



# **Ordine degli Ingegneri della provincia di Benevento**

**[www.ingegneribenevento.it](http://www.ingegneribenevento.it)**

---

**Corso coordinatore per la sicurezza in fase di  
progettazione ed esecuzione**

---



**Ordine degli Ingegneri  
della provincia di Benevento**

[www.ingegneribenevento.it](http://www.ingegneribenevento.it)

## **I rischi fisici**

### **Rumore**



## **Legislazione e normative sulla sicurezza**

La salute e la sicurezza sui luoghi di lavoro sono obiettivi che trovano le loro radici nell'art. 2087 del Codice Civile Italiano e negli artt. 32, 35 e 41 della Costituzione della Repubblica Italiana.



Fino al 1988:

- D.P.R. 547 del 1955 «Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro»
- D.P.R. 303 del 1956 «Norme generali per l'igiene negli ambienti di lavoro»

Principio fondamentale della normativa

***Command and control***



Tra il 1989 e il 1990 sono state emanate

## OTTO DIRETTIVE COMUNITARIE

Si cominciava ad approcciare alla sicurezza in maniera

**gestionale** orientandosi alla **prevenzione** e

responsabilizzando management e lavoratori



- ❑ Le 8 direttive saranno attuate mediante il  
D. Lgs. 626 /94
  
- ❑ Il testo ha subito diverse modificazioni ed  
integrazioni fino all'approvazione  
del **D. Lgs. 81/08**

Che si configura come uno strumento unitario di  
riferimento per tutti i soggetti coinvolti nella gestione della  
sicurezza.



Per **garantire salute e sicurezza** per i lavoratori, bisogna prima di tutto conoscere e **valutare i pericoli e i rischi** ai quali possono andare incontro i dipendenti nei luoghi di lavoro.

## Luoghi di lavoro

«...quelli destinati a ospitare posti di lavoro, ubicati all'interno dell'azienda o dell'unità produttiva, nonché ogni altro luogo di pertinenza dell'azienda o dell'unità produttiva accessibile al lavoratore nell'ambito del proprio lavoro...»





La **valutazione dei rischi** è obbligatoria e serve a controllare che sia stato fatto il possibile per ridurli al minimo e per programmare eventuali e ulteriori miglioramenti delle condizioni di lavoro.

E' programmata ed effettuata con **cadenza almeno quadriennale.**



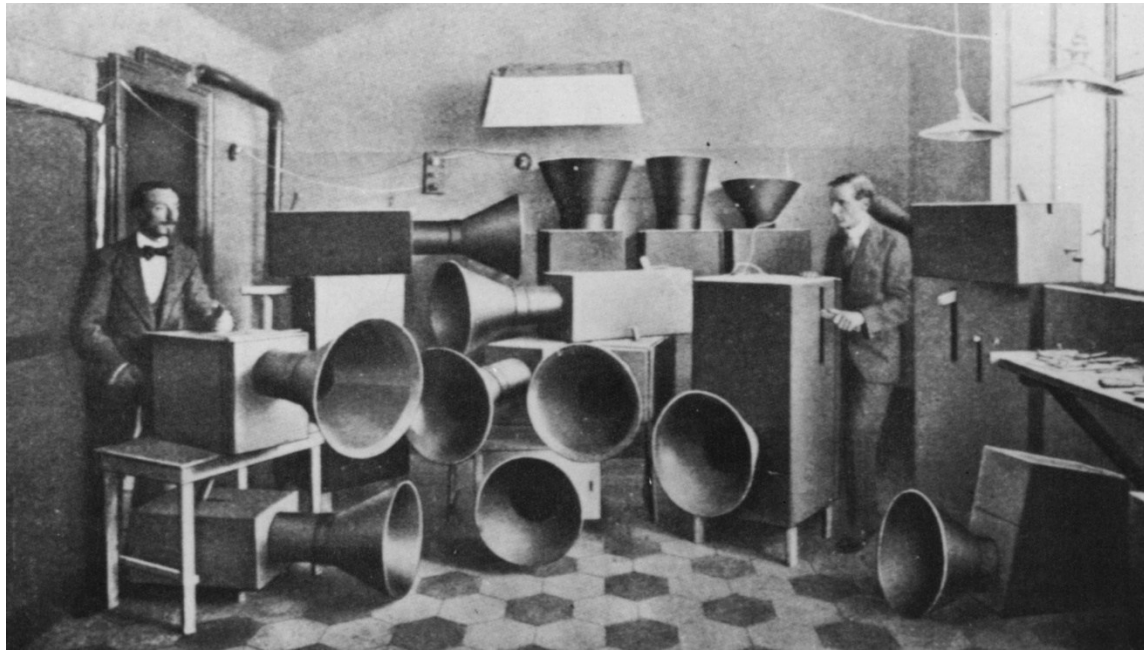
## Rischio fisico

*«...per agenti fisici si intendono il **rumore**, gli ultrasuoni, gli infrasuoni, le **vibrazioni meccaniche**, i campi elettromagnetici, le radiazioni ottiche di origine artificiale, il **microclima** e le atmosfere iperbariche che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori...»*

## Rischio rumore

*«La vita antica fu tutta silenzio. Nel XIX secolo, con  
l'invenzione delle macchine, nacque il rumore.»*

da: L'arte dei rumori. Luigi Russolo



L'esposizione al rumore è  
significativa nella maggior parte  
delle attività lavorative.



*Per questo motivo i danni alla salute legati a  
questi agenti sono molto frequenti*

Gli infortuni sul lavoro e le malattie di origine professionale sono cose diverse:

- gli **infortuni** sul lavoro hanno causa violenta e repentina (caduta, esplosione, taglio, ecc.) e sono semplici da individuare (si verificano durante il lavoro).
- le **malattie professionali** sono determinate da fattori che agiscono in un intervallo di tempo più o meno lungo e il loro riconoscimento è più complicato per diversi motivi.



*Ai fini del riconoscimento le malattie professionali si dividono in:*

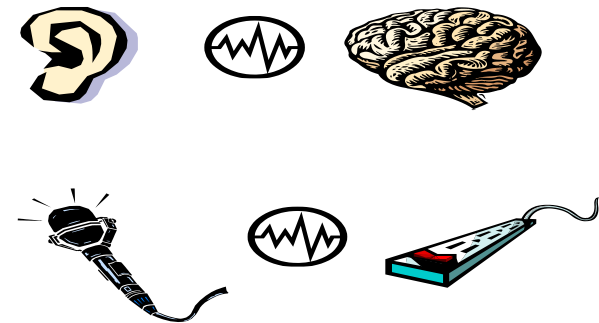
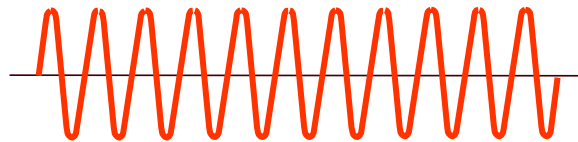
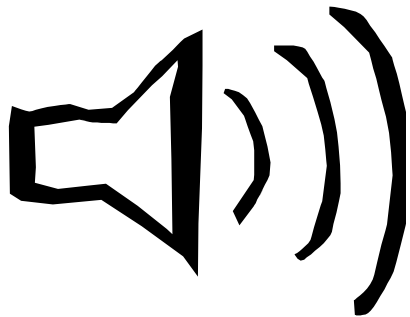
- **TABELLATE**: contratte nell'esercizio lavorativo e a causa delle lavorazioni specificate nella tabella allegata al D.P.R. 1124/65. Ad esempio:  
Martellatura, scricatura, molatura ed aggiustaggio nella costruzione di caldaie, serbatoi e tubi metalli.
- **NON TABELLATE**: contratte nell'esercizio lavorativo a causa di lavorazioni non specificate nella tabella allegata al D.P.R. 1124/65. Ad esempio:  
ipoacusia da rumore da attività scolastica.

Il **suono** è una perturbazione meccanica emessa da una sorgente che si propaga in un mezzo elastico (gas, liquido, solido) sotto forma di vibrazioni e che è in grado di eccitare il senso dell'udito.

SORGENTE

propagazione

RICEVITORE



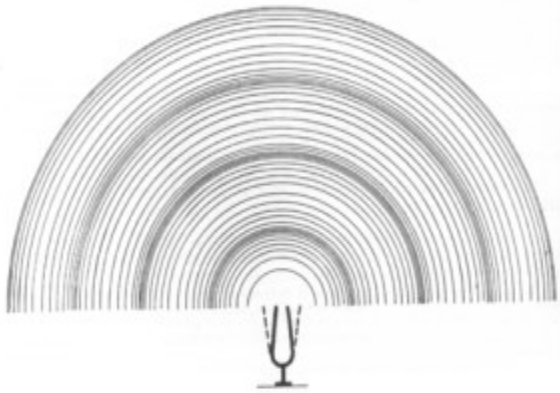


## **EMISSIONE, PROPAGAZIONE, RICEZIONE DEL SUONO**

- **Emissione:** meccanismo con cui una sorgente sonora provoca un movimento oscillatorio in un mezzo elastico.
- **Propagazione:** meccanismo con cui il movimento è trasmesso e si propaga attraverso il mezzo.
- **Ricezione:** meccanismo con cui il suono è rivelato e trasformato in sensazione fisiologica (orecchio umano) o in segnale misurabile (strumento di misura)

Il suono si propaga secondo fronti d'onda sferici

**La superficie del fronte d'onda aumenta in proporzione col quadrato della distanza dalla sorgente.**



**L'intensità sonora decresce con il quadrato della distanza.**

Volendo esprimere in decibel questa variazione:

- Raddoppiando la distanza, l'intensità sonora decresce di 6 dB
- Decuplicando la distanza, l'intensità sonora decresce di 20 dB

Se ad esempio misuriamo un' intensità di 100 dB ad un metro da un diffusore acustico:

- A due metri avremo 94 dB
- A dieci metri avremo 80 dB

**Il fattore distanza è molto rilevante nell'attenuazione dell'intensità acustica.**

Un sasso cade in uno stagno, delle onde si formano sulla sua superficie partendo dal punto di impatto. Si propagano in tutte le direzioni con una simmetria circolare.

Quello che è successo è che il sasso ha ceduto energia cinetica all'acqua, questa energia tende a propagarsi e disperdersi in tutte le direzioni. Il meccanismo più efficiente con cui lo fa è quello di un'onda.

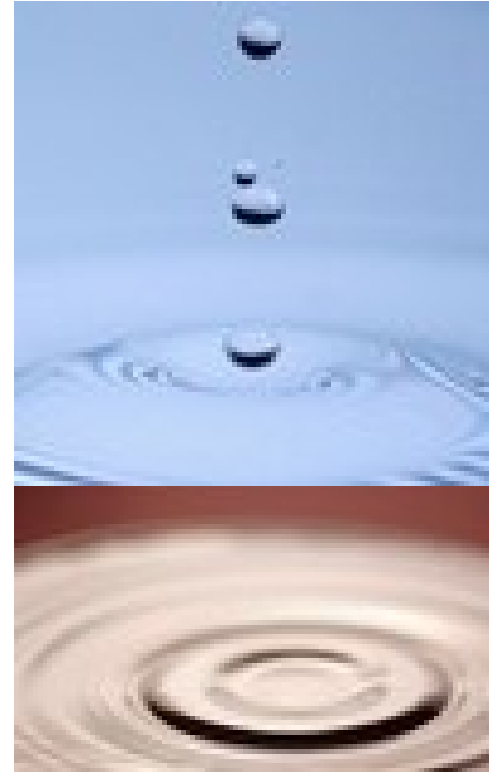


**Un'onda è una perturbazione che si propaga trasportando energia, ma non materia.**

## Vitruvio (de architectura) V, 3, 6-7

La voce è un respiro d'aria fluente, percepibile all'orecchio per contatto. Si muove in un numero infinito di giri circolari come le innumerevoli onde circolari che appaiono quando un sasso è lanciato in uno specchio d'acqua calma e che si espandono senza fine dal centro se non sono interrotte da confini ristretti o da un'ostruzione che impedisce a queste onde di raggiungere il loro obiettivo nell'assetto dovuto.

Quando sono interrotte da ostruzioni, le prime onde, fluendo all'indietro, rompono la formazione di quelle che seguono



“Allo stesso modo la voce esegue i suoi movimenti in cerchi concentrici; ma mentre nel caso dell’acqua i cerchi si muovono orizzontalmente su una superficie piana, la voce non solo si muove orizzontalmente ma ascende verticalmente per stadi regolari [...]

così, se non esistono ostruzioni che interrompono la prima onda, non si rompono la seconda onda e le successive, ma tutte raggiungono gli orecchi degli spettatori, sia quelli più in basso sia quelli più in alto, senza eco.”



## **CHE COS'E' UN'ONDA?**



Il termine **onda**, prima che essere un termine scientifico, è una parola comune con una storia antichissima.

Esso proviene dalla parola latina *unda*, che, come in italiano, indica le increspature alla superficie dell'acqua.

Ma una scienza esatta deve definire con precisione i suoi termini, a volte anche attribuendo a certe parole un significato diverso da quello comune

### **Qual è il significato di *onda* in fisica?**

L'onda è una perturbazione che si propaga nello spazio e che può trasportare energia da un punto all'altro. Tale perturbazione è costituita dalla variazione di qualunque grandezza fisica (es. variazione di pressione, temperatura, intensità del campo elettrico, posizione, ecc..)



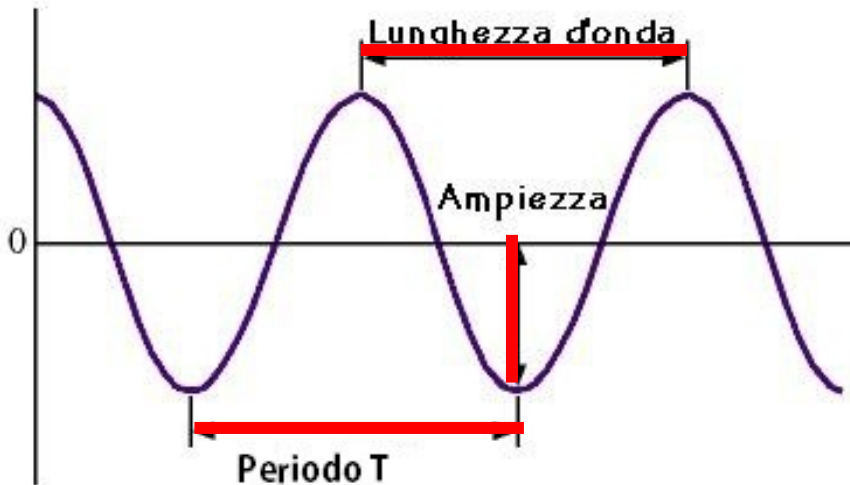
`fisicaondemusica.unimore.it`

Le onde sono delle perturbazioni periodiche che si propagano nello spazio.

Sono fenomeni periodici nel tempo e nello spazio.

La propagazione di un'onda non è associata al moto delle particelle nel mezzo: esse, infatti, si limitano ad oscillare, ma non seguono il percorso dell'onda, la quale interessa sempre nuove particelle.

## GRANDEZZE ACUSTICHE



La **frequenza** di un fenomeno periodico come un'onda sonora è il numero di oscillazioni al secondo con cui il fenomeno si ripete. La frequenza è normalmente indicata da un numero seguito dall'unità di misura hertz (Hz).

La **lunghezza d'onda** di un suono è la distanza in direzione perpendicolare tra due fronti d'onda aventi la stessa fase, per esempio tra i punti di massima compressione.

Questa lunghezza coincide con la distanza percorsa dall'onda sonora in un ciclo completo di vibrazione. La lunghezza d'onda, indicata con  $\lambda$ , è legata alla frequenza  $f$  e alla velocità del suono  $c$

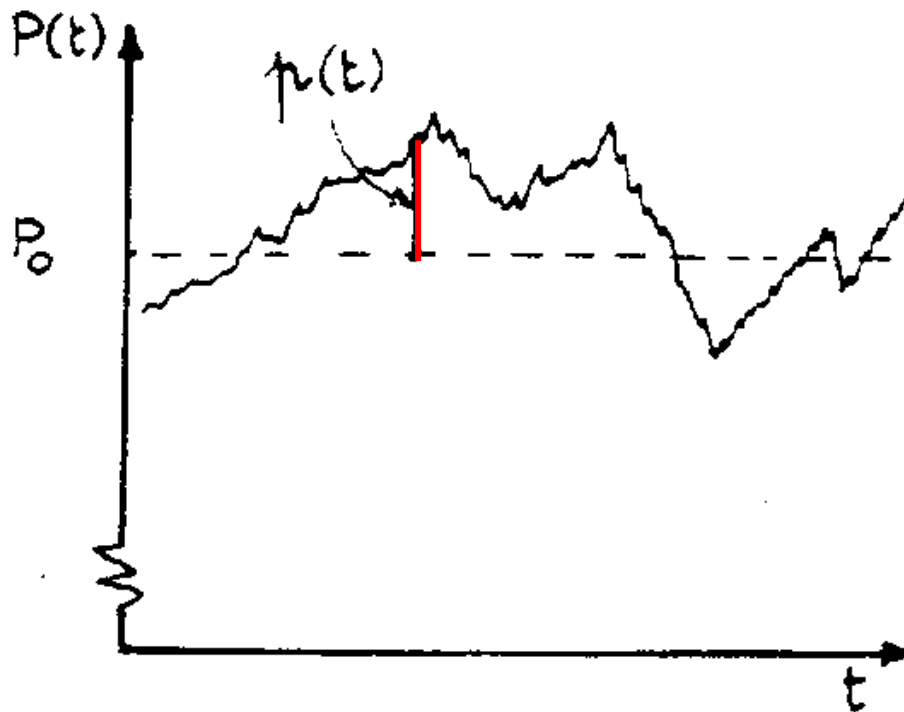
Il **periodo** (T) - tempo occorrente alla pressione per descrivere un ciclo della sua oscillazione: secondo (s)

Il suono si propaga ad una velocità che dipende dalla natura del mezzo elastico in cui si diffonde.

Tale velocità è influenzata, sebbene in misura minore, dalla temperatura, dalla pressione e dall'umidità.

Il suono in alcuni mezzi elastici (in metri/secondo)

Anidride carbonica	258
Ossigeno	317
Aria	340
Acqua	1.437
Rame	3.560
Marmo	3.810
Ferro	5.000



Se consideriamo il fenomeno sinusoidale, la pressione acustica varia tra un massimo ed un minimo simmetrici rispetto allo 0, avendo quindi, un valore medio nullo. Per questo motivo si considera al posto del valore di picco, il valore efficace della pressione acustica. Poiché si tratta di una grandezza relativa, cioè calcolata a partire da un valore di riferimento costante, che in questo caso

L'unità di misura del Sistema Internazionale della pressione sonora è il Pascal (Pa).

## LIVELLO DELLA PRESSIONE SONORA

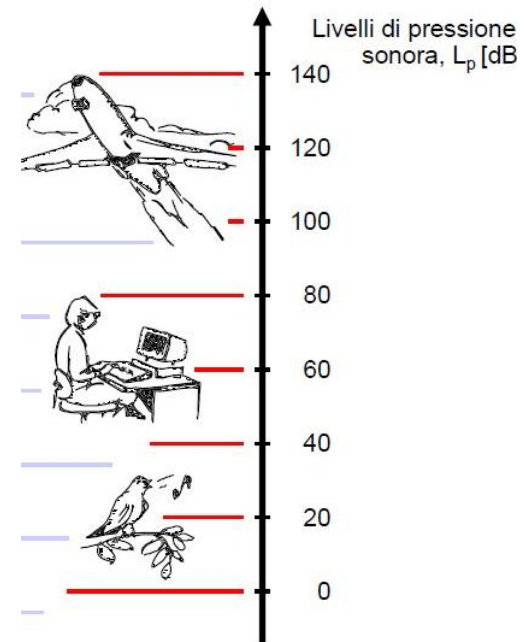
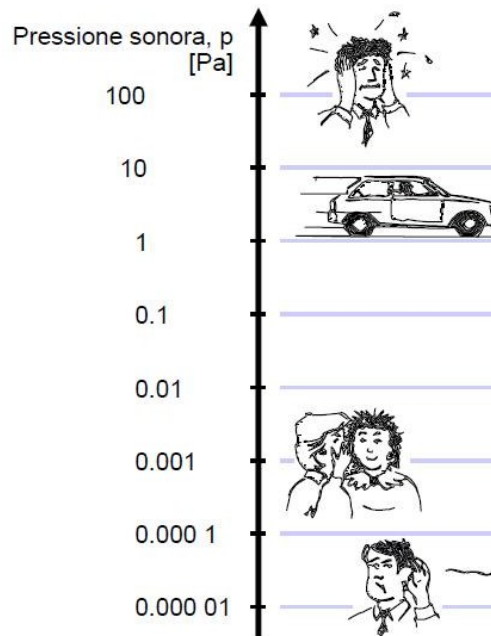
della pressione sonora è definito dalla relazione:

$$L_p = 10 \text{ Log}_{10} (p^2/p^2_{\text{rif}})^2 = 20 \text{ Log}_{10} (p / p_{\text{rif}}) \text{ dB}$$

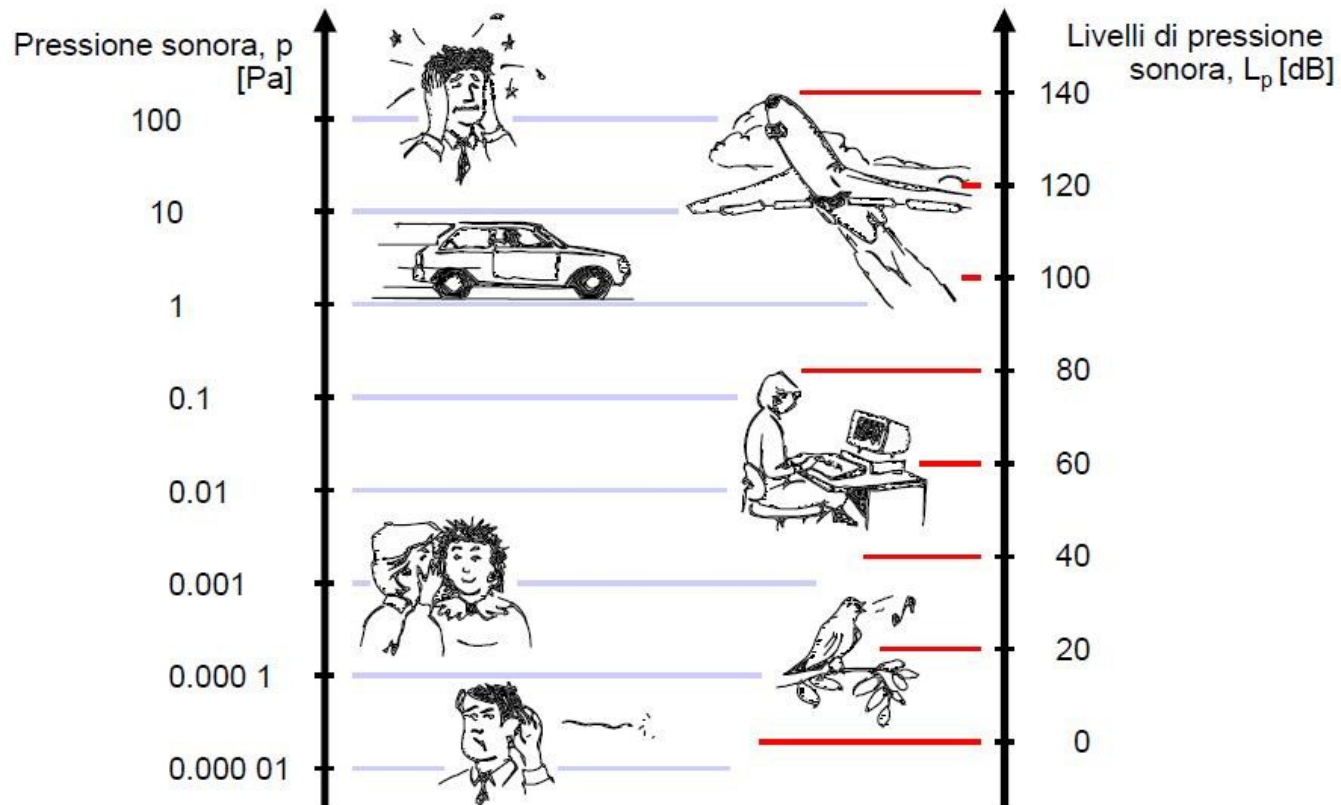
efficace della pressione sonora e  $p_{\text{rif}}$  una pressione sonora di riferimento:

$$p_{\text{rif}} = 20 \mu\text{Pa} (2 * 10^{-5} \text{Pa}).$$

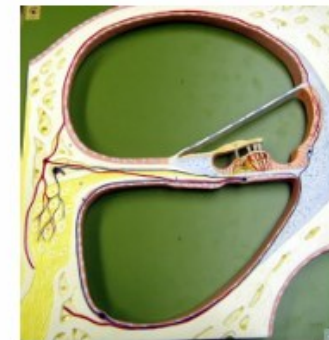
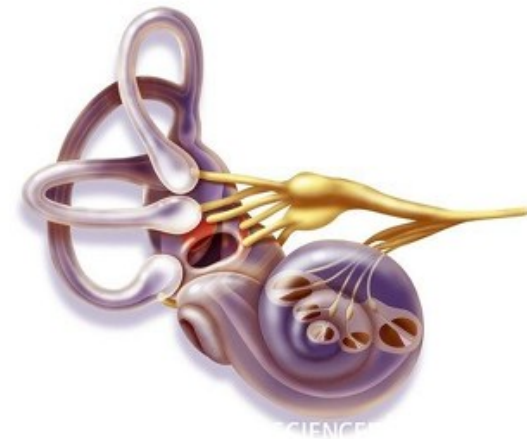
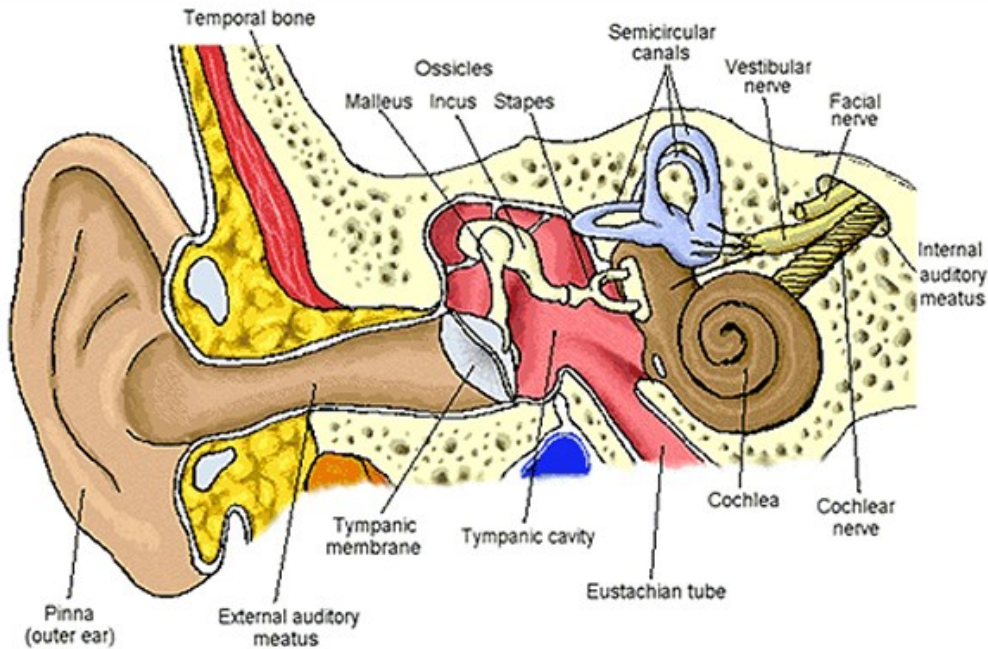
La pressione  $20 \mu\text{Pa}$  rappresenta la soglia di udibilità a 1000 Hz di un individuo medio giovane.



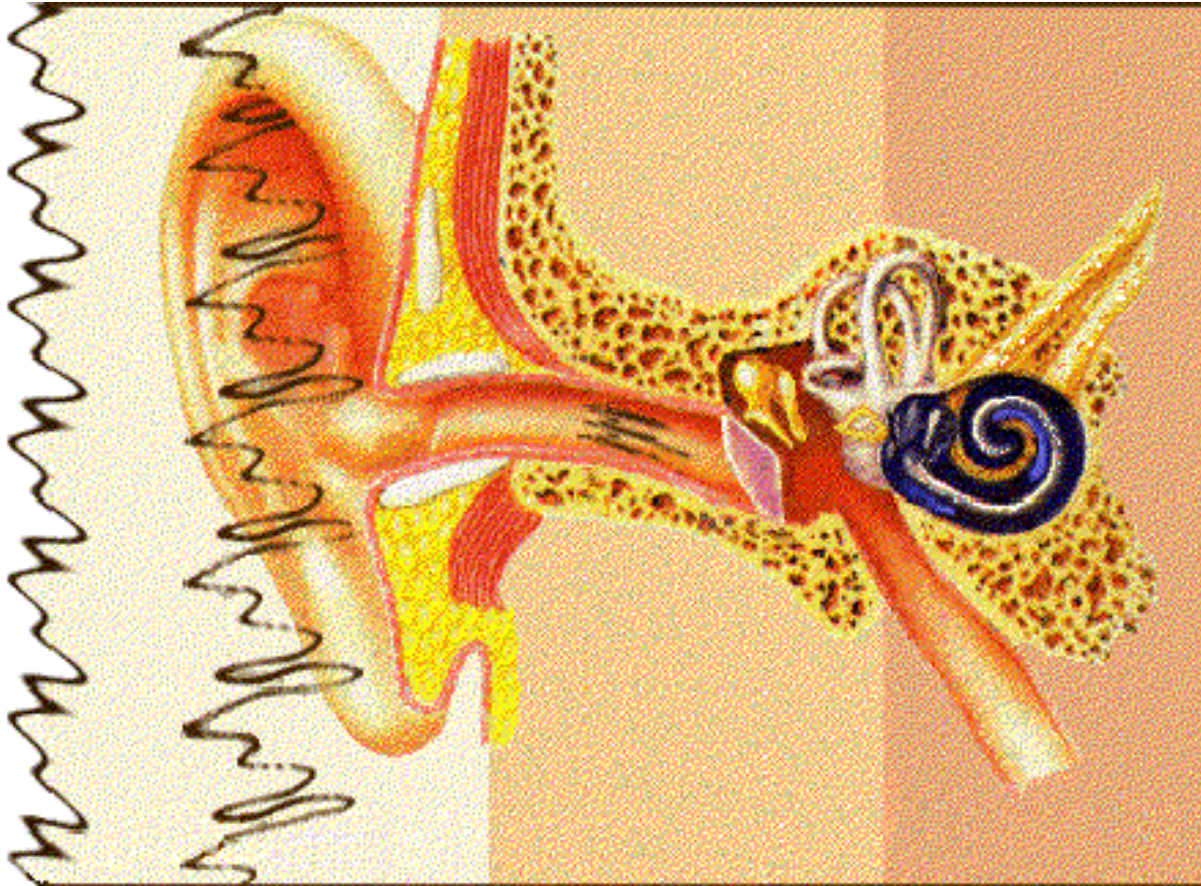
## Livelli di pressione sonora



## L'ORECCHIO UMANO

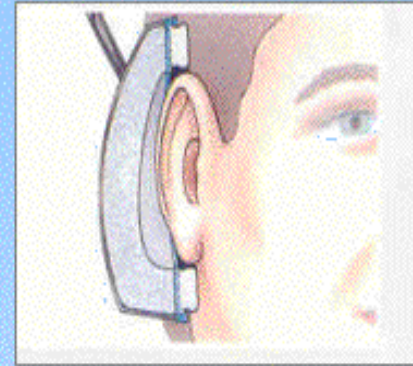


Structure of human ear, divided in  
external ear, medium ear and  
internal ear



## CHE COSA UDIAMO?

L'orecchio umano è in grado di percepire suoni e rumori che vanno da 20 a 20.000 Hz; tuttavia è molto sensibile nel campo compreso tra i 2.000 ed i 5.000 Hz.

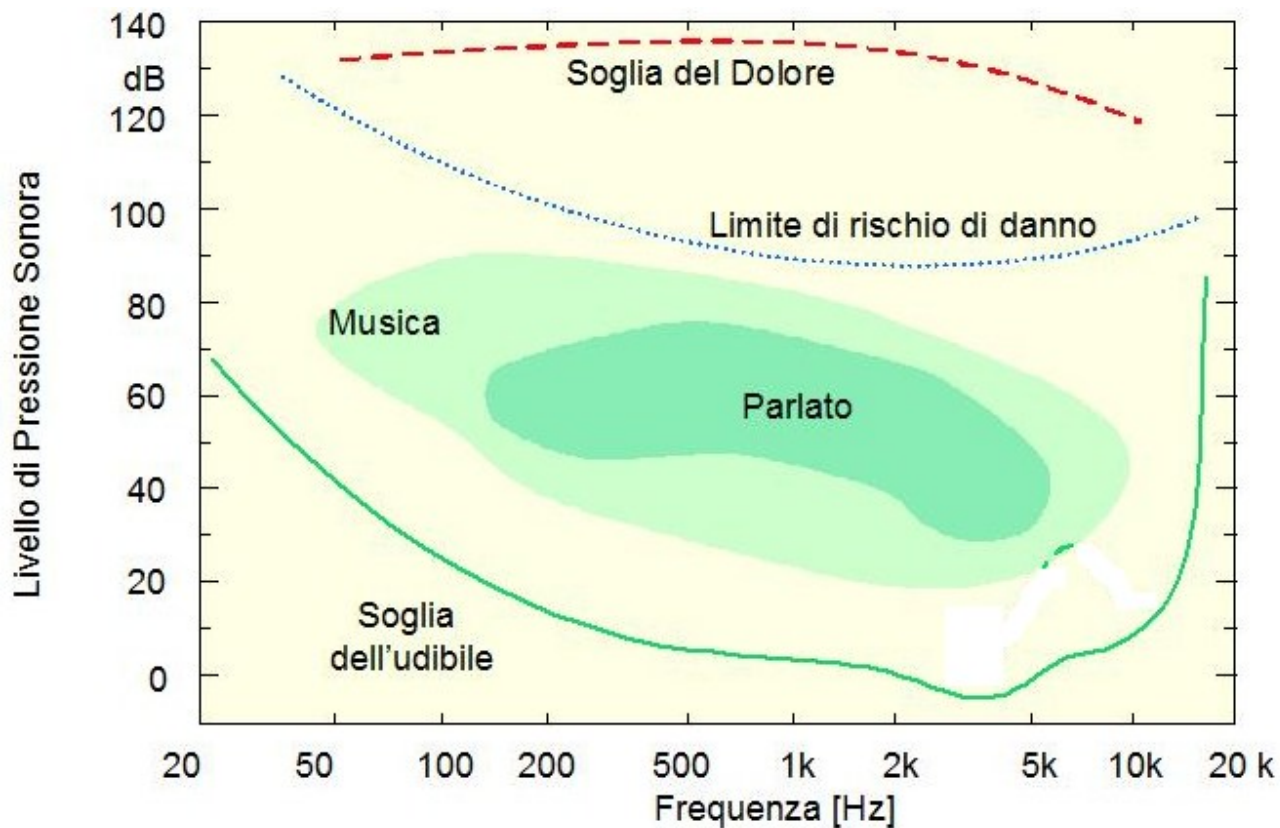


I suoni inferiori a 20 Hz  
sono definiti: **INFRASUONI**

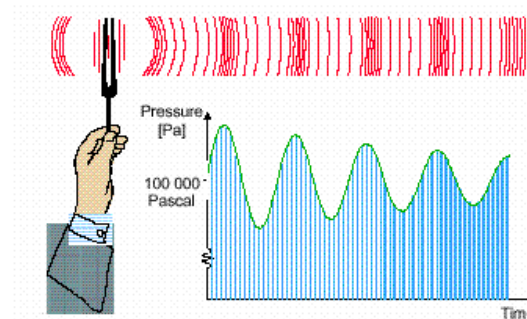
I suoni superiori a 20.000 Hz  
sono definiti: **ULTRASUONI**



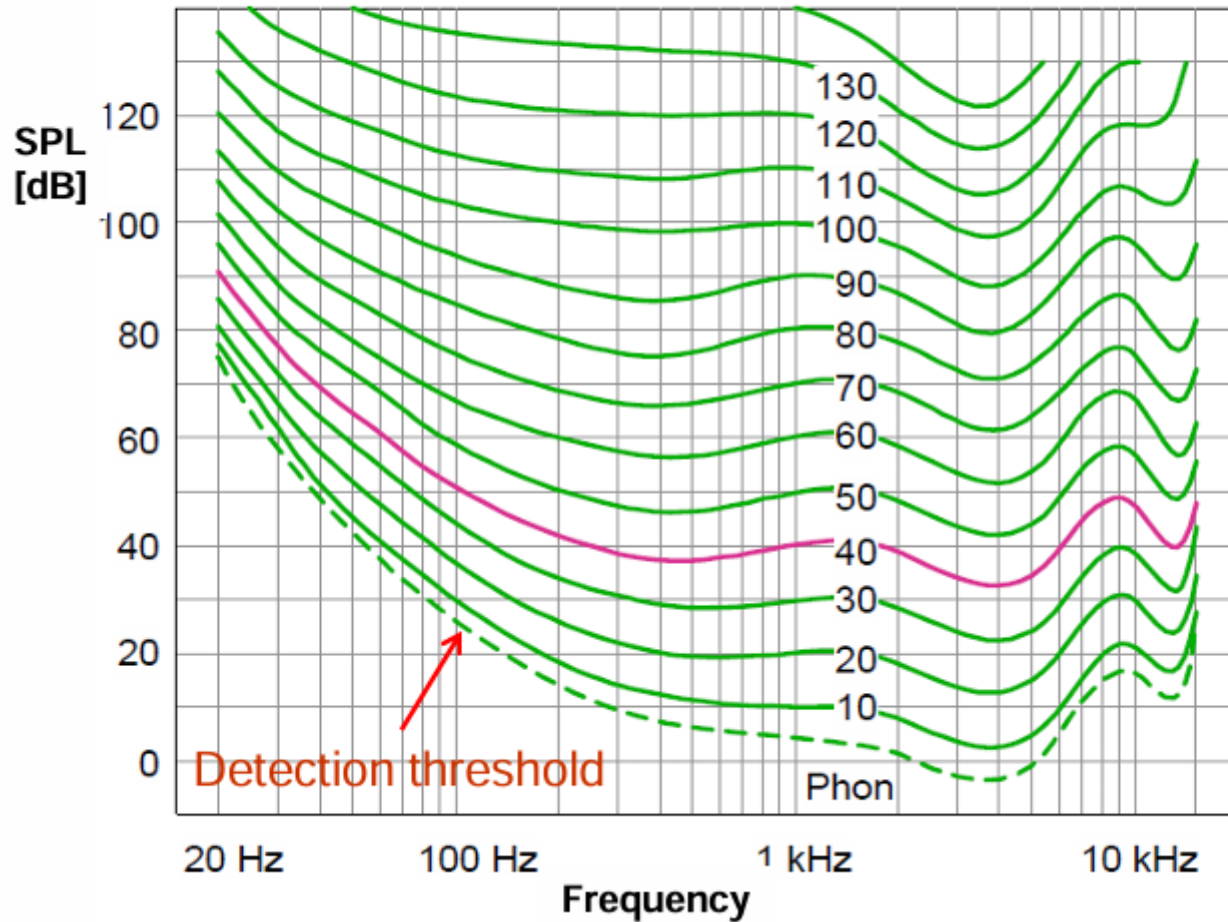
## L'ORECCHIO UMANO



Se le oscillazioni sonore hanno una frequenza (numero di cicli in un secondo) compresa all'incirca tra 20 e 20.000 Hz (campo di udibilità) ed una ampiezza, ovvero contenuto energetico, superiore ad una certa entità minima di pressione pari a  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa, definita soglia di udibilità, queste sono allora udibili dall'orecchio umano e possono talora suscitare sensazioni avvertite come fastidiose o sgradevoli, cui attribuiamo genericamente la denominazione di **“rumore”**, anziché di suono.

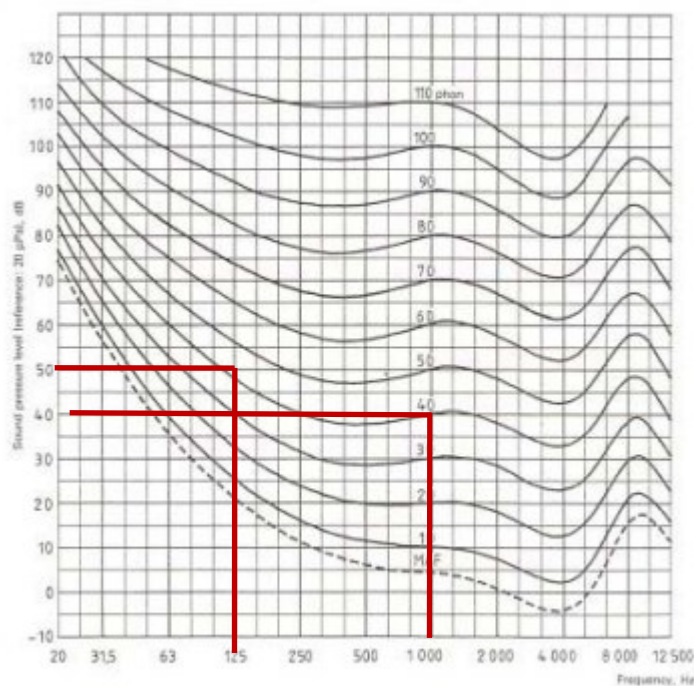


The sensitivity of the human ear changes as a function of frequency, as shown in the equal-loudness graph. Each line on this graph shows the SPL required for frequencies to be perceived as equally loud, and different curves pertain to different sound pressure levels. It also shows that humans with normal hearing are most sensitive to sounds around 2–4 kHz, with sensitivity declining to either side of this region.



NOTE:  
At 1 kHz, the loudness in phon equals the sound pressure level in dB SPL.

## GRANDEZZE PSICOACUSTICHE : le curve isofoniche



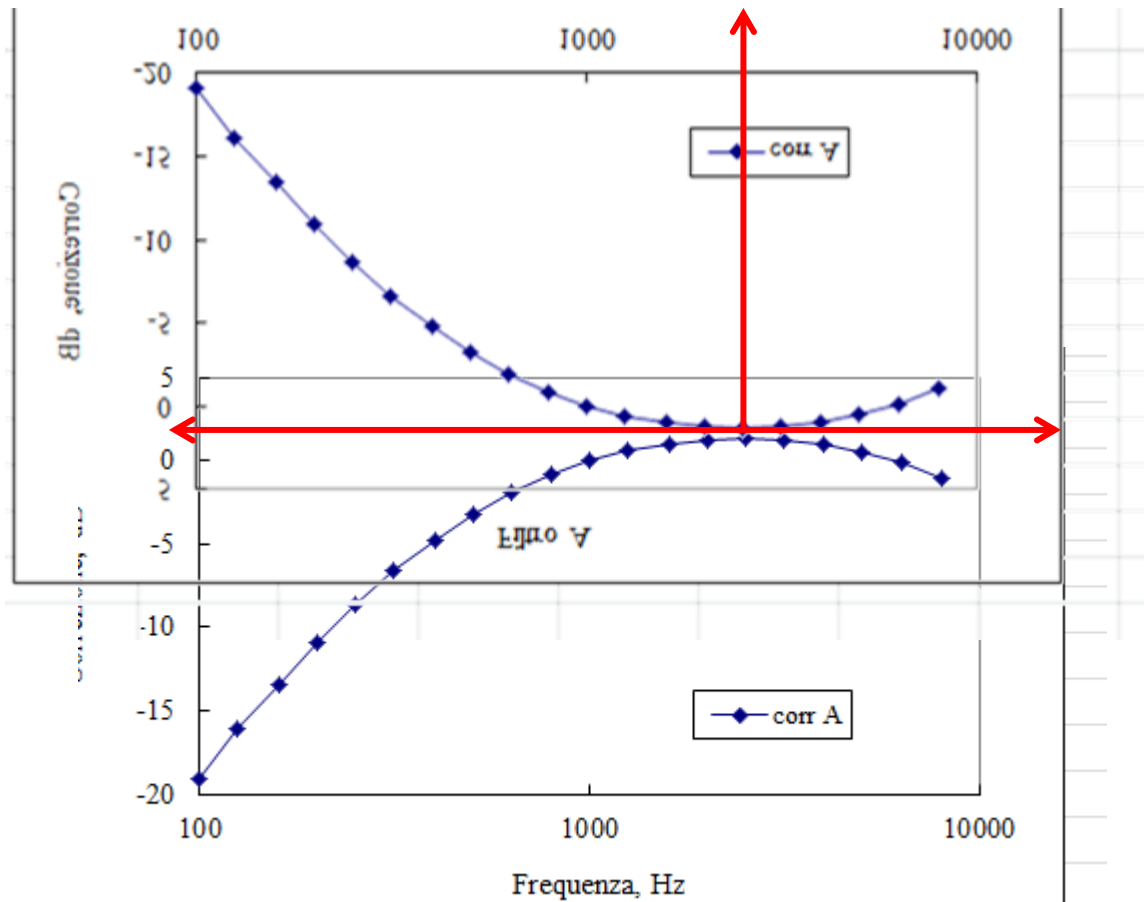
Le curve isofoniche **rappresentano il comportamento medio di un orecchio normale.**

Sono importanti perché le normative fanno riferimento ad esse per pesare il rumore rilevato sperimentalmente.

La sensibilità del nostro orecchio non è costante per tutte le frequenze. **II**

La linea tratteggiata rappresenta la **soglia di udibilità**, quindi possiamo osservare per esempio, che un suono avente una frequenza di 31,5 Hz ed un'intensità di 30 decibel non viene percepito dall'orecchio umano.

Le curve del disegno uniscono i punti in cui alle varie frequenze la sensazione dell'intensità del suono sono uguali, ad esempio se un suono a 1000 Hz di intensità 20 dB mi produce una certa sensazione, per avere quella stessa



Un livello sonoro misurato inserendo la curva di ponderazione "A" si esprime in dB(A)

### Frequency weighting filter “A”

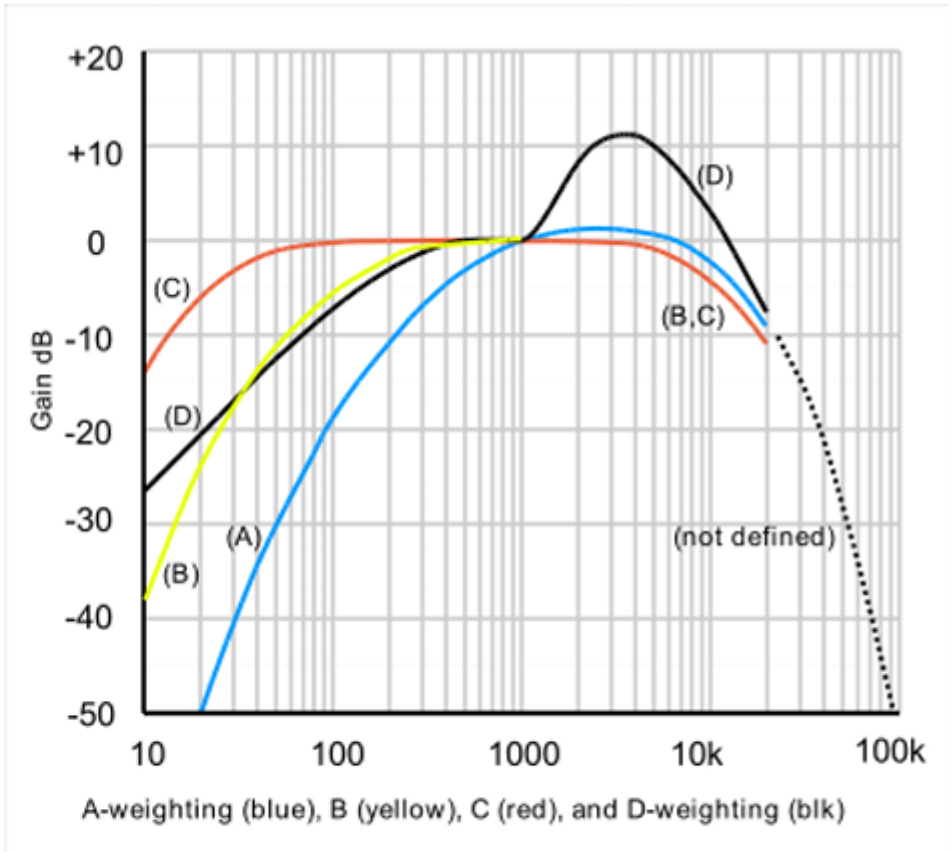
Commonly used, whose performance conforms to the response of the human ear to medium to low levels.

[dB(A)]

### Frequency weighting filter “C”

Used for high intensity or explosive noises.

[dB(C)]



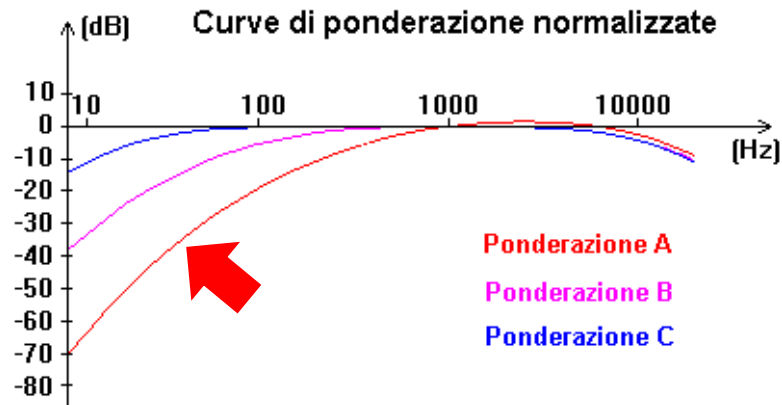
**Filter A: to be used around 40 phon**

**Filter B: to be used around 70 phon**

**Filter C: to be used around 100 phon**

Later, due to the confusion due to the indeterminacy in using the various weighting filters and the resulting difficulty in comparing the data, it was decided to adopt only the weight filter A

**All dB values determined with the use of filter A must indicate, after dB, the letter (A)**



Risposta delle reti filtranti A, B

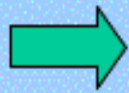
Sono delle **correzioni** che vengono applicate all'orecchio umano per pesare in modo diverso le sensazioni sonore che provengono dall'esterno.

frequenza centrale in banda d'ottava		63			125			250	
frequenza centrale in terzo d'ottava	50	63	80	100	125	160	200	250	315
fattore di ponderazione A	-30.2	-26.2	-22.5	-19.1	-16.1	-13.4	-10.9	-8.6	-6.6

frequenza centrale in banda d'ottava		500			1000			2000	
frequenza centrale in terzo d'ottava	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
fattore di ponderazione A	-4.8	-3.2	-1.9	-0.8	0	0.6	1	1.2	1.3

frequenza centrale in banda d'ottava		4000			8000	
frequenza centrale in terzo d'ottava	3150	4000	5000	6300	8000	10000
fattore di ponderazione A	1.2	1	0.5	-0.1	-1.1	-2.5

## IL SUONO E IL RUMORE



### Il suono



È una oscillazione di pressione acustica che si propaga nell'aria, con caratteristiche particolari di frequenza e di livello tali da renderli udibili dall'orecchio umano.



### Il rumore



È un suono le cui caratteristiche di frequenza, livello e variabilità nel tempo lo rendono disturbante o dannoso per l'orecchio umano.

## IL SUONO e IL RUMORE

Il **SUONO** è prodotto da onde acustiche regolari e periodiche con uguale frequenza (toni puri)

Il **RUMORE** è invece prodotto da onde irregolari e non periodiche che generano una sensazione sgradevole e fastidiosa dell'orecchio

**Effetti del rumore:** dipendono principalmente dall'intensità e dalla durata dell'esposizione. A livello uditivo l'esposizione a rumore elevato per tempi prolungati può determinare l'insorgenza di ipoacusia neurosensoriale bilaterale.



- ✓ Dal punto di vista fisico, il rumore ed il suono sono la stessa cosa.
- ✓ Fattori soggettivi concorrono alla distinzione tra suono e rumore.
- ✓ Il rumore ha la caratteristica di essere non ricercato, non voluto.

### **Rumore = suono non gradito**

Questo rende difficile stabilire per legge limiti assoluti o fissare standard minimi a protezione della popolazione e dell'ambiente: l'inquinamento acustico può dipendere da rumori, ma anche da suoni, da quelli che per qualcuno sono suoni e per qualcun altro rumori, per questo la legislazione si occupa di inquinamento acustico e non di rumore.

Agli inizi degli anni '90, grazie anche alla enorme evoluzione della strumentazione dedicata all'elaborazione del segnale audio, si è passati ad una progressiva applicazione delle conoscenze di base acquisite in precedenza proprio per migliorare la qualità sonora dell'ambiente in cui l'uomo vive e dei prodotti da lui usati.

*Quello del rumore è un fenomeno legato alla propagazione di onde di pressione attraverso un mezzo elastico.*

Si tratta di un fenomeno ondulatorio, come ogni onda il fenomeno “rumore” sarà caratterizzato da:

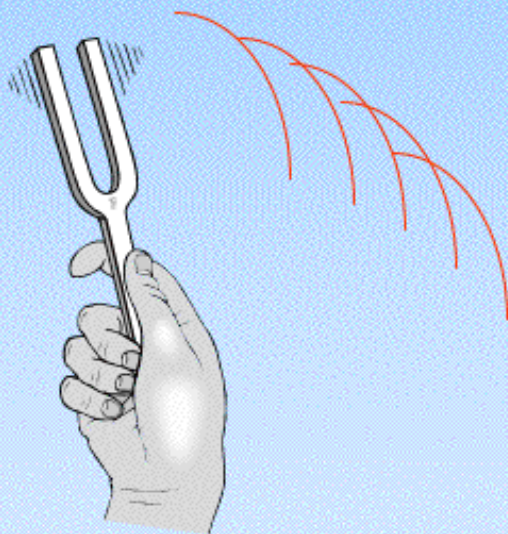
- Frequenza (si misura in Herz: Hz);
- Intensità (si misura in decibel: dB).

Che noi percepiamo come:

- Tono del rumore (grave o acuto);
- Intensità (forte o piano).

## **LA PRESSIONE SONORA**

**In realtà, quello che noi percepiamo non è il rumore, ma la pressione sonora; ovvero la variazione di pressione atmosferica, causata dall'onda acustica.**



**Infatti, se un qualsiasi oggetto, ad esempio una corda di chitarra, viene fatta vibrare, essa genera nell'aria una variazione della pressione atmosferica, che giunge al nostro orecchio, e tramite la membrana del timpano causa la nostra sensazione uditiva.**

## **DANNI UDITIVI**

È necessario ricordare che la sordità provocata dall'esposizione continuata a elevati livelli di rumore è di tipo **irreversibile** e che non esiste cura o intervento chirurgico che possa restituire integrità all'organo dell'udito.



La sordità da rumore si instaura in modo subdolo, perché gli esposti non percepiscono alcun segno premonitore.

# Patologie da rumore

## EFFETTI UDITIVI:

- Lesioni distruttive delle cellule ciliate del Corti
- Deficit uditivo iniziale a 4000 – 6000 Hz, che si aggrava estendendosi successivamente ad altre frequenze

## EFFETTI EXTRAUDITIVI:

- Sistema cardiocircolatorio
- Funzione respiratoria
- Sistema gastro-enterico
- Funzione visiva
- Sistema endocrino
- Effetti di tipo neuropsichico

## ***Effetti uditivi del rumore***

- Stato di adattamento
- Fatica uditiva
- Trauma acustico (infortunio: evento violento in tempo ristretto)
- Sordità professionale (malattia: evento progressivo per esposizione prolungata)

***Inoltre gli effetti uditivi aumentano indirettamente la probabilità degli infortuni "tradizionali" (caduta urto, ecc.)***

## ***Effetti extrauditivi del rumore***

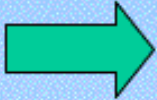
### **Il rumore provoca anche effetti extrauditivi:**

- sull'equilibrio;
- sul senso di attenzione e concentrazione;
- sul sistema nervoso;
- sullo stress;
- sull'apparato digestivo;
- sul sistema endocrino;
- sull'apparato respiratorio;
- sull'apparato circolatorio e sul sistema vascolare.

***Spesso la correlazione tra i disturbi di questo tipo  
e il rischio non è riconosciuta***

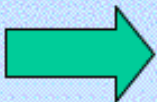
**I danni causati da una prolungata esposizione al rumore possono essere di due tipi:**

**Ipoacusia:**



**danno all'apparato uditivo, ovvero alterazione della soglia di percezione, che si manifesta generalmente con ronzio di fondo o fastidio acustico nei momenti di riposo.**

**Extrauditivi:**



**effetti somatici che interessano l'apparato cardiocircolatorio, gastroenterico e le ghiandole endocrine; si manifesta con sintomi di ansia, stress mentale, aggressività, errori comportamentali e di valutazione sensoriale.**

## La sordità si instaura in 4 fasi

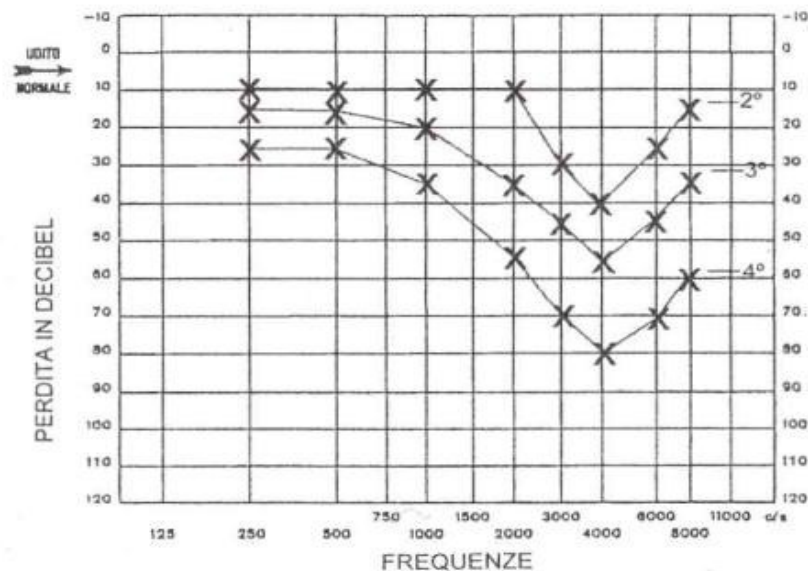
1. Ridotta capacità uditiva temporanea dopo esposizione a rumore, sensazione di orecchie ovattate
2. Apparente stato di benessere
3. Difficoltà alla percezione dei toni acuti
4. Difficoltà a percepire la conversazione



## La sordità si instaura in 4 fasi

La fase 4 si instaura quando l'esposizione al rumore ha una durata tale da non consentire il recupero uditivo e si parla pertanto di

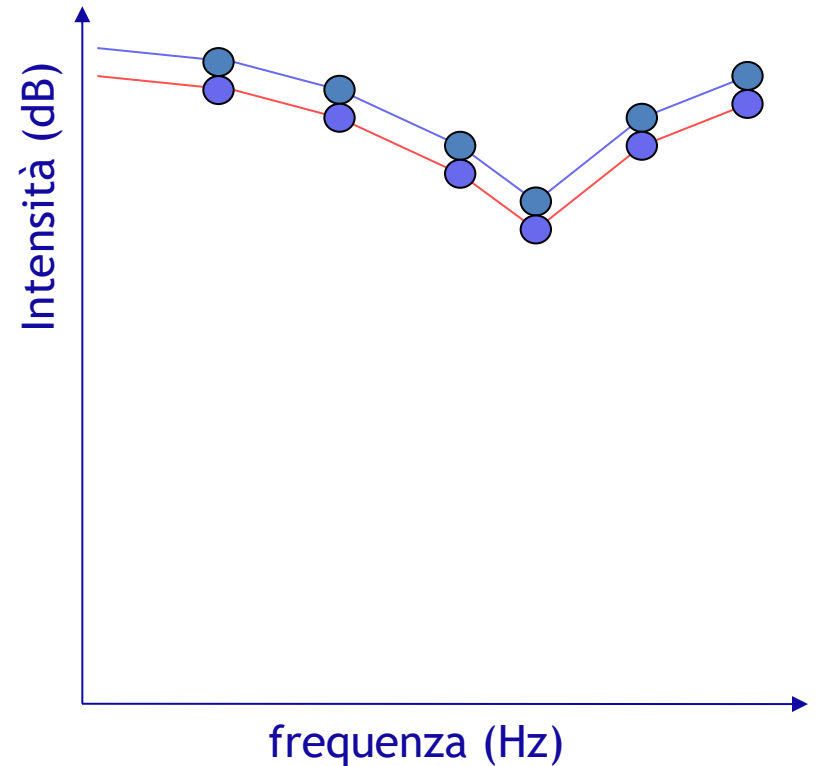
### IPOACUSIA DA RUMORE



## L'audiometria

L'audiometria tonale è un esame con il quale si verifica la funzionalità uditiva.

L'esame si svolge in una cabina silente e al lavoratore sono inviati in cuffia toni diversi di intensità crescente chiedendo di segnalare il momento in cui si percepisce il segnale.



**I segnali sono inviati separatamente alle diverse orecchie per verificare la simmetria della funzionalità uditiva.**

# L'audiometria

L'audiometria tonale è un esame con il quale si verifica la funzionalità uditiva.

L'esame si svolge in una cabina silente e al lavoratore sono inviati in cuffia toni diversi di intensità crescente chiedendo di segnalare il momento in cui si percepisce il segnale.

**I segnali sono inviati separatamente alle diverse orecchie per verificare la simmetria della funzionalità uditiva.**

# GRANDEZZE:

Al fine di comprimere l'intervallo di variabilità della pressione sonora è stata introdotta la scala logaritmica o **scala dei livelli**.

Il livello, espresso in dB, è pari a dieci volte il logaritmo decimale del rapporto fra una data grandezza ed una grandezza di riferimento, omogenee fra di loro.

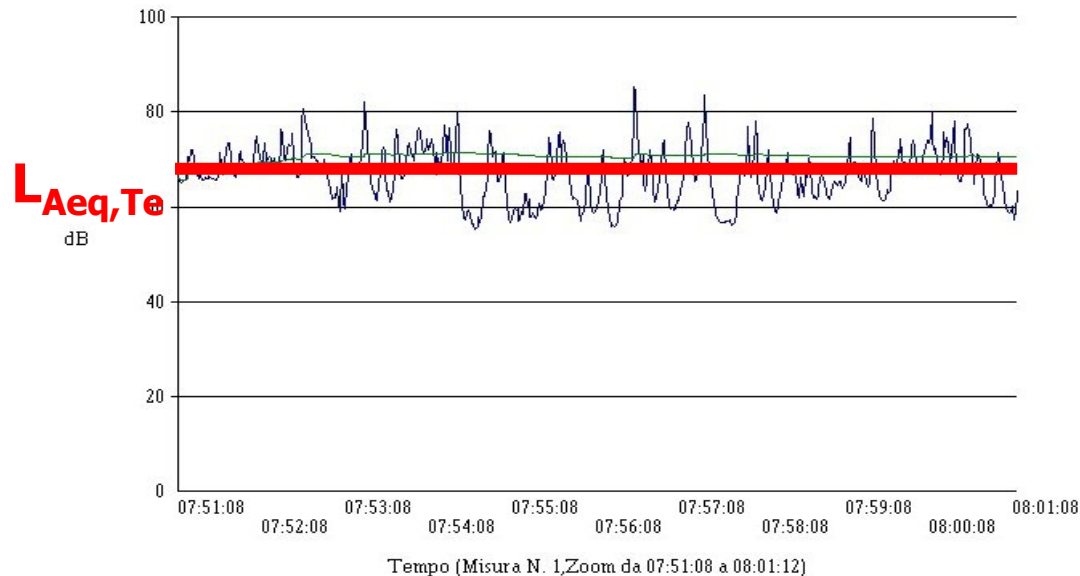
N.B.

La scala dei decibel non è lineare, per cui non si possono sommare i livelli sonori in modo aritmetico ma occorre ricorrere ai logaritmi; ad es.:

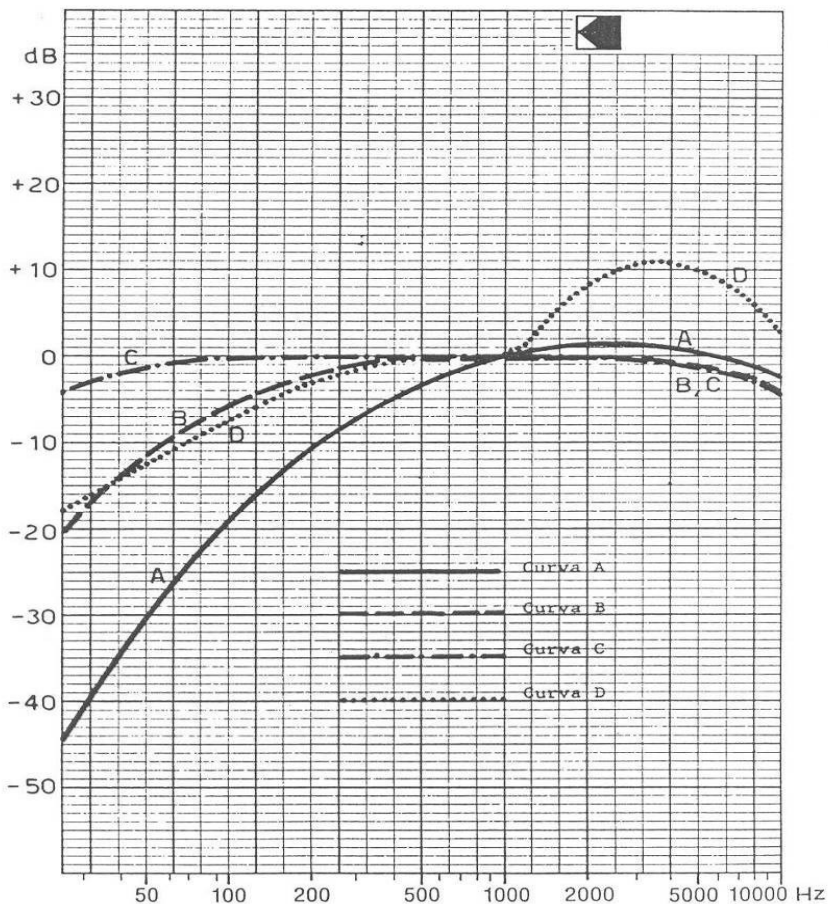
$80 \text{ dB} + 80 \text{ dB} = 83 \text{ dB}$ . **3 dB in più equivale al raddoppio della potenza sonora**

Per quantificare l'esposizione di un lavoratore al rumore si utilizza:  
**LIVELLO EQUIVALENTE**

livello, espresso in dB, di un ipotetico rumore costante che, se sostituito al rumore reale per lo stesso intervallo di tempo T, comporterebbe la stessa quantità totale di energia sonora. **VALORE ENERGETICO MEDIO**



## Le curve di ponderazione A, B, C, D



Le curve di ponderazione sono dei filtri che attribuiscono maggiore o minore importanza alle diverse frequenze nella misura del rumore. La curva A è quella che approssima convenzionalmente l'orecchio umano.



La **ponderazione A**, operata dagli strumenti di misura del rumore, approssima la risposta dell'orecchio e penalizza, attenuandole, le basse frequenze, mentre esalta, in misura molto lieve, le frequenze fra 1000 e 5000 Hz.

La **curva di ponderazione C**, invece, è stata adottata nella Direttiva “Macchine” 89/392/CEE, recepita dal DPR 459/96, per descrivere il livello di picco,  $L_{picco}$ , prodotto dalle macchine.

**LIVELLO DI ESPOSIZIONE GIORNALIERA AL RUMORE:** valore medio, ponderato in funzione del tempo, dei livelli di esposizione al rumore per una giornata lavorativa nominale di 8 ore, definito dalla norma internazionale ISO 1999:1990 punto 3.6. Si riferisce a tutti i rumori sul lavoro, incluso il rumore impulsivo

$$L_{EX,8h}$$

**LEX,8h** rappresenta la quantità di rumore, in dbA costanti nel tempo, cui un lavoratore risulta esposto nel suo orario quotidiano di lavoro;

**LEX,w** rappresenta la quantità di rumore, in dbA costanti nel tempo, cui un lavoratore risulta esposto per una settimana nominale di cinque giornate lavorative di otto ore.

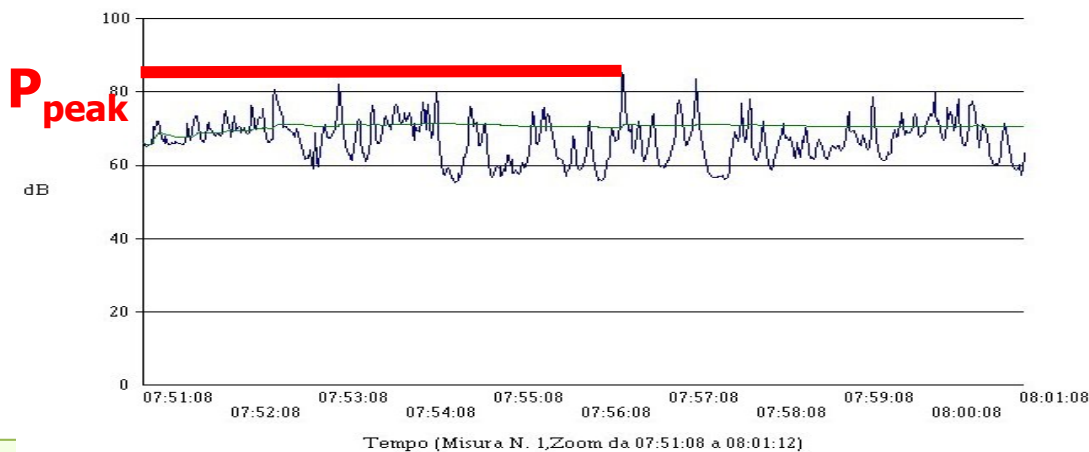


**LEX,8h** rappresenta la quantità di rumore, in dbA costanti nel tempo, cui un lavoratore risulta esposto nel suo orario quotidiano di lavoro;

**LEX,w** rappresenta la quantità di rumore, in dbA costanti nel tempo, cui un lavoratore risulta esposto per una settimana nominale di cinque giornate lavorative di otto ore.

Accanto al livello sonoro continuo equivalente viene infine utilizzato un secondo parametro, comunemente noto come **livello di picco**.  
Tale livello è definito come:

**PRESSIONE ACUSTICA DI PICCO ( $P_{peak}$ )**: valore massimo della pressione sonora acustica istantanea ponderata in frequenza C



**N.B.** E' molto importante nella valutazione del rumore impulsivo.  
È noto infatti che a parità di contenuto energetico medio, un rumore che presenta caratteristiche di impulsività costituisce un fattore di rischio aggiuntivo per la salute di cui bisognerebbe tenere conto nella valutazione del rischio.

## **D. LGS. 81/08 - TITOLO VIII - CAPO II**

### **Valori limite di esposizione e valori di azione**

<b><i>Valori limite di esposizione</i></b>	<b><math>L_{EX,8h} = 87 \text{ dB(A)}</math> <math>P_{\text{peak}} = 140 \text{ dB(C)}</math></b>
<b><i>Valori superiori di esposizione che fanno scattare l'azione</i></b>	<b><math>L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}</math> <math>P_{\text{peak}} = 137 \text{ dB(C)}</math></b>
<b><i>Valori inferiori di esposizione che fanno scattare l'azione</i></b>	<b><math>L_{EX,8h} = 80 \text{ dB(A)}</math> <math>P_{\text{peak}} = 135 \text{ dB(C)}</math></b>

Ad ogni valore del livello sonoro  $L_{EX,8h}$  viene affiancato anche un valore di picco a riconoscimento dell'aggravio di rischio uditivo rappresentato dal rumore impulsivo

## Eliminazione o riduzione

- Per gli agenti fisici vale comunque l'obbligo di eliminare o ridurre al minimo il rischio alla fonte.
- L'obbligo si applica in forza delle misure generali di tutela e dell'articolo 182 del D.Lgs. 81/08.
- **In nessun caso i lavoratori devono essere esposti a valori superiori ai valori limite di esposizione.**

**Agenti fisici eliminati alla fonte.  
Valori limite non superabili**

## Classi di rischio

Classe di Rischio	$L_{EX}$ ( $L_{Cpeak}$ )
Rischio Assente	$< 80 \text{ dB(A)}$ ( $L_{Cpeak} < 135 \text{ dB(C)}$ )
Rischio Lieve	tra 80 e 85 dB(A) ( $L_{Cpeak} < 137 \text{ dB(C)}$ )
Rischio Consistente	tra 85 e 87 dB(A) ( $L_{Cpeak} < 140 \text{ dB(C)}$ )
Rischio Grave	$> 87 \text{ dB(A)}$ ( $L_{Cpeak} > 140 \text{ dB(C)}$ )

# ***Livelli di esposizione***

***Il D.L. 81/2008 identifica il rischio rumore su tre fasce di esposizione:***

- 1. LEX,8h superiori a 80 dB(A) – valore inferiore di azione***
- 2. LEX,8h pari o superiori a 85 dB(A) – valore superiore di azione***
- 3. LEX, 8h superiori a 87 dB(A) – valore limite di esposizione***

# **NON SUPERAMENTO DEL VALORE INFERIORE DI AZIONE**

$$L_{EX8h} < 80 \text{ dB(A)} - 135 \text{ dB(C)}$$

## **OBBLIGHI D.L.:**

- Valutazione del rischio

# **SUPERAMENTO DEL VALORE INFERIORE** **DI AZIONE**

$$L_{EX8h} > 80 \text{ dB(A)} - 135 \text{ dB(C)}$$

## **OBBLIGHI D.L.:**

- Misura dei livelli di esposizione
- Informazione e formazione
- Sorveglianza sanitaria a chi ne fa richiesta o qualora il medico competente ne confermi l'opportunità
- Messa a disposizione dei D.P.I.

# **SUPERAMENTO DEL VALORE SUPERIORE DI AZIONE**

$$L_{EX8h} \Rightarrow 85 \text{ dB(A)} - 137 \text{ dB(C)}$$

## **OBBLIGHI D.L.:**

- Elabora ed applica un programma di misure tecniche ed organizzative volte a ridurre l'esposizione al rumore
- Sorveglianza sanitaria
- Informazione e formazione
- Fa tutto il possibile per assicurare che vengano indossati i D.P.I.
- Perimetra / limita l'accesso e munisce di adeguata segnaletica



# SUPERAMENTO DEL VALORE LIMITE DI ESPOSIZIONE

$$L_{EX8h} > 87 \text{ dB(A)} - 140 \text{ dB(C)}$$

**OBBLIGHI D.L.:**

**AZIONI IMMEDIATE:**

**RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE**

**INDIVIDUAZIONE CAUSE**

**MODIFICHE MISURE PREVENTIVE**  
**E PROTETTIVE**

# VALORE LIMITE DI ESPOSIZIONE

## Considerato che:

- Ai fini di valutare il rispetto dei valori limite di esposizione si tiene conto dell'attenuazione prodotta dai D.P.I.
- E' estremamente raro individuare casi di esposizione media giornaliera superiore a 100 – 105 db(A).
- L'attenuazione dichiarata per i D.P.I. è normalmente superiore a 20 db.

## Si deduce che:

- Il valore di 87 db(A), più che un vero e proprio valore limite, rappresenta un “rafforzativo” dell'obbligo di impiego dei D.P.I..

La normativa prevede che il datore di lavoro, nell'ambito del processo di valutazione, deve prendere in considerazione, per quanto possibile a livello tecnico, tutti gli effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori derivanti da interazioni fra

*rumore e sostanze ototossiche*

e fra

*rumore e vibrazioni*



# SOSTANZE OTOTOSSICHE

L'esposizione a solventi addizionata all'esposizione a rumore:

- Aumenta il rischio di perdita dell'udito
- Ha un possibile effetto addizionale (riduttivo) sulla capacità di comprensione del parlato

# SOSTANZE OTOTOSSICHE

Toluene	Monossido di Carbonio
Stirene	Cianuro di Idrogeno
Xilene	Arsenico
N-Esano	Cadmio
Etil-benzene	Piombo e derivati
Acqua regia	Mercurio e derivati
Disolfuro di Carbonio	Manganese, Platino
Percloroetilene	Stagno
<i>Combustibili</i>	Paraquat
<i>Miscela di solventi</i>	<i>Organofosforati</i>

## Lavoratori particolarmente sensibili

Nella valutazione occorre tenere conto della presenza di lavoratori particolarmente sensibili:

- Lavoratrici madri (D.Lgs.151/2001)
- Lavoratori minori (D.Lgs. 345/1999)
- Lavoratori che svolgono mansioni usuranti in ambienti termici severi
- Lavoratori otolabili e/o otosensibili a causa di malattie pregresse o di fattori congeniti.

## Formazione e rumore

- L'articolo 195 del D.Lgs 81/08 prevede per i lavoratori una formazione specifica sul rumore
- L'obbligo si applica per gli esposti a  $L_{ex,8h}$  superiori a 80 dB(A)

**Si applica l'accordo Stato Regioni del 21/12/2011**

In funzione della classificazione dell'azienda tale attività sarà compresa all'interno delle 4, 8 o 12 h di formazione specifica

## Articolo 190: Valutazione del rischio

- Le misure strumentali sono necessarie solo se si valuta che possano essere superati i livelli inferiori di azione.
- Se nessuna macchina ha un  $L_{Aeq}$  superiore ai valori inferiori se ne deduce che non è necessario effettuare misure anche se questa valutazione deve essere riportata nel documento di valutazione dei rischi.

**Per la misura rimane il limite di 80 dB(A)**

Il fonometro è uno strumento atto a **misurare l'ampiezza dei suoni**, ed a fornire misure obiettive e riproducibili del **livello di pressione sonora**.



Ci sono diversi sistemi disponibili per misurare il suono.

Benché differenti nei dettagli, ciascun sistema è composto da un **microfono**, da una **unità di trattamento**, e da una **unità di lettura dati**.

# Fonometri integratori (UNI EN ISO 9612)

- Conformi alla classe 1 o 2 della CEI EN 61672-1
- Tarati biennialmente da un centro SIT (Servizio Italiano Taratura, ex D.Lgs. 273/91) o EA (European Cooperation for Accreditation)
- Calibrati prima e dopo le misure con un calibratore conforme alla classe 1 della CEI EN 60942

**Il D.Lgs. 81/08 non stabilisce più obblighi sulla strumentazione**

# Dosimetri individuali (UNI EN ISO 9612)

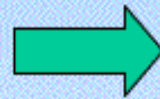
- Misuratori personali del livello di esposizione sonora
- Conformi alla classe 1 o 2 della CEI EN 61672-1
- Tarati biannualmente
- Calibrati prima e dopo le misure
- Microfono a 10 cm dall'orecchio e a 4 cm dalla spalla
- Non abbiano livelli di taglio
- Misura presenziata dal tecnico

**Per il D.Lgs. 81/08 si possono continuare ad utilizzare**

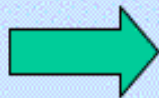
## DISPOSITIVI DI PROTEZIONE

**Dove non risulti possibile ridurre il rischio di esposizione al rumore, devono essere adottati sistemi e mezzi di protezione e/o di riduzione.**

**I dispositivi di protezione possono essere di tipo:**



**Personale –  
Individuale**



**Collettivo –  
Organizzativo**





# Decreto legislativo 81/08

## TITOLO III – CAPO II – DPI -

### **Art. 74**

#### DEFINIZIONE

- 1) S'intende per dispositivo di protezione individuale (DPI) qualsiasi attrezzatura destinata ad essere indossata e tenuta dal lavoratore allo scopo di proteggerlo contro uno o più rischi suscettibili di minacciarne la sicurezza o la salute durante il lavoro, nonché ogni complemento od accessorio destinato a tale scopo.

### **art. 76**

#### REQUISITI DEI DPI

- 1) I DPI devono essere conformi alle norme di cui al decreto legislativo 4.12.1992 n° 475.



# Decreto legislativo 81/08

## TITOLO III – CAPO II – DPI -

### Art. 77

#### OBBLIGHI DEL DATORE DI LAVORO

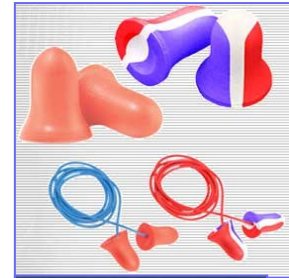
5) In ogni caso l'**addestramento** è indispensabile:

- a) Per ogni DPI che, ai sensi del D.Lgs. 4 dicembre 1992 n° 475, appartenga alla **terza categoria**( caschi, visiere, apparecchi respiratori filtranti, ecc.);
- b) Per i dispositivi di protezione dell'**udito**

# DPI uditivi / Tipologie

## 1) Inserti auricolari:

- premodellati-preformati
- malleabili
- espandibili



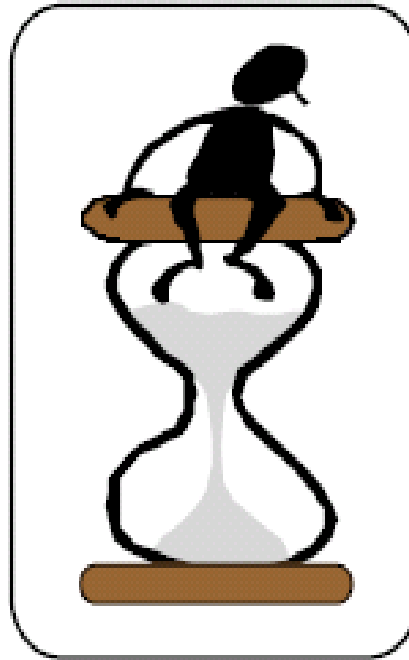
## 2) Inserti semiauricolari (archetti)

## 3) Cuffie

## 4) Caschi

## D.P.I. Valutazione dell'attenuazione sonora di un protettore auricolare

<b>Livello sonoro equivalente calcolato tenendo conto del DPI (dBA)</b>	<b>Livello di protezione</b>
Maggiore di 80	insufficiente
da 75 a 80	accettabile
da 70 a 75	buona
da 65 a 70	accettabile
minore di 65	troppo alta



## ***IMPORTANTE***

*per essere pienamente efficace,  
il dispositivo antirumore deve essere utilizzato con  
continuità per tutta la durata dell'esposizione al  
rumore*



**I D.P.I.** se correttamente utilizzati, riducono in modo selettivo le frequenze del rumore, bloccando quelle medio alte che caratterizzano il rumore negli ambienti di tipo industriale e lasciando inalterate quelle della normale comunicazione verbale, che non viene impedita.

Essi permettono, a seconda del tipo un'attenuazione compresa tra 10 e 40 dB(A); ciò significa che un lavoratore esposto ad un livello intorno a 95 dB(A) riduce la propria esposizione ad una fascia compresa tra 80 e 85 dB(A), quindi in zona di sicurezza.

## Uso corretto degli otoprotettori



**Per i DPI-u vige l'obbligo di addestramento  
(art. 77, comma 5, D.Lgs. 81/2008)**



## Ho valutato il rischio ed è troppo alto. Come posso intervenire?

L'obiettivo primario delle rilevazioni fonometriche e della valutazione del rischio rumore, in un ambiente di lavoro, è teso a conoscere gli interventi tecnici (*non esclusi quelli procedurali*) per ridurre il rumore alla fonte, e che possono classificarsi in:



***Interventi attivi***, tendenti a ridurre la rumorosità di macchinari, con la eliminazione o la modificazione di quelle parti che sono la causa dell'emissione.

***Interventi passivi***, tendenti a contenere l'energia del rumore subito dopo la sua emissione.



Gli interventi da ipotizzare  
possono essere di tre tipi:

## ***1. Interventi sulle sorgenti:***

- manutenzione più accurata delle macchine;
- riduzione della densità di macchine, migliorando il layout;
- modifica del ritmo di funzionamento degli impianti, riducendo la contemporaneità;
- acquisto di macchinari od impianti meno rumorosi;
- altre soluzioni.

## ***2. Interventi sulla propagazione:***

### **per via area:**

trattamenti fonoassorbenti; cappe, silenzia-tori, barriere, segregazioni di lavorazioni; cabine fonoassorbenti per gli operatori; altre soluzioni.

### **per via solida:**

supporti antivibranti per il macchinario; isolamento con dispositivi di protezione individuale; altre soluzioni.



### ***3. Interventi organizzativi e procedurali:***

Riduzione dei tempi di esposizione degli addetti;  
utilizzo di dispositivi di protezione individuale; altre  
soluzioni.