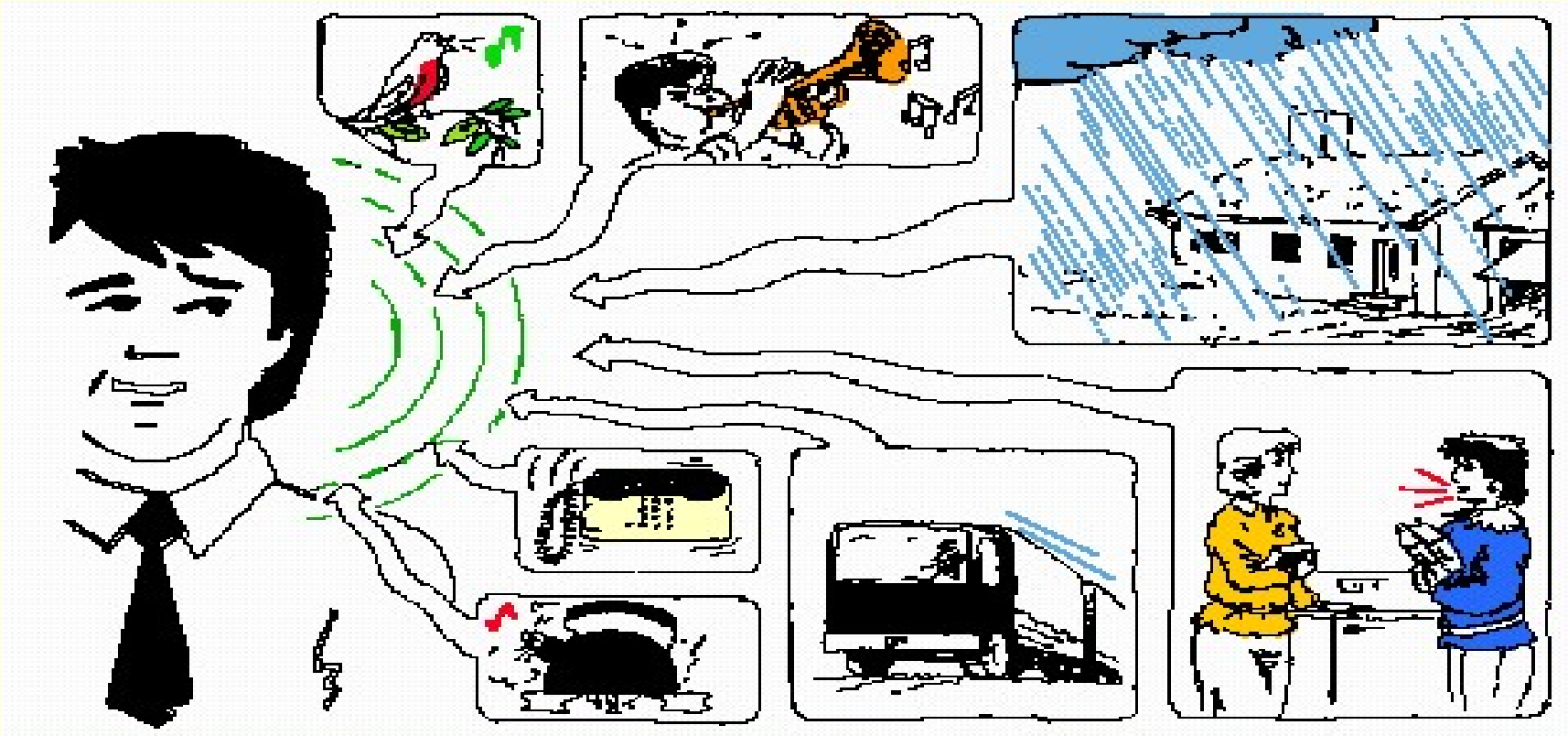
NEVÜ ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ VE KONTROLÜ

TEMEL SES KAVRAMLARI

SES



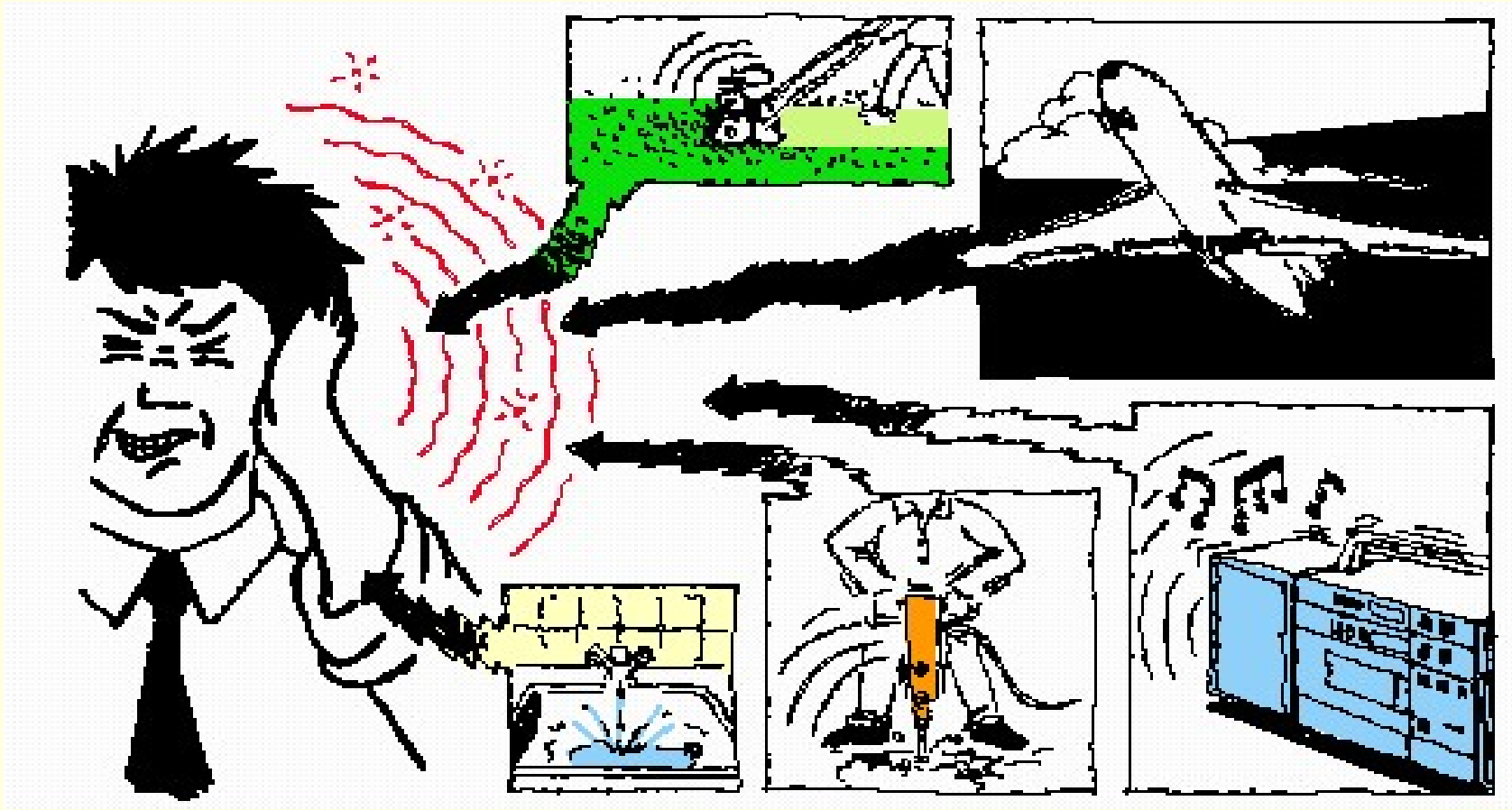
SES

Ses nedir?

Titreşen bir cisimden kaynaklanan mekanik enerjinin katı, sıvı, gaz gibi maddesel bir ortamda oluşturduğu dalgalardır. Sesin iletilmesi bu dalgalarla olur. Titreşen cisim belli bir toplam güce sahiptir. Bu güç sayesinde ortama yayılan dalgaların yarattığı max. Ve min. Basınçlar ses basıncı olarak tanımlanır. Esas olarak gürültü havada yayılan sestir. Ancak sesin belli derece aşması sonucu gürültü oluşur. Biz çevresel olarak daha çok havada yayılan ses üzerinde duracağız.

- Ses, dalgalar halinde yayılan bir enerji şeklidir.
- Ses, kulak tarafından algılanabilen hava, su yada benzeri bir ortamdaki basınç değişimidir.

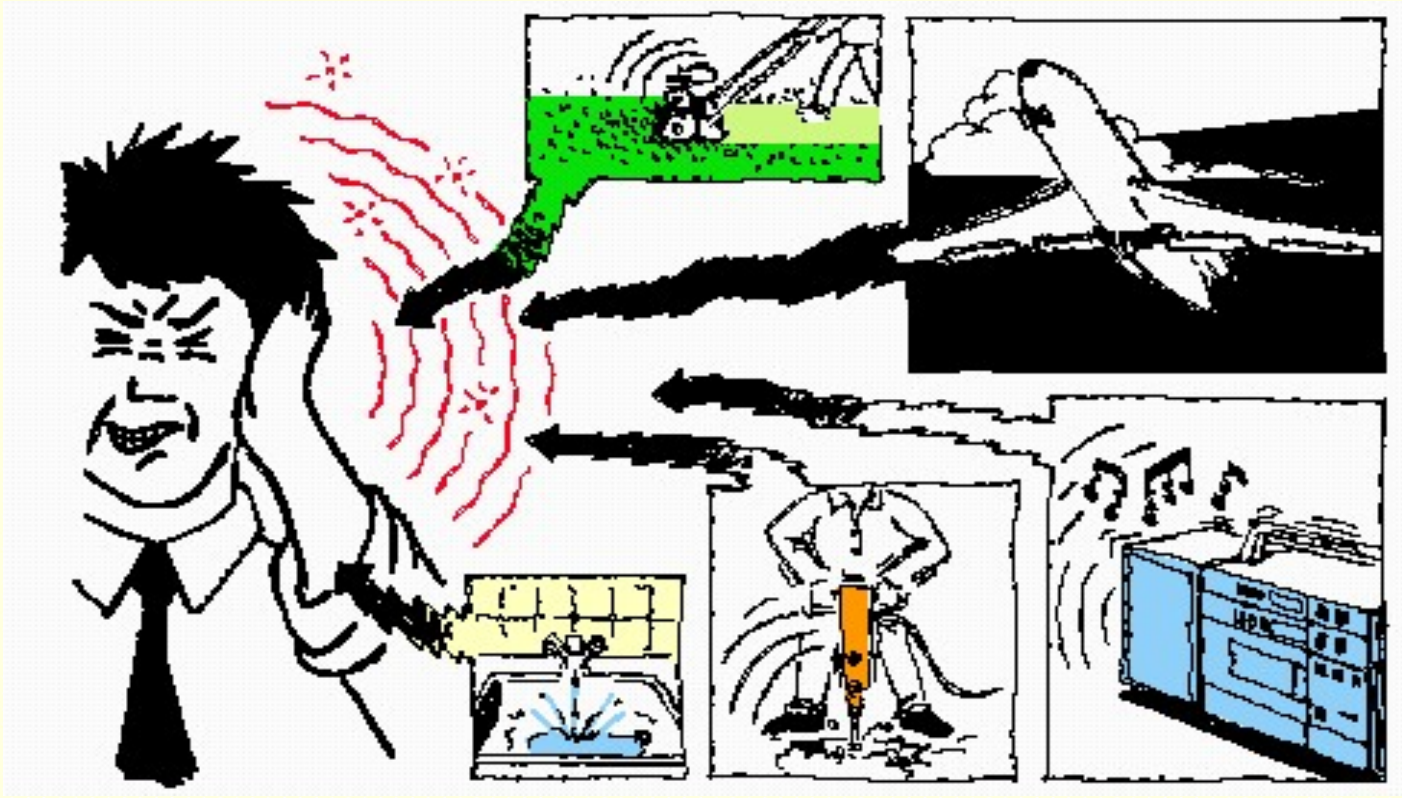
TEMEL SES BİLGİSİ VE TEORİK ESASLAR



TEMEL SES BİLGİSİ VE TEORİK ESASLAR

Ses ve Gürültü

- Ses nesnel bir kavramdır. Yani ölçülebilir ve varlığı kişiye bağlı olarak değişmez.
- Gürültü ise özel bir kavramdır. Gürültüyü, “hoşa gitmeyen, istenmeyen, rahatsız edici ses” olarak tanımlayabiliriz.



Ses ve Gürültü

•Bir sesin gürültü olarak nitelenip nitelenmemesi kişilere bağlı olarak değişebilir.
•Bununla birlikte gürültü düzeyinin fazla olması kuşkusuz herkes tarafından gürültü olarak kabul edileceği açıktır. Endüstriyel gürültü bu tip bir gürültüdür.
•Ayrıca çok yüksek sesin, hoşa gitse bile, işitme kaybından bir çok fizyolojik ve psikolojik rahatsızlıklara kadar uzanan zararlı etkisi nedeniyle kontrol edilmesi gerekir.



Ses ve Gürültü

- **Ambient Gürültü(Çevre),** bütün kaynaklardan kaynaklanan gürültüdür fabrika, akan su, trafik vs.)

- **Spesifik Gürültü,** incelenen bir kaynaktan oluşan gürültüdür. Fon gürültüsünün bir parçasıdır ve teşhis edilebilir.

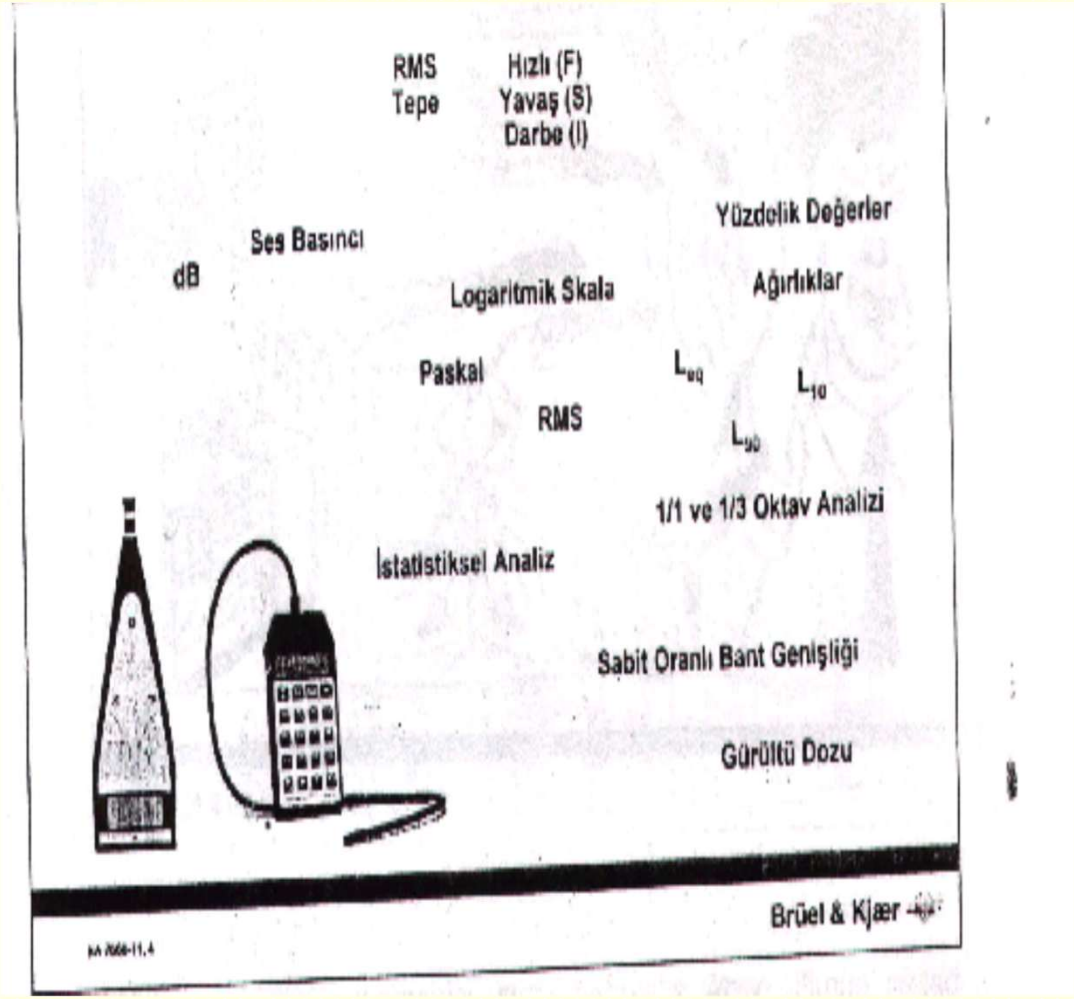
- **Fon Gürültüsü (residual),** Ambient gürültüden spesifik gürültü çıkarıldığında kalan gürültüdür. Arkaplan gürültüsü olarak da tanımlanır.

SESİN TERMİNOLOJİSİ

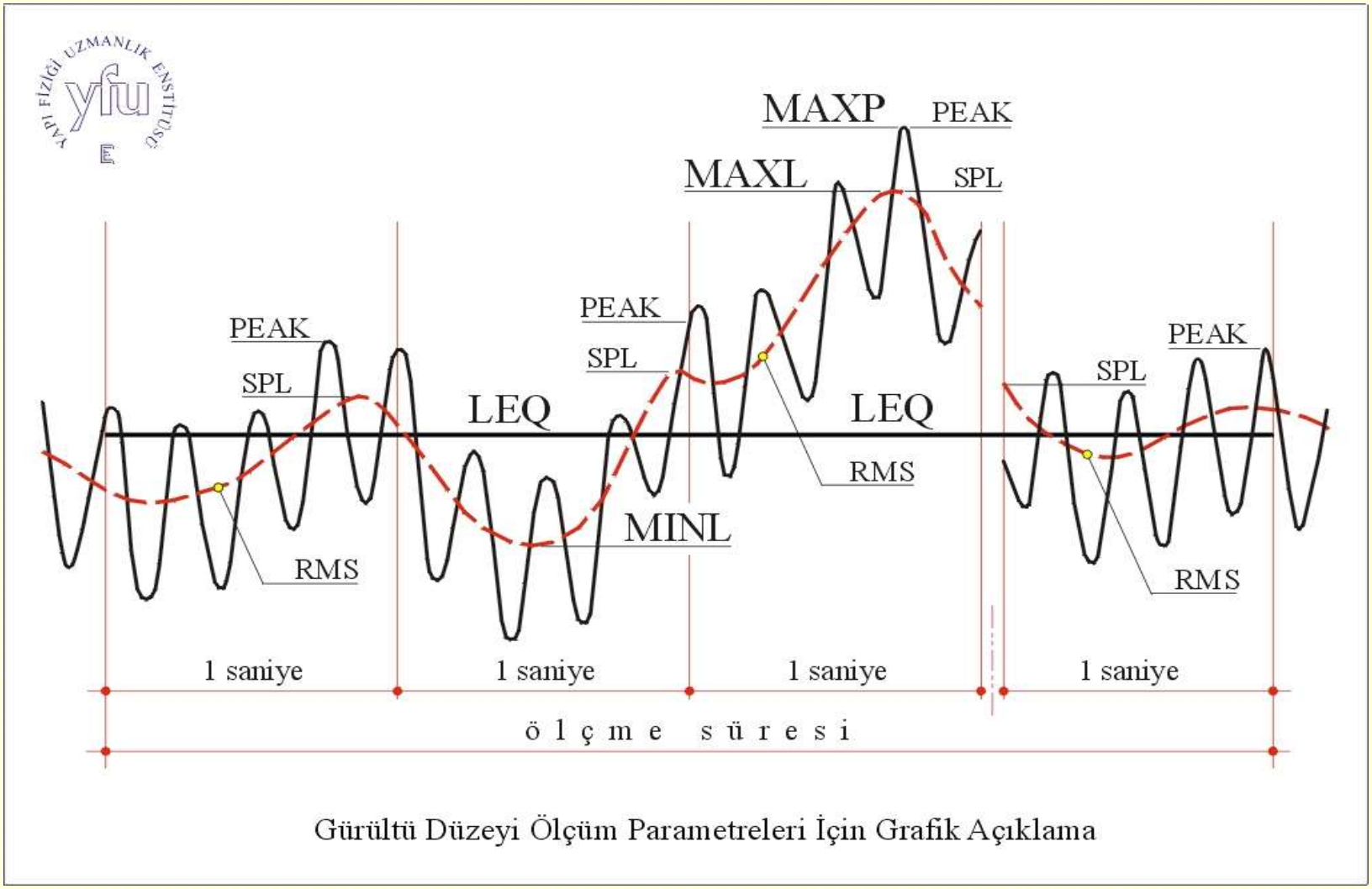
RMS : ***[Root Mean Square] Sinyalin, karesinin entegralinin karekökü. Bir çeşit ortalama değer.***

SPL : ***[Sound Pressure Level] Birer saniyelik ölçme sürelerinin her birinde gürültünün en yüksek RMS değeri.***

PEAK : ***Birer saniyelik ölçme sürelerinin her birinde saptanan en yüksek gürültü düzeyi.***



Değerler arasındaki ilişki **GRAFİK**'de şematik olarak verilmiştir.



Gürültü Düzeyi Ölçüm Parametreleri İçin Grafik Açıklama

hesap ve seçmeler aletin içinde yapılır. Alet aşağıdaki değerleri verir.

- **MİNL** : *Ölçme süresi içinde saptanan en düşük RMS değeri.*
- **MAXL** : *Ölçme süresi içinde saptanan en yüksek SPL değeri.*
- **MAXP** : *Ölçme süresi içinde saptanan en yüksek PEAK değeri.*
- **LEQ** : *Eşdeğer gürültü düzeyi. Değişken gürültü düzeyinin belli bir süre içindeki toplam enerjisi ile, aynı süre içindeki toplam enerjisi eşit, fakat düzeyi değişmeyen gürültü düzeyi.*
- **SEL :** *Süresi sınırlı bir gürültüde, bu gürültünün toplam enerjisinin, bir saniyelik süre içine düzgün yayılması ile oluşacak gürültü düzeyi.*
- **L(01.0)** : *Toplam ölçme süresinin %1 inde gürültü düzeyinin üzerinde bulunduğu değer.*
- **L(10.0)** : *Toplam ölçme süresinin %10 unda gürültü düzeyinin üzerinde bulunduğu değer.*
- **L(50.0)** : *Toplam ölçme süresinin %50 sinde gürültü düzeyinin üzerinde bulunduğu değer.*
- **L(90.0)** : *Toplam ölçme süresinin %90 ında gürültü düzeyinin üzerinde bulunduğu değer.*
- **L(99.0)** : *Toplam ölçme süresinin %99 unda gürültü düzeyinin üzerinde bulunduğu değer.*

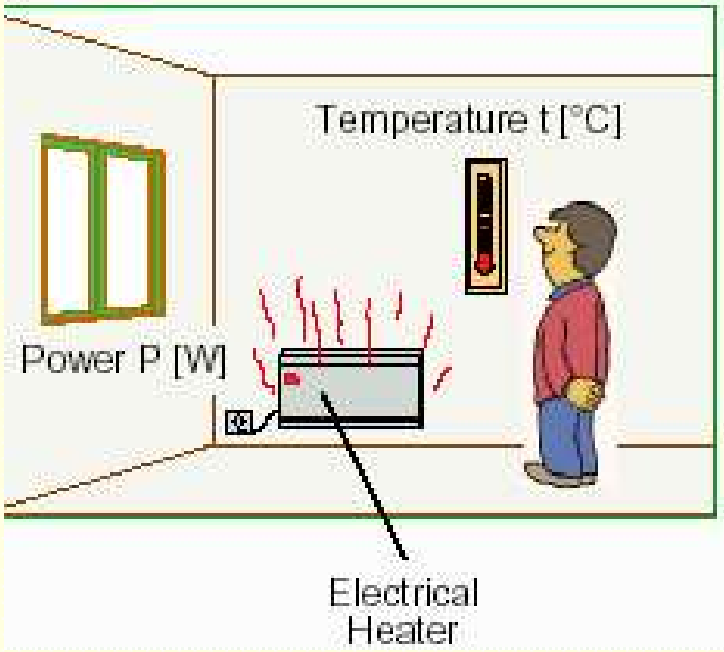
TEMEL SES BİLGİSİ VE TEORİK ESASLAR

Ses Basıncı Düzeyi

- Ses, kulak zarıyla temasta bulunan havanın basıncının değişmesiyle algılandığından, bir ses kaynağının ses gücünden daha çok, belli bir noktada yarattığı ses basıncı önemlidir. Ses basıncı düzeyi L_p

$$L_p = 10 \log \frac{p_{rms}^2}{p_0^2}$$

- Burada p_{rms} ses basıncının ortalama kare değerinin karekökü (rms değeri), p_0 ise uluslar arası referans basıncı olarak kabul edilen $20\ \mu Pa\ (20.10^{-6}\ Pa)$ dır.

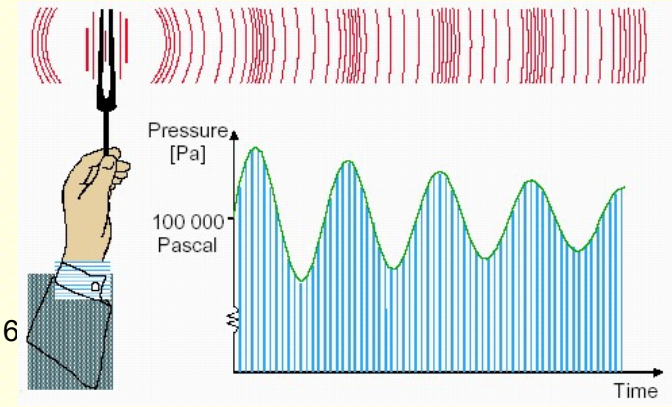


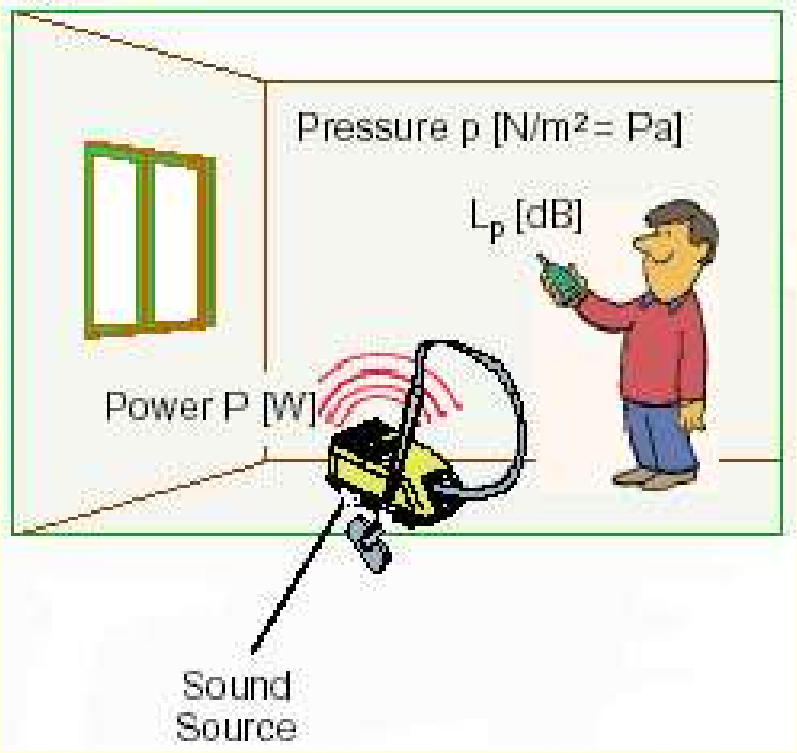
TEMEL SES BİLGİSİ VE TEORİK ESASLAR

Ses Basıncı Düzeyi

- Ses basıncı düzeyi L_p eşitliği aşağıdaki şekilde de yazılabilir.

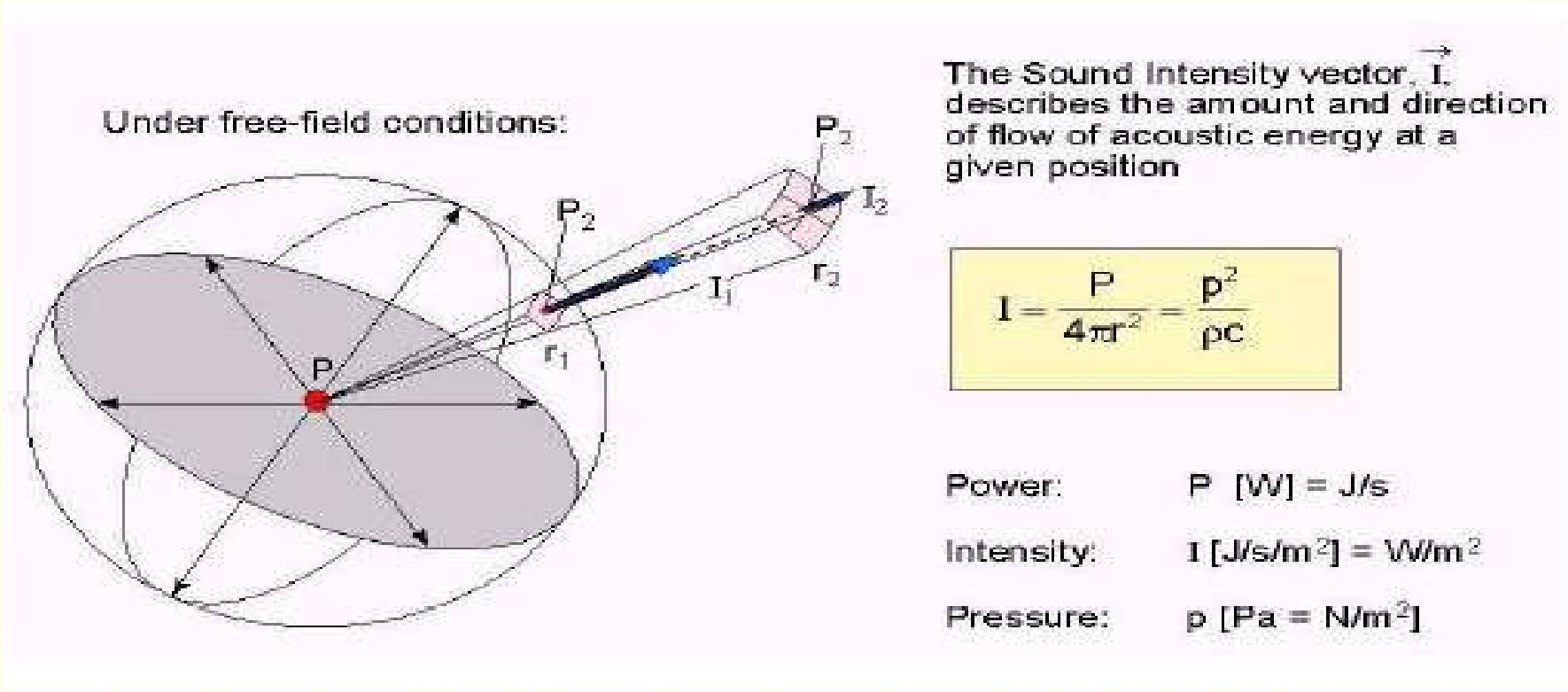
$$L_p = 20 \log \frac{p_{rms}}{p_0}$$





TEMEL SES PARAMETRELERİ

Bir ses kaynağından ses şeklinde yayılan enerjinin birim zamandaki miktarına ses gücü dendiğini görmüştük.
Sesin, kaynağın bulunduğu ortamın akustik ve geometrik özellikleriyle, kaynaktan olan uzaklığa bağlı olarak değişen bir özelliği de **ses şiddetidir**.



Decibel Levels

Sound pressure level, dB

$SPL = 10 \log (P/P_{ref}^2) = 20 \log (P/P_{ref})$

where $P_{ref} = 2x10^{-5}$ N/m^2

Sound intensity level, dB

$SIL = 10 \log (I/I_{ref})$

where $I_{ref} = 10\text{-}12$ Watt/m^2

Sound power level, dB

$SWL = 10 \log (W/W_{ref})$

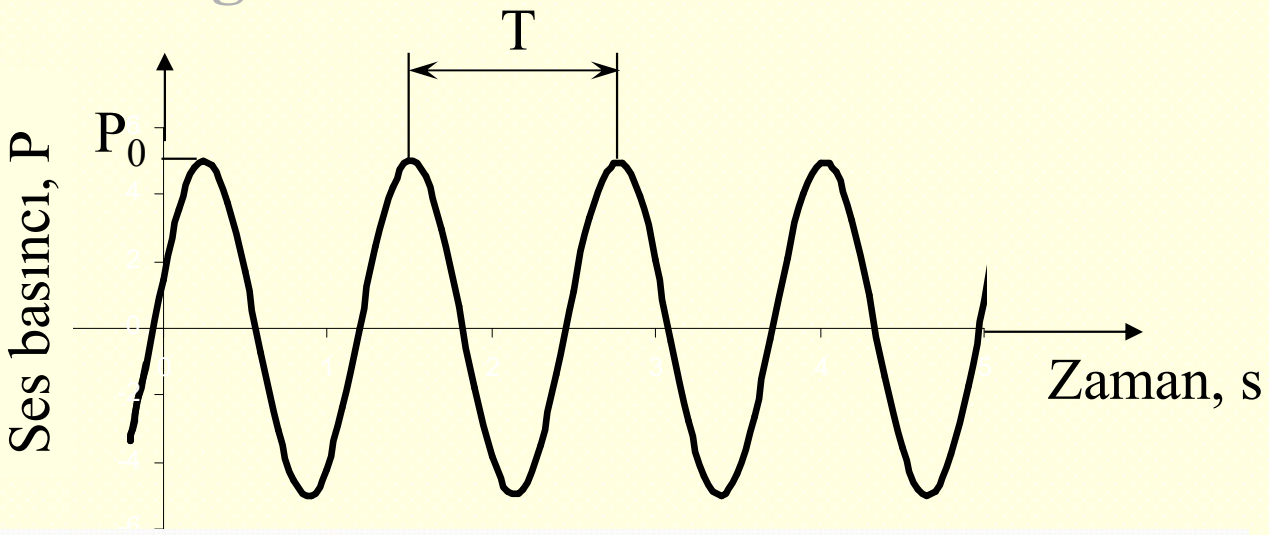
where $W_{ref} = 10^{-12}$

Decibel Levels

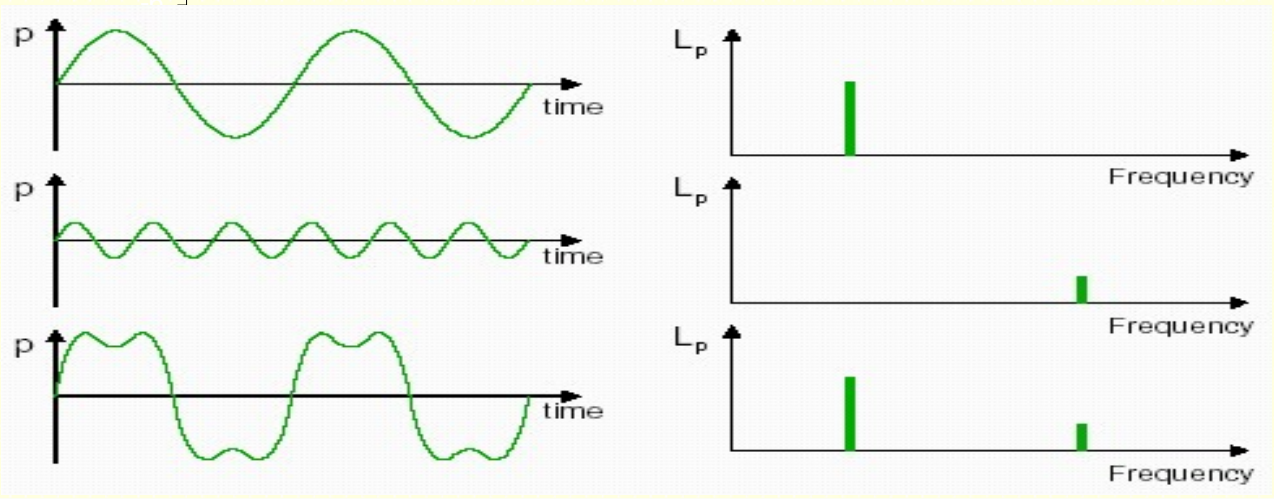
N/m^2	dB re 2×10^{-5} N/m^2	
200	140	Threshold of Pain
20	120	Jet Take-off
2	100	Steel Rivet at 5m
2×10^{1}	80	Loud Radio
2×10^{2}	60	Conversation
2×10^{3}	40	Background Noise in Living Room
2×10^{4}	20	Very Quiet Room
2×10^{5}	0	Threshold of Hearing

TEMEL SES BİLGİSİ VE TEORİK ESASLAR

Ses Dalgalarının Özellikleri



- Şekilde görüldüğü gibi, basınç değişimi her peryotta aynen tekrarlanmaktadır .
- Peryodun tersi frekanstır (f). Birimi Hertz tir.



$$f = \frac{1}{T}$$

TEMEL SES BİLGİSİ VE TEORİK ESASLAR

Sesin Yayılma Hızı

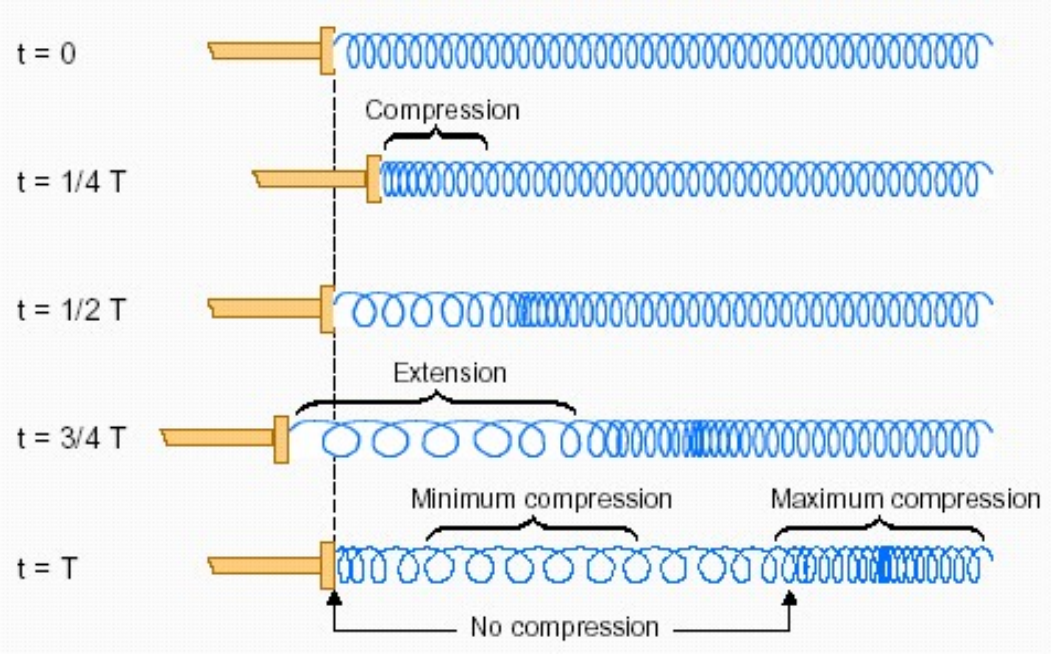
- Sesin havadaki yayılma hızı, havanın ideal gaz kabul edilmesiyle, m/s cinsinden aşağıdaki eşitlikten bulunur.

$$c^2 = \chi R T_k$$

$$\chi = 1.4, \quad R = 287.145$$

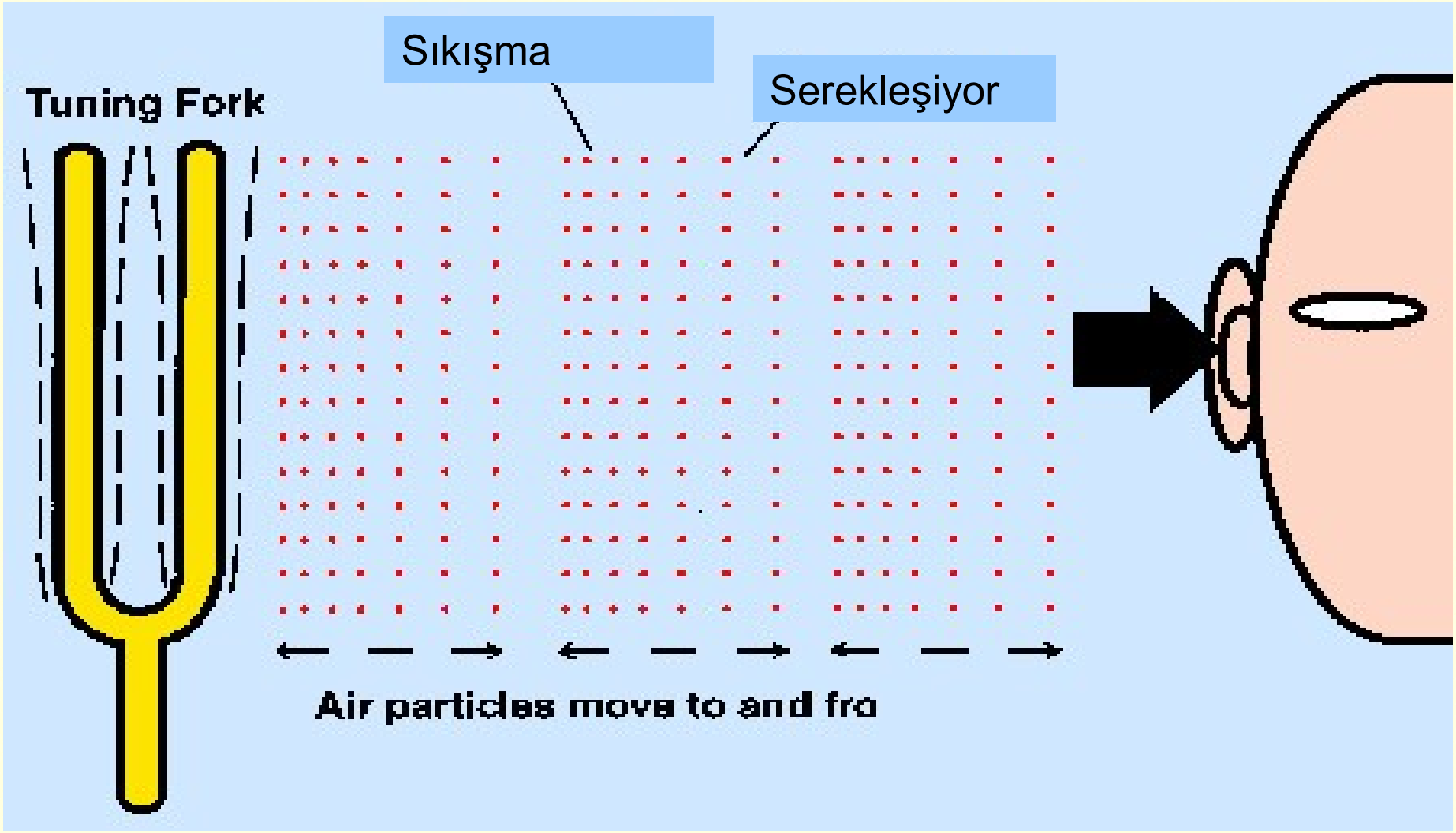
$$c = 20.05\sqrt{T_k}$$

- Burada T_k havanın Kelvin cinsinden sıcaklığıdır.
- 21 ^{0}C deki yayılma hızı 344 m/s bulunur.



$$T_k = 273.2 + T_d$$

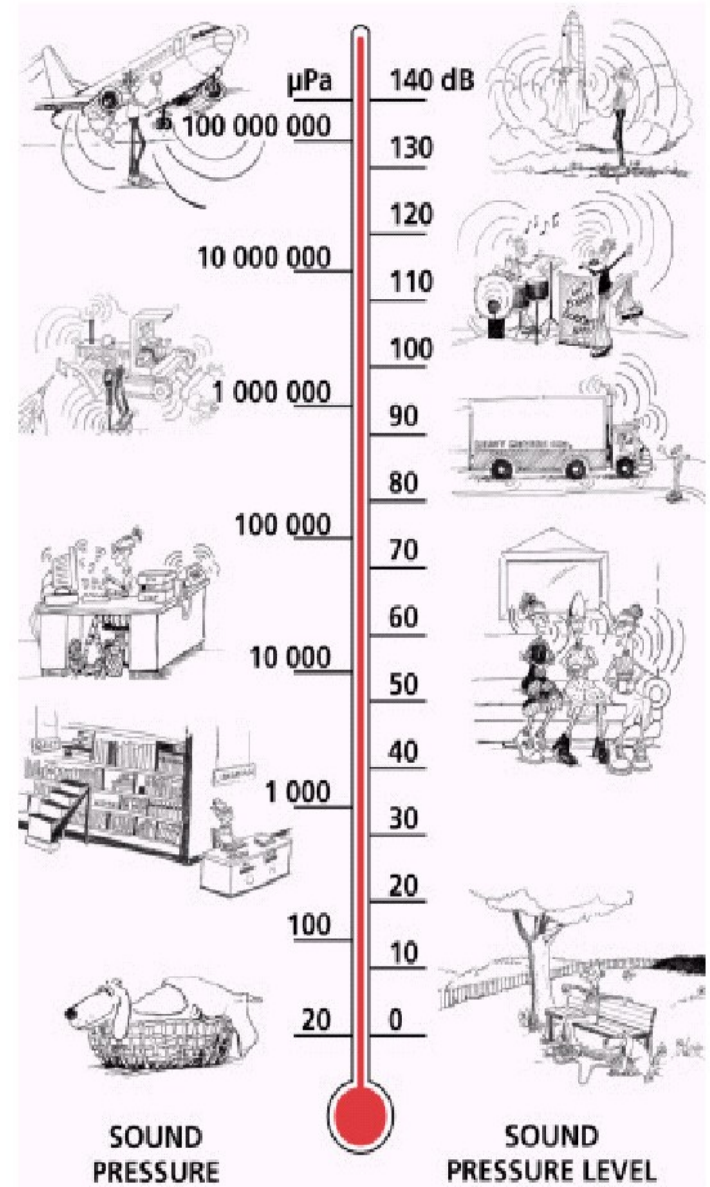
SES BASINCI


Sıkışma
Sereklеşiyor
Tuning Fork
Air particles move to and fro

SES BASINCININ DESİBELE KARŞI DEĞİŞİM ARALIĞI

Ses Basıncı Düzeyi

- 20 μPa ın referans olarak seçilme nedeni, ortalama genç bir yetişkinin, frekansı 1000 Hz olan bir ses dalgasını duyabilmesi için en az 20 μPa değerinde bir basıncın gerekmesidir. Yani 1000 Hz deki duyma eşiği referans alınmıştır.



SPL = 20 x $\log_{10}(P/P_o)$ nearest whole no.

P - measured pressure in Nm^{-2}

P_o - reference pressure, usually 2 x 10^{-5} Nm^{-2}

Band pressure level:

The term band pressure level in dB combines both the energy and frequency band concepts. The BPL is the measured or calculated SPL for a specific range of frequencies.

DESİBEL, dB

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} \text{ dB re } 20\ \mu\text{Pa}$$

$$(p_0 = 20\ \mu\text{Pa} = 20 \times 10^{-6}\ \text{Pa})$$

Ör. 1: $p = 1$ Pa

$$L_p = 20 \log \frac{1}{20 \cdot 10^{-6}}$$

$$= 20 \log 50\,000$$

$$= 94 \text{ dB}$$

Ör. 2: $p = 31.7$ Pa

$$L_p = 20 \log \frac{31.7}{20 \cdot 10^{-6}}$$

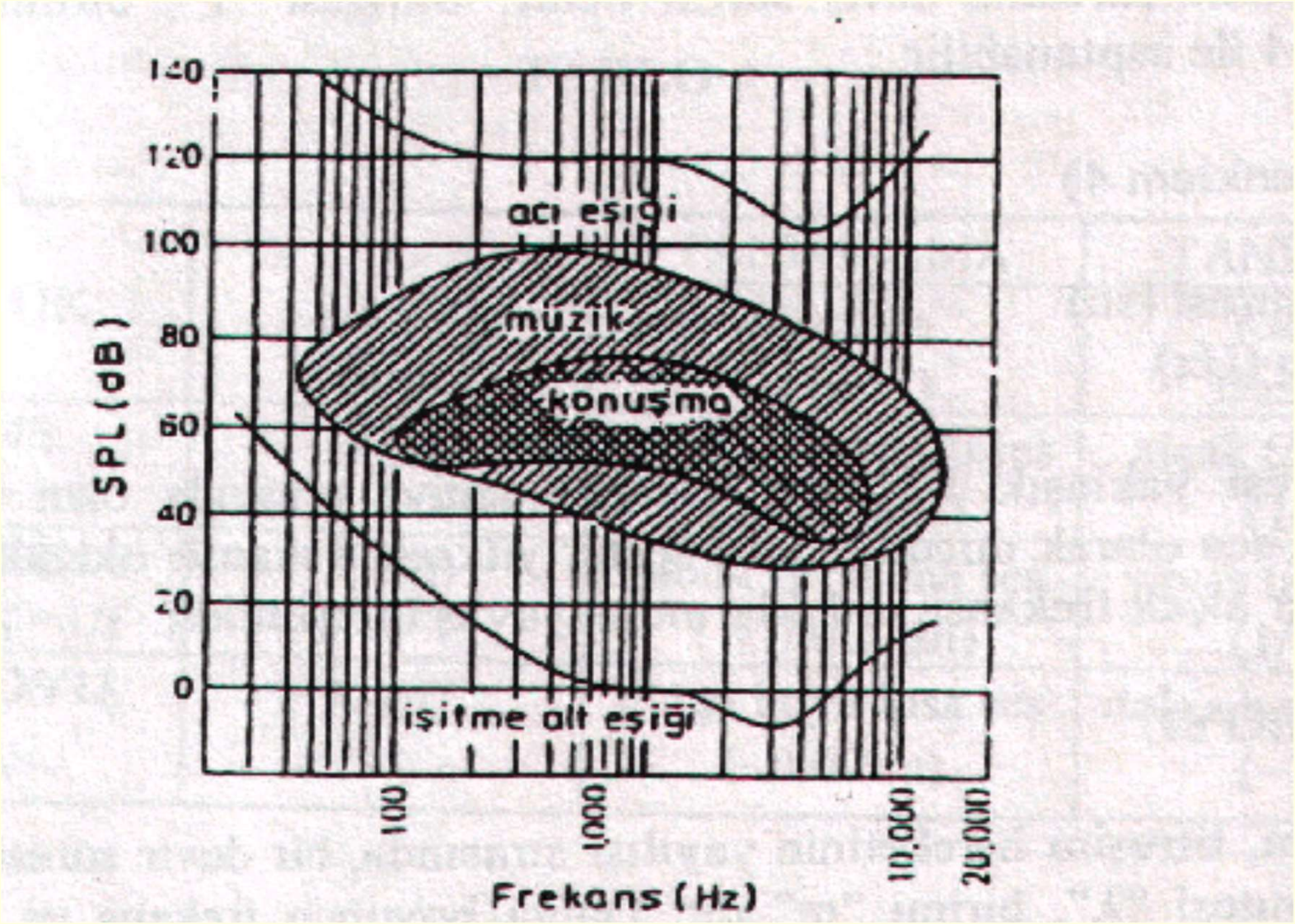
$$= 20 \log 1.58 \times 10^{-6}$$

$$= 124 \text{ dB}$$

DESİBELİN ALGILANMASI

Ses Düzeyindeki Değişim (dB)	Algılanan Sesin Gürlüğündeki Değişim
3	Ancak hissedilebilir
5	Belirgin derecede farklı
10	İki kat farklı
15	Çok farklı
20	Dört kat farklı

TEMEL SES BİÇİMLERİ OLAN KONUŞMA VE MÜZİĞİN KAPLADIĞI FREKANS ARALIKLARI



dB-Pa DÖNÜŞÜMÜ (TABLO İLE)

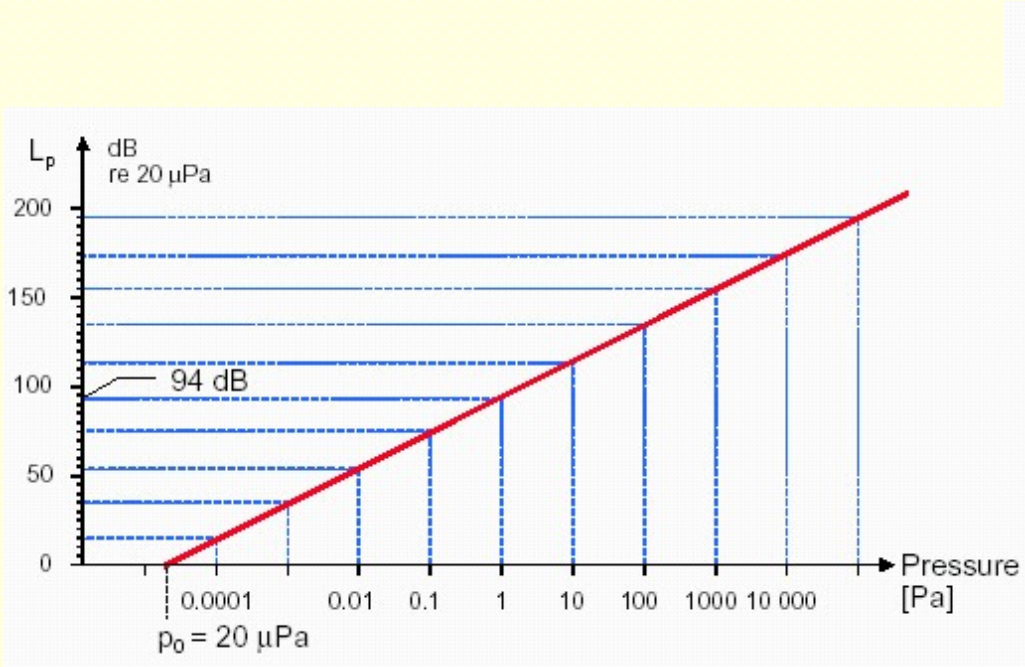
dB'den Basınç Oranına

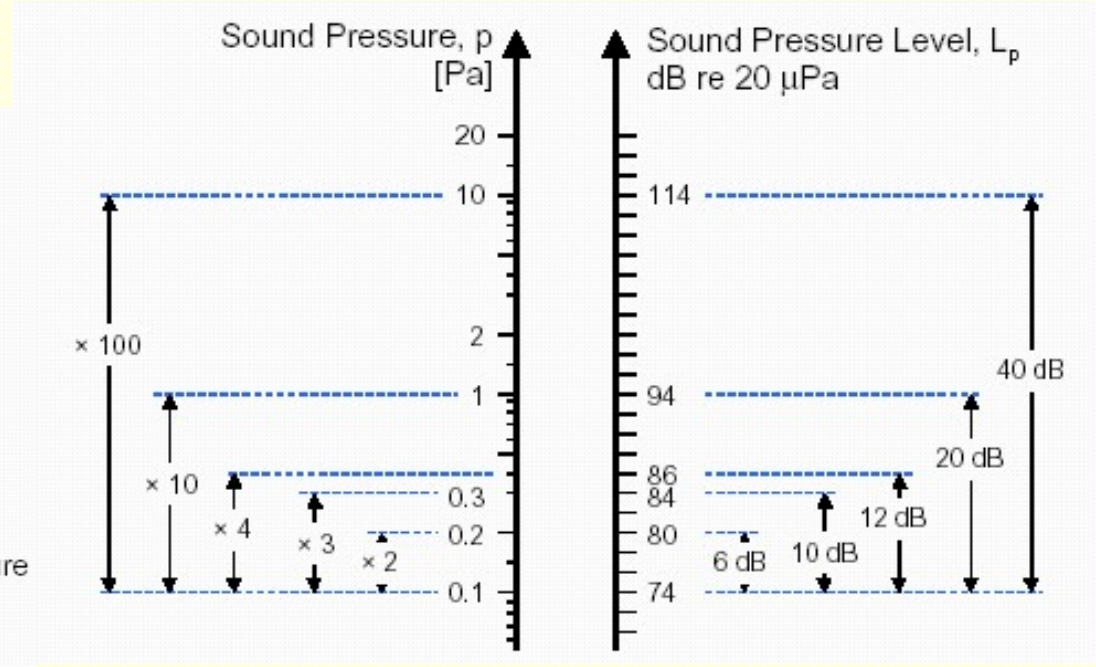
Basınç Oranı	db	Basınç Oranı	Basınç Oranı	db	Basınç Oranı
1.00	0.0	1.000	0.501	6	1.995
0.989	0.1	1.012	0.447	7	2.239
0.977	0.2	1.023	0.398	7	2.512
0.966	0.3	1.035	0.355	9	2.818
0.955	0.4	1.047	0.316	10	3.162
0.944	0.5	1.059	0.251	12	3.981
0.933	0.6	1.072	0.200	14	5.012
0.923	0.7	1.084	1.158	16	6.310
0.912	0.8	1.096	0.126	18	7.943
0.902	0.9	1.109	0.100	20	10.000
0.891	1.0	1.122	0.0316	30	31.62
0.841	1.5	1.189	0.0100	40	100
0.794	2.0	1.259	0.0032	50	316.2
0.708	3.0	1.413	10^{-3}	60	10^{3}
0.631	4.0	1.585	10^{-4}	80	10^{4}
0.562	5.0	1.778	10^{-5}	100	10^{5}

dB-Pa DÖNÜŞÜMÜ BASİT KURALLAR

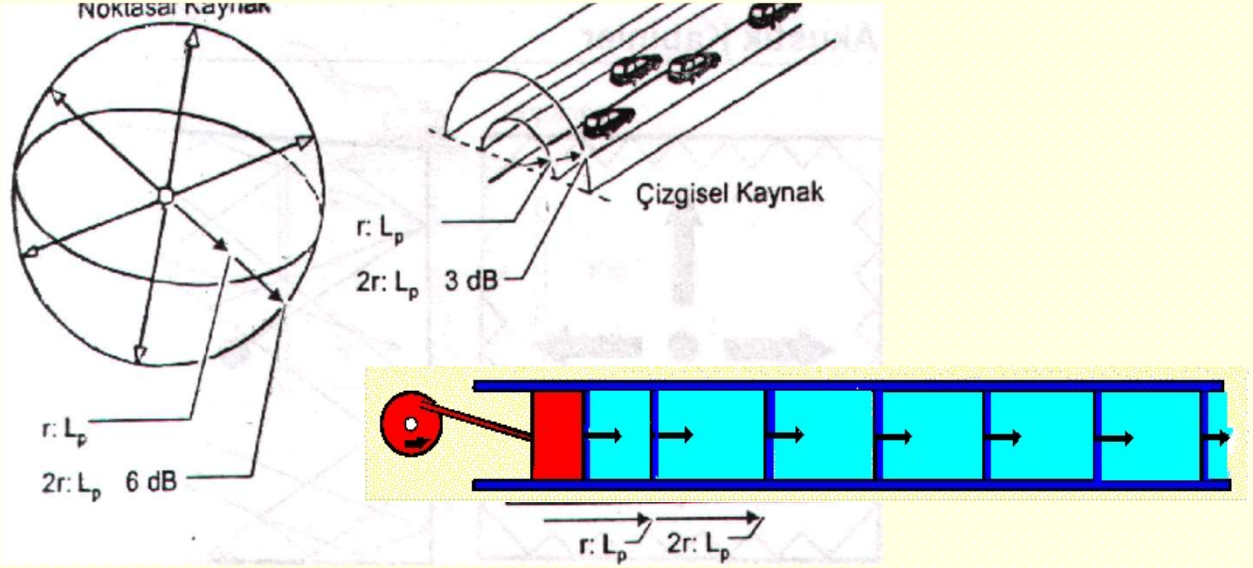
Ses Basıncı Düzeyi

- Ses basıncı düzeyinin tanımında basınçların değil de basınçların karelerinin oranının kullanılma nedeni, dB in genellikle güç oranları için kullanılması ve gücün, basıncın karesiyle orantılı olmasıdır.

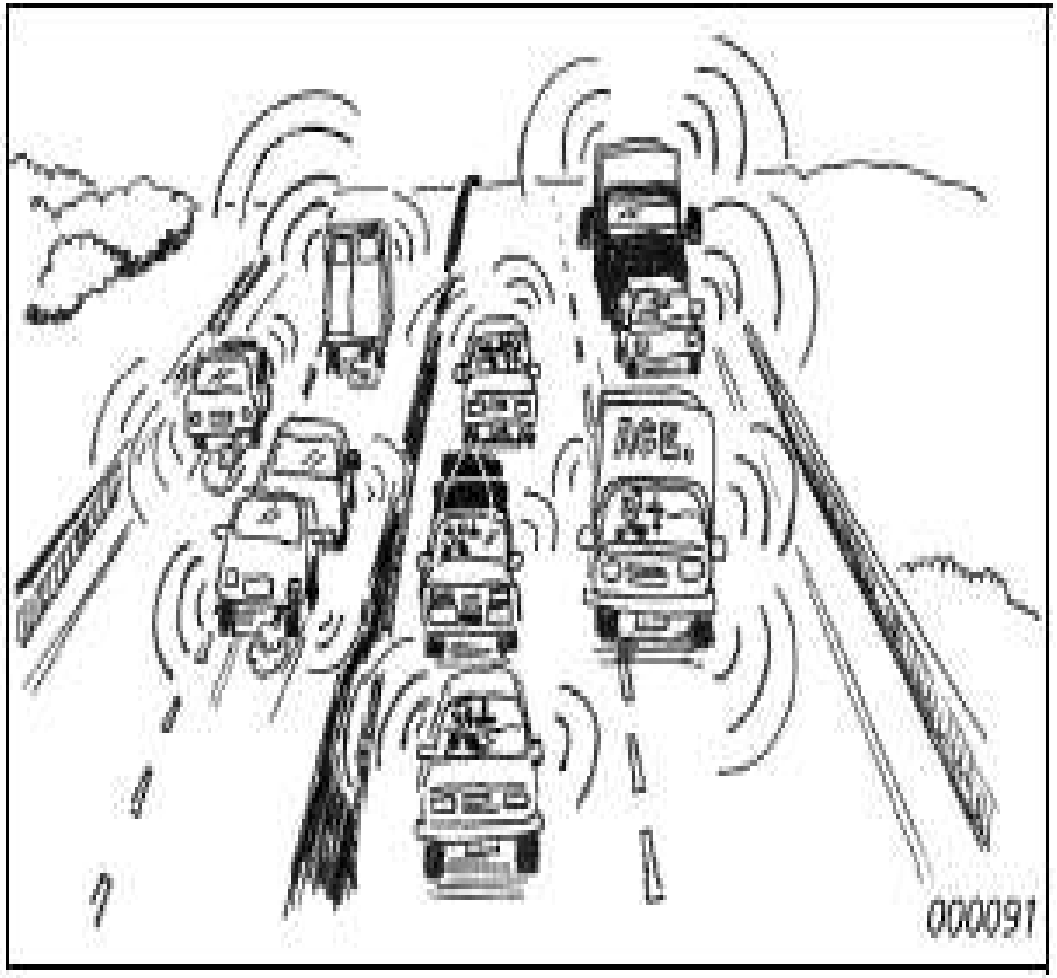


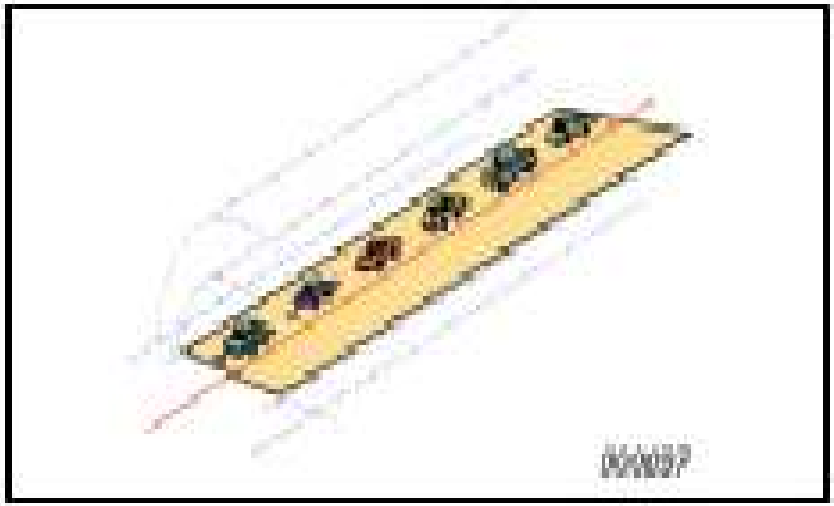


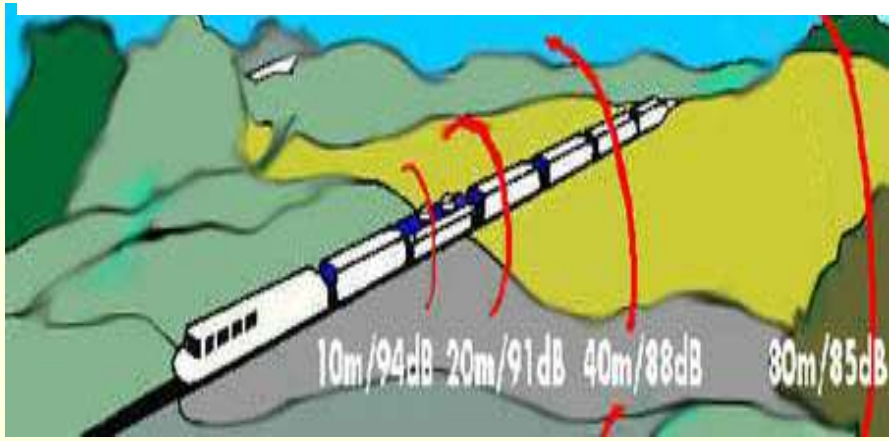
SES KAYNAĞI TÜRLERİ



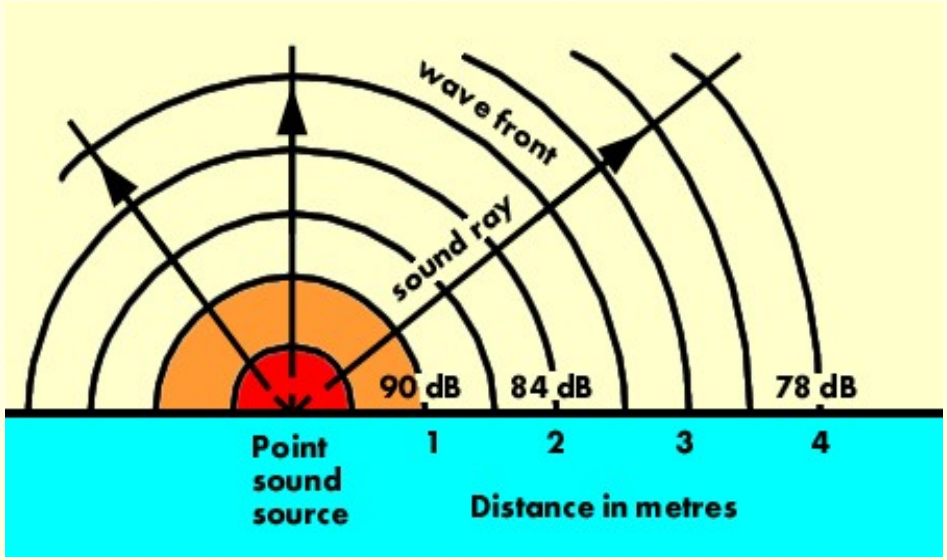
Çizgisel Kaynaklar





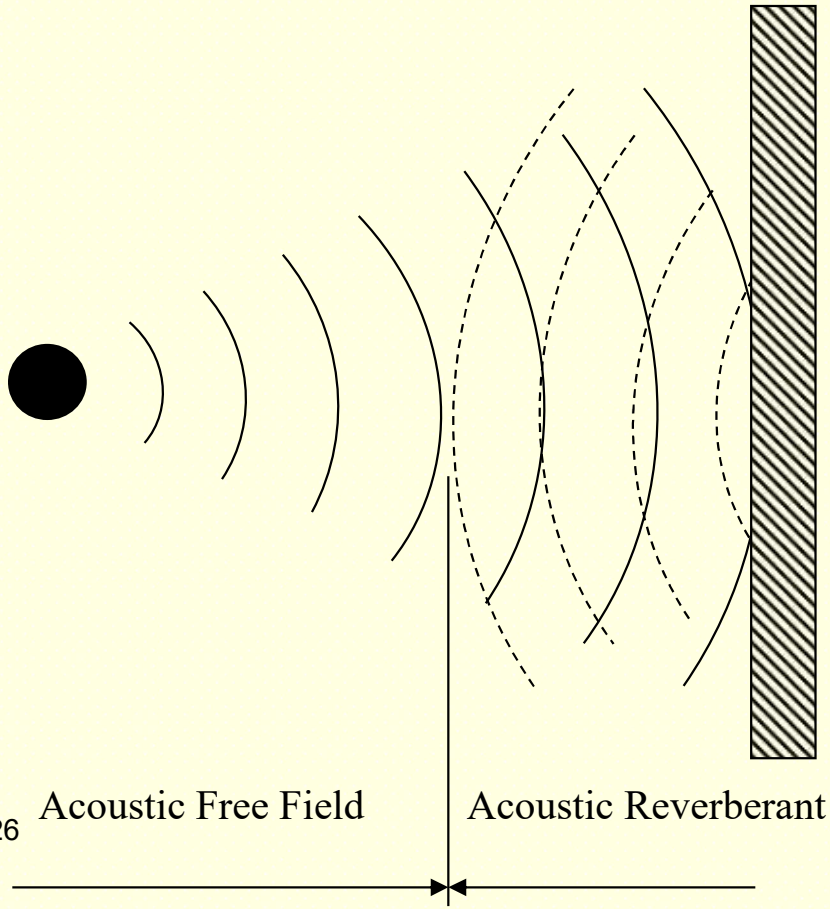


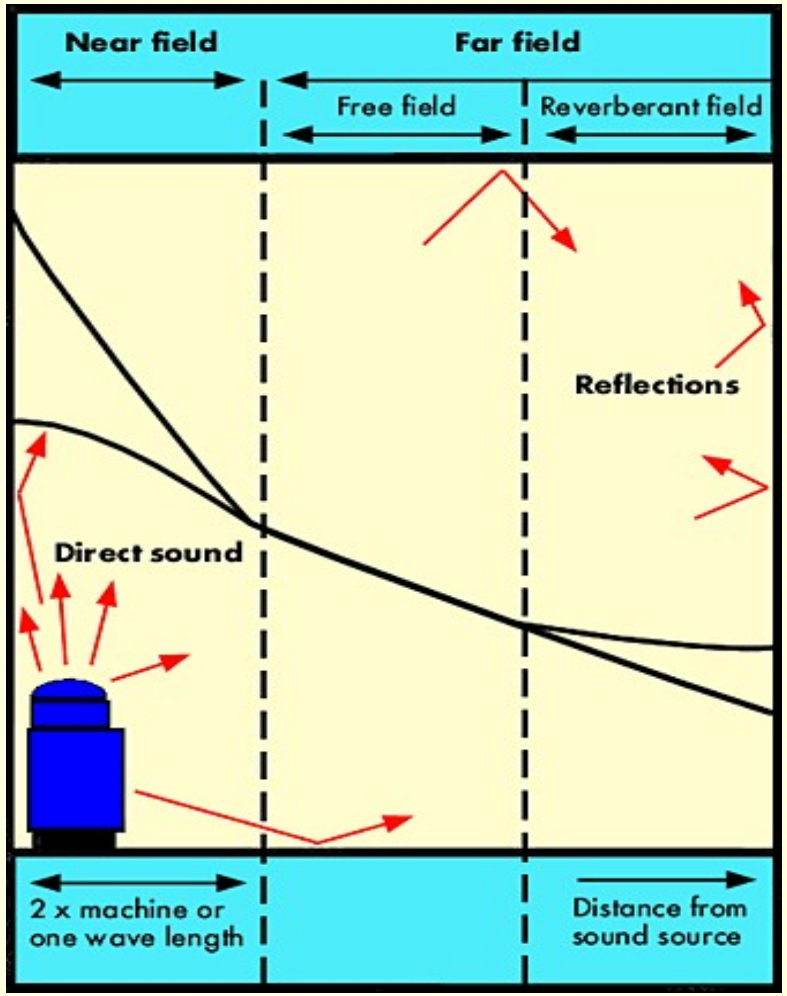
Noktasal kaynaklar



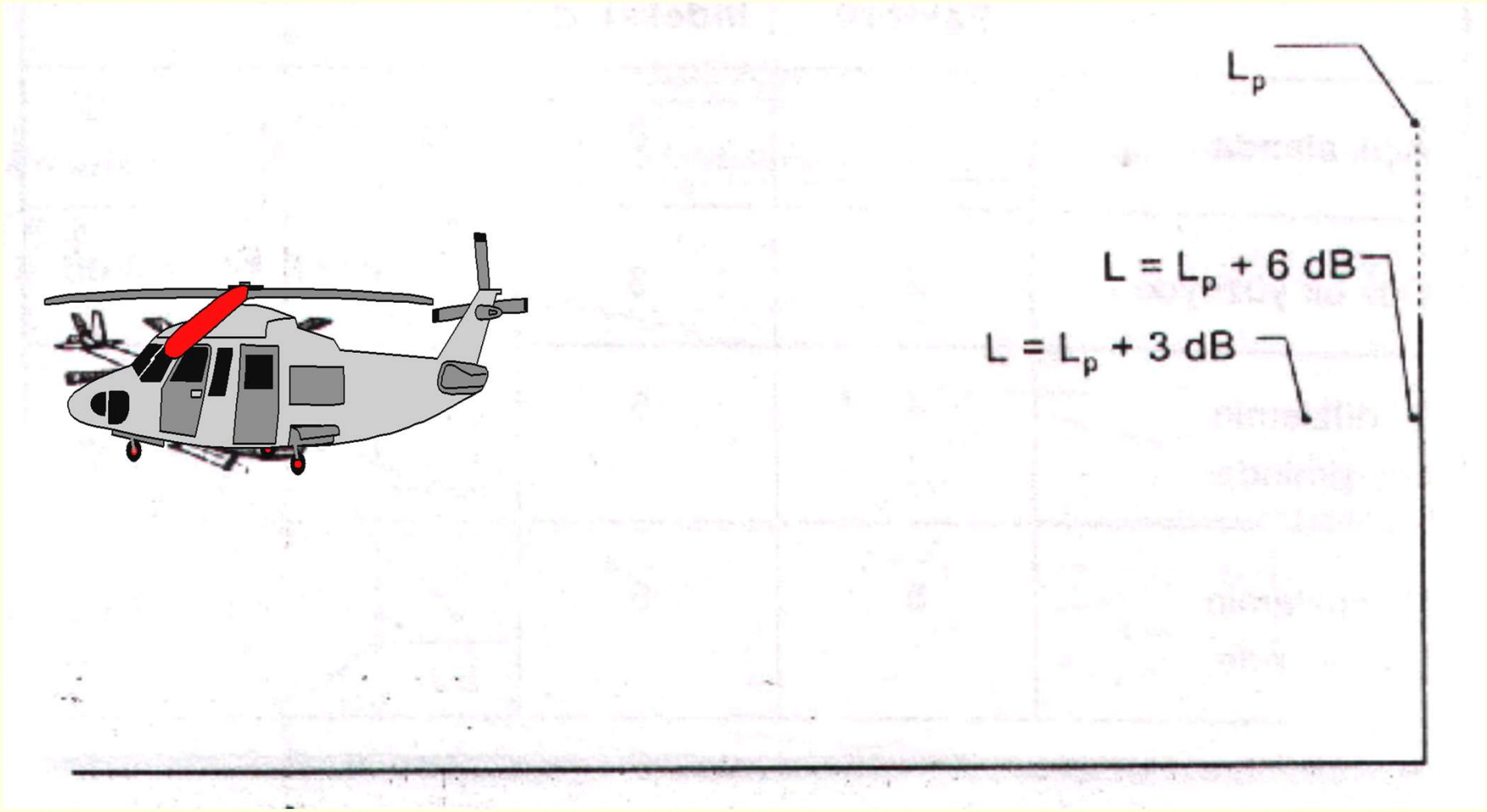
TEMEL SES BİLGİSİ VE TEORİK ESASLAR

Sesin (Radyasyon) Yayılma Alanı ve Yankı Yapması



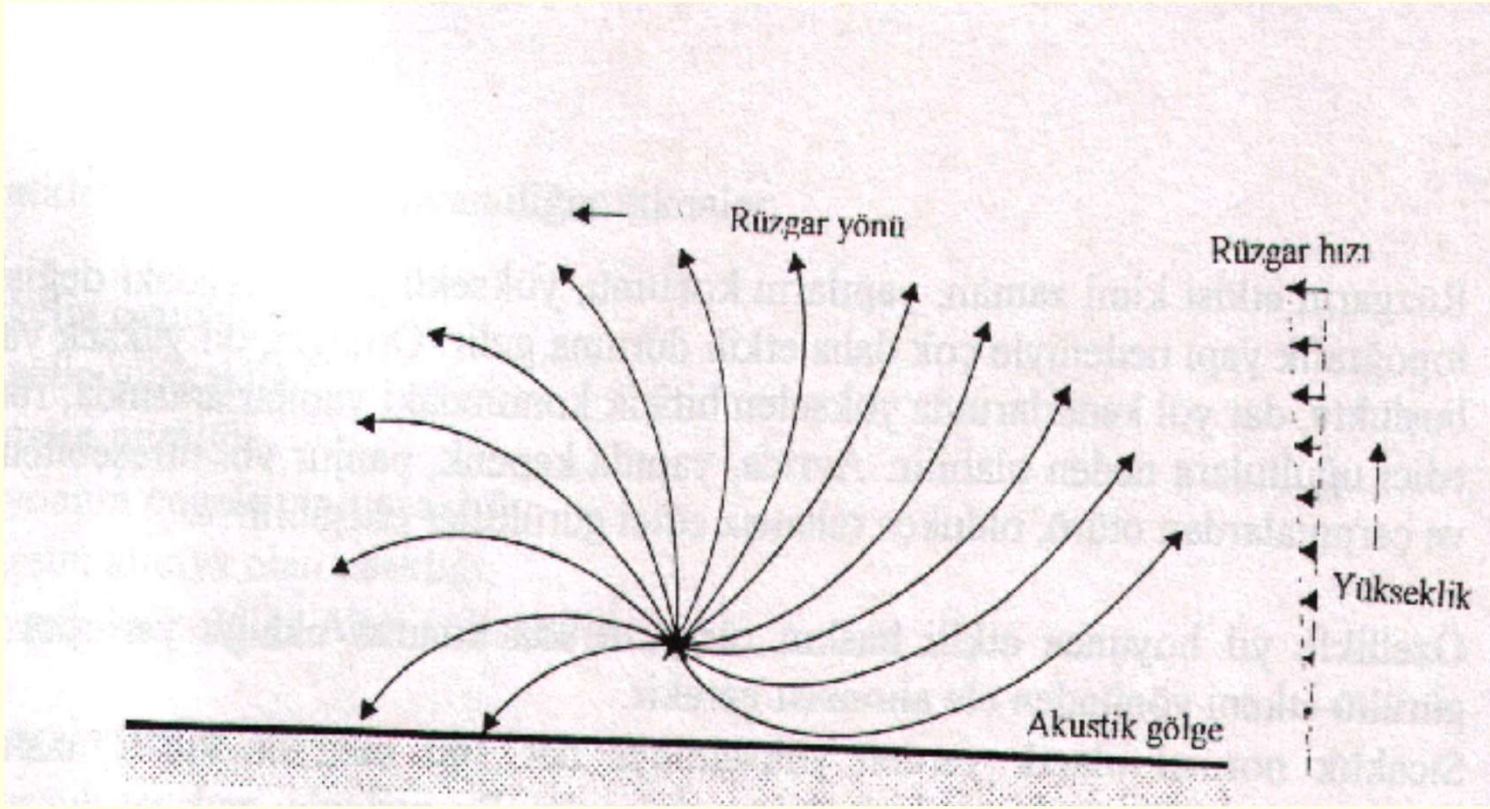


DUVARLARDA BASINÇ ARTIŞI



SESİN YAYILMASINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Rüzgarın Etkisi



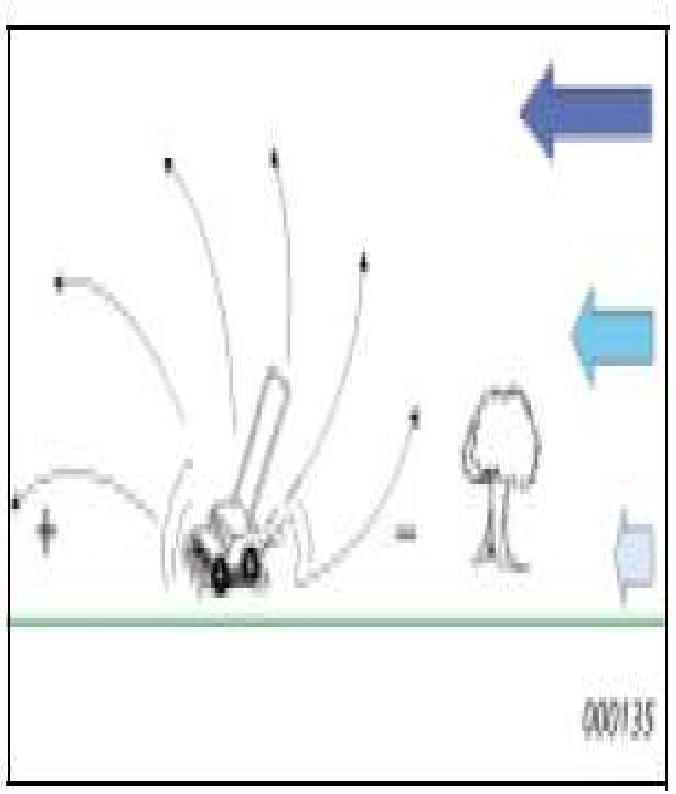
Wind and Temperature

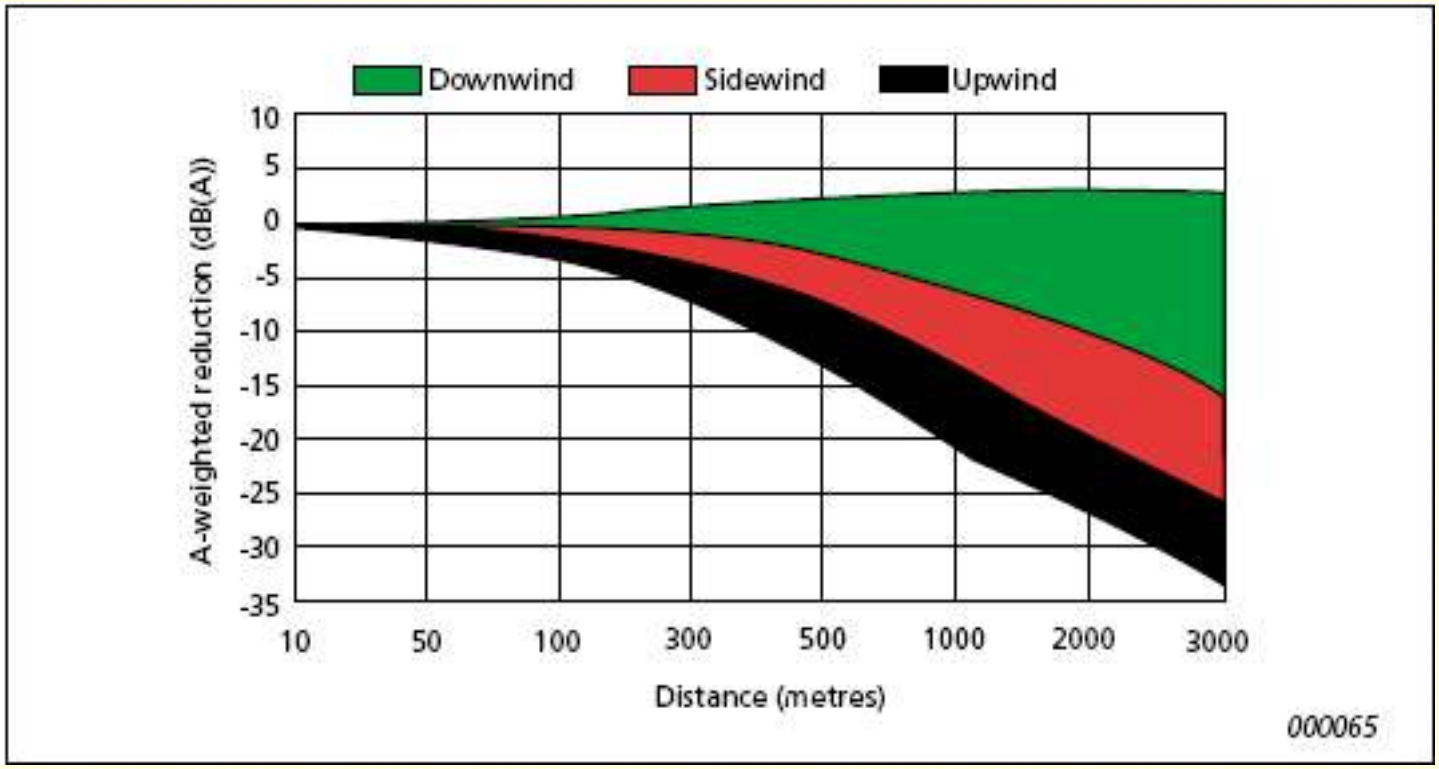
Wind speed increases with altitude, which will bend the path of sound to "focus" it on the downwind side and make a "shadow" on the upwind side of the source.

Why Measure Downwind?

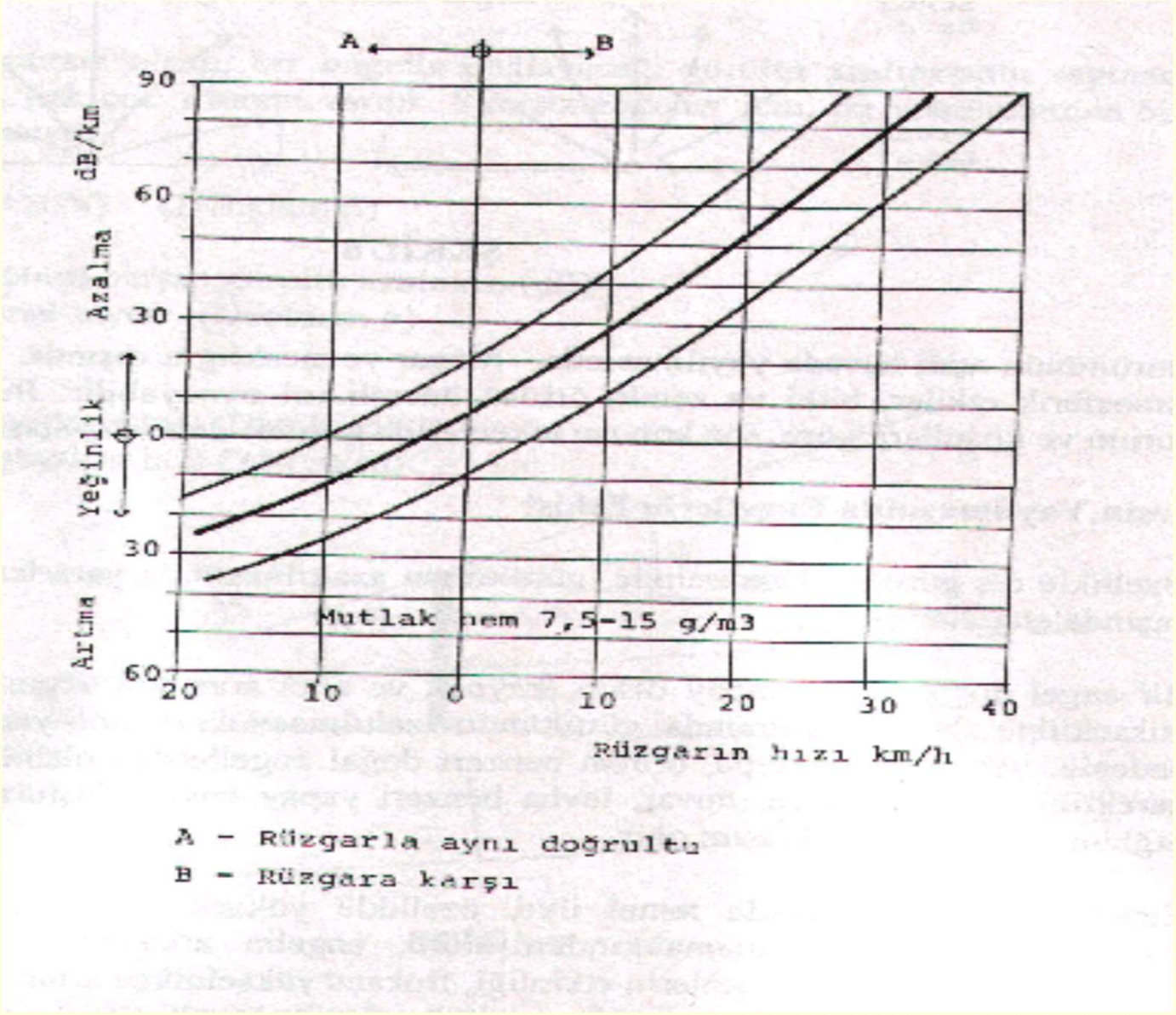
At short distances, up to 50 m, the wind has minor influence on the measured sound level. For longer distances, the wind effect becomes appreciably greater.

Downwind, the level may increase by a few dB, depending on wind speed. But measuring upwind or side-wind, the level can drop by over 20 dB, depending on wind speed and distance. This is why downwind measurement is preferred – the deviation is smaller and the result is also conservative.

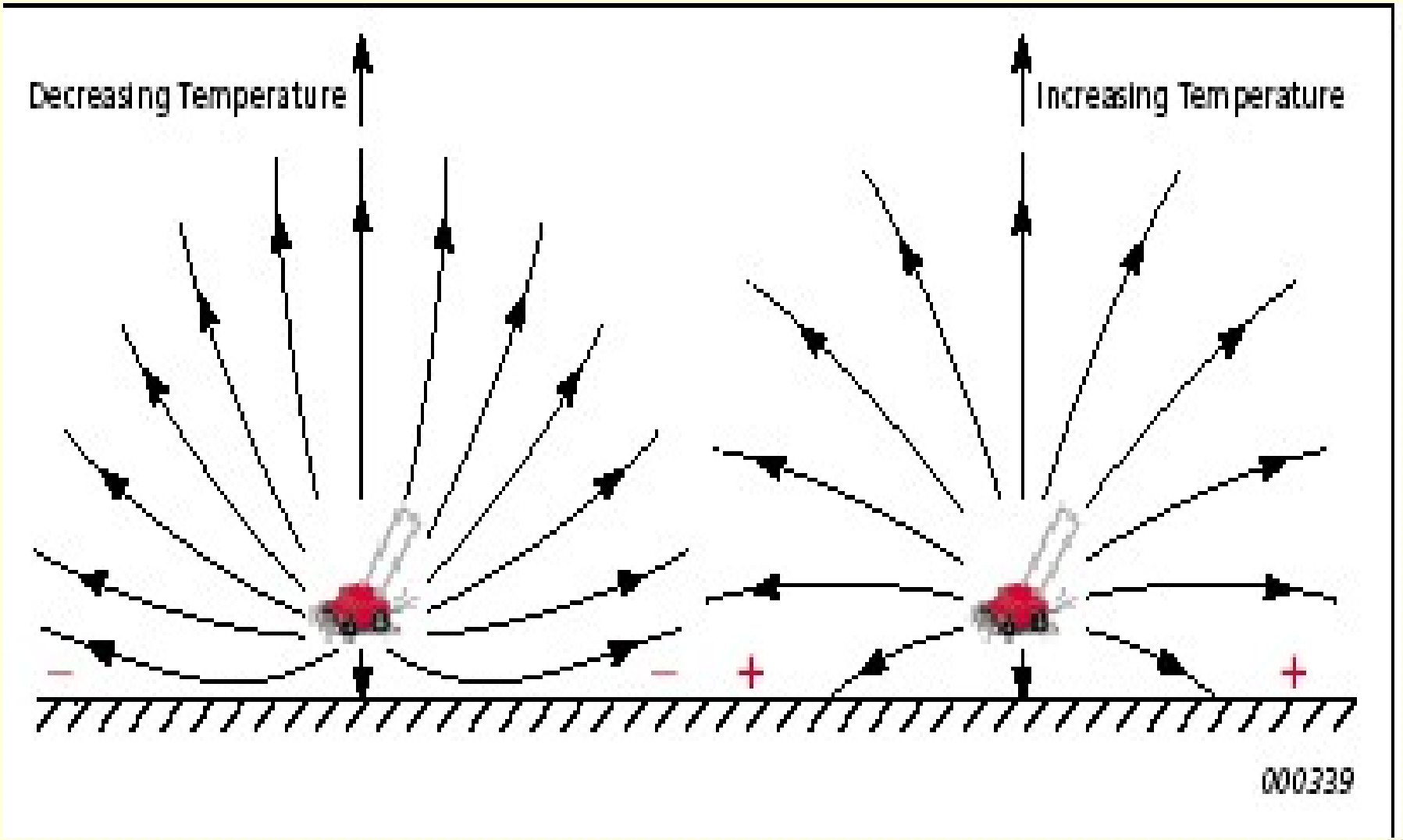



Downwind
Sidewind
Upwind
A-weighted reduction (dB(A))
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
10
50
100
300
500
1000
2000
3000
Distance (metres)
000065

SESİN YAYILMASINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER



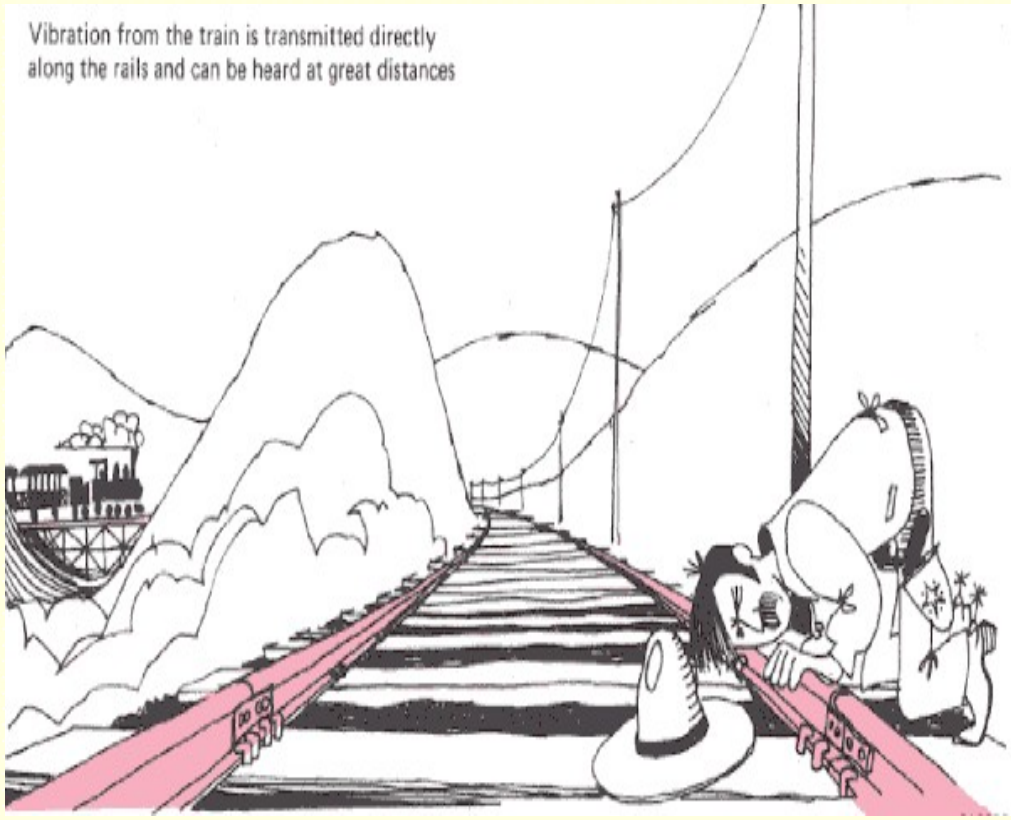
SESİN YAYILMASINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER



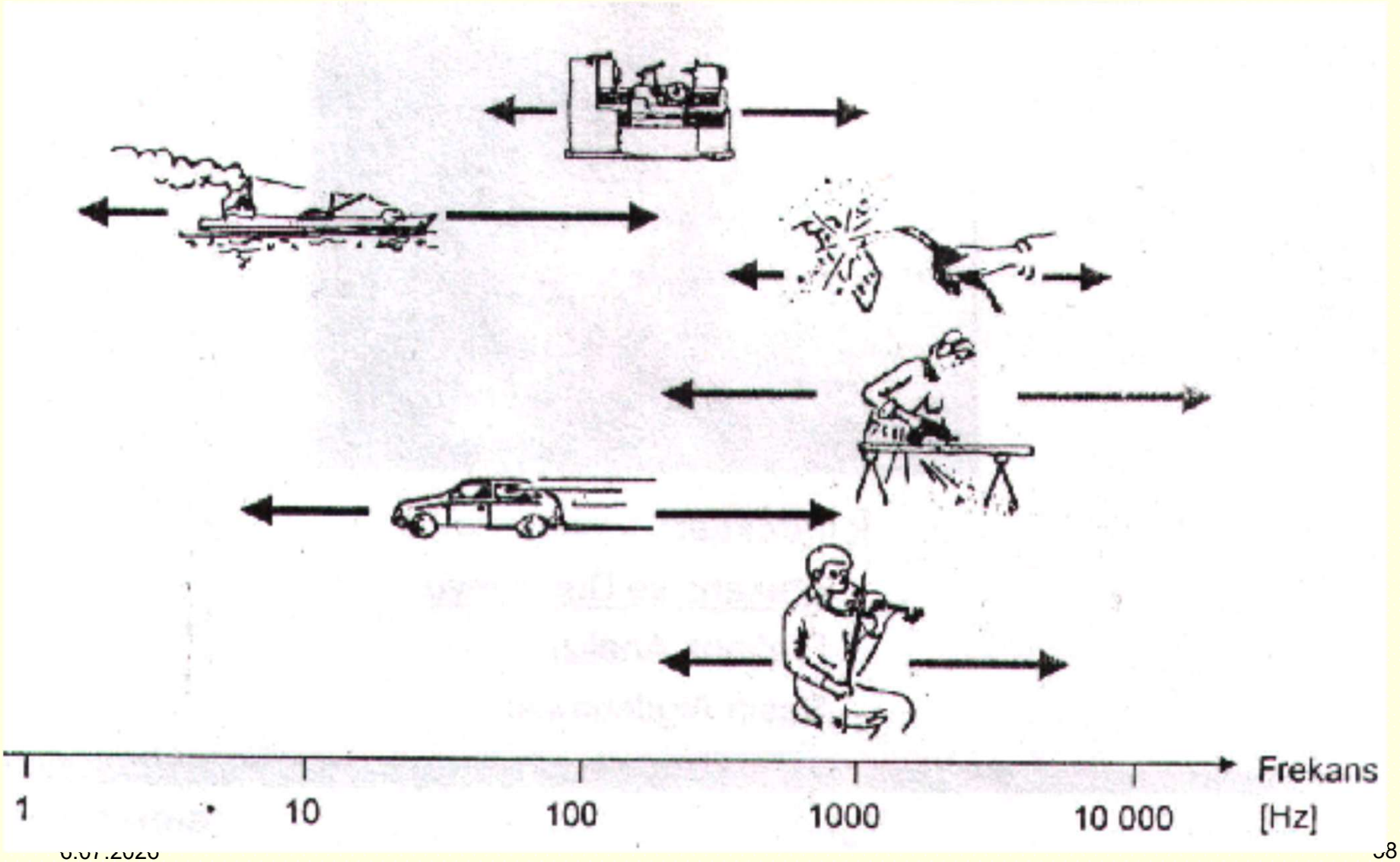
TEMEL SES BİLGİSİ VE TEORİK ESASLAR

Bazı Ortamlarda Sesin Yayılma Hızı (m/s)

Ortam	Yayılma hızı (m/s)
Hava	344
Mantar	500
Kurşun	1200
Su	1400
Sert Kauçuk	1400-2400
Beton	3000-4300
Tahta	3300-4300
Dökme Demir	3700
Çelik-Alüminyum	5100
Cam	5200



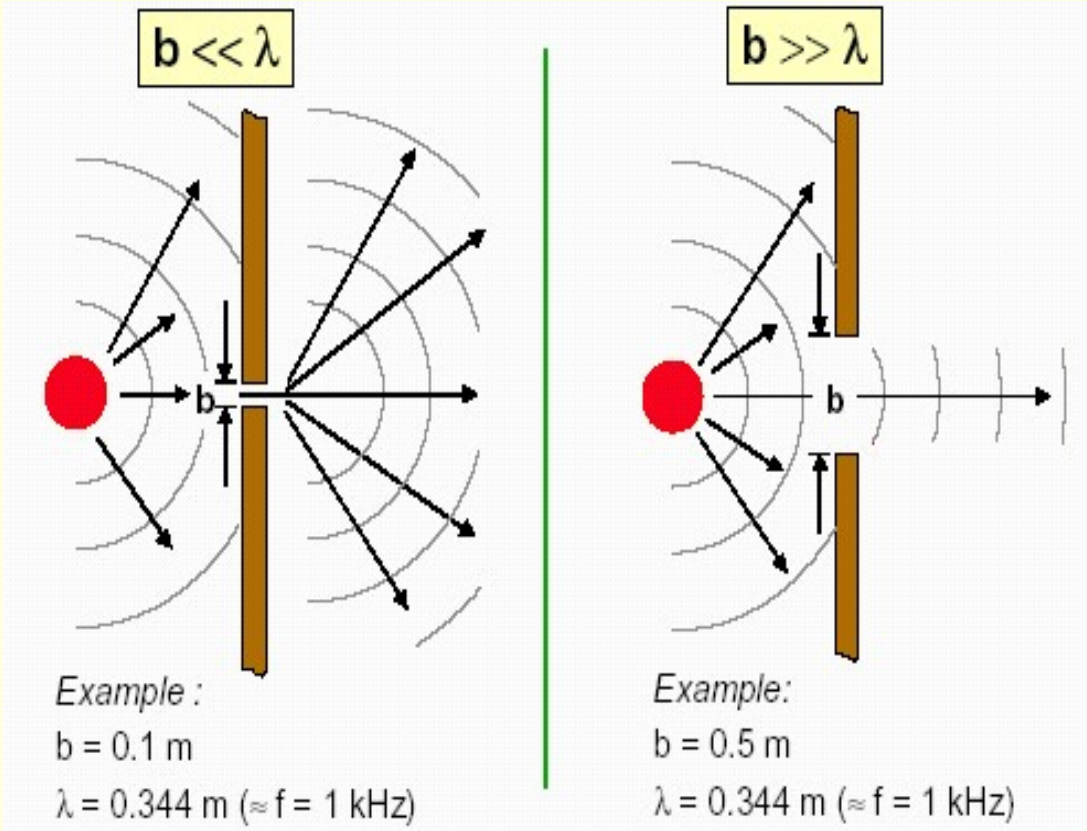
Çeşitli ses kaynaklarının frekans aralığı



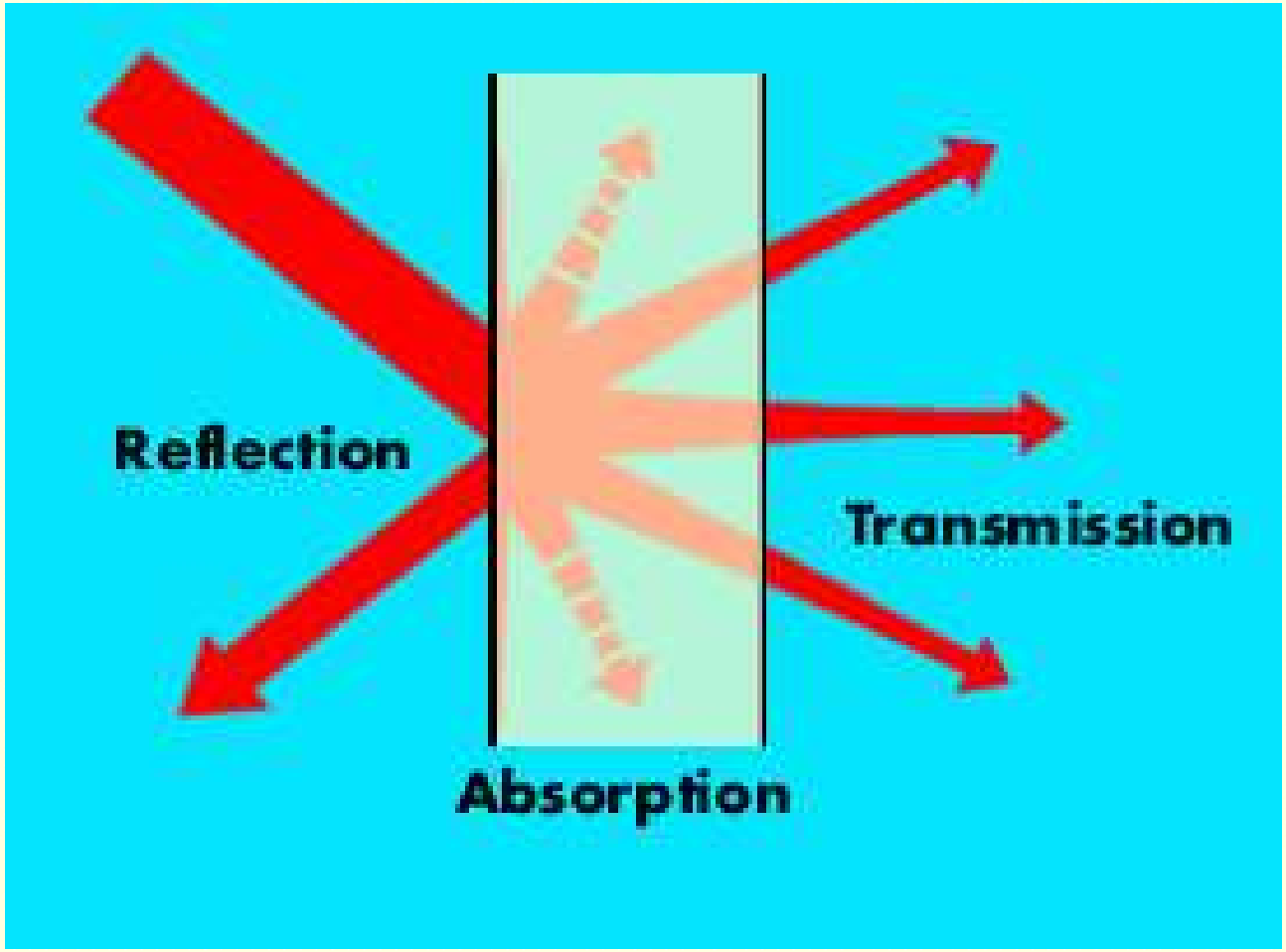
TEMEL SES BİLGİSİ VE TEORİK ESASLAR

Sesin Yayılması

- Yayılma, örneğin bir duvardaki delikten ses geçtiği zaman meydana gelir.
- Eğer delik sesin dalga boyundan küçük ise delikten geçen ses çok yönlü olarak orijinal ses kaynağına benzer şekilde tekrar yayılacaktır.
- Delik sesin dalga boyundan daha büyük boyuta sahip olduğu zaman ise ses ihmal edilebilir bir bozulmayla delik içinden geçer.



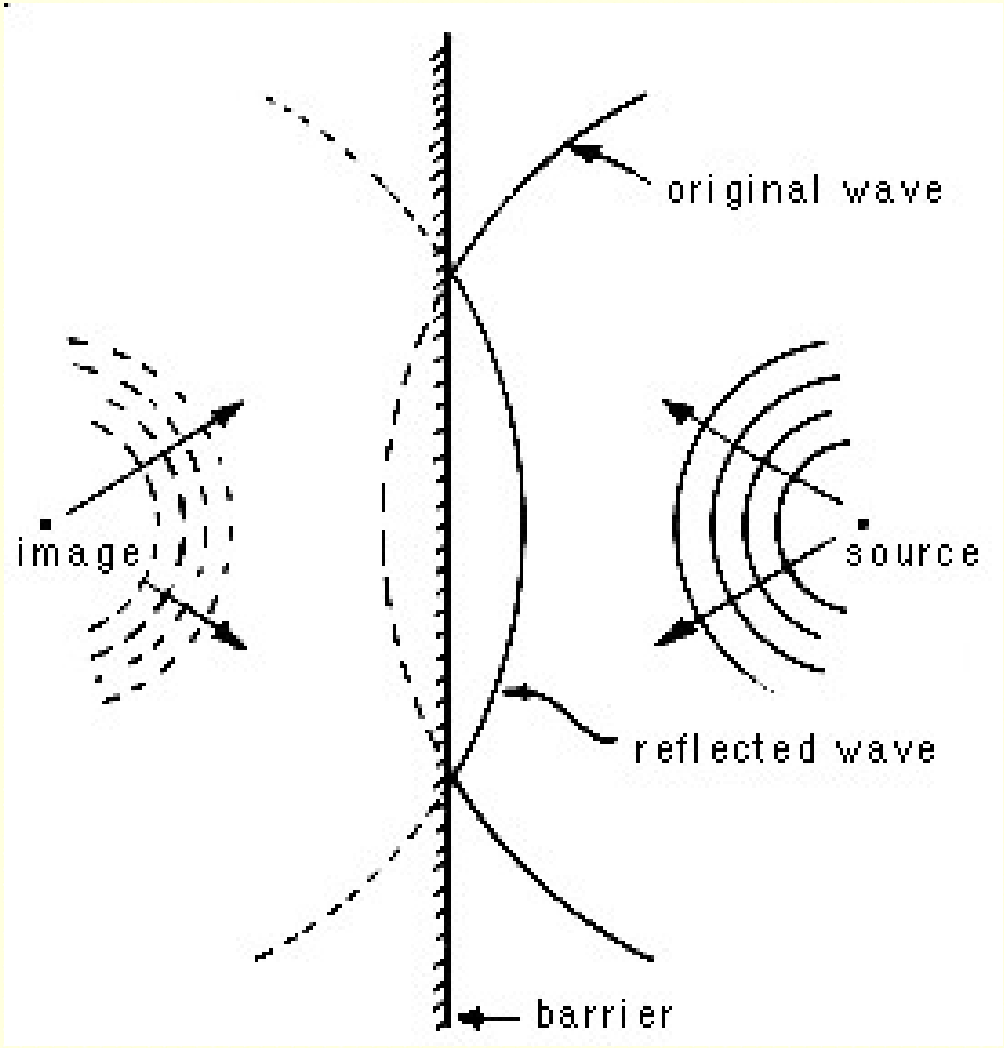
TEMEL SES BİLGİSİ VE TEORİK ESASLAR



TEMEL SES BİLGİSİ VE TEORİK ESASLAR

Sesin Yansıması

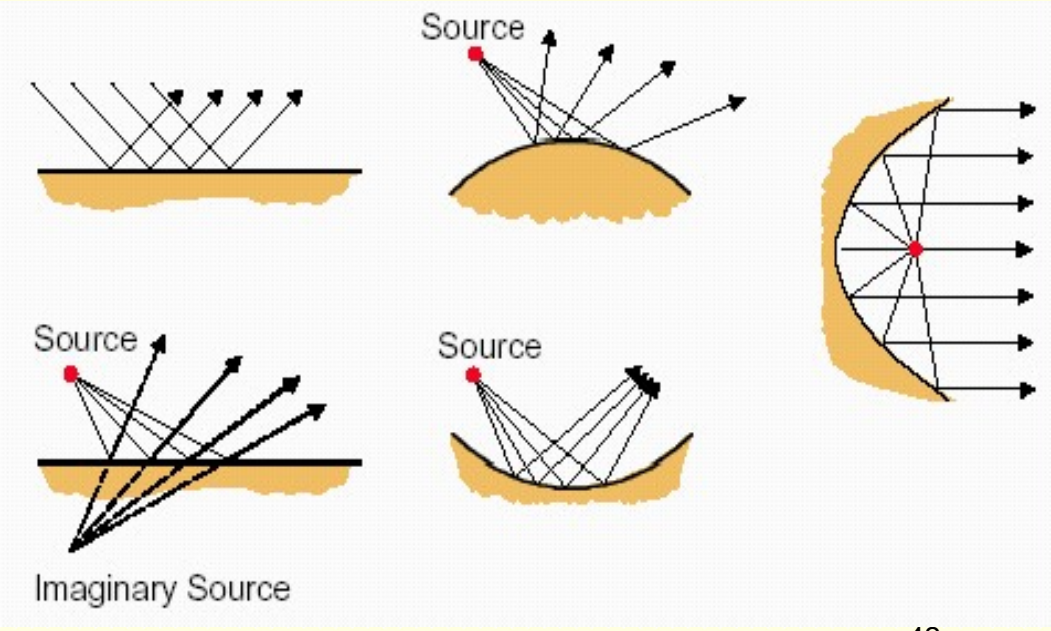
- Ses dalga boyuna göre daha büyük bir engele çarparsa yansıma meydana gelir.

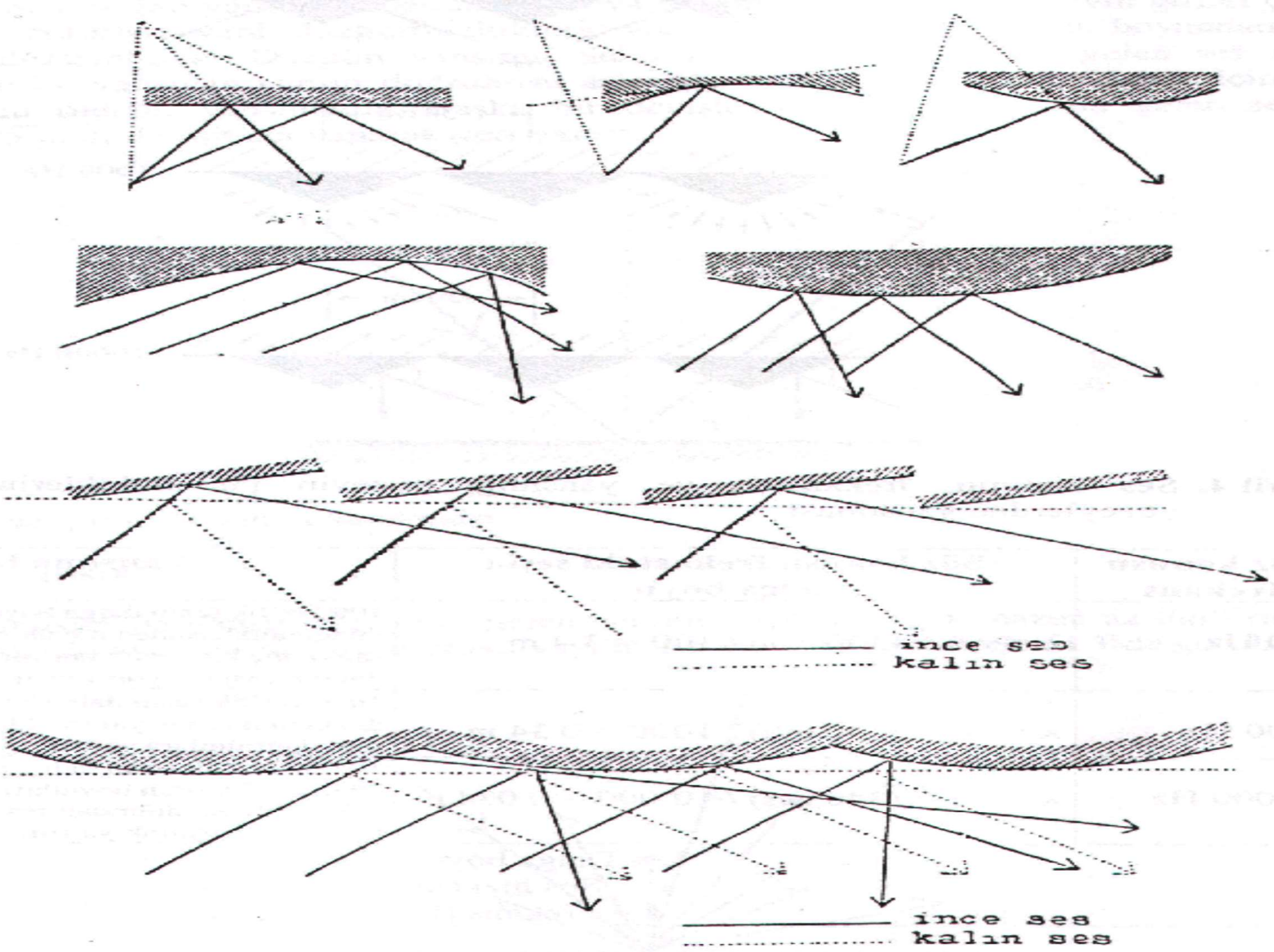


TEMEL SES BİLGİSİ VE TEORİK ESASLAR

Sesin Yansıması

- Eğer engel çok az bir sönüme sahip ise, yansıyan sesin tamamı gelen sesin enerjisi ile aynı enerjiye sahip olacaktır. Bu çınlama (eko) odaları inşa edilirken kullanılan en önemli tasarım prensiplerinden birisidir.
- Eğer yansıtma yüzeyindeki yüksek sönümlemeden dolayı yansıyan enerjinin hemen hemen hepsi kaybolursa, bu durum sessiz oda (yankısız oda) da meydana gelen duruma yakın olur.

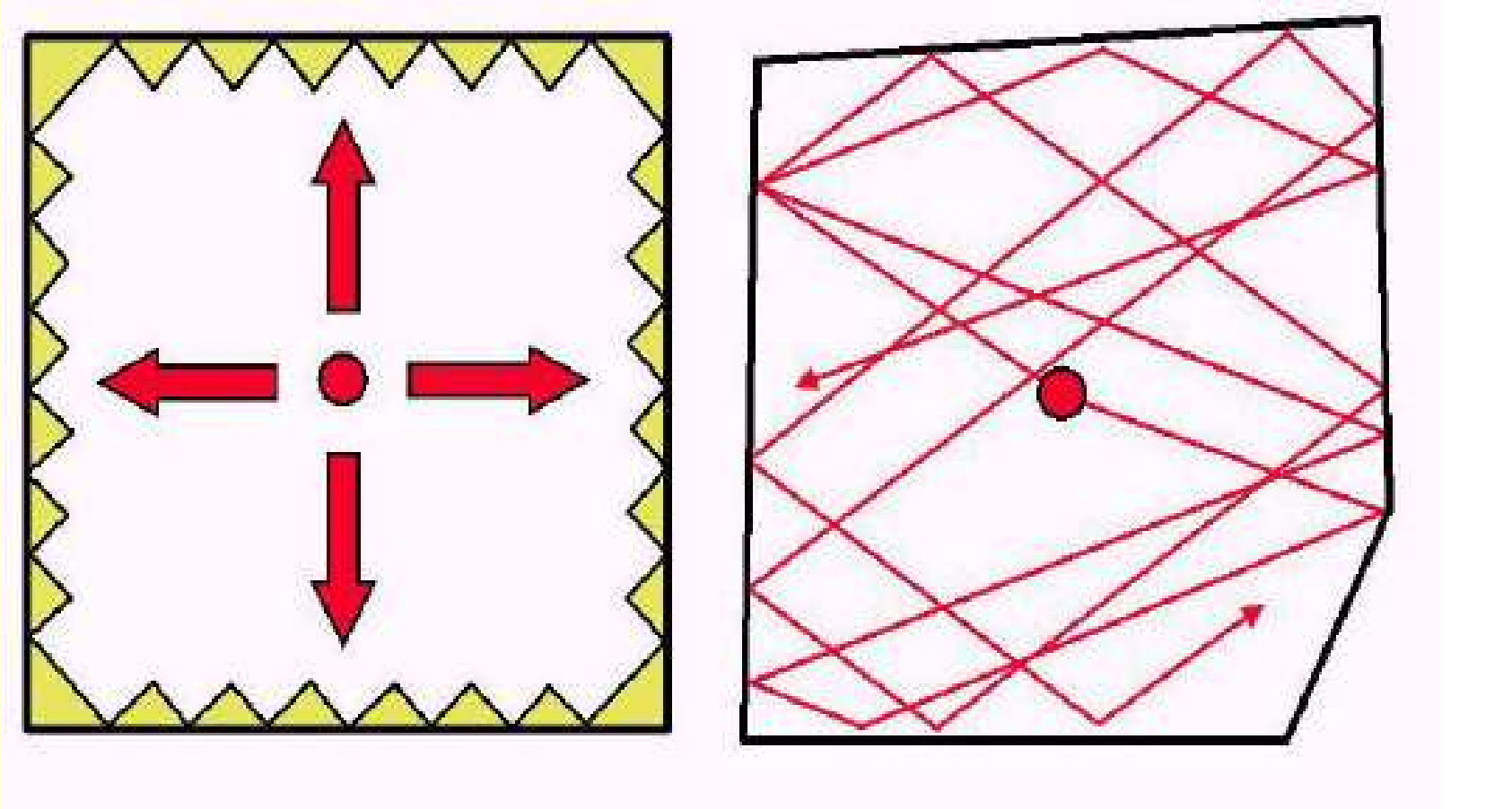




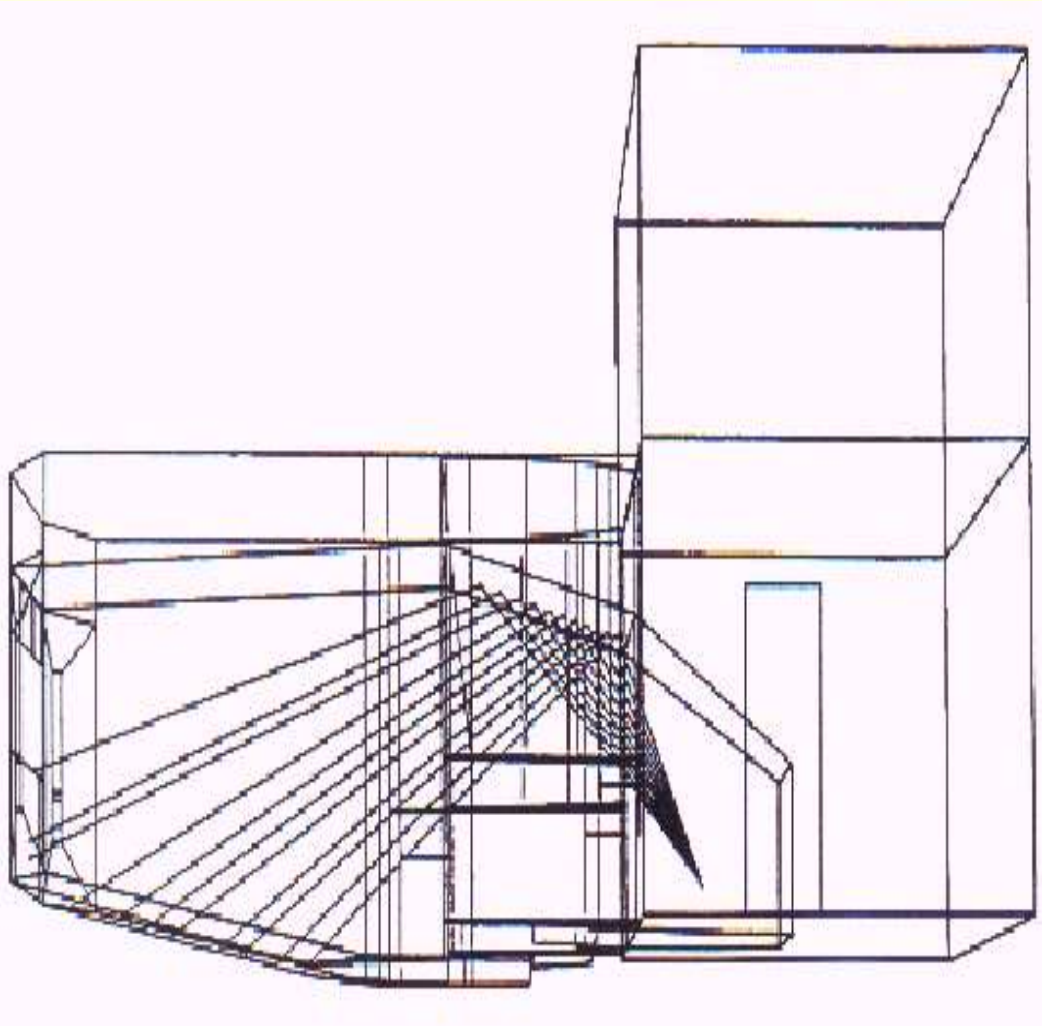
. Düz, içbükey, dışbükey ve kırıklı yüzeylerde ince ve kalın seslerin yansıması

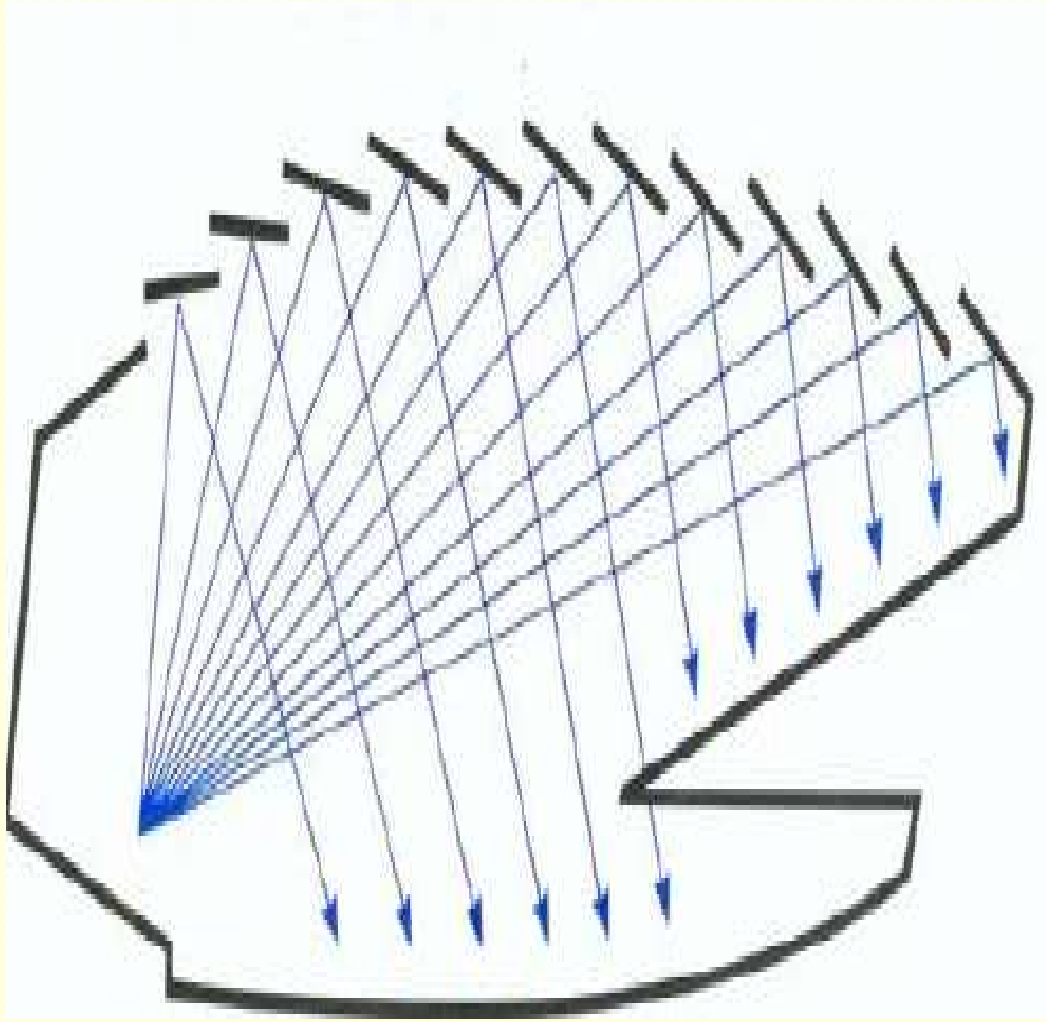
KAPALI SES KABİNLERİ

Symbolisation of a free-field and a reverberant-field

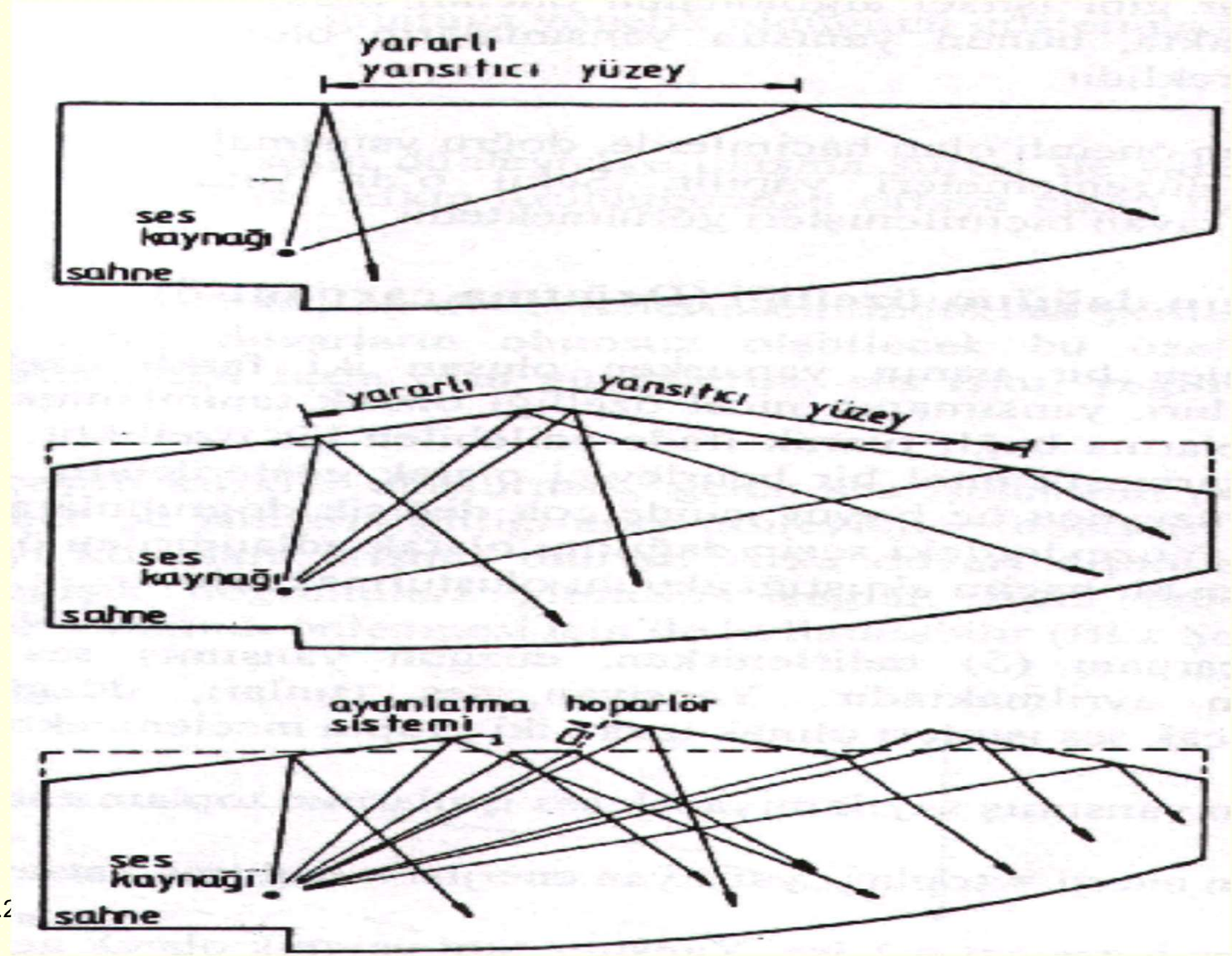


İDEAL BİR ODİTORYUM DİZAYNI



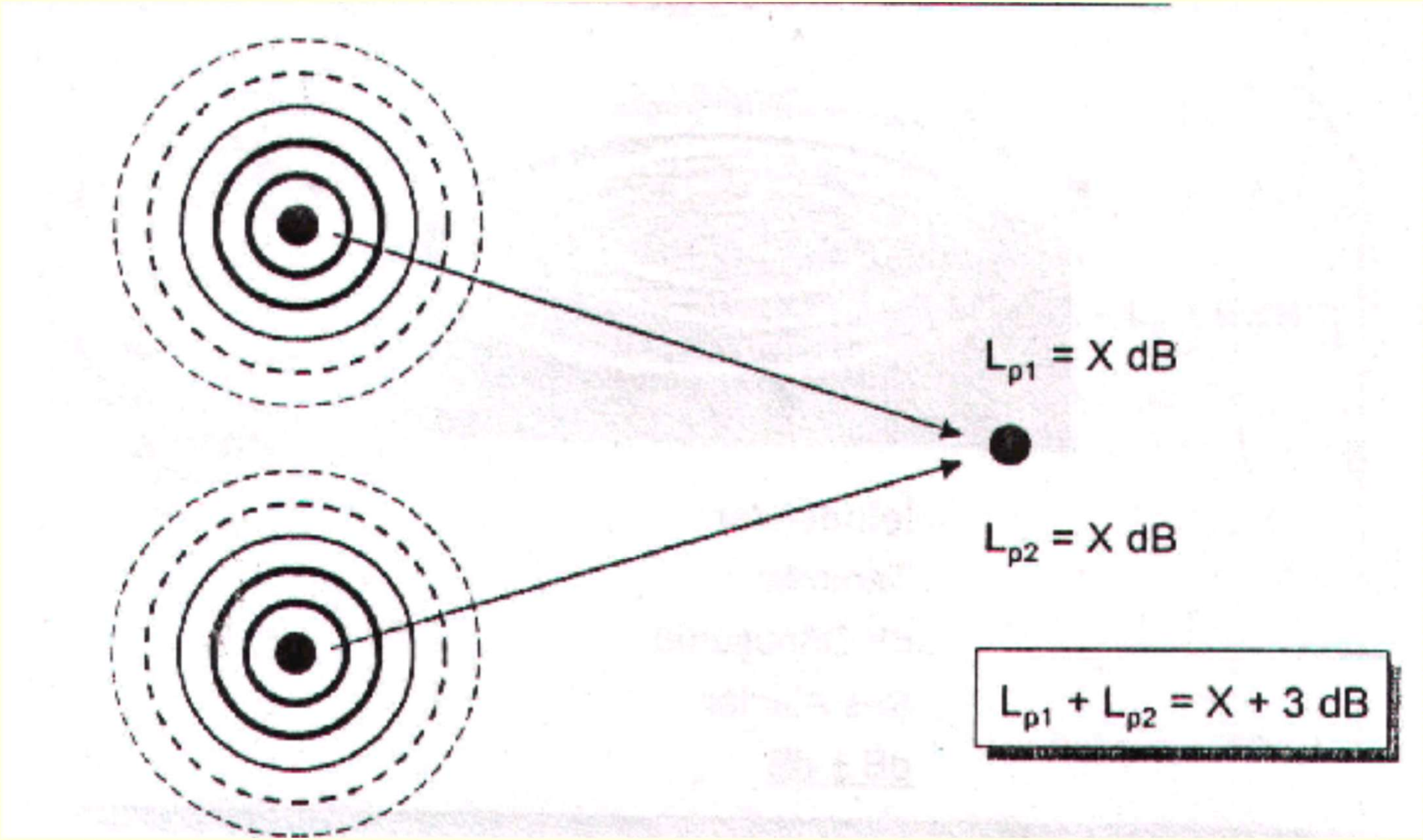


YARARLI YANSIMALARIN ARTIRILMASINA YÖNELİK TAVAN ÇALIŞMALARI

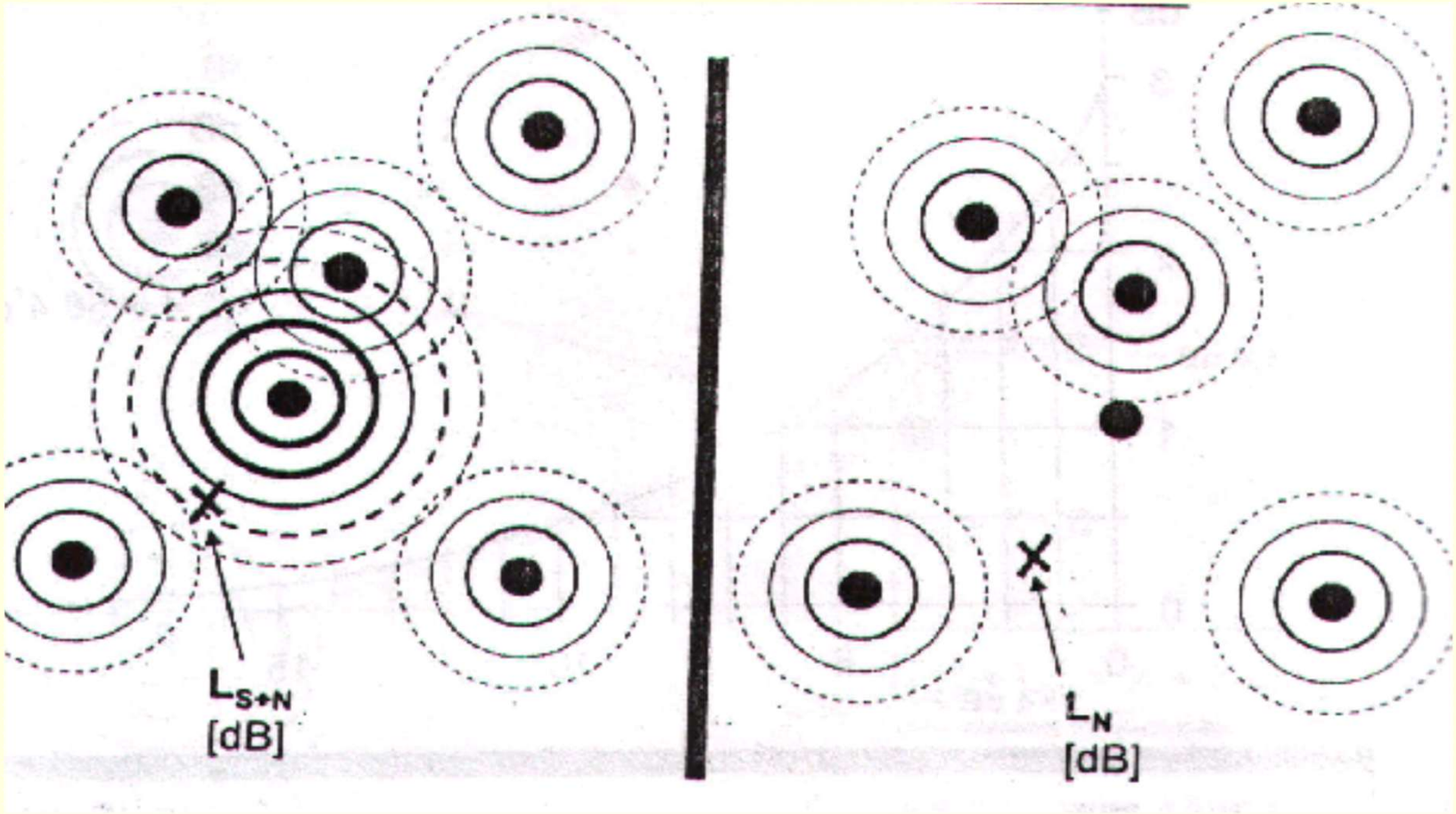


SES DÜZEYLERİNİN TOPLANMASI VE ÇIKARILMASI

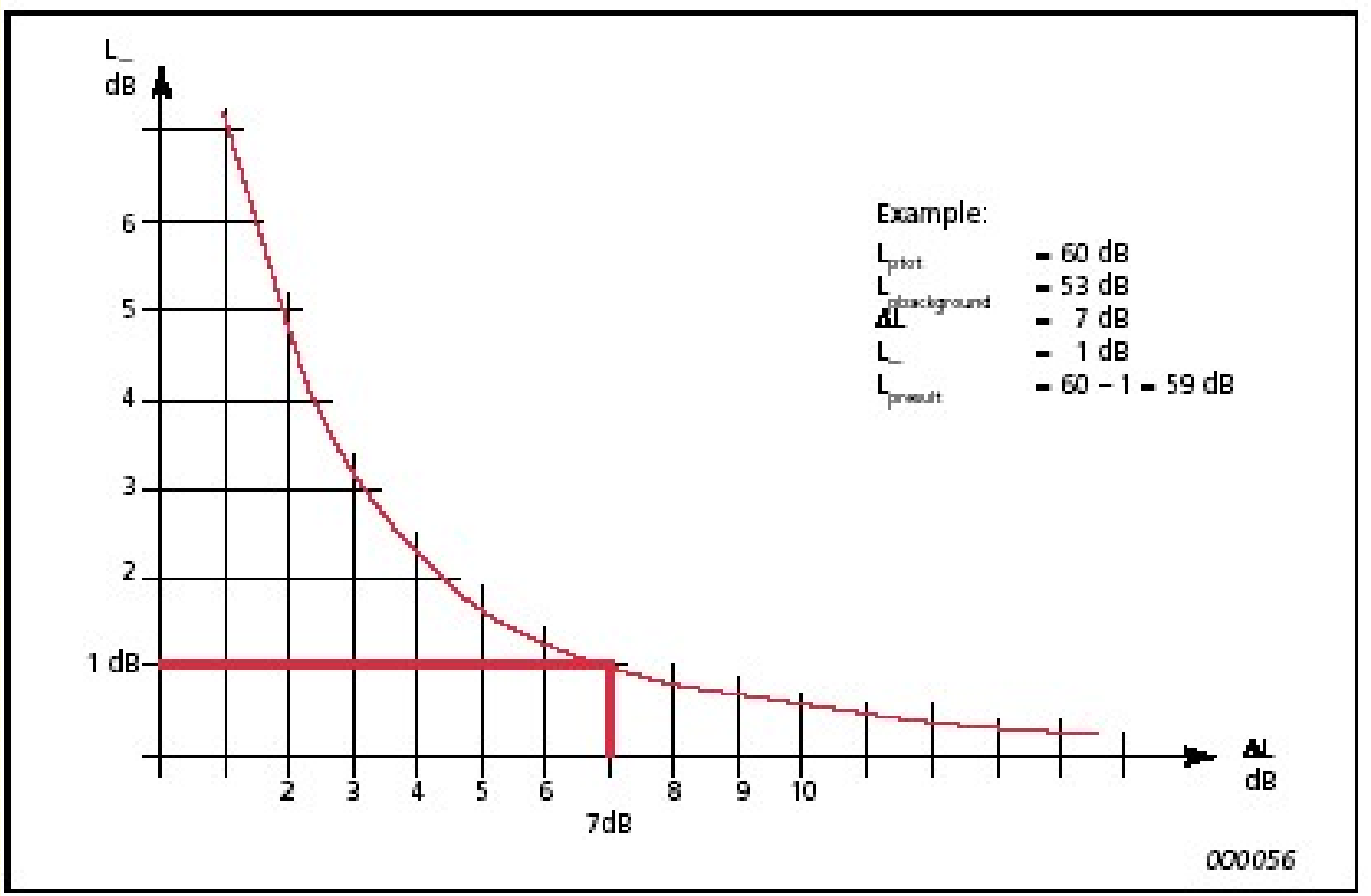
İKİ SES KAYNAĞI



Gürültü düzeylerinin çıkarılması



dB değerlerinin çıkarılması

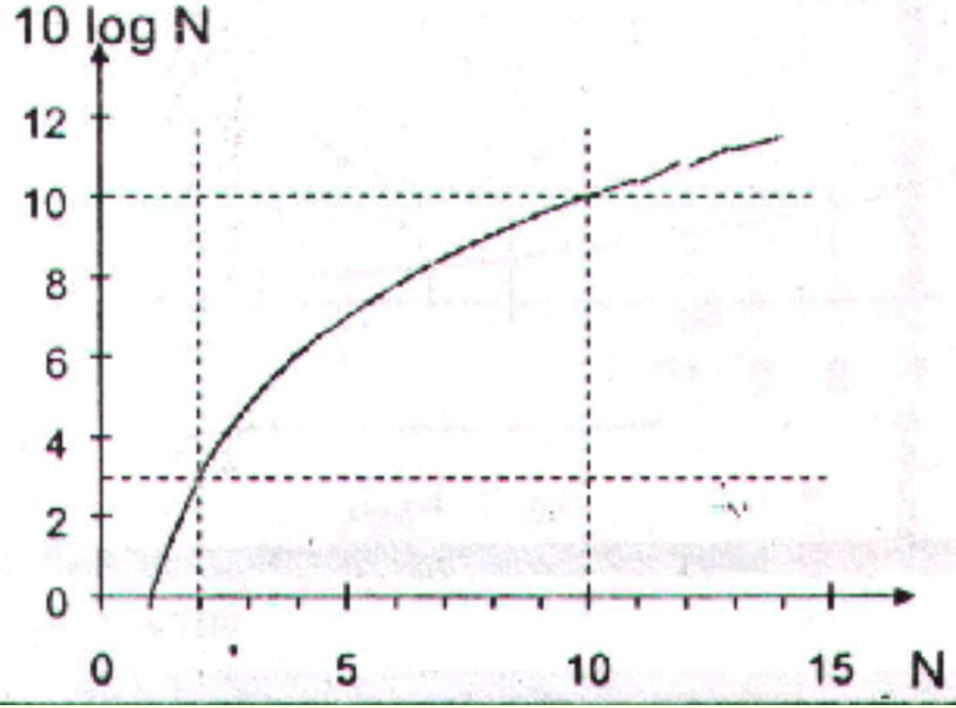


Birden fazla dB değerinin toplanması

Ses Düzeylerinin Toplanması : $L_1 + L_2 ..... + L_N = ?$

$L_1 = L_2 = L_3 ..... = L_N$ için

L_{Total} L_1 10 logN



Örnekler:

N = 2: $L_{Toplam} = L_1 + 3$ dB

N = 10: $L_{Toplam} = L_1 + 10$ dB

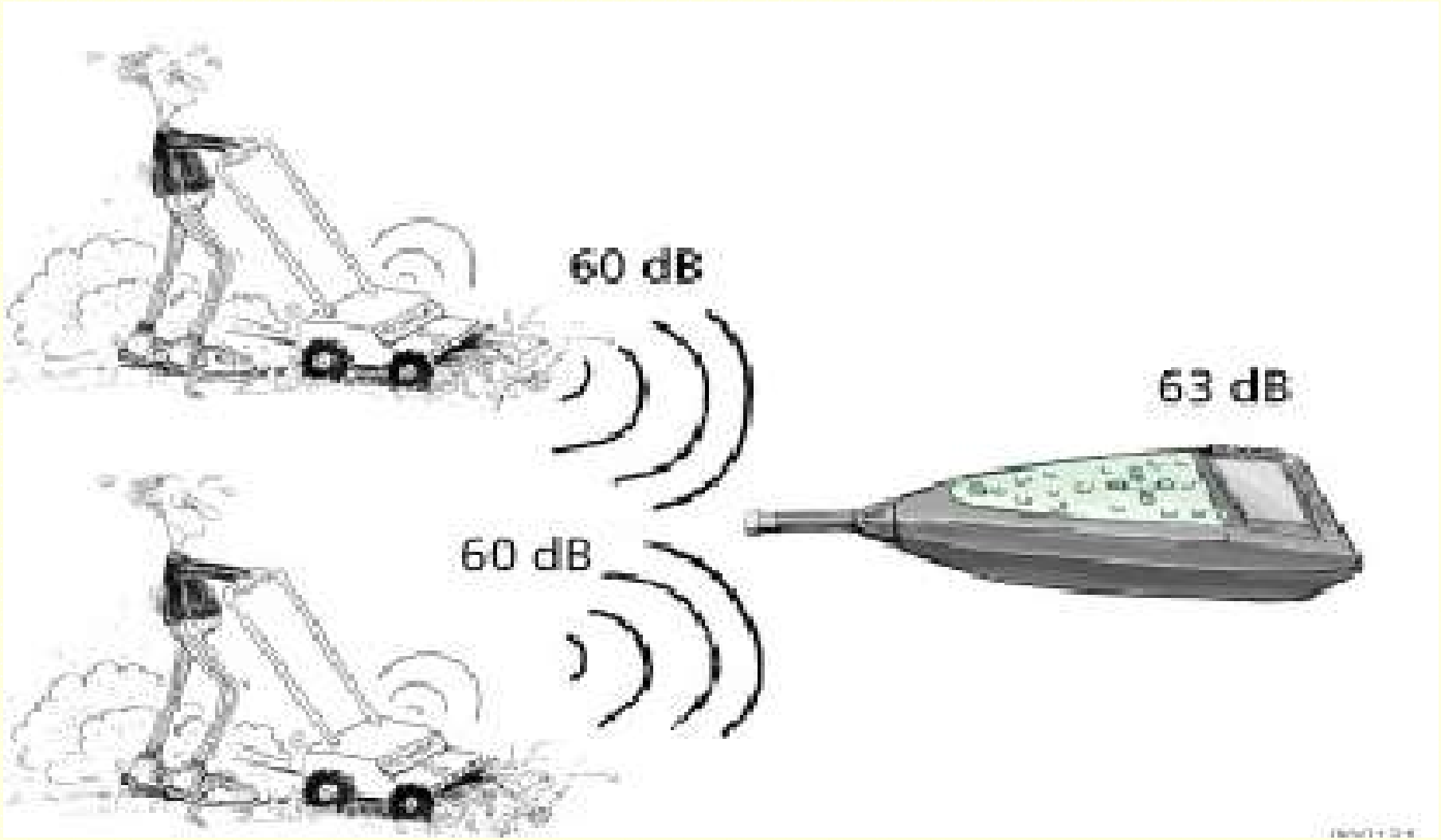
İki sesin düzey farkı (dB)	Yüksek olana eklenecek değer (dB)
0	3.0
1	2.5
2	2.1
3	1.8
4	1.5
5	1.2
6	1.0
7	0.8
8	0.6
9	0.5
10	0.4

Ses düzeyleri farklı kaynaklar için, yüksek düzeyli kaynağa eklenecek değerler

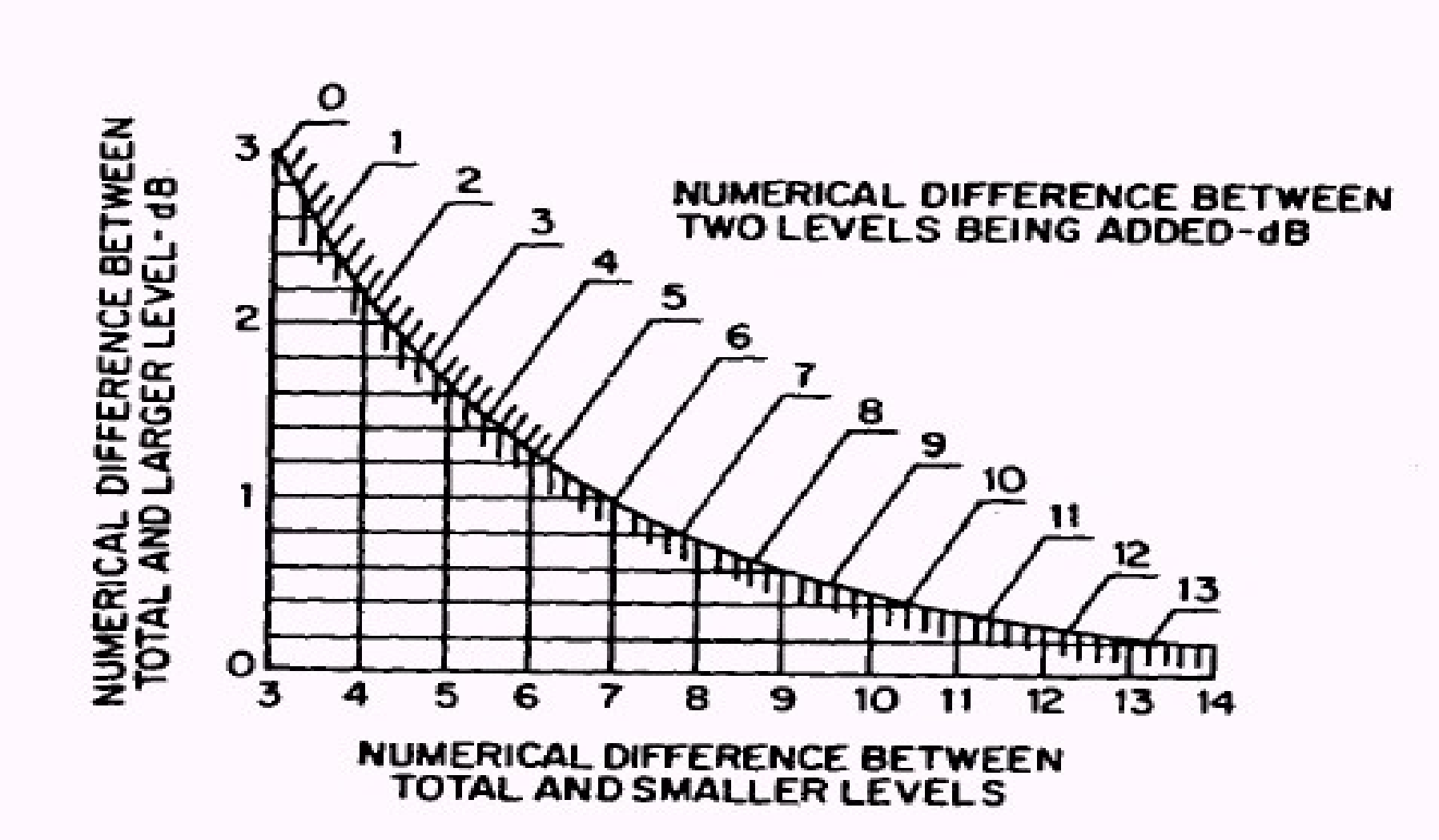
Ses kaynağı sayısı	Toplam düzey (dB)
1	N
2	N+3
3	N+5
4	N+6
5	N+7
6	N+8
7	N+8.5
8	N+9
9	N+9.5
10	N+10
...	...
...	...
n	N+10logn

N = Bir ses kaynağının ses düzeyi (dB)
n = Kaynak sayısı

Aynı düzeydeki birden çok kaynağın oluşturduğu toplam ses düzeyi

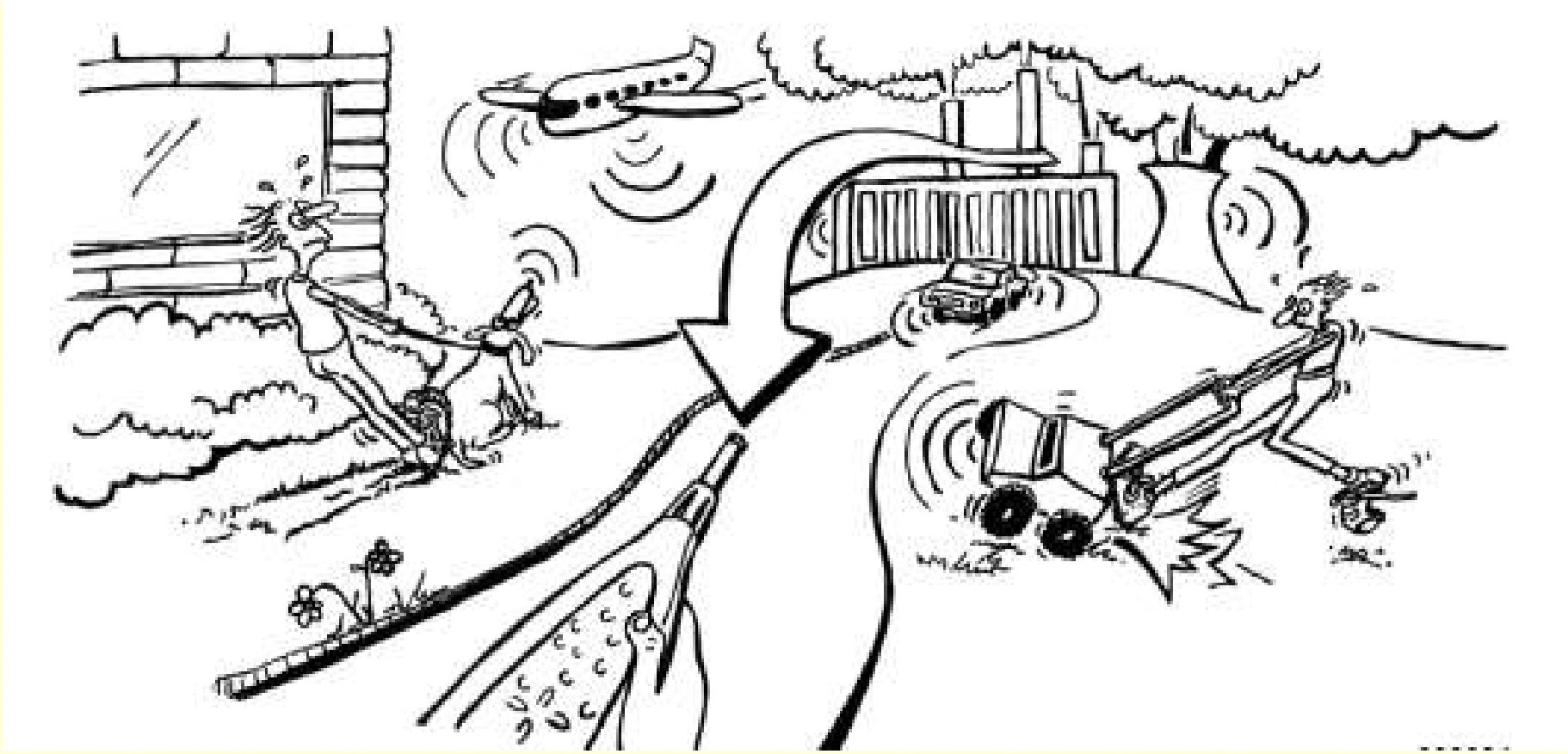

60 dB
63 dB
60 dB

Birden fazla gürültünün grafik metotla toplanması

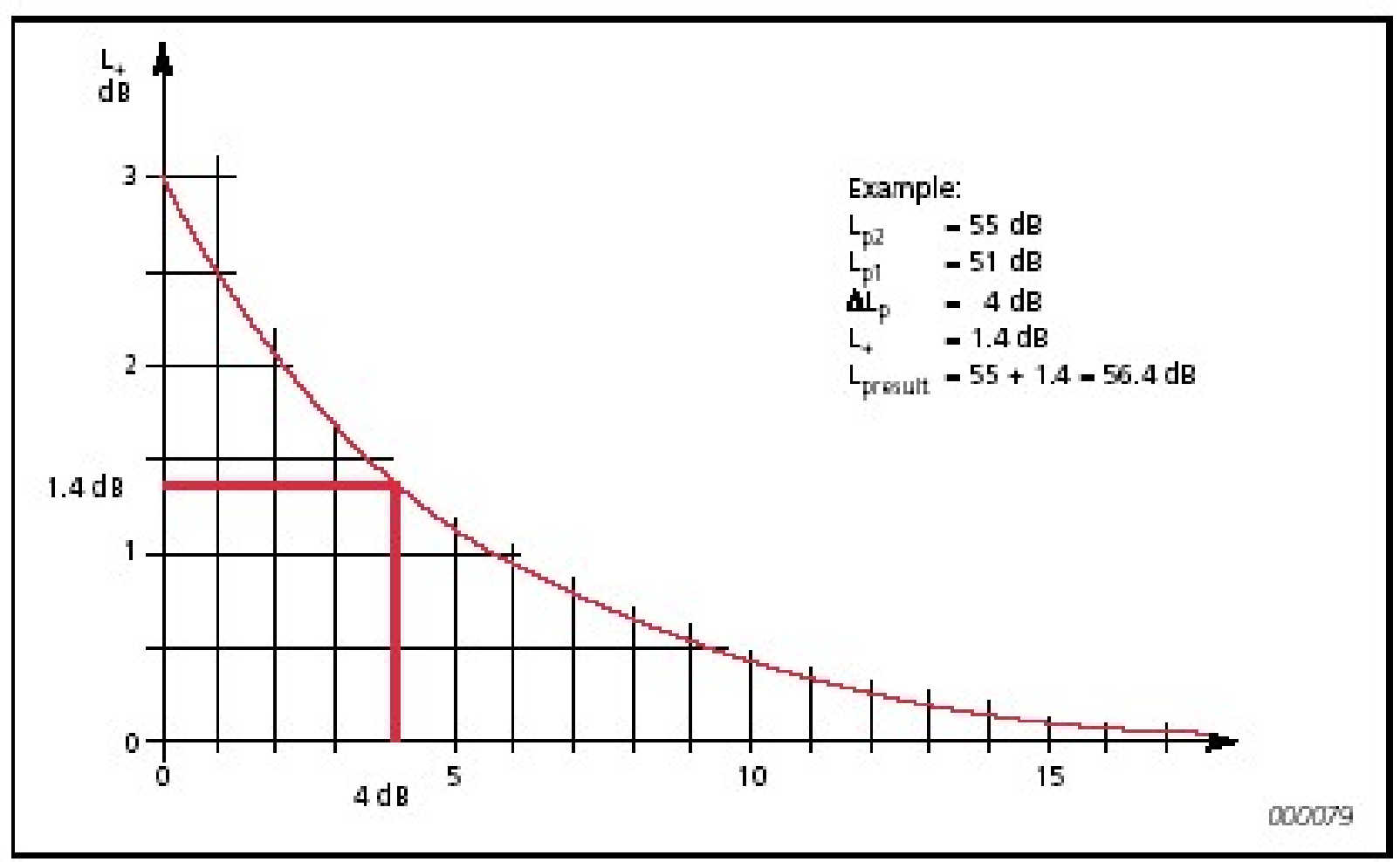


FON Gürültüsü

Noise assessment is generally about evaluating the impact of one specific noise source, for example, the noise from a specific production plant. This is not always an easy task. In practically every environment, a large number of different sources contribute to the ambient noise at a particular point.



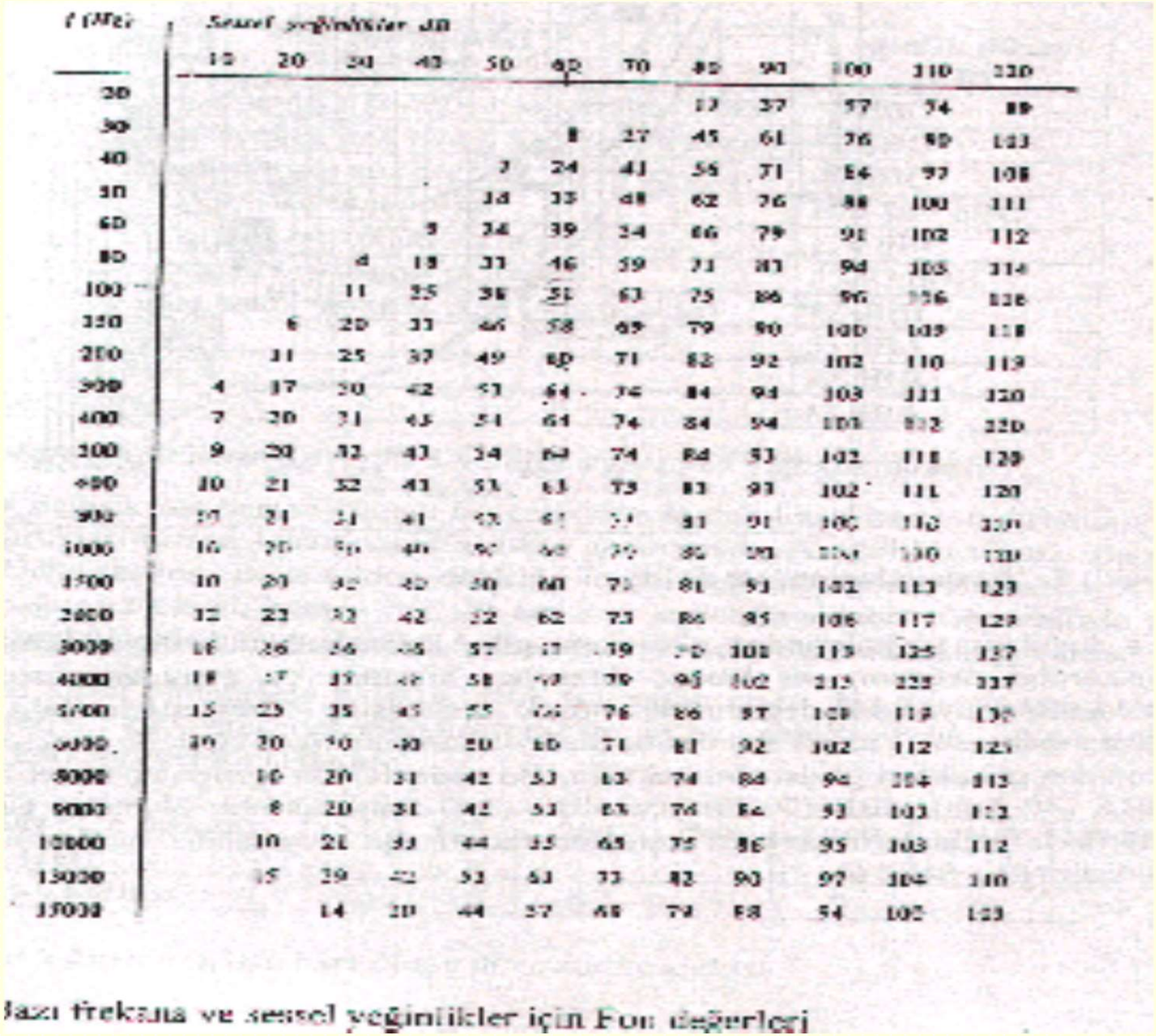
ÖRNEK


L+
dB
3
2
1.4 dB
1
0
0
4 dB
5
10
15
Example:
Lp2 = 55 dB
Lp1 = 51 dB
ΔLp = 4 dB
L+ = 1.4 dB
Lpresult = 55 + 1.4 = 56.4 dB
000079

dB	μW/cm²	dB	μW/cm²
0	10^{-10}	80	10^{-2}
10	10^{-9}	90	10^{-1}
20	10^{-8}	100	1
30	10^{-7}	110	10
40	10^{-6}	120	10^{2}
50	10^{-5}	130	10^{3}
60	10^{-4}	140	10^{4}
70	10^{-3}		

dB	μW/cm²	dB	μW/cm²	dB	μW/cm²	dB	μW/cm²
0.1	1,02	2,6	1,82	5,1	3,24	7,6	5,75
0.2	1,05	2,7	1,86	5,2	3,32	7,7	5,89
0.3	1,07	2,8	1,91	5,3	3,39	7,8	6,03
0.4	1,10	2,9	1,95	5,4	3,47	7,9	6,17
0.5	1,12	2,9	2,00	5,5	3,55	8,0	6,31
0.6	1,15	3,1	2,04	5,6	3,63	8,1	6,46
0.7	1,18	3,2	2,09	5,7	3,72	8,2	6,61
0.8	1,20	3,3	2,14	5,8	3,80	8,3	6,76
0.9	1,23	3,4	2,19	5,9	3,89	8,4	6,92
1.0	1,26	3,5	2,24	6,0	3,98	8,5	7,08
1.1	1,29	3,6	2,29	6,1	4,07	8,6	7,25
1.2	1,32	3,7	2,34	6,2	4,17	8,7	7,42
1.3	1,35	3,8	2,40	6,3	4,27	8,8	7,59
1.4	1,38	3,9	2,46	6,4	4,37	8,9	7,73
1.5	1,41	4,0	2,51	6,5	4,47	9,0	7,95
1.6	1,45	4,1	2,57	6,6	4,58	9,1	8,14
1.7	1,48	4,2	2,63	6,7	4,69	9,2	8,32
1.8	1,51	4,3	2,69	6,8	4,79	9,3	8,51
1.9	1,55	4,4	2,76	6,9	4,90	9,4	8,71
2.0	1,59	4,5	2,82	7,0	5,01	9,5	8,91
2.1	1,62	4,6	2,88	7,1	5,13	9,6	9,12
2.2	1,66	4,7	2,95	7,2	5,25	9,7	9,34
2.3	1,70	4,8	3,02	7,3	5,37	9,8	9,55
2.4	1,74	4,9	3,09	7,4	5,50	9,9	9,77
2.5	1,78	5,0	3,16	7,5	5,63		

Bazı frekans ve sessel yeğinliklerin fon değerleri



Bazı frekans ve sessel yeğinlikler için Fon değerleri

Frequency (Hz)	Curve A (dB)	Curve B (dB)	Curve C (dB)
10	-70.4	-38.2	-14.3
12.5	-63.4	-33.2	-11.2
16	-56.7	-28.5	-8.5
20	-50.5	-24.2	-6.2
25	-44.7	-20.4	-4.4
31.5	-39.4	-17.1	-3.0
40	-34.6	-14.2	-2.9
50	-30.2	-11.6	-1.3
63	-26.2	-9.3	-0.8
80	-22.5	-7.4	-0.5
100	-19.1	-5.6	-0.3
125	-16.1	-4.2	-0.2
160	-13.4	-3.0	-0.1
200	-10.9	-2.0	0
250	-8.6	-1.3	0
315	-6.6	-0.8	0
400	-4.8	-0.5	0
500	-3.2	-0.3	0
630	-1.9	-0.1	0
800	-0.8	0	0
1,000	0	0	0
1,250	0.6	0	0
1,600	1.0	0	-0.1
2,000	1.2	-0.1	-0.2
2,500	1.3	-0.2	-0.3
3,150	1.2	-0.4	-0.5
4,000	1.0	-0.7	-0.8
5,000	0.5	-1.2	-1.3
6,300	-0.1	-1.9	-2.0
8,000	-1.1	-2.9	-3.0
10,000	-2.5	-4.3	-4.4
12,500	-4.3	-6.1	-6.2
16,000	-6.6	-8.4	-8.5
20,000	-9.3	-11.1	-11.2

Determine the A-weighted band sound pressure level and the overall A-weighted sound pressure level

Centre Frequency, Hz	63	125	250	500	1k	2K	4k	8k
Band level, dB	95	98	91	84	80	82	82	75
A-weighted, dBA	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1
A-weighted band level, dBA	69	82	82	81	80	83	83	74

Overall A-weighted SPL

$= 10 \log \{10^{6.9}+10^{8.2}+10^{8.2}+10^{8.1}+10^{8.0}+10^{8.3}+10^{8.3}+10^{7.4}\}$

$= \underline{89.6 \text{ dBA}}$

Percentile Exceeded Sound Level, L_N

Example

A student performed a traffic noise assessment and recorded the following:-

Interval	SPL at Interval Centre dBA	% of Occurrence
1	56.25	0.3
2	58.75	0.4
3	61.25	6.0
4	63.75	10.0
5	66.25	18.0
6	68.72	22.0
7	71.25	14.0
8	73.75	12.0
9	76.25	14.0
10	78.75	3.0
		$\sum = 100$

Percentile Exceeded Sound Level, L_N

ÖRNEK

$$L_{eq} = 10\log\left\{\frac{1}{100}\left(0.3\times10^{5.625} + 0..4\times10^{5.875} + 6.0\times10^{6\,125} + \ldots + 14\times10^{7.625} + 3.0\times10^{7.875}\right)\right\}$$

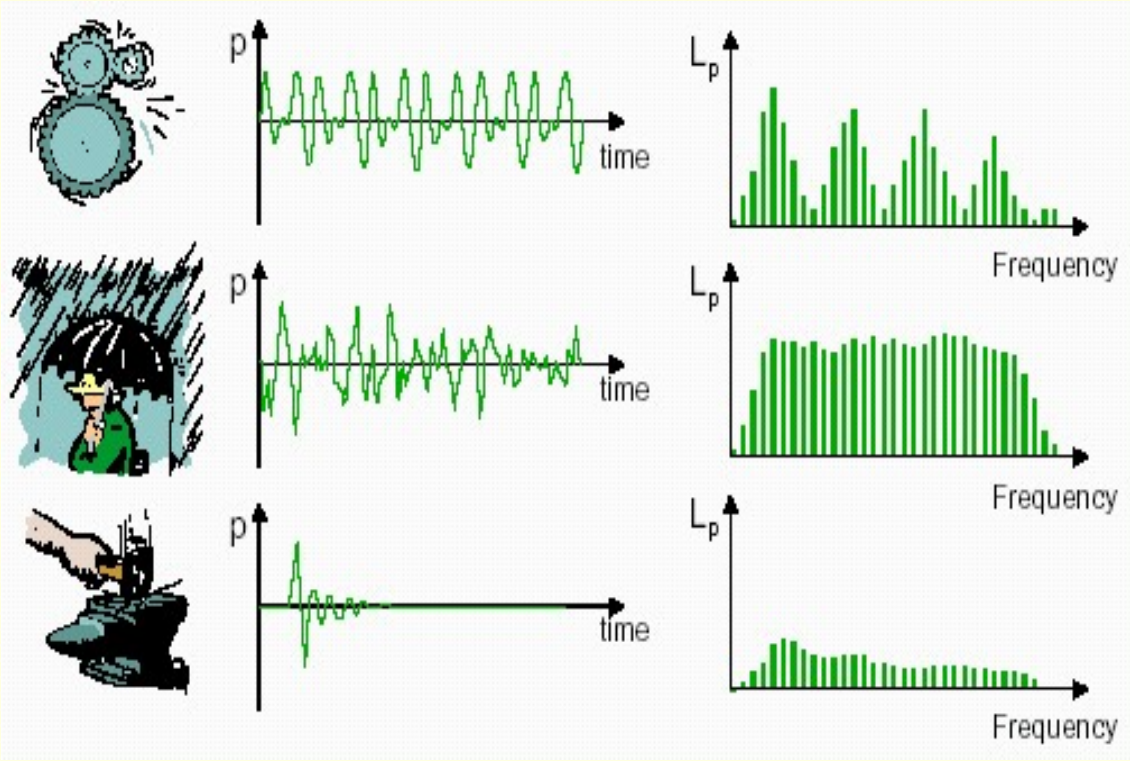
$$L_{eq} = 10\log\left\{\frac{1}{100}(1.5821\times10^{9})\right\}$$

$$L_{eq} = 72\text{dBA}$$

GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞ VE KONTROLÜ

Frekans Analizi

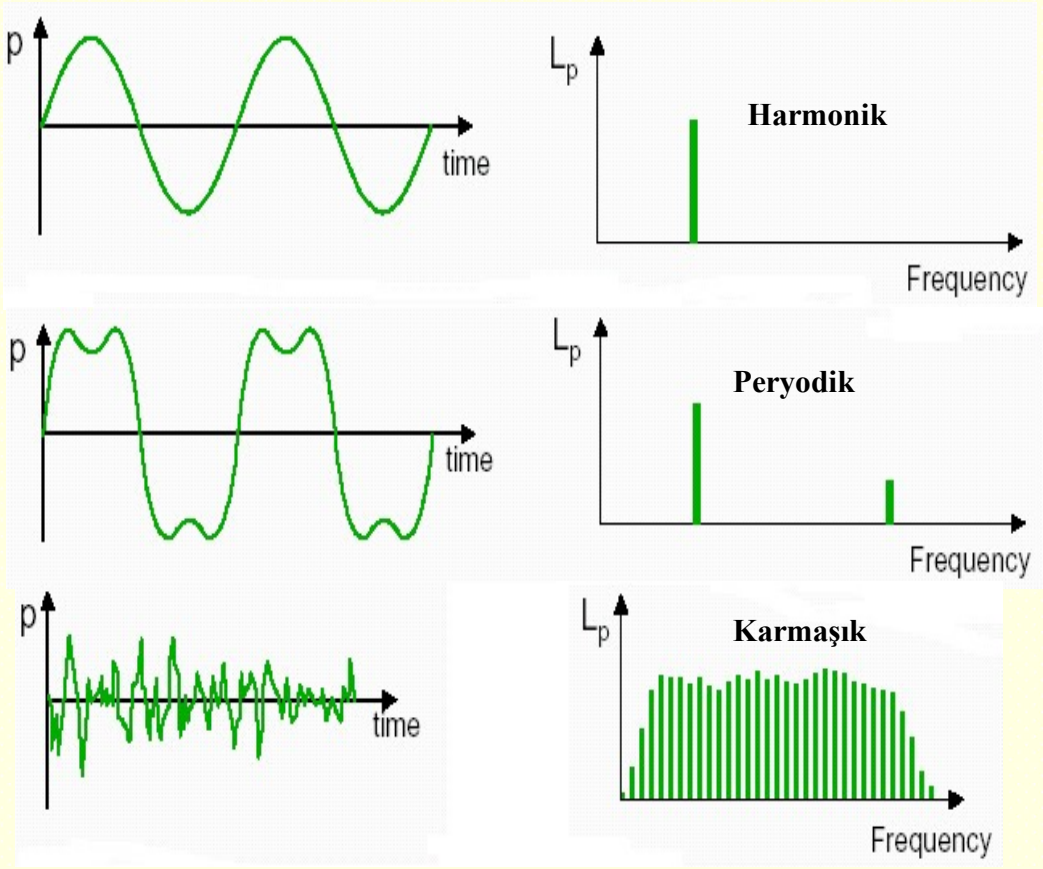
- Peryodik sesler kendilerini oluşturan harmoniklere ayrıldığı gibi, peryodik olmayan karmaşık sesler de sonsuz sayıda harmonik fonksiyonun toplamı şeklinde düşünülebilir.
- Böyle bir analize girdiğimizde, teorik olarak sıfırdan sonsuza kadar her frekanstaki fonksiyonun, verilen karmaşık bir fonksiyonu oluşturmakta katkısının olabileceği görülür.



GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞ VE KONTROLÜ

Frekans Analizi

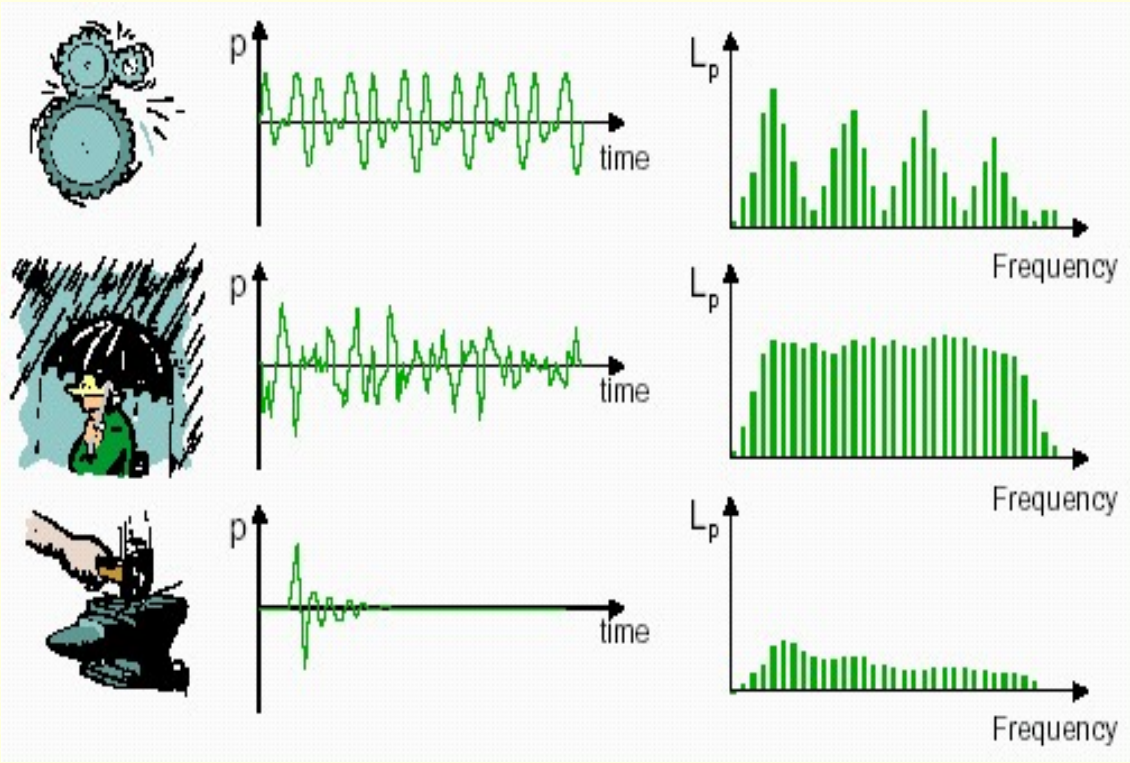
- Her frekanstaki fonksiyonun katkısını frekansın fonksiyonu olarak çizersek sürekli bir eğri elde ederiz. Bu tür eğrilere **frekans dağılımı eğrileri** veya **frekans spektrumu** denir.
- Peryodik bir fonksiyonun frekans spektrumunu çizecek olursak, yalnız belli frekanslar için değerler buluruz. Şekilde üç tip fonksiyonun frekans dağılımı eğrilerinin nasıl olacağı gösterilmektedir.



GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞ VE KONTROLÜ

Frekans Analizi

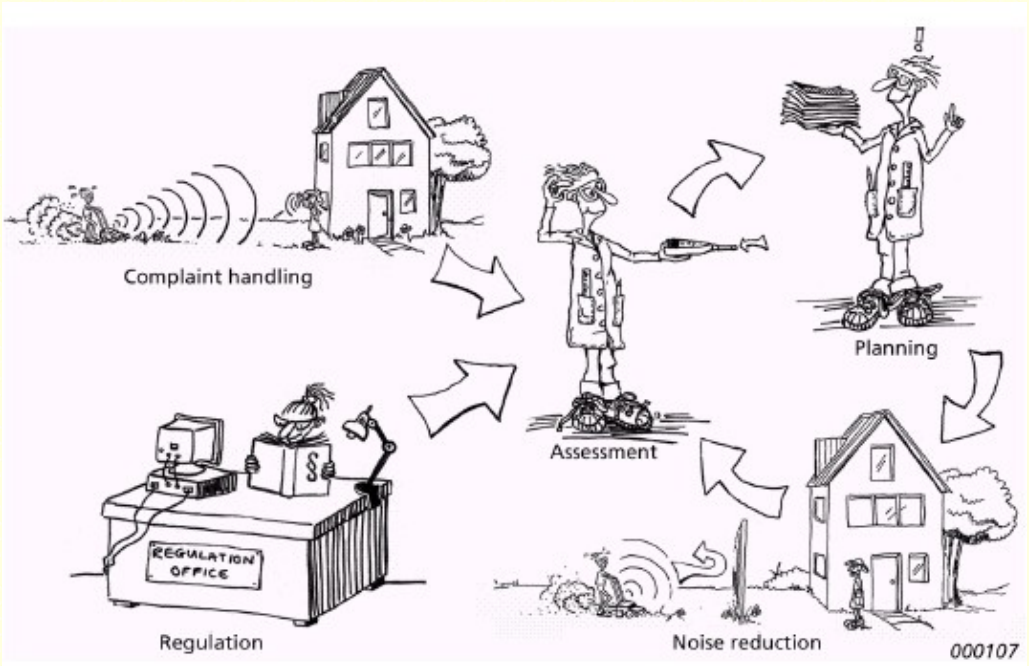
- Doğada rastladığımız sesler genellikle karmaşık sesler olduğundan, frekans analizi, ses ölçüm ve analizinde önemli bir yer tutmaktadır.
- Karmaşık bir sesin frekans dağılımını incelersek, o sesin daha çok hangi frekanstaki seslerden oluştuğunu kolayca görebiliriz.



GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞ VE KONTROLÜ

Frekans Analizi

- Gürültü kontrolü açısından, bir çok durumda gürültünün frekans dağılımını bilmek gerekmektedir. Çünkü, gürültü kontrolünü sağlamak için alınacak önlemler, yayılması yada doğması önlenecek sesin frekansına bağlı olarak değişebilir.
- Ayrıca her kulağın gösterdiği duyarlılık farklıdır.



GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞ VE KONTROLÜ

Frekans Analizi

- Bir ses kaynağının çıkardığı sesin frekans dağılımını elde etmek için bir çok değişik ölçüm aygıtı kullanılabilir.
- Temel kural, gelen sinyalleri süzerek (filtre ederek) istenilen frekanslardaki bileşenlerin büyüklüğünü ölçmektir.
- Geçmesine izin verilen frekans aralığını değiştirerek, her frekans bandındaki bileşenlerin katkısını bulabiliriz.

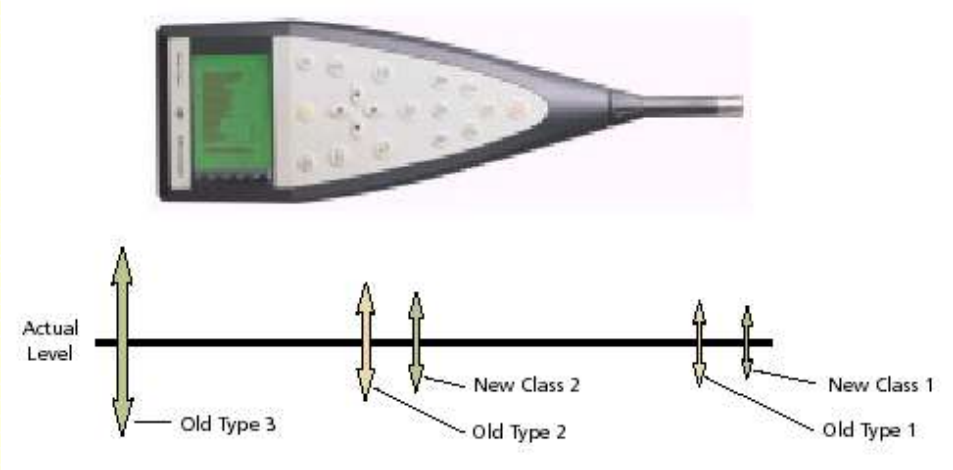




GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ VE KONTROLÜ

Frekans Analizi

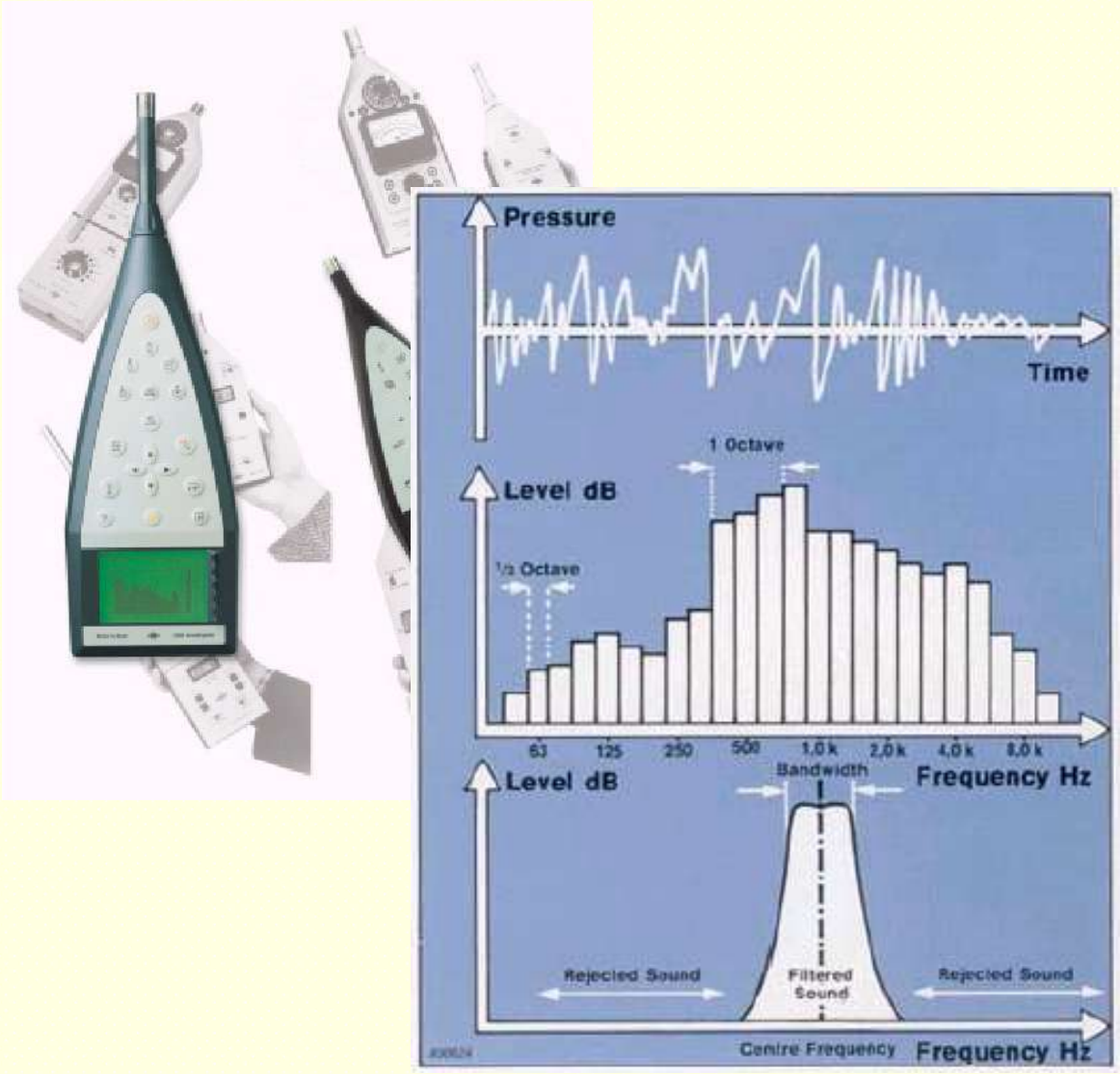
- Burada önemli olan, gelen sinyali hangi genişlikteki frekans bantlarından süzeceğimizdir.
- Çok geniş bant aralığı kullanıldığında frekans ölçümleri fazla bir anlam taşımaz.
- Buna karşılık çok dar bant aralığı kullanılması, gereksiz zaman kaybına neden olabilir.
- Bant genişliği, genellikle yapılacak analizin niteliği ve duyarlılığı belirler.



GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞ VE KONTROLÜ

Frekans Analizi

- Ses ve gürültü analizinde, oktav bantları ve 1/n oktav bantları (n=2,3,10 vb) kullanılarak standartlaşmaya gidilmiştir.
- Genelde oktav analizi kullanılmakla birlikte, hassasiyet gerektiren durumlarda yaygın olarak 1/3 oktav veya 1/10 oktav analizi kullanılır.



GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ VE KONTROLÜ

Oktav Bantları

- Frekans analizinde ilk soru, hangi frekans aralığında inceleme yapmamız gerektiğidir. Bir sesi oluşturan harmoniklerin tümünü, örneğin frekansı 100 kHz olan bir harmoniğin katkısının incelenmesi gerekir mi?
- Bu sorunun yanıtını vermek için insan kulağının işitebileceği frekansları bilmemiz gerekir.
- Konumuz ses ve gürültü olduğundan, insan kulağının duyarlı olmadığı frekansları incelemenin bir yararı yoktur.

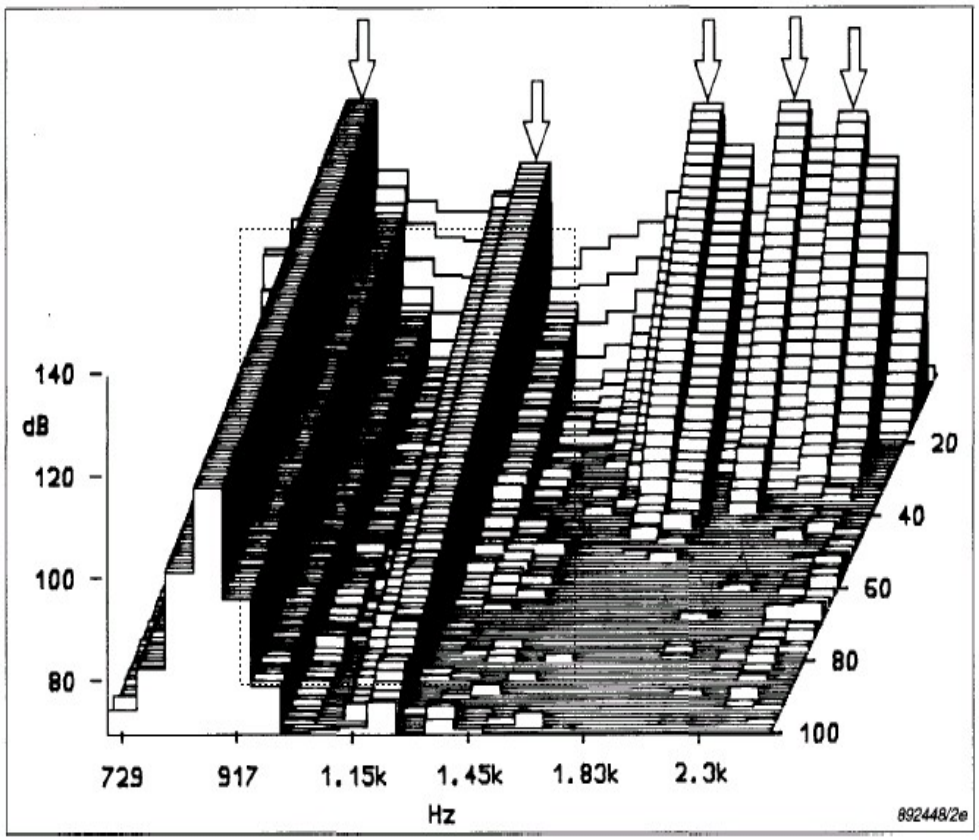
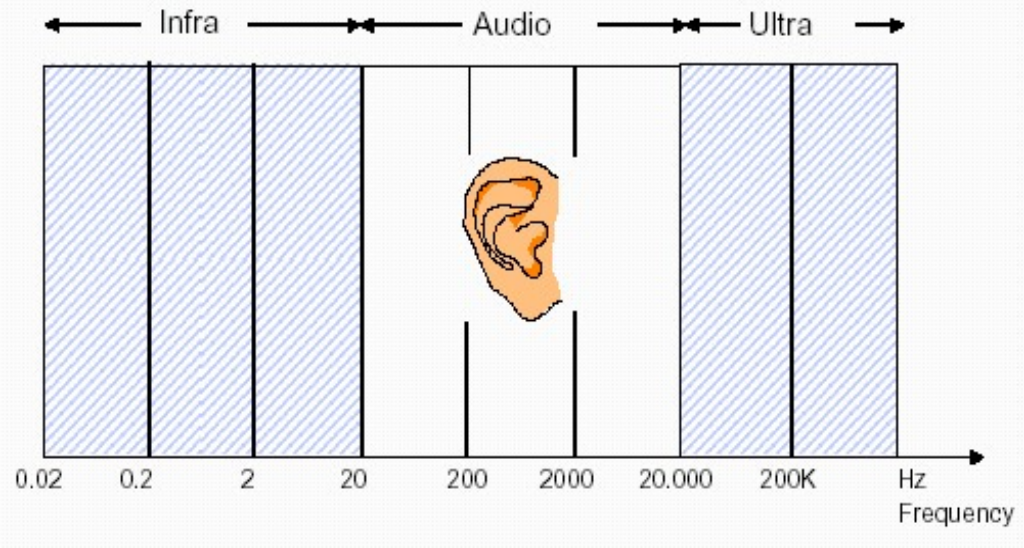


Fig. 3. 3D plot of the first 100 spectra of the multispectrum showing the vibration decay in 1/12 octave bands. The 5 bands containing the resonances are indicated by arrows

GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞ VE KONTROLÜ

Oktav Bantları

- İnsan kulağı yaklaşık olarak 16-20000 Hz arasındaki seslere karşı duyarlıdır.
- Kulağın en hassas olduğu frekans ise 3000 Hz dir.
- Normal bir konuşma 200-10000 Hz frekans aralığını kapsar.Konuşmanın anlaşılabilir olması için 500-2000 Hz aralığındaki frekanslar yeterlidir.



GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞ VE KONTROLÜ

Oktav Bantları

- Telefonlar genel olarak 500-3000 Hz frekans aralığındaki sesleri iletir.
- Müzik, genel olarak konuşmadan daha geniş bir frekans aralığına sahiptir. Alt sınır 200 Hz den 30 Hz ye veya biraz daha altına düşerken, üst sınır 10 kHz nin epey üzerine çıkabilir.
- Buna karşılık, gürültü kontrolü açısından kulağın duyarlı olduğu tüm frekans aralığını incelemek gerekmeyebilir. Alt limit olarak 250 Hz civarı, üst limit olarak ise, duruma göre 2000 Hz alınabilir.



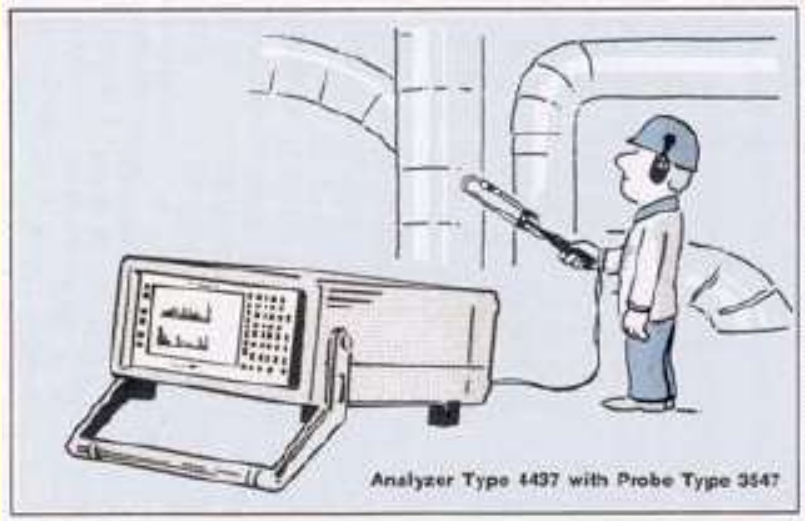


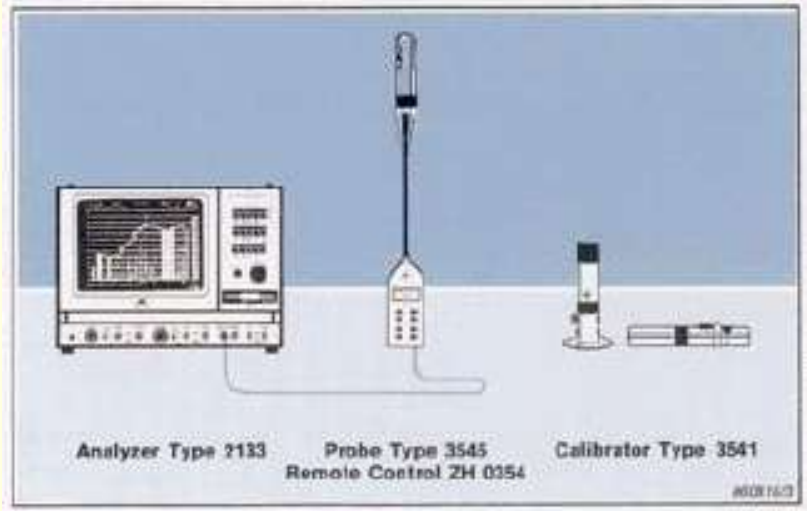


GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞ VE KONTROLÜ

Oktav Bantları

- Görüldüğü gibi incelememiz gereken frekans aralığı çok geniştir ve sabit genişlikte bantları kullanılması bir çok durumda çok uzun analiz süresi gerektirir.
- Bu nedenle, ses analizlerinde, inceleyeceğimiz frekans aralığı **oktav bandı** adı verilen kısımlara bölünür.





GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞ VE KONTROLÜ

Oktav Bantları

- Bir oktav bandında, bandın üst sınır değeri, alt sınır değerinin 2 katıdır ve her bandın üst sınır değeri, bir sonraki bandın alt sınır değeridir.
- Her bandın merkez frekansı ise alt ve üst sınır değerlerinin aritmetik ortalaması olmayıp, geometrik ortalamasıdır. Matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

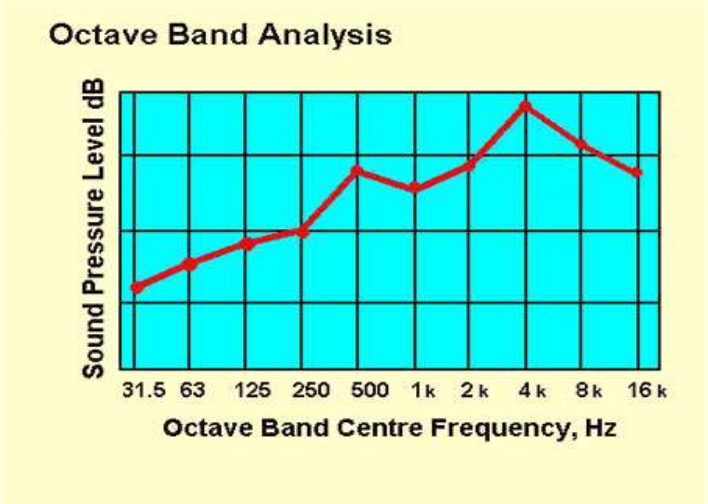
$$f_2 = 2f1 \qquad f_0 = \sqrt{2} f_1 = \frac{f_2}{\sqrt{2}}$$

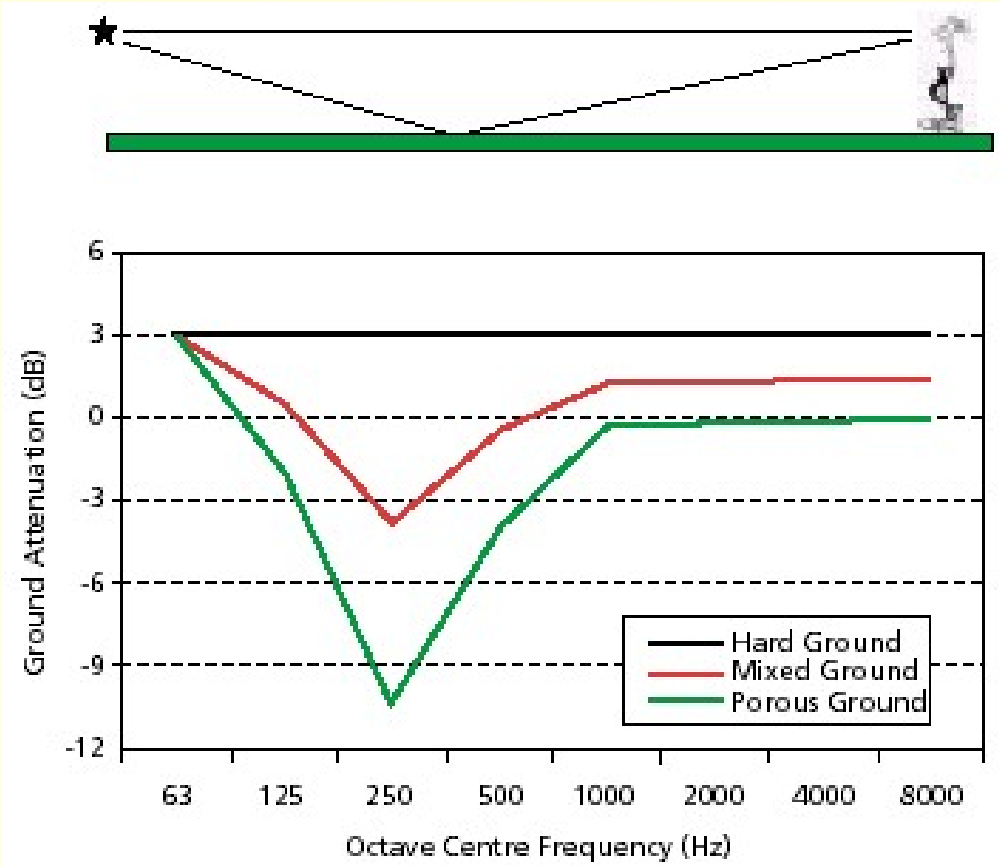
burada $f_1$alt sınır frekansı, f_2 üst sınır frekansı ve f_0 merkez frekansıdır.

GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ VE KONTROLÜ

Oktav Bantları

- **Standart olarak kabul edilen oktav bantlarının merkez frekansları 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 4000, 8000 ve 16000 Hz dir.**
- **Analizlerde genellikle 31.5 ve 16000 Hz bantları kullanılmaz.**





Influence of ground surface at 100 m distance between source and receiver. Source and receiver height 2 m

GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞ VE KONTROLÜ

Oktav Bantları

- Ses analizlerinde en önemli veri, yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçlardır.
- Karmaşık bir sesin frekans analizinin yapılması için sesin çeşitli frekans aralıklarında filtrelenmesi gerekir.
- Yani, bu karmaşık sesi oluşturan harmonik seslerden, frekansı belli aralık içerisinde olan kısmın büyüklüğünün saptanması gerekir.
- Oktav analizi yapacak olursak (oktav bantlarını ölçüm yapacağımız frekans aralığı olarak alırsak) elde edilen sonuçlar fazla hassas olmaz. Örneğin merkez frekansı 8000 Hz olan bandın frekans aralığını incelersek (5680-11360) bant genişliğinin 5680 Hz olduğunu görürüz.

GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞ VE KONTROLÜ

Oktav Bant Aralıkları ve Merkez Frekansları

Merkez frekansı (f_0)	Alt Sınır Frekansı (f_1)	Üst sınır Frekansı (f_2)
31,50	22	44
63	44	88
125	88	177
250	177	355
500	355	710
1000	710	1420
2000	1420	2840
4000	2840	5680
8000	5680	11360
16000	11360	22720

GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞ VE KONTROLÜ

Gürültünün Sınıflandırılması

Gürültü değişik açılardan sınıflandırılabilir.

a. Frekans Dağılımına göre,

b. Ses Düzeyinin Zamanla Değişme Şekline Bağlı olarak sınıflandırılabilir.

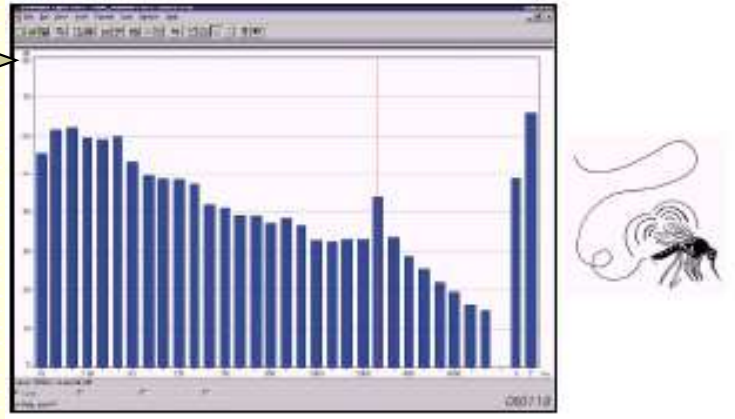
GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞ VE KONTROLÜ

Gürültünün Sınıflandırılması (Frekans Dağılımına göre)

Frekans Dağılımına göre;

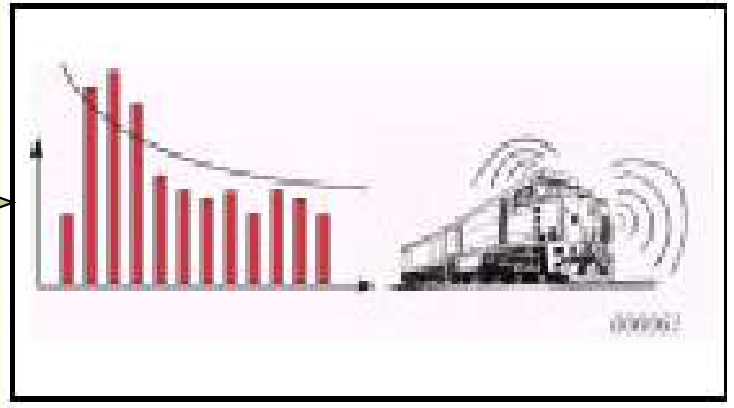
a. Geniş Bant Gürültü:

Gürültüyü oluşturan arı seslerin frekansları geniş bir aralığı kapsar. Gürültünün frekans spektrumu yayılmış, belirgin bir frekans bandında toplanmamıştır.



b. Dar Bant Gürültü:

Geniş bant gürültünün tersine, bu tür gürültünün frekans dağılımı, belirgin bir frekans bandında toplanmıştır. Gürültüyü oluşturan arı seslerden frekansı belli bir aralıkta baskındır.

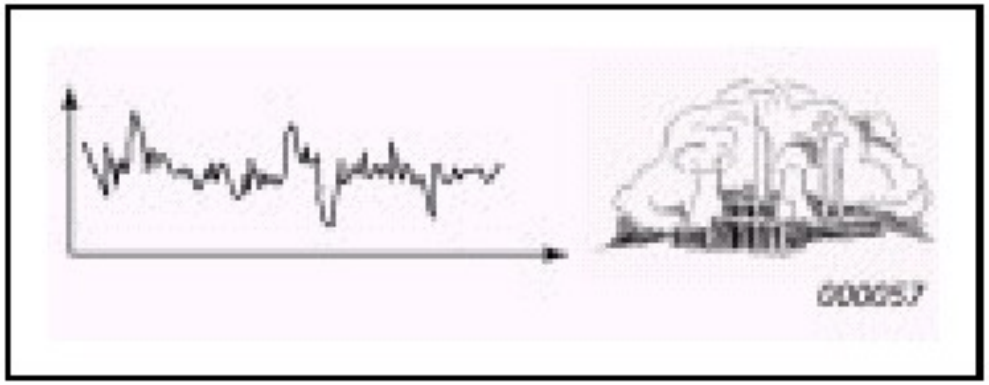


GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ VE KONTROLÜ

Gürültünün Sınıflandırılması (Ses Düzeyinin Zamanla Değişme Şekline Bağlı olarak)

a. Kararlı Gürültü:

Gürültü düzeyinde zamanla önemli bir değişme gözlenmez. Sabit bir hızda ve güçte çalışan herhangi bir motorun yaratacağı gürültü, karalı gürültüye bir örnektir.

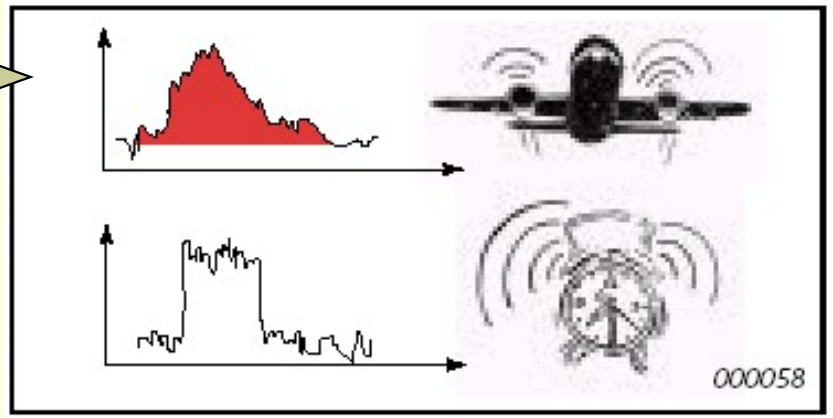


GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞ VE KONTROLÜ

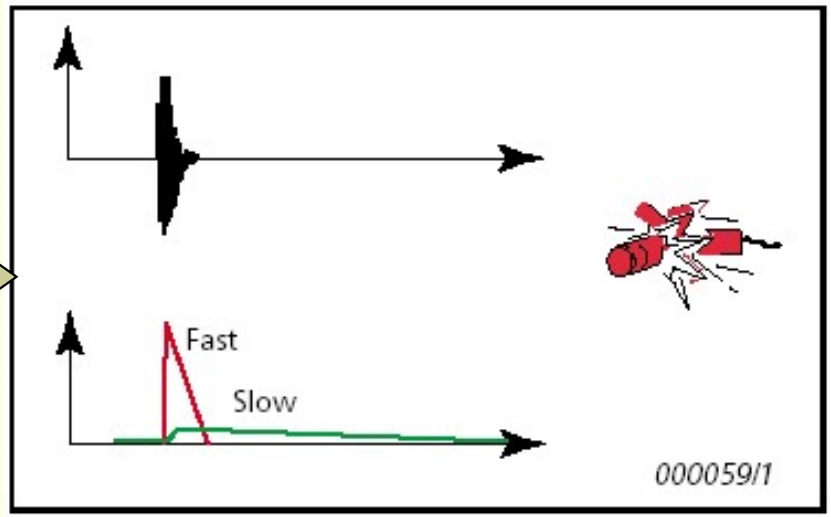
Gürültünün Sınıflandırılması (Ses Düzeyinin Zamanla Değişme Şekline Bağlı olarak)

b. Kararsız Gürültü:

Gürültü düzeyinde zamanla önemli değişikliklerin gözlendiği gürültü türüdür. Zamanla değişme, dalgalanma veya durup yeniden başlama (kesikli olarak) şeklinde gözlenebilir. Bu tür gürültüye, sırasıyla **dalgalı gürültü ve kesikli gürültü** adı verilir.



Kararsız gürültünün diğer bir şekli de **darbe gürültüsü**dür. Darbe gürültüsünün kesikli gürültüden farkı, her gürültünün anının darbe gürültüsünde çok kısa olmasıdır.



GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Sesin Şiddeti ile dB arasındaki ilişki nedir?

Belli kabuller ve iyice basitleştirilmiş bir anlatımla bu ilişki şöylece açıklanabilir:

- dB, logaritmasal bir büyüklüktür. Bir sesin şiddeti iki katına çıkarsa, örneğin ses kaynağı sayısı iki katına çıkarsa, 2'nin ondalık logaritması 0,3 olduğuna, ve desibel, esas ölçü olan **Bel**'in onda biri olduğuna göre, dB cinsinden artma 3 dB olur.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Sesin Şiddeti ile dB arasındaki ilişki nedir?

- Yani, aynı cins ve güçte 1 kaynak χ dB gürültü oluşturuyorsa,

  2 kaynak χ + 3 dB

  4 kaynak χ + 6 dB

  8 kaynak χ + 9 dB

  gürültü oluşturur.
- Genelde dB cinsinden değerlerin toplama ve çıkarma işlemleri için, bununla ilgili formüller, çizelgeler ve grafikler kullanılır.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Süre içinde gürültü düzeyi değişiyorsa günlük doz nasıl bulunur?

- Bunun için **Eşdeğer Gürültü Düzeyi** kavramını açıklamak gerekir. Eşdeğer gürültü düzeyi, değişen gürültü düzeyinin, belli bir süre içindeki toplam enerjisi ile, aynı süre içinde toplam enerjisi aynı olan fakat düzeyi değişmeyen gürültü düzeyidir.
- Günlük dozu bulmak için eşdeğer gürültü düzeyi kullanılır. Yani süre, eşdeğer gürültü düzeyi ile çarpılır.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ses Yüksekliği ve Ses Yüksekliği Düzeyi

- Bir sesin yüksekliği, sadece o sesin oluşturduğu ses basıncı tarafından belirlenmez. Yani, aynı ses basıncını oluşturan değişik frekanslardaki sesler, kişilerce değişik yüksekliklerde algılanır.
- Dolayısıyla, ses yüksekliği, sesin frekansını ve oluşturduğu ses basıncı tarafından belirlenir.
- Değişik frekanslarda aynı yükseklikte duyulan iki sesin ses basınçları arasındaki ilişkinin saptanması için, kaçınılmaz olarak kişisel yargıya başvurulmuştur.
- Ölçüt olarak çok sayıda kişinin kişisel tepkileri alınmış ve istatistiksel sonuçlara dayanarak, ses yüksekliği ile ses basıncı ve frekansı arasındaki ilişki bulunmuştur.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

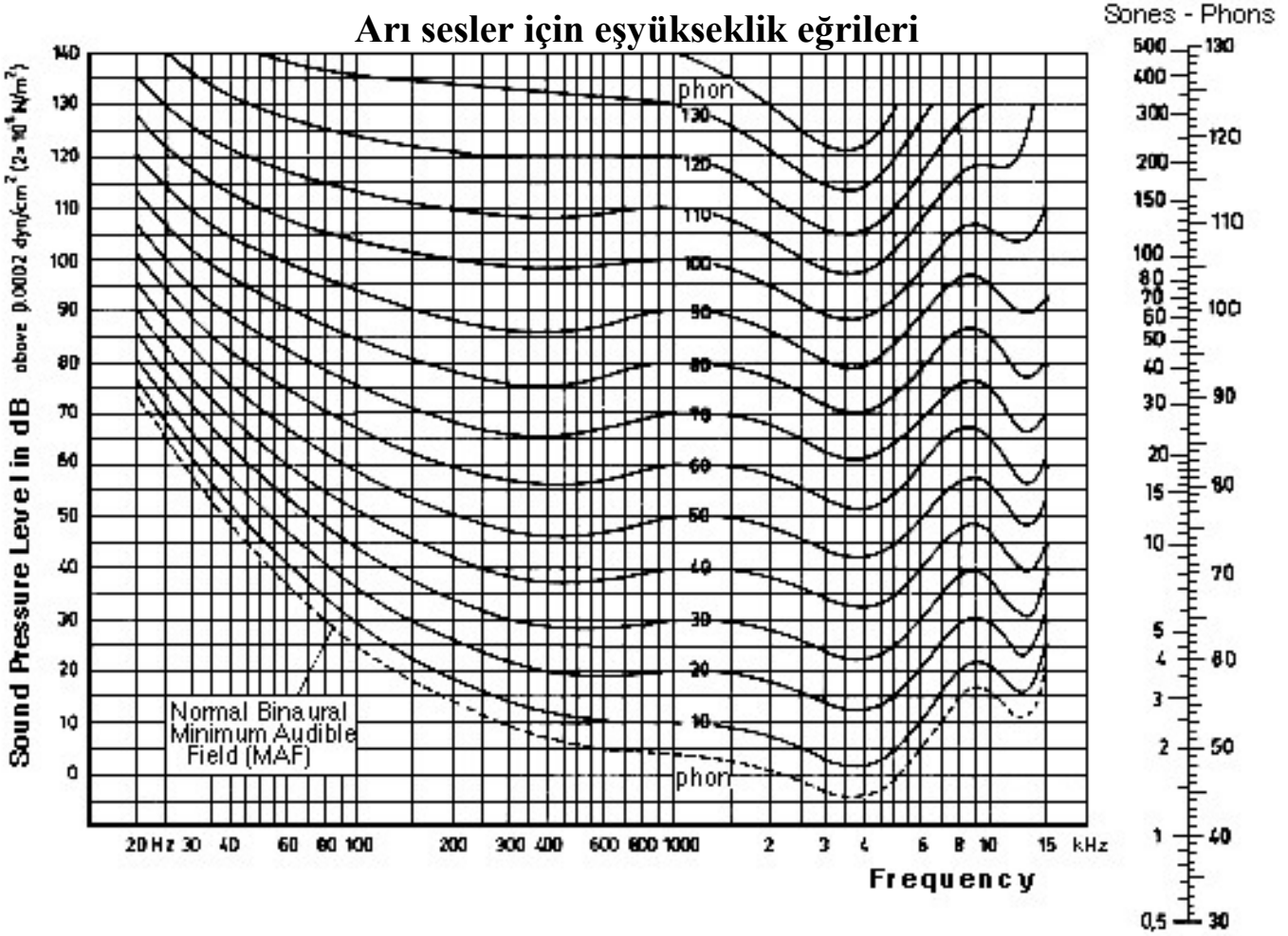
Ses Yüksekliği ve Ses Yüksekliği Düzeyi

- Aynı yükseklikte duyulan değişik frekanslardaki saf tonların ses basıncı düzeylerinin frekansla değişimleri çizilerek eş yükseklik eğrileri elde edilmiştir.
- Herhangi bir eş yükseklik eğrisinin üzerindeki her nokta aynı yükseklikteki sesleri göstermekte ve eğrinin 1000 Hz frekansını kestiği noktadaki ses basıncı düzeyinin sayısal değerine o yükseklikteki, sesin yükseklik düzeyi denilmektedir. Birimi **phon** dur.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ses Yüksekliği ve Ses Yüksekliği Düzeyi

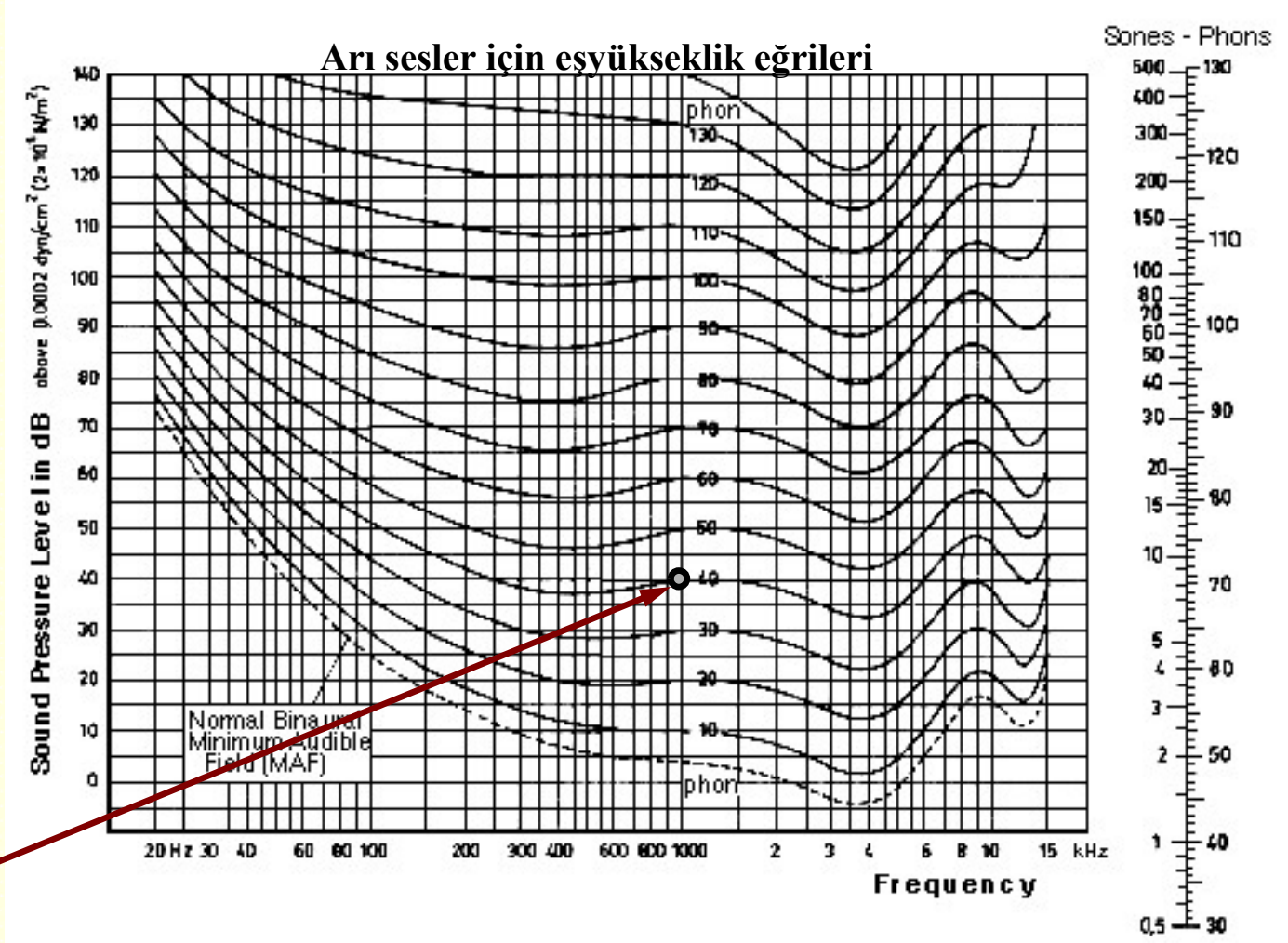
- Ses yüksekliği tamamen öznel bir kavram olduğu için, uygulamada, standartlaşma sağlamak amacıyla ortalama insana göre elde edilen eş yükseklik eğrileri kullanılmaktadır.



GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ses Yüksekliği ve Ses Yüksekliği Düzeyi

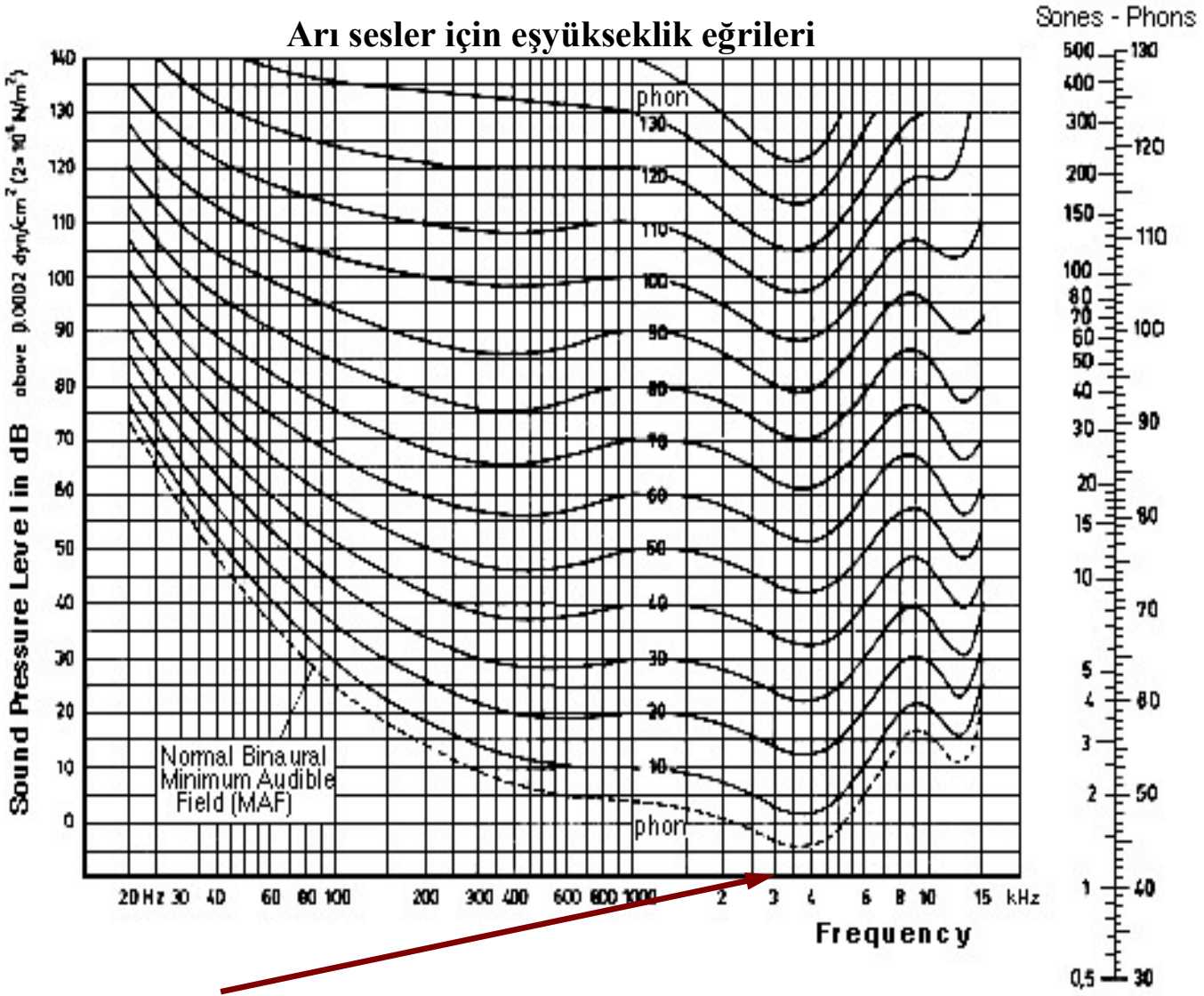
- Örneğin, 1000 Hz frekansındaki 40 dB ses basıncı düzeyine sahip bir arı sesin oluşturacağı ses yükseklik düzeyi 40 phon dur. Kulağa bu yükseklikte gelen tüm seslere, hangi frekansta olursa olsunlar, 40 phon yükseklik düzeyine sahiptir denir.



GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ses Yüksekliği ve Ses Yüksekliği Düzeyi

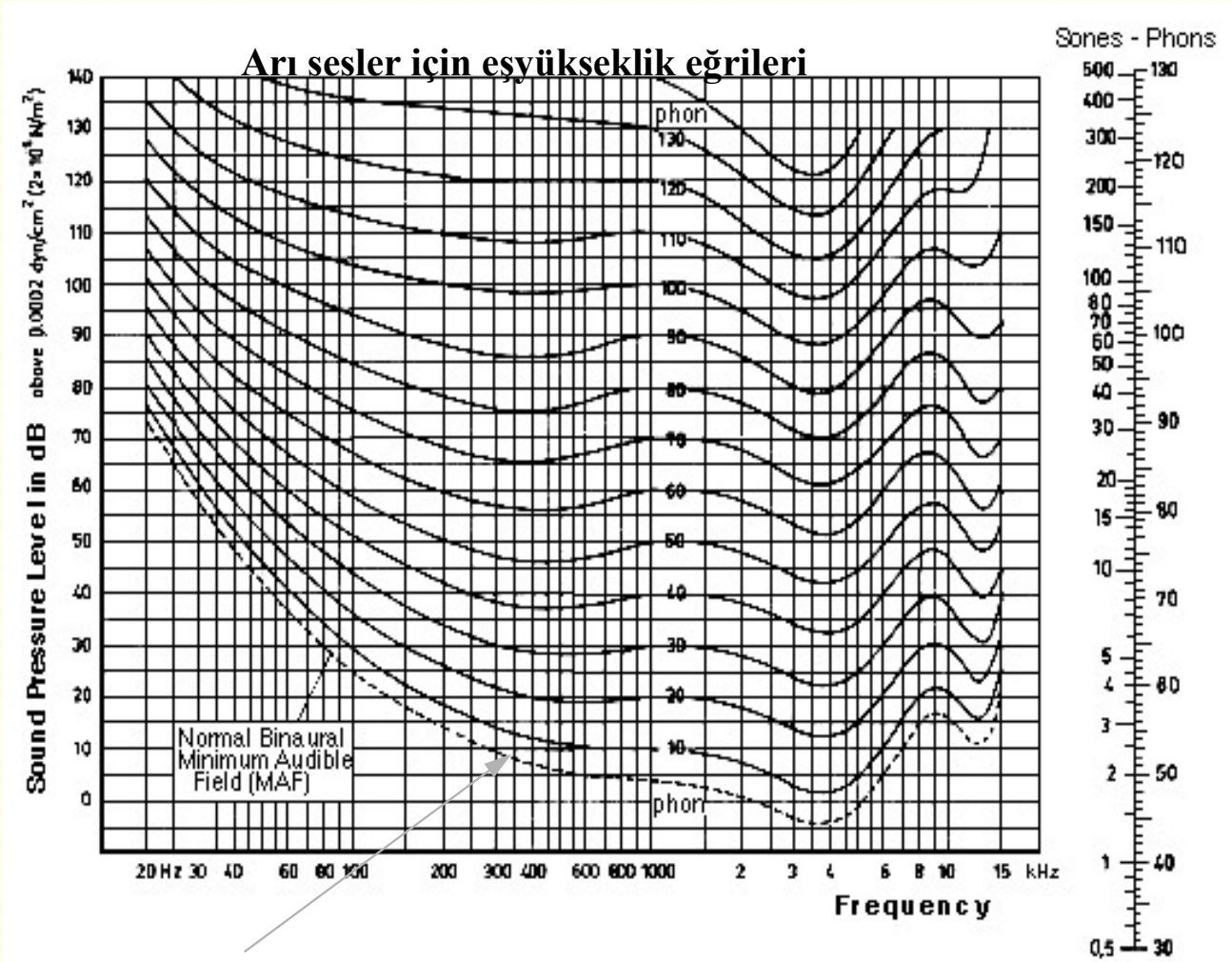
- Şekilden de görüleceği gibi, belli bir ses yüksekliği için gereken ses basıncı, 3 kHz civarında en düşük değerini alırken, frekans küçüldükçe yükselmektedir. Bu durum, insan kulağının en çok 3 kHz civarındaki frekanslara karşı duyarlı olduğunu gösterir.



GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ses Yüksekliği ve Ses Yüksekliği Düzeyi

- Şekil incelendiğinde, bir arı sesin frekanslarının yükselmesi sonucunda sesin belli bir frekansta aniden duyulabilirliliğini yitirdiği görülmektedir. Şekilde noktalı olarak gösterilen eğri, duyma eşiğini göstermektedir. Bu eğrinin altında kalan noktalar, ortalama bir insan kulağı tarafından duyulamayacak titreşimleri gösterir.

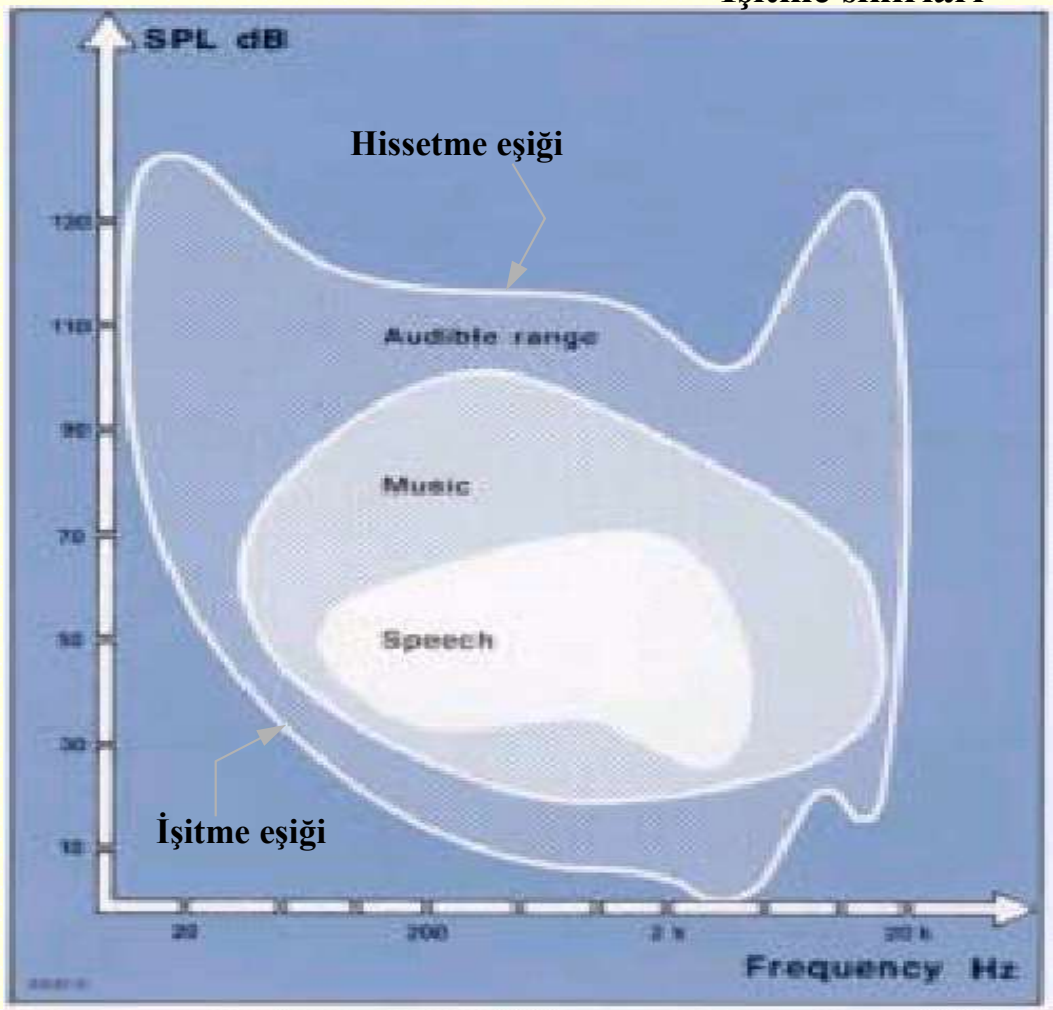


GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ses Yüksekliği ve Ses Yüksekliği Düzeyi

- İşitme sınırları şekilde gösterilmiştir. Kapalı eğri içinde kalan noktalara karşı gelen sesler, insan kulağı tarafından duyulabilen seslerdir. Eğrinin alt kısmı duyma eşiğini, üst kısmı ise hissetme eşiğini göstermektedir. Eğri dışında kalan tüm noktalar duyulamayan titreşimlere aittir.

İşitme sınırları



GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ses Yüksekliği ve Ses Yüksekliği Düzeyi

- Ses yüksekliği düzeyi, tanımdan da anlaşıldığı gibi logaritmik olarak ölçülmektedir. Bu nedenle, yükseklik düzeyi, iki ayrı sesin yüksekliğini tam olarak kıyaslamaya, birbirinin diğerinden ne kadar daha yüksek olduğunu söylemeye elverişli değildir.
- Yine bir çok kişinin, kişisel tepkisini ölçerek elde edilen sonuçlar, yaklaşık olarak 10 phon'luk bir artışın yüksekliğini iki katına çıkardığını göstermektedir. Bu nedenle, ses yüksekliği iki katına çıkınca sesin yüksekliğini gösteren sayının da iki katına çıkacağı yeni bir ölçü bulunarak **sone** adı verilmiştir. Ses yüksekliği birimi olan sone, 1000 Hz frekansındaki 40 dB ses basıncı düzeyine sahip arı bir sesin ses yüksekliği olarak tanımlanır.
- Diğer bir deyişle, 40 phon ses yüksekliği düzeyindeki bir sesin ses yüksekliği 1 sone dir.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

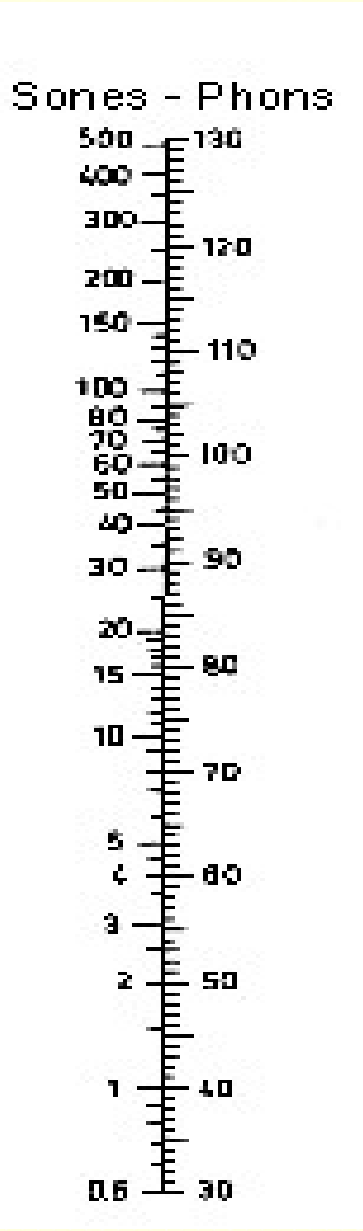
Ses Yüksekliği ve Ses Yüksekliği Düzeyi

- Phon ile sone arasındaki ilişki aşağıdaki şekildedir.

$$S = 2^{(L_L - 40)/10}$$

burada S ses yüksekliğini (sone), L_L ses yüksekliği düzeyini (phon) dır.

- Ses yüksekliği ve ses düzeyi çevrimi için şekilde gösterilen eğri kullanılır



GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

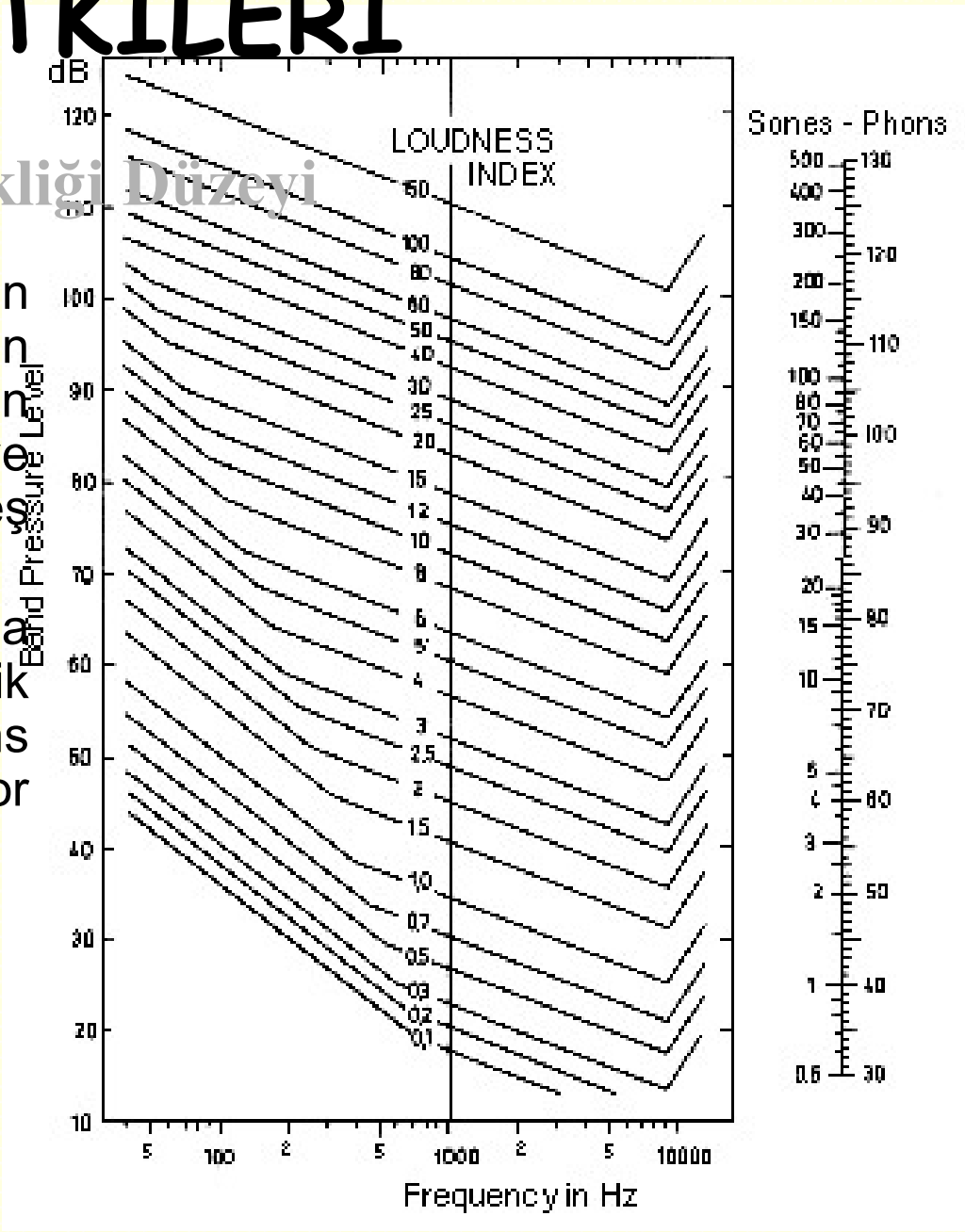
Ses Yüksekliği ve Ses Yüksekliği Düzeyi

- Buraya kadar arı seslerin, yani tek bir frekansa sahip seslerin ses yükseklikleri göz önüne alınmıştır. Gerçekte, yüksekliğini ölçmek istediğimiz sesler, genelde, arı sesler olmayıp bir çok harmonikten oluşan karmaşık seslerdir.
- Bu durumda sesin yüksekliği daha önceki şekilde gösterilen eş yükseklik eğrileri kullanılarak bulunamaz.
- Böylece, sesi oluşturan her harmoniğin ayrı ayrı incelenmesi gerekir. Bu ise olanaksızdır. Bu durumda en uygun yöntem, sesi oktav bantlarına ayırıp, her bandı ayrı ayrı ele almaktır.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ses Yüksekliği ve Ses Yüksekliği Düzeyi

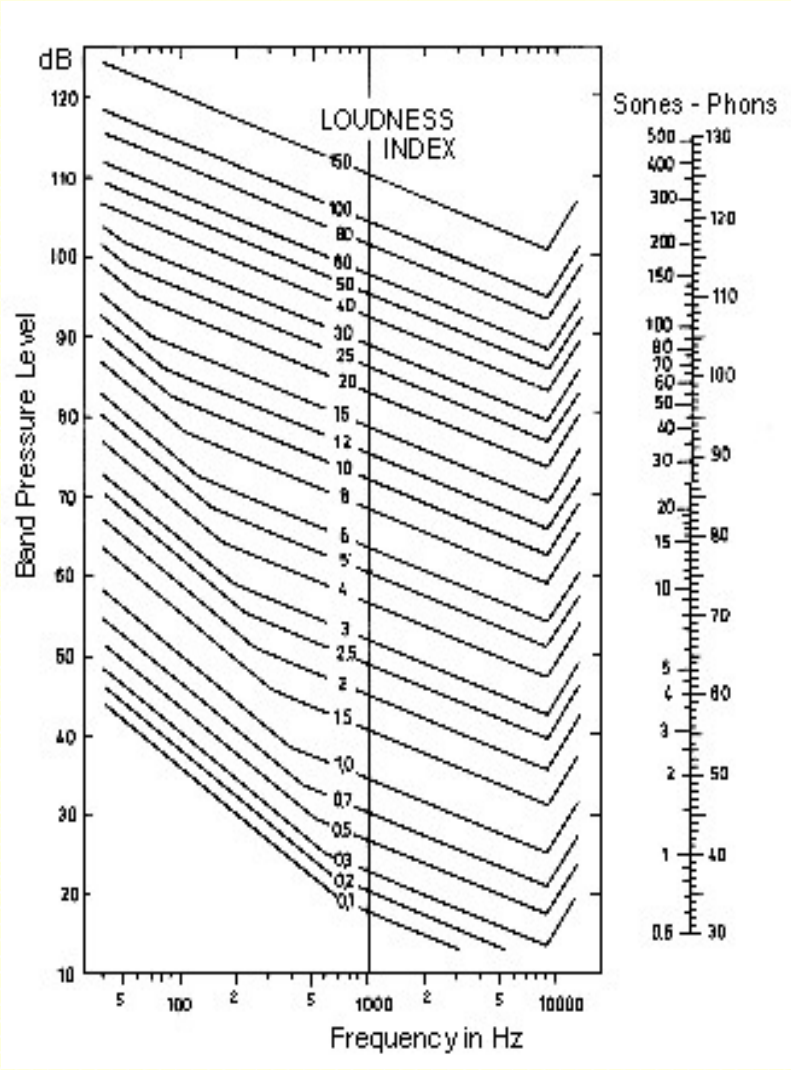
- Karmaşık seslerin ses yüksekliklerinin ve ses yüksekliği düzeylerinin ölçülmesi için S.S.Stewens tarafından ampirik bir yöntem geliştirilmiş ve daha önceki şekle benzer olarak, eş yükseklik indeksi eğrileri çizilmiştir.
- Şekilde gösterilen bu eğrilerin daha önce tartışılan eşyükseklik eğrilerinden farkı, tek bir frekans yerine bir frekans bandı kullanıyor olmasıdır.



GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ses Yüksekliği ve Ses Yüksekliği Düzeyi

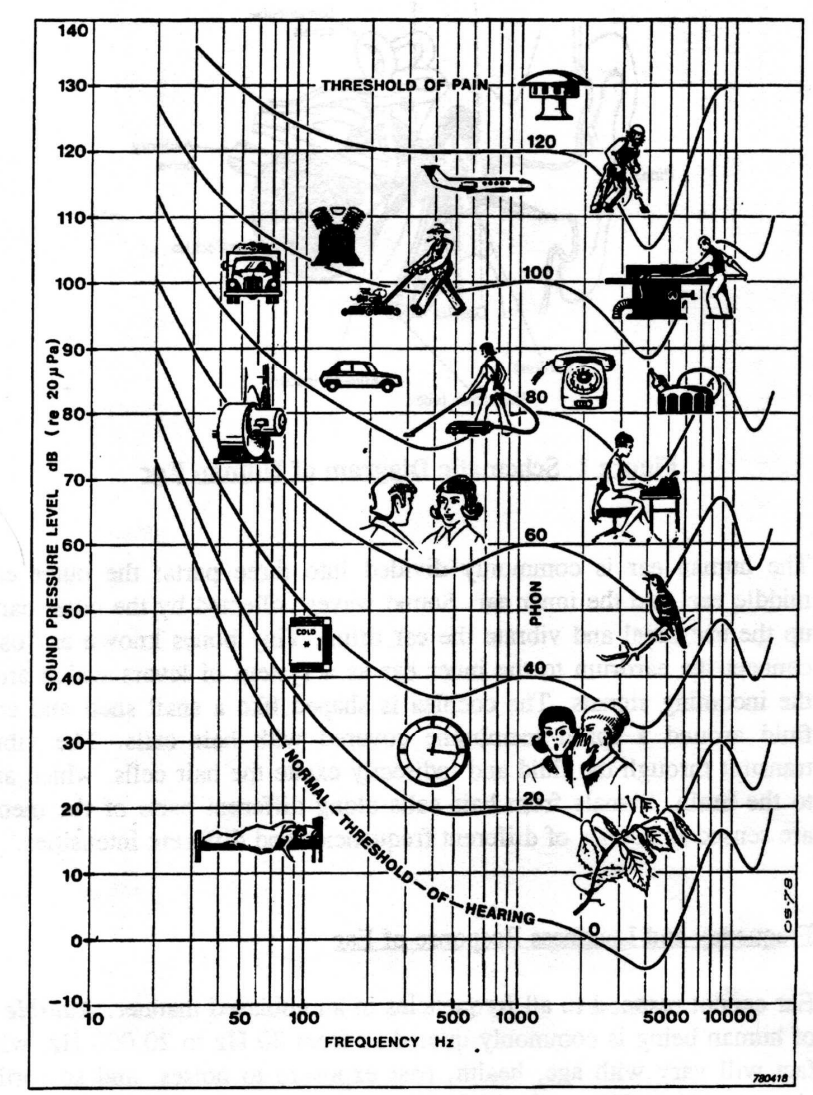
- Yani, düşey eksen tek bir frekansa sahip bir sesin ses basınç düzeyini değil de, bir çok harmonikten oluşan bir sesin belli bir frekans bandında ölçülen band basıncı düzeyini göstermektedir.
- Band basıncı düzeyinin ölçülmesi, karmaşık bir sesin belli bir frekans bandında süzülerek, bu frekans bandındaki harmoniklerin yarattığı ses basıncı düzeyinin bulunmasıdır.



GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ses Yüksekliği ve Ses Yüksekliği Düzeyi

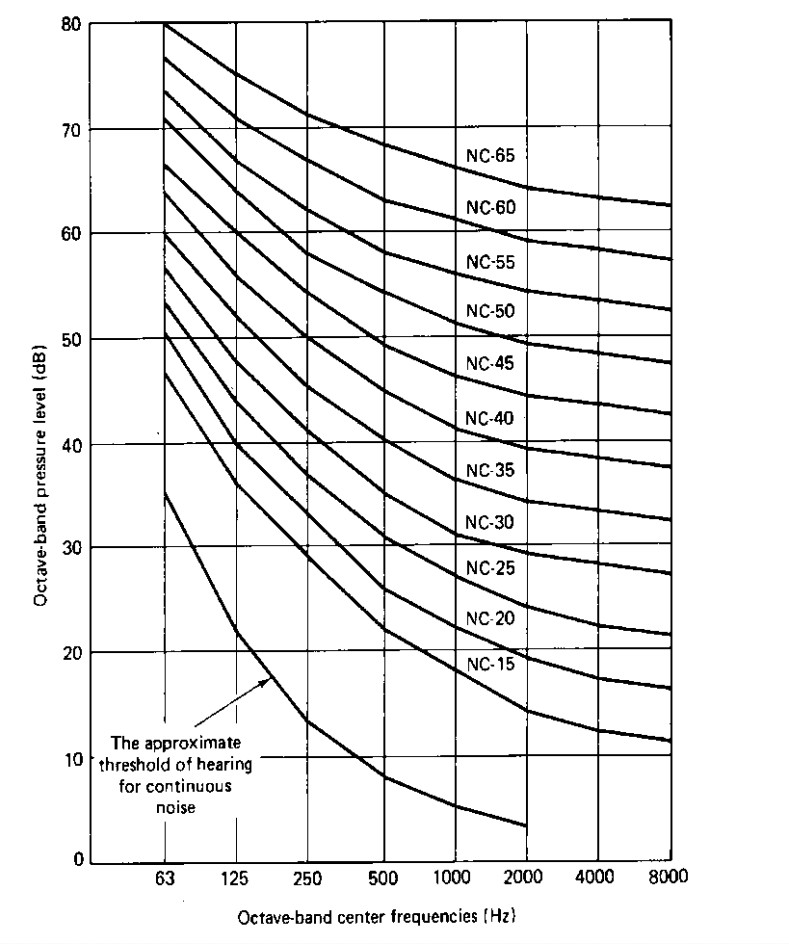
- Dolayısıyla, bazı ses kaynaklarının ses basıncı düzeylerini gösteren şekilde belli bir frekanstan söz edildiğinde, yalnız o frekanstaki harmonik bir ses dalgası değil, o frekansı merkez kabul eden bir frekans bandı içinde kalan tüm harmonikler kastedilmektedir.
- O frekans için okunan basınç düzeyi de yine söz konusu frekans bandı için ölçülen band basıncı düzeyini göstermektedir.



GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültü Ölçütü Eğrileri

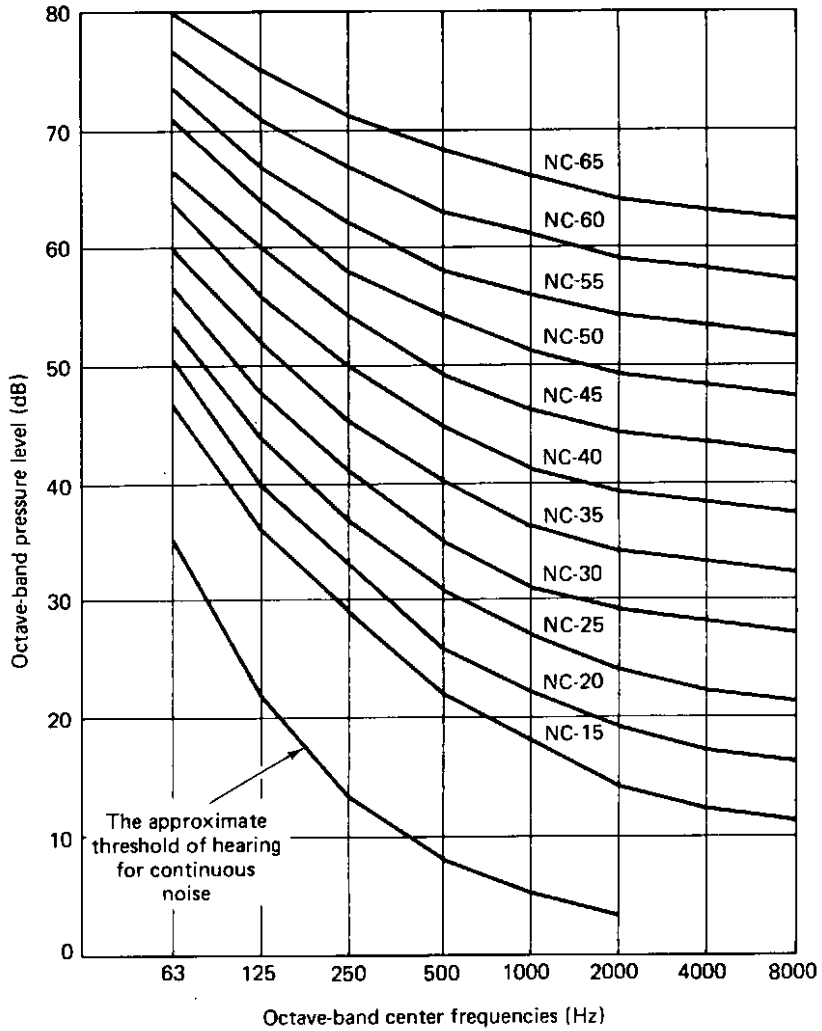
- Kapalı yerlerdeki arka plan (fon) gürültüsünün düzeyini saptamanın ve bilinen sınır değerlerle karşılaştırmanın bir yolu, gürültü ölçütü (NC, **Noise Criterion**) eğrilerini kullanmaktır.
- İlk olarak 1957 yılında çizilen bu eğriler kapalı yerlerdeki gürültüyü belirlemek için kullanılmaktadır. Şekilde gösterilen NC eğrilerinin değişik kullanım şekilleri vardır.



GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültü Ölçütü Eğrileri

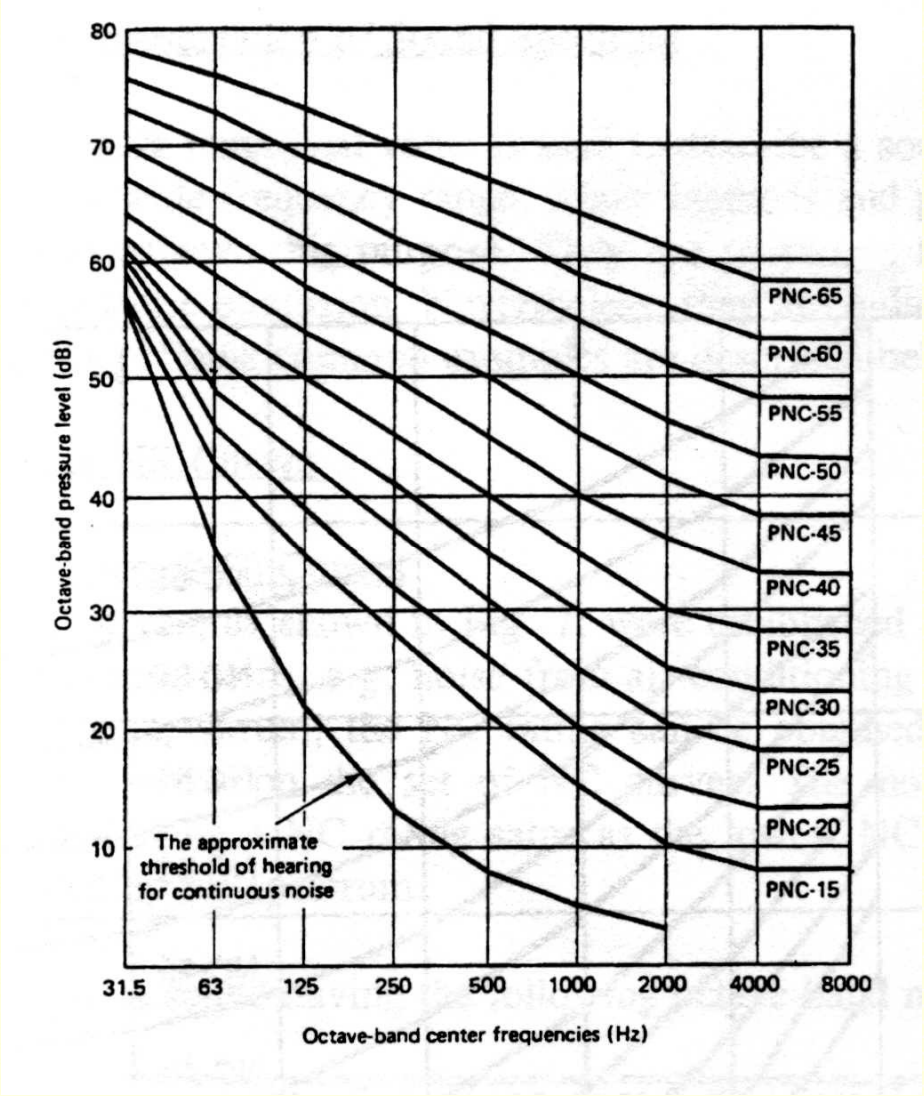
- Şekilde gösterilen her eğri, verilen bir NC değeri için ulaşılabilecek en yüksek oktav band basıncı düzeyini göstermektedir. En basit kullanımda, incelenen gürültünün ölçülen oktav band basıncı düzeyleri NC eğrilerinin üzerine işaretlenir.
- NC=dBA-5



GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültü Ölçütü Eğrileri

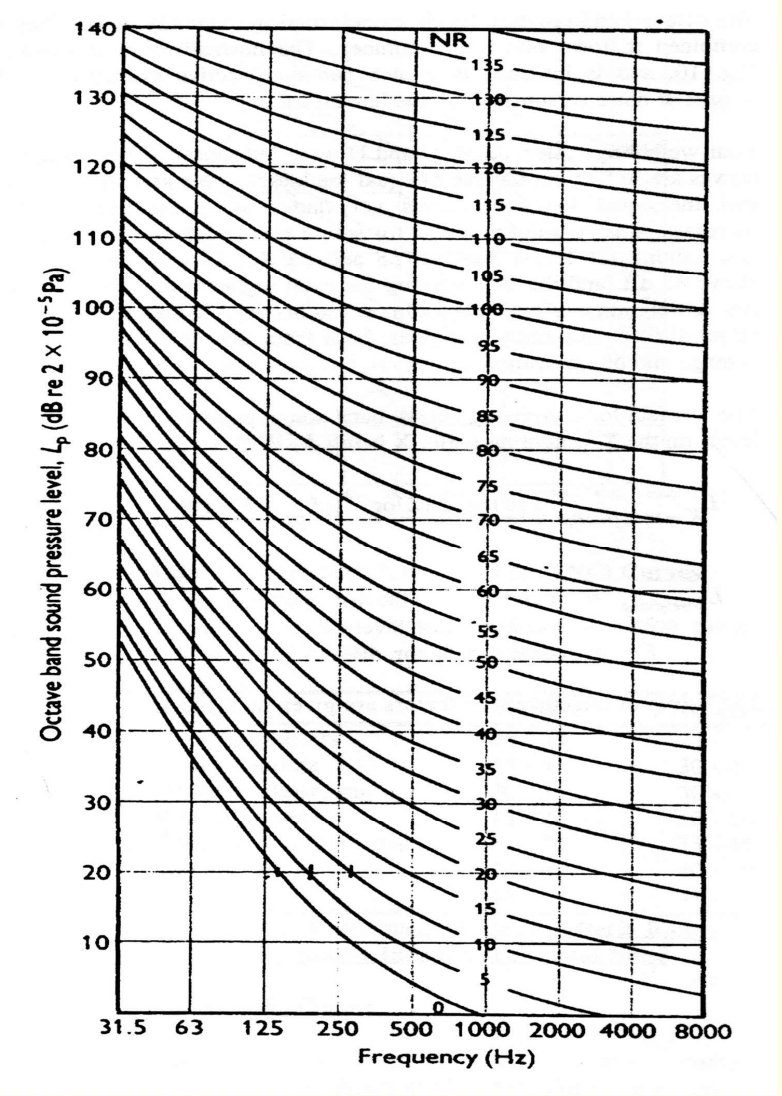
- 1971 yılında, NC eğrileri gözden geçirilerek yeniden çizilmiştir. Yani eğrilere, yeğlenen gürültü ölçütü (PNC, **Preferred Noise Criterion**) eğrileri adı verilir.
- Şekilde PNC eğrileri gösterilmiştir. Genellikle, İngiltere'de ısıtma-havalandırma endüstrisinde ve Amerika'da her alanda yaygın olan NC ve PNC eğrilerine karşılık,



GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültü Ölçütü Eğrileri

- İngiltere'de diğer endüstri kollarında ve Avrupa'da her alanda NR (**Noise Rating**) eğrileri adı verilen gürültü sınıflandırma eğrileri kullanılmaktadır.
- NR eğrilerinin kullanımı, diğer eğrilerin kullanımı gibidir.
- NR eğrileri, NC ve PNC eğrileri ile karşılaştırıldığında, aralarında çok önemli bir fark olmadığı görülmektedir.
- Şekilde NR eğrileri gösterilmiştir.



GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültü Ölçütü Eğrileri

- Gürültü yüksekliğinin saptanması için Stevens'ın phon ile ölçtüğü ses yüksekliği düzeyi ile NR veya NC, PNC sayıları arasında tam bir bağlantı kurmak imkansızdır.
- Bunun nedeni, her iki yöntemdeki yaklaşımların farklı olmasıdır. Ayrıca, tüm ses ve gürültü yüksekliğine ilişkin ölçümler kişisel yargıya dayanmaktadır. Bu da, NC eğrilerinin zamanla değişmesinin ve NC ile NR arasındaki farklılığın önemli nedenlerinden biridir.
- Genelde, gürültü ölçütü eğrileri adını verebileceğimiz NC, PNC ve NR eğrilerinin kullanılmasının en büyük yararı, çeşitli kapalı yerler için verilen gürültü üst sınır değerinin tek bir sayıyla belirlenebilmesidir.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Bazı Kapalı Yerlerdeki Arka Plan Gürültüsü İçin Önerilen NC Değerleri

Yer	NC değeri
Konser salonları ve kayıt stüdyoları	15-20
Yatak odaları	25-35
Ofis ve sınıflar	30-35
Oturma odaları	35-45
Dükkanlar	35-50
Laboratuarlar	40-45
Bilgisayar odaları, tuvalet ve banyolar	45-55
Üretim yapılan bölgeler, ustabaşı odası vb.	45-60

Bir çok büyüklüğün ve bunlarla ilgili olayların kavranmasında yardımcı olduğu görülen desibel'in daha iyi tanınmasını sağlayacak basit bilgiler verilemez mi?

- Belleklerde yer etmiş gürültülerden seçilen birkaç örneğin dB değerleri aşağıda verilmiştir.

Çok sessiz ormanlar	15 - 20 dB
Sessiz bahçe ve kırlar	25 - 30 dB
Sessiz oturma bölgeleri	35 - 40 dB
Gürültüsüz evler	40 - 45 dB
Büro çalışması gürültüleri	55 - 65 dB
Alçak sesle konuşma	50 - 60 dB
Yüksek sesle konuşma	70 - 80 dB
Sokak gürültüleri	60 - 90 dB
Gürültülü fabrikalar	100 - 115 dB

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ses Düzeyi

- Ses düzeyi, ses basıncı düzeyinin belli bir eğriye göre ağırlıklı olarak bulunmuş şeklidir.
- Daha önce gördüğümüz gibi, karmaşık bir sesin ses yüksekliğini belirlemedeki amaç, kulağın frekansa ve ses basıncı düzeyine olan duyarlılığını göz önünde bulundurarak, kulağın birçok harmonikten oluşan bir karmaşık sesi hangi yükseklikte algılayacağının belirtilebilmesidir.
- Eğer kulak her frekanstaki sese aynı derecede duyarlı olsaydı, yani Şekildeki eğriler düz yatay çizgiler olsaydı, ses basıncı düzeyi aynı zamanda sesin yüksekliğini belirlerdi.
- Ne var ki, kulağın her frekansa duyarlılığı farklıdır.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

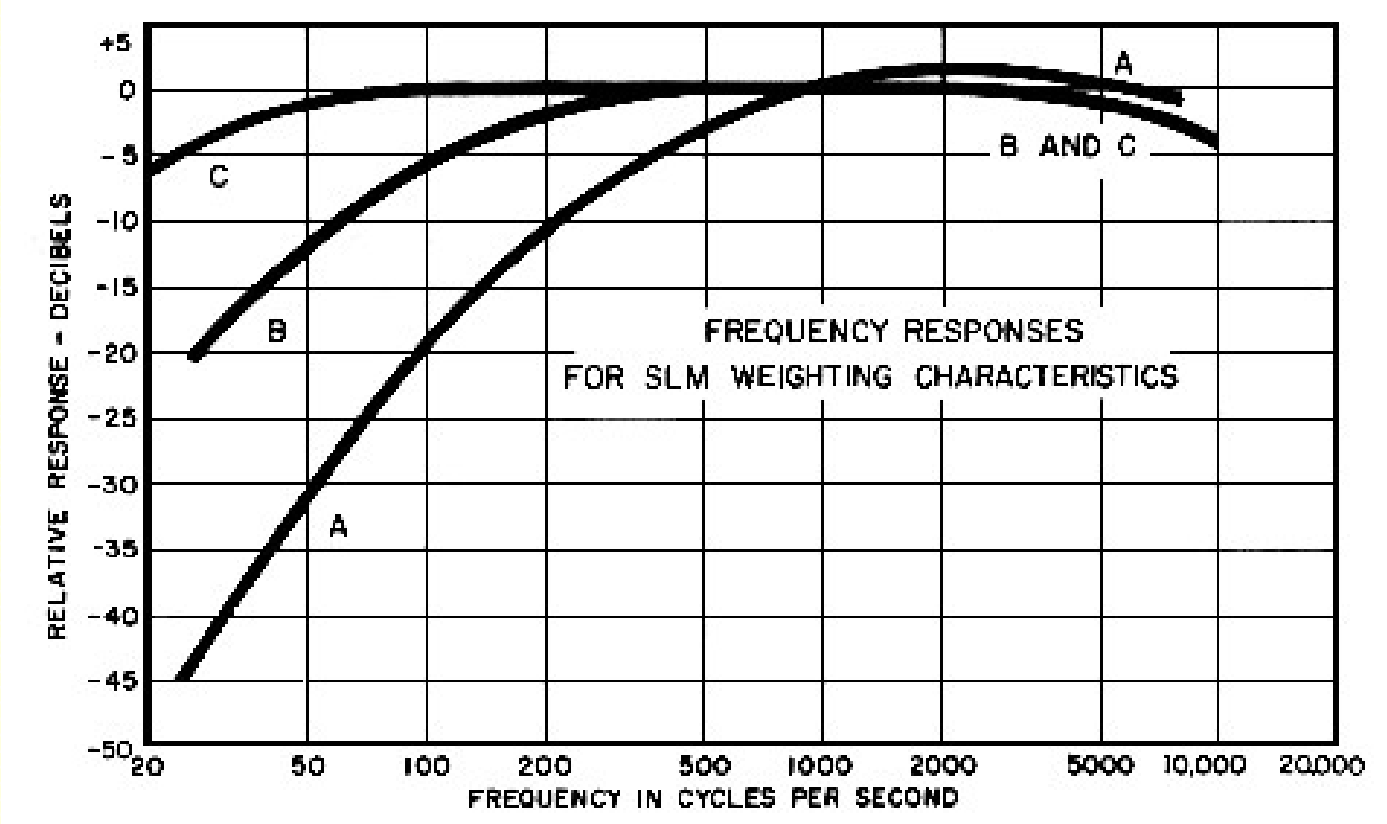
Ses Düzeyi

- Temel ilke, kulağın duyarlılığı ile orantılı ağırlıklar kullanmaktır. Kulağın duyarlı olduğu frekanslardaki harmoniklerin ses basıncı düzeylerine ağırlık verilip, kulağın duyarlılığının azaldığı frekanslara sahip harmoniklerin ses basıncı düzeylerinin ağırlıkları azaltılarak bulunan toplam ses basıncı düzeyi, kulağın söz konusu sesi hangi yükseklikte algıladığının bir ölçüsü olmaktadır.
- Bu amaçla dört ayrı tip ağırlık eğrisi geliştirilmiştir. Bunlardan A, B ve C adı verilen üç tip, sırayla düşük , orta ve yüksek ses düzeyleri için kullanılmışsa da şu anda A tipi her yükseklik düzeyi için, işitme bozulması ve sesin yarattığı rahatsızlıklar açısından, insanların gürültüye gösterdikleri tepkiyi ölçmede yaygın olarak kullanılmaktadır.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ses Düzeyi

- Her uygulamada A ağırlık eğrisinin yeğlenmesinin nedeni, bu eğrinin kulak duyarlılık eğrileriyle doğrudan olan ilişkisidir.
- Şekilde A, B, C ağırlık eğrileri gösterilmiştir.



GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

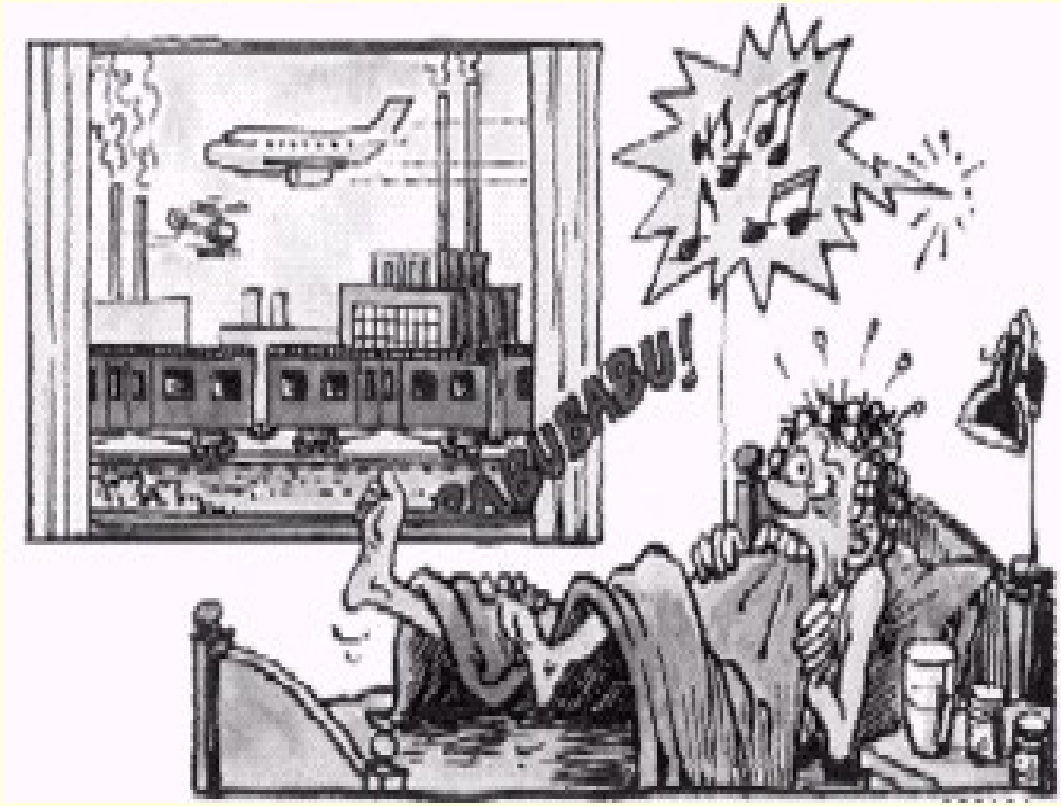
Ses Düzeyi

- Örneğin, düşük frekanstaki bir sesin 3 kHz frekanstaki bir sesle aynı yükseklikte duyulması için düşük frekanslı sesin ses basıncı düzeyinin daha yüksek olması gerekir.
- Kulağın bu özelliğini göz önünde bulundurarak, karmaşık bir sesin yüksekliğini tek bir sayıyla ölçmenin pek kolay olmadığı sonucuna varılır.
- Bundan önceki bölümlerde, önce oktav bandındaki ses yüksekliğini toplayarak, daha sonra bir seri eğri kullanarak, karmaşık bir sesin yüksekliğini tek bir sayıyla göstermenin yollarını görmüştük.
- Bunun üçüncü ve en basit yöntemi ise, her frekans bandındaki ses basıncı düzeyini belli bir ağırlıkta alıp, toplam ses basıncı düzeyini bulmaktır.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültü zararlı mıdır?

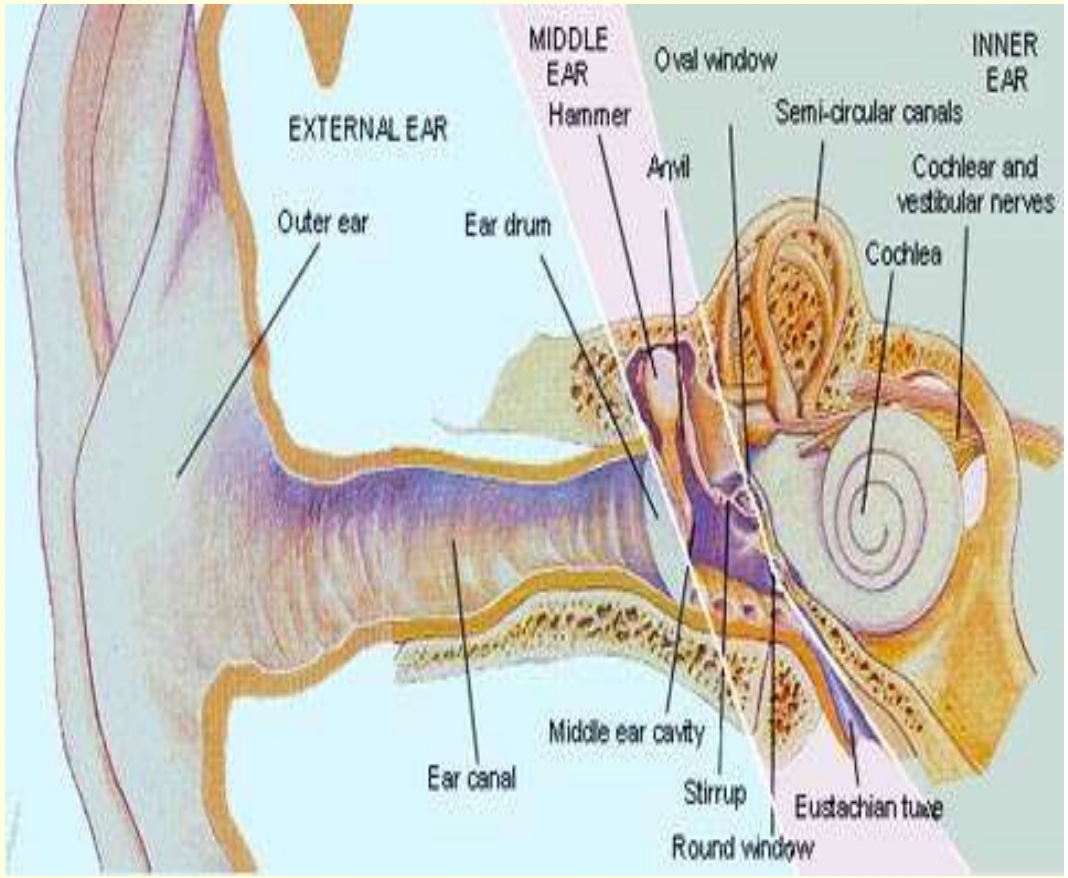
Evet. Gürültünün zararı çoktan beri bilinmektedir. Yaşlı olanlar ilk klakson yasağını anımsayabilirler. Gürültünün, dolaylı ve dolaysız, geçici ve kalıcı türlü zararları vardır. Gürültünün insanlar üzerindeki zararının bir kötü yanı da açıkça belli olmaması, iyi bilinmemesi, kısaca “sinsi” oluşudur.



GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

İnsan Kulağının Yapısı

- İnsan kulağı, dış kulak, orta kulak ve iç kulak adı verilen üç bölümden oluşur.
- Kulak kepçesi ve dış kulak kanalından oluşan dış kulak, kulak zarı ile son bulur. Görevi sesi toplamak ve kulak zarına iletmektir.
- Kulak zarıyla başlayan orta kulakta çekiç, örs ve üzengi kemikleri bulunur. Birbirine bağlı olan bu kemikler, kulak zarının titreşimlerini iç kulakta bulunan kokleanın oval pencere adı verilen kısmına iletir.



GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

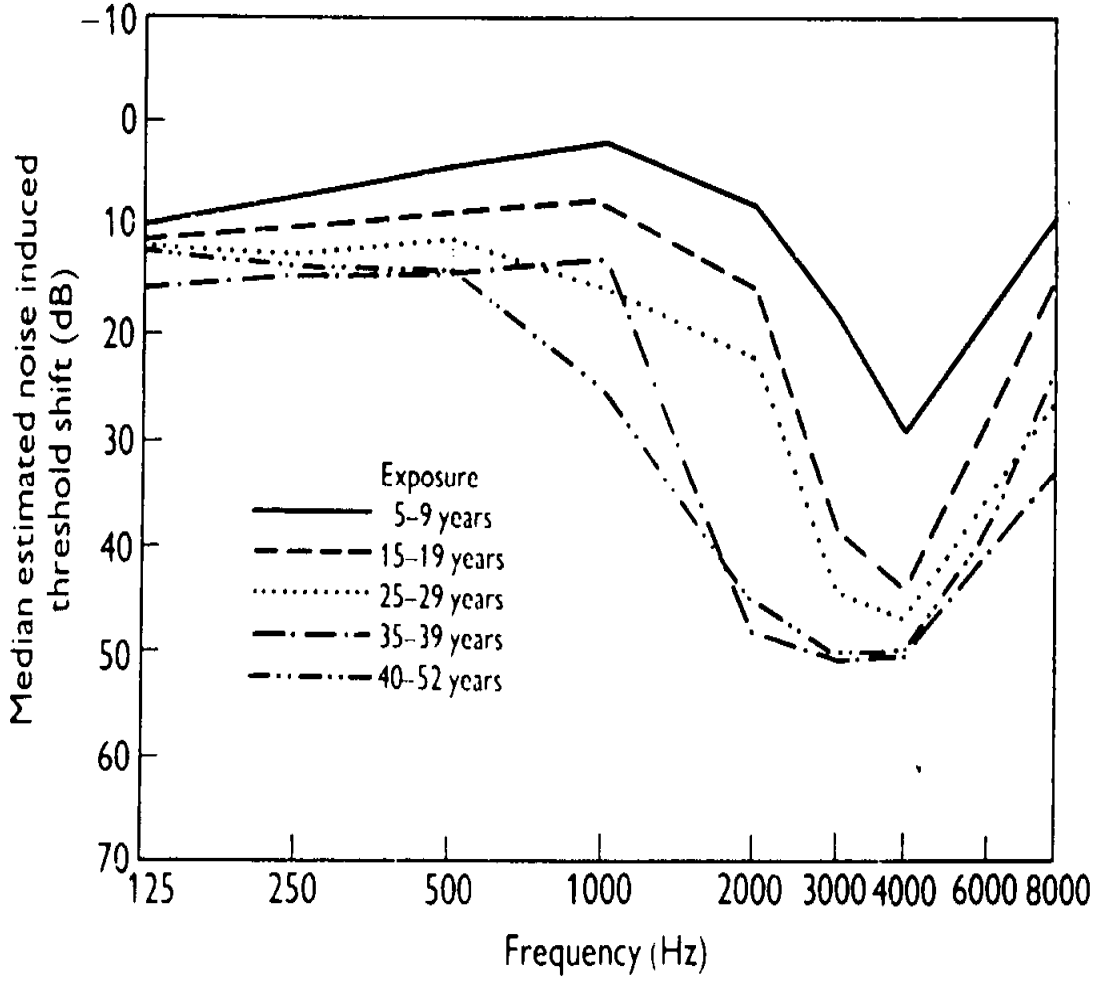
İşitme Kayıpları

- Gürültünün işitme duyusunda oluşturduğu olumsuz etkiler, ya ani etkiler şeklindedir yada zamanla görülür.
- Ani yüksek bir sesin kulak zarını parçalaması veya hassas korti organının fizyolojik yapısını bir daha düzelmeyecek şekilde bozması, ani oluşan etkilerdir.
- Bununla birlikte, ani zarar oluşturmayacak düzeydeki gürültüye uzun süre maruz kalan kişilerde de sürekli işitme kayıpları görülebilir.
- Yüksek ses, tüy hücrelerini zedeleyerek, korti organında çökme oluşturarak veya işitme sinir hücrelerini zedeleyerek işitme duyusuna zarar verir. İşitme duyusu zedelenen bir kişide, işitme kaybı veya işitme eşiğinin kayması adı verilen, işitme duyusunda azalma görülür. İşitme eşiğinin kayması geçici olabileceği gibi sürekli de olabilir.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

İşitme Kayıpları

- Örneğin, normal bir yetişkin 1000 Hz frekansında, ses basıncı düzeyi 0 dB olan bir sesi duyabilirken, uzun süre yüksek sesin etkisi altında kaldıktan hemen sonra, söz gelişi 20 dB in altındaki 1000 Hz frekansındaki sesi duyamıyorsa, bu kişideki işitme kaybı, 1000 Hz frekansı için 20 dB dir.



GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

İşitme Kayıpları

- Eşik kaymasının sürekli veya geçici olması ve eşik kaymasının derecesi, etkisi altında kalınan gürültünün düzeyine, gürültünün frekans dağılımına, kişinin bu gürültünün etkisi altında kaldığı süreye ve kişisel duyarlılığa bağlıdır.
- Gürültünün süresi terimi kişinin hem sürekli olarak bir defada gürültünün etkisinde kaldığı süreyi, hem de aralıklı olarak gürültünün etkisinde kaldığı toplam yılları kapsamaktadır.
- Yani, belli bir yükseklikteki bir sesin etkisinde belli bir süre kalmak işitme kaybına yol açabileceği gibi, belli bir sürede zararlı olmayacak yükseklikteki sesin etkisinde, çeşitli aralarla yıllarca kalmak ta işitme kaybına yol açabilir.

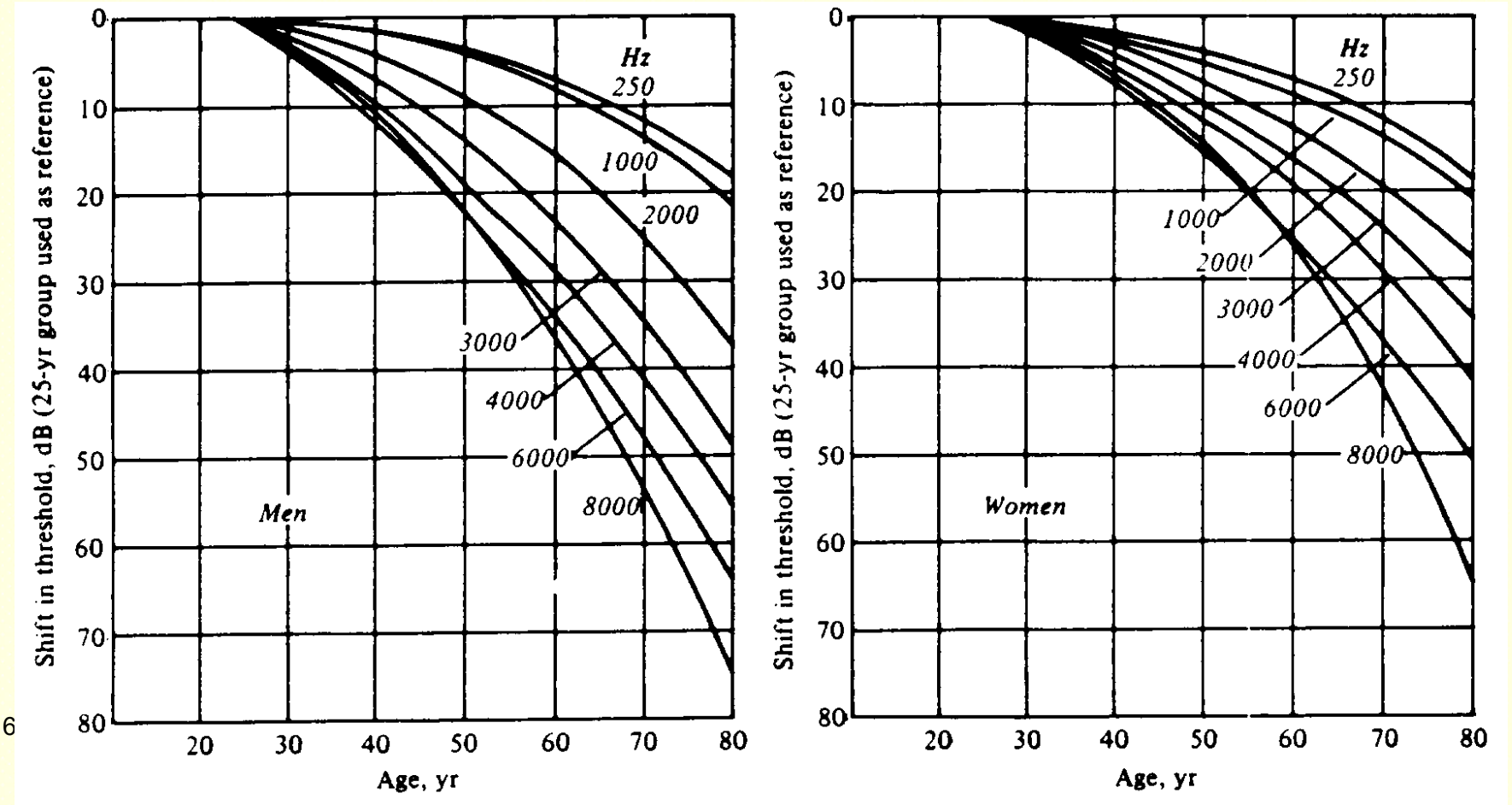
GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

İşitme Kayıpları

- Gürültünün frekans dağılımı da önem taşır. Çünkü kulağın yüksek frekansları algılayan tüy hücreleri daha kolay zedelenebilmektedir. Dolayısıyla, belli yükseklikteki bir sesin yüksek frekanslardan oluşması durumunda neden olacağı işitme kaybı, aynı yükseklikteki sesin düşük frekanslardan oluşması durumunda neden olacağı işitme kaybından daha fazla olur.
- Bu nedenle, yaklaşık olarak her frekansı içeren yüksek düzeydeki gürültünün etkisinde kaldığı için işitme kaybına uğrayan bir kişide, yüksek frekanslardaki eşik kayması daha fazladır.
- Bir frekans aralığındaki işitme kaybı, diğer frekanslardaki sesleri işitmeyi etkilemez.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Eşik kaymasının yıllara bağlı olarak değişimi



GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültünün İnsana Olan Diğer Etkileri

- İşitsel algılamayı az ya da çok bozar ve engeller; yanlış ve eksik işitmeye, yanlış ve eksik anlamaya, ve bu nedenle fazla dikkat harcanmasına, fazla enerji harcanmasına, çabuk yorulmaya neden olur.
- Yukarıdaki nedenlerle kızgınlık, sinirlilik, stres, korku, rahatsızlık, tedirginlik ve yorgunluk meydana getirir, zihinsel etkinliklerde yavaşlama, iş gücünü ve verimi azaltır, çeşitli kazalara neden olabilir.
- İşitme duyarlığını geçici, ya da iç kulak organlarına zarar verip, kalıcı ve giderilemez bir biçimde azaltabilir.
- Göz bebeklerine, tiroid hormonu üretimine, kalp atışlarına, adrenalin ve kortikortrofin üretimine, mide ve karın hareketlerine, kasların tepkisine, kan damarlarının büzülmesine kalıcı ve giderilemez zararlar verebilir.
- Kadınlarda doğum güçlüklerine, sakat ve ölü doğumlara neden olabilir.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültünün İnsana Olan Diğer Etkileri

- Kas gerilmeleri, stres, kan basıncında artış, kalp atışlarının değişmesi, göz bebeğinin büyümesi ve uykusuzluk.
- Ayrıca migren, ülser, gastrit vb. hastalıkların ortaya çıkmasında gürültünün de önemli etkisinin olabileceği ileri sürülmektedir. Ancak, gürültünün, bu hastalıkların ortaya çıkmasında doğrudan etkili olduğu henüz kanıtlanmamıştır.
- Bu sonuçların çoğu, gürültülü ortamda çalışan rahatsız edici başka çevre etkilerinin de bulunabileceğini göz önünde bulundurursak, gürültünün neden olabileceği ileri sürülen bazı hastalıkların, gürültü dışındaki, başka çevre etkilerinden de kaynaklanabileceği görülür.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Yarattığı etkiye göre gürültü düzeyleri :

- 1. Derece G. D.: Sosyal etkiler yapar (iletişim üzerine negatif etkiler gibi). Rahatsızlık duygusu, öfke kızgınlık, konsantrasyon ve uyku bozukluğu yapar. 30-60 dBA arası gürültülerdir.
- 2. Derece G.D.: 1. derecedekilere ek olarak fizyolojik bozukluklar da yapar. Solunum hızlanması, kalp atışlarının yavaşlaması ve beyin sıvısı basınında bozukluklar. 60-90 dBA arası gürültülerdir.
- 3. Derece G.D. : Sosyal, psikolojik, fizyolojik etkilerin yanında Baş ağrıları ve geçici duyma bozuklukları yaratır. 90-120 dBA arası gürültülerdir.
- 4. Derece G.D.: Tüm önceki etkilerin yanında sağırlığa neden olur. 120-140 dBA arası gürültülerdir.
- 5. Derece G.D.: 140 dBA ve üzerindeki gürültülerdir. Ciddi beyin tahribatı (felç) ve şok etkisinden dolayı kalp krizleri gibi önemli rahatsızlıklara neden olur.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Az Gürültü de zararlı mıdır?

- Azlık, çokluk, yani nicelik boyutu gürültü düzeyi *(gürültü seviyesi)*, ya da daha teknik dilde yeğinlik, ses basınç düzeyi gibi deyimler ile anlatılır.

Önce bir ayırım yapmak gerekir:

- Gürültünün insan organizması üzerindeki dolaysız etkisi ve bunun doğurduğu zarar başka şey; bir konuşmayı izlemek, müzik dinlemek vb. gibi durumlarda işitilmesi gereken seslerin işitilmesini güçleştirmek, engellemek, dikkati dağıtmak gibi rahatsız edici etkisi başka şeydir. Kısaca, birincisine zarar, ikincisine rahatsızlık denebilir.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Az Gürültü de zararlı mıdır?

- Doğaldır ki, rahatsızlığın dolaylı zararları da söz konusudur.
- Zarar konusunda başka kriterler, rahatsızlık konusunda başka kriterler kullanılır. Rahatsızlık konusu çok daha karmaşıktır. Değişik boyut ve etkenlerin ve öznel değerlendirmelerin de söz konusu olduğu **rahatsızlık** bir yana bırakılır da yalnızca **zarar** konusu ele alınırsa, belli bir sınırdan söz edilebilir.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültünün zararlı olmaya başladığı sınır nedir?

- Değişik ülkelerde yürürlükte olan yönetmeliklere göre bu sınır çok ufak değişiklikler gösterir. Genelde, günde 8 saatlik bir süre için, bu sınır 85-90 dB(A) dır.
- Gürültüyü oluşturan frekansların belli özel durumları, örneğin ses enerjisinin, bir ya da bir kaç frekansta toplanmış olması, zararlılığı arttırır.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

- Dünya Sağlık Örgütü (WHO)ve G.K.Y.'ne göre maruziyet süreleri ;
- 80 dBA en çok 7,5 saat
- 90 dBA en çok 4 saat
- 95 dBA en çok 2 saat
- 100 dBA en çok 1 saat
- 105 dBA en çok 0,5 saat
- 110 dBA en çok 0,25 saat
- 115 dBA en çok 1/8 saat

Tablo. Endüstriyel Gürültü Üst Sınır Değeri (ISO 1999)
Beş yıllık çalışma süresinde risk : %4

Gürültünün Etkisinde Kalınan Ortalama Süre, saat/gün	En Yüksek Gürültü Düzeyi, dBA
8	90
4	93
2	96
1	99
0,5	102
0,25	105
1/8	108

leq

$$\%Zaman = \frac{100.t}{8}$$

$$Leq = 10Log\left[\frac{1}{100}\left(x1.10^{\frac{L1}{10}} + x2.10^{\frac{L2}{10}} + \ldots xn.10^{\frac{Ln}{10}}\right)\right]$$

Noise Exposure

- The Factories and Industrial Undertakings (Amendment) Regulation 1982 of Hong Kong indicates a maximum permissible noise exposure of an equivalent continuous sound level of 90 dBA for an 8-hr working duration.

$$\text{Fractional Exposure} = \frac{\text{Noise Exposure given}}{\text{Noise Exposure of 90 dBA for 8-hr}}$$

$$f = \frac{t \times 10^{L/10}}{8 \times 10^{9.0}}$$

$$= t/8(10^{L/10-90/10})$$

$$\boxed{f_i = \frac{t_i}{8} \times 10^{\frac{1}{10}(L-90)}}$$

Noise Exposure

If exposure time is normalized to 8 hr, then t = 8 & L = L_{eq}

$$f_i = \frac{8}{8} \times 10^{\frac{1}{10}(L_{eq} - 90)}$$

$$\log f = \frac{1}{10}(L_{eq} - 90)$$

$$\boxed{L_{eq} = 10 \log f + 90}$$

Noise Dose - total fractional exposure

$$f = \sum f_i$$

Noise Exposure

Example An aircraft engineer spends his working day in the following environment

Location	Duration, hr	SPL, dBA
Engine Test Cell	0.5	105
Workshop	3.0	85
Office	4.0	75

Determine the total daily fractional exposure and the normalized L_{eq} (8hr) value.

$$f = \frac{t}{8} \times 10^{\frac{1}{10}(L-90)}$$

Noise Exposure

Example

Engine test cell $f_e = \frac{0.5}{8} \times 10^{\frac{1}{10}(105-90)} = 1.98$

Workshop $f_w = \frac{3.0}{8} \times 10^{\frac{1}{10}(85-90)} = 0.12$

office $f_o = \frac{4.0}{8} \times 10^{\frac{1}{10}(75-90)} = 0.016$

$\therefore$ Total daily fractional exposure = 1.98 + 0.12 + 0.016 = 2.12

Normalised L_{eq} (8 hr) value:

$$L_{eq} = 10 \log f + 90$$
$$= 10 \log 2.12 + 90$$
$$= 93 \text{ dBA}$$

Tablo. Endüstriyel Gürültü Üst Sınır Değeri (OSHA Yönetmeliği)

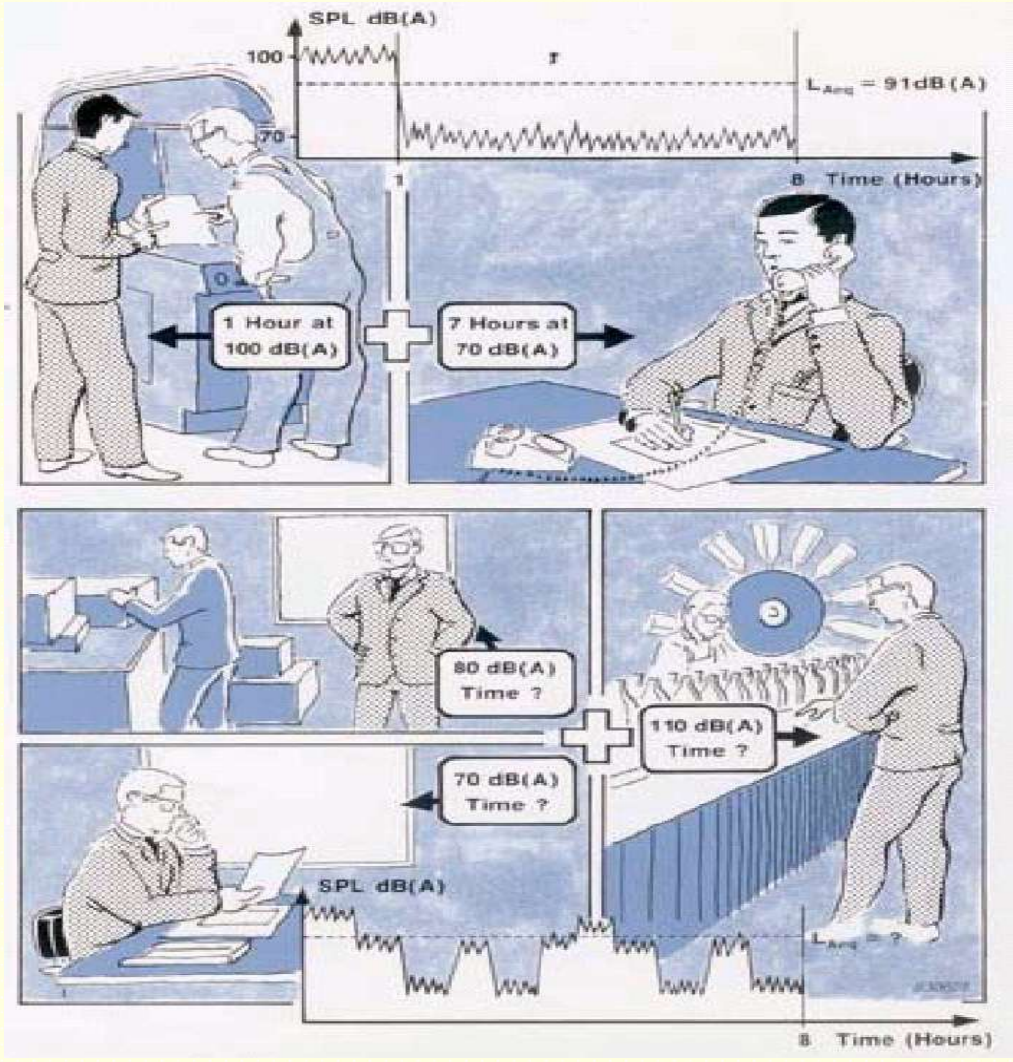
Gürültünün Etkisinde Kalınan Süre, saat/gün	En Yüksek Gürültü Düzeyi, dBA
8	90
4	95
2	100
1	105
0,5	110
0,25	115

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültü 8 saat sürmüyorsa durum nedir?

Gürültünün süresi önemli midir?

- Gürültünün zararı günlük doz ile orantılıdır. Doz, gürültü düzeyi ile sürenin çarpımı gibi düşünülebilir. Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) sekiz saat süreyle 90 dB(A) düzeyinde bir gürültüyü, günlük maksimum doz olarak belirlemiştir. Bu değerin üzerindeki dozlar, dozun yüksekliği oranında zarar verir.



GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültü 8 saat sürmüyorsa durum nedir?

Gürültünün süresi önemli midir?

- Gürültünün zararı günlük doz ile orantılıdır. Doz, gürültü düzeyi ile sürenin çarpımı gibi düşünülebilir. Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) sekiz saat süreyle 90 dB(A) düzeyinde bir gürültüyü, günlük maksimum doz olarak belirlemiştir. Bu değerin üzerindeki dozlar, dozun yüksekliği oranında zarar verir.
- Süre yarıya inerse, sesin şiddeti ($\mu W/cm^2$ cinsinden) iki katına çıkabilir. Yani 3 dB yükselebilir. Buna göre günlük maksimum doz

8 saat için 90 dB(A)

4 saat için 93 dB(A)

2 saat için 96 dB(A) dır.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültü 8 saat sürmüyorsa durum nedir?

Gürültünün süresi önemli midir?

- 90 dB yakınlarında doğru orantı gibi görünen bu ilişki, bu değerlerden uzaklaşıldıkca değişir; süre, 75 dB e doğru sonsuza gider, 100 dB de yarım saate iner.
- Süre ile ilgili bir önemli konu da şudur: 70 milisaniyeden daha kısa süreli gürültülerin işitilirliği, süre ile orantılı olarak azalır; oysa zararları azalmaz. Bu bakımdan çok tehlikelidirler. Ölçmelerin, bu çok kısa süreli sesleri de ölçebilecek aletlerle yapılması gerekir.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültü nasıl ölçülür?

Eşdeğer gürültü düzeyi nasıl bulunur?

- Gürültü, ya da ses ölçme, çok geniş ve karmaşık bir konu, ve başlı başına bir tekniktir. Ses biçimleri, tayfsal yapıları, zaman içindeki türlü değişimleri ve öteki özellikleri ile çok çeşitli olduğu gibi, sesin ya da gürültünün ölçülmek istenen, ölçmeye konu olan özellikleri de önemli ayrımlar gösterir.
- Ölçme için kullanılan aletler, düzenler mikrofonlar, yöntemler, süreler duruma ve amaca göre doğru seçilmezse, yanlış ya da yetersiz ve yanıltıcı sonuçlar elde edilir.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültü nasıl ölçülür?

Eşdeğer gürültü düzeyi nasıl bulunur?

- Bu alanda kullanılan ölçme aletlerine genelde sonometre denir.
- Eşdeğer gürültü düzeyi, gelen ses enerjisini toplayarak, bunu ölçme süresi sonunda eşdeğer gürültü düzeyi cinsinden verebilen aletlerle *(entegratör sonometrelerle)* ya da dozimetre denen ve yalnızca doz ölçmeye yarayan aletlerle ölçülür. Dozimetreler, ufak ve basit olmaları nedeni ile, gün boyunca kişinin üzerinde taşınabilir.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Zararla ilgili ölçmeler gibi, rahatsızlıkla ilgili ölçmeler de söz konusu mudur?

Zarar ve rahatsızlık arasında önem bakımından bir ölçüştürme yapılabilir mi?

- Daha önce de değinildiği gibi, rahatsızlık konusu oldukça karmaşıktır. Bu konuda, belli ölçmelerin, belli yöntemlerle değerlendirilmesi gerekir. Ölçme teknikleri de farklıdır.
- Önem bakımından ise, bir ölçüştürme yapılamaz denebilir.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Zararla ilgili ölçmeler gibi,

rahatsızlıkla ilgili ölçmeler de söz konusu mudur?

Zarar ve rahatsızlık arasında önem bakımından bir ölçüştürme yapılabilir mi?

- Zarar ile ilgili olarak şu örnek verilebilir:
- 30 yıl süre ile verimli bir biçimde çalışabilecek değerli bir işçi, aşırı gürültüden gördüğü zarar ile, on yıl içinde kendisinden yararlanılamaz duruma gelebilir. Bu büyük ve çok yönlü bir kayıptır.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

İnsan gürültüye alışabilir mi?

- Gürültünün neden olduğu rahatsızlık bakımından belli ve sınırlı bir alışma söz konusudur. Deniz feneri bekçilerinin, fener arızalanıp durduğu, gürültüsü kesildiği zaman uykudan uyanmaları klasik bir örnektir.
- Fakat yalnızca rahatsızlık bakımından bile olsa, her tür gürültüye alışılamaz. Gürültünün, verdiği rahatsızlık bakımından alışılabilirliği, düzeyi dışında başka önemli değişkenlere de bağlıdır.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültü nasıl önlenir?

- Büsbütün sessiz bir ortam düşünülemez. Yerleşim bölgelerinde, kırlarda, dağlarda, her yerde belli düzeyde bir gürültü her zaman vardır. En sessiz sanılan yerlerdeki gürültü düzeyinin 15-20 dB olduğu söylenebilir.
- O halde soruyu **"Zararlı ya da rahatsız edici olmasını önlemek üzere, gürültü nasıl azaltılır?"** biçiminde sormak daha doğru ve anlamlıdır.
- Gürültü ile savaşım zor ve pahalıdır. Bu nedenle de bu savaşım, işin uzmanlarınca, belli bir plana göre ve gerekli ölçme ve hesaplar yapılarak yürütülmelidir.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Plan, ölçme ve hesaplar konusunda kısaca bilgi verilebilir mi?

Plan, madde madde şöylece özetlenebilir:

- Gereksiz gürültü kaynaklarını yok etmek
- Varolması zorunlu gürültü kaynaklarının en sessizlerini seçmek ve bu kaynakların gürültüsünü azaltmak
- Gürültüyü kaynağında hapsetmek, yayılmasını önlemek
- Yayılmış gürültünün yeterince azalarak girebileceği bölümler oluşturmak
- Kulaklara özel tıkaçlar tıkamak

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Plan, ölçme ve hesaplar konusunda kısaca bilgi verilebilir mi?

- Hesaplar ise, gürültü denetimi projesinin amacına göre, zararlı etki bakımından günlük dozun altına inilmesi, ya da belli frekanslar için rahatsızlık sınırlarının altına inilmesini sağlamak üzere, ulusal yönetmeliklerden ya da uluslararası kabullerden ve ölçme sonuçlarından yola çıkarak, alınacak önlemleri belirlemeye yönelik olarak yapılır.
- Gürültü denetiminde plan, ölçmeler ve hesaplar bir bütündür. Bunlar gereği gibi yapılmazsa, boş yere zaman ve para harcanacağı unutulmamalıdır.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ses yutucu malzemeler kullanılarak gürültü azaltılamaz mı?

- Bu iç mekanda, bir odada, bir salonda gürültü kaynağının oluşturduğu gürültü düzeyi, aynı gürültü kaynağının açık havada oluşturduğu gürültü düzeyinden daha yüksektir. Bunun nedeni, ses enerjisinin söz konusu mekanın iç yüzeylerinden peşi peşine yansımalarla, yani yansışma ile, üst üste binerek çoğalmasıdır.
- İç yüzeylerde ses yutucu gereçler kullanılarak, işte bu çoğalma azaltılabilir. Yoksa, çoğu kez sanıldığı gibi, kimi özdeklerin havadaki nemi yutarak azaltmasına benzer bir biçimde, kaynaktan çıkan gürültü, belli bir özdeğe çekilip yutularak azaltılamaz. Oldukça yaygın olan bu yanlış kanı, büyük çapta boşuna harcamalara neden olmaktadır.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Bir hacmin iç yüzeyleri ince ve kalın sesleri en büyük oranlarda yutan gereçlerle kaplanırsa bu hacimde gürültü ne kadar azalır?

- Bir hacmin iç yüzeylerinin yutma çarpanları çok düşükse, bu yüzeyler, gelen ses enerjisinin örneğin yalnızca %1'ini yutuyorsa, bu hacimde ses düzeyi, açık havadakine oranla 20 dB daha yüksek olur. *(Peşi peşine yansımalarla üst üste binen enerji 100 katına çıkar.)*
- Eğer aynı hacimde hem ince hem kalın sesler için yutma çarpanı çok yüksek olan gereçler kullanılıyorsa, ses düzeyi 20 dB yükseleceğine, ince sesler için 1 dB, kalın sesler için 3 dB den fazla yükselmeyebilir.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Bir hacmin iç yüzeyleri ince ve kalın sesleri en büyük oranlarda yutan gereçlerle kaplanırsa bu hacimde gürültü ne kadar azalır?

- Yani, örneğin, açık havada belli bir gürültü kaynağından 3 m uzaklıktaki bir noktada gürültü düzeyi 70 dB ise, bir iç mekanda aynı kaynaktan 3 m uzaktaki noktada gürültü düzeyi, eğer iç yüzeyler çok az yutucu ise 90 dB, çok fazla yutucu ise 71~73 dB olur.
- Dikkat edileceği gibi, olay, gerçek anlamda gürültünün azalması değil, iç mekanlarda peşi peşine yansımalarla gürültü düzeyindeki yükselişin azalmasıdır.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ses yutucu malzemeler kullanılarak, gürültünün bir hacimden başka bir hacime geçmesi önlenemez mi?

- Kısaca önlenemez denebilir. Burada yanıltıcı olan, sesin yutulması, geçmesi ve yansıması olaylarının oluş biçimleri ve bunlarla ilgili sayısal anlatımlar arasındaki ayrımlardır.
- Bir gerecin yutma çarpanı *(bir malzemenin ses yutma oranı)*, bu gerecin yüzeyinden yansımayan, yani geri dönmeyen ses enerjisi oranıdır. Bu enerji, o gereç içinde ısıya dönüşebildiği gibi, bir bölümü, ses titreşimleri biçiminde gerecin arkasına geçip yayılmasını sürdürebilir.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ses yutucu malzemeler kullanılarak, gürültünün bir hacimden başka bir hacime geçmesi önlenemez mi?

- Bir gerecin içinde ısıya dönüşerek yok olan ses enerjisi oranı çok büyük olsa bile, çizelgelere bakıldığında, ses yutma çarpanlarının *(kalın ve ince seslerin ortalaması olarak)* %75'in üzerine çıkamadığı görülür. Ses enerjisinin %75'inin yutulması, %25'inin yine ses biçiminde kalması, yani böyle bir yutulma ile ses enerjisinin 4 kat azalması, dörtte bire inmesi demektir. Bu ise ses düzeyinde ancak 6 dB bir düşüş demektir.
- Oysa sesin geçmesinin önlenmesi istenen bölmelerde, döşeme ve tavanlarda en az 40 dB, 45 dB ya da 50 dB bir azalma istenir. Ses, ya da gürültü düzeyinin 40 dB düşmesi için ise, ses enerjisinin dörtte bire değil onbinde bire inmesi, yani ortalama yutma çarpanının %75 değil %99,99 olması gerekir. Böyle bir yutuculuk, böyle bir gereç düşünülemez.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültünün bir hacimden başka bir hacime geçmesi nasıl önlenir?

- Bu, daha önce açıklanmış olan, gürültü ile savaşım planının önemli bir aşamasıdır ve planın bütünü içinde ele alınması gerekir.
- Yalnızca bu aşama ele alındığında bile, konu çok yanlı bir uzmanlık konusu olarak ortaya çıkar. Çünkü ses değişik yollardan değişik biçimde geçer ve bu değişik yollardaki ses geçirmezlik, dengelenmedikçe başarıya ulaşılamaz. Bu önemlidir, çünkü bu konuda pek çok boşuna harcamalar yapılagelmektedir.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültünün bir hacimden başka bir hacime geçmesi nasıl önlenir?

- Konu, havadan gelen sesin yalnızca belli ve tek yapımlı bir bölmeden geçmesi gibi çok basite indirgenirse, şu söylenebilir:
- Sesin geçmesi, ses titreşimlerine, kütlesi ile karşı koyabilecek bölmelerle azaltılır. Yani söz konusu olan, sesin yutulması değil durdurulmasıdır. Kütle, yani bölmenin ağırlığı *(m^2 ağırlığı)* pratik sınırlara gelindiğinde, çift cidar, yüzen döşeme, asma tavan ve benzeri özel çözümler aramak gerekir. Hepsinde de temel ilke sesin yutulması değil durdurulmasıdır.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ses yutucu gereçler hangi durumlarda etkilidir?

- Yukarıdaki açıklamalardan anlaşılacağı gibi, ses yutucu gereçler, özellikle, bir iç mekanda birbirini gören yüzeylerde, sesin pek çok defa peşi peşine yansıması ve bu yansımalarda peşi peşine yutulmasının söz konusu olduğu durumlarda etkilidir. Bunun dışında, yutucu bir yüzey boyunca büyük uzaklıklar aşan ses enerjisinde de dikkate alınabilir azalmalar olur.
- Uygulamaya dönük olarak, hacim akustiği ve oditoryum akustiğinde belli sınırlamalar ve dengelemelerde, bir iç mekanda oluşmuş ya da buraya girmiş ses enerjisinin yansıma ile yükselmesinin azaltılmasında, uzun koridorlar, havalandırma kanalları vb. tek boyutlu sayılabilecek ortamlarda gürültü düzeyinin düşürülmesinde, ve benzeri durumlarda ses yutucu, ve özellikle gözenekli gerekler kullanılır.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Bir çok büyüklüğün ve bunlarla ilgili olayların kavranmasında yardımcı olduğu görülen desibel'in daha iyi tanınmasını sağlayacak basit bilgiler verilemez mi?

- Daha önce açıklandığı gibi, desibel, bir oranın ondalık logaritmasıdır. Bu oranın payında ölçme konusu sesin şiddeti, paydasında ise işitme alt sınırındaki sesin şiddeti vardır. Payda hep aynı kaldığına göre, desibel cinsinden değişmeler, ölçme konusu ses şiddeti değişmelerinin logaritması gibidir.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Bir çok büyüklüğün ve bunlarla ilgili olayların kavranmasında yardımcı olduğu görülen desibel'in daha iyi tanınmasını sağlayacak basit bilgiler verilemez mi?

- Aşağıdaki örnekler desibel'in logaritmasal niteliğinin kavranmasına yardımcı olabilir.

  Aynı melodiyi

1 keman yerine	2	kemanın çalması	3	dB bir artışa
1 keman yerine	5	kemanın çalması	7	dB bir artışa
1 keman yerine	100	kemanın çalması	20	dB bir artışa

  neden olur.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Bir çok büyüklüğün ve bunlarla ilgili olayların kavranmasında yardımcı olduğu görülen desibel'in daha iyi tanınmasını sağlayacak basit bilgiler verilemez mi?

- Açık havada, noktasal bir kaynaktan küresel dalgalar biçiminde yayılan ses enerjisi uzaklığın karesi ile azaldığı için, uzaklık her iki katına çıkışta ses düzeyi 6 dB düşer.

  Örneğin, ses düzeyi kaynaktan :

1 m uzakta	100 dB	ise
2 m uzakta	94 dB	
4 m uzakta	88 dB	
.....	.....	
256 m uzakta	52 dB	olur.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Bir çok büyüklüğün ve bunlarla ilgili olayların kavranmasında yardımcı olduğu görülen desibel'in daha iyi tanınmasını sağlayacak basit bilgiler verilemez mi?

- Belleklerde yer etmiş gürültülerden seçilen birkaç örneğin dB değerleri aşağıda verilmiştir.

Çok sessiz ormanlar	15 -	20 dB	
Sessiz bahçe ve kırlar		25 -	30 dB
Sessiz oturma bölgeleri		35 -	40 dB
Gürültüsüz evler		40 -	45 dB
Büro çalışması gürültüleri		55 -	65 dB
Alçak sesle konuşma	50 -	60 dB	
Yüksek sesle konuşma		70 -	80 dB
Sokak gürültüleri		60 -	90 dB
Gürültülü fabrikalar	100 -	115 dB	

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gürültü düzeyinin belirtilmesi için neden logaritmasal bir anlatım, yani desibel seçilmiştir?

- İnsanlar ses düzeylerini dB cinsinden algılarlar. Çünkü, duyulanma, uyarmanın logaritması gibi değişir. Bu nedenle dB, işitsel şiddeti daha iyi anlatır. İşitme özelliklerine daha iyi uyum sağlamak amacı ile, desibel'den **FON** ve **SON** birimleri de üretilmiştir. dB(A), dB(C) gibi anlatımlar da aynı amaçla benimsenmiştir.
- 1 dB, tüm frekanslar için insan kulağının farksal eşiğidir. 3 dB, insan kulağının ancak farkedebildiği belirgin bir yeğinlik ayrımıdır. 10 dB yükselme ya da düşme, gürültü düzeyinin 2 katına çıkması ya da inmesi gibi algılanır.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Yeryüzünde gürültü öteden beri varolduğuna göre, zararlı etkileri son zamanlarda mı anlaşılmıştır?

Yeryüzünde öteden beri var olan gürültü, son zamanlarda zararlı olacak dozlara yükselmiştir. Bunun bir kaç nedeni şöylece sıralanabilir:

- Gürültü kaynakları, artan bir hızla çoğalmıştır; kara, hava, deniz trafiği, endüstri, inşaat makineleri gibi dış gürültü kaynakları ile, yapı içinde türlü tesisat, konut ve iş yerlerinde kullanılan çok sayıdaki çeşitli gürültü kaynakları, gürültünün çok büyük oranda artmasına neden olmuştur.
- Çok katlı yapılarda kullanılan iç ve dış hafif bölmelerin çoğu gürültüyü durduracak, yayılmasını önleyecek nitelikte değildir. Bu günün iskelet taşıyıcılı yapıları, kalın duvarlı eski yığma yapılara göre, taşıyıcıları ve bölmeleri ile, ses titreşimlerinin yayılmasına çok daha elverişlidir.

GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Yeryüzünde gürültü öteden beri varolduğuna göre, zararlı etkileri son zamanlarda mı anlaşılmıştır?

- Kentlerde yatay ve düşey yoğunluk artmış, insanlarla insanlar, insanlarla gürültü kaynakları, yapıların içinde ve dışında birbirlerine yaklaşmışlar, yaşantı sıkışık bir duruma gelmiştir.
- Çalışmanın ağırlığı bedensel alandan zihinsel alana kaymış, insanlar, gürültünün rahatsız edici etkisine, ruhsal ve dolaylı zararlarına daha duyarlı duruma gelmişlerdir.

Bu nedenlerle, ve bir kaç dolaylı etkenin de eklenmesi ile, gürültü, denetimi zor ve ileri dönük zarar verme gücü fazla bir çevre kirliliği olarak ortaya çıkmış, zararları yaşanmış ve bilimsel olarak saptanmıştır.

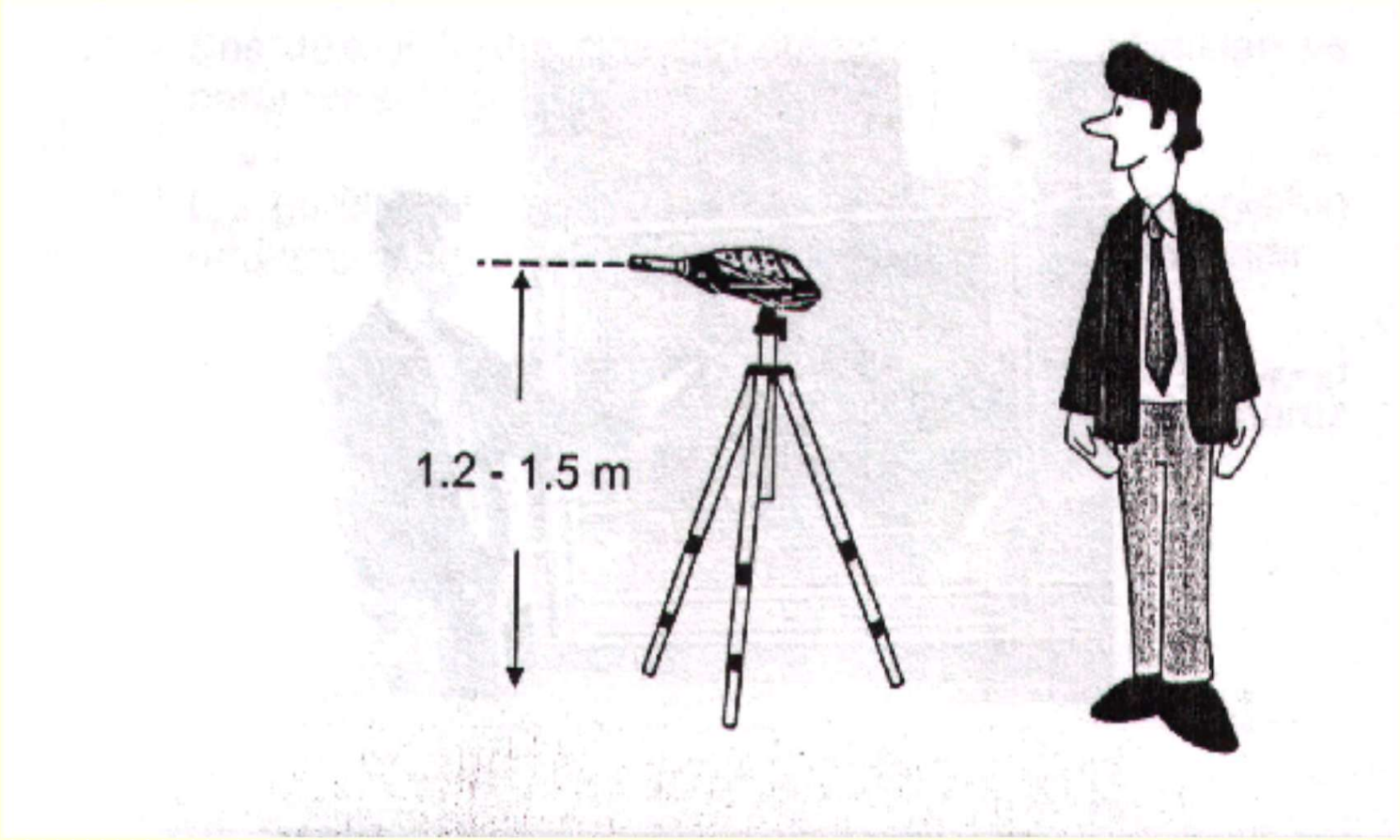
GÜRÜLTÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Bu yönetmelik, gereksinimleri karşılayacak nitelikte midir?

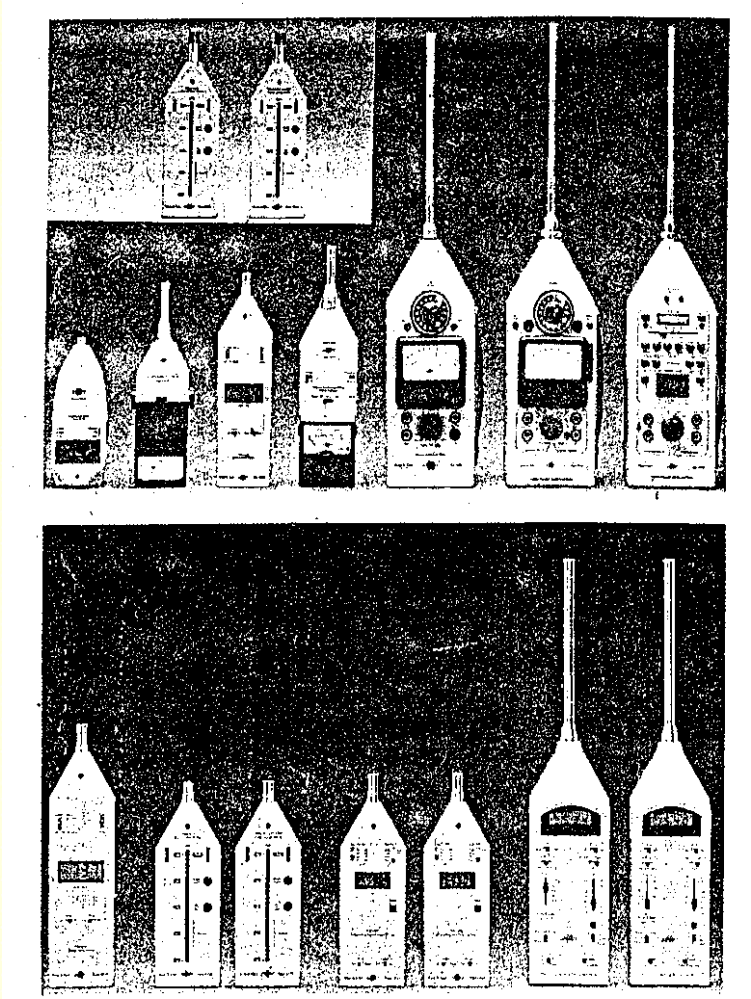
- Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nin hazırlanarak yayınlanmış ve yürürlüğe girmiş olması, ülkemiz için büyük bir aşamadır. Yönetmelikte, gürültü ile ilgili konular geniş bir biçimde ele alınmıştır. Doğaldır ki tüm yasa ve yönetmelikler gibi, bu yönetmelikte zamanla gelişecek ve daha yararlı duruma gelecektir. Özellikle, uygulanabilirliğinin artması ve uluslararası standartlara daha uygun bir duruma gelmesi en doğal beklentiler olmalıdır.

SES ÖLÇÜM TEKNİKLERİ

SES ÖLÇÜMÜ ALICININ YERDEN YÜKSEKLİĞİ



Farklı modellerde ses ve gürültü ölçüm cihazları



Şekil 3.3 — Çeşitli Ses Düzeyi Ölçerler

SOFTWARE KULLANIMI OLAN LOKAL ÖLÇÜM CİHAZLARI









Bilgisayar kayıtlı hafızasında veri bulundurabilen verileri grafik olarak verebilen sonuçları yazıcı ile verebilen cihazlar, genelde istasyon cihazı olarak kullanılırlar.





Manuel (portatif) gürültü ölçüm cihazları.

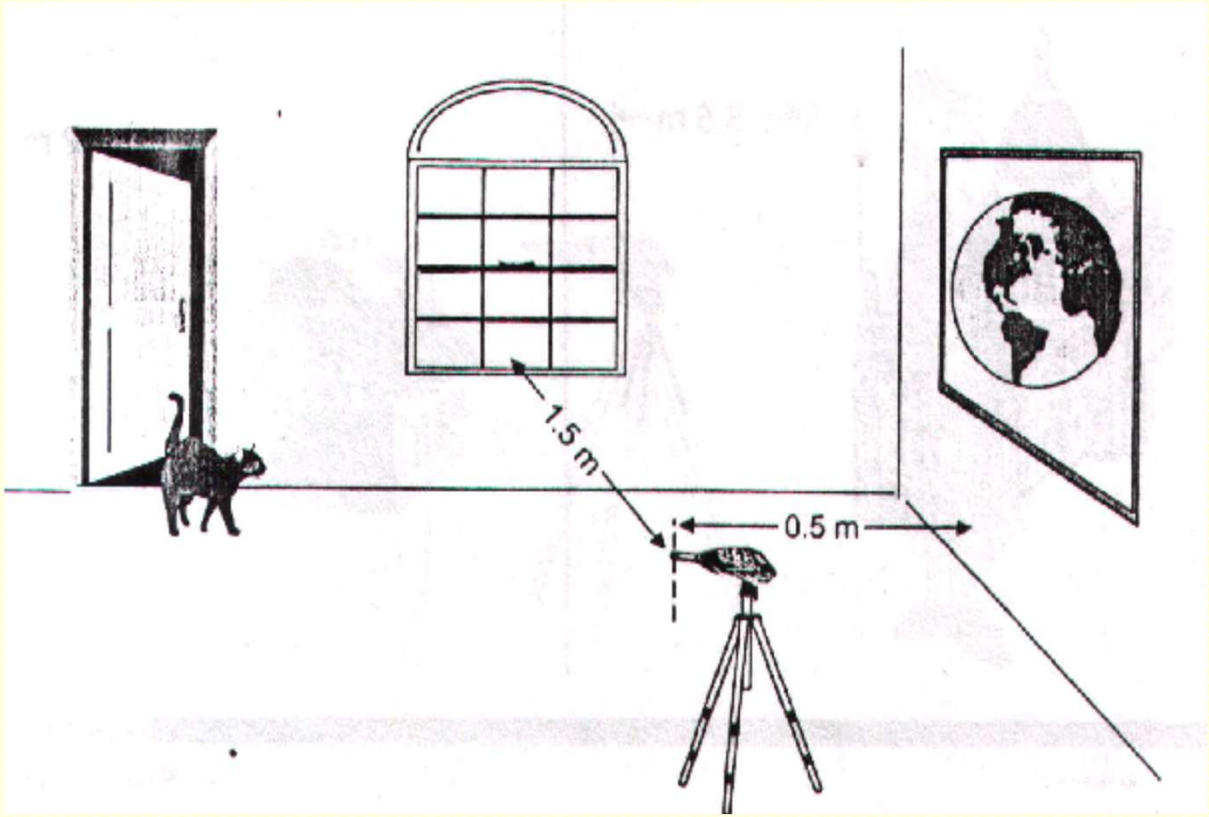




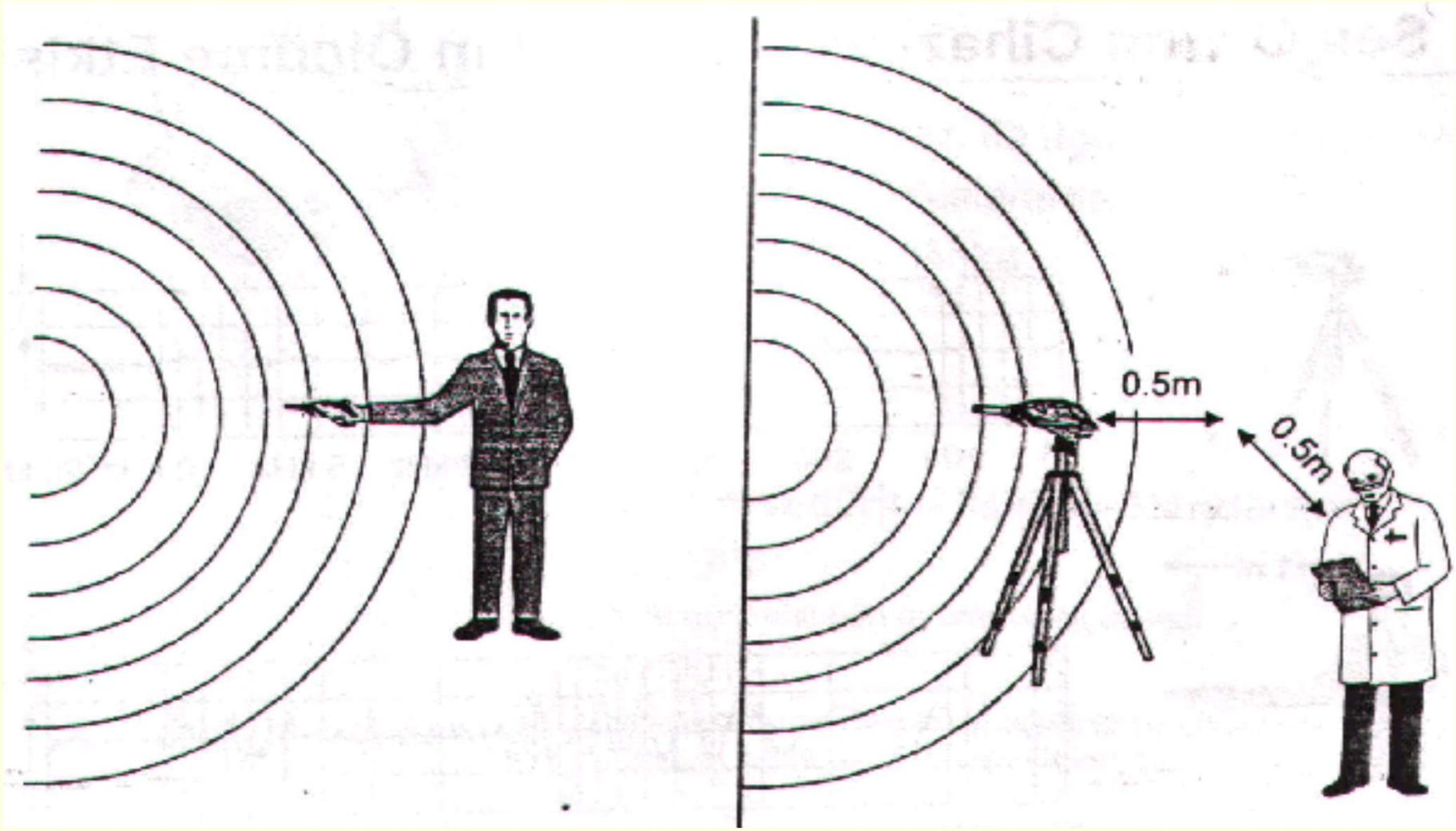
Sabitlenebilen frekans ölçüm cihazı



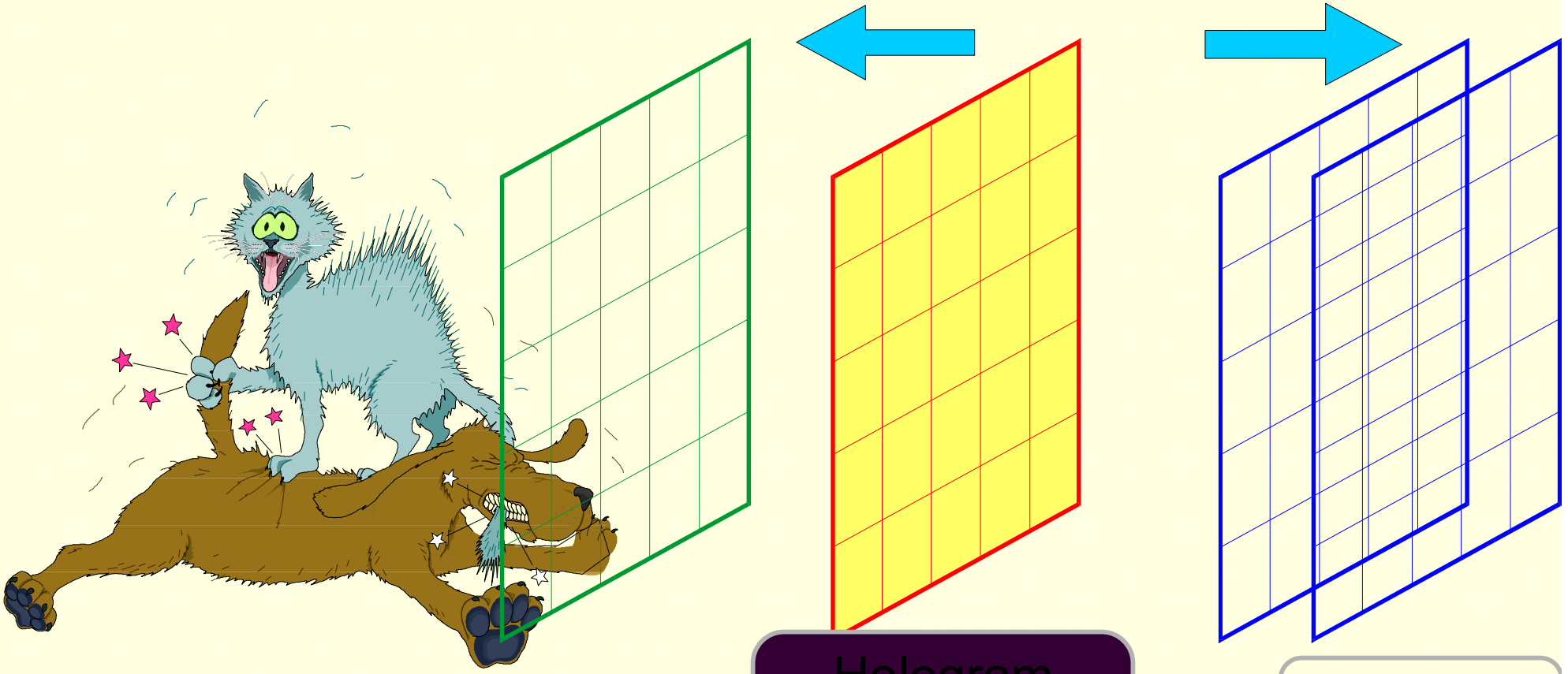
İÇ MEKANLARDA MİKROFONUN KONUMU



KULLANICININ KONUMU

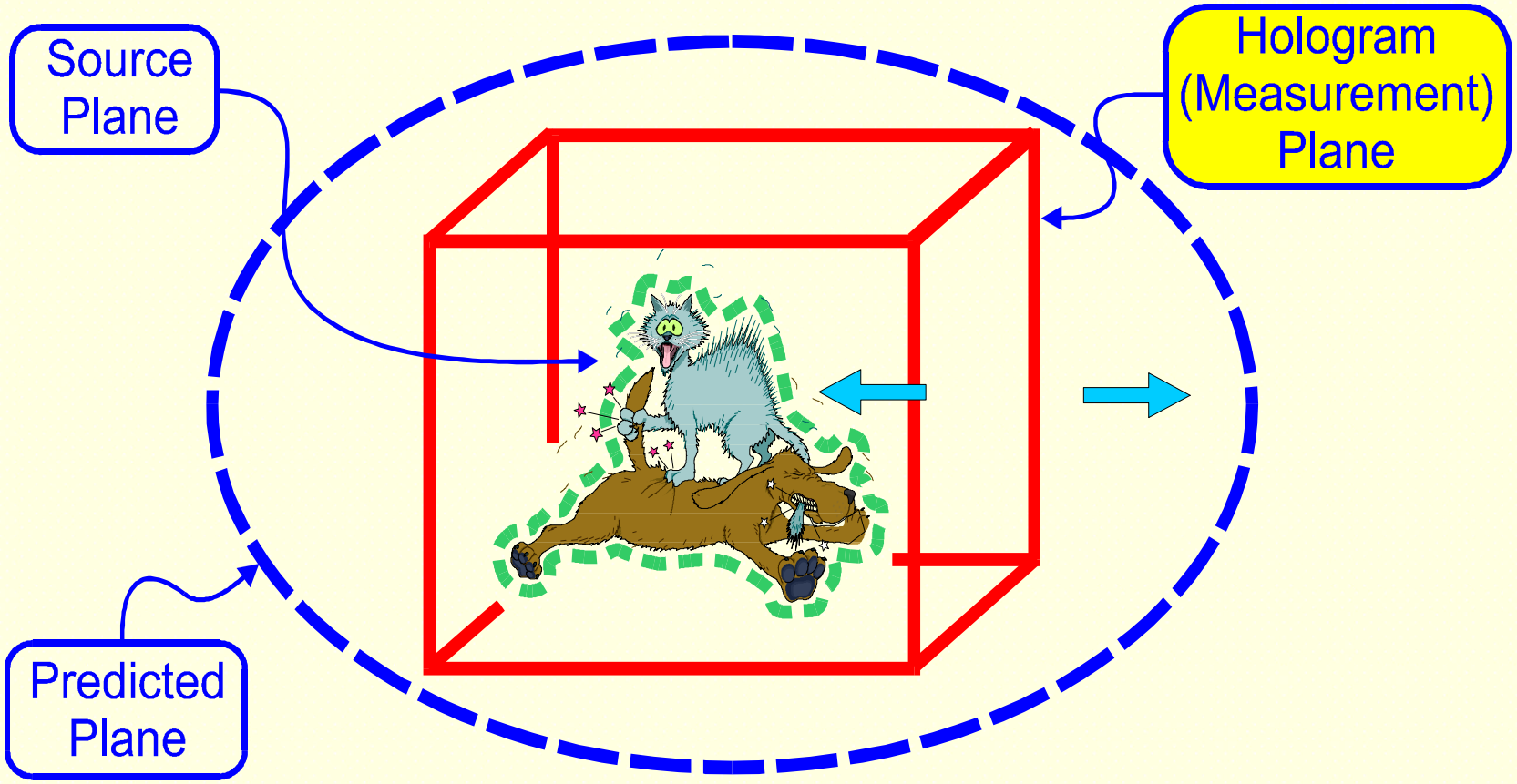


Conventional Acoustical Holography



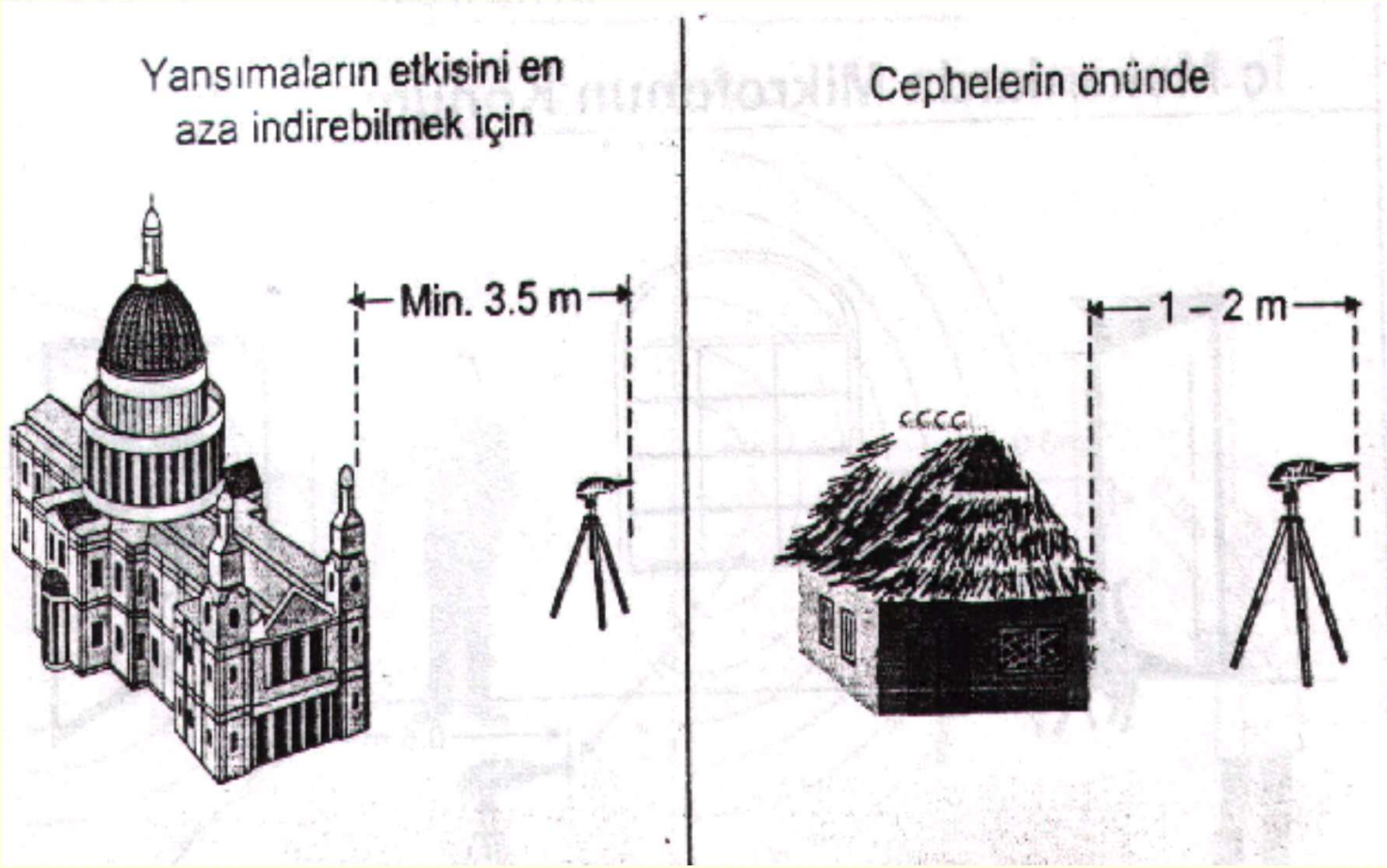
N.B. "Source" plane is not the "true source" plane for inseparable coordinate

BEM-based Acoustical Holography

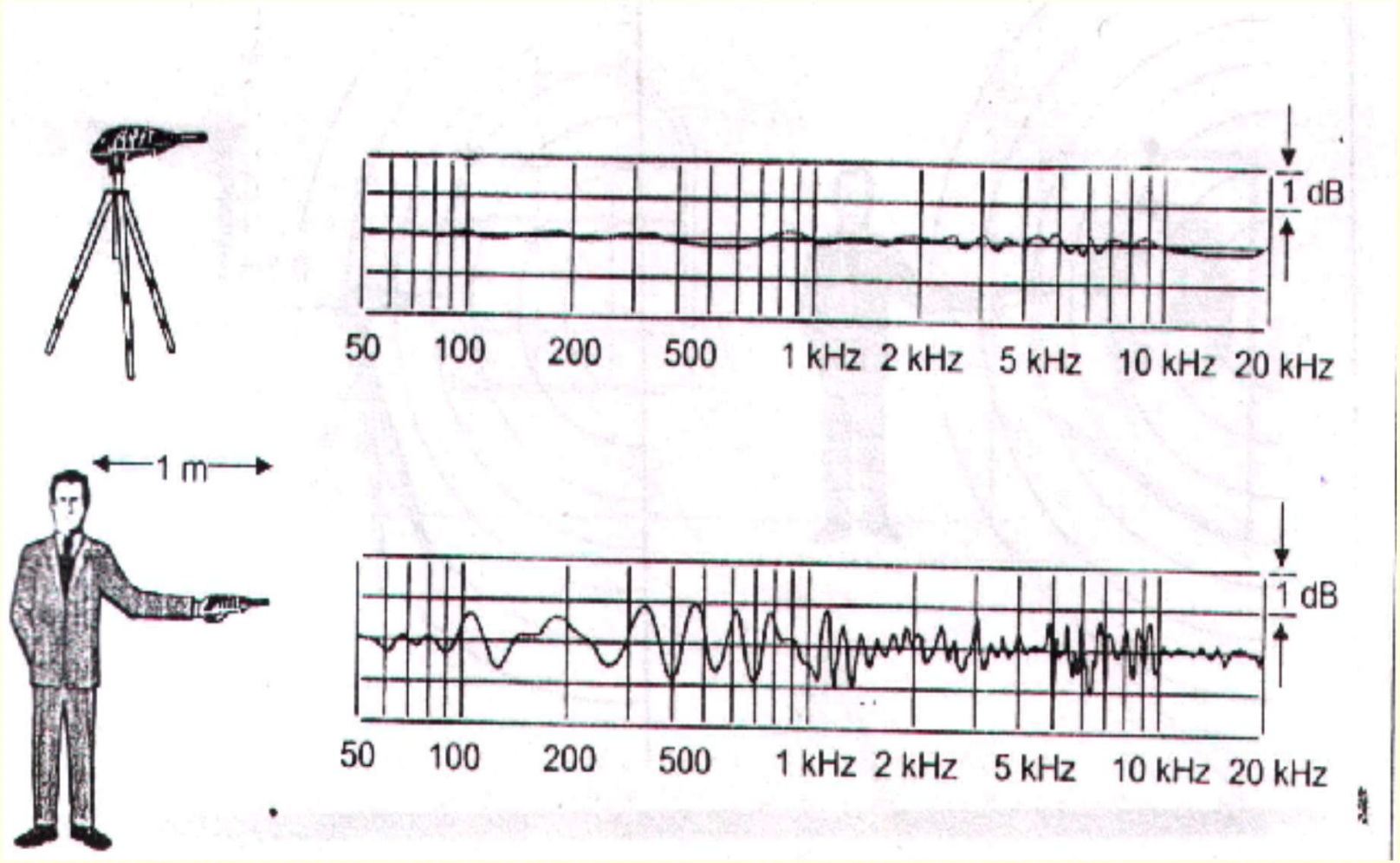


N.B. Reconstructed "source" plane coincides with "true source" plane.

DIŞ MEKANLARDA MİKROFONUN KONUMU



SES ÖLÇÜM CİHAZI VE KULLANICININ ÖLÇÜME ETKİSİ

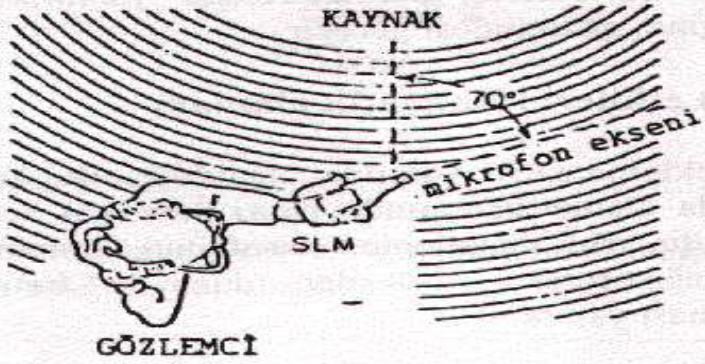


Bir fabrika fanı gürültüsünün ölçümü

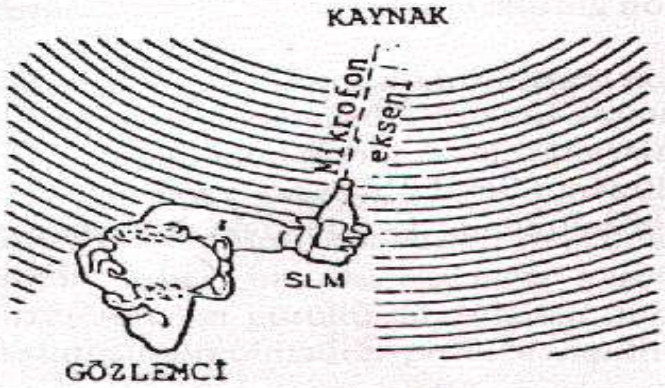


SERBEST ALAN ÖLÇÜMLERİ

Genel bir kurak olarak, bir serbest alanda ölçme yapılırken, mikrofon, en düz serbest alan yanıtını elde elde edecek biçimde yönlendirilmelidir. Eğer mikrofonun en düz yanıtı, gelişigizel geliş yanıtı ise, kaynağa göre açı, Şekil 2'de görüldüğü gibi 70° olmalıdır. Eğer mikrofonun en düz yanıtı, dik geliş yanıtı ise, mikrofonun ekseni, Şekil 3'de görüldüğü gibi, kaynağa yönlendirilmiş olmalıdır.



Şekil 2. Mikrofonun en düz yanıtı gelişigüzel geliş yanıtı ise



Şekil 3. Mikrofonun en düz yanıtı dik geliş yanıtı ise

4

ISO 1996 states that the following information must be recorded:

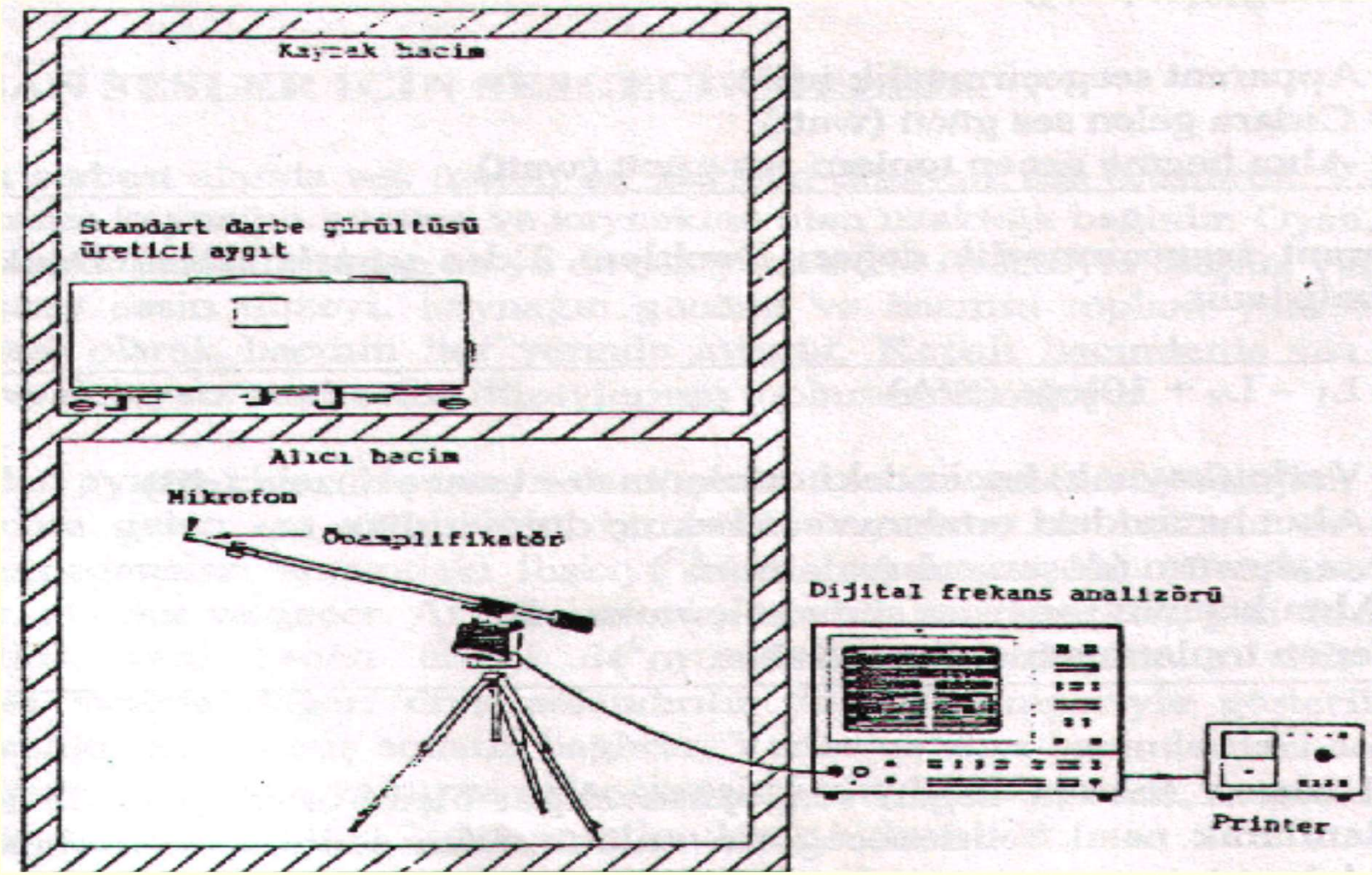
- Results
- Measurement technique
- Type of instrumentation used
- Measurement procedure used
- Calculations used
- Prevailing conditions
- Atmospheric conditions (wind direction and speed, rain, temperature, atmospheric pressure, humidity)
- Nature/state of ground between source and receiver
- Source variability
- Calibration data
- Measurement date, start and stop time
- Number of measurements made
- Description of the sound sources under investigation

It is also advisable to include additional information such as:

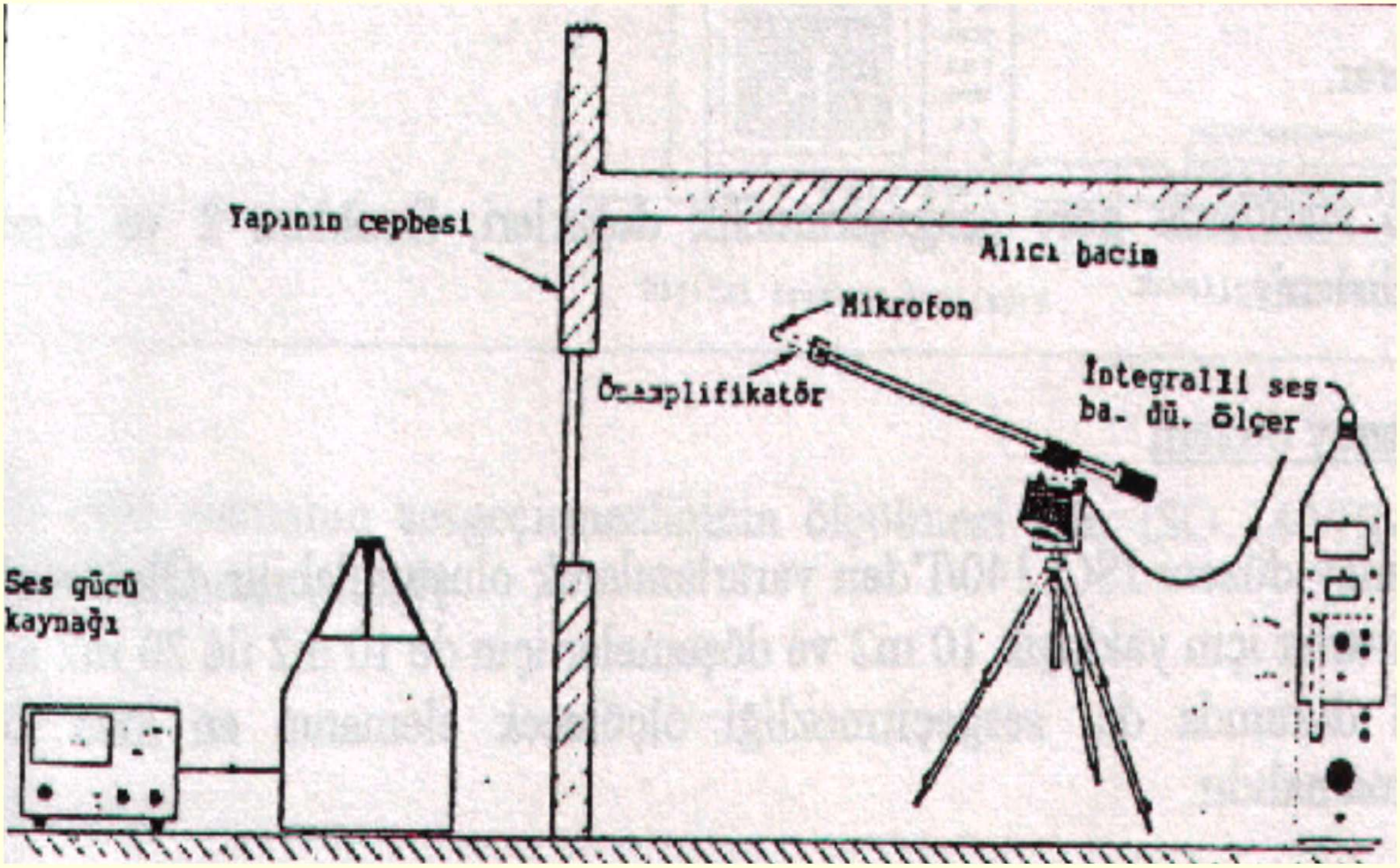
- The purpose of the measurement
- The standard used
- Equipment used, including serial numbers
- Map showing position of sound sources, relevant objects and observation points

It is also important to write the report in an easy-to-understand, readable style. Depending on your target audience, the use of graphics, sketches, and illustrations can sometimes help to explain the data. In other cases, text and figures will suffice.

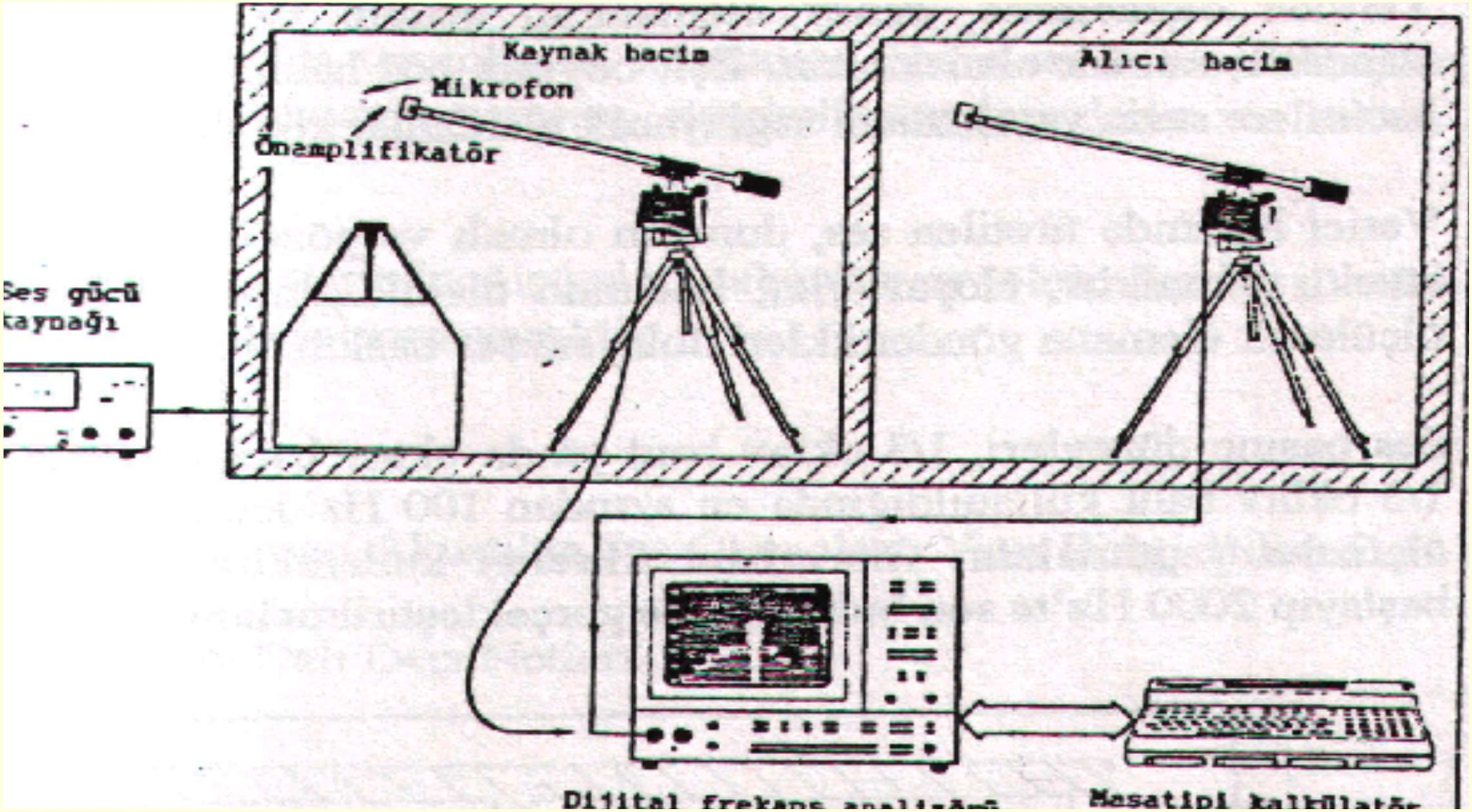
ISO140/VI'YA GÖRE HAZIRLANMIŞ LABORATUVAR DARBE GÜRÜLTÜ ÖLÇME DÜZENEĞİ



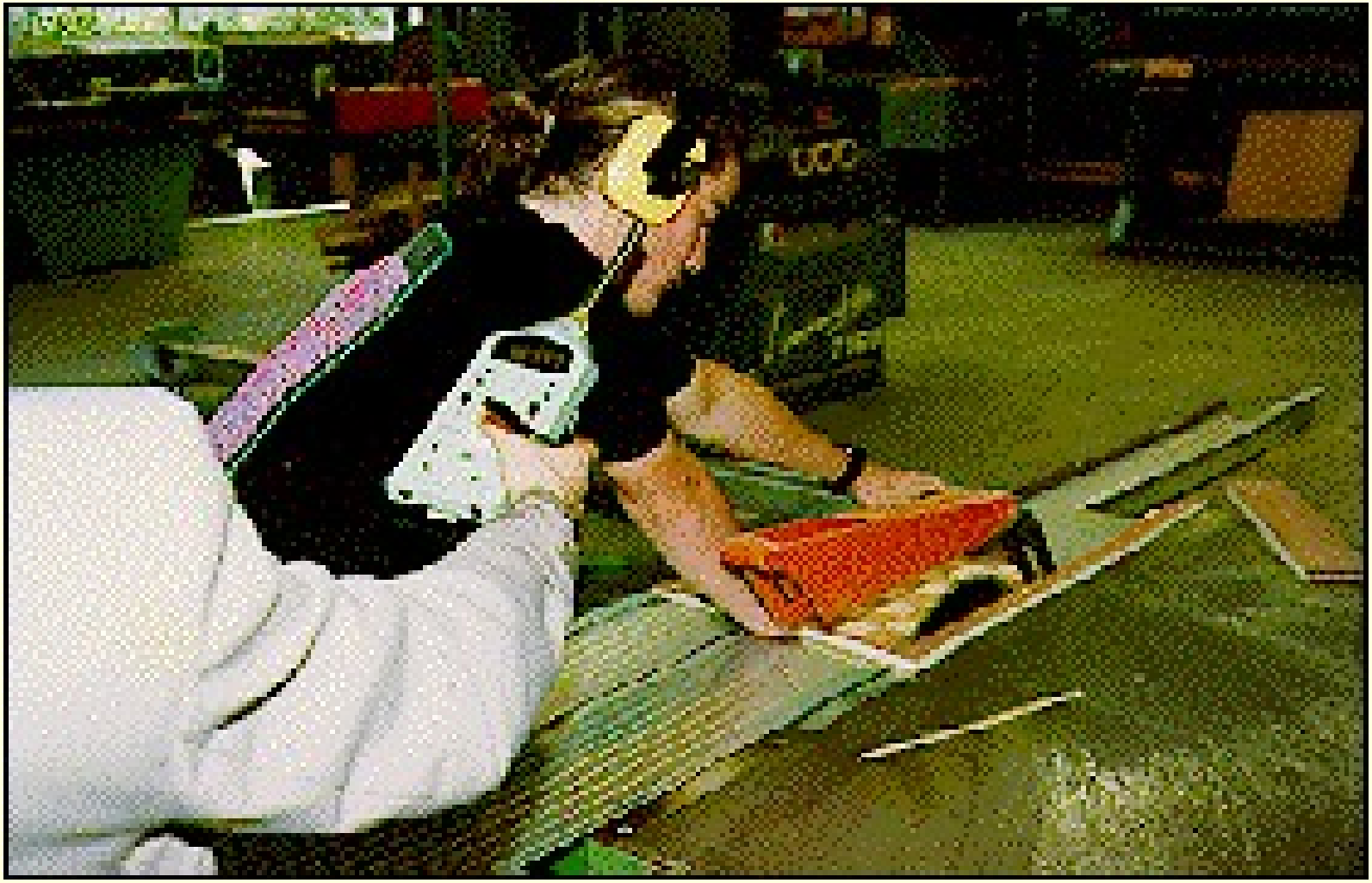
CEPHE VE CEPHE ELEMANLARININ SES GEÇİRMEZLİĞİNİN YERİNDE ÖLÇÜMÜ KROKİSİ (ISO 140/V)



BİR YAPI ELEMANININ SES GEÇİRMEZLİĞİNİN TESPİTİ İÇİN KURULMUŞ DENEY DÜZENEĞİ



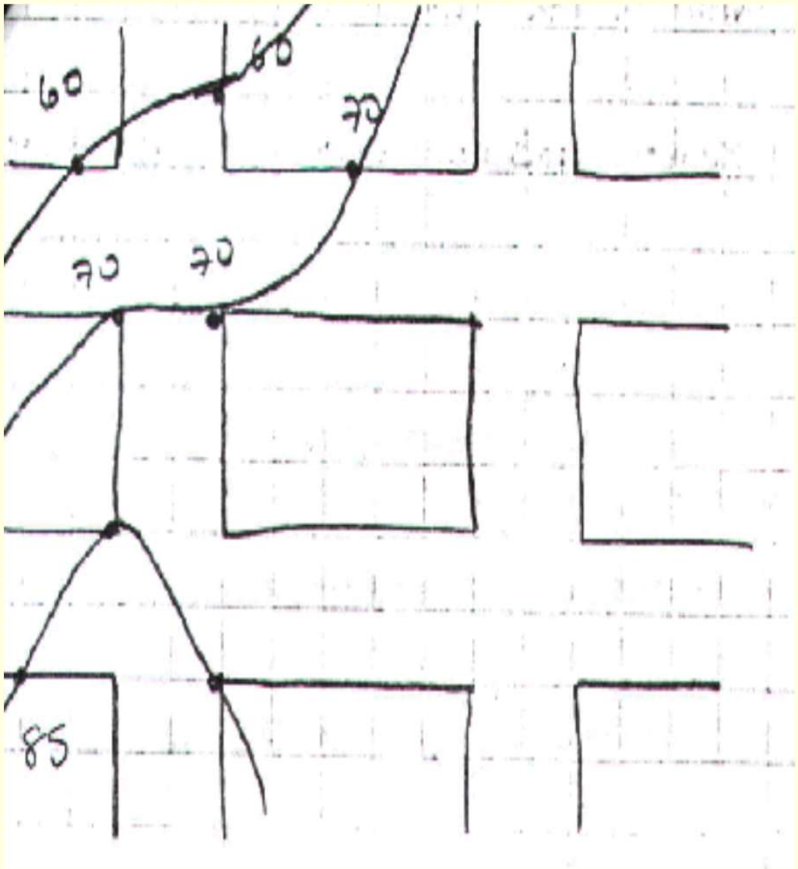
Makine Gürültüsü Ölçümü

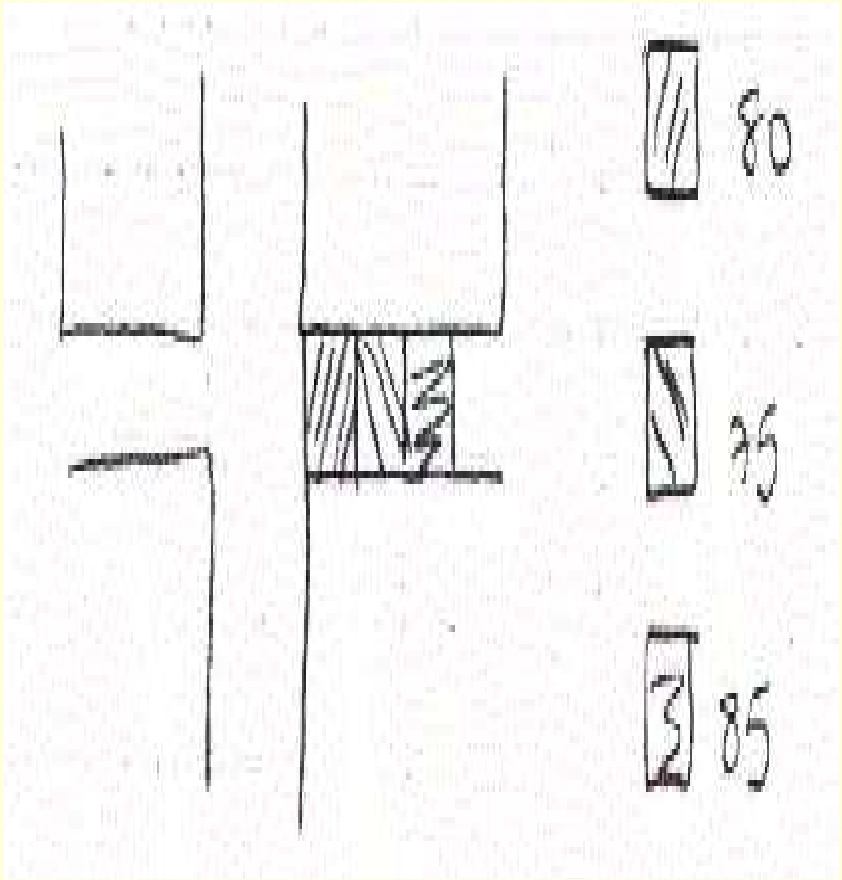


GÜRÜLTÜ HARİTALARI

- Şehir merkezlerinde hava ve karayolu trafiğinin artması, özellikle modern yaşamın bir parçası olmuştur. Gürültü seviyelerini azaltmanın ilk adımı gürültü haritalarıdır. Gürültü haritaları, gürültü seviyesi en yüksek noktanın konumunu ve gürültü seviyesini gösterir. Bu haritalarda esas, insanların problem yaşadıkları gürültü seviyelerinin kolayca değerlendirilebilmesidir.
- İdeal gürültü haritaları ile şehrin trafik planı, gelişmesi, gürültü giderim çalışmalarının incelenmesi ve gürültü giderim çalışması yapılacak yüksek gürültülü alanların teşhisi hakkında kolayca bilgi sahibi olunabilir. Üstelik gürültü haritaları, farklı gürültü kaynakları (karayolu, havayolu, demiryolu ve endüstriyel gürültü) için deneysel çalışmaların ve basit insan problemlerinin bir değerlendirmesidir.
- http://www.marstenaviation.co.uk/site_map.htm
- Linz City Council, Department of Environment

GÜRÜLTÜ HARİTASI ÇEŞİTLERİ





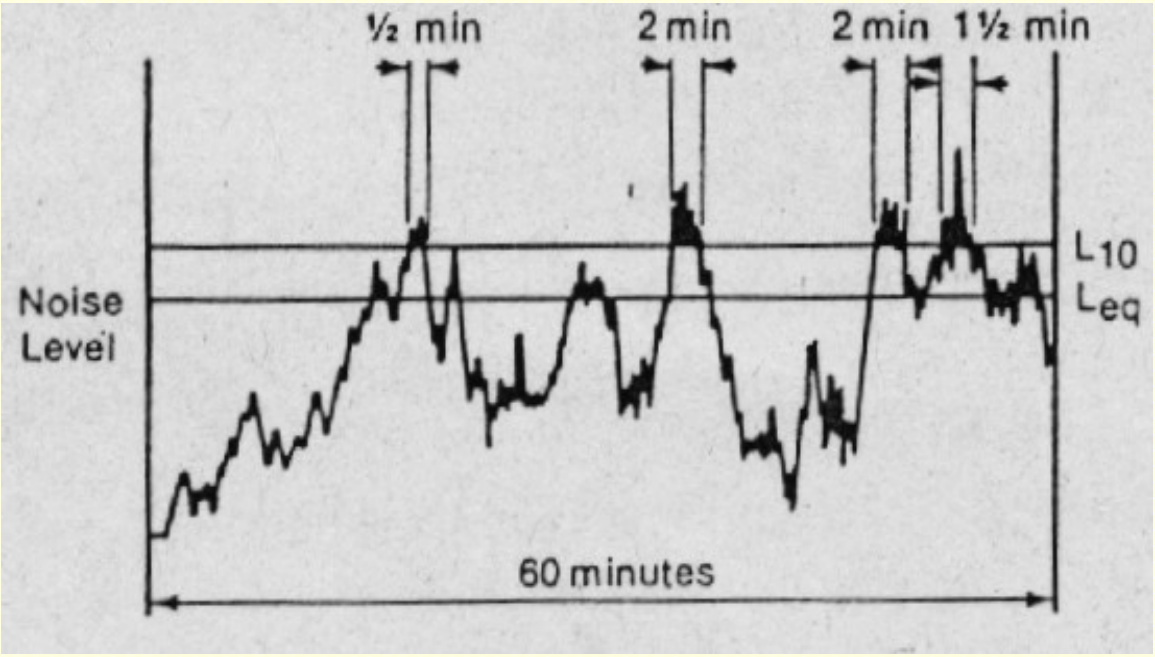
Yollarda Gürültü Ölçümü



Yollarda Gürültü Ölçümü



Leq



Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil

- The city of Curitiba, with 1,500,000 inhabitants, is the capital (başkent) of Parana´ state. Parana´ along with Santa Catarina and Rio Grande do Sul states, occupies the Southern Region of Brazil. Curitiba, founded in 1693, is one of the oldest cities in the country. The economy of Parana´ State, until 20 years ago, was agriculture based. The industrialization is somewhat recent. Along with the economical growth of the State and especially of the capital Curitiba, signicant structural changes in the city have been observed.

- The city of Curitiba is seperated into urban zones, each of them with a particular noise emission limit according to the municipal law number 8583 from 1995, which laws about urban noise and public comfort [23]. The allowable limits for each zone in particular can be observed in Table 1. In the present survey the measurements were applied during the afternoon in 1000 locations spread through all zones listed in Table 1. This means that the city has been seperated at the rate of one location for each 1500 inhabitants. The distribution of the measurement sites per zone can be seen in Table 2. A non-regular grid was used to distributed the measurement points throughout the city, (Table 2). Fig. 1 shows the distribution of the measured points spread through the city of Curitiba. All measurements were applied during working days and under ideal meteorological conditions: no wind and no rain. The duration of each measurement in eachsite was one hour, each site measured in the same point.

- The first measurement was carried out while people were returning home from work between 12:00 and 01:00 pm. Having lunch at home is still a characteristic present in many Brazilian cities. The second measurement was carried out when people were returning home after a working day, between 06:00 pm and 07:00 pm. The two LAeq measurements were averaged for each site to .nd a single LAeq, 2hr value. The distribution of the measured equivalent sound level (LAeq, 2hr) values across all measurement locations can be seen in Table 3. Table 4 shows the zone distribution of the measured equivalent sound levels. A plot of the mean values in di.erent zones is given in Fig. 2.
- Observing Tables 3 and 4, we can notice that in 37 locations, representing 3.7% out of the total number of locations considered in our survey, the equivalent sound levels (LAeq, 2hr) have a maximum value of 55 dB(A), meaning that they are in accordance to the city urban legislation. Observing only Table 4, it is possible to see that the previously mentioned locations are all located in the residential zone. In our sample for this zone formed by 350 locations, this represents 10.6% out of the measured points. Downtown and Industrial zones also have some measurement sites in accordance with the local legislation: 29 sites in the former (2.9% out of the measured locations) and 38 sites in the latter (3.8% out of the measured locations).

- The US Department of Housing and Urban Development (HUD) recommends the following noise levels for residential areas, measured outdoors:
- **LAeq449 dB(A)—clearly acceptable**
- **49 <LAeq462 dB(A)—normally acceptable**
- **62 <LAeq476 dB(A) — normally unacceptable**
- **LAeq>76 dB(A)—clearly unacceptable**
- By considering the above criterium, all the 37 locations mentioned above can be classi.ed as normally acceptable. It is noticeable by looking at Table 4 that the measured LAeq, 2hr in 15 locations belonging to the residential zone ranged between 55 and 60 dB(A). These values do not satisfy the law number 8583 which states a 55dB(A) limit for this zone, but according to the HUDcrit erium they are still classifed as normally accepted.

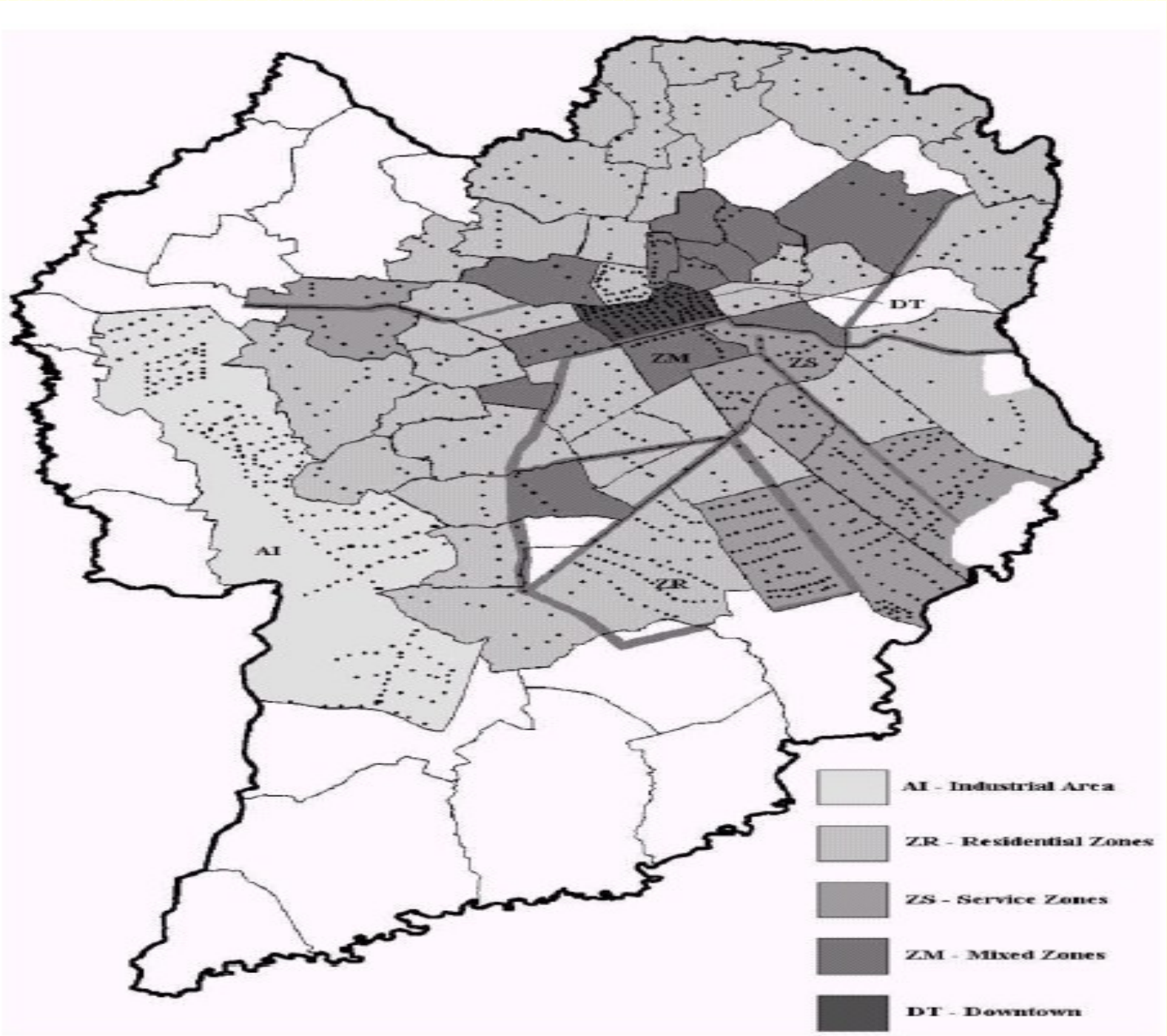


Fig. 1. Zone distribution throughout the city of Curitiba.

Table 1
Limits for urban noise [dB(A)]

Zone	Day—07:00 am Limit—07:00 pm	Rest—07:00 pm Limit—10:00 pm	Night—10:00 pm Limit—07:00 am
Residential	55	50	45
Mixed	60	55	55
Services	65	60	55
Downtown	70	60	60
Industrial	70	60	60

Table 2
Distribution of measurement sites

Zone	Number of locations	Percentage (%)
Residential	350	35
Mixed	75	7.5
Services	239	23.9
Downtown	97	9.7
Industrial	239	23.9

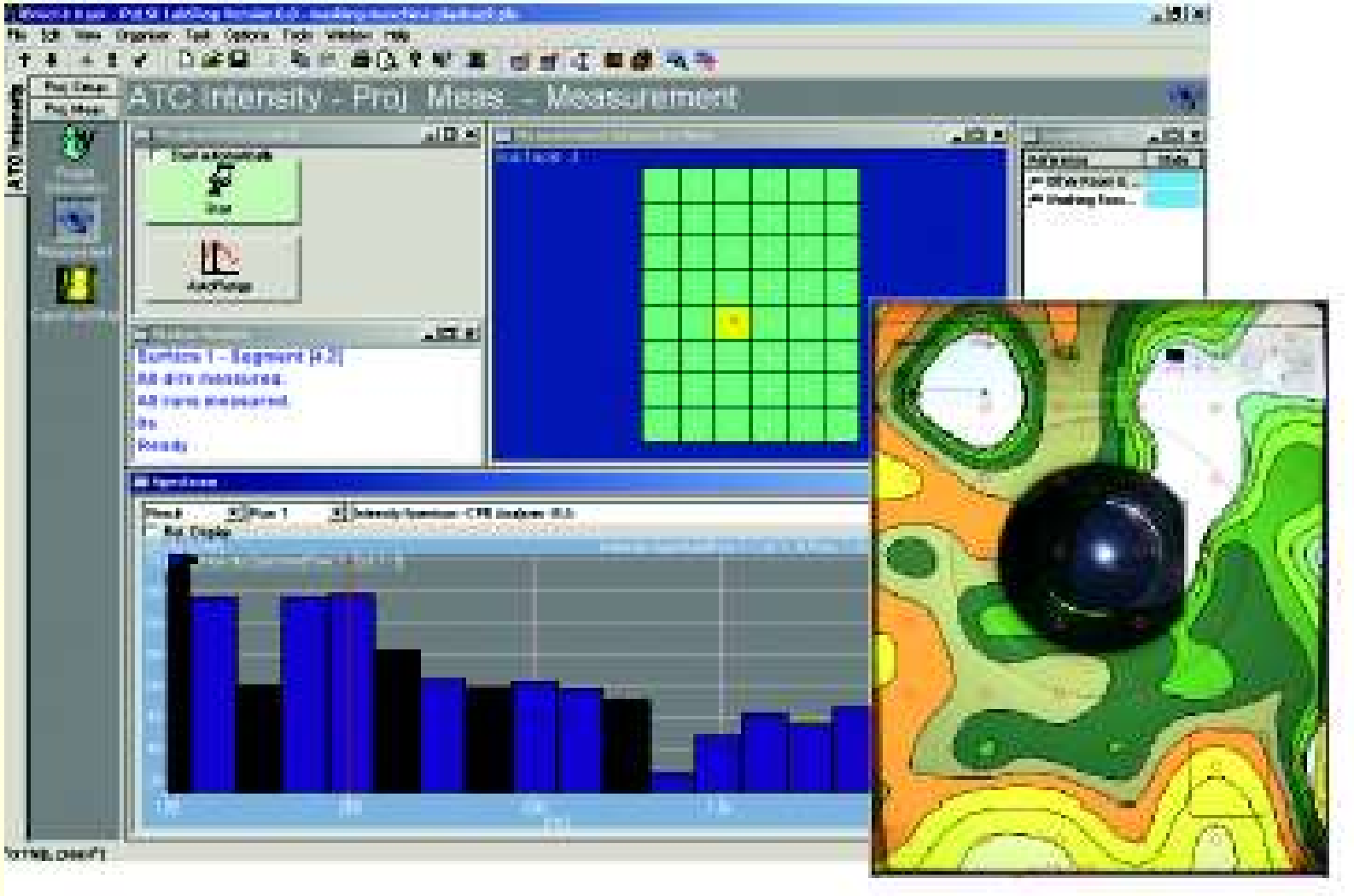
Table 3
Distribution of the measured $L_{Aeq,\ 2hr}$ values in 1000 different sites in the city of Curitiba

$L_{Aeq,\ 2hr}$ [dB(A)]	Number of sites	Percentage (%)
$L_{Aeq,\ 2hr} \leqslant 50$	7	0.7
$50 < L_{Aeq,\ 2hr} \leqslant 55$	30	3
$55 < L_{Aeq,\ 2hr} \leqslant 60$	15	1.5
$60 < L_{Aeq,\ 2hr} \leqslant 65$	15	1.5
$65 < L_{Aeq,\ 2hr} \leqslant 70$	127	12.7
$70 < L_{Aeq,\ 2hr} \leqslant 75$	403	40.3
$75 < LA_{eq,\ 2hr} \leqslant 80$	321	32.1
$80 < L_{Aeq,\ 2hr} \leqslant 85$	82	8.2
$85 < L_{Aeq,\ 2hr} \leqslant 90$	0	0
$L_{Aeq,\ 2hr} > 90$	0	0

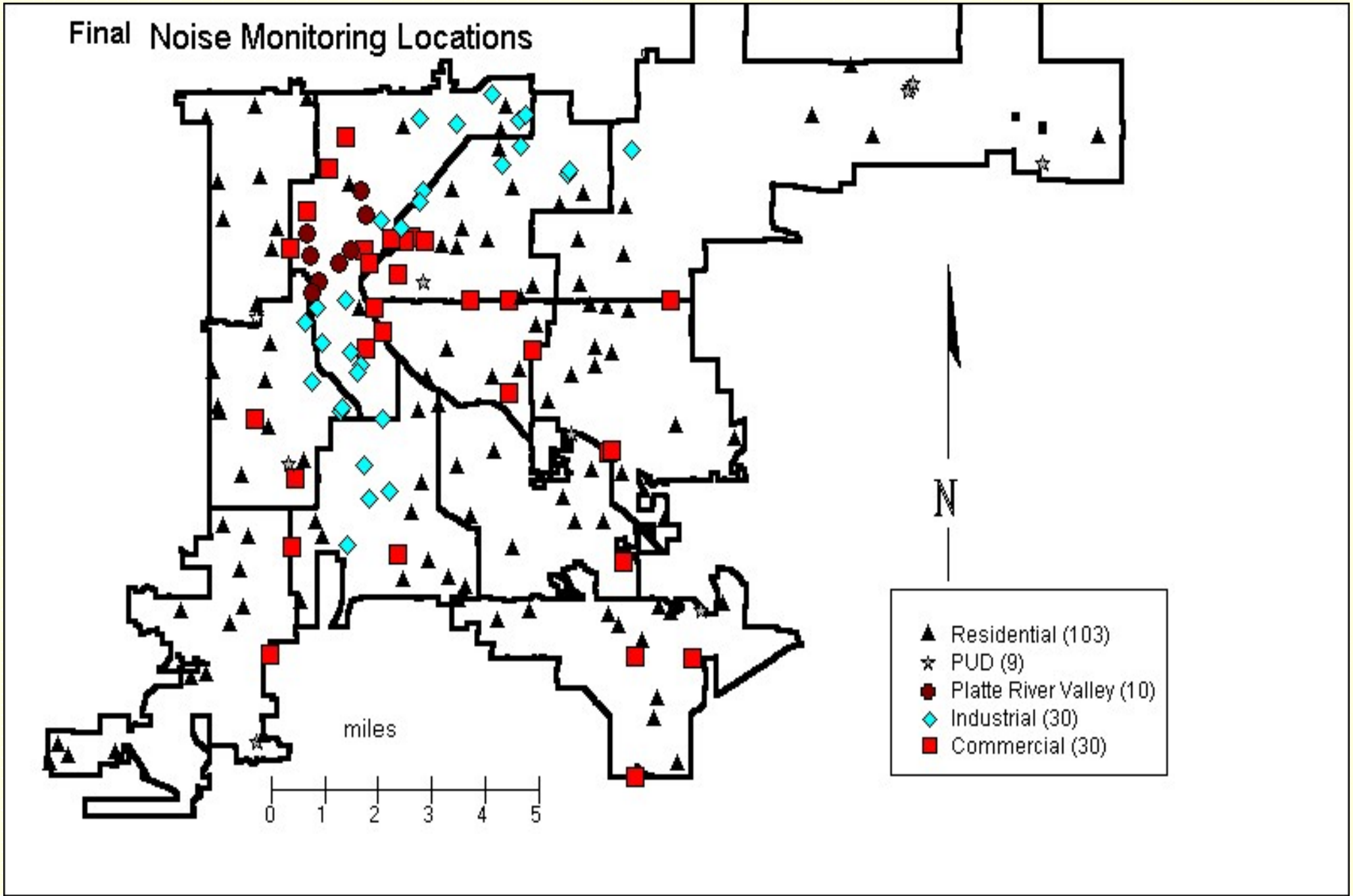
Table 4
Distribution of the measured $L_{Aeq,\ 2hr}$ values per zone

$L_{Aeq,\ 2hr}$ [dB(A)]	Residential		Mixed		Services		Downtown		Industrial		Total
Local legislation [dB(A)]	55		60		65		70		70		
	Locations	%	Locations	%	Locations	%	Locations	%	Locations	%	
$L_{Aeq,\ 2hr} \leqslant 50$	7	100	–	–	–	–	–	–	–	-	7
$50 < L_{Aeq,\ 2hr} \leqslant 55$	30	100	–	–	–	–	–	–	–	-	30
$55 < L_{Aeq,\ 2hr} \leqslant 60$	15	100	–	–	–	–	–	–	–	-	15
$60 < L_{Aeq,\ 2hr} \leqslant 65$	–	–	–	–	–	–	7	46.7	8	53.3	15
$65 < L_{Aeq,\ 2hr} \leqslant 70$	45	35.5	15	11.8	15	11.8	22	17.3	30	23.6	127
$70 < L_{Aeq,\ 2hr} \leqslant 75$	134	33.3	38	9.4	142	35.2	37	9.2	52	12.9	403
$75 < L_{Aeq,\ 2hr} \leqslant 80$	104	32.4	15	4.7	82	25.5	31	9.7	89	27.7	321
$80 < L_{Aeq,\ 2hr} \leqslant 85$	15	18.3	7	8.5	–	–	–	–	60	73.2	82
Locations per zone	350		75		239		97		239		1000

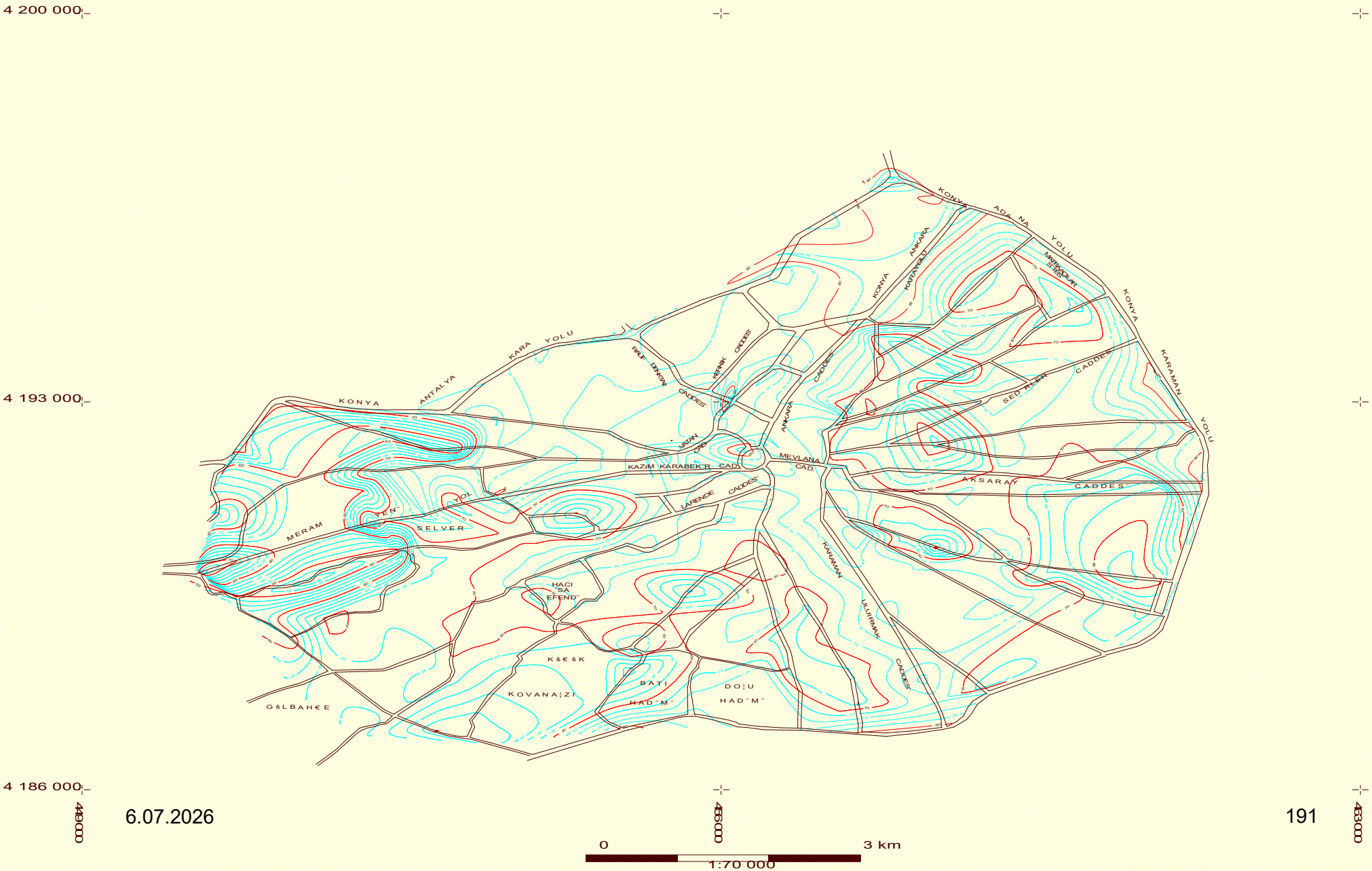
Gürültü Haritalama Teknikleri

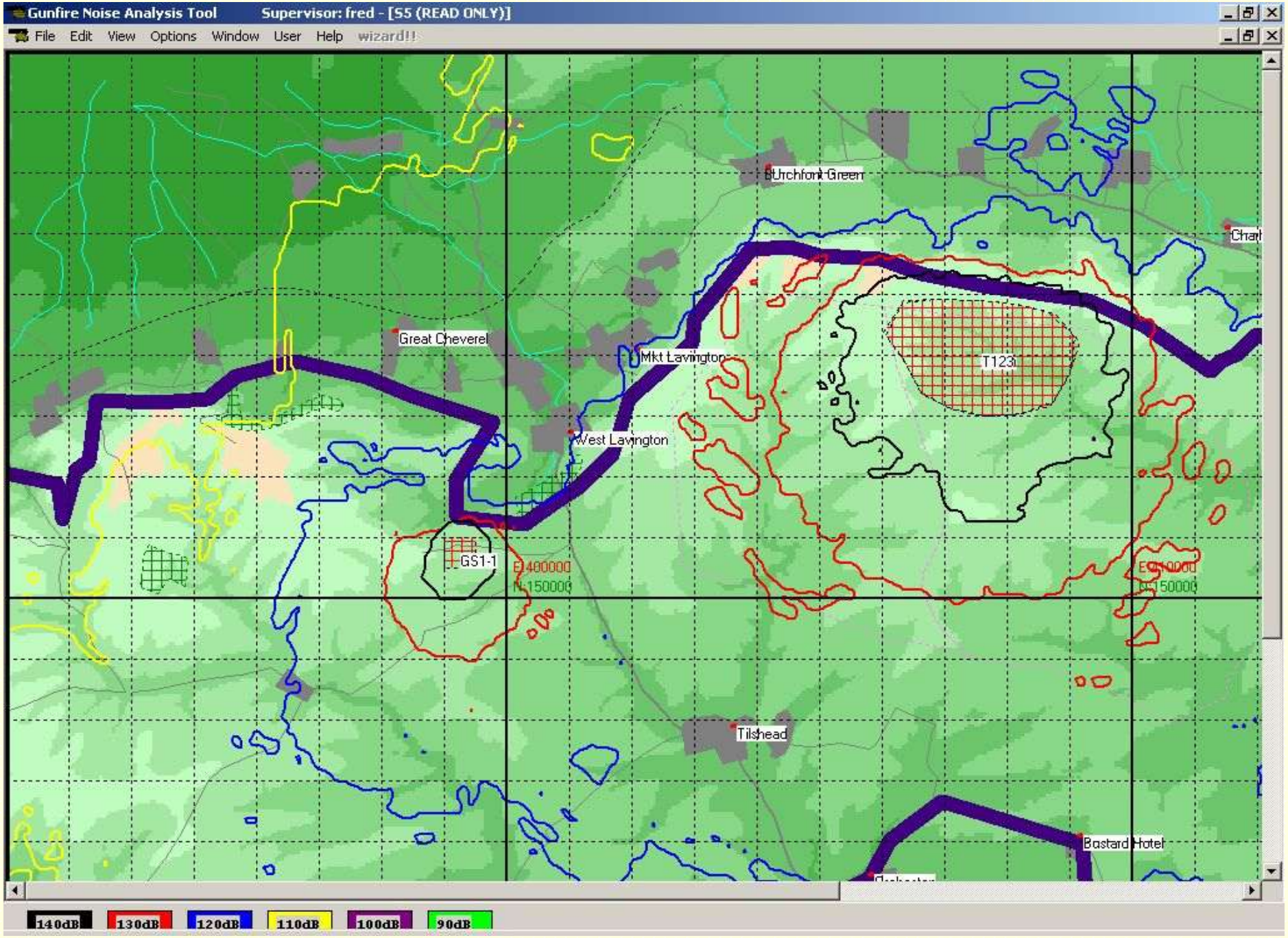


Gürültü İzleme Bölgeleri



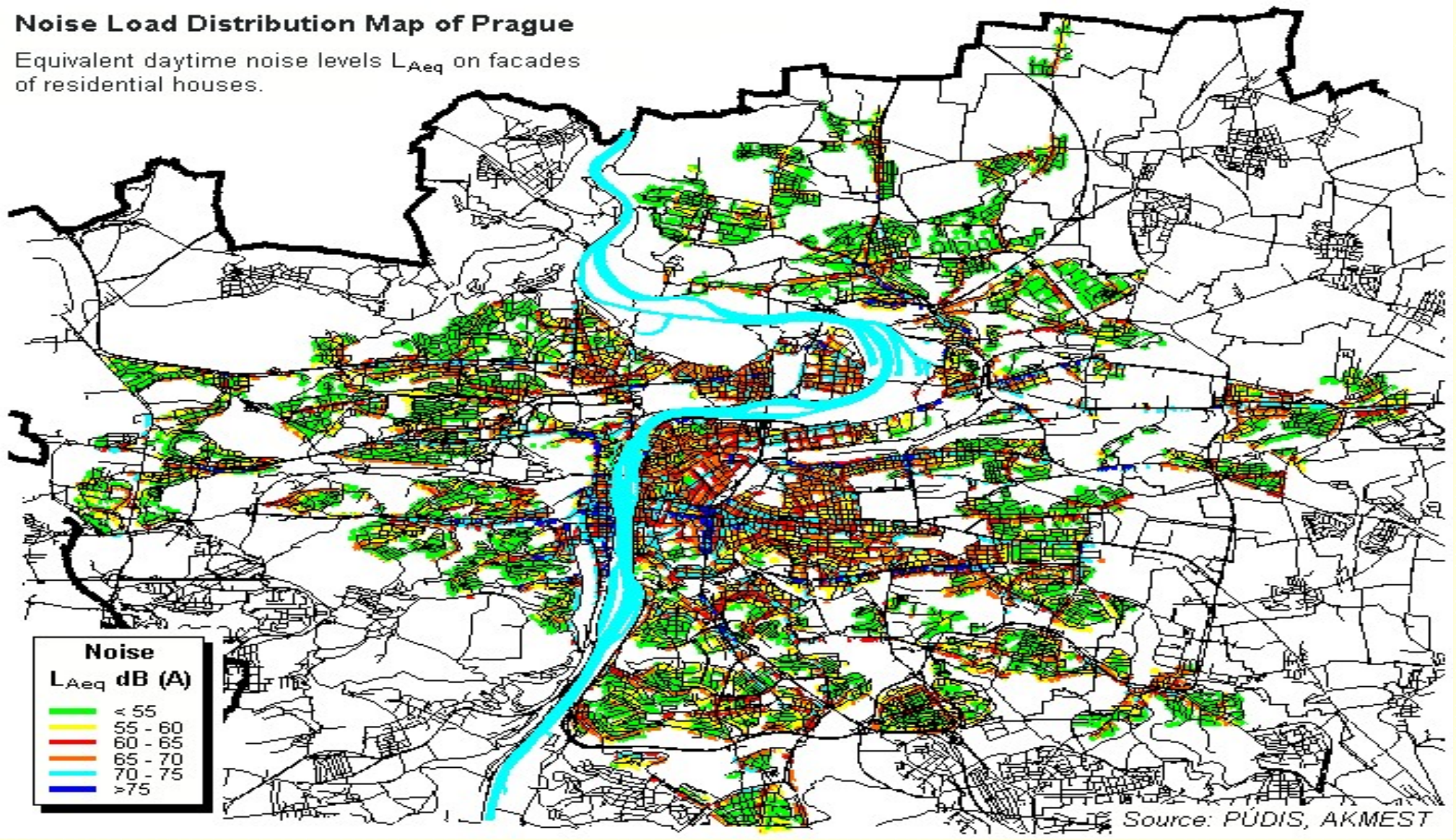
Konya İli Gürültü Kirliliği Haritası



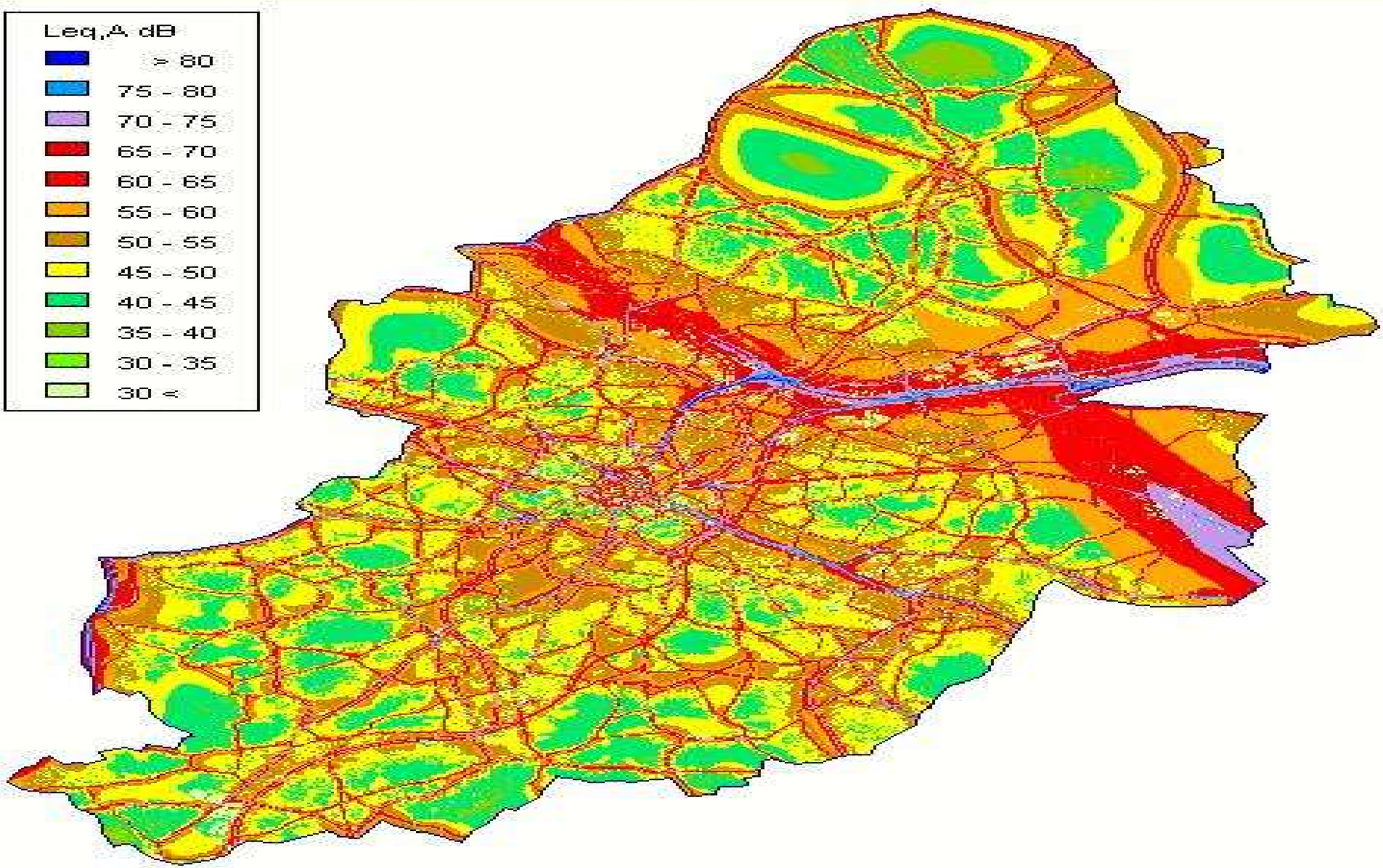

Gunfire Noise Analysis Tool
Supervisor: fred - [S5 (READ ONLY)]
File Edit View Options Window User Help wizard!!
Urchfont Green
Great Cheverel
Mkt Lavington
West Lavington
T123
GS1-1
E400000
N150000
Tilshead
Bastard Hotel
140dB
130dB
120dB
110dB
100dB
90dB

Prag Bölgesine Ait Gürültü Dağılım Yükü Haritası

İskan alanlarında hemen evlerin dışında günlük eşdeğer gürültü seviyeleri



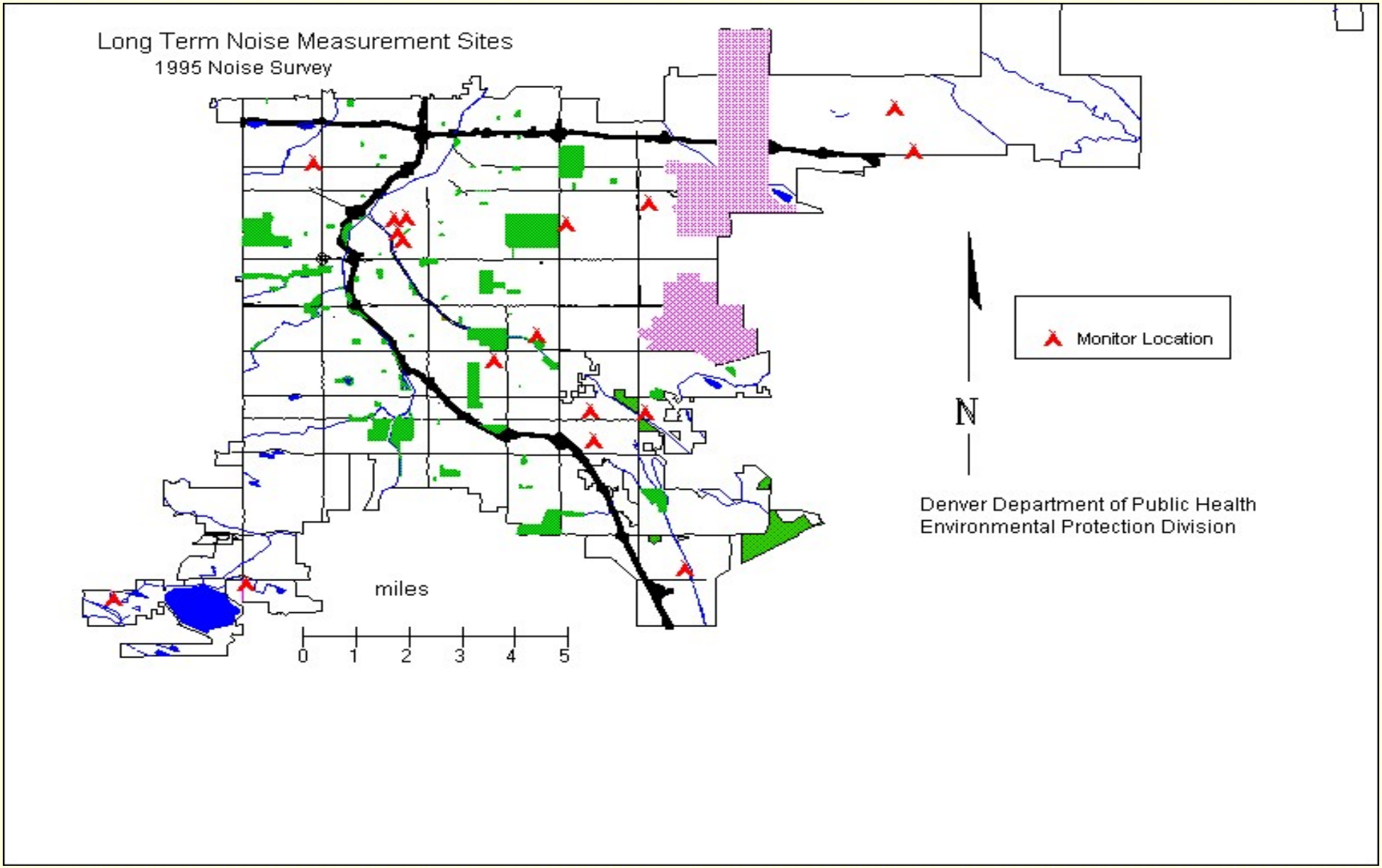
Renk Skalasına göre hazırlanmış Gürültü Kirliliği Haritası

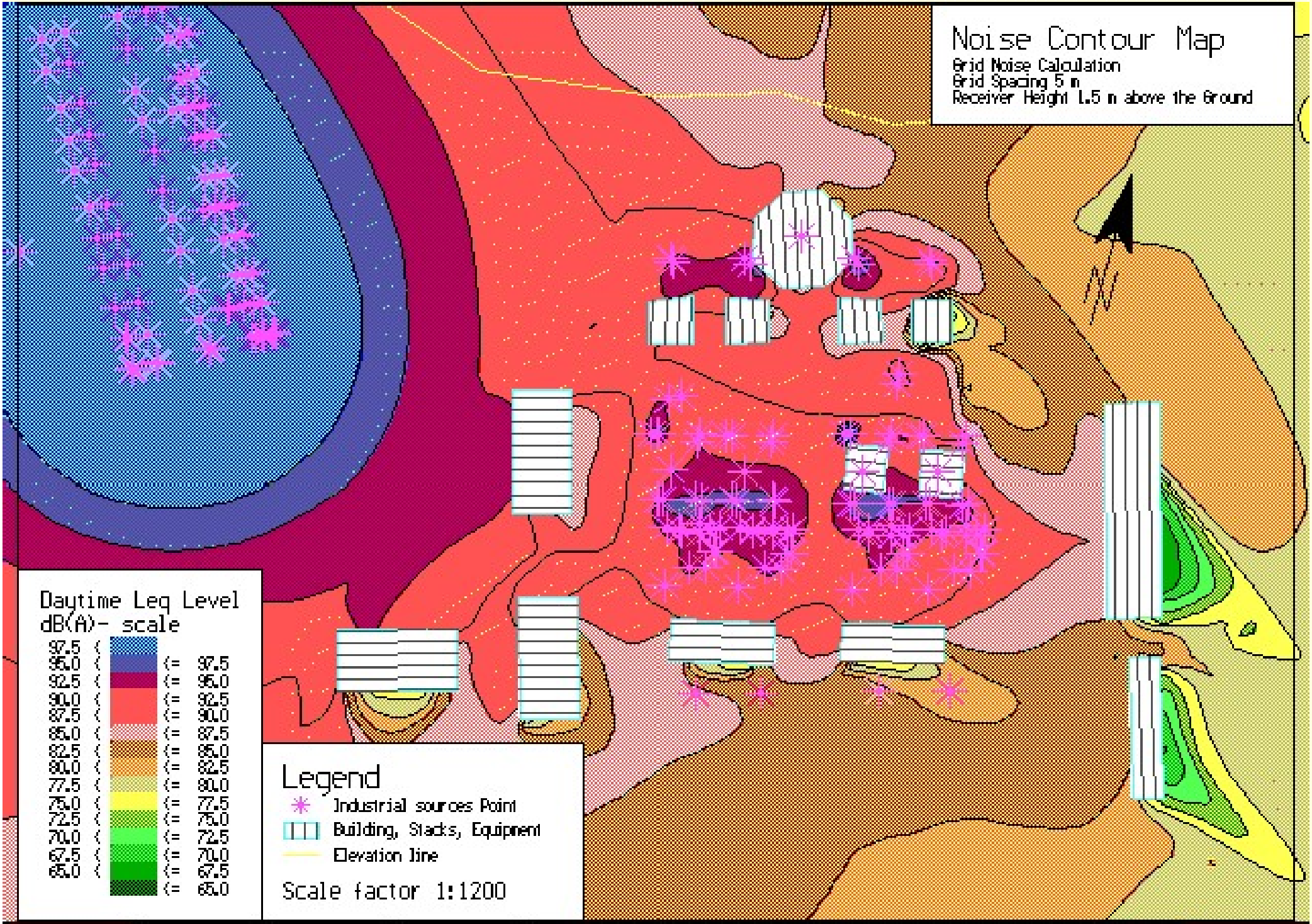


Renk Skalasına göre hazırlanmış Gürültü Kirliliği Haritası

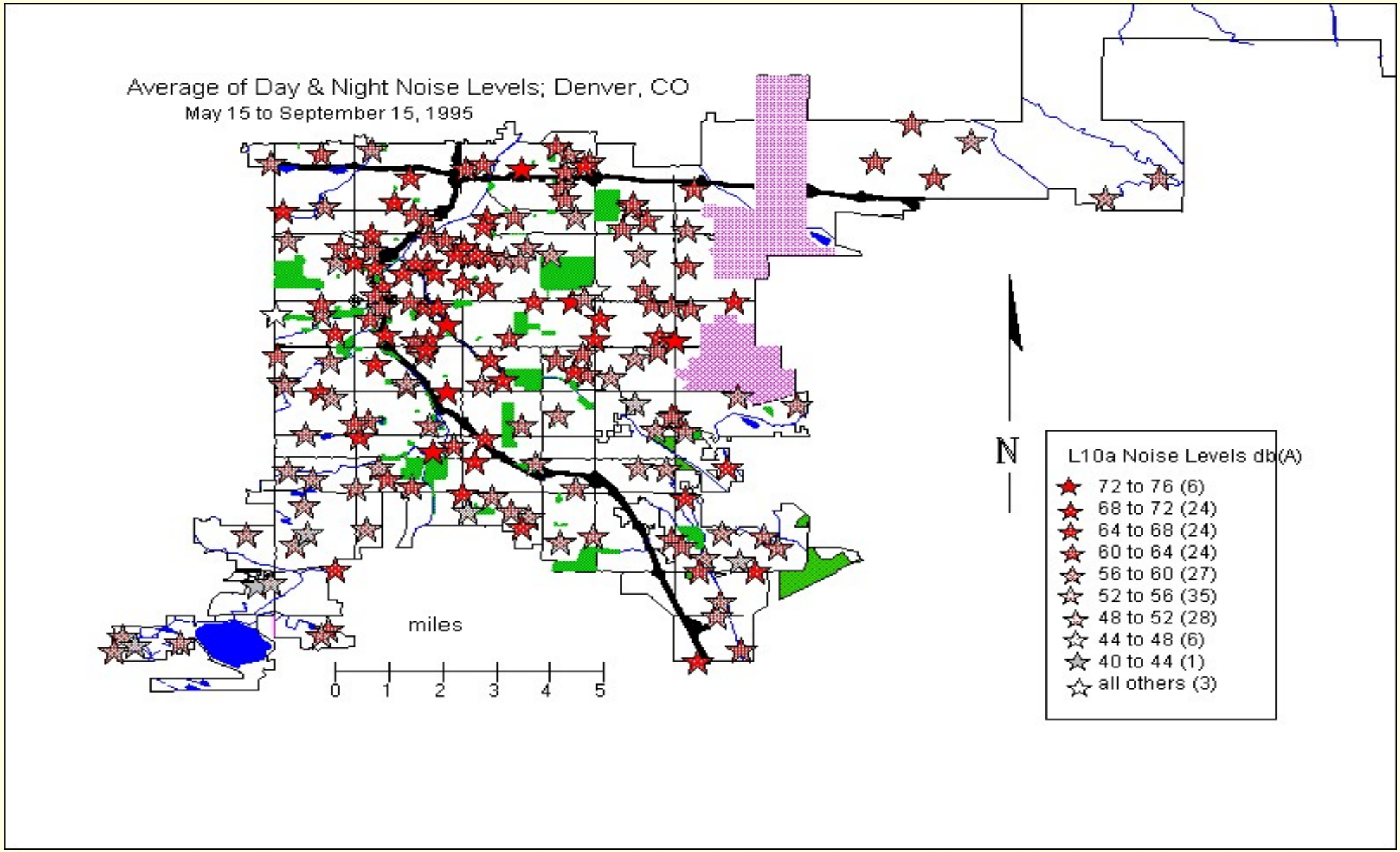


Uzun Süreli Gürültü Ölçüm Alanları

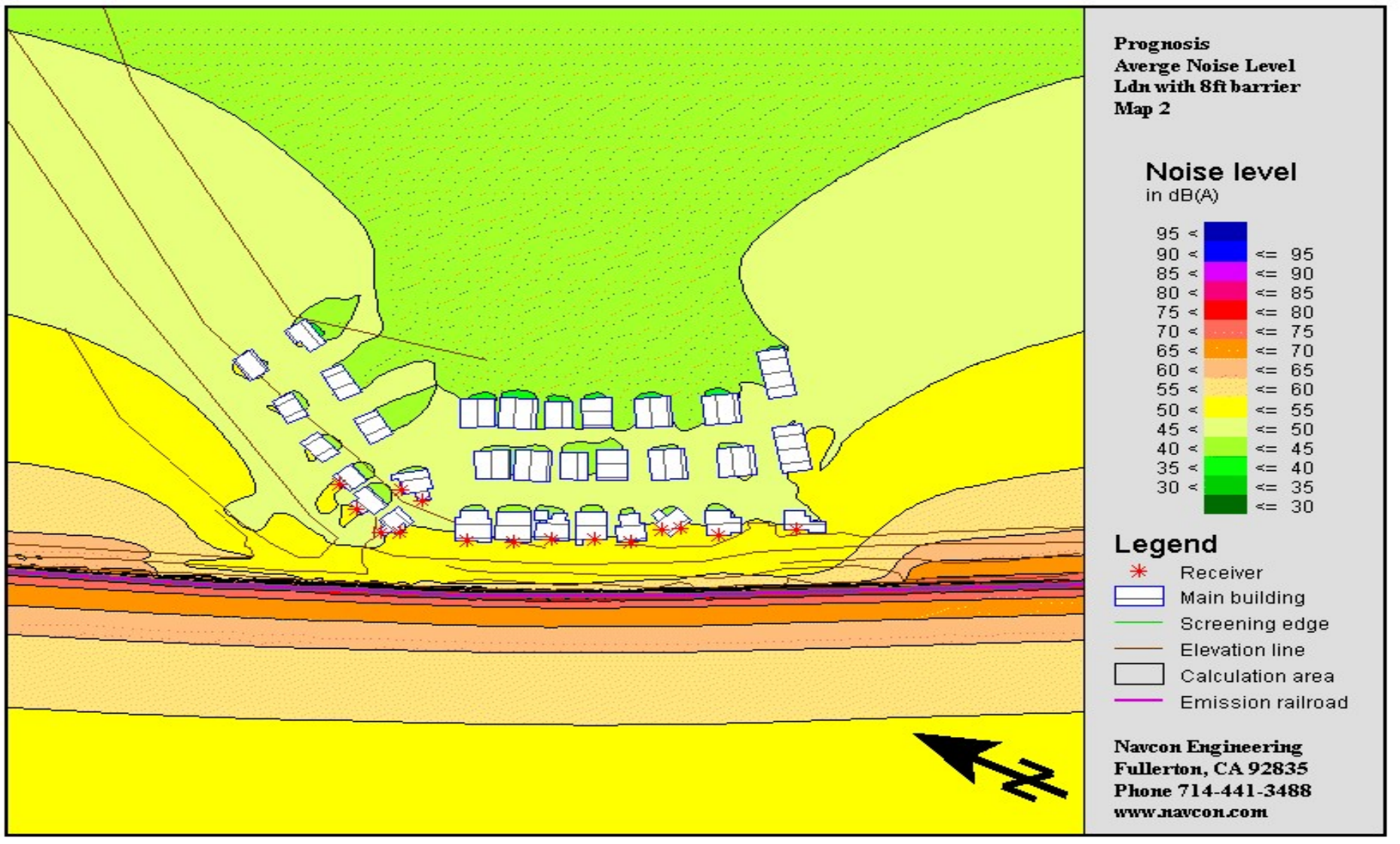



Noise Contour Map
Grid Noise Calculation
Grid Spacing 5 m
Receiver Height 1.5 m above the Ground
Daytime Leq Level
dB(A)- scale
97.5 < <= 97.5
95.0 < <= 95.0
92.5 < <= 92.5
90.0 < <= 90.0
87.5 < <= 87.5
85.0 < <= 85.0
82.5 < <= 82.5
80.0 < <= 80.0
77.5 < <= 77.5
75.0 < <= 75.0
72.5 < <= 72.5
70.0 < <= 70.0
67.5 < <= 67.5
65.0 < <= 65.0
Legend
Industrial sources Point
Building, Stacks, Equipment
Elevation line
Scale factor 1:1200
Graph.
1 end
2 format
3 texts
4 boxes
5 view
8 more
S 1200

Ortalama Gündüz ve Gece Gürültü Seviyeleri Noktasal Gösterim



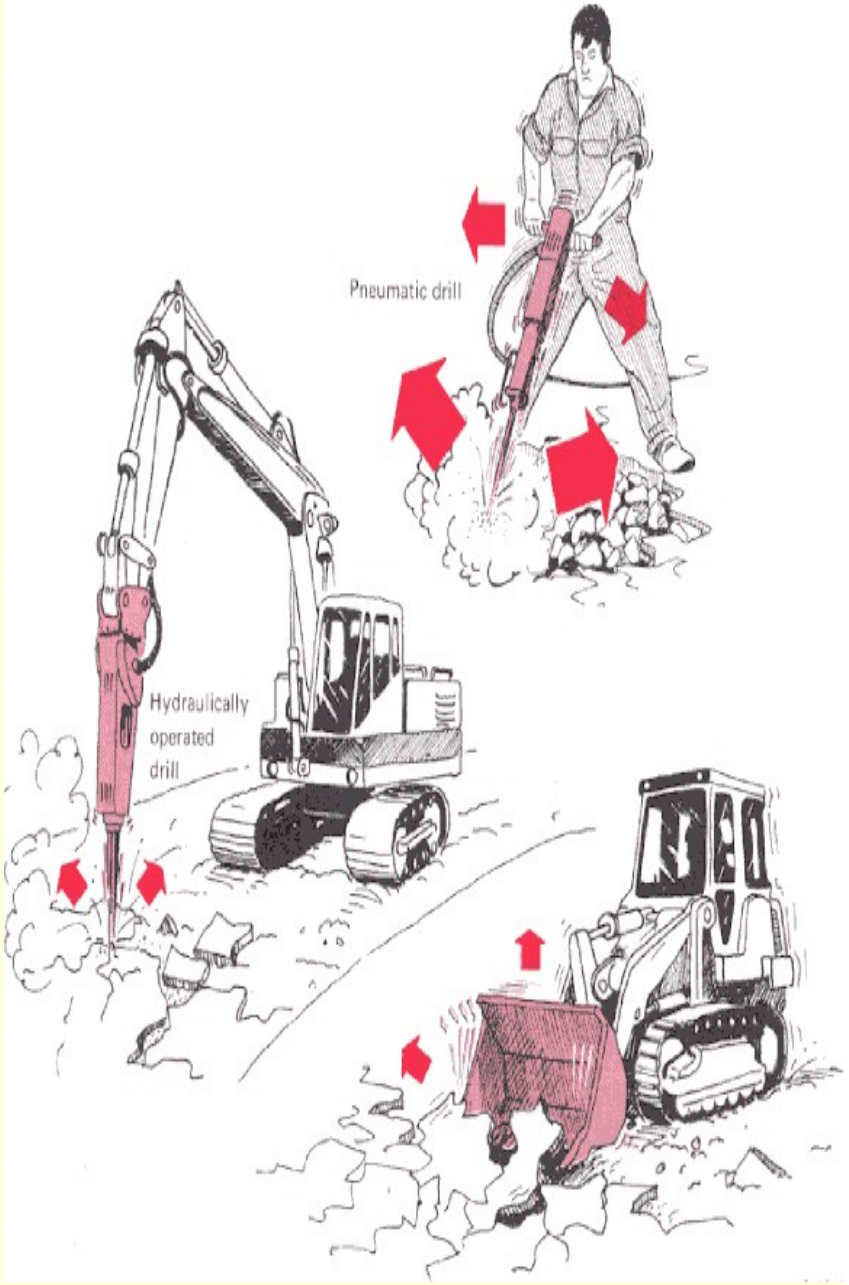
Perde Kullanılmış Bir Bölge İçin Renk Skalasına Göre Hazırlanmış Gürültü Haritası



GÜRÜLTÜ VE GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI

Ses ve Gürültü

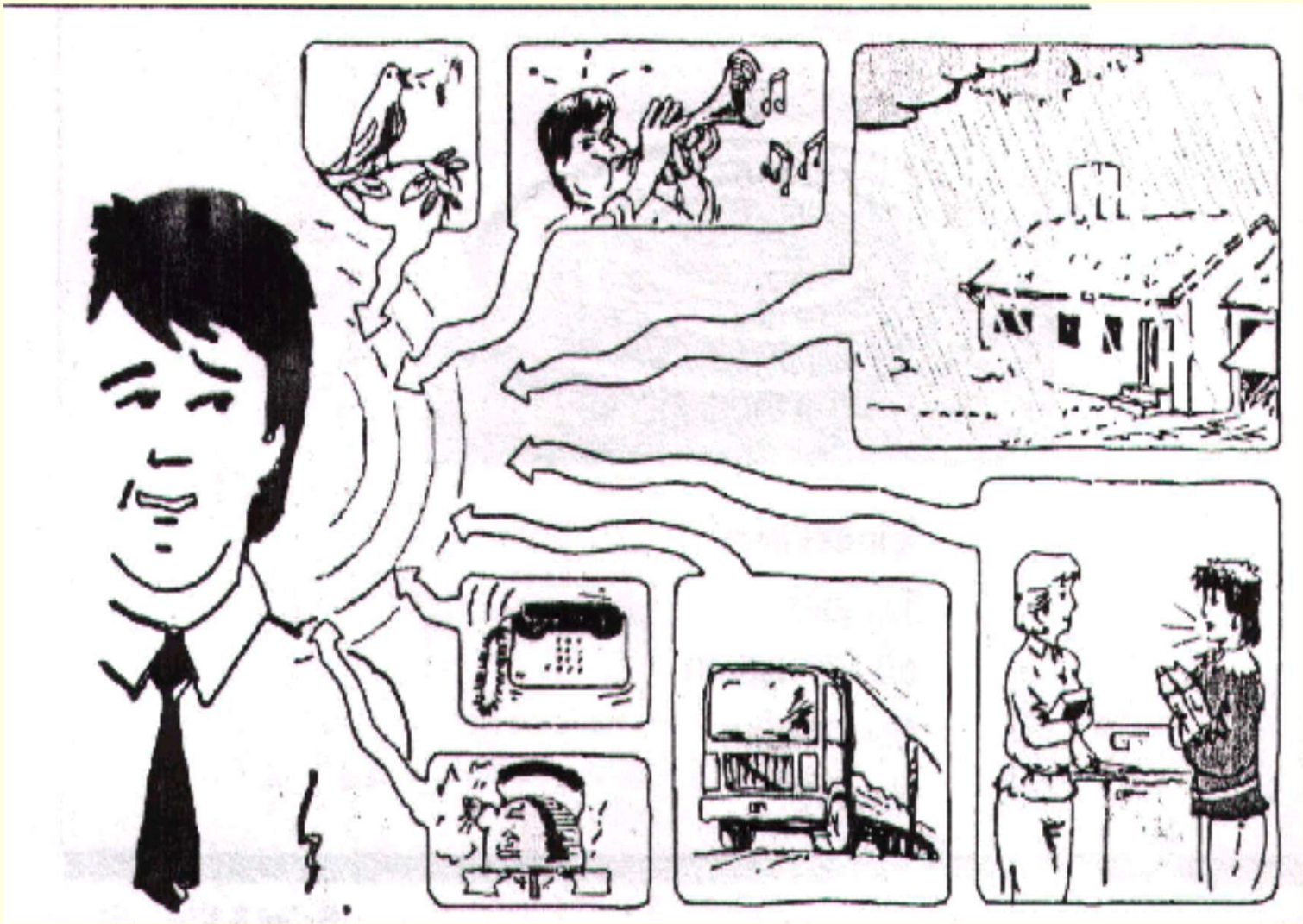
- Bir sesin gürültü olarak nitelenip nitelenmemesi kişilere bağlı olarak değişebilir.
- Bununla birlikte gürültü düzeyinin fazla olması kuşkusuz herkes tarafından gürültü olarak kabul edileceği açıktır. Endüstriyel gürültü bu tip bir gürültüdür.
- Ayrıca çok yüksek sesin, hoşa gitse bile, işitme kaybından bir çok fizyolojik ve psikolojik rahatsızlıklara kadar uzanan zararlı etkisi nedeniyle kontrol edilmesi gerekir.



GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI

- 1. BİNA İÇİ GÜRÜLTÜLER
- 2. BİNA DIŞI GÜRÜLTÜLER
- 2.1. TRAFİK GÜRÜLTÜSÜ
- 2.1.1. Hava Yolu Gürültüsü
- 2.1.2. Kara Yolu Gürültüsü
- 2.1.3. Demir Yolu Gürültüsü
- 3. Açık alan faaliyetleri: Miting, panayır, pazaryeri, fuar vs.
- 4. Çeşitli tarım ve iş makinelerinden kaynaklanan gürültüler
- 5. Endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan gürültüler : darbe, makine ve insan kaynaklı gürült.
- 6. Sosyal kaynaklı gürültüler : anons, yayın vs,
- 7. İnsanların saygısızlığından kaynaklanan gür.

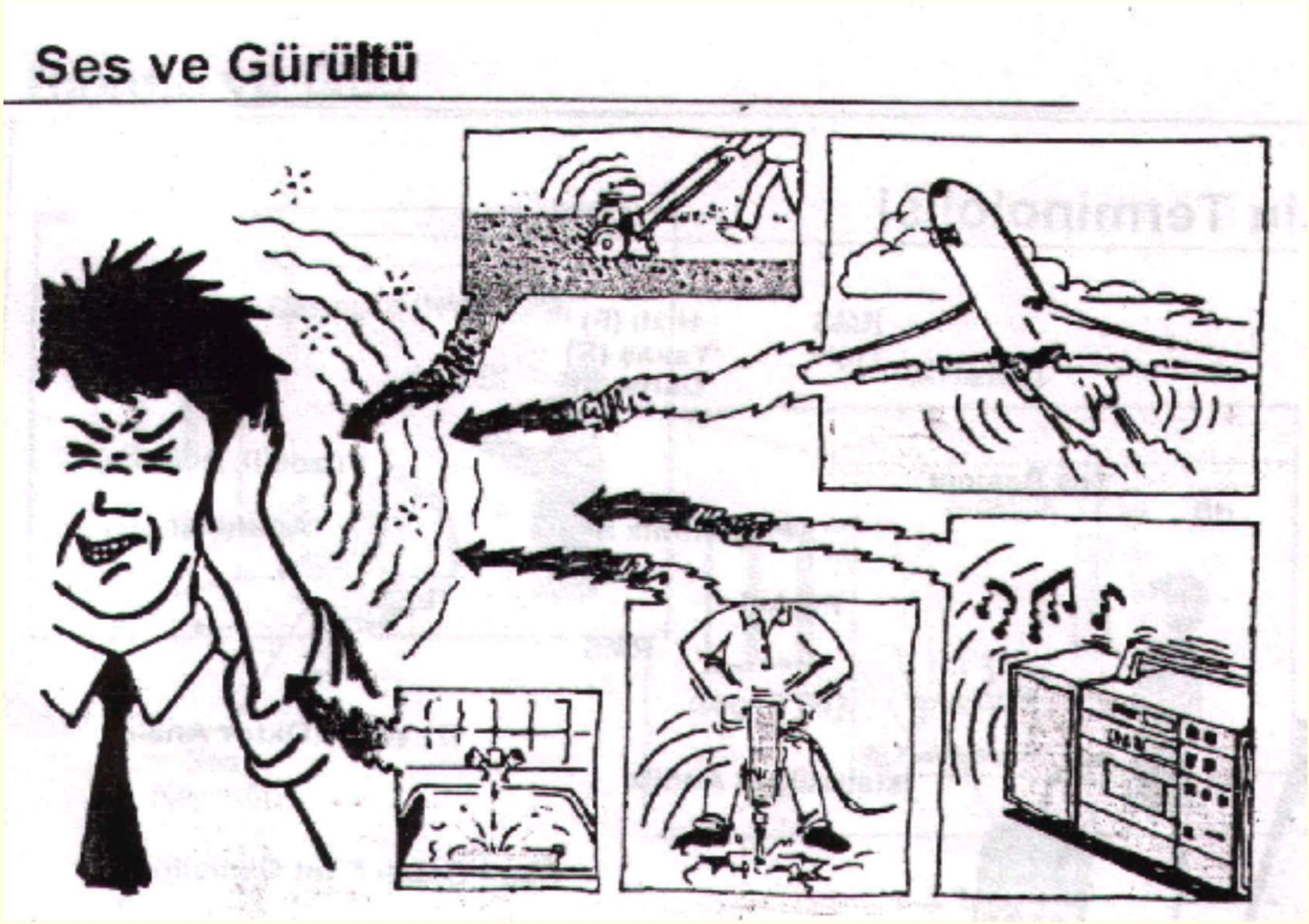
BİNA İÇİ GÜRÜLTÜLER

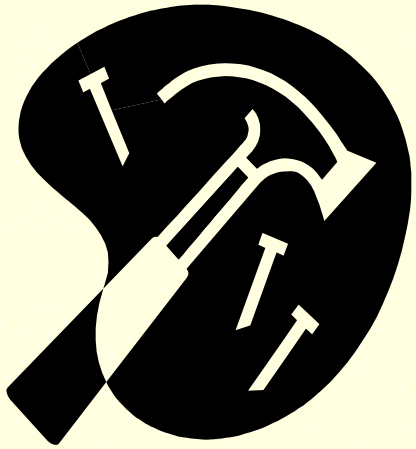




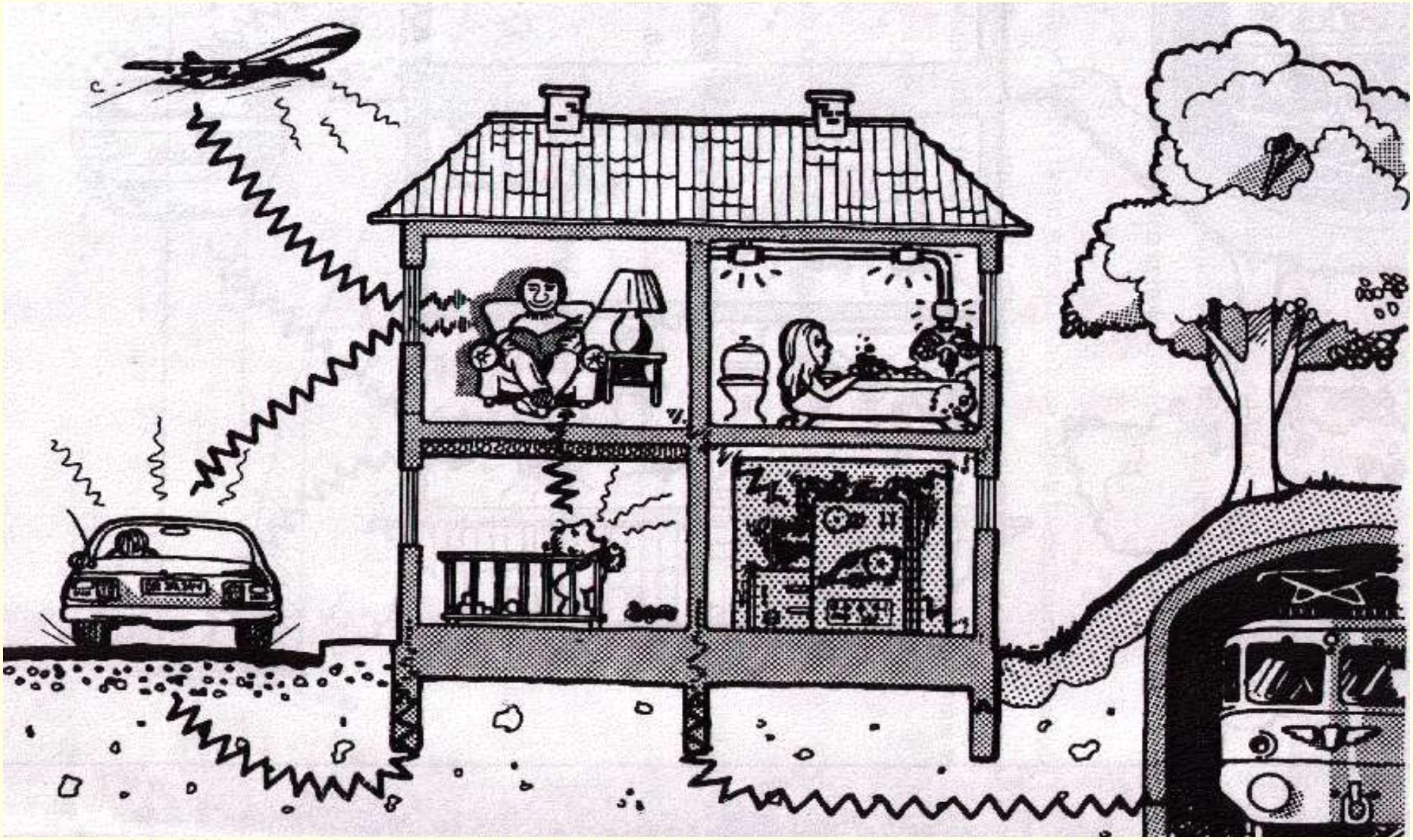


RAHATSIZ EDİCİ GÜRÜLTÜLER

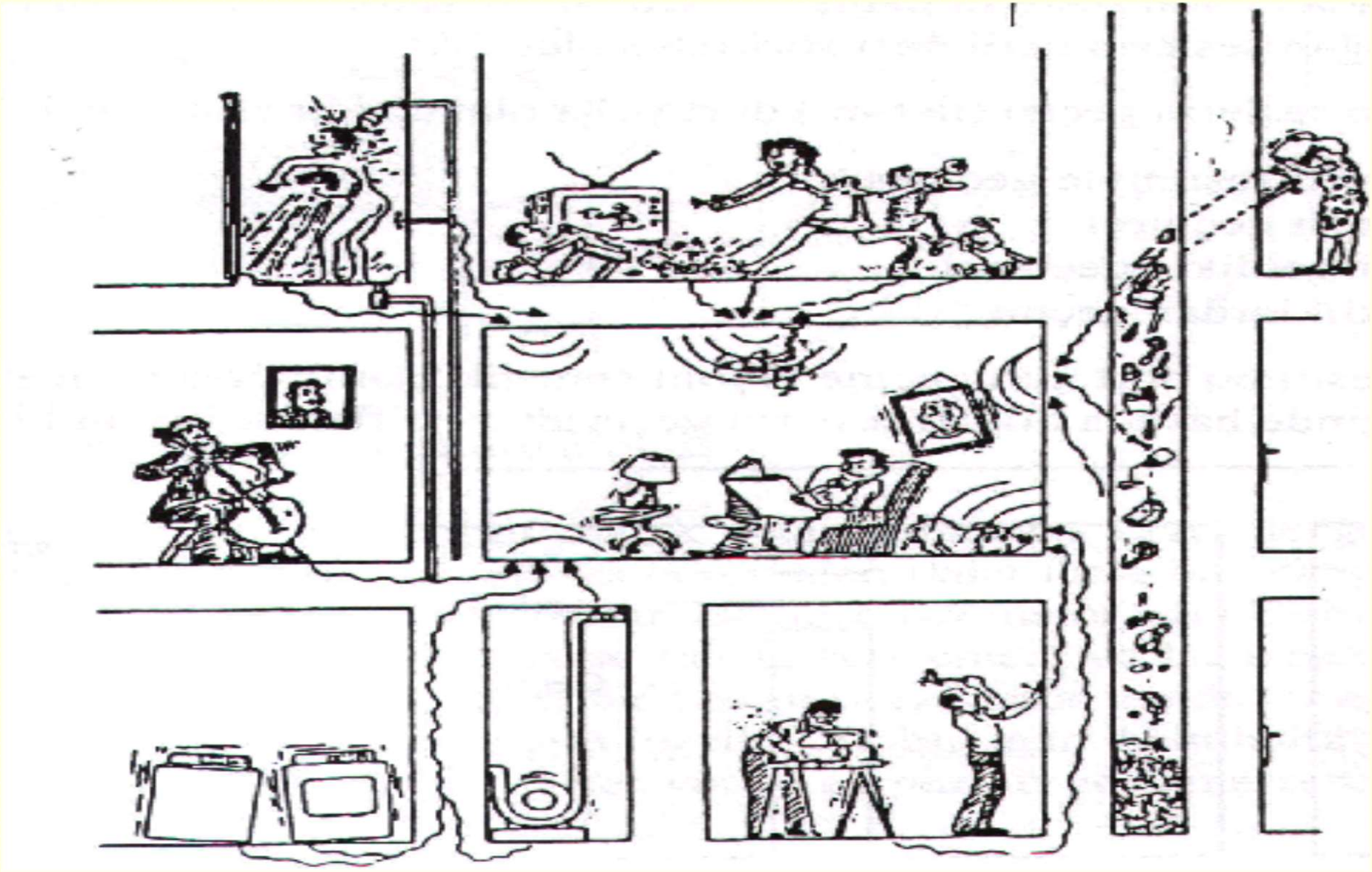




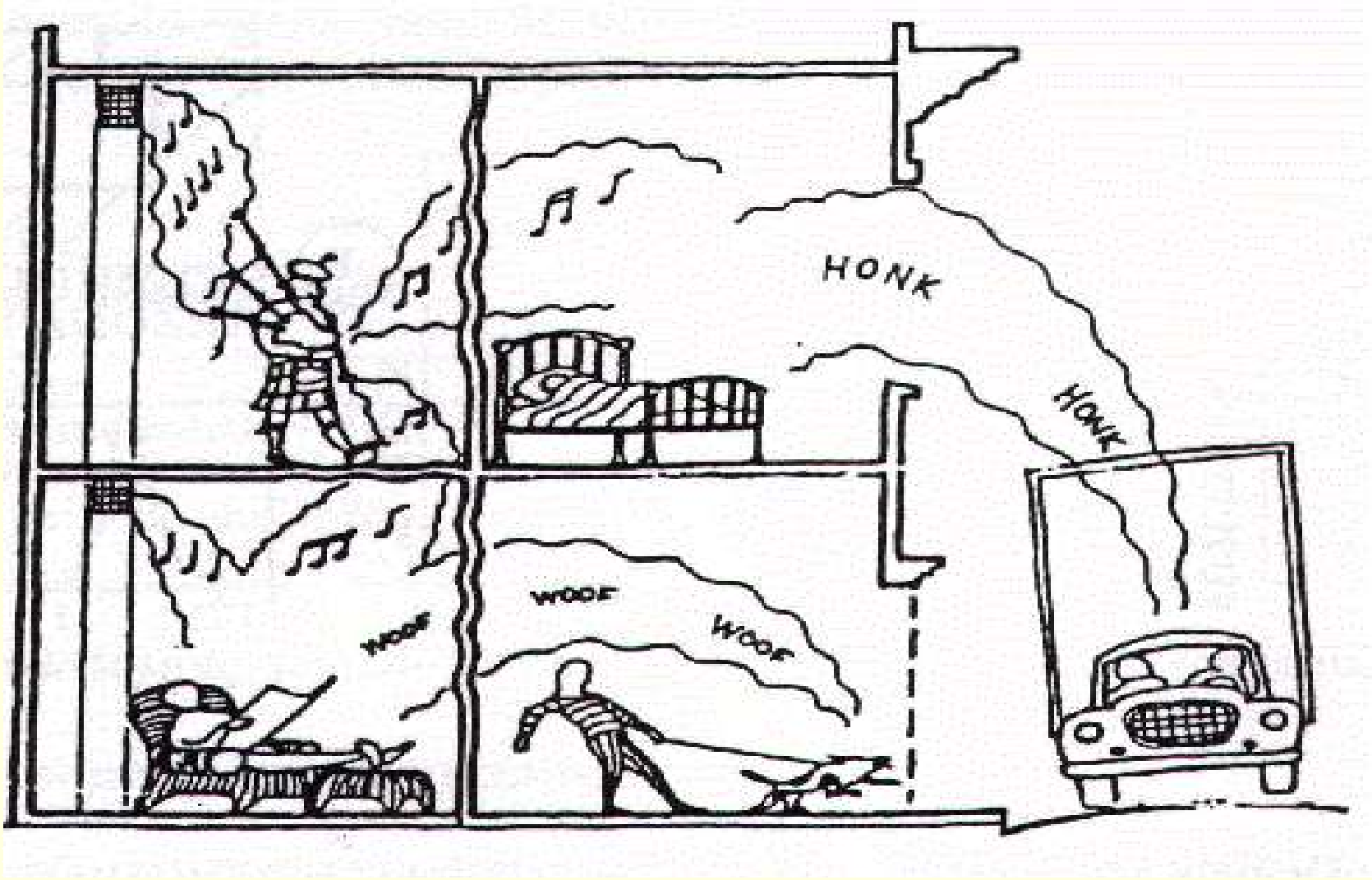
BİNA İÇİ GÜRÜLTÜLER



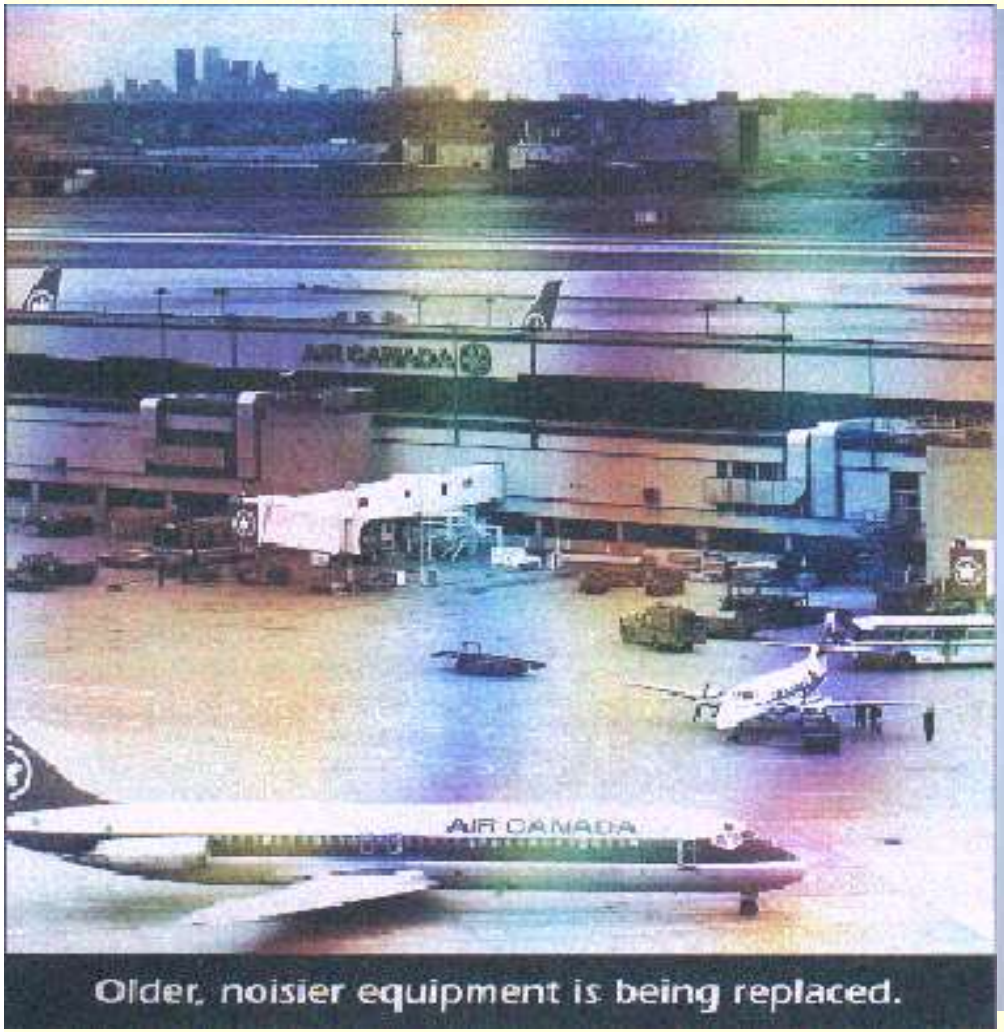
KATIDA DOĞAN SESLER VE BUNLARIN İLETİLMESİ



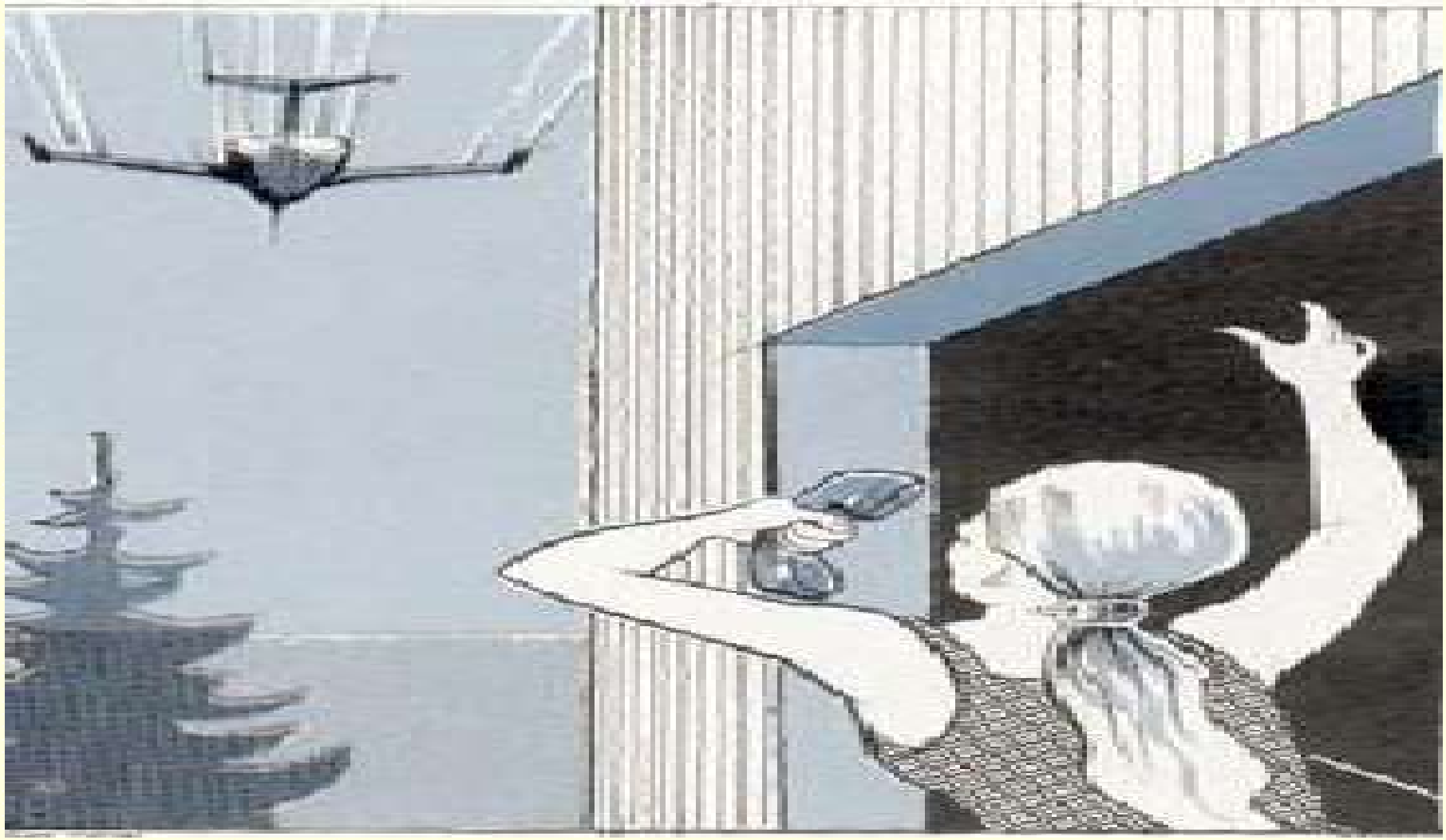
HAVADA DOĞAN SESLER



HAVAALANI GÜRÜLTÜSÜ







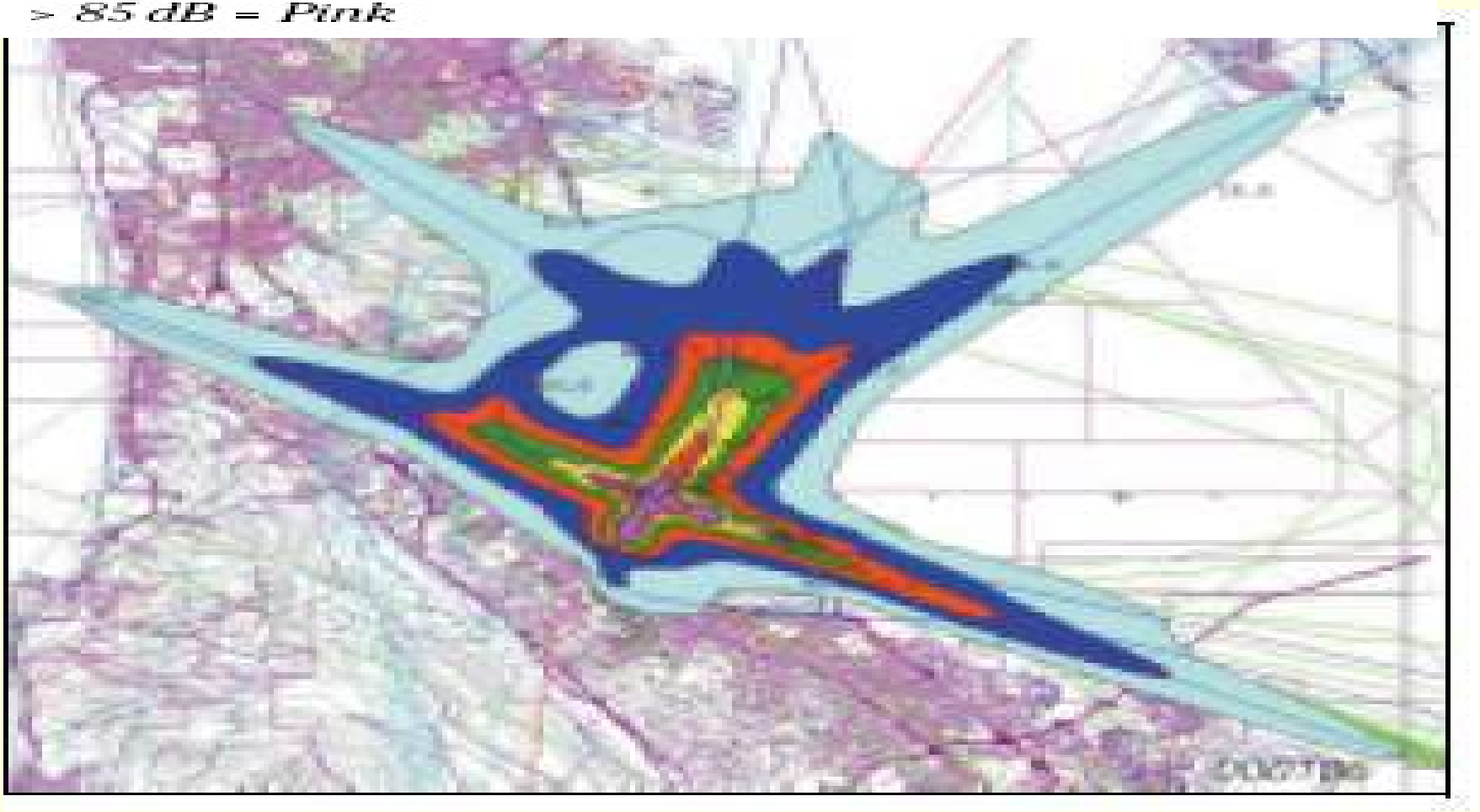
Noise contours are used to show the extent and location of noise problem areas. The number shown with each contour indicates the noise level exceeded within that contour. Superimposed on a map, and compared to noise limits, they pin-point areas in need of noise reduction measures.

Aircraft Noise

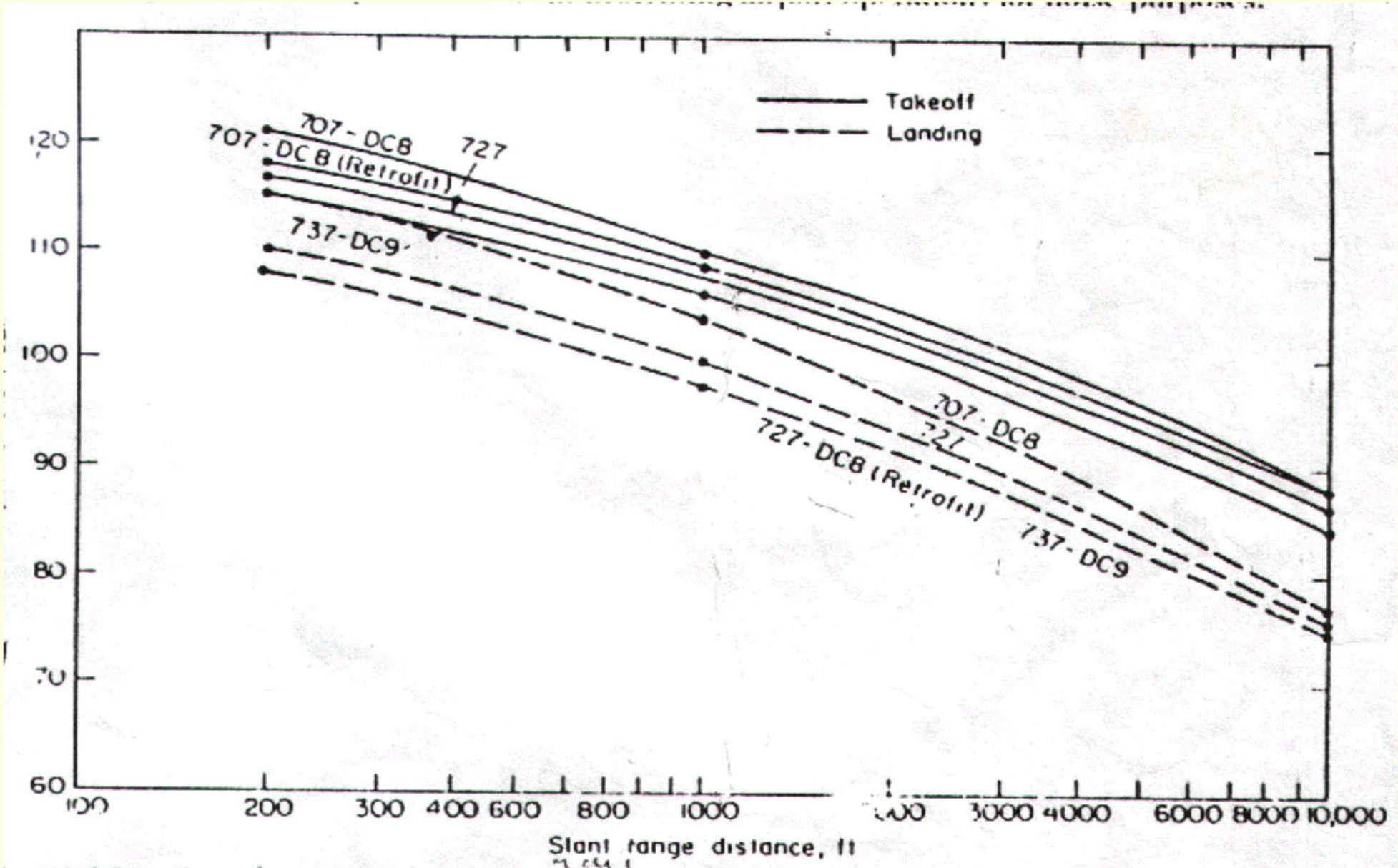
The most important tool for noise control at airports is noise zoning for land-use, planning and noise insulation programs. Noise from commercial aircraft is only a problem around airports as this is where aircraft converge at low altitude and high engine power. Increasing air traffic and city expansion will exacerbate the noise problems, while aircraft noise reduction, traffic and flight path restrictions can alleviate them. As a last resort, existing dwellings can be protected against noise by improving windows and roofs.

Noise contours around an airport calculated using INM (Integrated Noise Modelling) based on previous noise measurements.

55 — 60 dB = Light blue
60 — 70 dB = Dark blue
70 — 75 dB = Red
75 — 80 dB = Green
80 — 85 dB = Yellow
> 85 dB = Pink



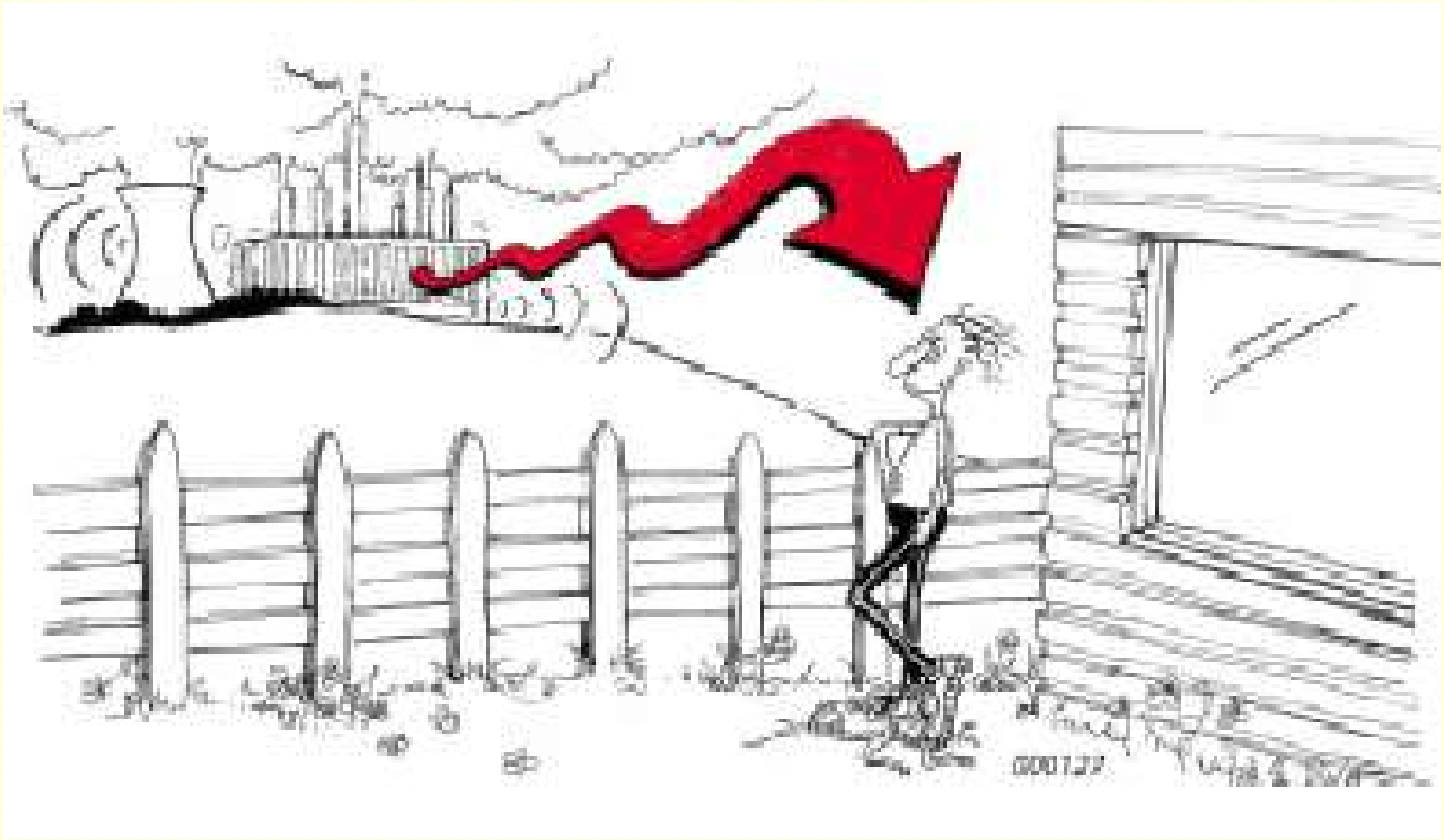
DC9, 737, DC8 VE 707 TİPİ UÇAKLAR İÇİN MARUZ KALINAN SES SEVİYESİ İLE MEYİL UZAKLIĞI ARASINDAKİ İLİŞKİ



ENDÜSTRİLERDEN GELEN GÜRÜLTÜ



Endüstrilerden Gelen Gürültü

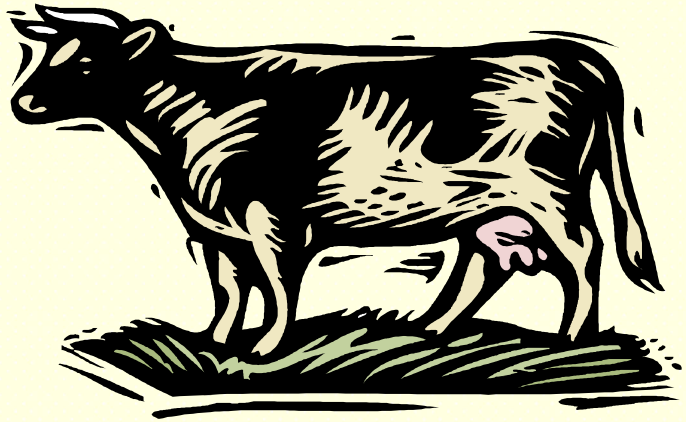


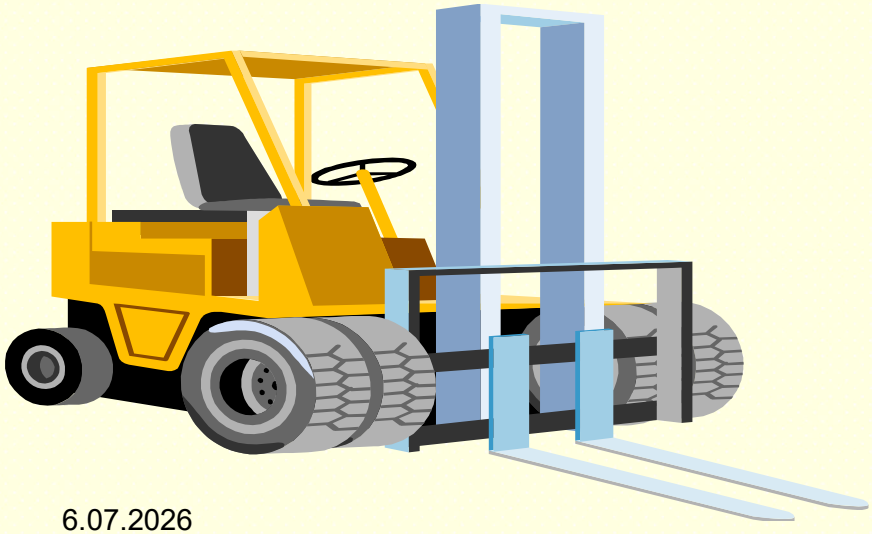
TREN GÜRÜLTÜSÜ



Çeşitli tarım ve iş makinelerinden kaynaklanan gürültüler



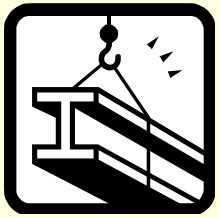






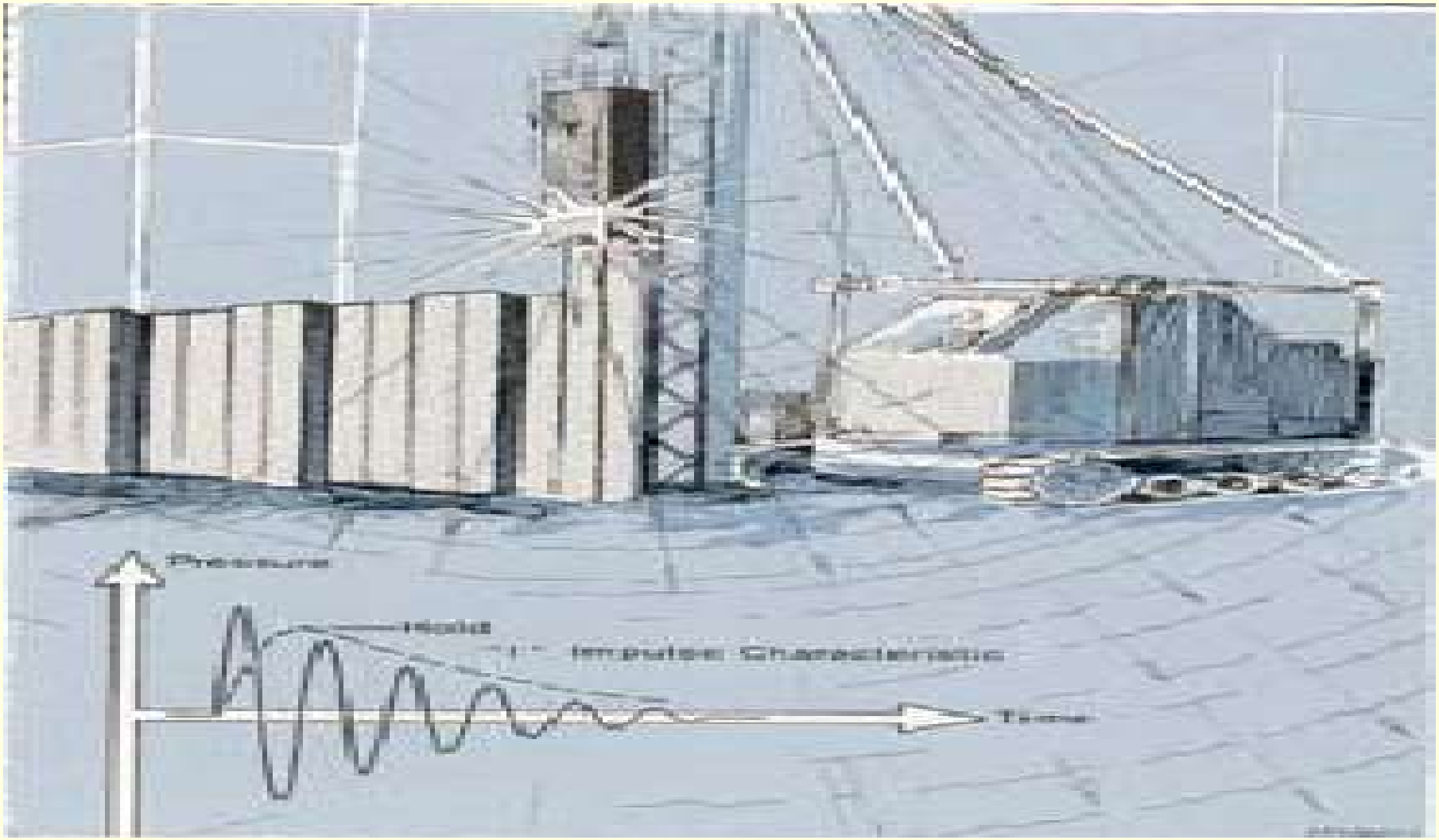
İnşaat faaliyetlerinden gelen gürültü







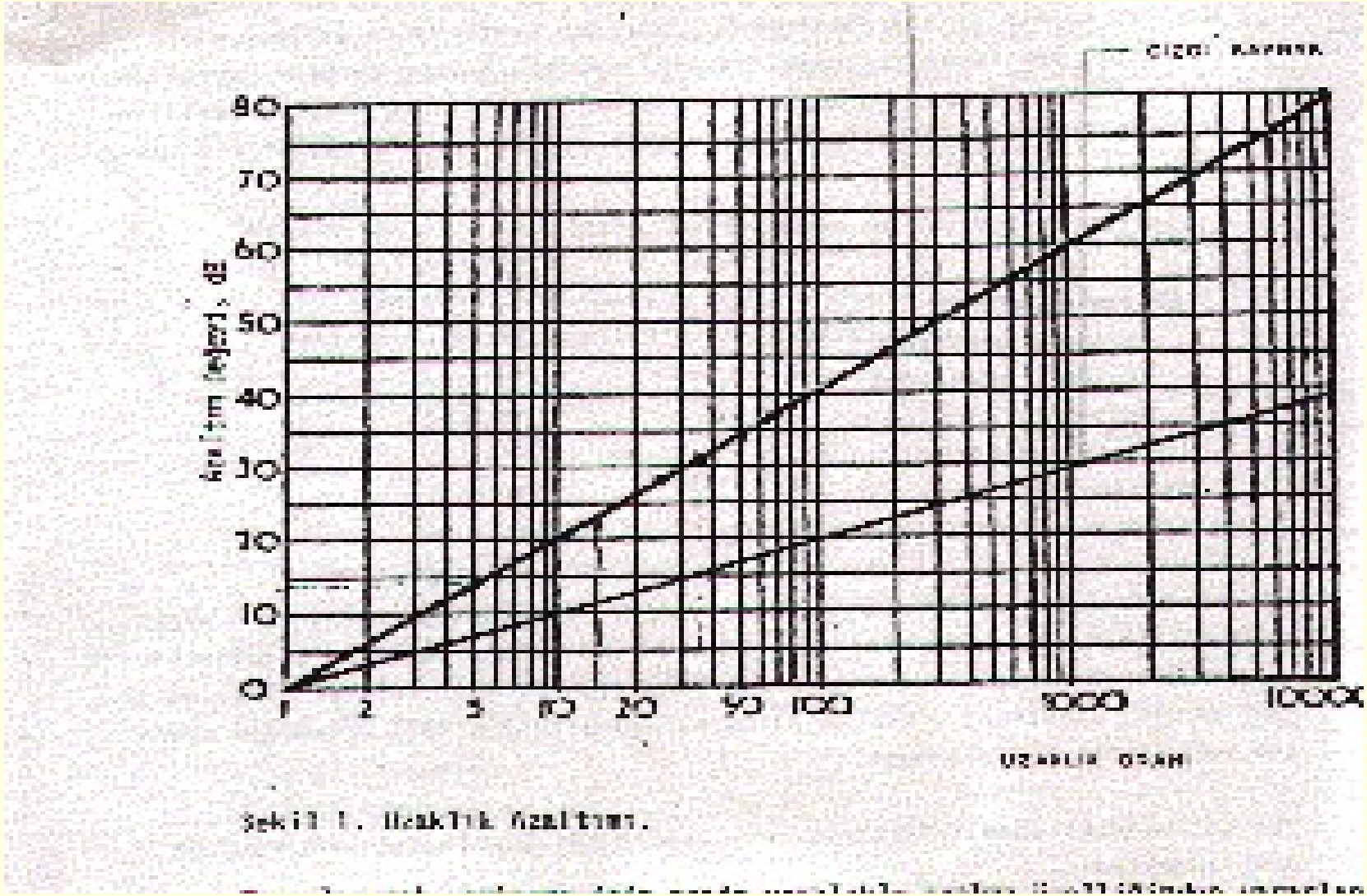
İnşaat faaliyetlerinden gelen gürültü



GÜRÜLTÜ KONTROLÜ

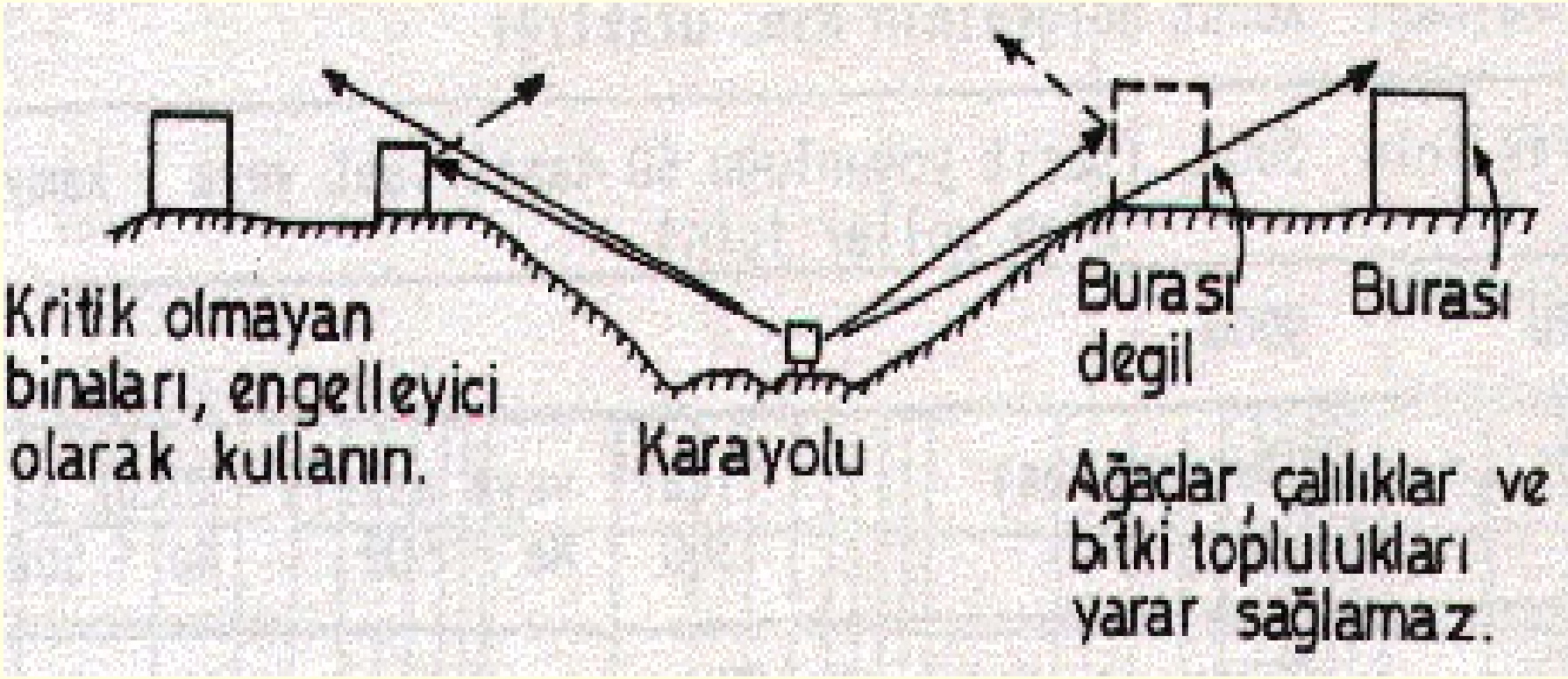
KARAYOLU GÜRÜLTÜSÜ KONTROLÜ

Noktasal ve Çizgisel Kaynakların Mesafeye Bağlı Değişimleri

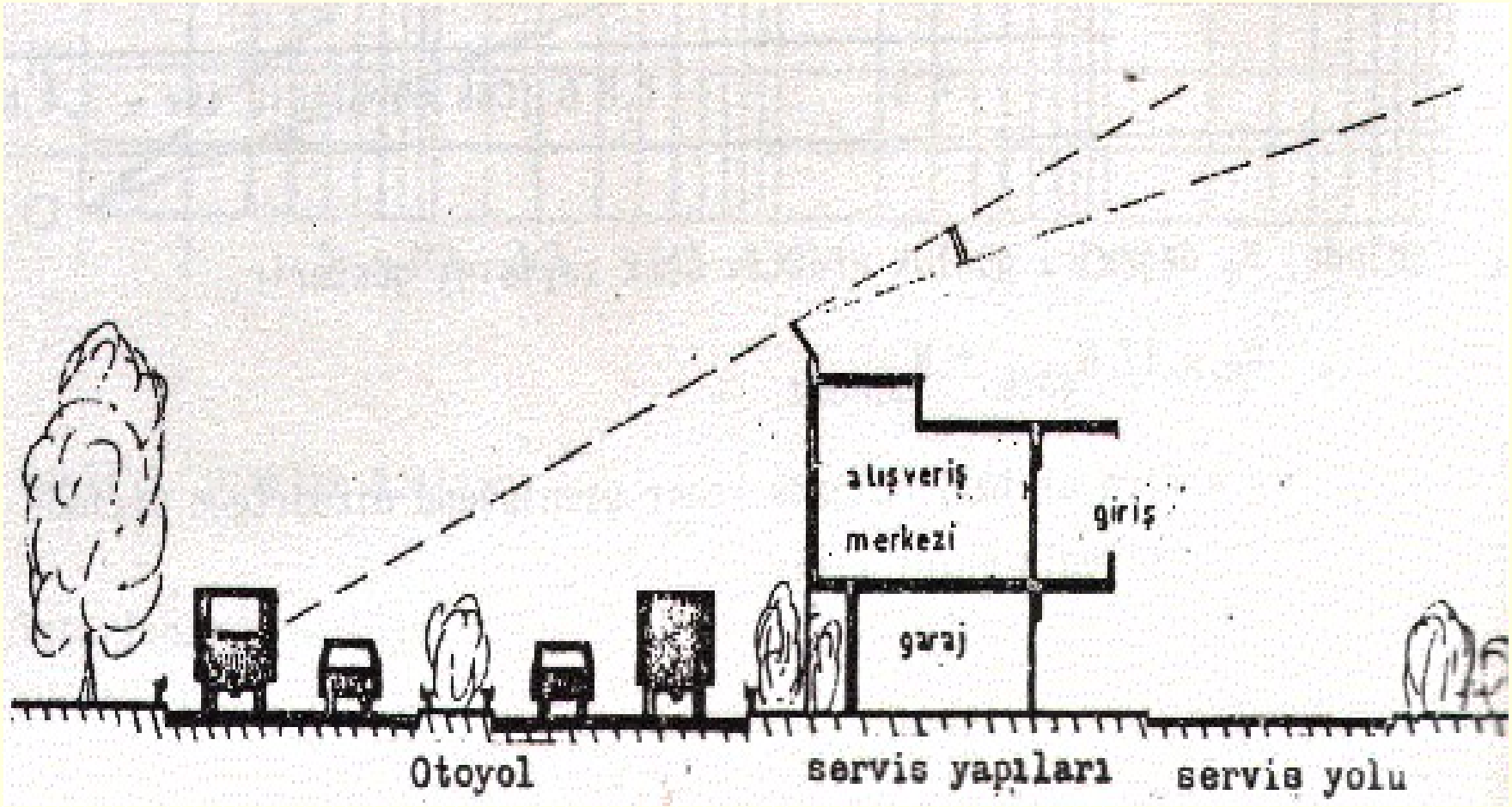


Şekil 1. Uzaklık Azalması.

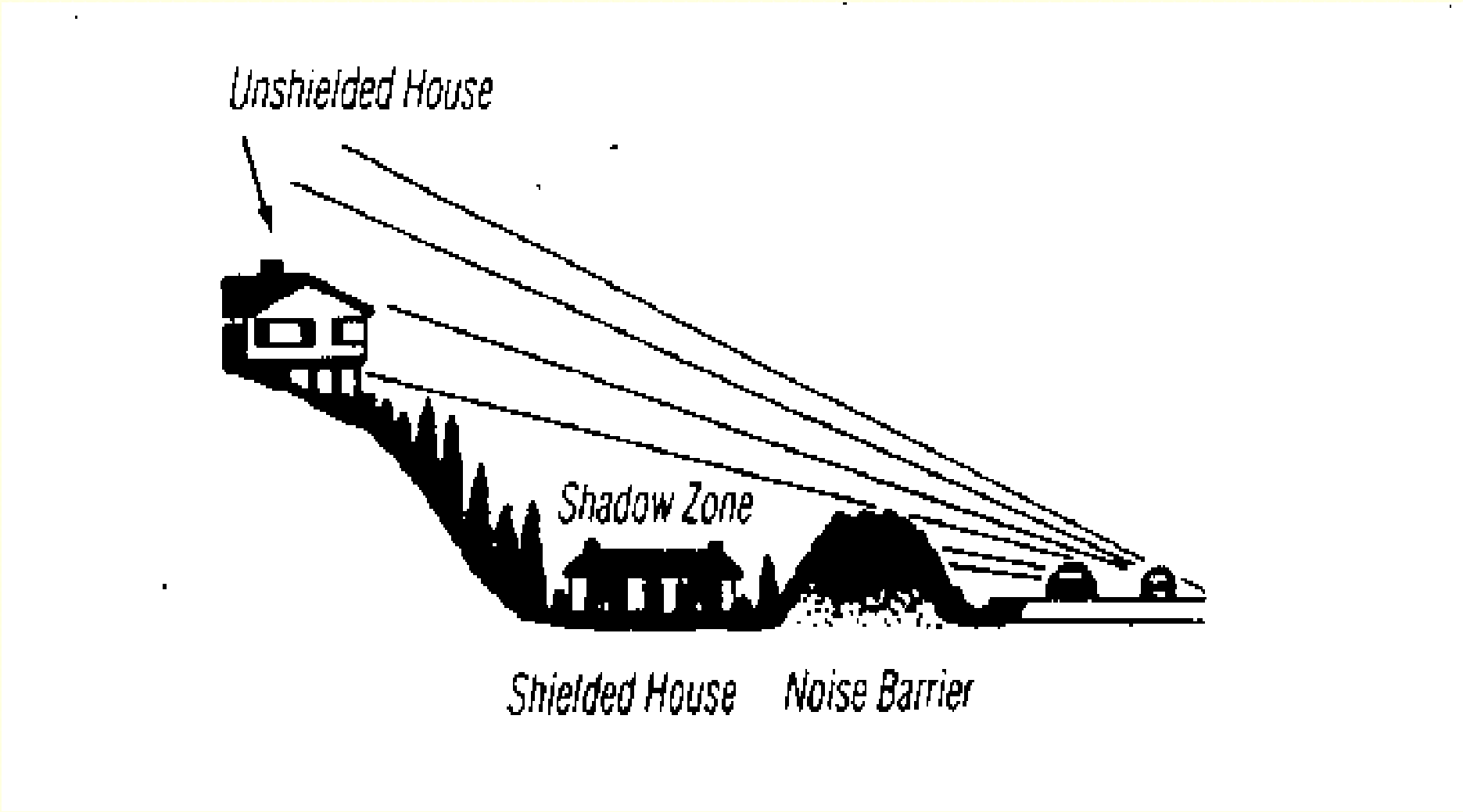
Doğal ve Yapay Engellerin Kullanımı



Doğal ve Yapay Engellerin Kullanımı



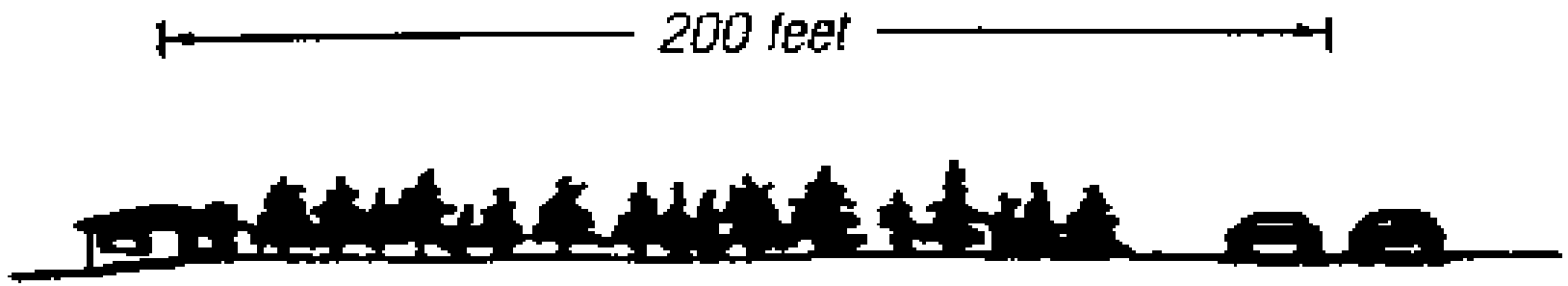
Masif Yapı ve Yeşil Alandan Yararlanarak Karayollarında Yapılan Gürültü İzolasyonu (10-15 dBA Gürültü Giderimi)



Karayolu etrafında oluşturulacak mimari düzenlemeler



Yol kenarındaki ağaçlandırma ve gürültü giderimi



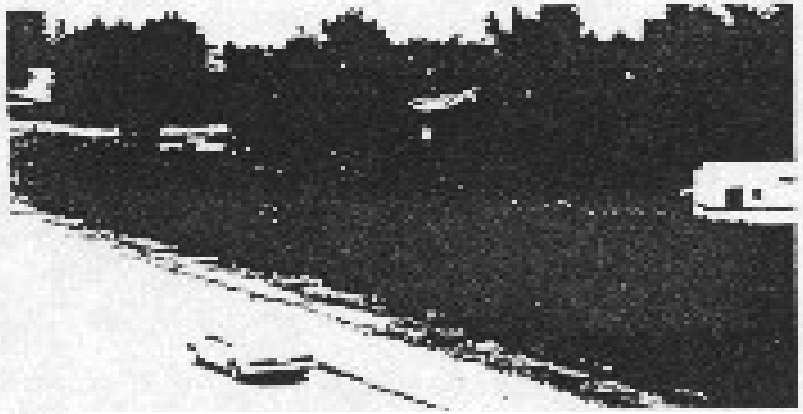
Yaklaşık 10 dBA gürültü giderimi sağlanır



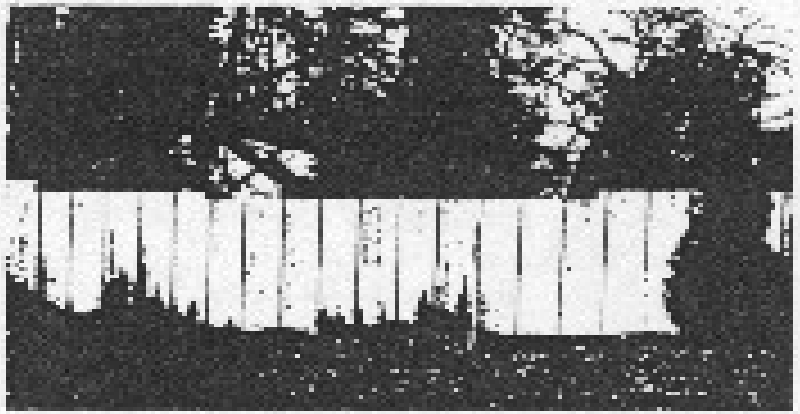
Gürültü giderimi daha çok psikolojiktir

Vegetation and Noise Reduction

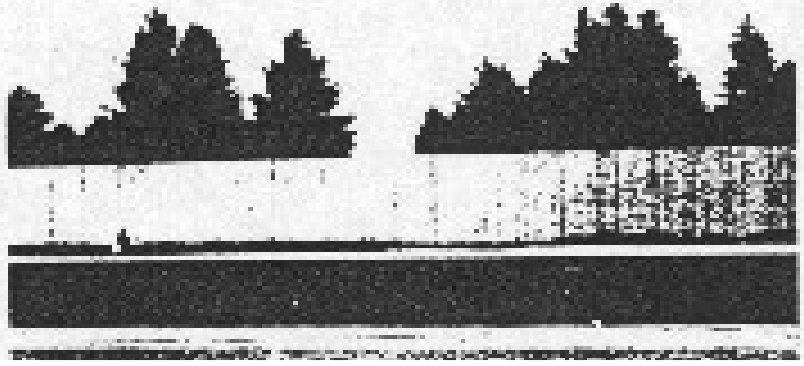
Şehir İçi Yollarda Uygulanabilecek Bariyer Örnekleri



Toprak bariyer



Wooden Noise Barrier



Ağaç parçaları ile karıştırılmış beton gürültü bariyeri

Yol Kenarında Yeşil Alan Çalışması



Bariyer Kullanımı



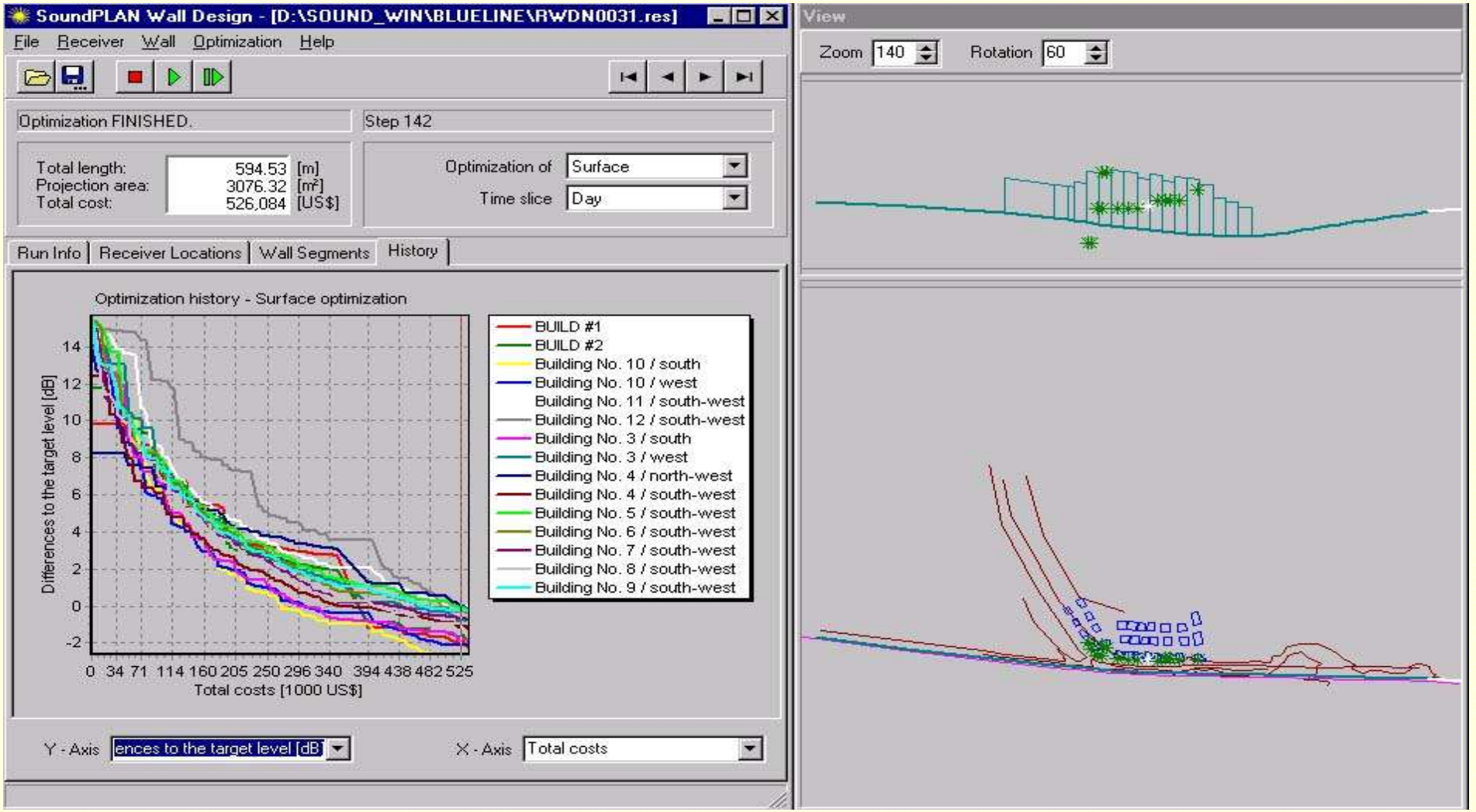
Bir karayolu kenarında inşaa edilmiş yüksek poroziteli, absorban malzemeden yapılmış gürültü bariyeri



İş Makineleri ile Karayolu Arasında Yapılmış Bir Bariyer



Bilgisayar Ortamında Gürültü Seviyelerine Bağlı Yükselti Eğrileri Yardımıyla Bariyer Projelendirilmesi



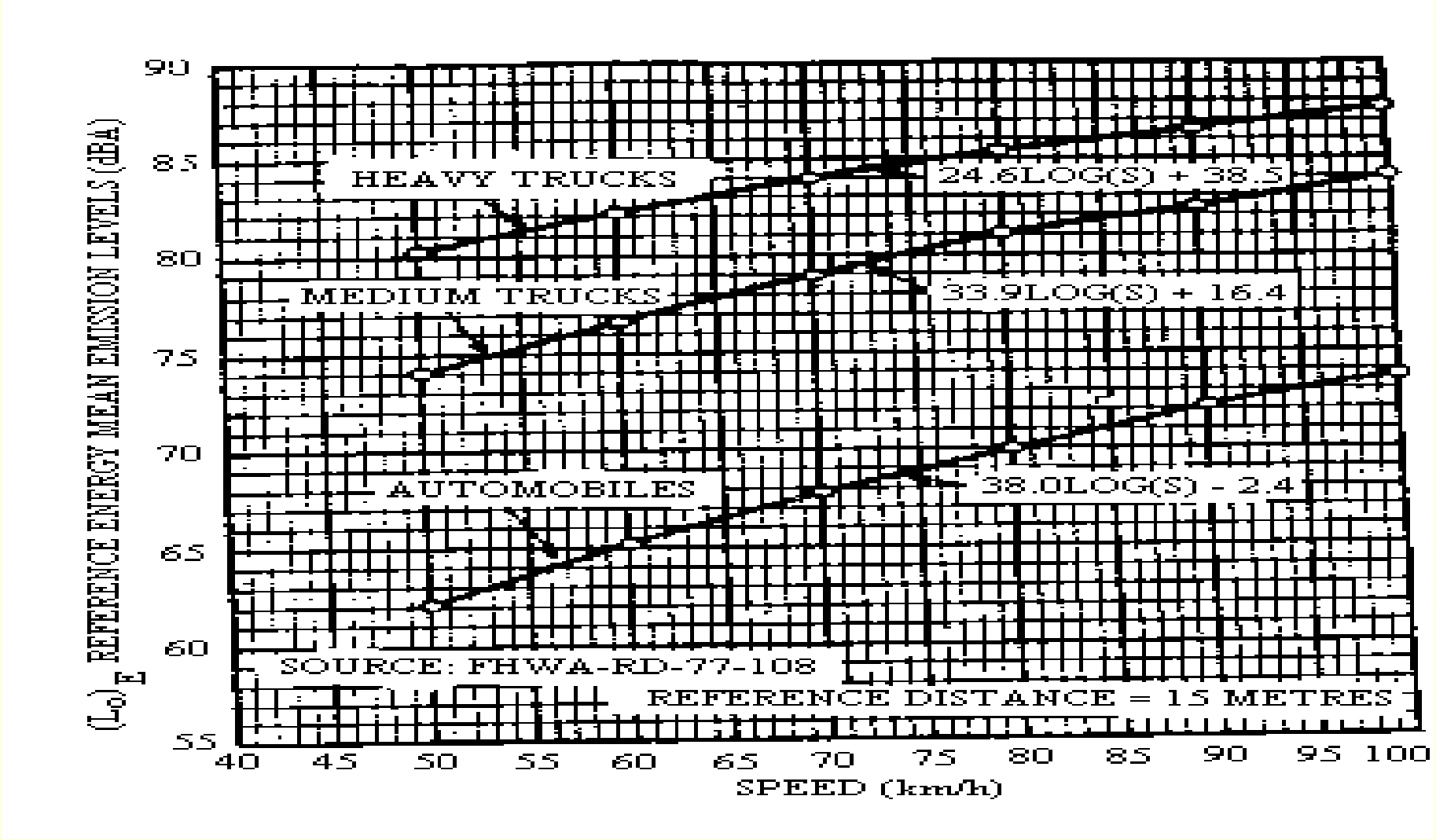
Noise Increases With Vehicle Speed

Speed (mph)	Noise at 50 ft (dB)		
	Auto	Medium Truck	Heavy Truck
51	71	81	86
52	71	82	86
53	71	82	86
54	72	82	86
55	72	82	86
56	72	83	87
57	72	83	87
58	73	83	87
59	73	83	87
60	73	84	87
61	74	84	88
62	74	84	88
63	74	84	88
64	74	85	88
65	75	85	88
66	75	85	88
67	75	85	89
68	75	86	89
69	76	86	89
70	76	86	89
Source: Cowan, Environmental Acoustics, 150			

Noise Increases With Vehicle Speed

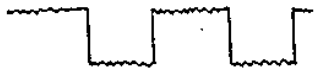
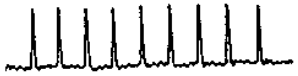
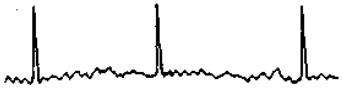
Speed (mph)	Noise at 50 ft (dB)		
	Auto	Medium Truck	Heavy Truck
30	62	73	80
31	62	74	80
32	63	74	81
33	63	75	81
34	64	75	81
35	64	76	82
36	65	76	82
37	65	77	82
38	66	77	82
39	66	77	83
40	67	78	83
41	67	78	83
42	67	78	84
43	68	79	84
44	68	79	84
45	68	79	84
46	69	80	85
47	69	80	85
48	70	80	85
49	70	81	85
50	70	81	85

Farklı Araç Tiplerinin Hıza Bağlı Gürültü Seviyeleri



Dalga Boyuna Bağlı Gürültü Tipi ve Ölçüm Tipleri

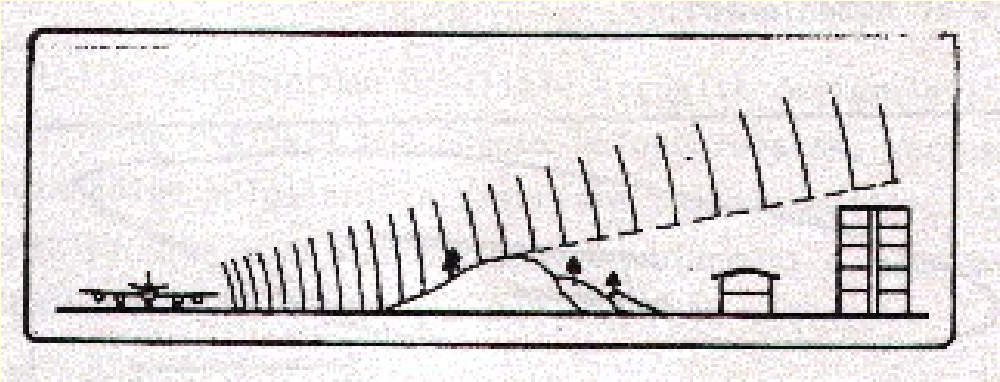
Çizelge 3.6 — Gürültünün Zamanla Değişme Şekline Göre Yapılması Gereken Ölçümler

0 10 20 s	Gürültü Türü	Ölçüm Tipi	Bu Tür Gürültüye Örnek
	Kararlı gürültü (sabit sürekli gürültü)	Gürültü düzeyi	Havalandırma sistemi, elektrik motoru
	Sabit fakat kesikli gürültü	Gürültü düzeyi ve süresi ya da L_{eq}	Hava kompresörü
	Dalgalı gürültü (peryodik)	Gürültü düzeyi veya L_{eq} ya da gürültü dozu	Yüzey taşlama
	Dalgalı gürültü (peryodik değil)	L_{eq} ya da gürültü dozu	Tipik fabrika içi gürültü (montaj hattı vb.)
	Tekrarlanan darbe gürültüsü	L_{eq} ya da gürültü dozu ve bunların yanında "darbe" ayarıyla gürültü düzeyi ("en yüksek" gürültü düzeyinin de saptanması gerekir)	Otomatik pres, perçinleme, delme, vb.
	Tek darbe	L_{eq} ve "en yüksek" gürültü düzeyi	Pres, delme vb. bir operasyonun tek olarak yapılması
	Kısa sürede yükselip daha sonra kaybolan gürültü (geçiş gürültüsü)	SEL	Uçak havalanması

HAVA ALANI GÜRÜLTÜSÜ KONTROLÜ

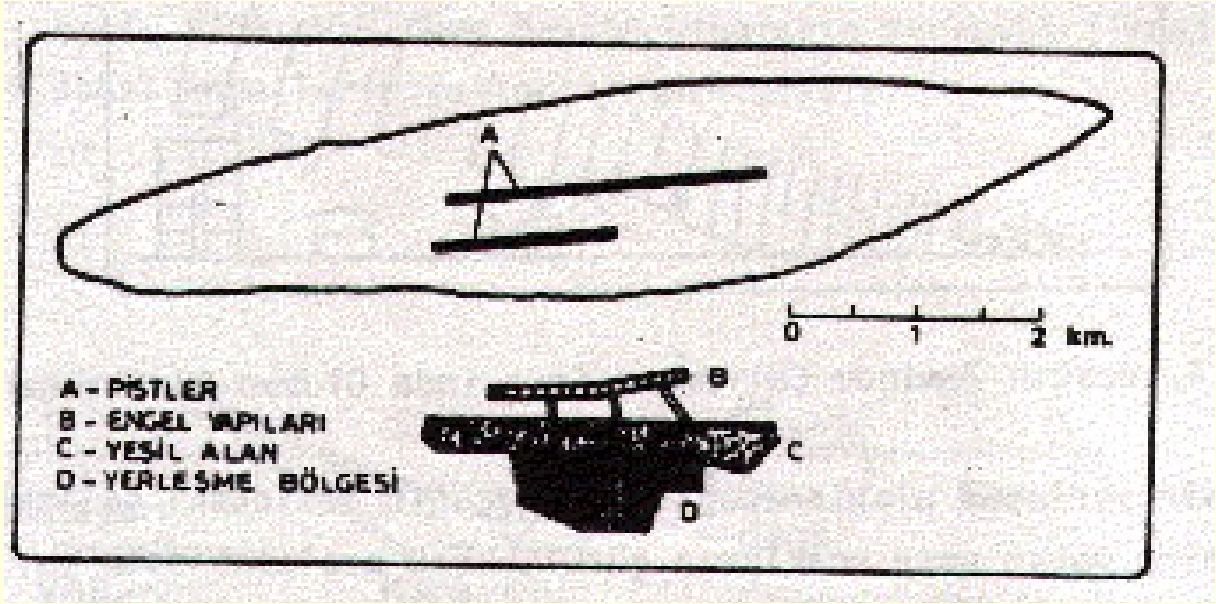
Uçağın Zeminde Çalışması Sırasında Oluşan Gürültüden Korunma.

Yeni bir yerleşme planlanacağı zaman uçağın zemindeki çalışma gürültüsünü ve zemine yakın uçan uçakların gürültüsünü azaltmak için yerleşmeler ile havaalanı arasında engel yapılar düsünülmelidir. Engel yapılarının bir kesimi havaalanına alt yapılar olabilir. Havaalanına yakın engelsiz olarak yüksek bloklar yerleştirildiğinde uçak iniş ve kalkışlarında yerleşme ünitesi gürültüden çok etkilenmektedir.



Hava Alanı Dizaynı

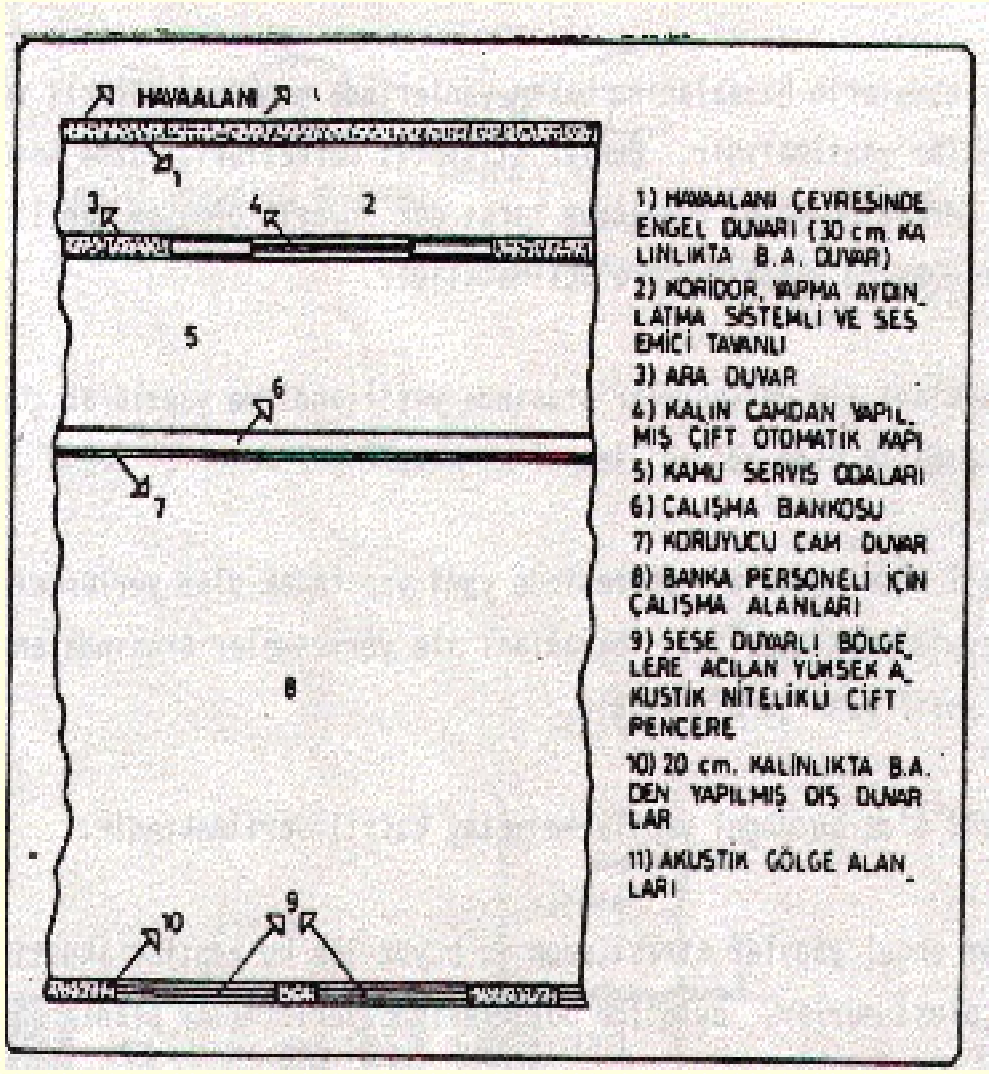
Sekil’de havaalanı çevresinde yeni yapılacak olan yerleşmelerde gürültü düzeyini azaltmak için havaalanı ile yerleşmeler arasında engel yapıları ve yesil band görülmektedir.



Engel Yapıların *Yatay* Kesiti

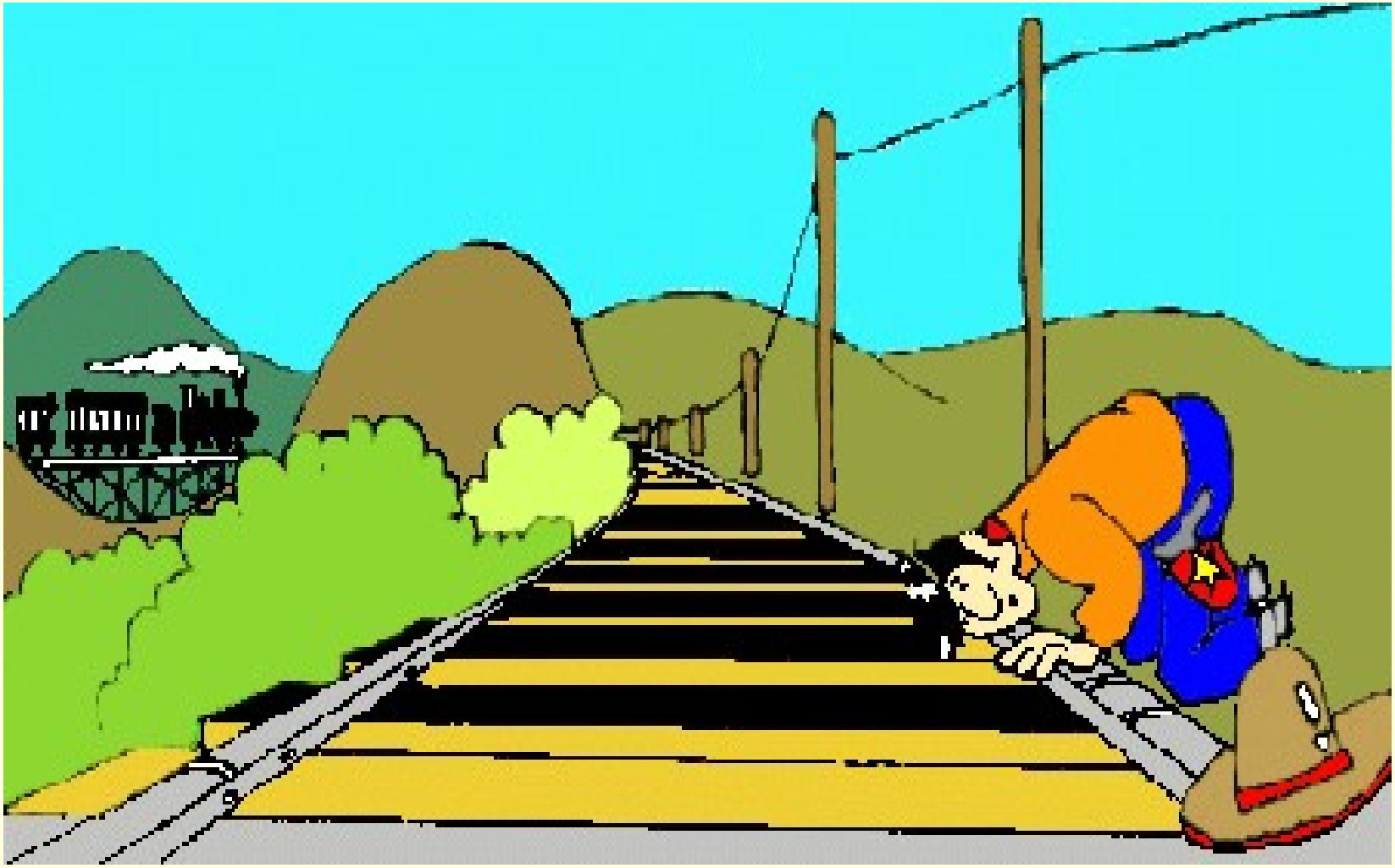
Şekil'de bu engel yapıların yatay kesiti verilmektedir.
Eğer engel yapılar sırası uzun ve büyük ise bu yapılar akustik gölge bölgesi oluştururlar. Bu gölge bölgelerinde yerleşmeler planlanabilir.
Zeminden topoğrafya durumunda yararlanılarak gürültü düzeyi azaltılabilir. Uçağın zeminde çalışması sırasında oluşan zemin gürültüsü havaalanı yakınında tepeler aracılığıyla yansır. Yerleşmeler bu engeller arkasına yerleştirilebilir.

Hava Alanı Yatay Enkesit



TREN YOLU GÜRÜLTÜSÜ KONTROLÜ

Tren Gürültüsü



Katı Zeminde Yol Boyunca Ölçümün Yatay gösterimi

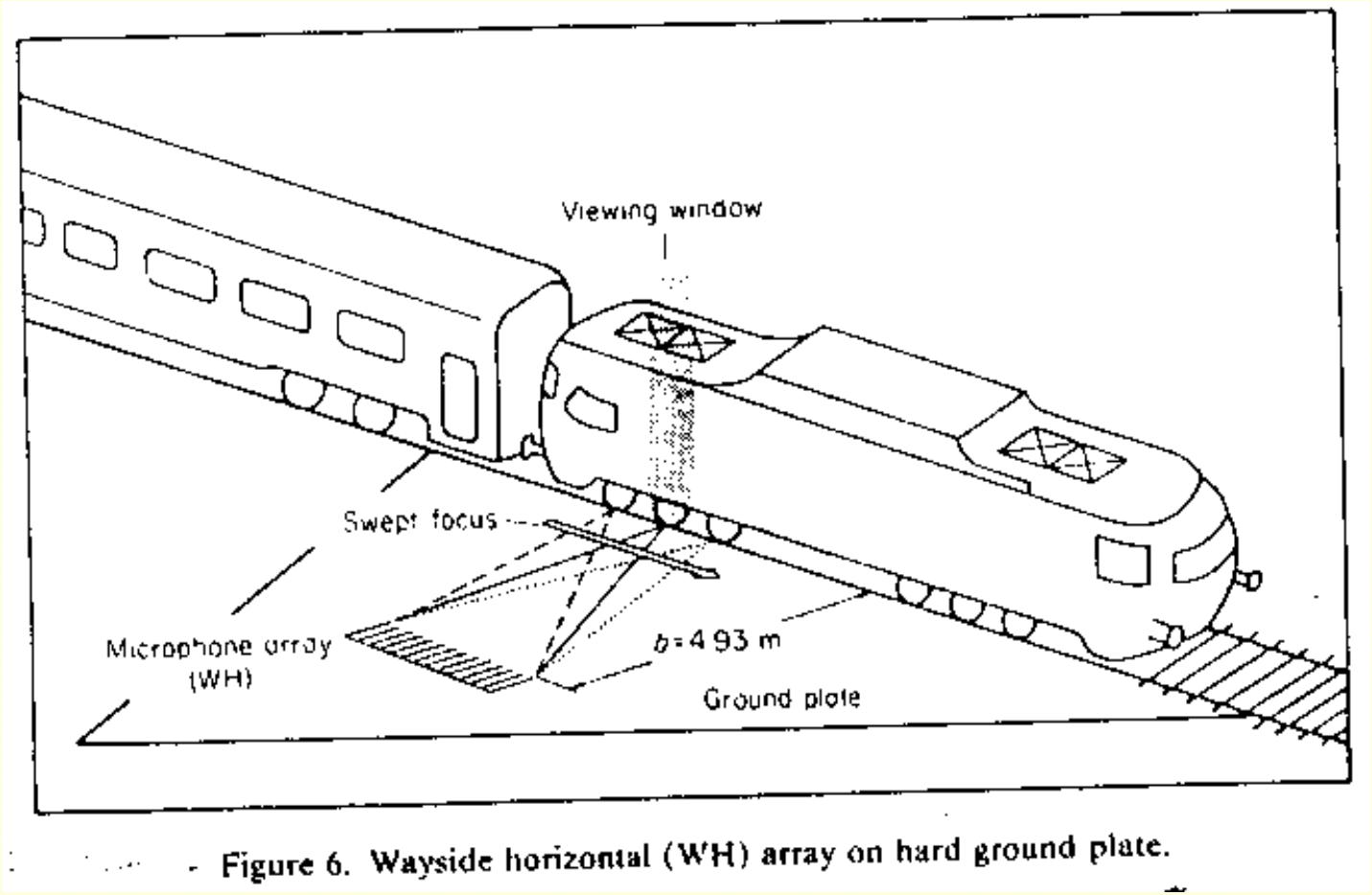


Figure 6. Wayside horizontal (WH) array on hard ground plate.

Katı Zeminde Yol Boyunca Ölçümün Dikey gösterimi

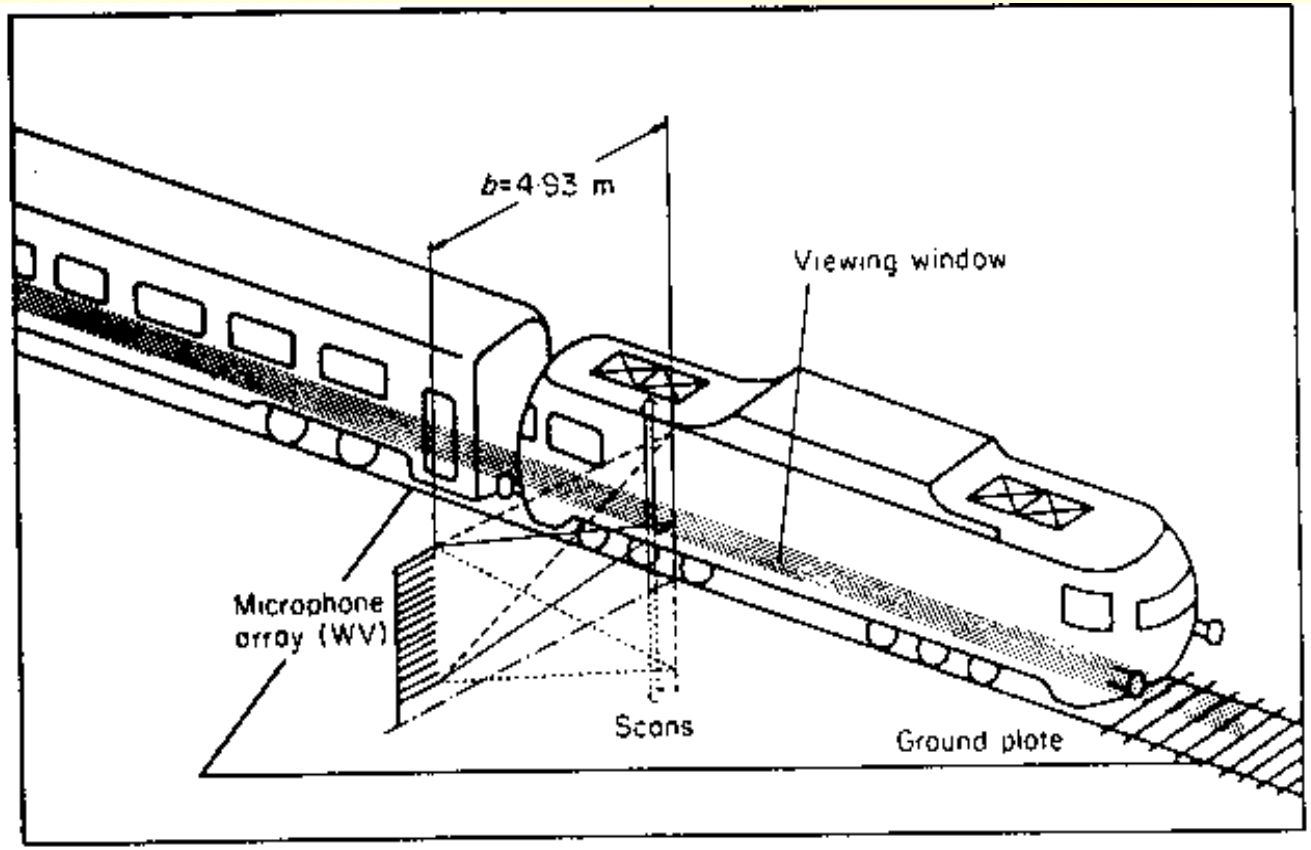
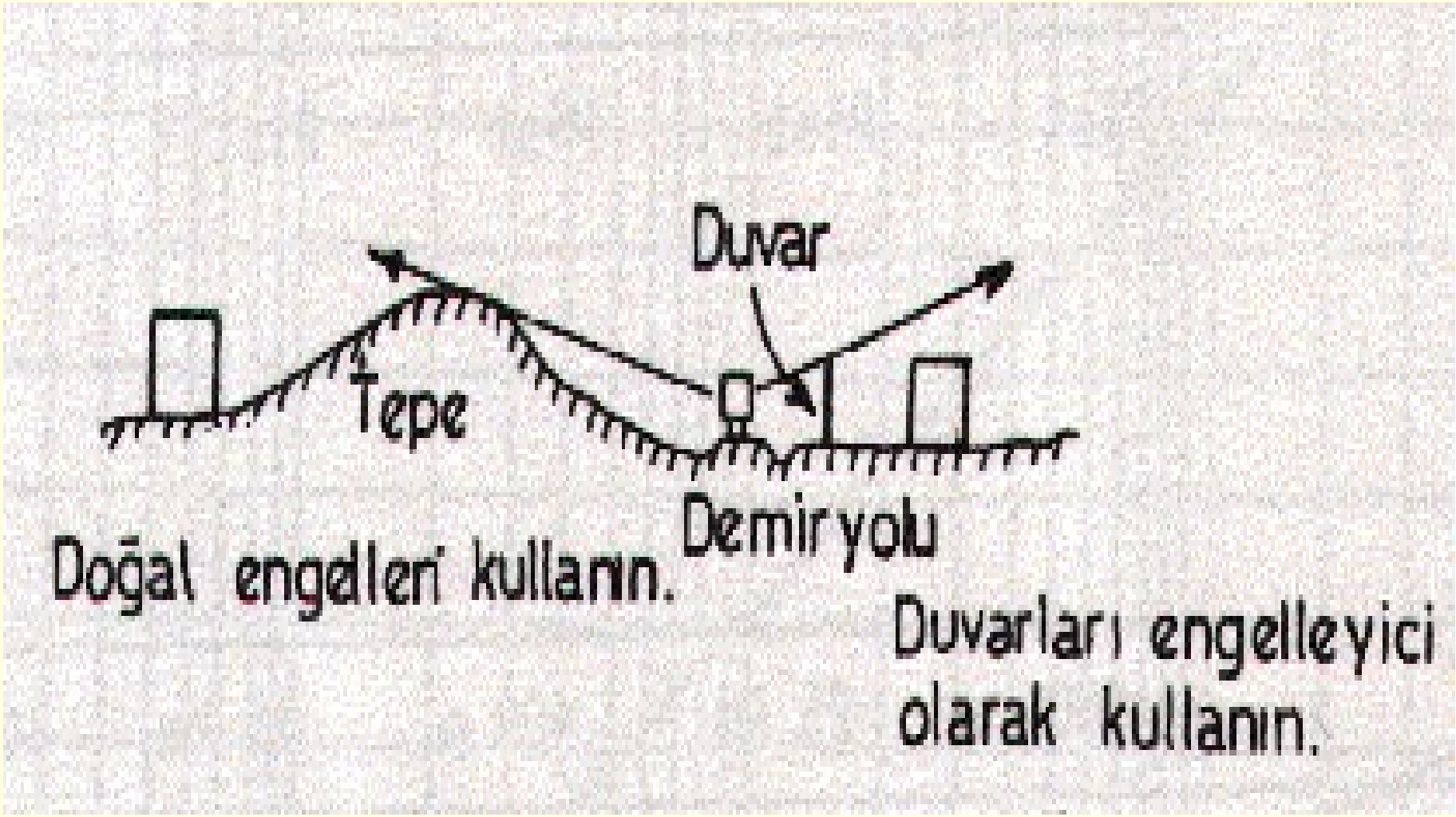
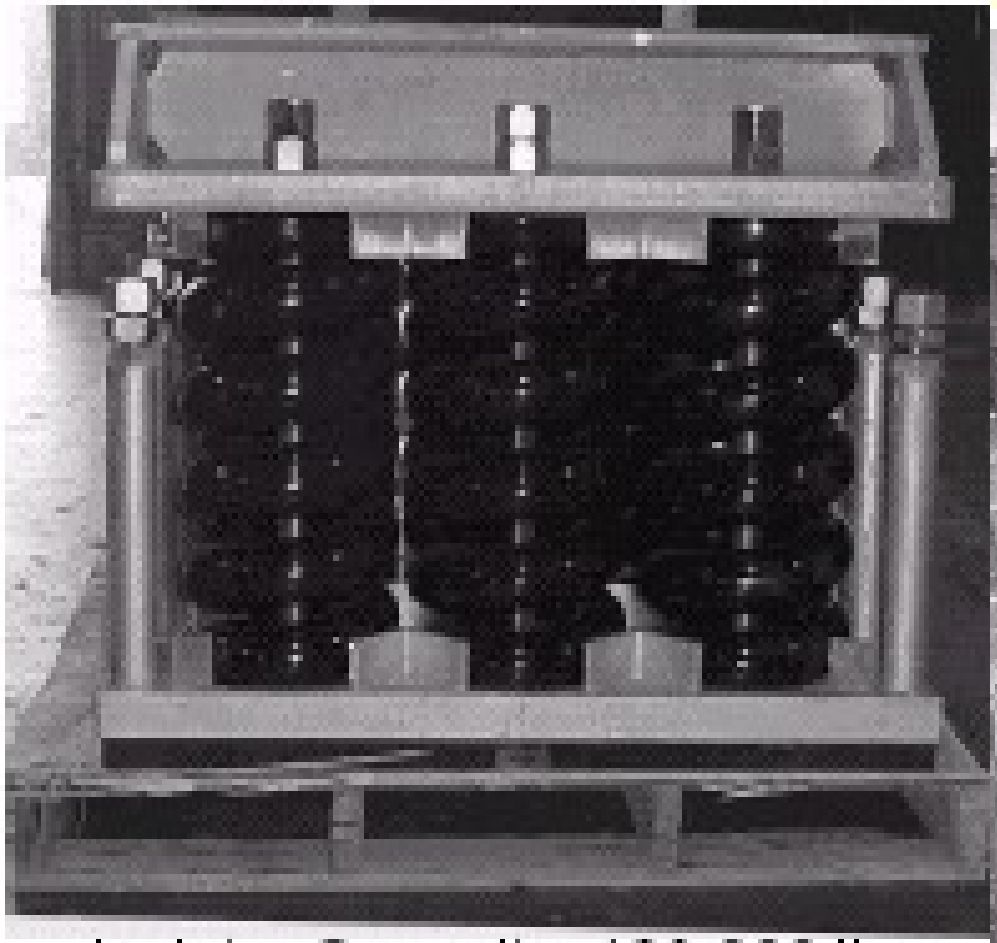


Figure 7. Wayside vertical (WV) array on hard ground plate.

Doğal ve Yapay Engellerin Kullanımı



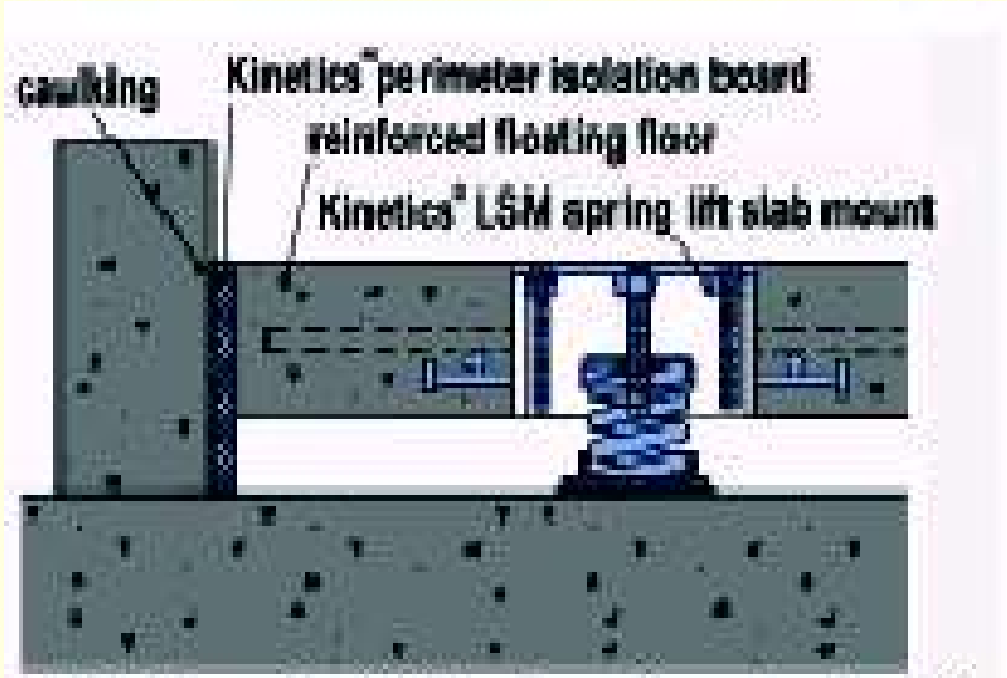
RAYLAR



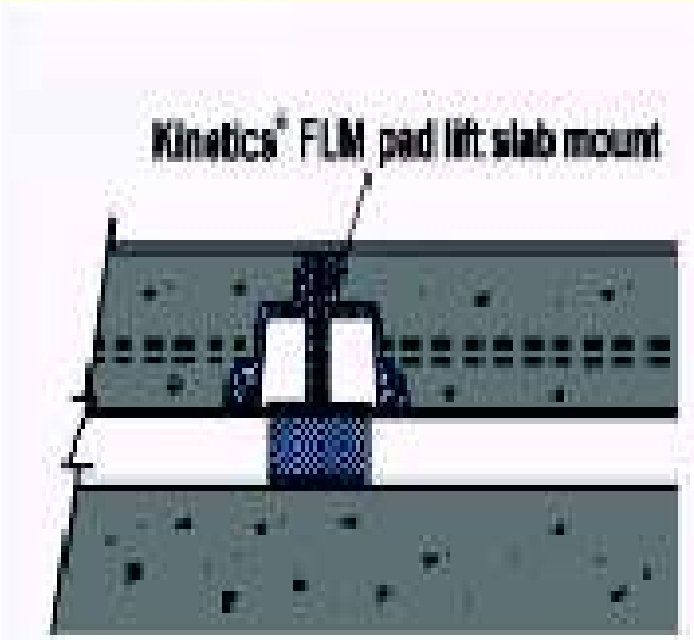
Isolator Capacity- 420,000 lbs.



Raylarda Yapılabilecek İzolasyon (Hassas Bölgelerde)

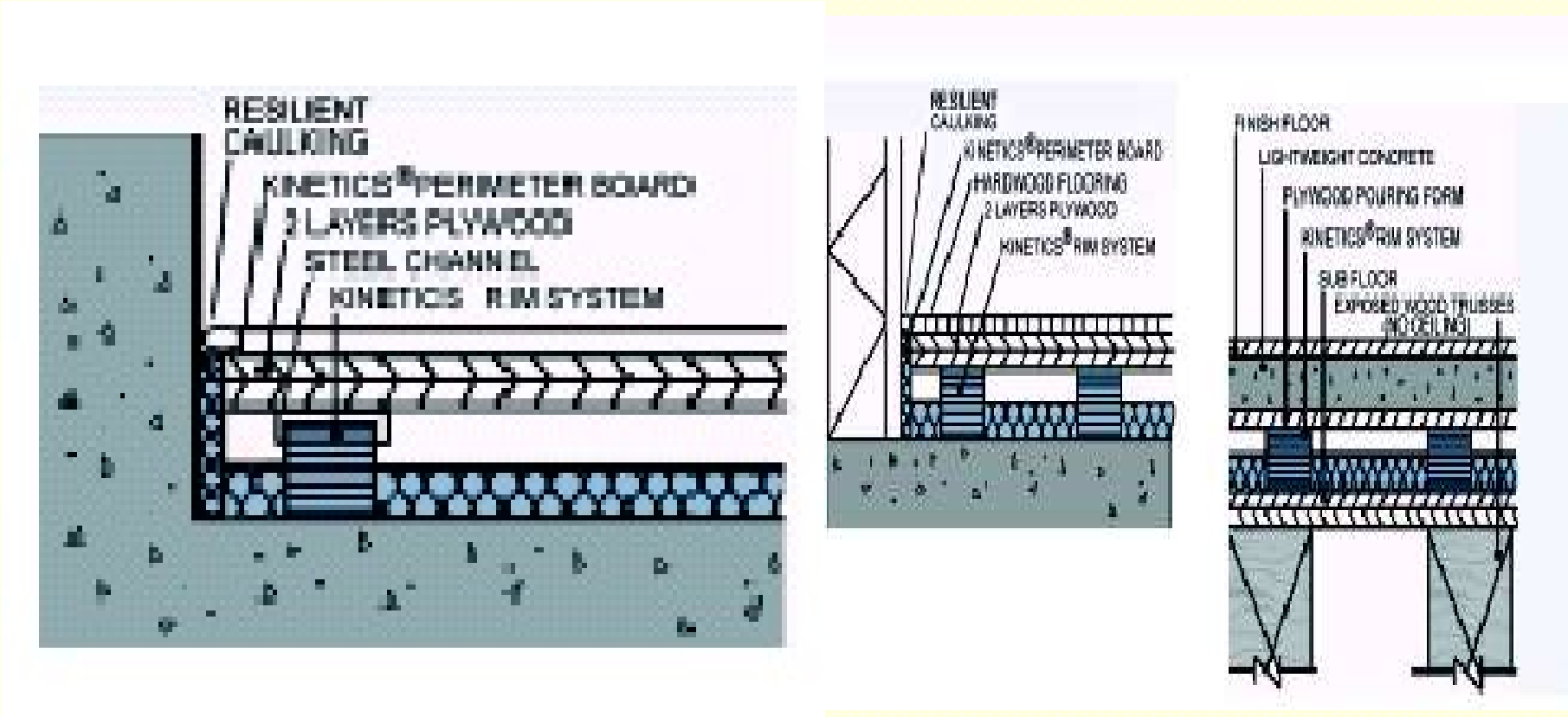


LSM spring liftslab perimeter detail after raising floor. For addressing the most critical structureborne and impact isolation criteria



FLM Liftslab detail after raising floor. Model FLM incorporates Kinetics Model KIP or Neoprene Isolation pads.

Raylarda Yapılabilecek İzolasyon (Hassas Bölgelerde)



Yapı ve Binalarda Gürültü Kontrolü

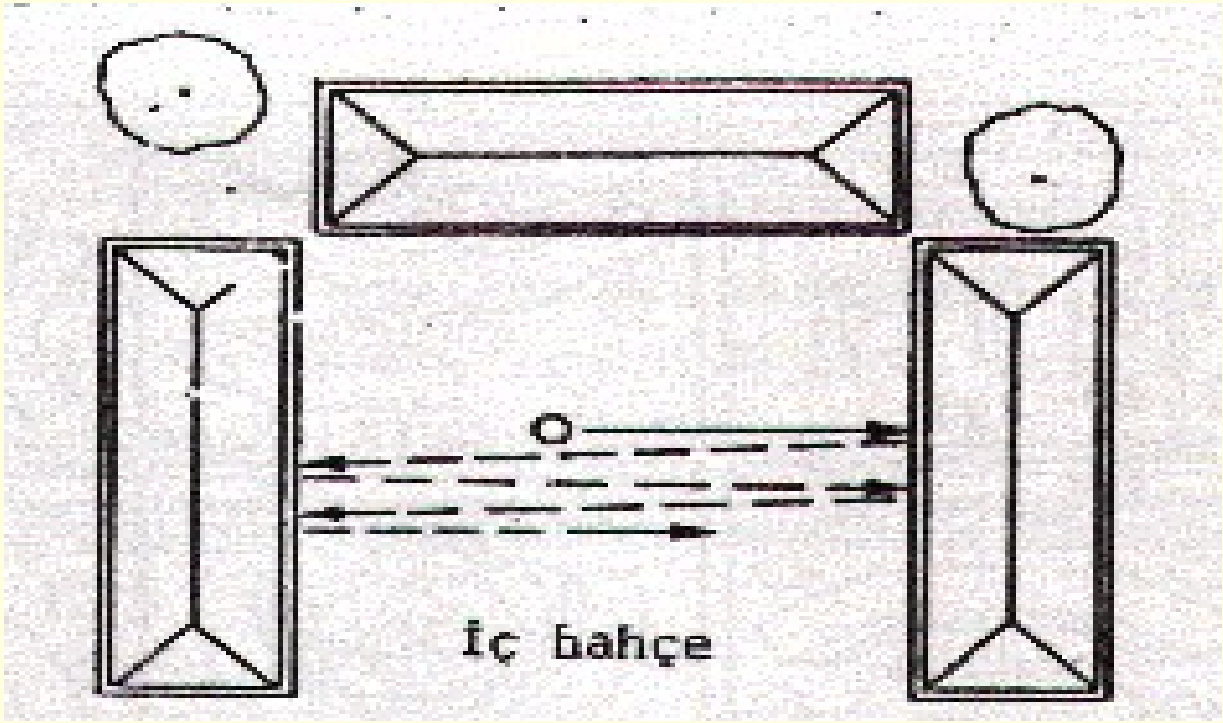
BİNALARIN YERLESTİRİLME VE KONUMLANDIRILMASI

- Yerleşme ünitesi içerisinde binaların tasarlanması aşamasında gürültünün rolü açısından göz önünde bulundurulması gerekli ilkeler şunlardır.
- 1) Binaların kullanım amaçları ve dolayısıyla akustik gereksinimlerine bağlı olarak gürültü kaynağına uzaklıkları yine düşünülmesi gerekli bir faktördür,
- 2) Arazi engebesi ve ağaçlık alanların engelleme etkilerinden bu aşamada yararlanılabilir. Ayrıca kaynak ile bina arasındaki zemin örtüsünün çim, çalılık veya işlenmiş toprak olması, ses yutuculuk özelliklerinden dolayı çok önemlidir,
- 3) Bina kütleleri, bir ana yolun kenarına paralel olarak yerleştirildiğinde ortaya çıkacak karşılıklı yansımalardan kaçınmak gerekir. Bir trafik
- yolu boyunca karşılıklı sıralanmış yüksek katlı binaların araları azaldıkça gürültü koşulları kötüleşir. Kütlelerin bilinçli yerleştirilmeleri gereklidir.

BİNALARIN YERLESTİRİLME VE KONUMLANDIRILMASI

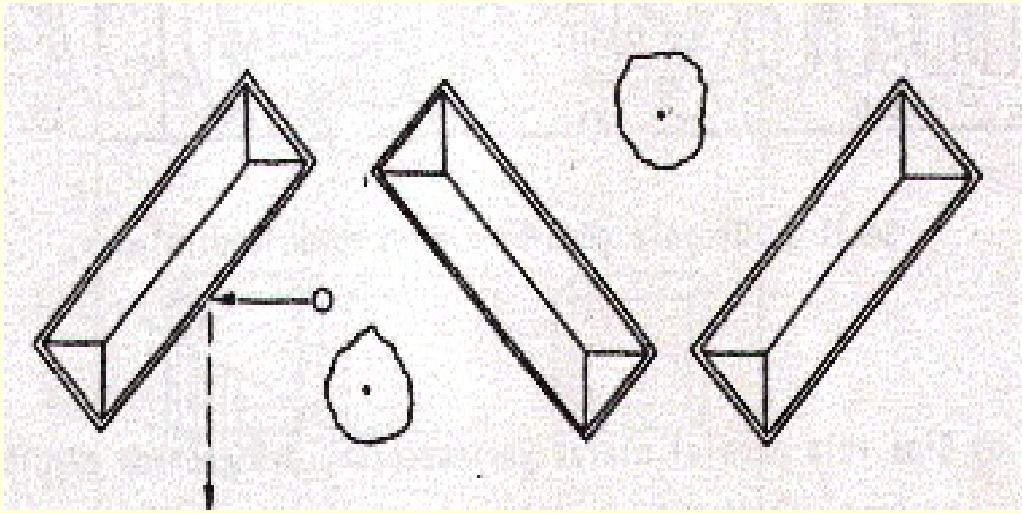
- 4) Gürültü kontrolünde, gürültüye karşı daha az duyarlı olan bir bina yerleştirilerek elde edilebilecek korunma çok önemlidir. Ayrıca kenarına yapılabilecek perde duvarların ya da yol kotunun düşürülmesi ile oluşan şevleri, gölge bölgelerinden yararlanılabilir.
- 5) Hafifçe eğri biçimli bina kütleleri, eğer eğrilik gürültü kaynağı tarafından konveks ise uygun bir akustik ortam sağlar.
- 6) “U” biçimli binalar veya yarı kapalı avlular, karşılıklı yansımalara neden olurlar ve bina dışı aktiviteler için kullanılamazlar, çünkü
- çok reverberan ve gürültülü alanlardır,
- 7) Binalar pencereli cepheleri bölgenin sakin kısmına bakacak şekilde yerleştirilmeli, masif ve penceresiz duvarlar gürültü kaynağına bakmalıdır.
- 8) Uzun bir kütleden oluşan tek bir bina ana yol veya tren yolu kenarına yerleştirilecekse;
- a) Binanın ana aksını yola dik olacak şekilde konumlandırmak ve bina içindeki gürültüye çok duyarlı hacimleri, yoldan uzaktaki bina
- bölmelerine yerleştirmek gerekir,

Binaların Yönlendirilmesi



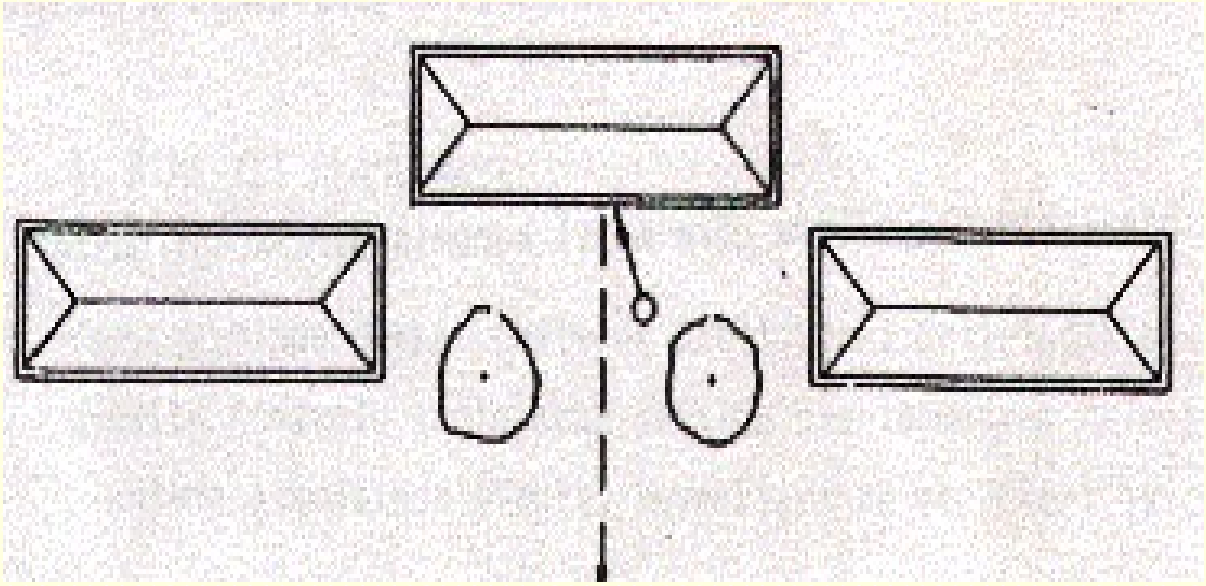
Zayıf Çözüm

Binaların Yönlendirilmesi



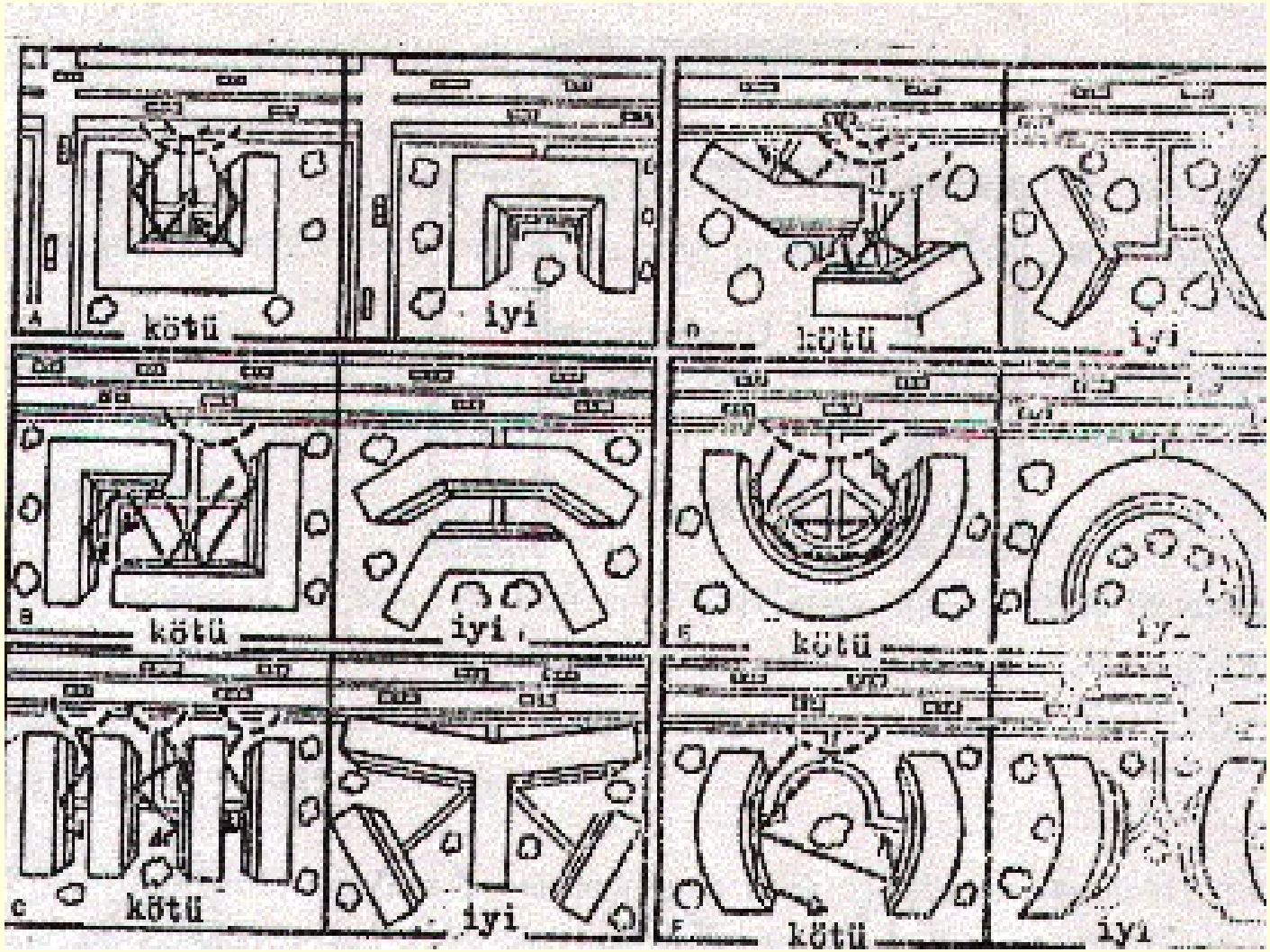
İyi Çözüm

Binaların Yönlendirilmesi



En İyi Çözüm

Otoyola göre binaların konumlandırılması.



YAPI ELEMANLARINDA SES YALITIMI

- Gelişen teknoloji kendini yapıda da hissettirmiş yüksek bloklar, hafif bölme duvarlar;gündeme gelmiştir. Teknolojiye paralel gürültü sorunu artarken tam tersine yapı elemanları hafifleşmiştir.
- Yapı bloğunun rastgele seçimi, gürültü sorununu ortaya çıkarmakta hatta gürültü seviyesinin artmasına dahi neden olabilmektedir. Ortaya çıkabilecek böyle hataların giderilmesi genellikle çok masraflı olmakta, çoğu zaman ise düzeltilmesi imkansız hale gelmektedir. Bu nedenle yapı elemanlarının gelen ses ışınları karşısındaki davranışlarını bilmek gerekir. Bilindiği gibi bir yapı elemanına çarpan hava doğuşlu ses enerjisinin belirli bir yüzdesi yüzey özelliklerine bağlı olarak yutulur, bir kısmı yüzeyden yansır, geri kalan kısmı ise eleman vasıtasıyla iletilir.

YAPI ELEMANLARINDA SES YALITIMI

- Ses yalıtımı; yapı elemanları aracılığıyla iletilen seslerin miktarını azaltmak için alınan bütün önlemleri içerir.
- Ses iki türlü yayılır:
- • Hava doğuşumlu,
- • Strüktür doğuşumlu olmak üzere.
- Önce hava doğuşumlu sesin, daha sonra ise strüktür doğuşumlu sesin yapı elemanlarından iletilmesi ele alınmıştır.

HAVA DOĞUŞUMLU SESIN YAYILMASI

- Ortam sesi izolasyonu ses kaynağının yeraldığı ortamı alıcı ortamdan ayıran bir bölücü eleman ile sağlanır. Havadaki ses dalgaları bölücü elemana çarparak, elemanın titreşimi sonucunda kaynak ortamından alıcı ortama geçer. Elemandan iletilen sesin şiddeti elemanın ses geçiş kaybına göre değişmektedir. Bölmeden iletilen sesin bölmeye gelen sesin şiddetine oranı ses geçiş katsayısı **τ'yu** verir. Elemanın ses geçiş kaybı R ise bu katsayıya bağ1ı olarak,
- R= 10 log (I/τ) dB
- veya R=10 log $\frac{\text{bölmeye gelen sesin siddeti}}{\text{Bölmeden iletilen sesin siddeti}}$
- esitlikleri ile hesaplanır.

HAVA DOĞUŞUMLU SESIN YAYILMASI

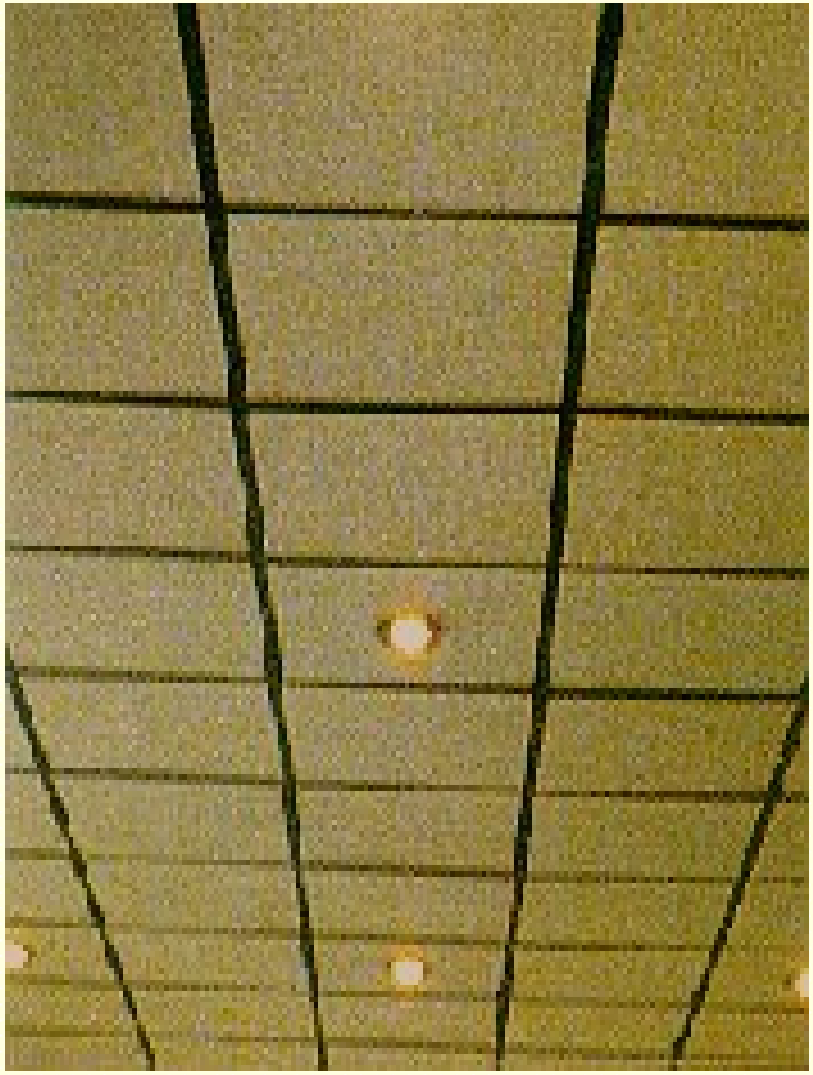
- İki reverberasyon hacmi arasındaki bölmenin ses geçiş kaybı, bölmenin alanı (S), alıcı hacmin yutuculuğu (a) ve gürültü azaltımına (NR) bağlı olarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.
- R= L1- L2 + 10 log (S/a)
- L1 : Kaynak odasındaki ses basınç düzeyi, dB
  L2 : Alıcı odasındaki ses basınç düzeyi, dB
  S : Ses ileten duvarın alanı, m2
  a : Alıcı odasının toplam emicilik değeri, Sabin m2
- L1—L2 bölmenin gürültü azaltımını (NR) verir.

Asma Tavan

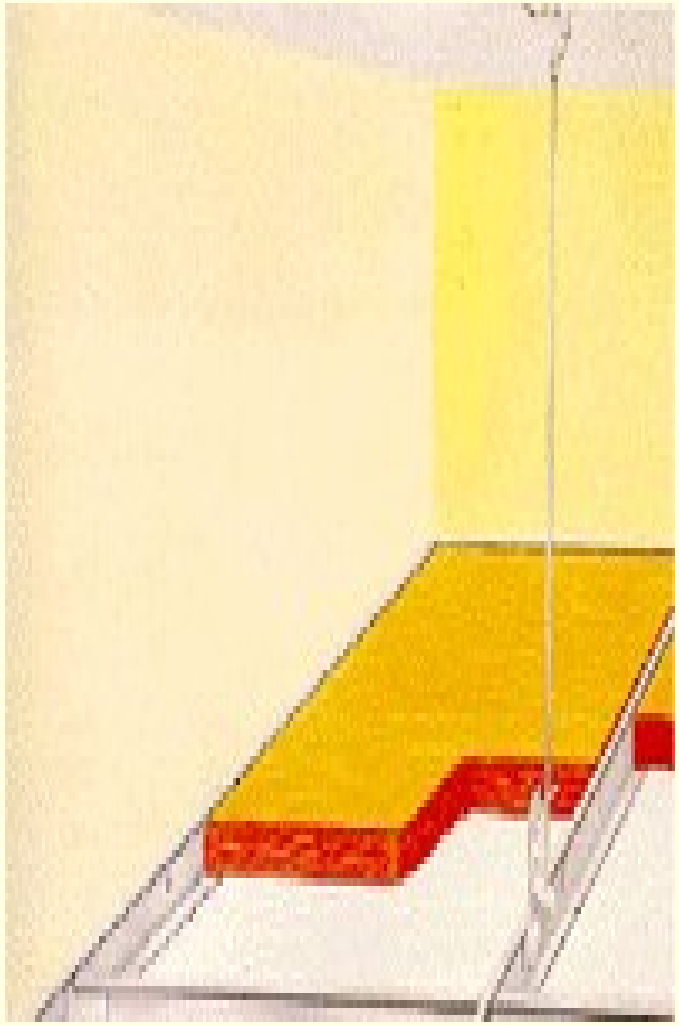
- *Her türlü büro ve iş merkezleri, sanayi yapıları, alışveriş merkezleri, konferans salonları, oteller, eğitim yapıları ve spor salonlarında ısı ve ses yalıtımı maksadı ile **Asma Tavan**'lar (Taşyünü/Camyünü) kullanılır. Tüm havalandırma kanallarını, sihhi tesisat ve elektrik donanımını gizlemesi, kolay takılır, kolay sökülür, ve arkasında gizlediği tesisata kolay ulaşılır olması dekoratif İzocam Asma Tavanların avantajlarından bir kaçıdır.*
  *İstenen ısı iletim direnci ve ses yutma özelliği üzeri çatı ile örtülü mevcut asma tavanların veya İzocam Asma Tavanların üzerine **İzocam Duvar Levhası** serilerek sağlanabilir.*

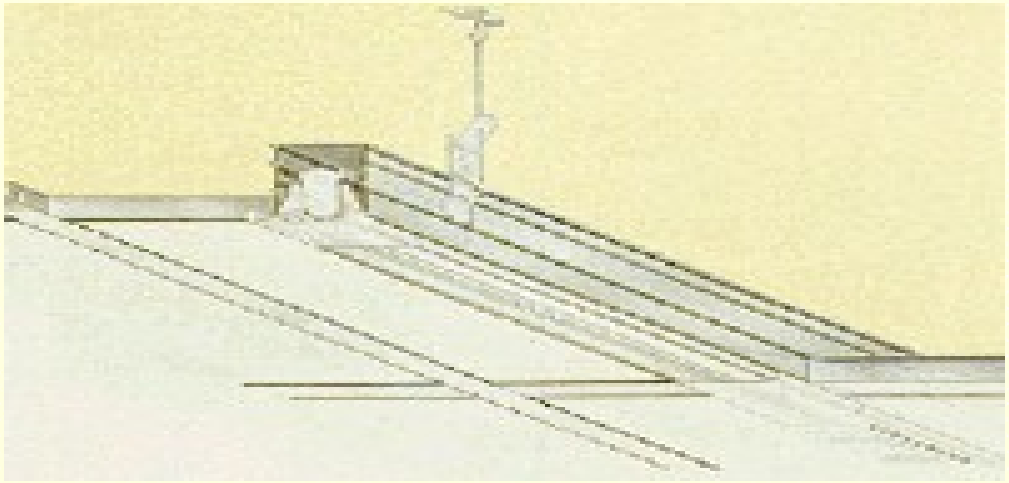
İnşaat

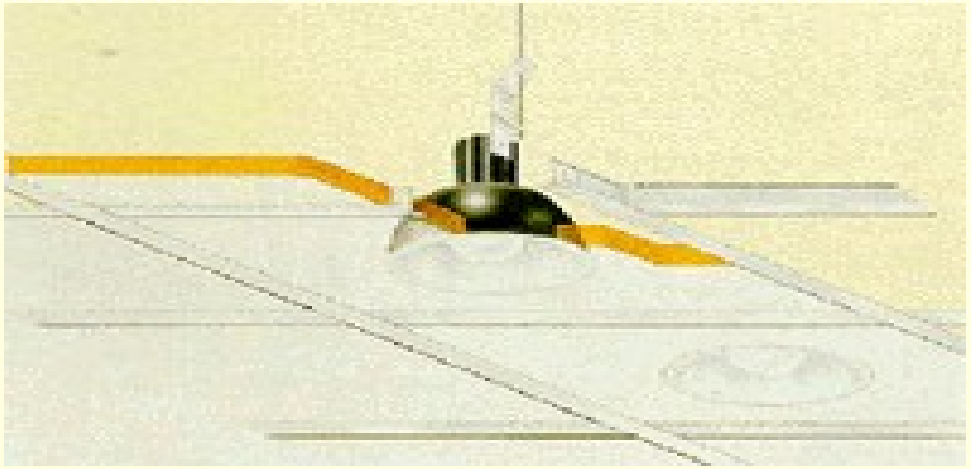




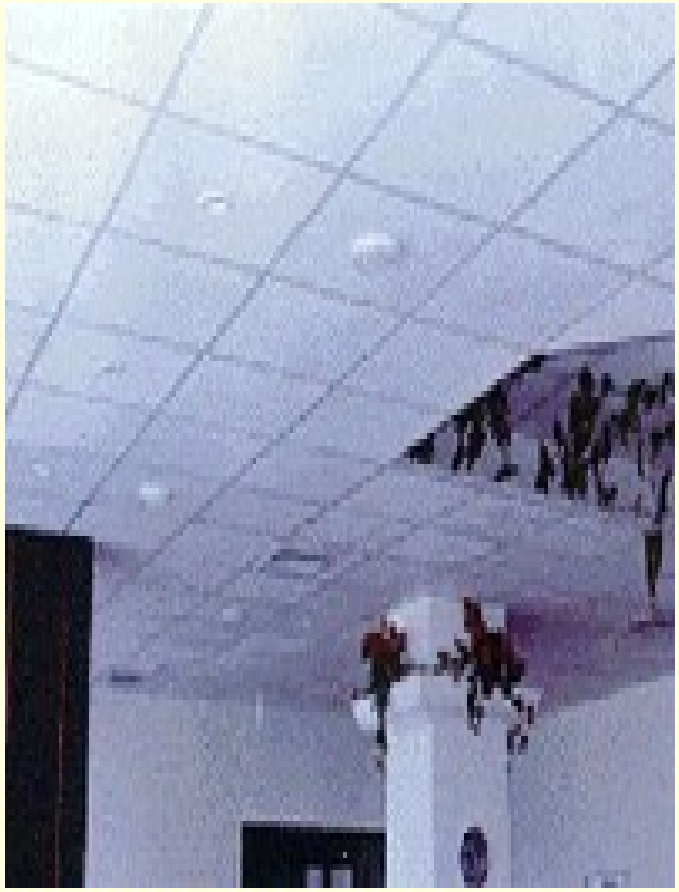
Asma Tavan







Asma Tavan



ATAKÖY-Galleria

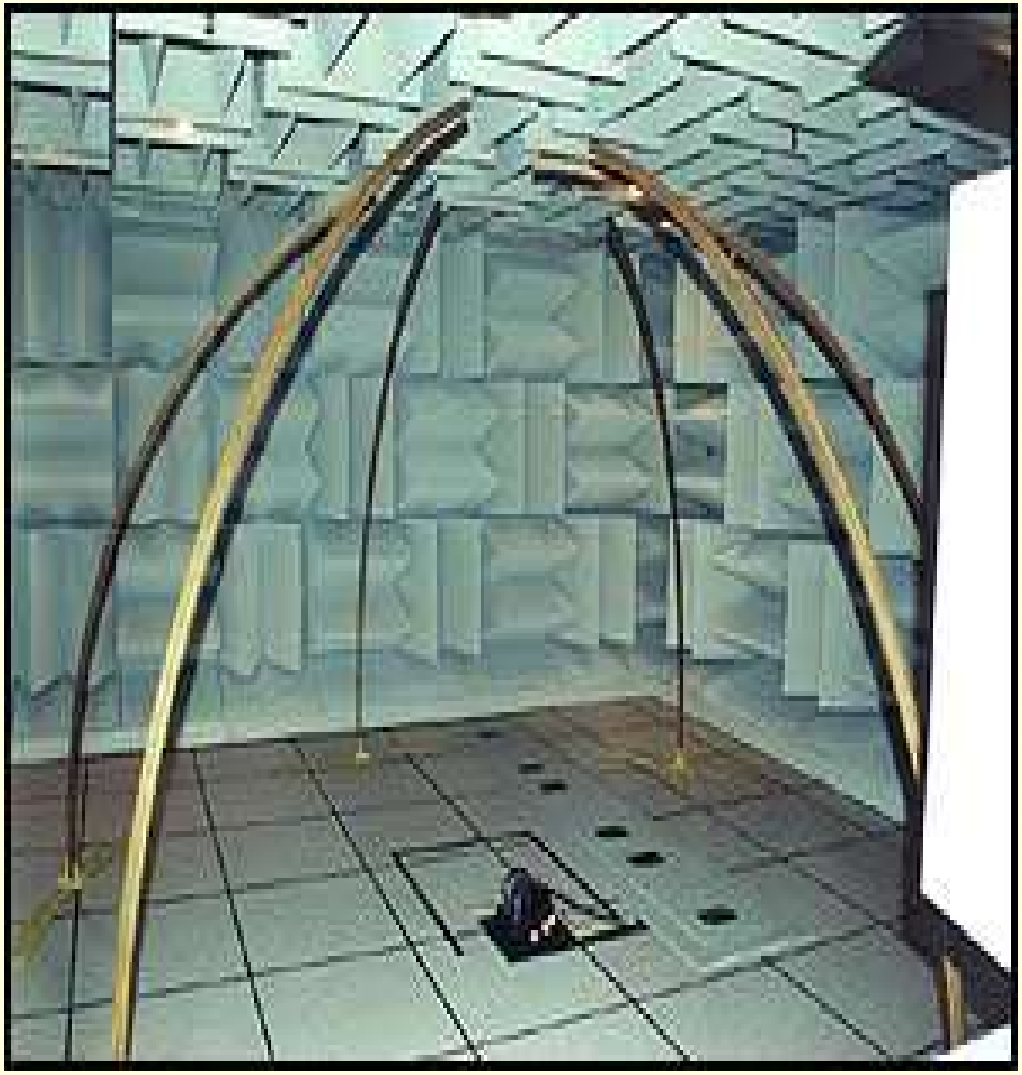


İZMİR-İsmet İnönü Kültür Merkezi



ESKİŞEHİR-Astsubay Ordu Evi Düğün Salonu

Oda (Hücre) İzolasyonunda Kullanılan Şaşırtmalı ve Absorban Malzemeden Yapılan İzolasyon

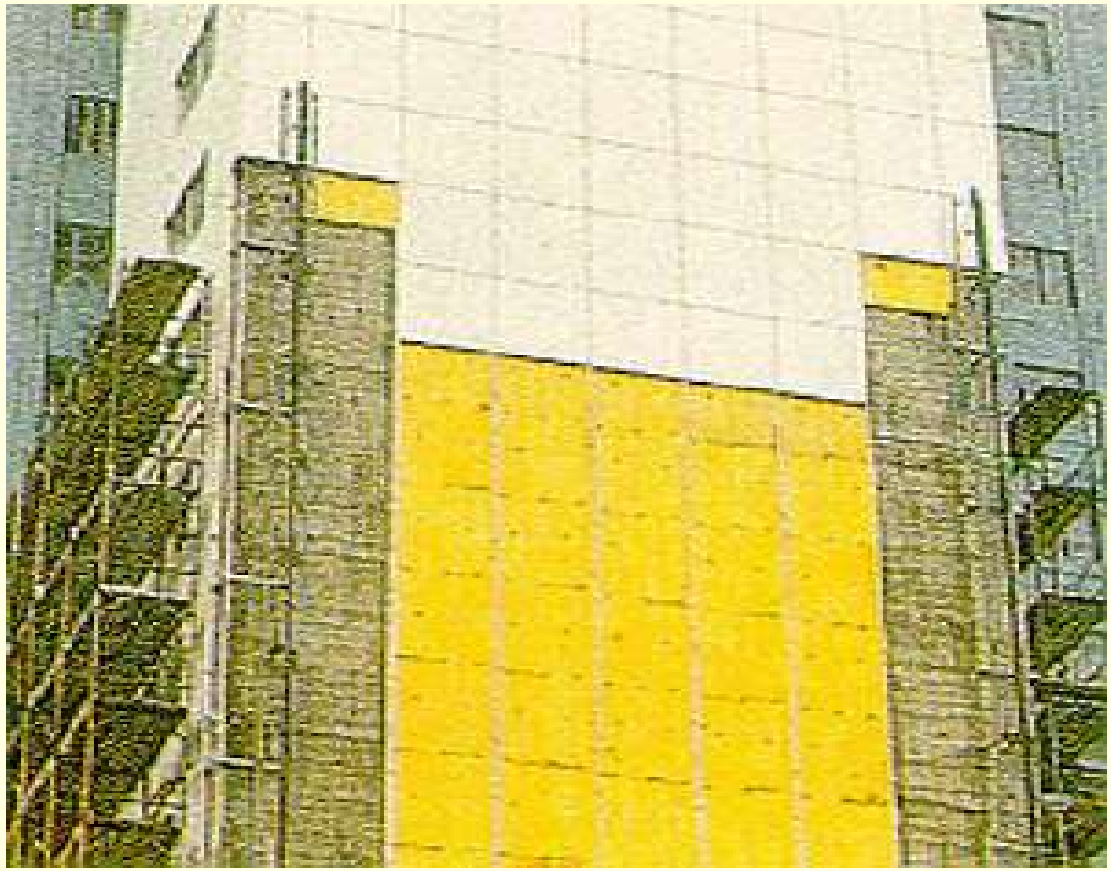


- İzolasyon unsurları olarak bu şekilde bütünleşmiş sistemler; ışık ve güç bağlantıları, havalandırma, sıcaklık ve nem kontrolü, mekanik sistemlerin korunması, çalışma bölümleri (oda), tek ve çift ses duvarları olarak dizayn edilir.

Bu tür odalar %10 veya daha az yansıtılmış bir ses basınç seviyesi veya %99-100'lük bir ses enerjisi absorbsiyonu sağlayan absorban malzemelerle çevrilmiş serbest yankı odalarıdır. % 10'u aşan ses basıncı yansımaları veya % 99'un altındaki ses enerjisi absorbsiyonu olan frekans, kesilmiş zayıf frekans olarak bilinir.



CAM GİYDİRME

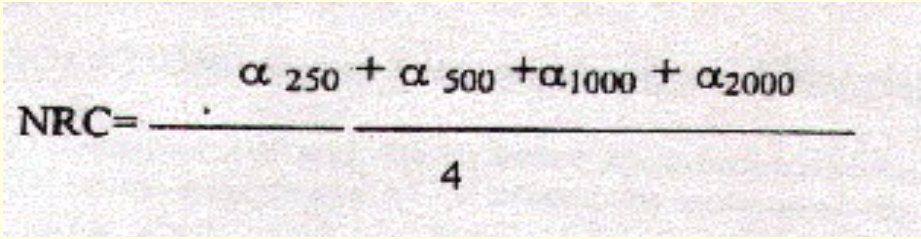


DUVAR ARASI LEVHASI





NRC (Gürültü Azatlım Katsayısı)



Gürültü azaltma katsayısı (NRC) malzemenin, 250, 500, 1000 ve 2000 Hz'deki ses yutuculuk katsayılarının aritmetik ortalamasıdır.

- NRC, ses yutuculuk verimliliği indeksinin tek bir sayı ile ifadesidir. Ancak bir ürün seçiminin yalnız NRC'ye dayandırılması yanlıştır.
- Bunlara rağmen düşük frekans yutuculuğunun önemli bir faktör olmadığı yerlerde (lobiler, genel aktivite alanları), NRC yeterli bir endekstir.

Yansıtıcı yüzeylerin kaplanması



Yansıtıcı yüzeylerin kaplanması



Yansıtıcı yüzeylerin azaltılması

İstenmeyen ses yansımalarını önlemek için sıkıştırılmış melamin, polyester vs

Factories
Offices
Data Processing Rooms
Recording Studios
Broadcast Studios
Auditoriums



Yansıtıcı yüzeylerin azaltılması



Kapı ve Tasarım Detayı : Bu tasarımda kapı ile kapı paneli arasından hava geçişi olmamalıdır.

Kapı çerçevesi açılı sert demir

Menteşe aralığı

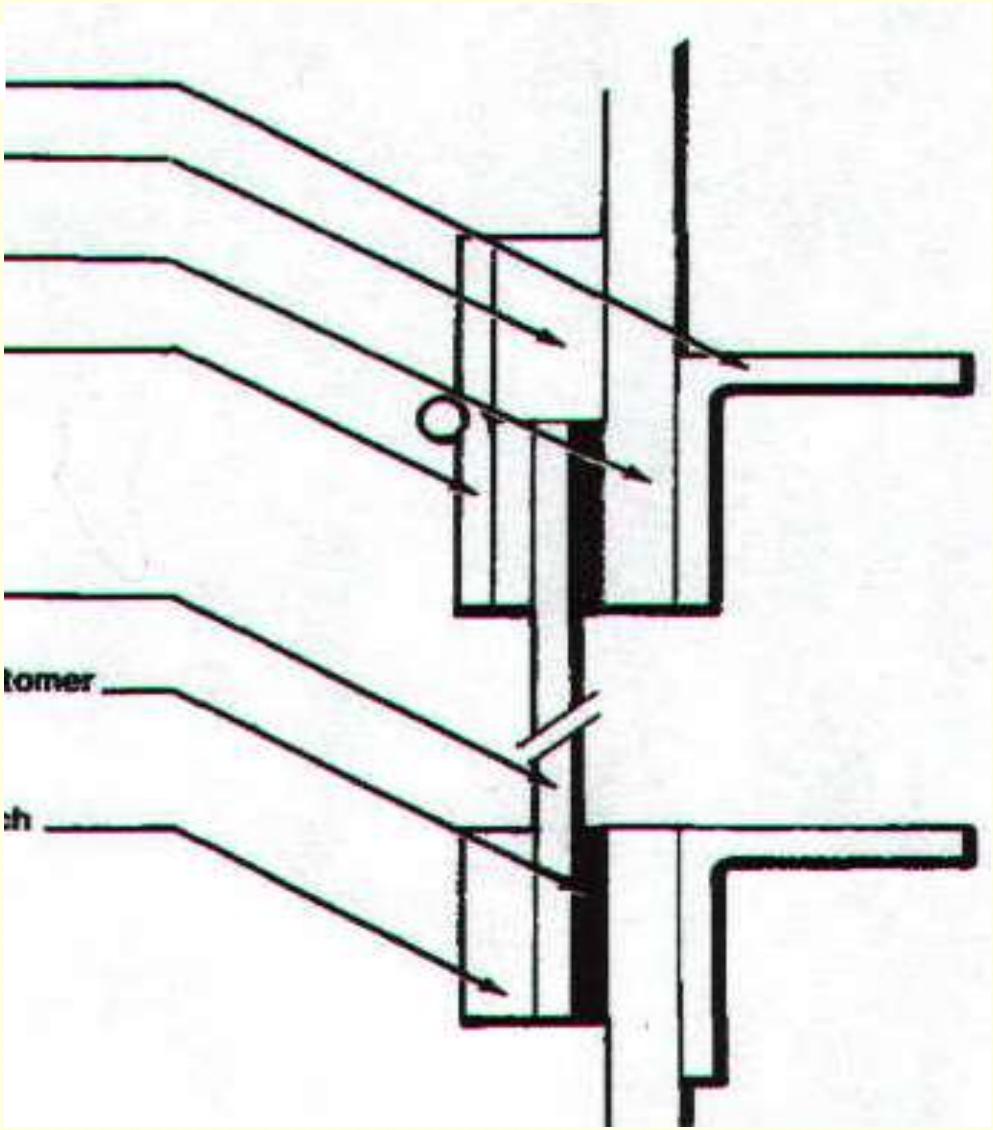
Duvar paneli

Menteşe

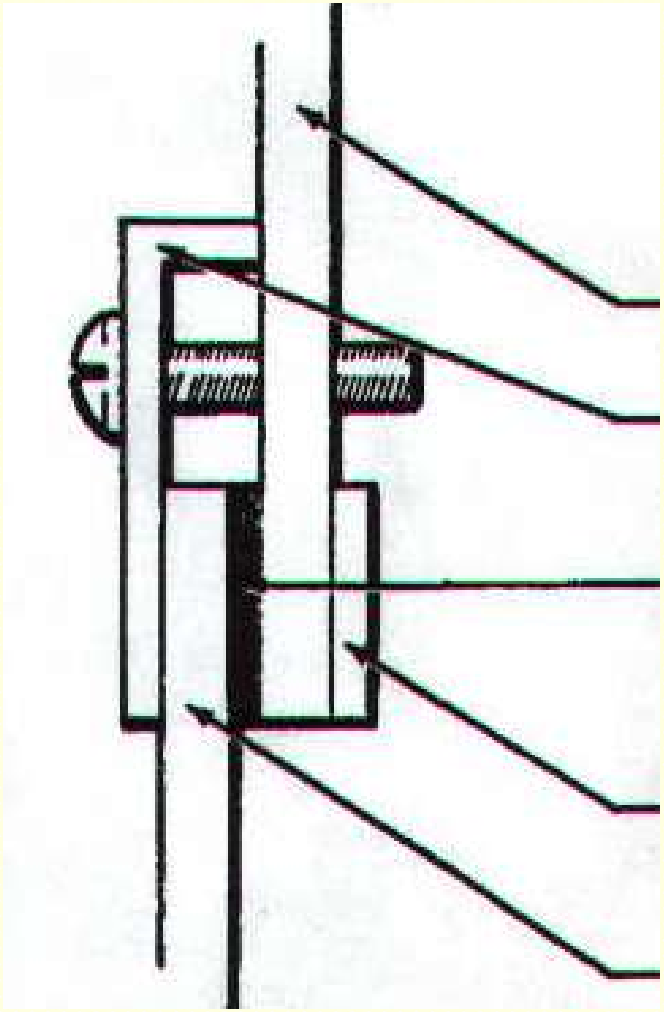
Kapı paneli

Köpükleştirilmiş kapama hücresi contası

Sertleştirilmiş kapı paneli (Soğuk çelik rulo 1/8x1 inch)



Pencere Detayı.



Duvar Paneli

Tutma mengenesi : Vidanın çeyrek dönüşü

Contayı esnetmek için kullanılan silikon lastik tabaka

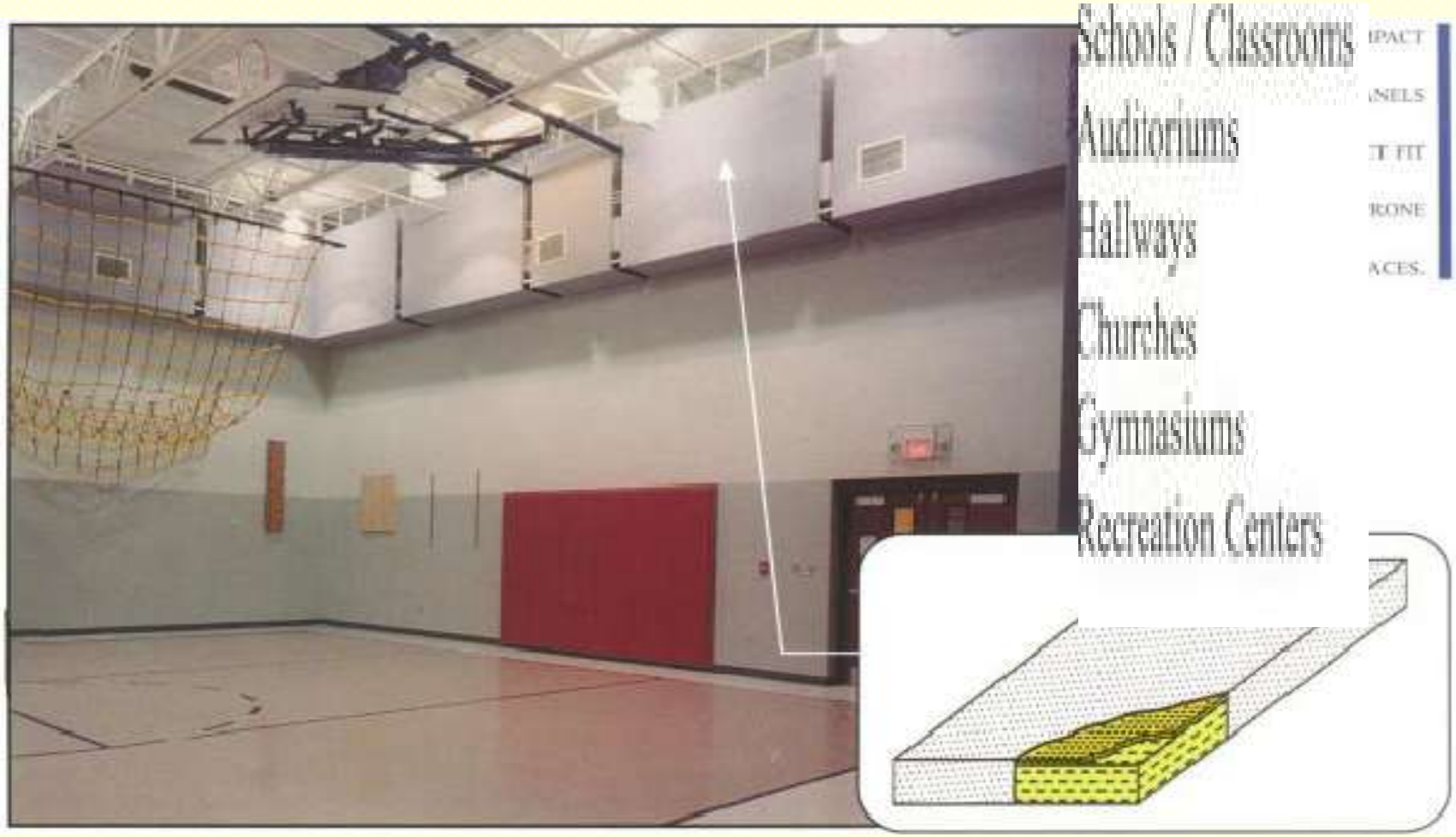
Panel çerçevesi : 1/8x1 inch kalınlığında sertlestirilmis soğuk celik rulo

Plexiglas, Lexan vb., dağılmaz cam

İki faklı kullanım için kullanılabilecek bölme. Alçıtaşı-fiberglas.



Spor Salonlarında Kontrol



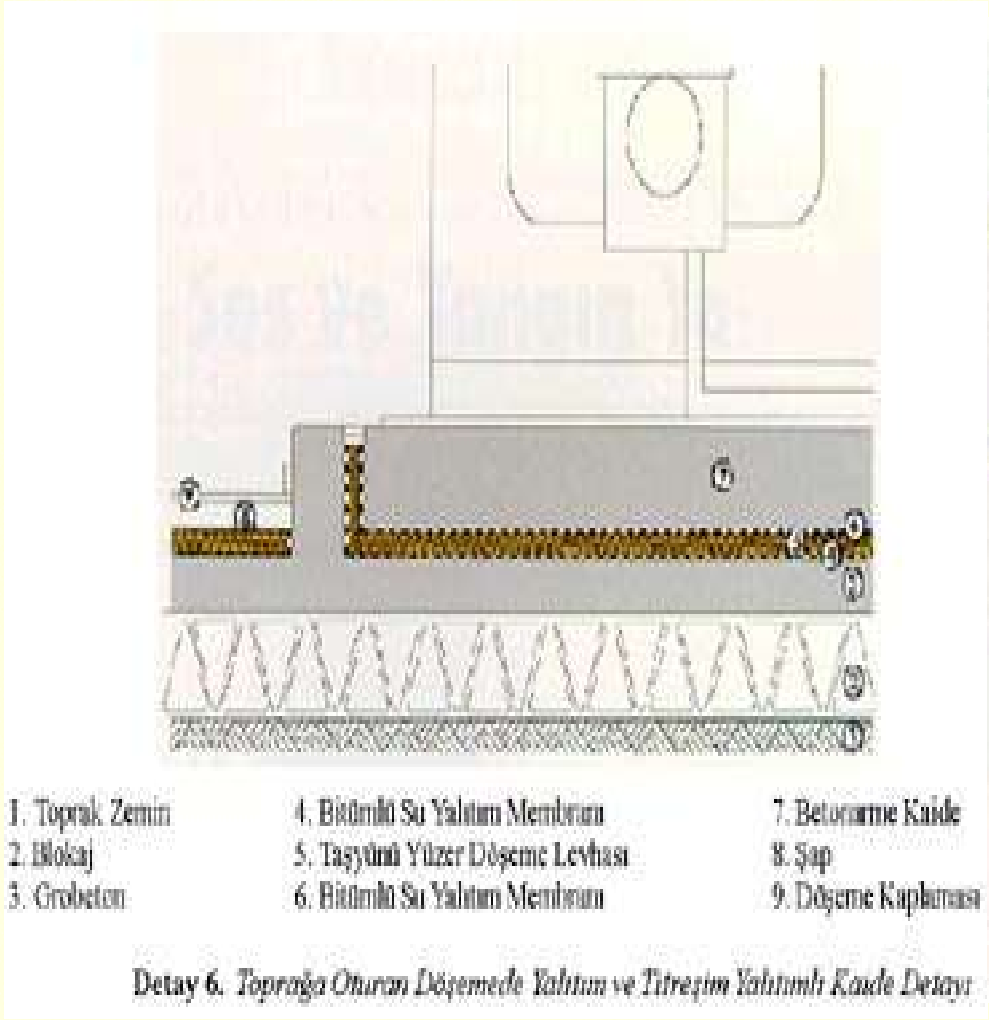
Konferans, Müzik vs. Salonu

APPLICATIONS:

Larger spaces with high traffic
Bandrooms
Classrooms
Cafeterias

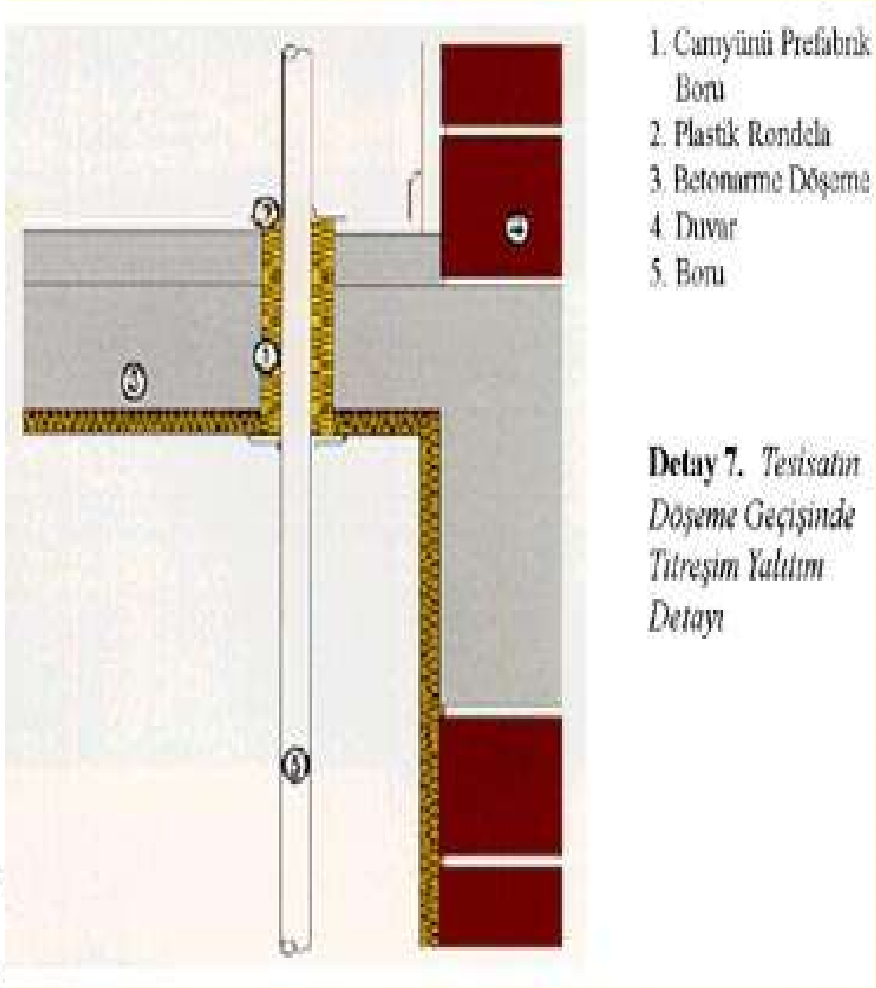


Yapılarda Yüzer Döşeme ve Tesisat Geçişi



1. Toprak Zemin
2. Blokaj
3. Grobeton
4. Bitümlü Su Yalıtım Membranı
5. Taşıyıcı Yüzer Döşeme Levhası
6. Bitümlü Su Yalıtım Membranı
7. Betonarme Kaide
8. Şap
9. Döşeme Kaplaması

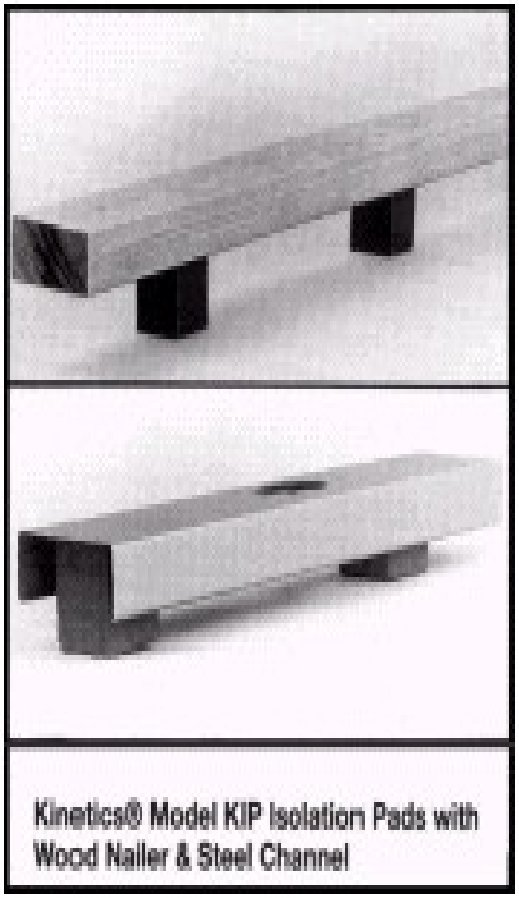
Detay 6. *Toprağa Oturan Döşemede Yalıtım ve Titreşim Yalıtımlı Kaide Detayı*



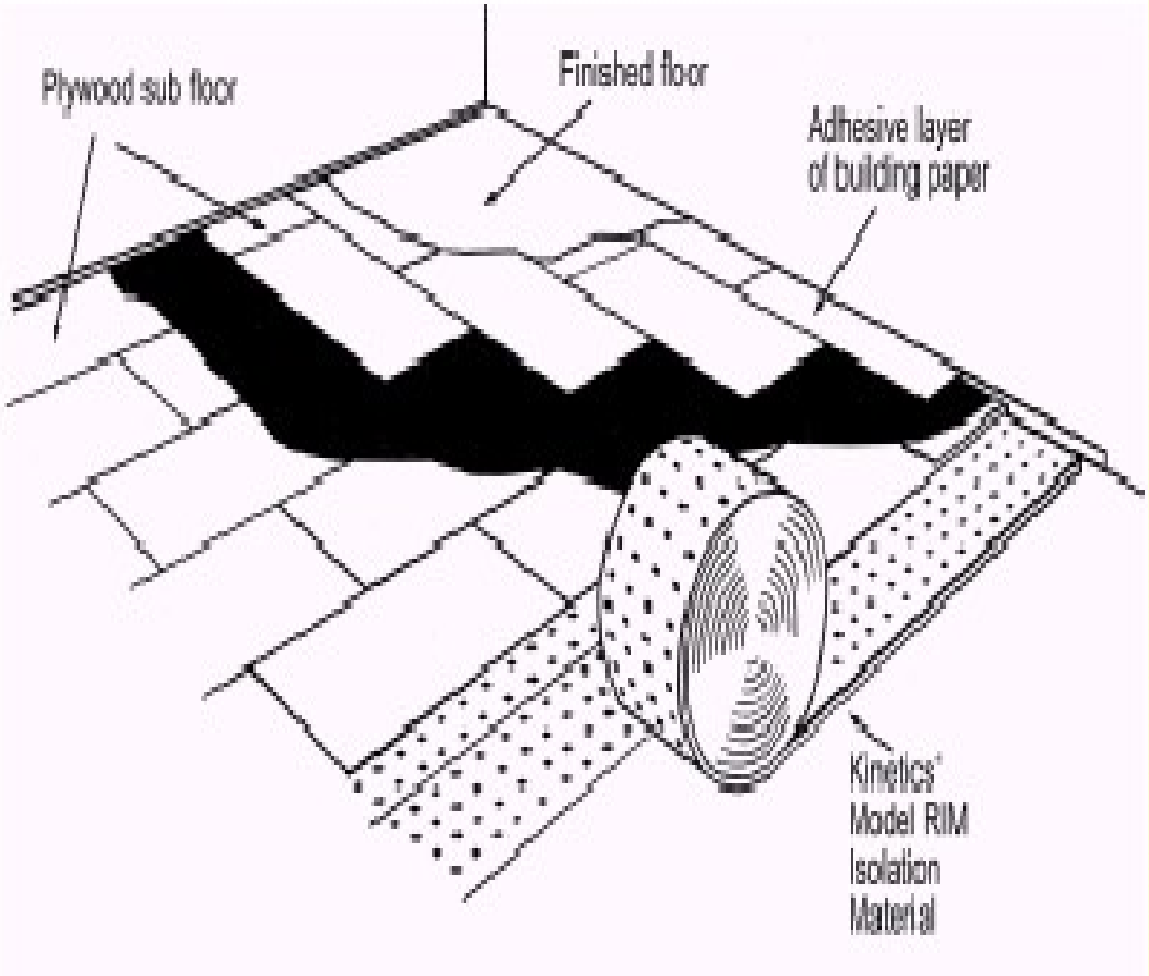
1. Camyünü Prefabrik Boru
2. Plastik Rondela
3. Betonarme Döşeme
4. Duvar
5. Boru

Detay 7. *Tesisatın Döşeme Geçişinde Titreşim Yalıtım Detayı*

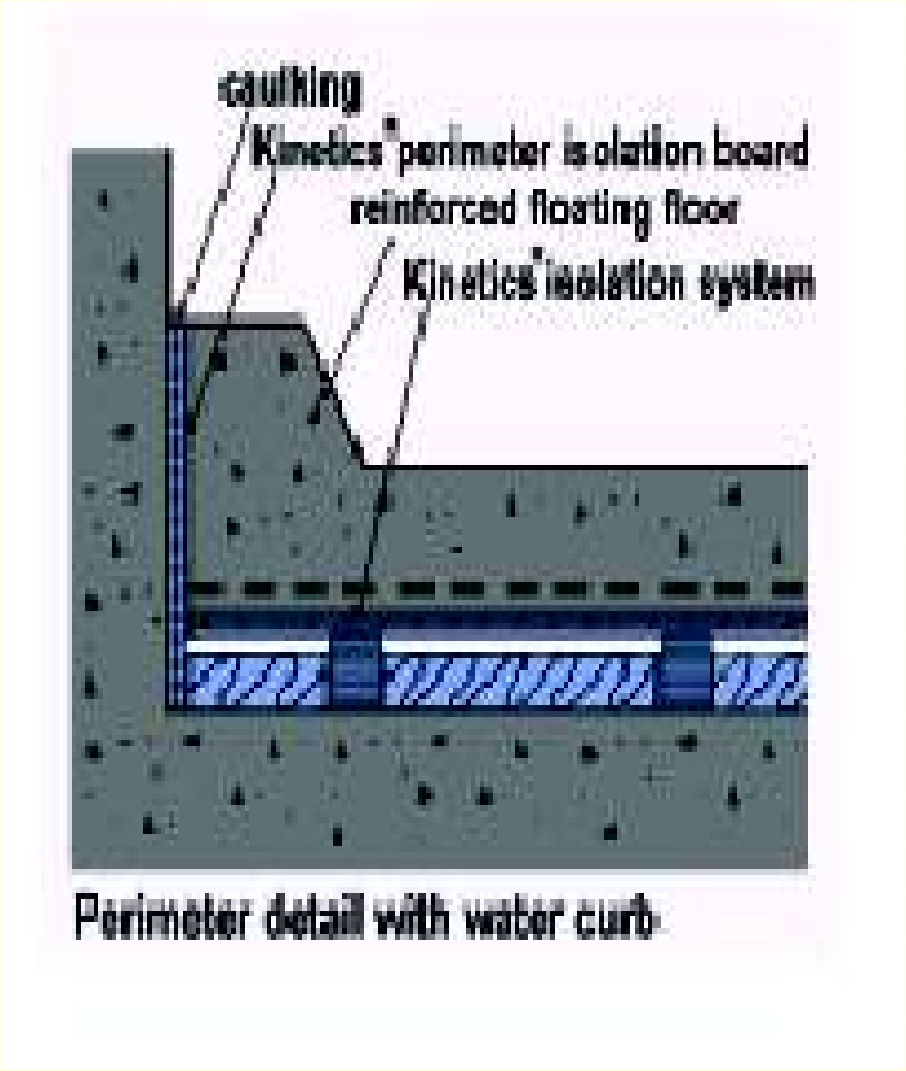
Excellent for creating a resilient sound control composite wood floor construction for aerobics, dance, exercise, stage, and loft style floors. Composite wood floor build-ups are often used where concrete is not practical.

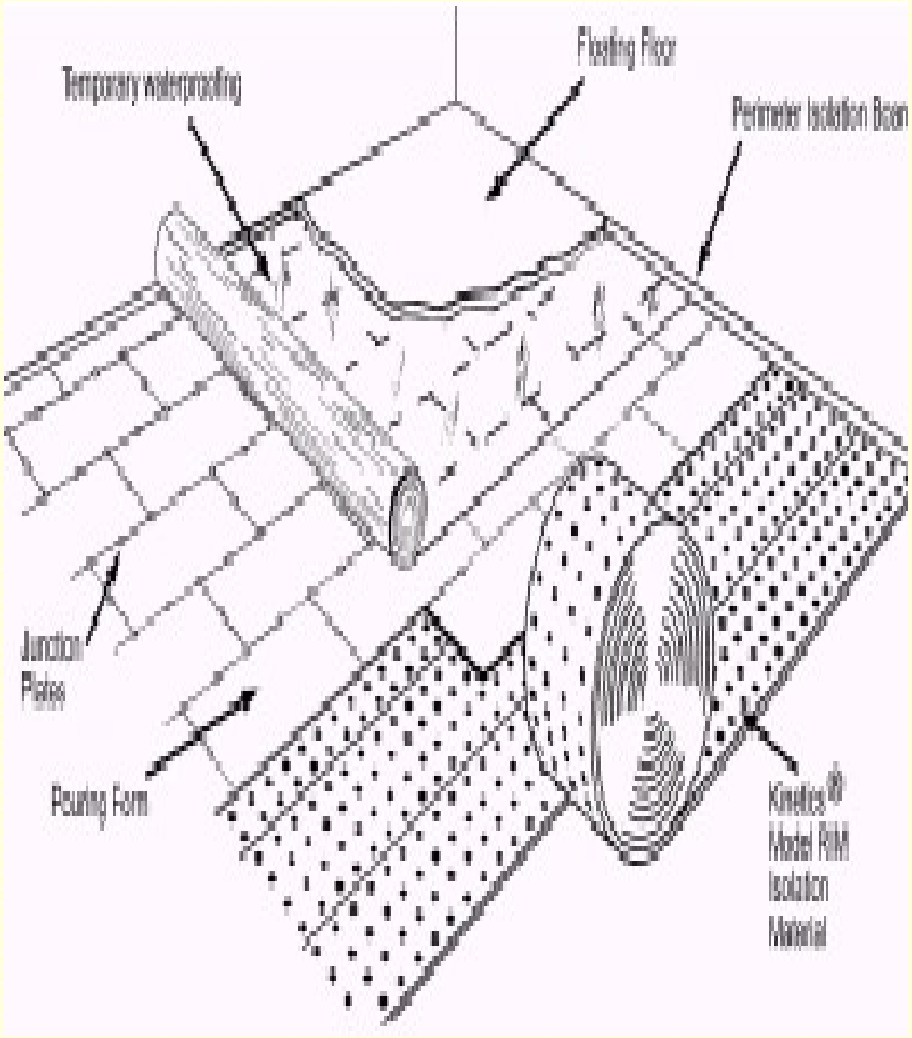


Kinetics® Model KIP Isolation Pads with Wood Nailer & Steel Channel



Premier floating floor system selected byacoustical consultants and architects for sound isolated floor construction in hospitals, performing arts centers, schools, recording studios, office buildings, and any other building where noise control is an issue.





Endüstriyel Gürültü Kontrolü

Endüstrilerde Gürültü Kontrolü



a) İş mahallerindeki gürültü seviyelerinin gösterilişi



anahtar:
○ 90 dB'ye kadar
△ 90 dB-100 dB arası
□ 100 dB yukarısı

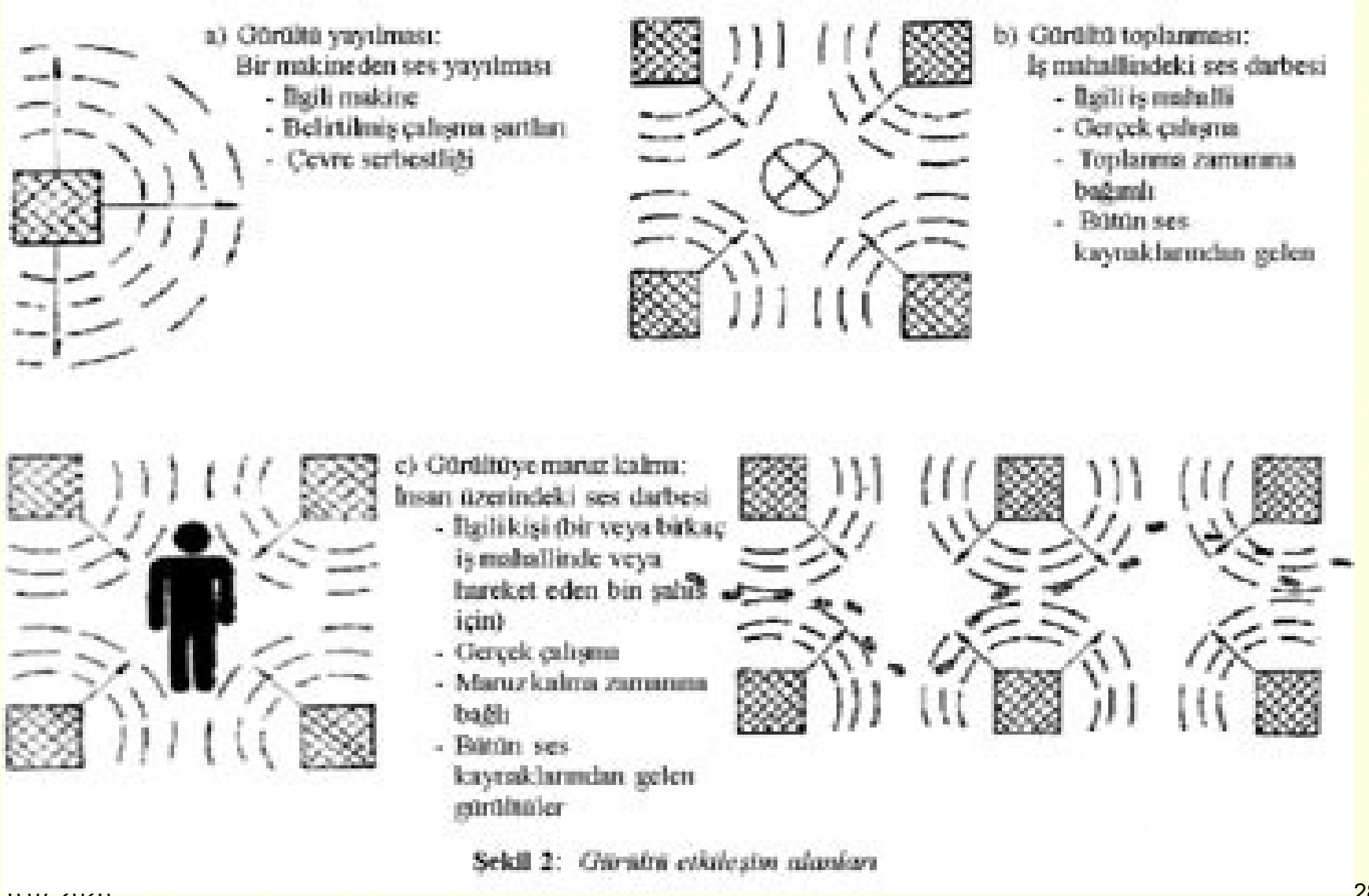
b) Gürültü seviyeleri bölgelerinin gösterilişi (bu gibi gürültü haritaları için çoğu zaman renk kullanılır).



c) Eşit gürültü seviye eğrileri (Burada 5 dB artışlarla)

Şekil 1: *Gürültü seviye bölgeleri kaynı şekilleri (değerler dB cinsindendir.)*

Endüstrilerde Gürültü Dağılımı



Şekil 2: *Gürültü etkileşim alanları*

a) Amaç ve tesis etme kriterlerinin belirlenmesi.
b) Aşağıda belirtilenlerin tanımlanarak yapılması
- İş alanlarında gürültünün toplanması
- Gürültü kaynaklarının iş alanındaki gürültüye katkısı
- Çalışanların gürültüden etkilenmesi
c) Gürültü kontrol önlemlerinin aşağıdaki şekilde alınması
- Kaynağında gürültünün kontrolü
- Gürültü iletim yolu üzerinde gürültü kontrolü
- Alanda gürültü kontrolü
d) Gürültü kontrol programının hazırlanması
e) Gerekli uygulamanın yapılması
f) Gürültü azalmasının ölçümlenerek belirlenmesi

Mevcut gürültü problemlerinin çözümünde kademeler:

- a) Gürültüden kaçmak. Örneğin; kullanılmayan makineleri durdurma, darbelerden, düşen devrilen parçalardan sakınma.
  b) Yapılması gerekenleri doğru yapmak. Örneğin; bölmeler arasını ve binalardaki kapıları kapalı tutmak, gevşemiş bileşenleri kapıları sıkıştırmak.
  c) Gürültülü bir işlem yerine sessiz olan işlemi seçmek.
  d) Gürültüden arındırılmış alanları planlamak.
  e) Gürültü kontrol tedbirlerini uygulamak.

Gürültü Üretim Ve İletiminin Kısıtlanması

Bu durum için aşağıdaki işlemler tavsiye edilir:

a) Düzgün hareket sağlayarak darbelerden veya ani hareketlerden kaçınılmalıdır (Hız etkisini düşürerek gürültü etkisinin düşme yüksekliğini azaltmak, daha küçük kütleler kullanmak gibi). Etki yüzeylerinde söndürücü malzemeler (sandviç duvarlar veya esnek malzemeler gibi) kullanılmalıdır

b) Akış kısıtlayan tasarımlı boru tesisatı kullanmaktan sakınılmalıdır. Daha büyük deveboyunları seçilmeli veya değişen en kesitli sistem yerine değişmeyen en kesitli sistemler seçilmelidir.

c) Tahliye çıkışında bir tek geniş meme yerine çok tüplü meme (tahliye) kullanılmalıdır.

d) Çoklu basınç düşürücü valflar kullanarak, ses hızına yakın hız kullanımından kaçınılmalı ve kavitasyona engel olunmalıdır.

Gürültü Üretim Ve İletiminin Kısıtlanması

- e) Pistonlu pompalar yerine içe monte edilmiş dişli pompalar tesis edilmelidir.
  f) Mekanik yükleme şartları buna izin verirse plastik dişli kullanılmalıdır.
  g) Temin edilen bütün döner kütleler dengelenmeli, balans yapılmalıdır.
  h) Düşük gürültülü yataklar seçilmelidir.
  i) En iyi performansı sağlayan tesisat temin edilmelidir.
  j) En iyi kombinasyonu sağlayan malzeme (plastik/çelik gibi) ve sürtünme kontaklı elemanların yüzey yağlamalı olanı seçilmelidir.
  k) Sistem, akustik bakımından en uygun kuvvet iletimi metodu kullanılması için tasarlanmalıdır (mesela esnek kavrama veya hidrolik kavramalar V dişli veya düz kayışlar, dişliler yerine birbiriyle sürtünmeli tekerler).

Gürültü Üretim Ve İletiminin Kısıtlanması

- Bu amaçla aşağıdaki işlemler tavsiye edilir:
  a) Alanının yaklaşık olarak %30'u delinmek suretiyle açılmış plaka (perfore saç) kullanılmalıdır.
  b) Yüksek iç sönümleyici malzemeler (dökme demir, sandviç plakalar, plastikler) kullanılmalıdır.
  c) Yayıcı yüzeylerine yapıyla taşınan sesin iletimi sınırlanmalıdır.
  d) Havayla taşınan ses, yüksek kütleli plaka kullanımı veya çift duvar kullanımı ve oyuk yerlerin emici malzeme ile doldurulması ile sınırlanmalıdır.
  e) Gereksiz bütün açıklıklar ve dilatasyon (genleşme) aralıkları kapatılmalıdır.
  f) Gerekli açıklıklarda veya tasarımlanan akustik açıklıklarındaki alanlarda gürültü emicileri sağlanmalıdır.

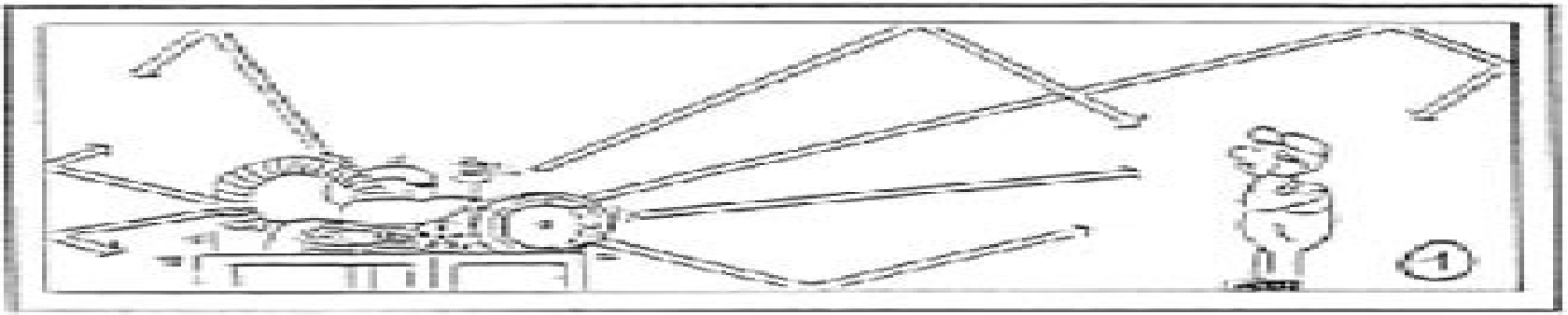
Ses Kaynaklarının Düzenlenmesi

- a) Uzak iş mahallerinde etkileri en aza indirmek için yüksek gürültü kaynaklarının birlikte yerleştirilmesi: İki eşit yüksek gürültü kaynağı beraber yerleştirildiğinde toplam gürültü seviyesi 3 dB kadar yükselir. Bununla birlikte iki gürültü kaynağı birbirinden uzak yerleştirildiğinde bu kaynakların her birinin çevirme alanı etkilenir.
- b) En gürültülü ses kaynaklarının yerleştirilmesi: Üretim işlemlerinin izin verdiği yerlerde yüksek gürültülü makineler daha sessiz olanlardan ayrılmalıdır. Böylece yüksek gürültü kaynaklarını ayrı odalarda yerleştirmek suretiyle veya etkili şekilde kapatılmış kapıları olan kısmın önceden tesisiyle yapılabilir. Çok sayıda yüksek gürültülü makineler bir odada yoğunlaştığında Aağırlıklı gürültü seviyesi genellikle birkaç desibel yükselir. Bu yükselme oda yüzeylerinde yapılacak uygun işlemlerle telafi edilebilir.

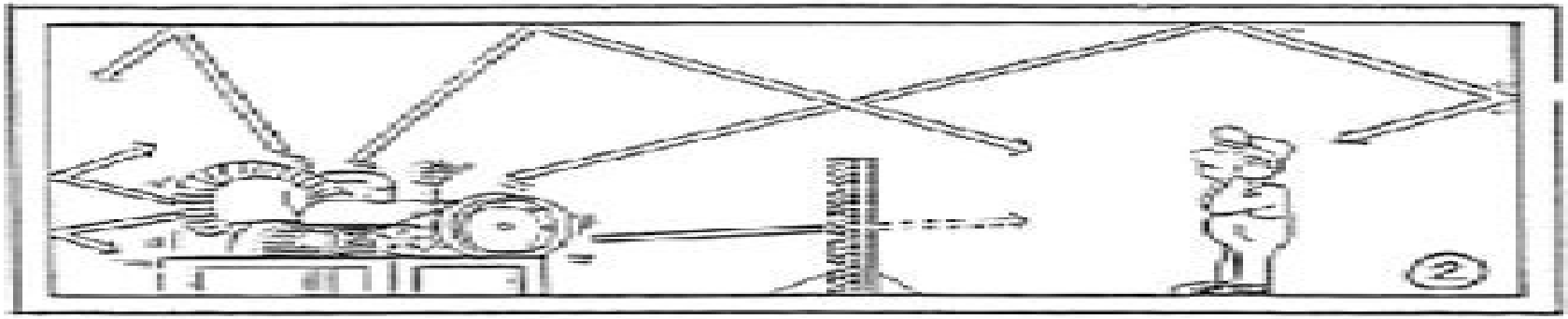
Ses Kaynaklarının Düzenlenmesi

- c) Yardımcı hizmetlerin düzenlenmesi: Az gürültülü görevler, gürültülü olanlardan ayrılmalıdır. Gürültülü kaynaklarla doğrudan doğruya ilgili olmayan yardım görevleri, mesela temizleme, bakım ve özel kısımlardaki tamir işi üretim hazırlığı görevi, daha fazla işlemin yapılması (paketleme gibi), ayrılmış düşük gürültülü alanlarda yapılmalıdır.
- d) Uzaktan kumandanın kullanılması: Kolayca uygulanabildiği yerde uzaktan kumanda sistemi kullanılmalıdır. Böylece operatörün, gürültü kaynağından daha uzak bir mesafeye gitmesi mümkün olur.

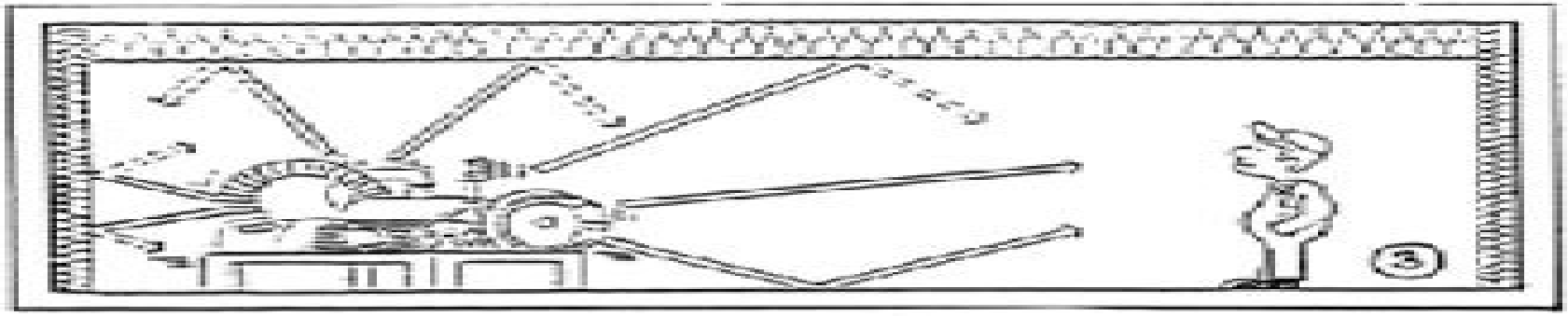
Detay 1



Gürültü kaynağından doğrudan gelen seslerin yanı sıra, döşeme, duvar, tavan yüzeylerinden yansıyan seslerle mekandaki gürültü seviyesi yükselir, çalışma verimi düşer.

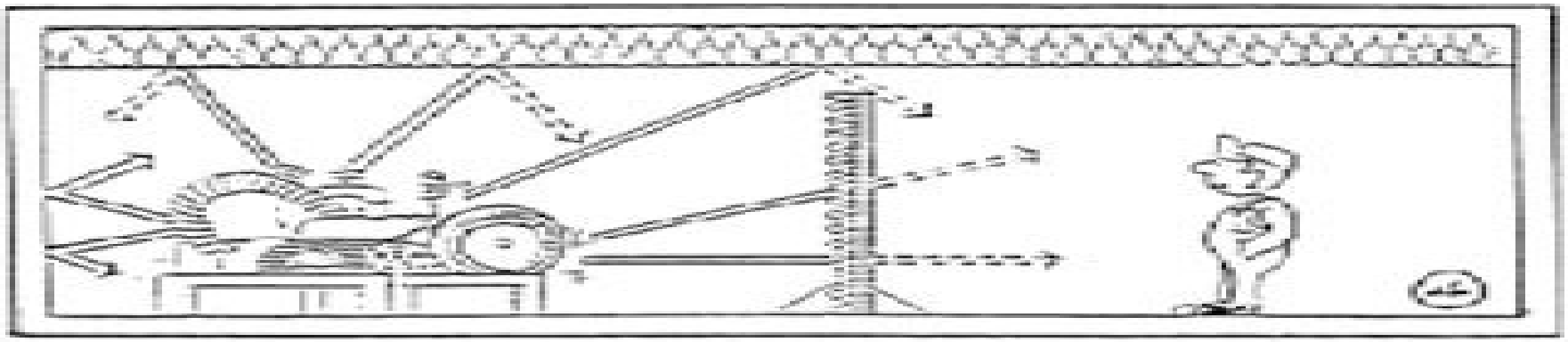


Gürültü kaynağı ile çalışan arasına konulan ses yutucu bir pano doğrudan gelen sesi kesmekle beraber, yansıyan sesler nedeniyle iyi sonuç alınamaz.

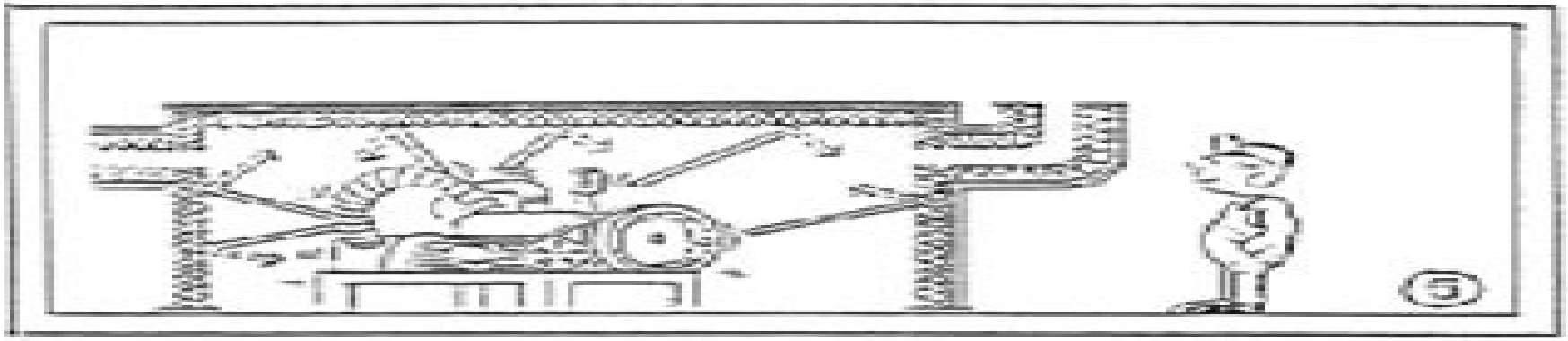


Gürültü mekanın duvar ve tavanında yapılan ses yutucu bir uygulama, yansıyan sesleri tümüyle keser. Doğrudan gelen seslere rağmen alınan sonuç oldukça tatminkardır.

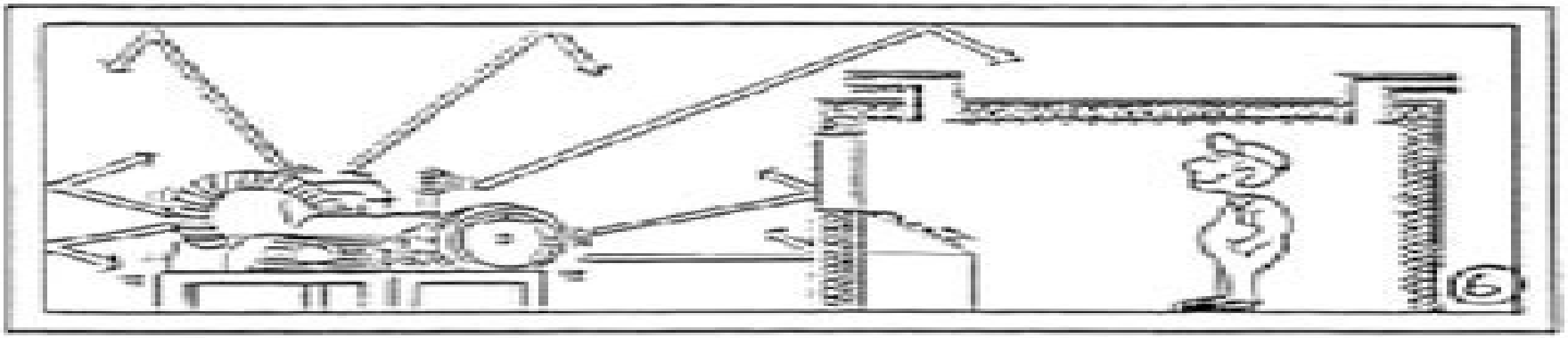
Detay 2



Tavanda yapılan ses yutucu bir uygulama ve gürültü kaynağı ile arada ses yutucu bir pano, daha olumlu bir sonuç verecektir.



Kökü çözümlerin biri gürültü kaynağını ses yutucu bir kabin içine almaktır. Bu takdirde, havalandırma menfezleri bırakılmalı, ancak, bunların içi de ses yalıtımlı olmalıdır.



Diğer kökü çözüm ise, ses yalıtımlı bir operatör kabini teşkil etmektir. Bu kabinde de içi ses yalıtımlı havalandırma menfezleri bulunmalıdır.

Yüzey İşlemlerinde Uygulanabilir Göstergeler

- a) Bir odada gürültü kaynaklarının yoğunluğu çok yüksekse, iş mahalleri gerektiği şekilde gürültü kaynaklarına yakındır. Ancak, bununla birlikte yüzey işlemi, bir kaynağın yakınındaki ses alanı diğer kaynaklardan ve oda yüzeyinden yansıyarak gelen sesin baskın etkisi altında olsa bile faydalıdır.
- b) Yüzey işlemleri özellikle akustik özellikli sert yüzeyleri olan odalarda etkilidir.
- c) Yüzey işlemi bir çalışma alanının tasarım safhasında uygulanabilecek bir tedbir olarak düşünülmelidir. Bu safhada ses emici özellikli ve gerektiği yerde ısı yalıtımı ile birlikte duvar ve tavan yapılarını seçme imkanı mevcuttur.
-

Yüzey İşlemlerinde Uygulanabilir Göstergeler

- d) Duvar işlemi için kullanılan malzemelerin ses emme katsayısı, frekansa bağlıdır (yaygın olarak kullanılan malzemeler orta ve yüksek frekans aralıklarında en etkilidir). Bu yüzden, bir yüzey işlemi seçilirken gürültünün frekans spektrumunu göz önünde tutmak gereklidir (genellikle oktav bant seviyelerinde).
  e) Yüzey işlemi, gürültü kaynaklarına yakın yerleştirildikleri zaman en etkilidir.
- f) Çoğu zaman, yüzey işleminin öznel etkililiği nesnel etkililiğinden daha büyüktür. Bunun sebeplerinden biri daha aşağı doğru kayan frekans spektrumudur ve bunlar daha az rahatsız edici frekanslara ulaşmasıdır.
- g) Mevcut bir odada, ilave emici malzemeler tavan veya duvarları kaplamak için kullanılır. İşlem yapılan yüzeyin emme katsayısı, ilgili frekans aralığında 0,6'dan daha büyük olmalıdır.

Yapıyla Taşınan Ses Yalıtımı

- a) Titreşim yalıtımı (makinenin montajı uygun titreşim yalıtıcıları üzerine) için makinenin montajı, yapıdan ayrılmış ağır, rezonans yapmayan temel kütle üzerine yapılmalıdır.
- b) Titreşim yayan yapılarının söndürülmesi (yapıyla taşınan sesin ısıya dönüşmesi) sağlanmalıdır.
- c) Boru tesisatına esnek ekleme parçaları kullanılmalı veya işletme bakımından uygulanabilir değilse kaplama yapılmalıdır.
  Uygun bağlantı elemanlarının kullanımı (yaylı amortisörler, hidrolik sıkıştırıcılar) yapıyla taşınan sesin boruları destekleyen tertibatlara iletilmesine mani olur.

Bölmelerden Havayla Taşınan Ses Yalıtımı

- Tek kabuklu bölmelerin havayla taşınan ses yalıtımı, büyük ölçüde birim alan başına kütleye bağlıdır. Genellikle birim alan başına kütle katlandığında, havayla taşınan ses yalıtımında, yaklaşık olarak 5 dB artış elde edilir.
- Birim alanda kütlesi aynı olan (homojen) bölme ve uygun akustik tasarı için, çift duvarlar (sandviç duvar), tek kabuklu duvarlarınkinden yaklaşık olarak 10 dB daha yüksek, havayla taşınan ses yalıtımına sahip olabilir. Ses yalıtımı, kütle ve esneklik, ses emici malzemelerle yapılan kavitasyon söndürmesi, kabuklar arası sabit bağlantılar oldukça etkilenir. Katı duvarların bulunması durumunda uygun bir ses yalıtımı sağlayan bir ön panel ilave etmek suretiyle 5 dB 10 dB'e kadar iyileşmeler elde edilebilir.

Bölmelerden Havayla Taşınan Ses Yalıtımı

- Duvarlar ve tavanların gürültü yalıtımı tahmini yapılırken dikkate alınması gereken, yan iletimden dolayı, kullanılan gerçek performansın, kullanılan panellerin öz performansından bir miktar az olduğu göz önüne alınmalıdır.
- Pencere ve kapılar çoğu kez duvarların kendisinden daha az gürültü yalıtımı sağlar. Meydana gelen yalıtım azalması kapı ve pencerelerin toplam alanının bölmelerin toplam alanının oranına bağlıdır.
- Amaçlanan faaliyet veya kullanımın bir fonksiyonu olarak istenen gürültü yalıtımının derecesi binanın ilk tasarımı safhasında tespit edilmelidir. Güçlü gürültü kaynakları, mesela bir laboratuar veya bir dinlenme odasının bitişiğindeki odada yer almamalıdır.

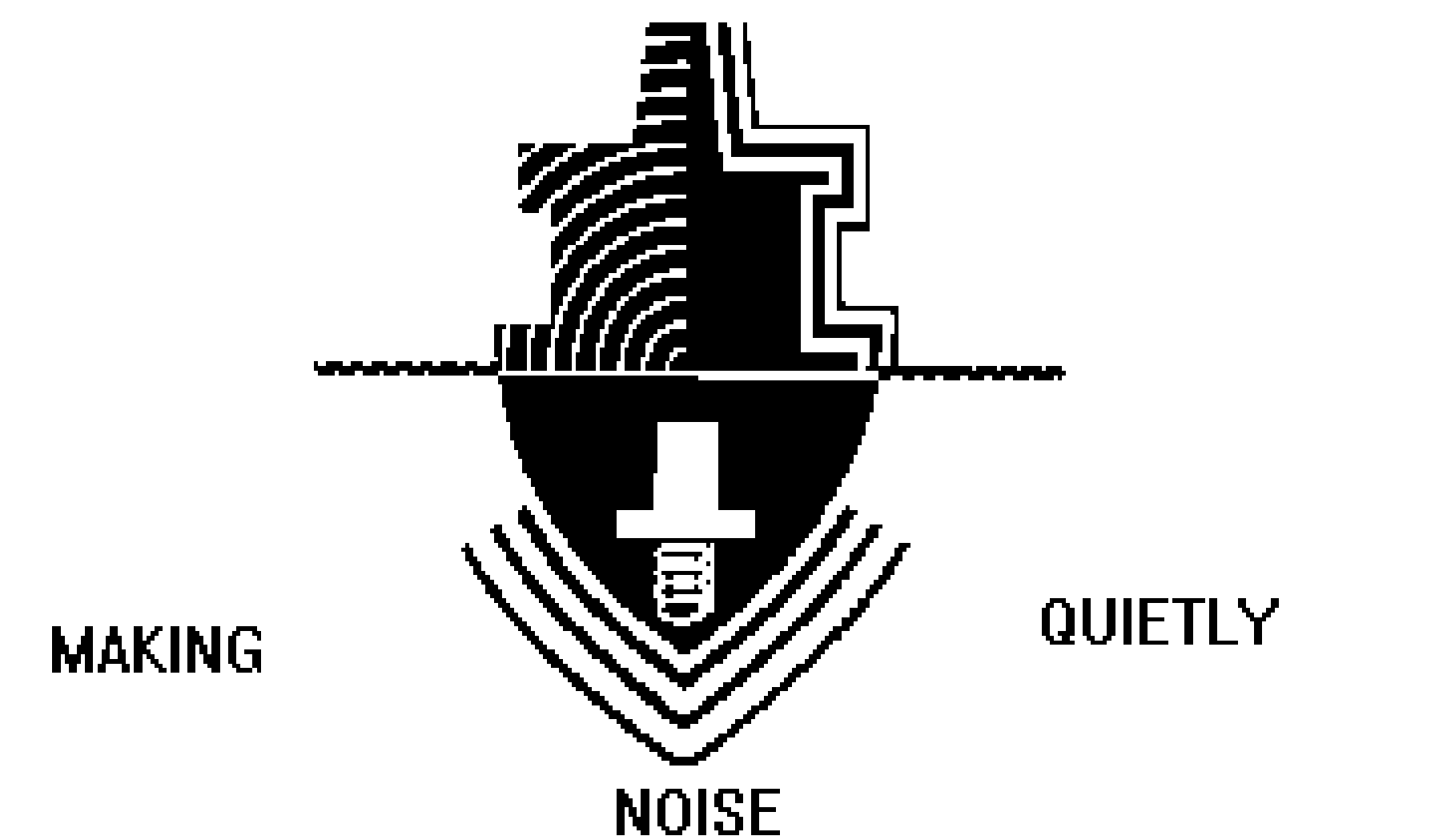
İş Mahallerinde Gürültü Kontrolü

- Yüksek gürültü seviyelerine maruz kalmış kişiler ses yalıtımlı kabinlerde korunabilir. Ses basınç seviyelerinin tipik olarak azalması 15 dB ila 30 dB arasındadır. Bununla birlikte yeterli şekilde havalandırılmalıdır. Birçok durumlarda (mesela yüksek sıcaklığa maruz kalan yerlerde) havalandırma sistemi tesisi gerekli olabilir. (Detay 3)
- Ses yalıtımlı kabinler kolay takılabilir veya sökülebilir olma avantajına sahiptir ve bazı durumlarda bunlar etkili bir gürültü kontrol tedbiridir.
- Bazen, engeller ve kısmi muhafazalarda iş mahallerinde veya haberleşme yerlerinde (mesela telefon kabinleri gibi) de kullanılabilir genel olarak bunların etkinlikleri 10 dB'den daha az, basınç seviyelerinin bir azalma sağlar.

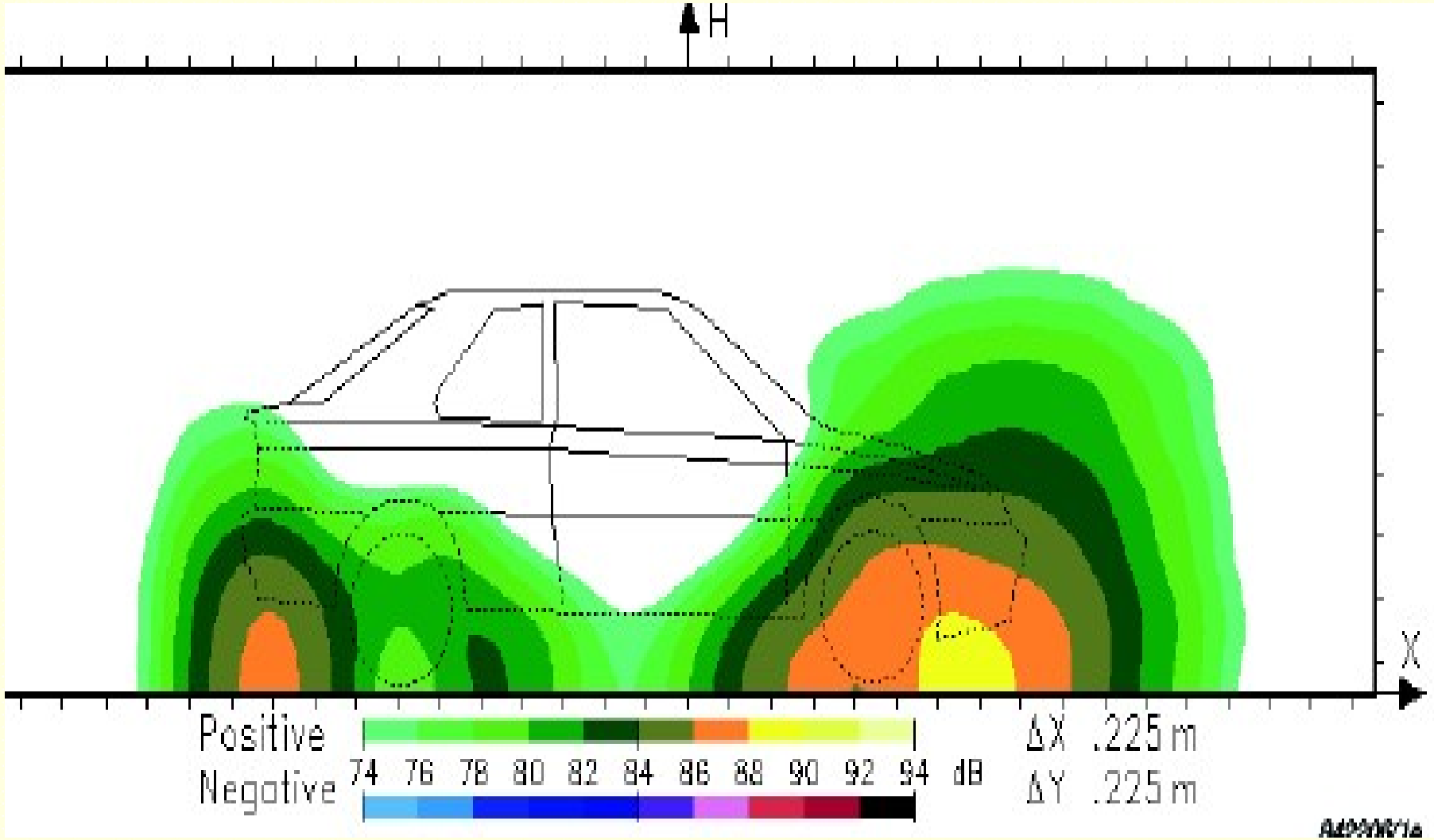
İş Mahallerinde Gürültü Kontrolü

- Alınan uygun gürültü tedbirlerinden iş mahallinde gürültü toplanması çok yüksekse personel işitme koruyucusu takmalıdır. Özel durumlarda en uygun işitme koruyucusunu seçerken rahatlık, hijyen ve güvenlik ses zayıflatma kapasitesiyle beraber düşünülmelidir. İş yerlerindeki etkin koruyuculuk işitme koruyucuları kataloğunda verilen değerlerden daha azdır. Bunun sebebi uygun olmayan kullanma şekilleridir.

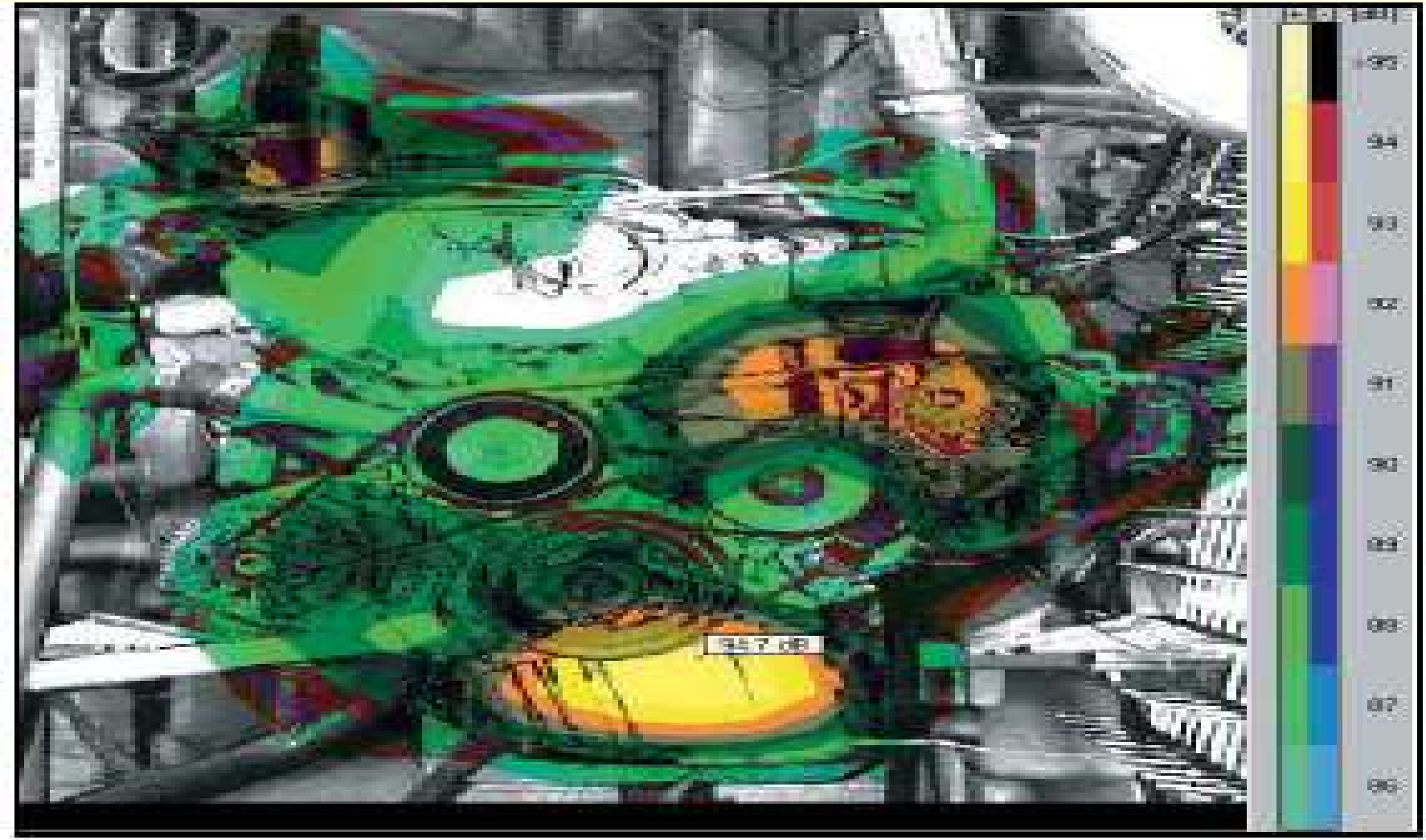
Gürültü ve Sessizlik



Bir Kaynağın Gürültüsünün Konturlarla Gösterimi



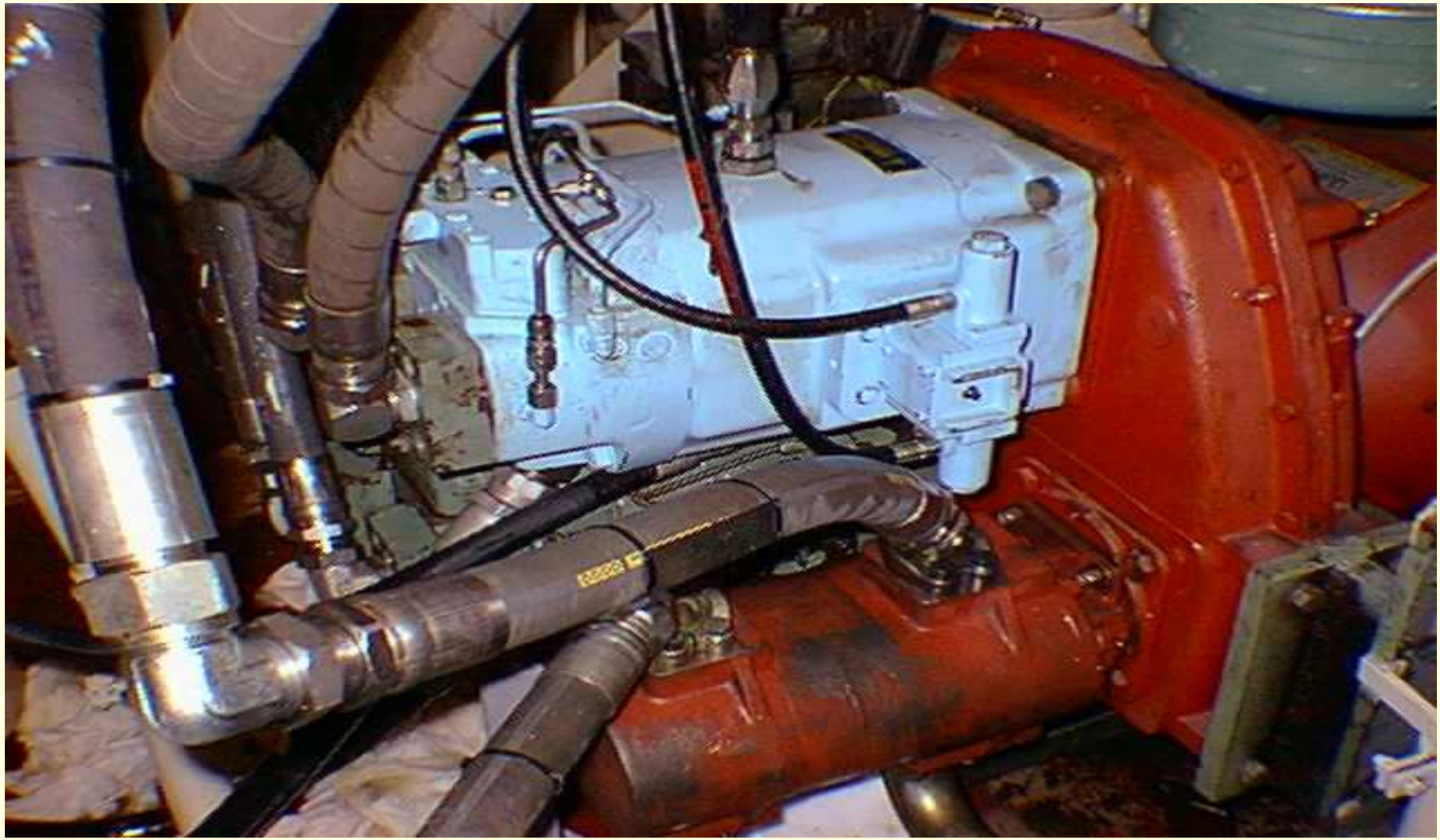
Average Sound Intensity at the engine surface for the 1 kHz 1/3- octave band. The contour interval is 1dB



Example of a measurement being made in an anechoic chamber



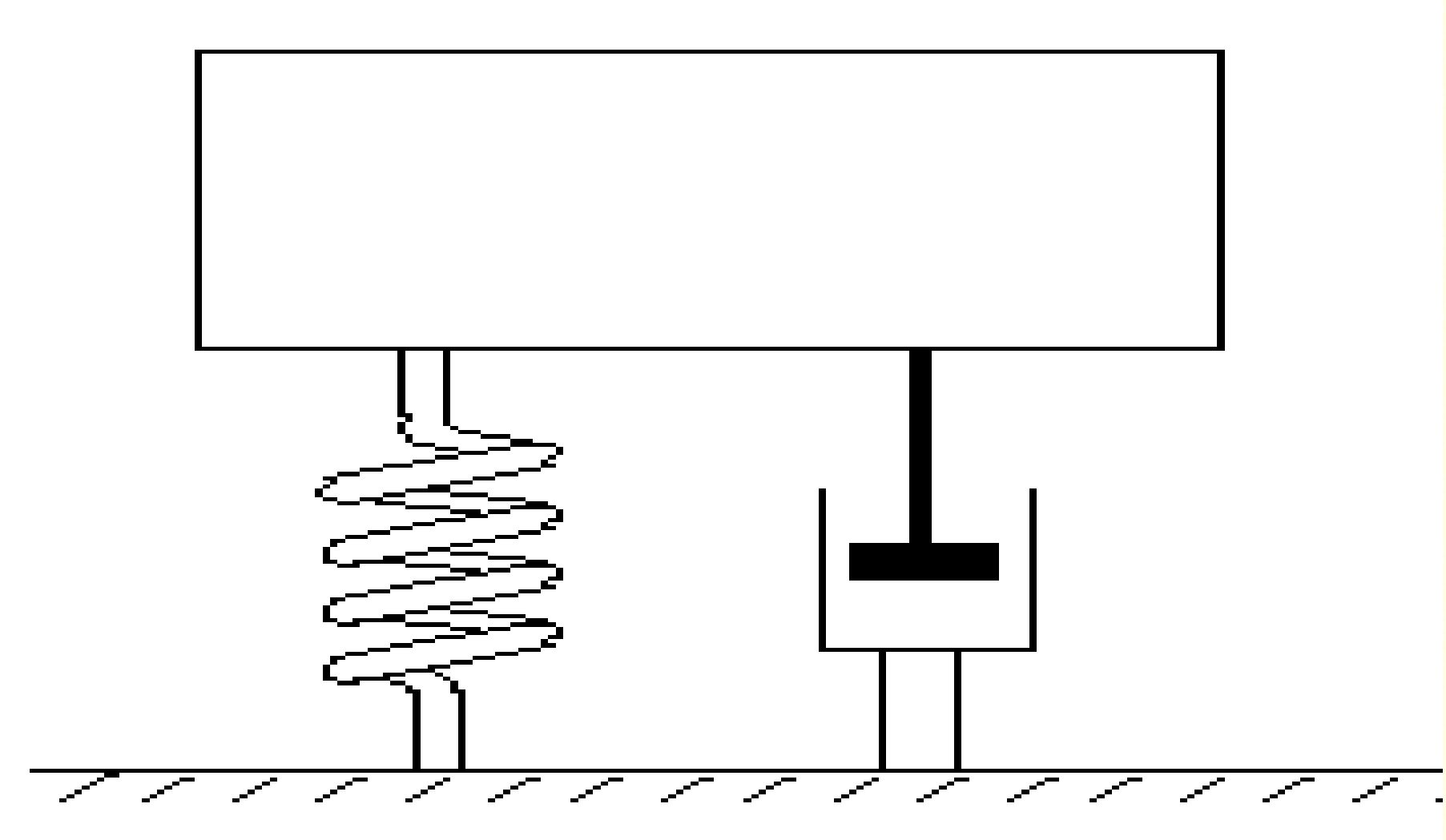
Makine Gürültüsü Kontrolü



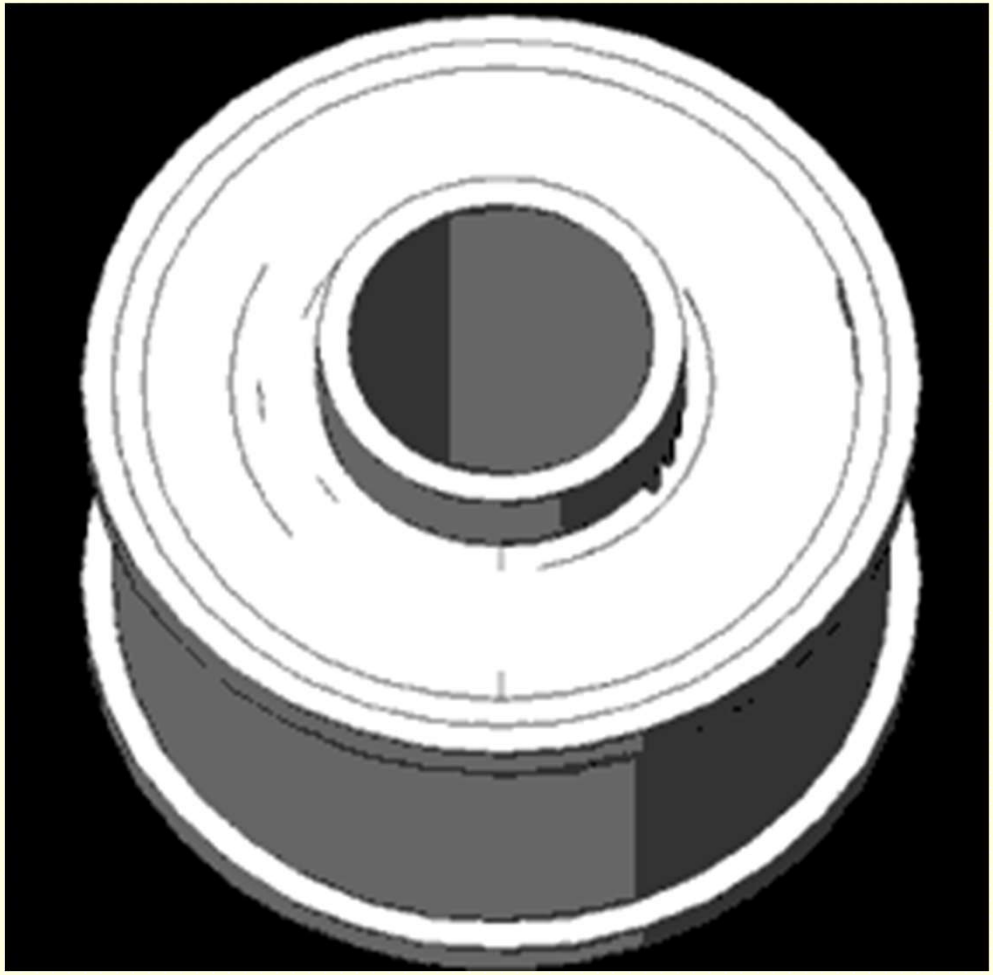
Borularda Ses ve Titreşim Yalıtımı

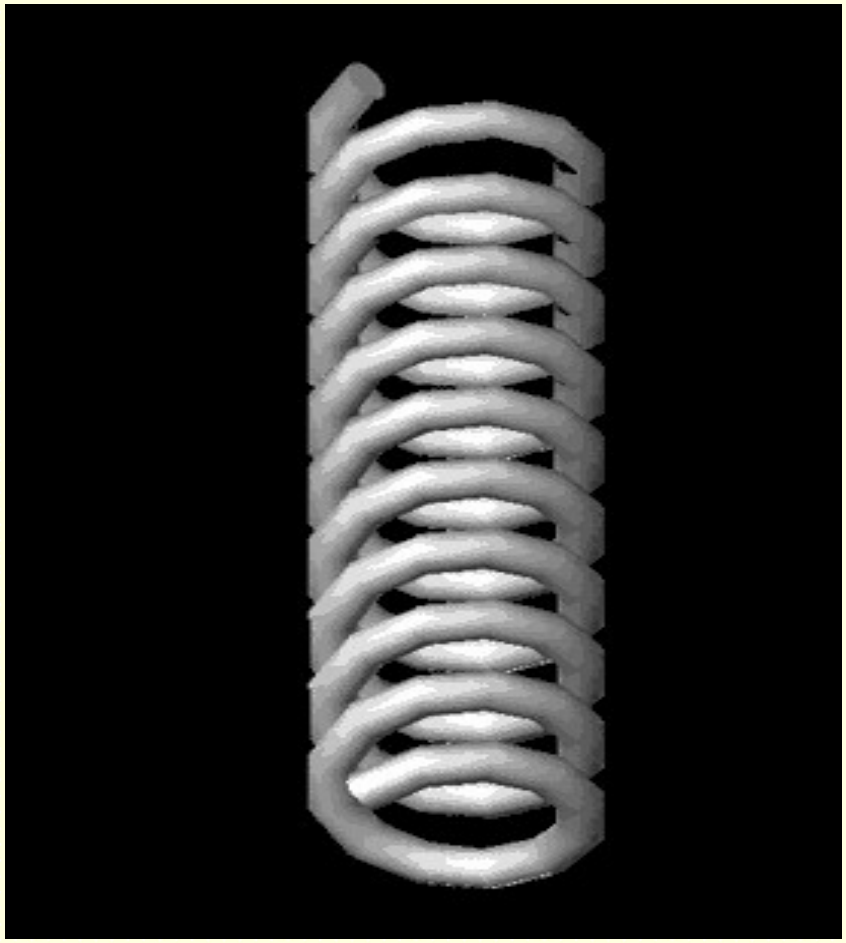


Titreşim Kontrolü

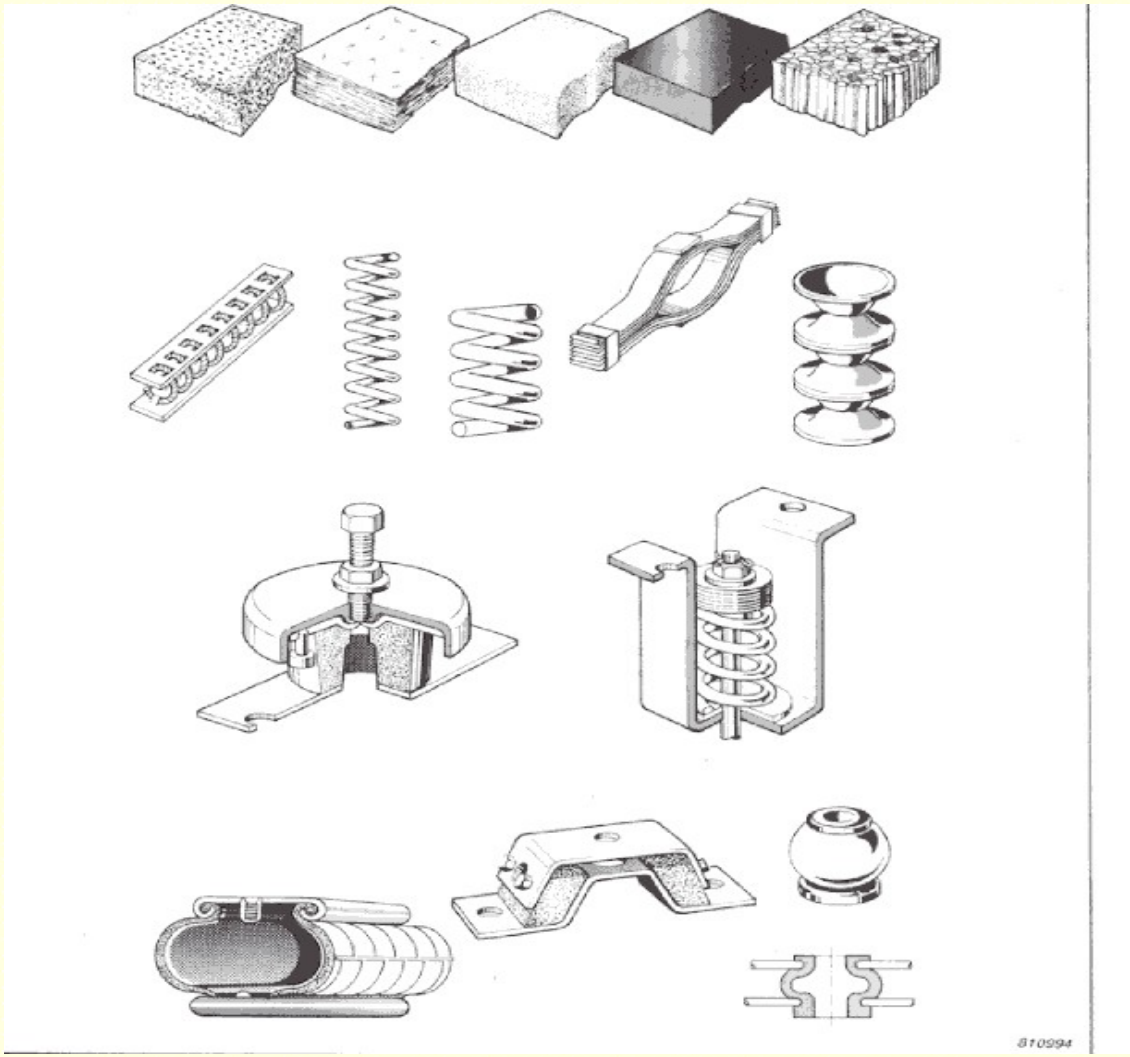


Titreşim kontrolü





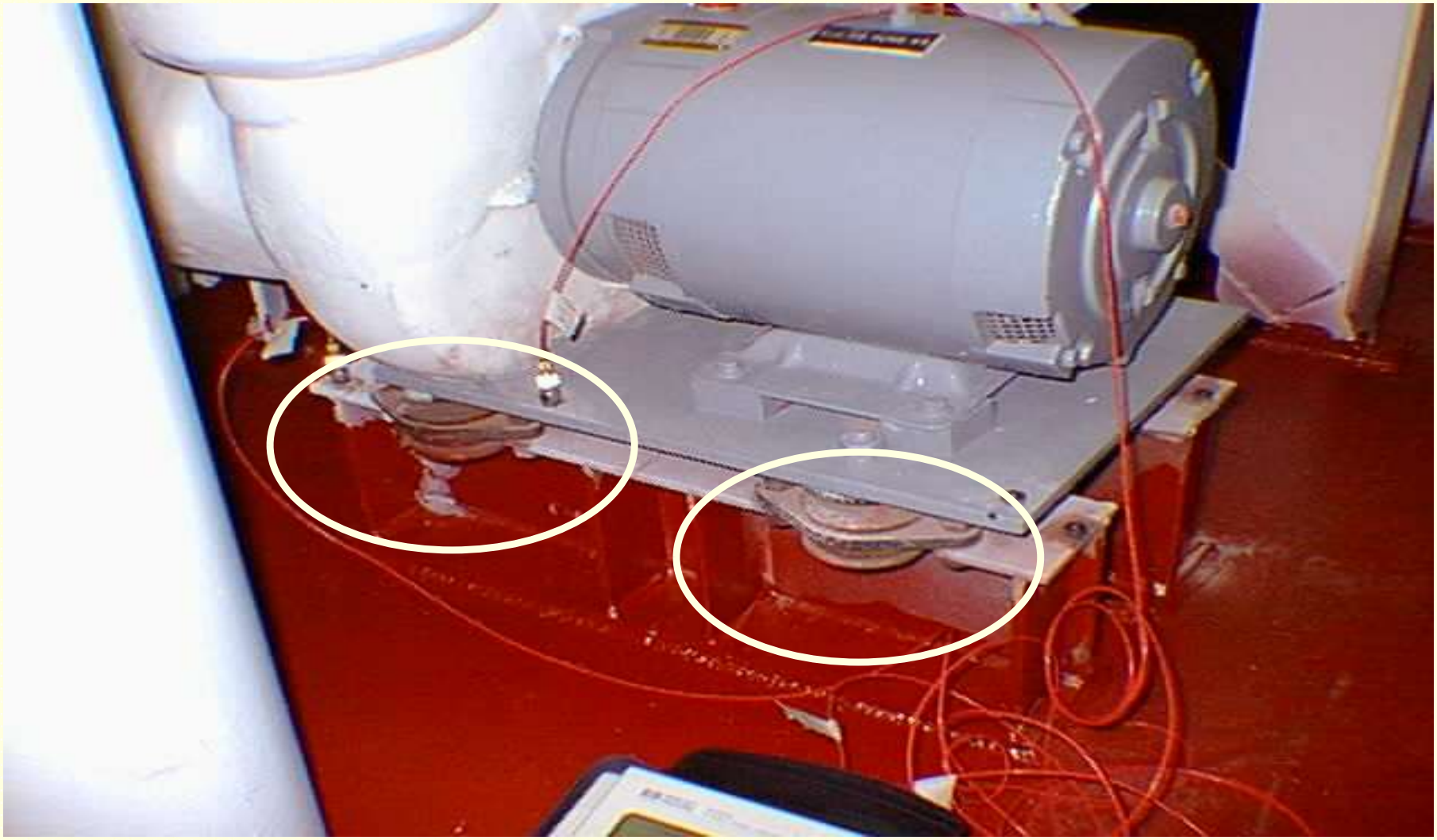
Titreşim kontrolü



Titreşim Kontrolü ve Ölçümü



Titreşim Kontrolü ve Ölçümü



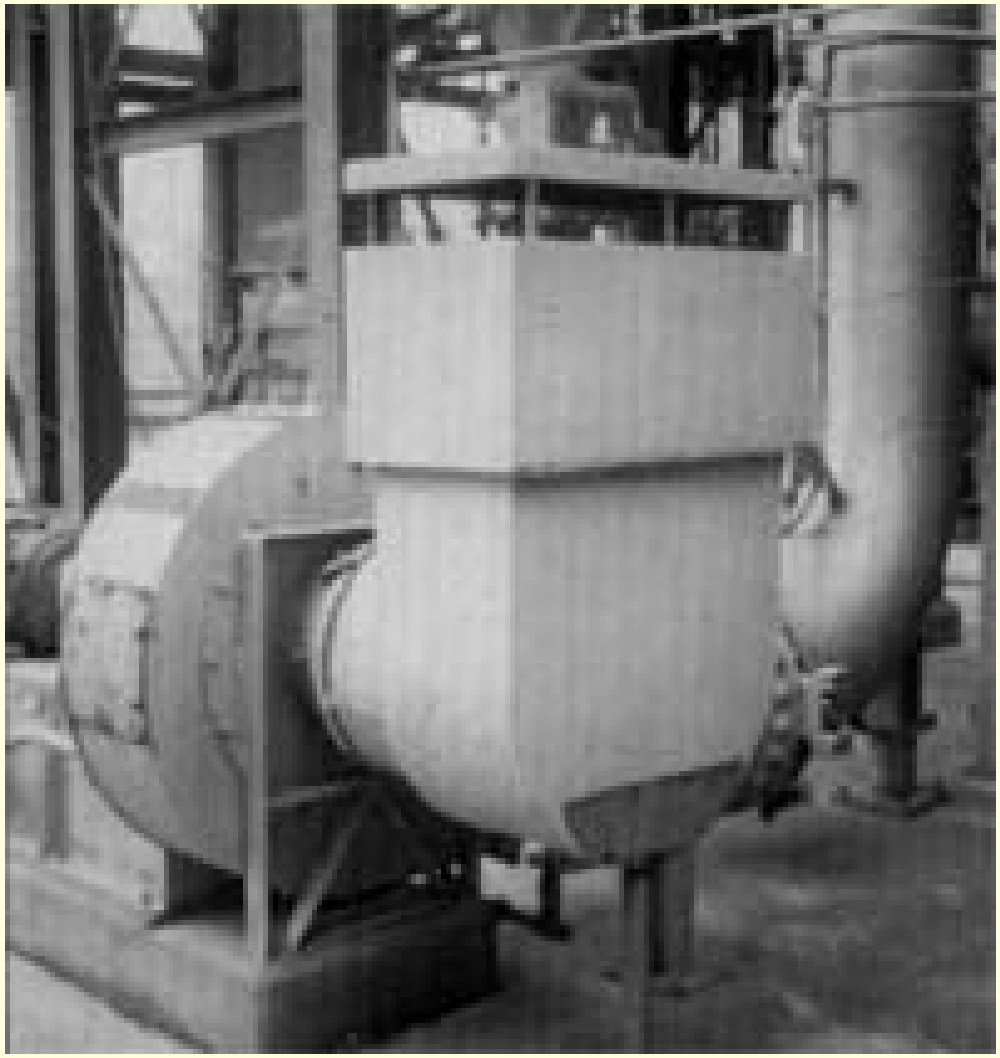
Havalandırma, taşıma ve geçiş kanallarında gürültü kontrolü



Havalandırma, taşıma ve geçiş kanallarında gürültü kontrolü



Havalandırma, taşıma ve geçiş kanallarında gürültü kontrolü

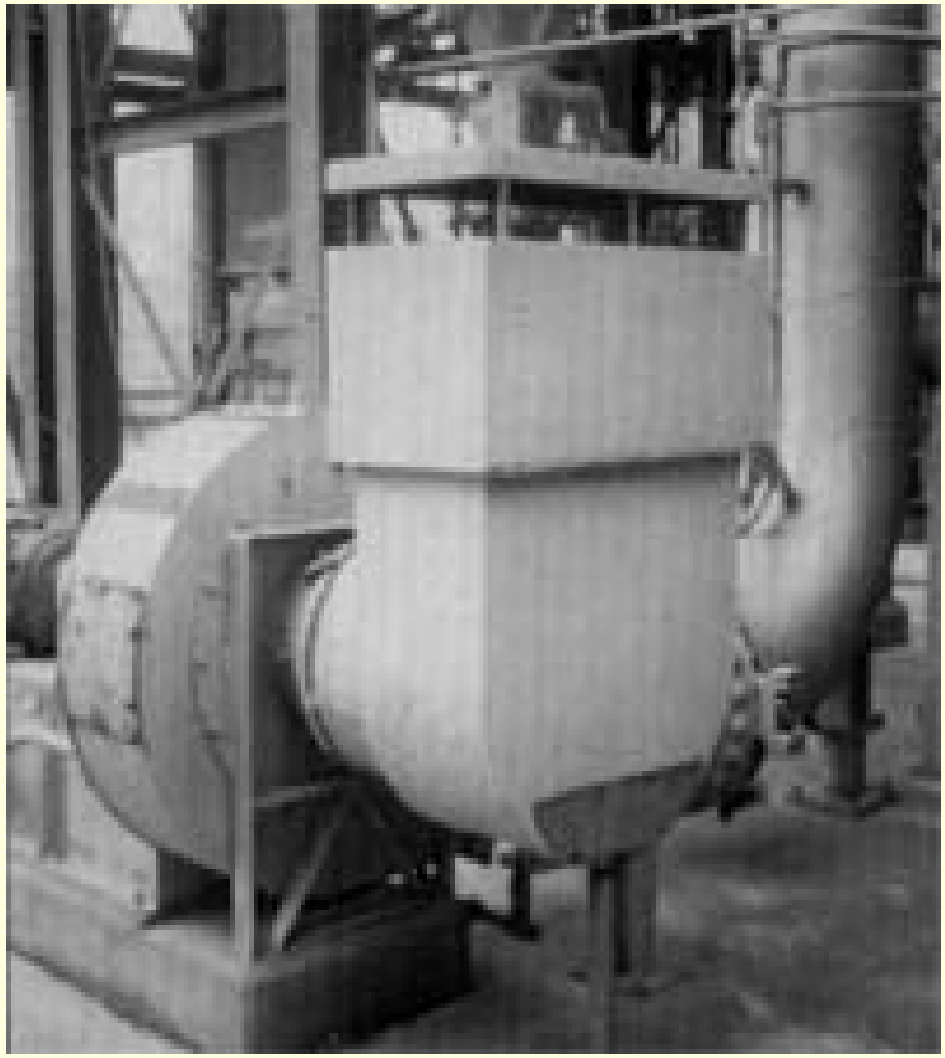




Havalandırma Çıkışında Gürültü Kontrolü



Centrifugal Blower Silencer



Bağlantı



Table 5.1

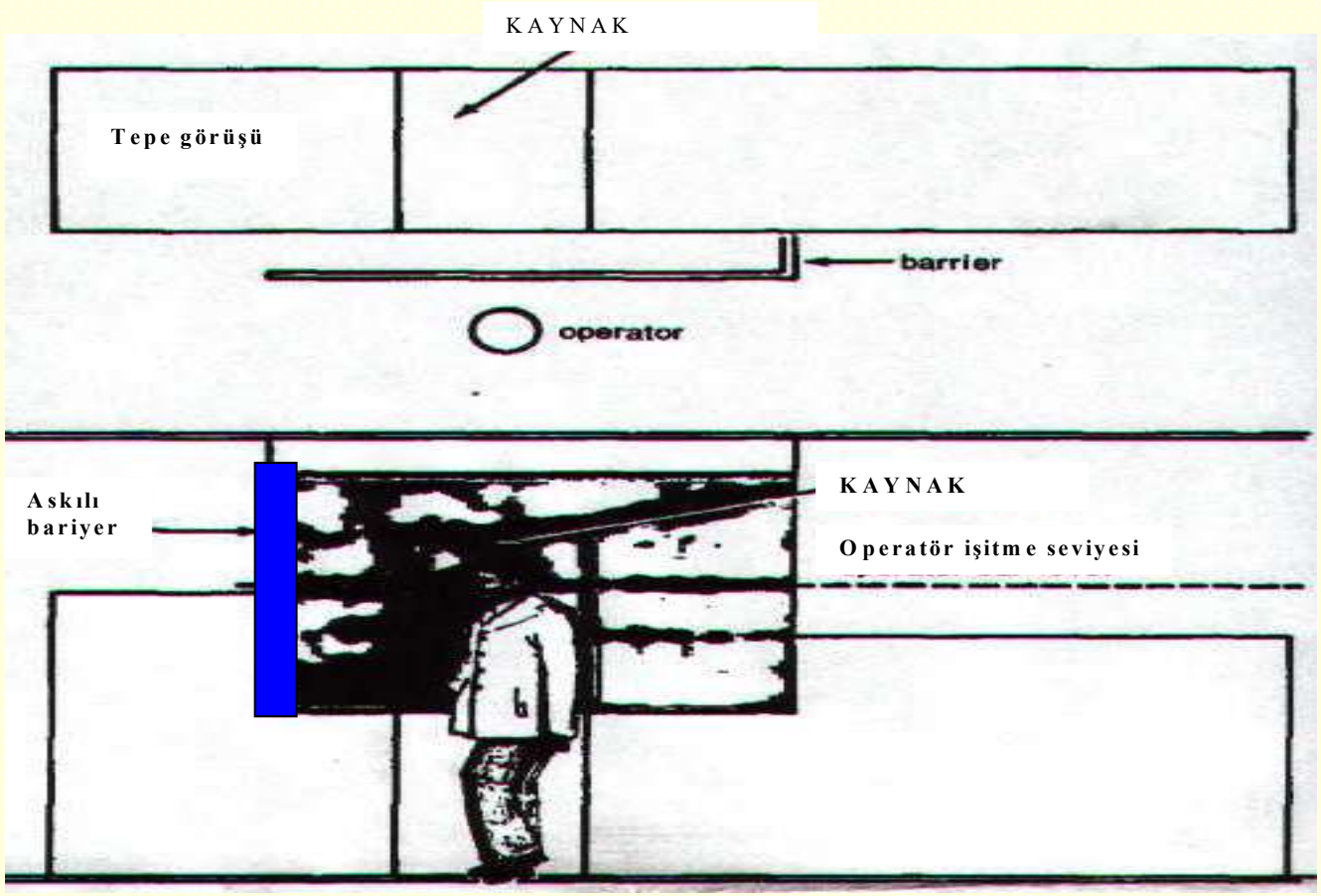
Permissible Noise Exposure*

Duration Per day (Hours)	Sound Level (dBA)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1 1/2	102
1	105
1/2	110
1/4 or less	115

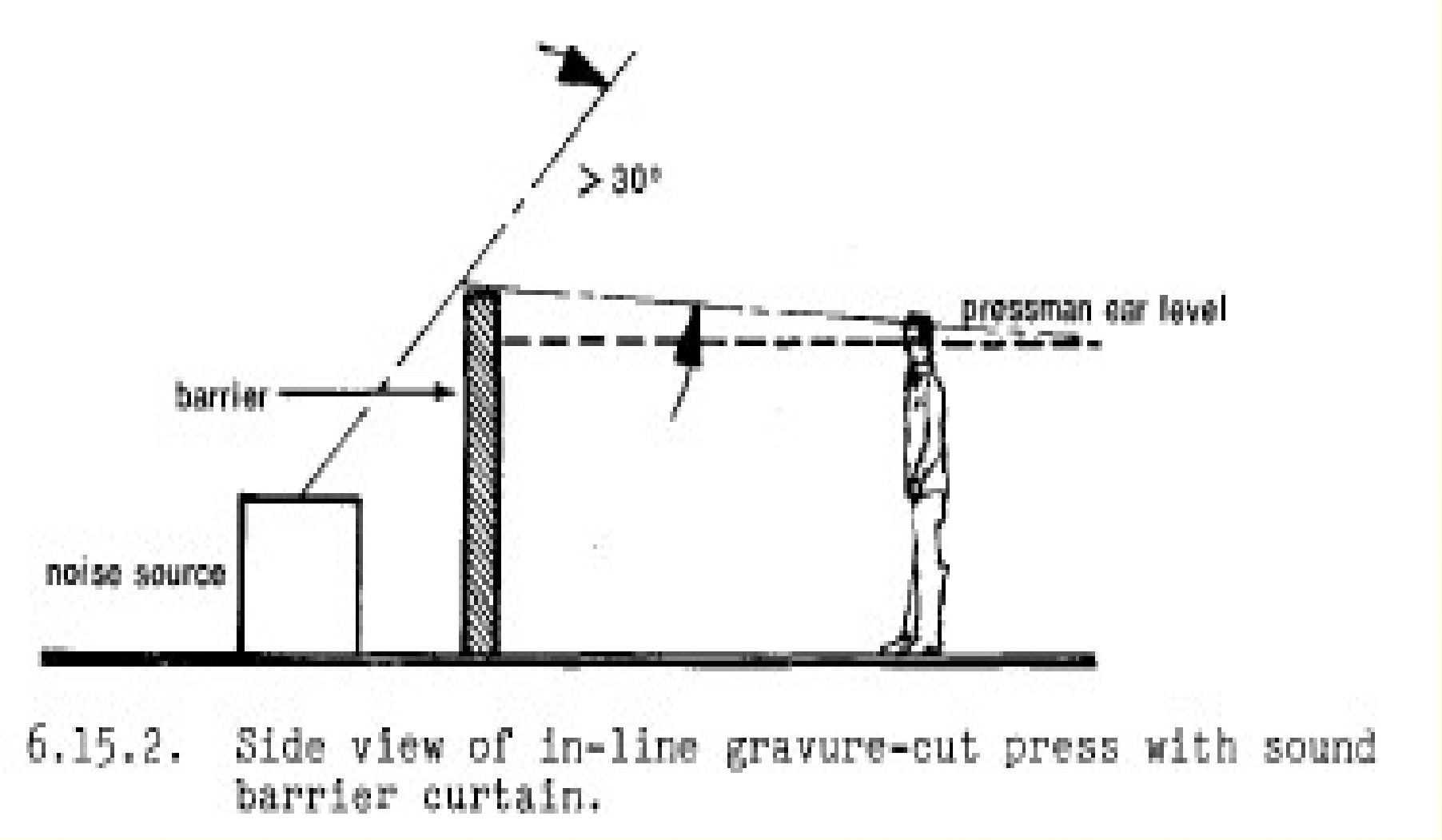
* When the daily exposure is composed of two or more periods of noise exposure of different levels, their combined effect should be considered, rather than the individual effect of each.

(Ref. 8)

Kesme-Delme Presi İçin Askılı Bariyer Şeması

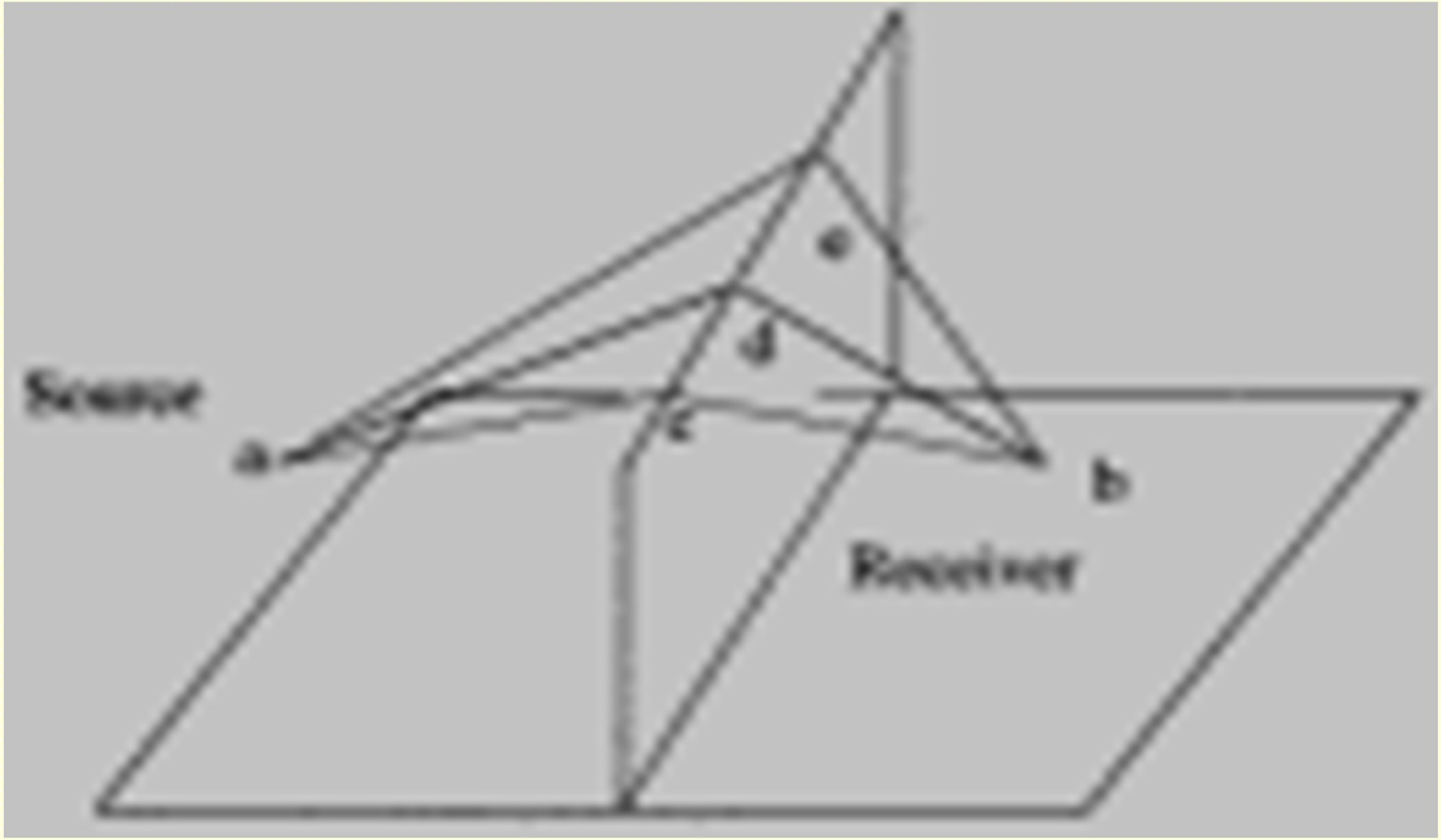


Kaynak-Bariyer-Alıcı ilişkisi

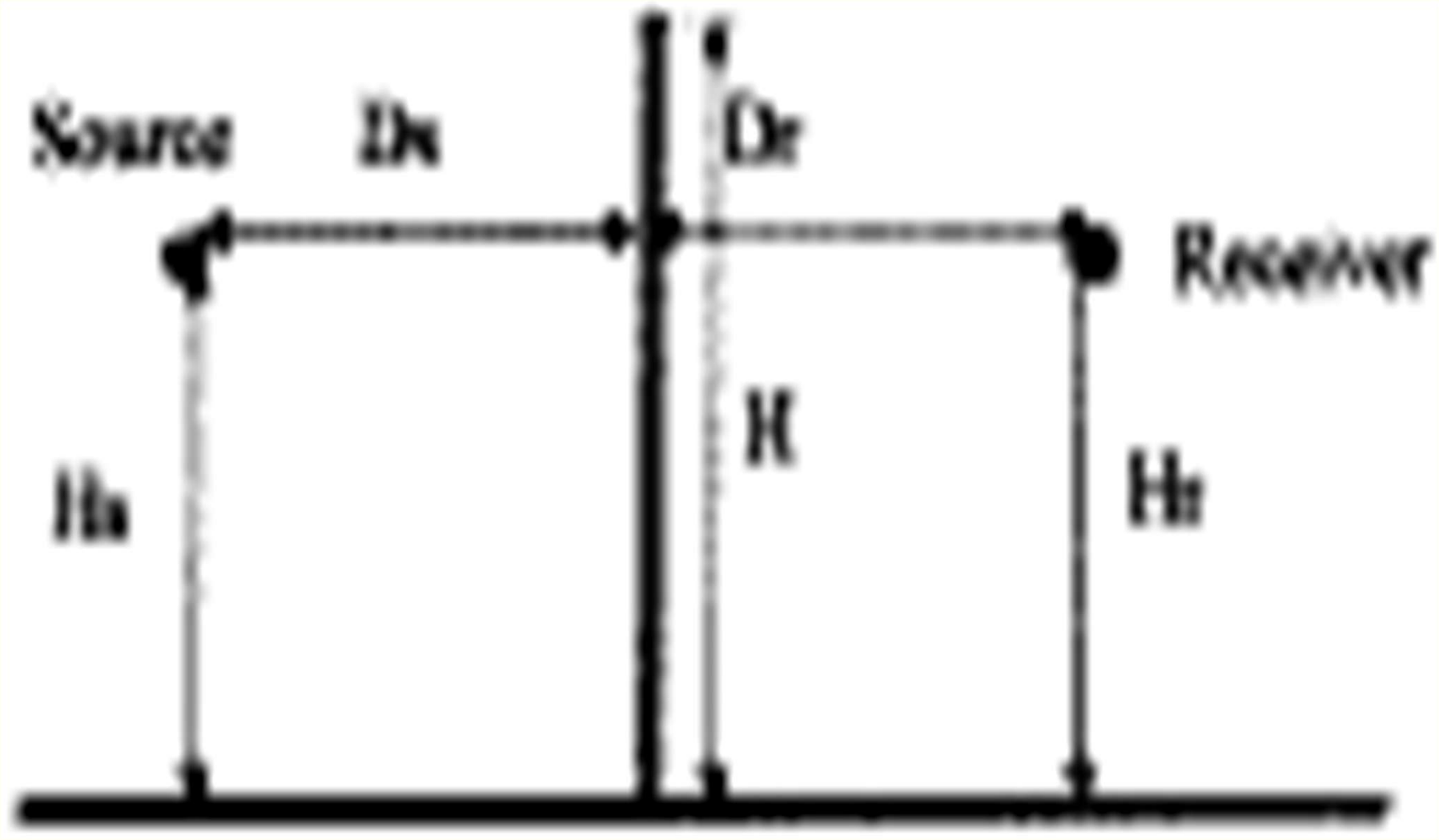


6.15.2. Side view of in-line gravure-cut press with sound barrier curtain.

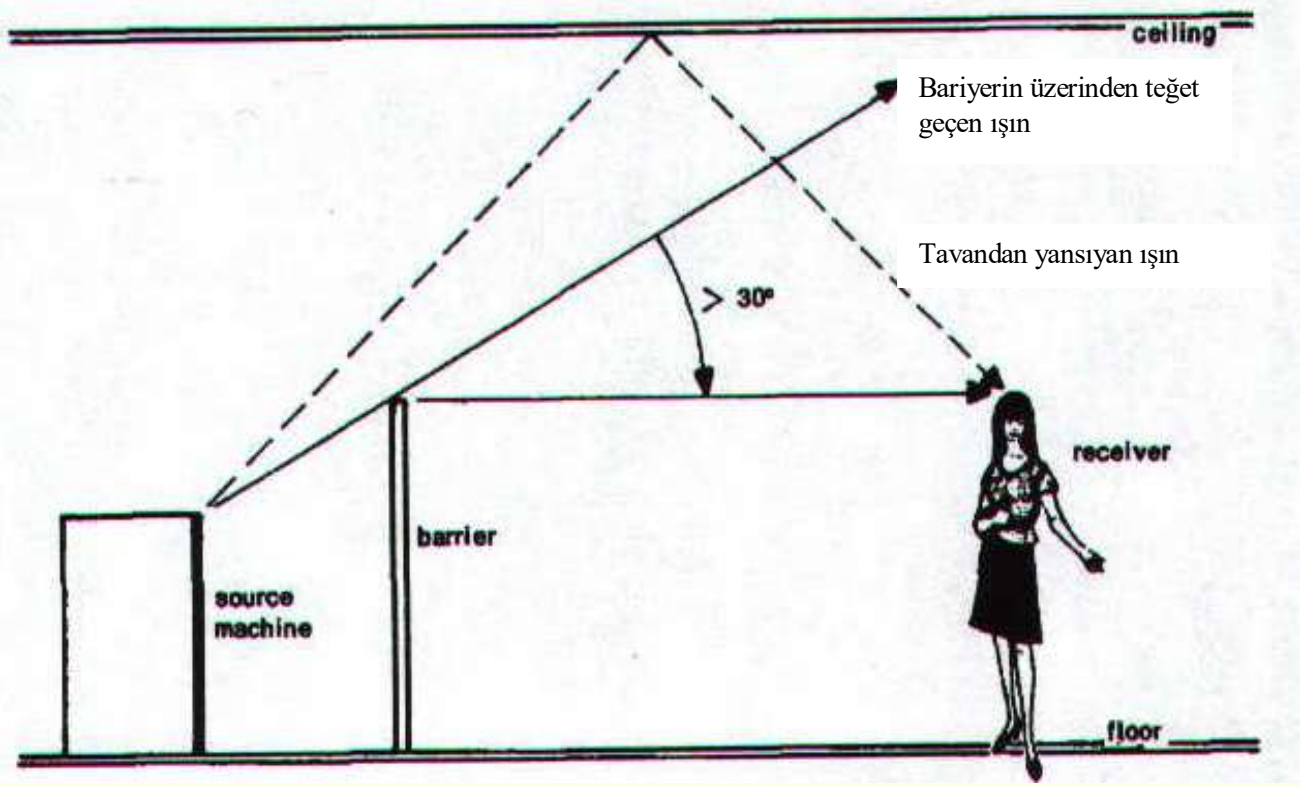
Bariyer



Bariyer



BARİYER



- Kaynak-bariyer-alıcı geometrisi. En az 10 dBA'lık bir gürültü giderimi için, teğet geçen ışının açısı > 30° olmalıdır.

$$N = \frac{2}{\lambda}(A + B - D)$$

$$N = \frac{2}{\lambda}(5.5 + 10 - 14)$$

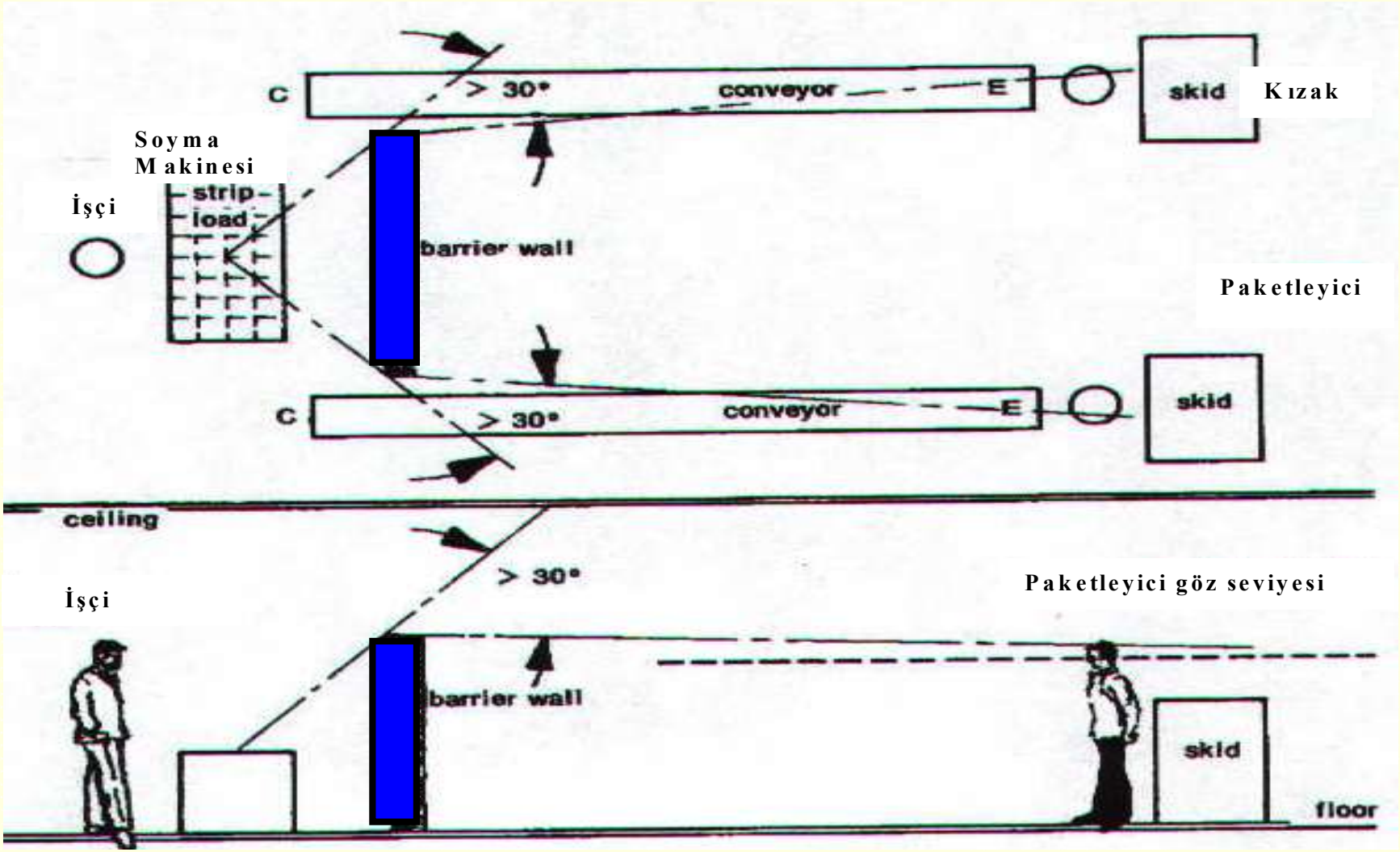
$$N = \frac{3}{\lambda}$$

	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
λ	4.8	2.4	1.2	0.6
N	0.625	1.25	2.5	5
dB	10	11	13	15

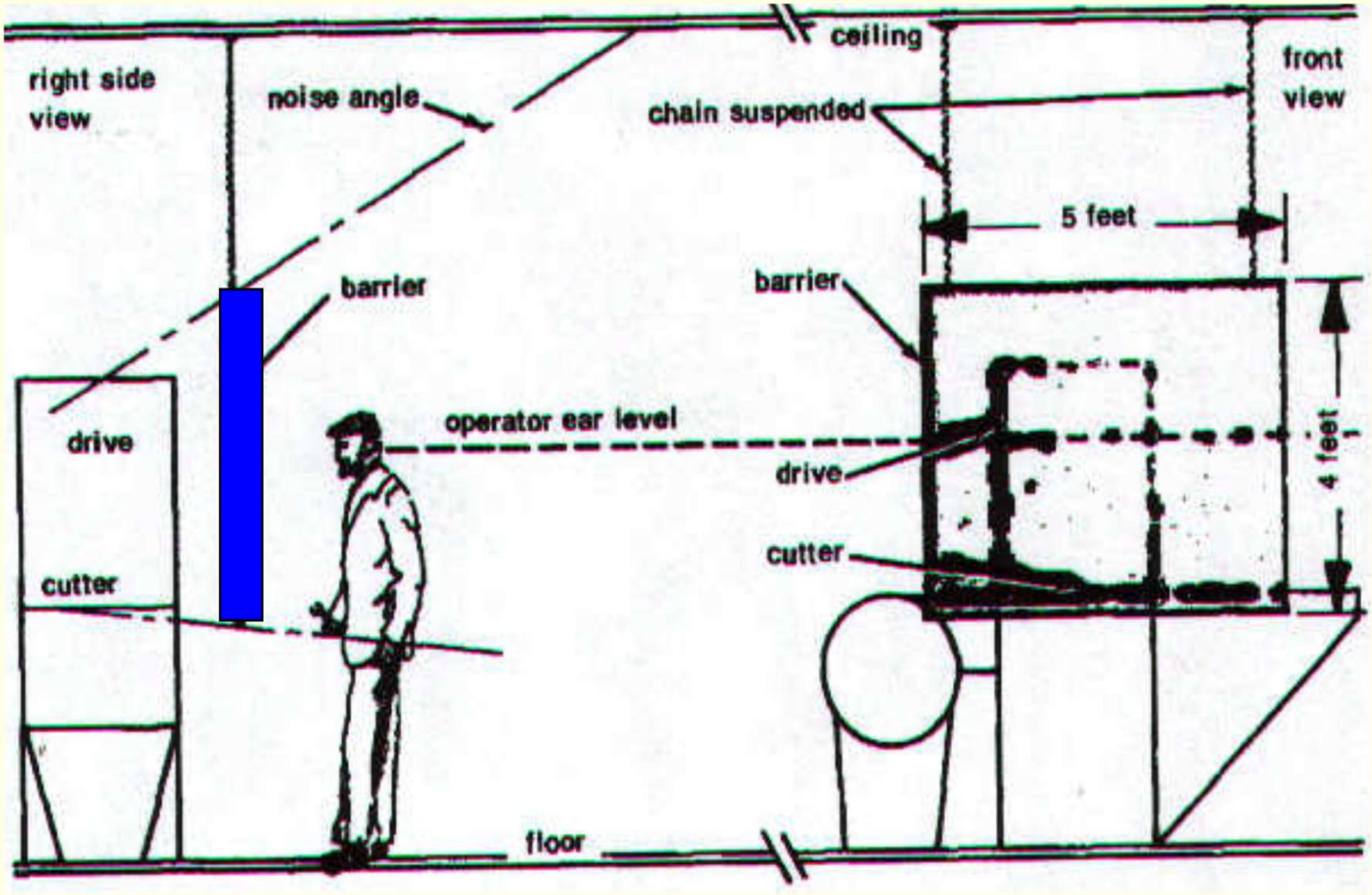
Source: Beranek, *Noise and Vibration Control*, page 178.

Havalı Tokmak Soyma ve Paketleme Hattı

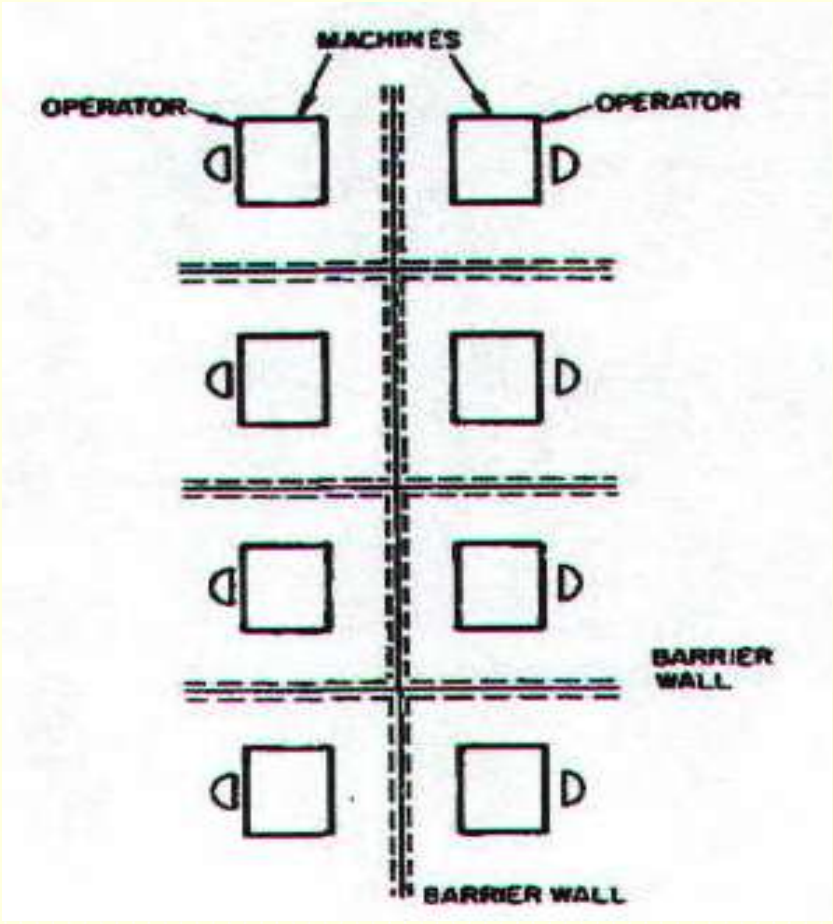
Kullanılan bariyerin çerçevesi 2x4 inc, kenar yüzeyleri ise 1/4 inc'dir. Bu bariyer 10-15 dBA gürültü giderimi sağlar.



Kesme Makinesi İçin Askılı Bariyer Duvar



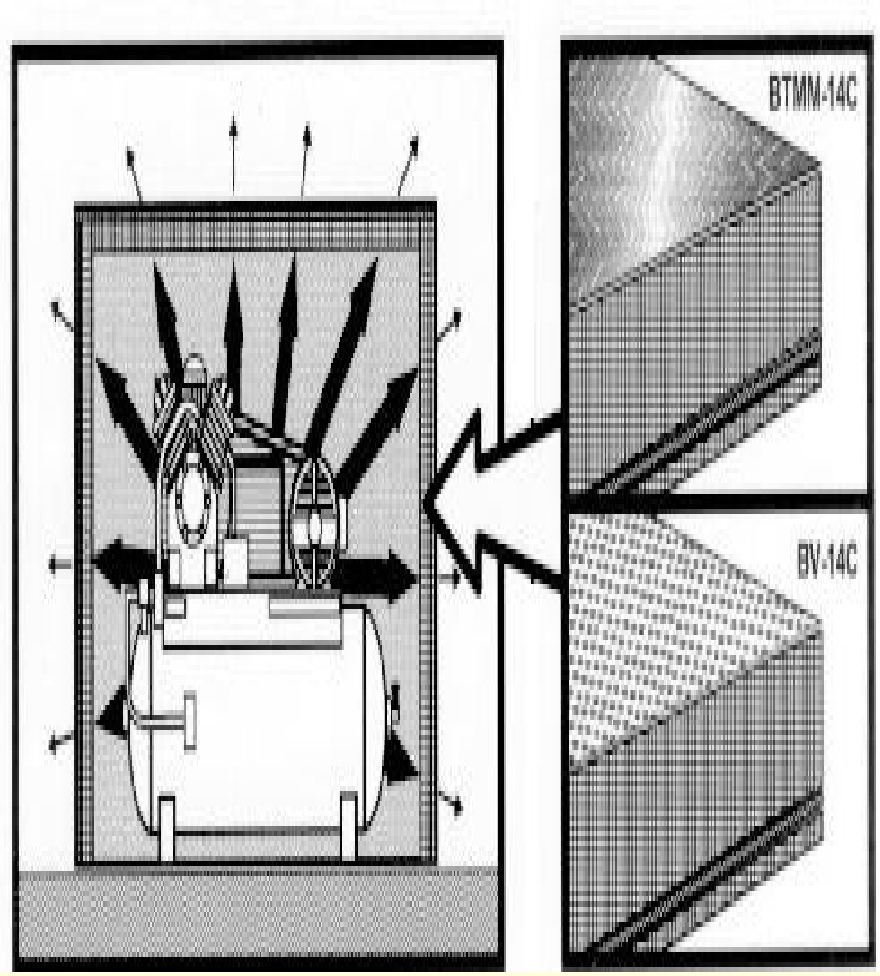
Tesis Yerleşim planına göre Her Ünitenin Akustik Bariyerlerle Donatılması



Böyle bir çalışma için yapılan ölçümler neticesinde gürültü seviyelerinin 91-92 dBA'den 85-86 dBA'e düşürüldüğü görülmüştür. Kullanılan bariyer ekipmanında değişikliklerle bu verim daha da artırılabilir.

Farklı Bir Tip Bariyer (Kuşatma) ve Kompresör İzolasyonu

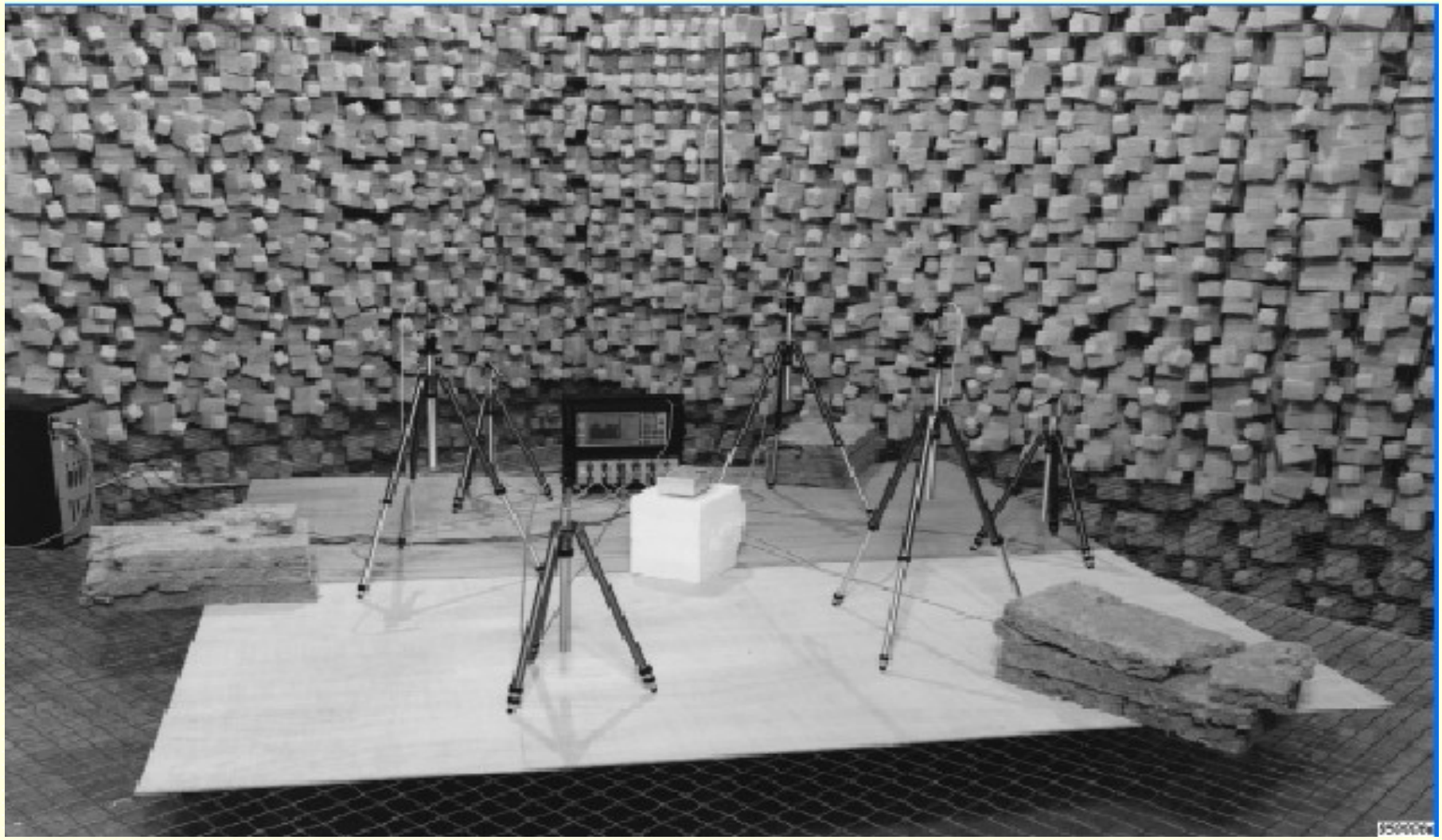




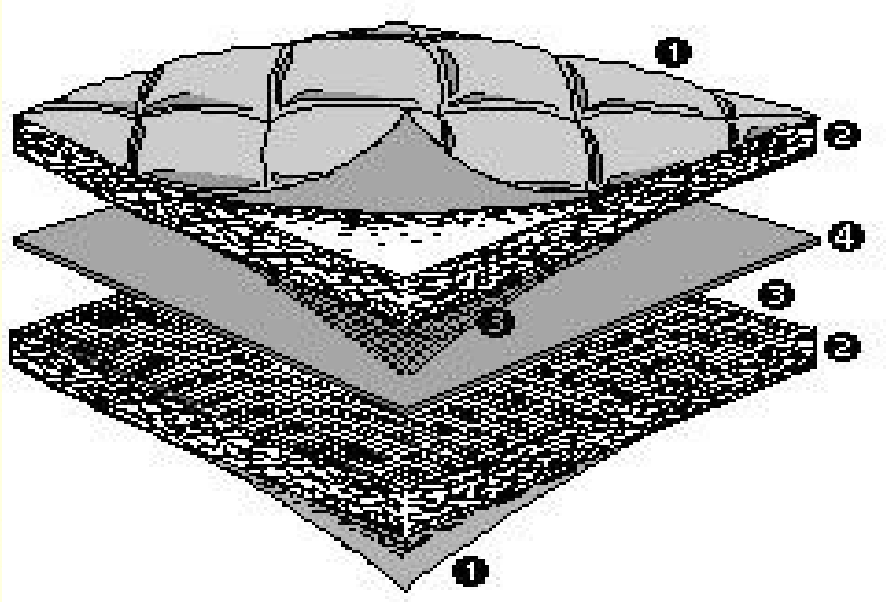
Kapalı Ortamda Gürültü Kontrolü



Fig.1 Measuring a tape streamer according to ISO3745 in the anechoic room. According to ISO7779, the tape streamer must be placed 25 cm above the reflecting floor. 10 microphones are placed on a hemisphere. Multiplexer and analyzer can be seen behind the tape streamer, the PC is located outside the room



Bir Yüzey Kaplama Malzemesi Detayı

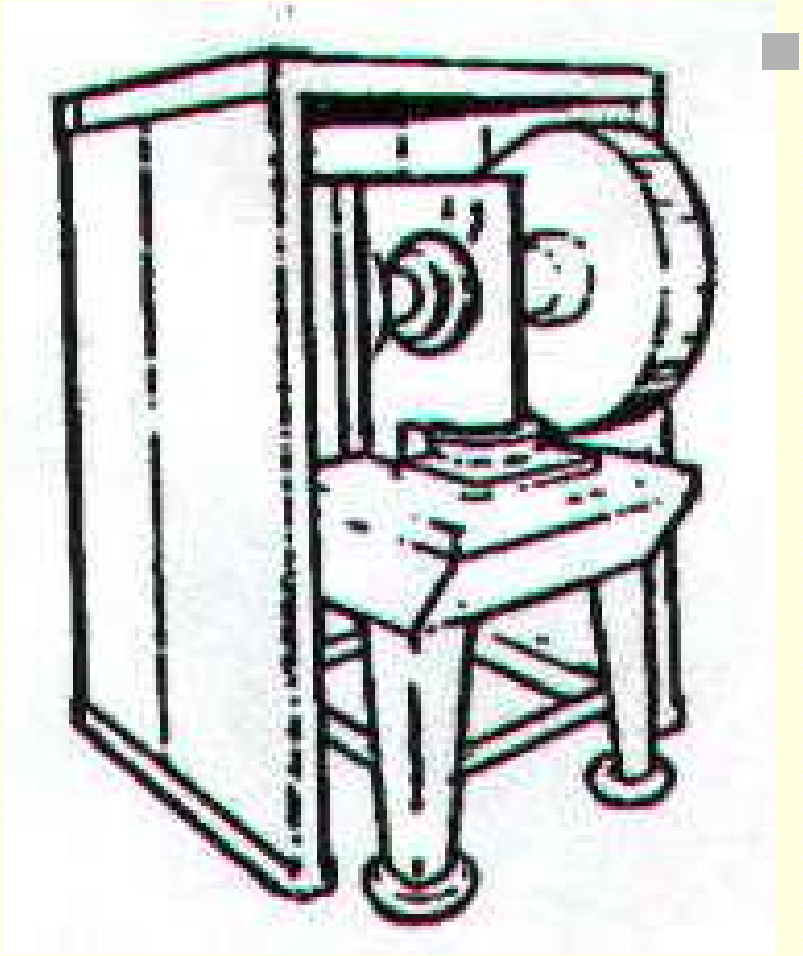


- 1. VİNİL KAPLI FİBERGLASS TABAKA (Gümüşi/Gri renkli standart veya bej renkli olabilir.)
- 2. 1" AKUSTİK CAM FİBER (kumaşla kaplanmış)
- 3. SCRIM
- 4. GÜÇLENDİRİLMİŞ ESNEK VEYA DÜZ BARİYER

Sound Transmission Loss (dB) / Frequency (Hz)

Model	125 Hz	250	500	1000	2000	4000	STC
ABA	12 dB	16	27	40	44	47	29
RBA	11 dB	16	24	30	39	43	27
RBA2	13 dB	20	29	40	50	55	32

Kısmi Kuşatma Örnekleri



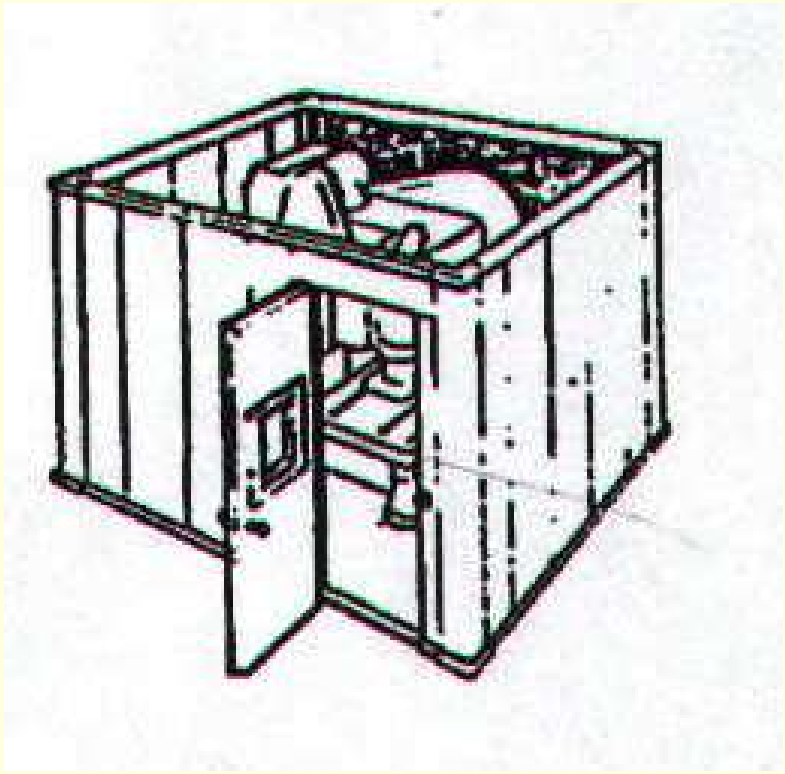
- Üretim sırasında parça, kırıntı ve ürün akışı sırasında gürültüler oluşabilir. Bu gürültülerin oluştuğu hat veya tüneller absorban materyallerle donatılmalıdır. Bu donatım ile 12-15 dBA kadar gürültü giderimi sağlanabilir.

KULAKLIKLAR





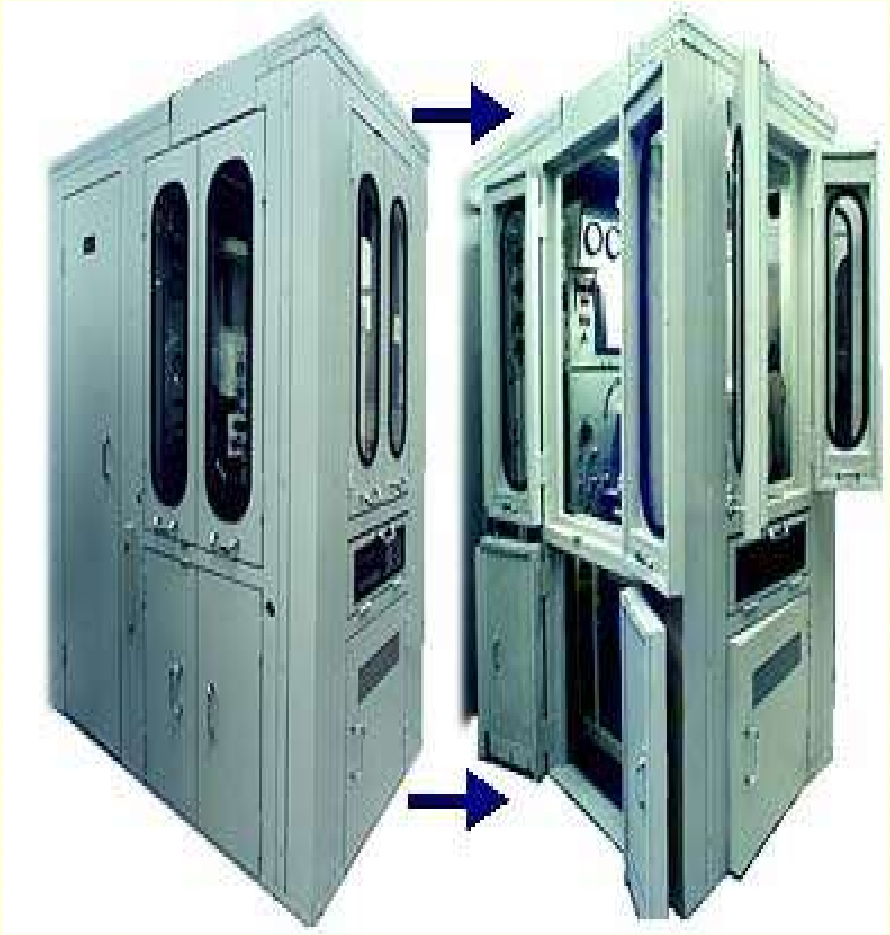
Kısmi Kuşatma Örnekleri



- Üretim sırasında parça, kırıntı ve ürün akışı sırasında gürültüler oluşabilir. Bu gürültülerin oluştuğu hat veya tüneller absorban materyallerle donatılmalıdır. Bu donatım ile 12-15 dBA kadar gürültü giderimi sağlanabilir

Tam Kuşatma

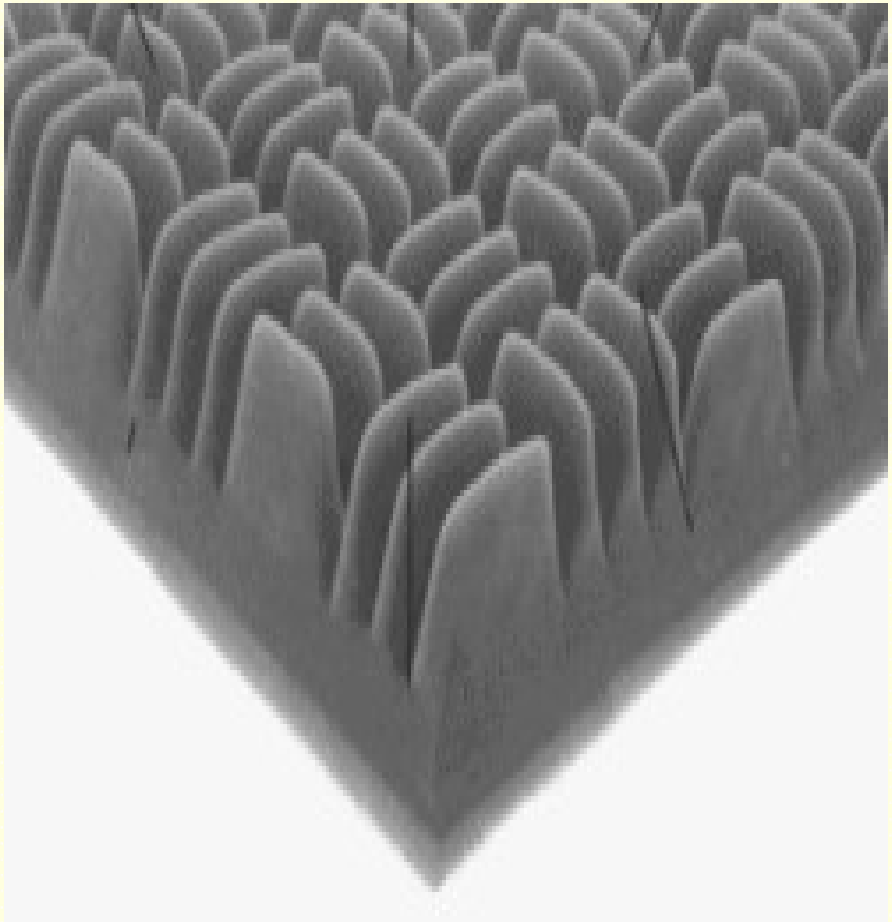


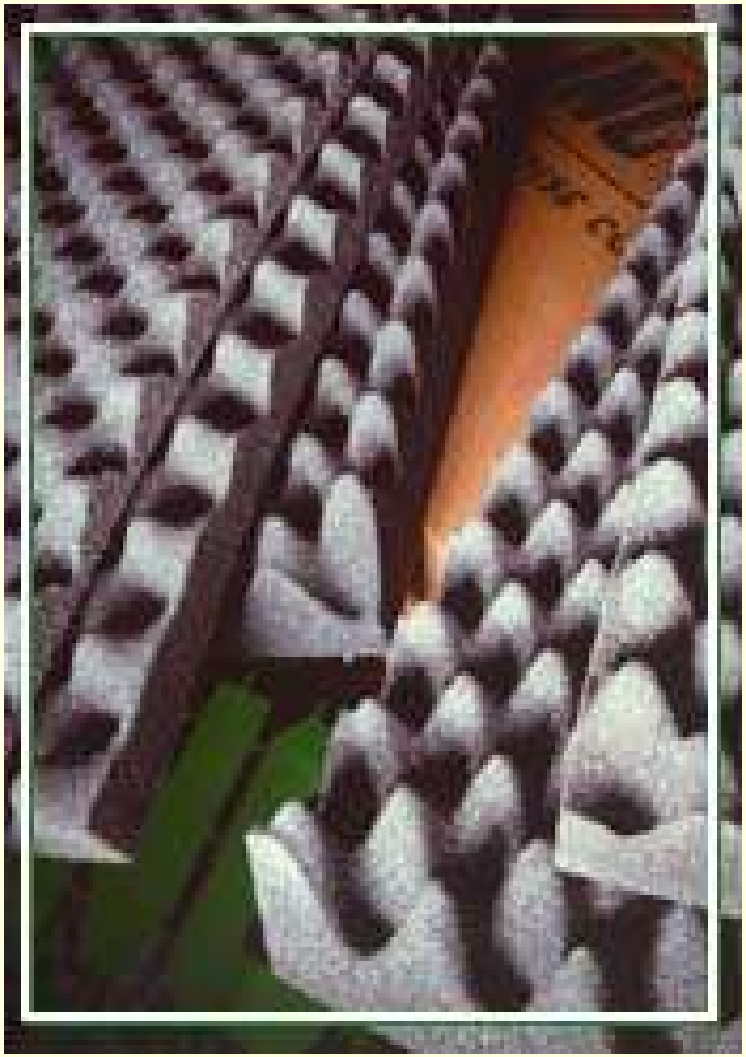


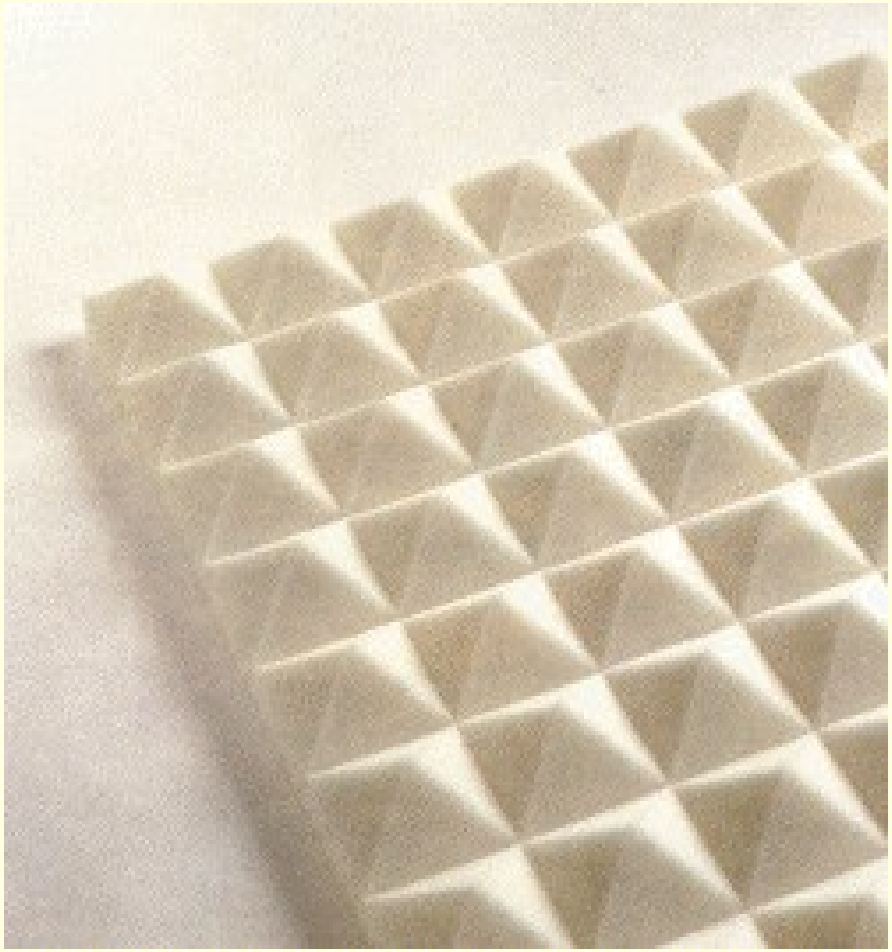
Titreşim ve Ses İzolasyonu

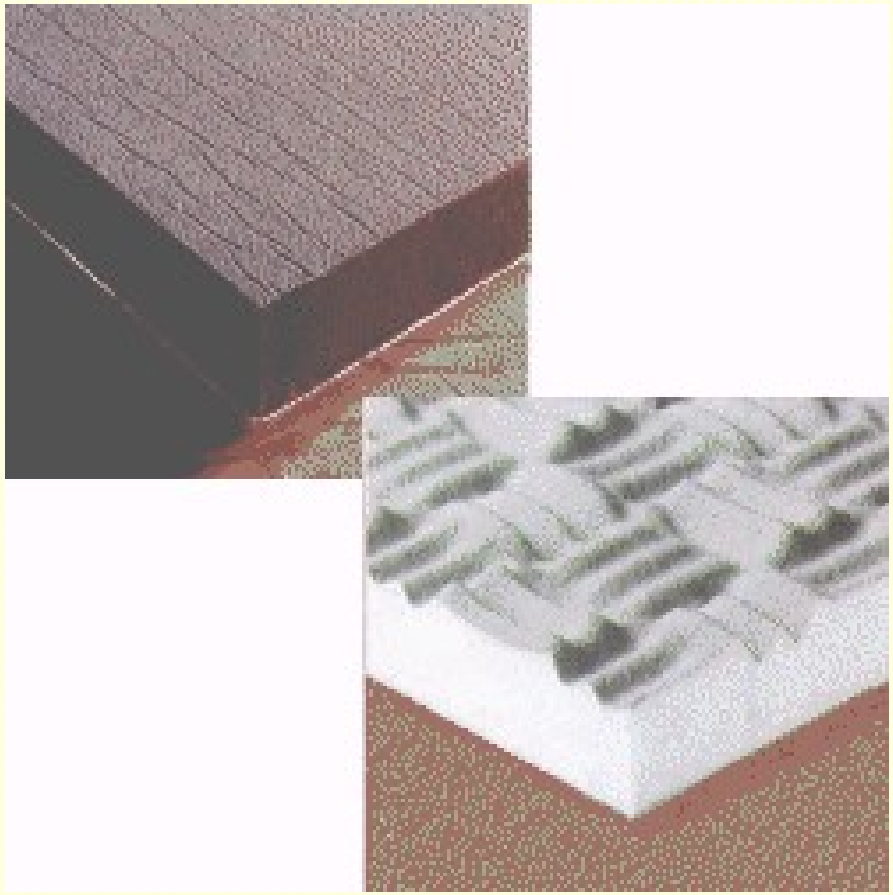












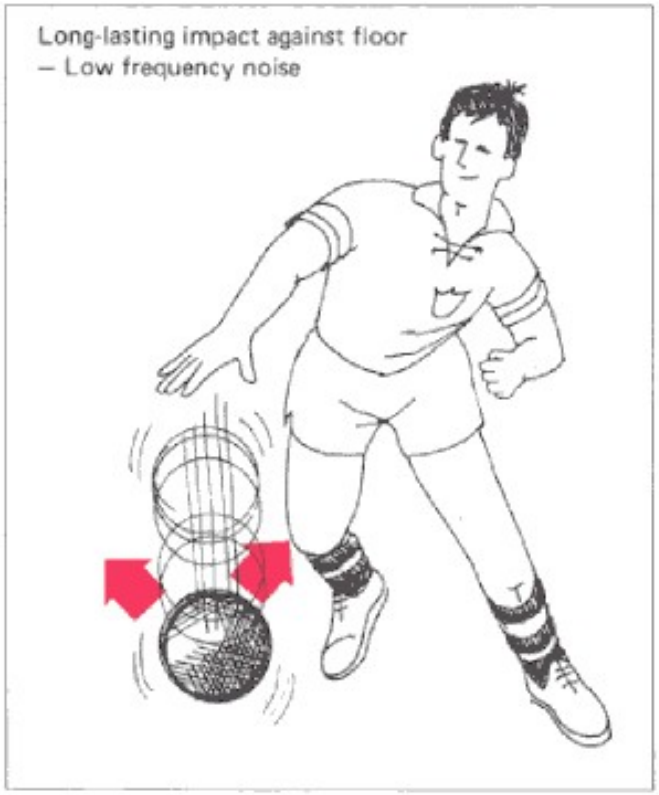


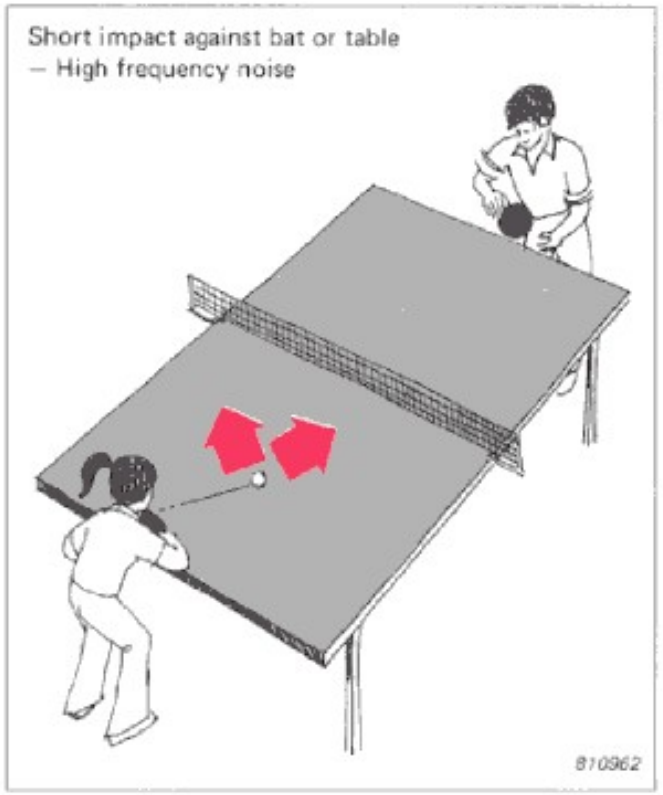
Yapı Akustik Materyallerin Ses Absorbsiyon Katsayısı

Materials*	Frequency (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Fibrous glass						
(typically 4 lb/cu ft) hard backing						
1 inch thick	0.07	0.23	0.48	0.83	0.88	0.80
2 inches	0.20	0.55	0.89	0.97	0.83	0.79
4 inches thick	0.39	0.91	0.99	0.97	0.94	0.89
Poliüretan köpük						
(open cell)						
1/4-inch thick	0.05	0.07	0.10	0.20	0.45	0.81
1/2-inch thick	0.05	0.12	0.25	0.57	0.89	0.98
1 inch thick	0.14	0.30	0.63	0.91	0.98	0.91
2 inches thick	0.35	0.51	0.82	0.98	0.97	0.95
Kıl Keçe						
1/2-inch thick	0.05	0.07	0.29	0.63	0.83	0.87
1 inch thick	0.06	0.31	0.80	0.88	0.87	0.87

- Darbe tarafından oluşturulan gürültünün etkin frekansı,kuvvetin hızı,basınç veya gürültüyü artıran hız değişimine bağlıdır. Hızlı bir değişim, yüksek frekansa sahip kısa bir vuruş üretir. Bu değişimin hızını genellikle çarpışan iki yüzeyin esneklik durumu belirler. Daha fazla deformasyon, daha fazla temas etmelerine ve daha düşük frekansa yol açar. Yerde basketbol topu zıplarken yer ile oldukça süre temas eder. Belirlenen frekans bu nedenle kısadır. Masa tenisi oynarken top sadece kısa bir süre için masayla temas halinde olur. Belirlenen frekans bu yüzden çok yüksektir

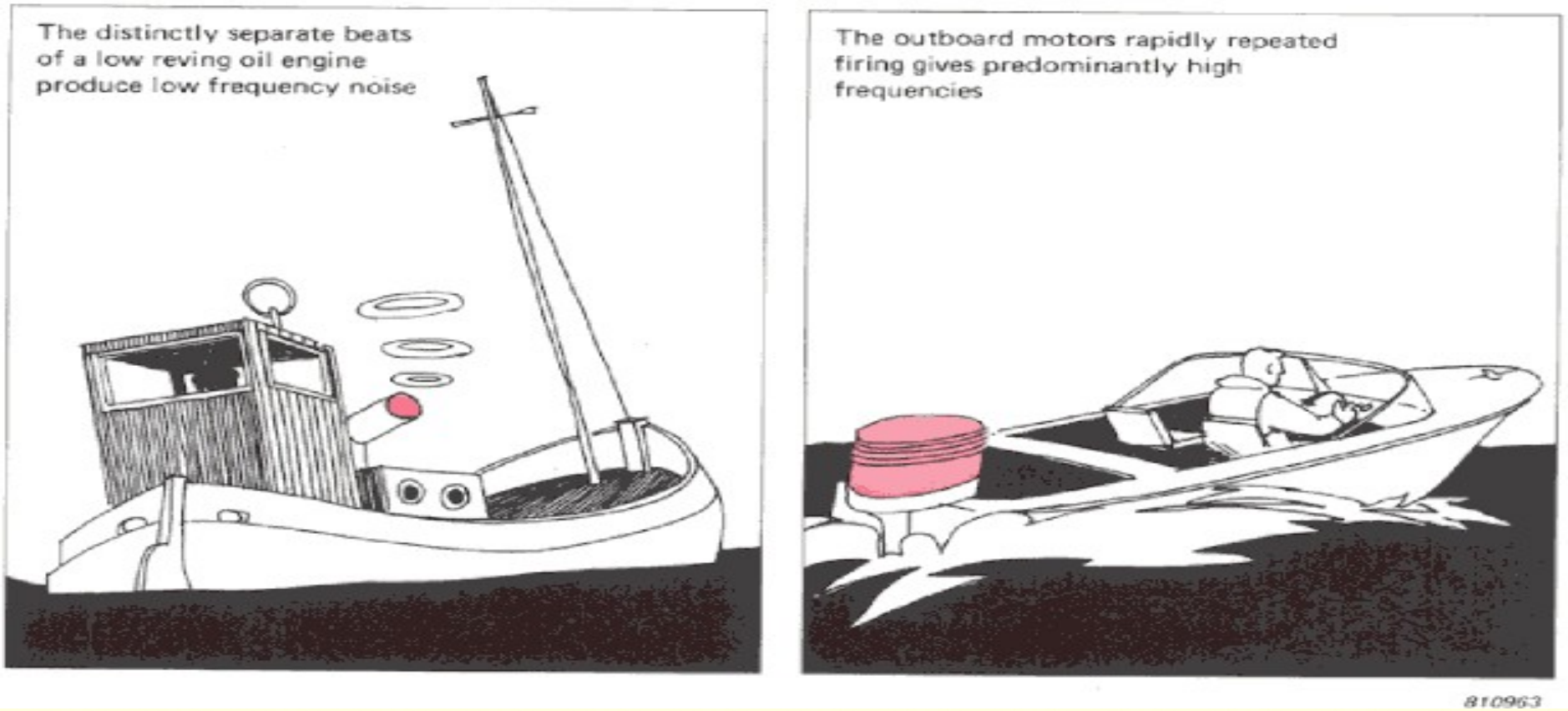
Principle


Long-lasting impact against floor
– Low frequency noise

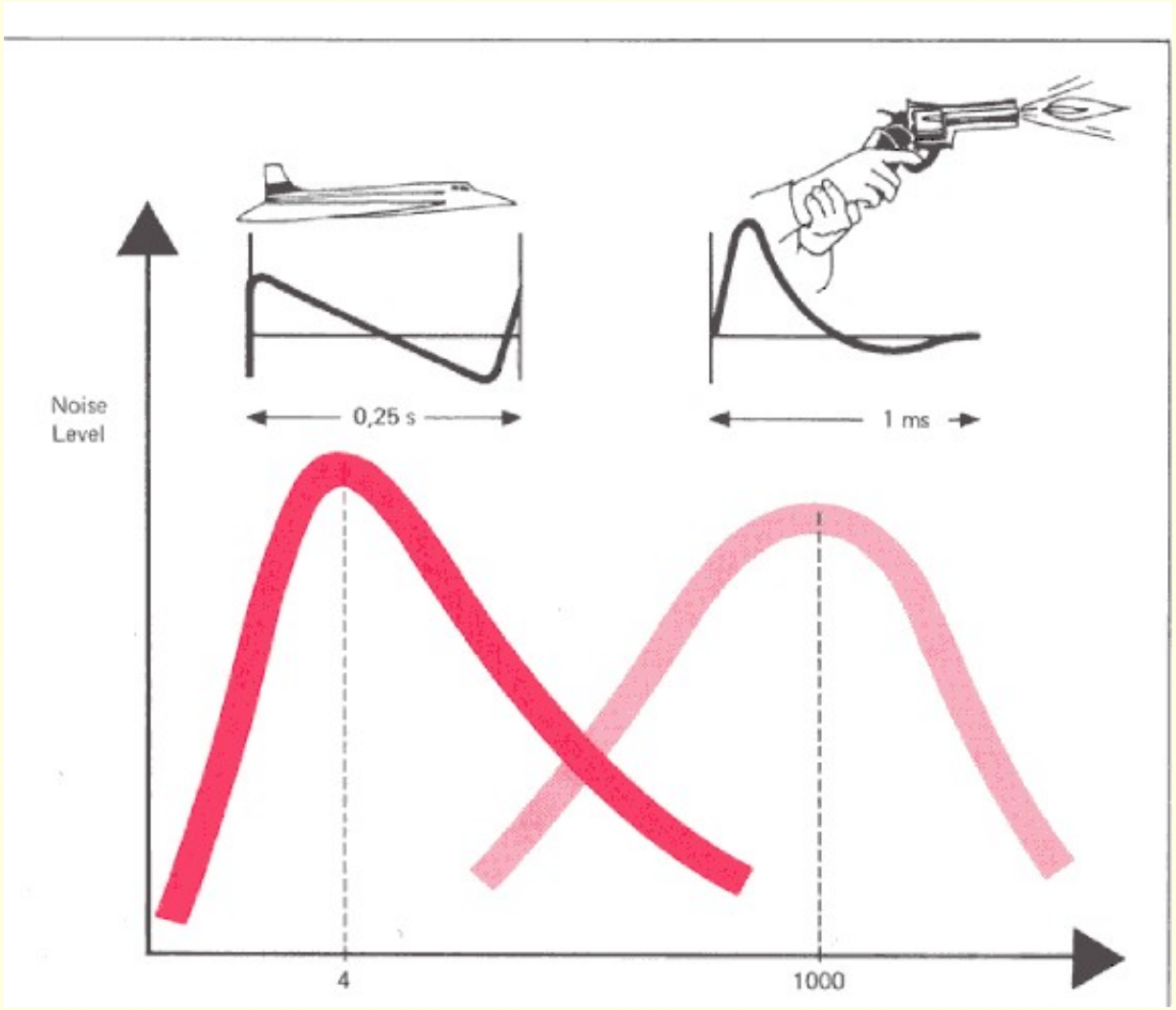

Short impact against bat or table
– High frequency noise
810962

- Yavaş tekrarlama, düşük frekans, hızlı tekrarlama yüksek frekansa neden olur. Bir gürültü oluşumu tekrarlı bir olaydır. Oluşan frekanslar tekrarlanan zamana bağlıdır. Yavaşça tekrarlanan bir olay çoğunlukla düşük frekans verir ve hızlıca tekrarlanan olay yüksek frekansa yol açar. Ses seviyesi, artıran değişimin genliğine bağlıdır.

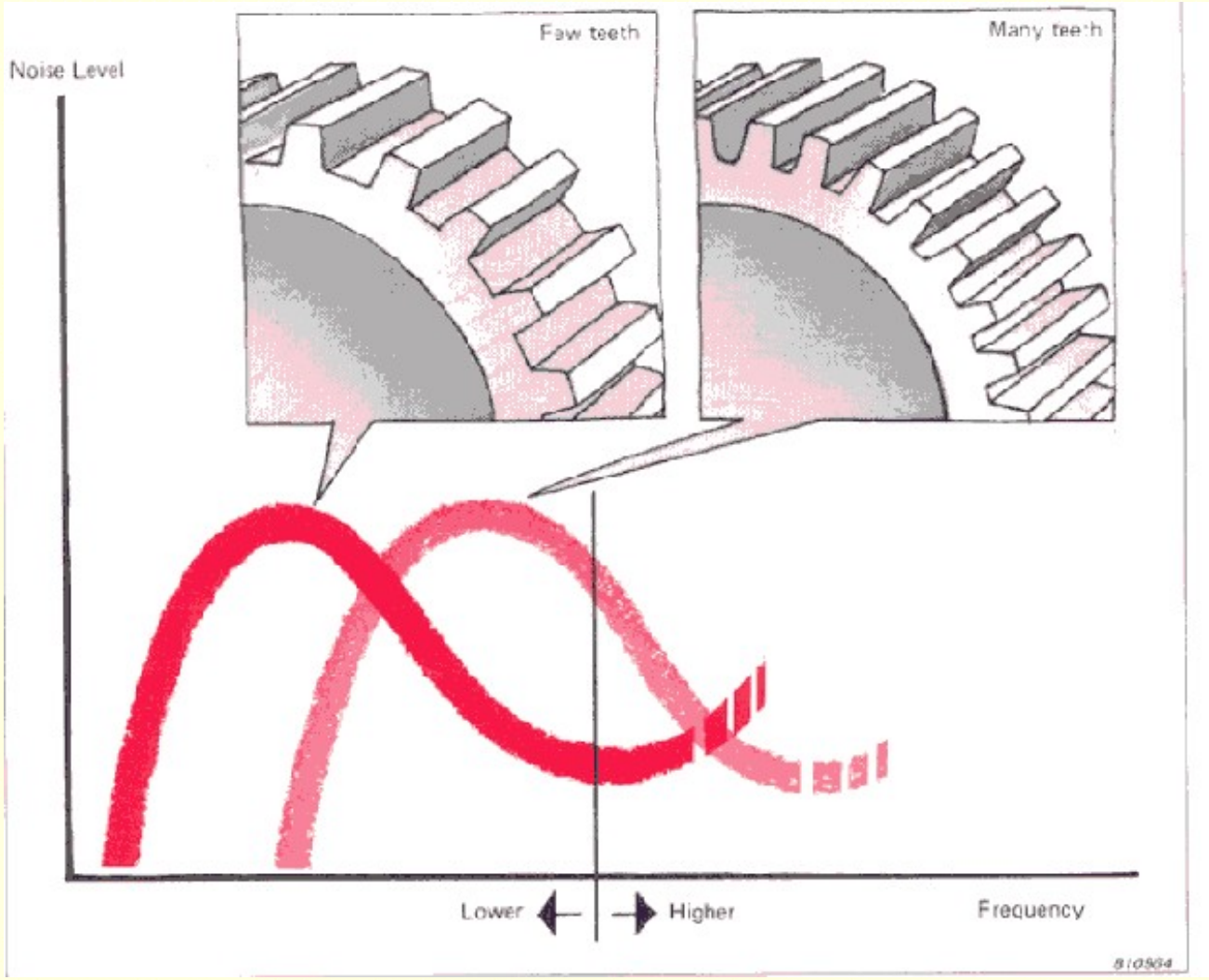
Principle


The distinctly separate beats of a low reving oil engine produce low frequency noise
The outboard motors rapidly repeated firing gives predominantly high frequencies
810963

- Ses bombası yaklaşık olarak, uçağın kendi uzunluğu boyunca uçma süresi kadar devam eder. (Uçağın kendi uzunluğu boyunca uçma süresi yaklaşık 0,25sn.). Etkin frekans bu nedenle yaklaşık 4 Hz.Bir silah sesi sadece1ms sürer. Bu etkin frekans bu yüzden çok yüksektir. 1 kHz dolaylarındadır.

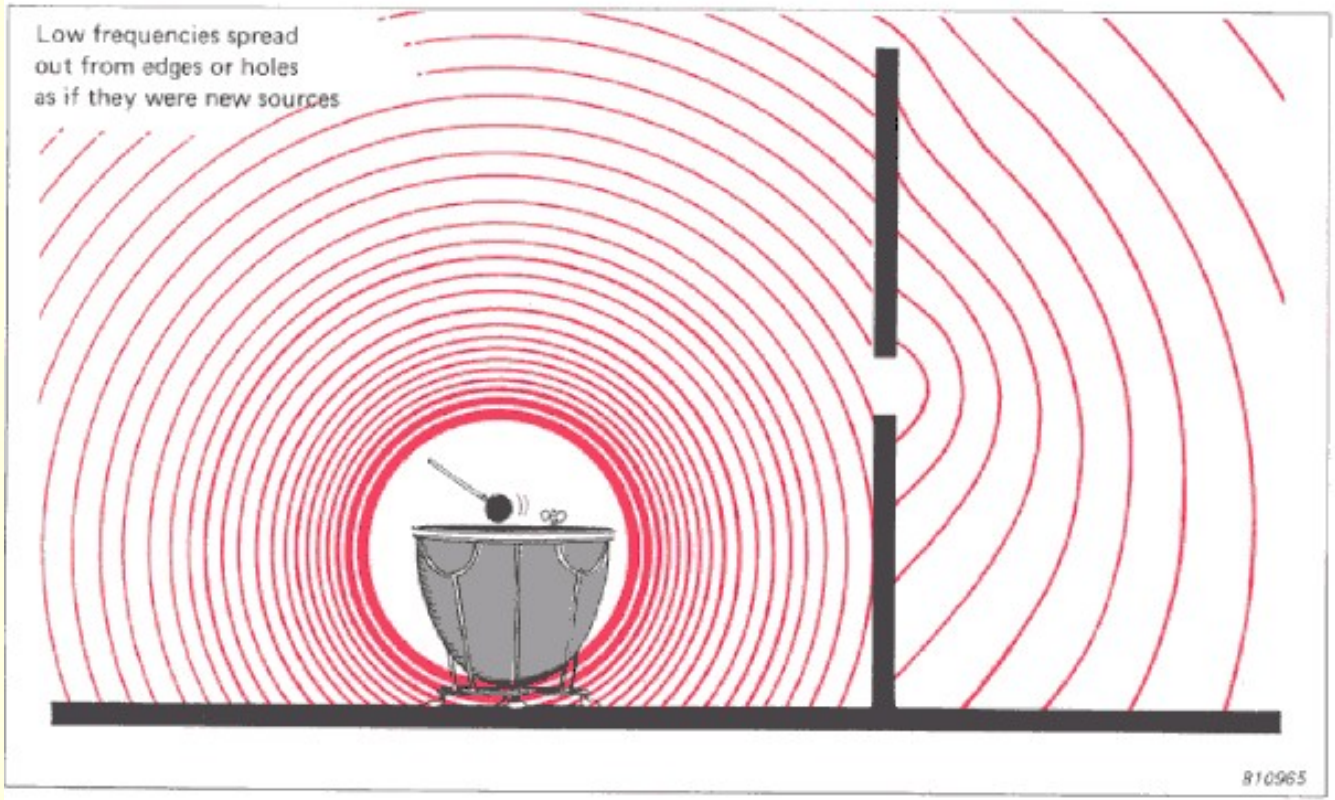

Noise
Level
0,25 s
1 ms
4
1000

- 2 dişli aynı büyüklüktedir. Ancak birincisi diğerinden 2 kat fazla dişe sahip dişlinin baskın frekansları biri diğerinin 2 katı olacaktır. Sesin ana kaynağı bir dişin diğer dişlideki karşılık gelen dişle teması ile oluşmaktadır. Aynı çap ve dönme hızı için 2 kat dişe sahip olan çark 2 kat daha fazla dişle temas eder ve sonuçta yapılacak gürültüde diğerinden 2 katı frekansla yayılır.

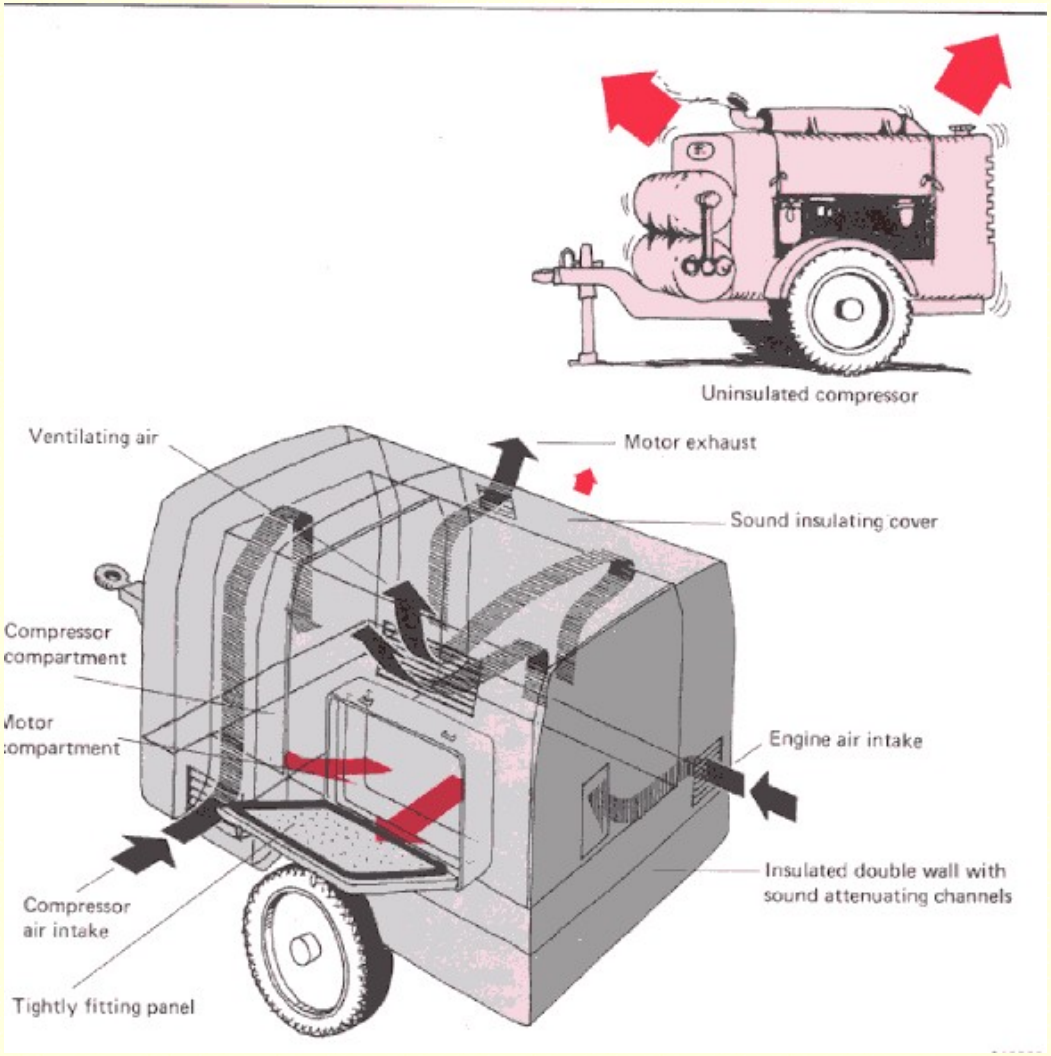

Noise Level
Few teeth
Many teeth
Lower
Higher
Frequency
810504

- Düşük frekanslı ses çoğunlukla her yöne eşit yayılır. Daireler (dalgalar) birbirleri içinde ve boşlukta şiddetini kaybetmeden yayılırlar. Kenardan her yöne yeni bir kaynaktan yayılır gibi eşit bir şekilde yayılır. Bu sebepten bariyerler ve paravanlar çok geniş olmadıkça çok fazla etkili olmazlar.

Principle

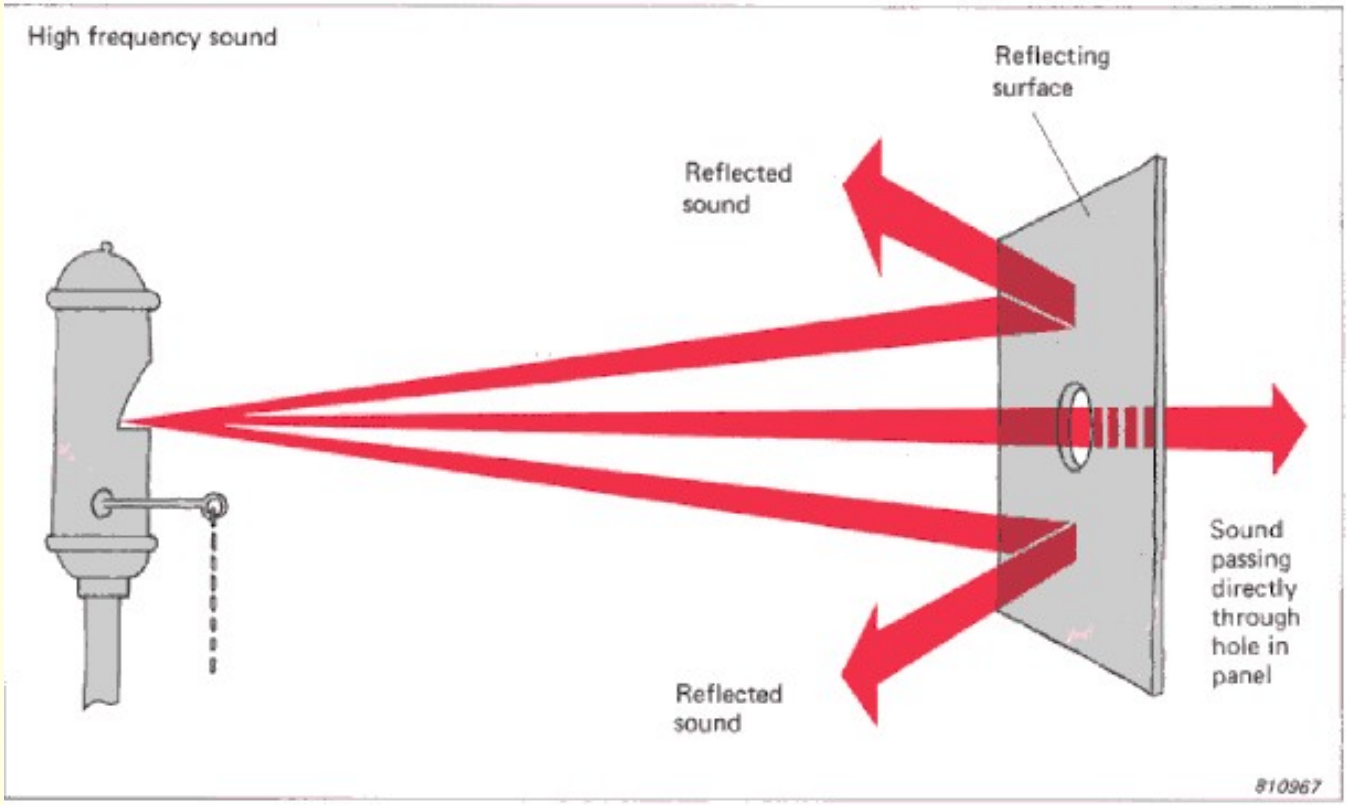

Low frequencies spread
out from edges or holes
as if they were new sources
B10965

- **Örnek:** Dizel kompresörler, randımanı yüksek egzoz susturucularla donatılsalar bile yüksek seviyeli düşük frekanslı gürültü çıkartırlar. Gürültü kolayca yarıklardan ve açıklıklardan dışarıya doğru yayılır.
- **Çözüm:** Sızan gürültüyü iyi bir şekilde tıkamak-ortadan kaldırmak için kompresöre güçlü bir susturucu gerekir. Yalıtım çift katlı (iç-içe) kanal gibi gürültü emici astar ile oluşturulmalıdır. Hava;kompresör,motor ve soğutucular için bu kanallar boyunca

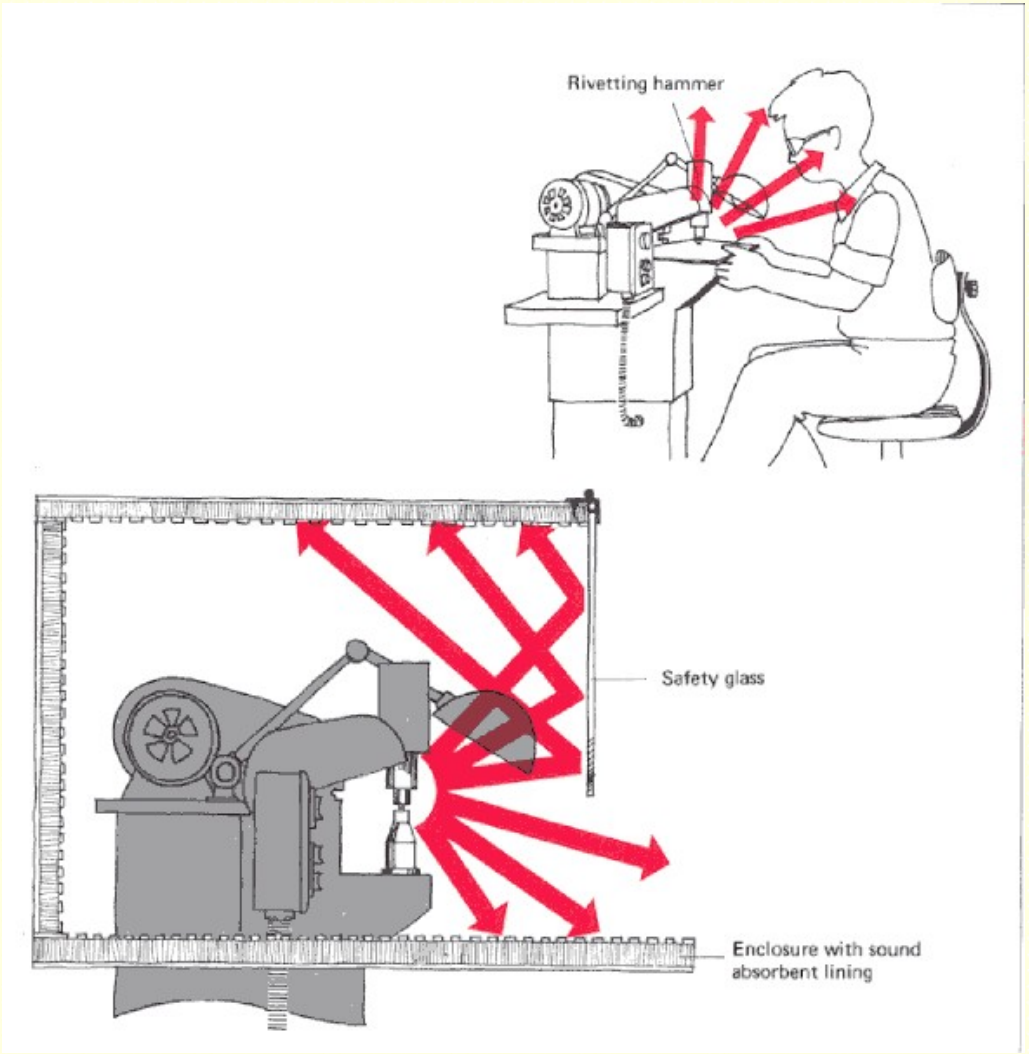

Uninsulated compressor
Ventilating air
Motor exhaust
Sound insulating cover
Compressor compartment
Motor compartment
Engine air intake
Insulated double wall with sound attenuating channels
Compressor air intake
Tightly fitting panel

- -Yüksek frekanslı ses doğrusal ve yansımaya müsaittir.-
- Yüksek frekanslı ses genellikle,bir çok yönde yüksek seviyeli gürültü yayan kaynak tarafından üretilir. Ancak diğer yönlere de düşük seviyeli ses üretilebilir. Ses sert bir yüzeyden ışığın,aynadan yayıldığı gibi yayılır ve paneldeki delik boyunca difüze olmamış ışık gibi pas geçer. Ses difüze olmadığından bariyer sesi engeller.

Principle

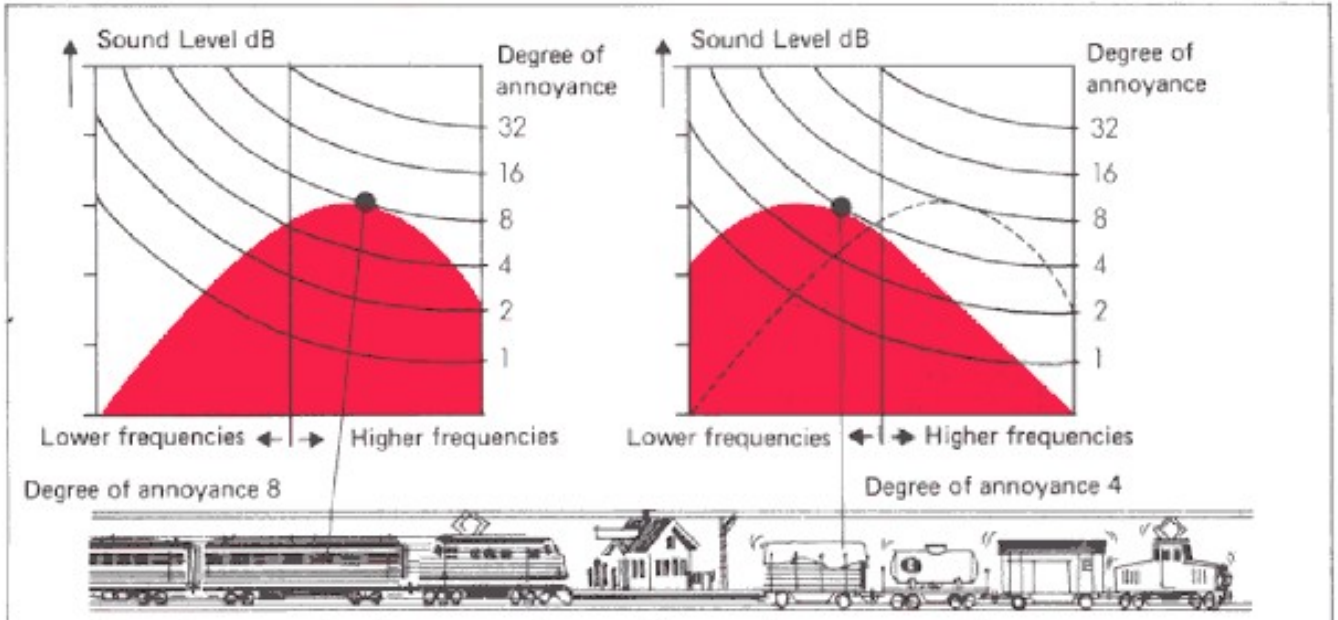

High frequency sound
Reflecting surface
Reflected sound
Sound passing directly through hole in panel
Reflected sound
810967

- **Örnek:** Çekiçleme, dövme gibi işlemler gürültü meydana getirirler. Oluşan yüksek frekanslı gürültü operatöre zarar verici düzeydedir.
- **Çözüm:** Operatörün kulağını makinadan doğrudan gelen seslerden korumak için kapalı yerlerde gürültü kaynağı yakınlarına koruyucu cam ile kabin inşa edilir. Koruyucu camdaki yansımalar ve diğer yönlerdeki doğrusal ses emici astar tarafından emilir. Bu küçük bölgede yayılan ses;operatörün kulağından uzağa doğru yayılır.


Rivetting hammer
Safety glass
Enclosure with sound absorbent lining

- Yüksek frekanslı gürültü hemen hemen düşük frekanslı gürültü kadar rahatsız edicidir.
- Kulak alçak frekanstan ziyade yüksek frekansa çok daha duyarlıdır.Bu yüzden aynı miktarda gürültü oluşması için düşük frekanslı gürültü yüksek frekanslı gürültüden daha yüksek seviyeli bir ses olmalıdır.Bazı şartlarda gürültü kaynağı, düşük frekanslı etkin ses enerjisine çevrilerek, rahatsızlığın azaltılması mümkün olabilir.

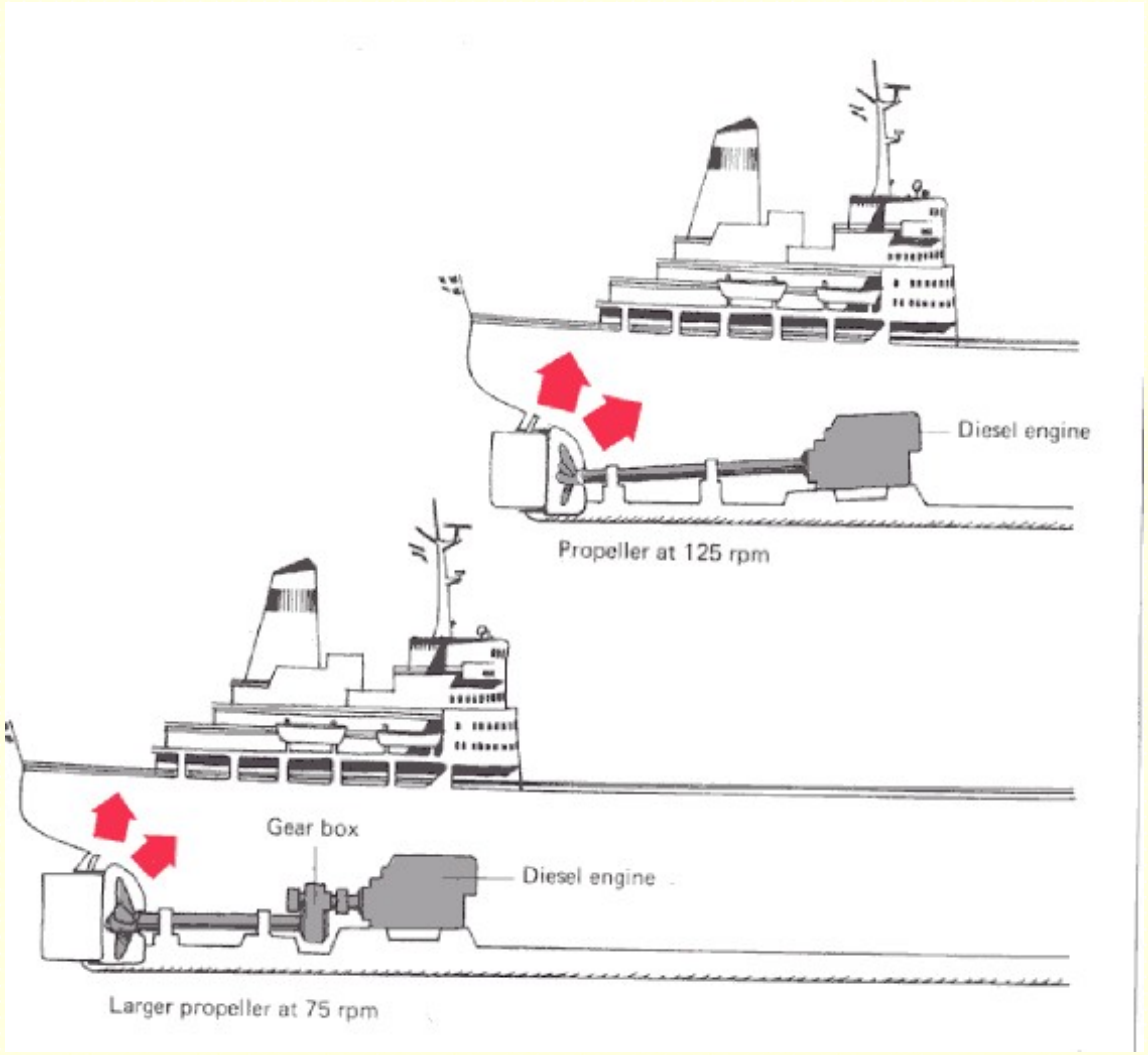
Principle



Two trains may produce the same sound energy. However, the passenger train's dominant frequencies are higher than those from the goods train and therefore more annoying.

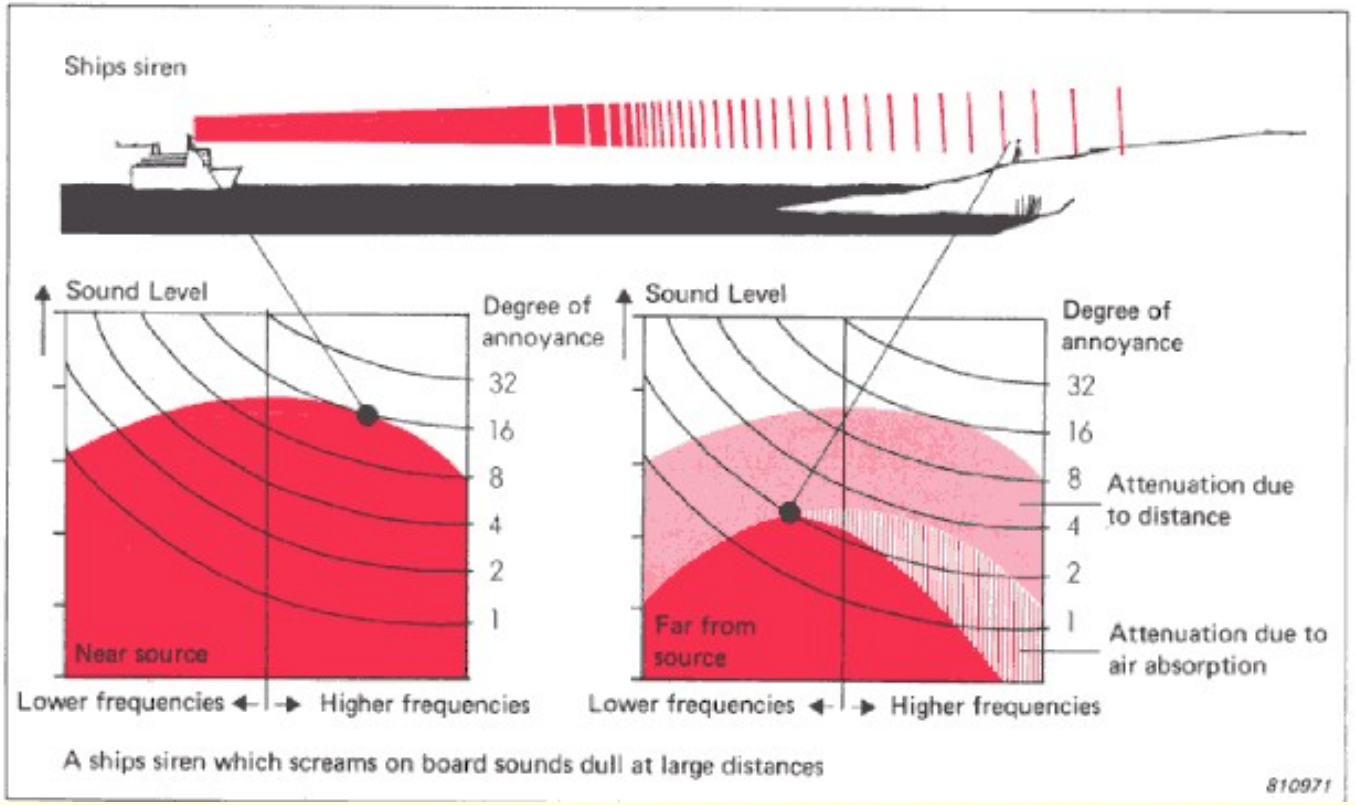
810969

- **Örnek:** Bir gemi pervanesi, motor ile aynı hızda döner,dakikada 125 devir gemi için çok büyük gürültü kaynağıdır.
- **Çözüm:** Büyük çarklı bir dizaynda,redüktör kullanılarak, düşük hız,çok düşük frekans ile rahatsız edici gürültü azaltılabilir.

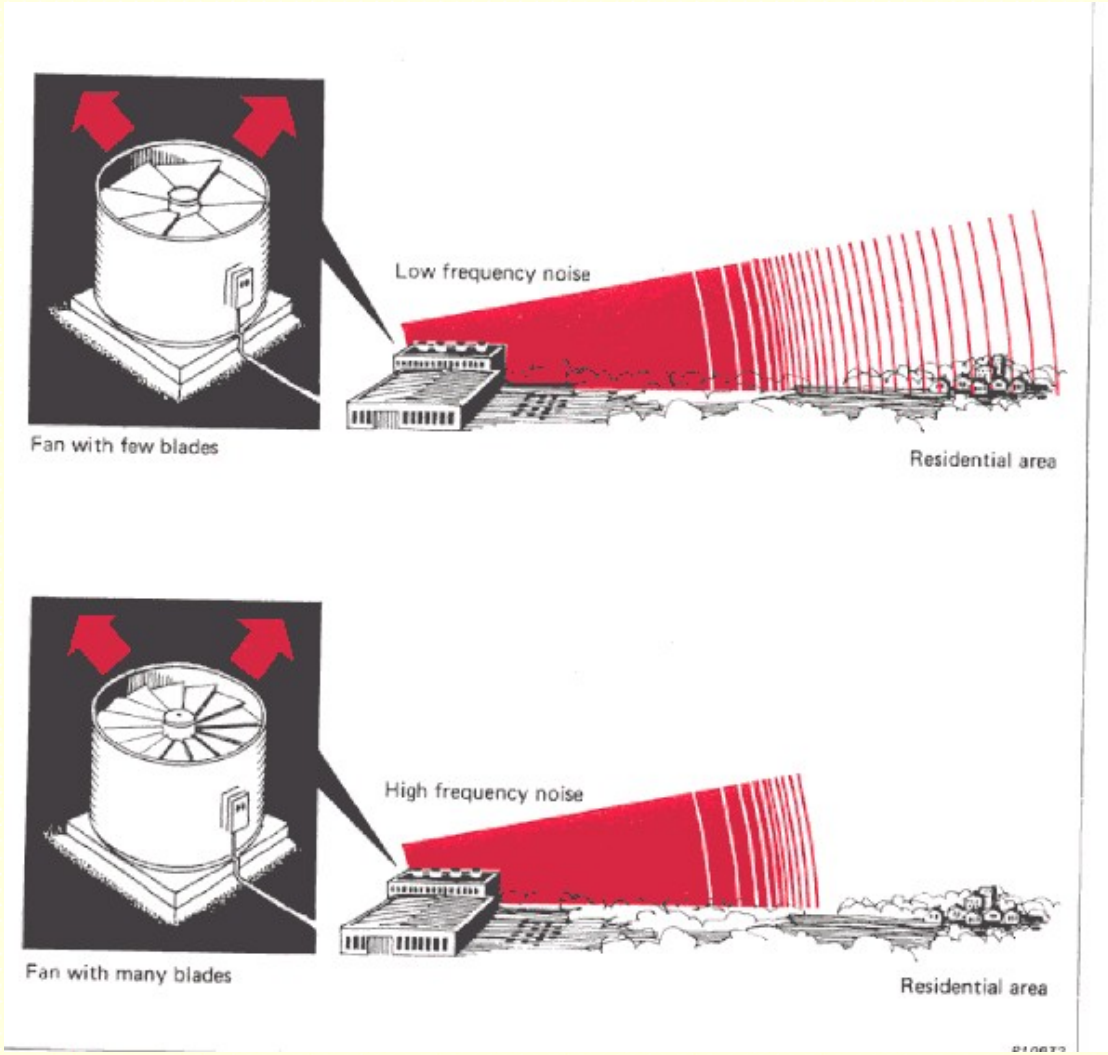

Diesel engine
Propeller at 125 rpm
Gear box
Diesel engine
Larger propeller at 75 rpm

- -Kaynaktan uzaklaştıkça yüksek frekanslı gürültü alçak frekanslı olandan daha az rahatsız eder.-
- Yüksek frekanslı gürültü, havanın içinde absorbsiyona düşük frekanslı gürültüden çok daha fazla açıktır. Bunun sebebi absorbsiyonun döngü sayısına bağımlılığı ve belli bir mesafe için yüksek frekanslı seslerde, düşük frekanslılara oranla daha fazla döngü olmasıdır. Ayrıca yüksek frekanslı gürültü kaynağını azaltmak normalde daha kolaydır. Eğer, kaynağın yanındaki gürültü bir problem değilse, baskın gürültüyü problem bölgesine ulaştığında etkince absorbe edilmiş olan daha yüksek bir frekansa kaydırmak muhtemel bir yoldur.

Principle

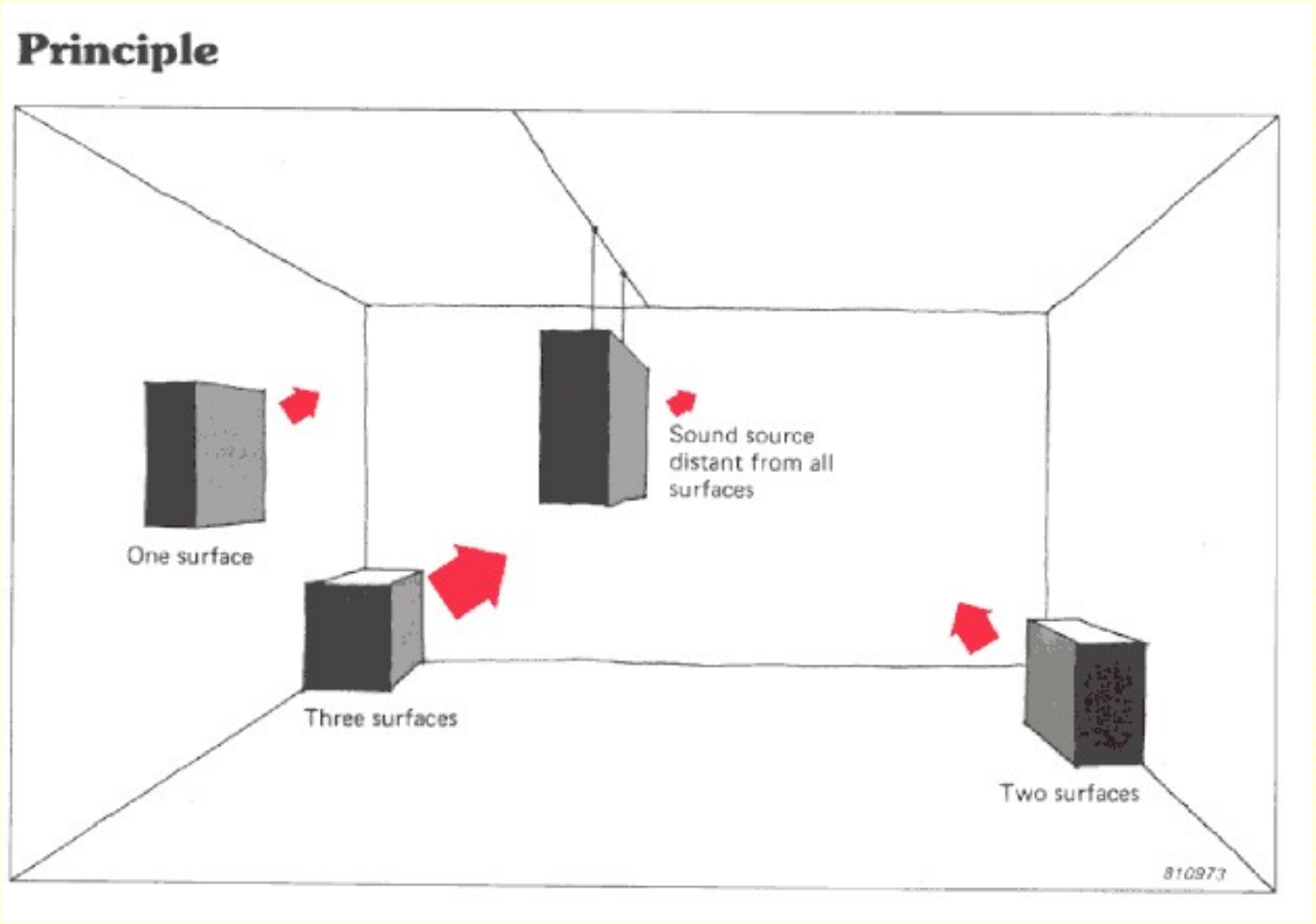

Ships siren
Sound Level
Degree of annoyance
32
16
8
4
2
1
Near source
Lower frequencies
Higher frequencies
Sound Level
Degree of annoyance
32
16
8
4
2
1
Attenuation due to distance
Attenuation due to air absorption
Far from source
Lower frequencies
Higher frequencies
A ships siren which screams on board sounds dull at large distances
810971

- **Örnek:** Endüstriyel fonlardan çıkan düşük frekanslı gürültü,belirli h□y□ti alan içinde gürültü kirliliğine sebep olur. Yüksek frekanslar yolda sönümlenirler.
- **Çözüm:** Fanlar, gürültünün ana kaynaklarının frekansını artıran daha fazla sayıda kanatlı başka bir tipiyle değiştirilir. Yüksek frekanslılar,atmosfer tarafından yeterince absorbe edilirler ki böylece hayati alanda bir rahatsızlık kaynağı olmasınlar.

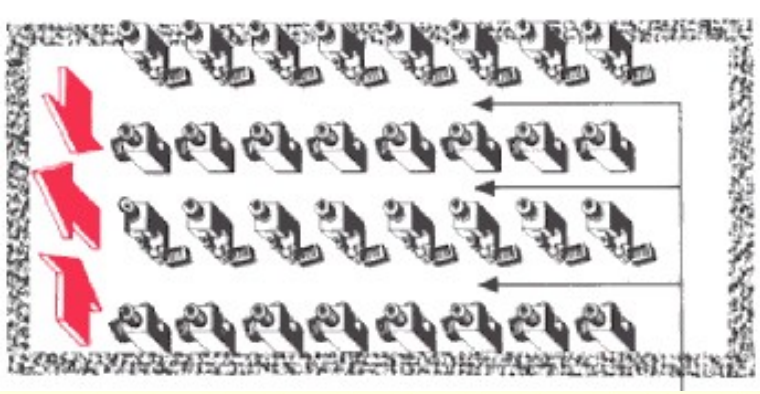

Low frequency noise
Fan with few blades
Residential area
High frequency noise
Fan with many blades
Residential area

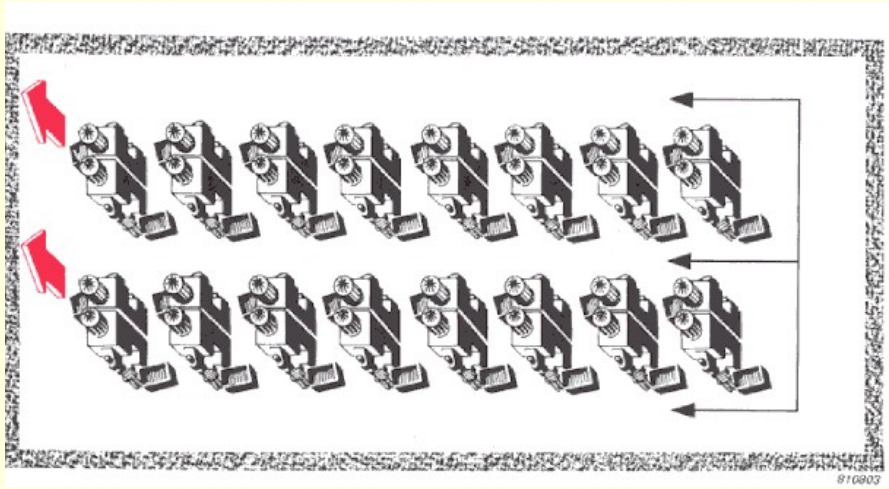
- -Ses kaynakları, yansıtıcı yüzeylerden uzağa yerleştirilmelidir.-
- Bir ses kaynağı yansıtıcı bir yüzeye yakınlaştırıldıkça yayılan sesin daha fazla bir kısmı oda içine geri yönlendirilir. En kötü pozisyon 3 yüzeye karşı yerleştirmektir. En iyi pozisyon ise bütün yansıtıcı yüzeylerden uzağa serbestçe asmaktır.

Principle


Sound source
distant from all
surfaces
One surface
Three surfaces
Two surfaces
810973

- **Örnek:** Bir makine atölyesinde makinalar 4'lü sıra şeklinde yerleştirilmişlerdir. 2 sıra duvara dayalı ve aralarında 3 koridor olacak şekilde dizili olan ekipmanların çıkardıkları gürültünün azaltılması için uygun bir dizilim şekli belirleyiniz.
- **Çözüm:** Duvara dayalı ekipmanlar ortaya çekilir ve böylece 2 sıra 3 koridordan oluşan bir dizilim elde edilir. Simetrik dizilimden dolayı ses dalgaları birbirlerini sönümler ve çıkan gürültü azalmış olur.



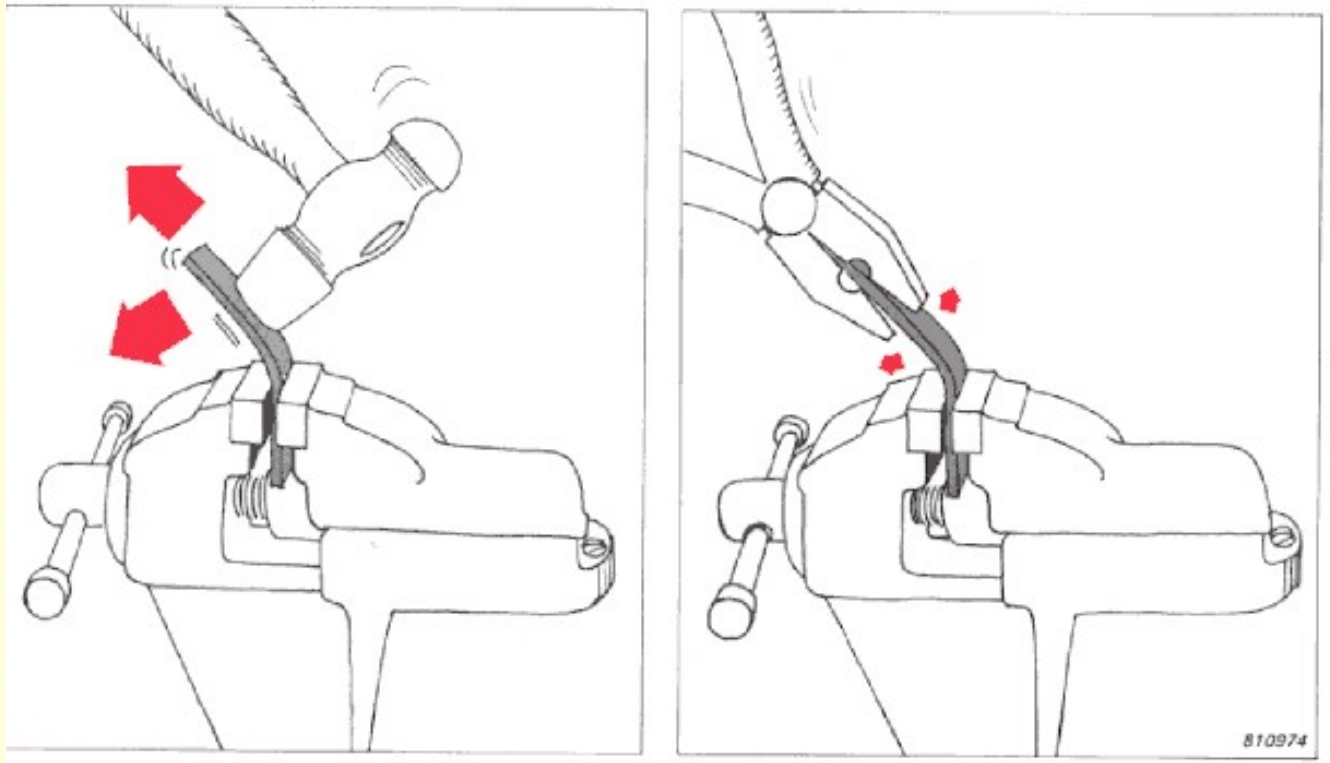

810803

- Gürültü; her zaman kuvvet,basınç veya hız değişiminin olduğu yerlerde meydana gelir. Büyük değişikler çok büyük gürültüleri,küçük değişikler daha az gürültüleri meydana getirir. Yüksek güç ve kısa periyot veya düşük güç ve uzun periyot uygulamalarında da aynı sonuç elde edilir.

Principle

A metal strip can be bent noisily using a hammer

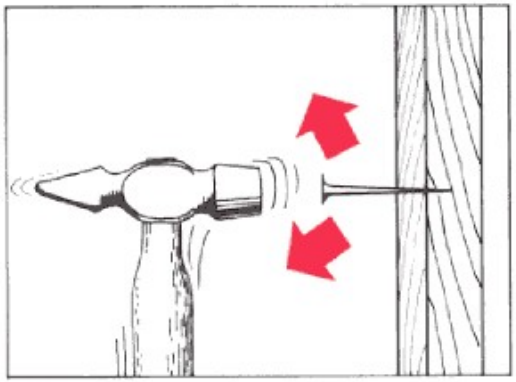
or quietly using pliers



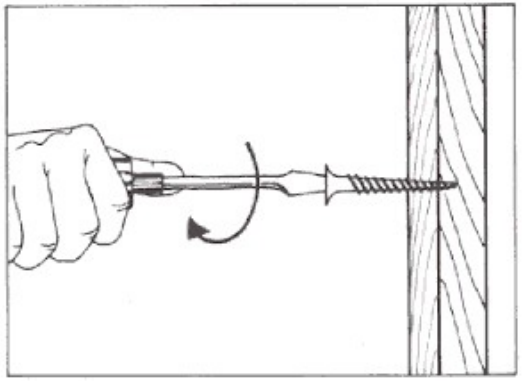
- **Örnek:** Levha ve tablolar birçok farklı yolla tutturulabilir(bağlanabilir). Onlardan bazıları diğerlerinden oldukça gürültülüdür. Darbe gerektiren;çiviler ve perçinler özellikle çok yüksek seviyeli gürültü ürettikleri gibi,işitme tahribatı açısından da kötüdürler.
- **Çözüm:** Pek çok durumda,vidalı ve civatalı gibi sessiz metodlar,etkisini yitirmeden veya maliyetini artmadan kullanılabilirler. Bu metodların avantajı;bu elamanların montajı esnasında girişi ve daha sonraki zamanlarda sökülebilmeleridir.

Two panels can be fixed together

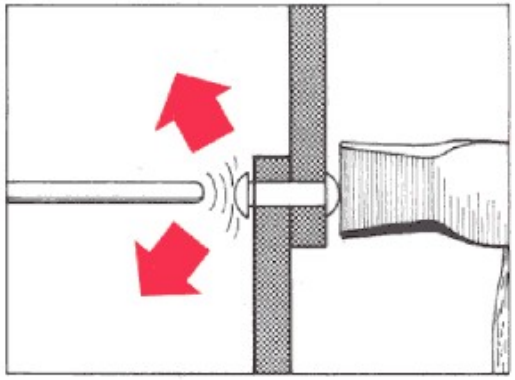
using nails — **noisy**



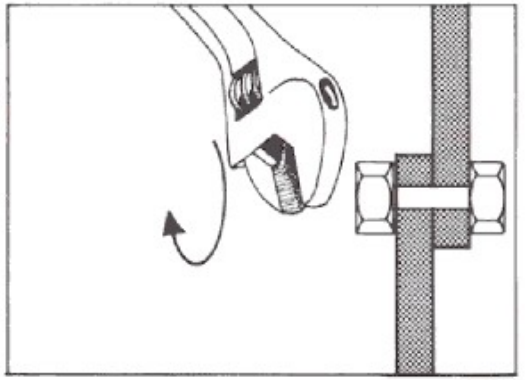
or screws — **quiet**



Steel sheet may be rivetted
Very noisy

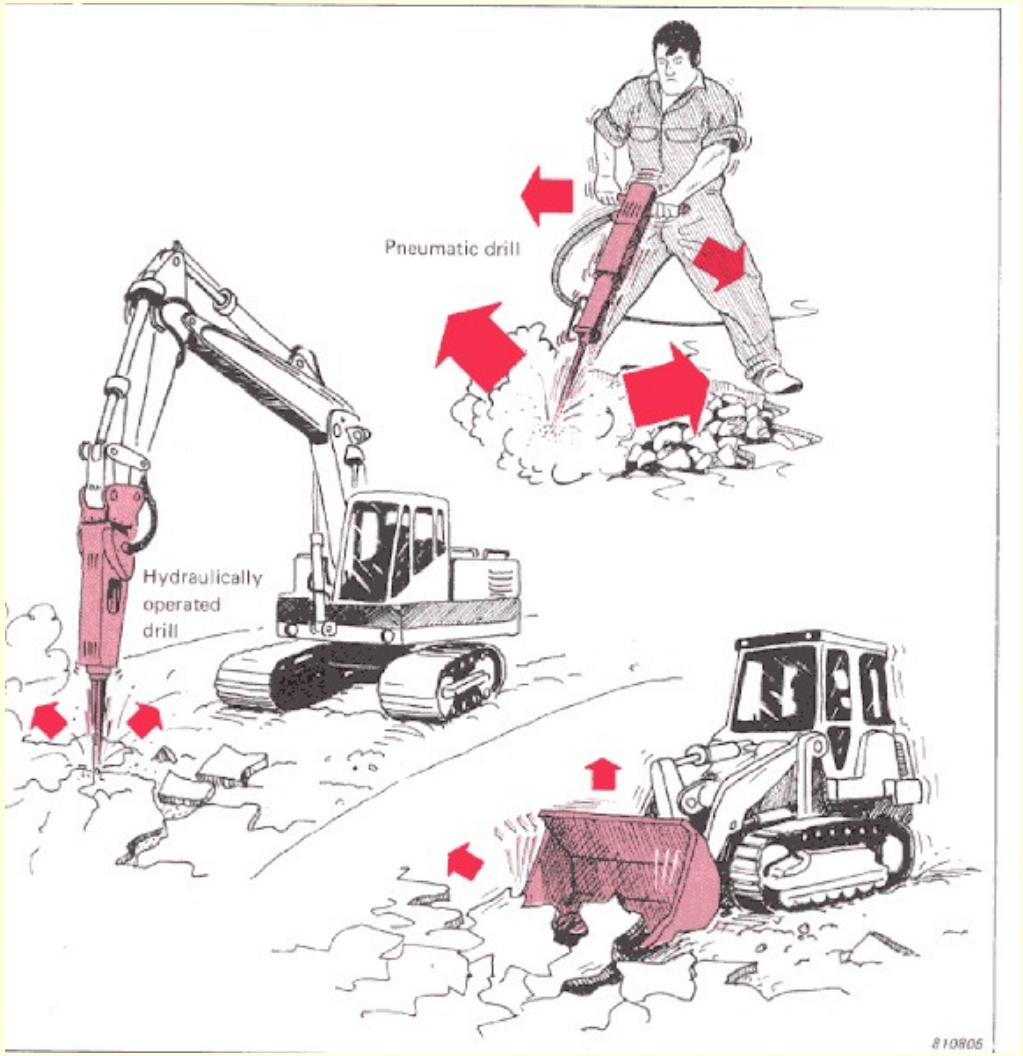


or bolted — **very quiet**

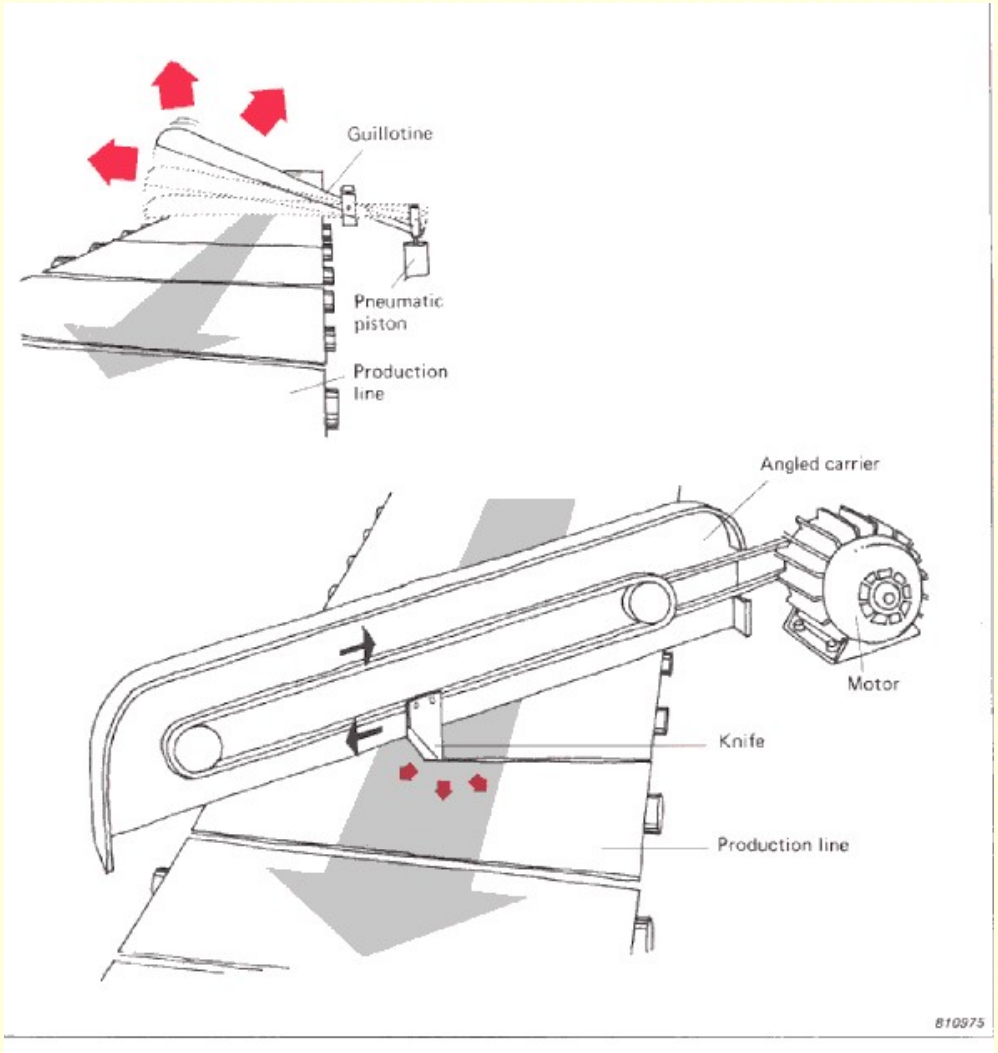


810804

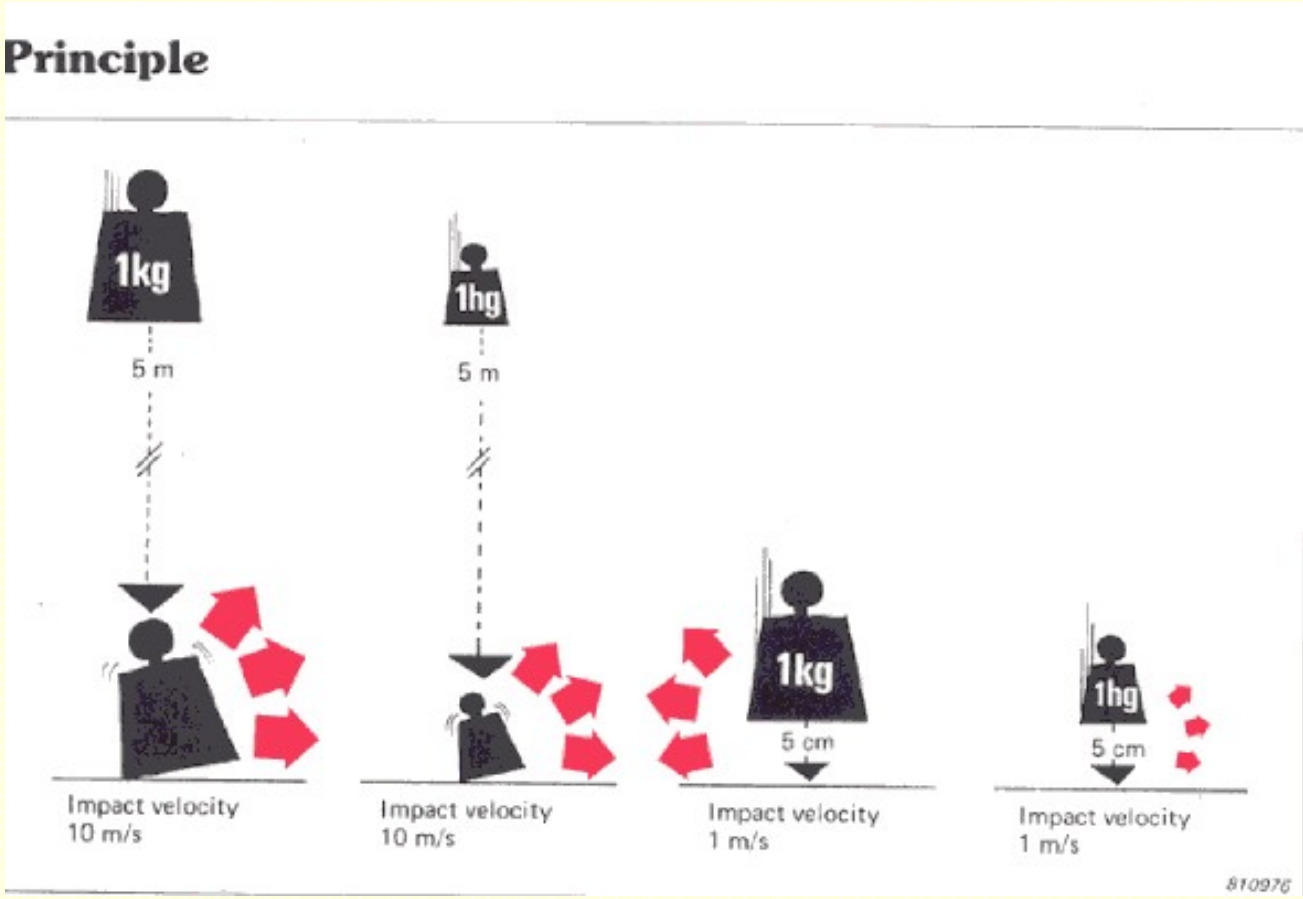
- **Örnek:** Beton kırıcılar geleneksel olarak elle çalıştırılıp,ağırlık azaltmak için pnömatikle güçlendirilmişlerdir. Yüksek seviyelerdeki kuvvetin çıkardığı gürültüyü parçalama işlemi ve egzostan çıkan gürültü oluşturur. Operatör yüksek seviyedeki gürültü ve titreşimin her ikisine birden maruz kalır.
- **Çözüm:** Bir hidrolik sistemin kullanıldığı çekiçle çalışan delici;titreşimle olduğu kadar geniş bir statik güç sarf edebilir. Kırılmış ve çatlamış beton kaplama bir kepçeli yükleyici tarafından yukarı kaldırılabilir. Gürültü seviyeleri daha düşüktür. Operatörler,korama kabinlerinin içinde,ses kaynağından daha uzaktadırlar.


Pneumatic drill
Hydraulically
operated
drill
810805

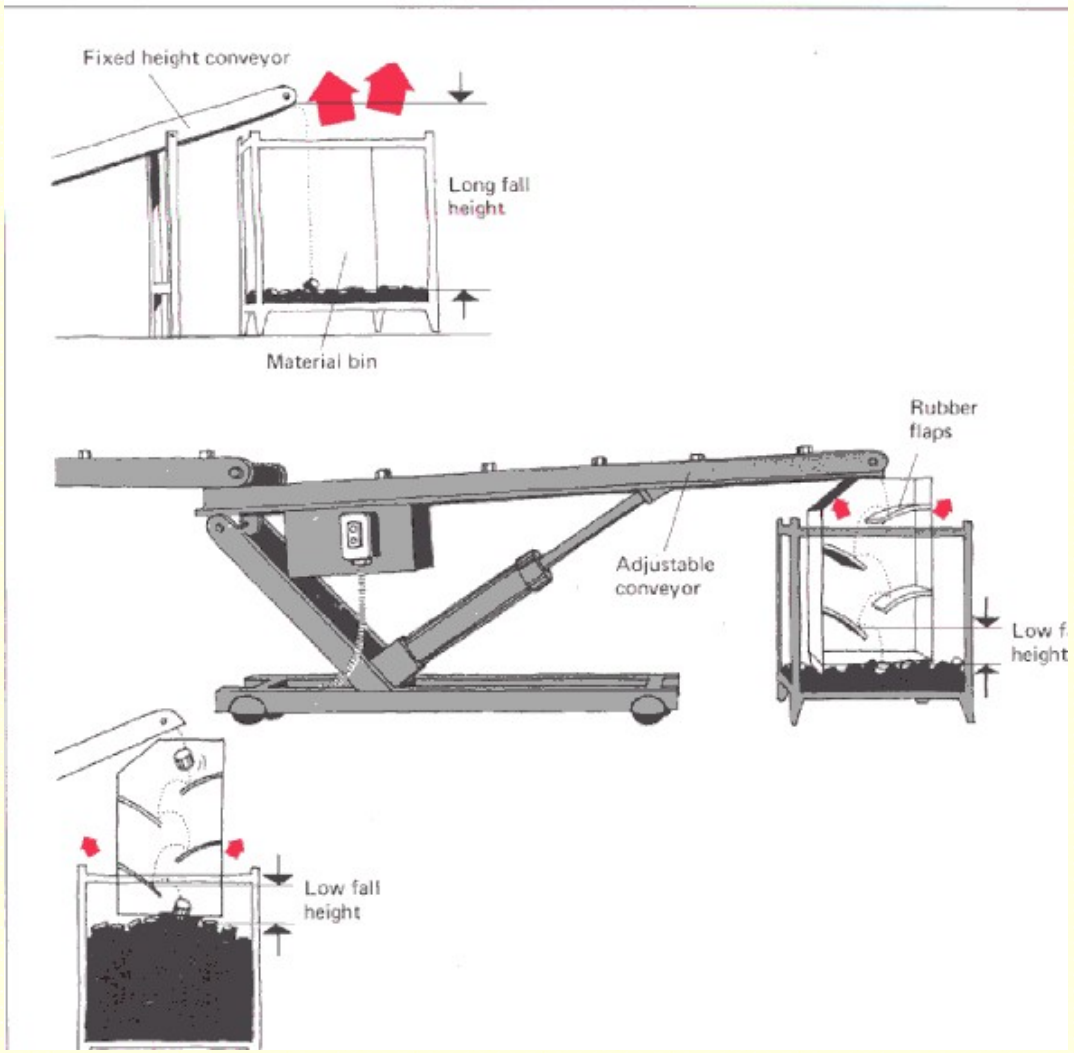
- **Örnek:** Karton kutu makinasındaki mukavva bir giyotin kullanılarak kesilir. Bıçak dikey kesmek için yüksek güç kullanılarak,üretim hattında hızlı bir şekilde düşmelidir. Bu düşüş yüksek seviyede gürültüye sebep olur.
- **Çözüm:** Üretim hattına çapraz yerleştirilmiş bir bıçak kullanarak,materyal uzun periyotta ve düşük bir kuvvetle hemen hemen sessiz bir şekilde kesilebilir. Bıçak, hareket eden üretim hattına dik kesmesi için belirli bir açıda yerleştirilmelidir.


Guillotine
Pneumatic piston
Production line
Angled carrier
Motor
Knife
Production line
810975

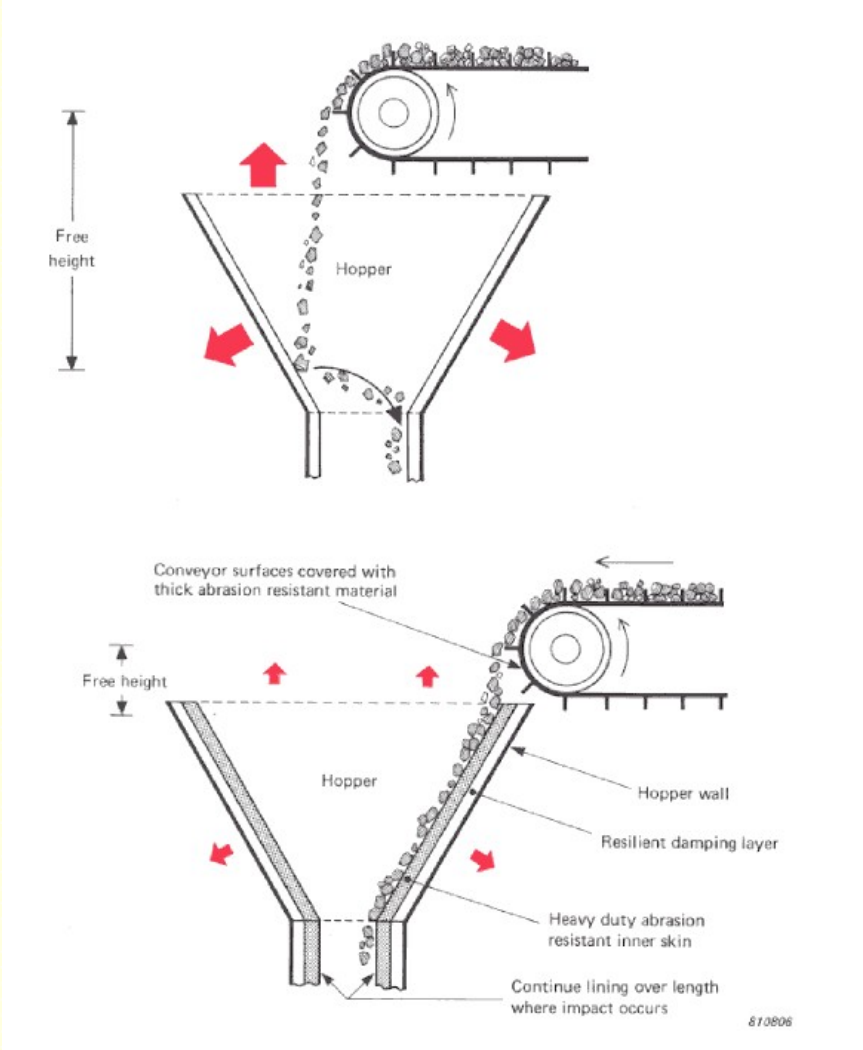
- -Düşük kütle ve düşük yükseklikten düşerken en az ses çıkar.-
- Gürültü,nesnenin panele çarpması ile oluşur. Gürültü seviyesi düşen nesnenin hızı ve kütlesine bağlıdır. Daha büyük kütle ve yükseklik daha fazla gürültü oluşturur. Çünkü büyük miktardaki enerji darbe yolu ile panele aktarılır. Kütlenin veya yüksekliğin azaltılması,oluşan gürültünün yaklaşık 10 kat daha azalmasına yol açar.


Principle
1kg
5 m
Impact velocity
10 m/s
1hg
5 m
Impact velocity
10 m/s
1kg
5 cm
Impact velocity
1 m/s
1hg
5 cm
Impact velocity
1 m/s
810976

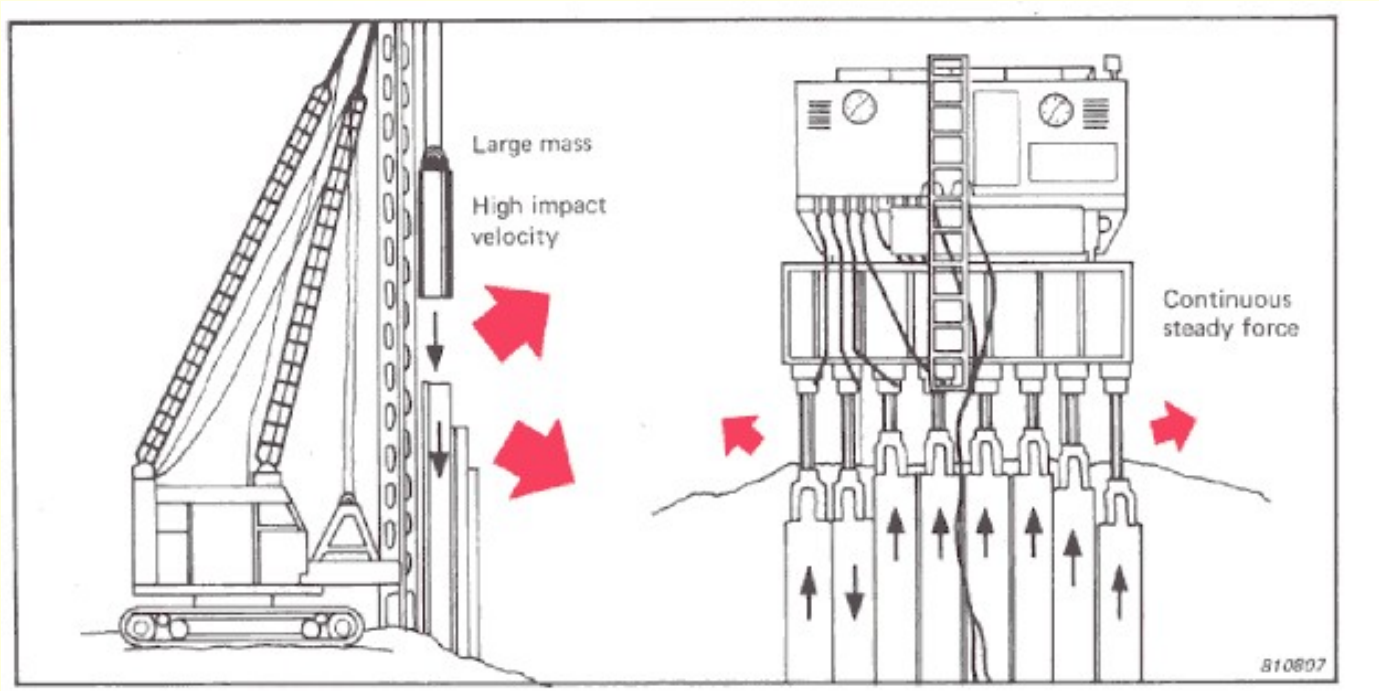
- **Örnek:** İmal edilen parçalar imalat tezgahlarından; konveyör ile taşınarak toplama kutusuna belirli bir yükseklikten düşerler. Toplama kutusu boş olduğu zaman, düşme yüksekliği artar bu sebepten gürültü yüksek olur. Parçaların hasar görmesi tehlikeli olabilir.
- **Çözüm:** Yüksekliği ayarlanabilen bir konveyör yardımıyla ve toplama kabının içine de kauçuk kanatlar takmak suretiyle, üretilen parçaların düşerken sahip oldukları hızları kesilir. Düşme yüksekliği asla toplanan parçalar ile en alt seviyedeki kauçuk kanat arasındaki mesafeden fazla değildir. Toplama kabı doldukça ayarlanabilir konveyör yukarı doğru yükselir.


Fixed height conveyor
Long fall height
Material bin
Rubber flaps
Adjustable conveyor
Low f
height
Low fall height

- **Örnek:** Malzeme taşımakta kullanılan bir konveyörün, kırıcının ortasına yerleştirilmesi, parçaların yüksekten düşmesine neden olur. Kırıcının kendisi de yankı (gürültü) yapan bir yapı olur.
- **Çözüm:** Konveyör, kırıcının kenarına doğru yerleştirildiğinden serbest düşme yüksekliği minimize edilmiş olur. Kırıcının iç tarafı sönümleyici mal edilmiş olur. Kırıcının iç tarafı sönümleyici malzeme ile kaplanabilirse, darbeler çok daha iyi absorbe edilir. Dış yüzeye yerleştirilen bir plaka şiddetli rezonansı dahi sönümler.

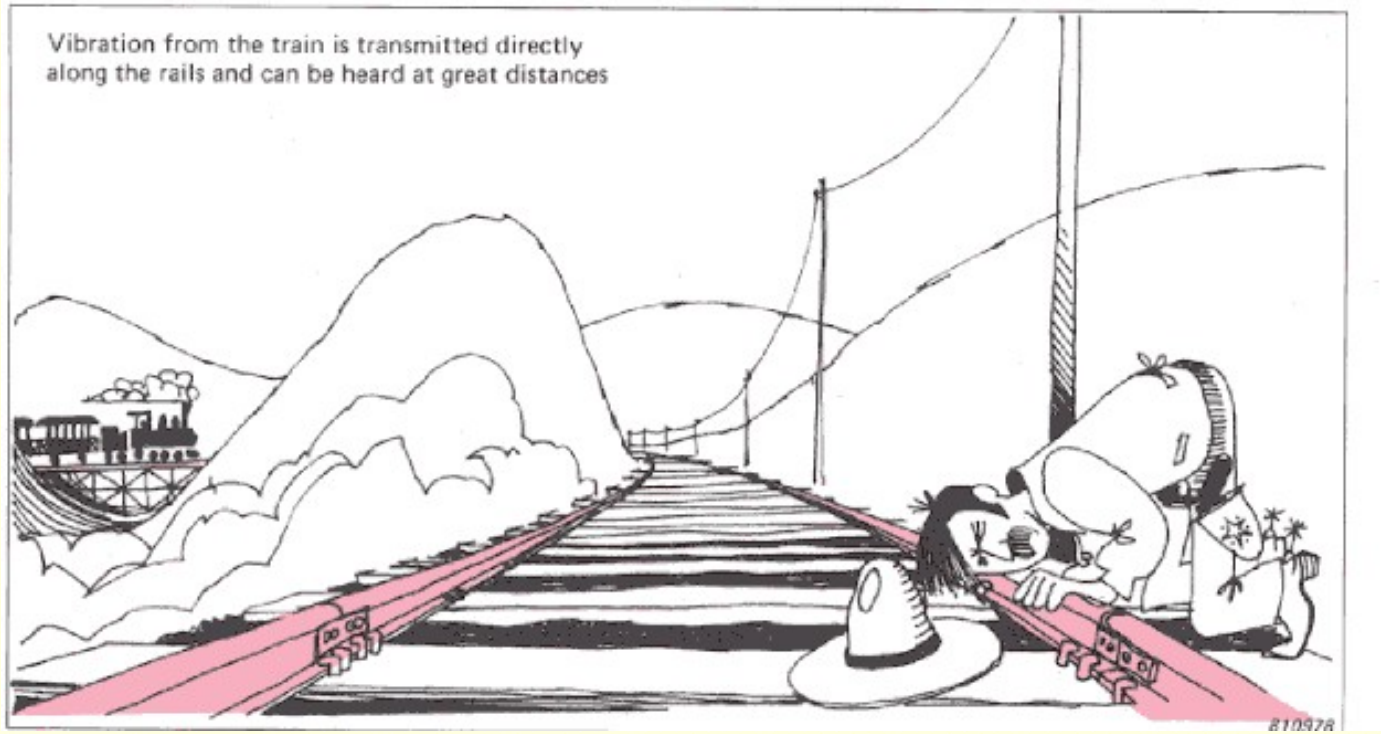

Free
height
Hopper
Conveyor surfaces covered with
thick abrasion resistant material
Free height
Hopper
Hopper wall
Resilient damping layer
Heavy duty abrasion
resistant inner skin
Continue lining over length
where impact occurs
810806

- **Örnek:** “Sheet Piles” ismiyle anılan vinçler, normalde, patlamalı dizel şarj ile güç verilen, çok yüksekten düşürülen ağır bir kütlenin çarpmasıyla çalıştırılırlar. Bu durumda ise tehlikeli seviyede lokal gürültü seviyesi ortaya çıkar. Bu da kilometrelerce mesafe içinde rahatsızlığa sebep olur.
- **Çözüm:** Pek çok durumda, çarpışmayı önleyici tamamıyla farklı bir teknik kullanmak mümkündür. Bir dizi hidrolik ram aynı anda birden fazla sayıda levhayı kavrayarak tutabilir.
- Bir kerede bir kazık aşağıya doğru zorlanırken, makine tüm ağırlıklarını yukarıya doğru çekerek onu yer bastırır. Kazığı tutan şahmerdanın yaptığı titreşim, şahmerdana işlevini yerine getirmede yardımcı olur. Çarpışma tamamiyle önlenir ve gürültü seviyesi ise hidrolik ekipmanlarındaki kadar düşük olur.

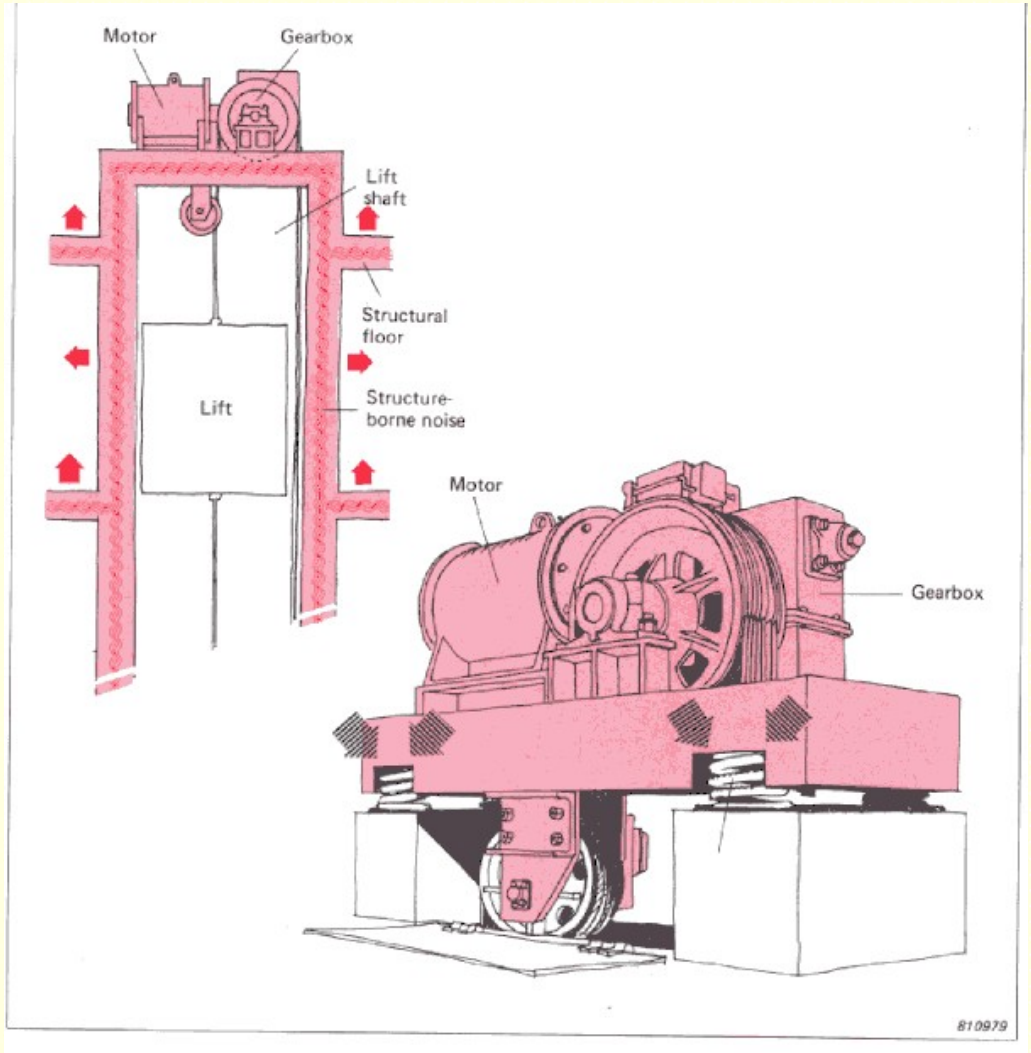

Large mass
High impact velocity
Continuous steady force
B10807

- - Yapılardaki oluşan ses uzun mesafeler kat eder. –
- Özellikle, beton binalar veya gemiler gibi homojen yapılarda oluşan titreşim, yapının çok düşük seviyeli iç sönümlemesi yüzünden çok uzun bir mesafe kat eder. Gürültü kaynağı olan büyük bir yüzey titreşen yapıya bağlandığında, yüksek seviyeli bir gürültü oluşur. En iyi çözüm binayı titreşimin kaynağından, kaynağa mümkün olan en yakın yerden izole etmektir.

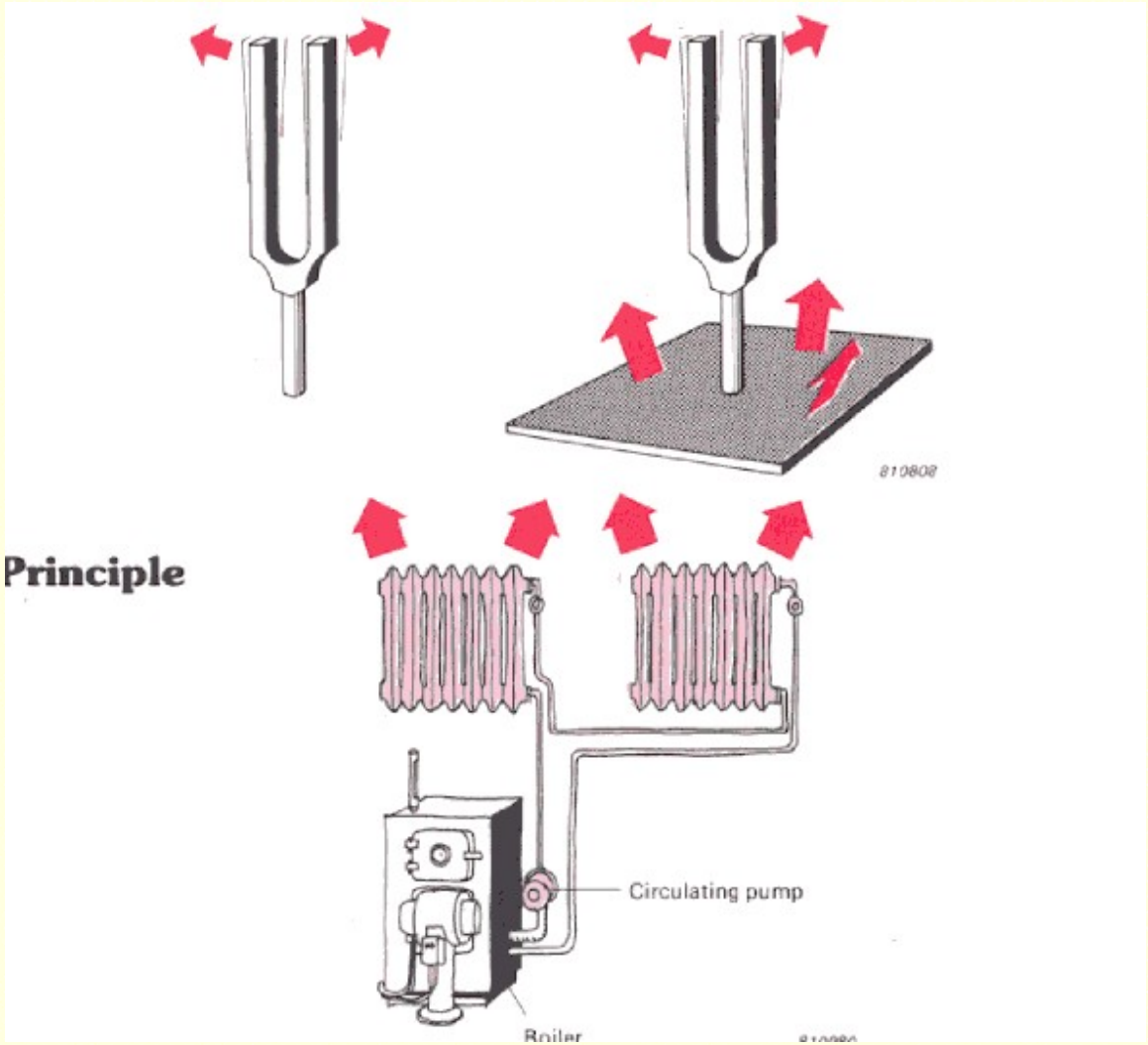
Principle


Vibration from the train is transmitted directly
along the rails and can be heard at great distances

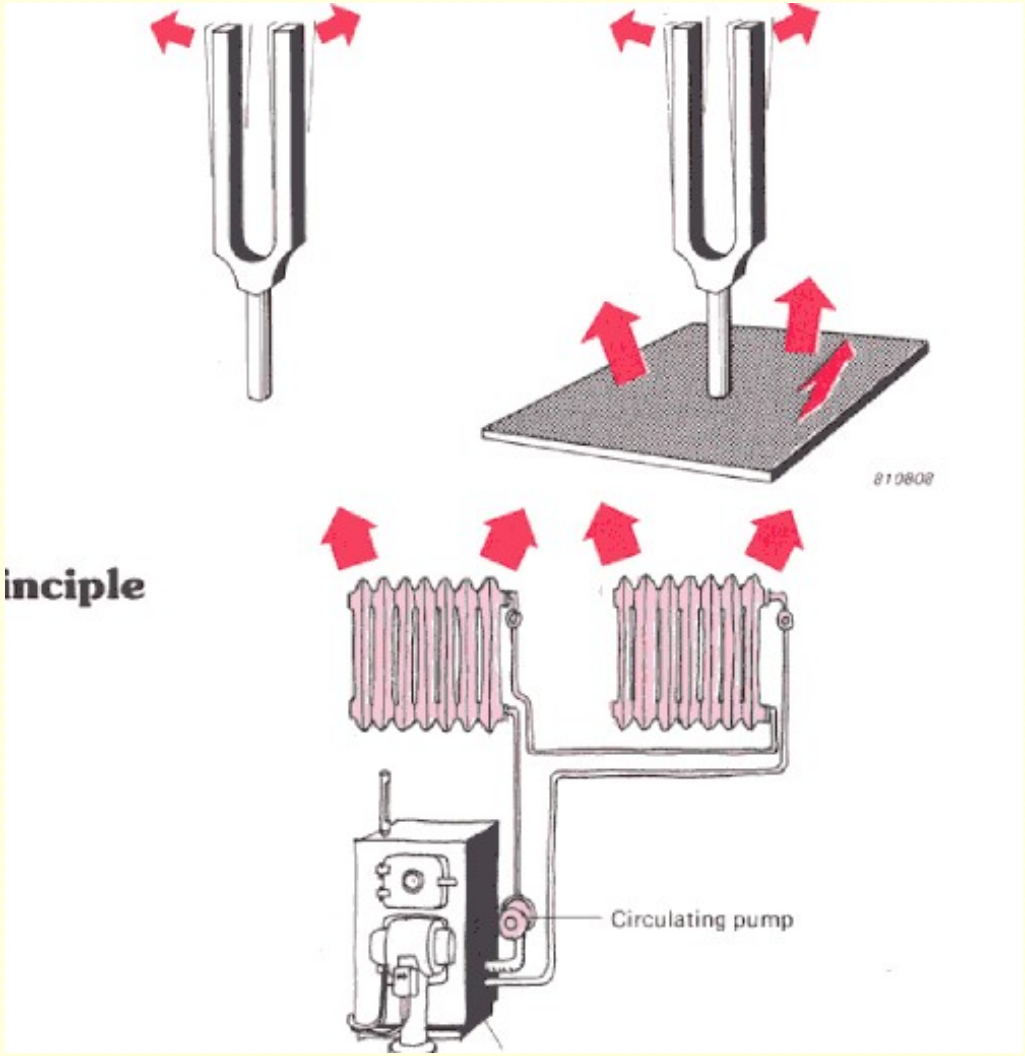
- **Örnek:** Asansörden gelen titreşim ve dur/kalk şokları bütün bina içerisinde duyulabilir. Ses beton yüzeylerde neredeyse hiç engellemeye uğramadan uzak mesafelere taşınır.
- **Çözüm:** Sarım makinası yaylı bir destek kullanılmak suretiyle binadan tümüyle izole edilmelidir. Daha fazla miktarda bir yalıtıma, kaldırıcı mili ve sürücü mekanizmayı binanın geri kalanından ayrı yapmak suretiyle ulaşılabilir.


Motor
Gearbox
Lift shaft
Structural floor
Lift
Structure-borne noise
Motor
Gearbox
810979

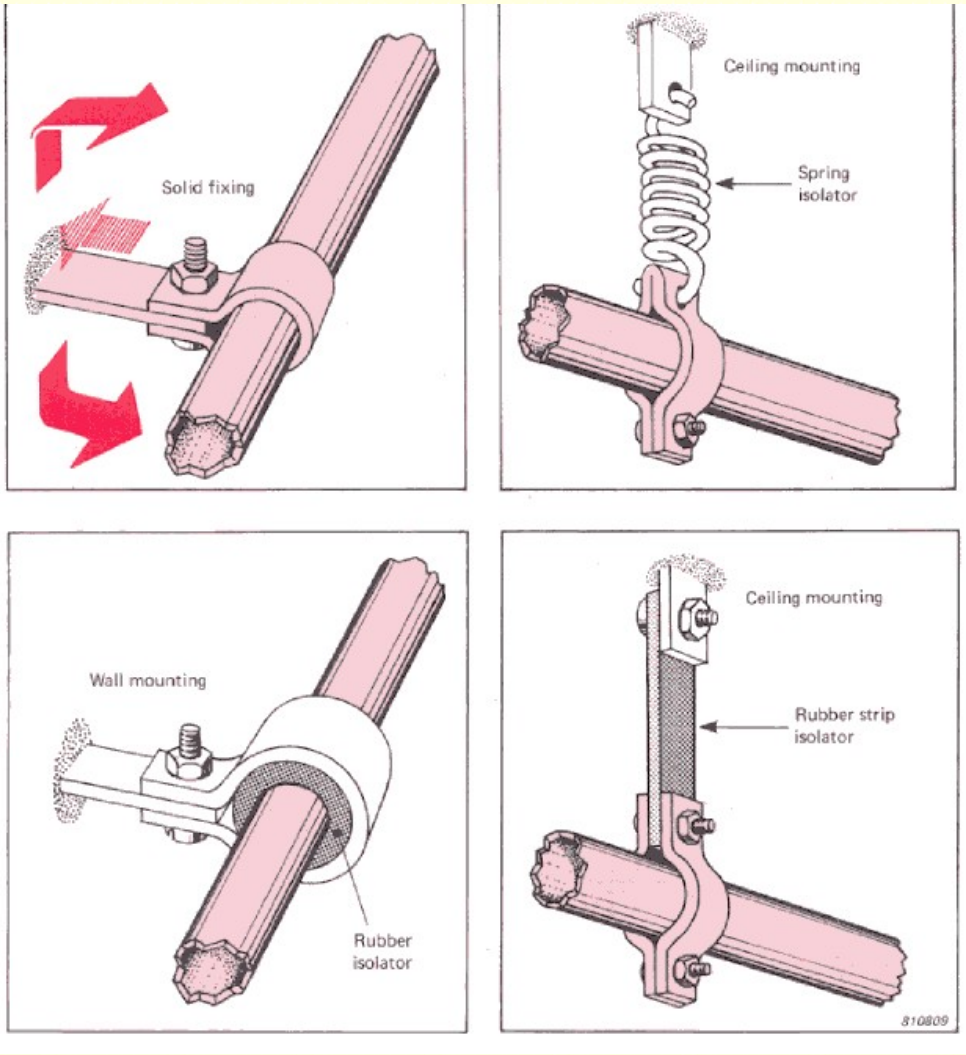
- -Yapılarda oluşan titreşim havada sese dönüşmek için geniş alanlara ihtiyaç duyar.-
- Küçük bir nesnenin titreşimi nesne etrafındaki hareketli hava, alanında küçük olacağından yüksek seviyeli bir gürültü çıkarmaz. Sonuçta titreşim havayla yeterince uyuşmaz. Oysa geniş radyatörler titreşim enerjisini, yüksek seviyeli gürültüyle sonuçlanan, hava sesine çok daha fazla oranda dönüştürürler. Bir metronom, ses plaksına monte edilmedikçe herhangi bir ses çıkarmaz. Merkezi ısıtma sisteminin devir-daim pompası boruları titreştirir. Ancak borulara radyatör gibi geniş bir panel bağlanmadıkça düşük seviyeli bir gürültü iletir.


Principle
Circulating pump
Boiler

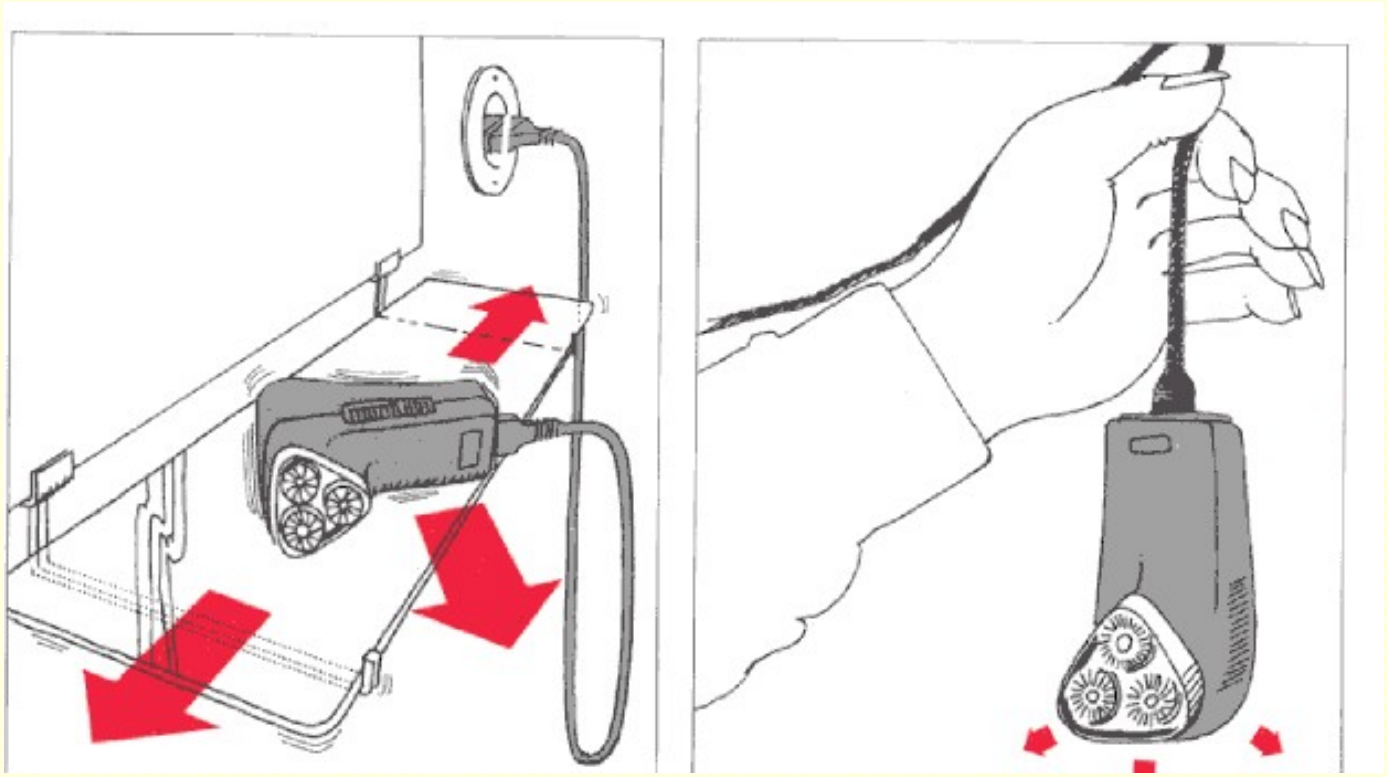
- -Yapılarda oluşan titreşim havada sese dönüşmek için geniş alanlara ihtiyaç duyar.-
- Küçük bir nesnenin titreşimi nesne etrafındaki hareketli hava, alanında küçük olacağından yüksek seviyeli bir gürültü çıkarmaz. Sonuçta titreşim havayla yeterince uyuşmaz. Oysa geniş radyatörler titreşim enerjisini, yüksek seviyeli gürültüyle sonuçlanan, hava sesine çok daha fazla oranda dönüştürürler. Bir metronom, ses plaksına monte edilmedikçe herhangi bir ses çıkarmaz. Merkezi ısıtma sisteminin devir-daim pompası boruları titreştirir. Ancak borulara radyatör gibi geniş bir panel bağlanmadıkça düşük seviyeli bir gürültü iletir.


810808
inciple
Circulating pump

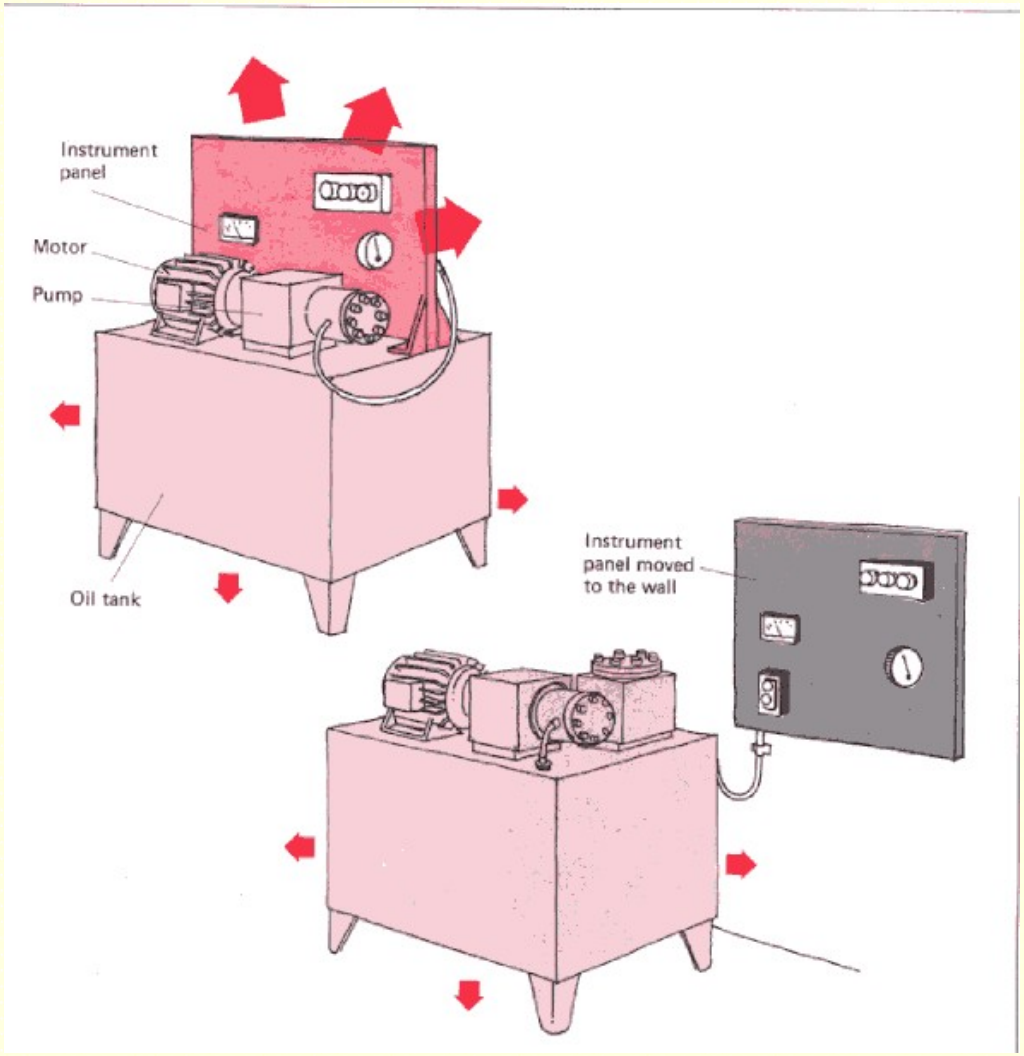
- **Örnek:** Bir borudaki, pompanın titreşiminden veya akışkanın kendisinin gürültüsünden doğan yapısal kaynaklı sesin, hava kaynaklı bir sesi oluşturma ihtimali küçük boru alanı yüzünden oldukça düşüktür. Boruyu bir duvara veya bir panele sabitlemek, titreşime daha fazla yayılma alanı ve sonuçta yüksek seviyede hava kaynaklı ses oluşturma şansı verir.
- **Çözüm:** Borular uygunca monte edilmiş ve duvardan izole edilmiş olmalıdırlar ki titreşimi artırmasınlar. Bu işlemse, yaylar, plastik stripler, köprülü plastik pullar gibi çeşitli izolasyon tiplerinden biri kullanılarak yapılabilir.


Solid fixing
Ceiling mounting
Spring isolator
Wall mounting
Rubber isolator
Ceiling mounting
Rubber strip isolator
810809

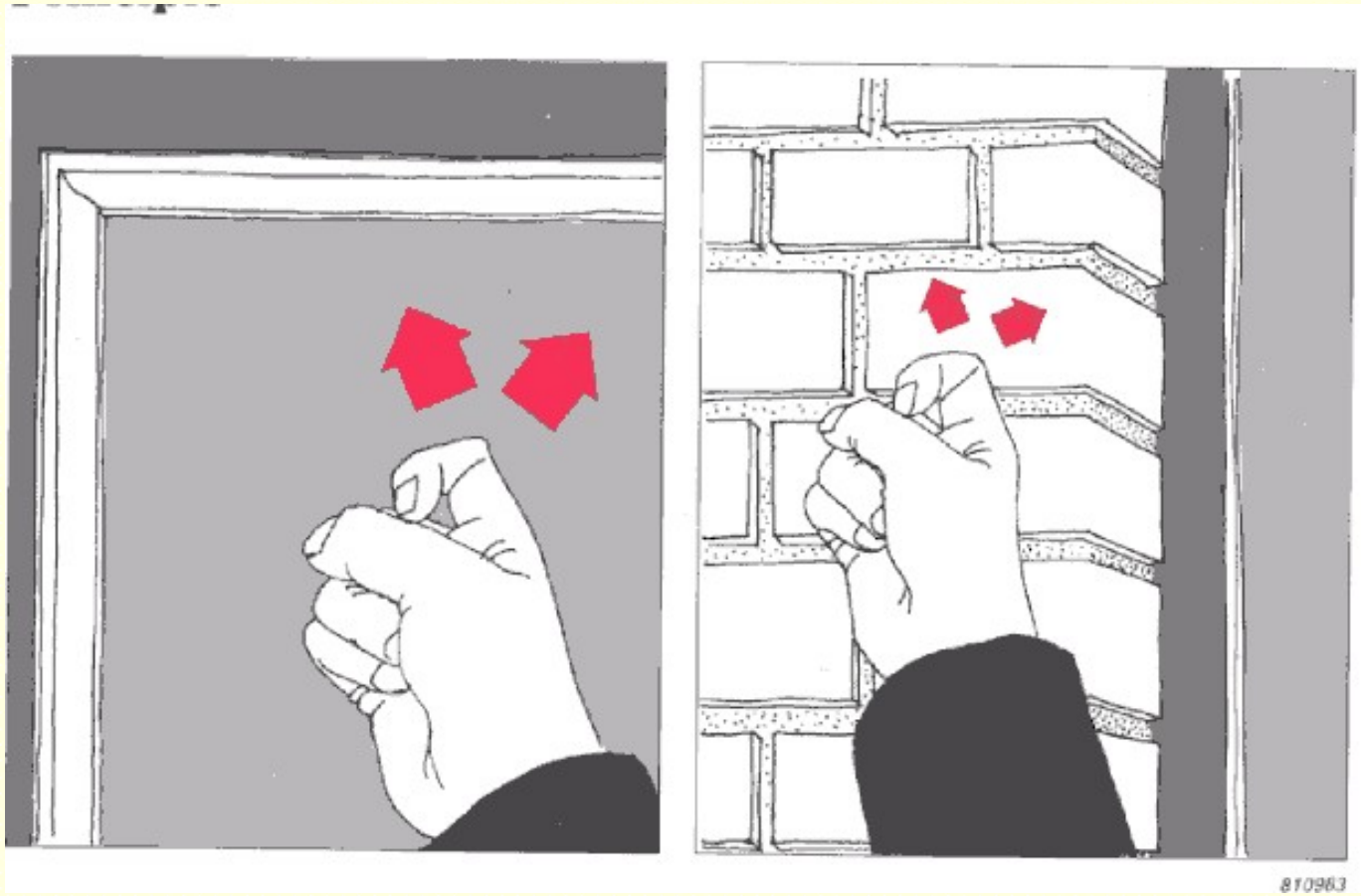
- -Titreşen küçük nesneler büyüklere oranla daha az gürültü yayarlar.-
- Küçük bir nesne, yüzeyi titreşim enerjisini ses enerjisine yeterince dönüştüremediği için yüksek seviyede gürültü üretmeden titreşim yapabilir. Nesneye bağlanacak geniş bir panel onun titreşimini sese dönüştürebilme kapasitesini artıracaktır. Nerdeyse bütün makinalar belli miktarda titreşim yaptıklarından makinenin ve ona bağlı panellerin boyutları olabildiğince küçük tutulmalıdır.
- **Principle:**
- Traş makinasının titreşimi cam yüzeye dağılır. Titreşim geniş alan yayılarak gürültüyü önemli ölçüde yükseltir.
- Makinanın titreşimi artık iletilmiyor ve gürültü azaltıldı.



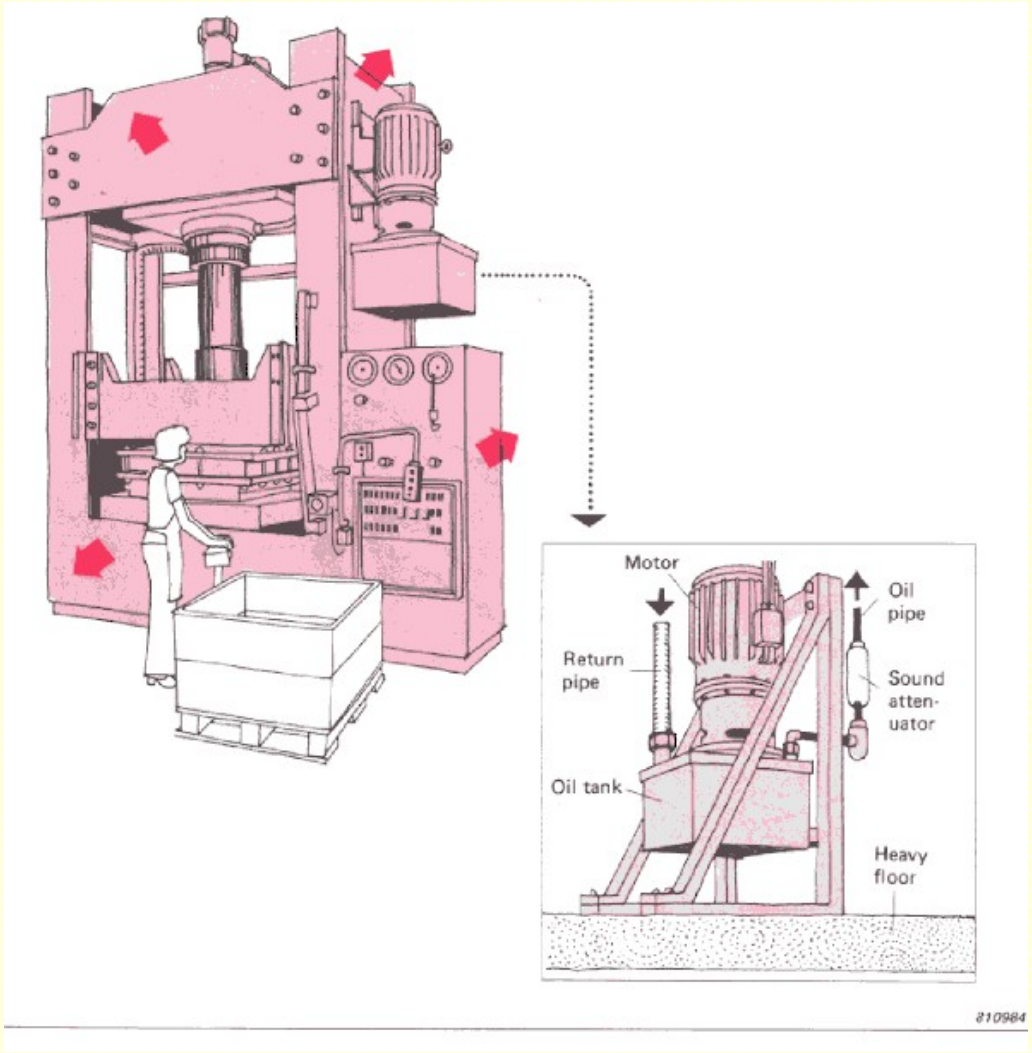
- **Örnek:** Hidrolik besleme ünitesi, yağ tankının panelleri içindeki yağ açısından sönümlenmesine rağmen belirgin şekilde bir ses kaynağıydı. Gürültünün ana kaynağı, motor tarafından titretilen enstrüman paneli olarak bulunur.
- **Çözüm:** Panelin makinadan ayrılması ses kaynağını titreşim kaynağından ayırdı ve çıkan sesin seviyesi düştü.


Instrument
panel
Motor
Pump
Oil tank
Instrument
panel moved
to the wall

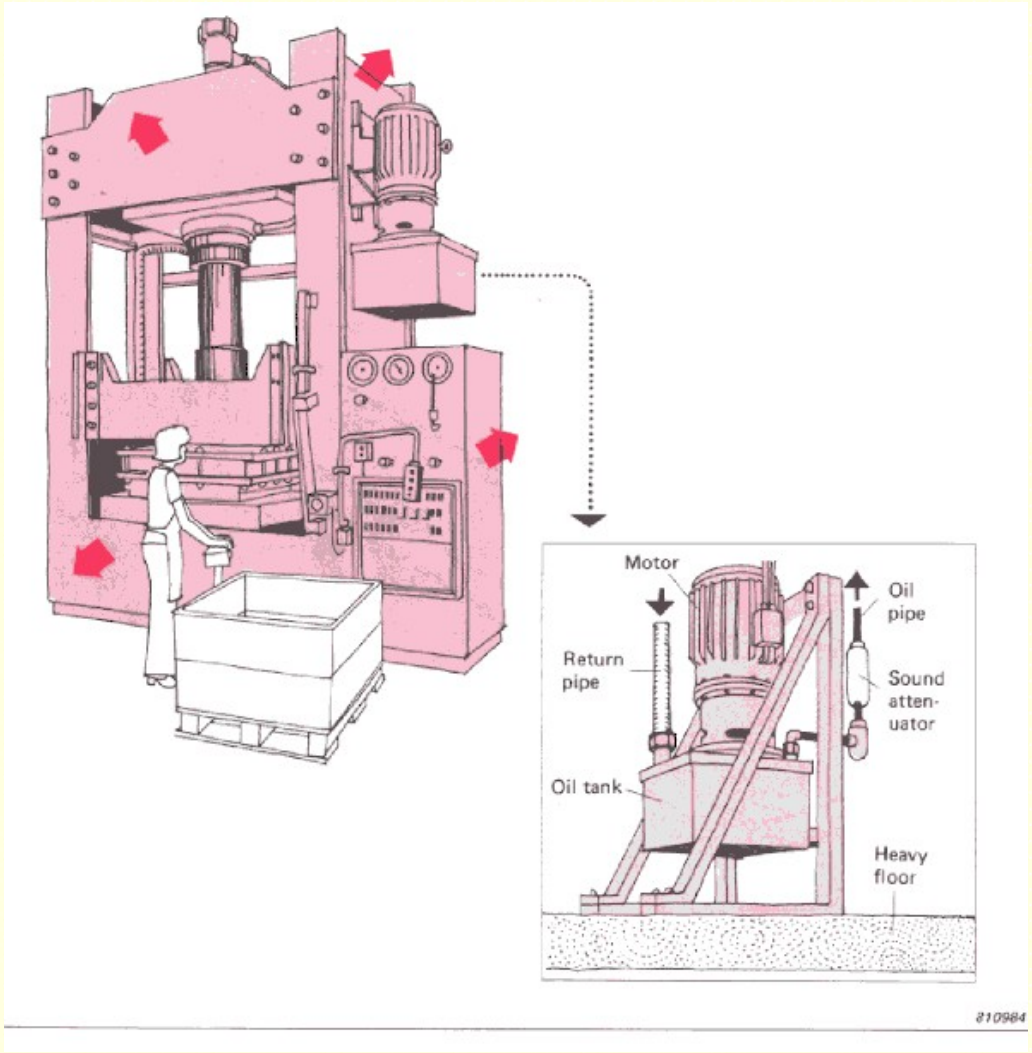
- -Titreşen makinalar veya makinalar veya makinaların titreşen kısımları ağır bir yapı üzerine monte edilmelidir.-
- Hafif kısımlara olan tıklama (tapping) kısım tıklama kuvveti ile kolayca hareket edebildiğinden ve sonuçta sesi ilebildiğinde gürültü üretir. Ağır bir duvar üzerindeki tıklama uygulana kuvvetin küçük olması, duvarda fazla etki yapmaması yüzünden küçük bir gürültü çıkartır. Motorlar ve pompalardan yayılan gürültüyü önlemek için çalışacağı esnek ekipmanlara değil de mümkün olan ağır tabanlara monte edilmelidir.


810963

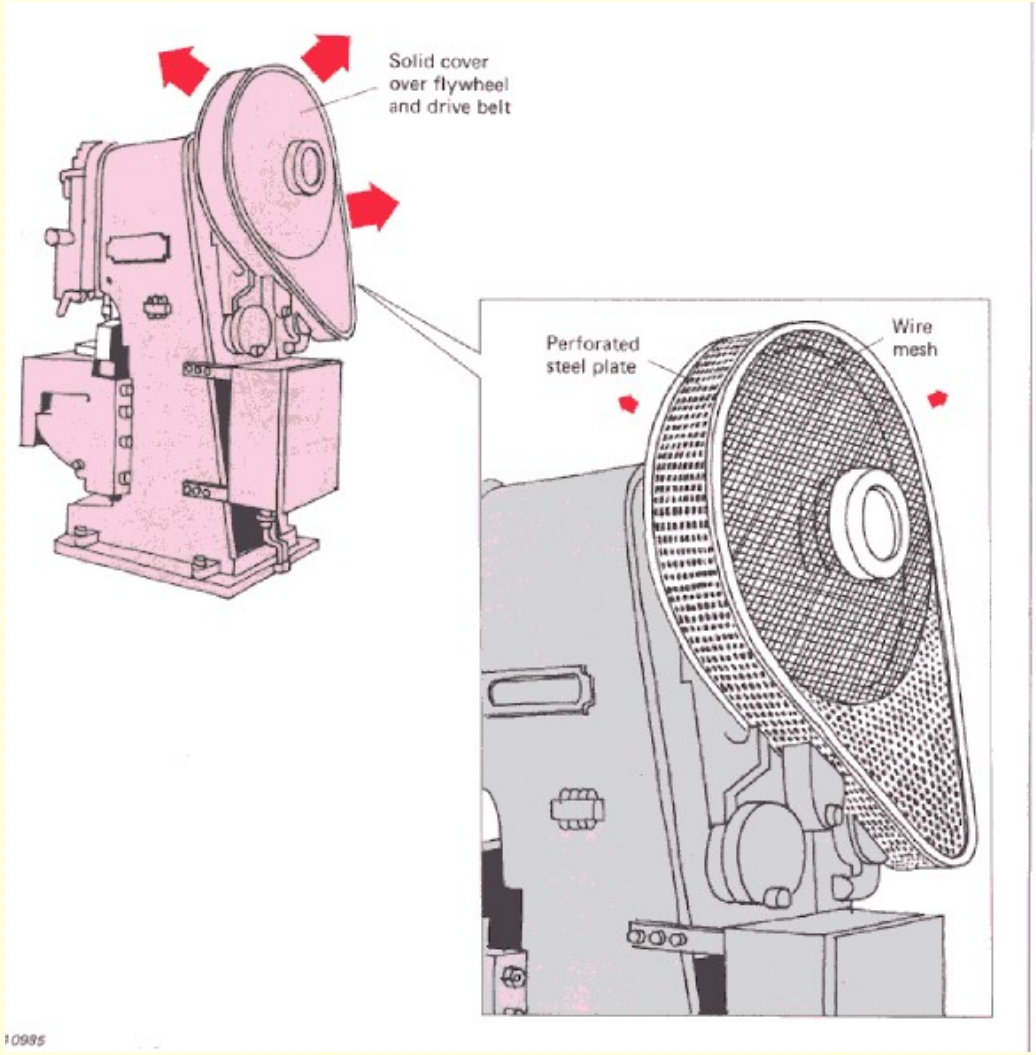
- **Örnek:** Hidrolik pres makine araçları ve türbinler gibi büyük ekipmanları çalıştıran pompalar ve motor genellikle yapısal paneller üzerine doğrudan monte edilirler. Bunlar, titreşime sebep olup bütün makinalarda yüksek seviyeli gürültü yayarlar.
- **Çözüm:** Pompa, motor gibi eyleyiciler, yalıtıcılar üzerine ekipmanın ana kısmından ayrı olarak ve mümkün olan katı bir taban kullanılarak monte edilebilirler. Akışkanı taşıyan borular esnek olarak bağlanmalı ve titreşimi bu bağlantılar yoluyla ekipmanın ana kısmına taşımayı engelleyen zayıflatıcı ihtiva etmelidirler.


Motor
Oil pipe
Return pipe
Sound atten-uator
Oil tank
Heavy floor
810984

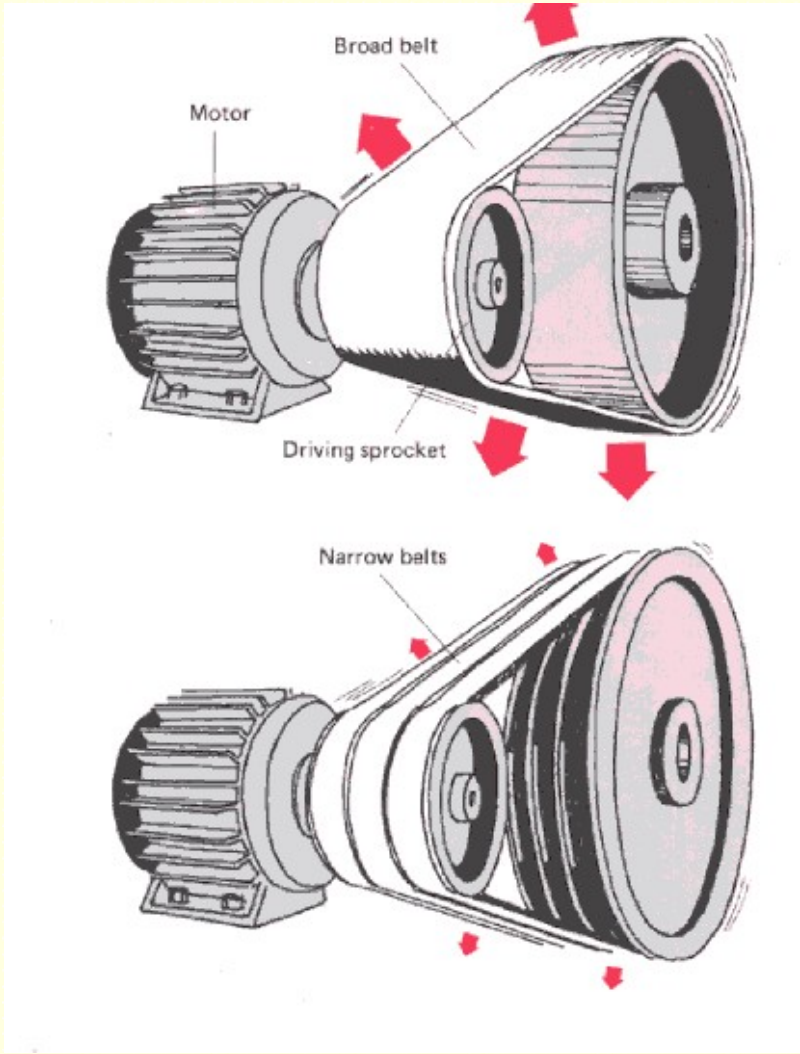
- -Panellerdeki boş kenarlar etrafındaki basıncı eşitlemeye izin verir ve yayılan gürültünün seviyesini azaltırlar.-
- Yüksek seviyeli gürültü üreten büyük panellerin kullanımından kaçınmak her zaman için mümkün olmaz. Pek çok durumda bunlar delikli panellerle veya kırık yüzeyli başka tiplerle değiştirilebilir. Düz bir panel radyatör, ses basıncının öbür yüzey tarafından gelen dış basınç tarafından kısmen ortadan kaldırılabileceği, sadece dört kenara sahip olduğundan, bütün yüzeyinden yeterince gürültü yayar. Eğer panel delinmişse sadece yayılma yüzeyi azaltılmış olmakla kalmaz. Ayrıca basınç eşitlenmesinin gerçekleşme ihtimalide büyük oranlara ulaşır. Sonuçta gürültü seviyesi büyük ölçüde azaltılır. Aynı sebeple dar bir panel radyatör aynı alan sahip kare bir panel radyatöre oranla daha az gürültü yayar.


Motor
Oil pipe
Return pipe
Sound atten-uator
Oil tank
Heavy floor
810984

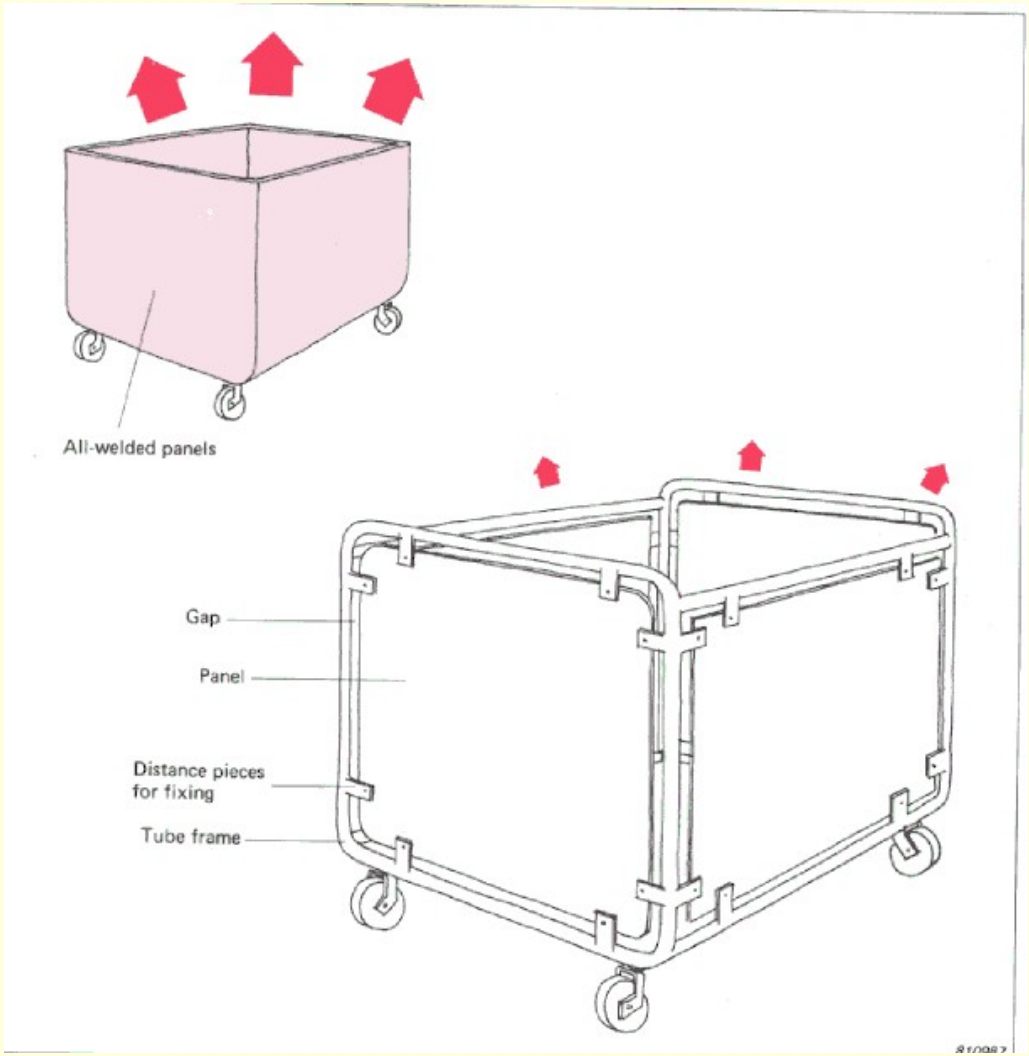
- **Örnek:** Bir punch preste volanın etrafındaki koruyucu ve kayış kasnak mekanizması yüksek miktarda gürültü yayar.
- **Çözüm:** Koruyucunun tel ağ ile değiştirilmesi gürültüyü azaltır.


Solid cover
over flywheel
and drive belt
Perforated
steel plate
Wire
mesh
10985

- **Örnek:** Endüstriyel aletler üzerindeki geniş kayış kasnakların titreşimi yüksek seviyeli düşük frekanslı gürültüye sebep olur.
- **Çözüm:** Tek kayış daha dar aralarında boşluklar bulunan kayışlarla değiştirmek her bir kayışın üst ve alt yüzeyleri ve diğer kayışlarla arasında olan gürültünün karşılıklı yok edilmesini sağlar. Bu durumda gürültü seviyesi de azalmış olur.

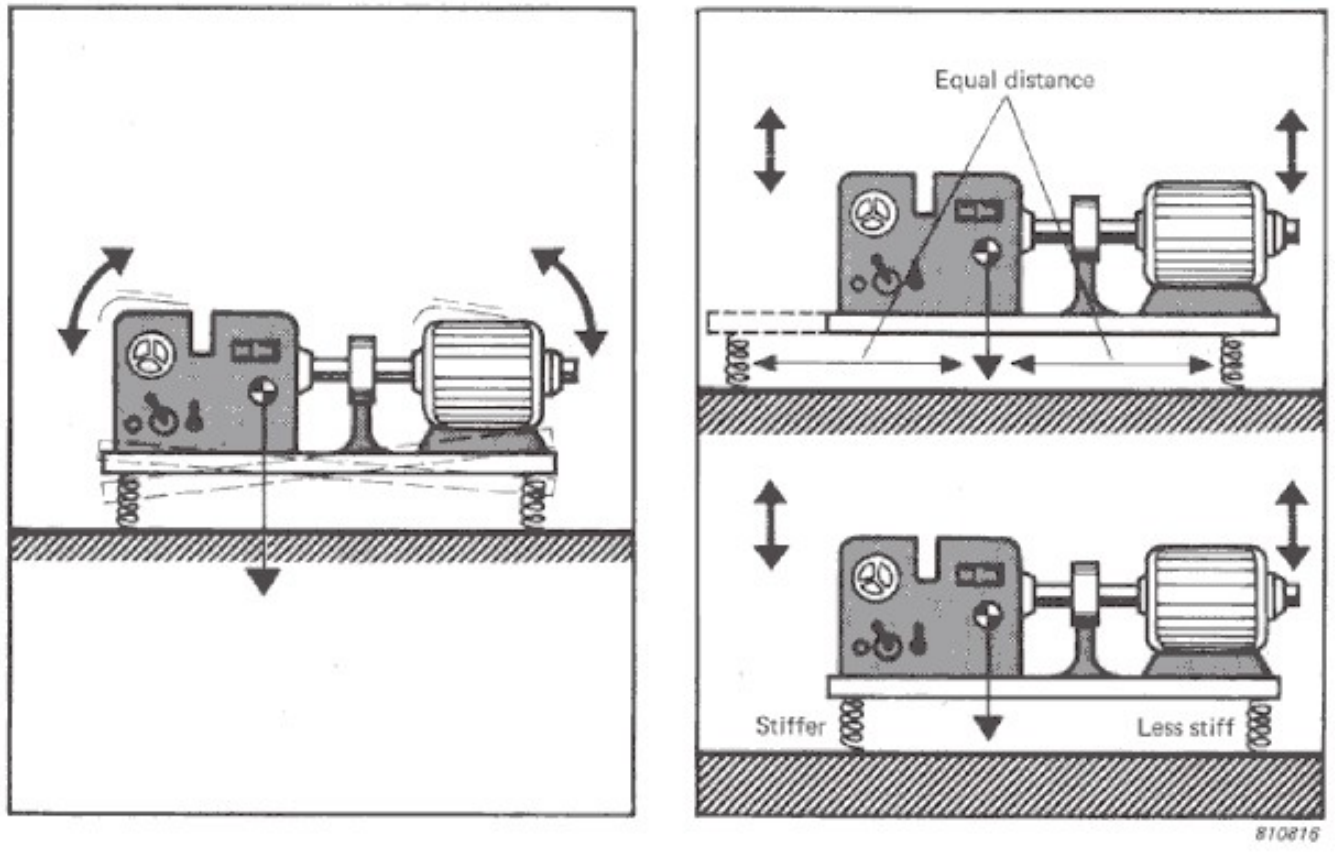

Broad belt
Motor
Driving sprocket
Narrow belts

- **Örnek:** Malzeme taşımakta kullanılan vagonlar doldurulup boşaltıldıklarında ve yüzeyi düzgün olamayan zeminlerde götürüldüklerinde gürültü yayarlar. Vagonun dört kenarlı yapısında basınç eşlemesi sadece üst köşelerde gerçekleşir.
- **Çözüm:** Yan paneller kenar çerçevelerini ince destek noktalarından sabitlenir ki bu durumda basınç dengelenmesinin gerçekleşebileceği daha fazla bir kenar uzunluğu olacaktır. Eğer malzemenin boyutları veya parçaları izin verirse gürültü yayılmasını daha da azaltmak için yan paneller iç içe geçmiş tellerden yapılır.


All-welded panels
Gap
Panel
Distance pieces for fixing
Tube frame

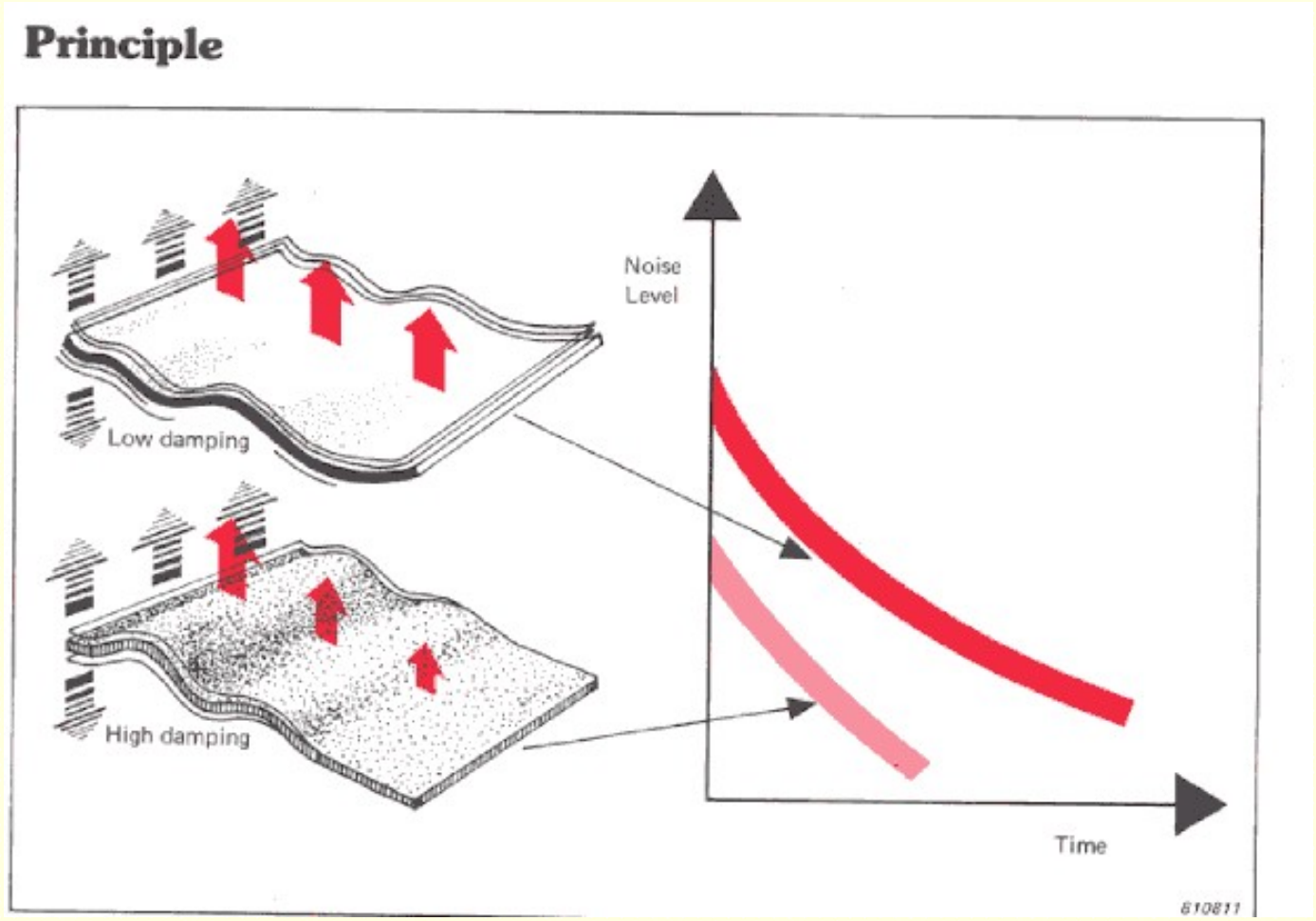
- **Örnek:** Malzeme taşımakta kullanılan vagonlar doldurulup boşaltıldıklarında ve yüzeyi düzgün olamayan zeminlerde götürüldüklerinde gürültü yayarlar. Vagonun dört kenarlı yapısında basınç eşlemesi sadece üst köşelerde gerçekleşir.
- **Çözüm:** Yan paneller kenar çerçevelerini ince destek noktalarından sabitlenir ki bu durumda basınç dengelenmesinin gerçekleşebileceği daha fazla bir kenar uzunluğu olacaktır. Eğer malzemenin boyutları veya parçaları izin verirse gürültü yayılmasını daha da azaltmak için yan paneller iç içe geçmiş tellerden yapılır.

Principle

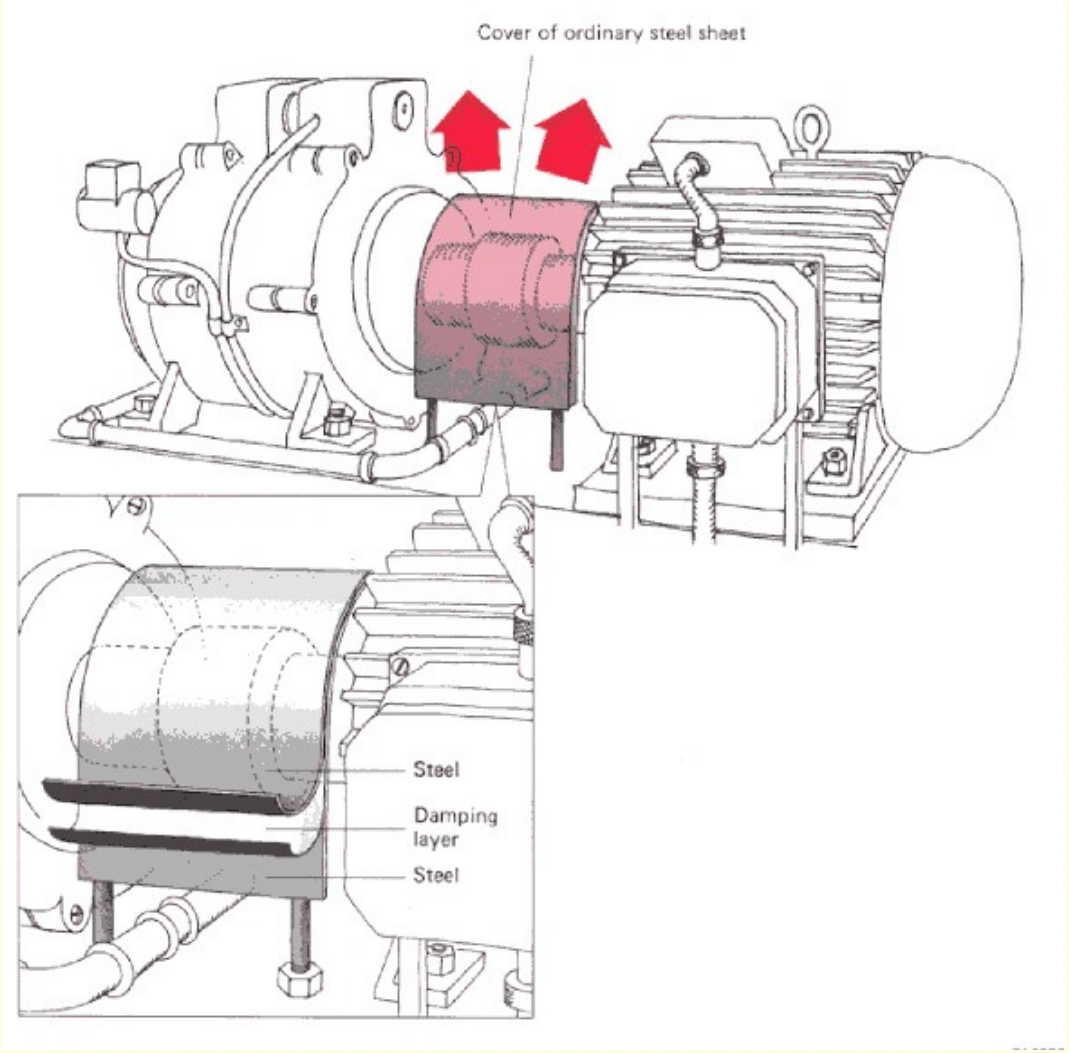


- -Sönümleyici yapılar daha az gürültü yayarlar.-
- Eğer bir panel titreşime uğratılmışsa, titreşim düzeyi ve sonuçta oluşacak gürültünün düzeyi zamanla azalıp yok olacaktır. Azalma hızı ise malzemenin iç sönümleyiciliğine bağlıdır. Daha fazla sönümleyicilik özelliği daha hızlı azalmaya sebep olur. Sönümleme aynı zamanda, titreşimin max. düzeyini etkilemektedir. İyi bir sönümleyici panel rezonansı azaltır. Ne yazık ki, çoğu malzemelerin iç sönüm özellikleri fazla değildir. Genellikle hazır yapım laminant veya yapışkan tabak formatında bir sönümleyici mutlaka eklenmelidir.

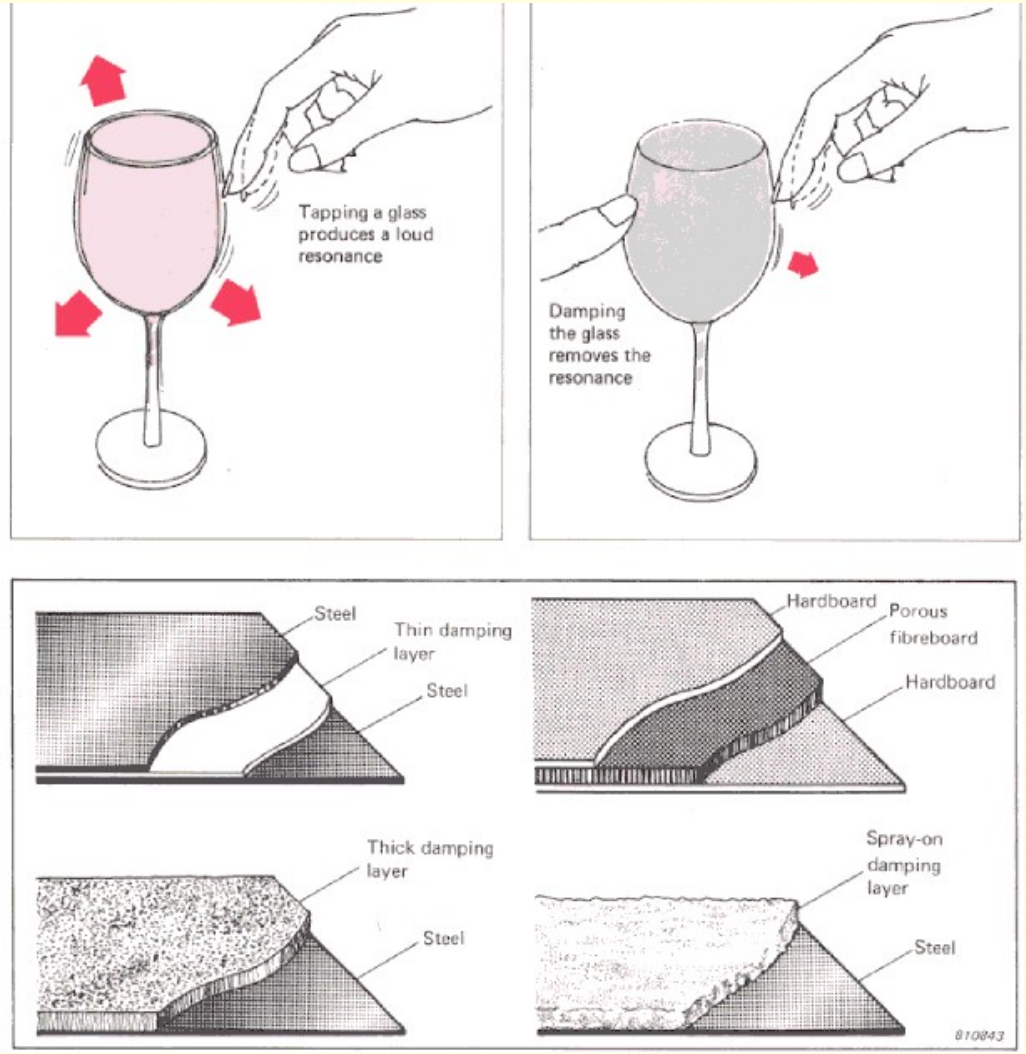
Principle



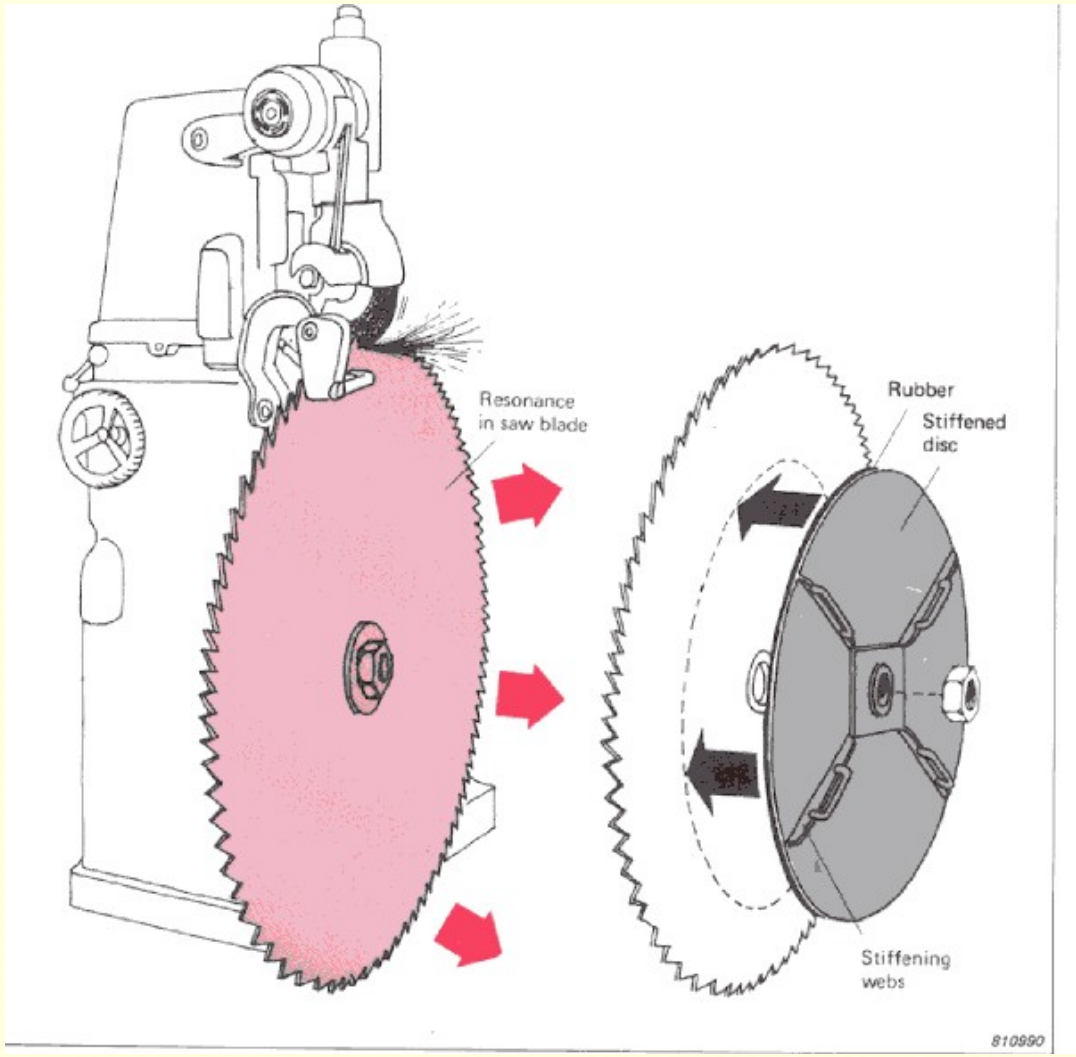
- **Örnek:** Motorları veya pompaları içeren makine aksamı, panelleri, titreşime meyilli olup, sonuçta gürültü yapan kaynaklardır.
- **Çözüm:** Yüksek derecede sönümleyici laminantlı bir panelin kullanılması gürültüyü belirgin ölçüde azaltır.


Cover of ordinary steel sheet
Steel
Damping layer
Steel

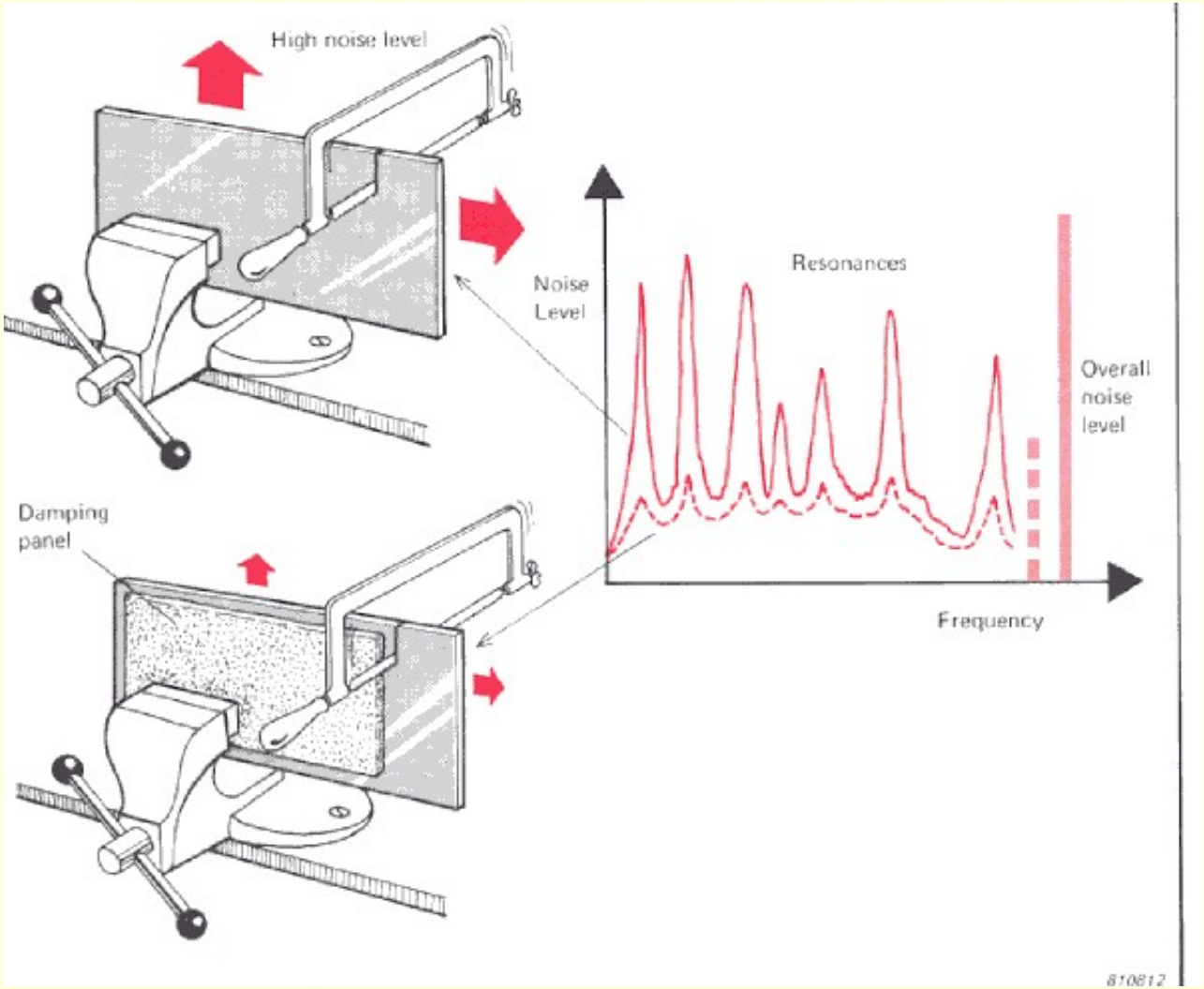
- -Rezonanslar, gürültüyü yükseltir fakat kolayca sönümlenebilirler.-
- Rezonanslar, titreşen paneller veya tabakalardan çıkan gürültüyü yükseltirler. Buna rağmen sönümlemek, yapılacak küçük miktardaki eklemeler, rezonans genliklerini azaltır. Sonuçta da (çıkacak) gürültü de azdır. Sönümleme malzemesinin parçaları da gürültüyü azaltmada çok etkilidir.


Tapping a glass produces a loud resonance
Damping the glass removes the resonance
Steel
Thin damping layer
Steel
Hardboard
Porous fibreboard
Hardboard
Thick damping layer
Steel
Spray-on damping layer
Steel
810843

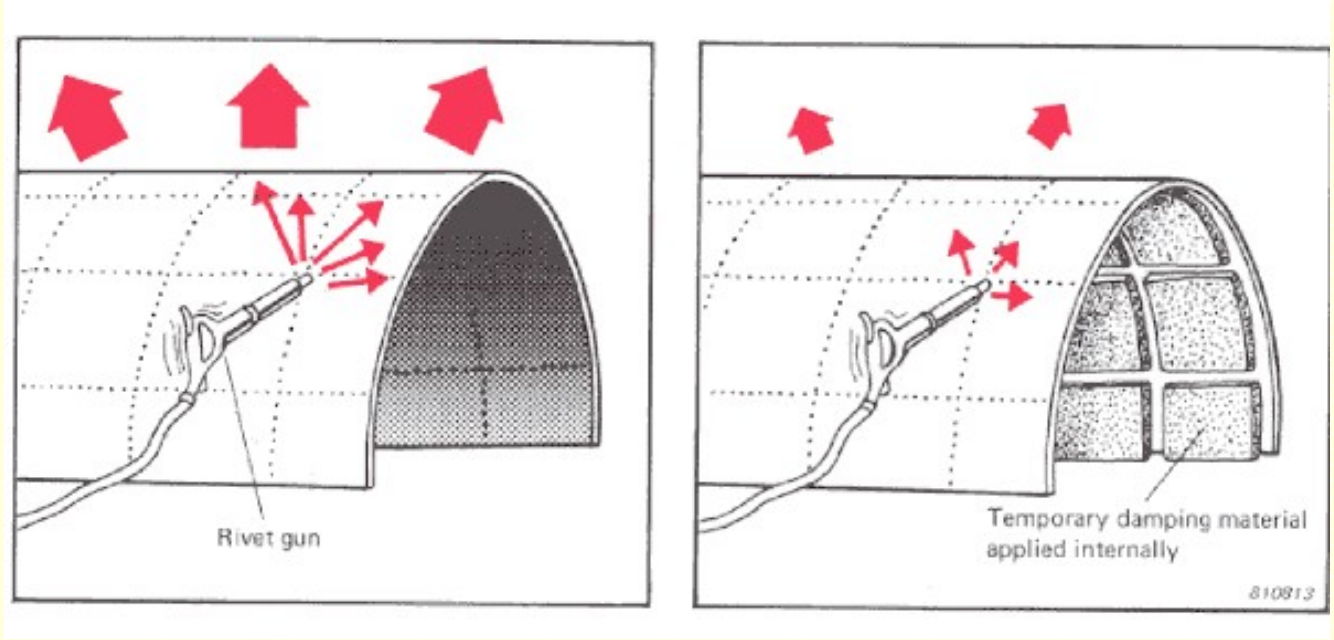
- **Örnek:** Bileyleme makinasının yuvarlak bir bıçkısı, rezonans ve çok düşük iç sönümleme yüzünden yüksek düzeyde gürültü üretir.
- **Çözüm:** Disk şeklinde, plastik bir sönümleme malzemesi, bıçkıya tutturulunca, bıçkıya hem ağırlık ekler hem de sönümleyiciliği artar. Ayrıca rezonansı azaltır.


Resonance
in saw blade
Rubber
Stiffened
disc
Stiffening
webs
810990

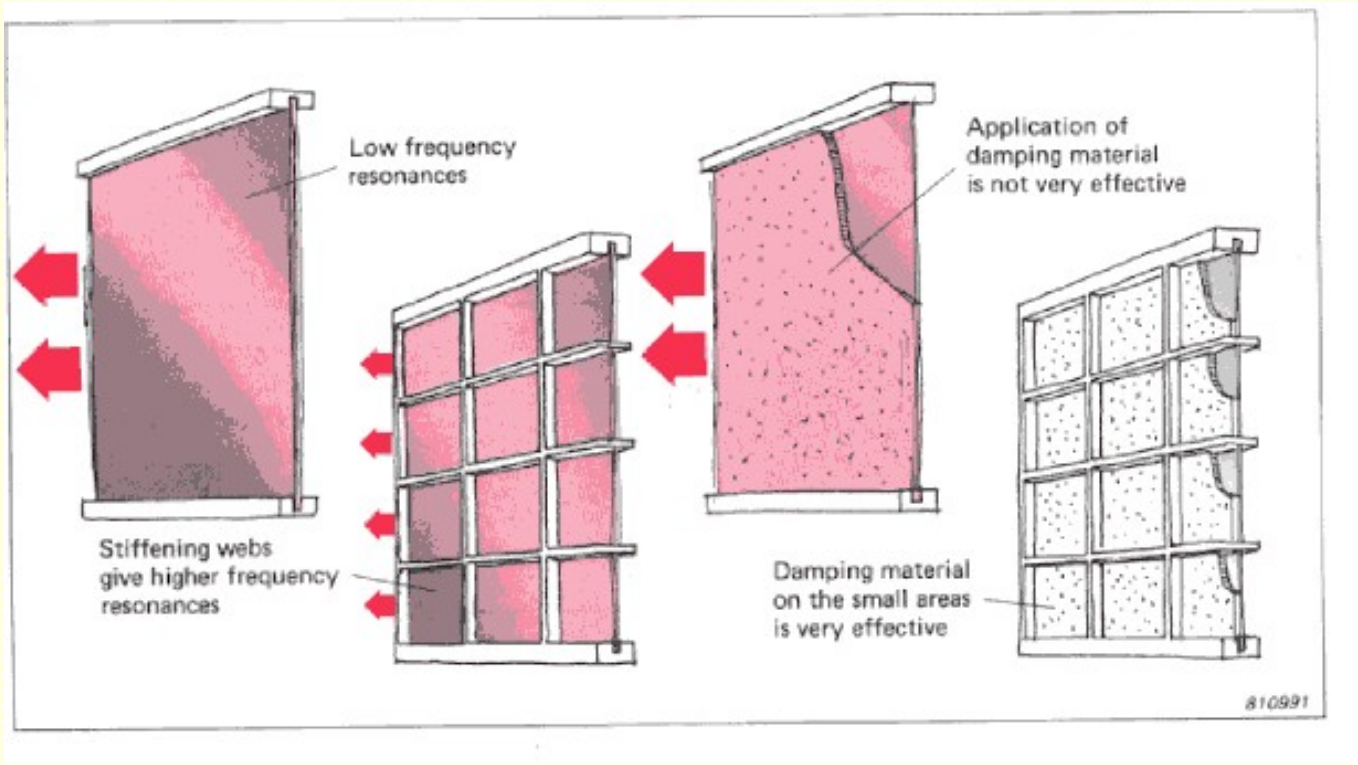
- **Örnek:** Kesme işlemleri sırasında, kesme hareketi; geniş yüzey alanına sahip iş parçası içinde, yüksek düzeyde rahatsız edici gürültüye ve rezonansa sebep olur.
- **Çözüm:** Magnetik olarak tutturulmuş bir sönümleyici panelin geçici olarak eklenmesi rezonansın yoğunluğunu azaltır ve gürültüyü kabul edilebilir bir düzeye indirir.


High noise level
Damping panel
Noise Level
Resonances
Overall noise level
Frequency
810812

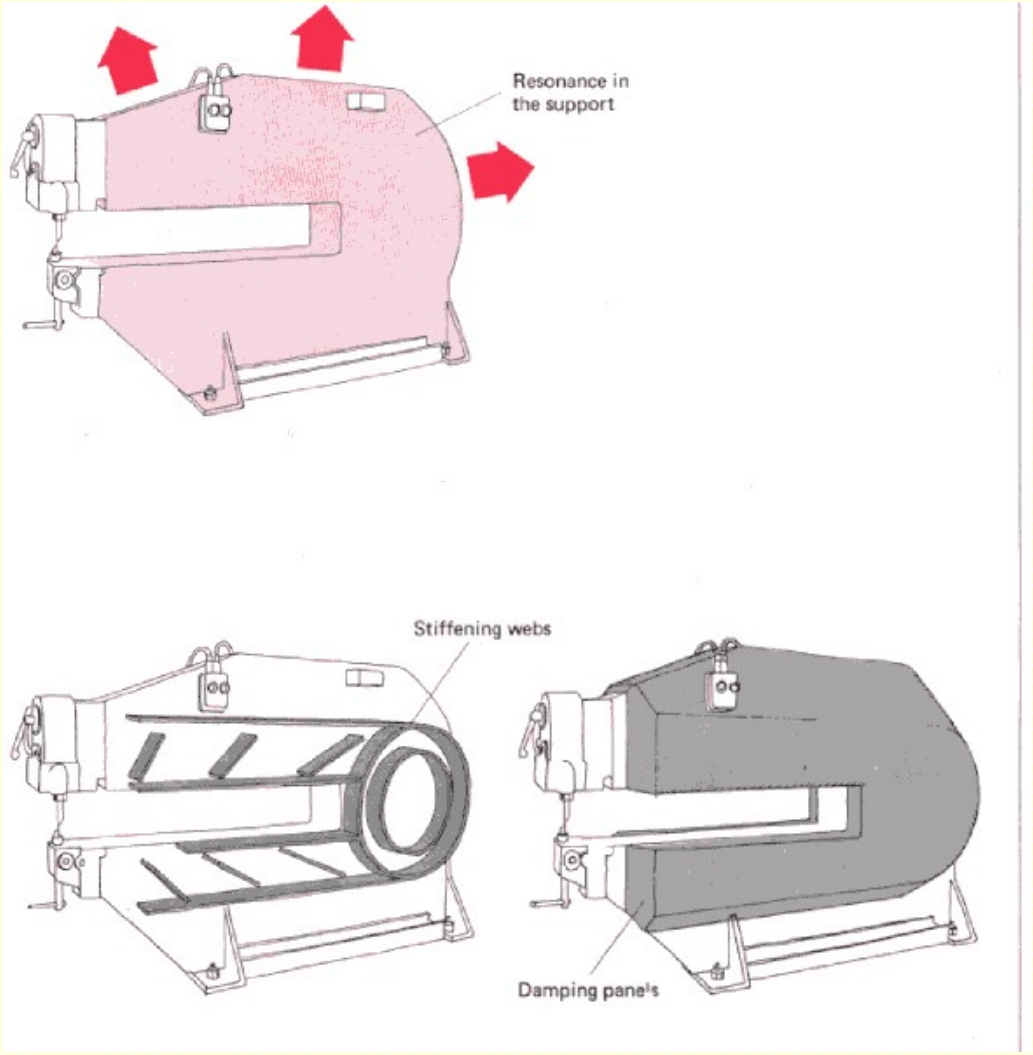
- **Örnek:** Uçak, gemi yada üretim merkezi bileşenleri gibi geniş yapıların perçinlenmesi ile çarpışma ve titreşim enerjisi oluşur. Bu durum geniş yüzey alanı yüzünden yüksek seviyede gürültüye sebep olur.
- **Çözüm:** Geçici sönümleyici koruyucuların yapıya eklenmesi perçinleme sırasındaki rezonans yoğunluğunu azaltır ve titreşimi perçinleme bölgesinden panelin geri kalan kısmına doğru ilerlemesi esnasında zayıflatır.


Rivet gun
Temporary damping material
applied internally
810813

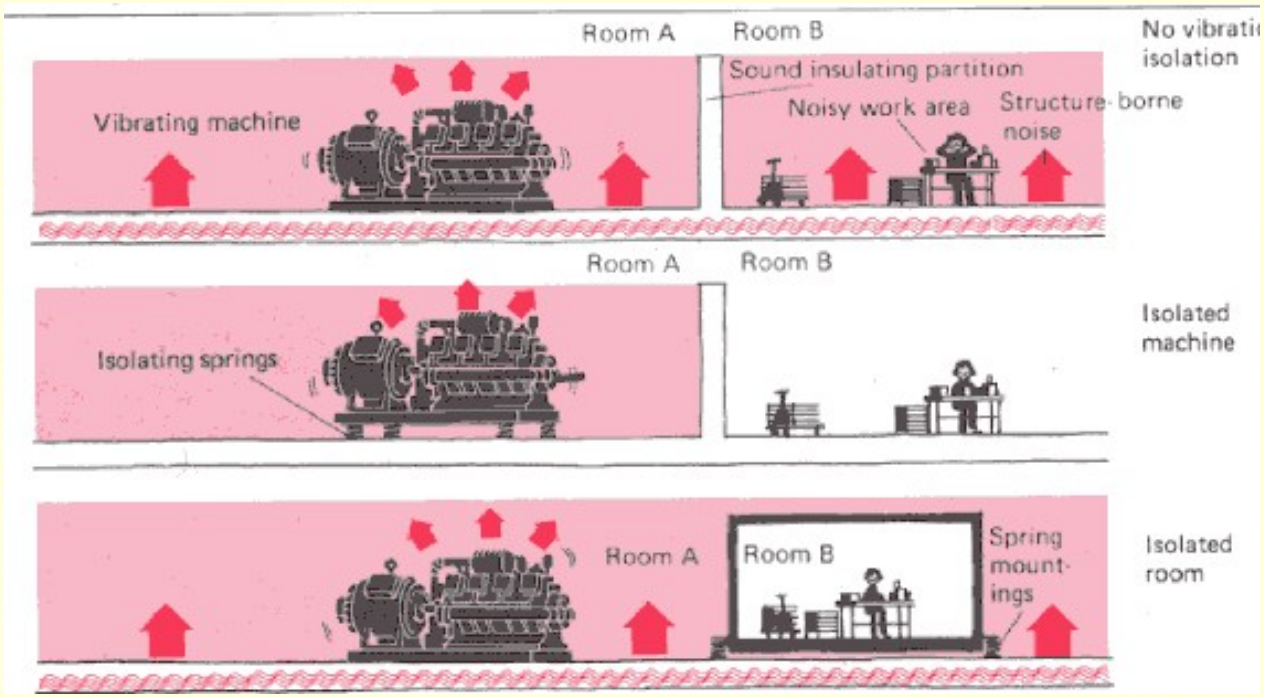
- -Yüksek frekansa çıkarılmış rezonansları sönümlemek daha kolaydır.-
- Titreşim geniş plakalar ve tabakalar genellikle sönümlenmesi zor olan düşük frekanslı rezonanslara maruz kalırlar. Eğer tabaka ve plaka rijitleştirilebilirse, oluşacak rezonansın sönümlenmesi kolay olan daha yüksek bir frekansa çıkartılabilir. Bazı durumlarda bunu yapmak zor veya pahalı olabilir. Bu durumda, ince bir sönümleyici panel kullanmak avantajlıdır.


Low frequency
resonances
Application of
damping material
is not very effective
Stiffening webs
give higher frequency
resonances
Damping material
on the small areas
is very effective
810991

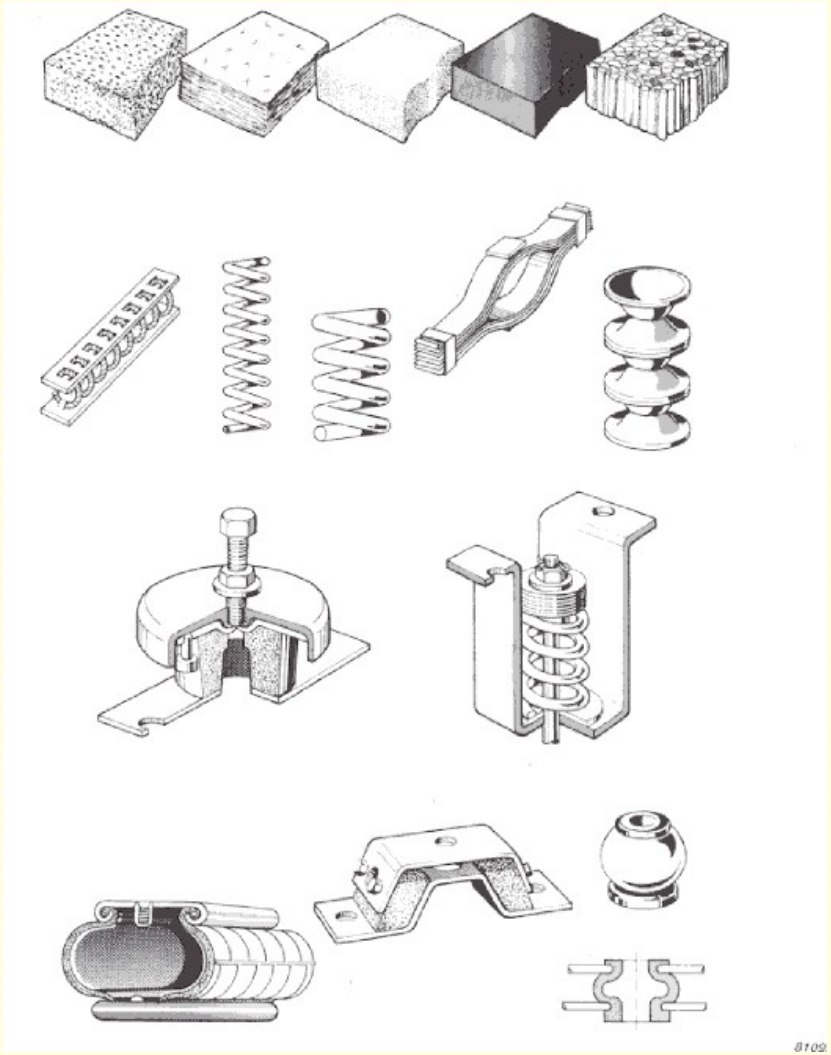
- **Örnek:** Bir saç kesme makinasından gelen gürültünün ana kaynağının iş parçası değil de, destek olduğu söylenebilir.
- **Çözüm:** Rijitlik sağlayıcı elemanlar, destek panellerine tutturulur ve sönümleyici panellerde, bunların üstüne monte edilir.


Resonance in
the support
Stiffening webs
Damping panels

- -Esnek montajlar mekanik titreşimi izole eder.-
- Neredeyse tüm yapısal kaynaklı gürültüler yok edilebilir veya titreşim kaynaklarını esnek destekler üzerine monte etmek suretiyle büyük ölçüde azaltılabilirler. Bazı durumlarda düşük seviye akustik ölçümlerin yapıldığı hassas aparatlarında bulunduğu kısımları esnek montajla bağlamak gereklidir.
- Normalde kaynağı izole etmek tercih edilebilir yada kaynağa mümkün olan en yakın yerden ses izolasyonu uygulanır. Bu yolla, yapının her bölümü yapısal kaynaklı gürültüden korunmuş olur. Özellikle, ses kaynağından uzaktaki pek çok durumda, yapısal kaynaklı gürültü en çok belirgin olanıdır.

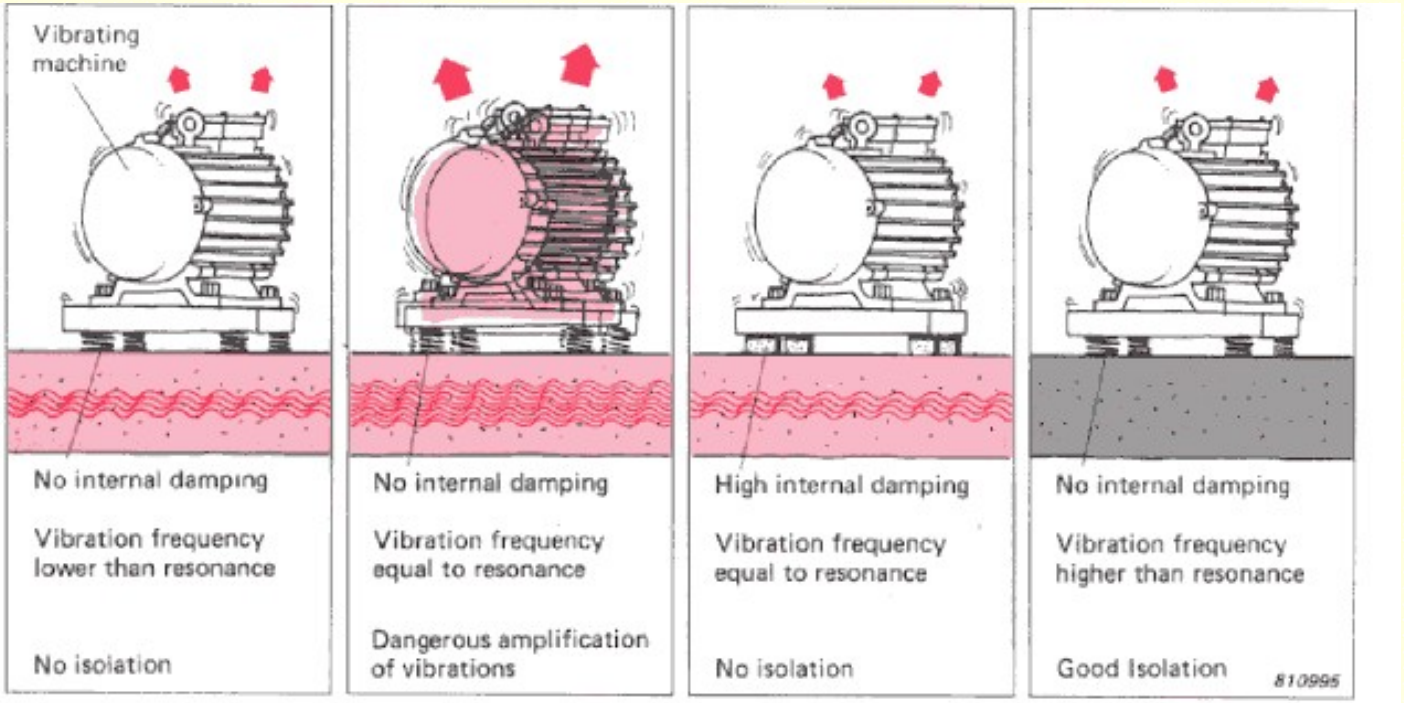

Room A
Room B
No vibrati
isolation
Sound insulating partition
Vibrating machine
Noisy work area
Structure-borne
noise
Room A
Room B
Isolated
machine
Isolating springs
Room A
Room B
Spring
mount-
ings
Isolated
room

- **Örnek:** Titreşim izolasyonu için kullanılan esnek montajlar, yük gereksinimi ve pratik durumlar için geniş bir yelpazede elde edilebilirler. Ağır makine aksamını monte etmek için, sönümleyici eklemeli bağımsız yaylar kullanılır. Hafif yapıları monte etmek içinse, mantar dolguları, plastik sünger yada plastik sıklıkla kullanılır. Tavanlar, kanallar ve borular normalde yaylı tutuculardan asılırlar.

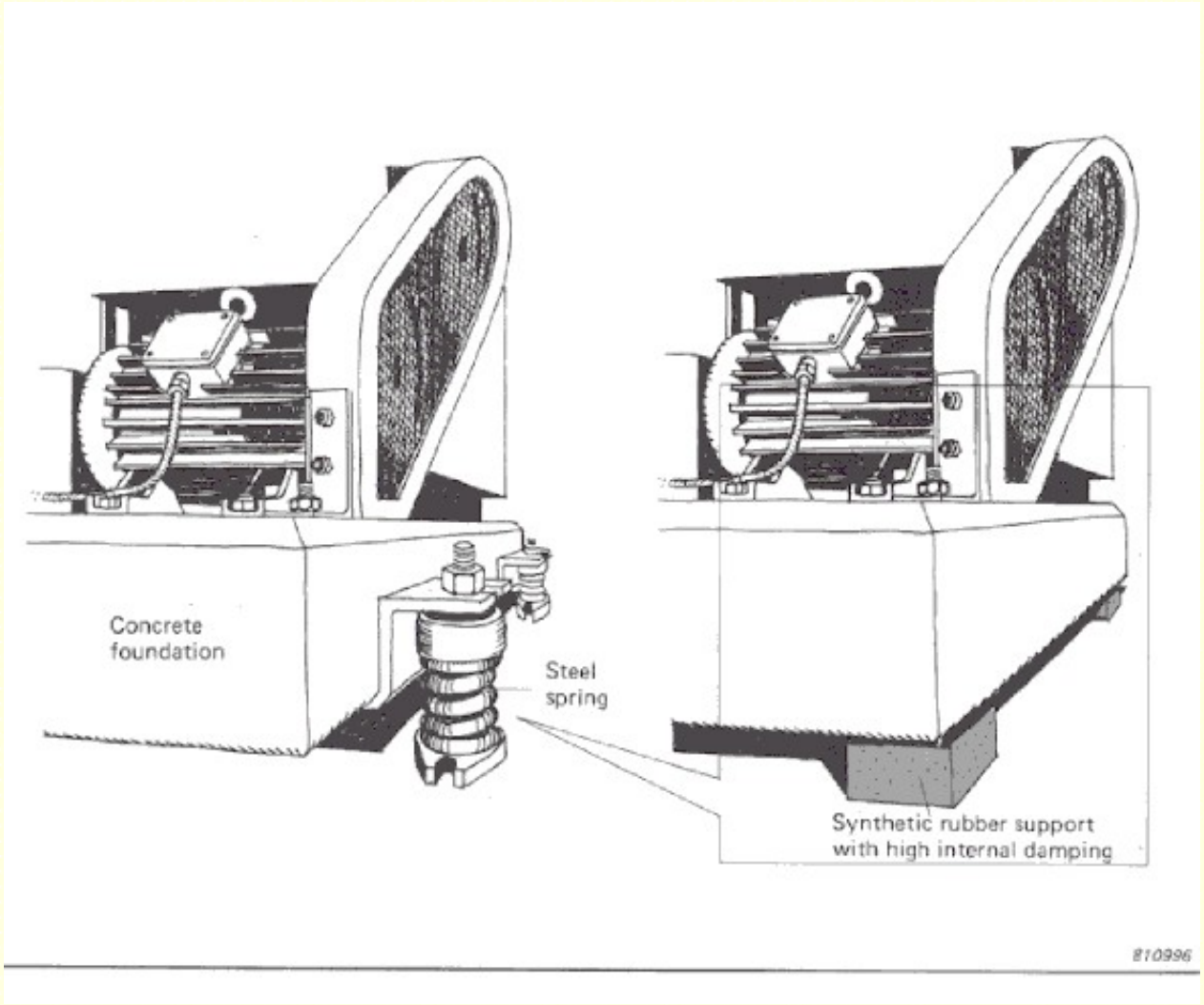


-Doğru biçimde seçilmemiş montaj titreşimi artırır.

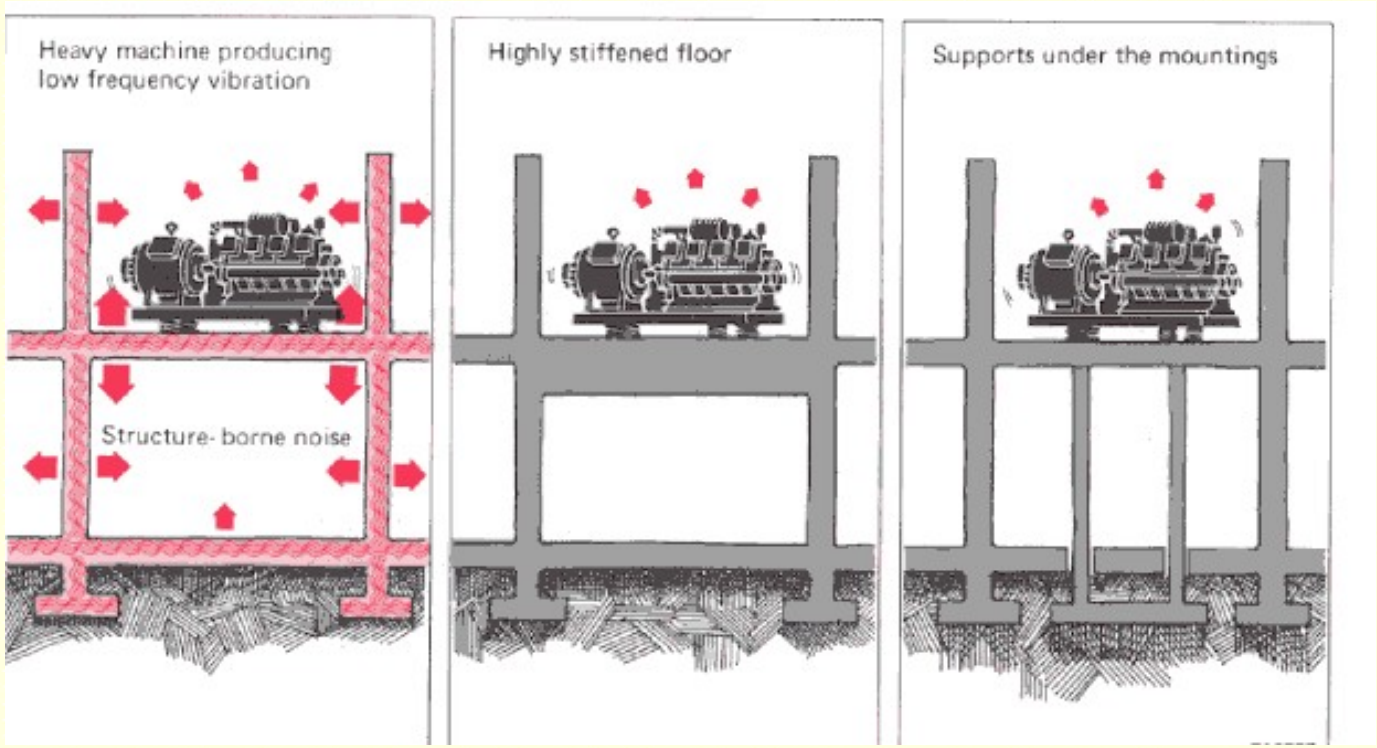
- Elastik monte edilmiş bir makina, her zaman için bir karakteristik frekansa sahiptir. Bu frekans, makinanın ağırlığı ve montaj yuvasının rijitliği ile belirlenir. Hafif bir makine ve rijit dayanaklar yüksek rezonans frekansına yol açar. Ağır bir makine ve rijit olmayan dayanaklar ise düşük rezonans frekansı üretirler. Makinanın, monte edilmiş rezonans frekansından düşük frekanslardaki titreşimleri izole edilmez. Rezonans frekansının çok üzerinde frekanslı titreşimler izole edilir. Rezonans frekansındaki titreşimler eğer montaj yuvalarının iç sönümlemesi düşük ise büyük ölçüde artırılır. Ayrıca hiçbir şekilde izole edilmez. Makinanın destekleri üzerinde iken doğal frekansı, normal çalışma hızından düşük olmalıdır. Eğer durum böyle değilse, titreşimin frekansı izole edilmelidir. Açma-kapama gibi makinanın rezonans frekansıyla çalıştığı durumları da rezonans yükselişini düşük tutabilmek amacıyla çok yüksek iç sönümlemeli montajlar seçilmelidir.


Vibrating machine
No internal damping
Vibration frequency lower than resonance
No isolation
No internal damping
Vibration frequency equal to resonance
Dangerous amplification of vibrations
High internal damping
Vibration frequency equal to resonance
No isolation
No internal damping
Vibration frequency higher than resonance
Good Isolation
810995

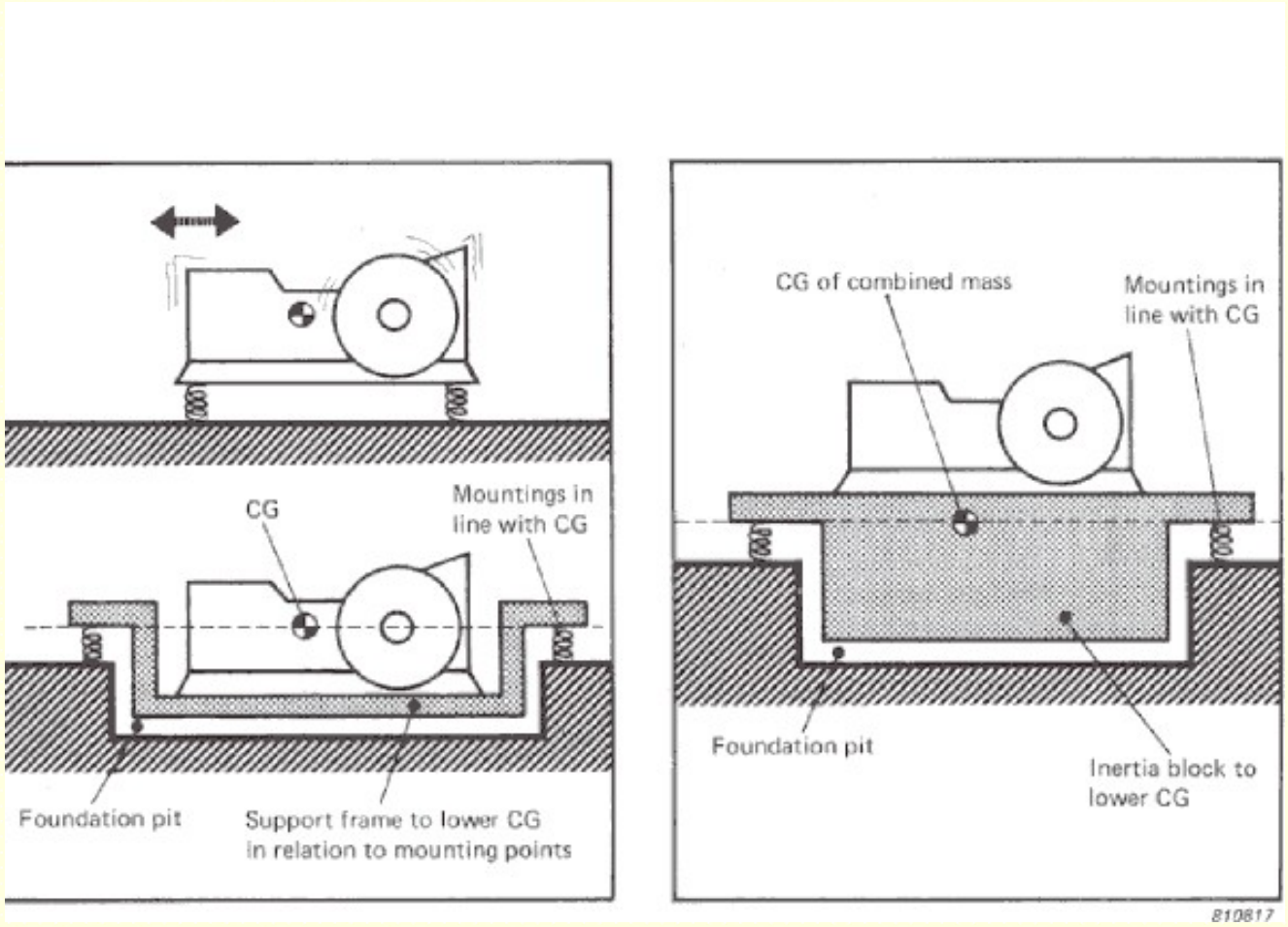
- **Örnek:** Makinanın sabit hızla ve sürekli olarak çalıştığı, dur-kalkların çok olmadığını var sayalım. Hal böyle iken makinanın rezonans frekansı, çalışma frekansının çok altında tutulabilir. Bu yolla büyük ölçüde izolasyon sağlanabilir. Bunun bir örneği basit izolasyon yaylardır. Eğer, sürekli dur-kalk yüzünden makine rezonansa uzun süre maruz kalırsa, kısa bir zaman sonra makinada hasara yol açar.
- **Çözüm:** İç sönümlemesi yüksek olan, sentetik plastik laminantlı destekler kullanılması, titreşimi büyük ölçüde absorbe eder. Bu sadece rezonans frekansı için geçerlidir. Normal çalışma hızları içinse çok küçük bir olumsuz etkisi olur.


Concrete
foundation
Steel
spring
Synthetic rubber support
with high internal damping
810996

- **Örnek:** Düşük frekanslı titreşim üreten ağır bir makine, tabanın rezonansa maruz kalmasına sebep olur. Bu doğru seçilmiş izolasyona rağmen olabilir. Bu durum, iç sönümlemesi düşük olan betonarme bina tabanlarında sıklıkla görülmektedir.
- **Çözüm:** En iyi izolasyonu için, makinanın yalıtıcılarla beraber doğal frekansının zorlanım frekansından çok düşük olması gerekir. Aynı zamanda yerin rezonans frekansını aşması lazımdır. Pratikte, bu tabanın daha rijit bir katı tabanla takviye ederek yapılır. Alternatif olarak, makine direkt olarak yere kurulmuş sütunlarla sağlanır.

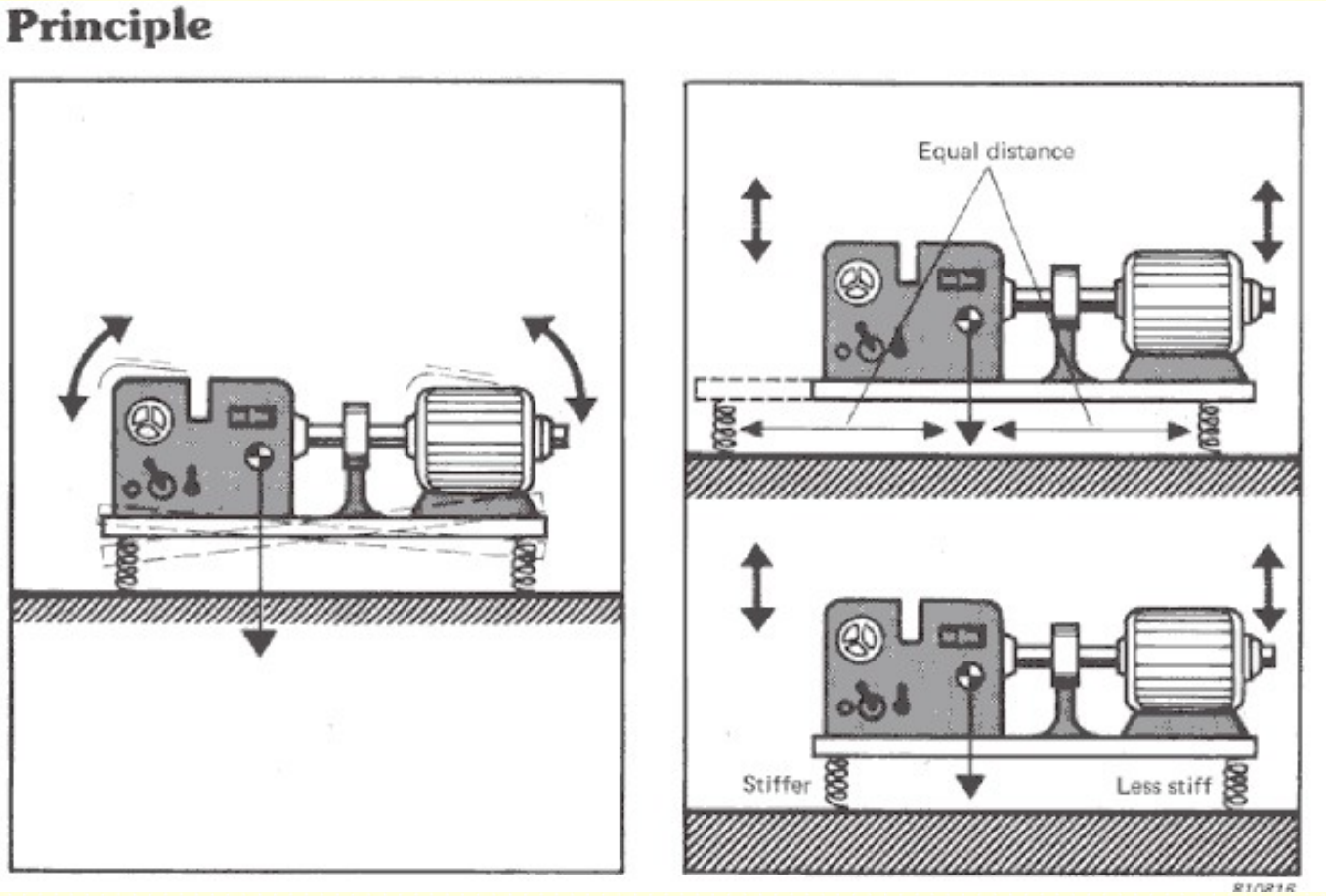

Heavy machine producing
low frequency vibration
Structure-borne noise
Highly stiffened floor
Supports under the mountings

- **Örnek:** Eğer, titreşen bir makinanın ağırlık merkezi, montaj noktalarından uygulanan yatay kuvvetlerinden yukarıda olursa, makinenin salınım hareketi yapmasına sebep olur. Bu hareket iki yana gidip gelmeyle gerçekleşir. Bu dönerek çalışan makinalardaki dengelenmeyen kuvvetlerle uğraşırken karşımıza çıkar.
- **Çözüm:** Makine bir tabla veya atalet bloğu üzerine oturtulur. Bu da monte noktalarının ağırlık merkezi ile aynı yatay düzlemde olmalarını sağlar.


CG
Mountings in line with CG
Foundation pit
Support frame to lower CG in relation to mounting points
CG of combined mass
Mountings in line with CG
Foundation pit
Inertia block to lower CG
810817

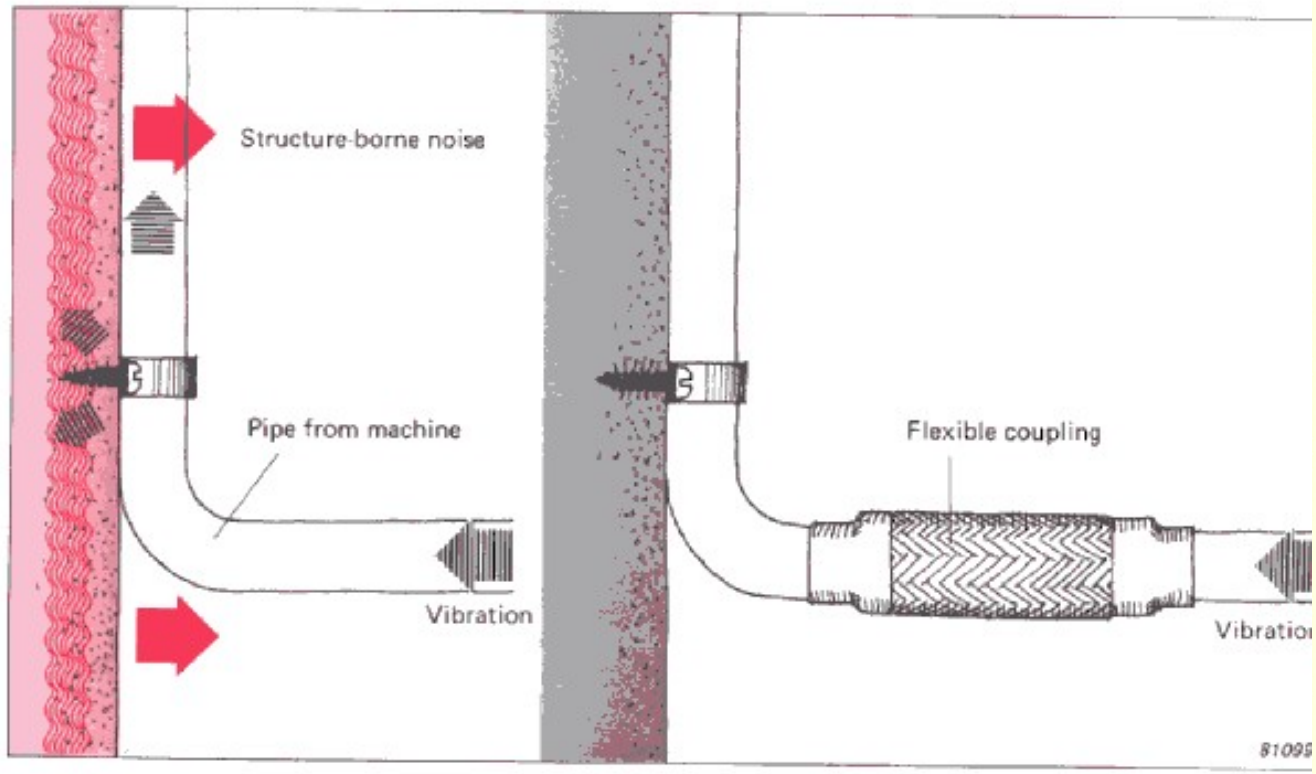
- -Salınım hareketini engellemek için montaj kısımlarının deplasmanlarının birbiri ile eşit olmalıdır.-
- Makinanın esnek montaj yerleri öyle seçilmelidir ki, statik sapmanın bütün montaj noktalarında aynı olması sağlanmalıdır. Eğer aynı değillerse makine yukarı-aşağı hareketi yerine, sallanma hareketi yapar. Bu sallanmaların bir özelliği makinanın montaj noktalarında yeterince absorbe edilememesidir. Homojen olmayan bir ağırlık dağılımına sahip bir makinada ağırlık merkezine yakın yerdeki montaj ekipmanlarının, diğerlerine nazaran rijit yapıda olması gerekir.

Principle

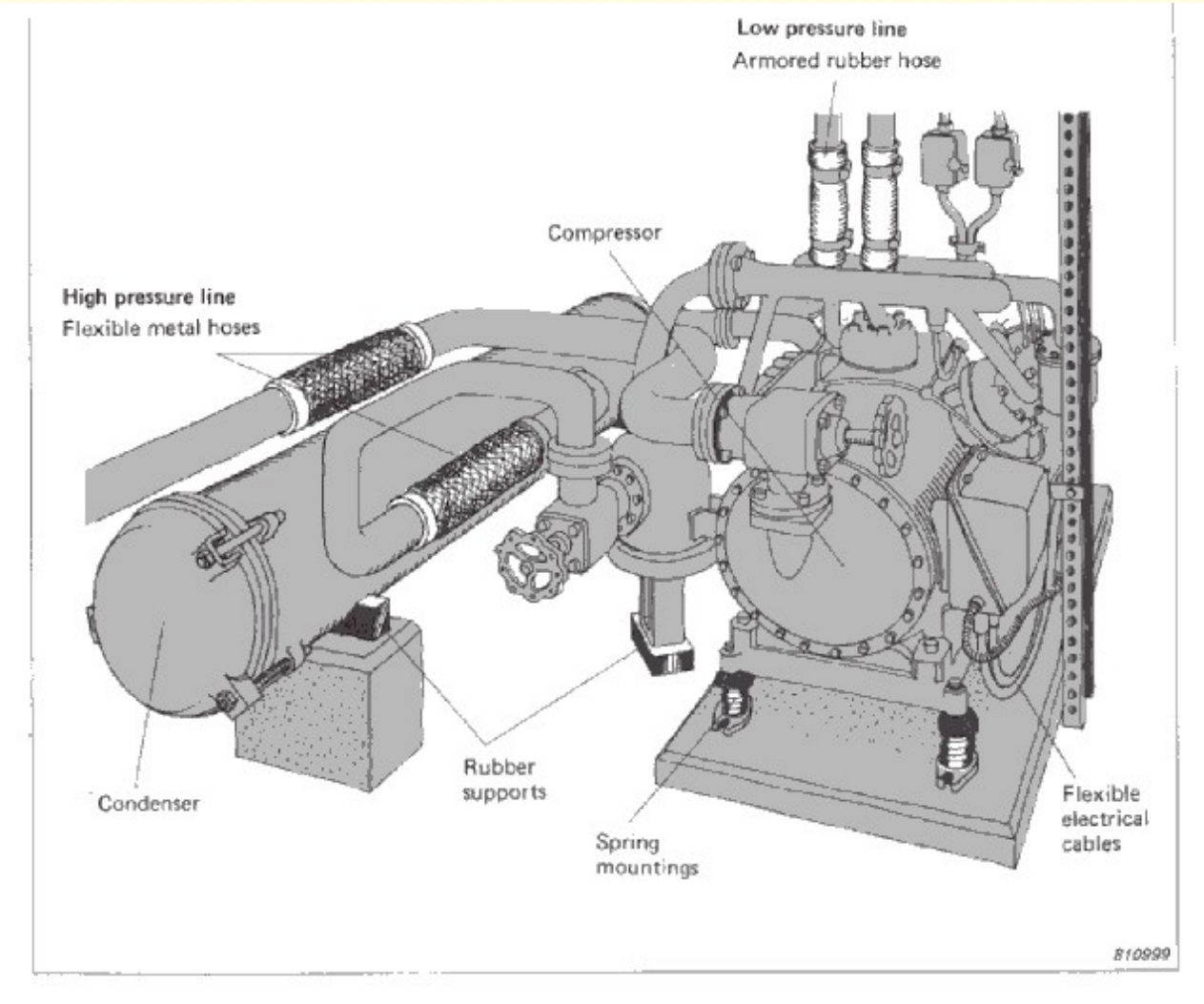


- -Bağlantılar ile yayılan, yapılardan kaynaklanan sesten kaçınmak gerekir.-
- En etkili titreşim izolasyonu bile, eğer titreşim borular hava kanalları gibi bağlantılarla iletilmekte ise tamamiyle etkisiz hale gelebilir. Eğer titreşimin yayılması engellenmek isteniyorsa, bu bağlantılar ya esnek olmalı ya da esnek kısımlar muhteva etmelidirler.

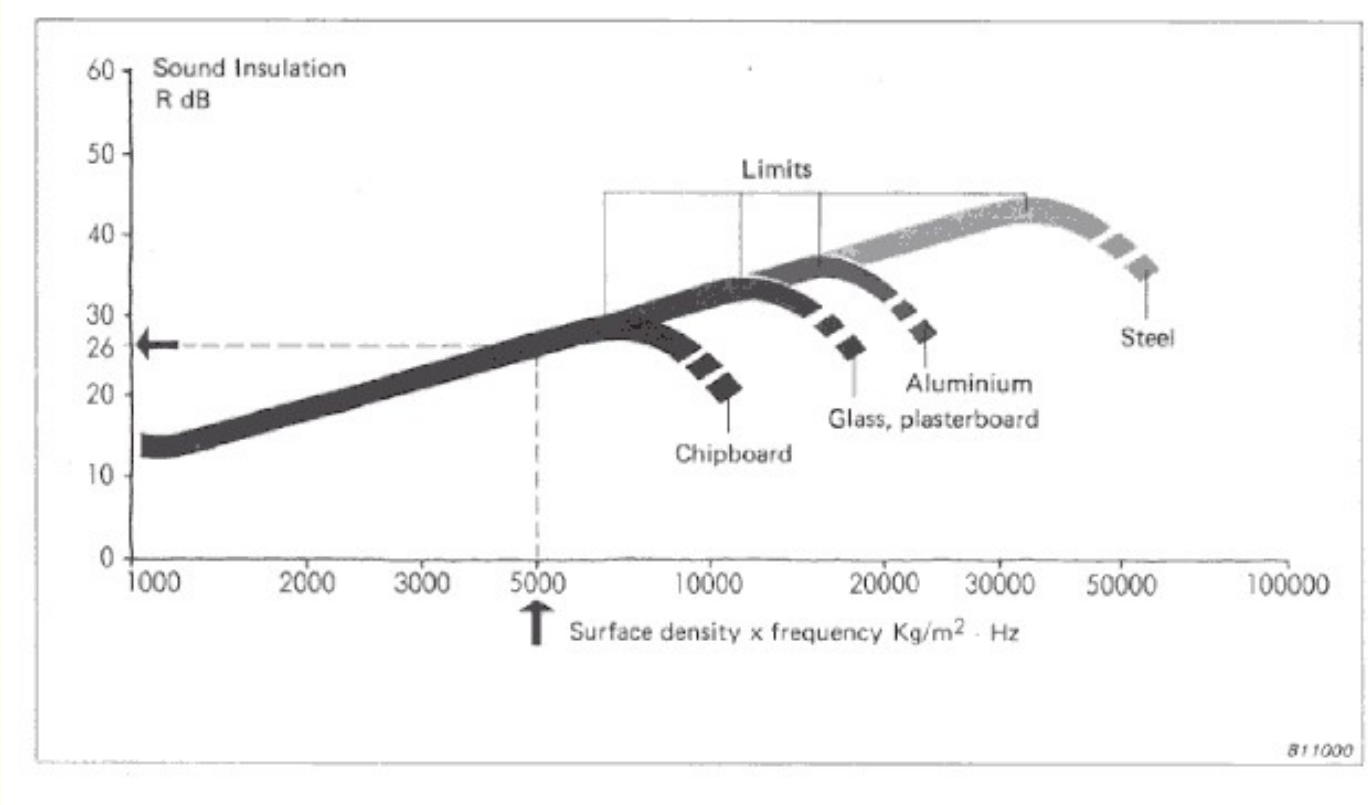
Principle


Structure-borne noise
Pipe from machine
Vibration
Flexible coupling
Vibratio

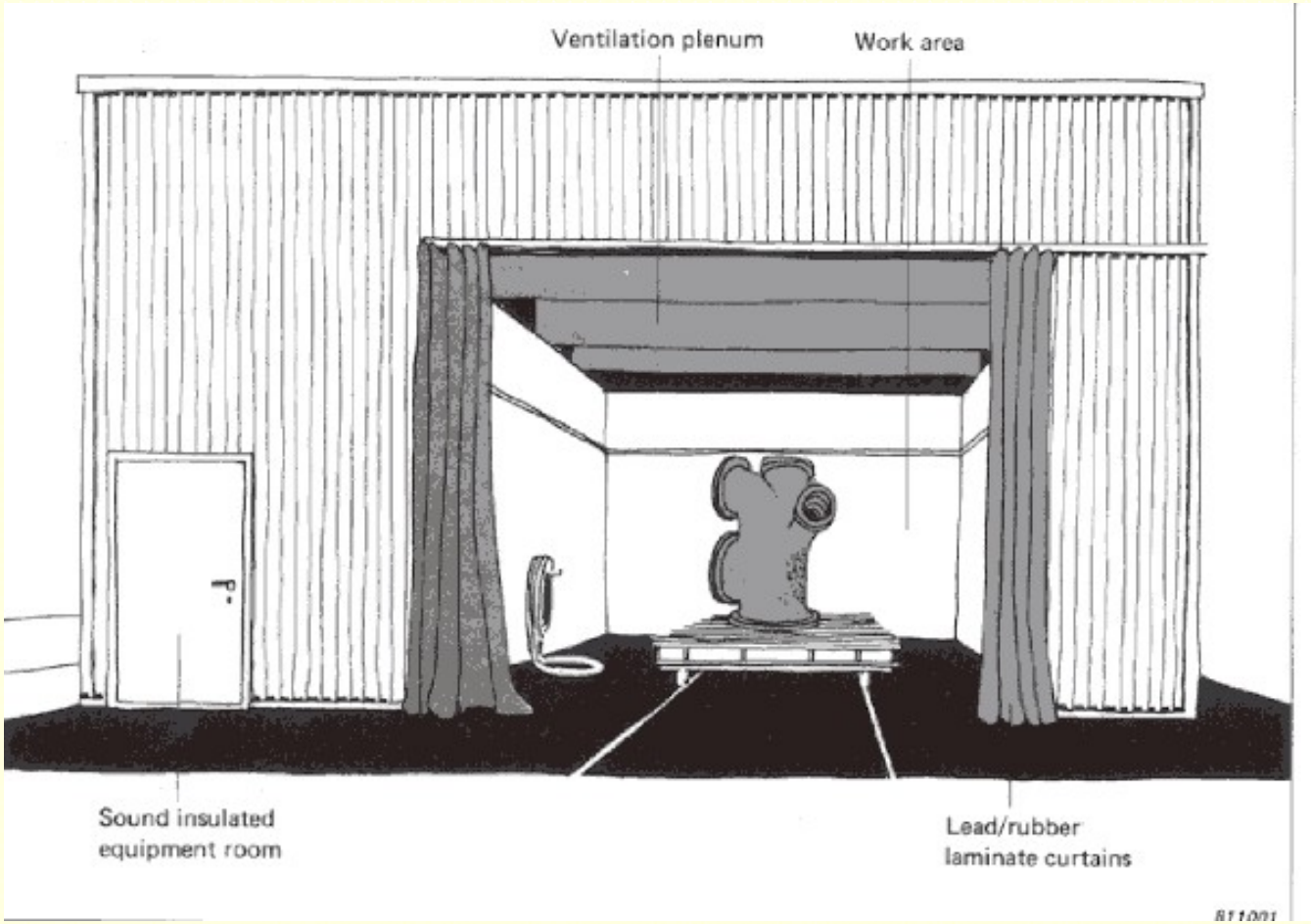
- **Örnek:** Soğutma üniteleri basınçlı akışkanın kompresörden geçerken meydana gelen büyük değişimler yüzünden tehlikeli birer gürültü kaynaklarıdır. Çok dikkatli bir şekilde bütün soğutma ünitesinin titreşim izolasyonu yapılmalı ve bütün boru sistemi de üniteden esnek kısımlarla izole edilmelidir.


Low pressure line
Armored rubber hose
Compressor
High pressure line
Flexible metal hoses
Condenser
Rubber supports
Spring mountings
Flexible electrical cables
B10999

- -Duvarların ve panellerin yalıtımı, yüzey yoğunluğuna bağlıdır.-
- Ses bir duvarla karşılaştığında duvarda titreşim başlatır. Bu da duvarın öbür yüzeyinden sesin yayılmasına yol açar. Yayılan sesin seviyesi ise, duvardaki izolasyona ve duvarın birim alandaki ağırlığına yani yüzey yoğunluğuna bağlıdır. Genelde, sesin frekansı veya duvarın kalınlığı arttıkça uygulanan izolasyonda artacaktır. Bu artış bir nokta da bitip azalmaya doğru döner. Bunun sebebi; gelen sesin ve paneldeki titreşimin dalga boylarının eşit olmasıdır.
- İnsulation : izolasyon

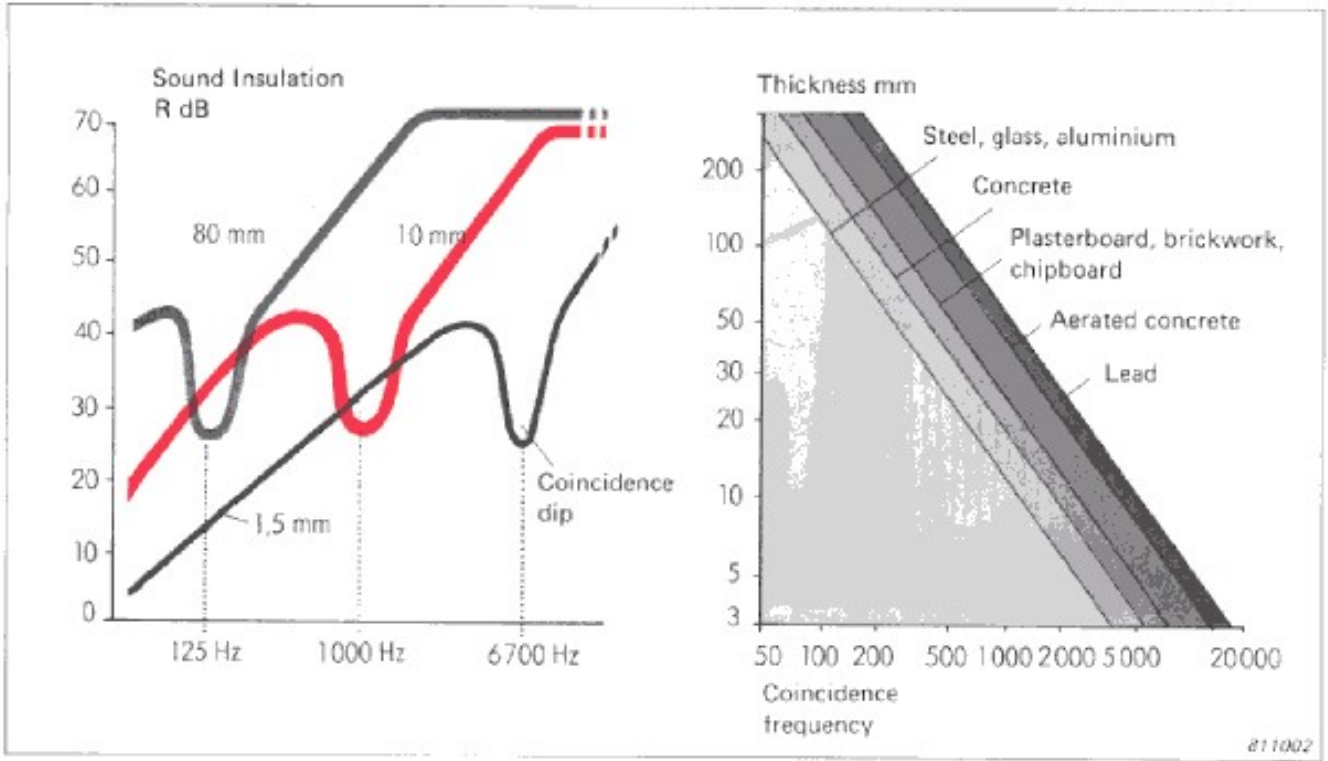

Sound Insulation
R dB
60
50
40
30
26
20
10
0
Limits
Steel
Aluminium
Glass, plasterboard
Chipboard
1000
2000
3000
5000
10000
20000
30000
50000
100000
Surface density x frequency Kg/m2 · Hz
B11000

- **Örnek:** Kum üfürme sistemi bir atölyedeki en baskın gürültü kaynaklarından birisidir. Sadece ince bir perde kullanarak diğer alandan ayrılmış durumdadır.
- **Çözüm:** Kum üfürme sistemi içinde bir alanın etrafı boşaltılır ve bu alan bir nevi ses izolesi bir oda olmuş olur. Bu alanın çevresi kurşun veya plastikten laminantlı perdelerle kaplanır. Bu perdeler hem izolasyonu sağlarken hem de esnek olmaları nedeni ile odaya geçişi zorlaştırmaz.

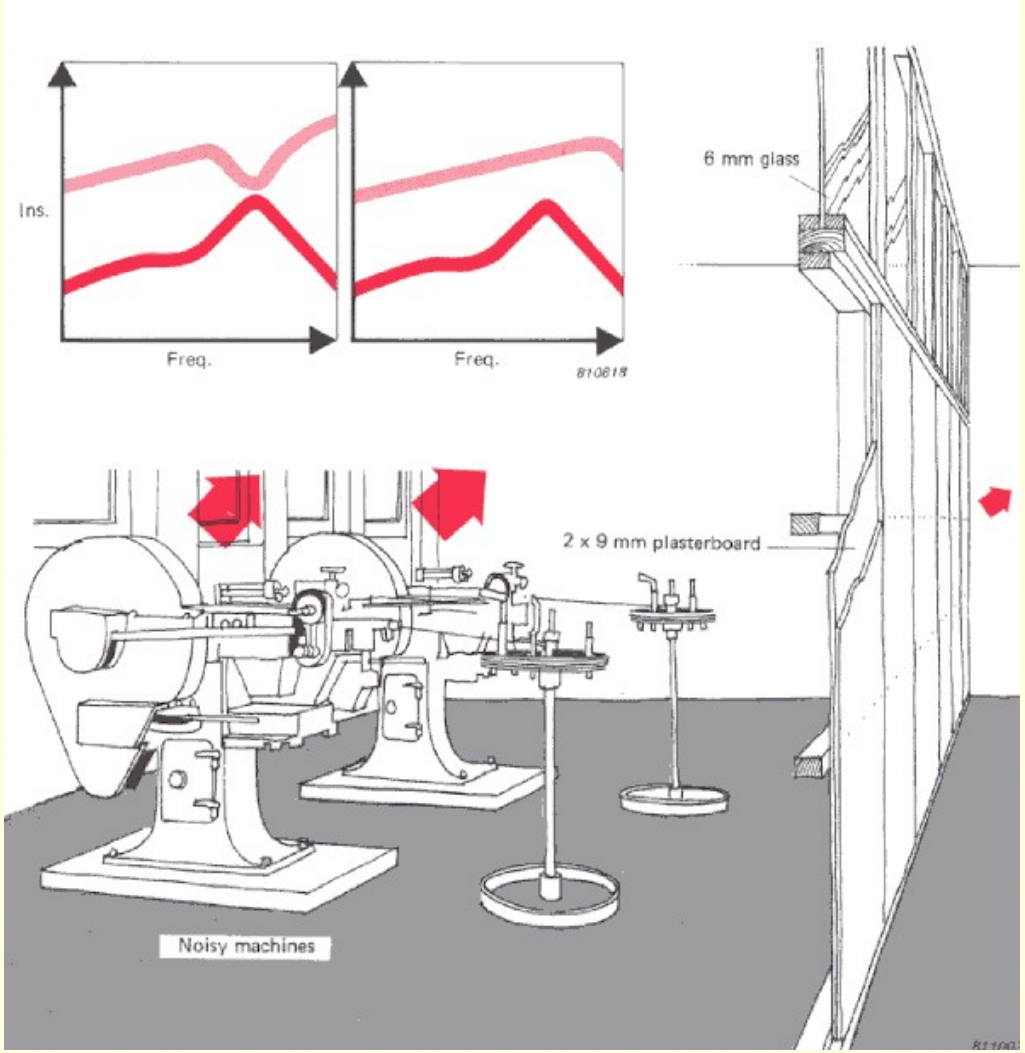

Ventilation plenum
Work area
Sound insulated
equipment room
Lead/rubber
laminate curtains

- -Tek tabaklı duvarlar için izolasyonun azaldığı frekans aralıkları vardır.- (Frekansların tutuşması)
- Tek tabakalı panel veya duvarın doğal frekanslı-bükülme modları panelin rijitliğine ve kalınlığına bağlıdır. Eğer panele uygulanan sesin ve panelin bu bükülme modlarının dalga boyları ve dolayısıyla frekansları eşitse, hem ses hem de panel beraber titreşim yaparlar. Böylece bir tip rezonans oluşur ve panelin izolasyon kapasitesi tekrar artmaya başlamadan önce bir azalmaya uğrar. Duvar kalınlığı arttıkça, rijitliği ağırlığından daha hızlı artar. Sonuç olarak da izolasyonun azalıp, minimum yaptığı frekans aralığı düşük frekanslara doğru kayar. Bu da belli frekans değerleri için ince duvarların kalın duvarlara oranla gürültüyü daha iyi izole edebildiğini gösterir.

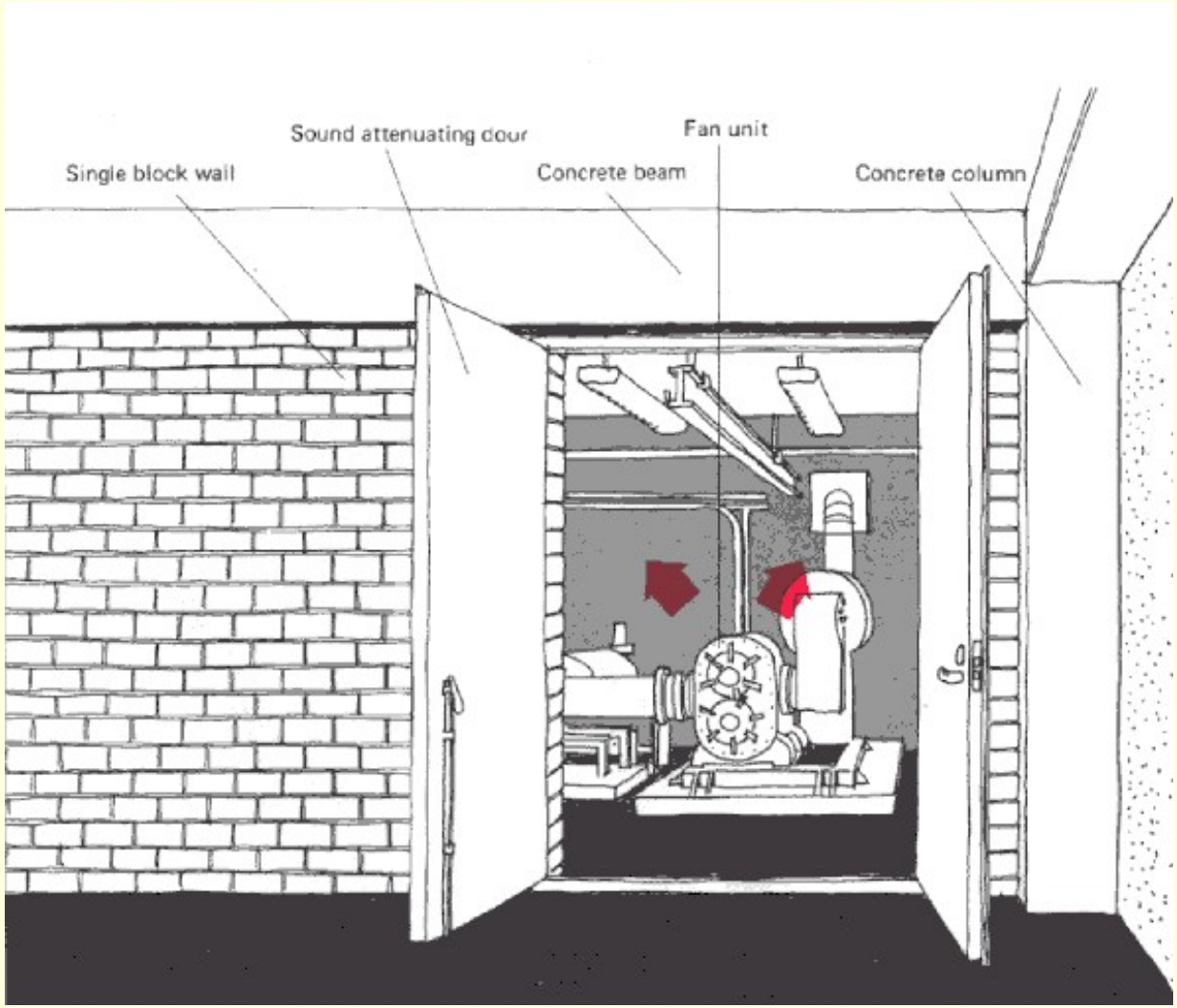
Principle


Sound Insulation
R dB
70
60
50
40
30
20
10
0
80 mm
10 mm
1,5 mm
Coincidence dip
125 Hz
1000 Hz
6700 Hz
Thickness mm
200
100
50
30
20
10
5
3
Steel, glass, aluminium
Concrete
Plasterboard, brickwork, chipboard
Aerated concrete
Lead
50 100 200 500 1000 2000 5000 20000
Coincidence frequency
811002

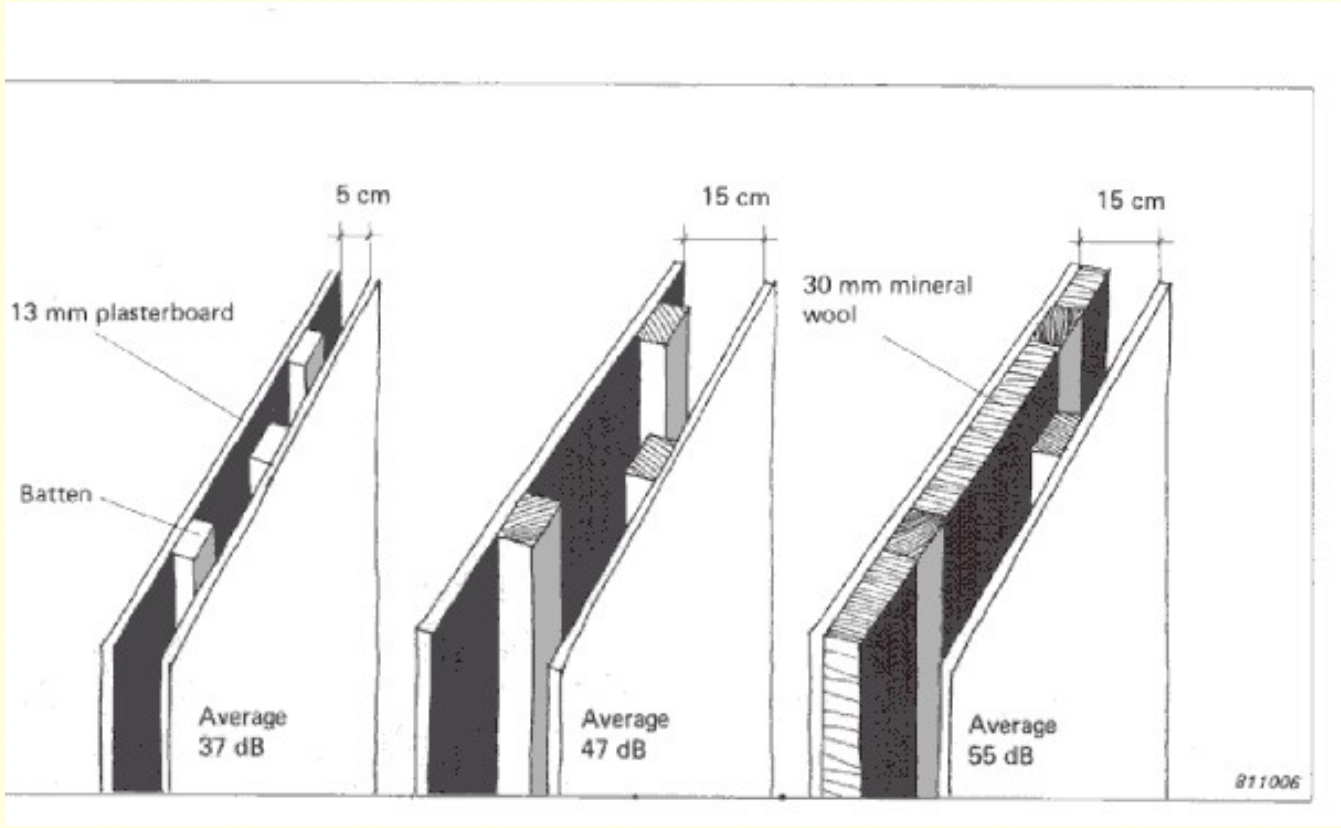
- **Örnek:** Atölyenin bir bölümündeki makinalar 1000 Hz frekanslı gürültü yaymaktadır. Bölme, 25 mm duvar kalınlığı ve 6 mm pencere kalınlığı olan bir panelle atölyenin diğer kısımlarından ayrılmıştır. Panelin izolasyonunun en düşük olduğu frekansın, duvar kısmı için 1000 Hz pencereler için ise 2000 Hz olduğuna göre panelin sağladığı izolasyonun düşük olduğu ortadadır. Bu durumda uygulanacak muhtemel bir yöntem ne olabilir?
- **Çözüm:** Panelin duvar kısmını tek kademe yerine iki kademeli hale getirdiğimizde sağlanan izolasyonun 10 dB kadar arttığını gözleriz. Yapılan bu değişiklikle duvarın ağırlığı aynı kalmasına rağmen, bölmenin rijitliği (katsayısı) dörtte bire düşer. Minimum izolasyonun olduğu frekansta 2500 Hz'e çıkar.


Ins.
Freq.
Freq.
810618
6 mm glass
2 x 9 mm plasterboard
Noisy machines

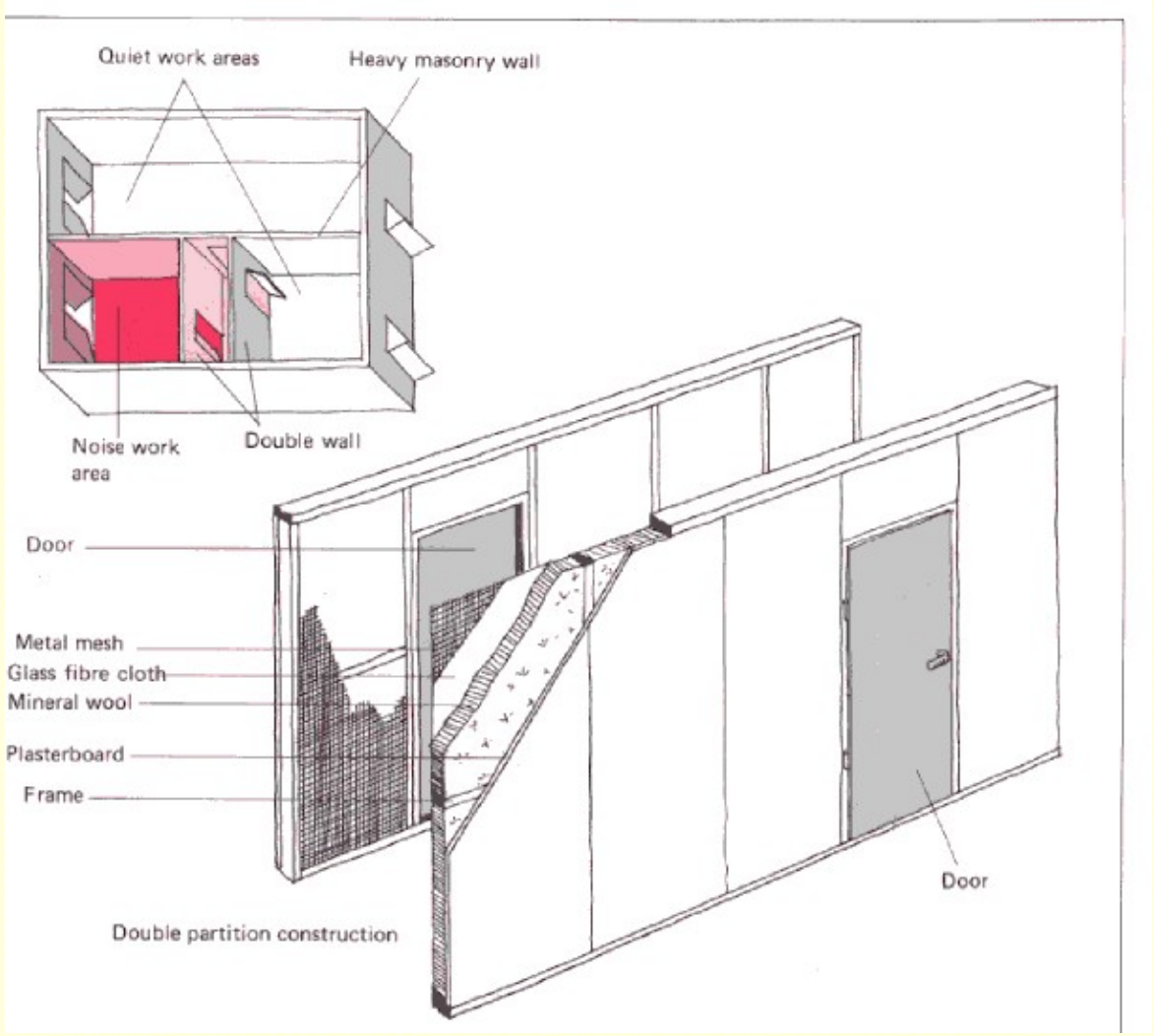
- **Örnek:** Endüstriyel bir binada, gürültünün ana sebebi, fan ünitesi olarak tesbit edilmiştir. Gürültü azaltmak için uygulanacak muhtemel bir çözüm yolu belirleyiniz.
- **Çözüm:** Fan ünitesi ekipmanın etrafı tek blok halinde duvarla örülür ve bu üniteye geçişte sesi engelleyici kapılar vasıtasıyla sağlanır. Tek blok duvar izolasyon açısından kritik olmasına rağmen, daha rijit ve dayanaklı olmasından dolayı tercih sebebidir. Çünkü duvarın bina içindeki taşıma araçlarının ve üst katın ağırlığını taşımada bir rolü söz konusudur.


Single block wall
Sound attenuating door
Concrete beam
Fan unit
Concrete column

- **-Hafif ağırlıktaki çift kademe kullanımı yüksek seviyede izolasyon sağlar.-**
- **İki kademesi arasında izolasyonu sağlayan hava boşluğu bulunan bir panel için hava boşluğu arttıkça panelinde izolasyonu artacaktır. Eğer boşluğa bir de absorbe edici bir malzeme eklendiğinde, ses izolasyonu daha da artar. En iyi izolasyon ise panelin iki kademesinin birbirinden ayrı olarak bina iskeletine monte edilmesiyle ulaşılır.**
- **Bu yapılmayıp, iki kademe binanın, iskeletine beraber oturtuluyor uç kademelerin bağlantı yerleri, küçük, az sayıda ve mümkün olan en elastik şekilde olmalıdır. Belirtilen modellerden biriyle elde edilecek izolasyon, tek kademeli bir panelle ancak 5 veya 10 kat fazla ağırlıkla sağlanabilir.**

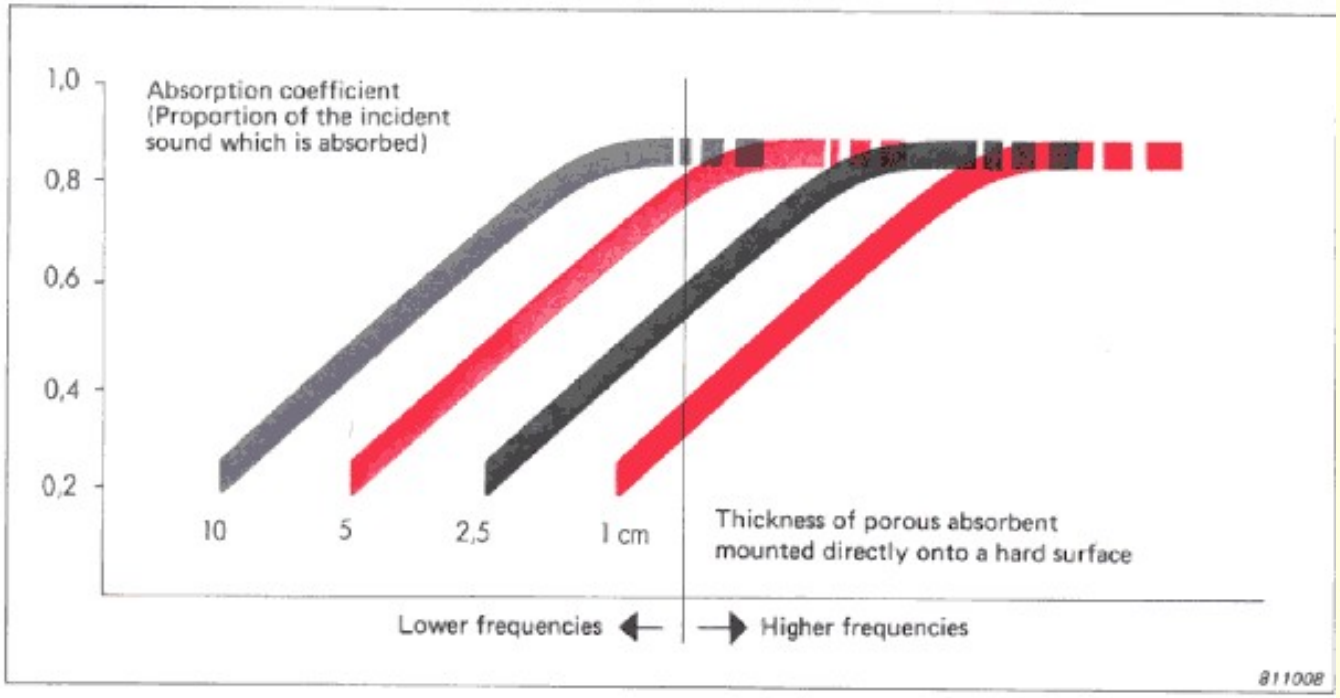

5 cm
15 cm
15 cm
13 mm plasterboard
30 mm mineral wool
Batten
Average 37 dB
Average 47 dB
Average 55 dB
811006

- **Örnek:** Aynı ortamdaki 2 atölye, gürültülü makine (aksamı) ihtiva etmekte ve bu da ortamda rahatsızlık yaratmaktadır. Uygulanabilecek bir çözüm yolu belirleyiniz.
- **Çözüm:** Gürültü verici ekipmanlar beraberce atölyelerin bir ucuna yerleştirilir. Atölyenin öbür ucuna yapılacak bir bölme aynı zamanda sessizlik istene odalara geçmek için bir koridor görevi görür. Bu bölgeyi; arasında hava boşluğu bulunan iki kademeli panel gibi düşünebiliriz. Ayrıca bu koridorlara açılan kapıları karşılıklı değil de çapraz olarak yerleştirmek; kapılardan biri açıkken 35 dB, ikisi de kapalı iken 500 dB'e kadar bir ses izolasyonu sağlayacaktır. Aynı miktarda izolasyon, ağır ve kalın bir duvar veya betonarme bir yapı, ilaveten de özel yapım ses geçirmez bir kapı kullanmayı gerektirir.

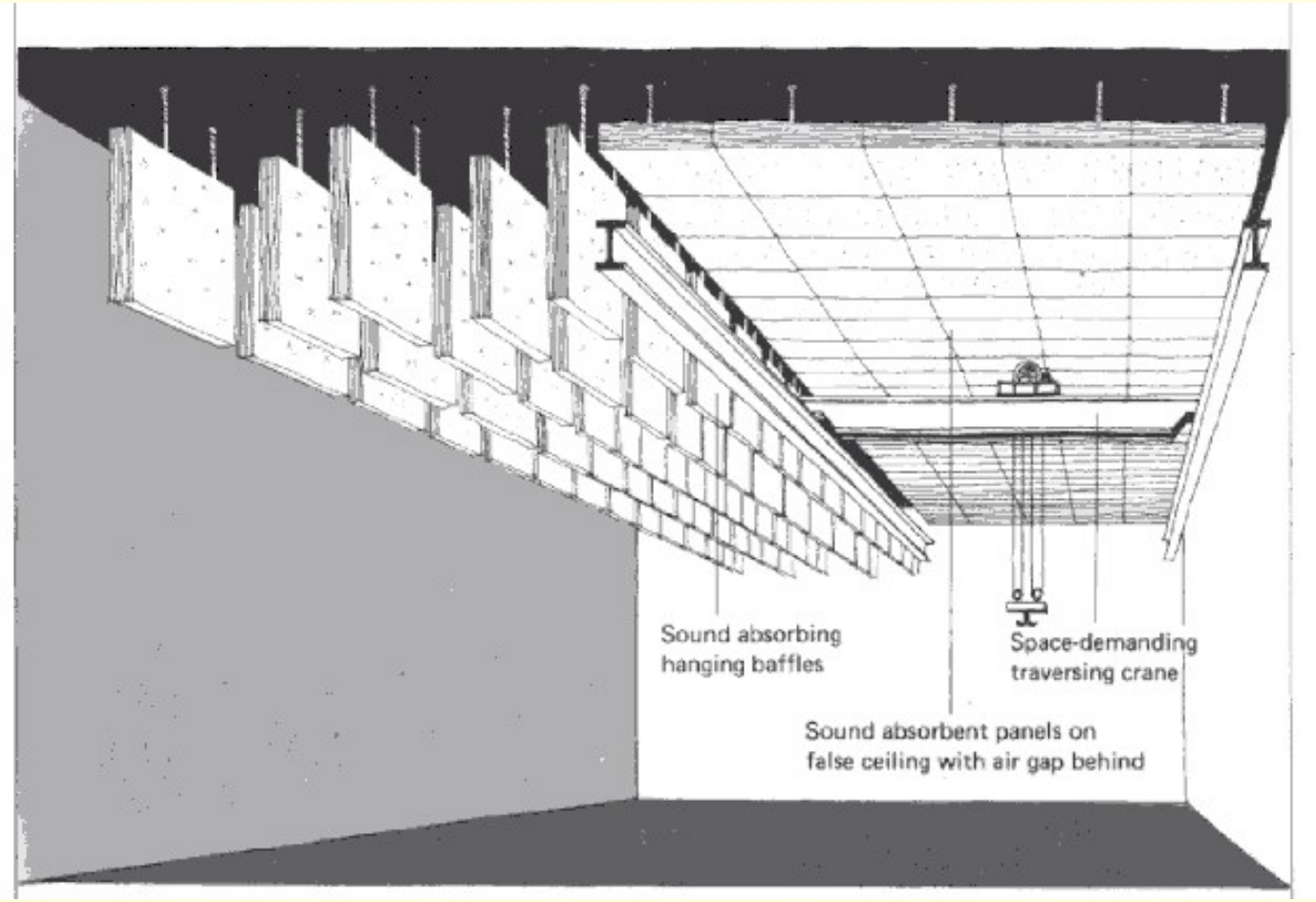

Quiet work areas
Heavy masonry wall
Noise work area
Double wall
Door
Metal mesh
Glass fibre cloth
Mineral wool
Plasterboard
Frame
Door
Double partition construction

- -Kalın ve gözenekli katmanlar hem yüksek hem de düşük frekanslarda etkili absorbe edicidirler.-
- Havanın içinden geçebildiği gözenekli malzemeler genellikle mükemmel ses yalıtıcılardır. Cam fiberler, ağaç yünü veya sıkıştırılmış metaller bu tip malzemelere örnek gösterilebilir. Malzeme kapalı hücreler muhteva ediyorsa emme işlemi yeterince gerçekleşmez. Ek olarak, ince katmanlar sadece yüksek frekansları absorbe ederken, kalın katmanlar geniş bir frekans aralığında etkilidirler. 100 Hz'in altındaki frekanslar için katman, ya pratik olmayan bir kalınlıkta veya hava boşluğuna monte edilmiş durumdadır.

Principle

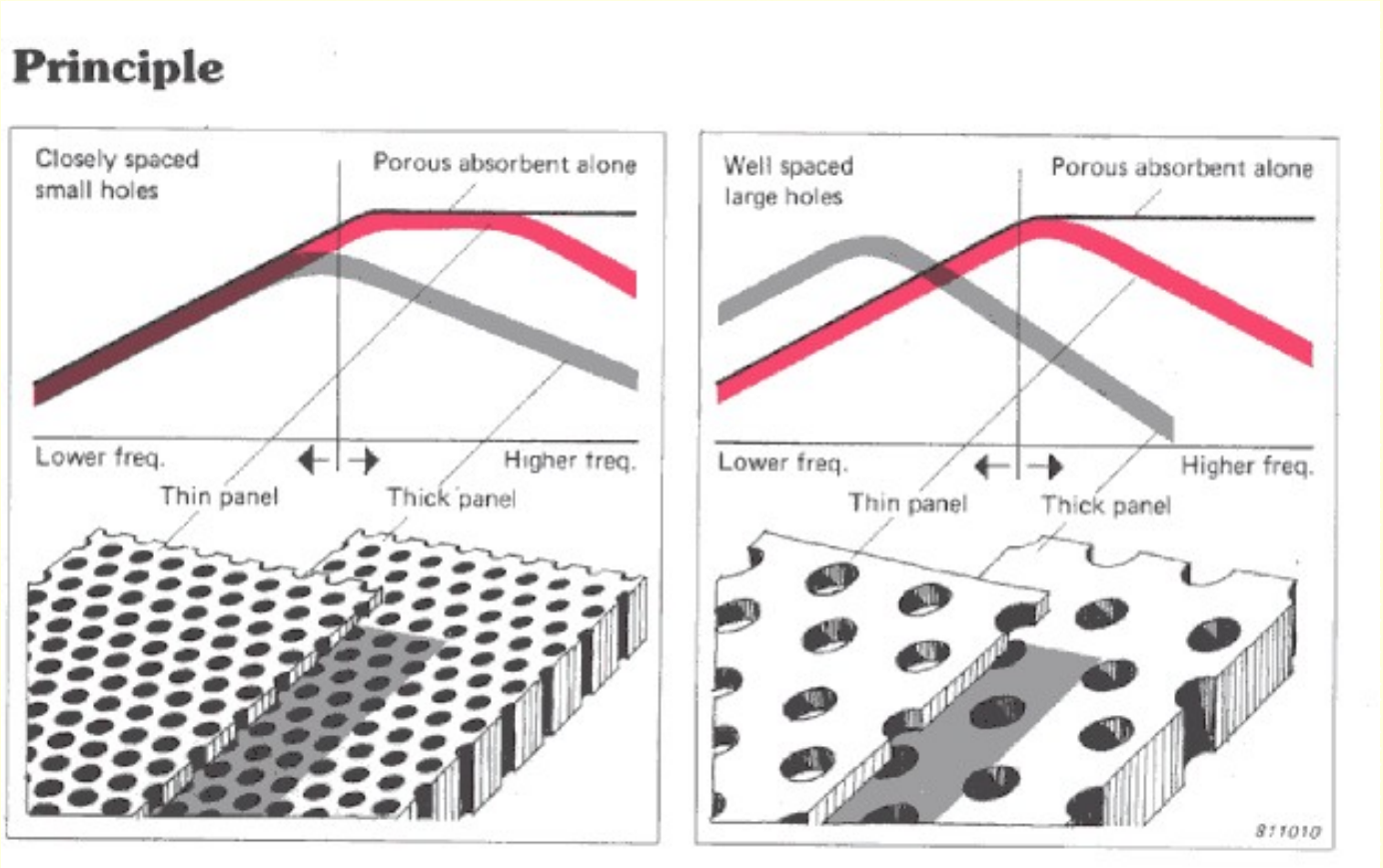

1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
Absorption coefficient
(Proportion of the incident
sound which is absorbed)
10
5
2,5
1 cm
Thickness of porous absorbent
mounted directly onto a hard surface
Lower frequencies
Higher frequencies
811008

- **Örnek:** Özellikle, düşük frekansta yüksek düzeyde gürültü yayan bir atölye, gürültü miktarını bütün frekanslar için azaltan bir dizi izolasyon işleminden geçilecektir.
- Atölyede tavanın boş olduğu kısımlarda, panel yalıtıcıları dik olarak asmak mümkündür. Bu çok etkili bir çözüm yoludur. Tepeye asılı bir kancanın dolaştığı kısımlarda ise yalıtıcı panelleri tavanın hemen altına yatay yerleştirmek, düşük frekanslı gürültüye karşı uygulanabilir. Bu iki metod gürültü kaynağının yakın komşuluğundaki bölgeye dışında gürültüyü 10 dB'e kadar azaltmak mümkündür.

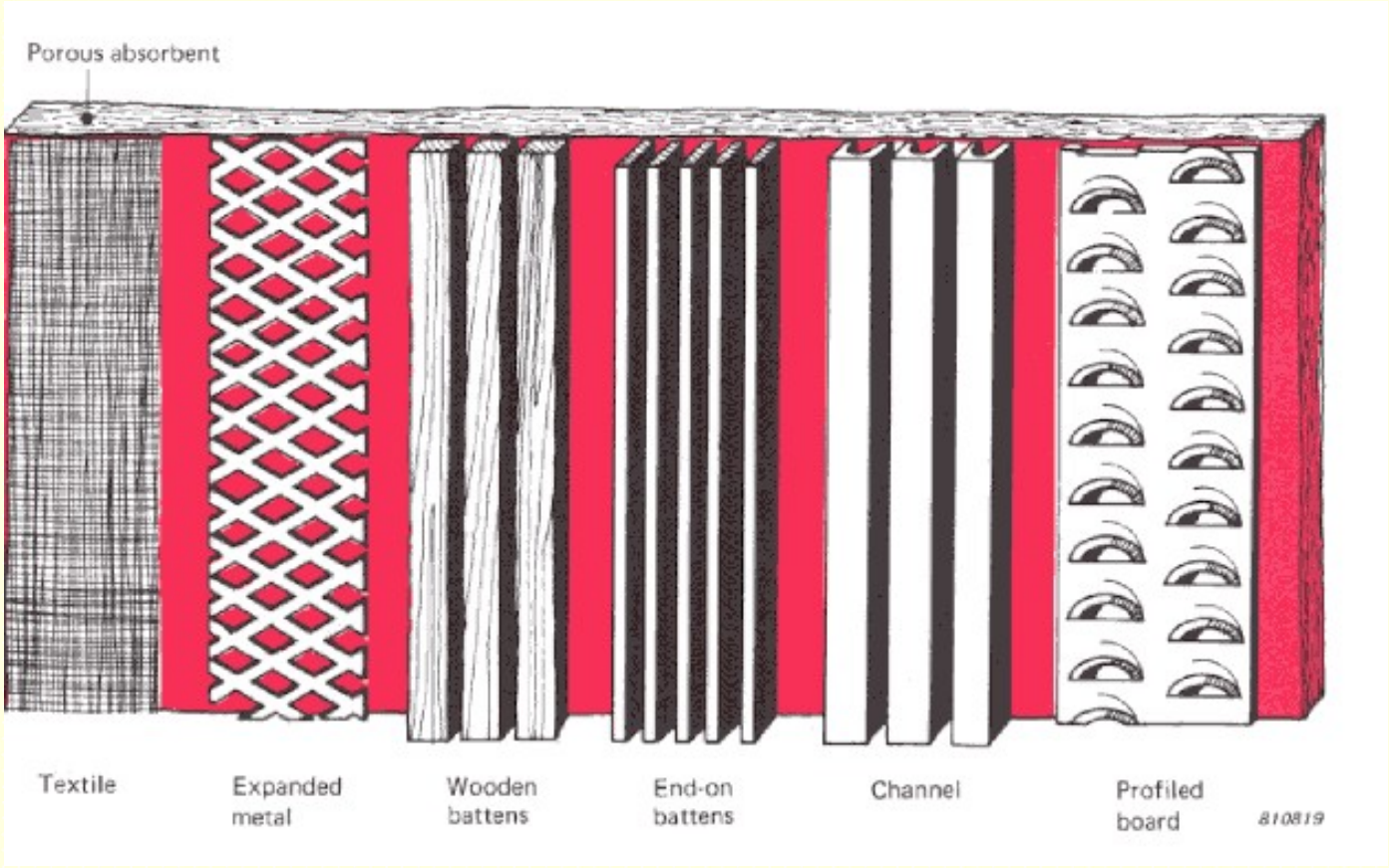

Sound absorbing
hanging baffles
Space-demanding
traversing crane
Sound absorbent panels on
false ceiling with air gap behind

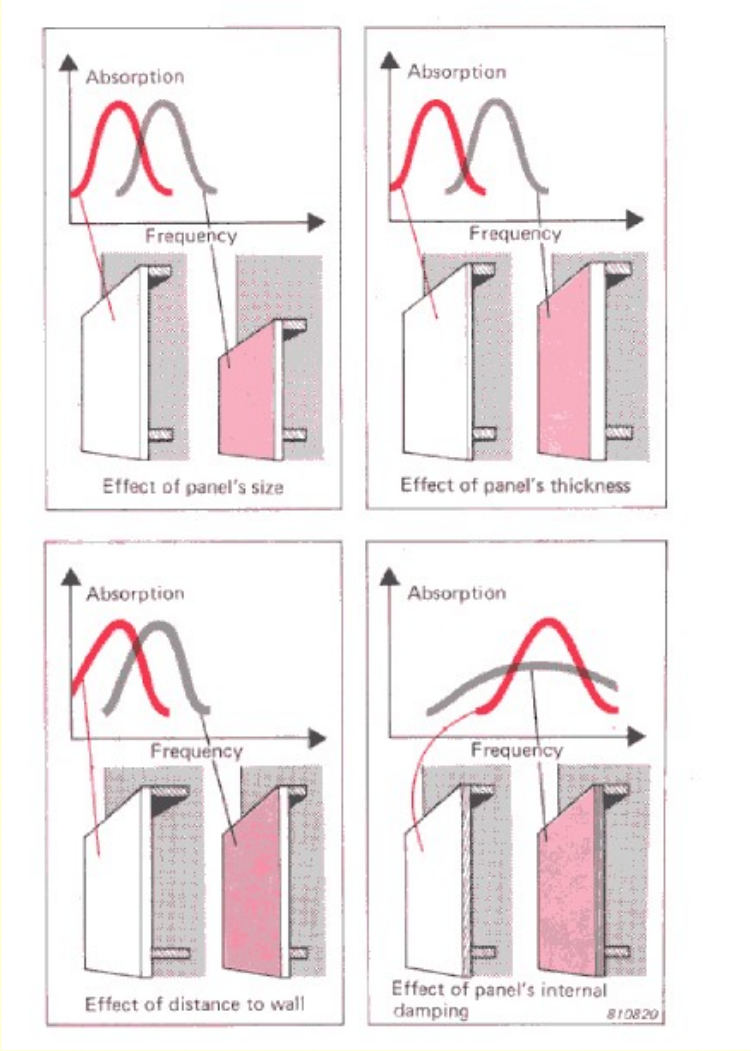
- -Delikli panelleri yalıtıcılar üzerine yerleştirmek, bu özelliklerini kaybetmelerine neden olmaz.-
- Yalıtıcılar izolasyon ve görünüş (estetik) olması amacıyla genelde delikli malzemelerle kaplanır. Bu işlem, yalıtıcının özelliğini delikler yeter miktarda ise çok fazla değiştirmez. İnce olan eklemeler için boş alanın oranının %15 olması yeterlidir. Bu oran ekleme kalınlaştıkça artacaktır. Ayrıca deliklerin az sayıda ve büyük olmaları küçük ve çok sayıda olmaları yeğlenir

Principle

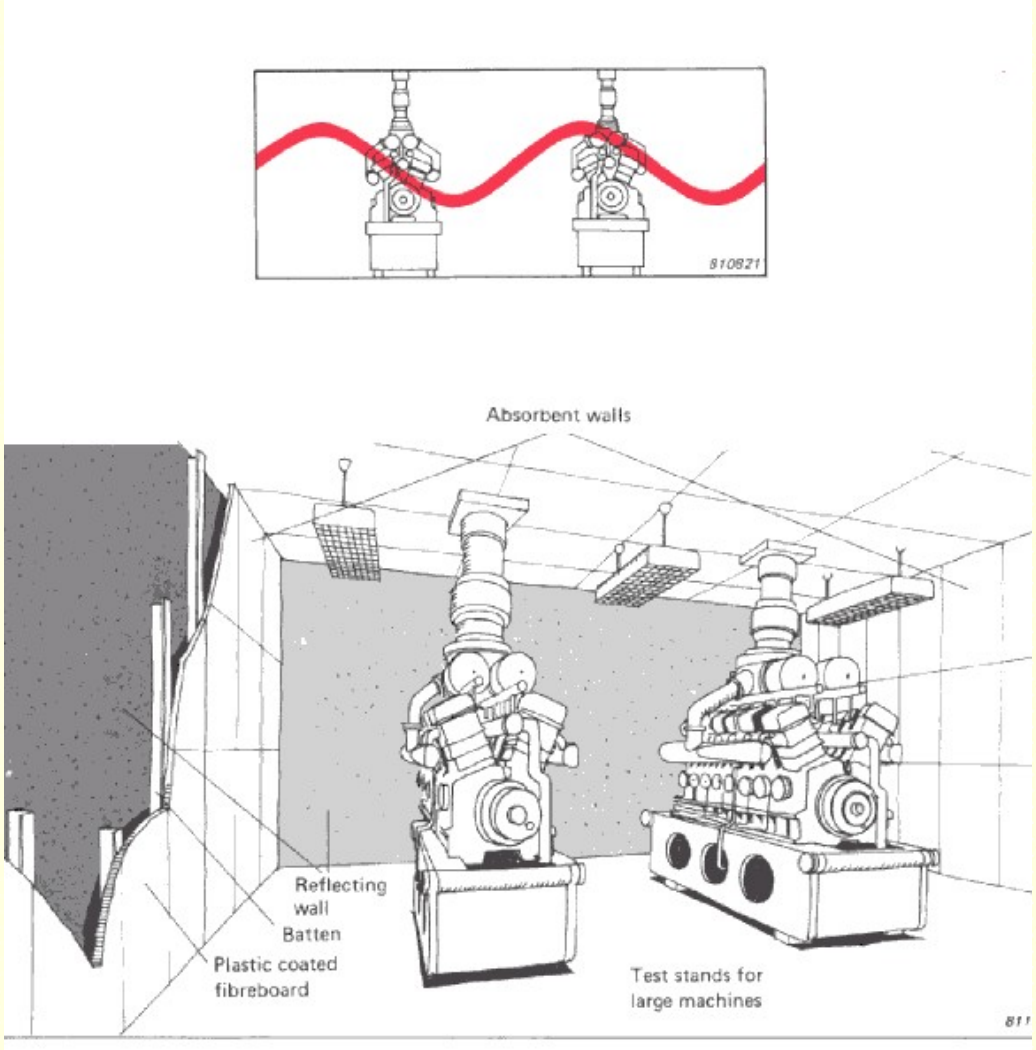

Closely spaced
small holes
Porous absorbent alone
Lower freq.
Higher freq.
Thin panel
Thick panel
Well spaced
large holes
Porous absorbent alone
Lower freq.
Higher freq.
Thin panel
Thick panel
811010

- Binada görüntüyü daha estetik kılabilmek için ses yalıtıcı ekipmanın örtecek pek çok malzeme vardır. Bunu yaparken göz önüne alınacak tek faktör, kaplanmamış yalıtıcı ekipman alanının görevini yapabilecek kadar yeterli olmasıdır. Metal, odun veya kısmen açık kaplayıcı paneller istenilen dış görünüşü sağlarken yalıtıma olumsuz etki yapmazlar.


Porous absorbent
Textile
Expanded metal
Wooden battens
End-on battens
Channel
Profiled board
810819

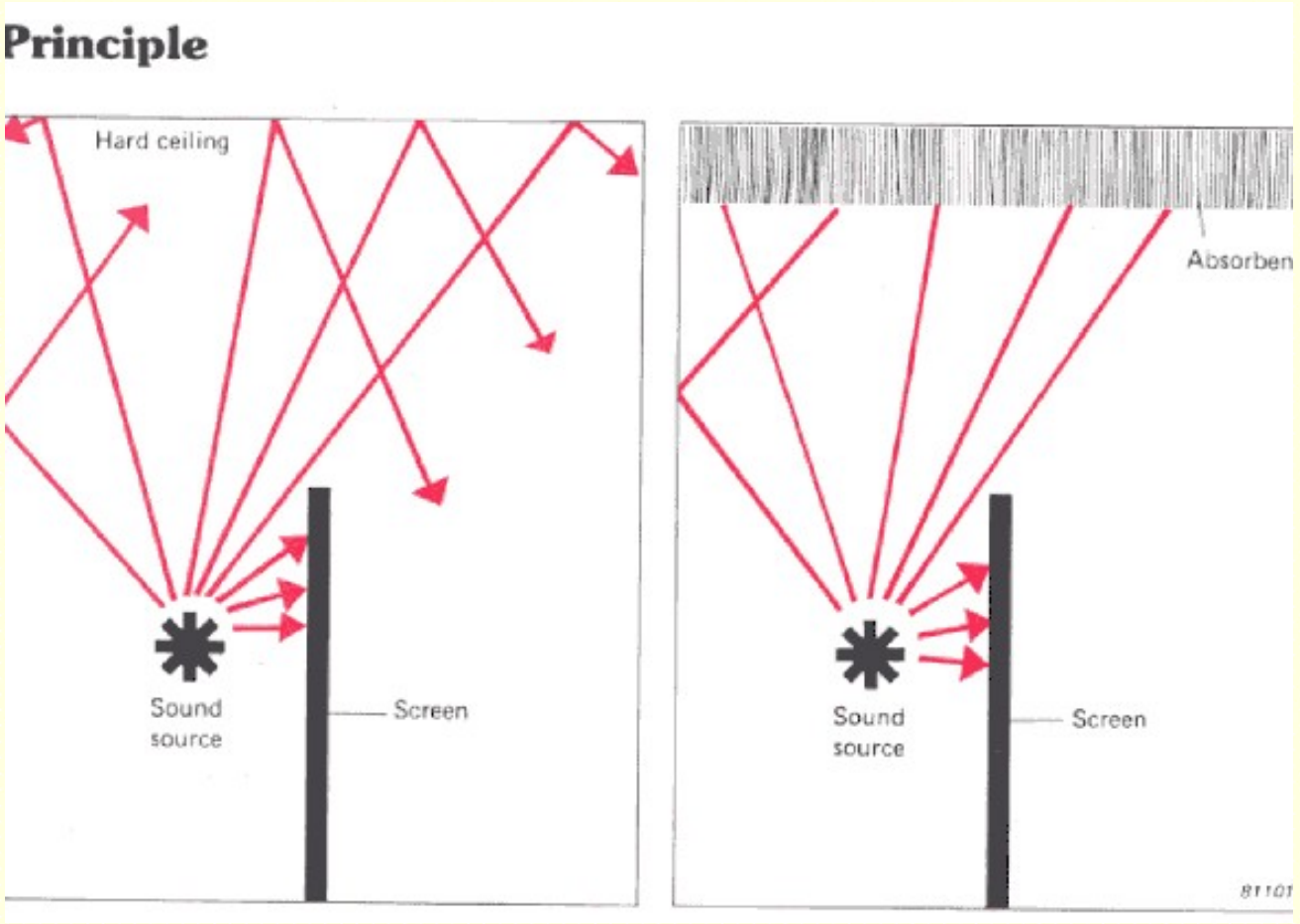

Absorption
Frequency
Effect of panel's size
Absorption
Frequency
Effect of panel's thickness
Absorption
Frequency
Effect of distance to wall
Absorption
Frequency
Effect of panel's internal damping
810820

- **Örnek:** Bir makine dairesinde, test edilen makine normal hızında çalıştığında rezonans oluşmaktadır. Normal çalışma hızından farklı (olarak) hızlarda rezonans tamamiyle kaybolmaktadır. Uygulanabilecek muhtemel bir çözüm yolu belirleyiniz.
- **Çözüm:** Duvarlar, tahta çerçeveli panellerle kaplanır. Panel boyutları, ses izolasyonu rezonans frekansını kapsayacak şekilde belirlenir. Panelin rezonans harici frekanslarda etkili olabilmesi için, panel malzemesi, laminant ve fiber bordlar gibi yüksek iç sönümlemeli olmalıdır.

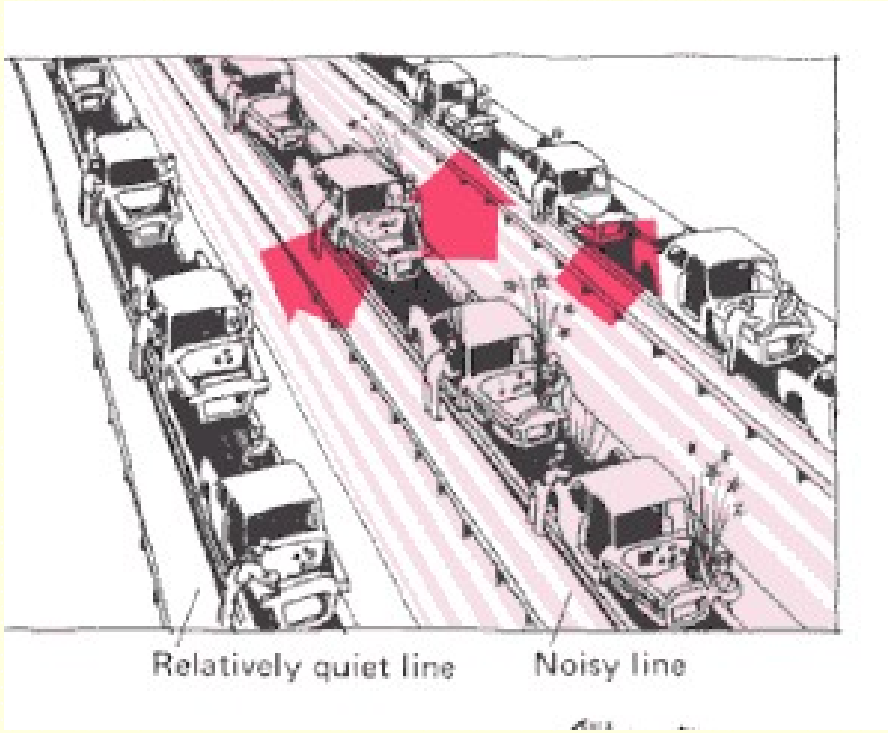

Absorbent walls
Reflecting wall
Batten
Plastic coated fibreboard
Test stands for large machines

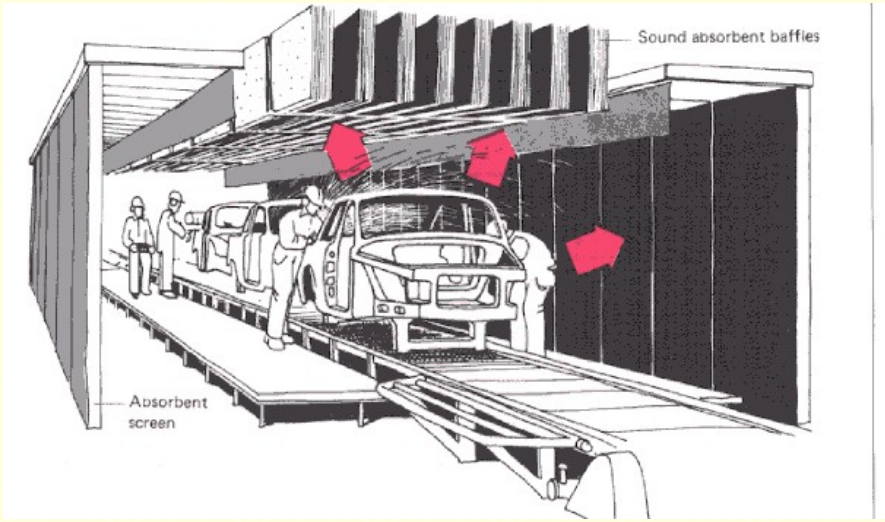
- -Daha etkin bir izolasyon için ses tutucu perdelerin, emici tavanlarla beraber kullanılması gerekir.-
- Yüksek frekanslı gürültüler için, ses perdesi kullanmak etkili bir yoldur. Perde kaynağa yakın ve yüksek olduğu ölçüde, sağladığı izolasyon artar. Fakat, kaynağın üzerindeki tavan absorbe özelliğine sahip değilse, kaynaktan yayılan gürültünün, perdenin öbür tarafına doğru yansımasını durduramaz. Bu da izolasyonu azaltacaktır. Emici bir tavansa bu yansımayı engelleyeceğinden, perdenin ses yalıtımını daha etkin kılar.

Principle


Hard ceiling
Sound source
Screen
Absorben
Sound source
Screen
81101

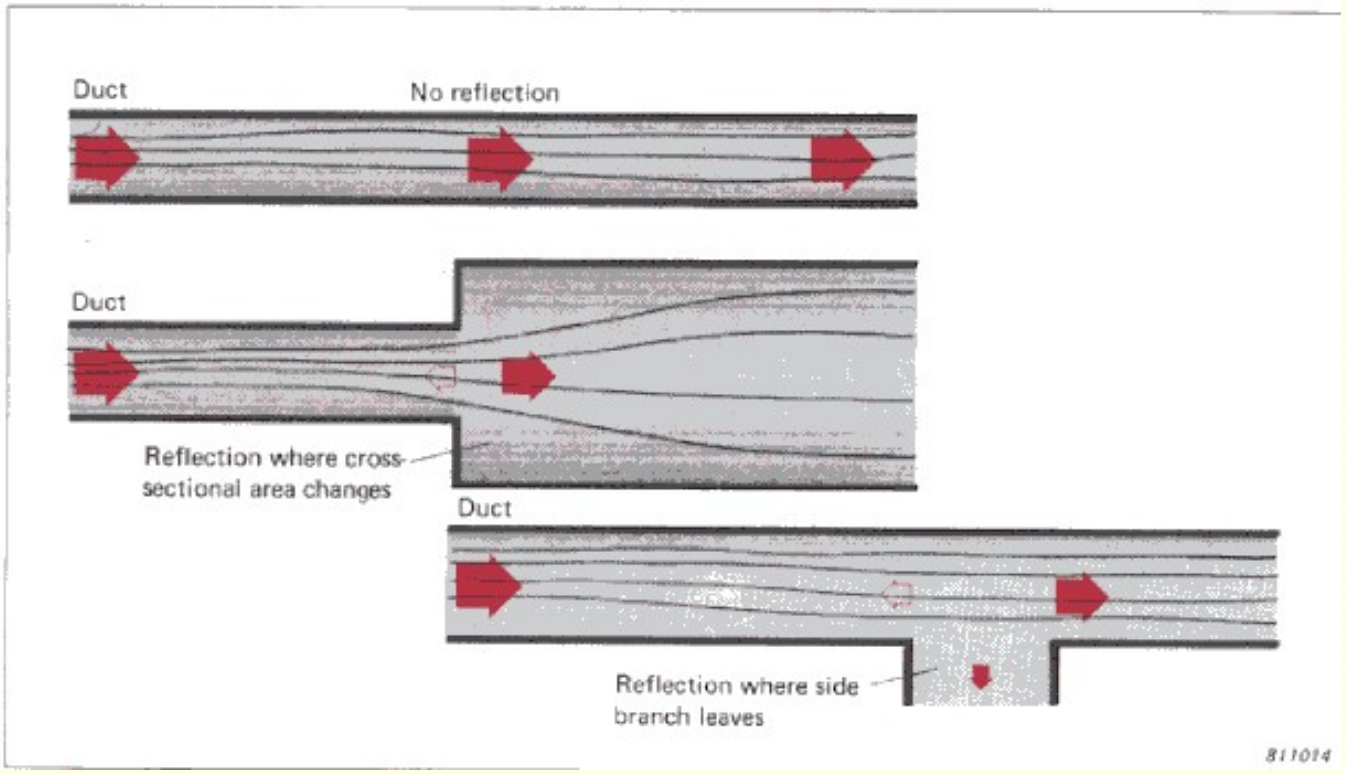
- **Örnek:** Birden çok üretim bandının olduğu bir montaj hattında, bantlardan biri diğerine nazaran çok daha fazla gürültü üretmektedir. Araba gövdesinin hazırlanması sırasında çıkan yüksek frekanslı gürültü, montaj hattındaki herkesi etkilemektedir.
- **Çözüm:** Gürültü kaynağı olan hat için, hafif ve absorbe edici perdeler kullanmak ve ses yalıtıcı düzenekler asmak, daha sessiz olan hatlardaki gürültü düzeyini azaltır. Bu arada, gürültülü hatta çalışanlar içinde yararlıdır. Eğer, hat sadece ses kırıcı (emici) tünellerle kapatılmasaydı, yankılanan ses seviyesi lokal olarak (bölgesel olarak) artardı.


Relatively quiet line
Noisy line

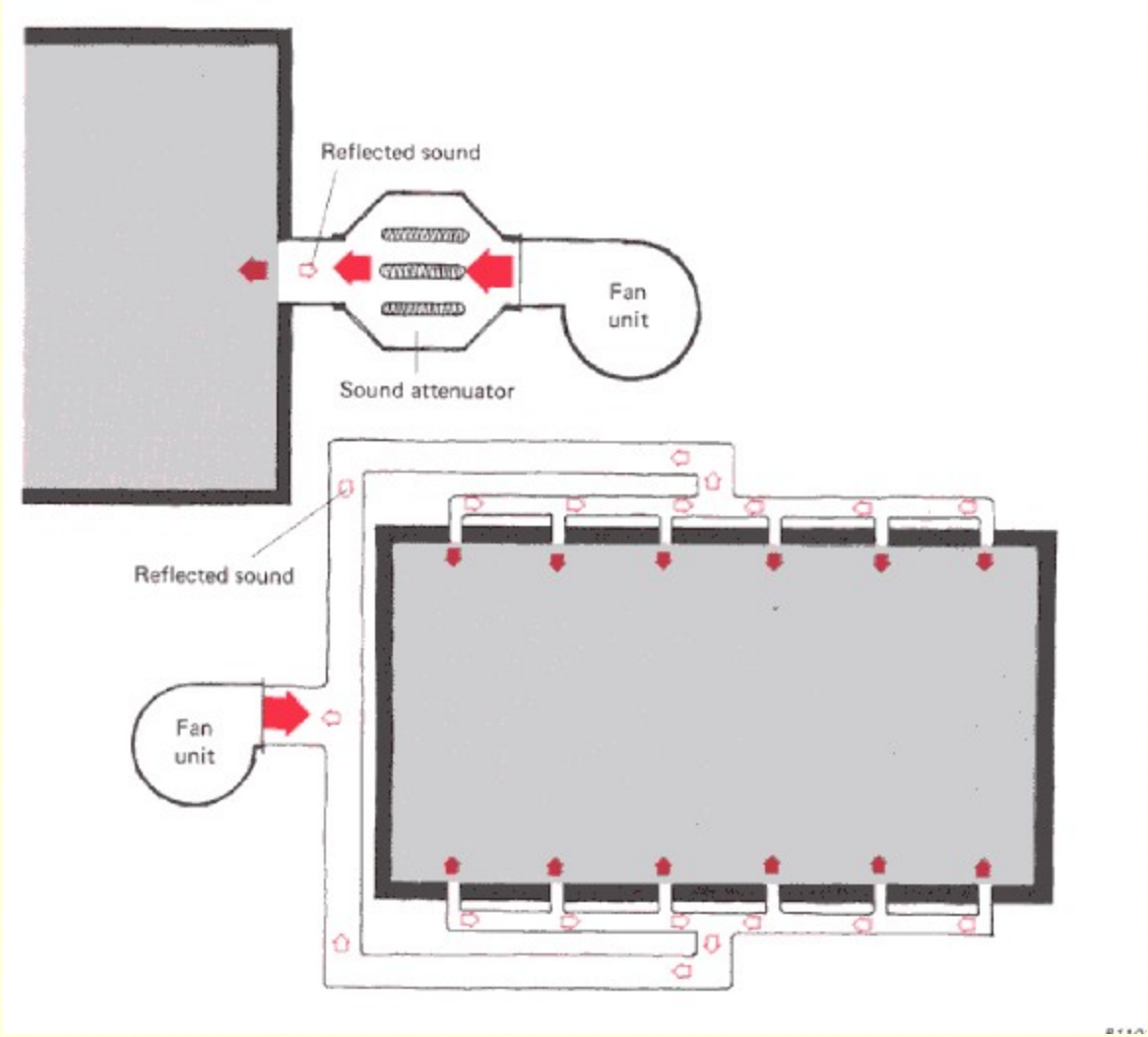

Sound absorbent baffles
Absorbent screen

- -Kanallardaki yüzey alanı ve doğrultu değişimleri gürültü iletimini azaltır.-
- İletim yolu üzerindeki bütün değişimler, ses enerjisinin bir kısmı kaynağa doğru geri yansıtılır. Bu bir kanal için, kesit alanının değişmesi, branşmanın bükülmesi ve duvar malzemesindeki farklılıklar şeklinde olabilir. Bu durumdan, kanal sisteminin tasarımı sırasında belirli ölçüde kırıcılık sağlamak için faydalanılır. Ulaşılan ses seviyesi ise kanalın tepkimesi olarak adlandırılır.

Principle

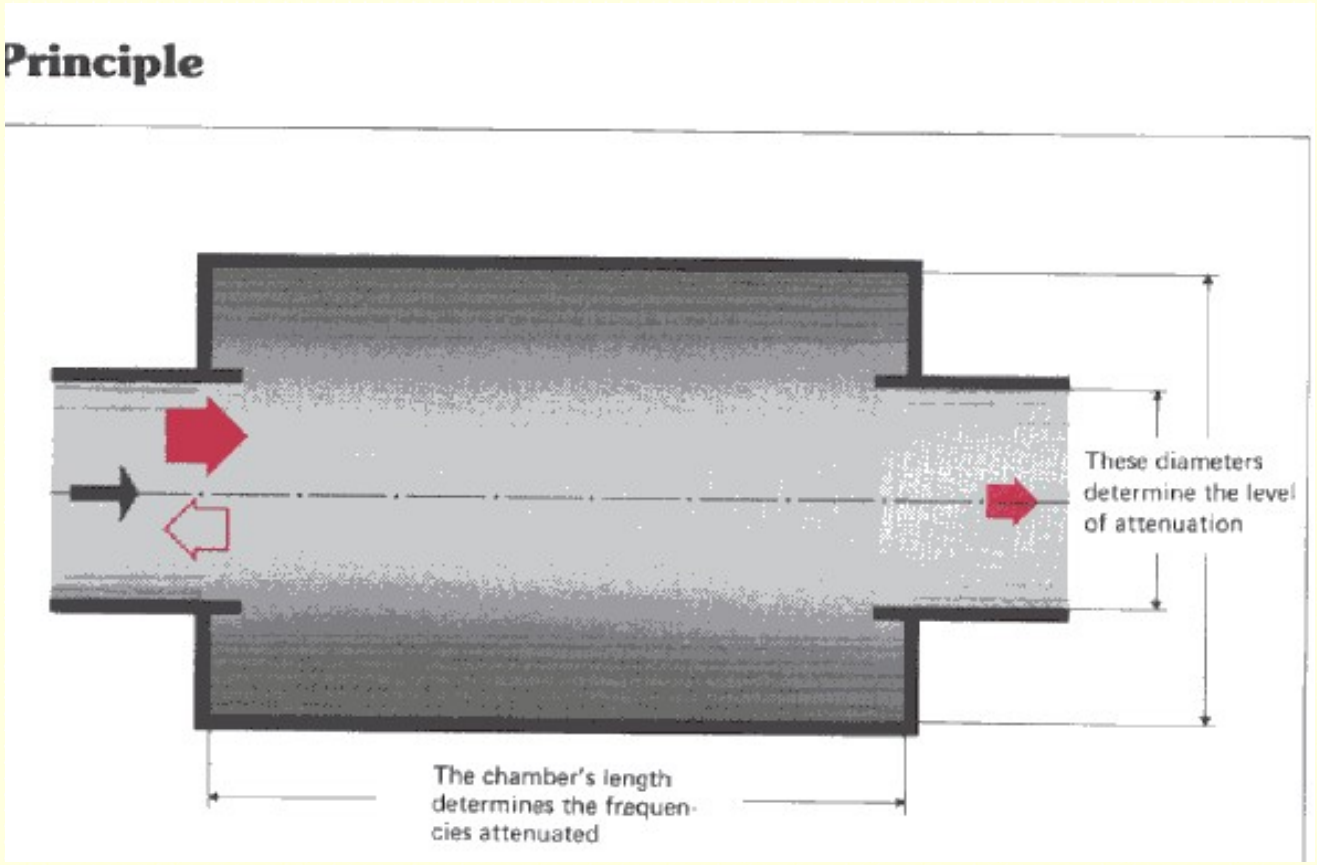

Duct
No reflection
Duct
Reflection where cross-sectional area changes
Duct
Reflection where side branch leaves
B11014

- **Örnek:** Dekorasyonu yapılmış büyük bir ofis, mekanik bir havalandırma sistemi eklenecektir. Yer sorunu, fan çıkışındaki ses kırıcının gerekli ölçüde çalışma boyutlarda olmasına engel teşkil eder.
- **Çözüm:** Havalandırma kanalı kesit alanındaki değişimler akım doğrultusundaki değişimler ve dağıtım branşmanları yolu ile elde edilen ses yalıtımından faydalanılabilir. Bu yolla fan kaynağında yeterince susturulamamışsa bile, istenilen ses seviyesine inilebilir. Kanal duvarındaki yalıtıcılar ve düzgün kavisler daha fazla gürültüyü engellerken, havanın ofis içinde daha homojen dağılmasını sağlar.

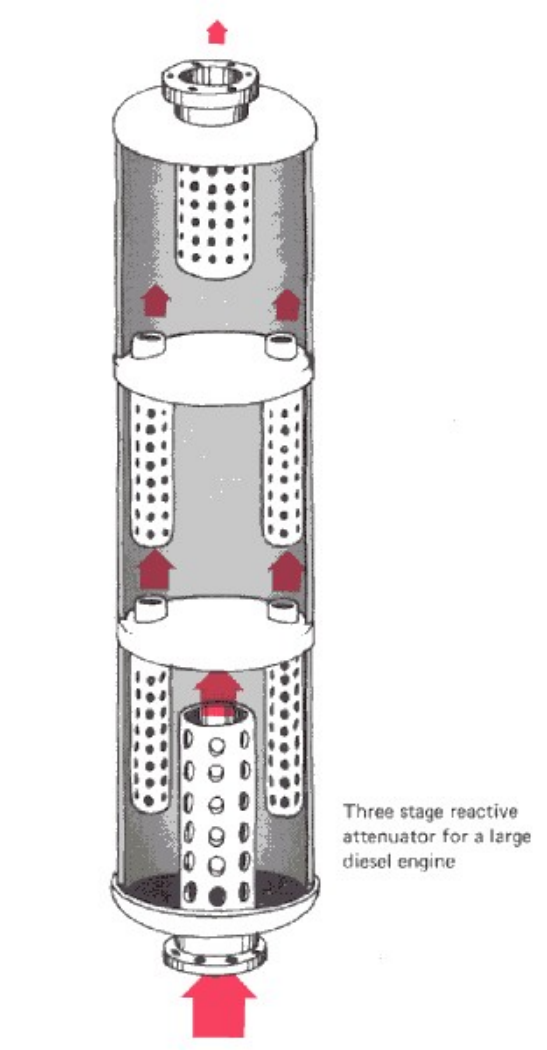

Reflected sound
Fan unit
Sound attenuator
Reflected sound
Fan unit

- -Tepkimeli ses kesiciler, dar frekans aralığında etkili olurlar.-
- Tepkimeli ses kesiciler, belirli frekans aralığındaki düşük frekanslı gürültüleri azaltmada etkilidirler. Farklı boyutlardaki kesicilerin birleştirilmesi ve tek bir dış kaplamaya yerleştirilmesiyle ses izolasyonun sağlandığı frekans aralığı artırabilir. Perforajlı tüplerde ses kesicilerin içinde kullanılmakta olup, gaz akışını artırırken belli ölçüde yalıtımda sağlarlar.

Principle


These diameters determine the level of attenuation
The chamber's length determines the frequencies attenuated

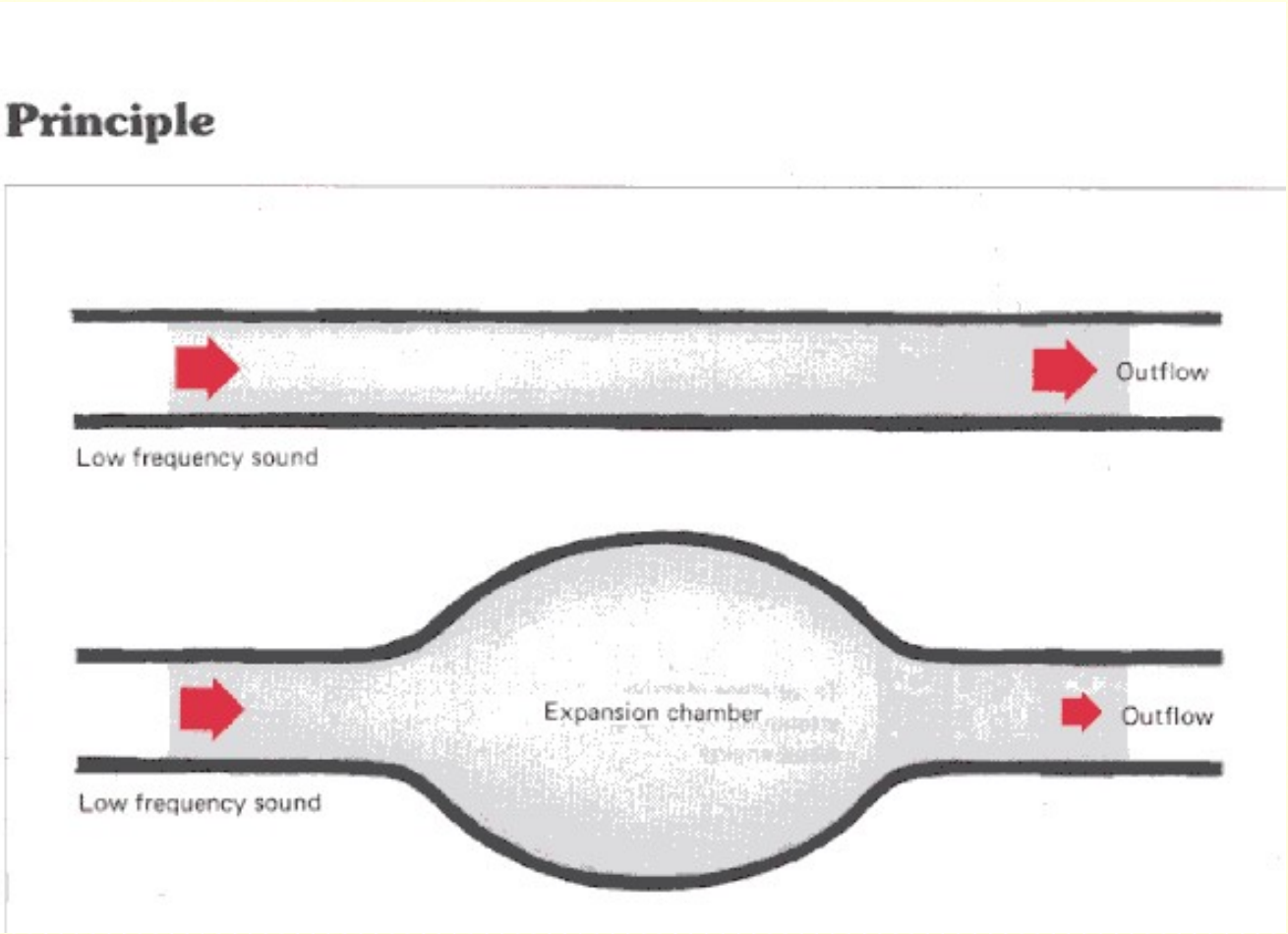
- **Örnek:** Absorbe edici ses kesicilerin tasarımı ve üretimi basit olup, geniş bir frekans aralığında gürültüyü önler. Buna karşın absorbe malzemesi, zamanla oluşan karbon tortusu sonucu etkinliğini yitirir ve yanıcı maddelerin birikmesi ise yangın riskini doğurur.
- **Çözüm:** Bu durumda, çok kademeli tepkimeli ses kesici kullanılabilir. Ses kesici, geniş bir frekans aralığında çalışır ve oluşan birikimlere karşı daha az hassastır.



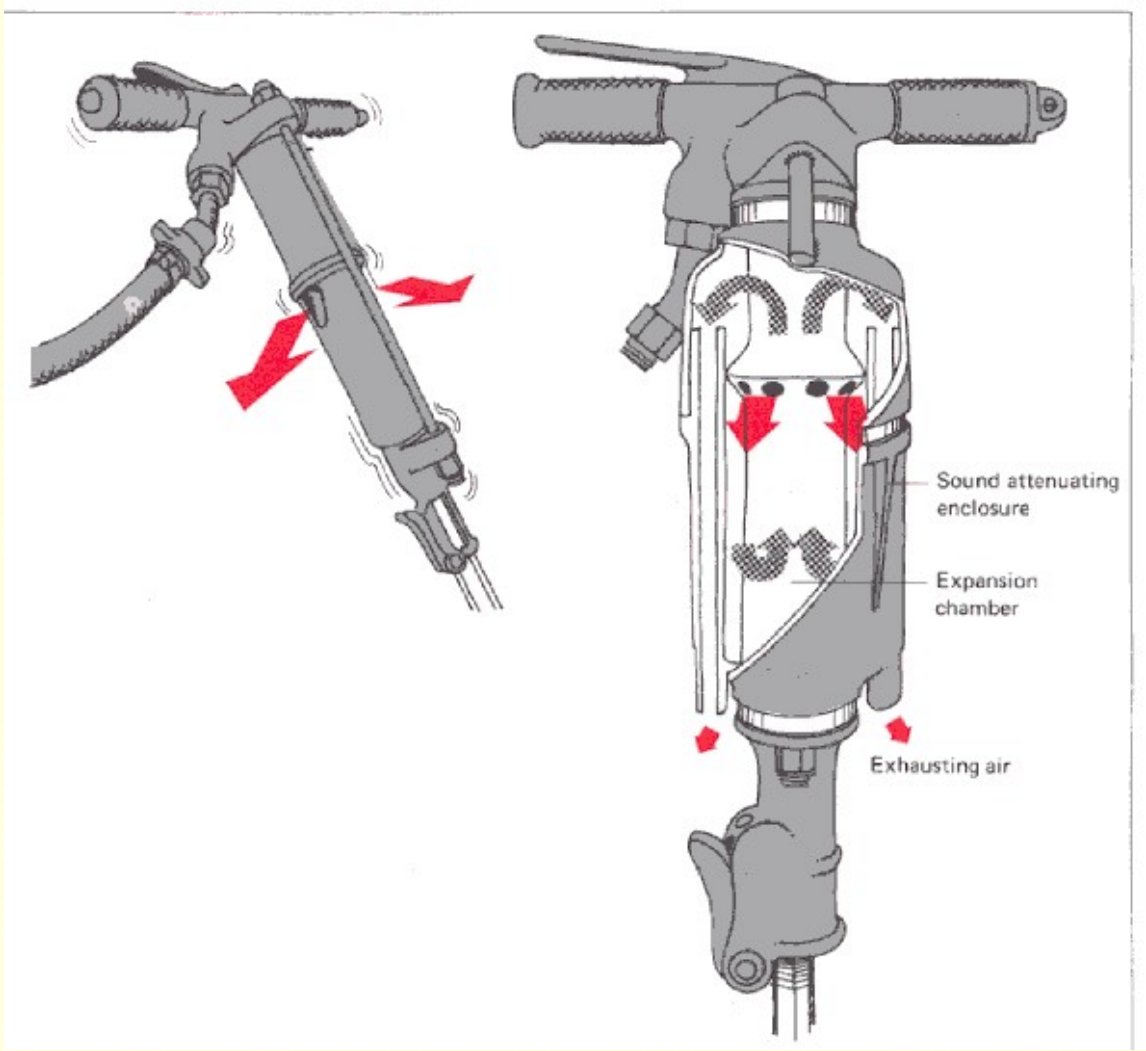
Three stage reactive attenuator for a large diesel engine

- -Düşük frekansların baskın olduğu durumlarda genleşme bölümlerini kullanmak etkili olur.-
- Eğer, bir boru veya kanal bir genişleme yapıyorsa, düşük frekanslı dalgalanmalar engellenir. Bu motor egzosu veya kompresör çıkışları gibi basıncın sürekli etkilerinin olduğu durumlarda etkili bir çözümdür. Frekans değeri düştükçe, genleşme bölmesinin büyümesi gerekir. Bu dalgalanmanın yeterince durdurulabilmesi için önemlidir.

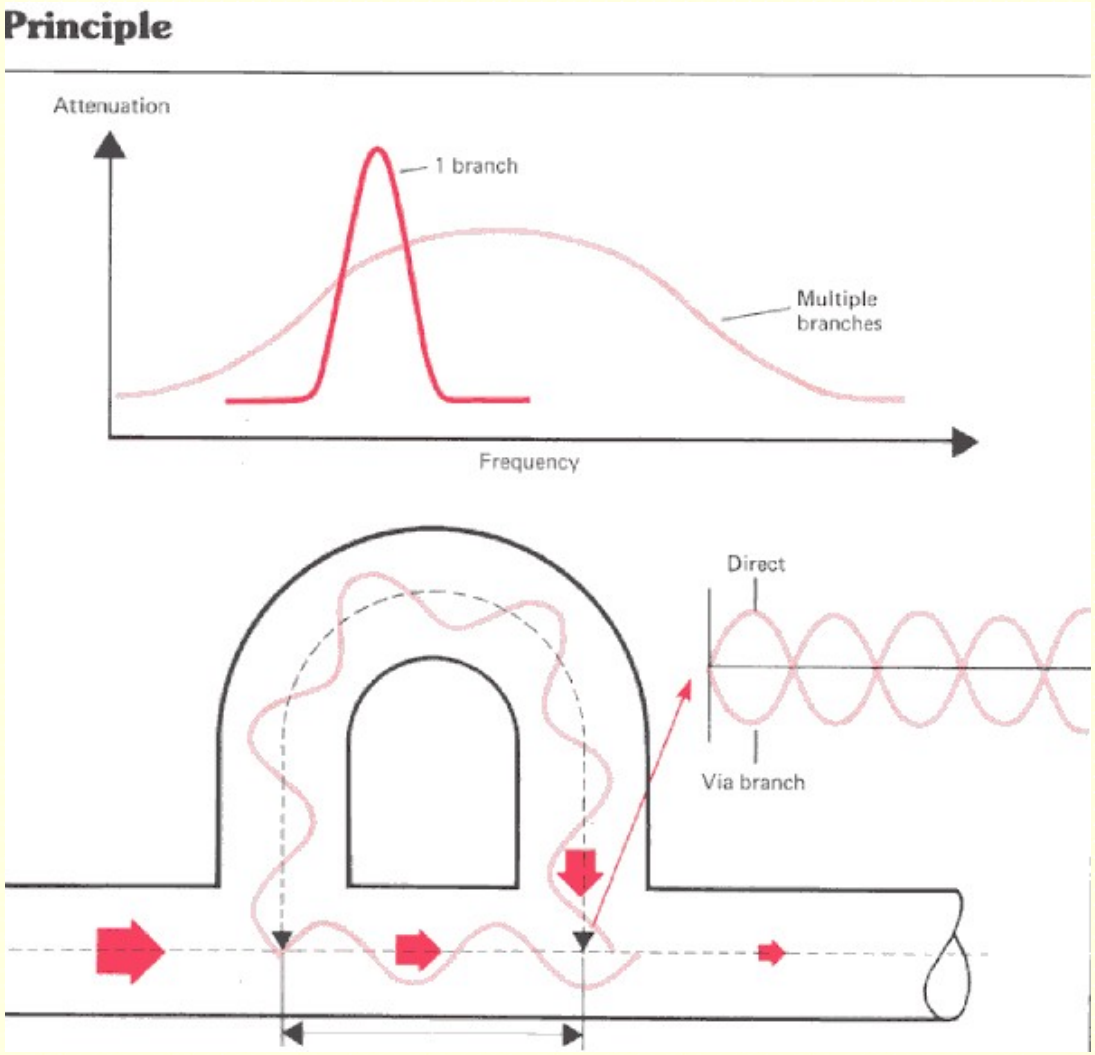
Principle


Outflow
Low frequency sound
Expansion chamber
Outflow
Low frequency sound

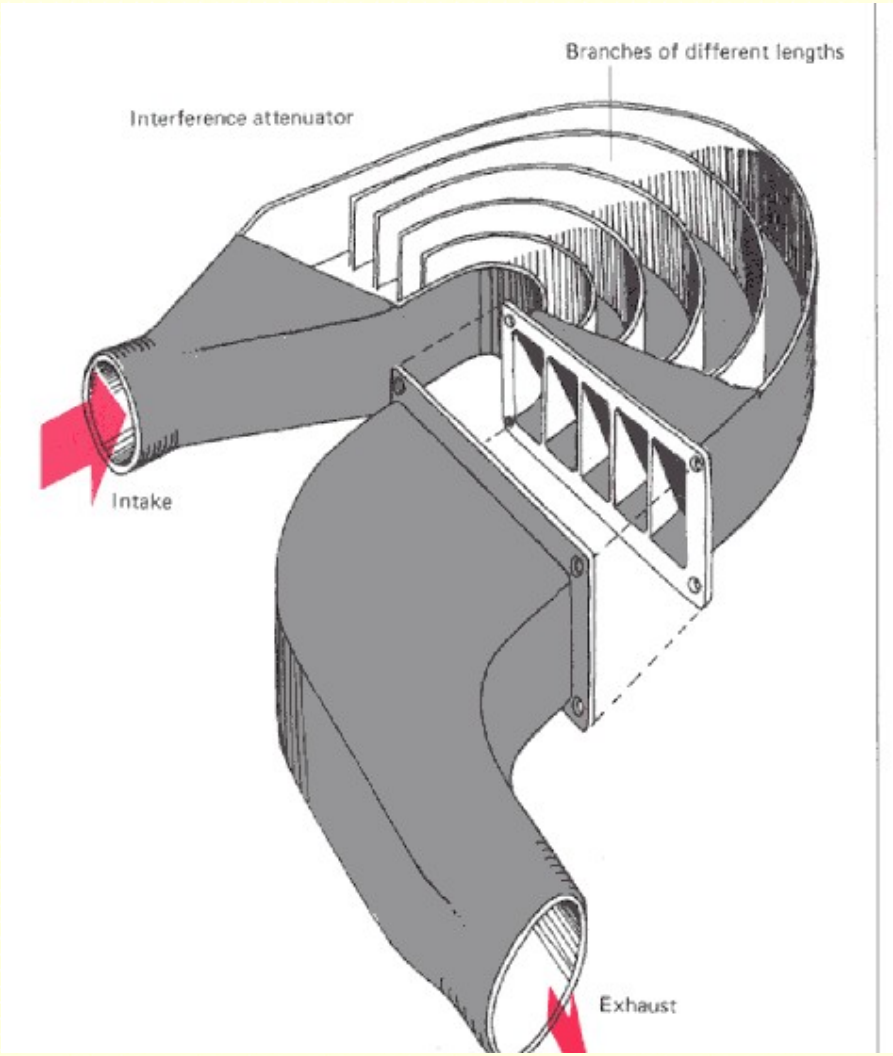
- **Örnek:** Pnömatik bir matkabın egzozu hem yüksek hem de düşük frekanslı gürültü üretir. Düşük frekans tekrarlanan vuruşlardan ve yüksek frekans ise her vuruşta dışarı kaçan gazdan oluşur.
- **Çözüm:** matkabın gövdesini kaplamak, düşük frekanslar için genleşme bölmesi ve yüksek frekanslar için gürültü perdesi işlevini göreceğinden, gürültü seviyesi büyük ölçüde azaltılmış olur. Çıkan enerji homojen ve uzun zamanda yayılacağından oluşacak gürültünün seviyesi de düşürülür. Matkabın betona yaptığı her vuruş doğal olarak gürültü çıkaracağından, uygulanacak ses izolasyonunun bir sınırı olacaktır.


Sound attenuating enclosure
Expansion chamber
Exhausting air

- - Tek kademeli tonlu gürültü girişimle azaltılabilir.-
- Gürültü baskın bir ton veya birkaç ton ihtiva ettiği zaman aynı frekanslı, zıt-fazlı ve aynı zamanda başlayan iki tonun birbiriyle girişimi tarafından büyük ölçüde azaltılır. Bir giriş ses kırıcısı, ana kanaldan ayrılan ve sonra tekrar geri dönen bir branşman olabilir. Bu branşmana, sapan ses ana kanaldakinden, tek sayıda yarım dalga boyu kadar yol alır. İki ses dalgası tekrar karşılaştığından ise artık zıt fazlı olacağından birbirlerini sönümler.

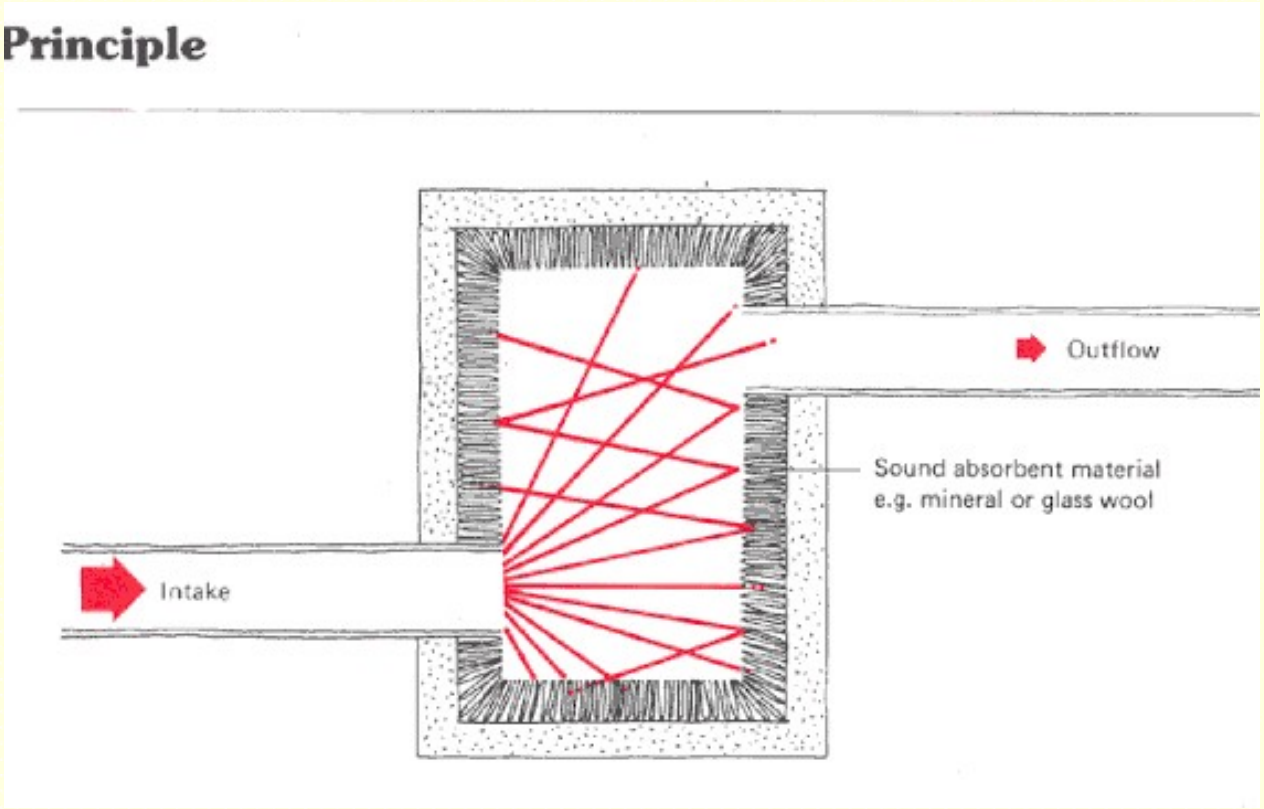

Principle
Attenuation
1 branch
Multiple branches
Frequency
Direct
Via branch

- **Örnek:** Eğer, bir tane tam olarak sabitlenmemiş ses kırıcısı mevcutsa bu kırıcının işlerliği farklı uzunluktaki branşmanlar yoluyla arttırılır. Belli frekanstaki kırılmada ise bir miktar azalma olur. Bu tarz bir tasarım, yaklaşık olarak sabit hızda çalışan fan gibi cihazlarda uygulanabilir.

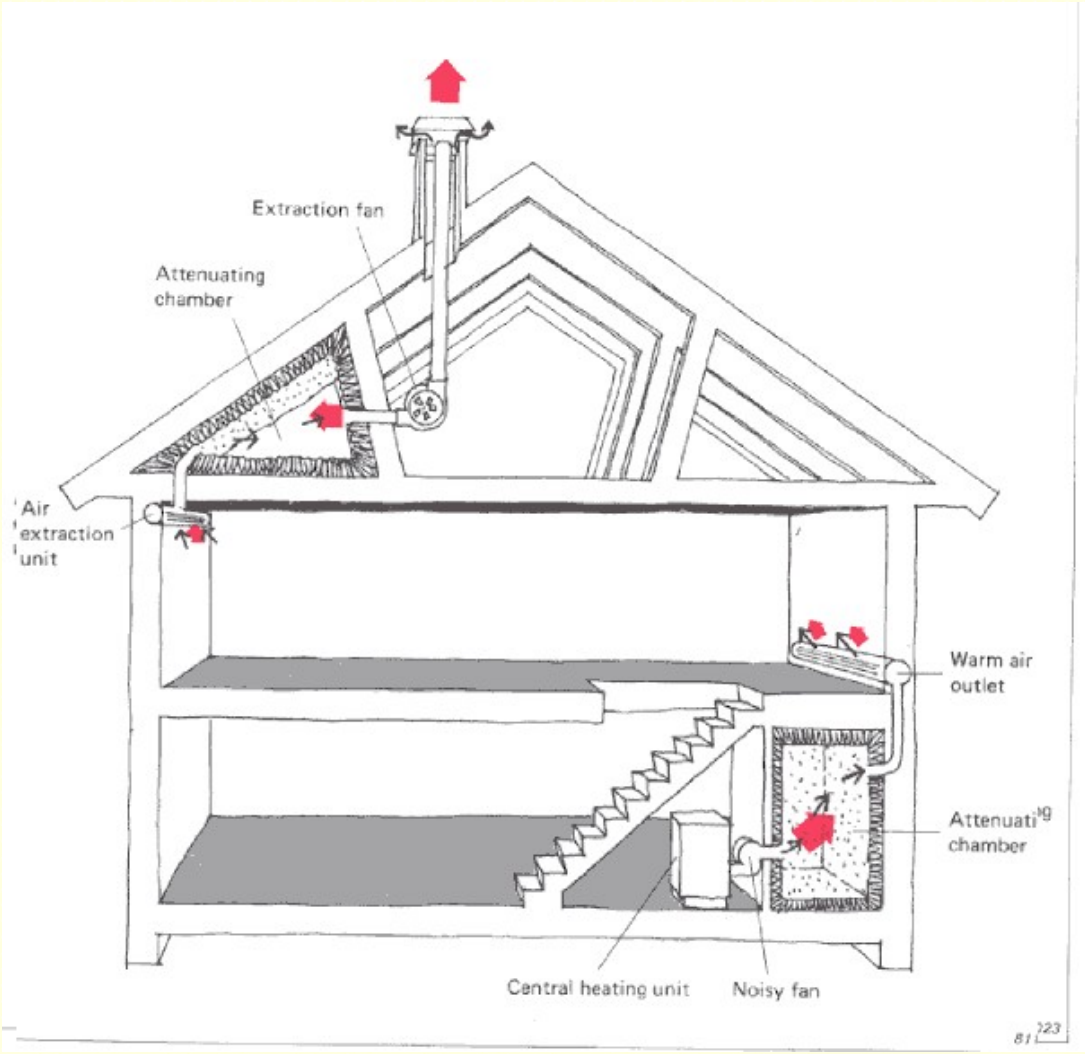

Branches of different lengths
Interference attenuator
Intake
Exhaust

- -Kullanılmayan kısımlar, absorbsiyon bölmesi olarak işletilebilirler. -
- Bir absorbsiyon bölmesi basit yapıda fakat etkili bir ses kırıcısıdır. Kanallar, ses enerjisini absorbe edici yalıtıcı malzeme ile donatılmış duvarları olan bir absorbsiyon bölmesine açılırlar. Yüksek frekanslı sesin geçmesini engellemek için giriş ve çıkış kanalları, karşılıklı olarak yerleştirilmezler. Bölmenin hacmi arttıkça ve yalıtım malzemesi kalınlaştıkça daha düşük frekanslı sesler etkili bir biçimde absorbsiyon sağlanır.

Principle

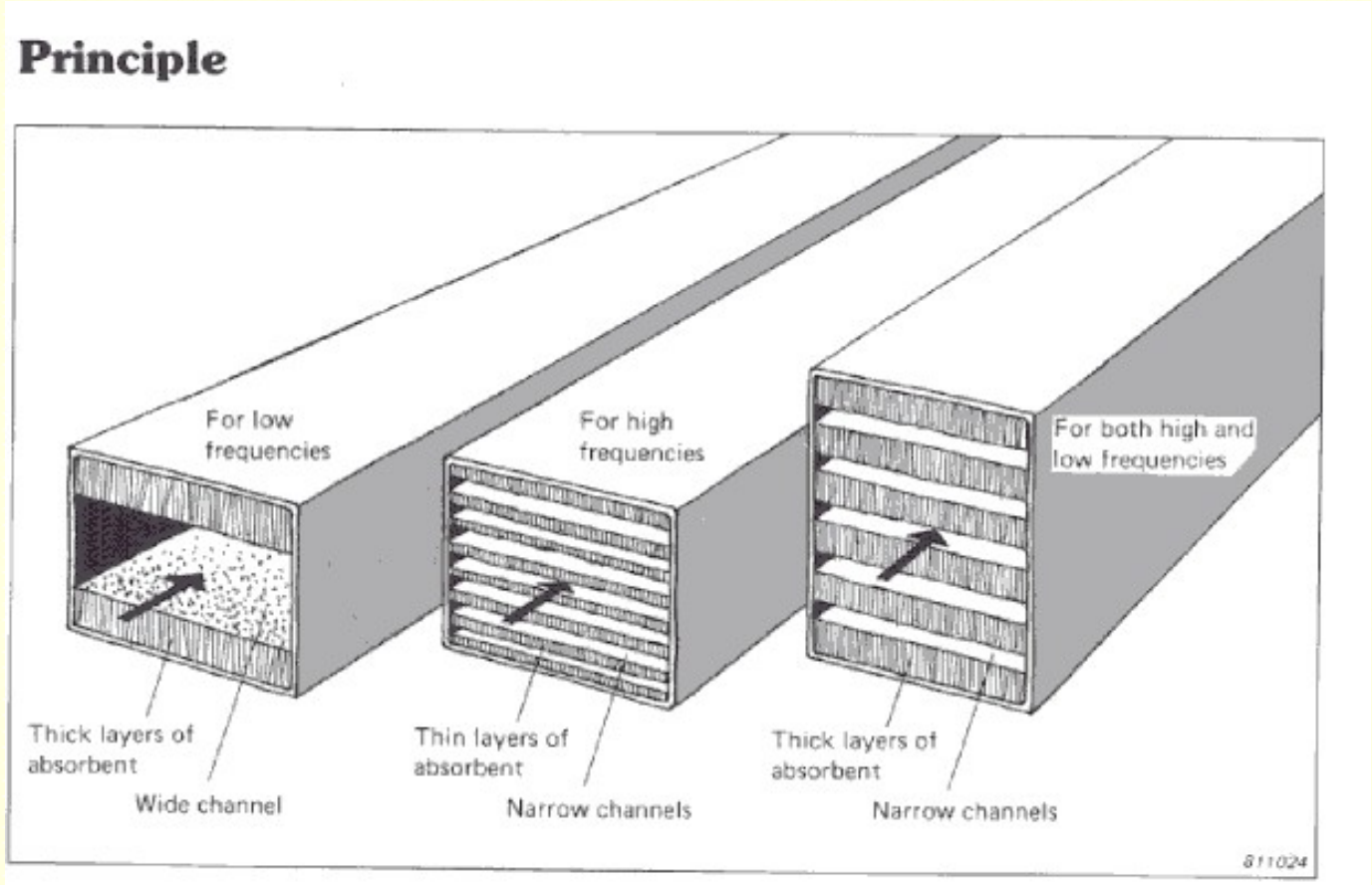

Outflow
Sound absorbent material
e.g. mineral or glass wool
Intake

- **Örnek:** Bölmenin dış şekli emici malzeme ile düzgünce kaplanır. En düşük frekanslarla baş edebilen bir durum elde edilir. Bu durumda binanın kullanılmayan kısmı işlerlik kazanır. Dikkat edilecek nokta ise sisteme hava sızıntısının olmamasıdır.

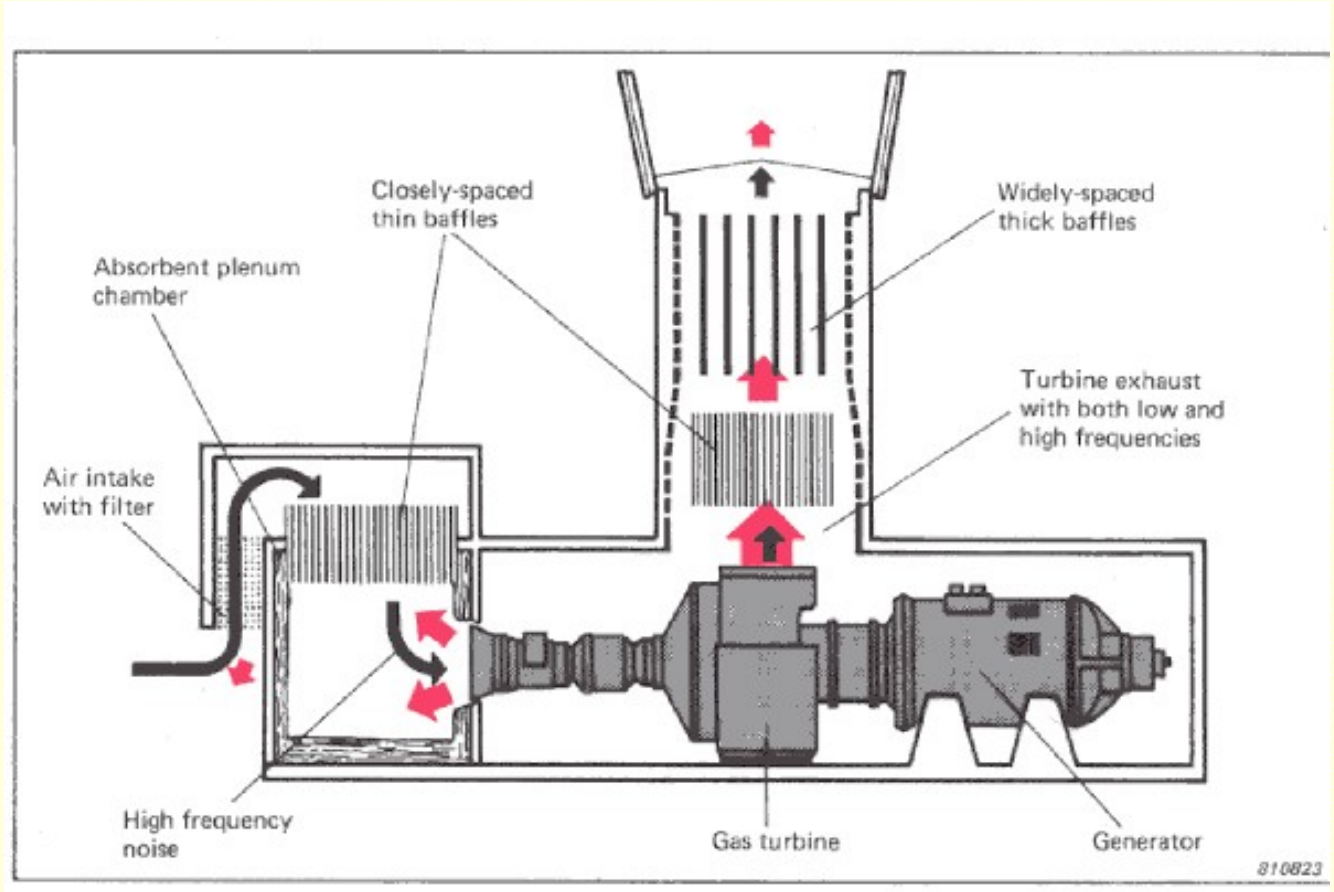

Extraction fan
Attenuating chamber
Air extraction unit
Warm air outlet
Attenuating chamber
Central heating unit
Noisy fan

- -Ses kırıcılar, geniş bir frekans aralığında etkili olurlar.-
- Ses kırıcıların en basit tipi, ses emici malzemesi olan kanallardır. Malzeme kalınlaştıkça daha düşük frekanslar bile absorbe edilir. Yüksek frekanslarda ise daha ince emici tabakalar randıman sağlar. Fakat geniş boşluklar gürültünün doğrudan geçmesine izin verir. Sonuçta bu tabakalar ve dar pasajlar yüksek frekanslarda daha etkilidir. En geniş frekans aralığında ileri seviyede absorbsiyon içinde kalan emici tabakalar ve dar pasajlar denenmelidir.

Principle

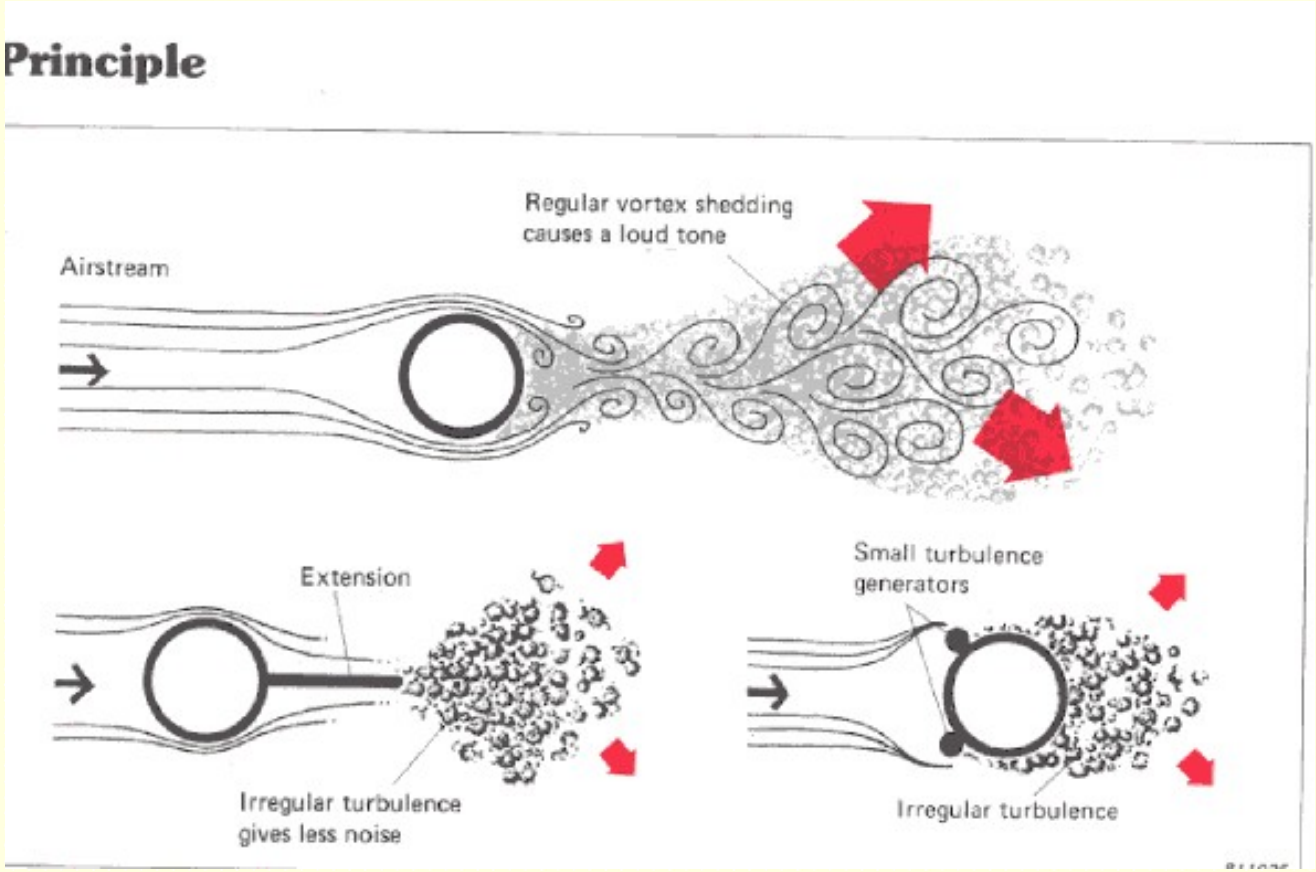

For low frequencies
For high frequencies
For both high and low frequencies
Thick layers of absorbent
Wide channel
Thin layers of absorbent
Narrow channels
Thick layers of absorbent
Narrow channels
811024

- Gaz türbinine güç veren jeneratör seti, acil güç kaynağı ve fabrikanın enerji ihtiyacının en üst düzeye çıkması durumunda tamamlayıcı olarak görev yaparlar. Bu durumda seti, 70 dB'e kadar olacak şekilde sessizleştirmek gereklidir. Genelde bu emici malzemenin hem emiş esnasında hem de egzoz çıkışında kullanılmasıyla sağlanır.

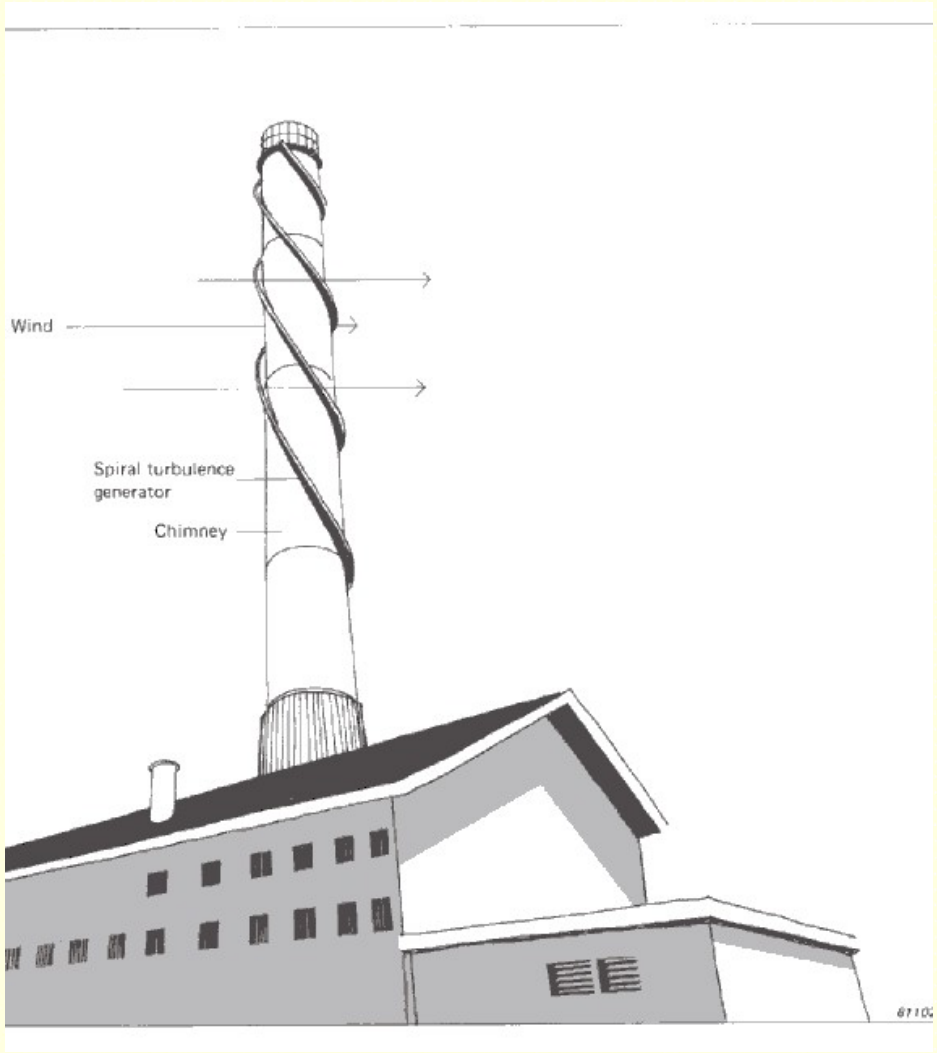

Closely-spaced
thin baffles
Widely-spaced
thick baffles
Absorbent plenum
chamber
Turbine exhaust
with both low and
high frequencies
Air intake
with filter
High frequency
noise
Gas turbine
Generator
810823

- -Profil değişikliği sayesinde, rüzgarın ürettiği seslerden kurtulunabilir.-
- Hava akışının bir objeyi geçişi sırasında, bazı rüzgar hızlarında “karman tonu” diye bilinen yüksek tonda bir ses çıkar. Bu ton, laminer sınır tabakası yüzeyden ayrıldıkça oluşan vortexlerin düzenli bir biçimde şekillenmesi ile olur. Gürültülü bir tona sebep olmasının yanı sıra bu fenomen mod frekanslarının aynı olduğu yapısal titreşime veya hasara yol açar.
- Nesneyi akış yönünde uzatmak, sınır tabakasının objeye tutulu kalmasını ve dolayısı ile sesin tonunun seviyesini azaltmayı sağlar. Akışın her yönden olabileceği durumlarda bu metot pratik değildir. (Bacalar gibi) Bu durumda akış değiştiriciler hava akımını durdurmak amacı ile eklenebilir. Böylece, rahatsızlık verici tonlar yaymayan rastgele türbülans meydana gelir.

Principle


Regular vortex shedding
causes a loud tone
Airstream
Extension
Irregular turbulence
gives less noise
Small turbulence
generators
Irregular turbulence

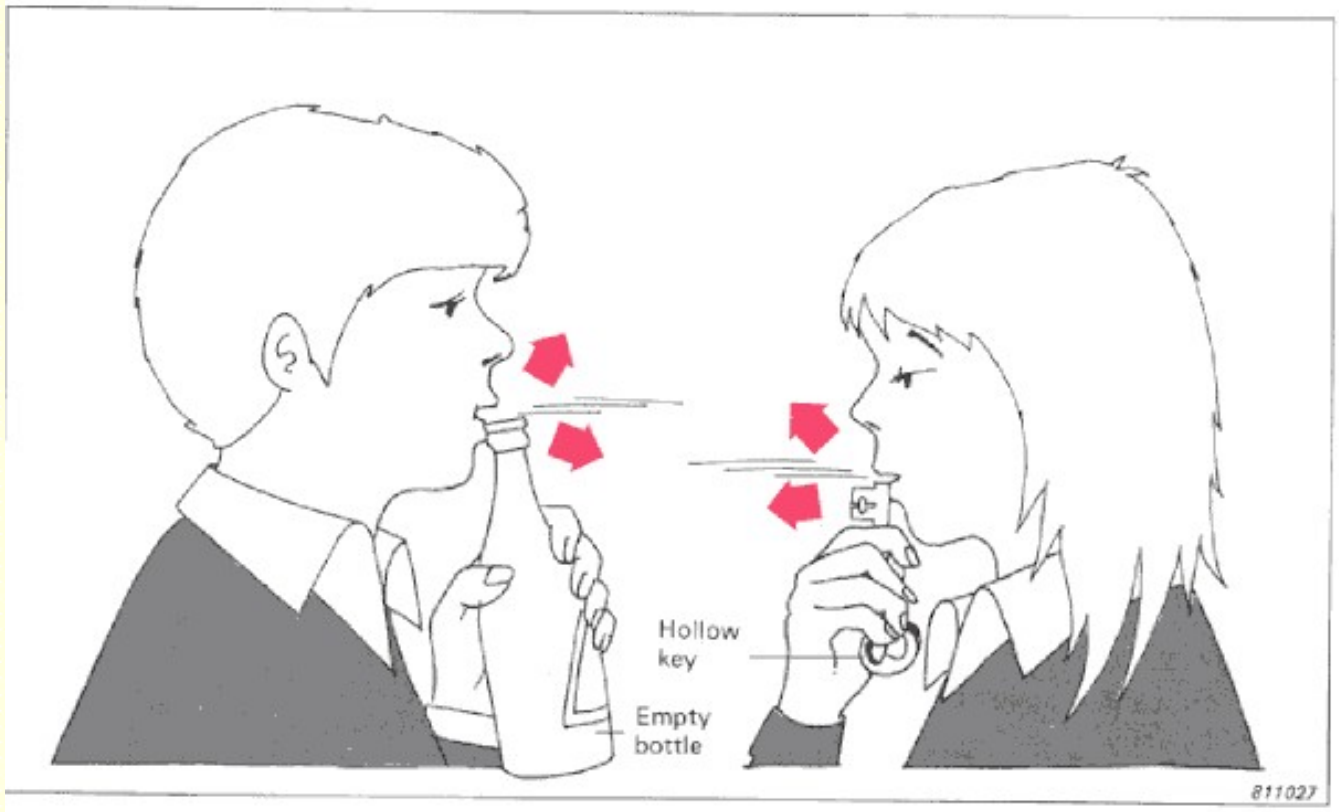
- **Örnek:** Bazı hızlarda rüzgar, bacadan güçlü bir tonda gürültü yayılmasına sebep olur.
- **Çözüm:** Metalden yapılma spiral bir kanatçık bacaya monte edilerek lokal türbülans oluşturması sağlanır. Bu oluşan türbülans rüzgar doğrultusundan bağımsızdır. Uygulanan bu yöntemle düzgün şekillenmiş bir vortex ve sonucunda çıkacak sesin önüne geçilir. Spiral aşağıdan bacanın tepesine kadar, sabit oranda bir yükselme ile sarılmamalıdır. Bu spiral herhangi bir yönden gelen rüzgara karşı düzensiz bir şekil oluşturur. Ayrıca bacanın mukavemetini ve rijitliğini artırır.


Wind
Spiral turbulence generator
Chimney

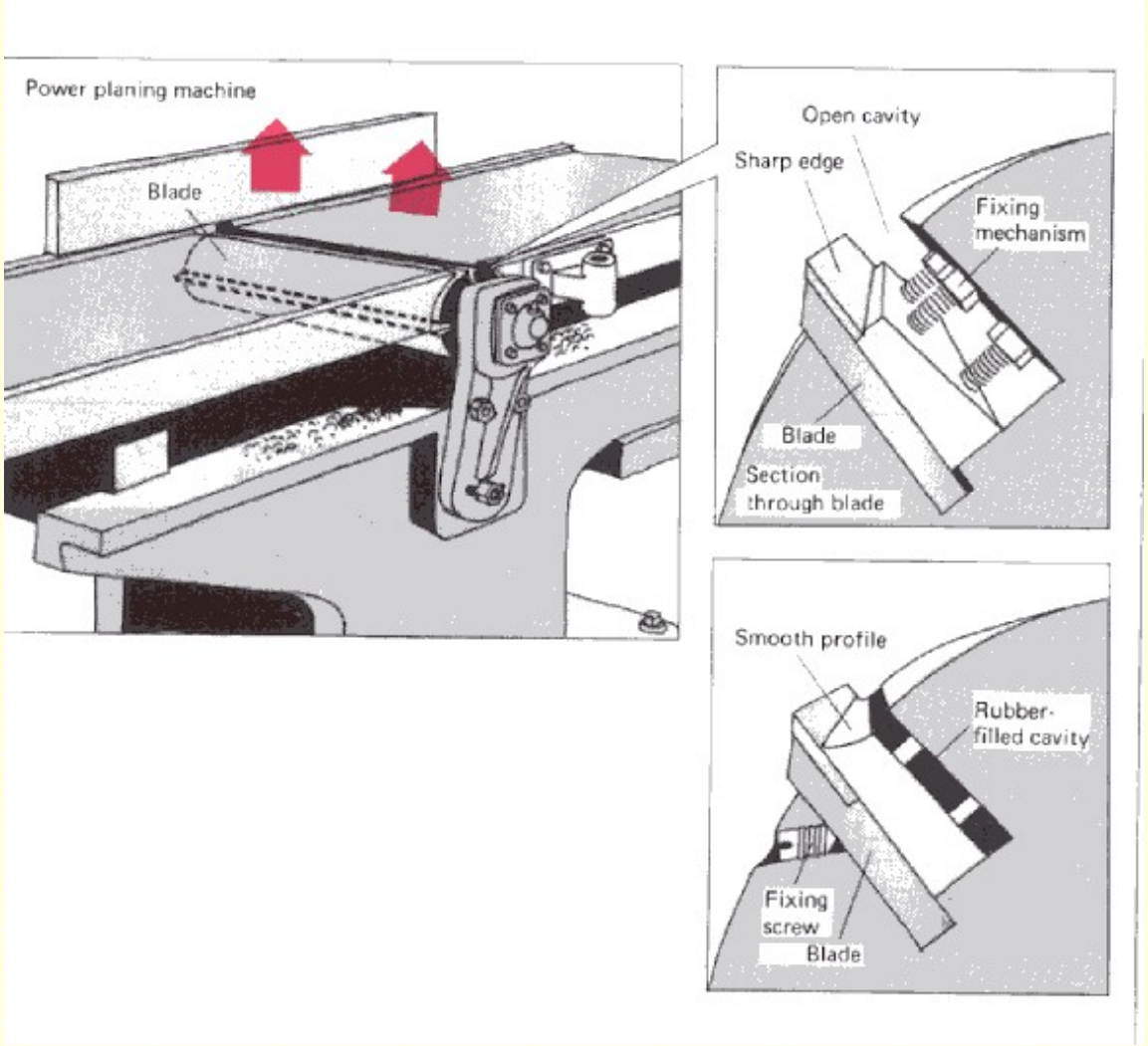
-Oyuklarda hava akımından kaçınılmalıdır.-

- Hava, oyukların üst kısmındaki açıklıklara doğru üflendiğinde “helmholz rezonansı” adı verilen gürültü verici tonda bir ses çıkar. Org ve flüt gibi üflemeli çalgılar bu prensiple çalışır. Oluşacak sesin frekansı, en başta oyuğun hacmi ve giriş açıklığının boyutuna bağlıdır. Hacim arttıkça ve açıklık küçüldükçe, çıkacak sesin frekansı azalır.

Principle

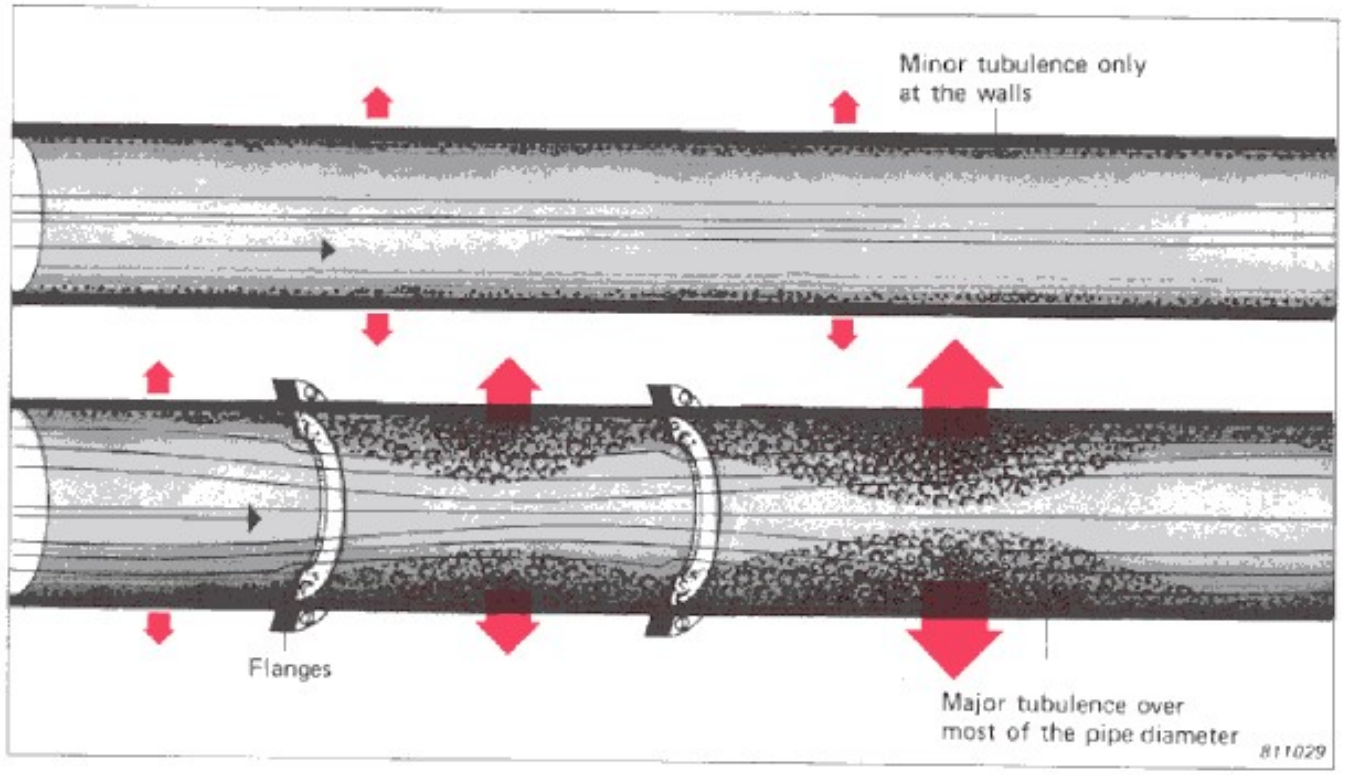


- **Örnek:** Bıçkı makinesinin bıçağı boş çalışırken bile gıcırdar. Bunun sebebi, bıçağın arkasına doğru gelen hava akımı, oradaki boşlukta rezonansa sebep olur. Burada rezonansı hava akımı tetiklemez. Tersine, bıçağın arkasındaki boşluğun oradaki durağan hava üzerindeki hareketi baskındır. Kesicinin kenarlarındaki hava geçişi ile oluşan türbülans, bazı frekanslarda yükseltgenen bir vızıltıya ve sonuçta gıcırdayıcı bir ses oluşmasına sebep olur.
- **Çözüm:** Kenar kısımları yuvarlatılarak oluşan vızıltı azaltılır. Ayrıca yoğun bir miktar doldurulması, sesin rezonans amplifikasyonunu engeller. Bunları yapabilmek içinse kaçağın tutturulma mekanizmasında bazı değişikliklere gitmek lazımdır.

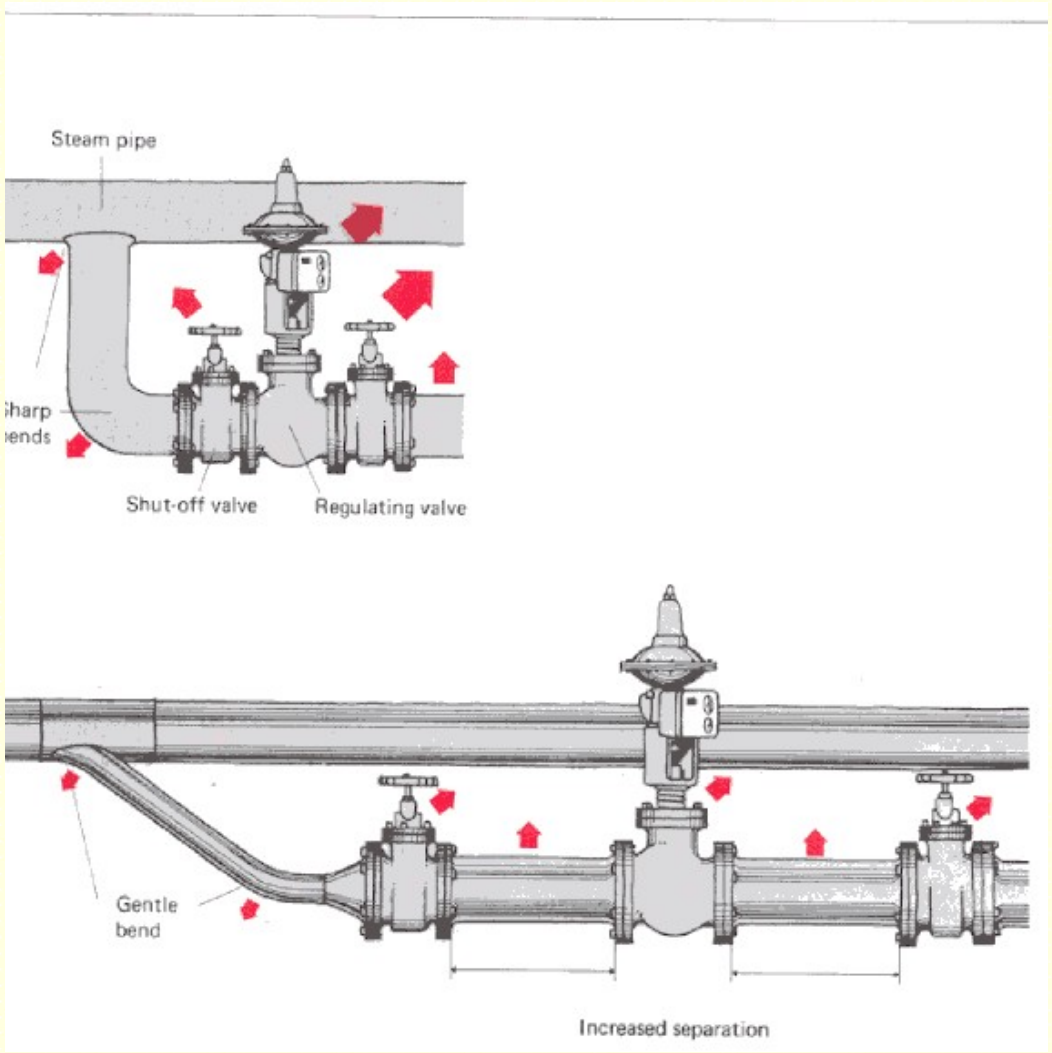

Power planing machine
Blade
Open cavity
Sharp edge
Fixing mechanism
Blade
Section through blade
Smooth profile
Rubber-filled cavity
Fixing screw
Blade

- -Düzgün kanal ve borularda türbülans gürültüsü daha az gerçekleşir.-
- Buru ve kanal boyunca akış her zaman duvardaki gürültüye ve boru içinde oluşan türbülansa sebep olur. Eğer akış; engeller ve keskin dönüşler yüzünden aniden yön değiştirirse güçlü türbülans ve yüksek gürültü oluşur. Eğer engeller birbirine yakın olursa, akış tekrar durgunlaşamaz ve türbülans iki engelde daha da kötüleşir.

Principle

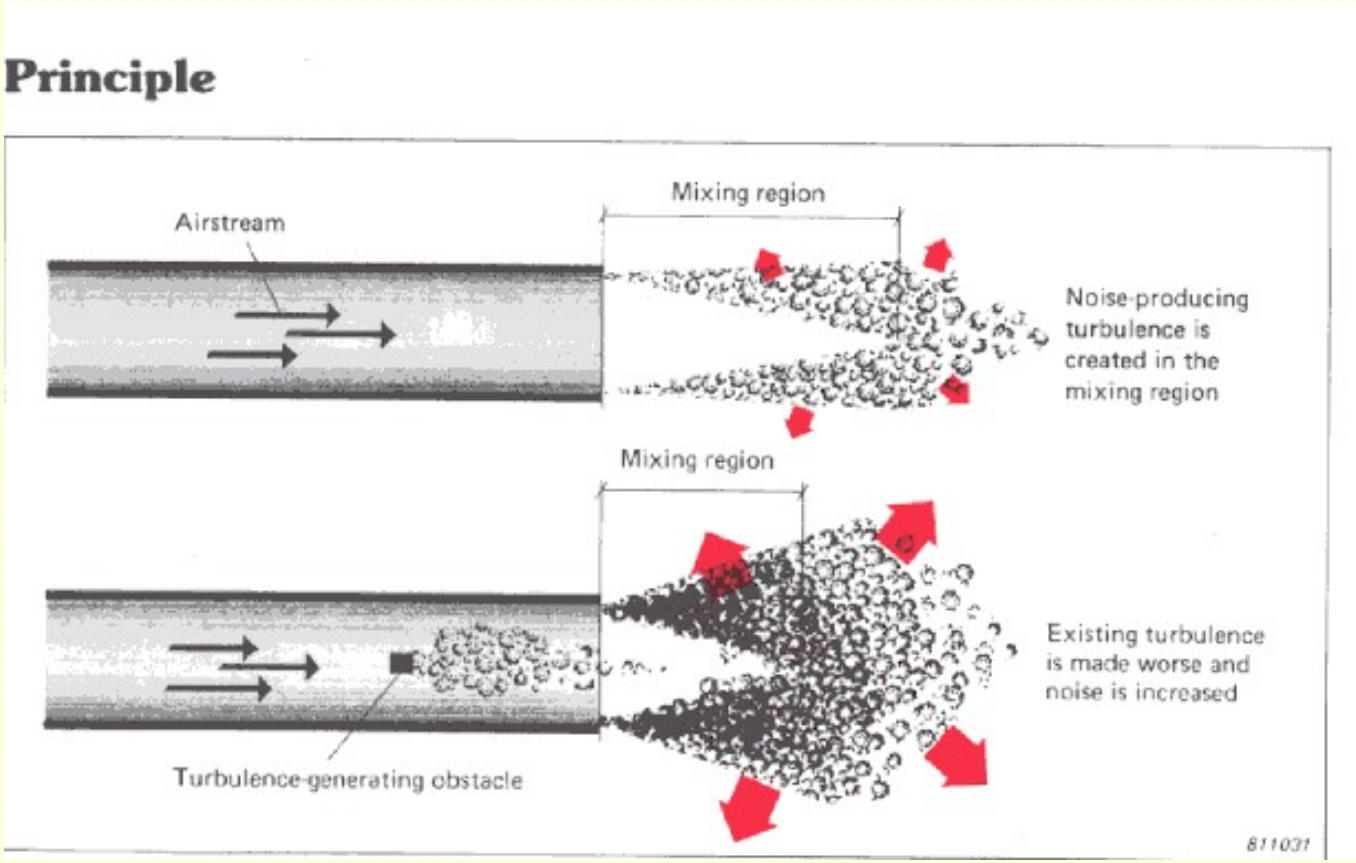

Minor tubulence only
at the walls
Flanges
Major tubulence over
most of the pipe diameter
811029

- **Örnek:** Bir buhar sistemindeki branşman üzerinde bulunan üç valf tahammül edilemez bir gürültü üretir. Branşman keskin köşelere ve türbülans gürültüsü üreten valfe sahiptir.
- **Çözüm:** Tesisattaki dirseklerin çok fazla türbülans oluşturmaması için yumuşak hafif açılı yapabilirler. Ayrıca valfler daha uzak mesafeli yerleştirilmelidir. Akış esnasında köşe valfi yüzünden oluşan herhangi bir türbülans oluşmadan durulur.

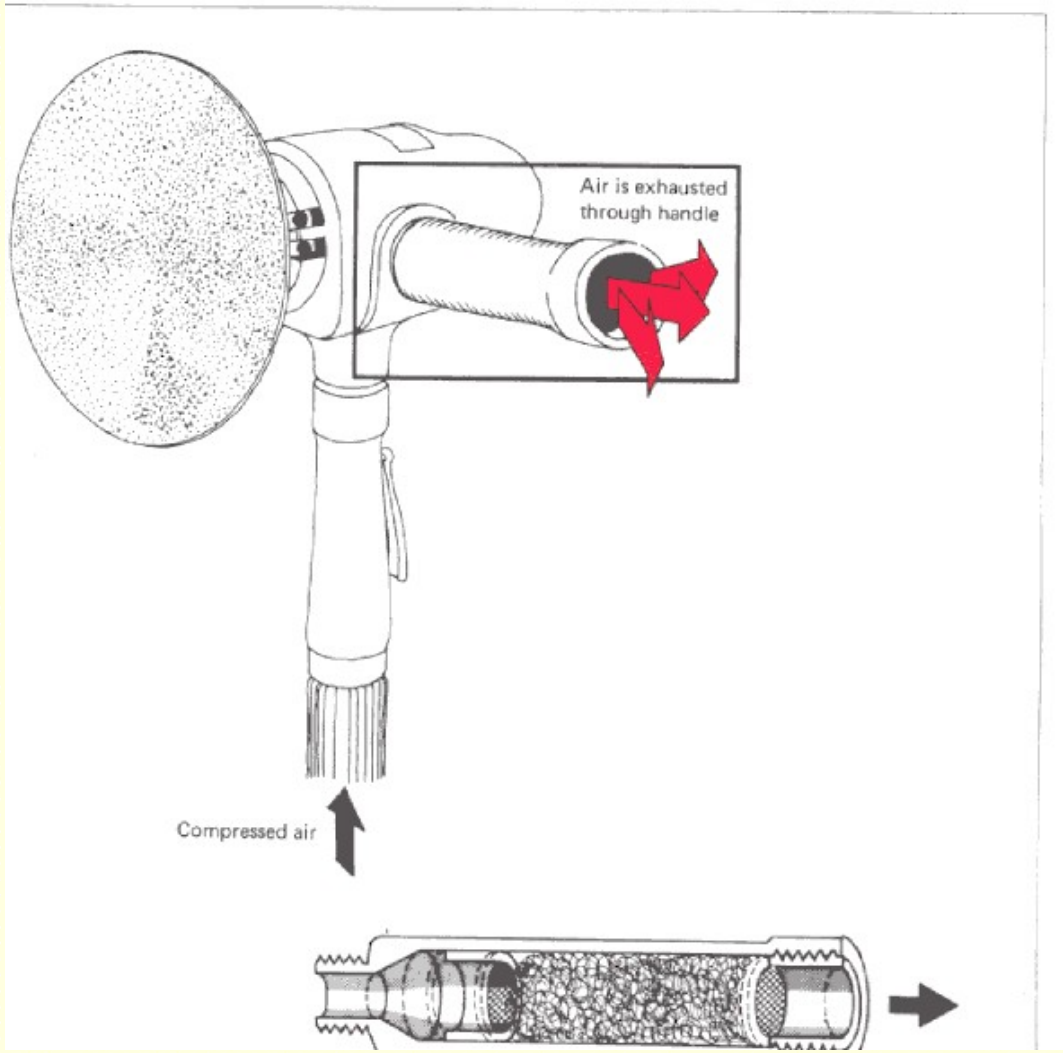

Steam pipe
Sharp bends
Shut-off valve
Regulating valve
Gentle bend
Increased separation

- Hava yada gaz akışı, hızlı hareket ettiğinde durgun hava ile karışır. Türbülans çevreye gürültü yayar. Eğer akış, egzozdan önce akım içinde türbülans olsun diye bozulursa; karışan bölge aynı egzoz hızında 20 dB üzerinde çok daha fazla gürültüye sebep olur. Düşük egzoz hızı daha düşük seviyeli gürültü oluşturur. Yarı yarıya düşen hız 15 dB'e kadar gürültünün azalmasına sebep olur.

Principle

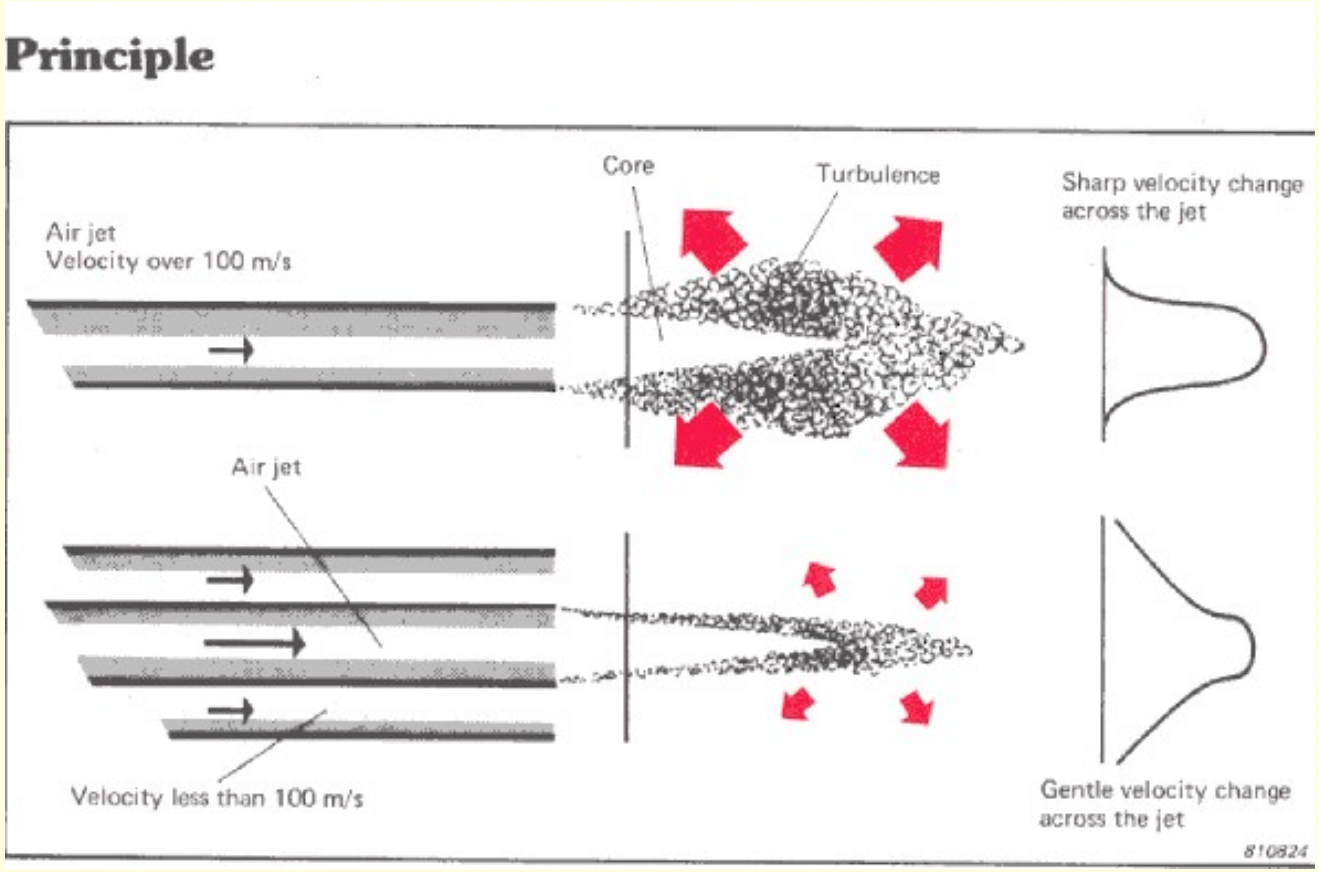

Airstream
Mixing region
Noise-producing turbulence is created in the mixing region
Mixing region
Existing turbulence is made worse and noise is increased
Turbulence-generating obstacle
811031

- **Örnek:** Sıkıştırılmış havayı kullanan bir öğütme makinesi yüksek seviyeli gürültü oluşturur. Hava zaten motor çıkışında ve kabza girişinde türbülanstan kaynaklanan gürültü, karışan bölgede iyice yükselir.
- **Çözüm:** Kabza, içine ağ şeklindeki pullar yardımıyla yerleştirilen çelik yün havanın çıkışına kolayca izin verir. Türbülans gözenekli yapıda ki hava kanalı boyunca düzgündür ve egzoz gürültü seviyesi bu sebeple azalır

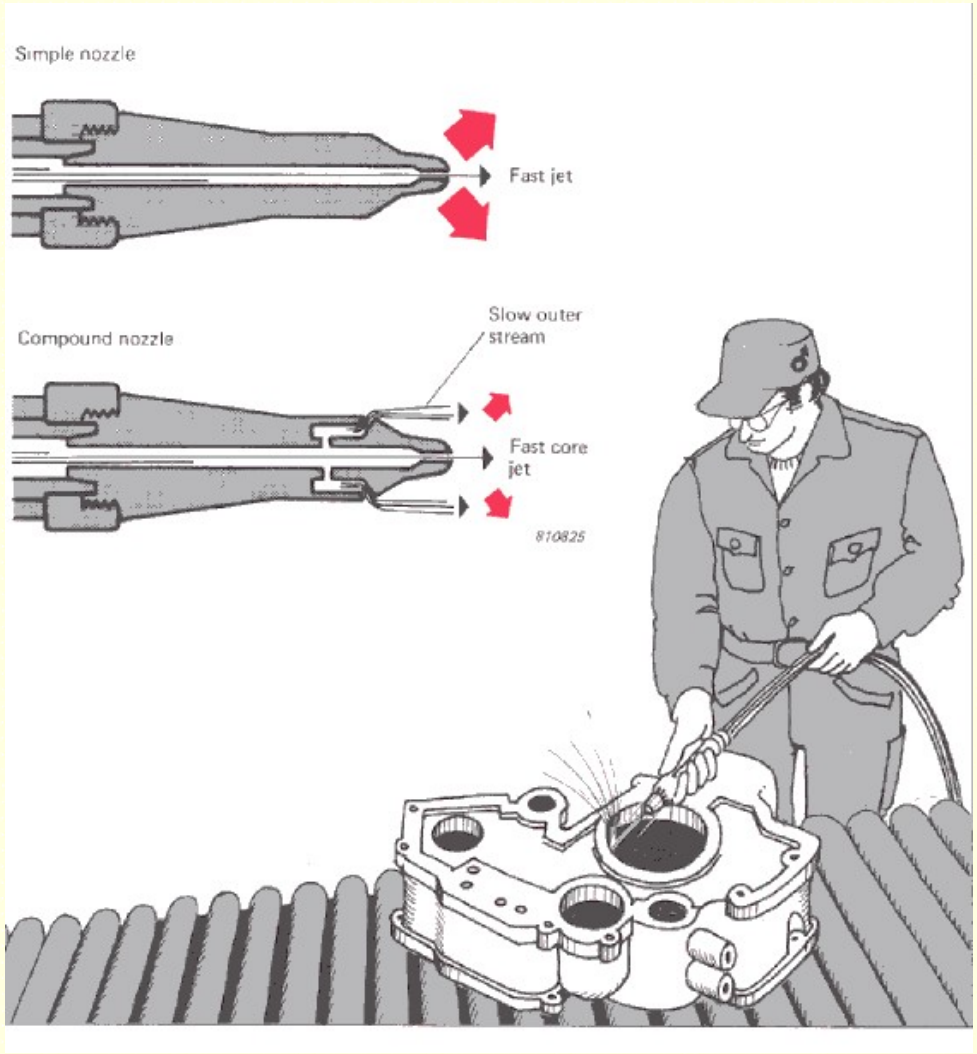

Air is exhausted
through handle
Compressed air

- -Jet gürültüsü fazladan hava akımı ile azaltılabilir.-
- Jet gürültüsü; 100 m/s üzerindeki hızlarda meydana gelir. Çünkü türbülans oluşumu egzoz dışındaki karışmış bölgede çok şiddetli olur. Hava akımı; çıkıştan önce önemli değildir. Yarı yarıya düşen çıkış hızı, gürültü seviyesi yaklaşık olarak 20 dB'in altına indiği durumlarda azalır. Türbülans gücü, jet hızı ve onu çevreleyen havanın hızı arasındaki ilişkiye bağlıdır. Gürültü seviyesi; düşük hıza sahip hava akımının jetin yanına ilavesi ile önemli derecede azaltılabilir. Bu çapraz hız profilinin fazla dik olmamasından kaynaklanır.

Principle

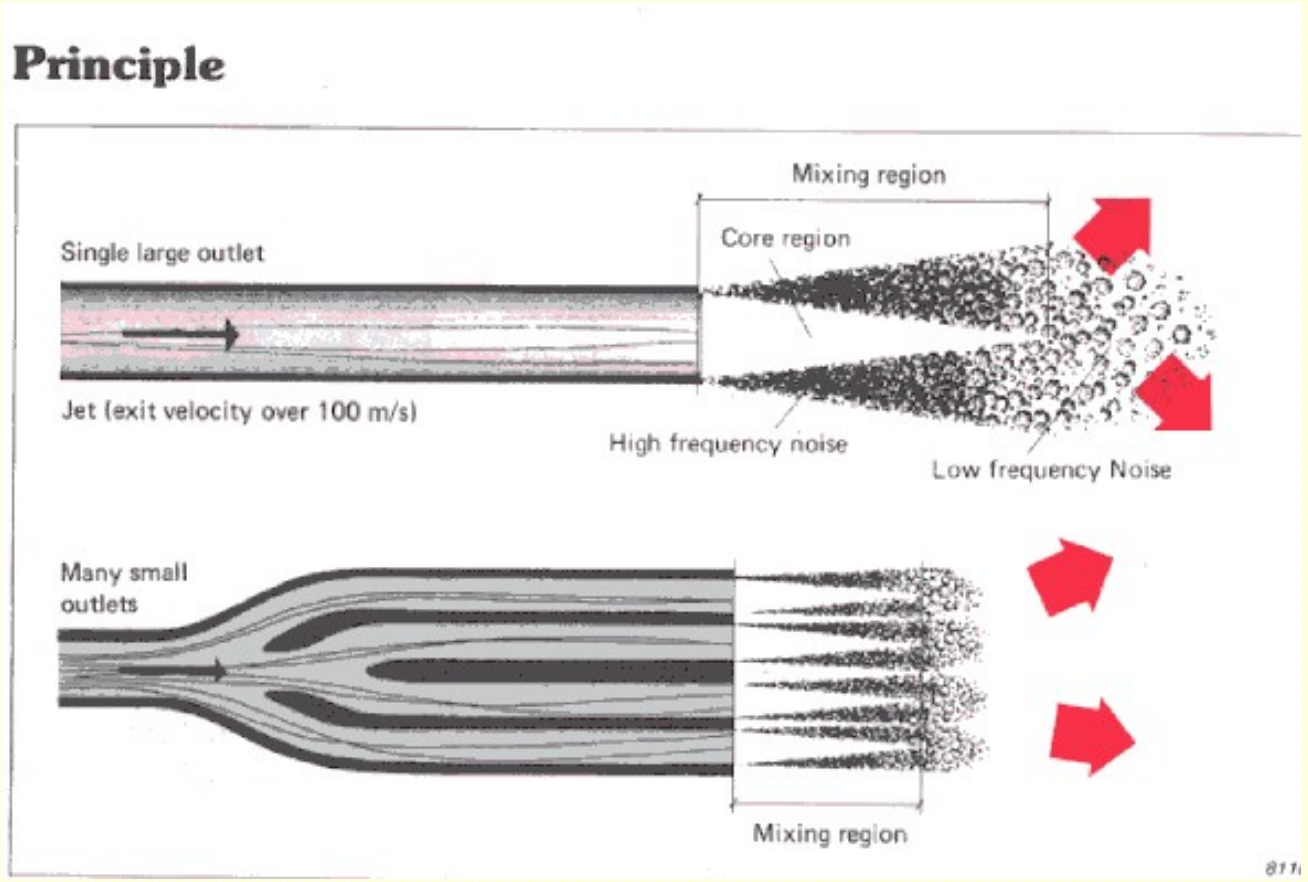

Core
Turbulence
Sharp velocity change across the jet
Air jet
Velocity over 100 m/s
Air jet
Velocity less than 100 m/s
Gentle velocity change across the jet
810824

- **Örnek:** Kir ve yağları sıkıştırılmış hava ile uzaklaştıran makine yıkama parçalarında sık sık, tek basit lüle kullanılır. Yüksek hızlı hava akışı bu amaç için çalışırken, kabul edilemez derecede yüksek frekanslı gürültü oluşturur.
- **Çözüm:** Basit lüle, yüksek hızlı ana hava akışı çevresindeki, düşük hızlı, yuvarlak hava akışını besleyen birleşik lüle ile değiştirilebilir. Yüksek hızlı merkezi hava akışından, durgun havaya geçiş çok yavaştır ve gürültü seviyesini önemli ölçüde düşürür.

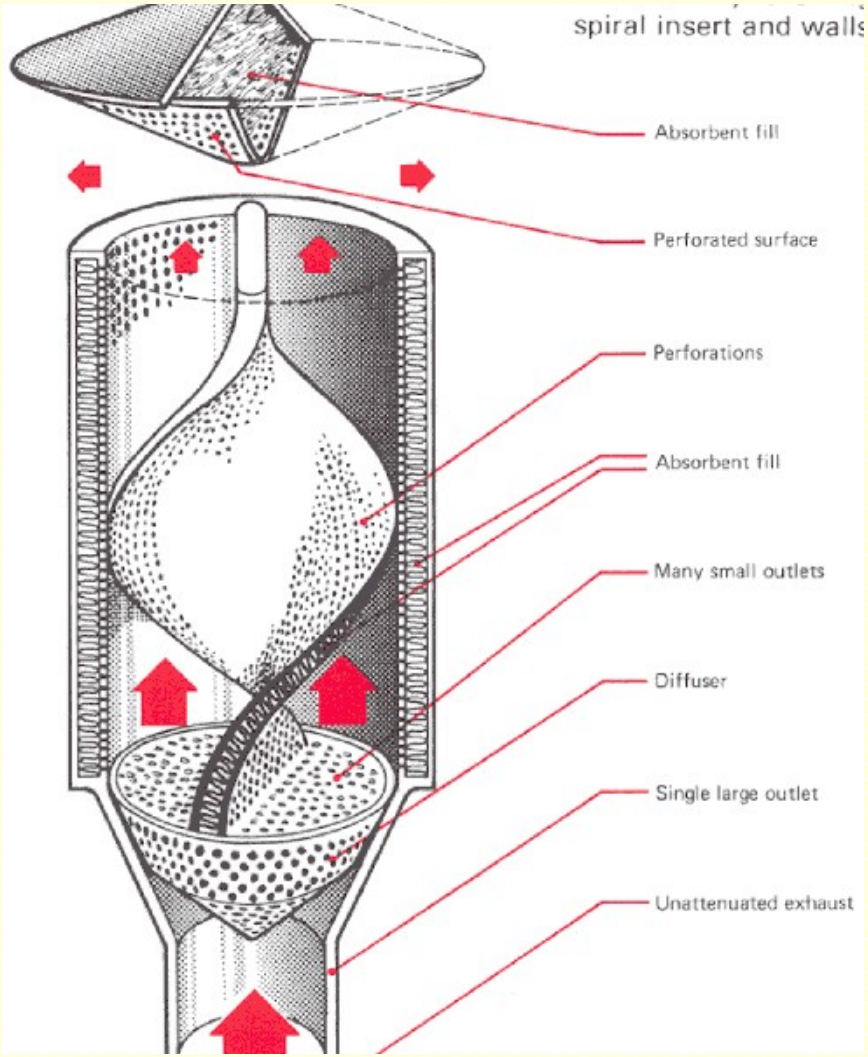

Simple nozzle
Fast jet
Compound nozzle
Slow outer stream
Fast core jet
810825

- Egzoz borusu çıkışı geniş olursa; genelde düşük frekanslı gürültü doğurur. Eğer çıkış dar olursa yüksek frekans hakim olur. Geniş bir egzoz yerine aynı kapasitede çok akışlı başka bir egzoz kullanmak sureti ile düşük frekansın şiddetini azaltmak mümkündür. Yüksek frekanslı gürültü seviyesi genellikle artar, ancak azaltmak nisbeten daha kolaydır.

Principle

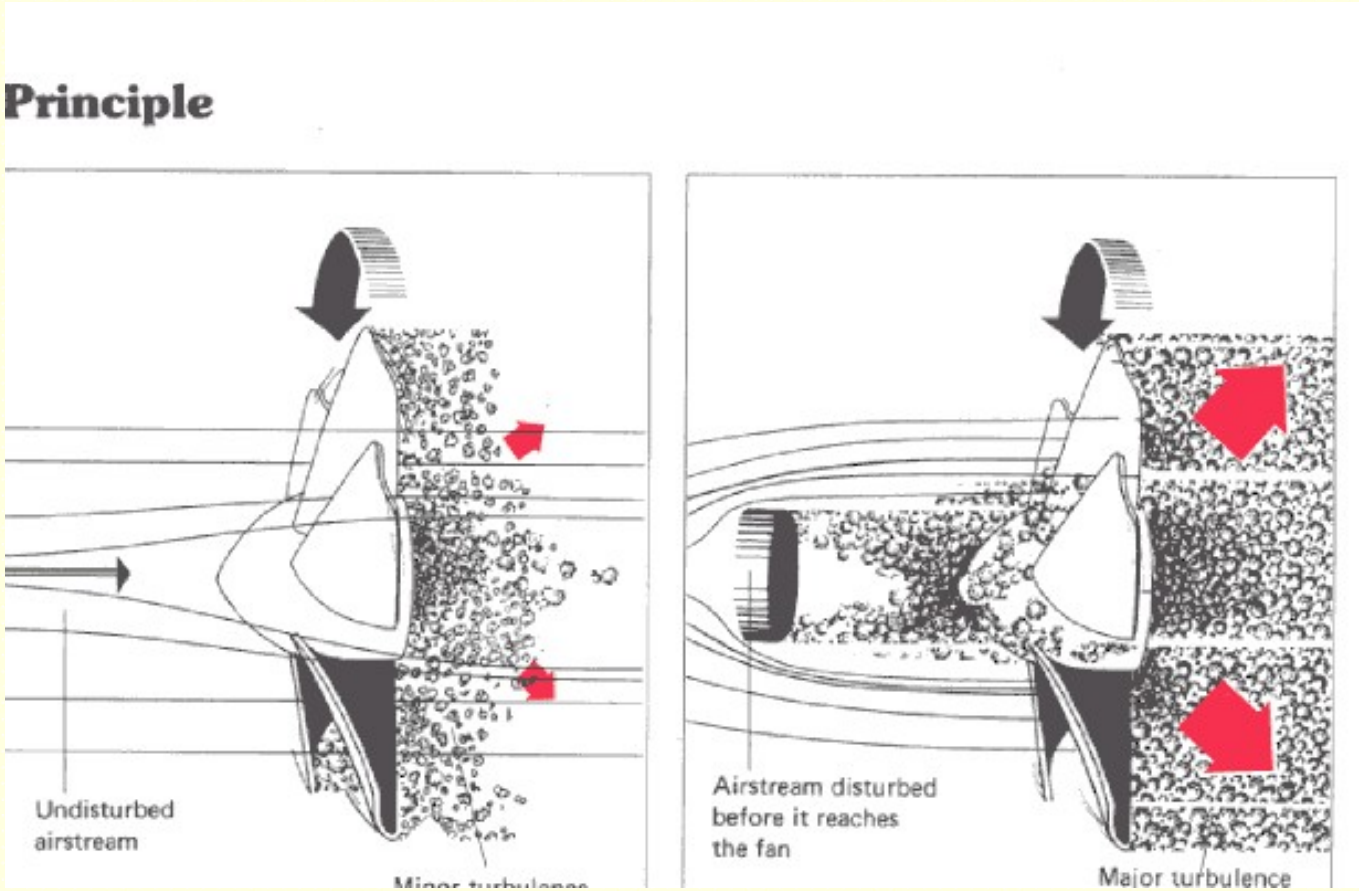

Mixing region
Core region
Single large outlet
Jet (exit velocity over 100 m/s)
High frequency noise
Low frequency Noise
Many small
outlets
Mixing region

- **Örnek:** Güç istasyonlarında ve ağır sanayide büyük ölçüde buhar üretilir. Üretilen buharın fazlası emniyet valfinden yüksek basınçla her saat atmosfere bırakılır. Dayanılmaz seviyedeki gürültüden kurtulmak ve düşük frekans elde etmek için kanal (boru) çapı geniş yapılmalıdır.
- **Çözüm:** Kanal çıkışında, bir difüzör ve frekans değiştirici ardında ki frekans azaltıcı takılı olabilir. Difüzör egzoz hızını dörtte bir oranında azaltmak suretiyle oluşan gürültüyü basit orijinal kanala göre yaklaşık 40 dB düşürür. Difüzör, tek büyük jet içine yerleştirilmiş küçük kanalların olduğu, delinmiş bir koni şeklinde yapılır. Yüksek frekanslı gürültü, bu sayede, yüksek emici olan spiralinde yardımıyla azaltılır.

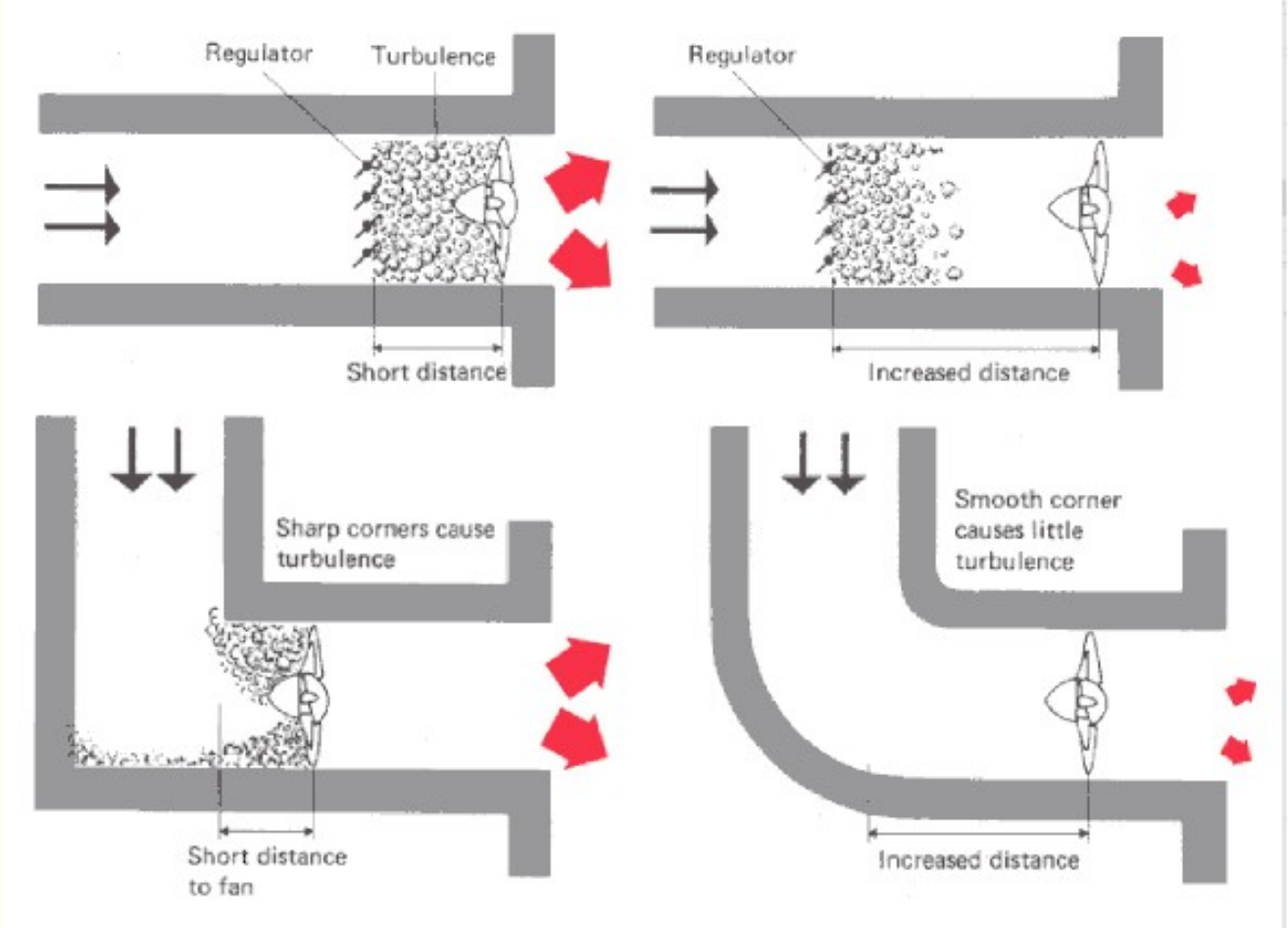

spiral insert and walls
Absorbent fill
Perforated surface
Perforations
Absorbent fill
Many small outlets
Diffuser
Single large outlet
Unattenuated exhaust

- -Düzgün akışta fanların pozisyonu.-
- Fanlar sese sebep olan türbülansı meydana getirir. Gelen havadaki türbülans fan ile daha da kötüleşir ve ses artar. Eğer türbülansın kaynağından fana kadar yeteri kadar mesafe varsa, türbülansın azalması ve ses seviyesinin azalması şansı vardır. Bu yüzden fanlar engellerin, valflerin, köşelerin ve kesit alanının değiştiği yerlere yerleştirilir. Aynı prensibe sıvılarda da baş vurulur, mesela gemi pervaneleri düzgün akışta çalışmalıdır.

Principle

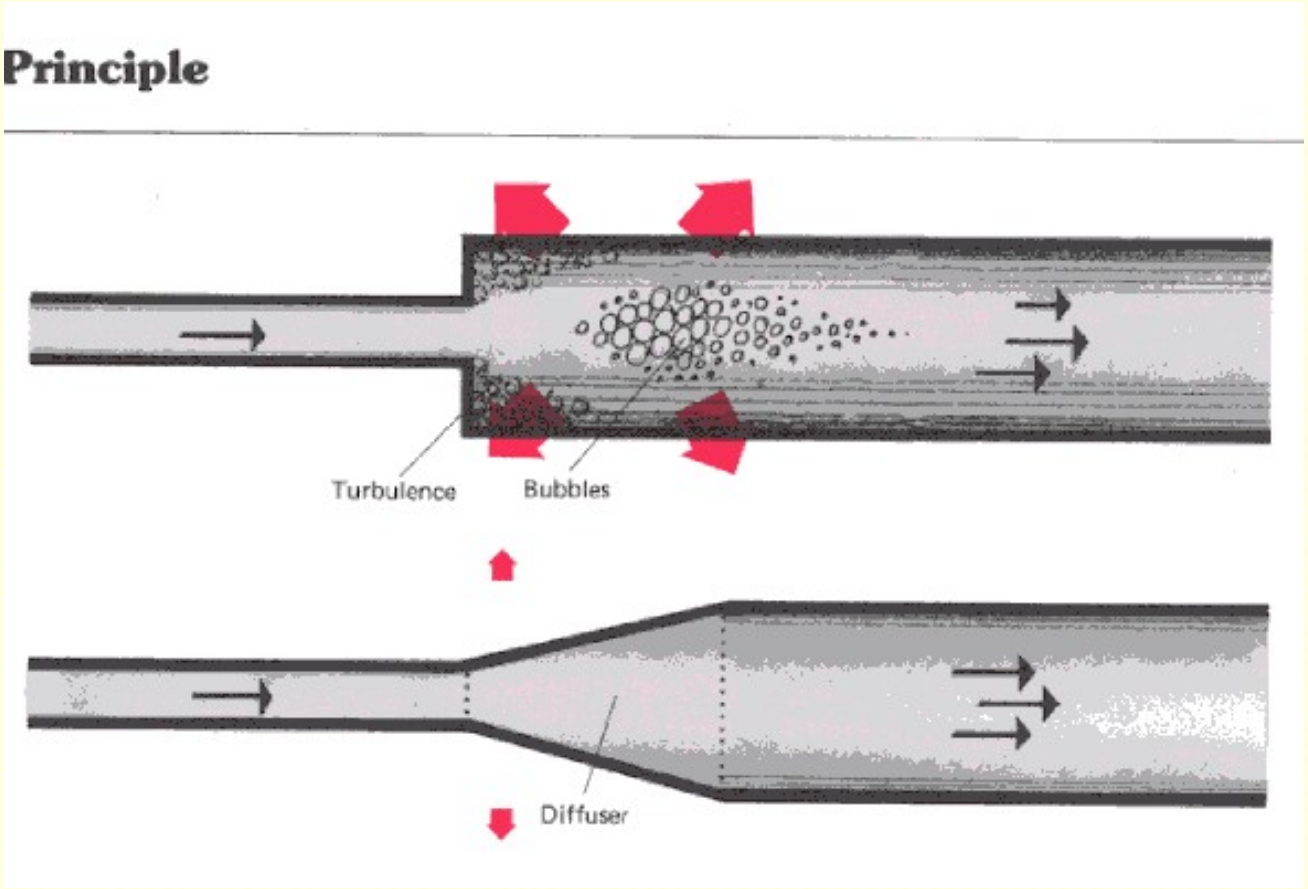

Undisturbed
airstream
Airstream disturbed
before it reaches
the fan
Major turbulence

- **Örnek:** Bir durumda fan engele çok yakın ve başka bir durumda ise büküm noktasına çok yakın konumlandırılmıştır. Her iki durumda da fandan geçiş sırasında ortaya çıkan ve gürültü yapan dağılmış akım oluşmaktadır.
- **Çözüm:** Akış regülatörü dağılmış akımı yol boyunca düzgünleştirmek amacıyla fandan uzağa yerleştirilir. İkinci durum için ise, büküm noktaları daha yuvarlaktır ki oluşan türbülansın fazla olamaması sağlansın. Buna ilaveten, fan ilk durumundaki düzgünleştirilmiş akış elde etmek amacıyla daha uzağa yerleştirilir.

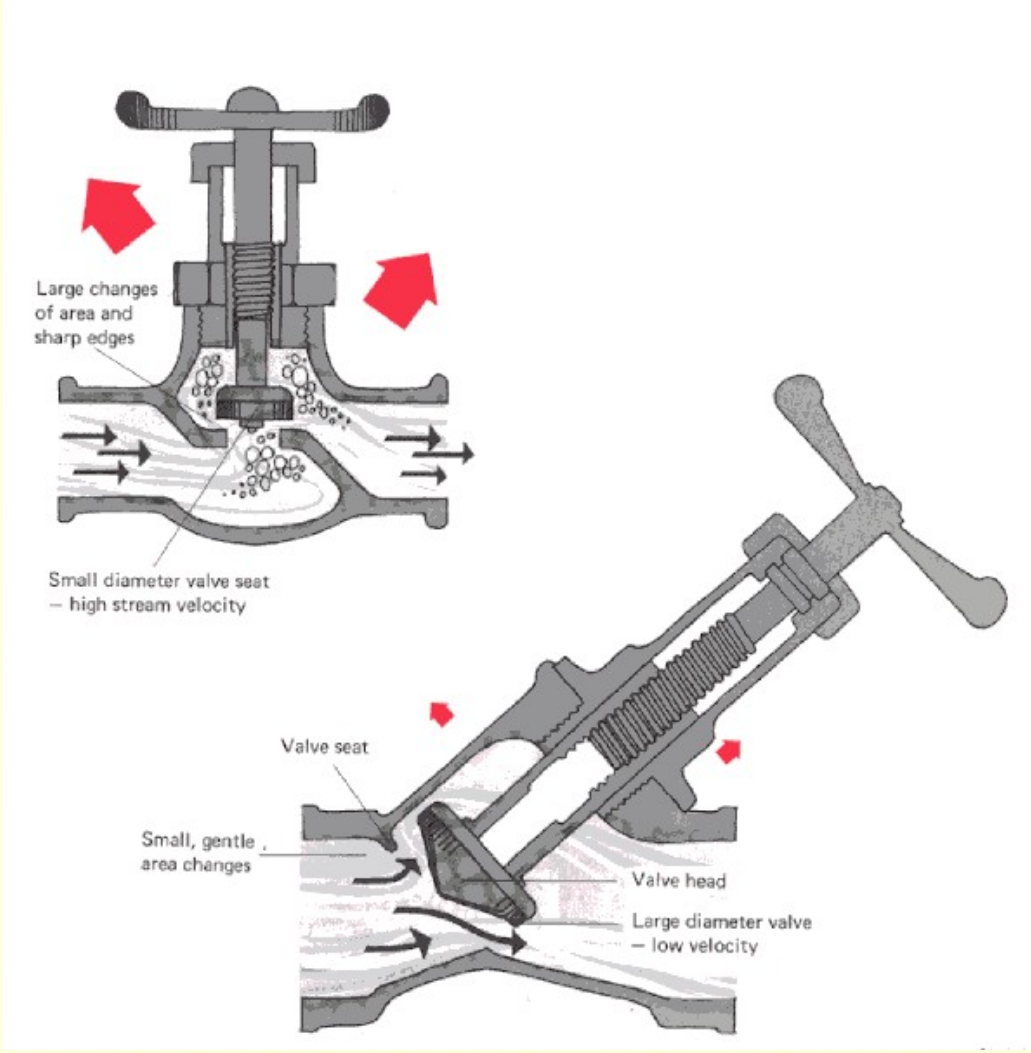

Regulator
Turbulence
Short distance
Regulator
Increased distance
Sharp corners cause turbulence
Short distance to fan
Smooth corner causes little turbulence
Increased distance

- -Borulardaki akış gürültüsü ani basınç değişimlerinden kaynaklanır.-
- Hava akışında olduğu gibi, sıvı taşıyan borularda da ani basınç değişimleri gürültü yayarlar. Hava veya buhar baloncukları gürültüye sebep olurlar. Yalnız bunlar çabuk kaybolurlar. Basınç değişimleri genelde ani alan değişimlerine bağlı olup, sözü edilen bu alan değişimlerini düzgün ve kademeli yapmak basınç değişimleri azaltır. Sonuçta, çıkan gürültü de azaltılmış olur.

Principle

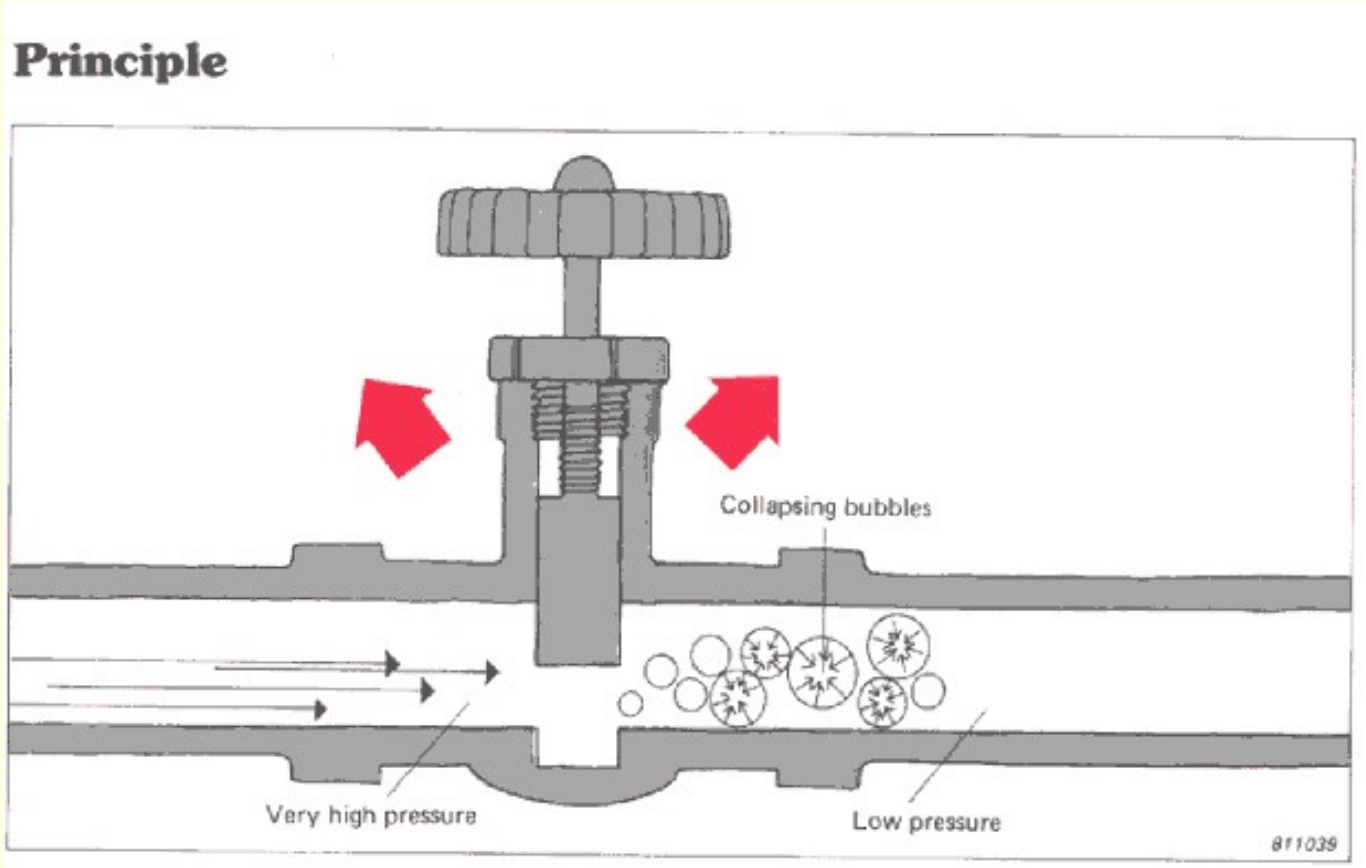


- Akışkan sistemlerde ki düzenleyici valfler etrafındaki yüksek basınçtaki akışın hızını artıran küçük yuvalara sahiptir. Akış rotasında ki keskin dönemeçler yüksek seviyede türbülansa sebep olur. Ses valften direkt yayılır ve valfteki titreşim boru boyunca yayılır. Bu durum ise yapısal kaynaklı ses olarak karşımıza çıkar.

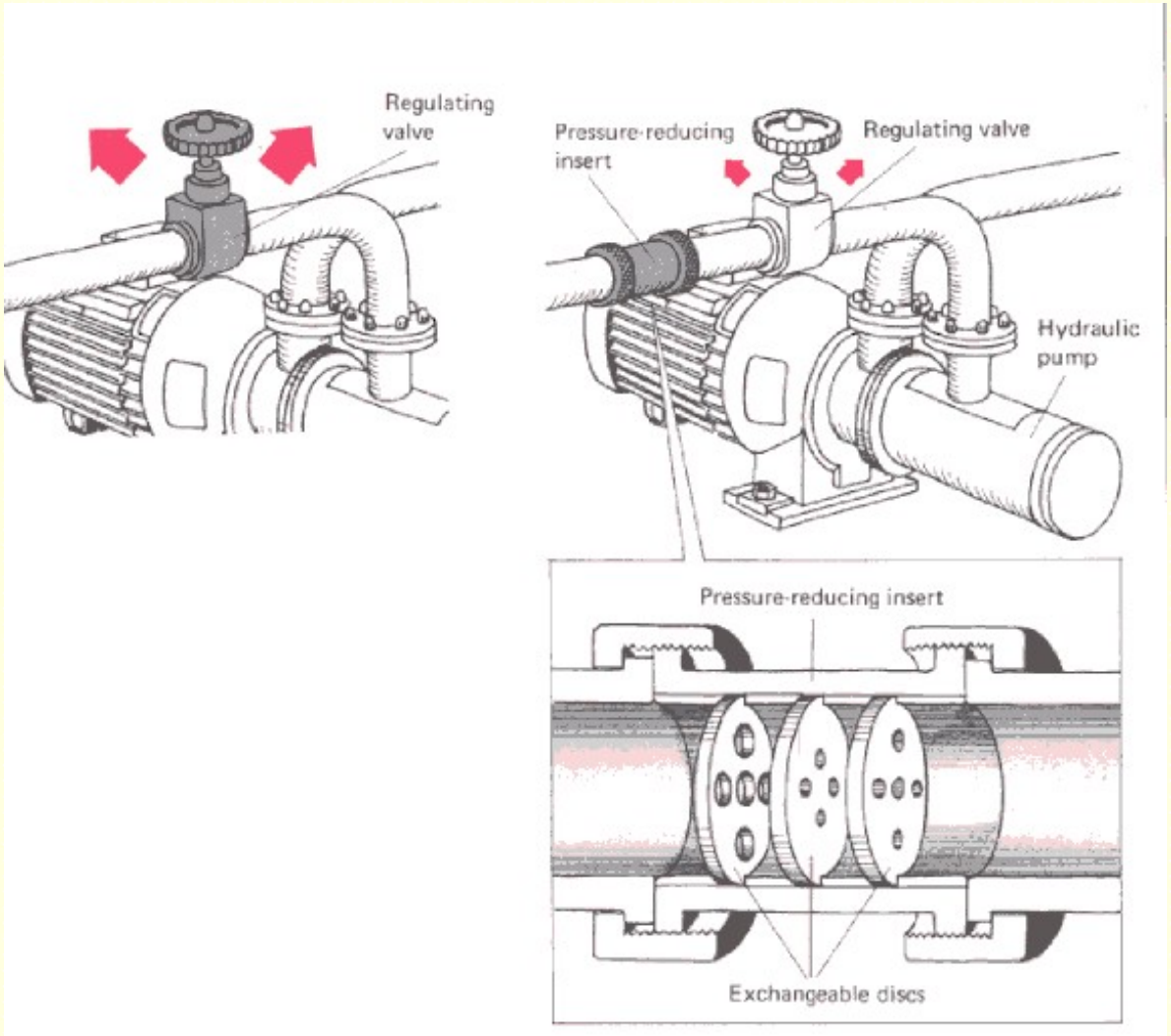

Large changes
of area and
sharp edges
Small diameter valve seat
– high stream velocity
Valve seat
Small, gentle
area changes
Valve head
Large diameter valve
– low velocity

- -Ani ve yüksek basınç değişimleri yüksek ölçek kavitasyona yol açar.-
- Basınç değişimi fazla ve yeterince hızlı ise, hemence dağılan buhar baloncukları oluşur. Bu da yoğun ölçekli gürültüye ve yüksek seviyede titreşime yol açar. Kavitasyon denilen bu fenomen, düzenleyici valfler, pompadaki dağıtıcılar gibi hidrolik sistemlerde sıkça karşılaşılan bir durumdur. Basıncı adım adım düşürmek sureti ile kavitasyondan kaçınılabilir.

Principle


Collapsing bubbles
Very high pressure
Low pressure
811039

- **Örnek:** Hidrolik bir sistemde, pompanın tam kapasite ile çalışması nadiren karşılaşılan bir durumdur. Düzenleyici bir valf kullanılmak sureti ile basınç düşürülür. Ani basınç değişimi, valften kabul edilemeyecek ölçüde gürültünün yayılmasına sebep olur. Bunun sonucunda, pompanın bağlı olduğu her yerle yapı kaynaklı sesin oluşması söz konusudur.
- **Çözüm:** Borunun içine valfin yerine bir çeşit basınç düşürücü yerleştirilebilir. Yerleştirilen bu değiştirilebilir. Basınç düşürücü disklerin yüzeyinde farklı ölçütlerde geçiş vardır. Disklerin seçimi, istenenden fazla basınç düşümü olması açısından önemlidir.


Regulating valve
Pressure-reducing insert
Regulating valve
Hydraulic pump
Pressure-reducing insert
Exchangeable discs

- **Ses absorbsiyonu, astar duvarlara, tavan ve taban döşemelerine bağlı olup, burada kullanılan malzemeler, istenilen performansı sağlayan ve ses basıncını düşüren süper yumuşak paneller veya başka absorblama kabiliyeti olan elementler araya sıkıştırılır.**

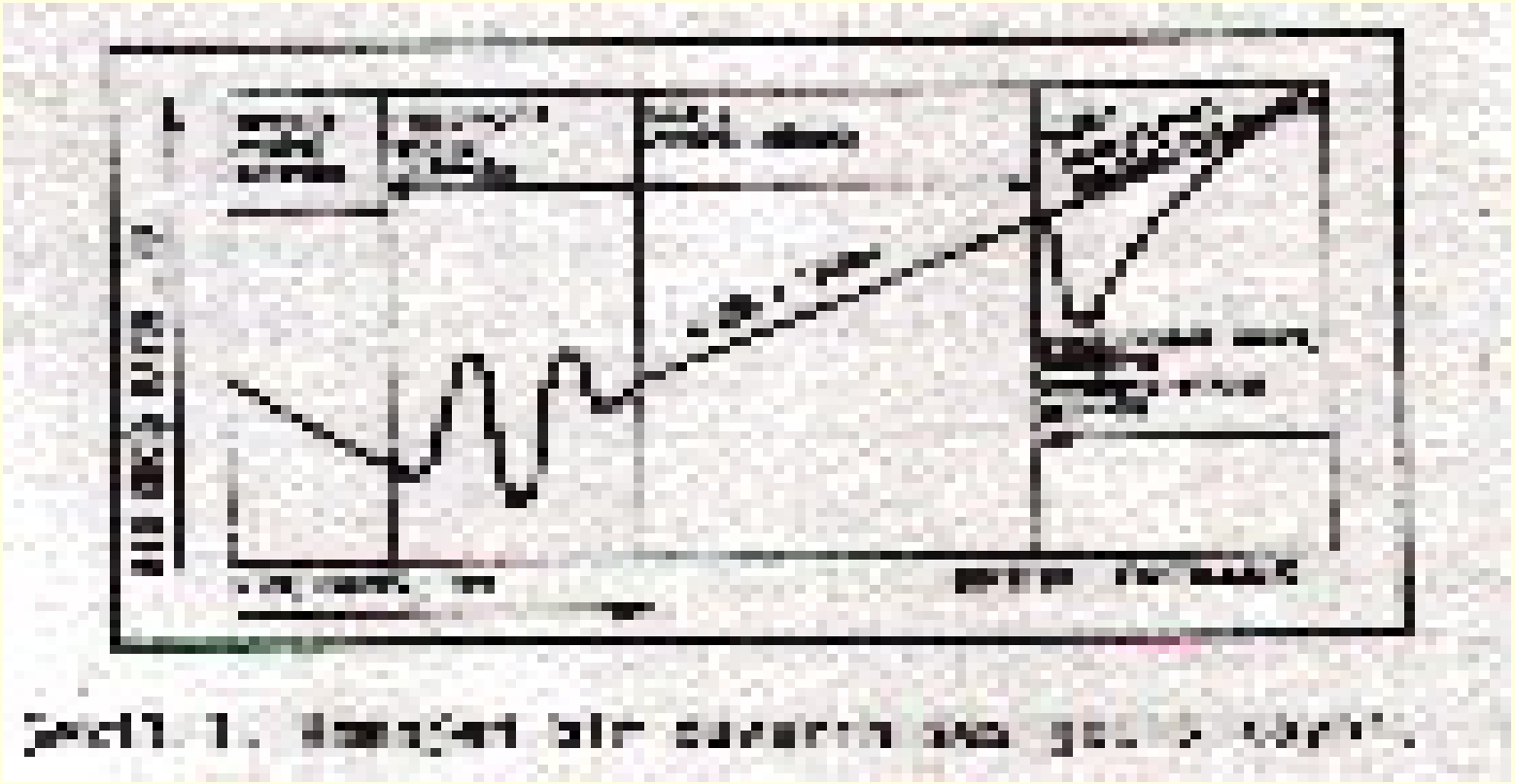


Yansıtıcı yüzeylerin kaplanması



PANELLER

- Sekil’de homojen bir duvarın ses geçiş kaybının frekansa göre değişimi verilmektedir.



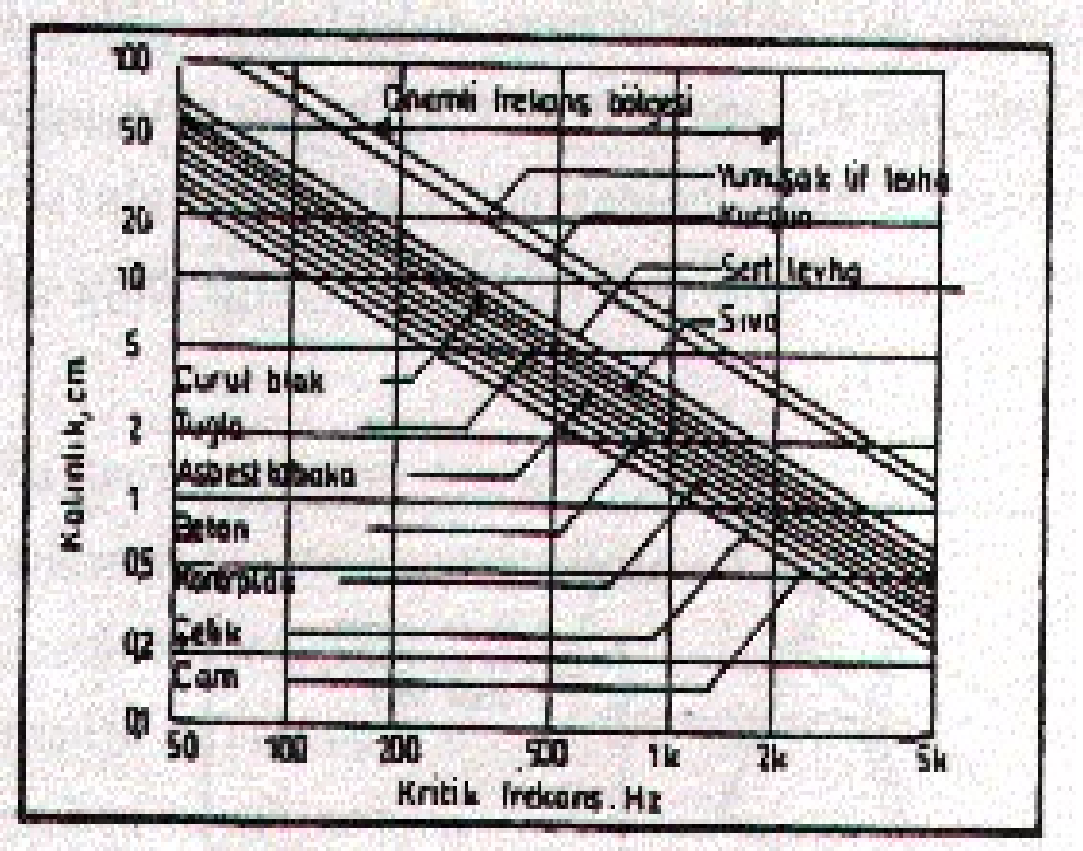
TEK TABAKALI DUVARLARDAN SESİN GEÇİŞİ

- Katı cisimler boyunca ses geçiş kaybı işitilebilinen frekans aralığında değişir. Alçak frekanslarda iletim yalnız panelin rezonansına bağlıdır, böylece yüzeyin büyüklüğü, yüzeyin elastikiyeti ve yüzey kütlesi önemlidir. Alçak frekanslarda panelin rezonansını etkileyen faktörler:
- Yüzeyin büyüklüğü,
- • Elastikiyet modülü,
- • Yüzeyin kütlesidir.
- Orta frekanslarda;
- • Her bir elemanın titreşimi,
- • Iletim esas olarak empedansa (dönmede elastikiyet ve yoğunluk) bağlıdır.
- Yüksek frekanslarda;
- • Çakışma etkisi önemlidir.
- Elemanın yaklaşık rezonans frekansı:(odaları ayıran herhangi bir eleman; duvar, döşeme dahildir.)

TEK TABAKALI DUVARLARDAN SESİN GEÇİŞİ

- fres = 0.45 h [Y/ρ((n/x)2 + (m/y)2)]1/2
-
- fres : (m,n)inci rezonans frekansi, Hz
  Y : malzemenin Young modülü, N/m2
  ρ : malzemenin yoğunluğu, kg/m3
  h : elemanın kalınlığı, m
  x,y : elemanın boyutları, m
  n,m = 1 olduğunda en alçak frekans oluşur.
- En alçak rezonans frekansın iki katında olan frekansta eleman kütle kanunu kontrolüne girer. Kütle kanunu bağıntısı aşağıda verilmektedir:
- R = 20 log10 (fm) + K
- K Alan geçiş kaybı, sabit '~ -47 dB
- f Gelen sesin frekansı, Hz
- m Elemanın yüzey yoğunluğu, kg/m2

Kritik frekans değerlerine göre malzeme kalınlıkları

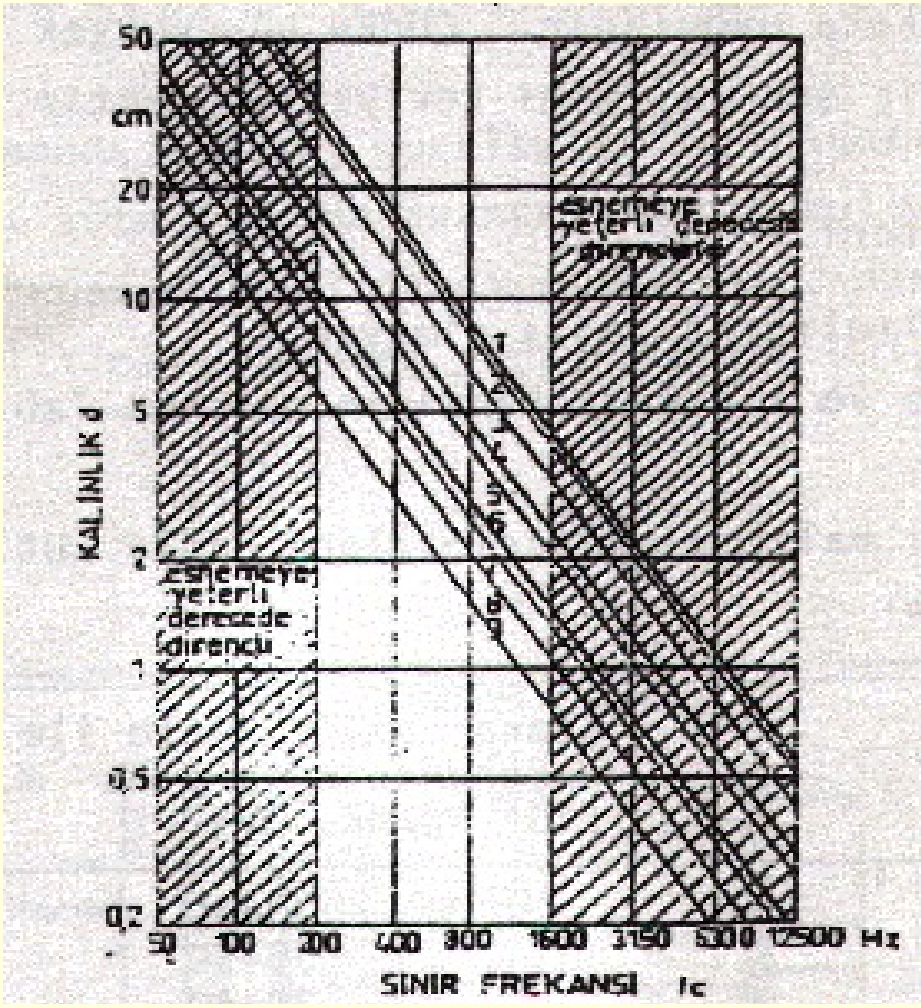


- Kritik frekans aşağıda verilen eşitlikten hesaplanabilir:
- fc=(K.c2/h). (ρ/Y)1/2
- fc : Kritik frekans, Hz
  C : Sesin havadaki hızı, m/s
- h : Panelin kalınlığı, m
- ρ : Panel yoğunluğu, kg/m3
  Y Panelin Young modülü, N/m2
- K (sabit) = 0.555
- Çakışma etkisini önlemek için sınır frekansı değeri yapı akustiği ölçüm alanı alan 100—3150 Hz dışına çıkarılmalıdır. Pratik olarak alt sınırı 200 Hz, üst sınırı da 1600 Hz olarak saptamakla yetinilir.

- Bu eşitlik sesin bütün yönlerden (rastgele) gelişi için teorik olarak max ses geçiş kaybını vermekte, pratikte elde edilen gerçek değer1er genellikle bir çok dB daha azdır.
- Kütle kanunu bölgesi içinde ses geçiş kaybı:
- • frekansın her iki katı için (yani 6 dB her oktavda) ve
- • yüzey yoğunluğu her iki katı için (veya verilen malzeme kalınlığının her iki katı için) 6 dB artar.

- Aşağıdaki Şekil’den görüldüğü gibi;
- • Sınır frekansı 200 Hz’in altında olan yapı elemanı ve bölmelerine “esnemeye yeterli oranda dirençli”
- • Sınır frekansı 1600 Hz üzerinde olan yapı elemanı ve bölmelerine “esnemeye yeterli oranda dirençsiz” denir.

Sekil. Çeşitli yapı maddelerinden oluşan yapı elemanlarının kalınlıkları d'ye bağlı olmak üzere
Sınır frekansı fc, 1-Yumuşak elyaf levhalar, 2- Kurşun, 3-Hafif beton, 4-Sert yonga *levhalar,* 5-Alçı, 6- Tuğ1a duvar, 7-Kontrplak, 8-Ağır beton, 9- Cam.



Esnemeye yeterli derecede dirençli ve yeterli derecede dirençsiz malzemeler

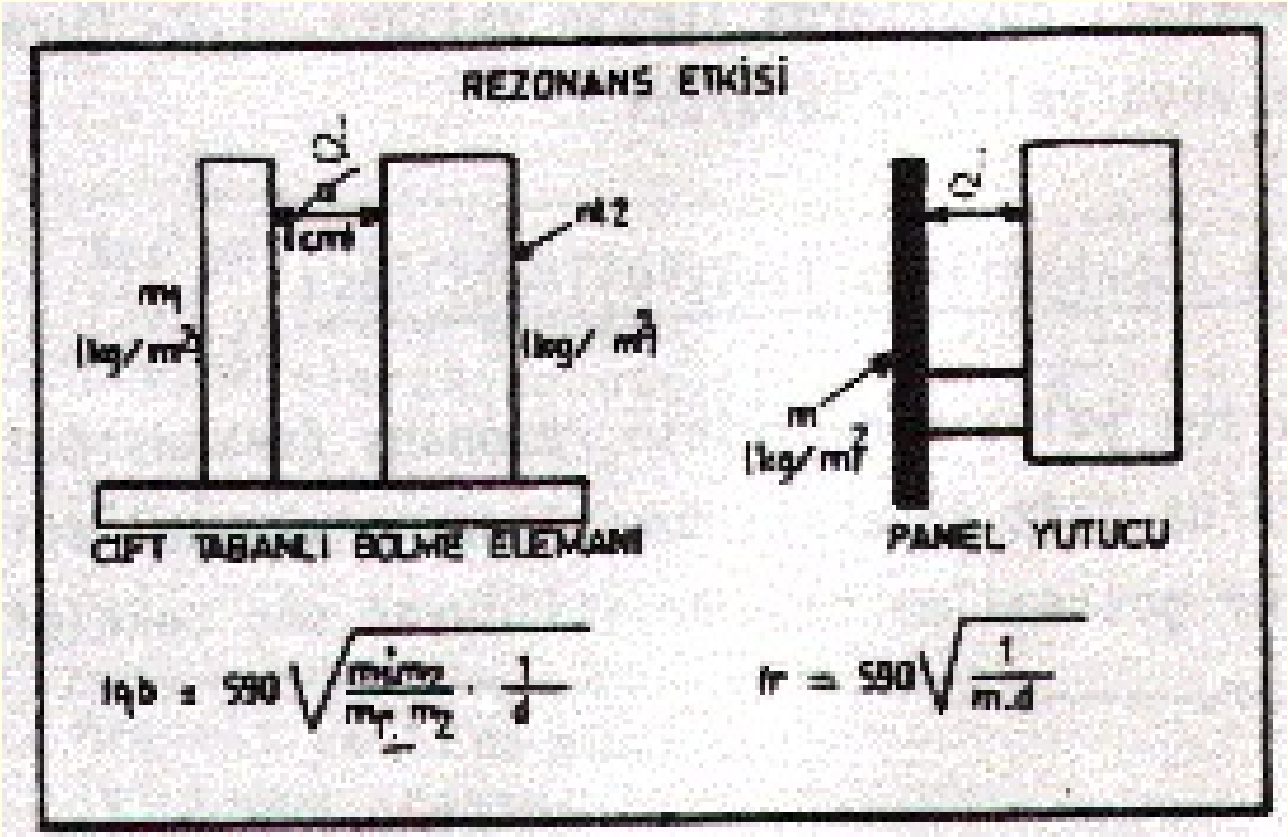
Tablo'da çakışma olayından doğan olumsuz etkinin büyük ölçüde giderilebilmesi için yapı malzemelerinin olması gereken kalınlıkları verilmektedir.

Yapı Maddesi	Esnemeye yeterli derecede dirençsiz ($f_c \geq 1600$ Hz)	Esnemeye yeterli derecede dirençli ($f_c \leq 200$ Hz)
	kalınlık, cm	
	Azami	Asgari
Ağır beton	1	8
Hafif beton	3	25
Alçı	2	15
Tuğla duvar	-	11
Kontrplak	1,3	-
Sert yonga levha	2,3	-
Yumuşak elyaf levha	4,5	-
Cam	0,7	-
Çelik	0,6	-
Alüminyum	0,6	-

ÇİFT TABAKALI DUVARLARDAN SESIN GEÇİŞİ

- Normal alarak, rezonans, konuşma frekansı dizisi içinde yalıtımı etkilenmez ama, çift tabakalı bir bölme durumunda, iki yarı elemanlar arası boşluk, iki kütle arasındaki bir yay gibi davranır ve sonuç rezonans frekansı, yarı elemanın kütlesinin tekil bir bölme için olanınkından daha yüksek olur.
- 50 Hz'den aşağıda tutulması için özen gösterilmelidir.
- Rezonans etkisi, gürültülü bir odadaki ses fr'in enerjisinin bir kısmının yutulması istendiğinde avantaj olarak kullanılabilir. Önce bir panel, rijit bir duvardan d uzaklığında sabitlenir, panelin rezonans frekansı gürültünün azaltılması gereken yerin frekans bölgesine düşecek şekilde seçilir (Şekil).

Şekil. Rezonans etkisi.

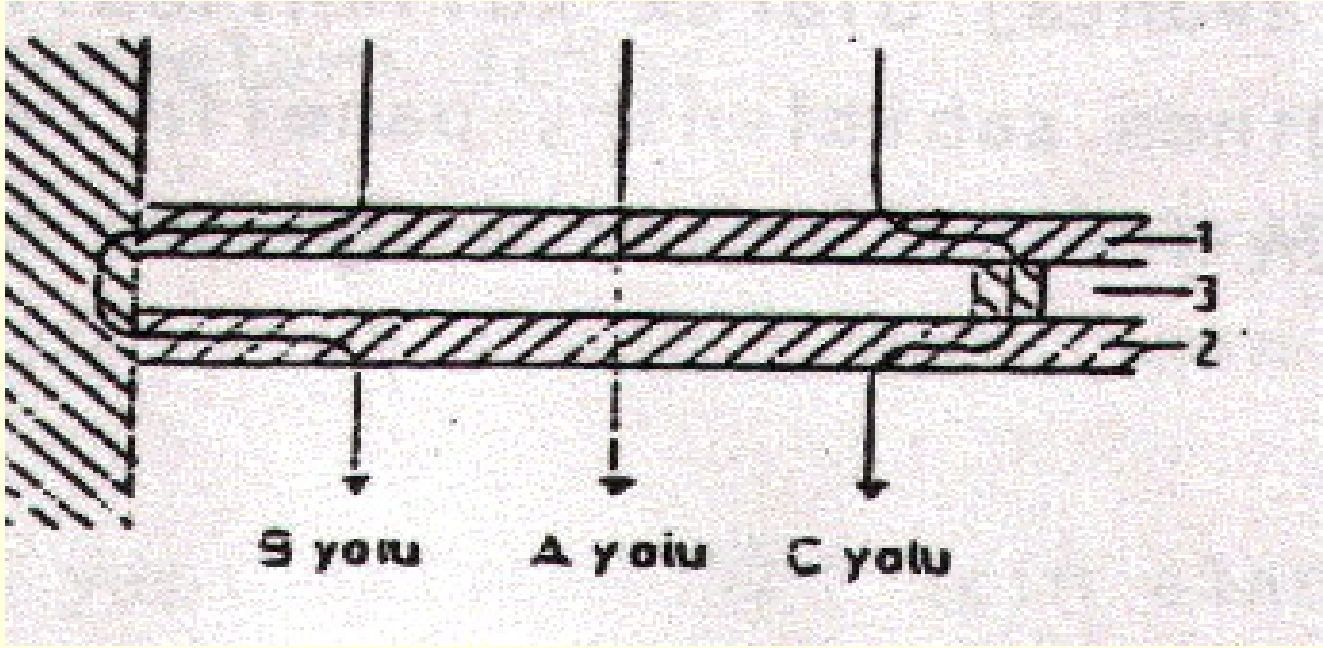


ÇİFT TABAKALI DUVARLARDAN SESIN GEÇİŞİ

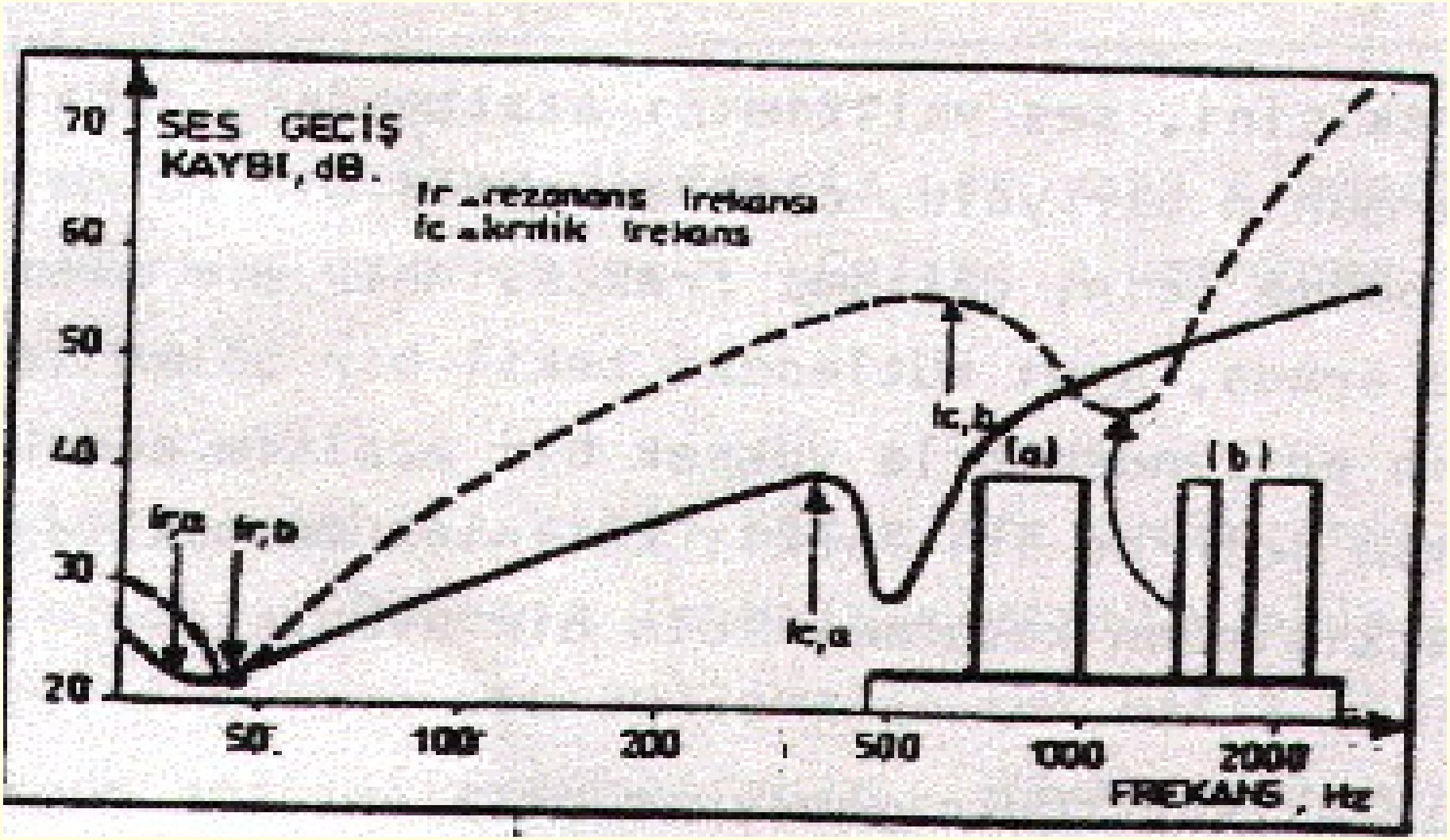
- Çakışma etkisini, ses yalıtımını azaltmadan, daima yüksek bir frekans dizisine çıkarmanın bir yolu, çift tabakalı bir bölme kullanmaktır. Çift tabakalı bir bölme için, çakışma frekansı her bir elemanın kalınlığı ile belirlenir, bu arada, aynı kütledeki tekil bir bölme için, kütle kanunu tarafından tahmin edilenden bile yüksek bir azaltım endeksi vardır. Dahası her iki yarı eleman için de iki farklı kalınlık seçmek, aynı frekansta oluşabilecek çakışma etkisinden kaçınmak için bir avantajdır.
- Cift tabakalı konstruksiyonların ortalama ses geçiş kaybı aşağıda verilmiştir:

Çift tabakalı duvarlarda iletim yolları, 1,2— Duvar kabukları, 3- Hava veya yalıtım tabakası.

- R=20 log10 (m.d) +K
- R : Ortalama ses geçiş kaybı, 100—3200 Hz arası, dB
  m : Konstrüksiyonun birleşik yüzey yoğunluğu, kg/m2
  d : Boşluk genişliği, m
  K : 34
- Şekil.'de çift tabakalı duvar ve duvarın yan bağlantıları verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi ses duvardan üç şekilde iletilir.



Tek ve çift tabakalı duvarların ses geçişlerinin karşılaştırılması



Çift tabakalı duvarlarda rezonans frekansı bağıntıları.

Kabuklar arası	Aynı ağırlıkta iki kabuk (iki eşit kalınlıkta duvar)	Ağır blok önüne hafif ön kabuklar
Ses yalıtım tabakası (Ses yalıtım tabakası gevşek olarak konulmuş)	$f_r = \frac{850}{\sqrt{m.d}}$ (Hz)	$f_r = \frac{600}{\sqrt{m.d}}$ (Hz)
Aradaki yalıtım maddesi iki kabuk arasını tamamiyle doldurmuş ve her iki yüzeye yapışmış	$f_r = 700\sqrt{\frac{s'}{m}}$	$f_r = 500\sqrt{\frac{s'}{m}}$

m : Ön kabuğun alan ağırlığı (kg/m2)
d : Kabuklar arası mesafe (cm)
s’: Ara yalıtım tabakasının dinamik rijitliği (kg/cm3)

Çift tabakalı duvarlarda rezonans frekansı bağıntıları.

- Yukarıdaki açıklamaların ışığında rezonans frekansı en fazla 80 Hz olması kabul edilirse, bu takdirde gerekli mm. hava tabakası kalınlığı (d) ye aradaki yalıtım malzemesinin dinamik rijitliği s' aşağıdaki Tablo'daki eşitliklerle hesaplanabilir.

Çift kabuklu duvarlarda rezonans frekansının fr=80 Hz olabilmesi için gerekli hava tabakası kalınlığı ve yalıtım malzemesinin dinamik rijitliği

Kabuklar arası	Aynı ağırlıkta iki kabuk	Ağır kabuk üzerinde hafif ön kabuk
Ses yutucu ara malzeme ihtiva eden hava tabakası	$d_{min} = \frac{115}{m}$ (cm)	$d_{min} = \frac{57}{m}$ (cm)
Ara yalıtım malzemesi iki kabuk arasını tamamiyle doldurmuş ve her iki yüzeye yapışık	s'_{max}=0,013 m kg/cm3	s'_{max}=0,026 m kg/cm

Çift tabakalı duvarlarda rezonans frekansı bağıntıları.

- o Rezonans frekansının (fr) ve min. hava tabakası kalınlığı (dmin) ile
- ilgili hususlar, hava tabakası ses akımını yeterince etkileyecek nitelikte ise geçerlidir. Bu nitelik en basit şekliyle hava tabakası elyaflı yalıtım malzemeleri ile doldurularak elde edilir. Ancak malzemenin çok yumuşak ve esnek olması şarttır.
- o Çift kabuk arasındaki boşluk hakikaten boş bırakılırsa a zaman etkisi ancak mevcut kalınlığının 1/2—1/4'ü varmış gibidir.
- o Ayrıca kabukların ikisi de aynı cins ve rijitlikte malzemeden (örneğin 4-8 cm kalınlıkta alçı, hafif beton vb. plaklar) yapılmışsa ve sınır frekansları kulağı ilgilendiren frekans bölgesinin ortasına isabet ediyorsa o zaman da yukarıdaki eşitlikler artık geçerli değildir.

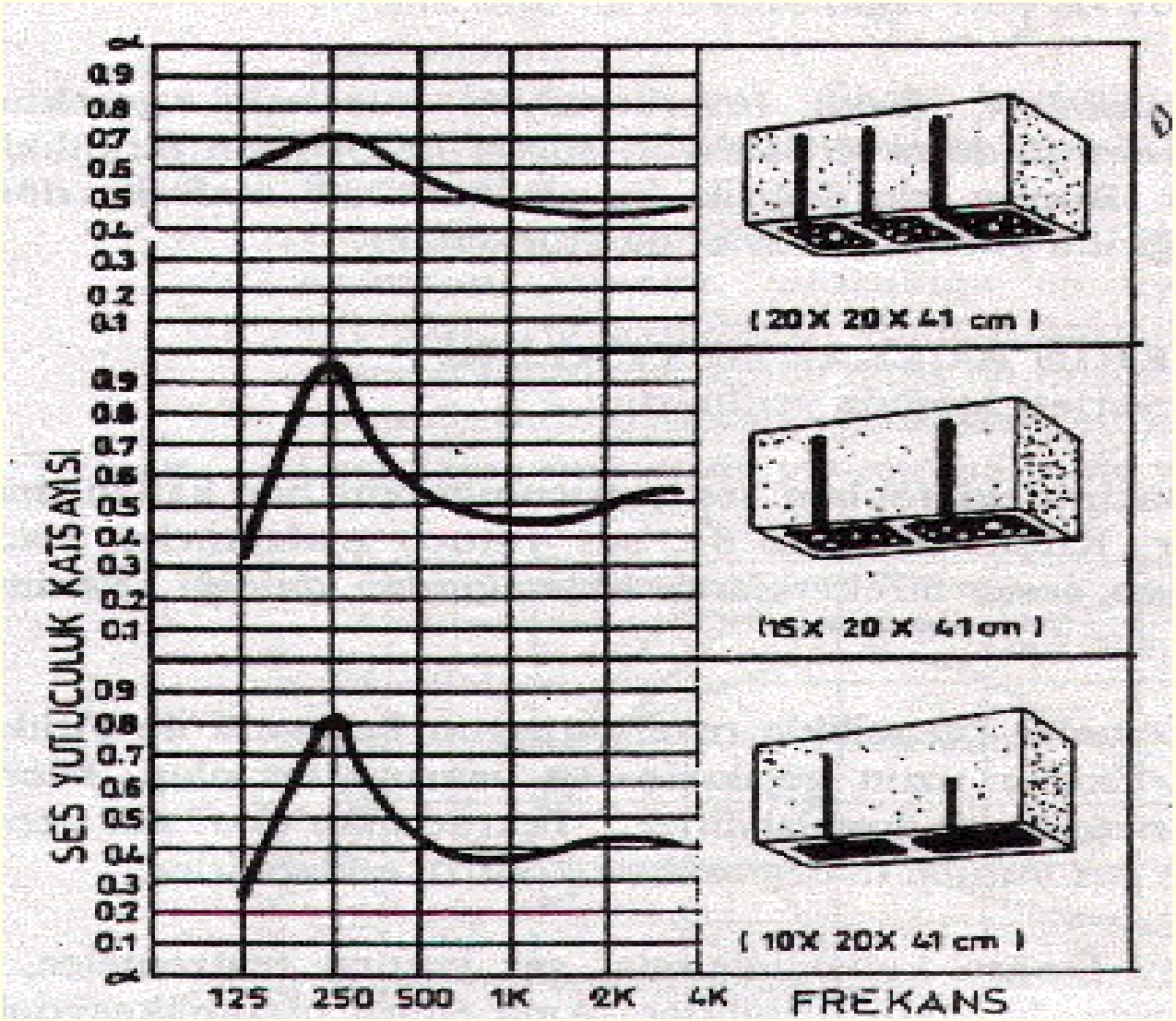
REZONATÖRLER

- **1. Bireysel Boşluk Rezonatörleri**
- Standart beton blokların düzgün beton karışımları olup, yarıkşeklinde boşluklar içerenleri “ses kutusu birimleri” olarak adlandırılır ve boşluk rezonatörünün bir versiyonudur. Ekstra bir ses emicilik yüzeyi uygulaması ihtiyacını yok ettikleri gibi, sesin reverberasyon kontrolünü de ekonomik olarak sağlarlar.
- Maksimum ses yutuculukları düşük frekanslarda olup, yüksek frekanslarda bu düşer (Şekil 1).

REZONATÖRLER

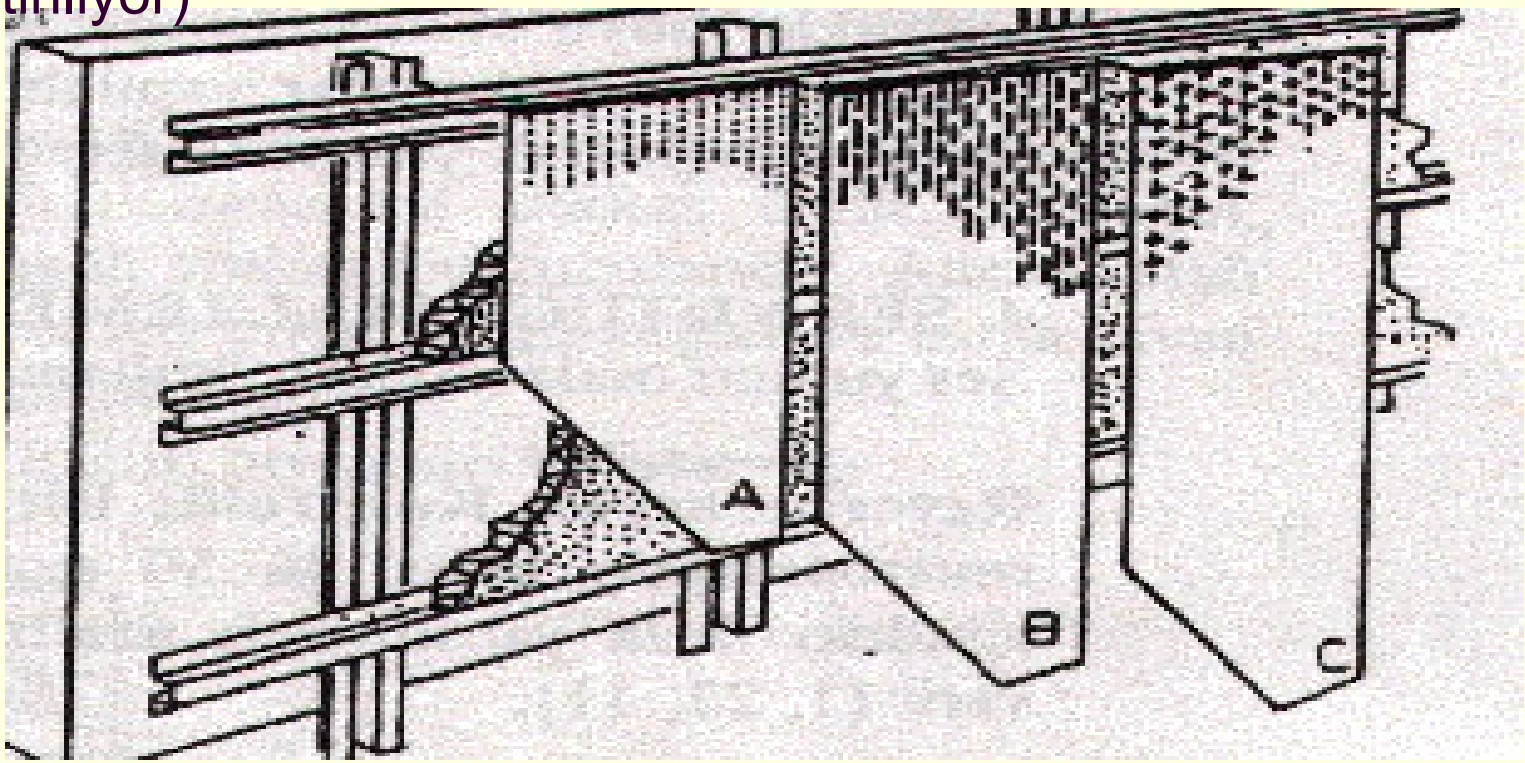
- **2. Delikli Panel Rezonatörleri**
- Sert bir arkalıktan bir miktar uzağa yerleştirilen delikli paneller boşluklu rezonatör prensibinin pratik uygulamasında geniş olarak kullanılır. Panelin delikli olmasını sağlayan pek çok boyundan oluşur. Delikler genellikle dairesel, bazen yarıklar şeklindedir. Rezonatörün bütün gövdesini, delikler arkasındaki hava boşluğu oluşturur. Delikli panel rezonatörleri, tek delikli rezonatörler gibi seçici yutuculuk sağlamaz (Sekil 8). (1, 2, 3).
- Eğer delikli panel “ses geçirimliliği” adı verilen uygun açık alana sahip olarak düzgün seçilirse yeterli yutulmanın beklendiği frekans bölgesi genişler (Şekil 3)

ŞEKİL 1.Bireysel boşluklu rezonatör olarak kullanılan tipik Soundblox üniteleri



ŞEKİL 2.Değişik tipteki delikli yüzeyleri kullanarak delikli panel rezonatörü oluşturmak

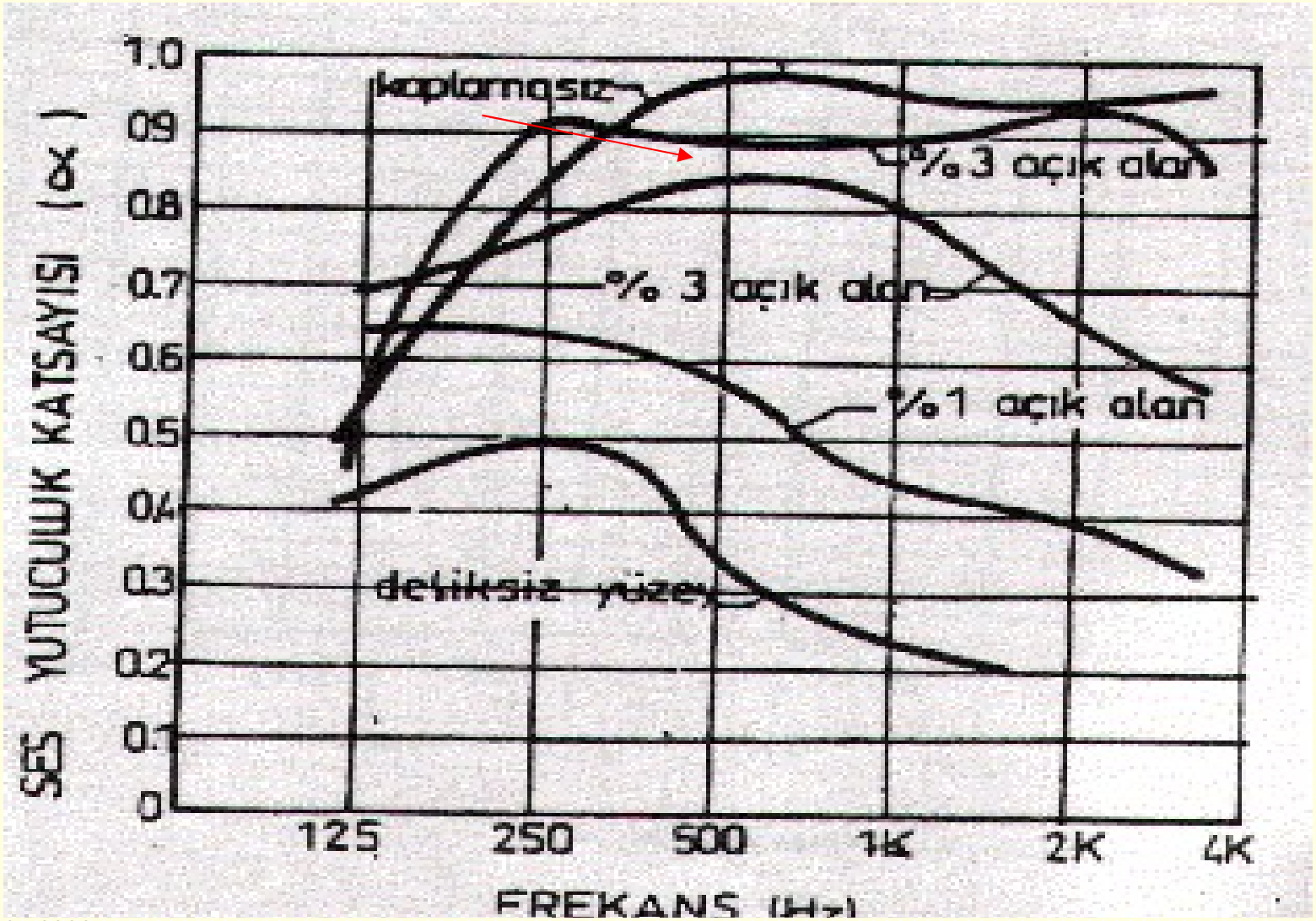
A) delikli pano B) yarıklı sunta C) delikli metal yada plastik (Duvar içine yerleştiriliyor)



REZONATÖRLER

- Eğer delikli panel “ses geçirimliliği” adı verilen uygun açık alana sahip olarak düzgün seçilirse yeterli yutulmanın beklendiği frekans bölgesi genişler (Şekil 3)
- Şekil 3’de çeşitli delikli panel rezonatörlerinin ses yutuculuk değerleri verilmiştir.
- **3. Yarık Rezonatörler**
- Oditoryum dizaynında pahalı olmayan izolasyon örtüleri seçildiğinde, aşınmaya dayanıklı olmaz. bu malzemenin dekoratif — korumacı bir yüzey uygulamasıyla kullanılabilir hale getirilir. Bu uygulama nispeten dar en kesite sahip ve belli bir hava boluğuna sahip bir yüzey uygulamalarına izin verir.

ŞEKİL 3. Hava boşluğu içinde yalıtım örtüsü bulunan delikli panel rezonatörlerinin ses yutuculuğu

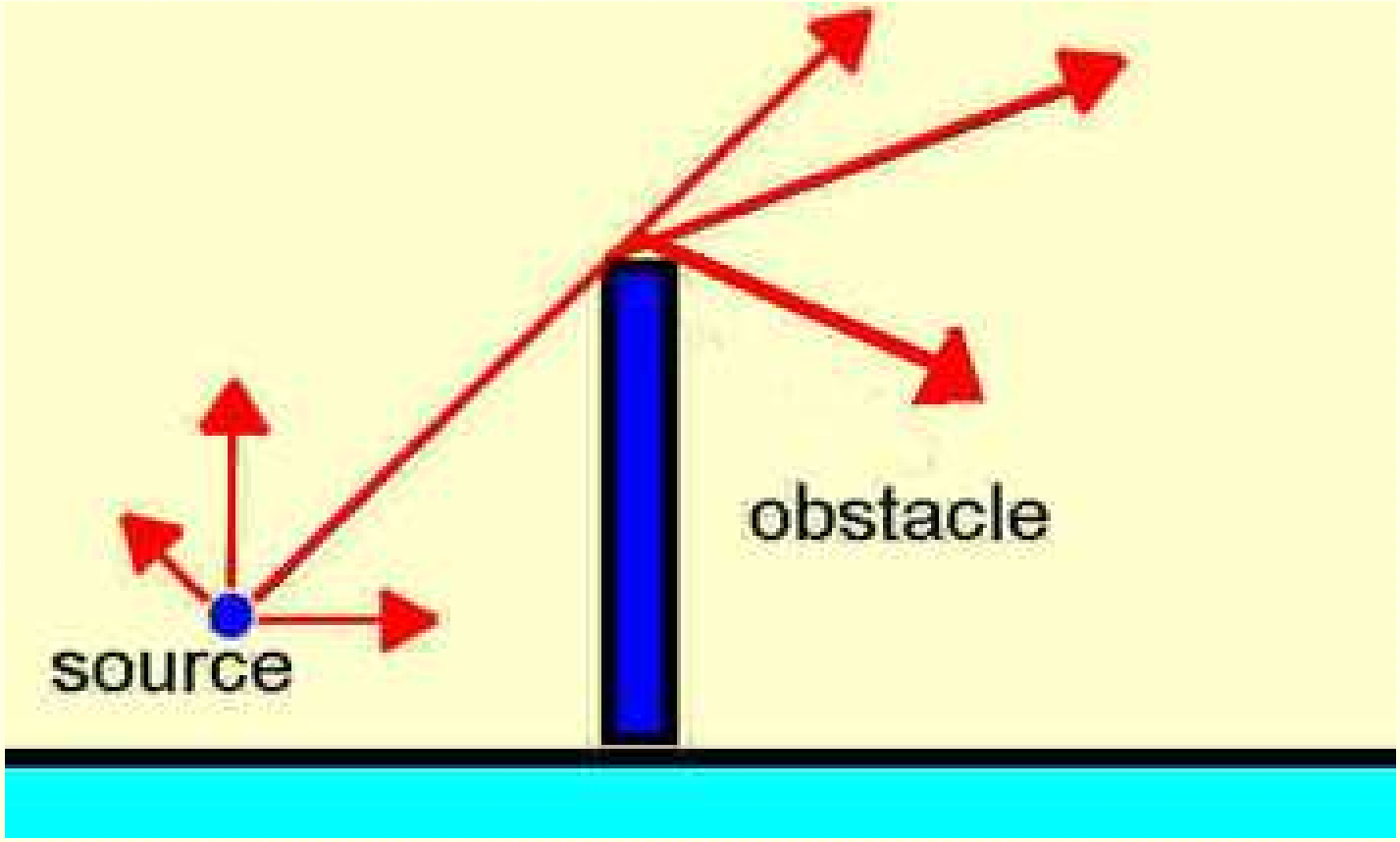


BARİYERLER

- **Bariyer tasarımında göz önünde bulundurulacak noktalar**

Tasarım parametresi	**Optimum koşullar**
Bariyer büyükIüğü	Kaynağın boyutlarından ve azaltılacak en önemli frekansın dalga boyundan çok büyük
Yeri	Kaynağa veya alıcıya en yakın
Bulunduğu yerin yankılanma zamanı	Mümkün olan en düşük değerde
Bariyer malzemesi ve kalınlığı	NR>=IL+5 dB olacak şekilde
Yüzeylerin ses yutucu	Kaynağa bakan yüzünün ses yutma katsayısı büyük

BARİYERLER

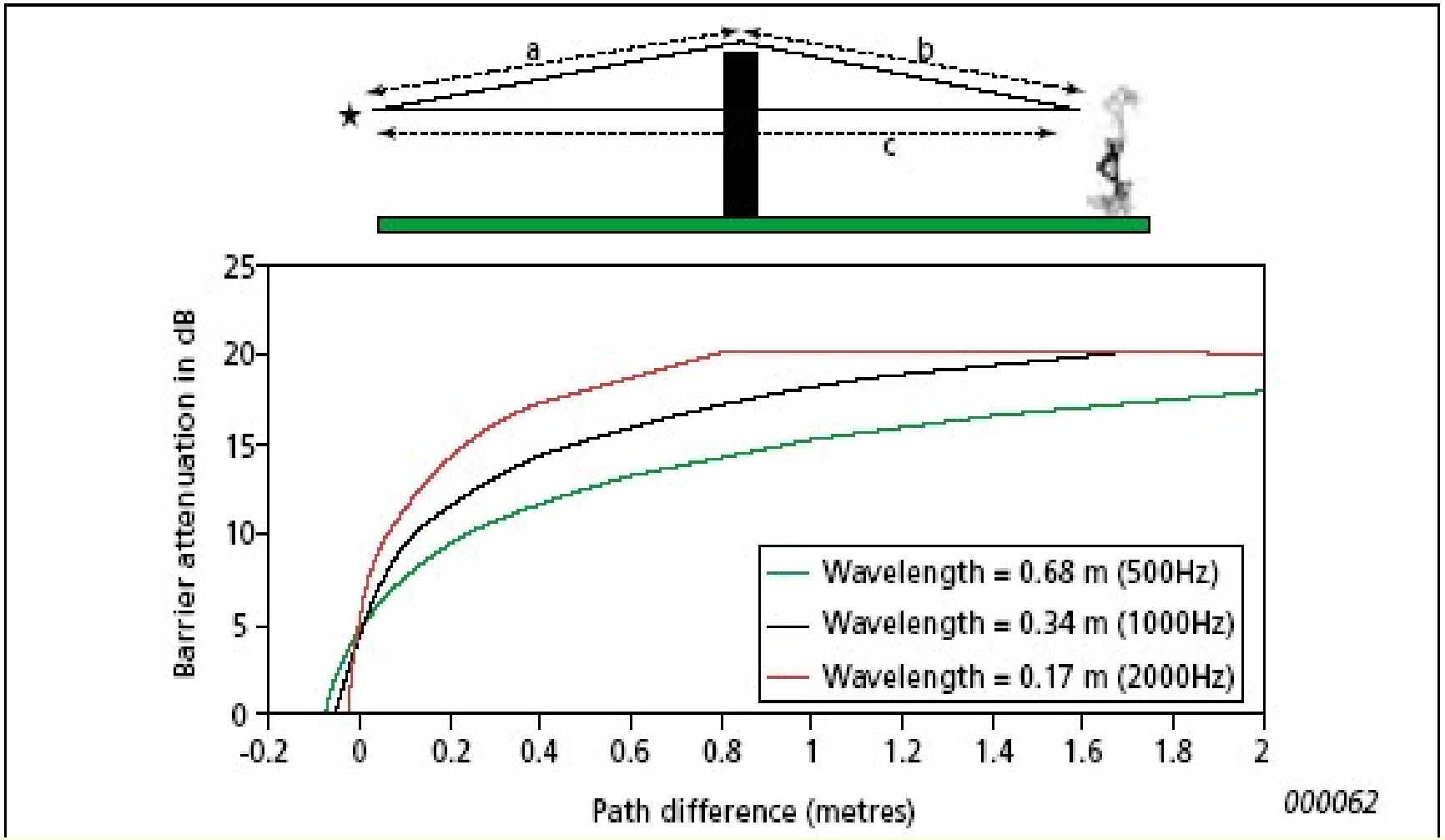


Barriers

The noise reduction caused by a barrier depends on two factors:

1. The path difference of the sound wave as it travels over the barrier compared with direct transmission to the receiver (a + b – c, in the diagram).
2. The frequency content of the noise.

The combined effect of these two is shown in the diagram. It shows that low frequencies are difficult to reduce using barriers.

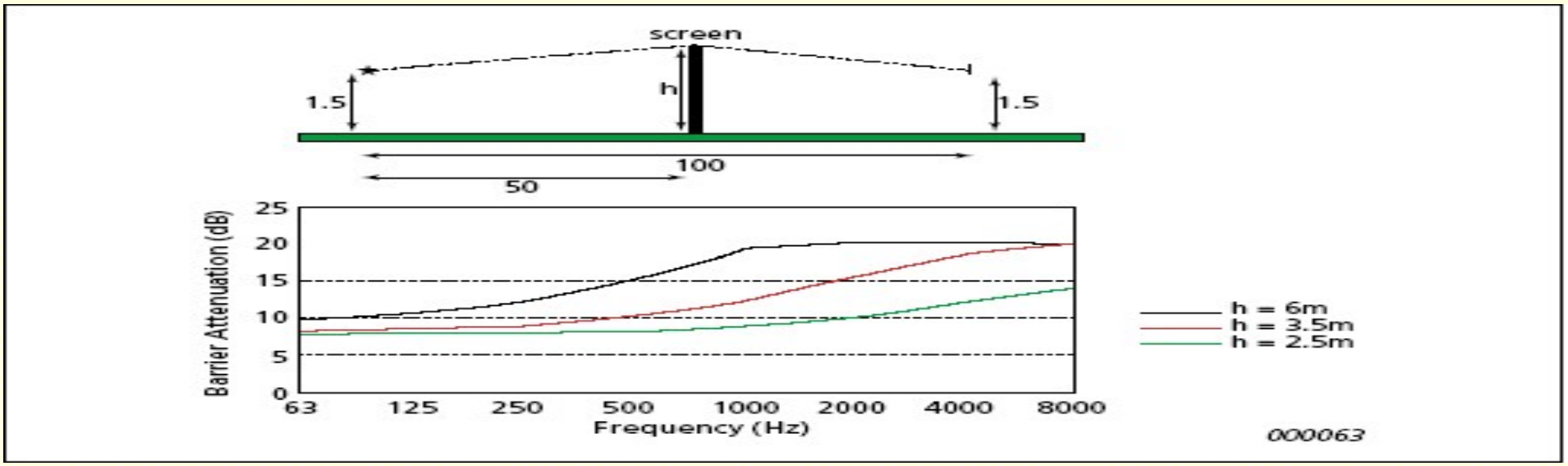


Atmospheric Attenuation

This is a complex subject and can only be summarised here. The reduction of noise as it passes through air is dependent on many factors including:

- Distance from source
- Frequency content of the noise
- Ambient temperature
- Relative humidity
- Ambient pressure

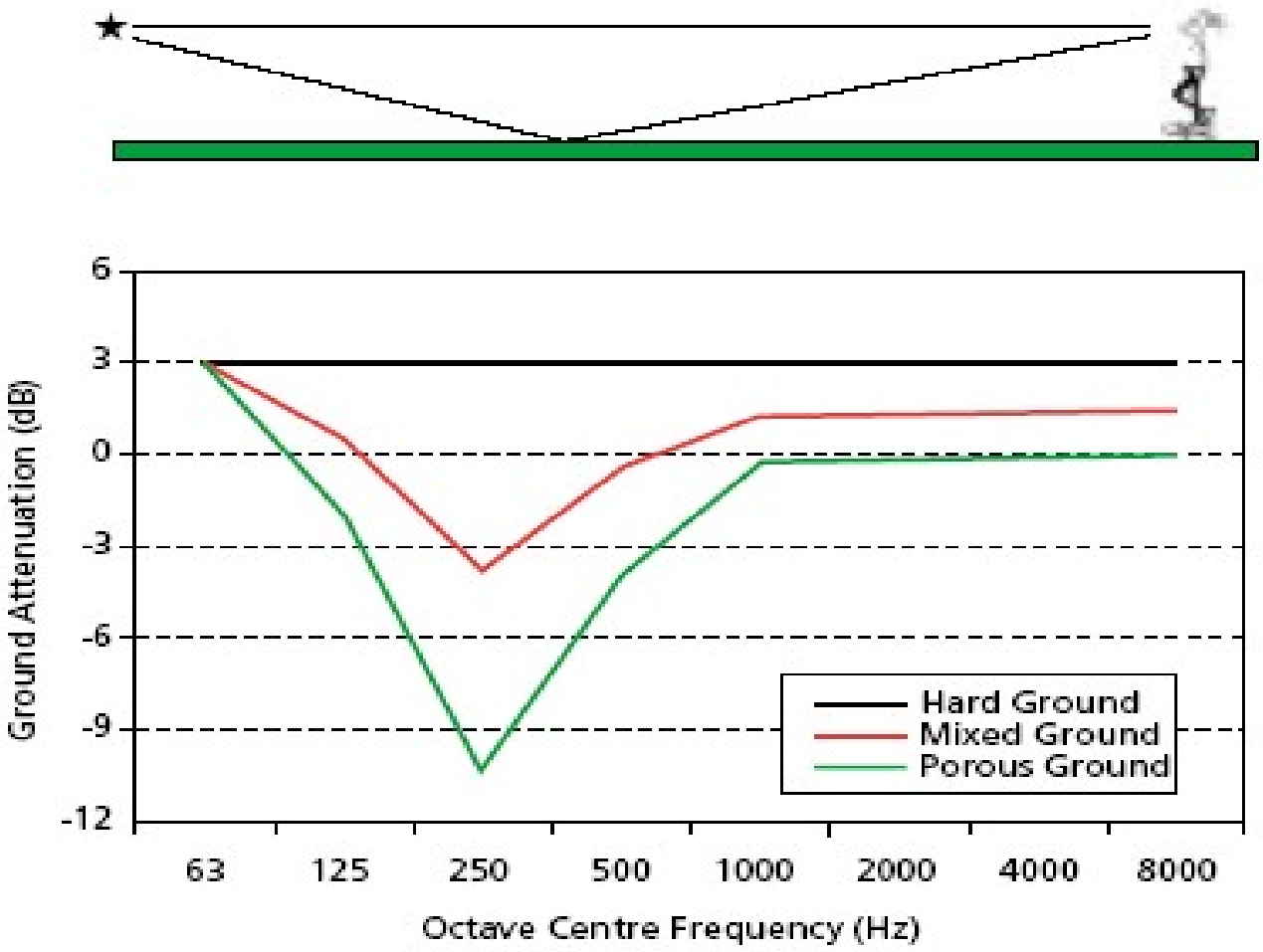
The first two factors mentioned above are the most influential and are shown in the diagram below. To summarise, low frequencies are not well attenuated by atmospheric absorption.



Ground Effects

Sound reflected by the ground interferes with the directly propagated sound.

The effect of the ground is different for acoustically hard (e.g., concrete or water), soft (e.g., grass, trees or vegetation) and mixed surfaces. Ground attenuation is often calculated in frequency bands to take into account the frequency content of the noise source and the type of ground between the source and the receiver. Precipitation can affect ground attenuation. Snow, for example, can give considerable attenuation, and can also cause high, positive temperature gradients. Regulations often advise against measuring under such conditions.



Noise at the Receiver

Reflection

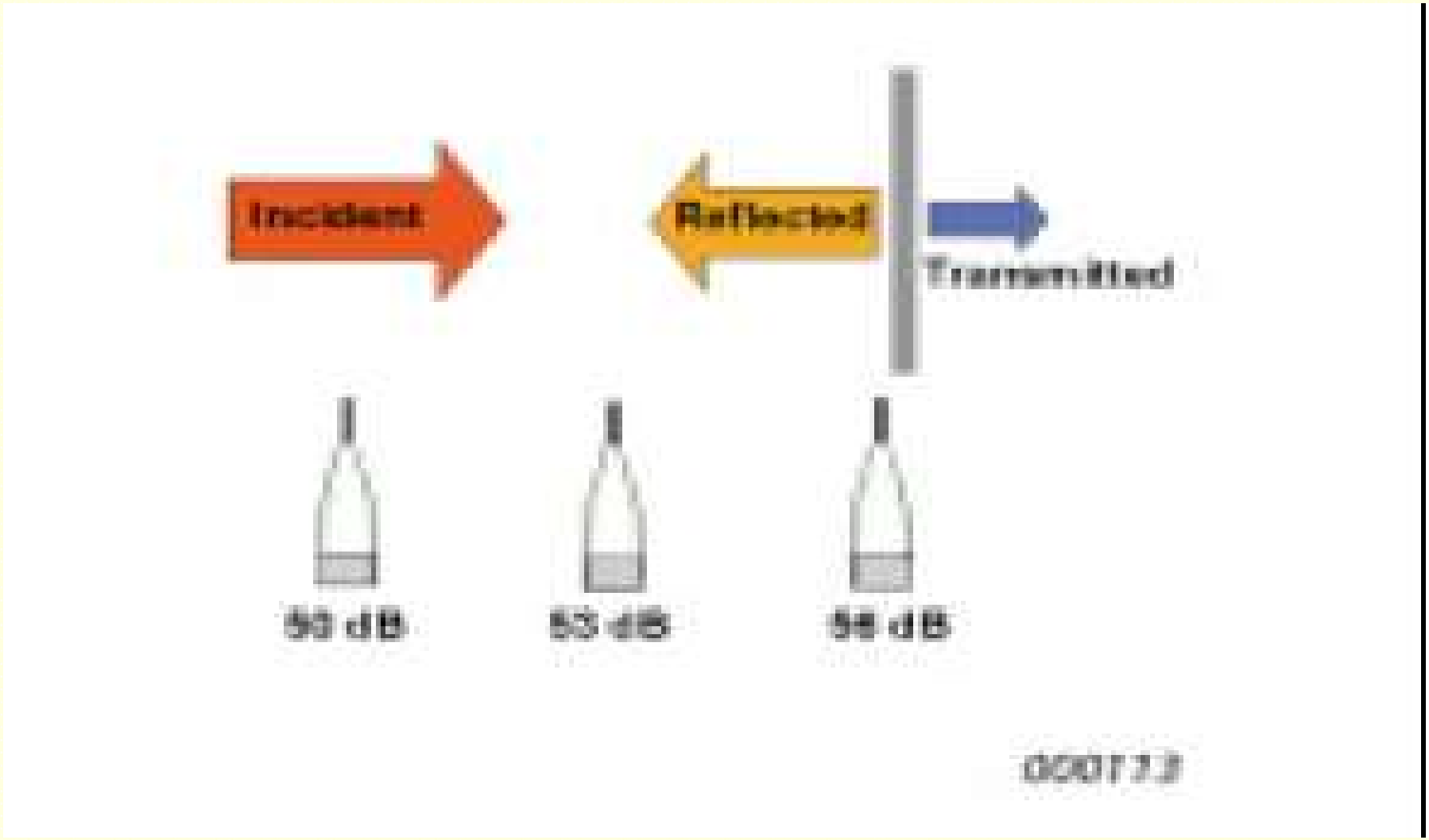
When sound waves impact upon a surface, part of their acoustic energy is reflected from it, part is transmitted through it and part is absorbed by it. If absorption and transmission are low, as is generally the case with buildings, most of the sound energy is reflected and the surface is said to be acoustically hard. The sound pressure level near the surface is therefore due to direct radiation from the source and sound arriving from one or more reflections.

Typically, the level 0.5 m from a plain wall is 3 dB(A) higher than if there was no wall. Regulations often require the exclusion of the effect of reflection from reported results (free-field conditions).

Open and Closed Windows

When at home, some people like to keep their windows closed – because of climate or tradition. Disturbing noise in the environment is then attenuated by the building, typically offering 20 – 30 dB of protection (façade sound insulation). Windows are often acoustically weak spots, but can be improved with special design.

In other countries and climates, people are used to having their windows open and experiencing the full effect of environmental noise. Regulations for environmental noise, therefore, must take into account both the way dwellings are constructed and the way they are used.


Incident
Reflected
Transmitted
50 dB
53 dB
56 dB
GC0173


65 dB
45 dB

ÖNEMLİ NOTLAR

- Bariyer üzerinde delik veya açık kısım olmamalı
- Çevredeki yansıtıcı yüzeylerden uzak olmalı veya kaynağa bakan yüzü mutlaka ses yutucu malzemeyle kaplanmalı
- Mümkünse ses kaynağın, veya alıcıyı çevreleyecek şekilde konulmalıdır (kısmi örtme)

Malzeme, Çatı Şiltesi

1. Zamanla bozulmaz, çürümez, korozyon ve paslanma yapmaz, böcekler ve mikroorganizmalar tarafından tahrip edilemez, küf tutmaz.
2. Sıcak ve rutubete maruz kalması halinde dahi, şilte boyutlarında bir değişme gözlenmemektedir.
3. Hava sesi izolasyon değeri R, takriben 1 dB/cm şilte kalınlığındadır.

Yüksek ses yalıtım değerine ulaşılmak istendiğinde, iki kat Çatı Şiltesi serilmelidir. Uygulamada dikkat edilmesi gereken husus birinci tabaka serildikten sonra ikinci tabakanın birincinin serilme istikametine dik olarak serilmesidir.



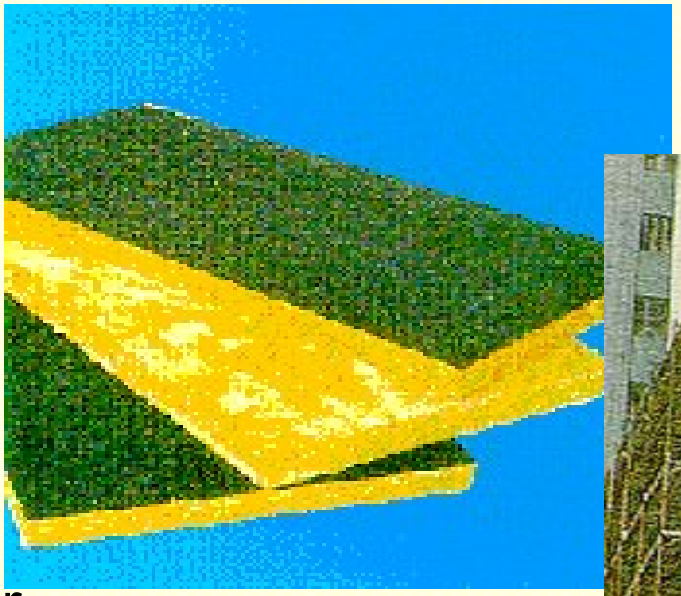
Endüstriyel çatılarda Ses Yalıtımı, Camyünü

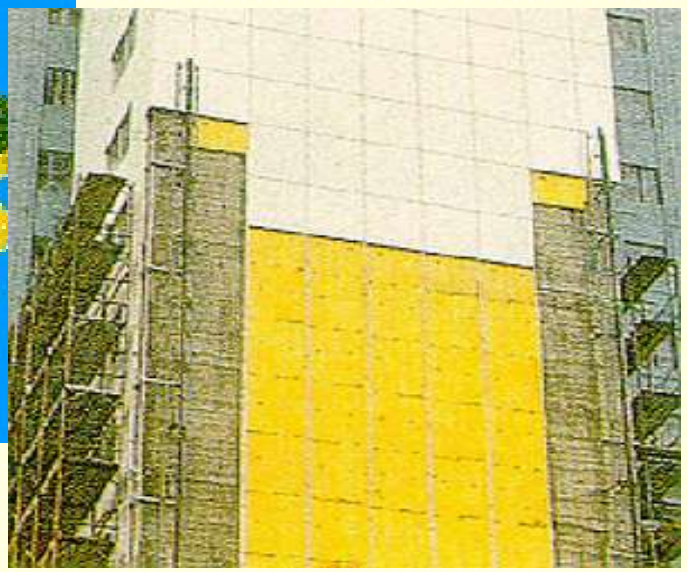
Yeni inşa edilen yapıların çatılarında ısı ve ses yalıtımı amacıyla kullanılır. Sanayi ve ticari yapılarda geniş uygulama alanı vardır. Mevcut yapılarda ısı ve ses yalıtımı sağlamak amacıyla, eski çatı üzerine monte etmek sureti ile uygulanır



CAM GİYDİRME CEPHE LEVHASI

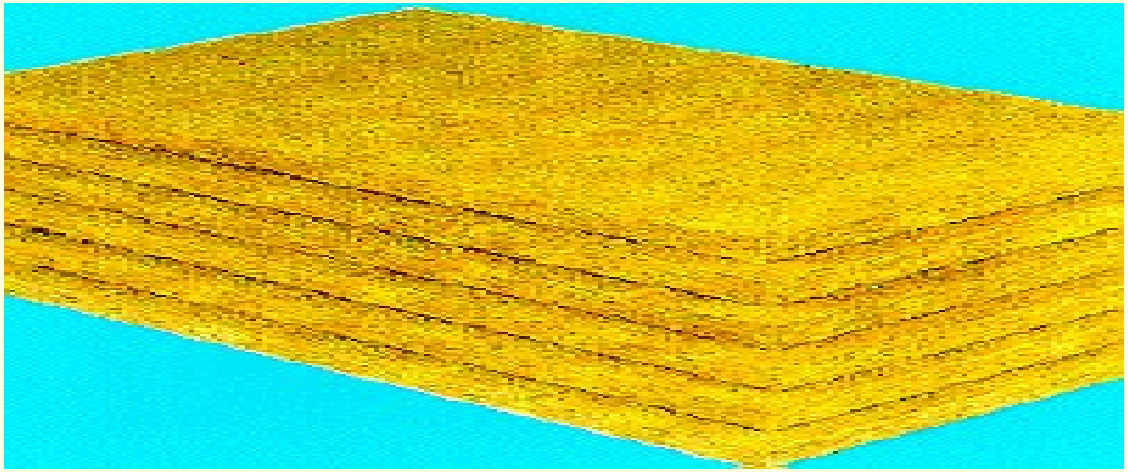
- Cam Giydirme Cephe Levhaları'yla en hızlı şekilde, en az yer kaybı ile en yüksek ısı ve ses yalıtımı sağlanır.
- Cam Giydirme Cephe Levhaları'nın fiziksel özellikleri zamana bağlı olarak kaybolmaz. Yapının ömrü boyunca ses ve ısı yalıtımı sağlar.





Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Kalınlık, 6 cm	0,26	0,54	0,88	0,93	0,93	0,87
Kalınlık, 10 cm	0,45	1,00	1,00	0,95	0,95	0,90

DIŞ CEPHE LEVHASI (CEPHEPAN)



Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Kalınlık, 6 cm	0,26	0,54	0,88	0,93	0,93	0,87
Kalınlık, 10 cm	0,45	1,00	1,00	0,95	0,95	0,90

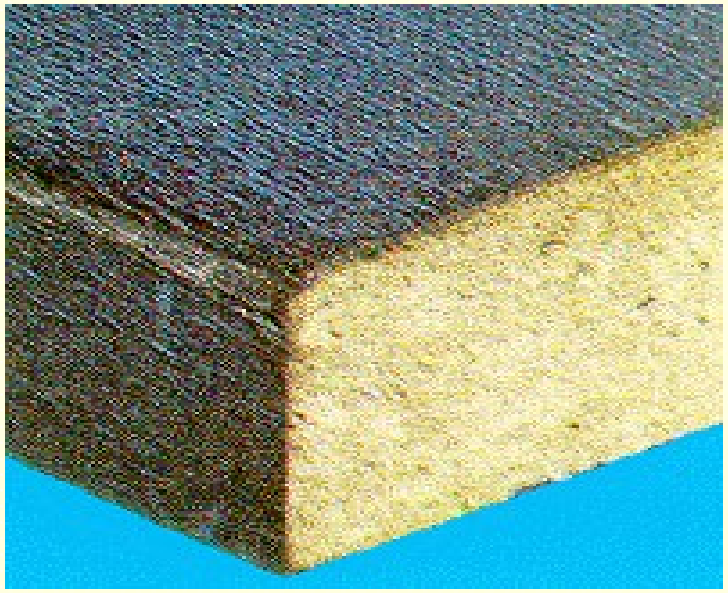
DUVAR ARASI LEVHASI (DUPAN)





Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
α, Sabin	0.1	0.28	0.6	0.8	0.81	0.87

TAŞYÜNÜ TERAS ÇATI LEVHALARI





Taşyünü Teras Çatı Levhaları Kalınlığı (cm)	3	5
Sesin, geçerken uğrayacağı azalma miktarı (dB)	33	37

KLİMA ŞİLTESİ





Frekans (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
α, sabin	0.35	0.52	0.59	0.83	0.96	0.90

PREFABRİK BORU

1.Cam liflerinin merkez kaç düzende yerleştirilmiş olması, Prefabrik Boru - İzocam'lara yüksek mekanik dayanıklılık ve titreşimlere karşı direnç kazandırmaktadır.







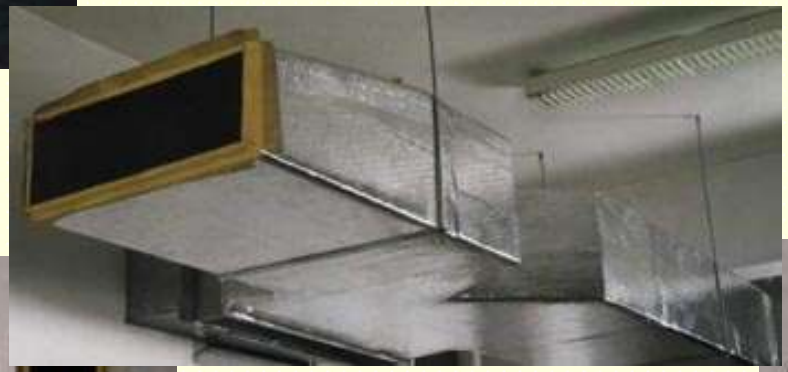
PREFABRİK KLİMA KANALI

- Çok hafiftir.
- Kolay kesilir ve monte edilir.
- Her türlü menfez ve bağlantılar kolaylıkla monte edilir.
- Tüm ebatlarda kanal kesiti teşkil etmek mümkündür.
- Her türlü kanal kesit değişmeleri, redüksiyon, pantolon omega ve dirsek teşkili çok kolaydır.
- Isı yalıtımı ile birlikte ses yalıtımını da aynı anda mükemmel şekilde gerçekleştirir.
- Yangın güvenliği sağlar.
- İşçilikten, maliyetten, zamandan, enerjiden tasarruf sağlar.
- Diğer benzeri klima kanallarına göre İzocam Prefabrik Klima Kanalı daha ucuzdur.
- Kenarlarının binili olması sayesinde uygulama kolaylığı sağlar.

PREFABRİK KLİMA KANALI



İşaretlenip Kesilmesi







Prefabrik Klima Kanallarının Hava Damper Montajınn Yapılması



Sonra Tüm Köşelerin Aliminyum Folyo Bant İle Bantlanması

Titreşim Yalıtımı

