

RUMORE

RUMORE

Qualsiasi variazione di pressione o di spostamento in un mezzo elastico, come l'aria, prodotto da qualsiasi corpo solido che mette in vibrazione l'aria è definito come **SUONO**. Le onde di pressione generate che portano con sé una certa quantità di energia, si propagano in maniera circolare.

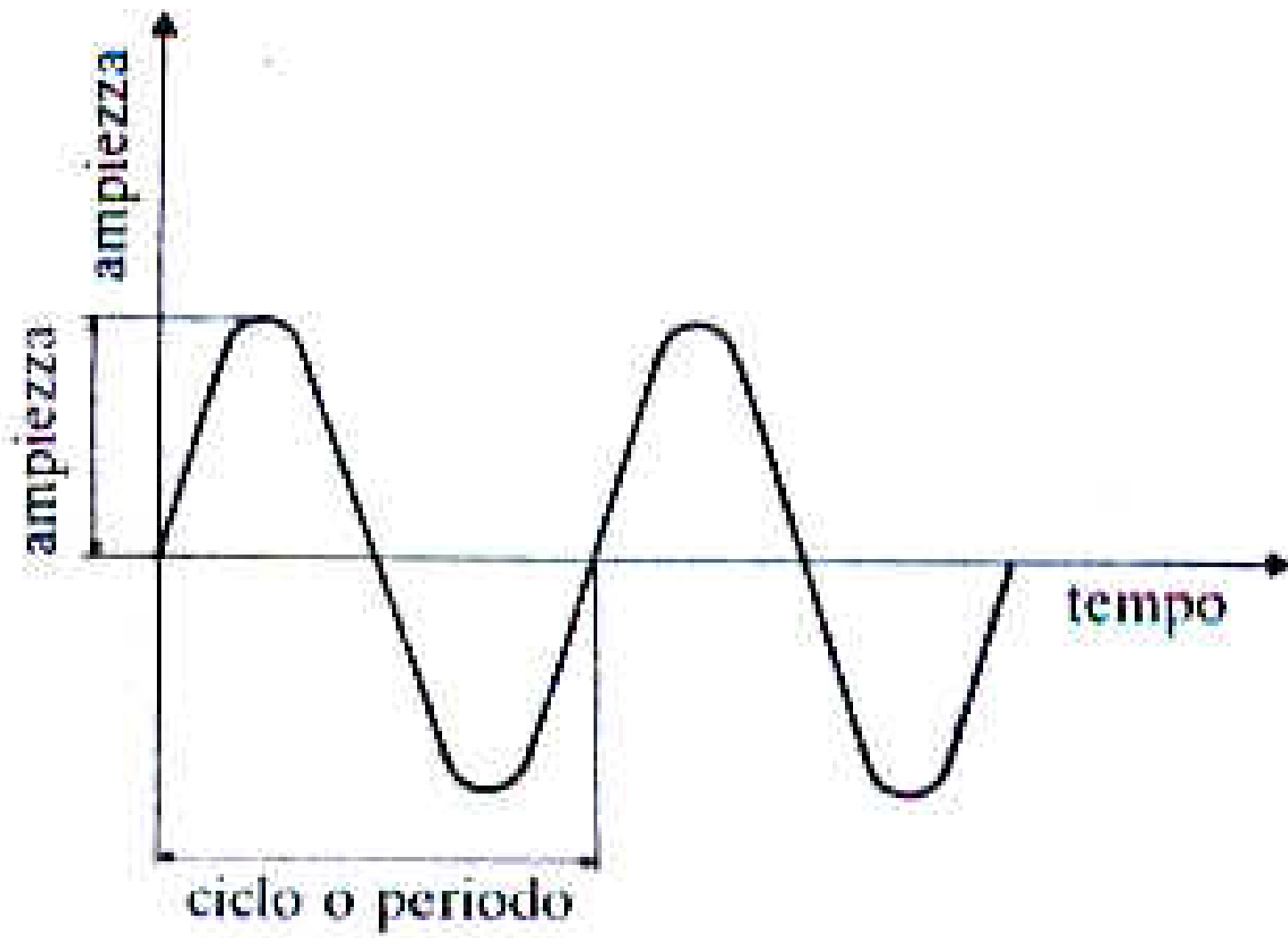
1. Udibili
2. Non udibili (ultra e infrasuoni)

Il **RUMORE** è un suono sgradevole a causa della combinazione non armonica delle varie frequenze presenti.

RUMORE

I parametri che descrivono il fenomeno fisico sono:

1. **Ampiezza** della variazione pressoria a livello sonoro, calcolata come valore **RMS** (root mean square), radice del valore medio dei quadrati poichè, essendo costituito da valori positivi e negativi, la loro somma darebbe sempre zero
2. **Periodo** o tempo necessario al fenomeno pressorio per ritornare nelle condizioni di partenza completando un ciclo
3. **Frequenza** o numero di cicli o periodi che si succedono in un secondo



RUMORE

L'ampiezza si può misurare come **potenza (P)** o **pressione (p)**:

P si esprime in **watt/cm²**

p si esprime in **μPascal (10⁻⁶ Pa ove Pa = Newton/m²)**

Tali misure non si adattano però a misurare la **sensazione acustica**.

RUMORE

L'orecchio umano presenta tre peculiarità:

1. Non è in grado di sentire tutte le onde sonore, qualunque sia il loro livello: ha cioè un livello minimo di soglia.
2. A parità di livello, non ha la stessa sensibilità a seconda della frequenza (sente meglio i toni acuti).
3. Segue una legge fisiologica generale per cui variazioni aritmetiche dello stimolo non producono equivalenti variazioni nella sensazione, che è invece in relazione col logaritmo dello stimolo.

RUMORE

il **decibel (dB)** misura il livello sonoro tenendo conto sia del livello di soglia dell'orecchio umano, sia della relazione logaritmica tra stimolo e sensazione:

$$\text{dB} = 10 \log \frac{P}{P_0}$$

in cui P è la potenza dello stimolo e P_0 la potenza di riferimento che corrisponde alla soglia minima di udibilità a 1000 Hz.

RUMORE

Un rumore ha un livello doppio di un altro quando è > di 3 dB.

Infatti, se la P di un rumore è doppia rispetto alla P di un altro rumore, il loro rapporto nella formula diventa 2 e quindi la differenza tra i due è di 3 dB ($\log 2 = 0,3$; $10 \times 0,3 = 3$).

RUMORE

L'orecchio umano ha una diversa sensibilità a seconda della combinazione livello/frequenza:

tutte le combinazioni sono rapportate al **livello sonoro** in dB a 1000 Hz che dà sempre la stessa **intensità di sensazione**: il livello sonoro di riferimento è il **Fon**.

La stessa sensazione di 4 Fon può essere prodotta da 4 dB a 1000 Hz, 25 dB a 100 Hz o 0 dB a 2000 Hz.

La **curva isofonica** è costituita da tutte le combinazioni di livello sonoro e frequenze che producono nell'uomo la stessa sensazione (dal punto di vista dell'intensità).

RUMORE

In base alle curve isofoniche, sono costruiti i circuiti di ponderazione degli strumenti che misurano il rumore; ciò permette di ottenere una misura del livello rapportata all'orecchio umano.

Il rapporto tra livello sonoro in dB e frequenza fornisce delle curve (A, B, C e D);

la curva A seleziona le frequenze del rumore (diminuendo in intensità i toni gravi e lasciando inalterati quelli acuti) sulla base della **isofonica di 40 Fon.**

RUMORE

La curva A [dB(A)] è la misura che per le caratteristiche:

1. di essere logaritmica
2. di partire da un valore di soglia
3. di essere ponderata per l'effetto frequenza

si correla bene col danno uditivo da rumore.

RUMORE

Il rumore, in relazione alle modalità temporali attraverso cui si origina l'onda di pressione si può definire:

- 1. Stabile nel livello**
- 2. Impulsivo (o impattivo)**

RUMORE

In base al rapporto tra **intensità** e **durata** del suono, i rumori si definiscono **stabili** quando il loro livello di pressione acustica rimane relativamente costante e cioè con variazioni non superiori a ± 5 dB per successivi periodi di 0,5 secondi.

I rumori **impulsivi** sono invece caratterizzati da una rapida variazione del livello di pressione sonora rispetto al tempo > 40 dB in 0,5 secondi.

I restanti suoni, il cui livello fluttua di molto anche se lentamente nel tempo, sono definiti **INTERMITTENTI** o **FLUTTUANTI**.

RUMORE

Per i rumori **stabili** o **fluttuanti** è sufficiente la misura del livello col semplice fonometro;

la misura dei rumori **impulsivi** necessita invece di un **oscilloscopio** o l'uso di fonometri che permettono la misura del **valore di picco dell'impulso**.

Si deve inoltre valutare l'esistenza di componenti **pure** (la frequenza rappresentata con maggiore intensità).

I limiti igienici valgono solo per i rumori cosiddetti “**a banda larga**” che sono quelli in cui tutte le frequenze dell'udibile sono presenti e la differenza in dB tra le frequenze con livello sonoro più alto e una delle due frequenze vicine è <10 dB.

RUMORE

La misura del rumore si fa con:

1. **Fonometro (integratore o no)**
2. **Dosimetro**



RUMORE

INTERVENTI

<80 dB(A)

nessuno

80-85 dB(A)

informazione su:

rischi derivanti all'udito

misure adottate

funzione dei DPI

significato e ruolo del controllo sanitario

risultati e significato della valutazione del rischio

>85 dB(A)

[85 dB(A)=TLV]

formazione su:

uso corretto dei DPI

uso corretto di utensili, macchine, apparecchiature

>90 dB(A)

devono essere utilizzati i DPI

se l'esposizione supera tali valori, il datore di lavoro
omunica all'organo di vigilanza entro 30 giorni
dall'accertamento del superamento di tali valori, oltre
alle misure tecniche ed organizzative adottate

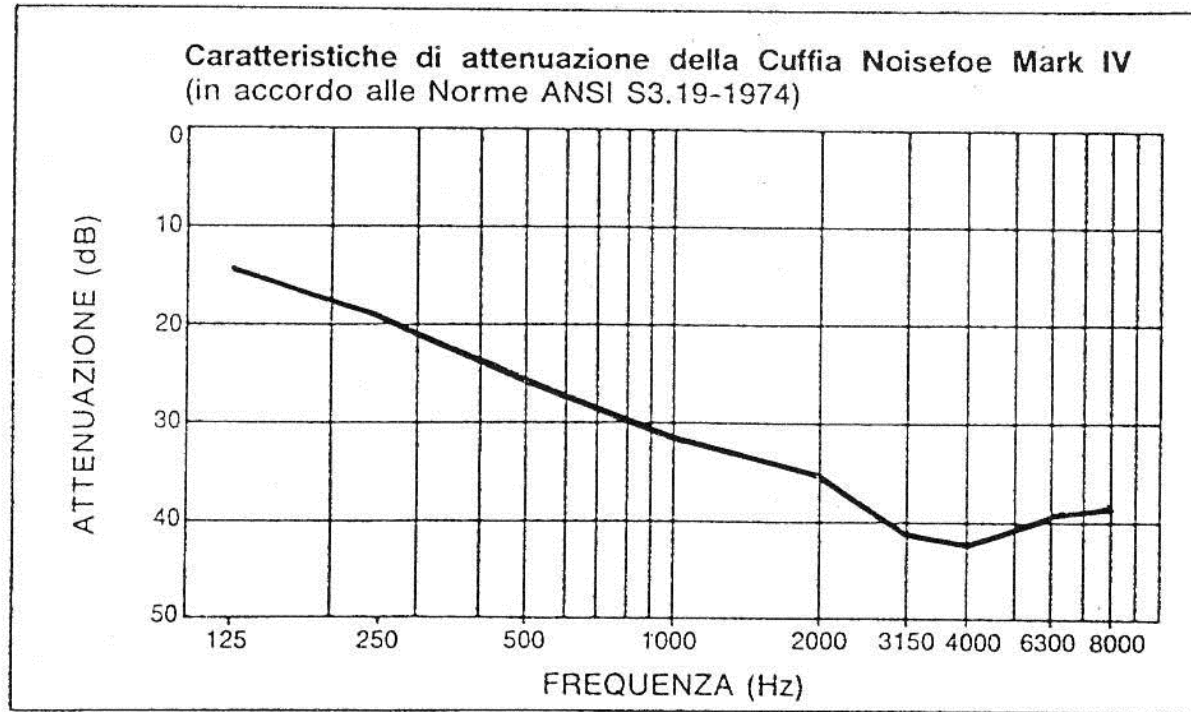
Interventi

Il D. Lvo 81/2008 ha modificato i valori limite imposti dal D. Lvo 277/91 come di seguito:

valore limite di esposizione	$L_{EX}, 8h$	87 dB(A)	<i>ppeak</i>	200 Pa [140 dB(C)]
valori superiori di azione	$L_{EX}, 8h$	85 dB(A)	<i>ppeak</i>	140 Pa [137 dB(C)]
valori inferiori di azione	$L_{EX}, 8h$	80 dB(A)	<i>ppeak</i>	112 Pa [135 dB(C)]

ove $L^{EX}, 8h$ è il livello di esposizione giornaliera (e settimanale) al rumore, cioè il valore medio, ponderato in funzione del tempo, dei livelli di esposizione al rumore per una giornata lavorativa nominale di otto ore (settimana di cinque giorni) e include il rumore impulsivo, e *ppeak* è il valore massimo della pressione acustica istantanea ponderata in frequenza «C».

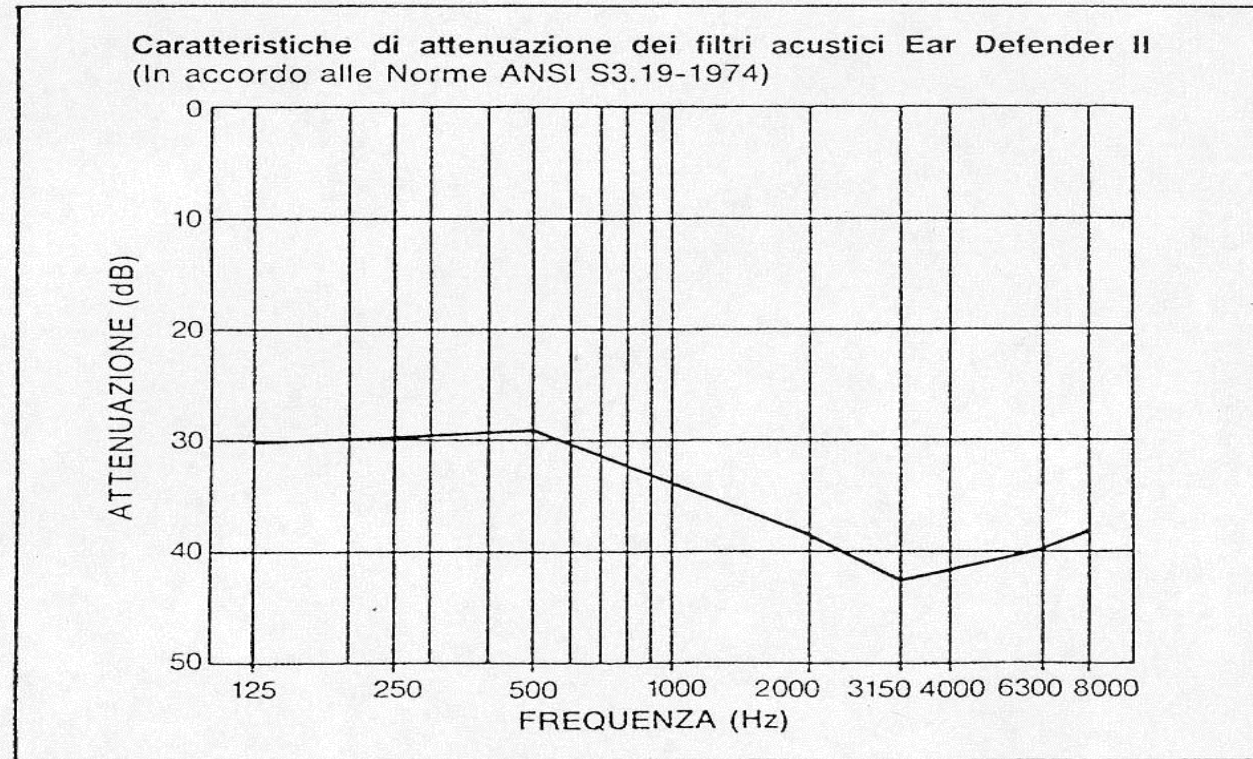
DPI cuffie



Frequenza (Hz)	Indossata sul capo		Indossata dietro la nuca		Indossata sotto il mento	
	Attenuazione media (dB)	Deviazione standard (dB)	Attenuazione media (dB)	Deviazione standard (dB)	Attenuazione media (dB)	Deviazione standard (dB)
125	14,2	2,2	14,5	1,7	14,2	1,5
250	19,1	1,4	20,6	1,5	19,8	2,1
500	28,4	1,9	27,4	3,3	25,6	3,2
1000	33,6	1,7	32,1	2,7	31,3	1,7
2000	36,5	2,2	36,9	2,2	35,0	2,3
3150	39,6	3,0	42,1	2,2	41,0	2,3
4000	40,3	3,0	43,8	1,8	43,2	1,9
6300	40,0	2,6	39,9	2,1	38,9	2,5
8000	40,5	3,9	38,1	2,8	37,4	2,5
NRR	25		24		23	

DPI

Inserti auricolari



Frequenza (Hz)	Attenuazione media (dB)	Deviazione standard (dB)
125	30,1	3,3
250	29,8	3,2
500	29,1	2,8
1000	34,0	2,9
2000	38,7	3,4
3150	42,5	2,9
4000	41,7	4,8
6300	40,1	5,7
8000	38,0	4,1
NRR	27 (EPA)	

RUMORE

SORVEGLIANZA SANITARIA

Se l'esposizione quotidiana personale supera gli 85 dB(A), indipendentemente dall'uso dei DPI, i lavoratori sono sottoposti a sorveglianza sanitaria:

1. Visita medica preventiva con misura della funzione uditiva

2. Visite mediche periodiche

I lavoratori esposti a valori compresi tra 80 e 85 dB(A) non sono sottoposti a sorveglianza sanitaria, ma possono farne richiesta, e il medico competente ne deve confermare l'opportunità, anche al fine di individuare gli effetti extrauditivi.

RUMORE

EFFETTI DEL RUMORE

1. danni extrauditivi

Lo stimolo acustico, prima di arrivare alla corteccia ove sarà decodificato e interpretato, raggiunge per vie collaterali la sostanza reticolare che induce uno stato di intensa vigilanza della corteccia e, attraverso le connessioni ipotalamiche, prepara l'organismo alla risposta nei confronti della situazione evocata dallo stimolo. Le risposte sono:

RUMORE

EFFETTI DEL RUMORE

1. danni extrauditivi

a) **reazione di allarme**: reazione transitoria in occasione di un rumore improvviso e inatteso

b) **reazione neurovegetativa**: risposta persistente per tutto il tempo della stimolazione

RUMORE

EFFETTI DEL RUMORE

1. danni extrauditivi

La risposta dell'organismo consiste in:

1. Aumento della frequenza cardiaca e respiratoria
2. Aumento della pressione arteriosa, del tono vasale e muscolare
3. Aumento della secrezione gastrica e surrenale
4. Aumento della sudorazione

RUMORE

EFFETTI DEL RUMORE

1. danni extrauditivi

Nei lavoratori professionalmente esposti sono stati rilevati significativi aumenti della prevalenza di **malattie cardiovascolari** (ipertensione arteriosa), **gastrointestinali** (ulcera), **neuroendocrine** (aumentata secrezione di ormoni steroidei) e **neuropsichiche** (quadri ansiosi con somatizzazione, insonnia). Sono state inoltre segnalate **alterazioni dell'EEG**, un **allungamento dei tempi di reazione** e un **aumento degli errori nello svolgimento del lavoro**.

RUMORE

EFFETTI DEL RUMORE

2. danni uditivi

I danni provocati da una intensa e prolungata stimolazione sonora si localizzano alle strutture nervose dell'**organo del Corti**. Toni puri gravi determinano l'insorgenza del danno a livello del giro apicale, quelli acuti del giro basale. Le strutture coinvolte sono, in ordine di precedenza:

- a) **cellule ciliari esterne**
- b) cellule ciliari interne
- c) **stria vascolare**
- d) **fibre del nervo acustico**
- e) **nuclei cocleari**

RUMORE

EFFETTI DEL RUMORE

2. danni uditivi

L'esposizione a rumore provoca elettivamente e indipendentemente dalla composizione spettrale il danno a carico delle cellule deputate alla percezione dei suoni a 4-6 kHz.

Gli effetti possono comportare:

1. **Spostamento temporaneo della soglia** che esprime la differenza in dB fra la soglia uditiva in condizioni di riposo acustico e quella registrata dopo stimolazione sonora. Non si produce per stimolazioni <70 dB e raggiunge il massimo valore dopo 2-3 ore di esposizione. Se tra una esposizione e quella successiva non è garantito un sufficiente tempo di recupero, potrà instaurarsi un danno uditivo irreversibile.

RUMORE

EFFETTI DEL RUMORE

2. danni uditivi

2. **Spostamento permanente della soglia o sordità professionale** che evolve normalmente nello spazio di anni in seguito ad esposizioni prolungate a livelli sonori di varia intensità oppure può instaurarsi in forma acuta per stimolazioni brevi, ma intense.

RUMORE

EFFETTI DEL RUMORE

2. danni uditivi

a. forma cronica

- **primo periodo:** nei primi 10-20 giorni di esposizione, alla fine del turno di lavoro il soggetto lamenta acufeni, lieve cefalea e senso di intontimento
- **secondo periodo:** la durata può essere di molti anni e la sintomatologia pressochè silente, al massimo limitata a qualche acufene intermittente
- **terzo periodo:** Il soggetto prende coscienza di aver perso una quota di udito senza però compromissione della vita di relazione. La voce parlata è ancora intesa, ma i toni acuti (campanelli, telefono, ticchettio dell'orologio) vengono percepiti con difficoltà
- **quarto periodo:** manifestazione della sordità conclamata

RUMORE

EFFETTI DEL RUMORE

2. danni uditivi

Nella sordità da rumore, oltre ad un deficit quantitativo si ha anche un deficit qualitativo, in quanto i suoni vengono percepiti, almeno nelle fasi iniziali, in modo disturbante e fastidioso (fenomeno del recruitment).

Dal punto di vista audiometrico, l'andamento della ipoacusia è molto caratteristico e può essere così definito:

deficit recettivo che coinvolge inizialmente le frequenze acute (3-6 kHz)

bilaterale e simmetrica

irreversibile

non evolutiva dopo la cessazione dell'esposizione

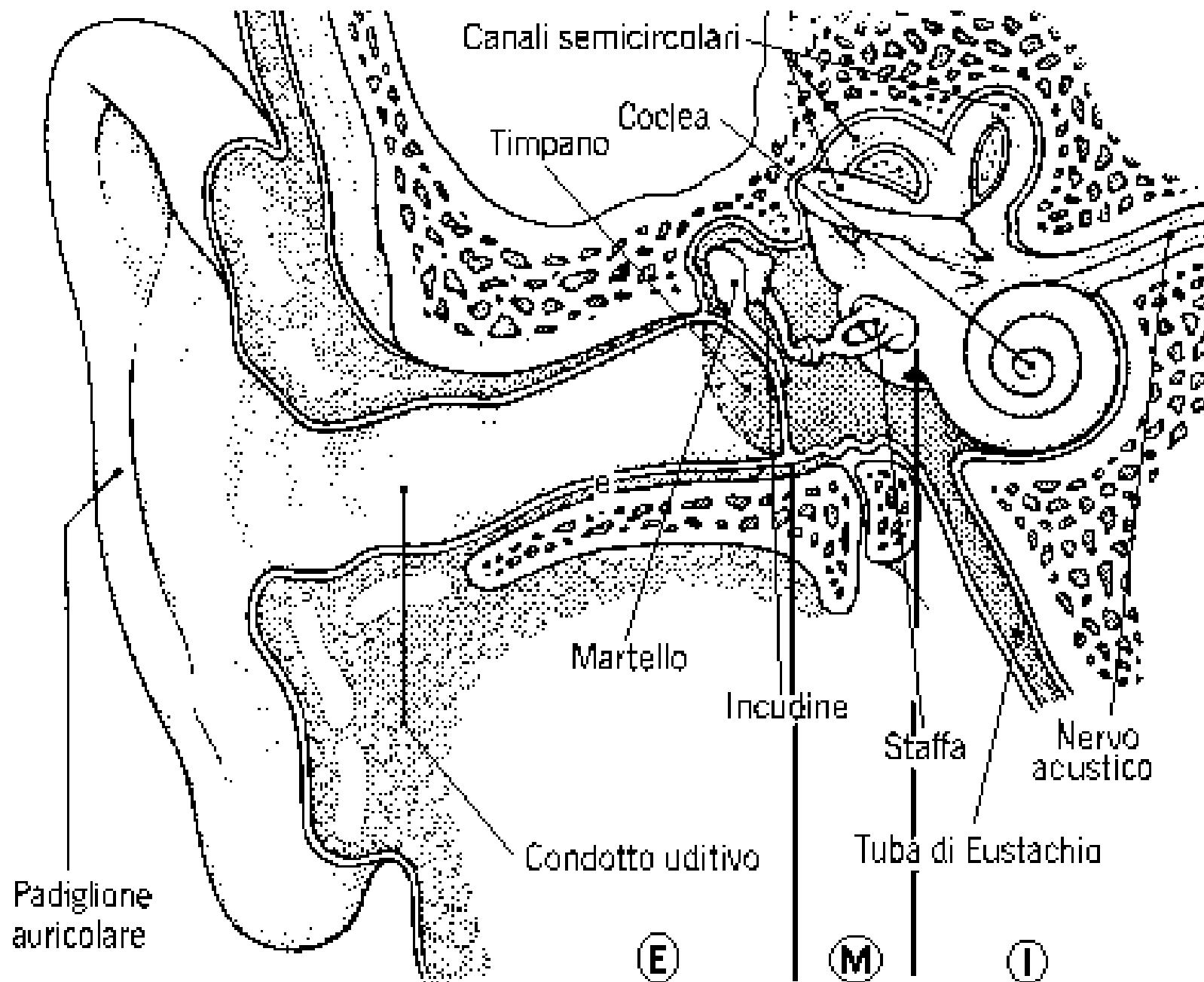
RUMORE

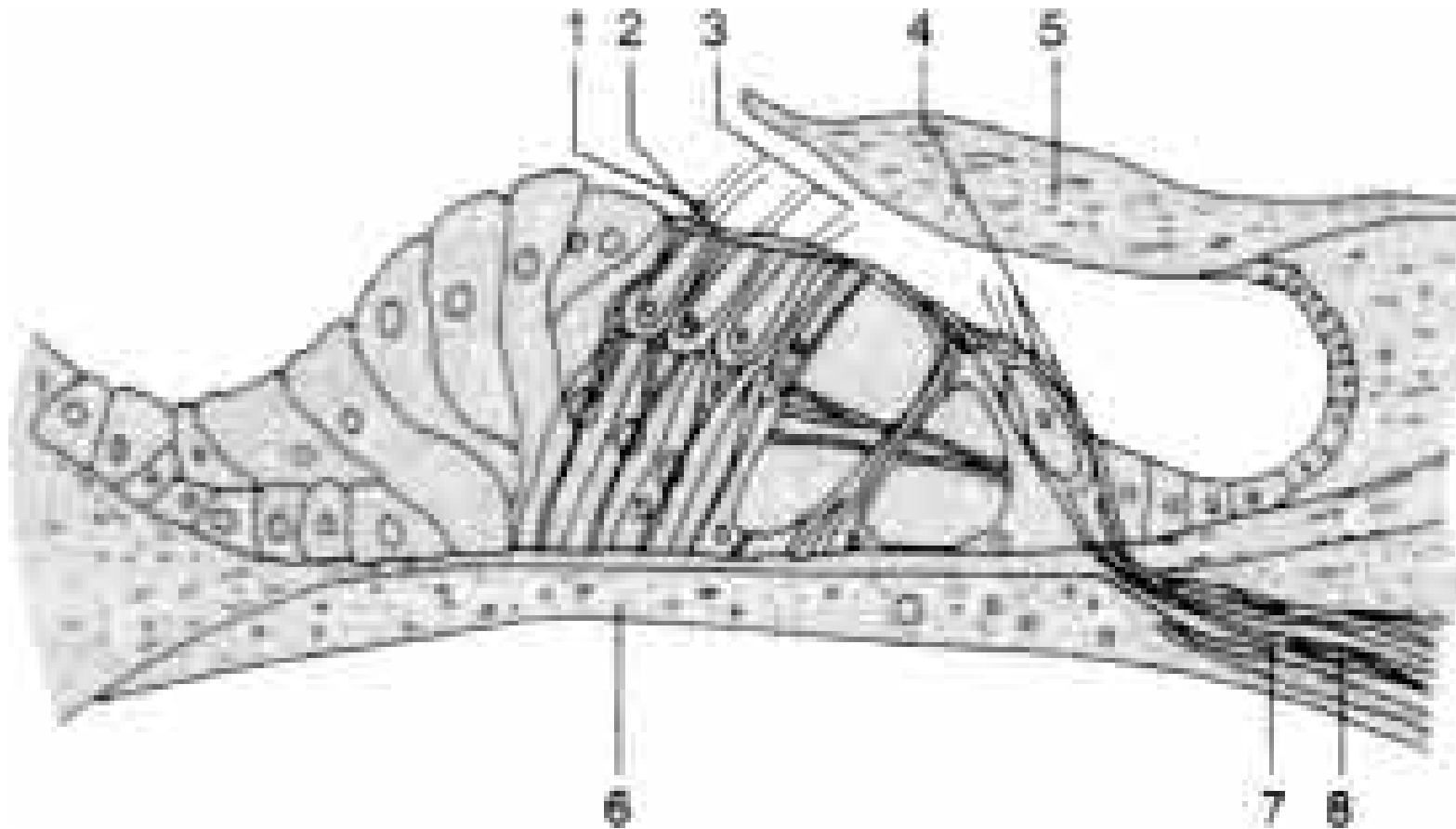
EFFETTI DEL RUMORE

2. danni uditivi

b. forma acuta

Colpisce in genere un solo orecchio. Il soggetto lamenta un dolore lacerante e presenta una ipoacusia fino alla sordità completa, acufeni, vertigini, senso di stordimento e possibile perforazione della membrana timpanica. Gli esiti vanno dalla completa *restitutio ad integrum* (rara) a deficit percettivi zonali per le frequenze acute.

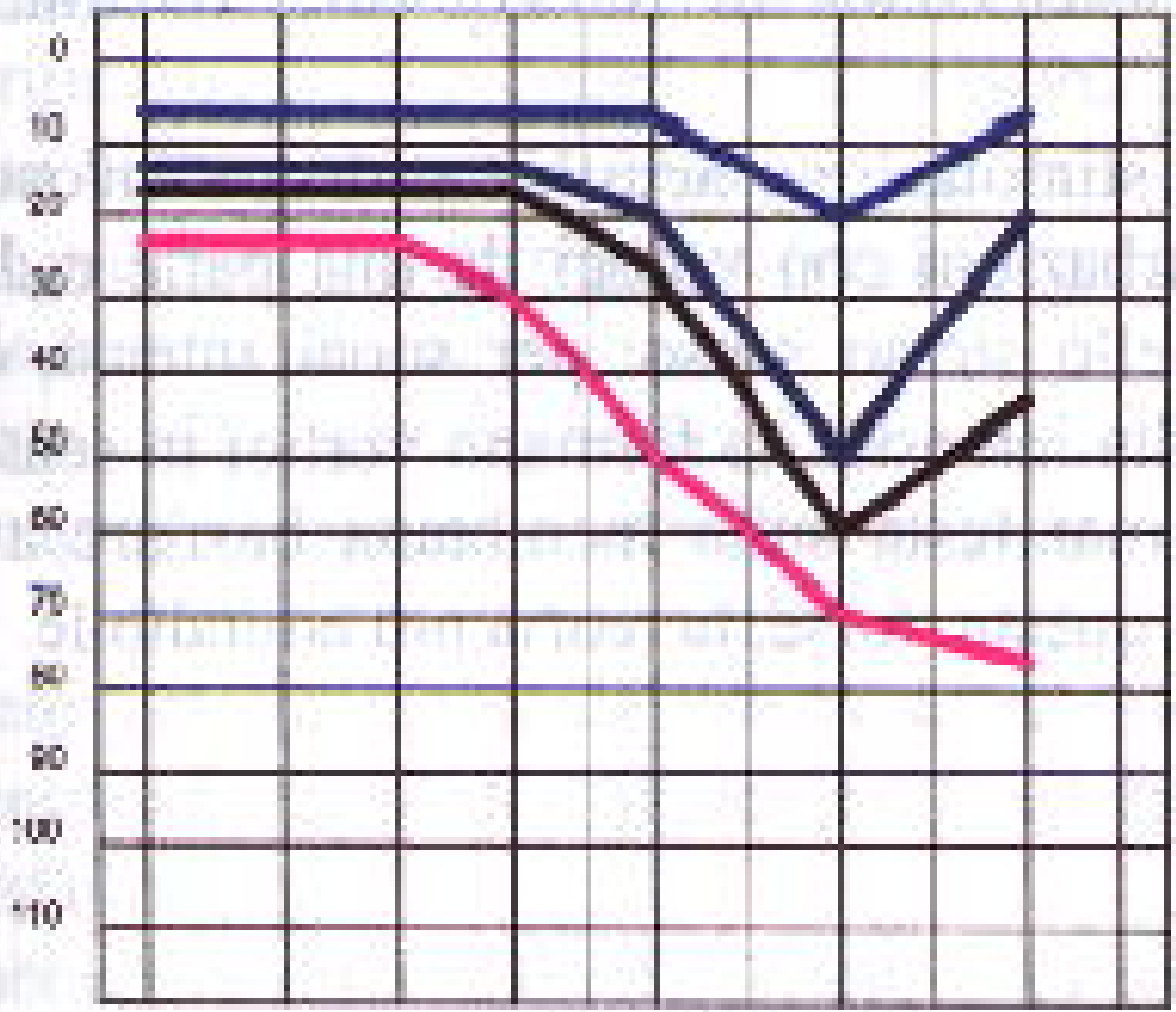




Organo del Corti: 1 membrana reticolare, 2 cellule acustiche esterne, 3 ciglia acustiche, 4 cellule acustiche interne, 5 membrana tectoria, 6 membrana basilare, 7 lamina ossea, 8 fibre del nervo acustico.

Hz

dB 125 250 500 1000 2000 4000 8000 12000



A

B

C

D

RUMORE

EFFETTI DEL RUMORE

fattori favorenti

1. Sesso (minore incidenza nelle donne)
2. Età
3. Fattori ambientali
4. Patologie dell'orecchio medio (le lesioni dell'orecchio medio possono attenuare l'energia sonora che raggiunge la coclea, mentre sia i farmaci utilizzati che le tossine prodotte dal focolaio di infezione possono agire sull'organo del Corti)
5. Sostanze ototossiche, generiche (etanolo, Pb, Hg, CO, CS₂, tricloroetilene) e selettive (streptomina, kanamicina, neomicina, chinino, salicilati, acido etacrinico, furosemide, mercuriali)
6. Vibrazioni
7. Alterazioni dismetaboliche (diabete, insufficienza renale cronica, dislipidemie)

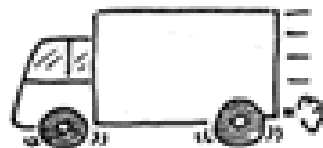
DECIBELS



JET TAKE-OFF



POP GROUP



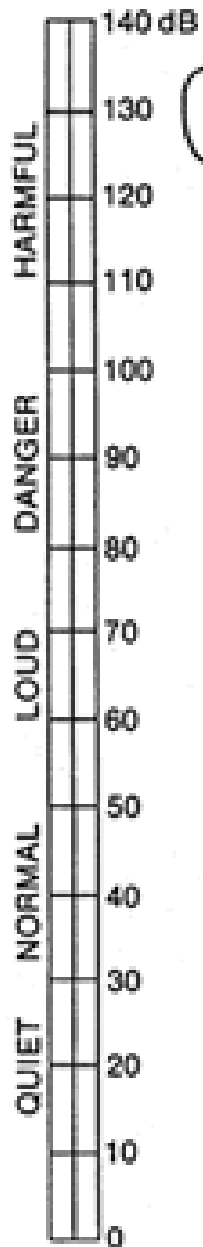
HEAVY TRUCK



LIVING ROOM



WOOD



THRESHOLD OF PAIN



THRESHOLD OF HEARING