallı seslendirme, en az iki mikrofonla alınan sesin iki kanal kullanarak güçlendirilmesiyle sese üç boyutluluk kazandırma olayıdır. Şekil3.15’de çift kanallı seslendirme sisteminin şematik gösterilişi görülmektedir. (Knudsen ve Harris 1950) Şekil 3,17 ve şekil 3,18 de ise çift kanallı seslendirme sisteminin planda ve kesitte yerleştirilmesi görülmektedir.

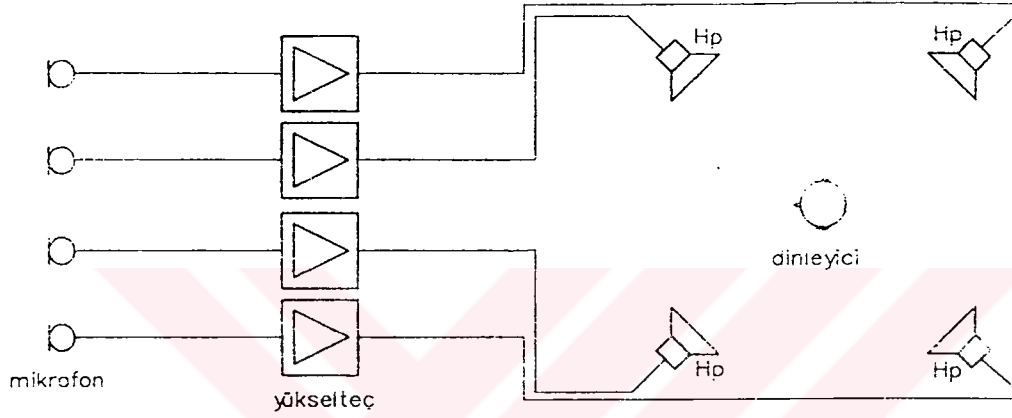


Şekil 3.15. Çift kanallı seslendirme sisteminin şematik gösterilişi

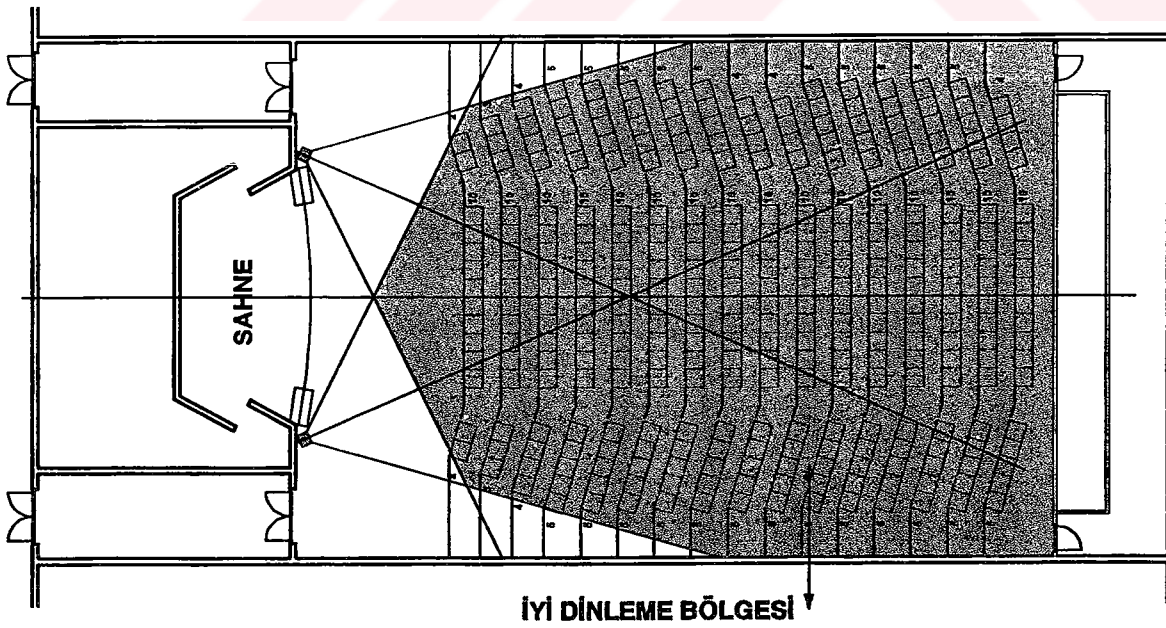
3.2.1.3. Çok Kanallı (Kuadrofonik) Seslendirme Sistem Tipi

Bir salonda dinleme yapılırken arkadan gelen ses dalgaları da algılanmaktadır. Seslendirme sistemlerinde bu etkiyi verebilmek için iki arka hoparlör (çift kanallı seslendirme sistemine ek olarak) kullanılır. Çift kanallı sistemde iki adet hoparlör, çok kanallı sistemde ise dört adet ho-

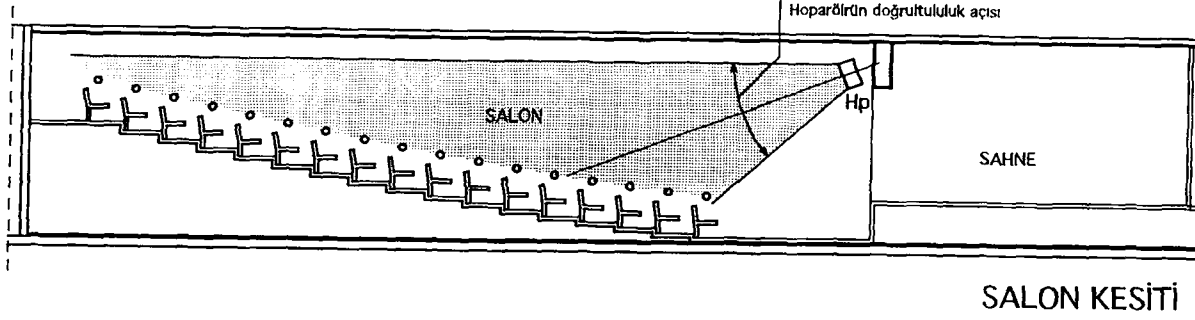
parlör bulunur. Ayrıca çok kanallı sistemde birbirinden bağımsız dört adet yükselteç vardır. Çift kanallı ve çok kanallı seslendirme sistemleri büyük sahnelerde hareketli ses kaynakları ya da birden fazla sayıda ses kaynağı olduğunda tercih edilir. Çok kanallı seslendirme sisteminin kullanılmasıyla, bir orkestrada bulunan müzik aletlerinin yerini ayrı ayrı algılamak mümkündür. En az düzeydeki müzik aletinin sesi, diğer müzik aletlerinin sesleri arasında işitilebilir. Sahnede yer değiştiren bir oyuncunun sesi hareket yönüyle birlikte algılanabilir. Bu olumlu etkinin dinleyici bölgede oluşturulabilmesi hoparlörün yerleştirilmesi ile ilgilidir. Şekil 3.16'da çok kanallı seslendirme sisteminin şematik gösterilişi görülmektedir. (Tamer vd 1990)



Şekil 3.16. Çok kanallı seslendirme sisteminin şematik gösterilişi.



Şekil 3.17. Çift kanallı seslendirme sisteminde hoparlörlerin yerleştirilmesi (planda)

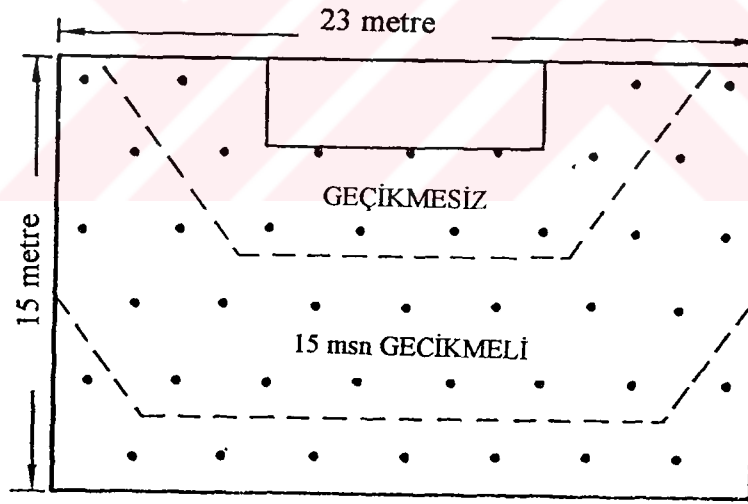
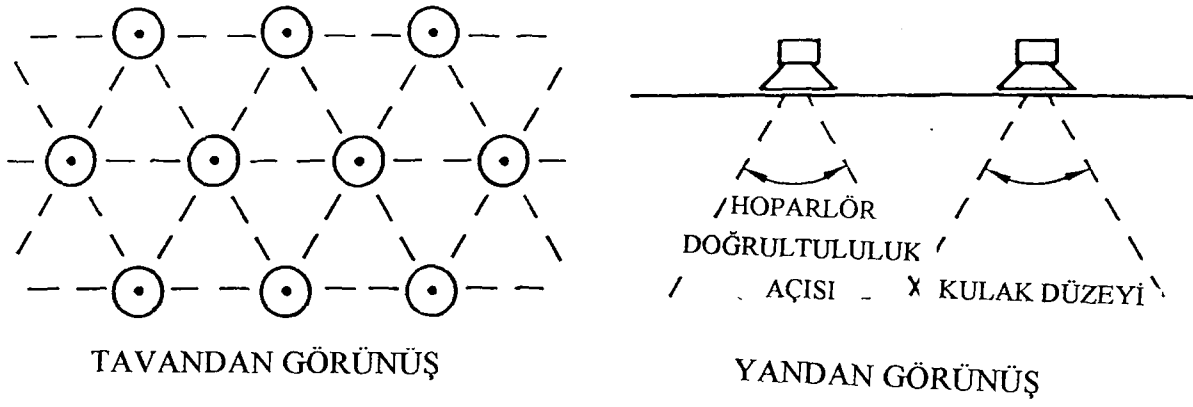


Şekil 3.18. Çift kanallı seslendirme sisteminde hoparlörlerin yerleştirilmesi (kesitte)

3.2.2. Yayınık Seslendirme Sistemi

Yayınık seslendirme sistemi; işitsel anlaşılabilirliğin, hacmin temel işlevine yardımcı bir öge olduğu durumlarda kullanılır. Bu nedenle, varlık kriteri önemsenmez, sistemden beklenen; sesi dinleyicilere yeterli nicelik ve nitelikte ulaştırmaktır. Ses, bir merkez noktadan büyük bir hacme ya da çok sayıda ayrı hacme iletilir. Gerçek ses kaynağı, çoğunlukla dinleyicilerden ayrı bir hacimde bulunur. Bu durum geri beslemenin ortaya çıkmasını engeller.

Gerçek ses kaynağı dinleyicilerle aynı hacimde olsa bile, varlık kriteri önemli olmadığı için, geri beslemeye karşı alınan önlemlerde sınırlamalar olmayacaktır. Yayınık seslendirme sisteminde; çok sayıda düşük ses düzeyinde çalışan hoparlör, dinleyici bölgesinin üzerine dağıtılarak kullanılır. Hoparlörlerin duvara yerleştirilmesi; karşı yüzeylerden sesin yansımaya neden olarak yankıyı oluşturacağından, tavan yerleşimi tercih edilir. Bu sistemde, hoparlörün dinleme açısı, merkez sisteme göre çok daha küçük bir bölgeyi karşılar. Her hoparlör kendi bölgesinde yeterli ses düzeyinde çalıştırılmalıdır. Gereğinden yüksek ses düzeyinde çalıştırıldıklarında, hacimde istenmeyen yankılar oluşabilir. Yayınık seslendirme sisteminde hoparlörlerin istenilen bölgelere yönlendirilmesinde yüksek frekans yanıtı aşırı olan hoparlörlerin kullanılması kolaylık sağlayabilir. Çünkü yüksek frekansların doğrultululuk özellikleri vardır. Bu seçim bu sistemde anlaşılabilirlikten daha fazla bir beklenti olmadığı için sonucu olumsuz etkilemeyecektir.



ZAMAN GECİKTİRME DEVRESİNİN
YAYINIK SİSTEM İLE KULLANILMASI

Şekil 3.19. Yayınık seslendirme sisteminde hoparlörlerin yerleştirilmesi (planda ve kesitte)
(Eargle 1986)

4 . KONUŞMA AMAÇLI HACİMLERDE SESLENDİRME SİSTEMLERİNİN GENEL KULLANIM NEDENLERİ, SESLENDİRME SİSTEMLERİNE BAĞLI GEREKSİNİMLER VE HACME BAĞLI GEREKSİNİMLER.

Bu bölümde sırasıyla konuşma amaçlı hacimlerde seslendirme sistemlerinin genel kullanım nedenleri, seslendirme sistemlerine bağlı gereksinimler ve hacme bağlı gereksinimler incelenecektir.

4.1. Seslendirme Sistemlerinin Genel Kullanım Nedenleri

Bir hacimde seslendirme sistemlerine gereksinim duyulmasının nedenleri önemlidir.

Bu nedenler, sistemin tasarlanması ya da yapımı aşamasında sistemin çözümüne yardımcı olur. Sistem bileşenlerinin yerleşimi, tesisatı, hacmin kullanım amacına göre hacmin tasarımı aşamasında çözümlenmelidir. Sonradan kurulan sistemden gerek estetik, gerek teknik yönden istenilen sonucun elde edilmesi oldukça güçtür. Bu bölümde, seslendirme sisteminin kullanımının nedenlerine değinilecektir.

Hacimlerde seslendirme sistemine gereksinim duyulması nicelik ve nitelik olarak iki temel nedene dayanır. Nicelikte, sesin yeterli ses gücünde dinleyicilere ulaşmaması söz konusudur. Bir kapalı hacimde ses düzeyinin yeterli olmaması, fon gürültüsünün yüksek olması, kaynağın zayıflığı, dinleyici kaynak uzaklığı gibi nedenlere dayanabilir.

Bir hacmin akustik özelliklerinin, sesin niteliğini (anlaşılabilirliğini ve kalitesini) bozması, seslendirme sistemlerinin temel gereksinim nedenlerinden bir başkasıdır. Seslendirme sistemleri, bu gereksinim nedenlerine bağlı olarak; en çok yansıma süresi kullanım amacına göre uzun ya da frekanslara göre farklı olan hacimlerde kullanılır. Ayrıca, yansıma süresi kısa olan hacimlerde yapay yansıma süresi oluşturmak, ölü bölgeleri ortadan kaldırmak için de seslendirme sistemleri kullanılır. Seslendirme sisteminin, kullanıldığı hacmin kötü akustiğini ortadan kaldıramayabilir, ancak hafifletilmesi mümkündür.

4.1.1. Büyük Hacimler

Hacim büyüklüğünün 1400 m³'ü aştığı ve/ya da kaynak ile son dinleyici uzaklığı 18 m'den faz-

la olduğu bütün hacimlerde yeterli ses düzeyi ve iyi bir ses dağılımı elde etmek zordur. Söz konusu sınır değerler kesin olmamakla birlikte, bu değerlerden büyük olan hacimlerde seslendirme sisteminin kullanılmaması durumunda önemli sakıncalar ortaya çıkabilir.

Bu konudaki ayrıntılı bir çalışmada (Yüğrük 1994) bütün frekanslarda seslendirme sisteminin katkısına gereksinim olduğu, ancak seslendirmenin gerektirdiği koşul ve ek giderler göz önüne alındığında, yalnızca en fazla iki frekansta artışın gerekmesi, bu frekanslardan da anlaşılabilirlikte özellikle önem taşıyan 2000 Hz'deki katkının az olması nedeni ile 1000 m³ ve daha küçük hacimlerin seslendirmesiz kullanılmasının daha akılcı olduğu belirtilmektedir. Ancak 1000 m³'den büyük hacimlerde ise yeterli anlaşılabilirlik koşullarının sağlanabilmesi için seslendirme yapılmasının gerekliliği belirtilmektedir. Öte yandan günümüzde, sistemlerin ucuzlaması nedeniyle hemen her boyuttaki hacimde seslendirme sistemlerinin kullanıldığı bir gerçektir. Çizelge 4.1'de Kaynak-dinleyici uzaklığı ve frekans fonksiyonunda, seslendirme ile sağlanması gereken dolaysız ses yeğinlik düzeyleri görülmektedir. (Yüğrük 1994)

Çizelge 4.1.Kaynak-dinleyici uzaklığı ve frekans fonksiyonunda, seslendirme ile sağlanması gereken dolaysız ses yeğinlik düzeyleri

F(Hz)	1000		2000		4000		r(m)
	dB.A	dB	dB.A	dB	dB.A	dB	
3.0							
4.5					33.0	32.0	
6.0					37.4	36.4	
7.5					38.6	37.6	250 m ³
9.0					39.0	38.0	
10.5					39.3	38.3	500 m ³
12.0			27.1	25.9	39.4	38.4	
13.5			31.5	30.3	39.7	38.7	1000 m ³
15.0			32.9	31.7	39.8	38.8	
16.5	26.0	26.0	33.9	32.7	39.9	38.9	2000 m ³
18.0	29.3	29.3	34.4	33.2	40.0	39.0	
19.5	31.5	31.5	34.9	33.7	40.0	39.0	
21.0	32.6	32.6	35.1	33.9	40.0	39.0	4000 m ³
22.5	33.5	33.5	35.4	34.2	40.0	39.0	
24.0	33.7	33.7	35.5	34.3	40.0	39.0	
25.5	34.2	34.2	35.7	34.5	40.0	39.0	
27.0	34.4	34.4	35.8	34.6	40.0	39.0	8000 m ³

4.1.2. Fon Gürültüsüne Bağlı Seslendirme

Konuşmanın yeterli anlaşılabilirliği için (PSA =%85), hacmin herhangi bir noktasındaki dolaysız ses yeğlilik düzeyinin, fon gürültüsünün en az 5 dB üzerinde olması gerekir. Konuşma amaçlı hacimlerde kabul edilebilir. NR değeri 30 ve buna karşılık gelen tayfsal toplam gürültü düzeyi 40 dB (bkz . Yügrük 1994) olduğuna göre, işitmesi normal, genç dinleyicilerin, fon gürültüsü NR 30'u aşmayan hacimlerde yeterli anlaşılabilirlik için, minimum 45 dB (40 dB + 5 dB) dolaysız sese gereksinim duydukları görülmektedir. Çizelge 4.2'de Fon gürültüsü açısından gereken dolaysız ses yeğlilik düzeylerinin sağlanamadığı uzaklık ve frekanslar görülmektedir. (Yügrük 1994).

Çizelge 4.2. Fon gürültüsü açısından gereken dolaysız ses yeğlilik düzeylerinin sağlanamadığı uzaklık ve frekanslar.

r(m)	f(Hz) TTS	DS Yeğlilik Düzeyi (dB.A)					
		125	250	500	1000	2000	4000
3.0	55.3	35.4	43.1	48.9	50.8	48.1	42.5
4.5	51.8	31.9	39.6	45.4	47.3	44.6	39.0
6.0	49.3	29.4	37.1	42.9	44.8	42.1	36.5
7.5	47.3	27.4	35.1	40.9	42.8	40.1	34.5
9.0	45.9	25.9	33.6	39.4	41.3	38.6	33.0
10.5	44.5	24.5	32.2	38.0	39.9	37.2	31.6
12.0	43.3	23.4	31.1	36.9	38.8	36.1	30.5
13.5	42.3	22.3	30.0	35.8	37.7	35.0	29.4
15.0	41.4	21.4	29.1	34.9	36.8	34.1	28.5
16.5	40.6	20.6	28.3	34.1	36.0	33.3	27.7
18.0	39.9	19.9	27.6	33.4	35.3	32.6	27.0
19.5	39.1	19.1	26.8	32.6	34.5	31.8	26.2
21.0	38.5	18.5	26.2	32.0	33.9	31.2	25.6
22.5	37.7	17.7	25.4	31.2	33.1	30.4	24.8
24.0	37.4	17.4	25.1	30.9	32.8	30.1	24.5
25.5	36.7	16.7	24.4	30.2	32.1	29.4	23.8
27.0	36.3	16.3	24.0	29.8	31.7	29.0	23.4

Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi, tüm hacimlerde 6.0 m.den sonraki dinleyici uzaklıklarında tayfsal toplam ses açısından gerekli dolaysız ses düzeyleri sağlanamamaktadır. Anlaşılabilirlikte temel etken durumunda olan yüksek frekanslı seslerde ise 1000 Hz’te 9.0 m.den, 2000 Hz’te 6.0 m.den sonraki 4000 Hz’te ise tüm dinleyici uzaklıklarındaki dolaysız ses düzeyi gerekenden düşüktür. Tablo 4.3’de 1000 Hz üstündeki frekanslarda gereken dolaysız ses artışları görülmektedir. (Yüğrük 1994).

Çizelge 4.3. Dolaysız ses fon gürültüsü açısından normal konuşma gücüne göre dolaysız ses düzeyinde gereken artışlar.

		DS’te Gereken Artışlar (dB.A)		
		1000	2000	4000
r(m)	f(Hz)			
3.0		-	-	2.5
4.5		-	-	6.0
6.0		-	-	8.5
7.5		-	1.5	10.5
9.0		-	3.0	12.0
10.5		1.4	4.4	13.4
12.0		2.5	5.5	14.5
13.5		3.6	6.6	15.6
15.0		4.5	7.5	16.5
16.5		5.3	8.3	17.3
18.0		6.0	9.0	18.0
19.5		6.8	9.8	18.8
21.0		7.4	10.4	19.4
22.5		8.2	11.2	20.2
24.0		8.5	11.5	20.5
25.5		9.2	12.2	21.2
27.0		9.6	12.6	21.6

Çizelge 4.2 ve çizelge 4.3 incelendiğinde fon gürültüsüne bağlı olarak seslendirme sistemlerinden yararlanmanın gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

4.1.3. Kötü Biçimlenmiş Hacimler

Çevre koşulları, taşıyıcı sistemler, daha fazla dinleyici kapasitesi isteği gibi nedenlerden kaynaklanan zorlamalar, hacimlerde akustik açıdan iyi olmayan sonuçlar doğurur. Örneğin dar, uzun hacimler, derin ya da dar ağızlı balkonlar ve balkon altları, eğimi olmayan döşemeler, girinti ve çıkıntılar sesin nitelik ve niceliğini etkiler.

Kapalı bir hacimde varlık kriterinin zedelenmemesi için dolaysız ses yansımış ses oranının belli

bir değerin altına düşmemesi gerekir. Yansıymış ses kuramsal olarak hacmin her noktasında aynı değerdedir. Dolaysız ses düzeyi ise, kaynağa olan uzaklık arttıkça azalır. Bu olgu varlık kriteri açısından dolaysız sesin, güçlendirilmesi gerektiğini gösterir. Dar ve uzun hacimlerde, ses kaynağına uzak olan dinleyicilerde varlık kriteri zedelenir. Böyle hacimlerde dolaysız sesin güçlendirilmesi için ilk yansımalarla yararlanıldığında yankı tehlikesi ortaya çıkar. Yankıya yol açmadan dolaysız sesi güçlendirmek, iyi düzenlenmiş bir seslendirme sistemi ile gerçekleştirilebilir.

Benzer biçimde, döşemesi eğimsiz hacimlerde, eğimli döşemeli hacimlere göre dolaysız sesin yolu daha uzundur. Ayrıca dinleyicilerin yutuculuğu da göz önüne alındığında döşemesi eğimsiz hacimlerde dolaysız sesin daha fazla enerji kaybederek, arka sıralara ulaşabildiği görülür.

Dar ağızlı ya da derin balkon altlarında , girinti-çıkıntılarda, ilk yansımalarla yeterli ses düzeyini ve düzgün yayılmışlığı elde etmek güçtür. Bu bölgelerdeki dinleyiciler için, nicelik ve nitelik açısından iyi bir işitme ortamı sağlamak için seslendirme sistemine gereksinim duyulur.

4.1.4. Yansıymış Süresi Uzun Olan Hacimler

Kapalı hacimlerde ses kaynağının yönünün ve uzaklığının algılanabilmesi için yansıymış - dolaysız ses oranının belli bir değerin altında olması gerekir. Bu oranın istenilen değerin altında olması, varlık kriterini, anlaşılabilirliği ve tınıyı bozar. Sorun dinleyici alanının büyük bir bölümünde yaşıyorsa ve hacmin yutuculuğu ile ilgili bir çözüm getirilemiyorsa, seslendirme sisteminden yararlanılması gerekir. Hacimlerde , kullanılan seslendirme sistemi ile dolaysız sesin güçlendirilmesi amaçlanarak, "yansıymış ses - dolaysız ses" oranı düzeltilebilir.

4.1.5. İşitme Kayıplarına Bağlı Seslendirme

İnsanlarda yaşlanmaya bağlı olarak işitme kayıpları oluşur. İşitme kayıpları özellikle yüksek frekanslarda erkeklerde, kadınlara oranla daha fazladır.

Hacimdeki akustik sorunlar 18-25 yaşındaki dinleyici için çözülmüş olsa da, insanlar yaşlandıkça işitme kayıpları arttığından, sesin yeğinlik düzeyi özellikle konuşmanın anlaşılabilirliği için önemli olan frekanslarda yeterli olmayacaktır.

Yaşlı dinleyicilerin çoğunlukta olduğu hacimlerde;

- Yaşlı dinleyicilerin ön sıralarda oturması sağlanabilir. Böylelikle yüksek frekansların uzaklığa bağlı olarak yutulması daha azdır ve yaşlı dinleyicilerin konuşmayı anlama oranı yükselir.
- Seslendirme sistemlerinde kullanılan yükselteçlerin; yüksek frekanslarda meydana gelen işitme

kayıplarını dengeleyebilecek güçte olması gerekir. Böylelikle bu frekanslardaki sesin düzeyi gerektiği kadar yükseltilerek, konuşmanın anlaşılabilirliği artırılır.

4.2. Seslendirme Sistemlerine Bağlı Gereksinimler

(Seslendirmede Temel İlkeler)

Bu bölümde, hacimdeki dinleyici konumunda uygun anlaşılabilirlik koşullarının oluşturulması üzerinde durulacaktır.

4.2.1. Varlık Kriterinin Sağlanması

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

İnsan ses kaynağının yerini, kaynağın yönü ve uzaklığını ayrı ayrı belirleyerek saptar.

Kapalı hacimlerde 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.

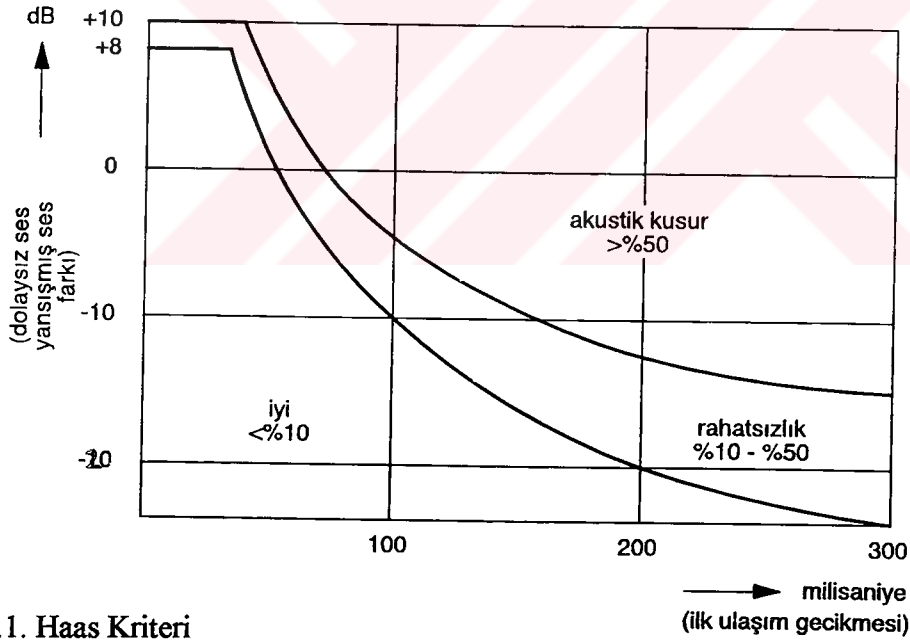
Kapalı hacimlerde insan kaynağının yönünü, yüksek frekanslarda başın akustik gölgesinden, alçak frekanslarda ise her iki kulağa ulaşan ses titreşimleri arasındaki faz ayrimından belirlenir. Bu nedenle, yönün algılanabilmesi, dolaysız ses erkesinin yansımış ses erkesine oranla belli bir değerin altına düşmemesine ve böylece faz ayrimının da, başın akustik gölgesinin de algılanabilme eşliğinin üstünde bulunmasının sağlanmasına bağlıdır. Bu eşik, yansımış sesin örtme etkisinden ötürü bir salt değer değil, bir orandır. Bu oran yaklaşık 1/15 değerindedir.

Seslendirme sistemi kullanılan hacimlerde yansımış süresi olabildiğinde kısa tutulduğundan , yansımış ses düzeyi de ihmal edilir. Bu nedenle seslendirme sistemli hacimlerin varlık kriterinin korunmasında sadece dolaysız sesteki söz edilebilir. İki dolaysız sesin (hoparlörün ve gerçek ses kaynağının) birbirlerine göre durumu varlık kriterinin sonucunu belirler.

Gerçek ses kaynağının dolaysız sesi hoparlörün dolaysız sesinden önce dineliciye ulaşırsa, hoparlörün ses düzeyi belirli ölçüler içinde fazla olsa da, sesin gerçek ses kaynağından geldiği algılanır. Bu olay seslendirme olmayan hacimlerdeki Haas kriteri ile büyük benzerlik gösterir.

Haas kriterinde iki önemli bileşen vardır. Bu bileşenler, ilk yansıyan ses düzeyi ile dolaysız ses düzeyi arasındaki fark ve ilk yansıyan ses ile dolaysız ses arasındaki ilk ulaşım gecikmesidir. Seslendirme yapılan hacimler de ilk yansımalar yerine, hoparlörün dolaysız sesi gerçek ses kaynağının sesini güçlendirir. Bu nedenle seslendirme yapılan hacimlerde Haas kriterinde, ilk yansıyan sesin yerine hoparlörün dolaysız sesi değerlendirilmelidir.

İlk ulaşım gecikmesi 35 ms ya da daha küçük bir değer olduğunda yeğlilik farkının 8 dB'i geçmesi dinleyiciye rahatsızlık 10 dB'i geçmesi de yankıyı oluşturur. Hoparlörün dolaysız ses düzeyi , gerçek ses kaynağının düzeyinden yüksek olacağından, ulaşma süresi farkının en fazla 35 ms olması gerekir. Bu değer sağlanabilmesi için gerçek ses kaynağı ile hoparlör arasındaki uzaklığın en fazla 7-8 m. olması gerekir . İlk ulaşım gecikmesine bağlı olarak akustik kusur, rahatsızlık ve iyi bölgeleri gösterir Haas Kriteri şekil 4.1'de görülmektedir.

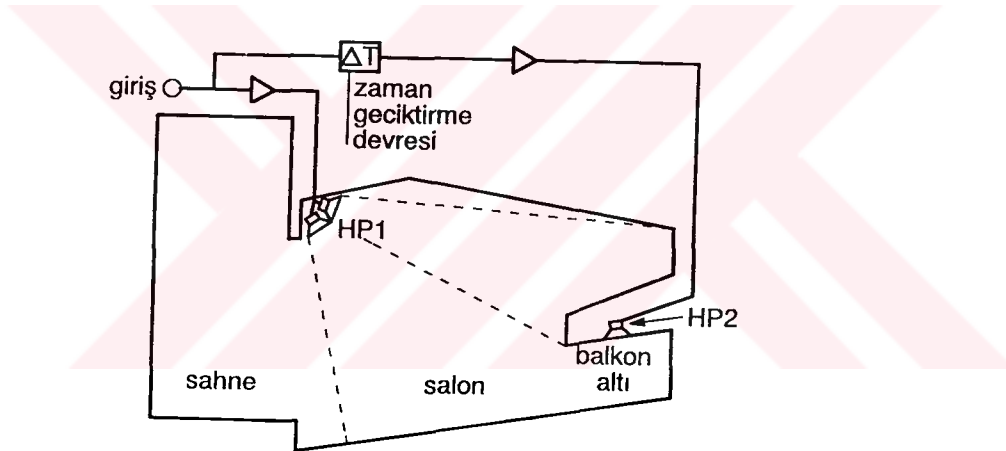


Dinleyiciye , hoparlörden çıkan dolaysız sesin gerçek ses kaynağının sesinden daha geç ulaşması sağlanmalıdır. Hoparlörleri , gerçek ses kaynağının gerisine yerleştirmek varlık kriteri açısından iyi bir çözüm, ancak geri beslemenin oluşması için uygun ortam hazırladığından olumsuzdur. İnsan kulağının düşeyde yer belirlemesi zayıf olduğundan, düşeyde hoparlör yerleşimi sınırlayıcı değildir. Hoparlörlerin düşeyde yukarı kaldırılması yeterli ses düzeyi ve geri beslemenin önlenmesi açısından gereklidir denebilir.

Hoparlörün dinleyici alanına yerleştirilmesi zorunluluğunda sisteme eklenen bir zaman geciktirme devresi ile varlık kriteri korunabilir.

Ses dalgaları elektrik enerjisi yardımıyla havada olduğundan çok daha hızlı yol alır. Hp2'in sesinin dinleyicilere Hp1'in sesinden erken ulaşıp, varlık kriteri koşullarının ortadan kalkmasını engellemek amacıyla sisteme bir zaman geciktirme devresinin eklenmesi gerekir. Hp2'nin sesi, Hp'in sesinden dinleyiciye belirli sınırlar içinde geç ulaşması sonucunda varlık kriteri koşulları korunmuş olur. Çünkü Hp2'den gelen ses de gerçek ses kaynağından geliyormuş gibi algılanır.

Hacmin ekseni ve eksene yakın dinleyicilere gerçek ses kaynağının dolaysız sesi, hoparlörün dolaysız sesinden önce gelir (Şekil 4.3). Bu nedenle hacmin ekseninde ve yakın bölgelerde varlık kriteri korunur. (Eargle 1986)



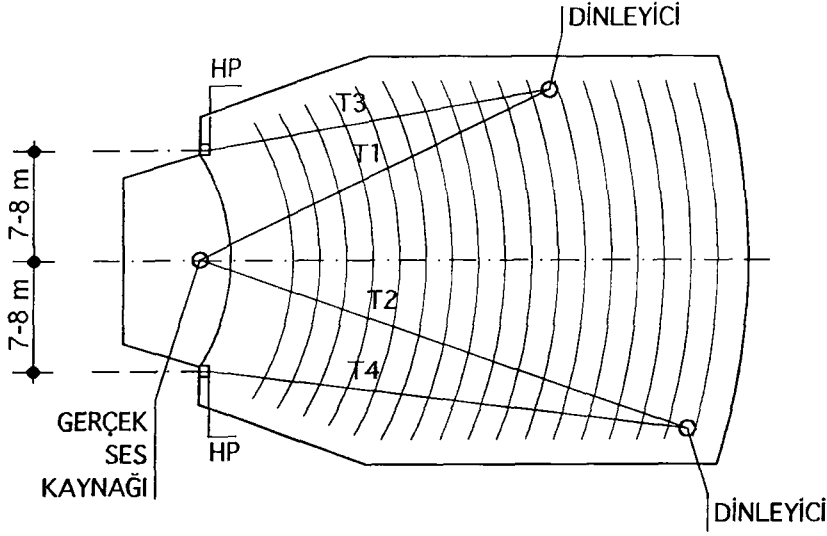
Şekil 4.2. Zaman geciktirme devresi kullanılmasına bir örnek

Eksenden uzak bölgelerde ise en yakın hoparlörden dolaysız ses önce dinleyiciye ulaşarak, varlık kriterini zedeleyebilir. Bu bakımdan önemli olan hoparlör ile ses kaynağı arasındaki optimum uzaklığı bulmaktır. Bu etkenler;

- Gerçek ses kaynağının dolaysız sesi hoparlörün dolaysız sesinden önce tüm dinleyicilere ulaşmalıdır.
- Gerçek ses kaynağına göre hoparlörden gelen sesin ilk ulaşım gecikmesi yankıya neden olan 35 msn değerini aşmamalıdır.

Dinleyiciler konumunda bu etkenler sağlandığı durumda varlık kriteri koşulları sağlanmış olur.

(Eargle 1986)



Şekil 4.3. Gerçek ses kaynağının sesi ile hoparlörün sesinin dinleyiciye ulaşması

4.2.2. Yeterli Ses Düzeyi (Kaynak Gücü)

İşitsel algılama ister hacmin temel işlevi, ister yardımcı unsuru olsun, hacimde yeterli ses düzeyi sağlanmalıdır. Konuşma amaçlı hacimlerde yerine getirilmesi gereken temel koşul, anlaşılabilirliktir. Konuşmanın anlaşılabilirliği için yüksek frekansların anlaşılabilirliği yanında, yeterli ses düzeyi gereksinimi de vardır.

Bir seslendirme sisteminin optimum ses düzeyi aşağıdaki etkenlere bağlıdır.

• Ses Kaynağı Dinleyici Arasındaki Uzaklık

Yeğnlik (ses düzeyi) birim zamanda yayılma doğrultusuna dik birim alandan geçen ses enerjisinin ortalama değeridir.

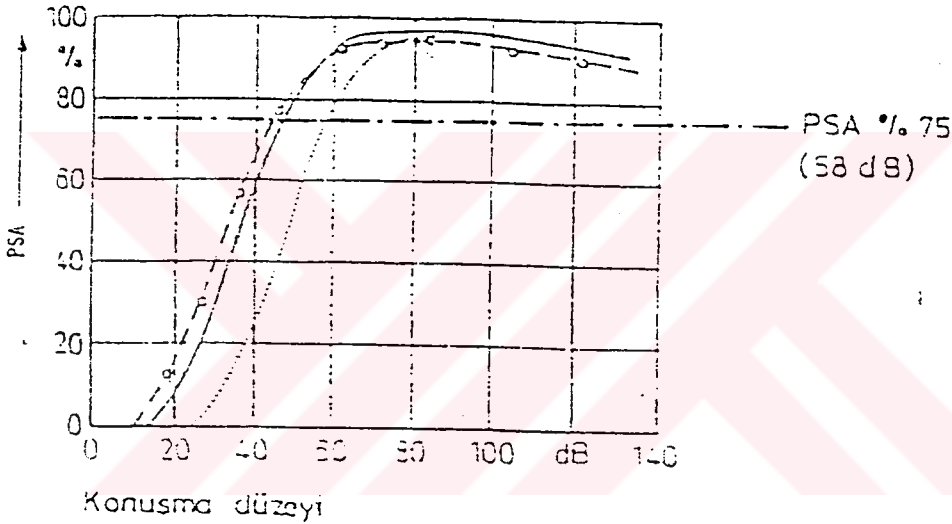
Ses düzeyi, kaynağa olan uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azalır. Bu nedenle, kaynağa yakın bölgelerde ses düzeyi çoğunlukla yeterlidir. Kaynaktan uzaklaştıkça ses düzeyi gereksinimi artar. Buna bağlı olarak hoparlör yerleşimi, yeğnlik düzeyinin dinleyici alanındaki değişim de dikkate alınarak yapılmalıdır.

• Hacimdeki Fon Gürültüsü Düzeyi

Her hacimde işlevi gereği oluşan belirli bir fon gürültüsü düzeyi vardır. Bundan dolayı ses düzeyi fon gürültüsü ile birlikte ele alınmalıdır.

Hacimlerde ortalama 40 dB fon gürültüsü bulunduğu varsayımına dayanılarak elde edilen ve bu durumda konuşma düzeyi ile anlaşılabilirlik (PSA - Hece söyleme oranı) arasındaki ilişkiyi veren grafik şekil 4.4'de görülmektedir. (Karabiber 1987)

Grafikte de görüldüğü gibi, anlaşılabilirliğin optimum değer olarak kabul edilen PSA'nın yüzde 75'lik değerine karşılık gelen ve optimum konuşma düzeyi alt sınırı olarak kabul edilebilecek olan konuşma düzeyi yaklaşık 58 dB'dir.



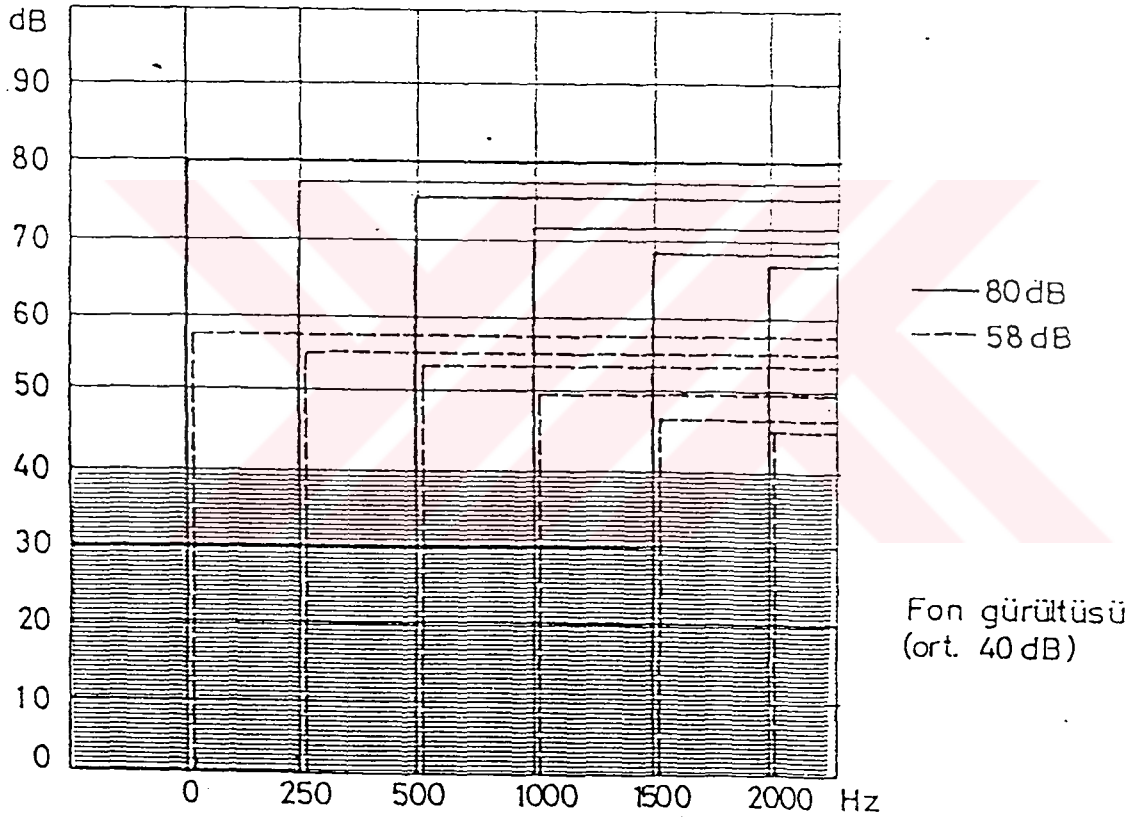
Şekil 4.4. Hacimlerde ortalama 40 dB fon gürültüsü bulunduğu varsayılarak ve bu durumda konuşma düzeyi ile anlaşılabilirlik (P.S.A. hece söyleme oranı) arasındaki ilişki.

Ses düzeyin az olmasının sakıncaları olduğu kadar, belli bir düzeyin üzerinde olmasının da sakıncalı olduğu Şekil 4.4'te görülmektedir. (Karabiber 1987)

Özellikle seslendirme sistemlerinin kullanıldığı büyük hacimlerde, konuşmanın düzeyi gereğinden fazla artırıldığında normalde dikkati çekmeyecek küçük yankılar birdenbire rahatsızlık verici hale dönüşür. Bunun yanı sıra, ses düzeyindeki doğal olmayan bu artışlar görülenle istenilen arasında uyumsuzluk yarattığından, kişisel memnuniyet duygusu da zedelenmektedir. Bu nedenlerden ötürü, 40 dB'lik bir fon gürültüsünün varlığı durumunda konuşma düzeyinin optimum üst sınırının 80 dB dolaylarında olması gerektiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak; konuşmanın anlaşılabilirliğinin iyi olabilmesi için ortalama konuşma düzeyinin ortalama fon gürültüsünden en az 15 dB fazla olması gerekir. 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 göz önüne 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. 40 dB'lik ortalama fon gürültüsü ile konuşmanın tayfsal ses gücü dağılımı arasındaki ilişki şekil 4.5'de görülmektedir. (Karabiber 1987)



Şekil 4.5. 40 dB'lik ortalama fon gürültüsü ile, konuşmanın tayfsal yeğlilik dağılımı arasındaki ilişki

• Hacmin Toplam Yutuculuğu

Tasarım aşamasında seslendirme sistemi kullanılmasına karar verilen bir hacimde başarılı bir sonuç için hacmin toplam yutuculuğu fazla tutulmalıdır. Yutuculuk ses için gerekli frekans bantının tümünde sağlanmalıdır. Bu, seslendirme sisteminin kullanılacağı hacimde iyi bir sonuç için gereklidir.

4.2.3. Düzgün Yayılmışlık

Düzgün yayılmışlık, tayfsal düzeyin ve toplam ses düzeyinin hacmin her noktasında eşit dağılımıdır. Bu dağılım ne kadar düzgün olursa, sonuç o kadar başarılıdır. Düzgün yayılmışlık gereksinimleri, seslendirme sistem tipine bağlı olarak değişiklik gösterir.

Doğrultulu Seslendirme Sisteminin Kullanıldığı Hacimlerde Düzgün Yayılmışlık

Düzgün Yayılmışlığı:

- Yeterli ses düzeyinin düzgün dağılımı (toplam ses düzeyi)
- Frekansların düzgün dağılımı

olmak üzere iki ayrı durum içinde incelemek gerekir. Düzgün yayılmışlığın iyi bir şekilde gerçekleştirilmesi, bu iki durumun sağlanması ile olanaklıdır.

Yeterli Ses Düzeyinin Düzgün Dağılımı

Doğrultulu seslendirme sisteminin kullanıldığı hacimlerde düzgün bir yayılmışlık elde edebilmek için;

- Hoparlörün duyarlılığının uygun seçilmesi
- Kullanılan hoparlör sayısının yeterli olması
- Hoparlörlerin yönlendirilmelerinin uygun olması
- Yükselteç gücünü yeterli olması gerekir.

Ayrıca hacmin biçimine bağlı olarak zaman geciktirme devresi kullanılarak dinleyicilerin bulunduğu yerlere de hoparlör yerleştirilebilir.

• Frekanslara Göre Düzgün Dağılım.

Ses kaynağının sesinin frekanslarının, tüm dinleyici alanında eşit dağılımı için; önce o sesin tüm frekanslarının sistem tarafından bozulmadan yükletilmesi ve hoparlör yardımıyla yine bozulmadan hacme verilmesi gerekir. Sistemin yanıt eğrisinin düzgün olabilmesi için sistem bileşenlerinin tek tek yanıt eğrilerinin düzgün olması gerekir.

Sesin frekans yanıt eğrisinin düzgün olması sağlandıktan sonra frekansların dinleyici alanında da düzgün yayılmışlığının sağlanması gerekir. Frekansların dinleyici alanındaki düzgün yayılmışlığı yukarıda sayılan maddeler ve hacmin frekans-yanıt eğrisinin düzgün olması ile ilgilidir.

Hacmin yanıt eğrisinin düzgün olmasına ise iki etken vardır. Bu etkenler:

- Hacmin fiziksel ve geometrik yapısı
- Hacmin yansıma süresinin frekanslara göre değişiklik gösterip göstermemesi.

• Yayınık Seslendirme Sistemlerinin Kullanıldığı Hacimlerde Düzgün Yayılmışlık.

Düzgün yayılmışlık yayınık seslendirme sistemlerinin sağlaması gereken özelliklerden biridir.

- Yeterli yeğinlik düzeyinin düzgün dağılımı; bu sistemde gerçek ses kaynağının dolaysız sesi yoktur. Söz konusu olan, hacme dağıtılan birden fazla hoparlörün dolaysız sesi ve yansımış sestir. Yeğinlik düzeyinin düzgün dağılımı için her hoparlörün kendine ait bölgeye verebileceği optimum ses yeğinlik düzeyine sahip olması gerekir.
- Frekanslara göre düzgün dağılım; merkezi seslendirme sistemi ile karşılaştırıldığında o kadar önemli değildir.

4.2.4. Geri Besleme (Larsen - Feedback Olayı)

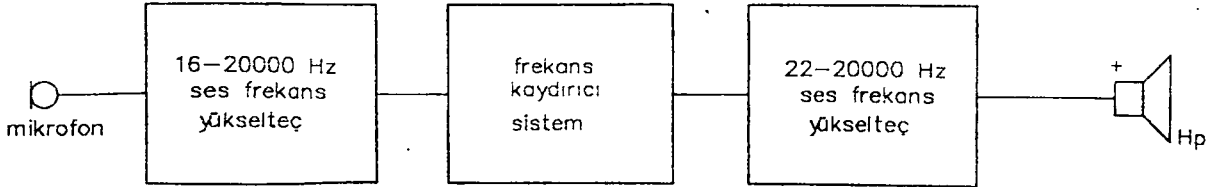
Geri besleme, seslendirme sistemlerinin kullanıldığı hacimlerde mikrofonun , yükseltici ile güçlendirilip, hoparlöre gönderilen sesi herhangi bir yolla (dolaysız ya da yansiyarak) alması sonucunda ortaya çıkan istenmeyen bir etkidir. Geri beslemenin olduğu hacimlerde anlaşılabilirlik ve kalite bozulur. Geri besleme hem hoparlör hem de mikrofonun aynı hacimde bulunduğu, canlı yayının olduğu merkezi sistemde ortaya çıkar.

Bir seslendirme sisteminde geri beslemenin olması, sistemi kullanılamaz hale getirir. Bu olayı engellemek için birçok yol vardır:

- Mikrofonların uygun yerlere yerleştirilmesi; mikrofonları hoparlörlerin dolaysız ses alanı dışına yerleştirilmesi gerekir.
- Sistem kazancını uygun bir düzeyde tutmak; sistem kazancı yavaş yavaş artırılırsa, belirli bir kritik kazanç değerinde yanıt eğrisindeki ani yükselmelerden dolayı geri besleme başlayacaktır. Bu olayı engellemek için sistem kazancını bu kritik değerinin altında tutmak gerekir.
- Yönlü mikrofon kullanmak, tek yönlü mikrofon ya da iki yönlü (bir yönü koruma içine alınmış) mikrofon kullanmak, akustik geri beslemeyi büyük ölçüde azaltır. Mikrofonun gerçek ses kaynağına yönlendirilmesi, hoparlörden çıkan dolaysız ses ve yansiyarak gelen seslerin mikrofonun maksimum alışı doğrultusu dışında kalması da akustik geri beslemeyi azaltacaktır.
- Hoparlörleri uygun yerlere yerleştirmek; hoparlörleri dinleyiciye doğru ve mikrofonların alışı doğrultuları dışında kalmak üzere yönlendirilmesidir. Yansıma süresinin uzun olması, akustik geri beslemeyi artırır. Bunu önlemek için tavandan ve sahneden doğabilecek yansımaları asgariye indirmek, hoparlörleri yükseğe yerleştirmek ve dinleyicilere yönlendirmek gerek. Ayrıca hoparlörlerin doğrultuluğu da yüksek olmalıdır.

- Frekans kaydırıcı sistem kullanmak; sadece konuşma amaçlı kullanılan hacimlerde akustik geri beslemeyi önlemek için frekans kayıtlı sistem kullanılabilir.

Mikrofon girişine uygulanan ses frekansların her biri 5 ya da 6 Hz artırılır. Böylece hoparlör çıkışındaki ses frekansı ile mikrofon girişine gelen ses frekanslarındaki ayırmadan dolayı, başka bir deyişle, kaydırılmış frekanslar girişteki ile aynı olmadığından akustik geri besleme olmayacaktır



Şekil 4.6. Frekans kaydırıcı sistemin kullanılışı

Frekans kaydırıcı sistemin müzik seslendirmelerinde kullanılması sakıncalıdır. Çünkü seslerin uyumluluğu olması gereken seslerde 5-6 Hz artacağından, ana sesin uyumluluğu olma durumundan çıkacaktır. Dolayısıyla tını bozulacaktır. Oysa konuşmada bu olay anlaşılabilirliği etkilemeyecektir.

4.2.5. İç Gürültünün Minimumda Tutulması

Distorsiyon (bozulma) genel olarak bir seslendirme sisteminde girişe uygulanan ses sinyali frekans karakteristiğinin sistem çıkışında bozulması anlamına gelir.

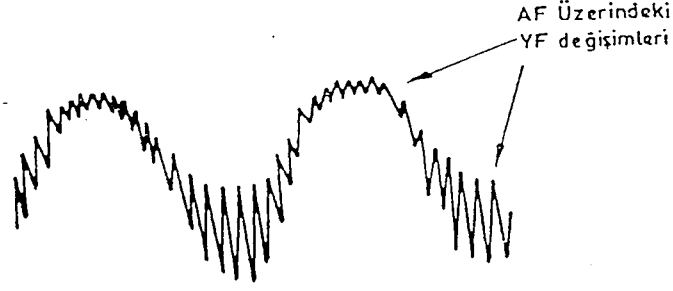
Seslendirme sistemindeki bozulmayı;

- Faz bozulması
- Düzgün olmayan bozulma olarak iki grupta toplayabiliriz.

Yanıt eğrisi düzgün ses istendiğinde faz bozulması dikkate alınmalıdır. Çünkü bu bozulma konuşmanın anlaşılabilirliğinde önemli olan mikrofonun alışı diyagramı sınırındaki dalgaları (yakalayan türden ses dalgaları) bozmaktadır.

Düzgün Olmayan Bozulma ;

- Genlik bozulması; Girişe uygulanan bir F_1 frekansı çıkışta ($2F_1, 3F_1, 4F_1, 5F_1$) olarak belirlenir. F_1 frekansının tam katları olan bu frekansların sesin niteliğini bozucu etkisi azdır.
- İç modülasyon bozulması; dinleyicileri en çok rahatsız eden bozulmadır. Sesin tınısını bozar. Böyle bir bozulma Şekil 4.7'de görülmektedir.



Şekil 4.7. İç modülasyon bozulması

- Harmonik bozulması; Bir yükseltece ya da diğer elektronik devrelere bir sinyal uygulandığında çıkış dalga şeklinde harmoniklerin bozulmasına denir. Genel olarak ses çok harmonikli olduğundan, harmonik bozulma az hissedilir. Harmonik bozulmanın genliği modülasyon bozulmasının genliğinden de azdır.
 - Frekans bozulması; buna “Zayıflatma bozulması” da denir. Bir seslendirme sisteminin, birçok sistem bileşeninde (örneğin ön yükseltece bağlı mikrofonun yanıt eğrisinin düzgün olmaması, yükseltecin sinyalleri kırpması gibi) oluşan bozulmadır. Bu tür bozulmaları azaltmak için uygun sistem bileşenleri (mikrofon, ön yükselteç, vb.) seçmek istenilen sistem kazancına yanıt verebilecek yükselteç kullanmak gerekir.
- Sonuç olarak iç gürültünün minimumda tutulabilmesi için kazanç frekans karakteristiğindeki etkisi %1'den az olmalıdır.

4.3. Hacme Bağlı Gereksinimler.

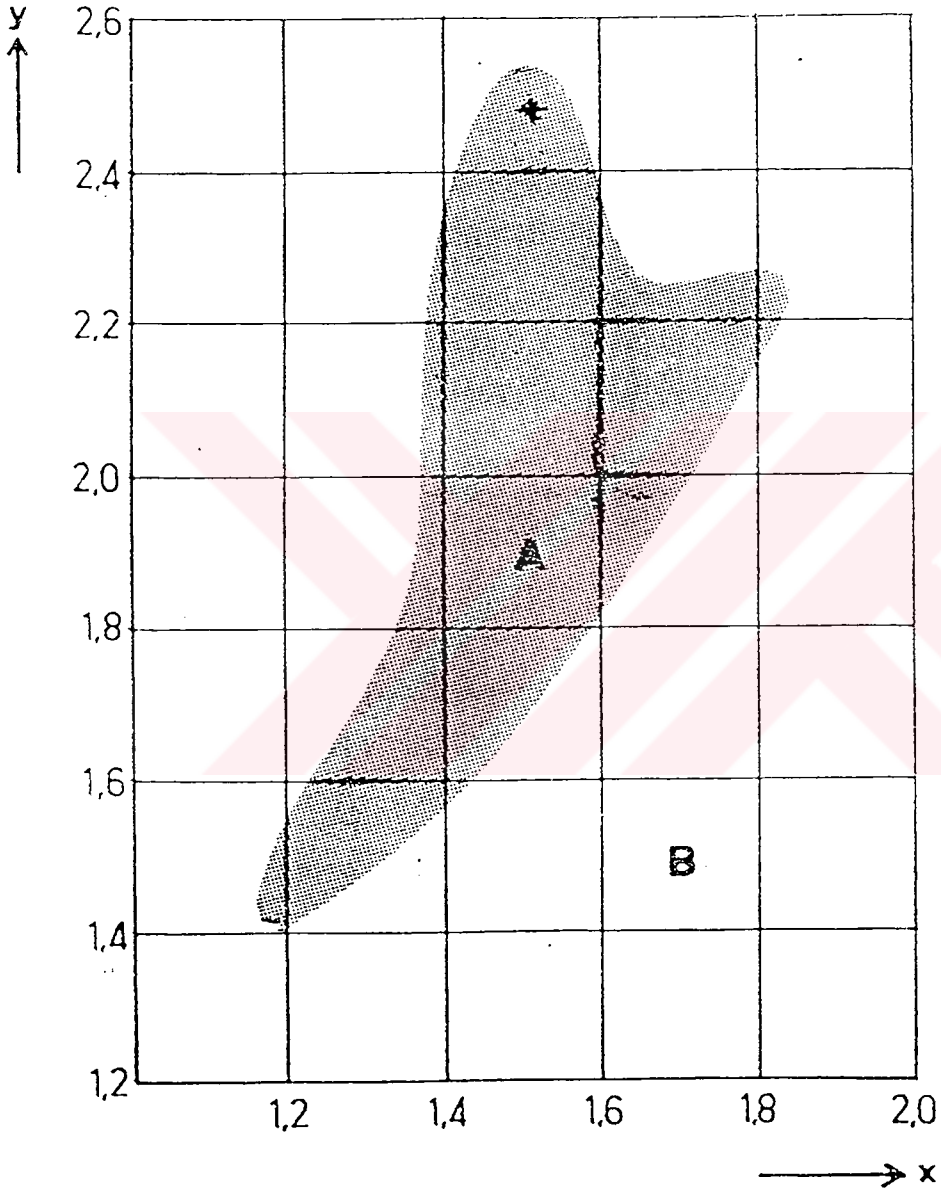
Seslendirme sisteminin kullanıldığı hacimlerin akustik gereksinimleri, seslendirmesiz hacimlerin akustik gereksinimlerinden bazı noktalarda ayrımlar gösterir.

Bir hacmin akustiğinin en önemli belirleyicilerinden biri, yansıma süresidir. Hacmin akustiğinin iyi olması için en uygun yansıma süresinin belirlenmesi gerekir. Seslendirmesiz hacimlerde yansıma süresinin uzunluğunu hacmin büyüklüğü ve kullanım amacı olmak üzere iki bileşen belirler. Seslendirmeli hacimlerde ise yansıma süresi değeri olabilecek en düşük düzeyde tutulmalıdır.

Seslendirmeli hacimlerde, seslendirmesiz hacimlerde olduğu gibi, distorsiyon (bozulma) önemlidir. Bozulma değişik frekanslarda, değişik yansıma sürelerinin olmasından ortaya çıkar. Bozulma ile istenmeyen tını değişimleri, örtme, frekanslara göre değişen yegânlilik değişimleri meydana gelebilir. Bu nedenle hacmin yansıma süresi bütün frekanslarda aynı değerde tutulmalıdır.

Hacmin öz frekanslarının dağılımı hacmin yanıt eğrisinin düzgün olmasında rol oynar. Bu eğrinin düzgün olmaması, yani hacmin her frekansa aynı biçimde yanıt vermemesi akustik bir kusurdur. Hacmin yanıt eğrisinin düzgün olması için alınacak önlemleri şöyle sıralayabiliriz.

- Hacmin yansıma süresi minimumda tutulmalıdır ve frekanslara bağlı olarak değişim göstermemelidir.
- Düzgün yayılmışlık sağlanmalıdır. Bir hacimde belli doğrultudaki öz frekanslar titreşime girmezse, büyük çukurluklar oluşur. Bunu önlemek için hacimde sesin tüm doğrultularda yayılması gerekir.
- Simetrik hacimlerden kaçınılmalıdır; bu sayede teğetsel ve eksensel öz frekanslar ortadan kalkar ve öz frekansların üstüste binerek hacmin yanıt eğrisinin bozulması engellenir.
- Dikdörtgen prizması biçimli hacimlerde , hacmin boyutları arasındaki oran , bolt kriterinin olumlu bölgesinde olmalıdır. Böylelikle teğetsel ve eksensel öz frekansların eğiklerin arasına girmesi sağlanır. (Bolt kriteri). Bolt Kriteri Şekil 4.8’de görülmektedir.
- Özel geometrik biçimli hacimlerden kaçınılmalıdır (silindir, yarım küre, vb.).



Şekil 4.8. Bolt kriteri

5. TASARIM AŞAMASINDAKİ HACİMLER VE BİTMİŞ MEVCUT HACİMLERDE SESLENDİRME SİSTEMİ KURULUM YÖNTEMİNİN BELİRLENMESİ

4. Bölümde açıklandığı gibi; hacimlerde seslendirme sistemine gereksinim duyulmasının nedenleri seslendirme sisteminin tipini ve gücünü belirlemede önem kazanır. Seslendirmenin söz konusu nedenlerden hangisine ya da hangilerine yönelik olarak yapılacağı belirlenmesi gerekir. Ancak diğer önemli bir etken de seslendirme sisteminin mevcut bir hacimde mi, tasarım halindeki bir hacimde yapılacağıdır. Çünkü mevcut bir hacimde ve tasarım halindeki bir hacimde seslendirme sistemi gereksinimi ve seslendirme sistemi özellikleri farklılıklar gösterebilir. Söz konusu farklılıklarda dikkate alınarak mevcut bir hacimde ve tasarım halindeki bir hacimde seslendirme sisteminin kurulumun da izlenecek yol bölüm 5.1’de ele alınmıştır.

5.1. Tasarım Halindeki Hacimlerde ve Mevcut Hacimlerde Seslendirme Sisteminin Kurulması.

Hacim tasarım aşamasında iken 4. Bölümde belirtilen seslendirme sistemi gereksinimlerinden (fon gürültüsüne bağlı seslendirme, yansıma süresi uzun olan hacimler gibi) bir kısmı yapılacak akustik düzenlemelerle ortadan kaldırılabilir. Bir kısmında ise (büyük hacimler, uygun olmayan biçimdeki hacimler gibi) seslendirme sisteminin kullanılması bir gereksinim olarak ortaya çıkar. Ayrıca işitme engellileri için ve işitme kayıplarına yönelik olarak da anlaşılabilirliğin artırılması amacıyla seslendirme yapılması zorunluluğu doğabilir.

Mevcut bir hacimde seslendirme sistemine gereksinim duyulmasının nedenleri, tasarım halindeki bir hacme göre farklılıklar gösterebilir. (Büyük hacimler, uygun olmayan biçimdeki hacimler olabileceği gibi, fon gürültüsüne bağlı seslendirme, yansıma süresi uzun olan hacimler, yanıt eğrisi düzgün olmayan hacimlerde olabilir.)

Bu genel belirlemelerden sonra, tasarım halindeki bir hacimde ve mevcut bir hacimde seslendirme sistemi gereksinimi ne olursa olsun, bir yöntem belirlenmeye çalışılırsa; hacimlerde kurulacak seslendirme sistemlerinden iyi sonuç elde edilebilmesi için yapılması gerekli düzenlemeler 4 başlık altında toplanabilir.

- . Hacmin mevcut durumunun incelenmesi
- . Hacimde yapılacak düzenlemeler .
- . Sistem ile ilgili nitelikler
- . Denetim ile ilgili gereksinimler

5.1.1.Hacmin Mevcut Durumunun İncelenmesi

Mevcut bir hacimde seslendirme sistemi gereksiniminin belirlenmesi için , hacmin mevcut durumunun incelenmesi gerekir. Bu amaçla;

- . Hacmin büyüklüğü,
- . Yansıma süresi,
- . Hacmin yanıt eğrisinin frekanslara göre durumu,
- . Fon gürültü düzeyi,

incelenir ve hacimdeki seslendirme sistemi gereksinimi belirlenir. Bu aşamadan sonra mevcut bir hacimde ve tasarım halindeki bir hacimde seslendirme sisteminin kurulmasında izlenecek yol aynıdır. 5.1.2., 5.1.3., 5.1.4. bölümlerde mevcut hacimlerde ve tasarım halindeki hacimlerde seslendirme sisteminin kurulmasında izlenecek yol açıklanmıştır.

5.1.2.Hacimde Yapılacak Düzenlemeler

Hacmin çevredeki gürültülerden etkilenmesini engellemek için gürültü denetimine yönelik önlemler alınmalıdır. Bu önlemler alınırken; düşeyde ve yatayda bitişik hacimlerden ya da dış ortamdan gelen gürültü düzeyleri hesaplanmalı, ölçülmeli ve hacmin cidarlarının imalatı bu hesap ve ölçümlerden sonra, gerekli ses geçirmezlik değerlerini sağlayacak şekilde yapılmalıdır.

Akustik düzenlemelerle hacmin yansıma süresinin olabildiğince kısa tutulmalıdır. (Hacim sağlaştırılmalıdır.) Ayrıca hacmin yanıt eğrisi düzgün olmalıdır. Hacmin kullanım amacına göre yansıma süresinin minimum değerleri şekil 2.2. den belirlenebilir. İnsanların yutuculuğu, koltukların yutuculuğu, hacmin yüzeylerinin yutuculuğu belirlenip özellikle konuşma için önemli olan frekans bandında hacmin yansıma süresinin minimum ve yanıt eğrisinin düzgün olabilmesi için uygun malzemeler seçilmelidir.

5.1.3. Sistem ile İlgili Nitelikler.

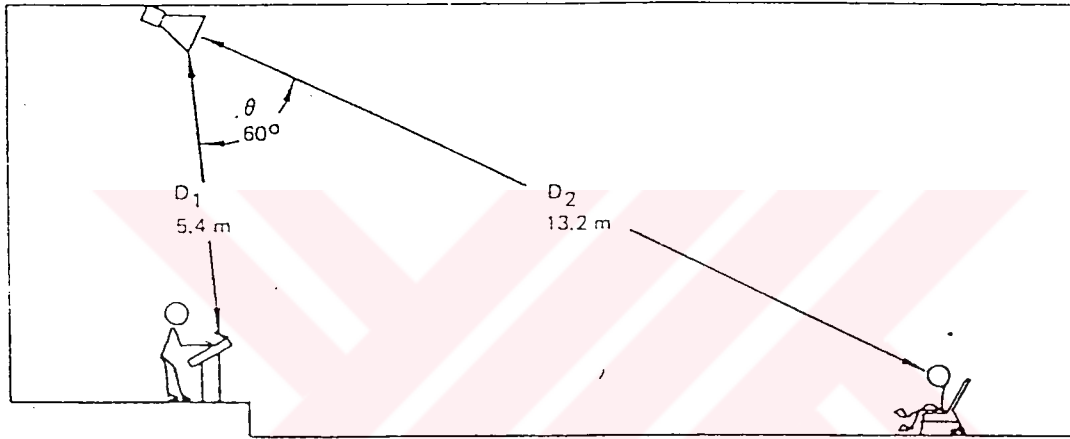
Bu başlık altında mikrofonların seçilmesi ve yerleştirilmesi, yükselteç gücü ve niteliklerinin belirlenmesi ve hoparlörlerin seçilmesi ve yerleştirilmesi incelenecektir.

5.1.3.1. Mikrofonların seçilmesi ve yerleştirilmesi

Hacimlerde kurulacak seslendirme sistemlerinden istenilen sonuçların alınabilmesi için (konuşmanın anlaşılabilirliği açısından) ilk önemli sistem bileşeni mikrofondur. Bu nedenle mikrofonun seçimi ve yerleştirilmesi önemlidir. Mikrofonların seçilmesi ve yerleştirilmesinde önemli olan kriterleri maddeler halinde belirlenirse ;

1. Mikrofonun kullanım amacı ; Konuşmanın anlaşılabilirliğinde önemli olan frekans bandı (100 – 7000 Hz) ile müzik için önemli olan frekans bandı (40 – 15000 Hz) aynı değildir. Bu amaca yönelik olarak kullanılacak mikrofonların özellikleri farklılıklar gösterir.
2. Mikrofonların tek kişi, iki kişi ya da daha fazla kişi tarafından kullanılması mikrofonların seçiminde ve yerleştirilmesinde bir başka etkidir. Gereksinimleri karşılamak amacıyla tek doğrultulu, iki doğrultulu ya da doğrultusuz mikrofonlar kullanılabilir. Ancak genelde seslendirme sistemlerinde en çok kullanılan mikrofonlar belli bir doğrultudan gelen sese karşı duyarlı olan doğrultulu mikrofon tipidir. Çünkü bu tip mikrofonlar duyarsız bölgeleri hoparlöre gelecek şekilde yerleştirildiklerinde geri beslemeyi en aza indirecek özelliğe sahiptirler. Bu mikrofonlar tek doğrultulu ve iki doğrultuludurlar. Şekil 3.2. ve şekil 3.3. de bu mikrofonların alış diyagramları görülmektedir. Geniş bir alana yayılmış birden fazla ses kaynağı olduğunda ise her kaynak için ayrı mikrofon kullanılmalıdır. Kontrol odasından kullanılan mikrofonların açılması, kullanılmayanların kapatılmasını sağlayan açma-kapama sisteminin bulunması gerekir. Konuşmacının hareket halinde konuşmasını yapması söz konusu ise yakaya takılan mikrofonlarda kullanılabilir.
3. Yükseltecin giriş empedansının düşük ya da yüksek olması mikrofonların seçiminde ve yerleştirilmesinde diğer bir etkidir. Seslendirme sisteminden iyi bir sonuç alınabilmesi için mikrofonun çıkış empedansı ile yükseltecin giriş empedansı birbirine uygun olmalıdır. Uygun değil ise uygunlaştırılmalıdır.

4. Mikrofonların yerleştirilmesi; mikrofonların yerleştirilmesinde konuşmacı ile mikrofon, mikrofon ile dinleyici ve mikrofon ile hoparlörün konumu önemlidir. Mikrofonların duyarlılıklarına bağlı olarak konuşmacıdan belirli bir uzaklıkta olmalıdır. Mikrofonlar dinleyiciden gelen sesleri almamalıdır. Tek doğrultulu mikrofon ya da bir yönden alışı engellenecek şekilde koruyucu içine yerleştirilmiş çift doğrultulu mikrofon kullanılabilir. Bu mikrofonların alışı doğrultusunda sahne arkasından ve yanlardan yansıyarak gelebilecek seslerin engellenmesi gerekir. Şekil 5.1’de konuşmacı, mikrofon, dinleyici ve hoparlör arasındaki ilişki görülmektedir. (Eargle1986)



Şekil 5.1. Konuşmacı, mikrofon, hoparlör, dinleyici arasındaki ilişki

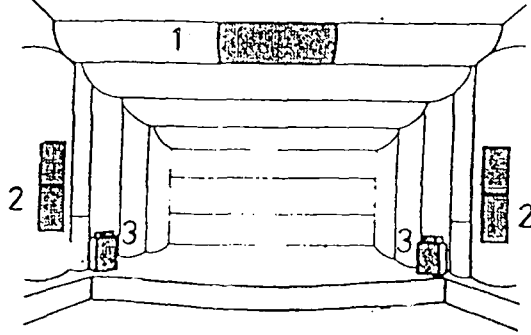
5.1.3.2. Yükselteç gücünün ve niteliklerinin belirlenmesi

Yükselteç gücünün hoparlörün ya da hoparlör grubunun maksimum çalışma gücünde çalıştırabilecek nitelikte olması ve gerektiğinde dengeleme yapabilme özelliklerine sahip olması gerekir. Yükselteç gücünün belirlenmesinde ek 1’den yararlanılabilir.

5.1.3.3. Hoparlörlerin seçilmesi ve yerleştirilmesi

Hacmin son dinleyici konumunda hoparlörün ya da hoparlör grubunun gerekli ses düzeyini sağlayacak sayıda ve nitelikte seçilmesi. Gerekli yükselteç gücü belirlendikten sonra, bu güce uygun hacmin biçim ve büyüklüğü de dikkate alınarak hoparlör ya da hoparlör grubu seçilir. Hoparlör ya da hoparlör grubunun yerleştirilmesi varlık kriteri koşullarının sağlanması geri beslemenin önlenmesi ve sesin niteliğinin bozulmadan dinleyiciye ulaşması açısından önemlidir. Varlık kriteri koşullarının sağlanması için hoparlörün ya da hoparlör grubunun

yerleşiminde dikkat edilecek hususlara 4.2.1. de değinilmiştir. Bu belirlemelerden sonra sahnede hoparlör ya da hoparlör grubunun yerleştirilmesinde uygun olan yerler belirlendiğinde şekil 5.2’de bu yerler gösterilmiştir. (Meakawa ve Lorad 1968)



Şekil 5.2. Hoparlörün yerleştirilmesinde uygun olan yerler.

Konuşmanın anlaşılabilirliği açısından varlık kriteri koşullarını sağlayacak en uygun yer 1 numaralı yerdir. 2 numaralı yerler 1 numaralı yerin olmaması durumunda kullanılabilir. 3 numaralı yerler ise zorunluluk halinde kullanılabilir.

5.1.4. Denetim İle İlgili Gereksinimler

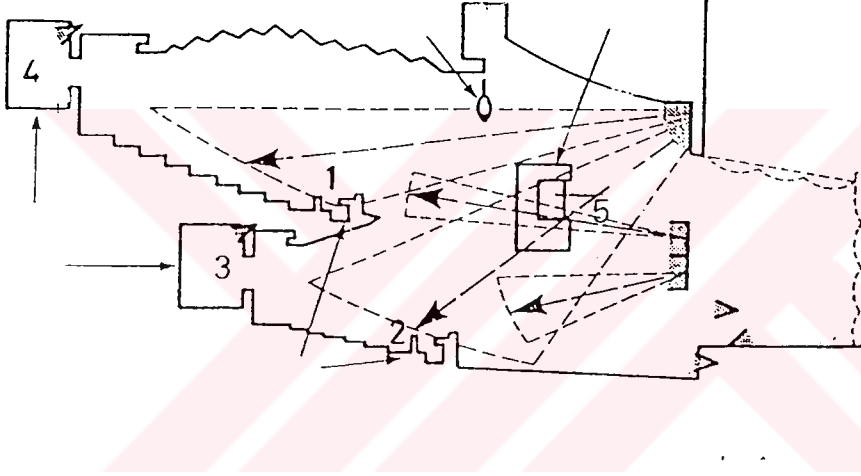
Seslendirme sistemi kurulduktan sonra hacmin belirli yerlerinde gerekli ses düzeyinin sağlanıp sağlanmadığına ve varlık kriteri koşullarının korunup korunmadığına yönelik ölçümler yapılmalıdır.

Hacim kullanım halinde iken yerleştirilen monitör mikrofonlar yardımıyla , hacmin belirli noktalarında istenilen ses düzeylerinin sağlanıp sağlanmadığının belirlenmesi ,hacimde anlaşılabilirliğin artırılması amacıyla dengeleme yapıp yapılmaması gerekliliğinin kontrolü ve zaman geciktirici devre yardımıyla sesin yükseltilmesi gerekip gerekmediğinin belirlenmesi ve anında düzenlemelerin yapılması amacıyla bir ses kontrol odasının olması gerekir.

5.1.4.1. Ses kontrol odasının planlanması

Yükseltici hariç tüm elektro akustik elemanlar kontrol odasında bulunur. Kontrol odası tüm seyirciyi ve sahneyi gören geniş bir bakış açısına sahip olmalıdır. Şekil 5 de ses kontrol odası olabilecek 4 ayrı yer gösterilmiştir. Bunlardan 1 ve 2 numaralı yerler sahneyi görme açısından en ideal yerlerdir. Ancak en iyi seyir yerlerini işgal etme açısından olumsuzdur. Bunların yerine 3, 4 ve 5 numaralı yerler ses kontrol odası olarak kullanılabilir.

Ses kontrol odası hacimdeki seslerden yalıtılmalı ve bağımsız bir havalandırma sistemine sahip olmalıdır. Havalandırılması yapılmış tozdan arındırılmış yükseltici vb elemanlarında içinde bulunduğu ses kontrol odasından görülebilen bir oda daha ses kontrol odasının yanında bulunmalıdır (Meakawa ve Lorad 1968)



Şekil 5.3. Ses kontrol odası olabilecek yerler.

Çizelge 5.1. Konuşma amaçlı hacimlerde konuşmanın anlaşılabilirliğinin iyi olabilmesi için seslendirme sistemi ve sistem bileşenlerinde bulunması gerekli özellikler.

Seslendirme Sistemi Hacim		Yükselteç gücü ve özellikleri	Mikrofon seçimi ve yerleştirilmesi	Hoparlör seçimi ve yerleştirilmesi
Hacime Bağlı Gereksinimler	Büyük Hacimler	☒ ◆ □	◆ ◆ ☹	☞ ≡ er ☆ ⌘
	Fon gürültüsü Yüksek Hacimler	☒ ◆	◆ ◆ □ ○	≡ er ☆
	Kötü Biçimlenmiş Hacimler	☒ ✕ ◆ □	◆ ◆ ☹	≡ er ☆ ⌘
	Yansımam Süresi Uzun Hacimler	☒ ✕ ◆ □ ●	◆ ◆ □ ○	≡ er ☆ ⌘
Dinleyiciye Bağlı Gereksinimler	Yaşlanmaya Bağlı İşitme Kayıpları	☒ ◆ ●	◆ □ ☹	☞ ≡ er ☆ ⌘

YÜKSELTEÇ GÜCÜ VE ÖZELLİKLERİ

- ☒ Yanıt eğrisi düzgün
- ✕ Elektronik dengeleyici
- Zaman geciktirici devre
- Aktif elemanlı filtre devresi
- ◆ 4000 m² 'ye kadar 60 w 4000 m² - 8000 m² arası 120 w
(Yansımam süresi uzun olan hacimlerde 4 katına kadar artırılabilir

MİKROFONUN SEÇİMİ VE YERLEŞTİRİLMESİ

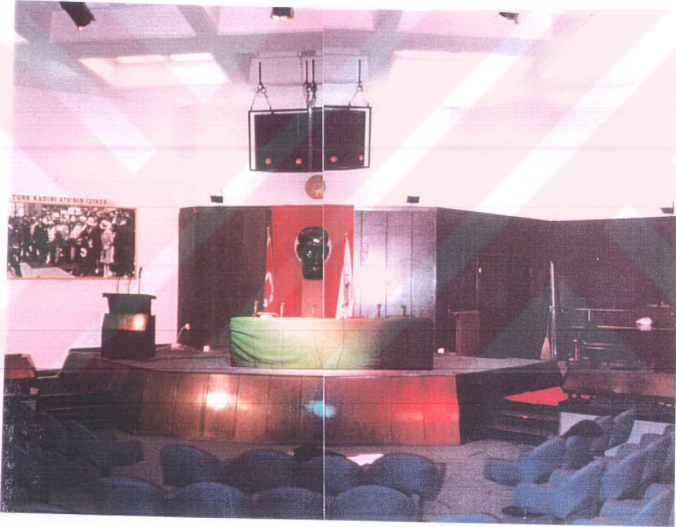
- ◆ Tek ya da iki doğrultulu
- ◆ Hoparlörün dolaysız ses alanı dışında
- Doğrultululuğu fazla
- Duyarlılığı fazla
- ☹ Konuşmacıya yakın

HOPARLÖR SEÇİMİ VE YERLEŞTİRİLMESİ

- ☞ Hoparlör kolon sistemi
- ≡ Farklı yönlere yönlendirilebilen hoparlör sütunları
- er Doğrultululuğu fazla
- ☆ Sahne kotundan yükseğe
- ⌘ Balkon aıtlarına

5.2. Mevcut Bir Hacimde Kurulmuş Seslendirme Sisteminin Konuşmanın Anlaşılabilirliğine Katkılarının İncelenmesi ve Değerlendirilmesi.

Bu bölümde Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumunda kurulmuş seslendirme sistemi 5.1. bölümde belirlenmiş kriterler doğrultusunda incelenmesi yapılacaktır. Hacmin mevcut durumu resim 5.1., resim 5.2. ve resim 5.3'de görülmektedir.



Resim 5.1. Hacmin sahne bölümünden bir görünüş.



Resim 5.2. Hacmin salon bölümünden genel bir görünüş.



Resim 5.3. Hacmin salon bölümünden genel bir görünüş.

5.2.1. Hacmin Mimari Akustik Açından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi

Şekil 5.4'de hacmin plan ve kesiti görülmektedir. Çizelge 5.2'de ise hacimde yapılan tespitlere dayalı olarak oluşturulan malzeme listesi ve miktarları görülmektedir.

Çizelge 5.2. Hacimde kullanılan malzemeler.

	NO	ADET	m2	YER	NİTELİK
BİRMİLER	1a	200	-	SALON	SÜNGER ÜZERİ KUMAŞ (koltuk)
	1b	100	-	SALON	METAL + AHŞAP (koltuk)
	2	1	4.00	DUVAR	HALI
YÜZEYLER	3	1	300.00	ZEMİN	AHŞAP PRESE KAPI
	4	1	450.00	TAVAN	SIVA + PLASTİK BADANA
	5a	1	30.00	PENCERE	KUMAŞ PERDE
	5b	1	204.00	DUVAR	AHŞAP LATALAR ÜZERİ AHŞAP PANOLAR
	5c	1	156.00	DUVAR	SIVA + PLASTİK BADANA
	5d	1	8.00	DUVAR	METAL RADYATÖR
	5e	1	2.00	-	CAM
	5f	1	3.00	-	SERBEST DURUMDA AHŞAP PONO

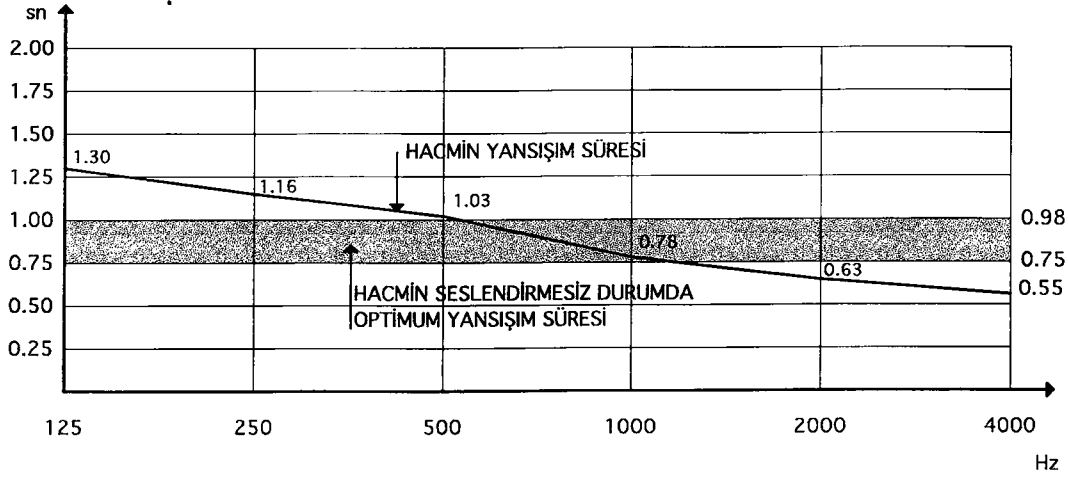
Malzemelerin hacme dağılımı incelendiğinde ; zemin yutuculuğu yüksek halı kaplı, koltukların büyük çoğunluğunun yutuculuğu da yüksek seçilmiş, tavanın yutuculuğu düşük, duvarları zemine yakın kısımları latalar üzeri ahşap kaplı tavana yakın kısımları ise siva üzeri plastik badana olduğu görülmektedir. Sahne zemini halı kaplı, sahne arkası ise latalar üzeri ahşap kaplıdır. Sahne karşısı-salon arkası ise ahşap çerçeve üzerine tespit edilmiş büyük boyutta üzeri boyalı ahşap talaş esaslı levha ile kaplanmıştır.

Hacmin büyüklüğü $V = 1650.00$ m3 olarak hesaplanmıştır.

Hacmin optimum yansım süresi (konuşma için)

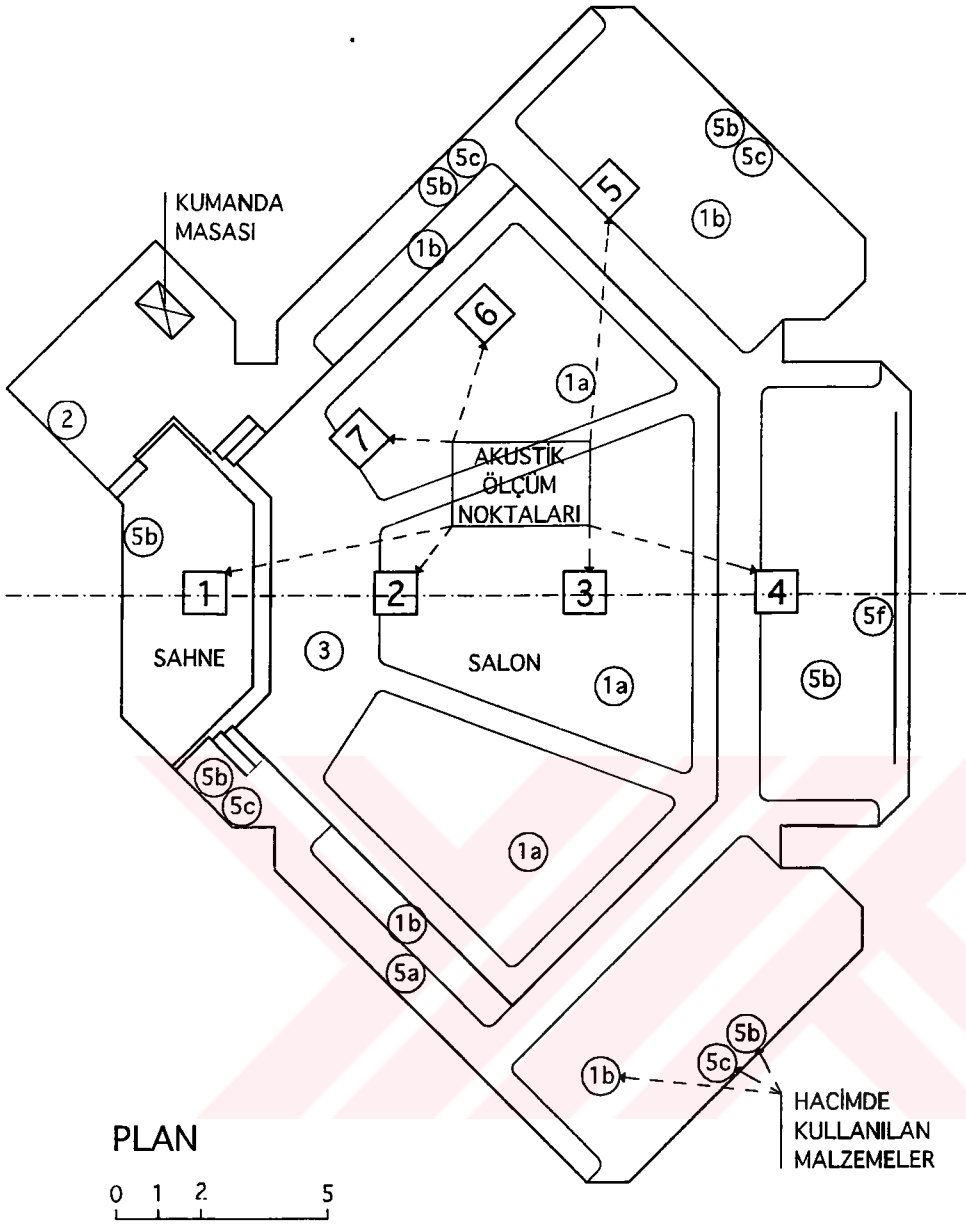
$T60 = 0.75 < T < 0.98$ olarak bulunmuştur. (şekil 2.2)

Bu tespitler yapıldıktan, hacmin yansım süresi (Hesaplanış yöntemi çizelge 5.3'de görülmektedir.) frekans bantlarına göre hesaplandığında şekil 5.5'de ki eğri ortaya çıkmaktadır. Şekil 5.5'de ki taralı alan hacmin optimum yansım süresini göstermektedir.



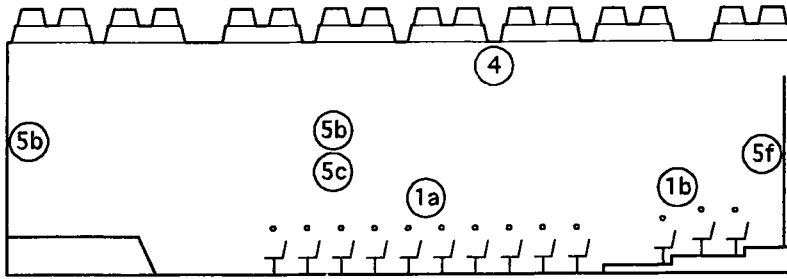
Şekil 5.5. 1650.00 m³'lük hacmin frekans bantlarında olması gereken optimum ve minimum yansıma süreleri ve hacmin mevcut yansıma sürelerini gösterir grafik.

Çizelge 5.2 ve şekil 5.5 incelendiğinde hacmin yansıma süresinin alçak frekanslarda uzun, yüksek frekanslara gittikçe düştüğü görülmektedir. Seslendirme yapıldığından yansıma süresinin (bu eğrinin) konuşma amaçlı hacimler için (1650.00 m³'de) 0.75 sn ye (konuşma için minimum yansıma süresi) yakın olması gerekirdi. Ancak yansıma süresi 1000 Hz dolaylarında bu değere yakın, 1000 Hz den düşük frekanslarda uzun, 1000 Hz den yüksek frekanslarda ise yüksek frekanslarda ise kısa çıkmaktadır. Hacmin yansıma süresindeki bu düzensizlik, konuşmanın anlaşılabilirliğini olumsuz etkileyecektir. Bu durumdan dolayı hacmin durumu, hacim akustiği açısından kötüdür.



PLAN

0 1 2 5



KESİT

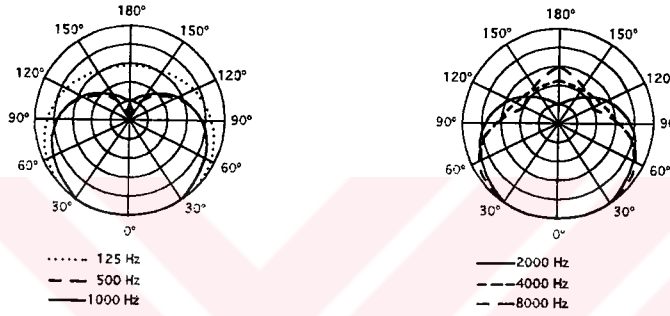
Şekil 5.4. Hacmin plan ve kesiti.

5.2.2. Hacimdeki Seslendirme Sisteminin İncelenmesi

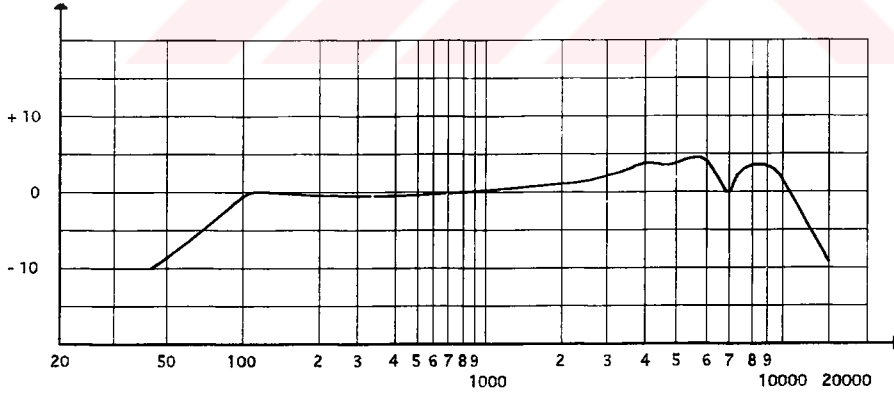
Hacimdeki seslendirme sistemini incelenirken; sırasıyla mikrofonların seçilmesi ve yerleştirilmesi, yükselteç gücü–nitelikleri ve hoparlörlerin seçilmesi ve yerleştirilmesi incelenecektir.

Mikrofonların seçilmesi ve yerleştirilmesi

Seslendirme sistemine bağlı sahnedeki masada 6 adet , kürsüde 3 adet ve kumanda masasında 2 adet olmak üzere toplam 11 adet mikrofon mevcuttur. Mikrofonlar tek doğrultulu olup alışı diyagramları şekil 5.6’da, frekans yanıt eğrileri ise şekil 5.7’de görülmektedir.



Şekil 5.6. Mikrofonların alışı diyagramları.



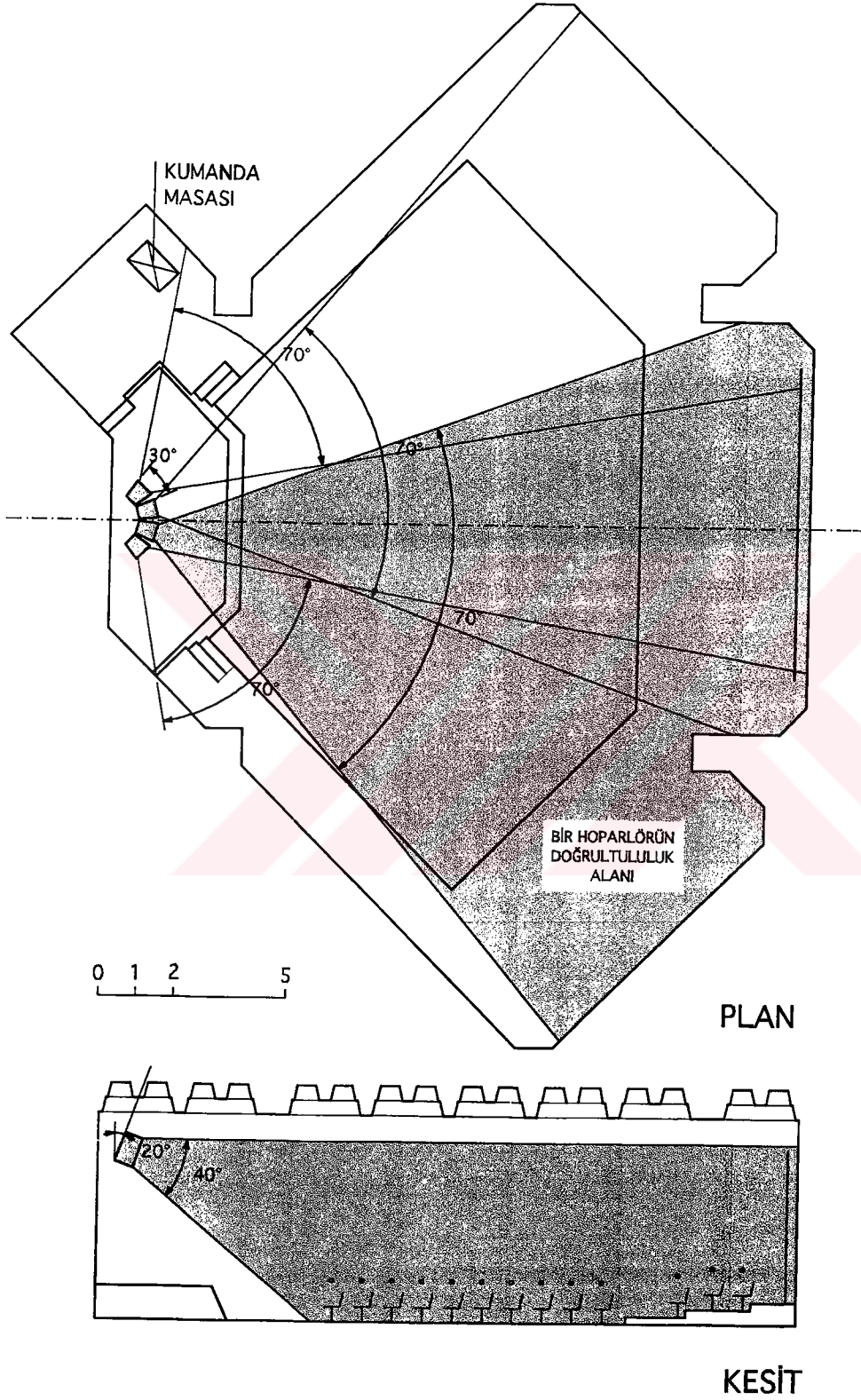
Şekil 5.7. Mikrofonların frekans yanıt eğrisi.

Yükselteç Gücü ve Nitelikleri

Yükselteç gücü 8 om da 400 w (4 om da 750 w) olarak seçilmiştir. Frekans yanıt eğrisi 10 hz – 20 khz de 3 dB değişim göstermektedir. Seslendirme sisteminde yükseltece bağlı ön yükselteç ve elektronik dengeleyici mevcuttur. Seslendirme sisteminde banttan yayın olanağı da vardır.

Hoparlörlerin Seçilmesi ve Yerleştirilmesi

Şekil 5.8’de hoparlörlerin yerleştiriliş biçimleri görülmektedir. (plan ve kesit)



Şekil 5.8. Hoparlörlerin yerleştirilmesi (plan ve kesitte)

Hoparlörler sahne orta aksında konuşmacıların üzerinde tavandan 0.50 m aşağıya tespit edilmiş, bir birileri ile 30 derece düşey ile 20 derece açı yapacak şekilde konumlandırılmış 4 adet 350 w'lık hoparlör grubundan oluşmaktadır. Hoparlörlerin doğrultululuğu düşeyde 40 derece yatayda 70 derece olacak şekilde seçilmiştir. Hoparlörlerin bir birileri ile ilgili konumları ve salondaki yerleştirilme durumları şekil 5.8'de görülmektedir. Her hoparlör kabini aktif filtre elemanları ile bir birinden ayrılan alçak, orta ve yüksek frekans hoparlörü mevcuttur.

Hacimde Yapılan Akustik Ölçümler

Hacimde iki tür ölçme yapılmıştır. Yapılan bu tüm ölçmeler hacim boş durumda iken yapılmıştır. Ancak koltukların yutuculuğunun insanların yutuculuğuna yakın olmasından dolayı, hacmin yansım süresinin durumu, hacim boş ve dolu iken birbirinden çok farklı çıkmayacaktır. Bunlardan ilki seslendirme sistemi kapalı iken belirlenmiş 7 noktada hacimdeki fon gürültü düzeyini belirlemeye yönelik yapılan ölçümlerdir. Fon gürültüsü ile ilgili yapılan ölçümler çizelge 5.4'de ayrıntılı olarak görülmektedir.

Çizelge 5.4. Hacimde fon gürültüsü değerini belirlemeye yönelik yapılan ölçmeler.

ÖÇÜM NOKTA NO	Lmax	Leq	L10	L50	L90	Lmin
1	60.9	39.1	39	36.5	34	31.8
2	45.9	38.9	41	38	36	-
3	-	38.6	-	-	-	-
4	49.4	39.8	42	38.5	36.5	34.2
5	51	39.4	41	35.5	35.5	32.8
6	-	39.1	-	-	-	-
7	-	38.7	-	-	-	-

Hacimde seslendirme sistemi yardımıyla sağlanan ses düzeyindeki artışlar çizelge 5.5'de görülmektedir. Bu ölçümler kadın konuşmacının okuduğu metin seslendirme sistemi yardımıyla hacme verilerek, yükselteç güç ayarı 10 kademeli durumda iken 4. kademede yapılmıştır.

Çizelge 5.5. Hacimde ölçüm noktalarında, seslendirme sistemi yardımıyla sağlanan ses düzeyindeki artışlar. (Bu ölçümler salon boş durumda ve kadın konuşmacının okuduğu metin seslendirme sistemi yardımıyla hacme verilerek, yükselteç güç ayarı 10 kademeli durumda iken 4. kademe yapılmıştır.)

ÖÇÜM NOKTA NO	L _{max}	Leq	L10	L50	L90	L _{min}
-	-	-	-	-	-	-
2	73.1	57.8	60.5	55.5	44	36.6
3	68.9	57.3	60	56.5	47.5	36.4
4	73.3	56.2	58.5	54.5	44.5	34.4
5	67	57.3	60	56	49.5	35.9
6	71.4	59	62	57.5	50.5	35.3
7	70.3	61	61	60	53	39.3

5.2.3.Seslendirme Sisteminin Değerlendirilmesi

Hacimde gerçekleştirilen seslendirme sistemi, belirlenen seslendirme sistemi kuruluş ilkeleri göz önüne alınarak incelenirse;

Mikrofonların seçilmesi ve yerleştirilmesi

Mikrofonların tek doğrultulu seçilmesi ve hoparlörün doğrultuluk alanı dışına yerleştirilmesi geri beslemenin önlenmesi açısından olumludur. Seçilen mikrofonların yanıt eğrisi konuşmanın anlaşılabilirliği açısından önemli olan 100 hz – 7000 hz frekans bandında düzgündür.

Yükselteç gücü ve nitelikleri

Yükselteç gücü ve nitelikleri hacimde gerekli ses düzeyini sağlamak açısından yeterli hatta daha güçlü seçilmiştir. Hacim için 60 w lık çıkış gücü olan bir yükselteç yeterli iken kullanılan yükseltecin gücü 400 w ve çok kanallı seslendirme yapabilme özelliklerine sahiptir. Ayrıca seslendirme sistemi hacmin düzgün olmayan yanıt eğrisi için dengeleme yapabilme özelliklerine sahiptir.

Hoparlörlerin seçilmesi ve yerleştirilmesi

Hoparlörlerin nitelikleri ve yerleştirilme biçimleri “ hacimde seslendirme sistemi ile ilgili yapılan incelemeler “ başlığı altında açıklanmıştır. Açıklamalar ve şekil 5.8. incelendiğinde; hoparlörün gücü 1650.00 m³'lük bir hacimde son dinleyici konumunda gerekli olan ses düzeyini sağlamak için yeterli hatta büyük seçilmiştir. Bu seçim hoparlörleri maksimum kapasitede çalıştırma zorunluluğunu ortadan kaldıracığından olumludur. Şekil 5.8. incelendiğinde hoparlörlerin yerleşimi, varlık kriteri koşullarının sağlanması ve yeterli ses düzeyinin düzgün dağılımı açısından uygun olduğu görülmektedir.

Yapılan akustik ölçümlerin değerlendirilmesi

“Seslendirme sisteminin değerlendirilmesi” başlığı altında yapılan değerlendirmelerde; hacimde kullanılan seslendirme sisteminin konuşmanın anlaşılabilirliği için gerekli olan ses düzeyini rahatlıkla sağlayacak düzeyde olduğu görülmektedir.

Hacimde yapılan akustik ölçümlerde bu değerlendirmeler doğrultusunda incelenecektir.

Bir hacimde konuşmanın anlaşılabilirliğinin iyi olabilmesi için ortalama konuşma düzeyinin ortalama fon gürültüsü düzeyinden en az 15 dB fazla olması gerektiği 4.2.2. bölümde açıklanmıştır.

Hacimde ortalama fon gürültü düzeyini belirlemeye yönelik yedi noktada yapılan ölçümlerde 38.6 dB ile 39.8 dB arasında değerler ölçülmüştür. Bu değerler konuşma amaçlı hacimlerde kabul edilebilir ortalama fon gürültüsünün (40 dB) altındadır.

Hacimde seslendirme sistemi (volüm 10 kademeli iken 4. kademedede) çalıştırılarak, fon gürültüsü için ölçme yapılan noktalarda, ses düzeyinde sağlanan artışlar ölçülmüştür. Ölçülen ortalama ses düzeyi 56,2 dB ile 60 dB arasında değişmektedir. Bu değerler hacimde ses düzeyinin düzgün dağılımı açısından uygundur. (Düzgün dağılım açısından hacmin farklı noktalarındaki ayırım en fazla 5 dB olmalıdır.) Seslendirme sistemi ile hacimdeki ortalama ses düzeyinde sağlanan artışlar da, ortalama fon gürültüsü değerlerinin 17 dB ile 21 dB üzerindedir. Bu değerler konuşmanın anlaşılabilirliği için yeterlidir. (Bu fark en az 15 dB olmalıdır.) Seslendirme sisteminin volümü artırılarak, sistem ile sağlanan ses düzeyindeki kazanç, fon gürültüsü değerlerinden daha da yukarı çekilebilir.

Sonuç olarak hacim, hacim akustiği ve seslendirme sistemi açısından değerlendirildiğinde; hacmin yanıt eğrisini düzgün olmadığı, yani hacim akustiği olarak durumunun kötü olduğu, ancak buna karşın seslendirme sistemi yardımıyla (yapılan tespitler ve ölçümlere dayalı olarak) hacmin konuşmanın anlaşılabilirliği açısından uygun duruma getirildiği görülmektedir.



6. SONUÇ

Bu çalışmanın amacı “ Konuşma amaçlı hacimlerde, hacim akustiği seslendirme ilişkisinin anlaşılabilirliğe etkilerinin incelenmesi ve değerlendirilmesi “ başka bir deyişle seslendirme sistemlerinin konuşmanın anlaşılabilirliğine katkılarının ortaya konması olarak belirlenmiştir. Bu nedenle bu amaca yönelik olarak konuşma konuşmanın anlaşılabilirliği ile seslendirme sistemleri incelenmiştir. Daha sonra konuşmanın anlaşılabilirliğinin yetersiz kaldığı durumlar belirlenmiş, seslendirme sistemlerinden nasıl yararlanılabileceği ve seslendirme sisteminin kurulmasında izlenecek yöntem belirlenmiştir.

Seslendirme sistemleri sadece bu konuda uzmanlaşmış teknik elemanların değil, hacmin tasarım aşamasında mimarların da üzerinde durması gereken bir konudur. Mimar hacmin tasarım aşamasında seslendirme sistemine gereksinim duyulup duyulmadığına karar vermelidir. Hacimde kullanılacak malzemeler bu belirlemelere uygun seçileceğinden hacim akustiği açısından daha doğru bir karar verilmiş olur. Ayrıca seslendirme sistemi kullanılmasına tasarım aşamasında karar verilmesi durumunda, seslendirme sistemi ile ilgili mimari-estetik düzenlemelerin yapılması da olanaklı hale gelir.

Seslendirme sisteminin kullanılmasına karar verilmesi durumunda, mimarlar bu konuda uzmanlaşmış teknik elemanlarla çalışmalı ve kurulacak seslendirme sisteminin yeterli ses düzeyinin düzgün yayılması, varlık kriteri koşullarının sağlanması ve akustik kusurların engellenmesi gibi, konuşmanın anlaşılabilirliği açısından önemli olan kriterlerin sağlanmasını kontrol edebilmelidir.

KAYNAKLAR

Conturie, L. (1955) "Acoustique Apliquee", Editions Eyrolles, Paris, s, 68-70

Eargle, J., (1986), JBL Sound System Desing Referance Manuel

Egan, J.P., (1948) " Articulation Testing Methods," Laryngoscope, vol. 58 no.9, pp. 955-958

Harris, C.M., (1979) Hadbook of Noise Control , Mc Graw Hill Book Company , New York – London – Toronto : 8(4,5,15-18), 9(2-3), 14(2)

Harris, C.M., Hadbook of Acoustical Measurments and Noise Control , Mc Graw Hill Book Company

Houtgast, T. ve Steeneken, H.J.M. , (1972) "Envelope Spectrum and Intelligibility of Speech in Enclosures", Conference Record, IEE Conference on Speech Communication and Proccsing, s, 392-395

Karabiber, Z. , (1987) "Seslendirme Döşemi Yapılmayacak Dersliklerde Yeterli Anlaşılabilirlik Sağlayacak İç Mekan Düzenleme Kriterleri ve Bunlara Bağlı Koşullar" , İstanbul

Knudsen, V.D. , Harris, C.M., (1950), Acoustical Designing in Architecture, U.S., pp 268

Knudsen, V.D. , Harris, C.M., (1957), "Le project Acoustique En Architecture " , Dunod, Paris, s,31.

Knudsen, V.D. , Harris, C.M., (1978), Acoustical Designing in Architecture, Acoustical Society of America, New York.

Miller, G.A. , Heise, G.A. , and Lichten, W. (1951), "The Intelligibility of Speech as a Function of the Context of the Test Materials," J. Exp. Psychol., vol. 41, pp 329-335

Pearsons, K.S. , Bennet, R.L. , and Fidell, (1977) S. Speech Levels in Variousz Nois Environmends, Report EPA-600/1-77-025, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

Sirel, Ő., (1974), “Yapı akustiği”, İstanbul Devlet Mühendislik ve Mimarlık akademisi yayınları , sayı 115 , s,52.

Sumy, W.H. , and Pollack, I, “Visual Contribution to Speech Intelligibility in Noise,” J. Acoust. Sos. Am., vol. 26, pp.212-215

Tamer, H., Savaş, Y., Ergelen, Z., (1990), Elektronik 1, İstanbul

Yüğruk, N. , (1994) “Konuşma Amaçlı Hacimlerde İşitsel Duyarlılık Ayrımlarının Anlaşılabilirlik Üzerindeki Olumsuz Etkilerini Ortadan Kaldırarak Hacim Akustiği Koşullarının Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım.”, İstanbul



EK 1**GEREKLİ YÜKSELTEÇ GÜCÜNÜN BULUNMASI**

Gerekli ses basınç düzeyini elde edebilmek için yükselteç gücünü belirlemek gerekir. Yükselteç gücü, hacmin büyüklüğü, gürültü düzeyi, hacmin yutuculuğu ve hoparlörün verimine bağlıdır.

Gerekli yükselteç gücünü bulmak için kullanılan yöntemler ve bu yöntemleri kullanarak yapılan hesapların ve kullanılan yöntemlerin yaklaşık sonuç verdiği ve yükselteç gücünün bulunan değerlerden yüksek tutulması gerektiği unutulmamalıdır.

Gerekli Yükselteç Gücünün Çizelge Yardımı ile Bulunması.

Gerekli yükselteç gücü, hacim büyüklüğü ve yansıma süresini göz önüne alan, yaklaşık değerler veren Çizelgeler aracılığı ile bulunabilir. Çizelge ek1.1'de bulardan biri örneklenmektedir.

Çizelge ek1.1 Çizelge yardımı ile hacmin büyüklüğü fonksiyonunda yükselteç çıkış gücünün belirlenmesi .

Hacim büyüklüğü m ³	Yansıma süresi kısa olan hacimler için (w)	Yansıma süresi optimum olan hacimler için (w)	Yansıma süresi uzun olan hacimler için (w)
100 500	2 4	1 3	1 3
500 5000	5 30	1 15	1 15
5000 >5000	40 >40	20 >20	20 >20

Çizelge ek1.1'de verilen değerler fon gürültüsü düşük olan yerler için (2... 5) fon gürültüsü yüksek olan yerlerde (5....20) ile çarpılarak gerekli yükselteç gücü bulunur.

Çizelge ek1.1 yardımı ile 1000m³,2000m³,4000m³,8000m³ lük hacimlerde minimum ve optimum yansışım süreleri belirlendiğinde Çizelge x.2’de ki değerler bulunur.

Çizelge ek1.2 Çizelge ek1.1 yardımıyla hacmin büyüklüğü fonksiyonunda optimum ve minimum yansışım sürelerinde gerekli yükselteç gücünün belirlenmesi.

Hacmin büyüklüğü m ³	yansışım süresi kısa olan hacimler için Yükselteç Gücü (w)	yansışım süresi optimum olan hacimler için Yükselteç Gücü (w)
1000	20	10
2000	40	20
4000	60	30
8000	120	60

Gerekli Yükselteç Gücünün Hesaplama Yöntemi İle Bulunması

Yükselteç gücünün hesaplama yöntemi ile bulunması durumunda;

Formül 1

$$W = \frac{V}{24 \cdot T60 \cdot 3}$$

- V = m³
 24 = Konuşma amaçlı hacimler için sabit sayı
 T60 = Yansışım süresi
 3 = % cinsinden hoparlör verimi
 W = Gerekli yükselteç çıkış gücü (watt)

Hesaplar 1000 m³, 2000 m³, 4000 m³, 8000 m³’lük hacimlerde yapılacaktır. Bu hacimlerdeki optimum ve minimum yansışım süreleri (T60, Topt) çizelge x.3’de gösterilmiştir.

Not: Formül 1 yansışım süresi optimum olan hacimler için kullanılabilir. Yansışım süresi uzun olan hacimler için kullanılması uygun değildir.

Çizelge ek1.3'de hacmin büyüklüğü fonksiyonunda optimum ve minimum yansıma süreleri

Yansıma süresi (sn)	Hacmin büyüklüğü (m ³)			
	1000	2000	4000	8000
T60 min	0.69	0.78	0.87	0.94
T60 opt	0.80	0.88	0.96	1.30

Formül 1 kullanılarak, Çizelge ek1.3'de ki yansıma sürelerinde 1000 m³ 2000 m³, 4000 m³, 8000 m³'lük hacimlerde gerekli yükselteç gücü hesaplandığında Çizelge x.4'de ki değerler bulunur.

Çizelge ek1.4.Hacmin büyüklüğü fonksiyonunda iki yansıma süresinde formül 1 yardımıyla bulunan yükselteç gücü.

Hacmin büyüklüğü m ³	yansıma süresi kısa olan hacimler için Yükselteç Gücü (w)	yansıma süresi optimum olan hacimler için Yükselteç Gücü (w)
1000	20	17
2000	35	31
4000	63	57
8000	118	111

Çizelge ek1.5'de ise, Çizelge ve hesap yolu ile bulunan yükselteç güçleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge ek1.5,Çizelge ek1.2 ve formül 1 yardımıyla bulunan yükselteç çıkış gücü değerlerinin hacmin büyüklüğü fonksiyonunda aynı Çizelgede gösterilmesi

Hacmin büyüklüğü m ³	yansıma süresi kısa olan hacimler için Yükselteç Gücü (w)		yansıma süresi optimum olan hacimler için Yükselteç Gücü (w)	
	Çiz.ek1.2	Formül 1	Çiz.ek1.2	Formül 1
1000	20	20	10	17
2000	40	35	20	31
4000	60	63	30	57
8000	120	118	60	111

Çizelge ek1.6'da ise , Çizelge ek1.5'in daha iyi anlaşılabilmesi için yükselteç çıkış güçlerinin son dinleyici uzaklığında oluşturduğu ses basınç düzeyleri dB cinsinden yer almaktadır.

Çizelge ek1.6. Minimum ve optimum yansıma sürelerinde hacmin büyüklüğü fonksiyonunda son dinleyici uzaklığında hoparlörün oluşturduğu ses basınç düzeyleri.

Hacmin büyüklüğü m ³	son dinleyici uzaklığı(m)	yansıma süresi minimum (dB)		yansıma süresi maksimum (dB)	
		Çizelge	formül	Çizelge	formül
1000	13.50	84.2	84.2	81.2	83.5
2000	16.50	85.4	84.9	82.4	84.3
4000	21.00	85.1	85.3	82.1	84.9
8000	27.00	85.9	82.9	81.2	85.6

Not : Hoparlör verimi % 3 olarak alınmıştır.

Çizelge ek1.6 incelendiğinde, Çizelge ek1.2 ve formül 1 yardımıyla bulunan yükselteç çıkış güçlerinin son dinleyici konumunda oluşturduğu ses basınç düzeyleri 81.2 dB ile 85.9 dB arasında değiştiği görülmektedir. Anlaşılabilirliğin maksimum olduğu ses basınç düzeyi 80 dB dolaylarındadır. Çizelge ve formül yardımıyla bulunan yükselteç çıkış farklı büyüklükte ve ayrı yansım sürelerinde 80 dB'in 1dB ile 6 dB üzerindedir. Değerlerin fazla olması yükselteci maksimum çıkış gücünün altında çalıştırma ve dengeleme olanağı sağlama açısından olumludur.



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	12. 05. 1965	
Doğum yeri	Trabzon–Tonya	
Lise	1979-1982	Kdz. Ereğli Endüstri Meslek Lisesi
Lisans	1982-1987	Yıldız üniversitesi Mimarlık fakültesi
Çalıştığı kurumlar	1984-1987	Çeşitli mimarlık büroları
	1987-1989	ESKA inşaat A.Ş.
	1990-1993	MEDA Mimarlık ltd.
	1993-1995	ERAL A.Ş.
	1995-	MEDA Mimarlık ltd.

