

# **İKLİMLENDİRİLEN BİNALARDA SES VE GÜRÜLTÜ KONUSUNUN İRDELENMESİ**

Kevork Çilingiroğlu, Mak.Y.Müh.

## 1. ÖZET

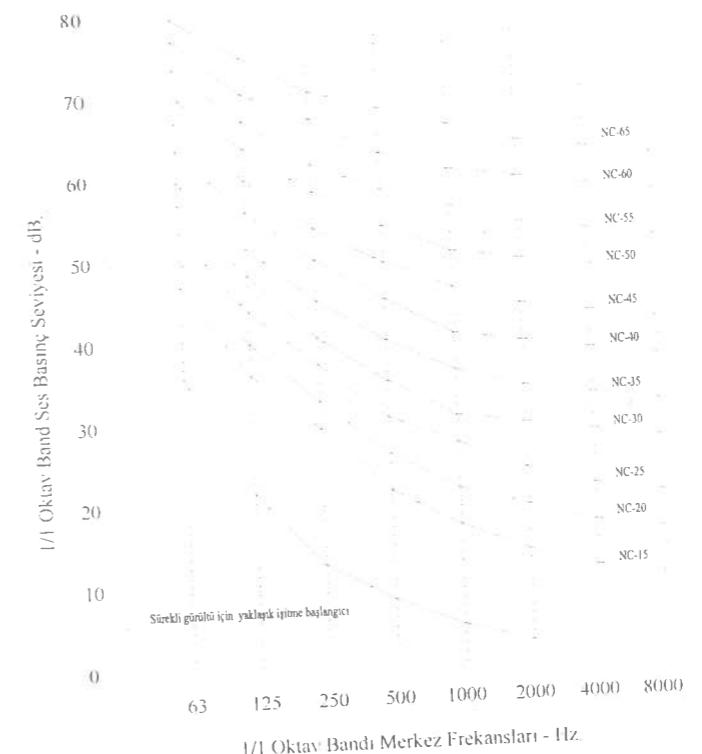
Bu yazında, iklimlendirilen binaların bünyesinde ve çevresinde bulunan HVAC makinaları ile çevre seslerinin (Trafik v.b.) bina içine, istenmedende olsa gelen gürültülerin kabul edilebilirlik sınırları vurgulanmıştır.

GİRİŞ

*İç gürültü ölçüdü (Indoor Noise Criteria)*  
Bir çok iç hacimlerde, istenmeyen HVAC ve diğer tip mekaniksel ve elektriksel cihazların gürültülerini, arka planda da olsa, mevcuttur. İstenmeden de olsa, bina içine giren bu gürültünün kabuledilebilir olabilen miktarlarını tayin etmek gereklidir. Noise criteria (NC) ve room criterion (RC) prosedürlerindeki arka plan gürültülerinin kabul edilebilirlik sınırları American (ASHRAE)' tarafından tayin edilmiştir.

#### CÜBÜLTÜ ÖLÇÜTÜ EĞRİLERİ (NOISE CRITERIA CURVES)

Muhtelif mühendislik aktivite alanlarında, kabul edilebilir akustik sınırlar, (Beranek 1957) tarafından yapılan çalışmalar ile basite irca edilerek eğriler halinde ifade edilmiştir. Bu eğrileri, muhtelif ses şartlarında bulunan ofiste çalışanların, istatistik sonuçlarıdır. Bu kimselerin ve ses girişim seviyeleri noktasal olarak kaydedilmiş ve bunlar birleştirilerek şekil 1' de görülen (noise criteria) gürültü ölçüyü eğriler elde edilmiştir.



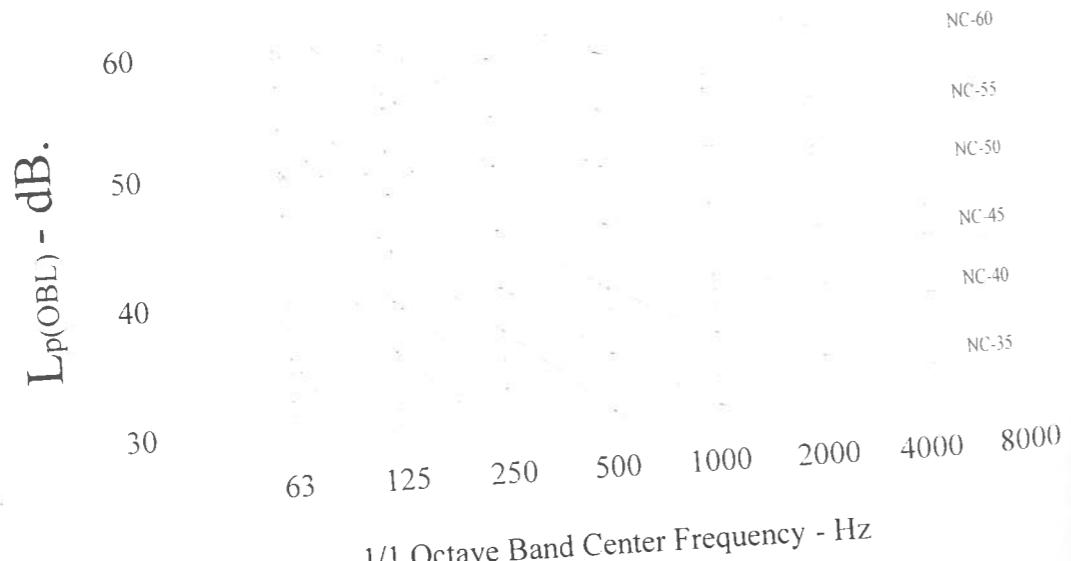
*Şekil 1. Gürültü Ölçüt Eğrileri*

Bu eğriler, her oktav bandı için saptanan kabul edilebilir sınırlar olması dolayısıyla, istenilen ses seviyelerini sınırı için kullanılır. Örneğin, eğer gürültü, aktif alan için NC20 sınırında istenilen ise, ses basınç seviyesi, sekiz oktav merkez frekans bandında da NC20 eğrisini geçmeyecek şekilde daha az veya eşit olacaktır. Aksi olarak, verilen ses seviyesi eşti daha yüksek bir oktav band ses basıncı seviyesinde eğriyi kesebilir. Eğer bu kesişme iki eğri arasına düşmüş ise, bu taktirde NC değeri, interpolasyon ile iki eğri arasındaki yerde saptanacaktır. Geçmiş zamanda, iç mekanlarda, NC criteria eğrileri, HVAC arka plan ses seviyesi olarak hesaplarının zayıf kaldığı, hatta bu ilişkinin hayatı olduğu anlaşıldı. Çok geçmeden, ASHRAE bu suretle, NC criteria eğrilerinin, HVAC için, kabul edilebilir, arka plan ses seviye eğrileri hesap metodu olarak, iç mekanda, meskün ve meskün olmayan alanlarda kullanılabilirliğinden vazgeçti.

**Örnek 1.1.**  
Aşağıda belirtilen oktav band ses basınç seviyeleri, bir laboratuar çalışma alanında ölçülmüştür. Çalışma alanındaki gürültünün NC criteria'da sınıfı nedir

Oktav Band merkez frekansları - Hz.								
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
L <sub>p</sub> .dB.	63	55	58	58	55	50	45	39

**Çözüm:** Şekil 1.1. de, yukarıda verilen bilgiler, rölatif NC eğrisi olarak çizilmiştir. Oktav bandın ses basınç seviyesi, 500 Hz. oktav bandında NC55 eğrisini kestiği görülmektedir. Şu halde çalışma alanında NC sınıfı NC 55 tir.



**Şekil 1.1. Örnek 1.1'e ait NC Gürültü Ölçütü seviye eğrisi**

### 2.1.1. A-AĞIRLIKLI SES SEVİYESİ

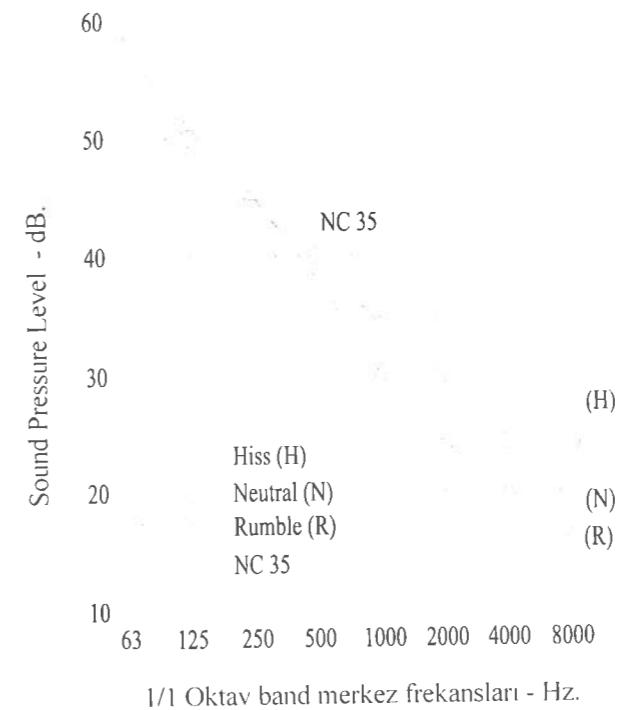
A- Ağırlıklı ses seviyesi, yaygın olarak kullanılır. Daha ziyade dışarıda, çevre sesleri için standard olarak kullanılır. Ölçü tek sayılır. Örneğin 40dBA gibi. Daha geniş bilgi için (1997 ASHRAE Hand book-Fundamentals, Chapter 7) ye bakılması önerilir.

A- Ağırlıklı ses seviyesi, basit bir ses seviyesi ölçüm aletiyle yapılabilir. İnsanların, gürültü hakkında karar vermelerine yardım eder. Fakat ses spektrumu ve ses kalitesi hakkında herhangi bilgi veremez. Muhtelif ses spektrumları için aynı sayıyı verebilir. Fakat bu seslerin kendine has farklı karakterleri vardır.

A- Ağırlıklı ses seviyesi ve NC eğriler sınıflama sistemi, 30 yıldır hissedilen ses seviyesi olarak kullanılmaktaydı. Bu sınıflamalar, kabul edilebilen veya kabul edilemeyen arka plan seslerini ayıramamaktadır. Halbuki insan kulağı bu farkı anlamaktadır. Örneğin, bazı alışılmamış gürültüler aynı dB(A) veya NC sınıflama sınırında gözükmeye rağmen, dikkatli bir dinleyici, relativ olarak, seslerin farkını anlayarak, gürültünün kabul edilebilirliği hakkında hükmünü verebilmektedir.

Şekil 1.1.1. de verilen örnekte gerek dBA gereksiniminde, seslerin kabul edilebilir veya edilemezliği ayrıntı edilememektedir yani bu yetenek her iki metoda da yeterli değildir.

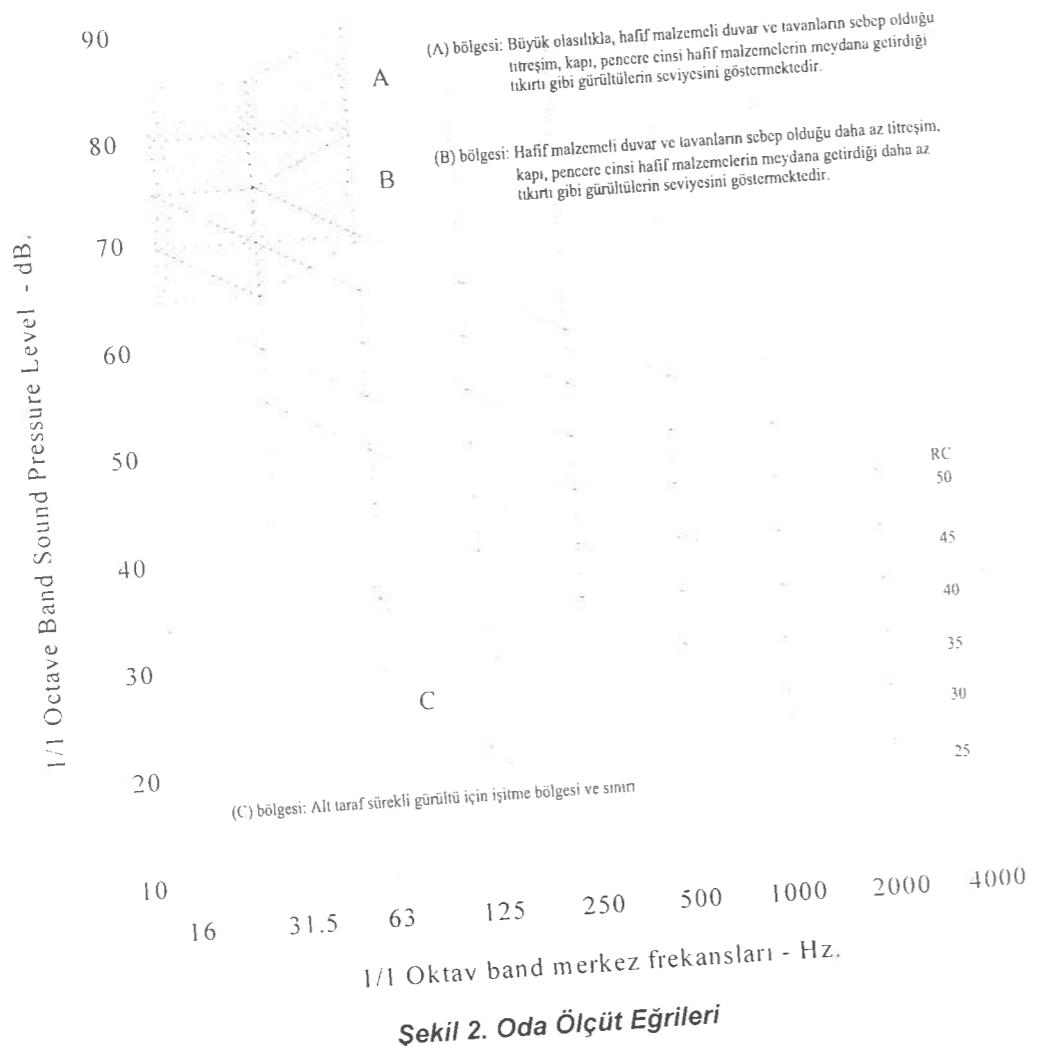
Bu örnekte üç ayrı gürültü spektrumu olup ses seviyeleri dBA'da, 42dB(A), NC criteria'da NC35 gözükmektedir. Halbuki, her gürültü spektrumu, insan kulağı tarafından, anlamlı bir şekilde tefrikedilmektedir. Şekil 1.1.1. de görülen (H) işaretli spektrum, (hissy) ıslık sesi gürültüsünü; (R) işaretli spektrum, (Rumble) gümbürtü gürültüsünü; (N) işaretli spektrum ise (Neutral) belirli bir niteliği olmayan bir karakteri ifade etmektedir. Buna göre spektrumun hiçbir tarafı ses karakterine hakim değildir. Bu üç spektrum da NC35 sınıfına uymaktadır; çünkü bunlar her konumda NC35 eğrisine teget olmaktadır. (H) spektrumu 2000Hz'te, (N) spektrumu 500Hz'te, ve (R) spektrumu 250Hz'te NC 35'e teget olmaktadır.



**Şekil 1.1.1. A - ağırlıklı ses seviyesi (42 dBA) ve NC eğrilerine (NC 35) olarak uyan üç adet gürültü spektrumunun eğrisel görünümü**

## 2.1.2- ODA ÖLÇÜT EĞRİLERİ (ROOM CRITERION CURVES)

İklimlendirilmiş binalarda arka plan sesleri, daima ilk sırayı işgal eden, klima cihazlarının sesleridir. Tecrübler, arka plan ve maskeleme sesleri eğer, NC ölçütleri ile değerlendiriliyor ise, yapılan hesap ve değerlendirmeler birbirini tutmamakta ve kötü sonuçlar vermektedir. NC Criteria'da arka plan ve maskeleme sesleri < tangent metodu> ile tayin ediliyor ise bunun da hassis olmadığı, hayali sesler verdiği saptanmıştır. Bilhassa, düşük frekanslarda gümbürdemek ve yüksek frekanslarda ıslık sesleri çıkartmak gibi kötü seslerin çıkış NC criteria eğrilerinde (Şekil 1.1.1. de görüldüğü gibi) tespit edilememektedir. Blazier 1981'de NC eğrilerindeki bu aksaklıların ve kusurların üstesinden gelerek, şekil 2 deki RC (Room criterion) eğrilerini tesis etti. Bu eğrilerin, HVAC sistemi arkaplan sesleri ile ilişkili olmaları söyle izah edilebilir:



Şekil 2. Oda Ölçüt Eğrileri

Ses basınç seviyesi, spektrumun şekil veya balansı, spektrumun tonal içeriği ve ses basınç seviyesinin zaman içindeki dalgalanmaları gibi. RC eğrileri, şimdilerde meskun olmayan iç mekanlarda, HVAC arka plan seslerinin kabul edilebilirlik derecelerinin tayininde birinci metod olarak ASHRAE tarafından önerilmektedir. Şekil 2 de görülen RC eğrileri 16 Hz. oktav banttan 4000 Hz. oktav banda kadar uzamaktadır. Bu aralık, HVAC sistemleri tarafından üretilen tüm sesleri kapsamaktadır. Bilindiği gibi, teknik bilgiler, kabul edilebilir standartlar ile ifade edilebilirler. Mekanik ve mimari bina komponentlerinin en düşük 16 Hz. oktav banttaki özelliklerini henüz kabul edilebilir mahiyette değildir. Bazı durumlarda, bu konudaki bilgiler henüz 63 Hz. bandına kadar uzanmaktadır. Hatta çoğu kez bazı durumlarda bu bilgi 125 Hz. oktav banda kadardır. Bir odanın RC Criterion metoduna göre, oktav band ses basınç seviyeleri ölçülürken en düşük frekans limitine kadar ölçülmeyecek ve analiz edecek aletler kullanılmalıdır.

HVAC arka plan sesleri bulunan bir hacmin RC ses düzeyini tayin etmek için iki kademe mevcuttur. Birincisi, gürültünün özelliklerini maskeleyen veya konuşma haberleşme dilinin ses sayısını hesaplamak. İkincisi, arka plan seslerin kalite ve karakterini belirtmek. Buna göre RC sınıflaması işleminin tayini aşağıdadır:

1. 500 Hz. 1000 Hz. ve 2000 Hz. oktav firekans bant değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak, sonuç tam sayıya getirilir. Bu değer RC eğrileri arka plan seslerinin ortak seviyesini gösterir.
2.  $-5 \text{ db/octave}$  eğiminde, RC 1000 Hz. seviyesinden geçen bir doğru çizilecektir. Örneğin RC seviyesi RC 32 ise 1000 Hz. oktav bandın 32 db noktasından geçecektir. Bu kıymet 1000 Hz. oktav band ses basınç seviyesinin geri plandaki ses basınç seviyesine eşit olmayabilir.
3. Tasnifi yapılan, arka plan seslerin özel kalite ve karakterleri aşağıdaki gibidir:

- a. Neutral (niteliksiz) niteliksiz olarak sınıflandırılan ses, özellikle frekanslı olarak kimlik kazanmamıştır. Genelde bu ses donuk ve engellenmemiş haldedir. Arka plan sesleri de genellikle niteliksiz ses kabul edilir; fakat bunların oktav band spektrumu vardır ve şekilleri, şekil 2 eğrilerinde olduğu gibidir. Eğer oktav band bilgileri, RC eğrisi 500 Hz. oktav bandının 5db. aşmamış ise ve 1000 Hz. oktav band frekansının 3 db. üzerinde ise arka plan sesi tarafsızdır denir ve RC seviyesinden sonra (N) harfi ilave edilir.
- b. Rumble (guruldamak): guruldamaya gürültüsünü kapsayan, düşük frekans enerjisine sahip sestir. Odada bulunan geri plan seslerinden eğer herhangi bir oktav bandın basınç seviyesi, RC eğrilerinin 500 Hz. oktav bandından 5 db. daha yüksek ise, bu ses rumble (guruldamaya) sesi kalite veya karakterindedir hükmü verilebilir. Eğer geri plan sesi rumble (guruldamaya) karakterine haiz ise RC eğrisi seviyesinin arkasına (R) Harfi konulur.
- c. Hiss (ıslık sesi) : aşırı derecede, yüksek frekans enerjisine sahip bir gürültüdür; <hissy> kalitesine sahiptir. Herhangi bir oktav band ses basınç seviyesi, RC eğrilerinden 500 Hz. oktav bandının 3 db. üzerinde ise, gürültünün <hissy> kalitesinde olduğu kabul edilir; Eğer arka plan sesi hiss kalitesinde ise onun ifadesi RC simgesinin arkasına <H> harfi konarak temsil edilir.
- d. Tonal: Vızıldamak, fisıldamak, zırıldamak veya ıslık çalmak gibi sesler çıkışma karakterindedir. Bir arka plan sesi eğer tonal kaliteye sahip ise, ses basınç seviyesi diğer sesselere nazaran farkedilecek derecede, bir oktav band daha yüksek seviyededir. Eğer geri plan sesi tonal karakterde ise RC seviyesi arkasına (T) harfi konmak suretiyle simgelenir.
- e. Titreşim dolayısıyla algılanabilir. İndüklenme sesleri: şekil 2. De gösterilen RC eğrilerinde, ses basınç seviyeleri 16 Hz. ile 63 Hz. oktav frekans bandında taramış alanlar bulunmaktadır. Bu alanlar, odada titreşimden undükleşmiş, duvarda, tavanda hasıl olan sesleri göstermektedir. Bu sesler, oda kapısı titkırıları, duvarda asılı resimler, tavan bağlantıları, ve diğer duvar ve tavan tefişleri olabilir. Eğer geri plan sesleri bu bölgelerde ise, RC simgesine (RV) harfleri ilave edilir. Daima arka plan seslerin oktav band spektrumunun tarafsız karakterlerinin veya kalitesinin bilinmesi arzu edilir, hatta istenir. Bunun sonucu olarak, gürültü spektrumu, eğer rumble (guruldamaya), hiss (ıslık sesi) veya tonal (zırıldamaya) karakterde ise itiraz hakkının bulunduğu kararı alınabilecektir.

Room Criterion metodunu kullanarak, bir odadaki ses basincının ölçümesi suretiyle kolayca yapılacak hespta odadaki sesin kabul edilebilirliğini tayin etmek artık çok kolaylaşmıştır. Her şeye rağmen saptanan bir noktada yapılacak hespta ses seviyesinin kabul edilebilirliğini tayin edebilmek için oldukça konuda tecrübeli ve dikkatli olmak gereklidir. Dengelenmiş oda içindeki ses spektrumunu, fan, kanal ve diffuser'den odaya girişine kadar, ses akışının kapsamını iyi hesaplamak gereklidir.

Örnek: 2.2.

Bir ofis hacminde, ses basınç seviyesinin oktav bandı'ı aşağıdaki gibi verilmiştir:

	Merkezi frekans Oktav Bandı - Hz.							
Lp.dB.	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K
	63	62	54	46	40	33	27	20

Buna göre odadaki RC eğrisi seviyesini ve gürültü karakterini tayin ediniz.

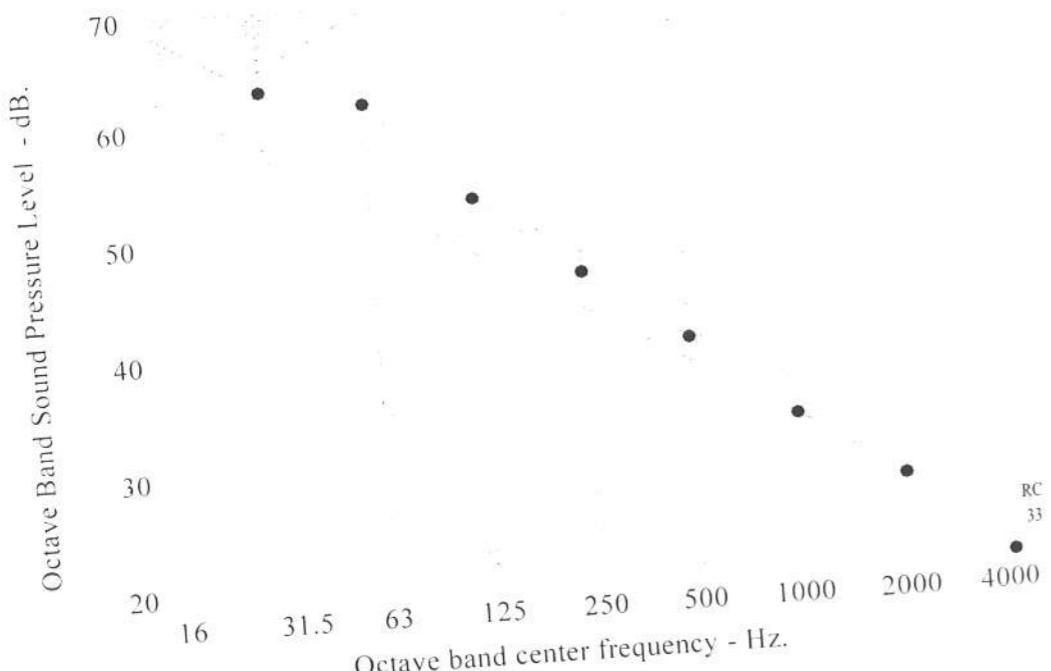
**Çözüm:**

RC eğrisi seviyesi 500 Hz. 1000 Hz. oktav bandlarının ses basınç seviyelerinin aritmetik ortalaması alınmalıdır:

$$\frac{40+33+27}{3} = 33 \text{ bulunur.}$$

Böylece RC seviyesi RC33 olarak saptanır.

Şekil 2.2. de, oktav band ses seviyeleri noktaları birleşik çizgiler ile işaretlenmiştir. Bu birleştirilen çizgilerde Şekil 2.2. de, oktav band ses seviyeleri noktaları birleşik çizgiler ile işaretlenmiştir. Bu birleştirilen çizgilerde 1000 Hz. oktav band 33 db. gözükmettedir. RC33 eğrisinin 5 db. üstünde olan kesik çizgiler, RC33 eğrisine ait 500 Hz. frekans seviyesinin 3db. üstünde kalmaktadır. Örnek şekil 2.2. den arka plan sesleri eğrisi 250 Hz. oktav bandın altındaki küçük değerlerin 5 db. altında kalmaktadır yani RC33 eğrisi bu eğrinin üstündedir. Böylece geri plan sesin rumbly (gürleme) karekterde olduğu anlaşıllır. Bu oktav band ses basınç seviyesi 500 Hz. değerine eşit veya RC33 eğrisinin altında olup bu frekans herhangi problem getirmemektedir.



**Şekil 2.2. ÖRNEK 2.2.'ye ait RC seviye eğrisi**

Buna göre, geri plan RC33 eğrisi sınıflaması, RC33 ( R ) olarak sınıflandırılabilir.

## 2.2. HVAC CİHAZLARININ ODA İÇİNDEKİ KABUL EDİLEBİLİR SES SEVİYELERİNİN İRDELENMESİ

Genelde, bina içinde HVAC sistemlerine ait seslerin geri plan sesleri olduğu gözönüne alınarak işlem yapıldığı bilinmektedir. Bunun için, bu seslerin ne can sıkıcı ne de istenmeden içeriye giren sesler olduğu düşünülmeden kabul edilebilir olduğu yargısına varılmıştır. Bir ofis çevresinde, geri plan seslerinin, yeterli derecede konuşma ortamına uygun olabilmesi istenir, ancak bu da kullanılan mahallin durumuna göre değişime tabidir. Aksine, resital ve konser holleri gibi, geri plan seslerine dahi müsaade edilmeyen yerlerde, donuk seslerin dahi maskelenmesinden kaçınılabilir.

Tablo 2. deki listede, kullanılan muhtelif mahallerde, HVAC geri plan seslerinin gerektiği seviye ölçütleri verilmiştir. Tablo 2.de ses seviyeleri verilen mahaller için aşağıdaki faktörleri göz önüne almak gereklidir: İnsan konforu, iletişim konuşmalarının ihtiyaçları ve bulunan mahallin akustik yönünden durum kriteri.

Eğer bu ses seviyeleri, mukaveleye bağlı bir gereksinim ise, fazladan aşağıdaki şart ve bilgileri de ihtiyacılıktır:

1. Hangi ses seviyelerinin ölçüleceği (özellikle L es veya L max. seviyeleri v.b. her oktav frekans bandı için)
2. Ses seviyelerinin nerede ve nasıl ölçüleceği (özel bir nokta veya mahallin ortalaması alınacağına tarifi verilmeli)
3. Ses ölçümünde, hangi tip ölçme aletinin kullanılacağı saptanmalı (ANSI Type 1 ses seviye ölçme aleti ile birlikte oktav band filtreleri kullanılacağı gibi.)
4. Ses ölçümü için kullanılacak cihazın kalibrasyonunun nasıl olacağı?
5. Ses ölçümlerinin sonuçlarının nasıl yorumlanacağı? Yukarıda belirtilen beş noktayı şartla bağlamadıkça, belirtilen ses kriterleri geçerli olmayabilir.

**Tablo 2. HVAC sistemler dizaynı için işgal edilmemiş hacimlarda, kabul edilebilir arka plan (Back ground noise) sesi hudutları rehberi: (Not:2)**

Mahal	RC(N) <sup>1,2</sup>	Mahal	RC(N) <sup>1,2</sup>
Özel konutlar,Apartmanlar-	25-35	Laboratuarlar (davlumbazlı)	
Oteller/Moteller:		Test/Araştırma,minimum konuşarak haberleşme	45-55
Misafir odaları,suitler	25-35	Araştırma,çok telefon kullanımı,haberleşme konuşmaları	40-50
Toplantı/Balo hacimleri	25-35	Gurup öğrenimi	35-45
Büyük salonlar (Atrium), Koridor,Lobby'ler	35-45	Cami,kilise,sinagog	25-35
Servis/Yardım mahalleri	35-45	Cami,kilise,sinagog özel müzik Programlı	Not 2
Ofis binası:		Okullar:	
Yetkili ve özel ofisi	25-35	Sınıflar 70m▲, ye kadar	40 max.
Konferans odası	25-35	Sınıflar 70m▲.den yukarı	35 max.
Telefon frekans odası	25max.	Konuşma amplifikatörü olmayan geniş alanlı okuma salonu	35 max
Açık planofisi	30-40	Kütüphaneler	30-40
Koridor ve umumi lobby	40-45		
Hastahane ve Klinikler:		Mahkeme salonları:	
Özel odalar	25-35	Amplifikatörsüz konuşma	25-35
Koğuşlar	30-40	Amplifikatörlü konuşma	30-40
Ameliyat odaları	25-35		
Koridorlar	30-40		
Genel alanlar	30-40		
Sahneli sanat alanları		Kapalı stadyum ve spor salonları:	
Drama tiyatrosu	25 max.	Okul ve kolej spor salonu ve yüzme havuzu	40-50 (Not 4)
Konser ve resital Hall'leri	(Not 3)	Geniş oturma kapasiteli ve amplifikatör konuşmalı	40-50 (Not 4)
Müzik öğrenim stüdyosu	25 max.		
Müzik deneme odası	35 max.		

Not 1: Değerler ve mertebeler, insanların reaksiyonuna göre değil, tecrübe ve yargılar göre saptanmıştır. Bu değerler, kullanılan bazı binaların kabul edilebilir gürültü sınırlarını göstermektedir. Yüksek veya düşük değerler, yaklaşık değerler olup kullanılan yere ve kullanıcının ihtiyaçına göre ekonomik analizler sonucu saptanmıştır.

Not 2: Hacimde ses kalitesi önemli ise kritik ses ifadesi RC (N) ile gösterilmelidir.

Not 3: Tüm sanatsal hacimler ve RC30'un altındaki mahaller için tecrübe akustik danışmanlar rehberliğinde hareket edilmelidir.

Not 4: Bu gibi hacimlerde, spektrum seviyesi ve ses kalitesi, hacmin kapsamından daha az önemlidir.

Tablo 2. deki ses seviyeleri uygulanacak ise, trafik, ofis makinaları v.b. gözönüne alınmalıdır. Bunlara göre belki ses limitlerinin seviyeleri bu mahalde daha düşük olabilir.

Tablo 2.a., NC eğrileri şartlarında, telefonda konuşma ve telefon dinleme seviyelerini vermektedir.

**Tablo 2a - NC eğrileri şartlarında, telefon ile konuşmada işitme ortamı**

NC kıymetleri	Çevre	Telefon kullanımı	İşitme durumu
<20	Suskun	Mükemmel	Eleştilir
20-30	Sessiz-rahat	Mükemmel	Mükemmel
30-40	Orta derecede gürültülü	İyi	Yeterli
40-50	Gürültülü	Yeterli	Hafif işitmeye müsait
50-60	Çok gürültülü	Zor	Zor

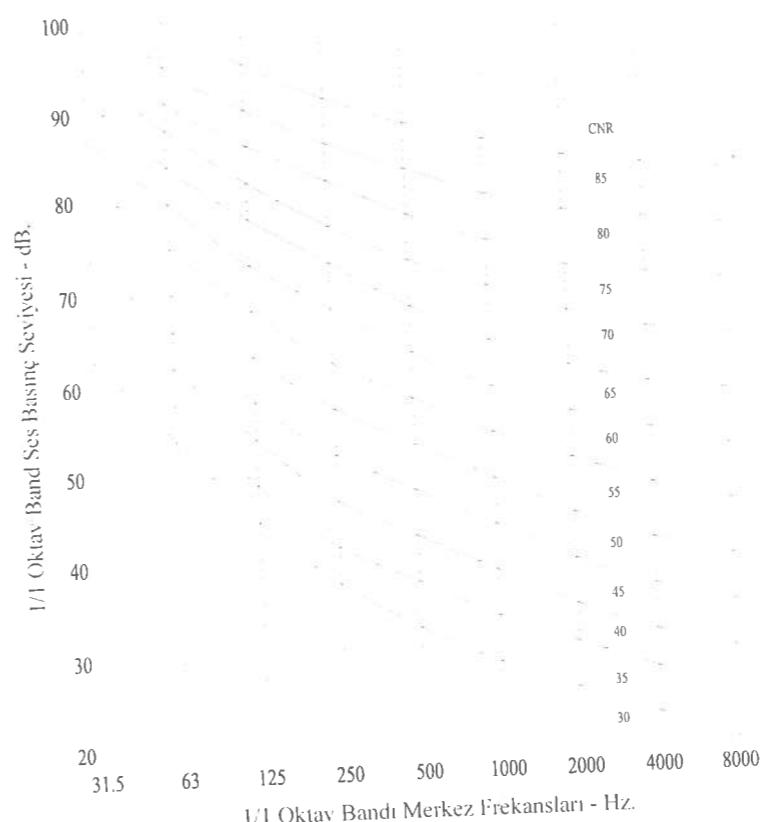
### 2.3. DIŞ GÜRÜLTÜ ÖLÇÜTÜ (OUTDOOR NOISE CRITERIA)

Gerek HVAC cihazlarının gerekse diğer tip mekanik ve elektriksel cihazların gürültülerinin, toplumun bulunduğu mahallerde mevcut olduğunu kabul etmek gerekir. Mahallere sızan gürültülere karşı toplumun reaksiyonu farklı sebeplerde toplanır. Bunlar:

- I. Gürültünün sesliliği veya seviyesi,
- II. Arka plan çevredeki ses seviyesinin, gözükmeyen gürültü kaynağı,
- III. Gürültünün devamlılığı ve geçici olarak, zaman zaman ara verilmesi,
- IV. Frekansın yalnız gürültüden ibaret olması,
- V. Evvelki görünümünden farklı bir gürültü karakteri vermesi, gibi.

Halk, içeriye sızan gürültünün, gerek geri plan sesi, gerekse çevre gürültüleri olduğunu ve daha evvel mevcut olan gürültüyü ayırmakta güçlük çekmemektedir. Ancak eğer içeri giren gürültü, arka plan gürültülerinden farklı ve bir hayli yüksek seviyede ise, gürültü kaynağı hacmin içinde olmamasına rağmen itiraza uğrayabilir. Diğer taraftan, sızıntı ses, kimiksiz, sıkıntı vermeyen karakterde ve eğer arka plan gürültülere uyum sağlıyabiliyor ise, pek fazla önemsenmeyecektir. İstenmeyen sesler eğer gündüz vakti gürültülere uyum sağlıyabiliyor ise, muhakkak diğer gürültü kaynakları da vardır ve bu sesler, genelde, ikamet eden insanları rahatsız edici mahiyette olmayıpabilir. Çünkü bu sesler civardaki aktiviteden meydana gelen alışılmış seslerdir. Mamafih gece vakti, çevredeki ses seviyesi alışıldığı üzere, düşük seviyedendir. Gece istenmeyen sesler, eğer şiddetli ise uyumaya veya dinlenme sürecine zarar verir.

Karmaşık gürültülerin sınıflaması (Composite noise rating CRN) işlemi, HVAC ve diğer tip makine ve elektrik cihazlarının meskün yerlere girişi, kabul edilebilir değerlerde olabilir. Yaklaşık 1955 den evvel süregelen temel katı tutum işlemi, yavaş yavaş hafifletilerek, bu kompozit seslerin temeline inilmiş ve gürültü kaynağı ile taşınma ilişkileri tesbit edilerek bunların kabul edilebilirliği saptanmış ve şekil 3 de görülen normal olmayan kompozit (karmaşık) gürültü eğri sınıfı (CNR) eğrileri düzenlenmiştir. Şekil 3 de görülen oktav bandı ve ses seviyesi, dışarıdan gelen istenmeyen sesler için tesbit edilmiş eğriler, birleştirilerek (CNR) doğallaşmamış (non-normalized) eğrileri grafiği çıkartılmıştır. Bu gürültülere ait oktav band ve basınç seviyesi ölçüleri, kamu menfaatine olan bölgelerde muhtelif zamanlarda yapılmalıdır.

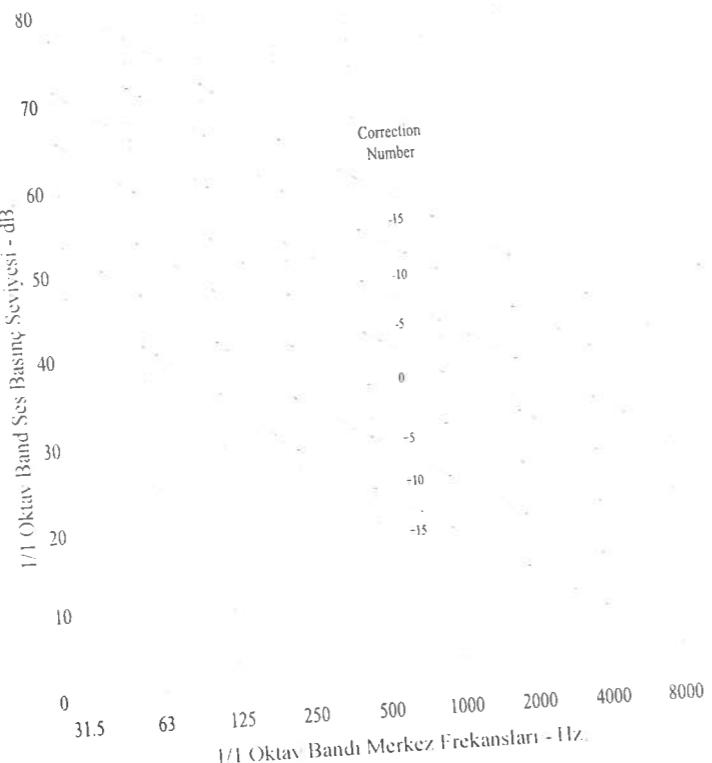


**Şekil 3. Doğallaştırılmamış (Non-Normalized) karmaşık (Composite) ses eğrileri sınıflanması (CNR)**

Bu ölçmeler, kısa aralıklarla bir zaman peryodu içinde ortalama, ses grafiğinde oktav bandı ve basıncı seviyesinin gürültüyü temsil ettiğine güven gelinceye kadar yapılmalıdır. Eğer gürültü sinyalleri gündüz ve gece, farklı içerikli ve seviyelerde ise, bu iki peryod için ayrı ayrı ölçmeler yapılmalıdır.

Normal olmayan (non-normalized) karmaşık seslerin gürültü ile etki eşitliği sınıflanması ilişkisi, herhangi bir oktav band ses basınç seviyesi eğrisinin içinde olabilir. Eğer gürültü etki eşitliği iki eğri arasına düşmüş ise, bu değer CNR eğrilerinin ikisinin interpolasyonu şeklinde kabul edilir. Normal olmayan CNR, daha sonra normalleşecek veya düzeltme sayısı ile geri plan sesi haline gelecektir. Böylece, daha evvel kamunun gürültü faktörü olarak nitelendiği, gürültü karakterli sesler, mevsimlik ara verмелere rağmen, düzene girmiş olacaktır. İçeride kaynağı mevcut olmayan fakat varlığı içinde hissedilen bu sesler, arka plan (background) gürültülerine iki yolda birleştirilebilir.

- Eğer, mümkünse, çevredeki ses ile birleşen sesin oktav band ses basınç seviyesi ölçülür. Veya
- Kayınağı gözükmeyen geri plan ses (background noise) in seviyesi ölçülerek şekil 3.1'deki grafiğe işaret edilir.



Şekil 3.1. CNR olarak sınıflandırılmış karmaşık seslerin, çevre sesleri ile birleştirilmesi için düzeltme (Correction) faktörü

Bu suretle geri plan sesslere uygulanacak düzeltme miktarı sayısı, oktav band spektrumunun büyük bölümünde yeri bulunduğuundan, geri plan sessleri saptanabilir.  
Kullanılacak olan düzeltme sayısı, ses basıncı seviyesi eğrisi üzerinde tanjantsal ve eğrisel kapalı bir bölgelerdir. Bu alan içinde olan noktalar için inter polasyon gerekmemektedir.

Gündüz çevredeki muzur sesler ve gece yine çevredeki gürültülerin seviyeleri ölçülecek kaydedilir. Eğer çevredeki ses basıncının seviye ölçümü mümkün değil ise 3.3 sayılı tabloda verilen sayılar, tahmin edilerek geri plan sessleri veya çevre sesleri düzeltme sayısı olarak kullanılır. Düzeltme 3.2 tablosu genel olarak, trafik faaliyetine yakın yerleşim alanı olma esasına dayanırmıştır.

Tablo 3.2 geri plan gürültüleri düzeltme sayıları

Şartlar	Geri plan Düzeltme Sayıları
Gece vakti, kırsal düzen; trafik endişesine yakın olmayan	+15
Gündüz vakti, kırsal düzen; trafik endişesine yakın olmayan	+10
Gece vakti, varoşa, banliyöye ait; trafik endişesine yakın olmayan	+10
Gündüz vakti, varoşa, banliyöye ait; trafik endişesine yakın olmayan	+5
Gece vakti, şehide; trafik endişesine yakın olmayan	+5
Gündüz vakti, şehide; trafik endişesine yakın olmayan	0
Gece vakti, iş veya ticaret çevreleri	0
Gündüz vakti, iş veya ticaret çevreleri	-5
Gece vakti, endüstriyel veya imalat çevreleri	-5
Gündüz vakti, endüstriyel veya imalat çevreleri	-10

100 m. İçinde arada kesintili hafif trafik	0
100 m. İçinde devamlı hafif trafik	-5
100 m. İçinde devamlı orta yoğunluklu trafik	-10
100 m. İçinde devamlı ağır yoğunluklu trafik	-15
100 m. ile 300 m. arasında kesintili hafif trafik	+5
100 m. ile 300 m. arasında devamlı hafif trafik	0
100 m. ile 300 m. arasında devamlı orta yoğunluklu trafik	-5
100 m. ile 300 m. arasında devamlı ağır yoğunluklu trafik	-10
300 m. ile 600 m. arasında kesintili hafif trafik	+10
300 m. ile 600 m. arasında devamlı hafif trafik	+5
300 m. ile 600 m. arasında devamlı ağır yoğunluklu trafik	-5
600 m. ile 1200 m. arasında kesintili hafif trafik	+15
600 m. ile 1200 m. arasında devamlı hafif trafik	+10
600 m. ile 1200 m. arasında devamlı orta yoğunluklu trafik	+5
600 m. ile 1200 m. arasında devamlı ağır yoğunluklu trafik	0

Normalleştirilmiş CNR sayısının gerisinde işaretli olan geri plan ses seviyesi aşağıdaki gibi elde edilmektedir: 3 no. Şekilden doğallaştırılmamış karmaşık sesler için bir tahmin yaparak şekil 3.1 veya tablo 3.2 den değerler alınarak uygulanır. Son düzeltme, günlük, mevsimslik gürültü karakteri, geçici gürültü ve daha önce kamunun maruz kaldığı aynı ses faktörlerinin yaklaştırılmasına bağlıdır. Sonuç düzeltme faktörlerinin tümü tablo 3.3 de vardır. Ve bu faktörlerin her biri ayrı ayrı kendi başına düzeltme sayıları sınıfını teşkil etmektedir.

Tablo 3.3. Günü belirli saatleri, mevsimsel, kesintili gürültüler, gürültü karakteristiği ve toplumun evvelce maruz kaldığı gürültülerin aynı gürültüye tepkisi için düzeltme sayısı

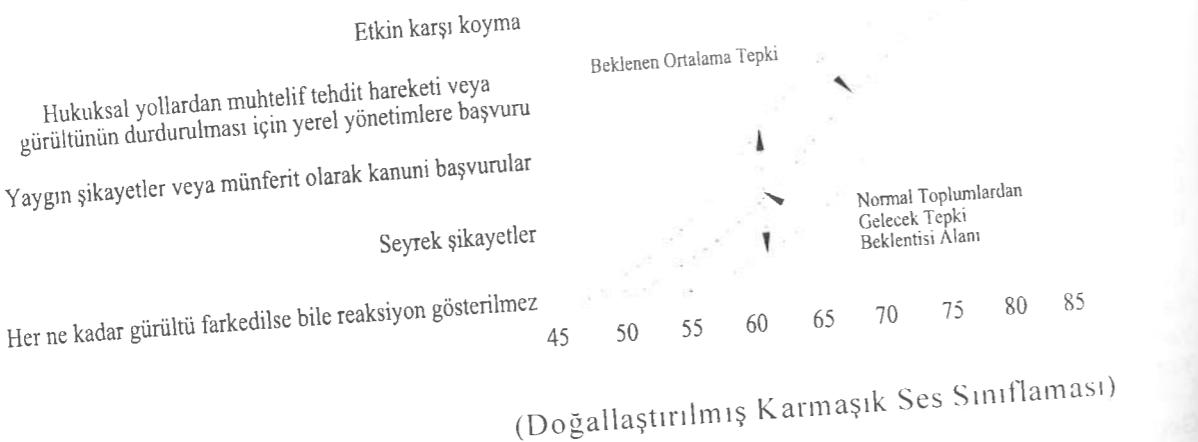
Günün belirli saatleri ve mevsimler için Düzeltme faktörü (devamlı/full time) İşletmeler için düzeltme faktörü (0) sıfırdır.	Düzeltme sayısı
Yalnız gündüz için	-5
Yalnız gece için (22.00-07.00 saatleri)	0
Yalnız kiş için	-5
Yaz ve kiş	0
Geçici olarak ara vermeler için düzeltme faktörü: (kaynağın kesintili çalıştığı zaman dilim oranları)	
1.00 den 0.57	0
0.56 den 0.18	-5
0.17 den 0.06	-10
0.05 den 0.018	-15
0.017 den 0.0057	-20
0.0057 den 0.0018	-25
Gürültü karakterine göre düzeltme faktörü:	
Çok düşük frekansta (125 hz veya daha düşük seviyede 1/1 oktav merkez frekans bandında)	+5
Gürültünün tonal komponent İhtiva etmesi halinde	+5
Impulslu sesserde	+5

ilk görünüş ve kamunun tavrına  
göre düzeltme faktörü:

Evvelce her hangi bir tavrı olmayan +5  
Evvelce belirli bazı tavrı olan fakat +5  
kamu ilişkileri zayıf olan 0  
Evvelce belirli bazı tavrı olan ve -5  
iyi kamu ilişkileri bulunan  
Evvelce saygın olan ve kamu ilişkileri  
bulunan

Doğallaştırılmış CNR, doğallaştırılmamış 3 no. şekildeki CNR'lere şekil 3.1 veya tablo 3.2 den veya toplamından alınan günlük, mevsimlik v.b. karekterli düzeltme faktörleri toplamının tablo 3.3 işlenmesiyle elde edilir. Bir de şekil 3.4 de, doğallaştırılmış kompozit CNR'ye, kamunun göstereceği reaksiyonun tahmini eğrisi görülmektedir.

#### Kamu Duyarlığı



Şekil 3.4. İÇERİYE GİREN GÜRÜLTÜ VEYA NORMALLEŞTİRİLMİŞ KARMAŞIK SESLER (CNRn)e KARŞI, KAMUNUN TAHMİNİ DUYARLIĞI

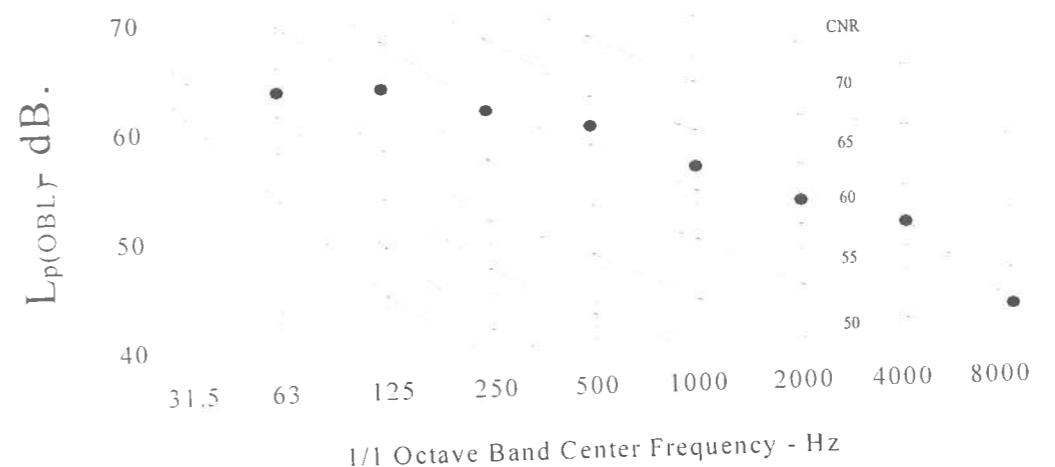
Karmaşık gürültü sınıfının tayini işlemi, genelde, mekaniksel ve elektriksel cihazların dışarıdan gelen seslerine karşı kamu duyarlılığının ölçülmesinde güvenilir bir yoldur. Yüksek ses tonunda ve basıncında çalışan bazı cihazlar için bu metod güvenilir olmayıpabilir; örneğin yüksek basınçlı fan'lar, diesel generator, gas turbini, hava kompresör makinaları v.b. bu türündür. Böyle bir durumda, tavsiye edilen, akustik uzmanlarının danışmanlığına baş vurmaktır.

Örnek 3.1

Aşağıda görülen, ses basınç düzeyi oktav bandı listesi bir soğutma kulesine aittir:

	Merkezi oktav band frekansları - Hz.							
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Lp.dB.	63	64	62	60	56	53	51	43

Soğutma kulesi günün 24 saatinde devamlı çalışmaktadır. Ses basıncı seviyesinin ölçüldüğü mahal bir iş çevresinin bulunduğu yerdır. Daha evvelde bu yerin aynı gürültüye maruz olduğu ve burada kamunun iyi ilişkiler içinde bulunduğu farzedilmiştir. Kamunun gürültüye karşı tepkisini tahmin ederek ve soğutma kulesi gürültüsü ile birleşen karmaşık (Composite) seslerin düzenlemesini tayin ediniz.



Şekil 3.5. Örnek 3.1. için CNRnn değeri

Çözüm:

Şekil 3 daki diyagrama, normalize olmamış karmaşık sesleri (CNRnn) ses basıncı seviyeleri işaret edilerek araları birleştirilir. Bu durum şekil 3.5 de görülmektedir. (CNRnn) 60 ile 55 db. şiddetli eğriler

$$\text{arasına düştüğünde } \frac{60+55}{2} = 57.5; \text{ CNRnn} \approx 58 \text{ alınabilir.}$$

Soğutma kulesi 24 saat çalışmaktadır. Bu nedenle normalize edilmiş karmaşık sesleri (CNRn), her iki zamana göre gece ve gündüz için tayin etmek gereklidir. Arka plan ses (background noise) düzeltme sayısı tablo 3.2 den alınarak:

$$\begin{aligned} \text{Gündüz için : } &-5 \\ \text{Gece için : } &0 \end{aligned}$$

Ayrıca tabela 3.3 den gürültünün geçiciliği ve durumuna göre düzeltici etkenleri alınır:

$$\begin{aligned} \text{Günün belirli saatleri (Time of day)} &: 0 \\ \text{Ara verme düzeltmesi (inter mittecy)} &: 0 \\ \text{Ses evsafi (Character of noise)} &: +5 \\ \text{Kamu davranışına göre} &: 0 \end{aligned}$$

Böylece normalize CNRn değeri aşağıdaki gibi olur:

$$\begin{aligned} \text{Gündüz:} \\ \text{CNRn} &= 58 - 5 + 0 + 5 + 0 \text{ veya CNRn} = 58 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gece:} \\ \text{CNRn} &= 58 + 0 + 0 + 5 + 0 \text{ veya CNRn} = 63 \end{aligned}$$

Şekil 3.4 incelendiğinde, gündüz vakti soğutma kulesi ve civarı sesler için herhangi bir şikayetin gelmeyeceği, fakat gece çalışması için ara sıra şikayetlerin yapılacağı anlaşılmaktadır.

## KAYNAKLAR

- 1- 1999 Ashrae Handbook HVAC Applications
- 2- Sound and Vibration Design and Analysis National Environmental Balancing Bureau 1994
- 3- 1997 Ashrae Handbook Fundamentals
- 4- HVAC Systems Duct Design – SMACNA 1993
- 5- Application of Manufacturers' Sound Data 1998
- 6- HVAC Testing, Adjusting, And Balancing Manual – NEBB – 1996 (John Glad stone, W.David Bevirt) Mc Graw - Hill

## ÖZGEÇMİŞ

Kevork Çilingiroğlu, Makina Yüksek Müh. (İ.T.Ü.).

1927 yılında İstanbul'da doğdu. 1945 yılında İstanbul Erkek Lisesini, 1950'de İ.T.Ü. Makina Fakültesini ikmal etti. Aynı yıl Mak. Fak. Su Makinaları kursüsüne asistan olarak dahil oldu. 1953 yılına kadar burada, vatanı görevden sonra, 1961 yılı sonuna kadar İ.T.Ü. yapı işlerinde çalıştı. Bu tarihten sonra bir proje tasarım bürosu kurarak çalışmalarına devam etti. Bu arada 1971'den 1979 yılı sonuna kadar İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesinde konferansçı hoca olarak mimarlık öğrencilerine mekanik tesisat dersleri verdi.

Halen Mekanik tesisat projeleri üreten, kontrolluk ve müşavirlik hizmeti veren bir büronun sahibidir.

Evlî ve bir çocuk babasıdır.