I rischi da Agenti Fisici: Rumore e Vibrazioni.

«Ciclo di 2 seminari di aggiornamento per Coordinatori Cantieri ed RSPP Modulo I°»

II° giornata

INTRODUZIONE.. ricordiamo che..

L' AGENTE fisico:

La valutazione dei rischi derivanti da esposizione ad agenti fisici è programmata ed effettuata, con **cadenza almeno quadriennale**, da personale qualificato nell'ambito del SPP in possesso di specifiche conoscenze in materia….

È quel fattore, governato da **leggi fisiche**, che provoca una **trasformazione delle condizioni ambientali** in cui esso si manifesta.

La sua presenza in ambienti di vita e di lavoro determina **l'immissione di energia "indesiderata"**, potenzialmente dannosa per la salute umana.

Tale energia può essere immessa in diverse forme tra cui l'energia elettromagnetica, nel caso delle radiazioni non ionizzanti, e l'energia sonora, nel caso del rumore, energia meccanica in caso di vibrazioni, energia luminosa in caso di illuminazione, energia termica in caso di microclima, ecc.

Il Titolo VIII del D.Lgs. 81/2008 definisce "agenti fisici" 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.

Argomenti che tratteremo:

la valutazione dei rischi derivanti dalle esposizioni agli agenti fisici

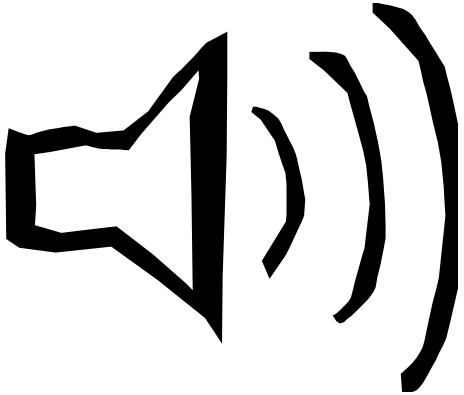
L'agente fisico:

- ***RUMORE***
- ***ULTRASUONI***
- ***INFRASUONI***
- ***VIBRAZIONI***
- ***CAMPI ELETTROMAGNETICI***
- ***RON - RADIAZIONI OTTICHE NATURALI***
- ***ROA - RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI***
- ***MICROCLIMA***
- ***ATMOSFERE IPERBARICHE***
- ***ILLUMINAZIONE***

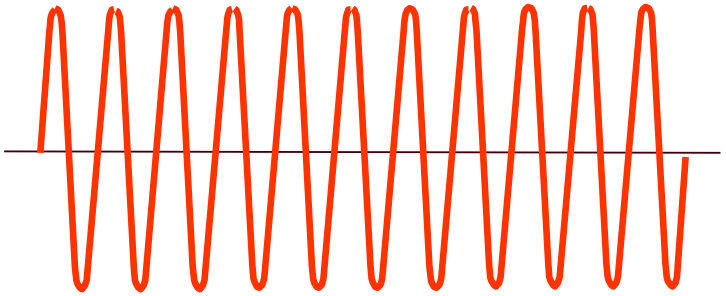
Caratteristiche del suono\rumore

- Il suono è una oscillazione di pressione che si propaga in un mezzo elastico (gassoso, liquido o solido) senza trasporto di materia, ma solo di energia. es. un suono trasmesso in aria; quest'ultima non subisce uno spostamento, bensì ogni sua molecola vibra intorno ad una posizione di equilibrio determinando delle piccole variazioni di pressione rispetto alla pressione media.
- Nel vuoto, non essendoci alcun mezzo elastico, non può esistere alcun suono.
- Il rumore agisce anche su altri organi ed apparati (apparato cardiovascolare, endocrino, sistema nervoso centrale ed altri) mediante attivazione o inibizione di sistemi neuroregolatori centrali o periferici

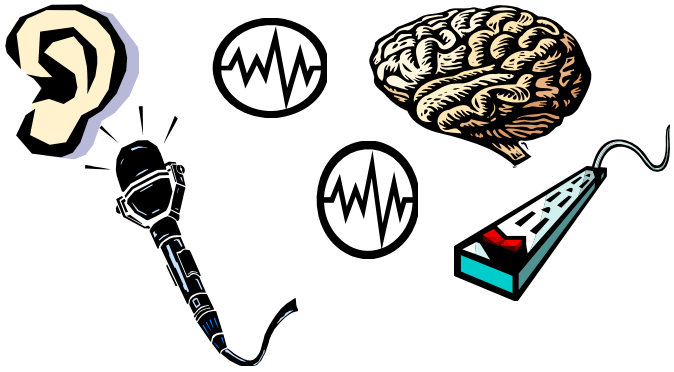
SORGENTE



propagazione



RICEVITORE



IL SUONO e IL RUMORE

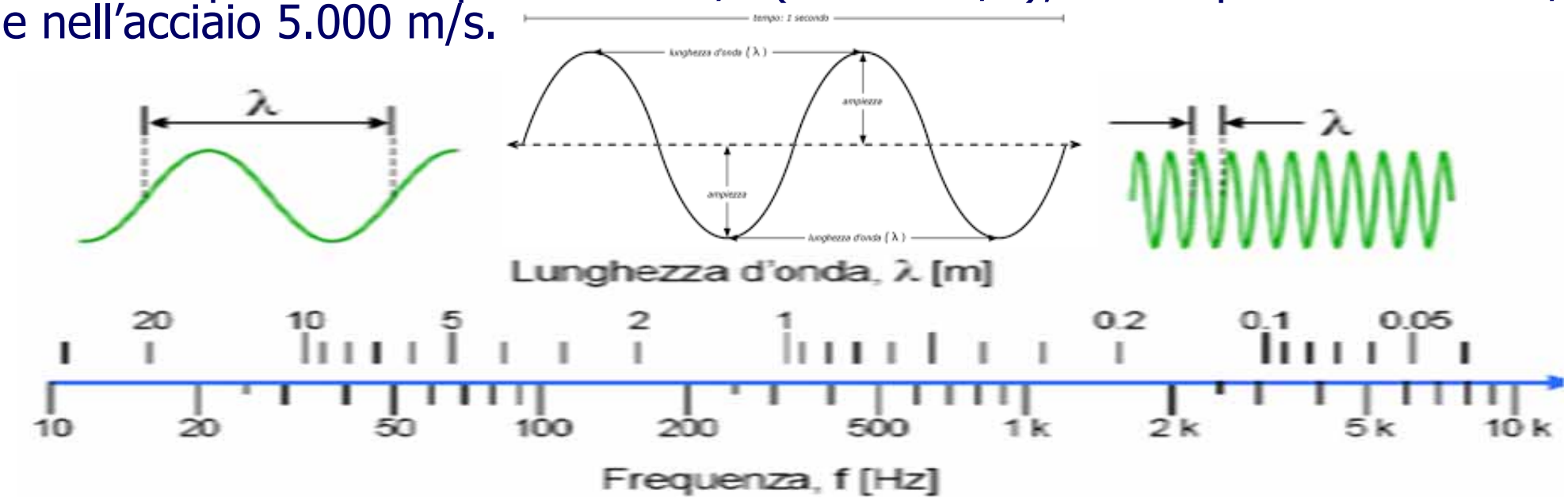
Il **SUONO** è prodotto da onde acustiche regolari e periodiche con uguale frequenza (toni puri)

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.

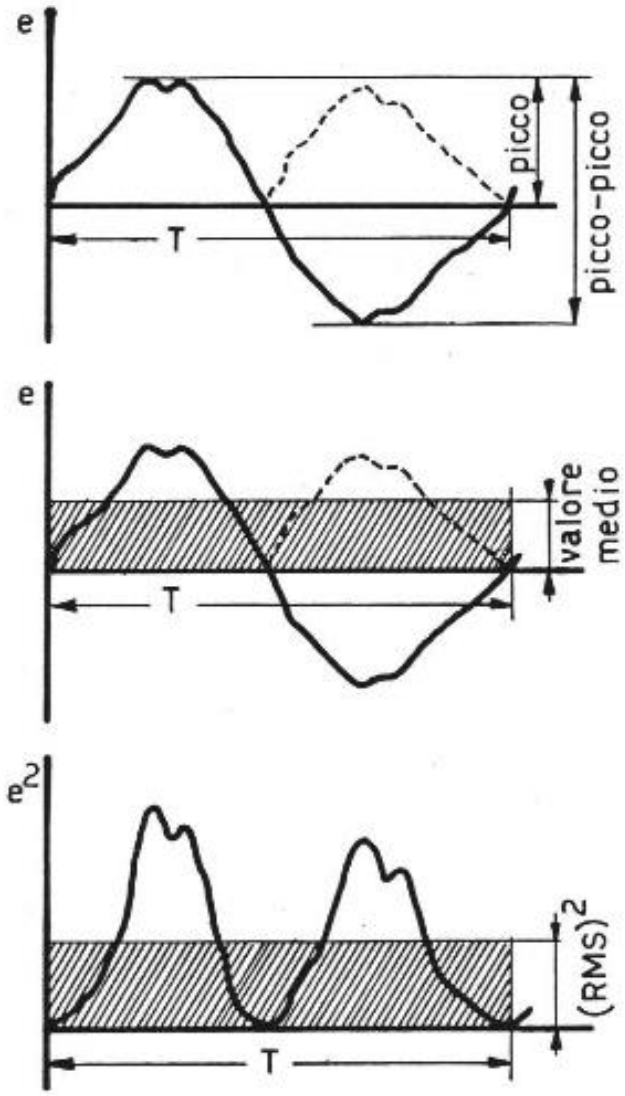
Caratteristiche del suono\rumore

- ***Frequenza* (f):** numero di cicli completi nell'unità di tempo; la caratteristica di un suono, **da basso ad acuto**, dipende dalla frequenza.
- ***Periodo* (T):** intervallo di tempo necessario per completare un ciclo; è uguale al reciproco della frequenza: T =1/f.
- ***Lunghezza d'onda***: spazio percorso dall'onda in un periodo.
- ***Ampiezza* (A):** ampiezza dell'onda; è indicativa del livello sonoro (il cosiddetto **volume**).
- ***Velocità di propagazione***: nell'aria in condizioni standard di temperatura, umidità e pressione è pari a 344 m/s (1.238 km/h); nell'acqua è di 1.500 m/s e nell'acciaio 5.000 m/s.



Caratteristiche del suono\rumore

Un segnale si può caratterizzare in vari modi, ad es. come valore medio delle intensità o come media quadratica r.m.s. (root mean square)



Valore medio

$$\bar{e} = \left[\frac{1}{T} \int_T |e(t)| \, dt \right]$$

Valore r.m.s.

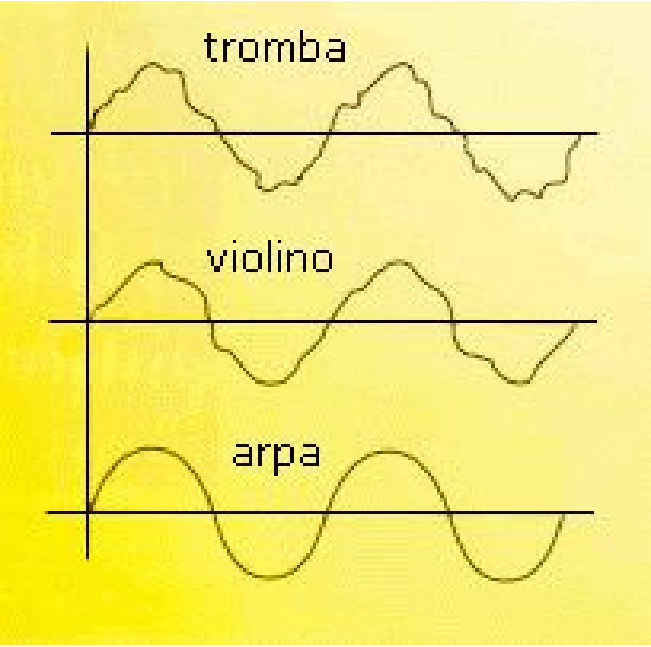
$$e_{eff} = \left[\frac{1}{\tau} \int_t [e(t)]^2 \, dt \right]^{1/2}$$

il valore efficace di una funzione periodica è il valore che avrebbe un segnale costante di pari potenza media:

Caratteristiche del suono\rumore

- La pressione acustica è una perturbazione subita dall'aria per effetto della sorgente sonora; è equivalente alla differenza tra la pressione p(t) in un dato istante e quella p(0) esistente prima dell'inizio del fenomeno sonoro: è la grandezza che meglio descrive il fenomeno acustico e viene espressa in Pascal (Pa).

- Poiché il campo dinamico dell'udito umano è molto ampio, si preferisce esprimere i parametri acustici come logaritmo del rapporto tra valore misurato (p) ed un valore di riferimento pari alla più piccola pressione in grado di produrre una sensazione sonora (p0)



Forma dell'onda: timbro

Caratteristiche del suono\rumore

I valori di pressione sonora possono variare da un minimo di $P_0 = 20 \bullet 10^{-6}$ Pa (Pascal), lo zero di riferimento della pressione, a un massimo di 200-300 Pa, la soglia del dolore.

Questo intervallo di udibilità così elevato è difficile da gestire. Per questo motivo si utilizza una base logaritmica per i decibel:

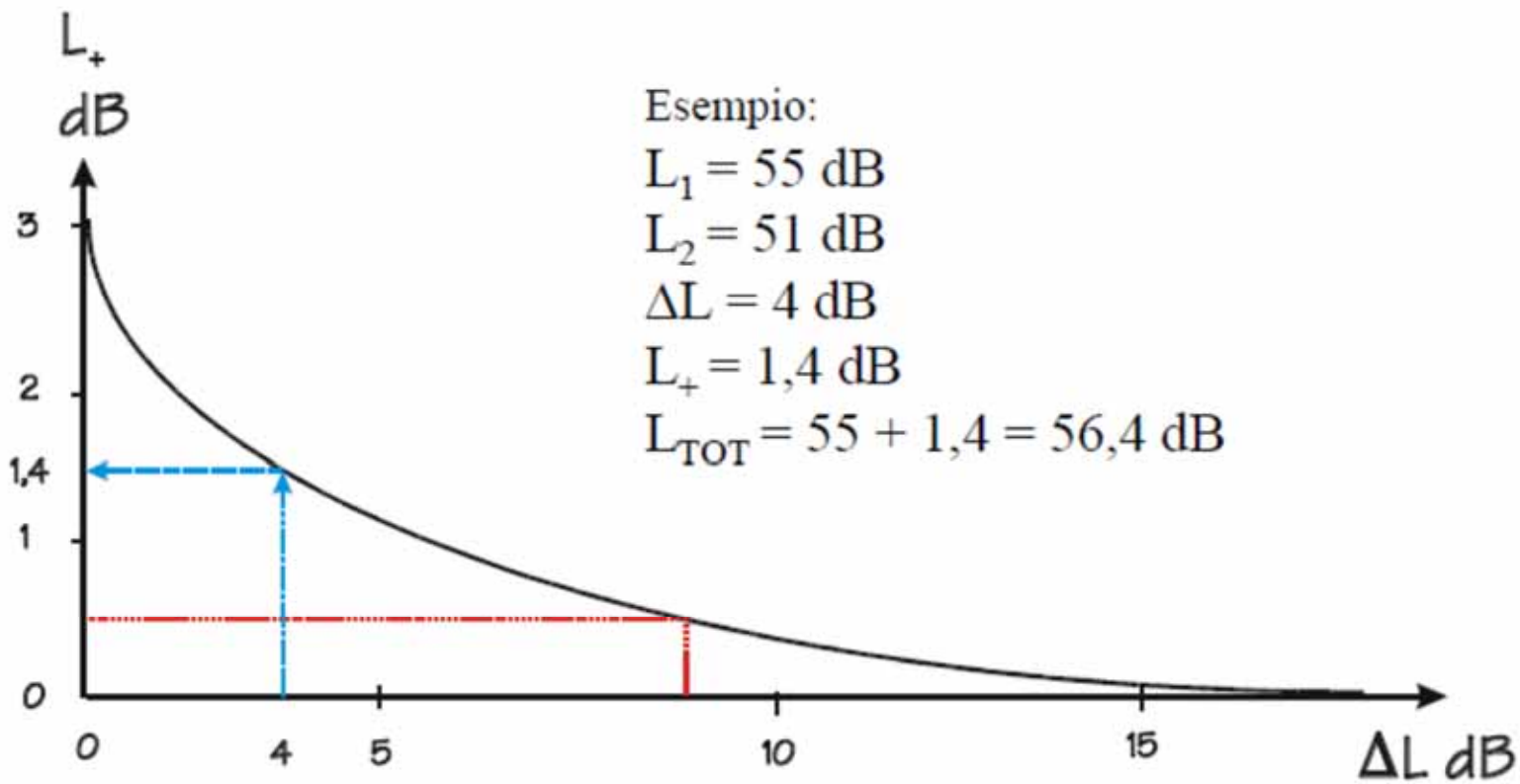
$$\mathbf{L_p = 10 \log_{10} [\, p^2_{eff}(t)/p^2_0 \,] \;\; [dB]}$$

Così facendo l'intervallo di udibilità diventa 0 – 140 dB

Come unità di misura viene utilizzato il **decibel (dB**); in effetti il dB non è una vera unità di misura, bensì un modo per esprimere una misura.

La scala dei decibel non è lineare, per cui non si possono sommare i livelli sonori in modo aritmetico ma occorre ricorrere ai logaritmi;
es.:$L = 10 \log (10^8 + 10^8) = 83$ dB
3 dB in più equivale al raddoppio della potenza sonora
quando di due sorgenti una supera di oltre 10 dB l'altra, il livello sonoro complessivo tenderà al maggiore dei due (esempio: 80 dB + 60 dB ≈ 80 dB).

Caratteristiche del suono\rumore



Esempio:

$L_1 = 55$ dB

$L_2 = 51$ dB

$\Delta L = 4$ dB

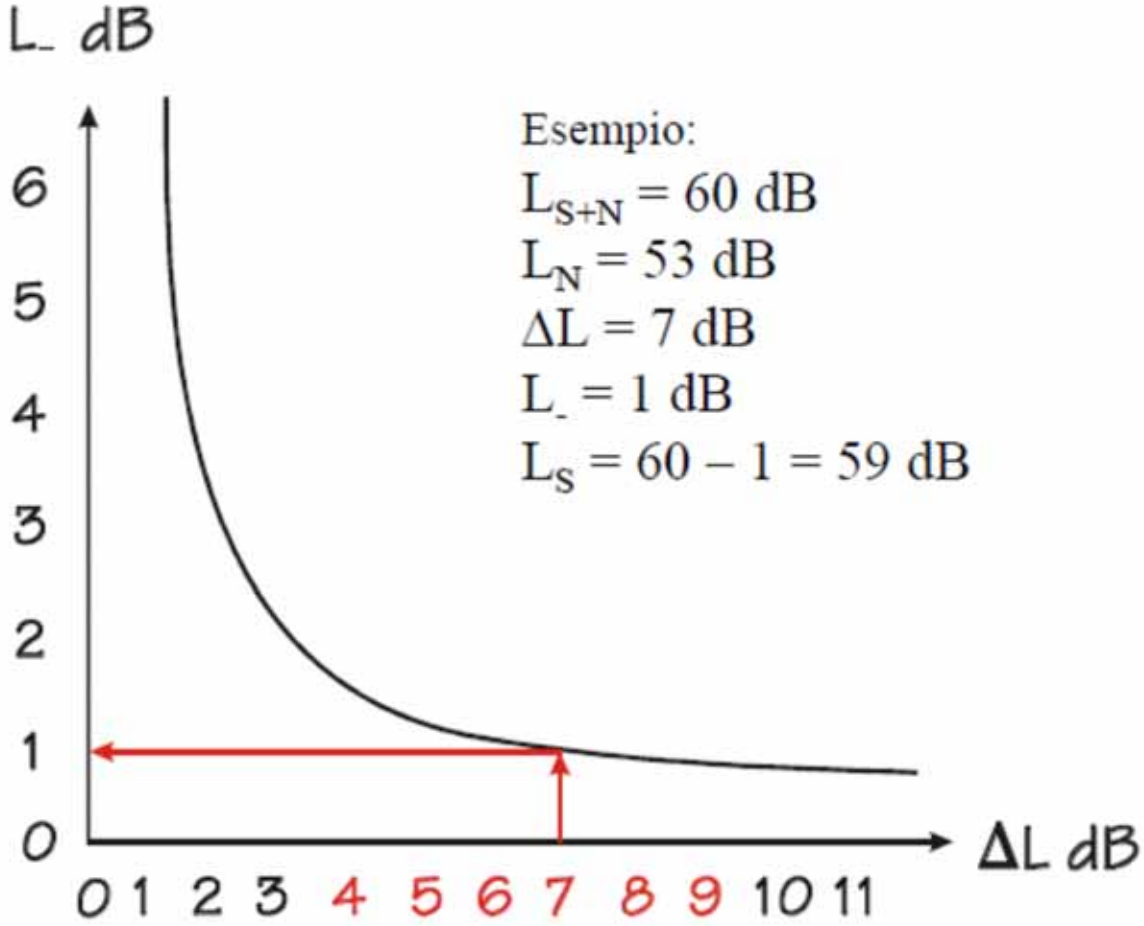
$L_+ = 1{,}4$ dB

$L_{TOT} = 55 + 1{,}4 = 56{,}4$ dB

-Somma di livelli in dB

Se la differenza tra due livelli di pressione sonora è più di 10 dB, il contributo della sorgente di minor livello può essere ignorato.

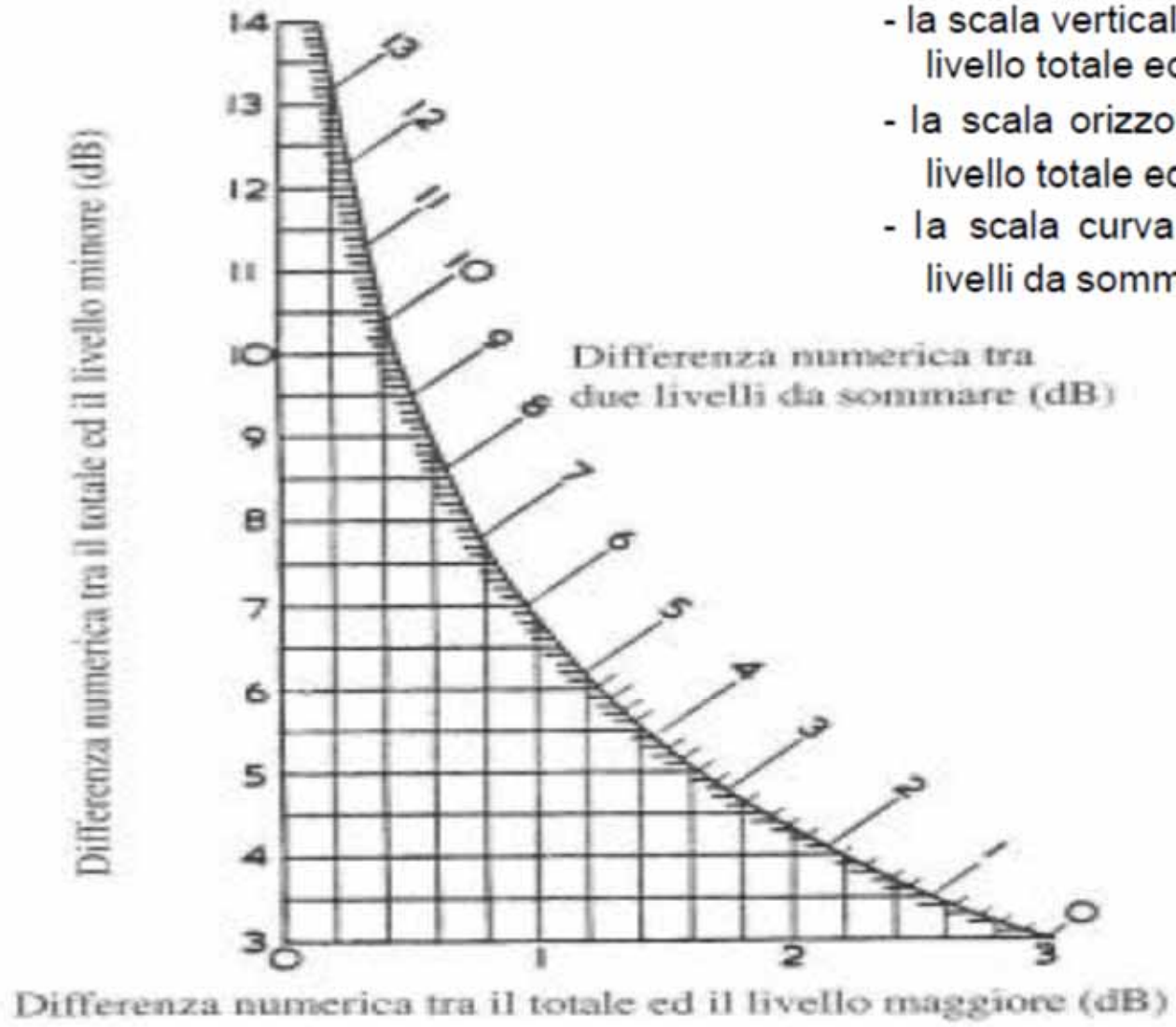
Caratteristiche del suono\rumore



-Sottrazione di livelli in dB

Se la diff. è inferiore a 3 dB, il rumore di fondo è troppo alto per una accurata misura, ed il livello corretto non può essere trovato fino a quando il rumore di fondo non sia stato ridotto. Se, d'altra parte, la differenza è maggiore di 10 dB, il rumore di fondo può essere ignorato.

Caratteristiche del suono\rumore



- la scala verticale dà la differenza numerica tra il livello totale ed il livello minore;
- la scala orizzontale dà la differenza numerica tra il livello totale ed il livello maggiore
- la scala curva dà la differenza numerica tra i due livelli da sommare

Livello rumore macchina più rumore di fondo = 90 dB. Rumore di fondo 85 dB. Quale sarà il livello di rumore della sola macchina?
Si entra con il valore differenza 90-85 = 5 dB sulla scala verticale e si legge in corrispondenza sulla scala curva 3,4 dB. La macchina ha quindi un rumore proprio di 85 + 3,4 = 88,4 dB

Caratteristiche del suono\rumore

Differenza numerica tra due livelli di rumore [dB(A)]	Valore da aggiungere al più elevato dei due livelli di rumore [dB o dB(A)]
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

Livelli di pressione sonora (dB) nella vita quotidiana

5 – 10	Soglia di udibilità
20	Tic tac di un orologio
30 - 40	biblioteca / abitazione silenziosa
60 - 70	Conversazione / ufficio affollato
70 - 80	Traffico stradale / aspirapolvere
90 - 100	Motociclo in accelerazione
LIMITE DI SOPPORTABILITA'	
100 - 110	Tromba di automobile / tessitura
110 - 120	Martello pneumatico / allarme
120	Motori e reattori al banco/discoteca
SOGLIA DEL DOLORE	
130	Aereo a reazione al decollo

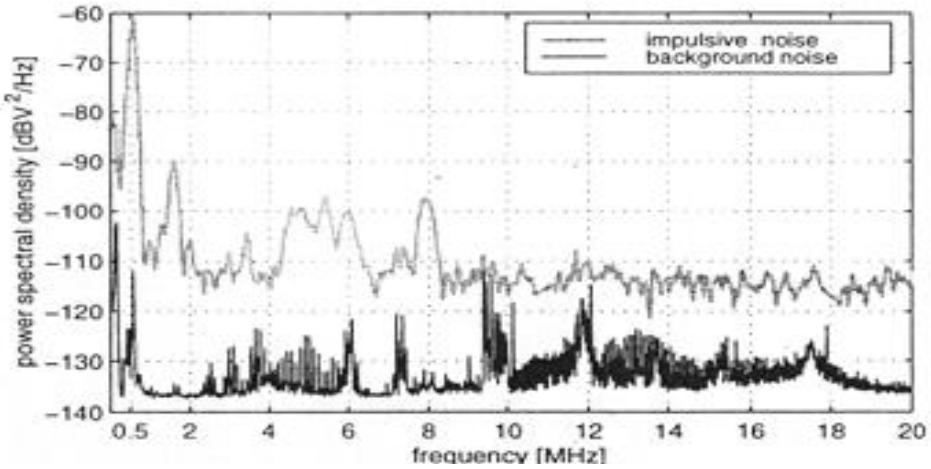
Caratteristiche del suono\rumore

- RUMORE STABILE o STAZIONARIO: le variazioni di intensità non superano 3 dB;

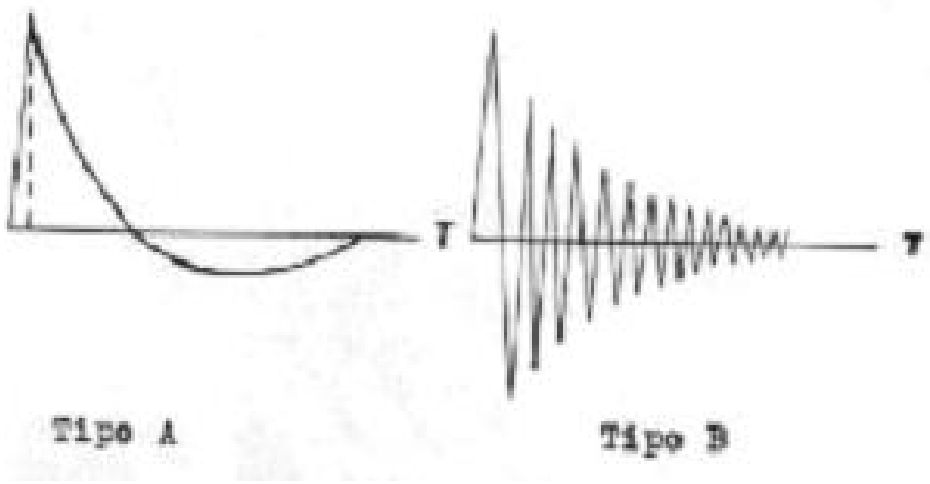
- RUMORE FLUTTUANTE: le variazioni superano i 3 dB;

- RUMORE INTERMITTENTE: un rumore di durata superiore a 1 sec. cade bruscamente in più riprese durante il periodo di osservazione;

- RUMORE IMPULSIVO: rumori di alta intensità e durata inferiore ad 1 sec.



Rumore impulsivo

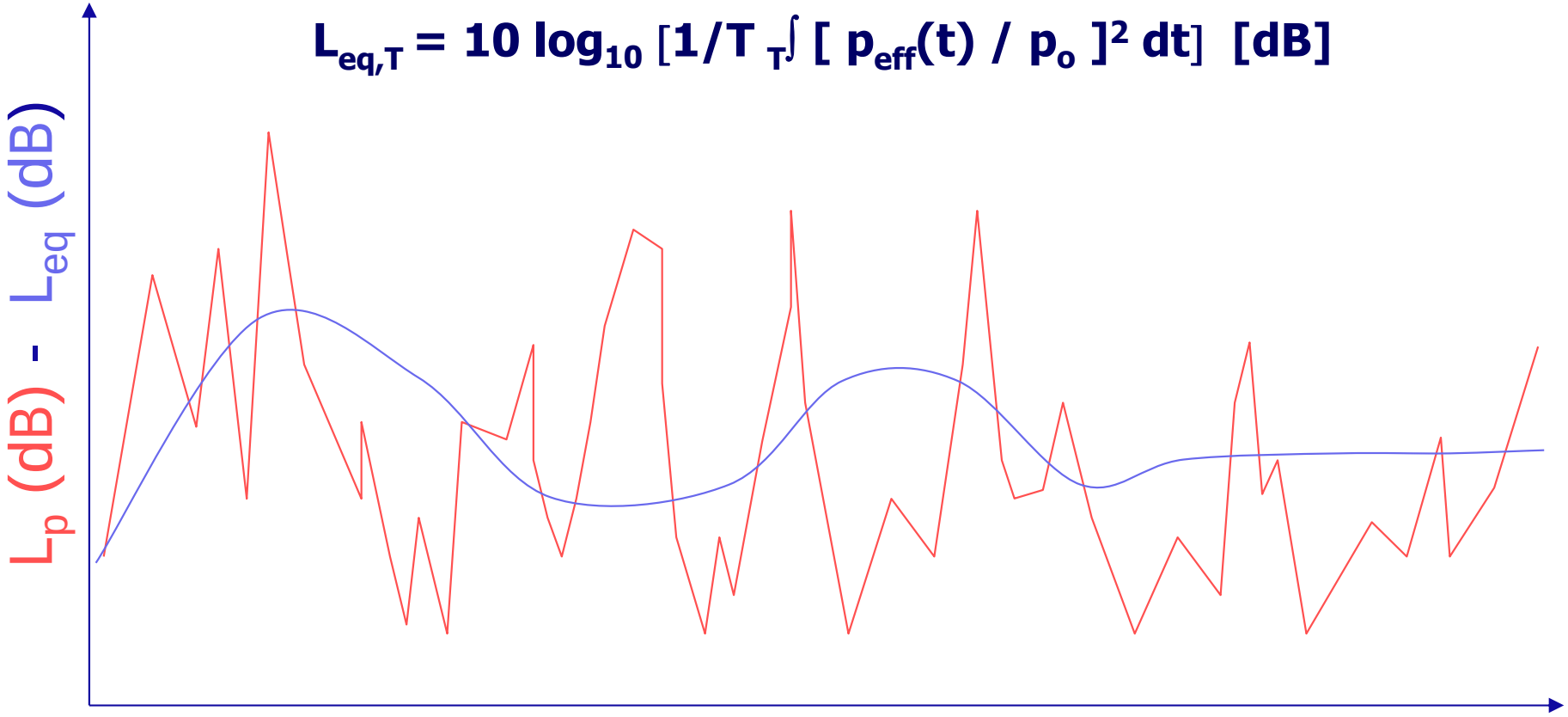


Caratteristiche del suono\rumore

Il L_p esprime la pressione sonora nell'istante t ma noi siamo interessati anche a misure protratte nel tempo.

Per questo si introduce il **livello equivalente sonoro $L_{eq,t}$** che rappresenta il livello sonoro di una ipotetica sorgente costante che produrrebbe la stessa energia acustica della sorgente reale nell' intervallo di tempo della misura

$$L_{eq,T} = 10 \log_{10} [1/T \int_T [p_{eff}(t) / p_o]^2 dt] \quad [dB]$$



Caratteristiche del suono\rumore

Il livello di picco è il valore massimo raggiunto nell'intervallo di misura:

$$L_{picco,C} = 10 \log_{10} (p_{peak}^2 / p_o^2) \quad [dB(C)]$$

- P_{peak} è definito nel D.Lgs. 81/2008 come *"pressione acustica di picco: valore massimo della pressione acustica istantanea ponderata in frequenza «C»"*, ed è molto importante nella valutazione del rumore impulsivo.
- Va misurato in parallelo al L_{Aeq} e la costante di tempo "Peak" non deve essere superiore a 100 µs.

- determinazione del carattere impulsivo dei segnali ai quali viene esposto il soggetto, effettuando la verifica proposta dalla norma UNI 9432:2011 al punto 3.9, per cui un segnale può essere considerato impulsivo quando soddisfa il seguente criterio:

$\Delta KI = LAeq,I - LAeq \geq 3$ dB(A)

dove:

- LAeq,I rappresenta il livello equivalente ponderato A, rilevato con la costante di tempo Impulse;
- LAeq rappresenta il normale livello equivalente ponderato A.

Caratteristiche del suono\rumore

- La **potenza sonora W** (in watt) di una sorgente di rumore è uguale alla quantità di energia irradiata nell'ambiente dalla sorgente nell'unità di tempo.
- Il livello di potenza sonora (in dB) della sorgente è dato dalla relazione:

$$L_w = 10\log \frac{W}{W_0}$$

Dove W_0 è la potenza sonora di riferimento convenzionale pari a 10^{-12} W, ovvero 1 pW .

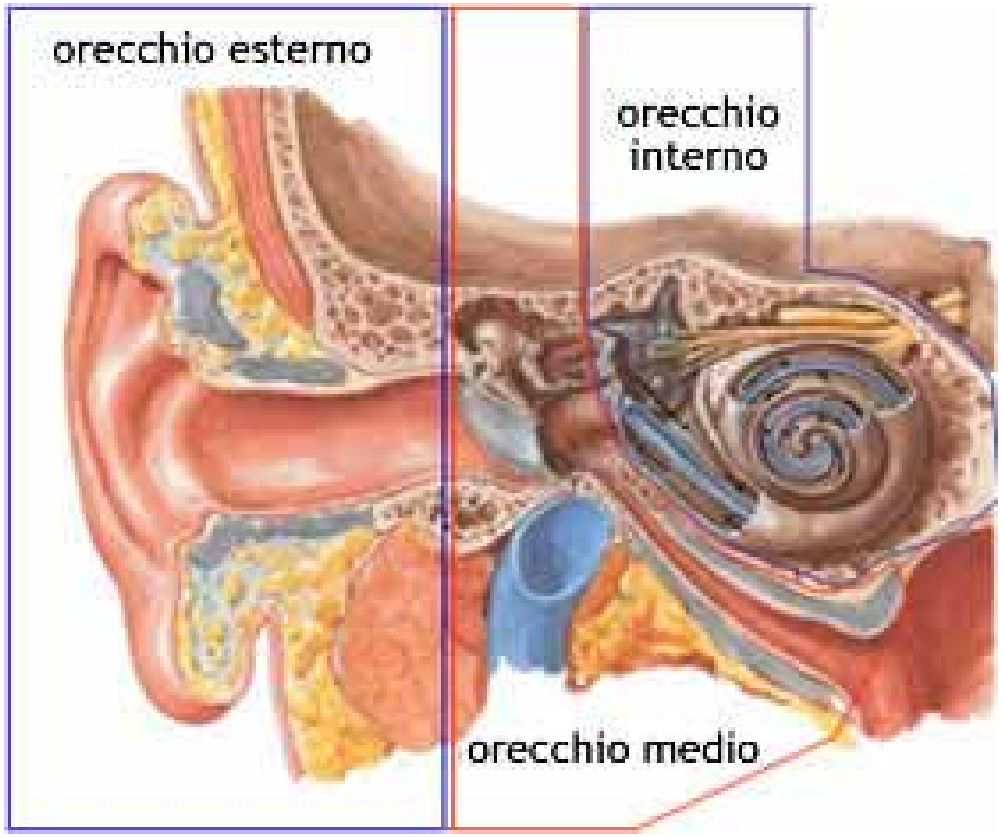
La determinazione della potenza acustica è utile per:

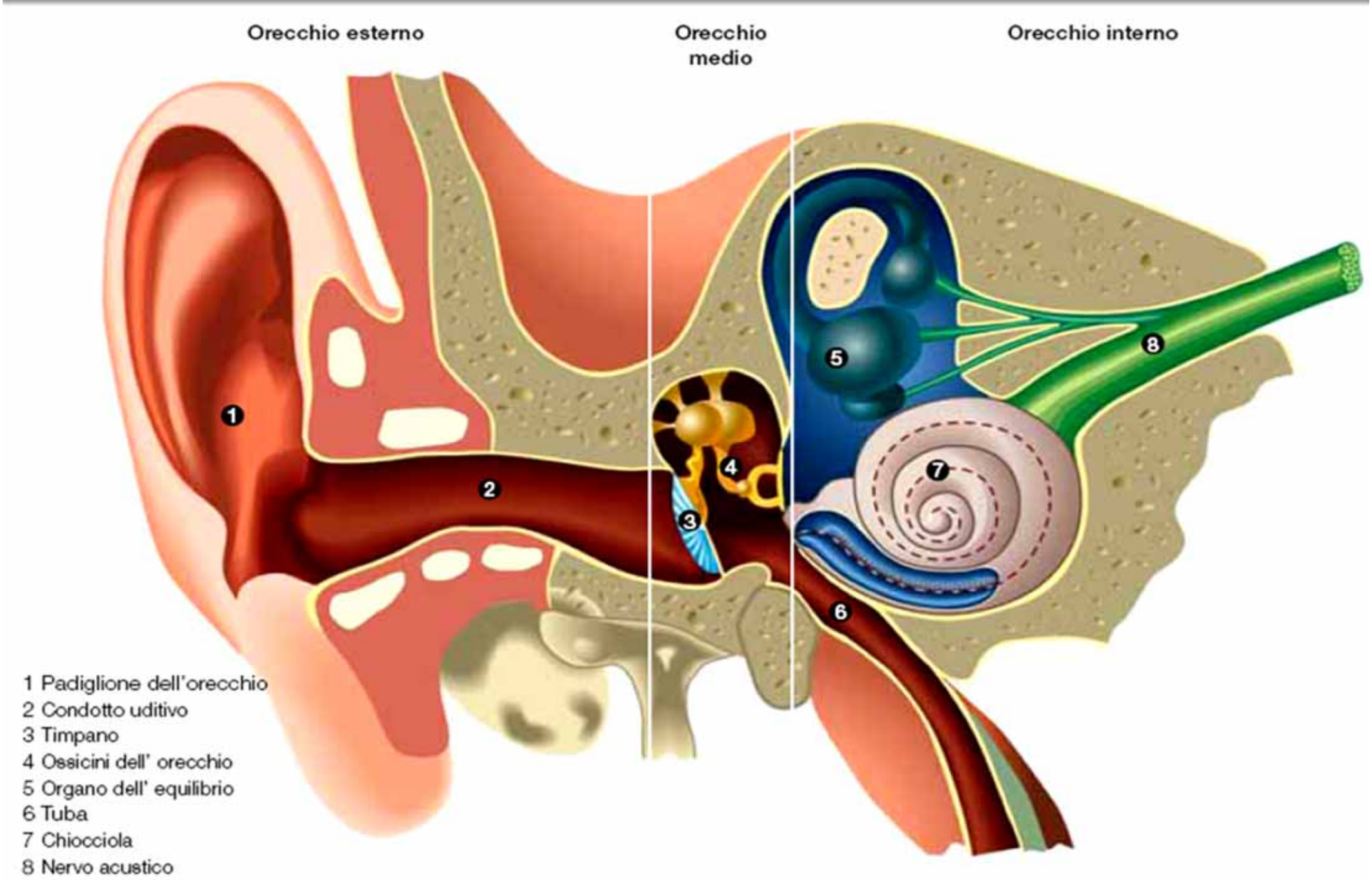
- ricavare il livello di pressione sonora che, in uno specifico ambiente industriale e ad una specifica distanza, interesserà l'operatore;
- effettuare un confronto comparativo diretto della rumorosità emessa da macchine dello stesso tipo presenti sul mercato;
- ottimizzare in fase progettuale, sotto il profilo acustico, la collocazione e la distribuzione delle macchine in un nuovo insediamento.

L'orecchio umano

L'orecchio umano è formato da tre parti principali:

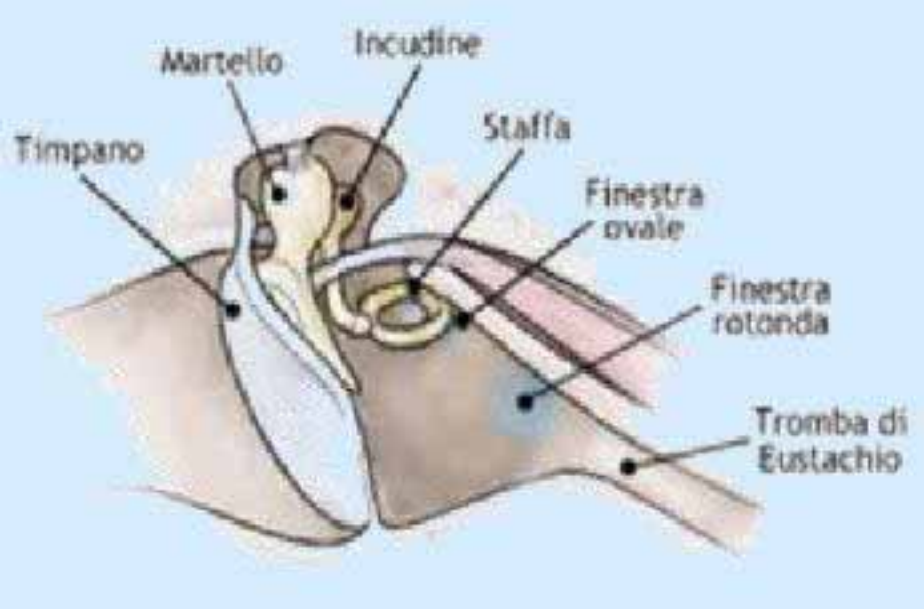
- la parte esterna
- la parte centrale
- la parte interna




Orecchio esterno
Orecchio medio
Orecchio interno
1
2
3
4
5
6
7
8
1 Padiglione dell'orecchio
2 Condotto uditivo
3 Timpano
4 Ossicini dell' orecchio
5 Organo dell' equilibrio
6 Tuba
7 Chiocciola
8 Nervo acustico

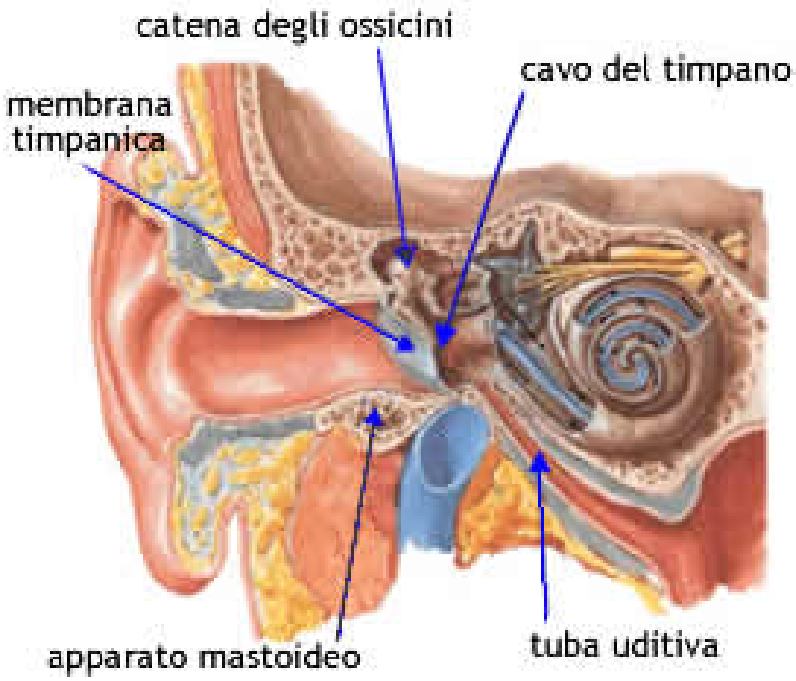
L'orecchio umano

L'orecchio esterno è formato dal padiglione auricolare (comunemente chiamato orecchio), dal condotto auricolare e dalla membrana del timpano.
Le onde sonore vengono captate dal padiglione auricolare e inviate, attraverso il canale auricolare, alla membrana timpanica, facendola vibrare.
Le vibrazioni della membrana del timpano vengono trasmesse all'orecchio medio



L'orecchio umano

L'orecchio medio è composto da tre delicati ossicini: martello,incudine e staffa. Le vibrazioni della membrana del timpano vengono trasmesse all'orecchio interno tramite questi tre ossicini, i quali diminuiscono l'intensità del suono.
La riduzione di intensità è necessaria poiché le parti dell'orecchio diventano più delicate man mano che si và verso l'interno.



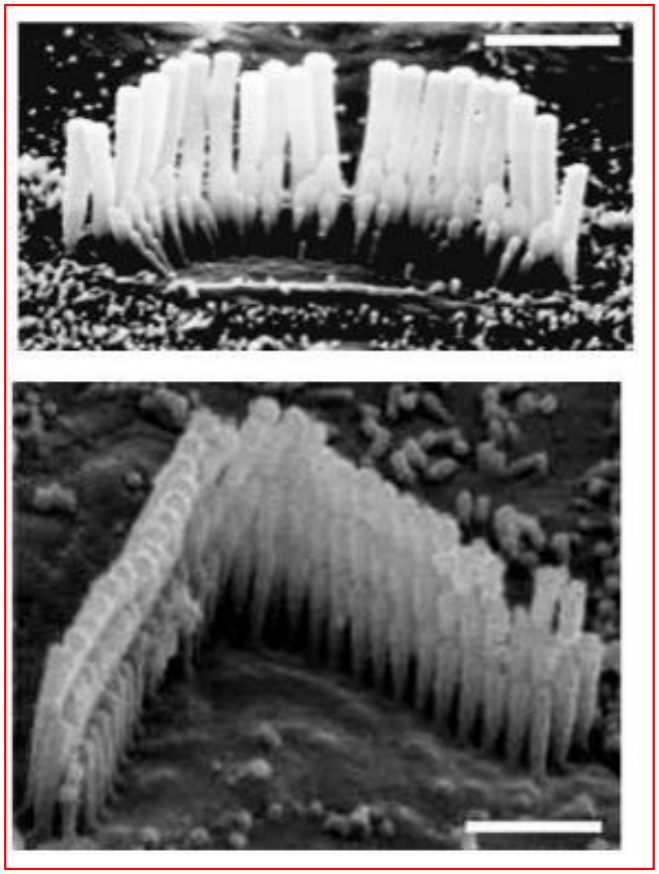
L'orecchio umano

L'orecchio interno è composto da un canale semicircolare e dalla coclea che contiene migliaia di cellule ciliate. Le vibrazioni ricevute dalla catena di ossicini provocano una pressione sul liquido contenuto nella coclea che, agendo sulle cellule, stimola il nervo acustico. Il nervo acustico trasmette gli impulsi nervosi al cervello che, elaborandoli, permette così di udire i suoni.

La coclea è importante ai fini della azione di danno del rumore perché in questo organo avviene la trasformazione dell'energia acustica negli impulsi elettrochimici che ci restituiscono la sensazione sonora.
Se si danneggia la coclea si riduce la nostra capacità di trasformare il rumore in sensazioni sonore: si abbassa la percezione del rumore.

L'orecchio umano

Le cellule ciliate esterne e interne



- Le cellule ciliate sono sensibili alle diverse frequenze. Ogni gruppo di cellule lavora su un certo intervallo.
- Tali cellule, una volta danneggiate, non sono rinnovabili e che queste hanno intervalli di frequenze specifiche.

L'ORECCHIO UMANO PERCEPISCE FREQUENZE COMPRESE FRA 20 E 20000 Hz.

EFFETTI DEL RUMORE SULLE PERSONE

Non esiste nessuna difesa naturale contro il rumore; esso infatti può distruggere le cellule ciliate in maniera lenta ma irreversibile, per cui l'orecchio non è più in grado di trasformare le onde sonore in impulsi nervosi e di conseguenza si perde la capacità di udire (**IPOACUSIA**).

Il rumore è causa di danno (ipoacusia, sordità) e comporta la malattia professionale statisticamente più significativa.
Il rischio di **IPOACUSIA** (diminuzione della capacità uditiva) insorge in seguito ad una esposizione prolungata a livello di rumore pari o superiore a 80 dB per 8 ore giornaliere.

Il danno provocato dal rumore a carico dell'apparato uditivo può essere di tipo **acuto** quando si realizza in un tempo breve a seguito di una stimolazione particolarmente intensa (scoppio, esplosione ecc.) e di tipo **cronico** quando evolve nel corso degli anni a seguito di un'esposizione prolungata ad elevati livelli di rumore.

Via via che l'intensità del rumore cresce, il tempo di esposizione deve diminuire.

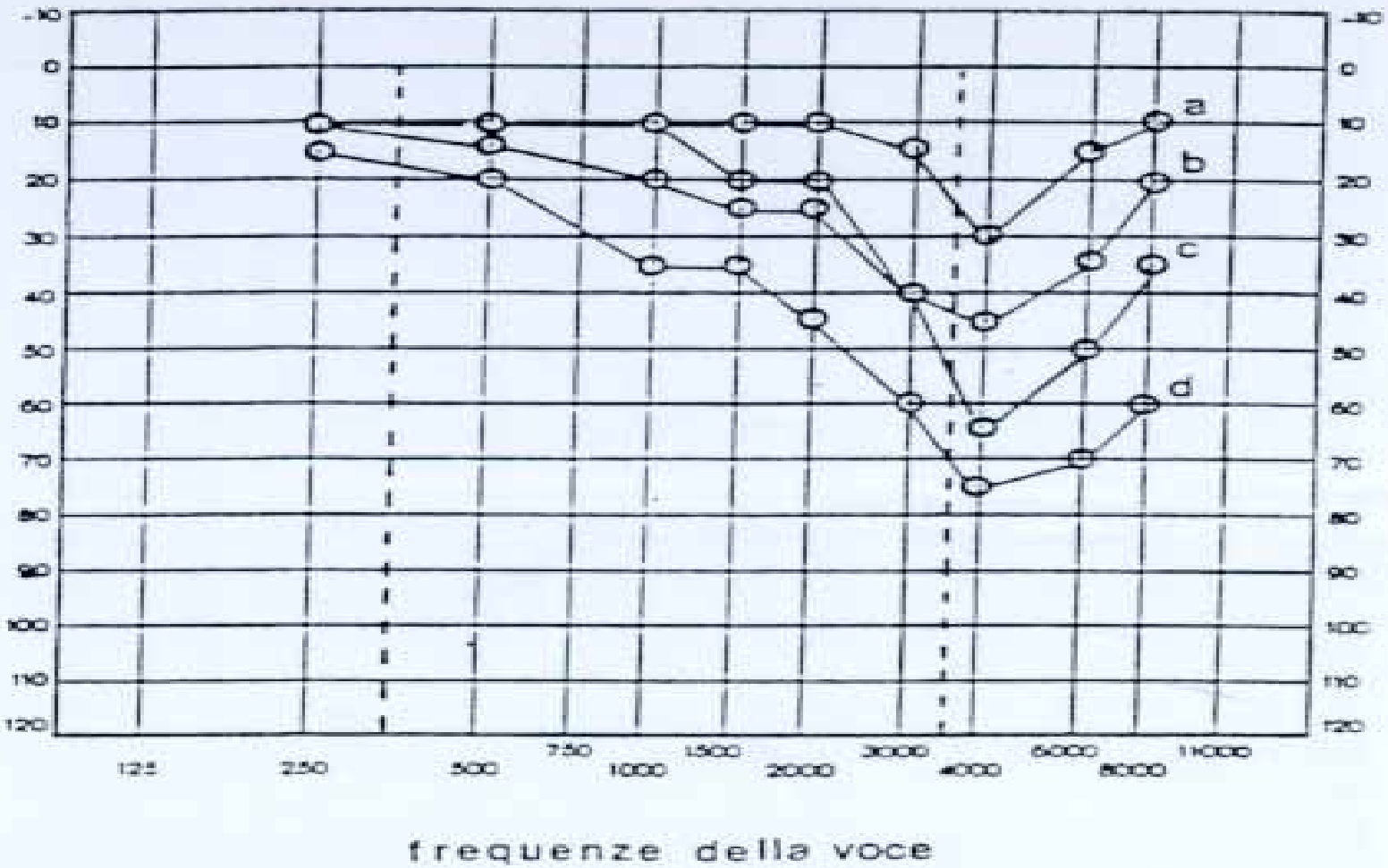
La sordità si instaura in 4 fasi

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 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

IPOACUSIA DA RUMORE



Progressione audiometrica del danno uditivo da trauma acustico cronico. a) stadio del danno anatomico iniziale; b) stadio del danno anatomico conclamato; c) stadio del danno funzionale iniziale o della ipoacusia iniziale; d) stadio del danno funzionale conclamato o della ipoacusia conclamata.

Un'eccessiva stimolazione delle cellule uditive causa il cosiddetto spostamento temporaneo della soglia (STS), per cui la soglia uditiva si innalza; questo disturbo scompare lentamente una volta terminata l'esposizione al rumore

Altri effetti prodotti dall'esposizione al rumore*:*

- ***Effetti fisiopatologici***

Il rumore può interferire con le attività mentali che richiedono attenzione, memoria ed abilità nell'affrontare problemi complessi. Le strategie di adattamento messe in atto per minimizzare l'azione di disturbo esercitata dal rumore e lo sforzo necessario per mantenere le prestazioni abituali, sono associate ad un possibile aumento della pressione arteriosa e ad elevati livelli ematici degli ormoni legati allo stress (cortisolo, adrenalina ecc.). Tali effetti possono avere gravi ricadute sulla salute e comportare, in relazione alle condizioni individuali del soggetto esposto, l'insorgenza di:

- **Effetti cardiovascolari**: ipertensione ed incremento del rischio infarto.

Esiste evidenza in letteratura della relazione tra esposizione al rumore ed insorgenza di cardiopatia ischemica ed ipertensione già a partire da livelli espositivi compresi fra 65 e 70 dB(A) di LAeq. La risposta risulta proporzionalmente crescente al variare dell'intensità sonora.

- Diminuzione delle **difese immunitarie**.
- Patologie funzionali **gastro-intestinali**.

Effetti psicologici e comportamentali

La reazione di fastidio (**annoyance**) e malessere causata dal rumore aumenta ampiamente in base ai livelli di rumore: la maggior parte degli esseri umani risulta infastidita nell'espletamento delle attività che richiedono concentrazione da esposizioni al rumore intorno a 50 dB(A) LAeq. Livelli espositivi superiori a 80 dB(A) di LAeq riducono i riflessi istintivi in risposta a situazioni di pericolo, con potenziali ricadute in termini di sicurezza. Il rumore elevato induce **aggressività**.

Altri effetti prodotti dall'esposizione al rumore:

Comunicazione

La parola è comprensibile al 100% con livelli di rumore di fondo intorno a 45 dB(A) di LAeq. Per livelli superiori ai 55 dB(A) di LAeq di livello di fondo (livello medio raggiunto dalla voce umana non alterata) è necessario incrementare il tono della voce. L'eccessivo rumore di fondo interferisce con la capacità di concentrazione ed induce a comunicare con tono di voce alterato, contribuendo di conseguenza ad innalzare il rumore di fondo dell'ambiente e determinando affaticamento e possibili effetti avversi sull'apparato fonatorio.

- **Effetti sulla fonazione**

Tali effetti si riscontrano prettamente tra gli insegnati e in tutte le attività lavorative che comportano un sovraccarico della voce..

La **disfonia funzionale** è un disturbo della voce che ha luogo in assenza di alterazioni di natura organica. Generalmente è causata da un sovraccarico della voce conosciuto come "**surmenage**", oppure da un uso scorretto della stessa che si definisce "**malmenage**". Un elevato rumore di fondo o un ambiente acusticamente sfavorevole concorre a incrementare il rischio di insorgenza di tali disfonie. Un'alterazione di tipo funzionale trascurata, può evolvere in una **forma organica con lesioni e/o alterazioni** degli organi coinvolti nella fonazione.

MALATTIA PROFESSIONALE

Il D.M. 10/06/2014 (elenco malattie professionali) comprende:

- L'ipoacusia percettiva da rumore tra le malattie la cui origine lavorativa è di **elevata probabilità**

- Le malattie da rumore dell'apparato cardiocircolatorio, digerente, endocrino e neuropsichiche nella lista delle malattie la cui origine lavorativa è **possibile**

MALATTIA PROFESSIONALE

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, cianfrinatura, scriccatura, molatura ed aggiustaggio nella costruzione di caldaie, serbatoi e tubi metalli. (presunzione eziologica)

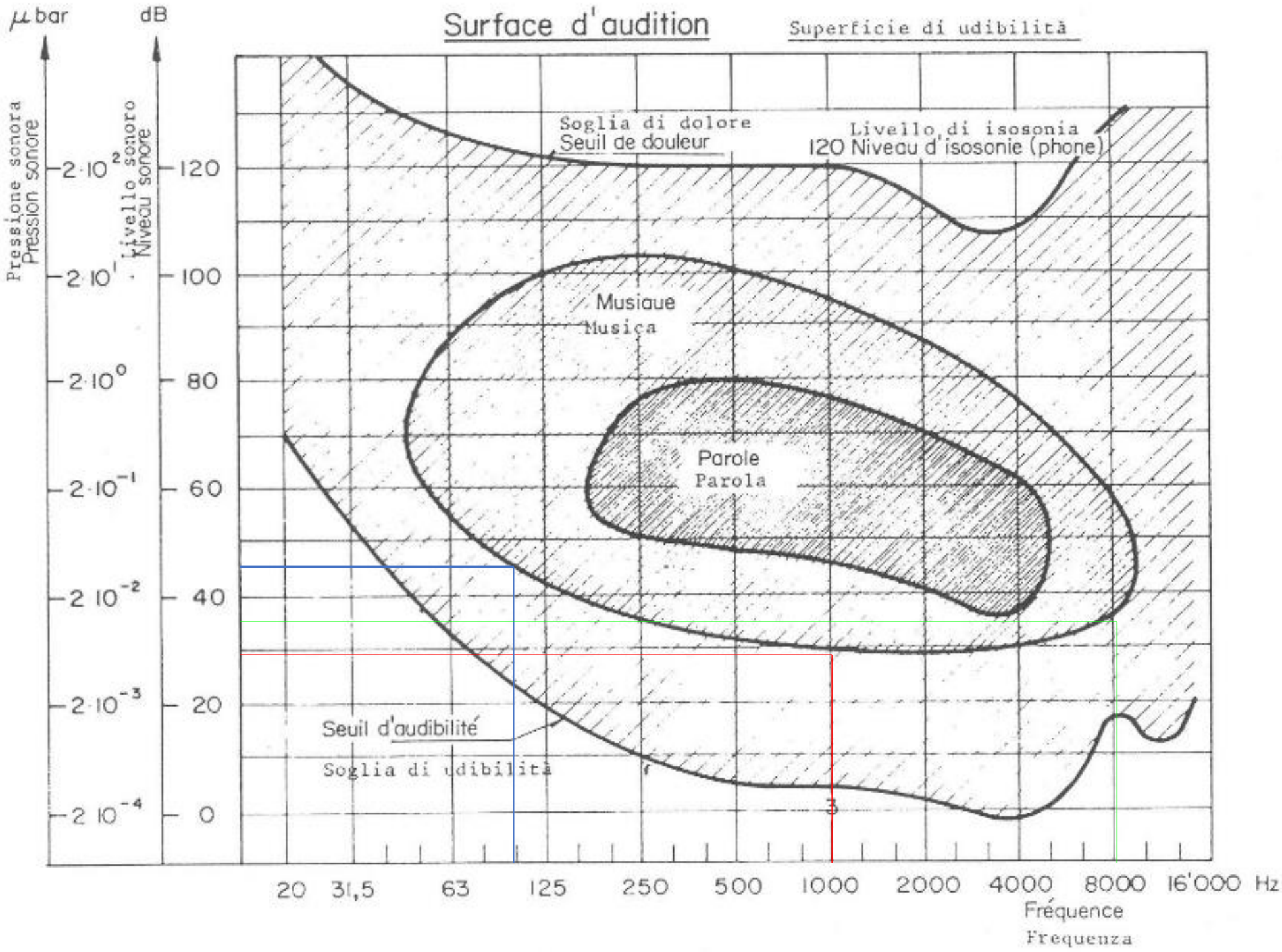
NON TABELLATE: contratte nell'esercizio lavorativo a causa di lavorazioni non specificate nella tabella allegata al D.P.R. 1124/65. Ad esempio: ipoacusia da rumore da attività scolastica.

EPIDEMIOLOGIA: DATI INDICATIVI

MALATTIE PROFESSIONALI	RENDITE DIRETTE (%)
Ipoacusie e sordità da rumore	50
Asbestosi	8
Malattie professionali Cutanee	5
Silicosi	4
Neoplasie amianto correlate	4
MP da vibrazioni	3
Asma-alveoliti	2
Non tabellate	15
Altre	9
Totale	100

L’orecchio umano non è sensibile allo stesso modo a frequenze e intensità diverse.
Nel diagramma a seguire è riportata una rappresentazione **frequenza** (in ascisse) / pressione sonora (in ordinata) dalla quale si osservano le diverse soglie di udibilità per le diverse frequenze, e il fatto che le soglie minime e quelle del dolore (le massime) sono diverse in funzione dell’intervallo di frequenza considerato.

Le differenze nella ricezione fanno si che un suono della frequenza di 1 kHz con un livello di pressione acustica di 30 dB sembri altrettanto forte di un suono della frequenza di 100 Hz con un livello di pressione acustica di 45 dB o di un suono della frequenza di 8 kHz e con un livello di pressione acustica di circa 40 dB.

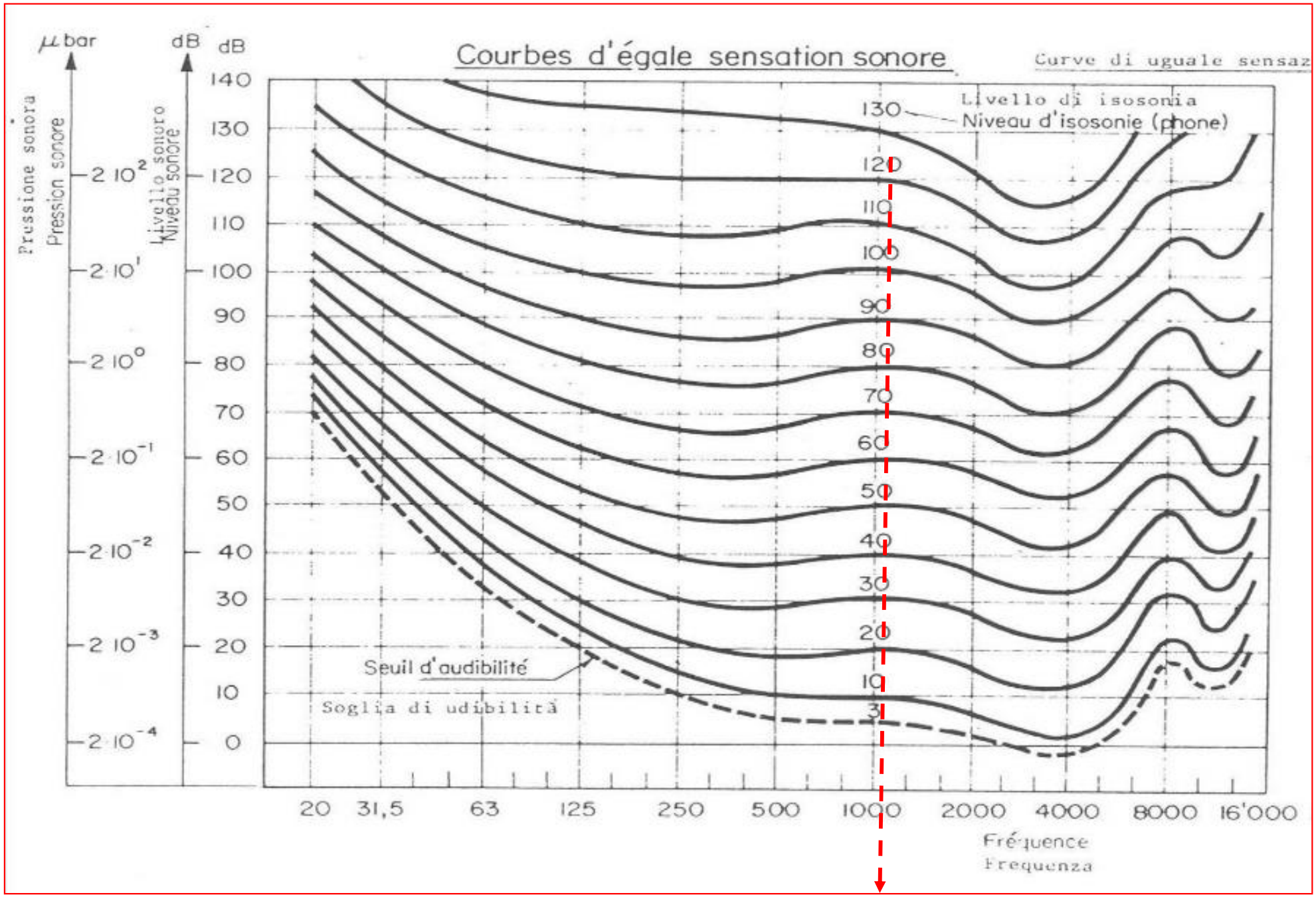

Surface d'audition
Superficie di udibilità
μbar
dB
Pressione sonora
Pression sonore
Livello sonoro
Niveau sonore
2·10²
2·10¹
2·10⁰
2·10⁻¹
2·10⁻²
2·10⁻³
2·10⁻⁴
120
100
80
60
40
20
0
Soglia di dolore
Seuil de douleur
Livello di isosonia
120 Niveau d'isosonie (phone)
Musique
Musica
Parole
Parola
Seuil d'audibilité
Soglia di udibilità
20
31,5
63
125
250
500
1000
2000
4000
8000
16'000 Hz
Fréquence
Frequenza

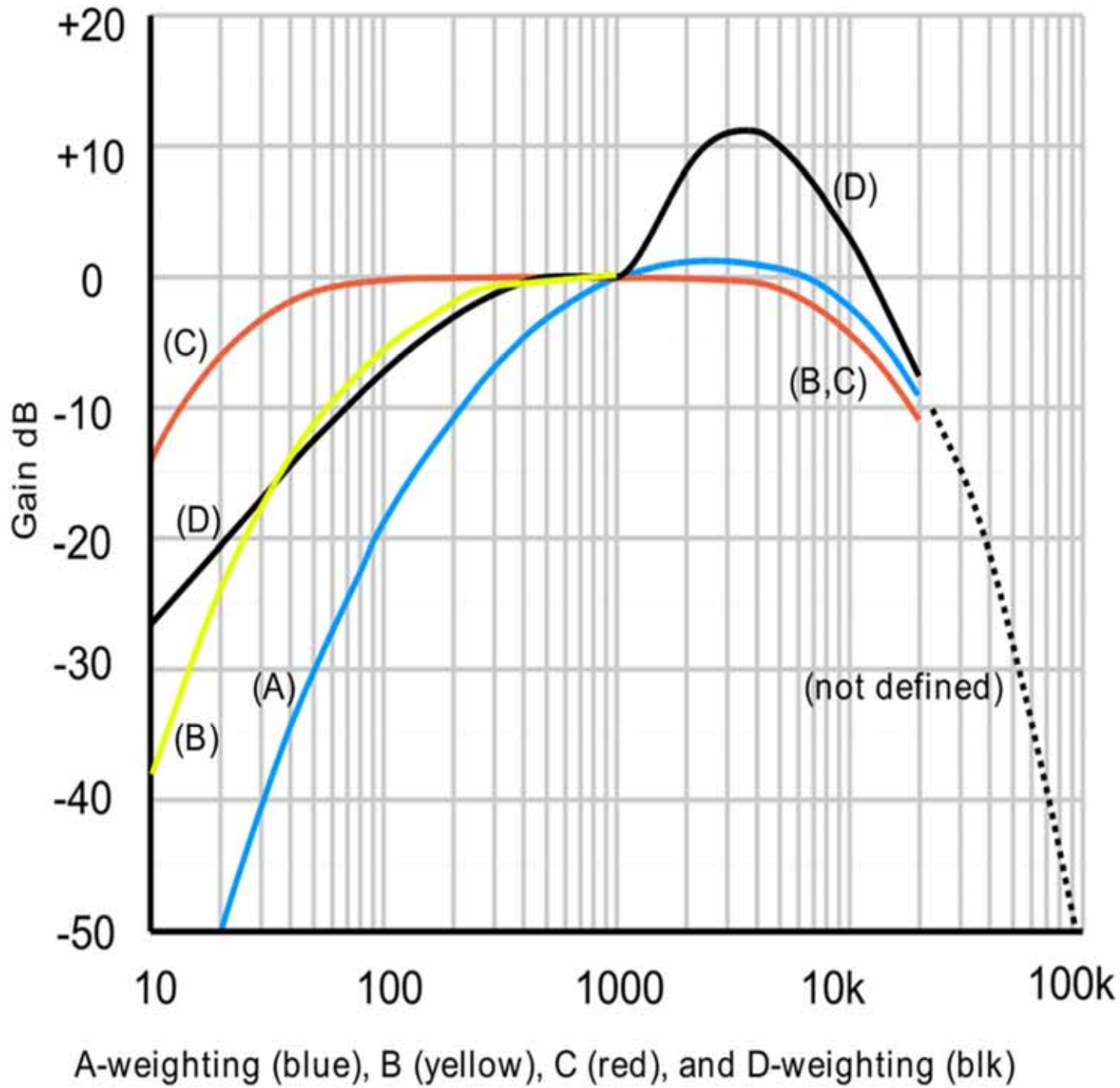
L’orecchio umano ha sensazioni diverse a parità di intensità di rumori che hanno frequenze differenti. La sensibilità massima è nell’intorno 3000-5000 Hz (servono rumori più bassi per avere la stessa sensazione rispetto alle altre frequenze) e tale differenza si va appiattendo in generale al crescere delle intensità.

Il **phon** è l’unità di misura della sensazione uditiva (loudness).

A 1000 Hz coincide con il decibel.

dB


Courbes d'égale sensation sonore
Curve di uguale sensaz
μbar
dB
dB
Pressione sonora
Pression sonore
Livello sonoro
Niveau sonore
Livello di isosonia
Niveau d'isosonie (phone)
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
3
Seuil d'audibilité
Soglia di udibilità
2 10²
2 10¹
2 10⁰
2 10⁻¹
2 10⁻²
2 10⁻³
2 10⁻⁴
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
20
31,5
63
125
250
500
1000
2000
4000
8000
16'000
Fréquence
Frequenza



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.

Le differenze nella ricezione dei suoni in base alla frequenza e al livello fanno sì che per valutare il rischio di perdita dell'udito si ricorra a livelli di pressione acustica ponderati.

- Un livello di pressione acustica ponderato A, espresso in dB(A), corrisponde al meglio alla ricezione soggettiva dei suoni a un **livello basso** di pressione acustica.
- Un livello di pressione acustica ponderato C, espresso in dB(C), corrisponde al meglio alla ricezione soggettiva dei suoni a un **livello alto** di pressione acustica.

Frequenza Hz	Ponderazione A	Ponderazione B	Ponderazione C	Ponderazione D
10	- 70,4	- 38,2	- 14,3	- 26,5
12,5	- 63,4	- 33,2	- 11,2	- 24,5
16	- 56,7	- 28,5	- 8,5	- 22,5
20	- 50,5	- 24,2	- 6,2	- 20,5
25	- 44,7	- 20,4	- 4,4	- 18,5
31,5	- 39,4	- 17,1	- 3,0	- 16,5
40	- 34,6	- 14,2	- 2,0	- 14,5
50	- 30,2	- 11,6	- 1,3	- 12,5
63	- 26,2	- 9,3	- 0,8	- 11,0
80	- 22,5	- 7,4	- 0,5	- 9,0
100	-19,1	- 5,6	- 0,3	- 7,5
125	- 16,1	- 4,2	- 0,2	- 6,0
160	- 13,4	- 3,0	- 0,1	- 4,5
200	- 10,9	- 2,0	0	- 3,0
250	- 8,6	- 1,3	0	- 2,0
315	- 6,6	- 0,8	0	- 1,0
400	- 4,8	- 0,5	0	- 0,5
500	- 3,2	- 0,3	0	0
630	- 1,9	- 0,1	0	0
800	- 0,8	0	0	0
1000	0	0	0	0
1250	+ 0,6	0	0	+ 2,0
1600	+ 1,0	0	- 0,1	+ 5,5
2000	+ 1,2	- 0,1	- 0,2	+ 8,0
2500	+ 1,3	- 0,2	- 0,3	+ 10,0
3150	+ 1,2	- 0,4	- 0,5	+ 11,0
4000	+ 1,0	- 0,7	- 0,8	+ 11,0
5000	+ 0,5	- 1,2	- 1,3	+ 10,0
6300	- 0,1	- 1,9	- 2,0	+ 8,5
8000	- 1,1	- 2,9	- 3,0	+ 6,0
10000	- 2,5	- 4,3	- 4,4	+ 3,0
12500	- 4,3	- 6,1	- 6,2	0
16000	- 6,6	- 8,4	- 8,5	- 4,0

la ponderazione fornisce alle diverse frequenze i valori che **devono essere sommati** algebricamente, frequenza per frequenza, ai valori misurati.

La ***curva di ponderazione A***, che corrisponde all'isofonica di 40 phon, attualmente di più diffuso impiego, è particolarmente utile per livelli sotto i 60 dB.

La ***curva di ponderazione B***, ricavata dalla isofonica di 60 phon, è utile per livelli tra i 60 e gli 80 dB. E' comunque attualmente in disuso.

La ***curva di ponderazione C*** che corrisponde all'isofonica di 100 phon, è utile per livelli superiori agli 80 dB e presenta la caratteristica di essere piatta come la curva lineare, cioè non ponderata, nella parte centrale dello spettro udibile.

La ***curva di ponderazione D*** è stata introdotta per valutare livelli molto forti, con particolare riferimento al rumore prodotto dagli aerei.

frequenza	curva A (dB)	curva B (dB)	curva C (dB)	curva D (dB)
10	-70,4	-38,2	-14,3	-26,5
12,5	-63,4	-33,2	-11,2	-24,5
16	-56,7	-28,5	-8,5	-22,5
20	-50,5	-24,2	-6,2	-20,5
25	-44,7	-20,4	-4,4	-18,5
31,5	-39,4	-17,1	-3	-16,5
40	-34,6	-14,2	-2	-14,5
50	-30,2	-11,6	-1,3	-12,5
63	-26,2	-9,3	-0,8	-11
80	-22,5	-7,4	-0,5	-9
100	-19,1	-5,6	-0,3	-7,5
125	-16,1	-4,2	-0,2	-6
160	-13,4	-3	-0,1	-4,5
200	-10,9	-2	0	-3
250	-8,6	-1,3	0	-2
315	-6,6	-0,8	0	-1
400	-4,8	-0,5	0	-0,5
500	-3,2	-0,3	0	0

Il livello equivalente sonoro L_{Aeq}

Tenendo conto della sensibilità dell'orecchio umano, si introduce il livello equivalente sonoro ponderato A, $\mathbf{L_{Aeq,t}}$, che rappresenta il livello sonoro di una ipotetica sorgente costante che produrrebbe all'orecchio la stessa energia acustica della sorgente reale nell'intervallo di tempo della misura

- $\mathbf{L_{EX,d}}$ è il livello di esposizione giornaliera
- $\mathbf{L_{Aeq,T_e}}$ è il livello sonoro equivalente continuo ponderato A
- $\mathbf{T_0}$ è il tempo di lavoro giornaliero, posto pari ad 8h, 28800 sec;
- $\mathbf{T_e}$ è il tempo di esposizione personale del lavoratore, ivi compresa la quota di straordinario giornaliero;
- $\mathbf{P_0}$ è la pressione sonora cui corrisponde il livello sonoro più basso udibile a 1000 Hz, essa è posta pari a $2x10^{-6}$ Pa;
- $\mathbf{P_A}$ è la pressione acustica istantanea ponderata A, in Pa

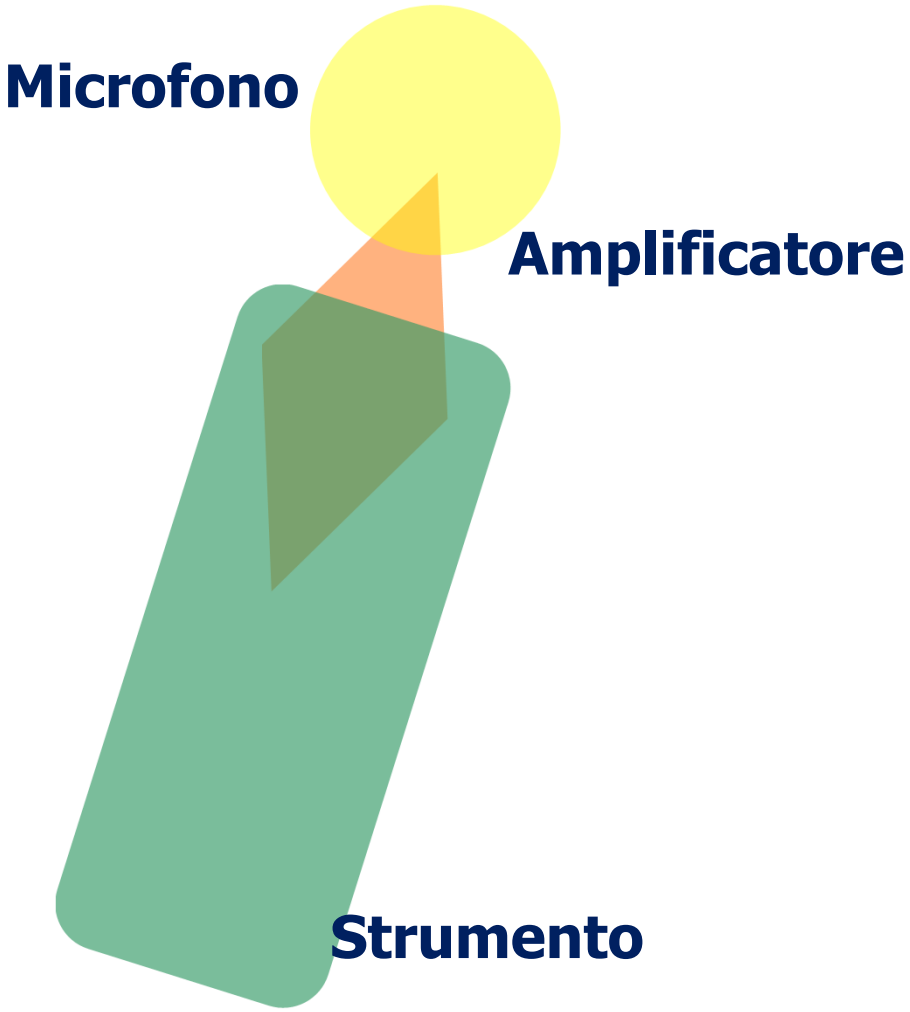
$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[1/T \int_T \left[p_{Aeff}(t) / p_o \right]^2 dt\right] \quad [dB(A)]$$

Fonometri

I Fonometri sono apparecchi atti alla misurazione del Rumore come Livello di Pressione Sonora (SPL, Sound Pressure Level), indicando l'energia acustica espressa in forma logaritmica e la cui unità di misura è il decibel (dB).

A livello nazionale ed internazionale esistono dei parametri minimi cui devono rispondere i Fonometri. Essi sono pertinenza della IEC (International Electrotechnical Commission).

Fonometro



Il fonometro, sostanzialmente, è costituito da:

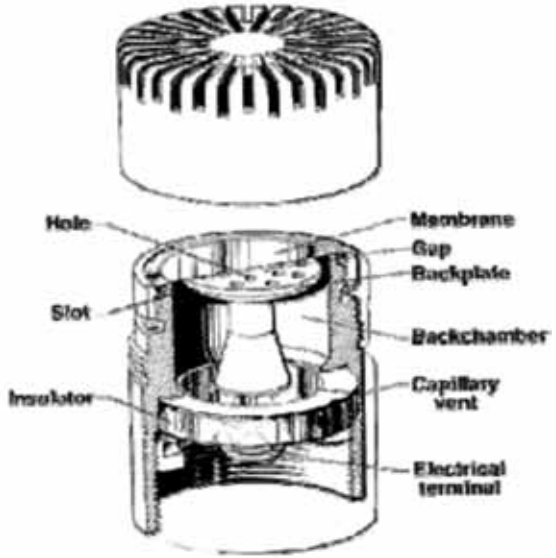
- un trasduttore (microfono)
- un attenuatore / amplificatore di segnale (fondo scala)
- un circuito di pesatura (filtri)
- un dispositivo integratore di segnale
- un dispositivo di memorizzazione
- un display

Microfoni

Componente essenziale del Fonometro è il Microfono, cioè il mezzo che noi realmente utilizziamo per intercettare le onde sonore. I Fonometri utilizzano dei **Microfoni a Condensatore** i quali rispetto ai Microfoni a Velocità risultano avere una maggiore sensibilità, una buona risposta in frequenza e una notevole gamma dinamica, nonostante siano più delicati ed estremamente sensibili alle **condizioni ambientali**.

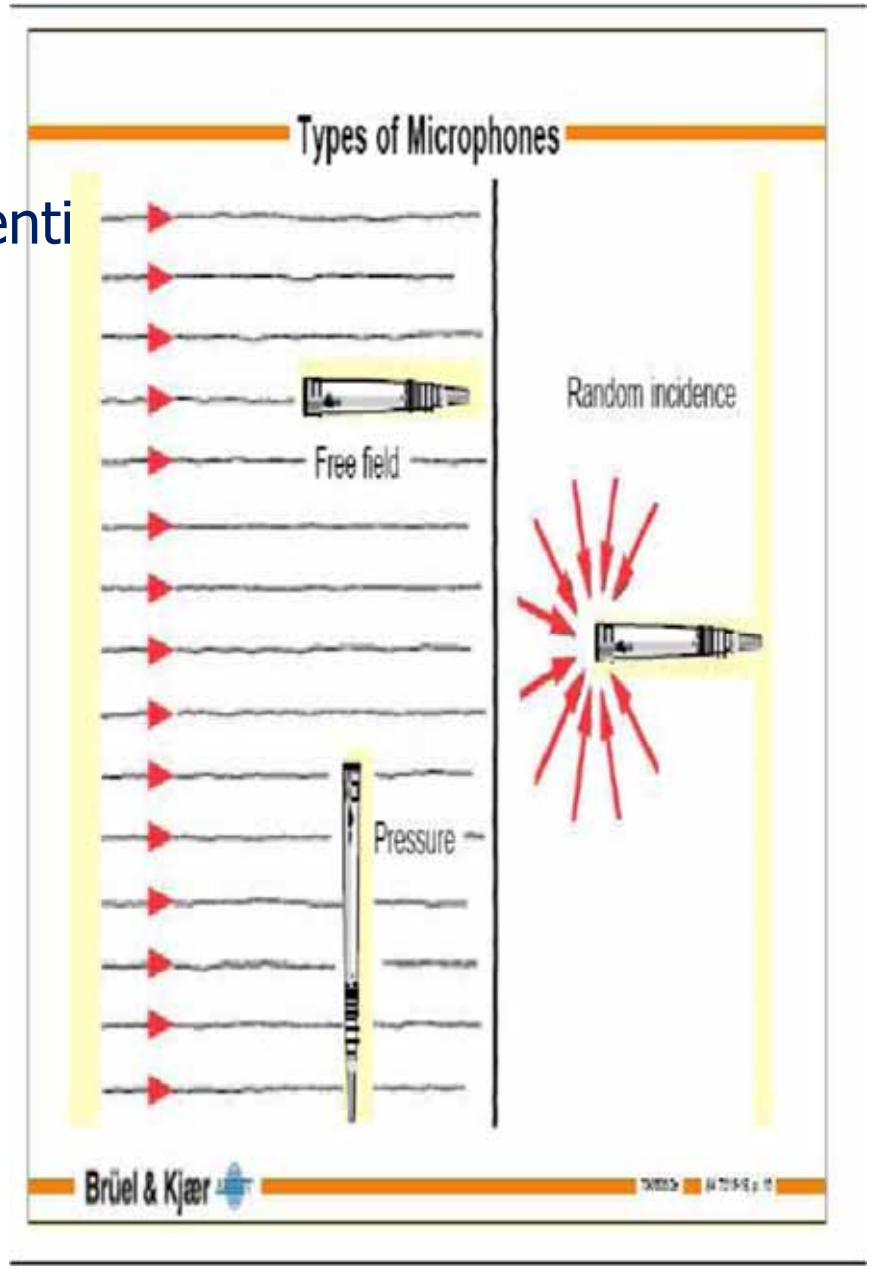
Microfoni a Condensatore

Microfoni a Velocità



Tipi di microfoni

A seconda del tipo di Rumore da misurare si utilizzano tipologie differenti di microfoni, raggruppabili essenzialmente in tre categorie:



Free Field Microphones

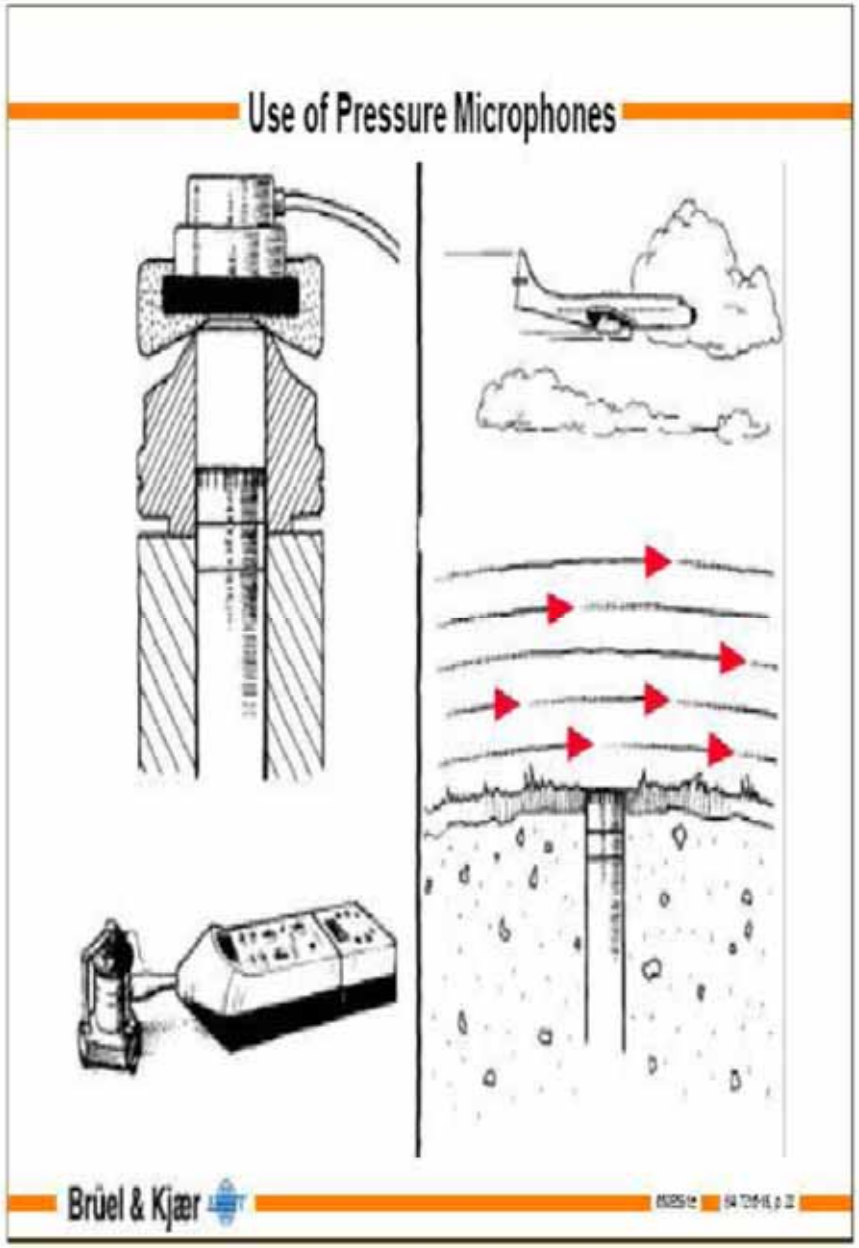
Pressure Microphones

Random Incidence Microphones

Free field microphones

È un tipo di Microfoni che richiede di essere orientato verso la Sorgente del Rumore. Essi si prestano bene quindi principalmente per le Misurazioni Ambientali nei confronti di Sorgenti di Rumore note o facilmente individuabili.

Pressure microphones

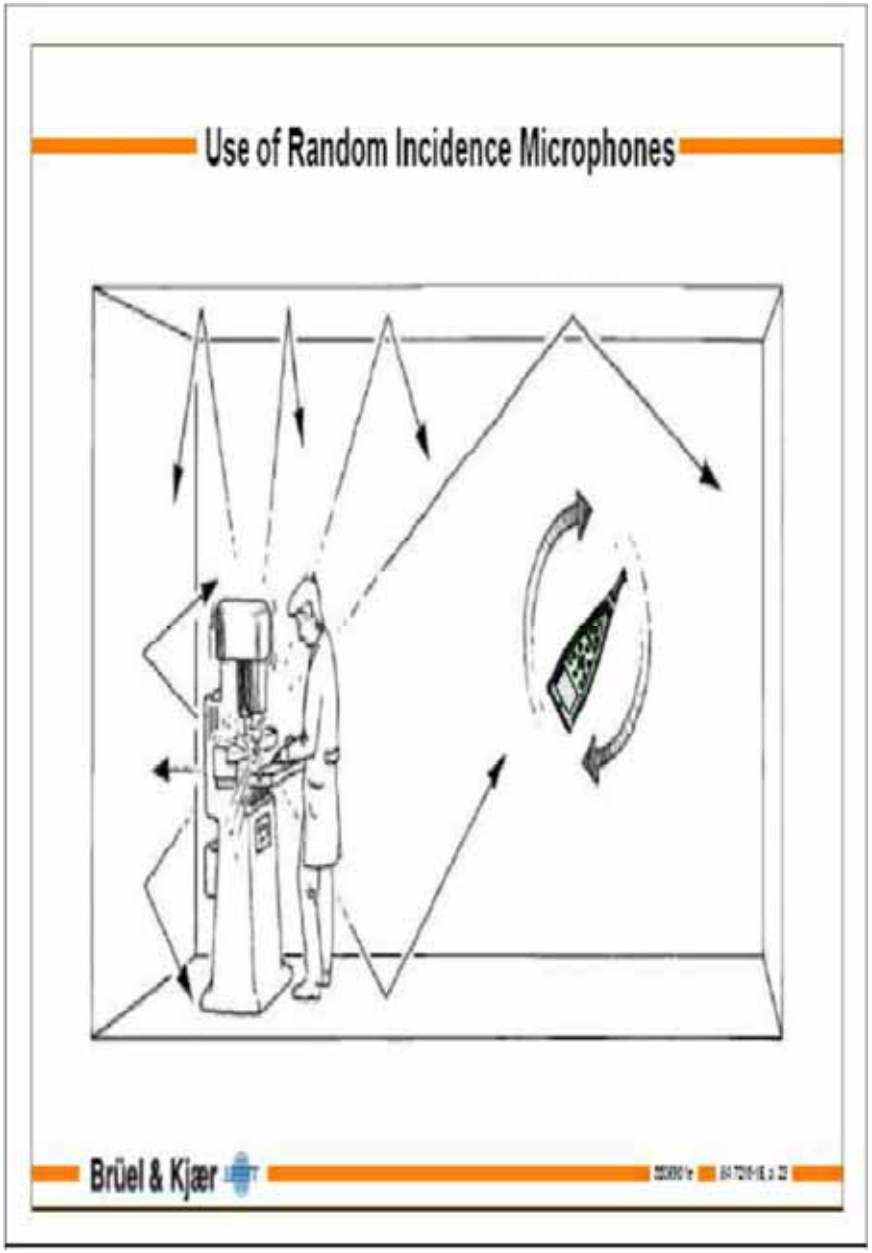


Tipo di Microfoni che invece è strutturato in maniera tale da essere efficace in quelle particolari circostanze in cui la valenza pressoria del Rumore è particolarmente rilevante.

Come nell'esempio potrebbe essere il caso di un Rumore proveniente dal passaggio di un aereo o anche… di un treno.

Random incidence microphones

Questo tipo di Microfoni infine è indipendente dalla direzionalità dell'onda sonora ed è quindi ideale per le Misurazioni in Ambienti Confinati, in cui, oltre alla componente sonora vibratoria diretta, può essere importante anche considerare anche ulteriori componenti sonore indirette nella Valutazione Globale di esposizione al Rumore.



Classificazione dei fonometri

La norma CEI EN 61672 "Elettroacustica - Fonometri- Parti 1,2,3" prevede 4 classi di strumenti a cui corrispondono quattro livelli di precisione via via decrescenti:

•**classe 0** - fonometri da laboratorio di riferimento

•**classe 1** - fonometro per misure da laboratorio o sul campo in condizioni acustiche definite

•**classe 2** - fonometro per uso generale per misure sul campo

•**classe 3** - fonometro per indagini sul campo di carattere preliminare e per verificare se eventuali limiti stabiliti vengano significativamente violati.

Va precisato che la vigente legislazione italiana di controllo **dell'inquinamento acustico** prescrive l'utilizzo di fonometri integratori di classe 1. I fonometri di classe 1 utilizzati per **misurazioni di validità legale**, devono essere sottoposti assieme all'intera catena di misura (preamplificatore, microfono, banchi di filtri, calibratore) a **taratura periodica biennale** obbligatoria da parte di enti accreditati dallo Stato, al fine di validarne il corretto funzionamento; gli **estremi dei cer**tificati di taratura devono essere riportati sulle perizie fonometriche.

Alcuni parametri considerati ad esempio dalle norme per i Fonometri:

- Precisione in Frequenza
- Precisione nelle Pesature A-B-C
- Dinamica delle Risposte SLOW(lenta) e FAST(veloce)* (vedi seguito)
- Precisione nella Risposta Direzionale
- Stabilità nel Tempo
- Stabilità a temperatura, Umidità, Vibrazioni, Trasporto, Campi Magnetici ed Elettrostatici
- Precisione dello Strumento Indicatore

Leq	Valore medio integrato, durante un determinato periodo di tempo.
SPL (Sound Pressure Level)	Livello RMS* massimo nell'intervallo di 1 secondo
SEL (Sound Exposure Level)	Valore continuo e progressivo dell'accumulo del rumore nel tempo, secondo una integrazione lineare.
MAXL (valore massimo)	Livello RMS* massimo raggiunto durante una misurazione, con la costante di tempo impostata.
MAXP	Livello di Picco Massimo
MINL	Livello RMS* minimo raggiunto durante una misurazione, con la costante di tempo impostata.
INST	Livello RMS* campionato in 1 secondo
PEAK	Livello di picco massimo in un intervallo di un secondo

***RMS (*Root Mean Square*) valore medio tra il picco massimo e il picco minimo di un segnale nel tempo**

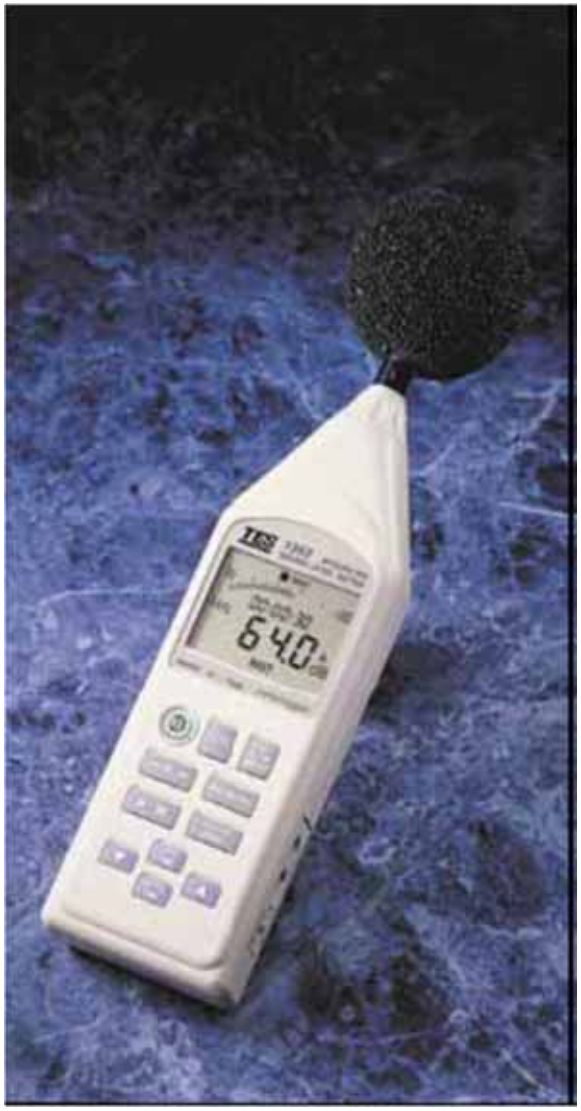
UTILIZZO COSTANTI DI TEMPO

- **Fast** (125 ms), fornisce tempi di risposta rapidi da parte dello strumento e consente di misurare livelli di rumore per sorgenti caratterizzate da **variazioni non troppo rapide** enfatizzando leggermente i valori massimi rilevati.
- **Slow** (1 s), fornisce tempi di risposta maggiori rispetto alla precedente ed è utile per misurare sorgenti di rumore **fortemente variabili**. A differenza della precedente avrà valori massimi inferiori evidenziando però quelli minimi.
- **Impulse** (35 ms), utilizzata per la valutazione di **sorgenti im**pulsive (es. pressa meccanica).
- **Peak** (20 μs), ha la caratteristica di avere tempi di risposta più rapidi di quelli dell'orecchio umano. In particolare è utilizzata per l'analisi di quei suoi che possono attraversare tutte le difese naturali dell'udito e che possono provocare seri danni

Fonometri integratori

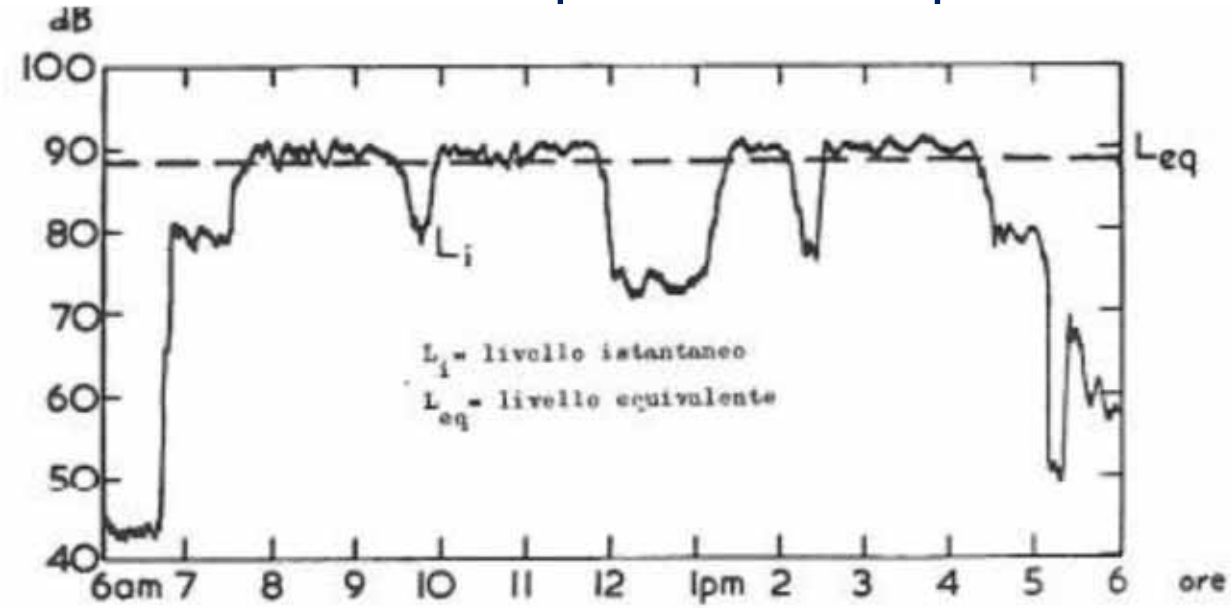
Oltre ai classici Fonometri, esistono due ulteriori tipi di strumenti:

- **Fonometri Integratori**
- **Fonometri per Analisi di Frequenza**



Fonometri integratori

I Fonometri Integratori, che esteticamente non differiscono molto dai fratelli minori, sono apparecchi che oltre a fornire il valore istantaneo del Rumore (SPL in dB) sono in grado di calcolare il suo valore integrato (L_{eq}, Level Equivalent Quantity), in parole semplici: il livello medio del Rumore, durante un determinato periodo di tempo.



I fonometri integratori, compresi i microfoni e i cavi associati, devono soddisfare ai requisiti della classe 1 o classe 2 ai sensi delle norme IEC 61672 o IEC 651 e IEC 804.

Fonometri per analisi di frequenza

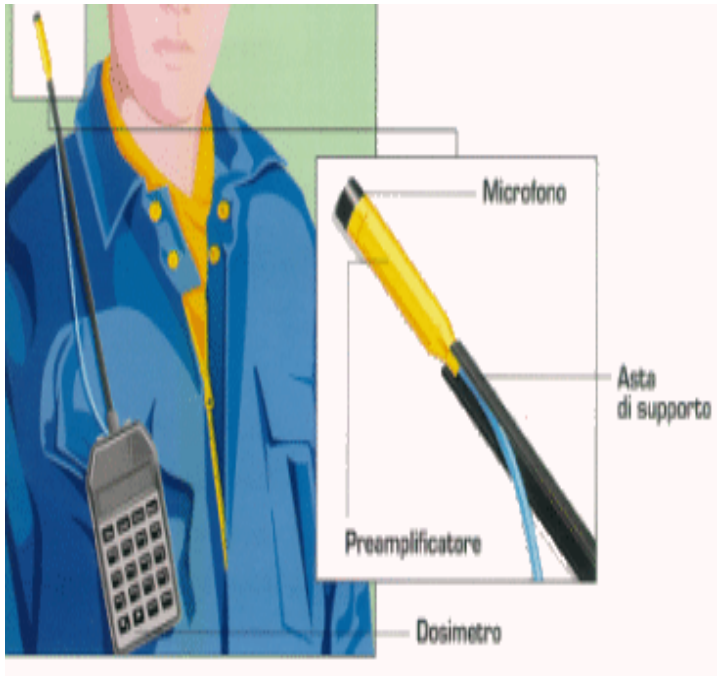
Questa ulteriore tipologia di Fonometri non si limitano a fornire il solo valore istantaneo del Rumore (SPL), ma permettono di selezionare le frequenze che lo compongono e per ciascuna di esse indicarne il valore in dB. Di norma essi possono misurare soltanto una frequenza per volta, per cui non risultano adatti a Rumori di breve durata.

In tali casi si utilizzano degli Strumenti per l'Analisi di Frequenza in Tempo Reale in grado di scomporre il segnale nelle singole frequenze e memorizzarne simultaneamente i relativi valori per poi visualizzarli ed elaborarli successivamente.

In casi particolari con tali dispositivi possono essere anche utilizzati dei filtri con frequenze in 1/3 di ottava (CEI EN 61260).

Dosimetro acustico indossabile

Esiste la possibilità di utilizzare tali apparecchiature al fine della Valutazione dell'Esposizione al Rumore, tuttavia la regola impone che il Microfono non sia sul corpo della persona bensì a 10 cm dall'orecchio più esposto ed a 4 cm dalla spalla.



I misuratori personali dell'esposizione sonora, compresi i microfoni e i cavi associati, devono soddisfare ai requisiti della IEC 61252. L'utilizzo di misuratori personali dell'esposizione sonora conformi ai requisiti della IEC 61672-1:2013, **classe 1,** sono raccomandati e dovrebbero essere necessari nel caso di esecuzione di misure a temperature molto basse o quando nel rumore vi è una presenza dominante di alte frequenze.

Calibrazione e taratura

Secondo la norma UNI 9432 punto 4.6

«Per gli strumenti indicati [...] deve essere eseguita la verifica periodica, con periodo non maggiore di 2 anni, della rispondenza alle caratteristiche descritte nelle CEI EN 60942 e CEI EN 61672-3.. a partire dall'immissione sul mercato. »

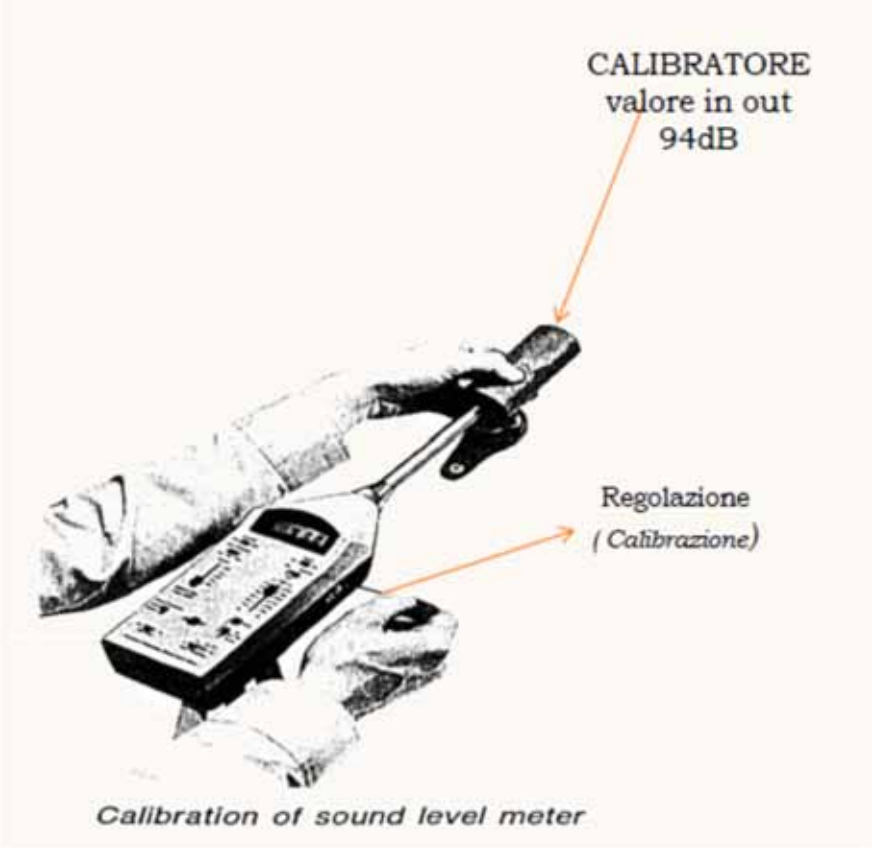
Le verifiche periodiche devono essere eseguite presso laboratori facenti parte del LAT, Laboratori di Taratura, o della EA o della ILAC MRA .

Per tarare il fonometro si monta sul microfono un calibratore che genera un tono puro a **1.000** Hz pari a **94** dB, in modo che la pressione sul microfono sia **1** Pa.

Si definisce **ACCURATEZZA DIFFERENZIALE** la massima variazione fra due calibrazioni.
Gli strumenti di classe 0 garantiscono un'*accuratezza differenziale* pari 0,1 dB mentre quelli di **classe 1 di 0,3 dB.**

Calibrazione e taratura

La norma prescrive che la variazione del livello indicata dallo strumento fra la calibrazione iniziale e quella finale sia inferiore a **0,3** dB.
Per calibrare un fonometro di classe **1** sarebbe necessario un calibratore di classe **0**, altrimenti, se verificando l'accuratezza differenziale si trovasse un valore superiore a **0,3** dB, non si potrebbe stabilire se tale maggiore errore sia imputabile al fonometro o al calibratore stesso.
Per tale motivo le *classi di accuratezza* dei calibratori sono **scalate di un'unità** rispetto a quelle dei fonometri.



N.B. *Se i risultati di* ***due o più calibrazioni*** *effettuate in momenti diversi ma successivi differiscono di* ***oltre 0,5 dB*** *rispetto al valore di taratura del calibratore, lo strumento deve essere controllato mediante nuova taratura. UNI 9432 p. 5.2*

VALUTAZIONE DEL RISCHIO

PERSONALE QUALIFICATO

Nello specifico, per quanto riguarda il rischio da esposizione a rumore si suggerisce di giudicare il personale qualificato **in termini di competenza** nell'applicare le norme tecniche e/o di buona prassi, conoscenza delle tecniche e metodi di misura, conoscenza e capacità di utilizzo della strumentazione adeguata, secondo i requisiti previsti dall'art.190, comma 3 e dalle norme tecniche di EN ISO 9612:2011 e UNI 9432:2011

Si fa presente che il **programma di studi previsto dal D.Lgs.42/2017** in materia di valutazione del rischio rumore nei luoghi di lavoro **non è idoneo** a garantire il possesso delle competenze e conoscenze nell'applicare il complesso insieme di norme tecniche e/o di buona prassi richieste ai fini dell'espletamento della valutazione del rischio rumore in ambito occupazionale, che richiede approfondimenti specifici non previsti dal percorso di studi previsto per il conseguimento della qualifica di Tecnico Competente in Acustica.

Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome

Gruppo Tematico Agenti Fisici

Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08

Parte 1: Titolo VIII Capo 1
Parte 2: Radiazione Solare
Parte 3: Microclima
Parte 4: Rumore
Parte 5: Vibrazioni

in collaborazione con:

INAIL

INAIL - Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro

Istituto Superiore di Sanità

Definizioni
Art. 188 D.Lgs. 81/08

… si intende per:

a) Pressione Acustica di Picco (Ppeak): valore massimo della pressione acustica istantanea ponderata in frequenza «C»

b) Livello di Esposizione Giornaliera al Rumore (LEX,8h): [dB(A) riferito a 20 (micro)gPa]: valore medio, ponderato in funzione del tempo, dei livelli di esposizione al rumore per una giornata lavorativa nominale di otto ore, definito dalla norma internazionale ISO 1999: 1990 punto 3.6. Si riferisce a tutti i rumori sul lavoro, incluso il rumore impulsivo

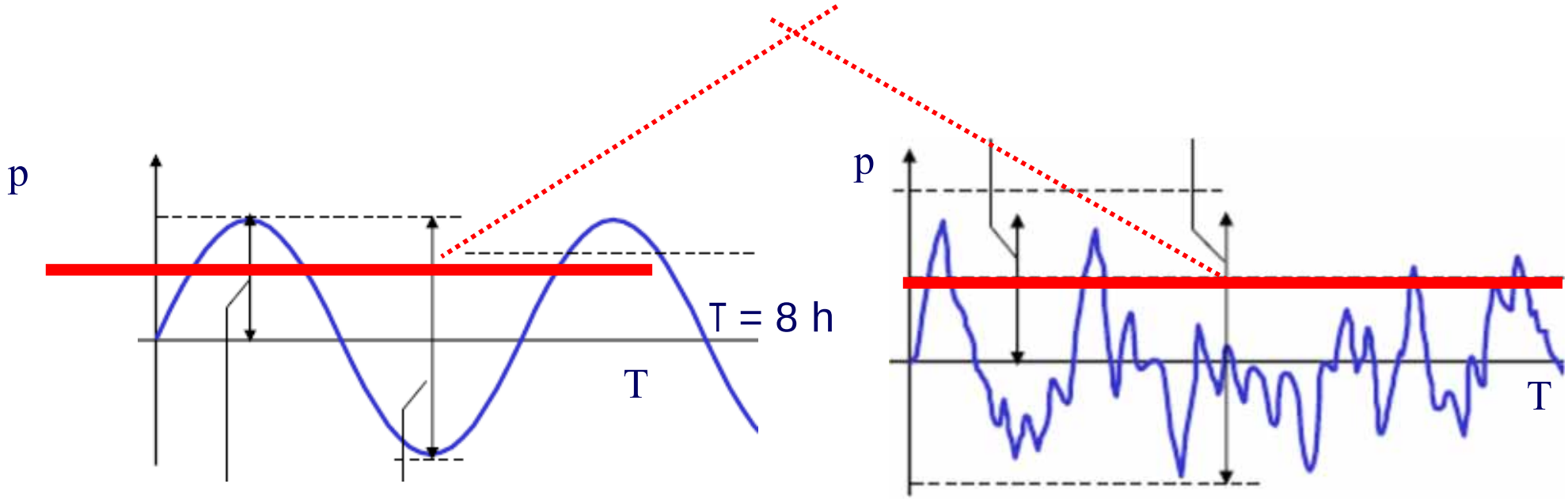
c) Livello di Esposizione Settimanale al rumore (LEX,8h): valore medio, ponderato in funzione del tempo, dei livelli di esposizione giornaliera al rumore per una settimana nominale di cinque giornate lavorative di otto ore, definito dalla norma internazionale ISO 1999: 1990 punto 3.6, nota 2

Valori di esposizione

I valori limite di esposizione e i valori di azione, in relazione al livello di esposizione giornaliera al rumore e alla pressione acustica di picco, sono fissati secondo l'art. 189 del D.Lgs. 81/08

	Livello di Esposizione Giornaliera LEX, 8h	**Pressione acustica di Picco P_{peak}**	**Livelli contenuti nel D.Lgs. n. 277/1991**
Valori Limite di Esposizione	**87 dB(A)**	**200 Pa = 137 dB(C)**	**90 dB(A)**
Valori Superiori di Azione	**85 dB(A)**	**140 Pa = 135 dB(C)**	**85 dB(A)**
Valori Inferiori di Azione	**80 dB(A)**	**112 Pa = 130 dB(C)**	**80 db(A)**

Livello di esposizione giornaliera (lex,8h)



Suono Armonico **Rumore**

I Valori Limite e i Valori di Azione riferiti al Livello di Esposizione Giornaliera nell'ambito di un turno di 8 ore lavorative, così come definiti dalle norme, rappresentano una misura di Livello Equivalente (L_{EQ}) della Pressione Sonora ponderata espressa in dB(A). Nella caso del Livello di Esposizione Settimanale semplicemente T = 40h, ma le implicazioni pratiche su come e quando effettuare tale Valutazione sono più complesse.

Lday e Lweek

Ove per le caratteristiche intrinseche dell'attività lavorativa l'esposizione giornaliera al rumore varia significativamente da una giornata all'altra, **è possibile sostituire il livello giornaliero con il livello settimanale dell'esposizione** a condizione che lo stesso non ecceda il valore di 87 dB compreso l'effetto di abbattimento dovuti ai D.P.I. e che siano adottare adeguate misure per ridurre al minimo i rischi

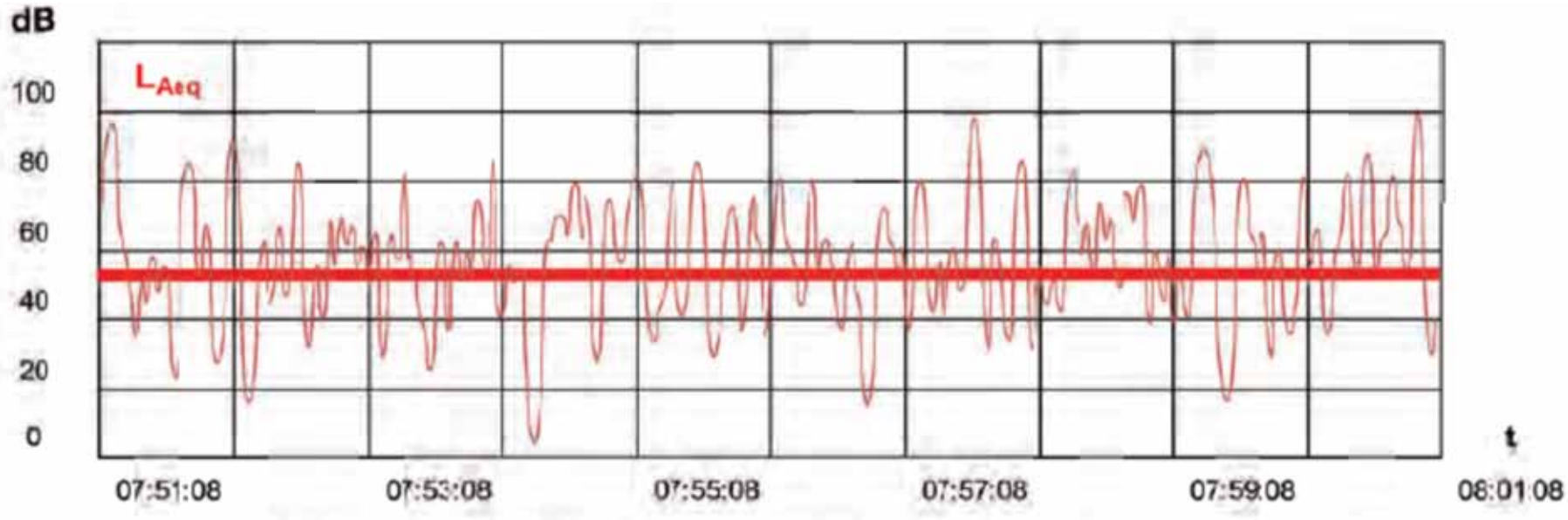
Livello sonoro continuo equivalente, $L_{Aeq,T}$

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[1/T \int_{t1}^{t2} [p_{effC}(t)/p_o]^2 \, dt\right] \quad [dB(A)]$$

Dove:

$T = t_2 - t_1$ è il tempo di misura

A è la curva di ponderazione in frequenza che "simula" l'orecchio umano a 40 phon; rappresenta la curva lineare standardizzata



Il livello di esposizione sonoro $L_{EX,8h}$

Ai fini della determinazione dell'esposizione personale l'articolo 188 definisce il Livello di esposizione personale giornaliera al rumore $L_{EX,8h}$:

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,Te} + 10 \log\left(\frac{T_e}{T_0}\right) = 10 \log\left(\frac{\sum_{i=1}^{M} 10^{0,1 L_{Aeq,Ti}} T_i}{T_0}\right)$$

Come integrazione delle esposizioni ai livelli $L_{Aeq,Ti}$ nelle postazioni *i* nei periodi T_i

Il livello di esposizione sonoro $L_{EX,w}$

Ai fini della determinazione dell'esposizione personale l'articolo 188 definisce anche il Livello di esposizione personale settimanale al rumore $L_{EX,w}$:

$$L_{EX,w} = 10\log\left(\frac{\sum_{k=1}^{m} 10^{0,1\left(L_{EX,8h}\right)_k}}{5}\right)$$

Come integrazione delle esposizioni dei $L_{EX,8h,i}$ nelle giornate lavorative della settimana.

Se è variabile si usa il massimo ricorrente

Valutazione del rischio

1. *Nell'ambito della valutazione dei rischi di* ***cui all'art. 190,*** *il datore di lavoro valuta il rumore durante il lavoro, considerando:*

a) ***livello, tipo e durata dell'esposizione****, ivi incluso il rumore impulsivo;*

b) I valori limite di esposizione e i ***valori di azione***

c) tutti gli effetti sulla salute e sicurezza dei ***lavoratori particolarmente sensibili*** *al rumore;*

d) tutti gli effetti sulla salute e sicurezza derivanti da interazione fra rumore e ***sostanze ototossiche e vibrazioni;***

e) tutti gli effetti sulla salute e sicurezza risultanti da interazione fra rumore e ***segnali di avvertimento****;*

f) Le informazioni ***sull'emissione di rumore fornite dai costruttori*** *delle attrezzature di lavoro;*

g) Esistenza di attrezzature di lavoro alternative progettate per ridurre l'emissione di rumore;

i) Le informazioni raccolte dalla sorveglianza sanitaria e quelle reperibili in letteratura

l) La disponibilità di DPI ***dell'udito*** *con adeguate caratteristiche di* ***attenuazione***

RELAZIONE TECNICA

Deve contenere:

- data e luogo delle misure
- descrizione dell'ambiente
- posizione del microfono e condizioni di misura
- definizione degli eventuali gruppi acusticamente omogenei
- strumentazione impiegata (marca, modello, matricola), data dell'ultima taratura effettuata e indicazione dell'ente di taratura
- livelli equivalenti di rumore, e, se presenti, i livelli di picco del rumore impulsivo, con le relative incertezze
- tempi di esposizione a ciascuna attività rumorosa, certificati dal datore di lavoro
- livelli di esposizione giornaliera o settimanale per ciascun lavoratore, con le relative incertezze
- attenuazione dei DPI se utilizzati e valutazione della loro efficacia
- livelli di esposizione giornaliera o settimanale per ciascun lavoratore, tenendo conto dei DPI, nel caso di superamento dei valori limite
- nome, cognome e firma del responsabile delle misurazioni

NORMATIVA TECNICA

- **UNI EN ISO 9612/2011** «Determinazione dell'esposizione al rumore negli ambienti di lavoro - Metodo tecnico progettuale»

- **UNI 9432/2011** (sostituisce la UNI 9432/2008, abrogata perché in contrasto con la ISO 9612) «Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell'ambiente di lavoro»

- **UNI TR 11347/2010** (Programma Aziendale Riduzione Esposizione)

La UNI EN ISO 9612:2011 introduce dei consistenti cambiamenti in particolare riguardo a:

- Strumentazione
- Determinazione dei tempi di esposizione
- Metodologia di misurazione
- Calcolo dell'incertezza

NORMATIVA TECNICA
9612+9432:2011 vs 9432:2008

Principali cambiamenti e non

- raccomandati i fonometri di classe 1
- durata misure > 1’ per rumori costanti/ciclici e 5’ per fluttuanti
- obbligo a sotto dividere il compito se ΔdB > 3 (ex 5)
- minimo 3 misure da ripetere se ΔdB > 3
- i Te vanno ottenuti dal “valutatore” con metodi soggettivi o oggettivi
- va calcolata l’incertezza sui Te
- presenza di un criterio di verifica dei GAO (incertezza di camp.<3,5 dB)
- ripristinata la possibilità di utilizzare il LEX “peggiore” della settimana e il concetto di settimana ricorrente a max rischio
- il LEX dei GAO è il valor medio energetico e non quello al 95%, ma ripristinata la possibilità di utilizzare il LEX “peggiore” del GAO
- rivoluzionato il calcolo dell’incertezza
- ripristinata la valutazione dei DPI-uditivi

NORMATIVA TECNICA: DIFFERENZE

Rispetto alla norma UNI 9432 la UNI EN ISO 9612 presenta alcune problematiche:

- richiede un impiego superiore di **tempo per le mis**urazioni di calcolo del livello di esposizione personale al rumore del lavoratore;
- le procedure per il **calcolo dell'incertezza** differiscono, richiedendo l'inserimento di un maggior numero di misurazioni e di parametri a parità di condizioni;
- la trattazione dell'esposizione dei gruppi omogenei di lavoratori non tiene conto del **carattere individuale** dell'esposizione.

L'edizione 2011 della UNI 9432 mantiene le puntualizzazioni in merito a particolari problemi, come alcuni metodi semplificati per la valutazione dei livelli sonori di esposizione, i criteri di valutazione di aspetti non descritti nella UNI EN ISO 9612, oltre a:

- dei metodi di **calcolo della protezione** offerta dai DPI uditivi ed alla loro efficacia nelle situazioni reali di utilizzo;
- un metodo per valutare il **superamento o meno** delle soglie previste dalla legislazione vigente.
- La nuova UNI 9432 **rimanda** alla UNI EN ISO 9612 per gli argomenti comuni.

Uni En Iso 9612-Strategie di misura

La scelta di un'adeguata strategia di misura è influenzata da fattori quali la motivazione per le misure, la complessità della situazione lavorativa, il n° di lavoratori coinvolti, l'effettiva durata della giornata lavorativa, il tempo a disposizione per le misure e l'analisi, la quantità di dati richiesti.
La norma indica **3 strategie**:
a) **misure basate sulle attività**: il lavoro svolto durante la giornata viene analizzata e divisa in un numero di attività rappresentative; per ogni determinata attività si eseguono separatamente le misure acustiche;
b) **misure basate sulle mansioni**: mediante campionatura casuale si ottengono delle misure di pressione sonora durante l'esecuzione di determinate mansioni;
c) **misure a giornata intera**: la pressione sonora viene misurata continuamente sull'arco completo di diverse giornate.
Vedi Appendice B della norma

Uni En Iso 9612-Strategie di misura

Tipologia o modalità di lavoro	Strategia di misurazione		
	Strategia 1 misurazioni basate sui compiti	Strategia 2 misurazioni basate sulle mansioni	Strategia 3 misurazioni a giornata intera
Postazione di lavoro fissa - Compito unico o semplice	(*) (**)	--	–
Postazione di lavoro fissa - Compiti complessi	(*) (**)	(*)	(*)
Lavoratore in movimento - Modalità prevedibile - Ridotto numero di compiti	(*) (**)	(*)	(*)
Lavoratore in movimento - Modalità prevedibile - Elevato numero di compiti o modalità di lavoro complessa	(*)	(*)	(*) (**)
Lavoratore in movimento - Modalità imprevedibile	--	(*)	(*) (**)
Lavoratore stazionario o in movimento - Compiti multipli con durate dei compiti non specificate	--	(*) (**)	(*)
Lavoratore stazionario o in movimento - Nessun compito assegnato	--	(*) (**)	(*)

(*) La strategia può essere utilizzata
(**) Strategia consigliata

STRATEGIE DI MISURAZIONE DEL RUMORE (PROSPETTO B. 1 DELLA NORMA UNI 9612:2011)

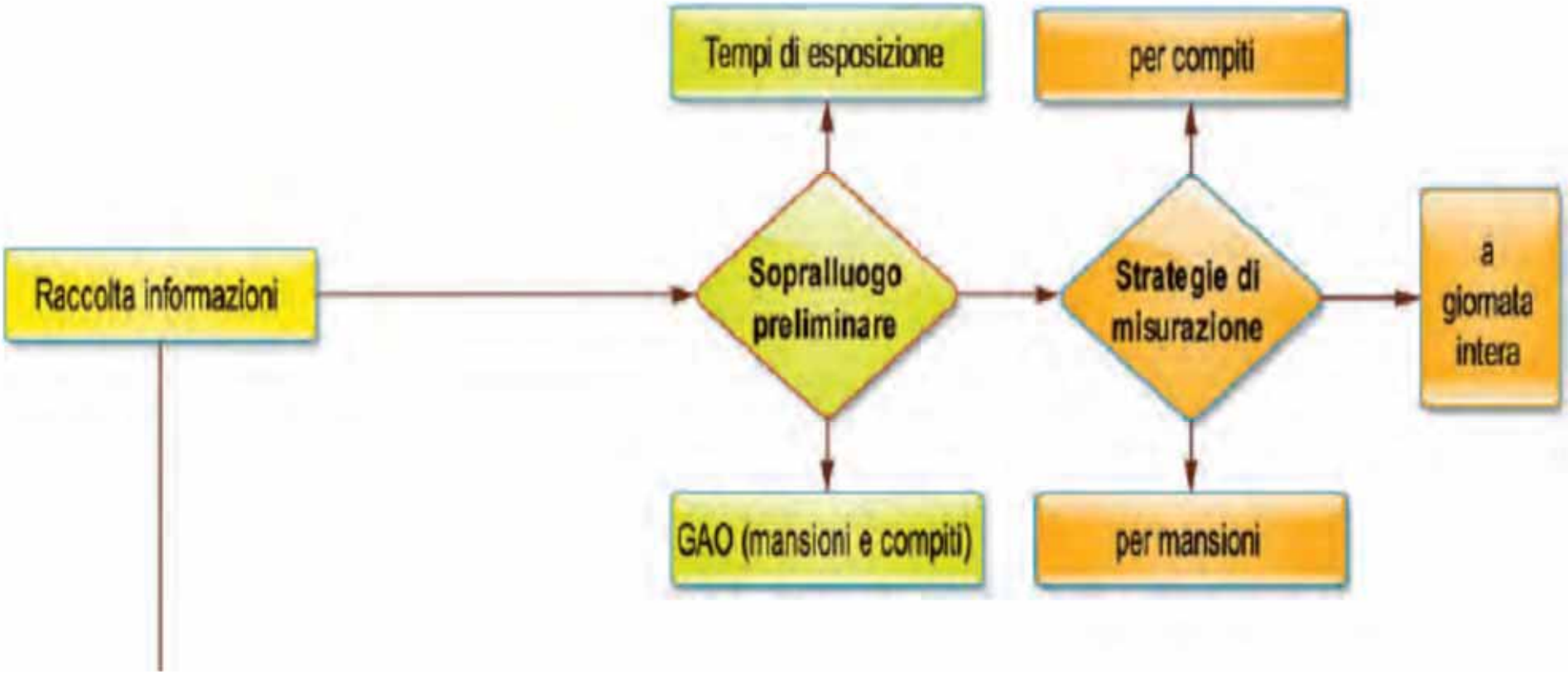
Uni En Iso 9612-Strategie di misura

Numero di lavoratori appartenenti al GAO (n_G)	**Durata minima cumulativa della misurazione** (da distribuirsi sull'intero GAO)
$n_G \leq 5$	5 h
$5 < n_G \leq 15$	5 h + (n_G – 5) x 0,5 h
$15 < n_G \leq 40$	10 h + (n_G – 15) x 0,25 h
$n_G > 40$	17 h o dividere il gruppo

La norma UNI EN ISO 9612:2011 individua la seguente **sequenza cronologica** per la valutazione
dell'esposizione dei lavoratori a rumore:

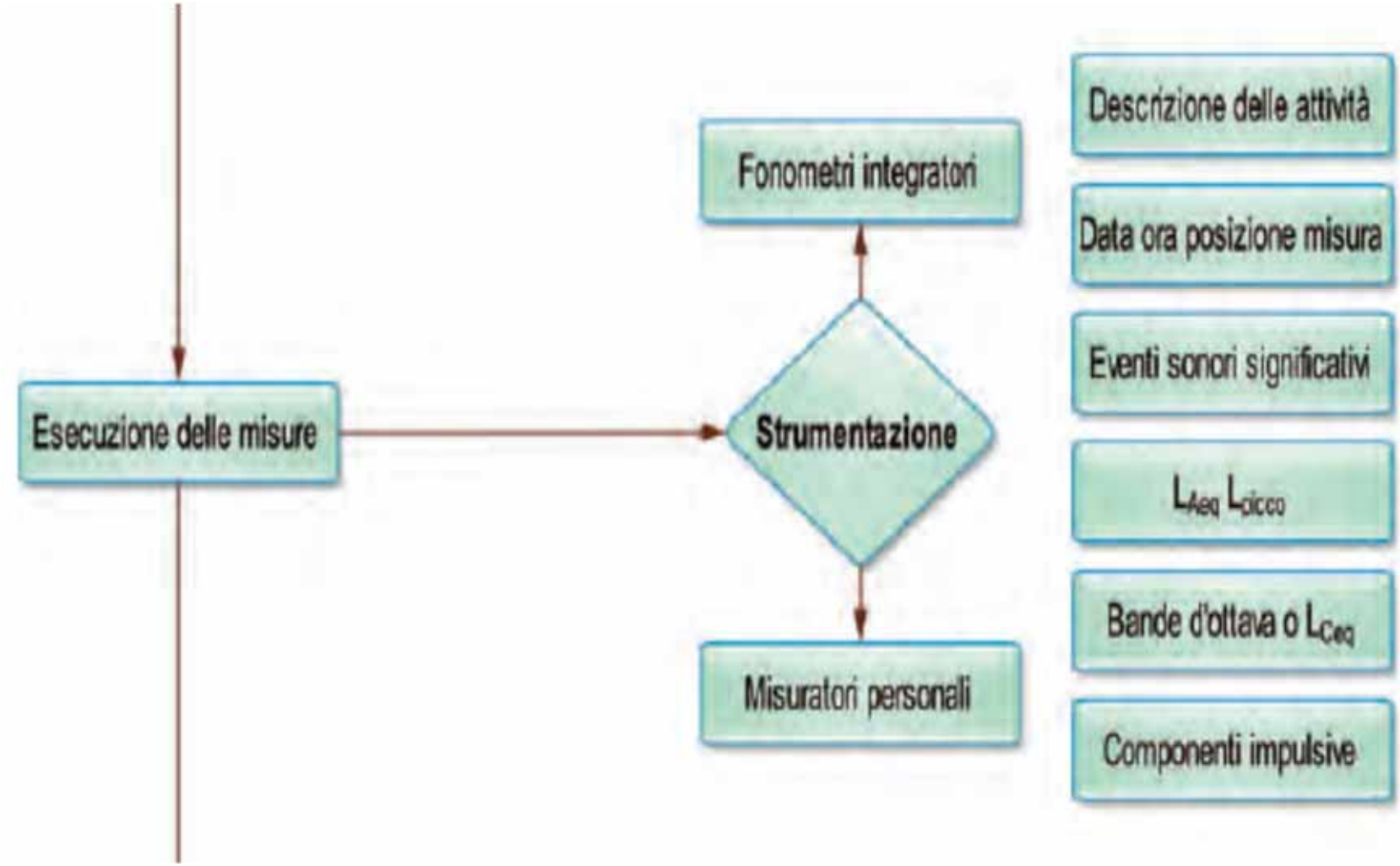
1. analisi del lavoro
2. selezione di una strategia di misurazione
3. pianificazione ed effettuazione delle misurazioni
4. gestione degli errori e delle incertezze
5. calcolo e presentazione dei risultati e delle incertezze

DIAGRAMMA DEL PROCESSO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE



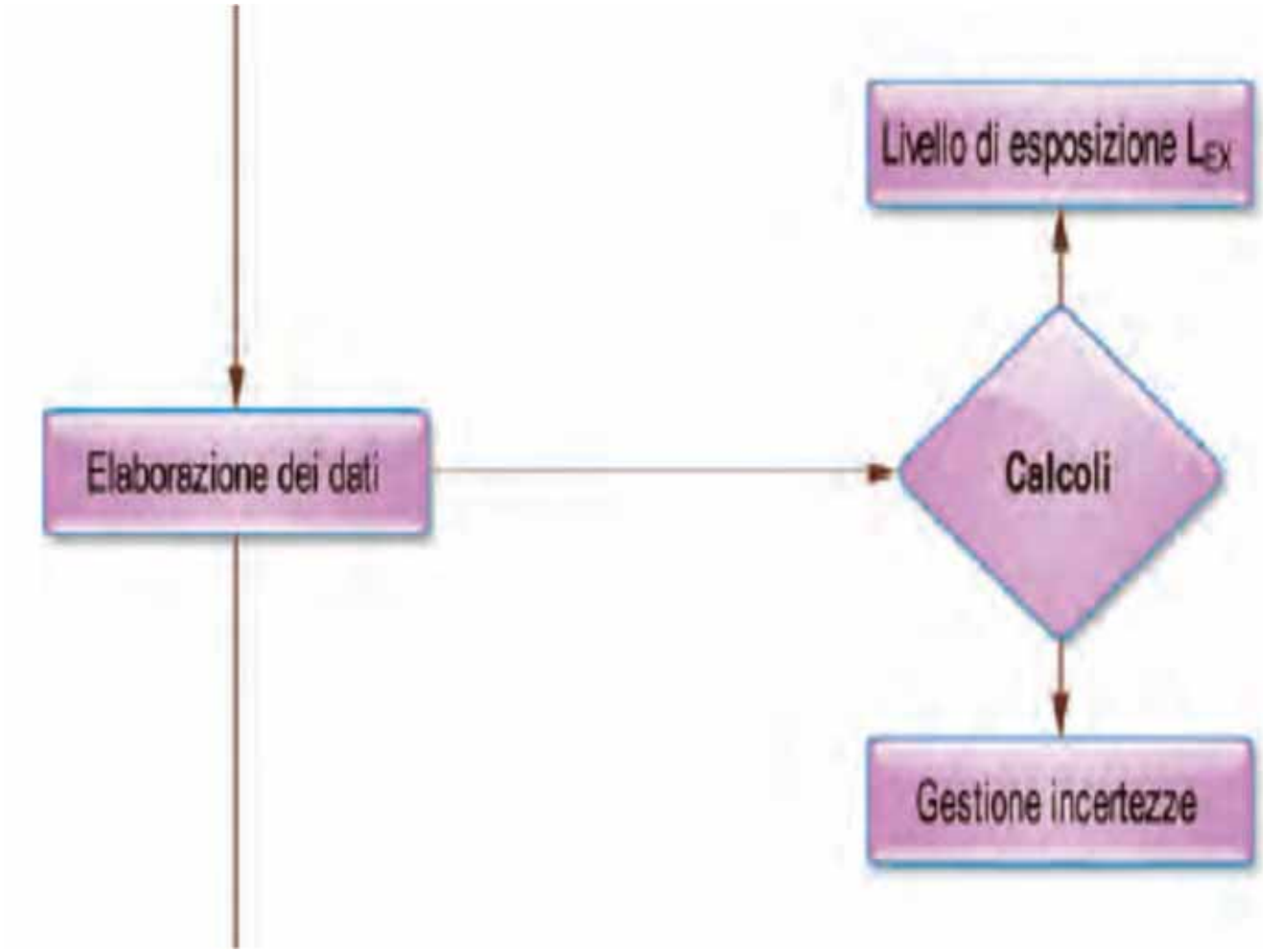
Fonte Inail «La valutazione del rischio rumore»

DIAGRAMMA DEL PROCESSO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE



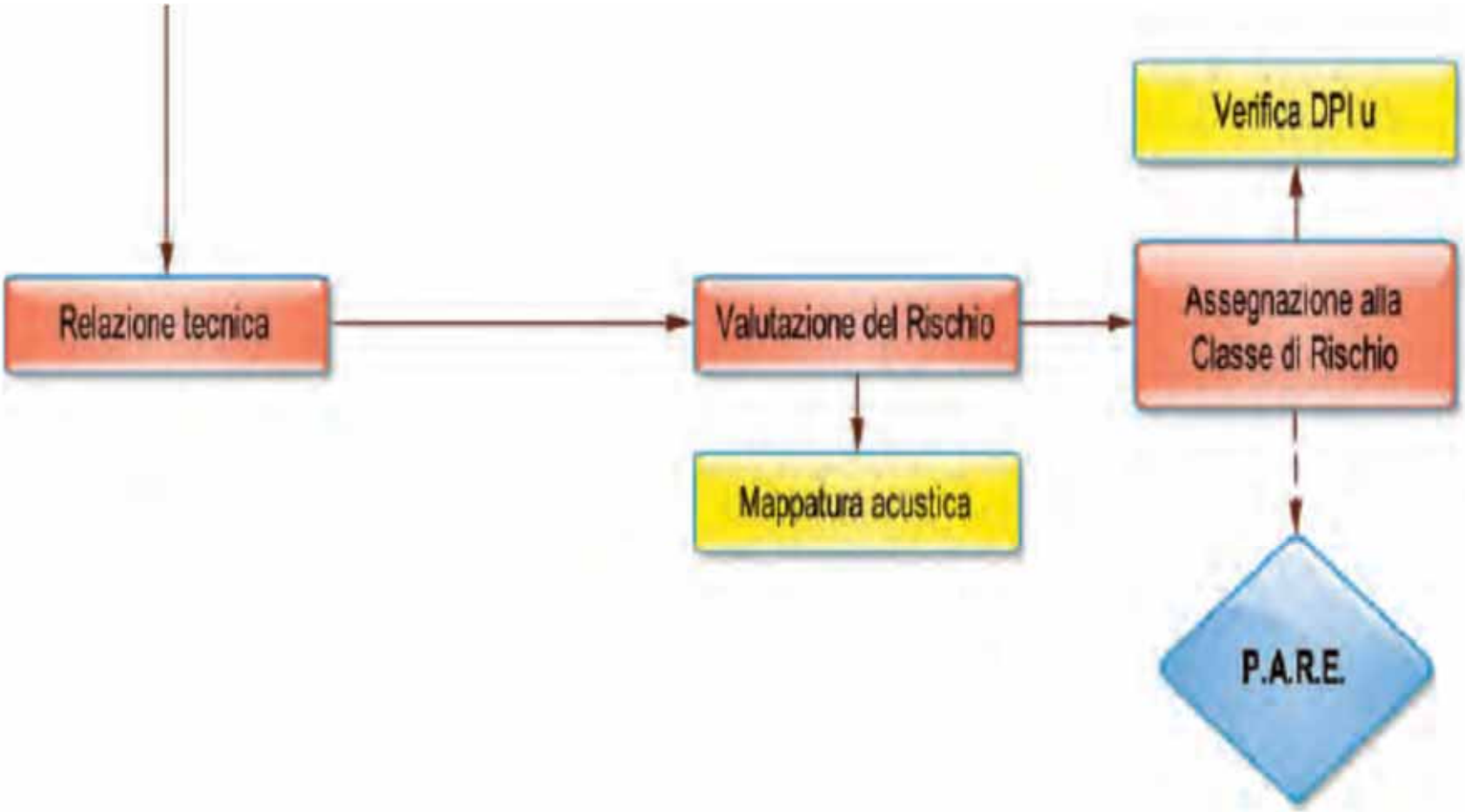
Fonte Inail «La valutazione del rischio rumore»

DIAGRAMMA DEL PROCESSO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE



Fonte Inail «La valutazione del rischio rumore»

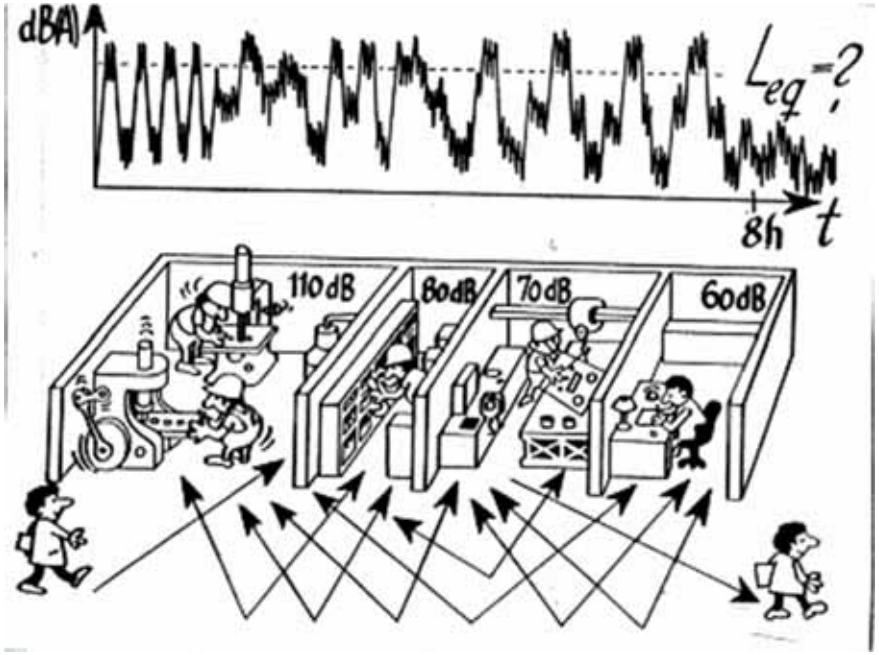
DIAGRAMMA DEL PROCESSO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE



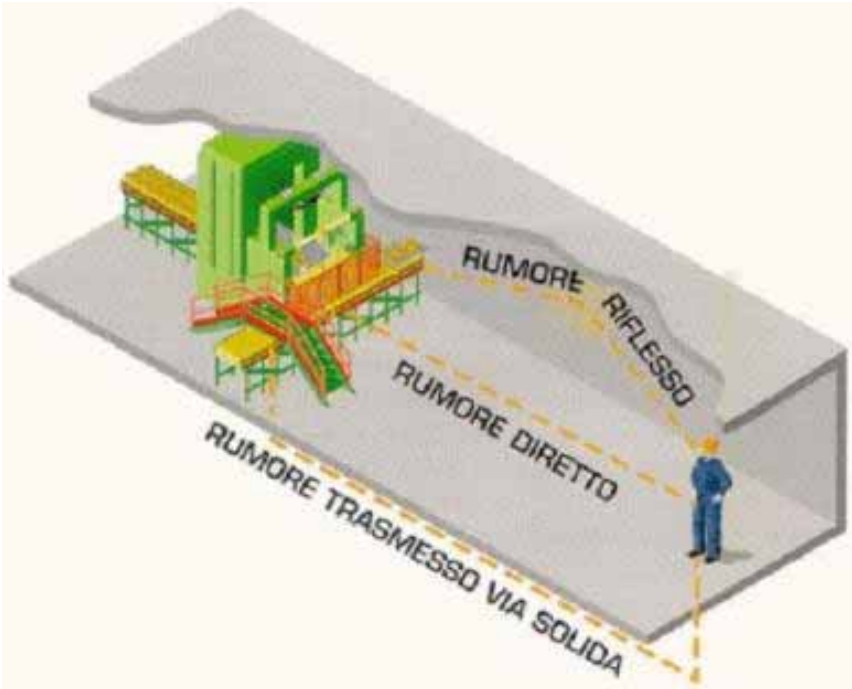
Fonte Inail «La valutazione del rischio rumore»

Individuazione di tutte le postazioni di lavoro

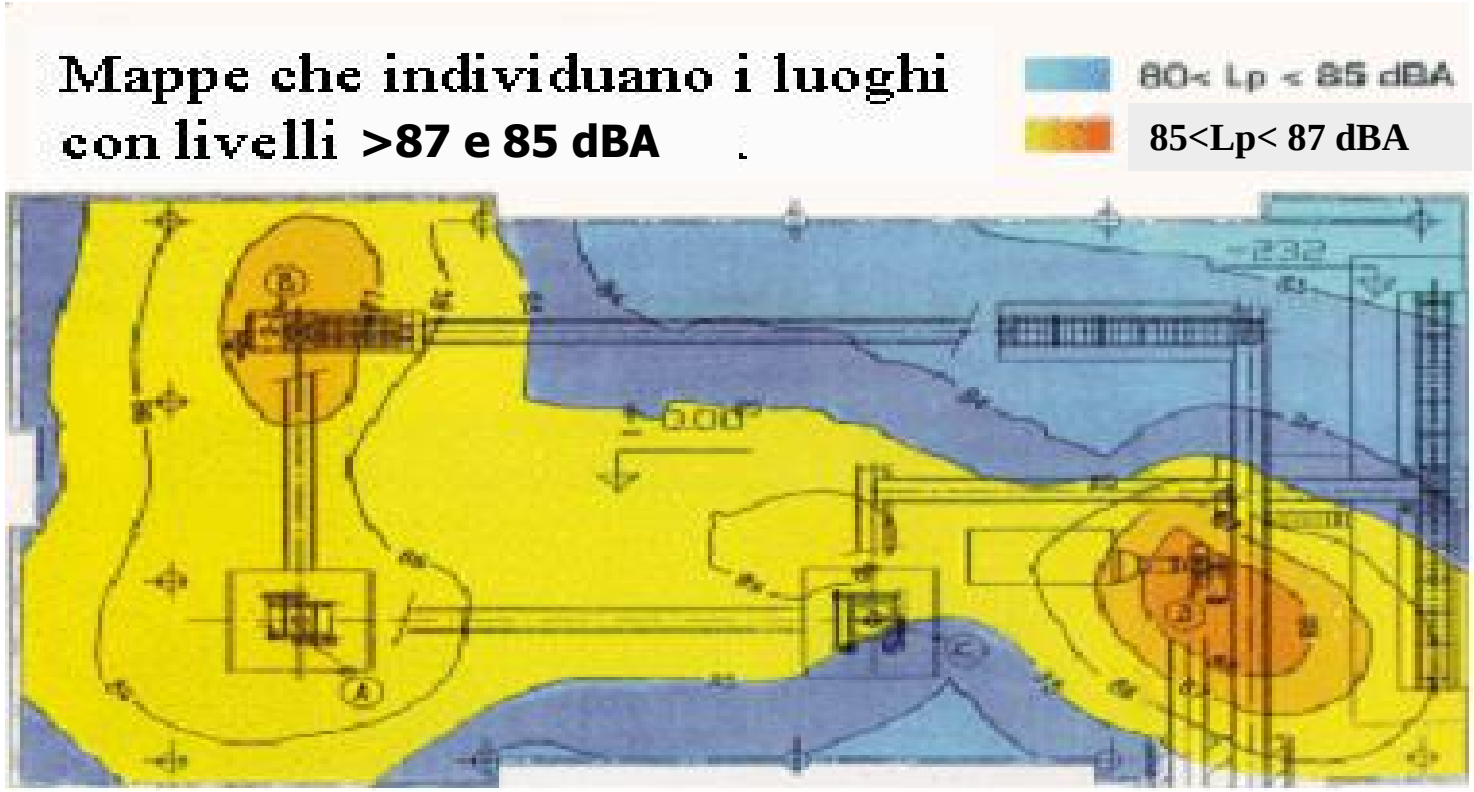
Postazioni



Rumore



Valutazione del rumore in tutte le postazioni di lavoro



- Valutazione Preventiva
- Individuazione dei Punti di Prelievo
- Rilievi Strumentali
- Calcolo dell'Esposizione

Misurazioni

Valutazione Preventiva

Livello Sonoro
Sicuramente < 80 dB(A)

Indicare i Criteri adottati per la Valutazione nel Rapporto di Valutazione

Livello Sonoro > 80 dB(A)

Misurazione Strumentale

Valutazione preventiva senza misurazione

Criteri comunemente raccomandati sono:

- i risultati di misurazioni, anche estemporanee
- i risultati di precedenti misurazioni
- la disponibilità di specifiche acustiche dei macchinari in uso
- i confronti con situazioni analoghe
- i dati di letteratura
- la manifesta assenza di fonti di rumorosità significative

Tali criteri andranno riportati all'interno del Rapporto di Valutazione previsto dalla normativa vigente (Legge D.Lgs. 81/08) e comunque tale modalità di Valutazione andrà effettuata e riprogrammata con "… cadenza almeno quadriennale …" e in ogni caso aggiornata "… in occasione di notevoli mutamenti che potrebbero averla resa superata o quando i risultati della sorveglianza sanitaria ne mostrino la necessità".

Valutazione preventiva senza misurazione

Nell'allegato 1 si individuano una serie di attività che generalmente **non comportano il superamen**to dei valori inferiori di azione cui al D.Lgs. 81/08 Titolo VIII Capo II, per le quali l'obbligo della valutazione del rumore con misurazioni strumentali non è cogente; si riportano inoltre attività per le quali le conoscenze attualmente disponibili non consentono un inquadramento predefinito e attività che generalmente comportano il superamento dei valori inferiori di azione cui al D.Lgs. 81/08 Titolo VIII Capo II. Tale elenco è tratto dalle Linee guida per la valutazione del rischio rumore Ispesl – Regioni del 2005

Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome

Gruppo Tematico Agenti Fisici

Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08

Parte 1: Titolo VIII Capo 1
Parte 2: Radiazione Solare
Parte 3: Microclima
Parte 4: Rumore
Parte 5: Vibrazioni

in collaborazione con:

INAIL - Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro

Istituto Superiore di Sanità

Valutazione preventiva senza misurazione

Per poter definire un'esposizione lavorativa *giustificabile* questa, oltre a risultare innocua per tutte le categorie di soggetti potenzialmente esposti, **inclusi i soggetti particolarmente sensibili**, dovrebbe essere tale da non dare luogo nel tempo ad alcuna situazione potenzialmente pericolosa, sia in termini di effetti diretti che di effetti indiretti. Pertanto una **condizione giustificabile** non necessita dell'attuazione di specifiche misure di controllo e gestione del rischio. (es. procedure di manutenzione, acquisto/sostituzione attrezzature, tutela soggetti sensibili etc.)

Si fa presente che la condizione di esposizione al di sotto di un valore di riferimento normativo **non è in genere condizione sufficiente** per terminare la valutazione del rischio **senza ulteriori approfondimenti**

Misurazione strumentale

L’obbligo della Misurazione sussiste solo nel caso in cui siano superati i Livelli Inferiori di Azione fissati ad 80 dB(A) e a 112 Pa = 135 dB(C) di Pressione di Picco. Essa deve necessariamente tener conto dell’Analisi del lavoro Svolto e quindi della identificazione dei Punti di Rilievo Fonometrico. In concreto le tipologie più frequenti sono 4:

Misurazione strumentale

Tipo di Lavoro	Rilievo
Posizione di Lavoro Fissa	Posizione di Lavoro
Posizioni di Lavoro **Molteplici** Livelli di Rumore **Analoghi** Tempo di Permanenza nelle singole posizioni Determinabile	**Numero statisticamente significativo** oppure In Ciascuna Posizione di Lavoro
Posizioni di Lavoro Molteplici Livelli di Rumore **Differenti** Tempo di Permanenza nelle singole posizioni Determinabile	**In Ciascuna Posizione di Lavoro**
Posizioni di Lavoro Molteplici Livelli di Rumore **Analoghi a Gruppi** Tempo di Permanenza nelle singole posizioni non Determinabile Tempo di Permanenza **Determinabile per Gruppi**	**Numero statisticamente significativo** oppure In Ciascuna Posizione di Lavoro

Rilievo fonometrico

Il Rilievo Fonometrico è invece strettamente correlato all'Analisi delle Sorgenti di Rumore, che condiziona due aspetti fondamentali per la misurazione:

<table>
<tr><td rowspan="2">Analisi della Modalità di Misura</td><td>Rilievo in Assenza dell'addetto
Microfono sul posto di lavoro
1,60 ÷ 1,70 metri dal suolo</td><td rowspan="4">Per il Rilievo dei LEX,8h il Fonometro è preferibile essere di Classe 1 e conforme alle varie normative specifiche (IEC 651/79, IEC 804/85, IEC 1260/95 e IEC 1252/93), la Durata del rilievo deve essere Rappresentativa rispetto al Segnale Indagato e comunque durare fino a rilevare un Segnale Stabile con variazioni non superiori a ± 0,3 dB.</td></tr>
<tr><td>Rilievo in Presenza dell'Addetto
Microfono a 10 cm dall'orecchio</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Scelta della Costante di Tempo</td><td>Assenza di Rumori di Brevissima Durata: SLOW(lenta)</td></tr>
<tr><td>Presenza di Rumori di Brevissima Durata: FAST(veloce)</td></tr>
</table>

Rilievo fonometrico

DURATA	Rumore Costante e ripetibile	Almeno 5 minuti o per tutto il compito	
	Rumore ciclico	Almeno 5 minuti e almeno tre cicli	
	Rumore fluttuante	Misurazione rappresentativa dell'intero compito	
NUMERO	Per tutte le tipologie di rumore	Tre misurazioni per compito in tempi diversi o su diversi lavoratori	Accettabili con differenze < 3 dB
STRUMENTAZIONE	Fonometro Integratore	Per compiti singoli o multipli in postazioni di lavoro fisse	
	Dosimetro	Per misure di lungo periodo	

La strumentazione deve essere conforme ai contenuti del punto 5 della UNI EN ISO 9612:2011 nella quale si sostiene che le misure possono essere eseguite utilizzando o fonometri integratori o misuratori personali dell'esposizione sonora. I fonometri integratori, compresi i microfoni e i cavi associati, devono soddisfare ai requisiti della classe 1 o classe 2 ai sensi delle norme IEC 61672 o IEC 651 e IEC 804

La norma UNI 9432

- I fonometri integratori utilizzati devono **essere preferibilmente** conformi alle prescrizioni della norma IEC 60804 **classe 1**; essi devono essere muniti di indicatore di sovraccarico.
- Tutta la strumentazione deve essere tarata (classe1) ad intervalli **non superiori a due anni** e ricontrollata e calibrata prima di ogni intervento
- Il Leq deve essere misurato con costate di tempo slow (punto 3.3. della norma)

*«La data dell'ultima taratura ed il nome del laboratorio che l'ha eseguita deve essere **registrata ed inclusa** nella relazione di misura.»*

La norma UNI 9432

- La misurazione della pressione acustica in presenza della persona interessata deve tenere conto delle perturbazioni causate dalla stessa al campo di pressione; si considera non perturbata la misura se potrà essere eseguita a 0,1 metri di distanza dalla testa all'altezza dell'orecchio.

Le misure si possono eseguire in postazione fissa se la postazione di lavoro è definita, diversamente bisogna utilizzare il metodo dell"inseguimento" del lavoratore

La norma UNI 9432

- Di ogni misurazione deve essere indicata anche l'incertezza di cui la medesima è affetta (errore casuale).
- Le misurazioni eseguite per **brevi periodi** sono soddisfacenti nel caso di rumori stabili o poco fluttuanti o fluttuanti ciclicamente su tempi più brevi;
- Se le fluttuazioni sono estese in ampiezza o si prolungano nel tempo ovvero se il fenomeno sonoro è irregolare occorrerà rivolgersi sempre a fonometri integratori e prolungare l'osservazione strumentale fin anche a **misurare il livello dell'intera giornata di lavoro**

Valutazione dell’ esposizione

Gli elementi di riferimento individuati dalla nuova normativa sono il livello, il tipo e la durata dell’esposizione, i valori limite di esposizione e di azione, gli effetti del rumore sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori, le informazioni fornite dai costruttori delle attrezzature e quelle raccolte dalla sorveglianza sanitaria, e la disponibilità di DPI per l’udito con adeguate caratteristiche di attenuazione, fissando ogni **4 anni** la Periodicità della Valutazione e delle Misurazioni. Mentre, in sintesi, essa definisce quattro Classi di Rischio per l’Esposizione al Rumore:

Classificazione di rischio

Classe di Rischio	LEX,8h
Rischio Assente	< 80 dB(A)
Rischio Lieve	tra 80 e 85 dB(A)
Rischio Consistente	85 e 87 dB(A)
Rischio Grave	> 87 dB(A)

Superamento del valore inferiore di azione

- Misurazione del rumore
- Messa a Disposizione dei DPI
- Informazione e Formazione per i lavoratori
- Sorveglianza Sanitaria (su Richiesta previa Verifica)

Rischio Lieve

(LEX,8h = 80 ÷ 85 dB(A))

Superamento del valore superiore di azione

- Programma di misure per la Riduzione del Valore di Esposizione
- Segnaletica per i locali di lavoro a rischio
- Obbligo di DPI
- Sorveglianza Sanitaria (Obbligatoria)

Rischio Consistente

(LEX,8h = 85 ÷ 87 dB(A))

Superamento del valore limite di esposizione

Fermo restando l'obbligo del non superamento dei Valori Limite di Esposizione, se, nonostante l'adozione delle misure prese in applicazione del presente titolo, si individuano esposizioni superiori a detti valori, il datore di lavoro:

a. adotta misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto dei Valori Limite di Esposizione
b. individua le Cause dell'esposizione eccessiva
c. modifica le misure di Protezione e di Prevenzione per evitare che la situazione si ripeta

NOTA: obbligo di valutare anche l'Attenuazione prodotta dai DPI

Rischio Grave
(LEX,8h > 87 dB(A))

Articolo 190 e incertezza

Le misure strumentali hanno una serie di variabilità e fattori di errore che nel complesso si traducono in una incertezza di misura.

L'articolo 190 impone di tener conto di questo aspetto nella valutazione.

Per la strumentazione e l'incertezza rimando alle norme di buona tecnica

La norma UNI EN ISO 9612 impone di tenere conto di quattro fonti di incertezza:

a) **variazioni nel lavoro quotidiano**, condizioni operative, incertezze nel campionamento, etc. Dipende dalla complessità della situazione lavorativa (*incertezza sul livello di rumore*);

b) **variazioni nell'esecuzione dei compiti,** con durata variabile e di difficile determinazione (*incertezza sulla durata di ogni compito*). Se la durata del compito è ben definita si può non considerare questa variabile.

c) **strumentazione** e calibrazione. Dipende dal tipo di strumento utilizzato e dalla sua classe di precisione (*incertezza strumentale*). Tale incertezza è definita dalla norma secondo la seguente tabella:

Tipo di strumentazione	**Incertezza standard** dB
Fonometro conforme alla IEC 61672-1:2002, classe 1	0,7
Misuratore personale dell'esposizione sonora conforme alla IEC 61252	1,5
Fonometro conforme alla IEC 61672-1:2002, class 2	1,5

L’Appendice C dalla norma fornisce le indicazioni per la valutazione dell’incertezza di misura; in allegato alla norma viene poi **fornito un foglio di calcolo** per agevolare il calcolo dei risultati di misura (calcolo di $L_{EX,\ 8h}$) e delle incertezze associate. Per il calcolo dell’incertezza sul **livello di picco** l’unico riferimento normativo è l’appendice B.3 della UNI 9432:2011

Il metodo suggerito dall'allegato E della norma UNI 9432:2011 per tener conto dell’incertezza di misura è quello di sommare al valor medio **l’incertezza estesa** (calcolata con intervallo di confidenza del 95%, ovvero pari a 1,65 volte l’incertezza) e di assumere le azioni di prevenzione e protezione sul valore così ottenuto

L'appendice C della norma UNI EN ISO 9612 e l'appendice E della norma UNI 9432 definiscono l'incertezza per misure di rumore e il suo corretto utilizzo in senso prevenzionistico

I contributi più significativi all'incertezza sul livello di esposizione giornaliera o settimanale sono i seguenti:

- incertezza da campionamento (altresì nota come "ambientale"), u1a;
- incertezza sui tempi di esposizione (durata dei compiti), u1b;
- incertezza strumentale, u2;
- incertezza da posizionamento dello strumento, u3.

$$L^*_{EX} = L_{EX} + U(L_{EX})$$

u1a - Incertezza da campionamento

L'incertezza di campionamento per un determinato compito lavorativo è data dalla seguente espressione:

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)}\left[\sum_{i=1}^{I}\left(L_{p,A,eqT,mi} - L_{p,A,eqT,m}\right)^2\right]}$$

dove:

- Lp,A,eqT,m è la media aritmetica di un numero n di livelli sonori continui equivalenti ponderati A misurati per il compito m;
- Lp,A,eqT,mi è l'iesimo livello misurato per il compito m;
- I è il numero totale di campioni.

Eseguendo un'unica misura "diretta" del livello equivalente LAeq,(Te), l'incertezza "ambientale" è nulla ovvero si pone u1a,m = 0.

u1b,m – Incertezza standard dovuta alla durata dei compiti

L'incertezza standard dovuta alla durata dei compiti "m" è calcolata in base alle durate misurate mediante misurazioni indipendenti:

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)}\left[\sum_{j=1}^{J}\left(T_{m,j} - \overline{T}_m\right)^2\right]}$$

u2 - Incertezza strumentale

L'incertezza associata alle caratteristiche tecniche della strumentazione risente di un grande numero di elementi. Per una catena di misura nella quale sia il calibratore sia il misuratore di livello sonoro soddisfano i requisiti della classe 1 della CEI EN 61672-1:2002, l'incertezza strumentale complessiva u2 si può assumere pari a 0,7 dB.

u3 - Incertezza da posizionamento dello strumento

L'esistenza di questo termine è dovuta al fatto che il livello sonoro mostra sensibili fluttuazioni spaziali nelle immediate vicinanze del soggetto esposto. Qualche indeterminazione del risultato rimane comunque anche se sono rispettate le raccomandazioni riguardo al posizionamento del microfono. L'incertezza u3 associata a questo effetto può essere stimata pari a 1 dB.

L'errore casuale secondo lo standard ISO 9612

Vanno calcolate separatamente tre tipi di incertezze:

- una componente di tipo "**strumentale**";
- una di tipo "**ambientale**", dovuta alla incompleta campionatura della distribuzione dei livelli sonori;
- una componente "**temporale**" dovuta alla variabilità dei tempi di esposizione.

$$u(L_{EX,8h}) = [u_A^2(LE_{X,8h}) + u_S^2]^{1/2}$$

Ai valori di LAeq così misurati si può associare un ulteriore errore di tipo ambientale e temporale pari a **0,3 dB**

L'errore casuale secondo lo standard ISO 9612

a) Incertezza di **campionamento (uA)**. Essa è **pari a 0** in caso di rumore costante, ciclico o fluttuante determinato con misura unica. (Incompleta campionatura). In generale, si ottengono buoni risultati effettuando un numero di campionamenti pari a 3.

b) Incertezza sui **tempi di esposizione (uT**). I tempi sono dichiarati dal Datore di Lavoro e l'incertezza relativa **è pari a 0**.

c) Incertezza **strumentale** (uS). Dipende dal tipo di strumento utilizzato e dalla sua classe di precisione (uF), nonché dal calibratore (uC).

TIPO DI STRUMENTAZIONE	INCERTEZZA STANDARD [dB]
Fonometro conforme alla IEC 61672-1:2002, classe 1	0,7
Misuratore personale dell'esposizione sonora conforme alla IEC 61252	1,5
Fonometro conforme alla IEC 61672-1:2002, classe 2	1,5

INCERTEZZA SUL LIVELLO DI PICCO*

- La norma UNI 9432 individua le seguenti tipologie di incertezze:
- **a) Incertezza di campionamento (uA,picco)**. Impossibile da quantificare allo stato attuale delle conoscenze.
- **b) Incertezza di posizionamento dello strumento (uL,picco)**. Dovuta agli effetti di schermo e riflessione creati dal corpo dell'operatore. Si assume pari a **1 dB**.
- **c) Incertezza strumentale (uS,picco)**. Può essere assunta pari a **1,2 dB** oppure calcolata dall'incertezza estesa riportata sul certificato di taratura.

Si ottiene* un'incertezza complessiva pari a 1,6 dB

***Né la UNI 9612:2011 e né la UNI 9432:2011 danno indicazioni per il calcolo dell'incertezza sul livello di picco.**

Pertanto, si applica quanto indicato al punto C.3 della UNI 9432:2008.

Esempio: Valutazione dell' esposizione

Intonacatore

ATTIVITA'	Tempo Esposizione (%)	$L_{aeq,Te}$
Preparazione malta	15	84
Spruzzatura e lisciatura	80	89
Fisiologico	5	0
$L_{EX,8h}$	88	dB(A)

Trova l'errore…o la furbata?

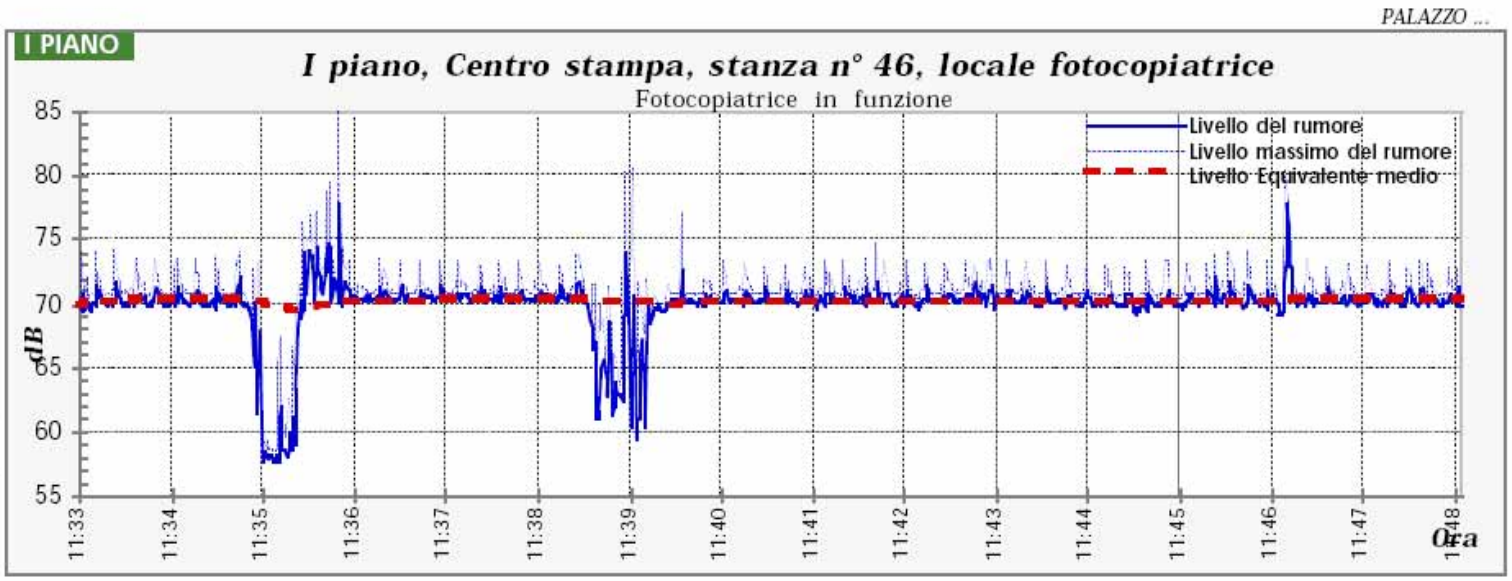
Registrazione grafica dei rilievi fonometrici

MISURA 3

28 mag 99	11:33:49
Tempo trasc.	0:15:06
Leq	**70,3**
MaxP	**106,5**
MaxL	84,9
MinL	56,9
L10	71,0
L50	70,0
L90	69,5

IMPOSTAZIONI

Fast	20-100 dB
RMS = A	Picco = L
(Fonometro Brüel & Kjoer mod. 2236)	

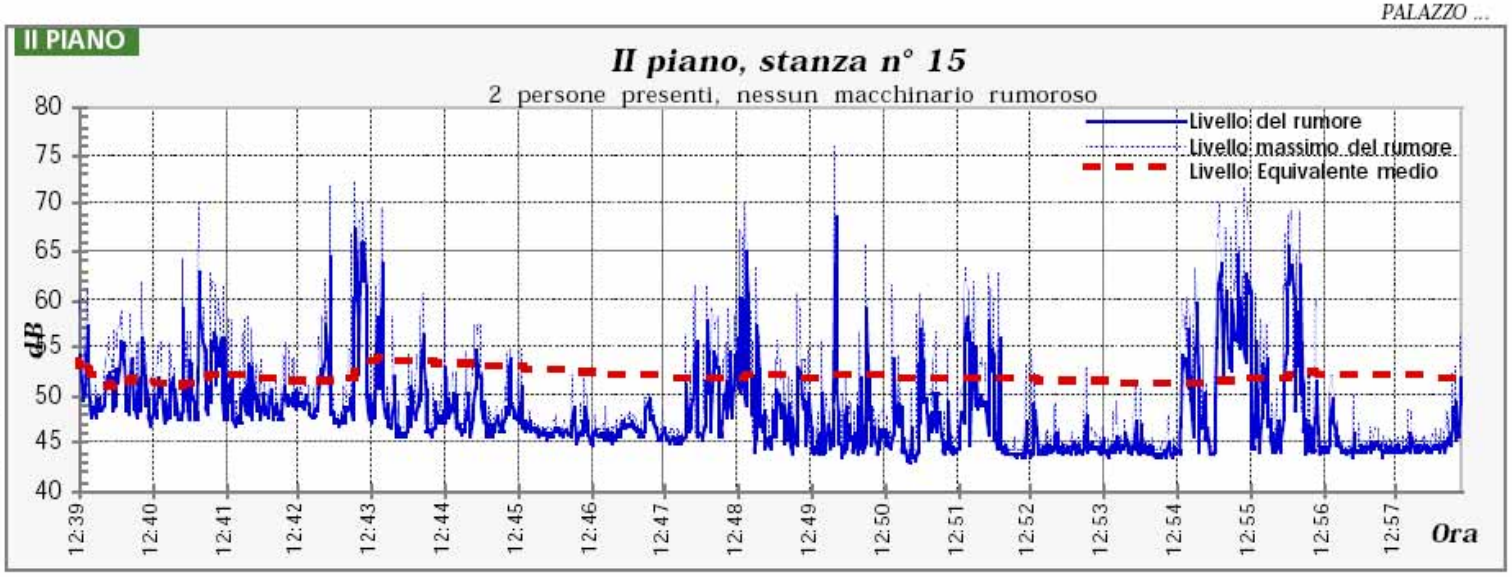


MISURA 4

28 mag 99	12:39:40
Tempo trasc.	0:18:55
Leq	**51,8**
MaxP	**105,7**
MaxL	75,8
MinL	42,5
L10	52,5
L50	46,5
L90	44,0

IMPOSTAZIONI

Fast	20-100 dB
RMS = A	Picco = L
(Fonometro Brüel & Kjoer mod. 2236)	



Il rapporto tecnico UNI TR 11450:2012

Per valutare l'esposizione al rumore dei lavoratori che utilizzano sorgenti di rumore **prossime** all'orecchio, la norma prevede tre metodiche:

- **tecnica MIRE,** descritta nella norma UNI EN ISO 11904-1: utilizza dei microfoni miniaturizzati inseriti nel condotto uditivo
- **tecnica del manichino** equipaggiato con orecchie artificiali dotate di microfono (norma UNI EN ISO 11904-2)
- **metodo elettroacustico**, codificato nella norma ETSI EG 202 518 V1.1.1: esso si basa sulla misurazione del segnale elettrico all'ingresso del dispositivo acustico indossato e la conversione in livello sonoro attraverso le funzioni di trasferimento del dispositivo e dell'orecchio umano.

Le linee guida per l'applicazione del Capo II nei settori della musica, delle attività ricreative e dei call center approvate dalla Conferenza Stato – Regioni il 25/07/2012 sono reperibili all'indirizzo: http://www.regioni.it/cultura/2012/08/03/conferenza-stato-regioni-del-25-07-2012-linee-guida-per-il-settore-della-musica-e-delle-attivita-ricreative-264539/ .

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

Le sostanze chimiche solitamente inalate o assorbite attraverso la pelle possono raggiungere l'orecchio interno attraverso la circolazione sanguigna.

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

Danni all'orecchio interno possono venire anche dall'ossido di carbonio, che causa un'ipossia generale dell'organismo.

FARMACI?????

SOSTANZE OTOTOSSICHE

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

FARMACI OTOTOSSICI

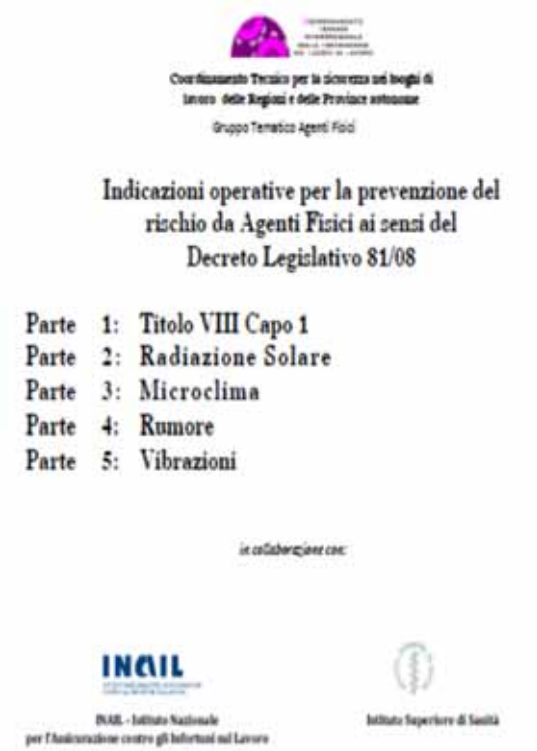
Alcune tipologie di farmaci ototossici

- Antibiotici
- Diuretici (Furosemide, Acido etacrinico e Bumetanide)
- Salicilati (es. Aspirina)
- Antinfiammatori non steroidei (FANS) (Ibuprofene, Ketoprofene, Diclofenac, ecc.)
- Chinino
- Farmaci anti-tumorali (Cisplatino, Carboplatino)

RUMORE E VIBRAZIONI

Al fine di garantire misure preventive, si assume che esposizioni a **vibrazioni superiori a valori di azione** debbano essere sempre considerate come in grado di incrementare il rischio espositivo a rumore.

Pertanto, in presenza di esposizione a vibrazioni, è raccomandato di attuare le misure di tutela e a **sorveglianza sanitaria** anche per valori espositivi inferiori ai valori di azione.



Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome

Gruppo Tematico Agenti Fisici

Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08

Parte 1: Titolo VIII Capo 1
Parte 2: Radiazione Solare
Parte 3: Microclima
Parte 4: Rumore
Parte 5: Vibrazioni

in collaborazione con:

INAIL

INAIL - Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro

Istituto Superiore di Sanità

Sorveglianza sanitaria

D. Lgs. 81/08, art. 196

1. Il datore di lavoro sottopone a sorveglianza sanitaria i lavoratori la cui esposizione al rumore eccede i valori superiori di azione.

La sorveglianza viene effettuata periodicamente, di norma una volta l'anno o con periodicità diversa decisa dal medico competente, con adeguata motivazione riportata nel documento di valutazione dei rischi e resa nota ai rappresentanti per la sicurezza di lavoratori in funzione della valutazione del rischio. L'organo di vigilanza, con provvedimento motivato, può disporre contenuti e periodicità della sorveglianza diversi rispetto a quelli forniti dal medico competente.

Sorveglianza sanitaria

D. Lgs. 81/08, art. 196

2. La sorveglianza sanitaria di cui al comma 1 e' estesa ai lavoratori esposti a livelli superiori ai valori inferiori di azione, su loro richiesta e qualora il medico competente ne confermi l'opportunità.

SORVEGLIANZA SANITARIA

- viene effettuata ai lavoratori esposti oltre 85 dBA o a richiesta o se il medico competente ne condivide la necessità, a quelli esposti oltre 80 dB

- in caso di ipoacusie (anomalie), il datore di lavoro riesamina la valutazione del rischio e le misure attenuate, tiene conto del parere del MC nell'attuazione delle misure necessarie e adotta le misure affinché sia riesaminato lo stato di salute di tutti gli altri lavoratori con esposizione analoga

Deroghe

D. Lgs. 81/08, art. 197

1. Il datore di lavoro può richiedere deroghe all'uso dei dispositivi di protezione individuale e al rispetto del valore limite di esposizione, quando, per la natura del lavoro, l'utilizzazione di tali dispositivi potrebbe comportare rischi per la salute e sicurezza dei lavoratori maggiori rispetto a quanto accadrebbe senza la loro utilizzazione.
3. La concessione delle deroghe e' condizionata dall'intensificazione della sorveglianza sanitaria e da condizioni che garantiscano, tenuto conto delle particolari circostanze, che i rischi derivanti siano ridotti al minimo. Il datore di lavoro assicura l'intensificazione della sorveglianza sanitaria ed il rispetto delle condizioni indicate nelle deroghe.

Segnaletica

I locali con rumorosità oltre i valori superiori di azione (85 dBA) devono essere indicati con appositi segnali con delimitazione delle aree e di accesso.

La UNI 11347:2015 propone una metodologia di misurazione per definire il perimetro delle aree da segnalare.
L'impossibilità di procedere alla perimetrazione ed alla limitazione d'accesso deve essere motivata sul Documento di Valutazione del Rischio.
Si ricorda infine che il segnale di sicurezza per indicare le zone in cui LAeq ≥ 85 dB(A) e/o Lpicco,C ≥ 137 dB(C) è il seguente

Formazione ed informazione

- <u>Obbligatori oltre 80 dBA</u>

Riguarda le misure adottate, i valori di esposizione, i risultati delle valutazioni, l'uso corretto dei DPI, l'individuazione e segnalazione delle ipoacusie, le procedure di lavoro sicure.

Programma di riduzione e segnalazione

- Se a seguito della valutazione risulta che i **valori superiori** di azione (VSA) sono oltrepassati, il datore di lavoro elabora ed applica un programma di misure tecniche e organizzative volte a ridurre l'esposizione al rumore.
- I luoghi di lavoro dove i lavoratori possono essere esposti al rumore al di sopra dei valori superiori di azione sono indicati da appositi segnali. Dette aree sono delimitate e l'accesso è limitato.

Bonifiche oltre gli 85 dB(A)!

Misure di protezione

- Adozione di altri metodi di lavoro
- Scelta di attrezzature adeguate
- Progettazione strutturali dei posti di lavoro
- Informazione e formazione adeguate
- Misure tecniche di contenimento per il rumore trasmesso per via aerea (schermature) e del rumore strutturale (isolamento)
- Programmi di manutenzione
- Adeguata organizzazione del lavoro

Controllo del rumore

La protezione dei lavoratori dal rumore è strutturata in tre fasi che prevedono l'adozione di misure tecniche e organizzative, vale a dire:

a) sulla sorgente (*controllo del rumore alla fonte*)

b) sulla **propagazione** (*misure collettive, tra cui organizzazione del lavoro; riduzione dell'efficacia della trasmissione del rumore*)

c) sull'**uomo** (*dispositivi di protezione individuale dell'udito*).

Controllo del rumore

a) Sorgente (*controllo del rumore alla fonte*)

- Modifica del processo
- utilizzo di una macchina con emissioni inferiori di rumore
- adozione di misure per evitare forti rumori da impatto
- installazione di silenziatori
- manutenzione preventiva: con l'usura dei componenti, i livelli di rumore possono mutare.

Controllo del rumore

b) Propagazione (*misure collettive*)

- introduzione di smorzatori per ridurre il rumore o isolamento delle parti soggette a vibrazioni
- isolamento delle procedure rumorose e limitazione dell'accesso alle zone rumorose
- interruzione del percorso del rumore aereo attraverso l'impiego di recinzioni e barriere insonorizzanti
- utilizzo di materiali fonoassorbenti per ridurre il suono riflesso *(si dovrebbe prestare attenzione all'utilizzo di macchinari all'interno di edifici, in quanto le costruzioni possono amplificare il rumore)*

Controllo del rumore

- organizzazione del lavoro in maniera da limitare il tempo trascorso nelle zone rumorose *(per esempio, sistemi di alimentazione meccanici o automatici possono ridurre la necessità di entrare nell'edificio quando il rumore raggiunge livelli di picco)*
- pianificazione del lavoro rumoroso in maniera che sia svolto quando è esposto il minor numero possibile di lavoratori
- attuazione di programmi di lavoro che controllino l'esposizione al rumore.

... predisposte per ridurre l'esposizione al rumore se si superano gli 85 dBA

Controllo del rumore

c) ***Dispositivi di protezione individuale dell'udito***

L'adozione di DPI dell'udito deve essere intesa come ultima risorsa possibile. Nel caso in cui siano indispensabili:

- i DPI dell'udito dovrebbero essere indossati rendendone obbligatorio l'utilizzo
- i dispositivi dovrebbero essere idonei al lavoro svolto nonché al tipo e al livello di rumore, oltre che compatibili con altri dispositivi di protezione
- i lavoratori dovrebbero poter scegliere tra vari dispositivi idonei di protezione individuale dell'udito in maniera da poter individuare il più comodo
- si dovrebbe impartire formazione sulle modalità di utilizzo, conservazione e manutenzione dei dispositivi di protezione dell'udito.

Programma **A**ziendale di **R**iduzione dell'**E**sposizione

Il **PARE** è così definito nella norma UNI:

- *"Documento richiesto dalla legislazione vigente, redatto sotto la responsabilità del datore di lavoro e che integra, relativamente al rischio rumore, quella parte del documento di valutazione dei rischi nella quale si provvede ad indicare gli interventi di prevenzione e di protezione che si intendono attuare, l'individuazione delle procedure per l'attuazione di tali misure, nonché i ruoli dell'organizzazione aziendale che sono coinvolti"*
- il **PARE** è **parte integrante del DVR**

INAIL

Metodologie e interventi tecnici per la riduzione del rumore negli ambienti di lavoro

Ricerca

Edizione 2013

P.A.R.E.-UNI TR 11347

E’ uno standard che fornisce le linee guida per realizzare il PARE

- contiene un diagramma di flusso del processo operativo per la scelta delle soluzioni più idonee
- contiene tabelle orientative per scegliere il tipo di soluzione più efficace rispetto al problema
- contiene tabelle con le informazioni minime per individuare una soluzione idonea e valutarne l’efficacia ottenibile
- contiene tabelle col raffronto tra i costi delle varie soluzioni possibili
- contiene il format del documento da redigere, format che può applicarsi con minime variazioni anche ad altri agenti di rischio (ad esempio per le vibrazioni)
- il documento è organizzato in un prospetto riassuntivo degli interventi programmati, ed una serie di schede dettagliate dei singoli interventi

P.A.R.E.-UNI TR 11347

Esempio di intervento organizzativo :

- Se il superamento dei VSA si verifica solo in prossimità delle macchine e nel caso di sorgenti non fisse si provvede a indicare le sole macchine.
- Se il superamento dei VSA si verifica invece su aree estese si deve segnalare l'ingresso dell'area (UNI 7545-22) e limitare l'accesso al solo personale strettamente necessario.
- Turnazione dei lavoratori, da effettuarsi diminuendo le ore di esposizione pro capite, oppure alternando le giornate di lavoro che espongono maggiormente al rumore.

Nel prospetto B.1 sono riportati l'efficacia e gli indici di costo per le separazioni.

Efficacia e indici di costo per le separazioni

Tipologia	Efficacia	Indice di costo al m^2 di superficie di parete
Separazione cieca	Da 10 dB(A) a 20 dB(A)	0,70
Separazione cieca	>20 dB(A)	1,20
Separazione vetrata al 25%	Da 10 dB(A) a 20 dB(A)	0,70
Separazione vetrata al 25%	>20 dB(A)	1,30

P.A.R.E.-UNI TR 11347

IL RAPPORTO COSTO – BENEFICI

(Punto 4.3.2.3)

$$\eta = \frac{c}{\sum_{i=1}^{N} \Delta dB_i \cdot n_i}$$

Dove:

c = costo dell'opera (comprensivo di tutte le voci di spesa: messa in opera, collaudo, manutenzione, etc.);

ΔdB_i = attenuazione in dB assicurato dall'intervento ad un gruppo i-esimo di lavoratori;

n_i = n. di lavoratori del gruppo i-esimo;

N = numero di gruppi di lavoratori che ottengono un beneficio acustico.

La soluzione ottimale è quella cui corrisponde il valore minimo di η.

Bonifiche:
ordine degli interventi

- Interventi sulle sorgenti
- Cabinati insonorizzanti
- Porte acustiche
- Schermi acustici
- Trattamenti ambientali
- Silenziatori
- Cabine insonorizzate

Privilegiare tutte le misure di riduzione alla fonte (articolo 15 del D.Lgs. 81/08)

Bonifiche: sorgenti

Interventi sulle sorgenti

- Scelta di processi di lavoro ergonomici
- Sostituzione di attrezzature
- Interventi diretti su parti di macchine (ingranaggi, uso di agenti fisici ecc.)

Esempi con sostituzione del:

- Taglio con punzonatrice con taglio laser;
- Ventilatori assiali con ventilatori centrifughi;
- Rivettatura a percussione con rivettatura a compressione;
- Pulizia ad aria compressa con pulizia con sistemi aspiranti;
- Asciugatura a flusso d'aria con asciugatura termica;
- Stampaggio con pressa meccanica a pressa idraulica.

Riduzioni da 0 a X dB

Bonifiche: cabine insonorizzate

Cabine

- Segregazione della macchina
- Isolamento della lavorazione
- Segregazione di parti della linea produttiva

Per un buon progetto della cabina insonorizzante è necessario valutare:

- **l'analisi spettrale della sorgente;**
- **attenuazione richiesta: dB(A), f(Hz) e/o livello residuo in un punto;**
- **dimensioni d'ingombro;**
- **accessibilità ed ispezionabilità;**
- **Ventilazione;**
- **Illuminazione;**
- **V.d.r. legata all'intervento e alla segregazione della macchina/lavorazione.**

Le coperture integrali possono garantire un potere fonoisolante di 20÷30 dB

Bonifiche: porte acustiche

Porte acustiche

- Segregazione di ambienti
- Isolamento della lavorazione
- Segregazione di parti della linea produttiva

Attenuazioni fino a 60÷70 dB

N.B. Vanno considerati gli effetti ai fini dell'antincendio

Bonifiche: schermi e barriere

Schermi e barriere

- Schermatura di macchine
- Inserzione tra postazioni rumorose
- Abbattimento del rumore ambientale

Perdite per inserzione fino a 10 ÷ 15 dB

Bonifiche: Trattamenti di ambienti

Trattamenti di ambienti

- Pannelli fonoassorbenti
- Riduzione del riverbero
- Sostituzione materiali

In particolare per i trattamenti di ambienti si considerano:

- **l'analisi spettrale;**
- **tempi di riverberazione 1/1 ottave;**
- **ingombri disponibili;**
- **altezza minima di installazione;**
- **sostentamento possibile;**
- **protezione superficiale dei baffles;**
- **requisiti igienici.**

Diminuzione dei L_{Aeq} ambientali tra 3 ÷ 7 dB

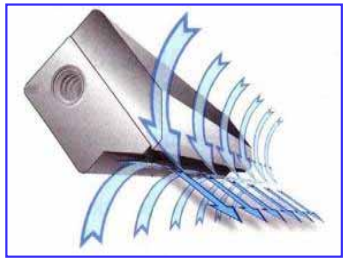
Bonifiche: Silenziatori

Silenziatori

- Trattamento su pistole ad aria compressa (90,

- Installazione di lame d'aria per rimuovere residui e materiali che possono incidere sul rumore

- Costi limitati



Attenuazioni fino a 30 ÷ 40 dB

Esempio di bonifica

I costi: esempio

Inserimento di silenziatori dissipativi di lunghezza 3 m circa su 6 camini di espulsione aria.

L_{Aeq} misurato ad 1 m dalla bocca di un camino (angolo 45°):

- prima intervento: 103,6 dB(A)
- dopo intervento: 70,8 dB(A)

Costo indicativo: 15.000 euro (incluso demolizione vecchi camini, verifiche, montaggio)

D.P.I. - U

D. Lgs. 81/08, art. 193

Il datore di lavoro - nei casi in cui i rischi derivanti dal rumore non possono essere evitati con le misure di prevenzione e protezione - fornisce i dispositivi di protezione individuali per l'udito conformi alle disposizioni e alle seguenti condizioni:

a) nel caso in cui l'esposizione al rumore superi i valori inferiori di azione il datore di lavoro mette a disposizione dei lavoratori dispositivi di protezione individuale dell'udito;

b) nel caso in cui l'esposizione al rumore sia pari o al di sopra dei valori superiori di azione esige che i lavoratori utilizzino i dispositivi di protezione individuale dell'udito;

D.P.I. - U

D. Lgs. 81/08, art. 193

c) sceglie dispositivi di protezione individuale dell'udito che consentono di eliminare il rischio per l'udito o di ridurlo al minimo, previa consultazione dei lavoratori o dei loro rappresentanti;

d) verifica l'efficacia dei dispositivi di protezione individuale dell'udito.

2. Il datore di lavoro tiene conto **dell'attenuazione** prodotta dai dispositivi di protezione individuale dell'udito indossati dal lavoratore solo ai fini di valutare l'efficienza dei DPI uditivi e il rispetto del valore limite di esposizione. I mezzi individuali di protezione dell'udito sono considerati adeguati ai fini delle presenti norme se, correttamente usati, mantengono un livello di rischio uguale od inferiore ai livelli inferiori di azione.

D.P.I. - U

- **INSERTI** (ovatte e filtri da introdurre nel condotto uditivo)

- **CUFFIE** (adatte a esposizioni prolungate, più efficaci degli inserti, permettono l'ascolto della voce di conversazione)

- **CASCHI** (indicati per attività particolarmente rumorose, ingombranti, non permettono l'ascolto della voce di conversazione)

D.P.I. - U

Tipi speciali

- *Protettori sensibili al livello:* I protettori sensibili al livello sono concepiti per fornire una maggiore protezione all'incremento del livello sonoro.
- *Protettori per la riduzione attiva del rumore (ANR)* Si tratta di protettori auricolari che incorporano dispositivi elettroacustici concepiti per sopprimere parzialmente il suono in arrivo al fine di migliorare ulteriormente la protezione del portatore.
- *Cuffie per comunicazione* Le cuffie associate a dispositivi di comunicazione necessitano di un sistema aereo o via cavo attraverso il quale possono essere trasmessi segnali, allarmi, messaggi di lavoro o programmi di intrattenimento.
- *Elmetti acustici* Gli elmetti acustici coprono sia gran parte della testa sia l'orecchio esterno. *Ciò può ridurre ulteriormente la trasmissione dei suoni per via aerea alla scatola cranica e quindi ridurre la conduzione ossea del suono all'orecchio interno*.

D.P.I. - U

- Protezione adeguata max 80 dB(A) e min 65 db(A)
- Adeguati alle condizioni di lavoro
- Rispondere alle esigenze ergonomiche o di salute (vanno scelti previa consultazione dei lavoratori o dei loro rappresentanti)
- Obbligo di addestramento all'uso
- Inoltre il D.L. deve verificarne l'efficacia

Es. Verificando che non si siano determinati peggioramenti nella funzionalità uditiva dei lavoratori del gruppo omogeneo; nel caso affrontare il problema con il M.C.

Attenuazione e idoneità dei D.P.I.

Norme di riferimento

- EN 352-1: cuffie antirumore
- EN 352-2: inserti antirumore
- EN 3252-3: cuffie antirumore per elmetto
- EN 352-4: cuffie antirumore attive
- **EN 458: valutazione idoneità degli otoprotettori**

Gli otoprotettori devono essere scelti sulla base dei livelli di esposizione equivalente Lex(8h) presenti nell'ambiente di lavoro

La Norma UNI EN 458:2016 prevede nel caso di esposizioni a elevati livelli di esposizione (superiori a 105 dB(A)) la possibilità di ricorrere all'utilizzo di due DPI-u (inserto auricolare più cuffia è la configurazione tipica). **In tal caso, la protezione attesa non è la somma delle singole attenuazioni dei due dispositivi, ma al più 6 dB oltre la massima delle due**

Attenuazione e idoneità dei D.P.I.

Secondo **la EN 458**, ogni protettore auricolare deve essere accompagnato dai dati di attenuazione sonora forniti dal fabbricante, espressi in 3 modi:

- **APVf:** esprime con una serie di valori, in dB, l'attenuazione sonora del DPI per lo spettro di frequenza in banda d'ottava che va da 125 Hz a 8kHz (a volte viene inclusa anche la frequenza di 63 Hz); nel caso in cui vengano forniti sia i valori medi dell'attenuazione sia quelli presunti (espressi come differenza tra l'attenuazione media e la deviazione standard) occorre usare per i calcoli i valori di protezione presunti;
- **H,M,L:** esprime con 3 valori, in dB, l'attenuazione sonora del DPI per le frequenze alte (H), medie (M) e basse (L); il fabbricante ricava questi valori dai valori in banda d'ottava;
- **SNR**: esprime con un solo valore, in dB, l'attenuazione sonora semplificata (Simplified Noise Reduction) del DPI; il fabbricante ricava questo valore dai valori in banda d'ottava.

EN 458: valutazione idoneità degli otoprotettori

Frequenza (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Attenuazione media (dB)	11.3	11,6	15,6	21,1	23,9	27,8	34,7	34,3
Deviazione Standard (dB)	6.3	4,6	4,2	5,4	4,5	3,4	2,1	4,6
Protezione presunta (dB)	5	7	11,4	15,7	19,4	24,4	32,6	29,7
H = 25 dB M = 19 dB L = 13 dB SNR = 21 dB								

APV

Riduzione semplificata del rumore

Attenuazione alle alte frequenze

Attenuazione alle medie frequenze

Attenuazione alle basse frequenze

Attenuazione Frequenze			
H da 2000 a 8000 Hz	M da 250 a 2000 Hz	L da 65 a 250 Hz	S.N.R Media logaritmica
30 db	24 db	22 db	28 db

EN 458: valutazione idoneità degli otoprotettori

5.3.2. Selezione di protettori auricolari in funzione della loro attenuazione sonora

- I procedimenti raccomandati per valutare il livello di rumore effettivo ponderato A a livello dell'orecchio quando si indossano protettori auricolari sono descritti nelle appendici A e B. Si dovrebbe dare priorltà al procedimenti di cui in A2, seguiti nell'ordine da quelli indicati in A3, A4 e A5.

5.3.4.Effetto di Iperprotezione

- Si dovrebbe aver cautela di non scegliere protettori auricolari che forniscono un'attenuazione eccessivamente elevata. Detti dispositivi possono causare difficoltà di comunicazione oppure risultare meno confortevoli rispetto a dispositivi con un'attenuazione minore e quindi sarebbero indossati per un periodo di tempo minore.

A 1 – Livelli di Informazione sul rumore nel luogo di lavoro e metodo appropriato per valutare l'attenuazione sonora

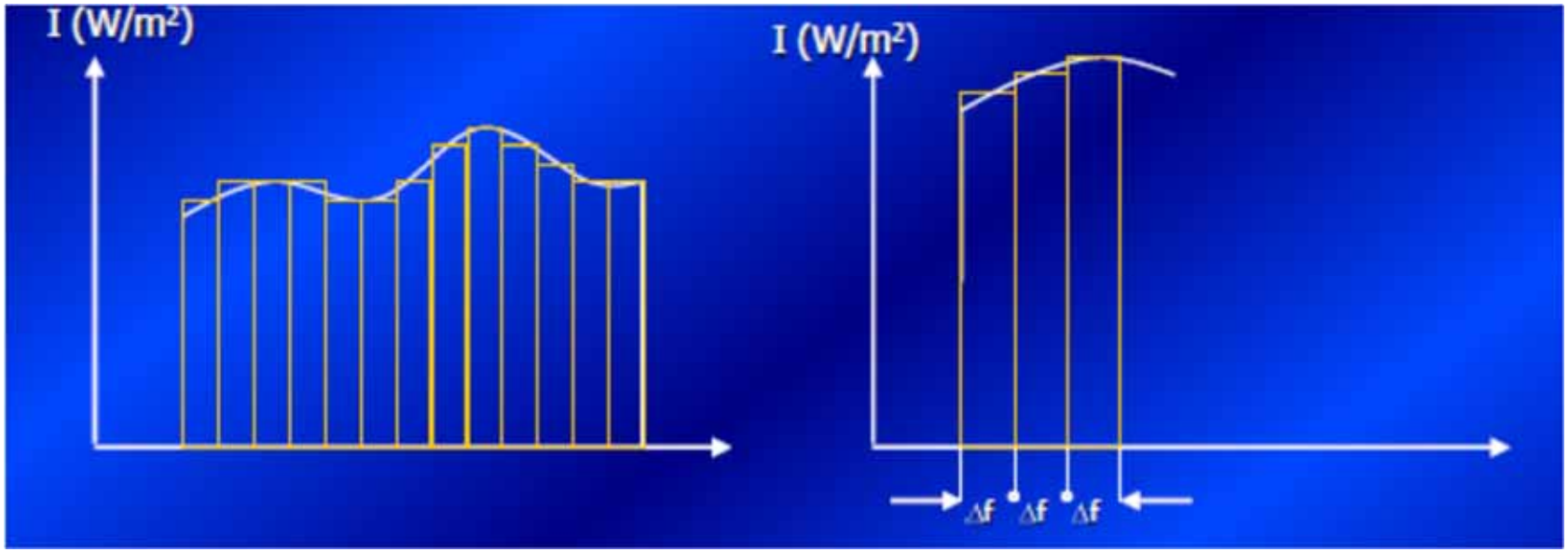
Metodo raccomandato	Informazioni necessarie
Metodo per banda d'ottava Vedere A2	Rumori costanti: livello di pressione acustica per banda d'ottava Rumori fluttuanti o impulsivi: livello di pressione acustica per banda d'ottava continua equivalente Lact,eq
Metodo HML Vedere A 3	Livello di pressione acustica ponderata A LA e (LC - LA) Rumori fluttuanti o impulsivi - dati sui valori continui equivalenti LAeq (LCeq - LAeq)
Controllo HML Vedere A4	Pressione acustica ponderata A LA Impressione prodotta dal suono per la decisione soggettiva tra due classi di rumore (utilizzando liste di esempi di sorgenti di rumore) Rumori fluttuanti o impulsivi - dati sui valori continui equivalenti Laeq
Metodo SNR Vedere A5	Livello di pressione acusstica ponderata A LA e (Lc – La) Rumori fluttuanti o impulsivi - dati sui valori continui equivalenti LAeq, (LCeq - LAeq)

A2. Esempio della valutazione dell'attenuazione sonora di un protettore auricolare in una situazione di rumore specifica

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

Protezione dell'udito

- La scelta degli otoprotettori deve tenere conto, secondo quanto suggerito dalla **UNI EN 458** principalmente dell'analisi di attenuazione sonora del DPI per banda d'ottava cioè in base alla frequenza del rumore



Si ricorre ad una discretizzazione del campo di variazione trasformando la curva spettrale continua con una a gradini, per "**BANDE DI FREQUENZA**" .

Bande di ottava

Le bande di ottava (ISO R 266-1975)

Frequenze limite (Hz)	Frequenza centrale nominale (Hz)
22 - 44	31.5
44 - 88	63
88 - 177	125
177 - 355	250
355 - 710	500
710 - 1420	1000
1420 - 2840	2000
2840 - 5680	4000
5680 - 11360	8000
11360 - 22720	16000

L'ampiezza di ogni banda è pari a circa 70,7 % della frequenza nominale centrale della banda.

Bastano 10 bande d'ottava per coprire interamente lo spettro udibile (20Hz ÷ 20KHz)

$$\frac{\Delta f}{f_c} = \frac{f_{inf}}{f_{inf}\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.707$$

METODO – BANDA OTTAVA

- Consente di valutare l'efficienza prendendo in esame l'attenuazione del DPI per ogni singola banda di ottava sviluppando la somma logaritmica dei valori di abbattimento dichiarati dal costruttore secondo la seguente formula:

$$L'_A = 10 \log_{10} \sum_{f=125}^{8000} 10^{0.1 \times (L_f + A_f - APV_f)}$$

dove :

f : rappresenta la frequenza centrale della banda d'ottava in Hz;

Lf : è il livello di pressione acustica per banda d'ottava Loct del rumore in dB nella banda d'ottava f;

Af : è la ponderazione in frequenza A, in dB;

APVf : è il valore di protezione presunto del protettore auricolare, dB.

Per ottenere i livelli in frequenza del rumore sul luogo di lavoro va effettuata una analisi in frequenza (o spettro) del rumore con un fonometro integratore dotato di pacco filtri a bande d'ottava o un analizzatore di frequenza in tempo reale; in entrambi i casi detti strumenti devono soddisfare i requisiti delle norme CEI EN 61672 e CEI EN 61260/ 97 I fonometri che eseguono l'analisi del rumore in bande di ottava (o 1/3 ottava) hanno una serie di filtri che permettono di isolare i rumori la cui banda di frequenza rientra in quella in esame, escludendo invece tutti gli altri; in tal modo si può battere tutto lo spettro di frequenze misurando per ogni ottava (o terzo di ottava) il livello di rumore corrispondente.

METODO – BANDA OTTAVA

Frequenza Hz	Ponderazione A	Ponderazione B	Ponderazione C	Ponderazione D
10	- 70,4	- 38,2	- 14,3	- 26,5
12,5	- 63,4	- 33,2	- 11,2	- 24,5
16	- 56,7	- 28,5	- 8,5	- 22,5
20	- 50,5	- 24,2	- 6,2	- 20,5
25	- 44,7	- 20,4	- 4,4	- 18,5
31,5	- 39,4	- 17,1	- 3,0	- 16,5
40	- 34,6	- 14,2	- 2,0	- 14,5
50	- 30,2	- 11,6	- 1,3	- 12,5
63	- 26,2	- 9,3	- 0,8	- 11,0
80	- 22,5	- 7,4	- 0,5	- 9,0
100	-19,1	- 5,6	- 0,3	- 7,5
125	- 16,1	- 4,2	- 0,2	- 6,0
160	- 13,4	- 3,0	- 0,1	- 4,5
200	- 10,9	- 2,0	0	- 3,0
250	- 8,6	- 1,3	0	- 2,0
315	- 6,6	- 0,8	0	- 1,0
400	- 4,8	- 0,5	0	- 0,5
500	- 3,2	- 0,3	0	0
630	- 1,9	- 0,1	0	0
800	- 0,8	0	0	0
1000	0	0	0	0
1250	+ 0,6	0	0	+ 2,0
1600	+ 1,0	0	- 0,1	+ 5,5
2000	+ 1,2	- 0,1	- 0,2	+ 8,0
2500	+ 1,3	- 0,2	- 0,3	+ 10,0
3150	+ 1,2	- 0,4	- 0,5	+ 11,0
4000	+ 1,0	- 0,7	- 0,8	+ 11,0
5000	+ 0,5	- 1,2	- 1,3	+ 10,0
6300	- 0,1	- 1,9	- 2,0	+ 8,5
8000	- 1,1	- 2,9	- 3,0	+ 6,0
10000	- 2,5	- 4,3	- 4,4	+ 3,0
12500	- 4,3	- 6,1	- 6,2	0
16000	- 6,6	- 8,4	- 8,5	- 4,0

Esempio di calcolo secondo il prospetto A2

CUFFIE PESANTI

Leq(A):	97,4		125	250	500	1000	2000	4000	8000
		Leq(Lin)	83	81,3	82,7	84,2	85,5	88	85,4
		Att.media	15,2	21,8	35,5	39,2	37,5	42,9	39,2
= (Leq-Att.Media)/10			6,78	5,95	4,72	4,5	4,8	4,51	4,62

Livello esposizione con DPI	68,54
Valore di attenuazione	28,86

Lesp =10*Log(10^(6,78)+10^(5,95)+10^(4,2)+10^(4,5)+10^(4,8)+10^(4,51)+10^(4,62))

Il grado di abbattimento di alcuni D.P.I.

Mezzo di protezione	Frequenza						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Inserti sagomati	10-30	10-30	15-35	20-35	20-40	35-45	25-45
Inserti deformabili	20-35	20-35	25-40	25-40	30-40	40-45	35-45
Semi-inserti	10-25	10-25	10-30	10-30	20-35	25-40	25-40
Cuffie	5-20	10-25	15-30	25-40	30-40	30-40	25-40
Cuffie e inserto (insieme)	20-40	25-45	25-50	30-50	35-45	40-50	40-50

METODO UNI EN 458 – SNR

- Consente di valutare l'efficenza prendendo in esame il valore semplificato di attenuazione (SNR) del DPI senza conoscere la distribuzione del rumore per banda di ottava ma il solo valore del Leq in curva di ponderazione C secondo la seguente formula:

$$L'_A = L_A + (L_C - L_A) - SNR$$

dove :

SNR: rappresenta il valore semplificato di attenuazione dato dal costruttore del DPI;

L'a : è il livello di rumore ponderato A previsto sotto il protettore

Lc : è il livello del rumore ambientale espresso in dB(C);

La : è il livello del rumore ambientale espresso in dB(A);

Un esempio di valutazione dell'efficenza

LAeq [dB]	LAC [dB]
102,60 dB	103,80 dB

Misura del Livello Equivalente

SNR = **21 dB**

L'a = 102,6+(103,8-102,6) - 21

Rumore previsto sotto il protettore 82,8 dB(A)

In questo caso la norma NON E' RISPETATTA: perché il D.L. deve scegliere quei dispositivi di protezione individuale che consentano di eliminare il rischio per l'udito o di ridurlo al minimo

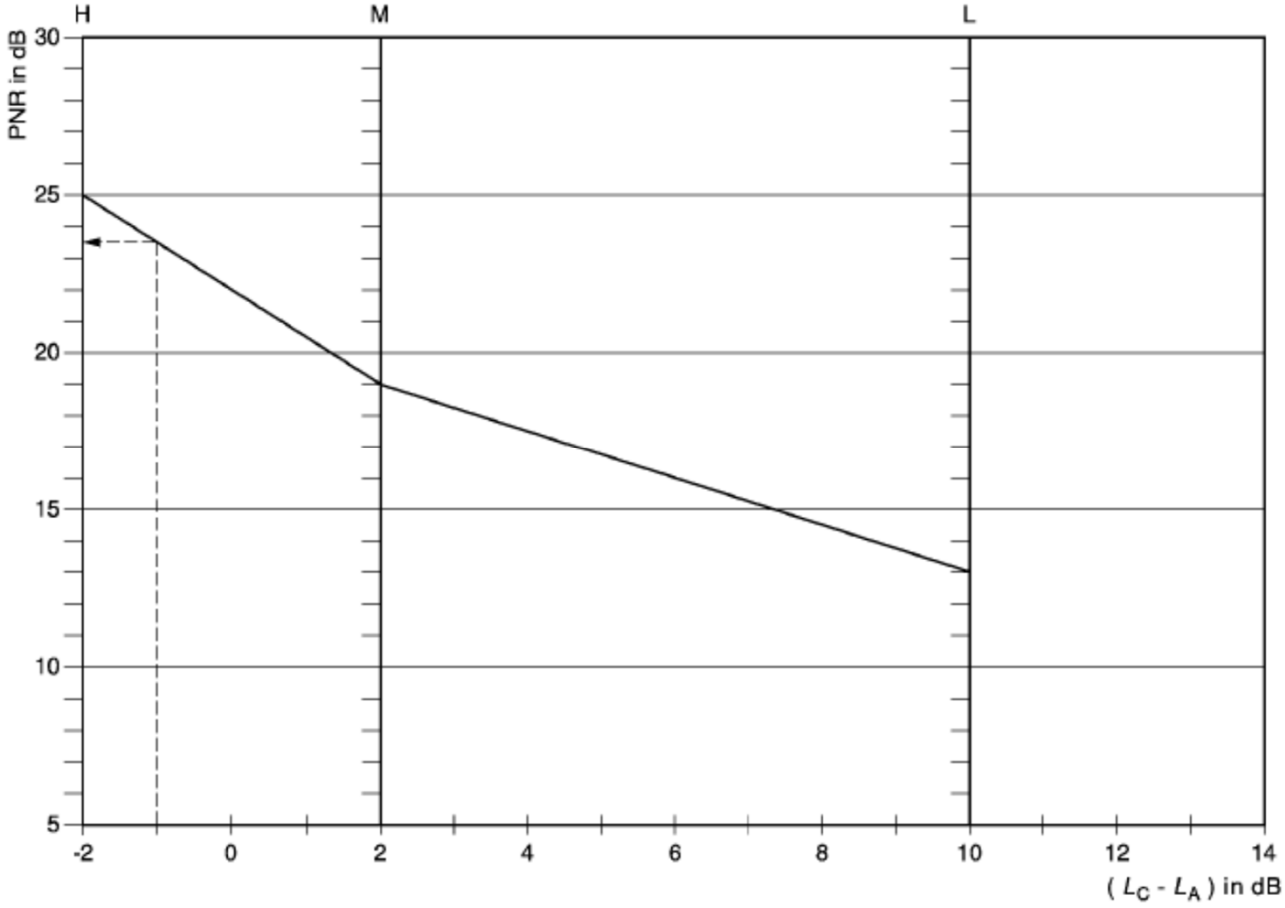
METODO UNI EN 458 – SNR

Tabella I. *Fattori di correzione per otoprotettori*

DPI per l'udito	β
Cuffie	0,75
Inserti espandibili	0,5
Inserti preformati	0,3

METODO UNI EN 458 – PNR

- Consente di valutare l'efficenza prendendo in esame i valori di attenuazione dei DPI alle alte (H) medie (M) e basse (L) frequenze conoscendo il solo valore del Leq in curva di ponderazione A e C secondo il seguente monogramma:



Un esempio di valutazione dell'efficienza PNR

LAeq [dB]	LAC [dB]
104,0 dB	**103,0 dB**

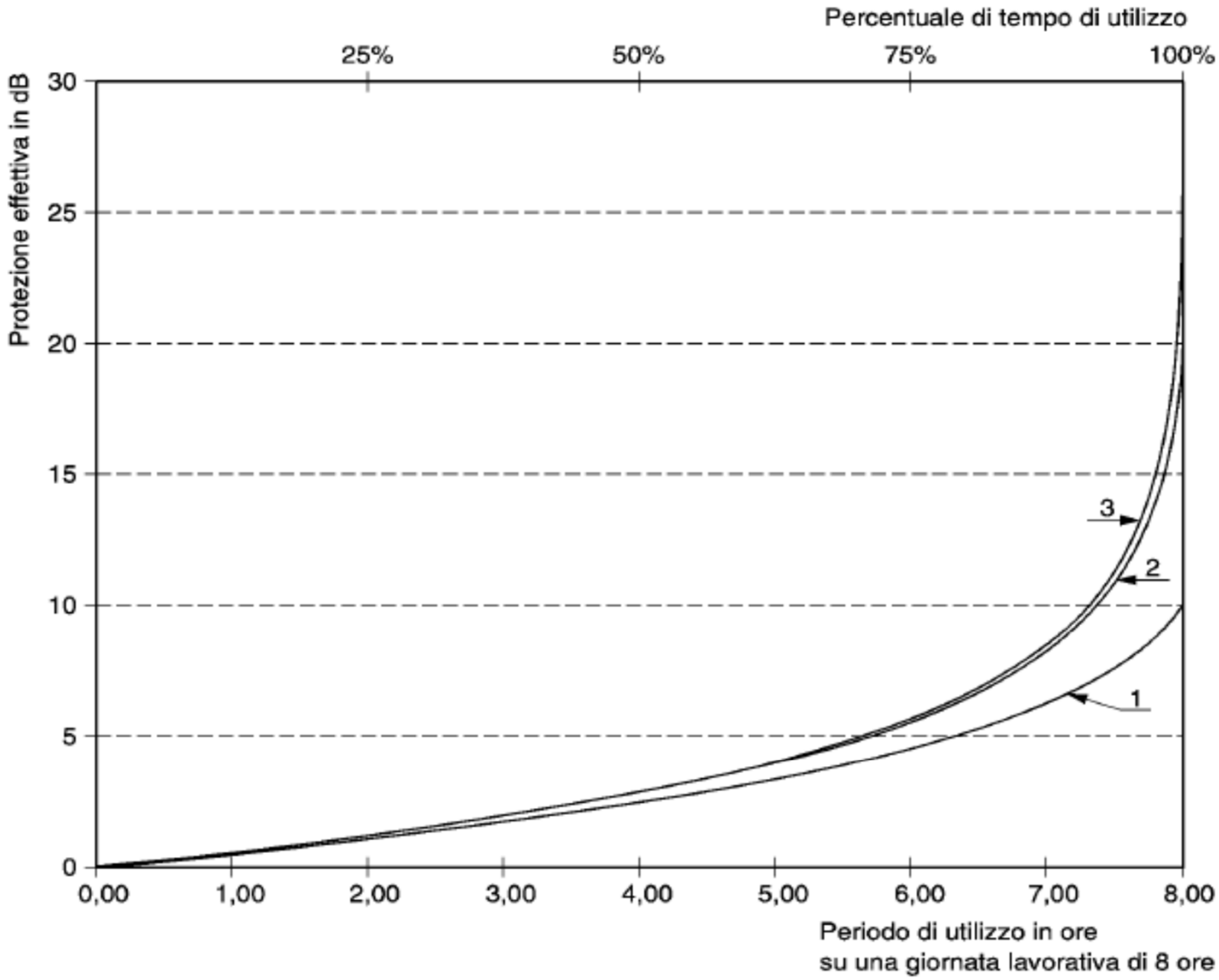
Misura del Livello Equivalente

Lc – La = **-1.0**
dal monogramma
PNR = 23,5

L'a = La – PNR cioè 104 – 23,5

Rumore previsto sotto il protettore
79,5 dB(A)

In questo caso la norma E' RISPETATA: perché il D.P.I. consente l'eliminazione del rischio rumore



1 per un protettore auricolare che assicura un'attenuazione di 10 dB in un rumore dato
2 per un protettore auricolare che assicura un'attenuazione di 20 dB in un rumore dato
3 per un protettore auricolare che assicura un'attenuazione di 30 dB in un rumore dato

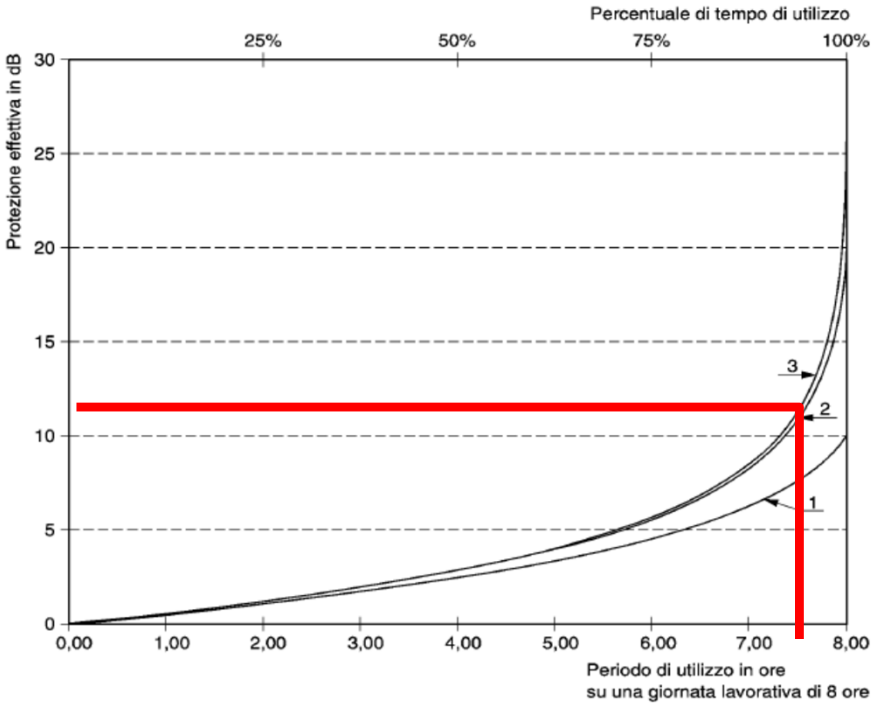
ES. Ambiente con rumore stazionario L_{Ceq} = 105 dB
Protettore auricolare con attenuazione (SNR) = 30 dB

•Se il protettore auricolare è indossato per **8 h**, il livello effettivo all'orecchio è :

$L'_{Aeq,8h}$ = 105 – 30 = 75 dB

•Se il protettore auricolare è indossato per **7 h e 30 min**, il livello effettivo all'orecchio è:

$L'_{Aeq,8h}$ = 105 – 12 = 93 dB



1 per un protettore auricolare che assicura un'attenuazione di 10 dB in un rumore dato
2 per un protettore auricolare che assicura un'attenuazione di 20 dB in un rumore dato
3 per un protettore auricolare che assicura un'attenuazione di 30 dB in un rumore dato

Il rischio rumore nel P.S.C.

Art. 100 e Allegato XV

- Il piano è costituito da una relazione tecnica e prescrizioni correlate alla complessità dell'opera da realizzare ed alle eventuali fasi critiche del processo di costruzione, atte a prevenire o ridurre i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori….
- I contenuti minimi del piano di sicurezza e di coordinamento sono definiti nel:

Allegato XV

2.2.3In riferimento alle lavorazioni, il coordinatore per la progettazione suddivide le singole lavorazioni in fasi di lavoro e, quando la complessità dell'opera lo richiede, in sottofasi di lavoro, ed effettua l'analisi dei rischi presenti, con riferimento all'area e alla organizzazione del cantiere, alle lavorazioni e alle loro interferenze, ad esclusione di quelli specifici propri dell'attività dell'impresa, facendo in particolare attenzione ai seguenti:

l) al rischio rumore

Si consiglia inoltre che il PSC richieda alle ditte in cantiere la segnalazione

preliminare dell'intenzione di utilizzare macchine rumorose non previste nel

POS al CSE

Il rischio rumore nel P.S.C.

Al momento l'unica banca dati validata è quella realizzata dal **CPT Torino** e relativa ai cantieri edili. Si raccomanda di leggerne attentamente la guida all'utilizzo prima di utilizzarla.

L_{Aeq}=102,6 dB(A)

3 - 20110922

INAIL DIREZIONE REGIONALE PIEMONTE

COMITATO PARITETICO TERRITORIALE PER LA PREVENZIONE INFORTUNI L'IGIENE E L'AMBIENTE DI LAVORO DI TORINO E PROVINCIA

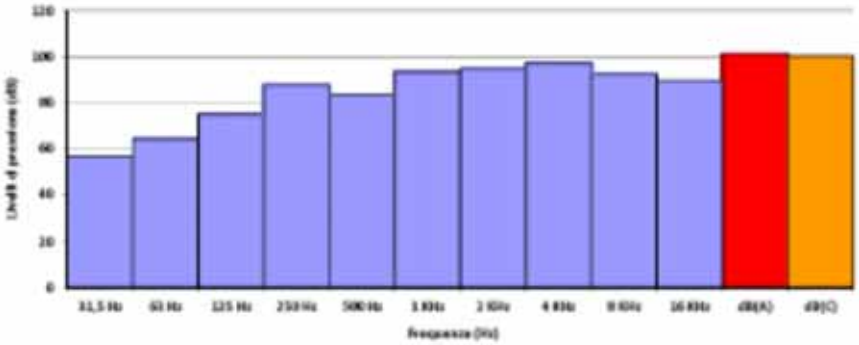
C.P.T. TORINO

TAGLIALATERIZI — Rif.: 900-TO-1214-1-RPR-11

Marca:	MAKER
Modello:	TPS 90
Potenza:	3,00 KW
Anno produzione:	2002
Dati fabbricante:	
Accessorio:	
Attività:	taglio
Materiale:	laterizi
Annotazioni:	
Data rilievo:	19.05.2009
LIVELLI DI PRESSIONE ACUSTICA	
L_{Aeq} dB(A)	102,6
L_{Aeq} dB(C)	101,5
LIVELLO DI PICCO	
L_{peak} dB(C)	121,5

ANALISI SPETTRALE

Hz										TOTALE	
31,6	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K	dB(A)	dB(C)
56,8	64,2	75,0	87,6	83,3	93,3	94,6	97,1	92,3	89,6	101,4	100,3



STRUMENTAZIONE

Strumento / Marca	Modello	Matricola	Data Taratura
Fonometro Svantek	SVAN-948	9825	05/11/2008
Microfono Svantek	SV 22	4011859	07/11/2008
Calibratore (RUM) Bruel & Kjaer	4230	1670857	07/11/2008

Il rischio rumore nel P.O.S.

- L'art.191 del D.Lgs.81/2008 prevede una **valutazione semplificata** per attività che comportano **esposizioni variabili** a rumore, non contraddistinte da modalità espositive costanti, né nell'arco della giornata né in quella settimanale.

Fatto salvo il divieto al superamento dei valori limite di esposizione, per attività che comportano un'elevata fluttuazione dei livelli di esposizione personale dei lavoratori, il datore di lavoro può attribuire a detti lavoratori un'esposizione al rumore al di sopra dei valori superiori di azione, garantendo loro le misure di

prevenzione e protezione conseguenti e in particolare:

a) la disponibilità dei dispositivi di protezione individuale dell'udito;

b) l'informazione e la formazione;

c) il controllo sanitario.

Sul DVR a fianco dei nominativi dei lavoratori così classificati, va riportato il riferimento all'art. 191

Il rischio rumore nel P.O.S.

Art. 89 e Allegato XV

1. Agli effetti delle disposizioni di cui al presente capo si intendono per:

h) piano operativo di sicurezza: il documento che il datore di lavoro dell'impresa esecutrice redige, in riferimento al singolo cantiere interessato, ai sensi dell'articolo 17 comma 1, lettera a)

I cui contenuti sono riportati nel: **Allegato XV**

3.2.1. Il POS é redatto a cura di ciascun datore di lavoro delle imprese esecutrici, ai sensi dell'articolo 17 del presente decreto, e successive modificazioni, in riferimento al singolo cantiere interessato; esso contiene almeno i seguenti elementi:

f) l'esito del rapporto di valutazione del rumore;

Considerazioni

- Un primo giudizio di non superamento del valore inferiore di azione è dato dalla sussistenza contemporanea delle seguenti condizioni:
  a. è possibile comunicare facilmente a voce normale con altri lavoratori posti a 1 metro di distanza;
  b. sono assenti "eventi sonori significativi" e intensi sul luogo di lavoro (allarmi di macchine, scarichi di aria compressa, ecc.).

Questo criterio è spendibile solo per confermare una **situazione già visibilmente "certa"**, dove non sono presenti sorgenti in grado di produrre livelli di rumore superiori a 80 dBA e, pertanto, utile a valutare il rischio in realtà come **uffici,** imprese di pulizia, piccole attività commerciali e realtà simili.

Nell'applicarlo ad operatori che svolgono più compiti all'interno della propria mansione o si muovono in più ambienti (es. addetti alle pulizie, impiegati tecnici, ecc), per ciascuna delle situazioni di lavoro deve essere verificata la sussistenza delle condizioni sopra indicate; nel caso una delle circostanze non sia garantita, si ricadrà in **un "rischio dubbio".**

Considerazioni

- L'art.190, comma 1, esplicita che la valutazione del rischio rumore è un concetto **più ampio della sola misurazione** dell'agente di rischio, comprendendo la raccolta di informazioni sulle condizioni più generali della esposizione del lavoratore, inclusa la eventuale compresenza di **fattori di rischio non acustici** che possono aumentare i rischi per la salute e la sicurezza, ad esempio aumento del rischio di infortuni dovuti a mascheramento di segnali di avvertimento.
- L'art. 63 dello stesso D.Lgs.81/2008 ed il punto 1.3.1 del relativo Allegato IV precisano che i luoghi di lavoro, a meno che non sia richiesto diversamente dalle necessità delle lavorazioni, devono essere provvisti di un **isolamento acustico** sufficiente tenuto conto del tipo di impresa e dell'attività dei lavoratori.
- Nel caso di una **struttura scolastica** esistente, il datore di lavoro può effettuare una valutazione preliminare verificando:

  - la classe di territorio comunale di appartenenza dell'immobile rispetto alla zonizzazione acustica comunale ex L.Q.447/95 e il rispetto dei livelli minimi di isolamento acustico;

  - il tempo di riverberazione dei locali (aule, palestre, mense), che condiziona in modo sensibile la regolazione della voce dell'insegnante (forza e ritmo) con conseguente affaticamento

Considerazioni

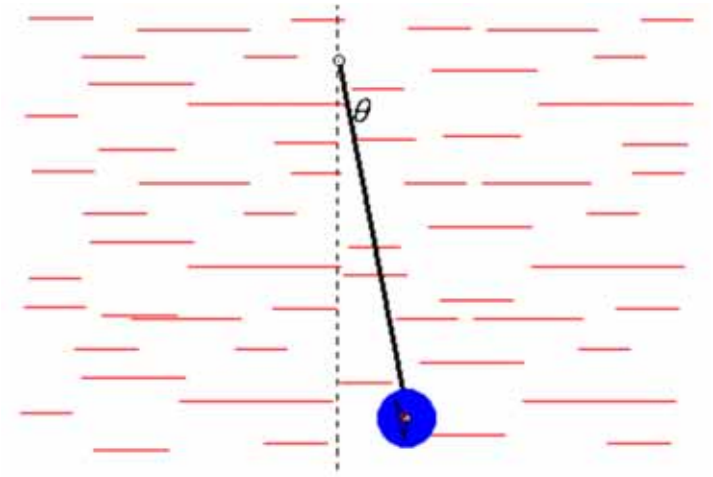
- L'allegato XXXIV del D.Lgs. 81/08 prescrive, per le postazioni di lavoro al **videoterminale,** che «Il rumore emesso dalle attrezzature presenti nel posto di lavoro non deve perturbare l 'attenzione e la comunicazione verbale»

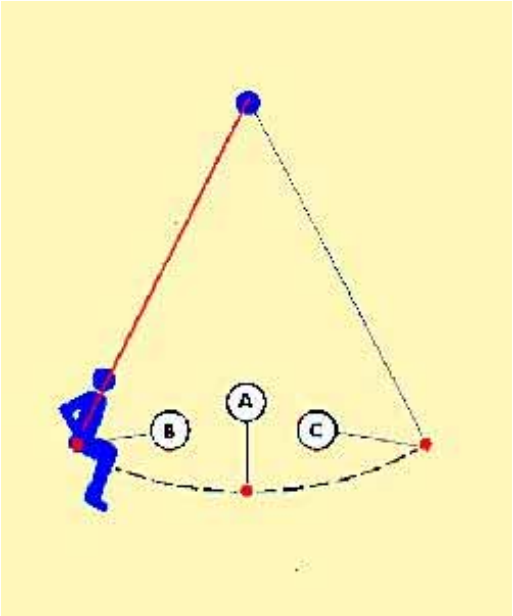
Pertanto, andrà valutato il rischio verificando il raggiungimento almeno delle seguenti condizioni:

- livello equivalente ambientale: la UNI EN ISO 11690-1:2021 indica che non debba essere superiore a 45 dB(A) per compiti che richiedono concentrazione, non superiore a 55 dB(A) in uffici singoli e per compiti di routine, e non superiori a 65dB(A) per uffici open-space;
- rumore di fondo non superiore a 40 dB(A) per uffici singoli, non superiore a 45dB(A) per quelli open-space (UNI EN ISO 11690-1:2021);
- livello corretto del rumore di impianto Lic non superiore a 35 dB(A) per uffici singoli ad attività progettuale, non superiore a 40 dB(A) per uffici singoli ad attività di routine e non superiori a 45 dB(A) per quelli open-space (UNI 8199:2016);
- tempo di riverberazione compreso tra 0,5 e 1 s nella gamma di frequenza da 250 Hz a 4 kHz e comunque non superiore ai valori riportati nella UNI EN ISO 9241-6:2001 per ambienti open space;

Tempo massimo di riverberazione (s)		
Volume	Conversazione	Scopo generale
50	non specificato	non specificato
100	0,45	0,8
200	0,6	0,9
500	0,7	1,1
1000	0,8	1,2
2000	0,9	1,3

Vibrazioni



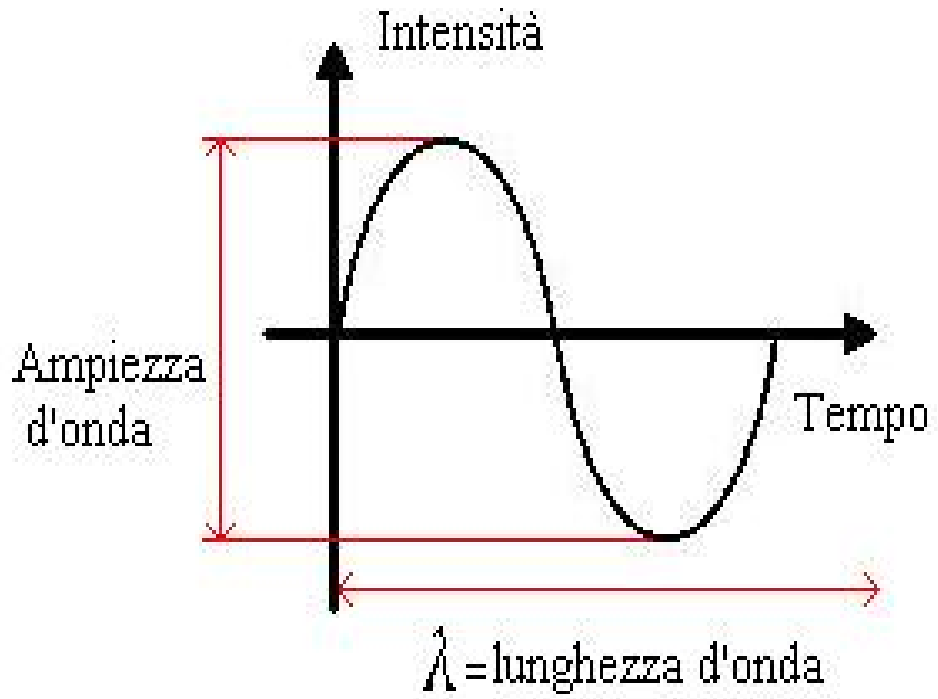


Le vibrazioni sono oscillazioni meccaniche di grande rapidita' e piccola ampiezza, generate da onde di pressione che si trasmettono attraverso corpi solidi

L'oscillazione è il movimento che un punto mobile compie per ritornare alla posizione di partenza

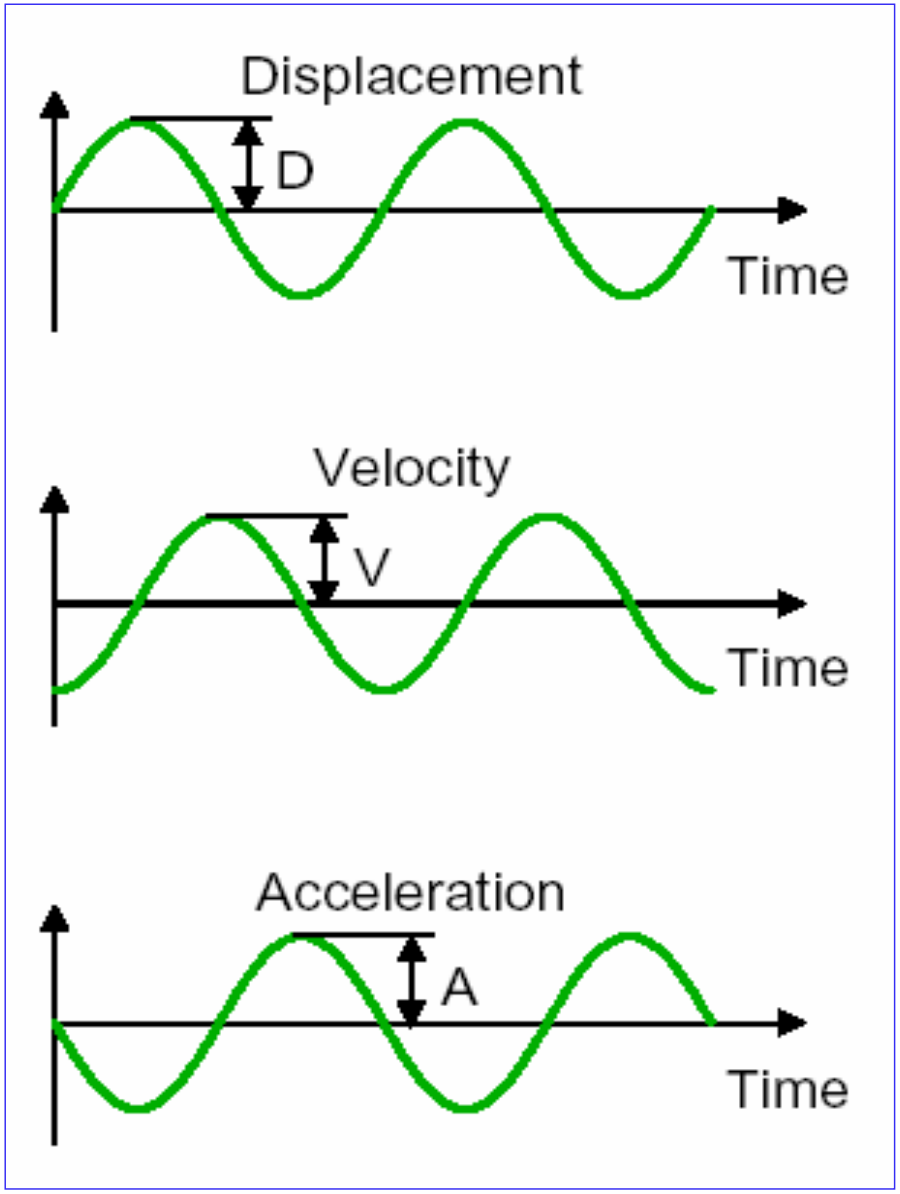
Elementi caratterizzanti le vibrazioni

- **FREQUENZA**
  (n° di oscillazioni al sec, Hz)
- **LUNGHEZZA D'ONDA (λ)**
- **AMPIEZZA (m)**
- **VELOCITA' (m/s)**
- **ACCELERAZIONE (m/s^2)**
- **ASSE DI INGRESSO (X, Y, Z)**



IL POTENZIALE LESIVO DEGLI STRUMENTI VIBRANTI, TUTTAVIA, è CORRELATO QUASI ESCLUSIVAMENTE ALLA <u>FREQUENZA,</u> <u>AMPIEZZA</u> e <u>DIREZIONE</u> delle vibrazioni.

Elementi caratterizzanti le vibrazioni



Spostamento:

$D(t)= D_0 \sin(\omega t)$ (m)

Velocità:

$V(t)=V_0 \cos(\omega t)$ (m/s)

$V_0= \omega D_0$

<u>Accelerazione</u>:

$A(t)=-A_0 \sin(\omega t)$ (m/s^2)

$A_0= \omega V_0 = \omega^2 D_0$

Vibrazioni

VIBRAZIONI LIBERE: si hanno quando un corpo vibra sotto l'azione delle sole forze interne - il corpo vibra alle proprie frequenze naturali.

VIBRAZIONI FORZATE: sono causate da forze applicate esternamente al sistema.

Classificazione in ambito Occupazionale

Vibrazioni trasmesse al corpo intero (Whole body vibration WBV)

oscillazioni generalizzate, a bassa (fra 0 e 2 cicli/sec.) e media frequenza (fra 2 e 20 cicli/sec.).

Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio (Hand-arm transmitted or segmental)

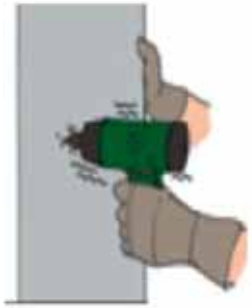
oscillazioni localizzate, ad alta frequenza (oltre 20-30 cicli/sec).

Classificazioni delle vibrazioni in base alle frequenze (sec.Wisner)

FREQUENZE	ESPOSIZIONE	EFFETTI
BASSE 0 a 1-2Hz	MEZZI DI COMUNICAZIONE: AUTOMOBILI, NAVI	MAL DEI TRASPORTI (CINETOSI)
MEDIE 2 a 20Hz	MACCHINE E IMPIANTI INDUSTRIALI MEZZI DI TRASPORTO	PATOLOGIA DA VIBRAZIONI DIFFUSA A TUTTO IL CORPO (WHOLE BODY VIBRATION)
ALTE > 20Hz	STRUMENTI VIBRANTI ♦ A PERCUSSIONE ♦ A ROTAZIONE ♦ A MOVIMENTO MISTO	SINDROME DA VIBRAZIONE MANO-BRACCIO (SEGMENTAL VIBRATION)

Dimensione del fenomeno

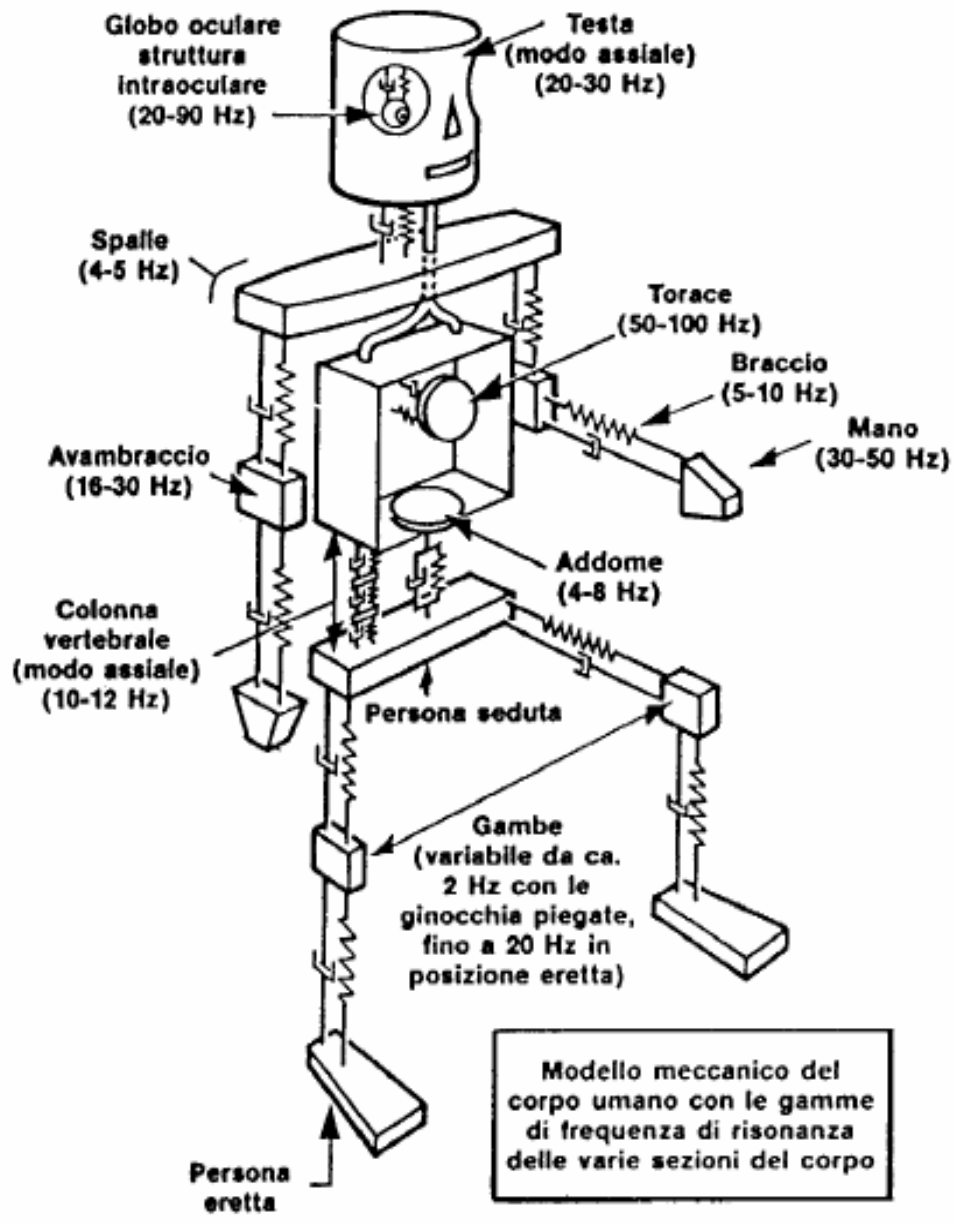
- **24% lavoratori <u>europei</u> è esposto a vibrazioni meccaniche**



- **21% lavoratori <u>italiani</u> è esposto a vibrazioni meccaniche**

EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK

Modello del corpo umano

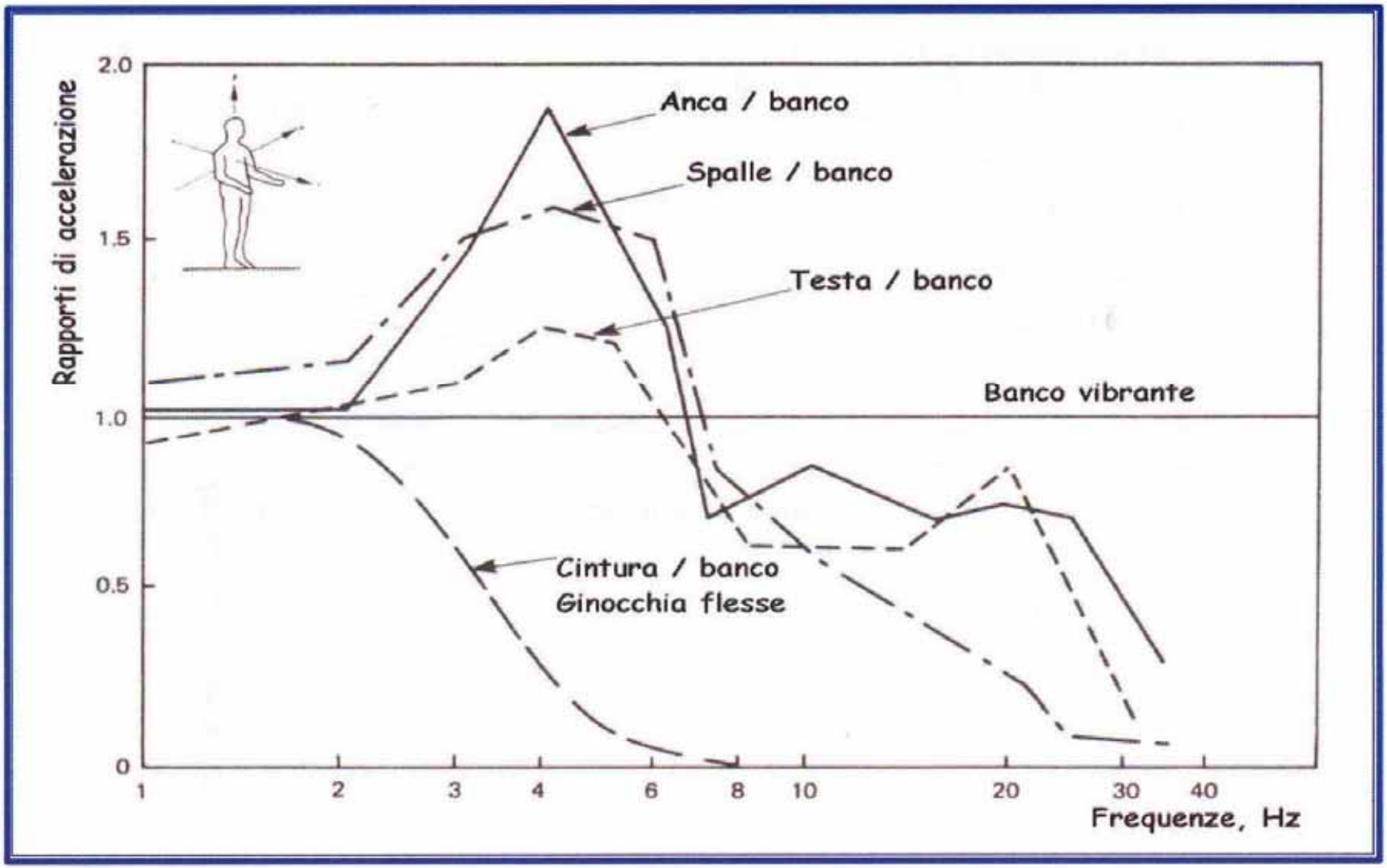


Modello meccanico del corpo umano con le gamme di frequenza di risonanza delle varie sezioni del corpo

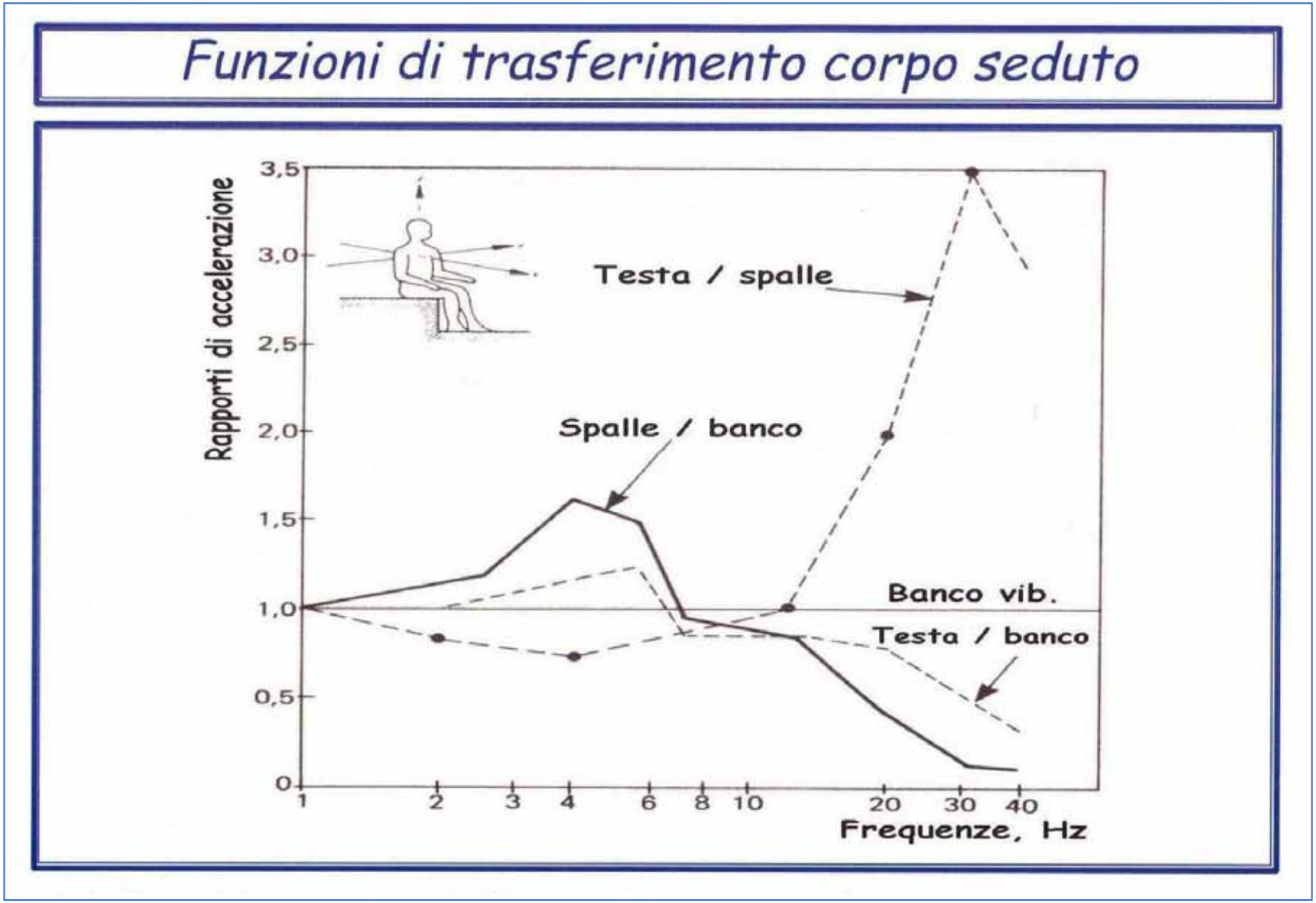
Per quanto riguarda il corpo intero
Le vibrazioni elastiche che causano un danno biologico sono le perturbazioni armoniche con frequenza **1 ÷ 80 Hz**
(ISO 2631-1)

Per quanto riguarda il mano braccio
Le vibrazioni elastiche che causano un danno biologico sono le perturbazioni armoniche con frequenza **8 ÷ 1000 Hz**
(ISO 5139-1)

Funzioni di trasferimento corpo stazionante



La trasmissione per i diversi distretti anatomici varia in funzione delle frequenze (es.l'anca e le spalle tendono ad amplificare le basse frequenze).



.. la testa tende ad amplificare l'accelerazione rispetto alle spalle alle alte frequenze

Il sovraccarico meccanico dovuto a fenomeni di risonanza del rachide nell'intervallo di frequenza delle vibrazioni tra 3 e 10 Hz, provoca un danno strutturale a carico dei corpi vertebrali, dischi e articolazioni intervertebrali

Patologie da vibrazioni

Vibrazioni

L'esposizione a vibrazioni meccaniche in ambiente lavorativo può essere dovuta ad un'ampia varietà di processi e operazioni che utilizzano macchine e attrezzi diffusi nella gran parte dei settori lavorativi dell'industria, agricoltura e servizi .

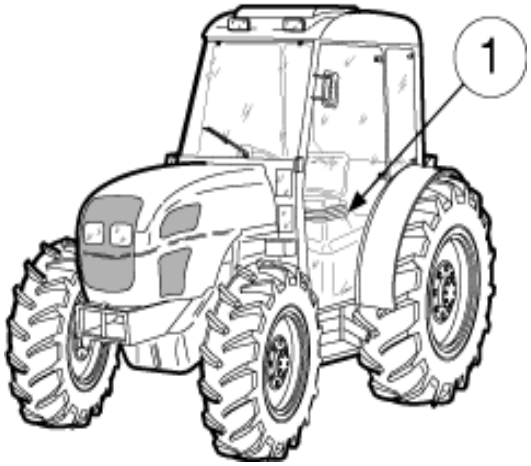
Studi epidemiologici e sperimentali consolidati a livello italiano e internazionale hanno dimostrato che una prolungata esposizione ad elevati livelli di vibrazioni può provocare importanti disturbi e lesioni a carico degli arti superiori e della colonna vertebrale.

Vibrazioni trasmesse al corpo intero (WBV)

- Gli effetti avversi delle vibrazioni al corpo intero possono avvenire nel range delle **frequenze medio-basse**
- Studi mostrano che il sovraccarico biomeccanico della colonna vertebrale dovuto a fenomeni di risonanza avviene per frequenze di vibrazione **tra 3 e 10 Hz**
- Vibrazioni meccaniche trasmesse al corpo intero, comportano rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare lombalgie e traumi del rachide

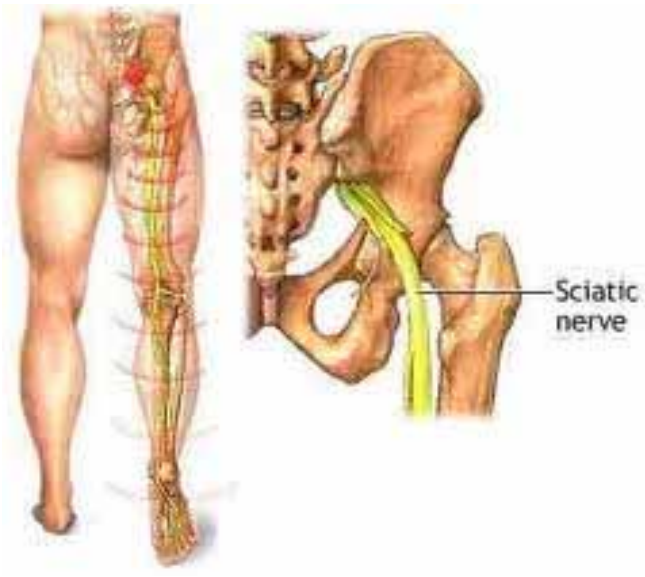
Vibrazioni trasmesse al corpo intero (WBV)

- Conduzione di macchine e/o veicoli industriali, macchine agricole, mezzi per il trasporto pubblico
- Associazione con altri fattori di rischio biomeccanico quali il mantenimento di posture fisse prolungate, flessioni e torsioni del rachide, movimentazione manuale dei carichi



Vibrazioni trasmesse al corpo intero

- Disturbi chinetosici
- Patologie del rachide lombare
- Disturbi del distretto cervico - brachiale
- Disturbi dell'apparato gastro-intestinale
- Disturbi dell'apparato riproduttivo
- Disturbi circolatori
- Effetti cocleo - vestibolari



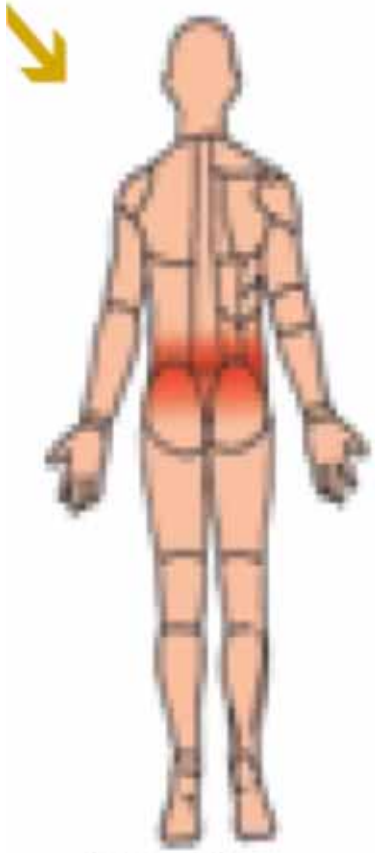
Vibrazioni trasmesse al corpo intero (WBV)

(modificazioni osteoarticolari)

❖ Sono le alterazioni più note causate dalle vibrazioni trasmesse al corpo intero

❖ Vibrazioni e posizione seduta costituiscono le cause più importanti di lombalgia nel personale adibito alla guida

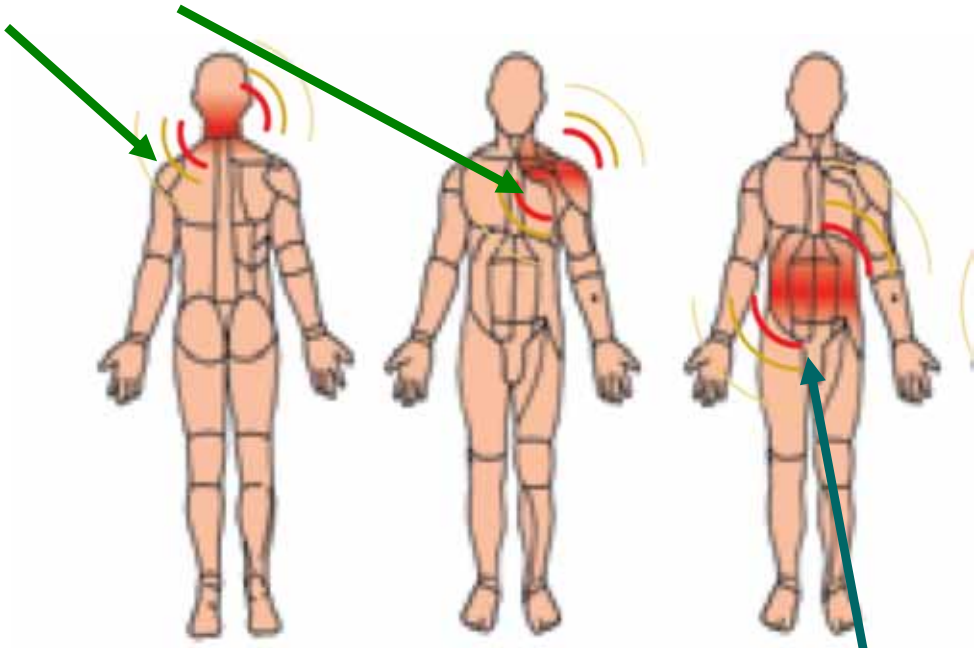
❖ Si tratta di una degenerazione cronica a carico della colonna vertebrale che interessa: i corpi vertebrali, le articolazioni, i dischi intervertebrali



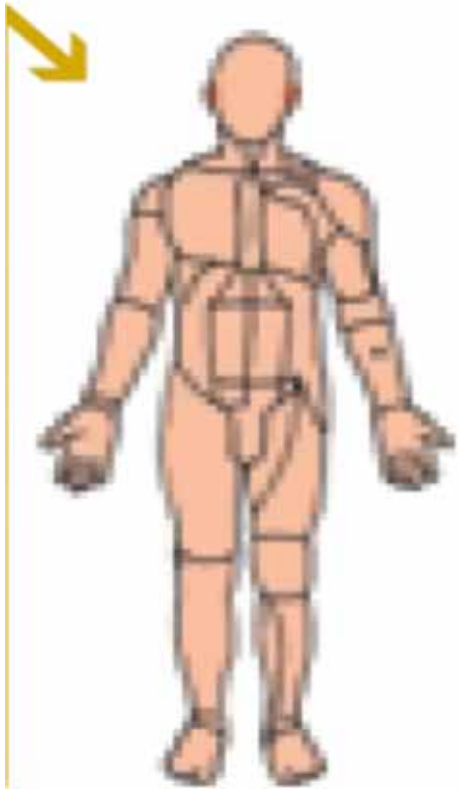
.. effetti sul fisico come disturbi e lesioni a carico del tratto basso della spina dorsale...

Disturbi cervico - brachiali: sono disturbi delle fasce muscolari che si manifestano nella zona **collo - spalle** dei conducenti di automezzi.

La chinetosi si manifesta con vibrazioni a bassa frequenza (da 0 a 2 HZ) e stimola la funzione vestibolare



Disturbi digestivi: un'esposizione elevata può generare un aumento dell'attività **gastrointestinale** e quindi provocare gastrite e ulcera peptica.



Vibrazioni trasmesse al corpo intero (WBV)

Disturbi circolatori: i conducenti di automezzi e veicoli possono essere soggetti ad insorgenza di emorroidi e varici venose alle gambe, addebitabili anche alle vibrazioni ed al tempo trascorso in posizione seduta.

Effetti cocleo - vestibolari: l'esposizione contemporanea a vibrazioni e rumore è probabilmente causa di un aumento del disturbo uditivo (ipoacusia) alle alte frequenze.

Risposte a carattere psicosomatico caratterizzati da fenomeni psicosensoriali, Modificazioni del tono muscolare, modificazioni neurologiche, endocrine ed umorali

Segmental vibration

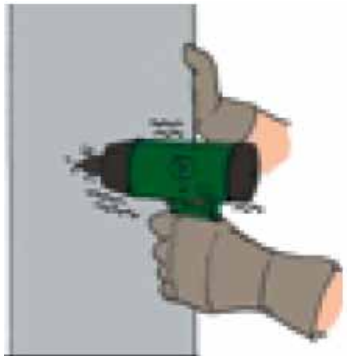
Patologia distrettuale da strumenti vibranti caratterizzata dalla presenza di:

- LESIONI VASCOLARI
- LESIONI OSTEO-ARTICOLARI
- LESIONI NEUROLOGICHE
- LESIONI MUSCOLO-TENDINEE

(tra di loro variamente associate)

VARI FATTORI (INTERNI OD ESTERNI) POSSONO INFLUENZARE
LA COMPARSA O MENO DI TALI LESIONI

Molti strumenti che vengono impugnati o azionati con le mani generano vibrazioni. La vibrazione si trasmette alla mano e al braccio dell'operatore attraverso il contatto fisico con lo strumento e, in alcuni casi attraverso il pezzo che si sta lavorando (macchinari a colonna).

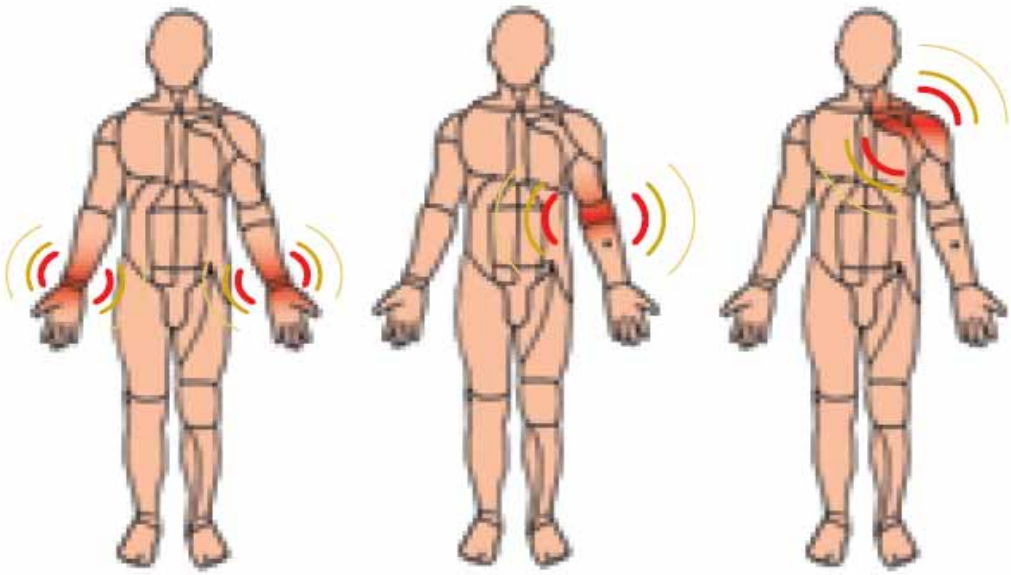


Si calcola che oltre il 5% dei lavoratori sono esposti regolarmente a vibrazioni del sistema mano-braccio in quasi tutti i campi delle attività lavorative.

Tale percentuale sale in alcuni **comparti lavorativi**: edilizia e ingegneria civile, manutenzione di strade e ferrovie, silvicoltura, fonderie e officine meccaniche, miniere e cave.

Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio

Per la «sindrome da vibrazioni mano-braccio», con frequenze comprese tra 8 e 1000 Hz, oltre ad un maggiore affaticamento psicofisico, vi è un aumento del rischio di insorgenza di lesioni vascolari, neurologiche e muscolo-scheletriche con l'eventuale concorrenza di fattori ambientali, come il rumore, o individuali come l'età, la suscettibilità o l'abitudine al fumo.



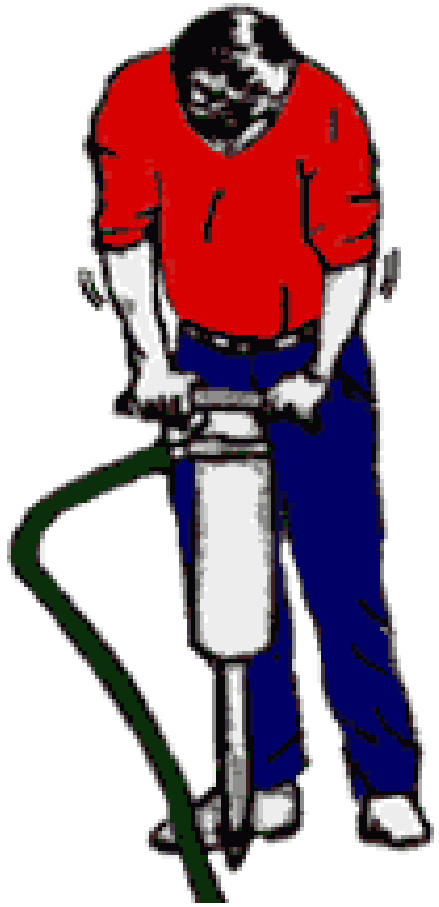
Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio

- Angioneurosi (Fenomeno di Raynaud)
- Neuropatie periferiche prevalentemente sensitive (nn. mediano, ulnare, radiale)
- Sindromi da intrappolamento dei tronchi nervosi degli arti superiori
- Osteoartropatie dei polsi e gomiti
- Patologie muscolo-tendinee degli arti superiori

Sistema mano-braccia patologie osteo-articolari

Rappresentate da un quadro di alterazioni di tipo necrotico degenerativo a livello osteo - cartilagineo.

Si tratta di una patologia degenerativa da <u>sovraccarico</u> <u>funzionale</u> generalmente causata dal contatto delle mani con l'impugnatura di utensili manuali o di macchinari condotti a mano.



Sistema mano-braccia patologie osteo-articolari

Si manifesta con:

- Pseudocisti o vacuoli delle ossa carpali
- Artrosi delle articolazioni del polso e gomito
- Entesopatie del gomito

È correlata a:

- Esposizione a vibrazioni di elevata ampiezza e bassa frequenza (< 50 Hz) generate da utensili percussori
- Fattori di stress ergonomico
- Suscettibilità individuale

Sistema mano - braccia
patologie muscolo - scheletriche

- **Tendinopatie infiammatorie e/o degenerative** (tendiniti, tenosinoviti, peritendiniti, tendinosi) della spalla, gomito, polso e mano
- **Sindromi da compressione dei nervi periferici** (s. tunnel carpale, s. canale di Guyon, s. tunnel cubitale, s. del pronatore, s. stretto toracico)
- **Osteoartropatie croniche degenerative** (es. artrosi, rizoartrosi trapezio-metacarpale)
- **Altre patologie**: m. Dupuytren, dito a scatto, cisti tendinee, borsiti

Lesioni vascolari

Fenomeno di Raynaud secondario

Consiste nell'arresto transitorio Del flusso arterioso in zone acrali delle mani

SINTOMATOLOGIA

FASE INIZIALE

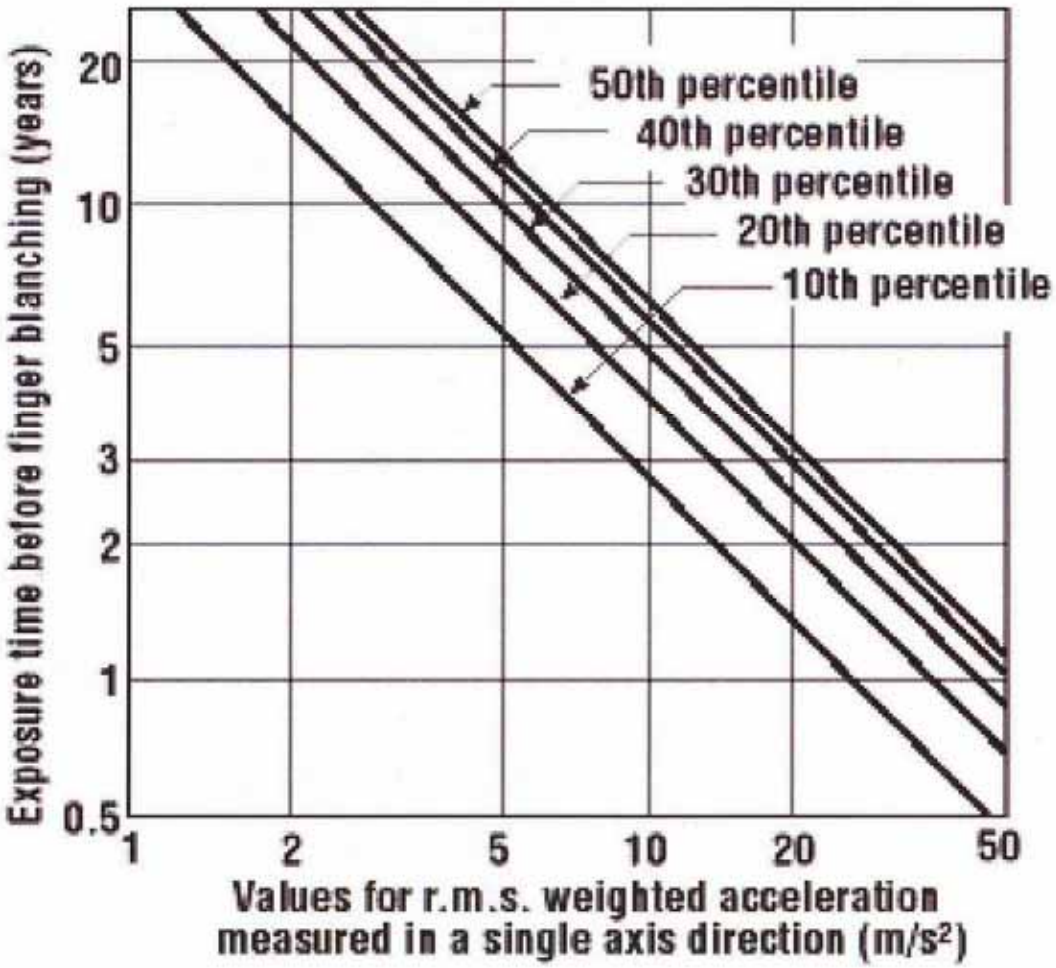
FASE ISCHEMICA

FASE IPEREMICA E CIANOTICA

RISOLUZIONE

I sintomi associati alla sindrome da vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio possono anche influire sulla sicurezza dei lavoratori. In particolare i disturbi neuro-vascolari possono causare riduzione o perdita della capacità di manipolare utensili o macchinari di comune impiego,, con possibili ricadute di tipo infortunistico o ergonomico: la riduzione o perdita della destrezza manuale può comportare maggiore difficoltà nel controllo dell'utensile che tende ad essere impugnato con maggior forza con conseguente **aumento** della energia vibratoria trasmessa al sistema manobraccio.

Epidemiologia della sindrome di Raynauld



L’angiopatia da microtraumatismo vibratorio è, in ordine di frequenza, la **quarta** malattia professionale indennizzata dall’INAIL in Italia.

Normativa

D.Lgs 81/2008

- **Si applica a tutti i settori lavorativi, con alcune deroghe per la navigazione marittima ed aerea**
- **Definisce le tipologie vibrazioni:** mano braccio e corpo intero
- **Stabilisce i valori limite di esposizione**
- **Stabilisce i valori di azione**
- **Stabilisce gli obblighi per i datori di lavoro**
- **Stabilisce le sanzioni**

D.Lgs 81/2008

Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio

"Le vibrazioni che, se trasmesse al sistema mano-braccio, comportano un rischio per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare disturbi vascolari, osteoarticolari, neurologici o muscolari"

Vibrazioni trasmesse al corpo intero

"Le vibrazioni che, se trasmesse al corpo intero, comportano un rischio per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare lombalgie e traumi al rachide"

D.Lgs 81/2008

Valore di esposizione che fa scattare l'azione

- Vibrazioni mano-braccio: A(8)=**2.5 m/s2**

- Vibrazioni al corpo intero: A(8)=**0.5 m/s2**

Valore limite di esposizione

- Vibrazioni mano-braccio: A(8)=**5 m/s2**

- Vibrazioni al corpo intero: A(8)=**1.00 m/s2**

D.Lgs 81/2008

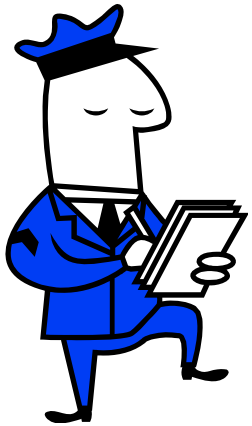
"Il datore di lavoro" :

- sottopone a revisione la valutazione dei rischi effettuata almeno ogni 4 anni;
- sottopone a revisione le misure predisposte per eliminare o ridurre i rischi;
- tiene conto del parere del MC nell'attuazione delle misure necessarie per eliminare o ridurre il rischio;
- prende misure affinché sia effettuata una visita medica straordinaria per tutti i lavoratori che hanno subito un'esposizione simile"

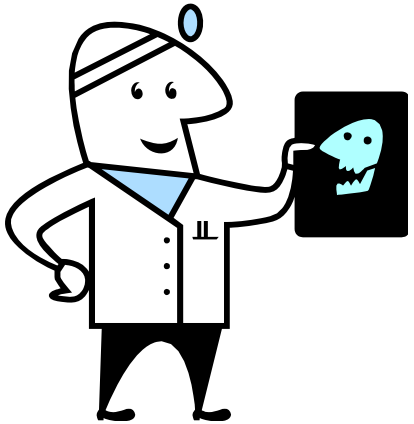
D.Lgs 81/2008

"I lavoratori esposti a livelli di **vibrazioni superiori ai valori di azione** sono sottoposti a sorveglianza sanitaria. La sorveglianza sanitaria viene effettuata periodicamente, di norma una volta all'anno o con periodicità diversa decisa dal MC con adeguata motivazione riportata nel documento di valutazione dei rischi e resa nota ai rappresentanti per la sicurezza dei lavoratori in funzione della valutazione del rischio".

D.Lgs 81/2008

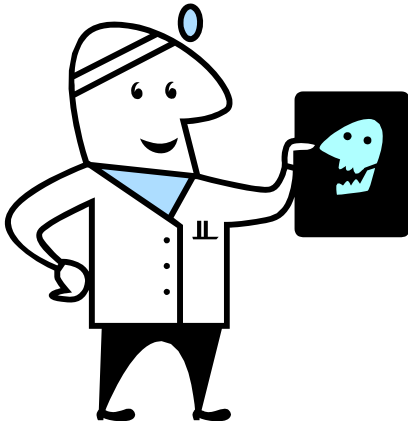


- "L'organo di vigilanza, con provvedimento motivato, può disporre contenuti e periodicità della sorveglianza sanitaria diversi rispetto a quelli forniti dal medico competente".



D.Lgs 81/2008

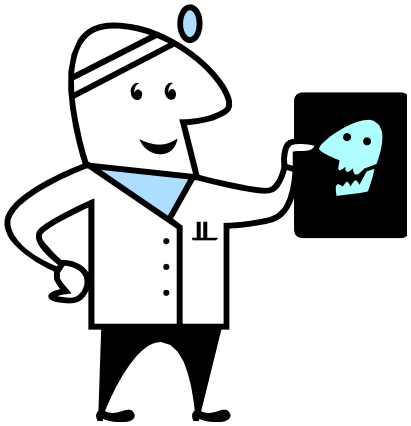
"Nel caso in cui la sorveglianza sanitaria riveli, in un lavoratore, l'esistenza di anomalie imputabili ad esposizione a vibrazioni, il MC informa il datore di lavoro di tutti i dati significativi emersi dalla sorveglianza sanitaria tenendo conto del segreto medico".



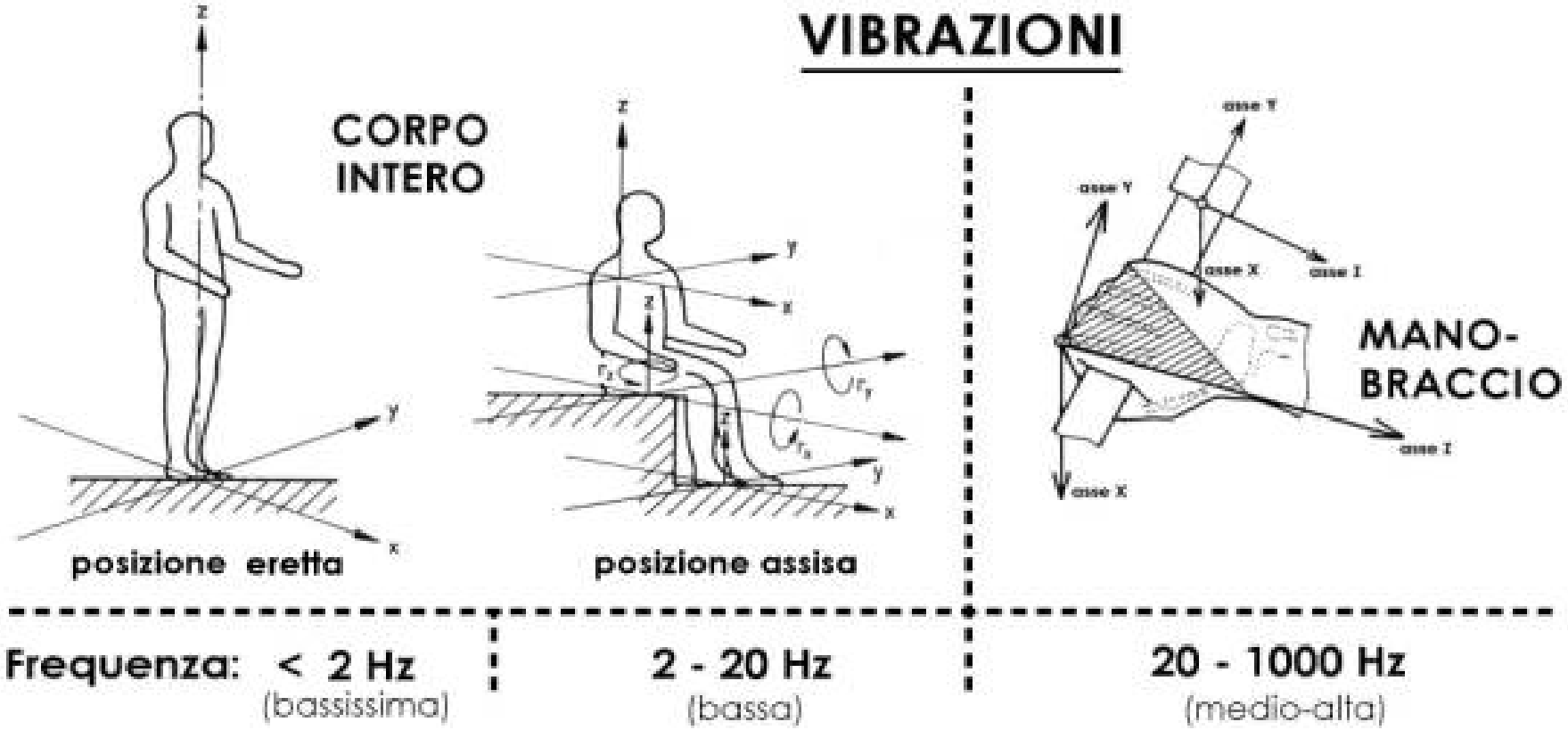
D.Lgs 81/2008

"IL MC, per ciascuno dei lavoratori provvede ad istituire e aggiornare una cartella sanitaria e di rischio

Nella cartella sono, tra l'altro, riportati i valori di esposizione individuali comunicati dal datore di lavoro per il tramite del servizio di prevenzione e protezione".



Le ISO



UNI – EN ISO 2631-1: corpo intero

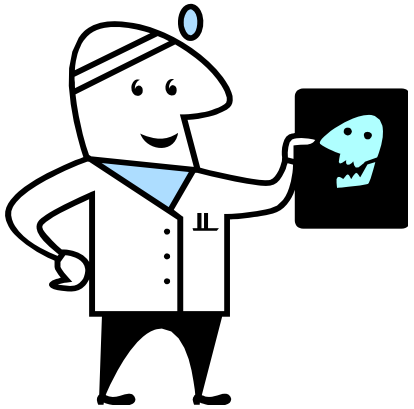
UNI – EN ISO 5349: mano-braccio

Obiettivi della sorveglianza sanitari nei lavoratori esposti a vibrazioni

- Informazione e formazione dei lavoratori sui potenziali rischi associati all'esposizione a vibrazioni meccaniche
- Valutazione dello stato di salute generale dei lavoratori
- Individuazione precoce dei sintomi e segni clinici che possono essere causati dall'esposizione a vibrazioni meccaniche

Programma di sorveglianza sanitari nei lavoratori esposti a vibrazioni

- Visita medica preventiva
- Visita medica periodica
- Eventuali accertamenti specialistici clinici e di laboratorio per la diagnosi differenziale
- Istituzione e aggiornamento della cartella sanitaria e di rischio
- Redazione con periodicità regolare di un rapporto sotto forma di riepilogo epidemiologico di dati anonimi



Giudizio di idoneità lavorativa

- **I lavoratori particolarmente sensibili** al rischio da vibrazioni, citati all'art. 202, comma 5, lettera c) del D.Lgs. 81/2008 come soggetti di cui tener conto ai fini della valutazione specifica sono:
- minori (L. 977/67 e s.m.i.)
- le lavoratrici in gravidanza, post gravidanza e in allattamento (D.Lgs. 151/2001);
- lavoratori affetti da patologie, disturbi o condizioni patologiche anche temporanei, o sottoposti a terapie oppure portatori di condizioni di ipersuscettibilità individuale (es. portatori di protesi esterne o interne)
- Soggetti portatori di pacemaker o dispositivi elettronici impiantati;(le vibrazioni soprattutto se a carattere impulsivo possono creare malfunzionamenti di detti dispositivi).
- Persone affette da patologie o disturbi degli apparati cardiovascolare, neurologico e muscolo-scheletrico che possono essere aggravati dall'esposizione a vibrazioni mano-braccio\corpo intero

Giudizio di idoneità lavorativa

- Persone sottoposte a recente intervento chirurgico di qualsiasi tipo.
- Assunzione di farmaci con effetti cardiocircolatori o neurologici avversi.
- Abitudine e/o abuso di sostanze voluttuarie (fumo, alcool, stupefacenti).
- Sindromi metaboliche, obesità o soggetti in sovrappeso severo.
- Grave miopia, in relazione al possibile distacco retinico in presenza di WBV impulsive o impatti ripetuti (la frequenza di **risonanza del bulbo oculare** dell'essere umano è compresa tra 20 e 25 Hz con un fattore di amplificazione del movimento del bulbo oculare intorno a 1.23)

Giudizio di idoneità lavorativa

Il personale qualificato che effettua la valutazione indicherà, **in collaborazione** con il medico competente, l'esigenza delle particolari tutele previste dalle normative o dalla letteratura rispetto ai gruppi di lavoratori particolarmente sensibili. E' invece compito esclusivo del medico competente, attraverso l'espressione del giudizio di idoneità alla mansione specifica, indicare le particolari e specifiche misure di tutela per i singoli lavoratori risultati a visita medica ipersensibili al rischio.

Nei casi in cui il DL non sia soggetto all'obbligo di nomina del Medico Competente, perché non esistono, in azienda, soggetti esposti a vibrazioni meccaniche per valori superiori ai Valori di Azione, di cui all'art. 201, del D.Lgs. 81/2008, e, non vi sono altri rischi per la salute dei lavoratori, per cui vi sia l'obbligo di sorveglianza sanitaria dei lavoratori, **è opportuno**, comunque, che il datore di lavoro, in caso di istanza motivata del lavoratore stesso, si attivi, ai sensi dell'art. 18, comma 1, lett. c) dello stesso decreto, ai fini di far valutare la compatibilità dello stato di salute del lavoratore con i compiti svolti, esclusivamente con le modalità previste dall'articolo 5, della Legge 300/1970.*

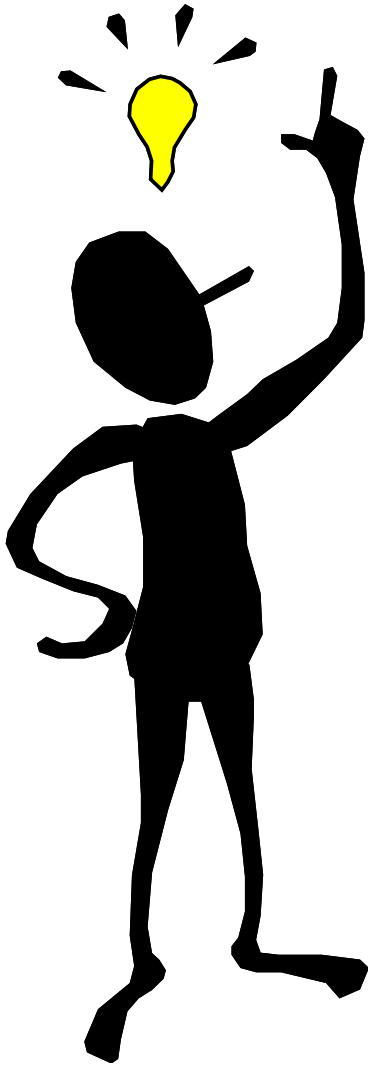
*FAQ

Valutazione del rischio

Valutazione del rischio

- Identificare le operazioni lavorative comportanti l'esposizione a vibrazioni
- Valutare i tempi di esposizione effettiva a vibrazioni associati a ciascuna operazione
- Individuare la tipologia dei macchinari che espongono a vibrazioni(fisse o mobili)
- Identificare le condizioni operative che possono aumentare l'esposizione a vibrazioni e/o incrementarne i potenziali effetti dannosi quali la postura, la vetustà del macchinario, lo stato di manutenzione della macchina, altri fattori di rischio per la colonna vertebrale(es. MMC), ecc.

“Giustificazione” art. 181 comma 3



…… La valutazione dei rischi è riportata sul documento di valutazione di cui all’articolo 28, essa può includere **una giustificazione** del datore di lavoro secondo cui la natura e l'entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione dei rischi più dettagliata.

Si ricorda che la condizione di esposizione giornaliera A8 inferiore al valore di azione non implica generalmente la condizione di "giustificabilità" del rischio vibrazioni.
La “giustificazione” deve essere inserita nel DVR

“Giustificazione” art. 181 comma 3

Livello espositivo	Domanda	SI/NO
a) Qualsiasi livello espositivo (inferiore o superiore ai valori di azione/limite)	E' disponibile l'elenco di tutti i macchinari che espongono a vibrazioni? E' disponibile il manuale di istruzioni ed uso di ciascun macchinario? Contiene le informazioni inerenti l'esposizione a vibrazioni? Esiste ed è attuata una procedura di manutenzione mirata al controllo rischio vibrazioni (tenuto conto anche di quanto scritto nel manuale di istruzioni ed uso del macchinario) Le procedure aziendali prevedono che nell'acquisto di nuovi macchinari si preveda di privilegiare macchinari a bassi livelli di vibrazioni a parità di prestazioni?	
	E' stata valutata la possibilità di utilizzare attrezzature o metodiche alternative per ridurre il rischio associato all'uso dei macchinari vibranti?	
	La lavorazione con ciascun macchinario avviene in posture di lavoro corrette e modalità operative ergonomiche?	
	Le condizioni di lavoro particolari come le basse temperature, il bagnato, l'elevata umidità sono tenute adeguatamente sotto controllo ?	
	Qualora le vibrazioni interferiscano con le attività lavorative compromettendo sicurezza o prestazioni (es. a bordo di mezzi, piattaforme etc.) sono state messe in atto adeguate misure di tutela?	
	Sono state predisposte procedure ad hoc per la tutela dei soggetti che possano venirsi a trovare (o si trovino) in condizioni di suscettibilità individuale? E' stata valutata la necessità di predisporre misure di tutela specifiche per soggetti in condizioni di suscettibilità individuale?	

"Giustificazione": Tabella di riscontro per la valutazione del rischio vibrazioni

Livello espositivo	Domanda	SI/NO
a) Qualsiasi livello espositivo (inferiore o superiore ai valori di azione/limite)	E' disponibile l'elenco di tutti i macchinari che espongono a vibrazioni? E' disponibile il manuale di istruzioni ed uso di ciascun macchinario? Contiene le informazioni inerenti l'esposizione a vibrazioni? Esiste ed è attuata una procedura di manutenzione mirata al controllo rischio vibrazioni (tenuto conto anche di quanto scritto nel manuale di istruzioni ed uso del macchinario) Le procedure aziendali prevedono che nell'acquisto di nuovi macchinari si preveda di privilegiare macchinari a bassi livelli di vibrazioni a parità di prestazioni?	
	E' stata valutata la possibilità di utilizzare attrezzature o metodiche alternative per ridurre il rischio associato all'uso dei macchinari vibranti?	
	La lavorazione con ciascun macchinario avviene in posture di lavoro corrette e modalità operative ergonomiche?	
	Le condizioni di lavoro particolari come le basse temperature, il bagnato, l'elevata umidità sono tenute adeguatamente sotto controllo ?	
	Qualora le vibrazioni interferiscano con le attività lavorative compromettendo sicurezza o prestazioni (es. a bordo di mezzi, piattaforme etc.) sono state messe in atto adeguate misure di tutela?	
	Sono state predisposte procedure ad hoc per la tutela dei soggetti che possano venirsi a trovare (o si trovino) in condizioni di suscettibilità individuale? E' stata valutata la necessità di predisporre misure di tutela specifiche per soggetti in condizioni di suscettibilità individuale?	

“Giustificazione”: Tabella di riscontro per la valutazione del rischio vibrazioni

Livello espositivo	Domanda	SI/NO
b) Per valori espositivi superiori a valori di azione Oltre a quanto previsto al precedente punto a)	E' stata predisposta ed attuata formazione specifica sulle misure di tutela predisposte in azienda ai fini della riduzione del rischio vibrazioni?	
	E' stata valutata la possibilità di ridurre il rischio mediante accessori, guanti antivibranti, sedili etc.?	
	E' predisposta ed attuata la sorveglianza sanitaria specifica da parte del MC?	
	I risultati della sorveglianza sanitaria sono stati presi in esame ai fini della valutazione del rischio?	
c) Per valori superiori ai valori limite Oltre a quanto previsto al precedente punto b)	Sono state messe in atto misure immediate per riportare l'esposizione a valori inferiori ai VLE? Quali sono? Risultano efficaci?	

Qualora si riscontri un **"No"** in risposta ad uno solo dei quesiti posti alla tabella , andranno predisposte ed attuate misure di tutela idonee in risposta al requisito richiesto, ed il rischio vibrazioni **non potrà pertanto** considerarsi "giustificabile"

COORDINAMENTO TECNICO INTERREGIONALE DELLA PREVENZIONE NEI LUOGHI DI LAVORO

Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome

Gruppo Tematico Agenti Fisici

Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08

Valutazione o Misurazione

< valori di azione → **Giustificazione scritta (autocertificazione di non esposizione)**

> valori di azione ↓

Documento scritto (relazione sulla valutazione dei rischi)

- **Misure specifiche di protezione e prevenzione Art.203**
- **Formazione e informazione dei lavoratori Art. 203 c.1 f)**
  (cfr, art. 36 e 37 D.L.gs 81/08)
- **Sorveglianza sanitaria e cartelle sanitarie di rischio Art. 204**
  (1 volta l'anno o secondo parere M.C.)

Valutazione del rischio

Art. 202..nell'ambito della valutazione dei rischi, il datore di lavoro valuta e, **quando necessario**, misura i livelli di vibrazioni meccaniche cui i lavoratori sono esposti.

Art. 205 ("*valutazione dei rischi*") ***"il datore di lavoro valuta e, nel caso non siano disponibili informazioni relative ai livelli di vibrazione presso banche dati dell'ISPESL(***La banca dati vibrazione stata aggiornata ed è disponibile sul Portale Agenti Fisici:www.portaleagentifisici.it N.d.r.)***, delle Regioni o del CNR o direttamente presso i produttori o fornitori, misura i livelli di vibrazioni meccaniche a cui i lavoratori sono esposti"***

Scheda Macchinario

Marca: AIRMARTIN
Modello: MW-5128V1
Tipologia: Avvitatori e cacciaviti (diritti, a pistola, angolari, ad impulso o a cricchetto)
Costruito nel 2007
Peso: 1.94 Kg
Alimentazione: Pneumatica

Misure sul Campo (Clicca per visualizzare le misure in campo)

LAVORAZIONE: AVVITATURA, SVITATURA
MATERIALE LAVORATO: Bulloneria metallica
ACCESSORIO: Inserto a chiave
COMPARTO: Autoveicoli e altri veicoli

8.1 m/s²

Referente: Iole Pinto - Nicola Stacchini AUSL 7 Siena - Laboratorio Agenti Fisici (i.pinto@usl7.toscana.it)
Luogo: Poggibonsi (SI) **in data** 2007-05-24
Caratteristiche accessorio: chiave per bulloni NOTE: fissaggio del pianale (camper su ponte sollevatore)

Condizioni di misura

Condizione lavorativa

Valore da utilizzare ai fini della valutazione dei rischi

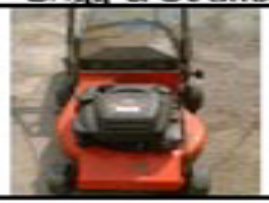
Valori relativi all'impugnatura a maggiore esposizione (Posteriore)

A_{hx} (Media aritmetica) 4.5	A_{hy} (Media aritmetica) 2.8 m/s²	A_{hz} (Media aritmetica) 3.9 m/s²	$A_{hv\,sum}$ 6.6 m/s²
Deviazione standard 0.44 m/s²	Deviazione standard 0.96 m/s²	Deviazione standard 0.47 m/s²	Deviazione standard × 1,645: 1.45 m/s²
Media aritmetica + Deviazione standard: 4.9 m/s²	Media aritmetica + Deviazione standard: 3.8 m/s²	Media aritmetica + Deviazione standard: 4.4 m/s²	$A_{hv\,sum}$ + (Dev. std. × 1,645): 8.1 m/s²

LAVORAZIONE: AVVITATURA, SVITATURA
MATERIALE LAVORATO: Bulloneria metallica
ACCESSORIO: Inserto a chiave
COMPARTO: Autoveicoli e altri veicoli

5.7 m/s²

Da Inail-Toscana

	Brigg & Stratton Q55	Bertolini – Lombardini 6LD	Bertolini – Lombardini 6LD
Tosaerba quattro tempi e diesel			
massa Kg			
impugnatura	centrale	destra	sinistra
Cilindrata cc.		359	359
potenza KW		6	6
età anni			
utensile		rasaerba	rasaerba
note		Motore Lombardini 359 CC	Motore Lombardini 359 CC
materiale	Erba verde	Erba verde	Erba verde
misure	15/04/2002 DG DM	15/04/2002 DG DM	15/04/2002 DG DM
x (wh) m/s^2	3,19	8,12	8,31
y (wh) m/s^2	5,37	5,24	3,80
z (wh) m/s^2	3,27	4,31	3,89
a_{hw} m/s^2	7,10	10,58	9,93
audio dB(A)	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile

	Kawasaki TG 18 a scoppio	Kawasaki TG 18 a scoppio	Soffiatore Shindaiwa
Tagliasiepe e soffiatore			
massa Kg	5,2	5,2	9
impugnatura	Destra (posteriore)	Sinistra (anteriore)	Destra
Cilindrata cc.	18,4	18,4	62
potenza KW	0,6	0,6	2,9
età anni	– 10	– 10	
utensile	Lama a pettine	Lama a pettine	
note	Assenza di antivibranti	Assenza di antivibranti	A regime
materiale	Erba verde	Erba verde	
misure	15/04/2002 DG DM	15/04/2002 DG DM	25/8/04 DG DM
x (wh) m/s^2	12,8	6,16	0,32
y (wh) m/s^2	7,07	19,9	1,15
z (wh) m/s^2	5,95	6,68	0,716
a_{hw} m/s^2	15,8	21,9	1,39
audio dB(A)	Non disponibile	Non disponibile	Misura non disponibile

Da Inail-Toscana

	FIAT 690	IVECO 190-36	MAN 13-224
autocarri			
massa Kg			
potenza KW	132	265	162
età anni	37	10	2
Peso pc Kg		19000	12000
lavorazione o note	Trasporto materiali su strada sterrata vel. ridotta	Trasporto materiali su strada sterrata	Trasporto materiali su strada ed autostrada
sedile	Rigido usurato	ammortizzato	Ammortizzato
terreno	Poco sconnesso	Poco sconnesso	Asfaltato
misure	29/1/03 DG DM	28/5/04 DG DM	27/7/04 DM
x (wd) m/s^2	0,139	0,305	0,106
y (wd) m/s^2	0,178	0,440	0,152
z (wk) m/s^2	0,302	0,603	0,555
a_w m/s^2	0,30	0,62	0,56
audio dB(A)	90,7 (a finestrino aperto)	71,3 (a finestrino aperto)	non disponibile

	FIAT Ducato 1,9 D	Mercedes 8/15	Mitsubishi papero 2,5 TD
Furgone autobus e fuoristrada			
massa Kg			1600
potenza KW			
età anni	15	2	15
Peso pc Kg	3500		
lavorazione o note	Trasporto strade extraurbane	Trasporto strade extraurbane	Trasporto persone su piste sterrate in cava
sedile	Serie tipo automobilistico	Serie tipo automobilistico	Serie tipo automobilistico
terreno	Asfaltato	Asfaltato	estremamente sconnesso
misure	27/5/04 DG DM EM	27/5/04 DG DM EM	21/7/04 DG DM
x (wd) m/s^2	0,145	0,131	0,332
y (wd) m/s^2	0,146	0,172	0,384
z (wk) m/s^2	0,513	0,430	0,852
a_w m/s^2	0,51	0,43	0,85
audio dB(A)	73,2	75,2	72,1

Strumenti per la valutazione del rischio

Le misurazioni delle vibrazioni sono effettuate per mezzo di uno strumento chiamato **accelerometro**, applicato all'impugnatura o al sedile della macchina utilizzata.

Dalla lettura e dalla interpretazione della misurazione viene ottenuta l'«accelerazione equivalente», valore medio che tiene conto delle variazioni di frequenza e di intensità delle vibrazioni durante il tempo di misura ritenuto rappresentativo della lavorazione.

Da questa si calcola quindi il valore complessivo dell'accelerazione equivalente, relativo alle otto ore lavorative.

Valutazione del rischio

Il tempo totale di misura, (numero di campioni acquisiti moltiplicato per il tempo di durata dell'acquisizione di ciascun campione) dovrebbe essere almeno pari ad un minuto.

E' in genere preferibile acquisire un maggior numero di campioni di breve durata, piuttosto che un minor numero di campioni di lunga durata, e ciò per minimizzare l'effetto di possibili fattori interferenti sul segnale acquisito e garantire una migliore precisione di misura.

Alcuni esempi dei livelli di rischio nel settore trasporti

Camionisti e conduttori di pullman	0,3-0,7 ms^2
Conduttori di autocarri	0,4-0,9 ms^2
Autisti ed altri mezzi stradali	0,5 ms^2
Conduttori di ciclomotori	0,6-0,8 ms^2
Macchinisti ferroviari	0,11- 0,60 ms^2
Conduttori di mezzi agricoli	0,3 - 0,5 ms^2
Conduttori mezzi agricoli veloci gommati	0,8 - 2,2 ms^2
Conduttori di macchine movimento terra	0,3 - 0,9 ms^2
Conduttori piccoli scavatori	1,15 ms^2
Magazzinieri e conduttori di carrelli elevatori (portata 15 a 50 Ton.)	0,2 - 0,5 ms^2
Magazzinieri e conduttori di carrelli elevatori modelli più piccoli (1 – 5 Ton.)	0,4 - 0,8 ms^2
mezzi particolari (ad esempio spazzatrici o compattatori della nettezza urbana)	0,5 - 1,1 ms^2
INAIL:"100 misure di vibrazioni in ambito lavorativo"	

Accelerometro

IL MISURATORE DELLA ESPOSIZIONE ALLE VIBRAZIONI LARSON DAVIS HVM100.

Accelerometri triassiali

Corpo intero

Mano- braccio

VIBROMETRI O ACCELEROMETRI

Il **Vibrometro** è lo strumento per la misura delle vibrazioni emesse da un mezzo

Un accelerometro è uno strumento di misura in grado di rilevare e/o misurare l'accelerazione.
Negli ultimi anni l'importanza di questi sensori è notevolmente accresciuta, questo perché, accanto alle tradizionali applicazioni in ambito scientifico e aerospaziale, si è sviluppato il loro uso in molti campi civili (automobilistico, testing, analisi meccanica, ludico, eccetera).
Il principio di funzionamento è il medesimo: si basa sulla rilevazione dell'**inerzia** di una **massa** quando viene sottoposta ad una accelerazione.

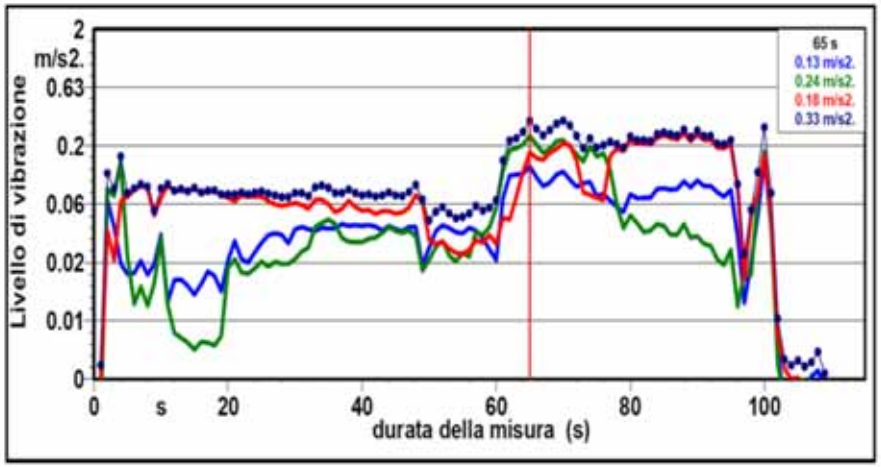
L'accelerazione viene rilevata mediante un **sensore suscettibile alla variazione di spostamento** rispetto alla struttura fissa del dispositivo.

VIBROMETRI O ACCELEROMETRI

In presenza di un'accelerazione, **la massa** (che è dotata di una propria inerzia) **si sposta dalla propria posizione di riposo in modo proporzionale all'accelerazione rilevata.**
Il **sensore trasforma questo spostamento in un segnale elettrico** acquisibile dai moderni sistemi di misura.

La normativa di riferimento per la strumentazione dedicata alle misure di vibrazione sul corpo umano è la **ISO 8041-2**

Per ciascun asse deve essere misurato il profilo temporale del livello di vibrazione campioni, ciascuna con i rilievi sugli assi X, Y, Z.



Le misure di vibrazioni ed i relativi sensori

Tipi di adattatori con montati, gli accelerometri e loro posizionamento sulla mano dell'operatore e sul sedile per le rilevazioni di vibrazioni al sistema mano-braccio o corpo intero

Fattori di incertezza

L’incertezza della valutazione dell’esposizione alle vibrazioni dipende da molti fattori (norma EN 14253), tra i quali i principali sono:

- l’incertezza legata allo strumento/alla calibrazione,
- fattore umano (ad esempio, esperienza, metodo di lavoro etc.),
- la variabilità dei compiti lavorativi/ fattori ambientali
- le variazioni nelle condizioni del macchinario

L’appendice F della Linea Guida INAIL Valutazione del Rischio Vibrazioni, contiene una metodica utilizzabile per stimare i quattro contributi all’incertezza sull’esposizione professionale a vibrazioni e le relative metodologie di calcolo:

1. l’incertezza associata al campionamento UC;
2. l’incertezza associata alle caratteristiche della strumentazione utilizzata US;
3. l’incertezza associata al posizionamento e all’orientamento del sensore, e all’accoppiamento con il macchinario UL;
4. l’incertezza associata alla stima del tempo di esposizione UT.

E' da tener presente che le incertezze di misura nella stima dell’A(8) e del VDV possono essere dell'ordine del 20%- 40%.

CALIBRAZIONE E TARATURA

La norma UNI EN ISO 8041-1 “Risposta degli esseri umani alle vibrazioni - Strumenti di misurazione - Parte 1: Strumenti per la misura di vibrazioni per uso generale” indica i requisiti e i limiti di accuratezza della strumentazione per la misurazione delle vibrazioni utilizzata per la quantificazione della risposta degli esseri umani alle vibrazioni.

La strumentazione di misura utilizzata deve **essere calibrata** prima e dopo ogni serie di misure.
La strumentazione utilizzata deve essere fornita, all'atto dell'acquisto, di **certificato di taratura** rilasciato dal costruttore o da centro di taratura.
La **periodicità** di taratura della strumentazione non è definita da norme specifiche, nel caso dei più diffusi strumenti utilizzati per la valutazione delle vibrazioni in igiene industriale, la periodicità richiesta dai produttori ai fini della taratura **è tipicamente biennale.**
E' comunque facoltà dell' utilizzatore modificare la periodicità di taratura, anche in relazione alle modalità di utilizzo, alle condizioni e criticità di impiego della strumentazione, agli esiti di confronti di misura con altri laboratori etc

STRATEGIE DI MISURA HA

Le accelerazioni registrate dovranno esser **rappresentative** delle fasi di lavoro in cui il macchinario **è effettivamente** impugnato dal lavoratore.

E' raccomandabile acquisire al meno **tre** campioni nelle stesse modalità espositive e ripetere il campionamento su almeno due diversi operatori.

È improbabile che le **misurazioni di brevissima durata** (per esempio minori di 8s) siano affidabili, particolarmente nella misura di componenti a bassa frequenza, e dovrebbero essere evitate ove possibile. Dove le misurazioni di brevissima durata risultino inevitabili (per esempio, per certi tipi di molatrici da banco per le quali i tempi di contatto delle mani con la sorgente di vibrazioni possono essere brevissimi), è consigliabile prelevare un numero di campioni molto maggiore di tre per garantire un tempo **totale di campionamento maggiore di 1 min**. *

*I valori di esposizione in termini di A8 per un martello manuale tradizionale del peso di 0.5-0.8 Kg usato su metallo possono essere stimati assumendo che il valore medio ahw misurato su 1 colpo su 1 secondo sia tipicamente 60+/-20 m/s2 (ref. IFA report 5/2017).

STRATEGIE DI MISURA WB

Andranno valutate, per ciascuna delle lavorazioni oggetto di valutazione le varie **condizioni operative**:

- accessori utilizzati;
- condizioni tipiche del fondo stradale;
- velocità di avanzamento in ciascuna condizione.

In ciascuna delle condizioni operative omogenee descritte si raccomanda che, nei limiti del possibile, le misurazioni siano effettuate per periodi di **almeno 20 minuti**; laddove non fosse possibile rispettare tale durata, i periodi di misurazione non devono essere **inferiori a tre minuti** e, se possibile, andranno ripetuti fino ad ottenere un tempo di misura complessivo di almeno 20 minuti (per ulteriori informazioni vedasi la norma EN 14253). E' raccomandabile ripetere il campionamento su almeno **due diversi operatori.**

Nel caso delle misure di **breve durata** la durata complessiva del campionamento ai fini del confronto con i VLE su tempi brevi (1,5 m/s2) dovrebbe essere compresa tra 3 e 5 minuti

STRATEGIE DI MISURA- BANCA DATI

La misurazione dei valori di accelerazione ai fini della valutazione del rischio vibrazioni va eseguita in tutti quei casi in cui non sia possibile utilizzare i dati reperibili nella **BDV del Portale Agenti Fisici** o i dati di emissione forniti dai produttori ai fini di una corretta prevenzione del rischio vibrazioni per la lavorazione in esame.

Può in genere rendersi necessaria l'effettuazione di misurazioni ai fini della valutazione specifica del rischio per soggetti sensibili.

STRATEGIE DI MISURA

La relazione tecnica a supporto della valutazione del rischio dovrà sempre dettagliare sia le condizioni di impiego del macchinario, sia le **condizioni manutentive** delle macchine\attrezzature verificate nel corso delle misurazioni e specificare quali protocolli siano in essere o siano stati predisposti per garantire il mantenimento delle vibrazioni ai livelli riscontrati all'atto delle misure

La sola misurazione dell'esposizione, per quanto accurata e precisa, non è di per sé un indicatore **esaustivo** del rischio vibrazioni, in quanto, ai fini della valutazione del rischio, è sempre necessario prendere in esame altri importanti fattori, quali posture e modalità espositive che concorrono all'incremento del rischio, di cui all'art.202 comma 5 del D.Lgs. 81/2008, che richiedono un'attenta analisi delle condizioni di lavoro

Valori Dichiarati dal produttore

Sia la precedente direttiva Direttiva 2006/42/EC (DLgs.27/01/2010 n.17), che l il nuovo Regolamento (UE) 2023/1230 prescrivono che tutti i macchinari che siano in grado di produrre esposizioni a vibrazioni superiori ai livelli di azione prescritti dalla Direttiva Vibrazioni, devono riportare sul ***libretto di istruzioni ed uso il livello di emissione di vibrazioni.***

In particolare le seguenti indicazioni relative alle vibrazioni emesse dalle macchine portatili tenute e condotte a mano:

- *il valore totale di vibrazioni cui è esposto il sistema mano-braccia quando superi i 2,5 m/s². Se tale valore non supera 2,5 m/s², occorre segnalarlo,*
- *l'incertezza della misurazione,*
- *i coefficienti moltiplicativi che consentono di stimare i dati in campo apartire dai dati di certificazione.*

I suddetti valori devono essere quelli ***misurati effettivamente*** *sulla macchina in questione, oppure quelli stabiliti sulla base di misurazioni effettuate su una macchina* ***tecnicamente comparabile*** *rappresentativa della macchina da produrre. Allorché non sono applicate le norme armonizzate, i dati sulle vibrazioni devono essere misurati usando il codice di misurazione più appropriato adeguato alla macchina.*
Devono essere specificati le condizioni di funzionamento della macchina durante la misurazione e i metodi utilizzati per effettuarla oppure il riferimento alla norma armonizzata.

Valori Dichiarati dal produttore

Se il manuale di istruzioni fornito dal fabbricante è stato redatto in conformità a normative tecniche di non recente emanazione, e quindi riporta un unico valore di vibrazioni senza alcun coefficiente moltiplicativo che consenta di stimare i dati in campo a partire dai dati di certificazione, il dato certificato va moltiplicato per i fattori correttivi (compresi fra 1 e 2) forniti dal rapporto tecnico **UNI CEN/TR 15350:2014**.

Macchina	Normativa di riferimento	Condizioni di lavoro durante il test	Reali condizioni di uso	Fattore di correzione	Note
Aspirapolveri	in preparazione	Minimo giri e massimo giri	Pulizia mediante intenso getto d'aria	1	Valore riscontrati in campo tipicamente uguali a valore certificato
Trapani tutti eccetto percussione	EN50144-2-1	Misure a vuoto alla velocità massima	Tutte le operazioni di trapanatura e avvitatura (no percussione)	1	Tutte ad eccezione impatto
Trapani a percussione	EN50144-2-1	Foratura di cemento con agglomerati	Tutte le operazioni di trapanatura e avvitatura (no percussione)	1,5	Solo percussione
Levigatrici (tutte)	EN50144-2-4	Smerigliatura di lastra di alluminio	Tutte le operazioni di smerigliatura (non lucidatura)	1,5	Con lucidatura valore inferiore
Smerigliatrici (tutte)	EN50144-2-3	Disco sbilanciato a vuoto	Tutte le operazioni di smerigliatura (non lucidatura)	1,5	Con lucidatura valore inferiore
Seghetto alternativo	EN50144-2-10	Taglio di multistrato	Taglio di diversi materiali	1,5	Il fattore di correzione è valido unicamente se il macchinario è impiegato conformemente a quanto prescritto dal

Valori Dichiarati dal produttore

Informazioni sulla rumorosità/sulle vibrazioni

Valori rilevati conformemente alla norma EN 60745 Valori complessivi sulle vibrazioni (somma vettoriale di tre direzioni)

Levigatura della superficie (sgrossatura)	
Valore di emissione oscillazioni ah	7.5 m/s²
Incertezza della misura K	1.5 m/s²
Levigatura con foglio abrasivo	
Valore di emissione oscillazioni ah	4.5 m/s²
Incertezza della misura K	1.5 m/s²

$Aw = 7,5\ m/s^2$ - $Te = 2,5\ h$

$Awmax = 7,5 + 1,5 = 9\ m/s2$

$A(8) = 9 \sqrt{(2,5/8)} = 4,95$

TABELLA
Fattori di correzione

$Aw = 5\ m/s^2$ - $Te = 2,5\ h$
Fattore correzione = 1,5

$Aw = 5\ m/s^2$ - $Te = 2,5\ h$
$Awmax = 5 * 1,5 = 7,5\ m/s^2$

$A(8) = 7,5 \sqrt{(2,5/8)} = 4,17$

BANCA DATI

Gli standard sono stati opportunamente modificati ed aggiornati, per poter rispondere in pieno alle esigenze della Direttiva Macchine attualmente in vigore

Ai fini della valutazione del rischio la Banca Dati riporta tale valore ed il **fattore moltiplicativo** da utilizzare in relazione alle reali condizioni d'impiego del macchinario, fornito dal rapporto tecnico CEN/TR 15350:2006 *Vibrazioni meccaniche - Linee guida per la valutazione dell'esposizione al sistema mano – braccio partendo dalle informazioni disponibili, comprese quelle fornite dal fabbricante della macchina,*

Tali coefficienti moltiplicativi sono riportati in Banca Dati in corrispondenza dei valori di emissione dichiarati e vanno usati per poter ottenere una stima dei valori di esposizione riscontrabili in campo a partire dai dati di certificazione, per i macchinari certificati sulla base delle **precedenti norme**

BANCA DATI HA

Non potranno essere utilizzati i dati forniti dal costruttore e le metodiche semplificate di stima del rischio se**:**

- *il macchinario non è usato in maniera conforme a quanto indicato dal costruttore;*
- *il macchinario non è in buone condizioni di manutenzione;*
- *il macchinario è usato in condizioni operative particolari e differenti da quelle indicate dal costruttore in sede di certificazione;*
- *il macchinario non è uguale a quello indicato in banca dati (differente marca – modello)*

BANCA DATI WB

Non potranno essere utilizzati i dati forniti dal costruttore e le metodiche semplificate di stima del rischio se**:**

•Il macchinario non è usato nelle condizioni operative indicate nella scheda descrittiva delle condizioni di misura della Banca Dati

•il macchinario non è in buone condizioni di manutenzione

•i sedili sono rotti o in cattive condizioni di manutenzione;

•i sedili regolabili in peso non sono regolati in maniera adeguata dal lavoratore o se il sistema di regolazione è rotto;

•i pneumatici e gli ammortizzatori non sono in buone condizioni di manutenzione

•il macchinario non è uguale a quello indicato in banca dati (differente marca – modello)

•differenti caratteristiche del fondo stradale, velocità di guida, tipologia di sedili montati possono incidere sui livelli di esposizione prodotti da macchinari – anche se dello stesso tipo.

A partire dai livelli di emissione delle vibrazioni stimati o direttamente misurati, la valutazione del livello di esposizione:

alle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio si basa principalmente sul calcolo del valore dell'esposizione giornaliera normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, A (8), calcolato come radice quadrata della somma dei quadrati (valore totale) delle accelerazioni ponderate in frequenza, determinati sui tre assi ortogonali:

Te = durata complessiva giornaliera di esposizione a vibrazioni (ore)

$$A(8) = A_{w)sum} \sqrt{\frac{T_e}{8}} \quad (m/s^2) \quad (3)$$

A(w)sum = (a2 wx + a2 wy + a2wz)1/2

awx, awy, awz: =valori r.m.s. dell'accelerazione ponderata in frequenza (in m/s2) lungo gli assi x, y, z (**UNI – EN ISO 5349: 2004** ***)***

Nel caso di attrezzature che devono essere tenute con entrambe le mani, la misurazione va eseguita su ogni mano; l'esposizione è determinata facendo riferimento al più alto dei due valori; deve essere inoltre fornita l'informazione relativa all'altra mano.

Qualora il lavoratore sia esposto a differenti valori di vibrazioni, come nel caso di impiego di più utensili vibranti nell'arco della giornata lavorativa, o nel caso dell'impiego di uno stesso macchinario in differenti condizioni operative, l'esposizione quotidiana a vibrazioni A(8), in m/s2, sarà ottenuta mediante l'espressione:

$$\mathbf{A(8)} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} A8_i^2} \qquad (m/s^2)$$

$A8_i$ =A(8) parziale relativo all'operazione i-esima: $A_{(w)sum}$

$$\sqrt{\frac{Te_i}{8}}$$

Tei =tempo di esposizione relativo alla operazione i-esima (ore)
A(w)sumi=A(w)sum associata all'operazione i-esimai

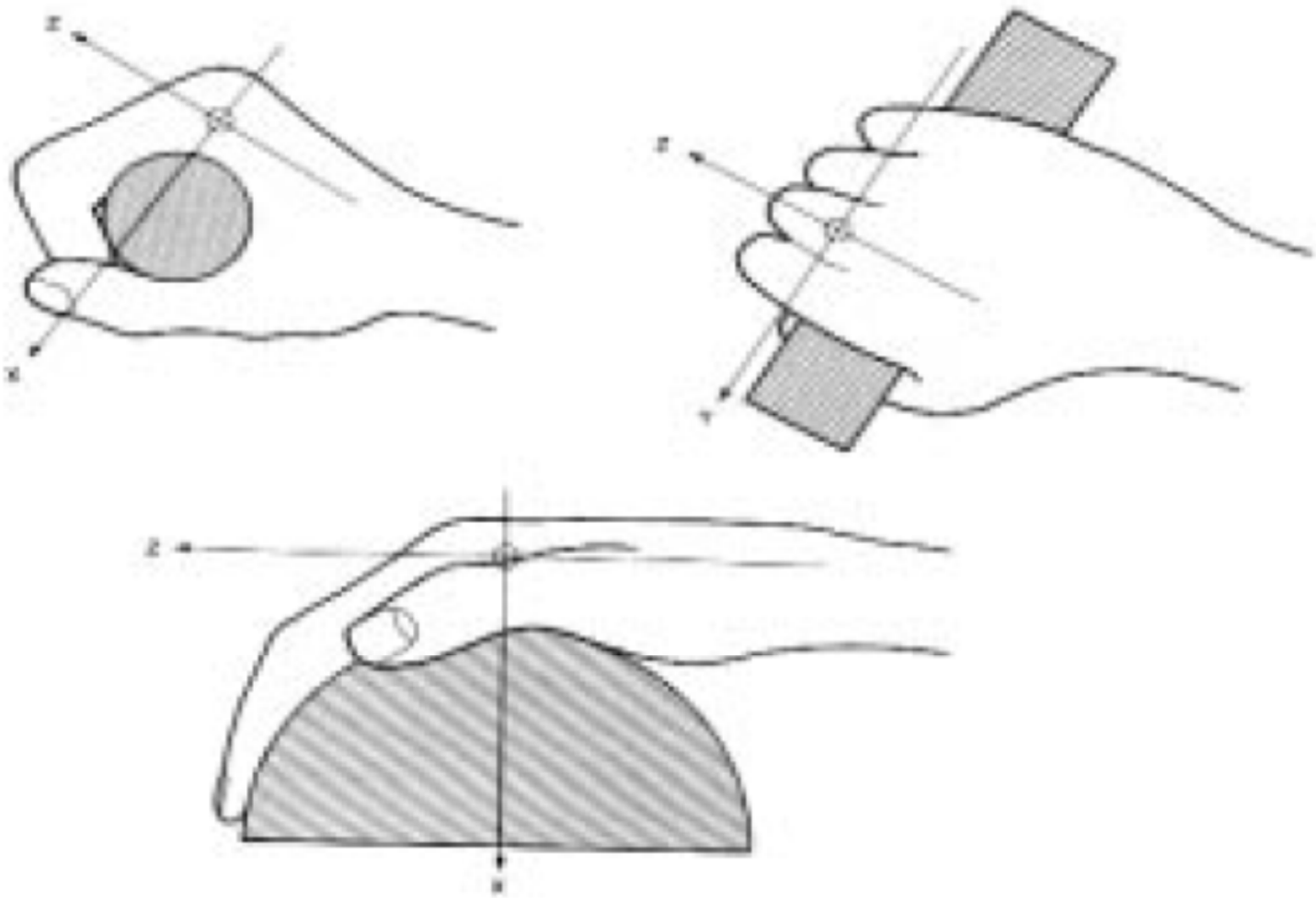


Figura 1 - definizione degli assi di misura (ISO 5349)

Alle vibrazioni trasmesse al corpo intero si basa sul calcolo dell'esposizione giornaliera A(8) espressa come l'accelerazione continua equivalente su 8 ore, calcolata come il più alto dei valori quadratici medi delle accelerazioni ponderate in frequenza, determinati sui tre assi ortogonali (1,4 awx, 1,4 awy, 1 awz, per un lavoratore seduto o in piedi);

Te: durata complessiva giornaliera di esposizione a vibrazioni (ore)

$$A(8) = A(w\ max)\ X\ (Te/8)^{1/2}$$

A(w max) : Valore massimo tra 1.4 awx; 1.4 awy; awz (per una persona seduta)
awx; awy ; awz: valori r.m.s dell'accelerazione ponderata in frequenza (in m/s2) lungo gli assi x, y, z (UNI – EN ISO 2631-1:2014)

Nel caso in cui il lavoratore sia esposto a differenti valori di vibrazioni, come nel caso di impiego di più macchinari nell'arco della giornata lavorativa, o nel caso dell'impiego di uno stesso macchinario in differenti condizioni operative, l'esposizione quotidiana a vibrazioni A(8), in m/s2, sarà ottenuta mediante l'espressione:

$$\mathbf{A(8) = \left[\sum_{i-1}^{N} A8_i^2 \right]^{1/2} (m/s^2)}$$

A8i: A(8) parziale relativo all'operazione i-esima

A8i = A(w maxi) $\sqrt{\frac{Tei}{8}}$

Tei: tempo di esposizione relativo alla operazione i-esima (ore)
A(w maxi) : A(w max) associata all'operazione i-esima

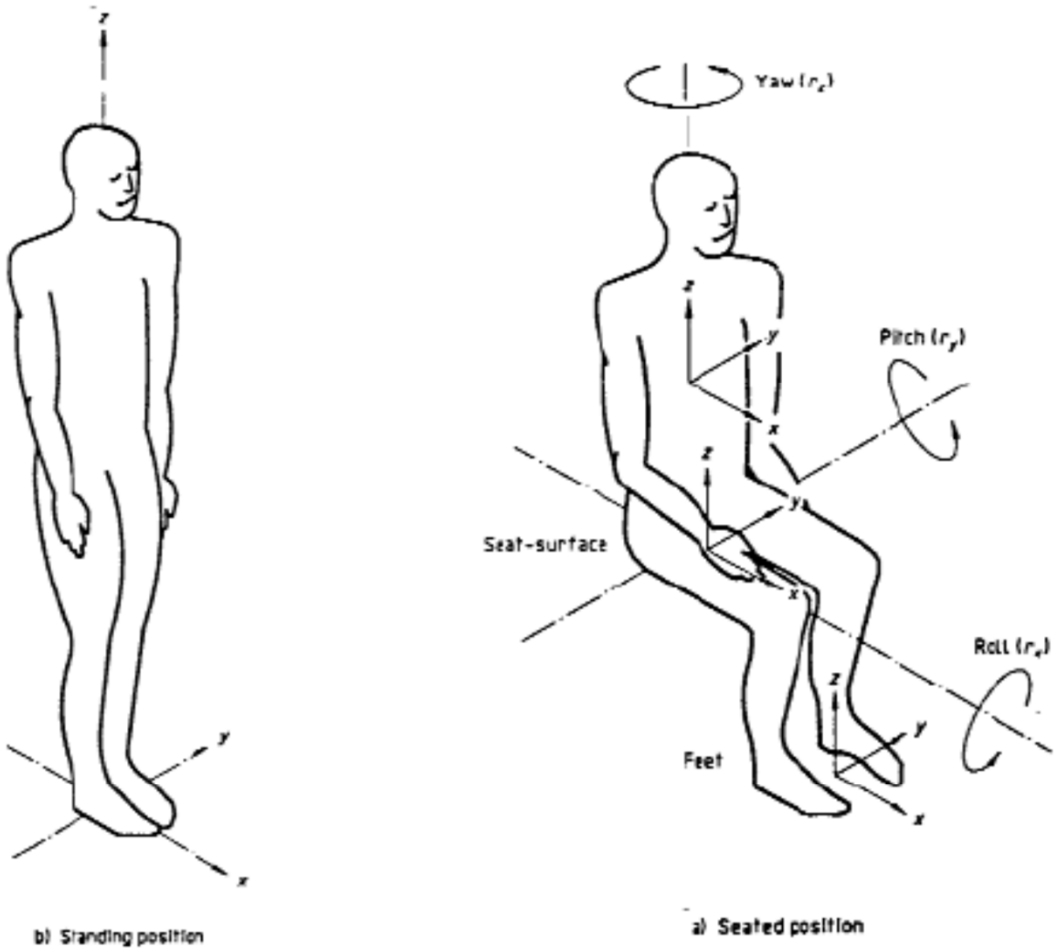


Figura 3 - Definizione degli assi di riferimento ai fini della misura dell'esposizione

Esempi di calcolo di A(8)

Caso 1): Impiego di un unico strumento vibrante (es.: motosega) noto il tempo effettivo di esposizione (Te).

Asum = 7 m/s2 Te = 4 h

A(8) = Asum (4/8)1/2 = Asum 0.7 = 7 0.7 = 4.9 m/s2 Å 5 m/s2

Caso 2): Calcolo dell'esposizione giornaliera A(8) nel caso di esposizioni dovute alle seguenti fasi di lavoro:

fase 1: Martello scalpellatore: Asum,1 =14 m/s2 T1 = 0.5 h

fase 2: Levigatrice roto-orbitale: Asum,2 = 4 m/s2 T2 = 3 h

fase 3: Smerigliatrice: taglio: Asum,3 = 6 m/s2 T3 = 1 h

Te= 0.5 + 3 + 1 = 4.5 h

A(Te) = A(4.5) = {[(142 0.5) + (42 3) + (62 1)]/4.5} 1/2 = 6.35 m/s2

A(8) = 6.35 (4.5/8)1/2 = 6.35 0.75 = 4.76 m/s2 Å 5 m/s2

Esempio

Livello di esposizione giornaliera alle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio (livello di azione A(8)=2,5 m/s2, valore limite A(8)=5 m/s2) Tei = tempo di utilizzo

ATTREZZATURA	$A_{W\ SUM}$ (m/s²)	Tei (min/giorno)	A8i (m/s²)	A8 (m/s²)
MANUTENTORE MECCANICO				
Tassellatore Hilti TE 6-C	9,7dx - 9,6sx	5	0,99	2,25
Seghetto alternativo Makita 4300BVI	6,6	2	0,43	
Avvitatore De Walt DW 290	2,7	5	0,28	
Smerigliatrice Bosch GWS 20-230	19,1dx - 4,5sx	5	1,95	
Sega a nastro Femi NG 160	1,6	5	0,16	
MANUTENTORE ELETTRICO				
Tassellatore Hilti TE 6-C	9,7dx - 9,6sx	10	1,4	1,56
Seghetto alternativo Makita 4300BVI	6,6	5	0,67	
Sega a nastro Femi NG 160	1,6	5	0,16	
MUGNAIO, CALCIMETRISTA, ADDETTO INSACCO				
Demolitore Makita HN 1100C	16,1dx- 8,9sx-7,1sx	10	2,32	2,32

Esempio

Livello di esposizione giornaliera alle vibrazioni trasmesse al corpo intero (livello di azione A(8)=0,5 m/s2, valore limite A(8)=1,15 m/s2)
Tei = tempo di utilizzo

MACCHINA	$A_{W\ MAX}$ (m/s^2)	Tei (min/giorno)	A8i (m/s^2)	A8 (m/s^2)
MUGNAIO, CALCIMETRISTA				
Pala gommata Caterpillar 916	0,56-0,84-0,84-0,84-1,26-1,12 (media =0,91)	30	0,23	0,27
Pala compatta Caterpillar CGT 2C41	0,8	6	0,09	
Carrello elevatore Caterpillar V80	1,2	5	0,12	
CARRELLISTA				
Carrello elevatore Hyster J 3,0	0,51	145	0,28	0,39
Carrello elevatore Linde E30	0,3-0,7 (media=0,5)	145	0,27	
Motospazzatrice Dulevo 20	0,56	5	0,057	

Le vibrazioni trasmesse al corpo intero (W.B.V.)

La valutazione del livello di esposizione alle vibrazioni si basa sul calcolo dell'esposizione giornaliera A(8) espressa come accelerazione continua equivalente su 8 ore, determinata sui tre assi ortogonali (1.4awx , 1.4awy, 1awz – per un lavoratore seduto o in piedi) conformemente ai capitoli 5, 6 e 7, all'allegato A e all'allegato B della norma UNI – EN ISO 2631-1.

Le vibrazioni trasmesse al corpo intero (W.B.V.) Valutazione dell'esposizione

La norma UNI – EN ISO 2631-1 (**Evaluation of human exposure to whole body vibration)** fornisce degli strumenti per la valutazione dell'esposizione umana alle vibrazioni al corpo intero e sostanzialmente costituisce lo standard attualmente riconosciuto tra gli addetti ai lavori. In particolare propone alcuni metodi per la valutazione delle vibrazioni, che sono essenzialmente:

- metodo base
- metodi addizionali

Le vibrazioni trasmesse al corpo intero (W.B.V.) Valutazione dell'esposizione

Per quanto riguarda i danni alla salute derivanti da esposizioni a vibrazioni trasmesse a corpo intero la norma UNI – EN ISO 2631-1 nell'allegato B presenta un grafico "health guidance caution zones" (Figura B.1) che fornisce delle indicazioni di massima in merito agli effetti delle vibrazioni sulla salute. Tali indicazioni si basano prevalentemente su dati relativi a risposte del corpo umano a vibrazioni trasmesse lungo l'asse "z" di persone sedute.

Le vibrazioni trasmesse al corpo intero (W.B.V.) Valutazione dell'esposizione

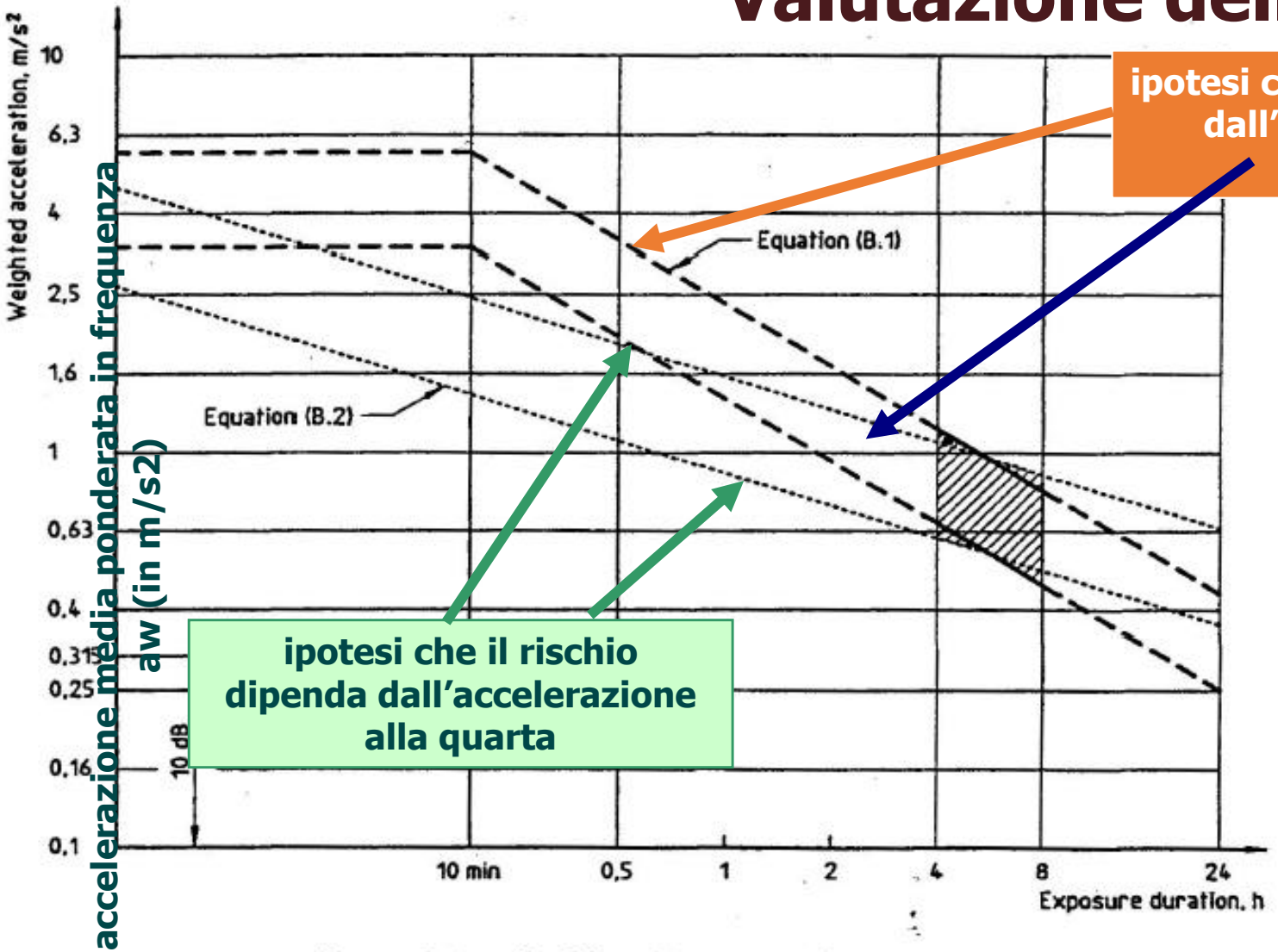


Figure B.1 — Health guidance caution zones

ipotesi che il rischio dipenda dall'accelerazione al quadrato

ipotesi che il rischio dipenda dall'accelerazione alla quarta

accelerazione media ponderata in frequenza aw (in m/s2)

tempo di esposizione giornaliera in ore

Le vibrazioni trasmesse al corpo intero (W.B.V.) Valutazione dell'esposizione

Nel grafico, avente in ordinata l'accelerazione media ponderata in frequenza aw (in m/s2) ed in ascissa il tempo di esposizione giornaliera in ore, sono tracciate due coppie di curve, che sono in realtà delle iperboli in scala lineare e delle rette spezzate in scala logaritmica. Sono indicate:

- una coppia di rette tratteggiate, relative all'ipotesi che il rischio dipenda dall'accelerazione al quadrato (equazione B.1, indicata al punto B.3.1 – Allegato B della norma UNI – EN ISO 2631-1);
- una coppia di rette con tratto punteggiato, relative all'ipotesi che il rischio dipenda dall'accelerazione alla quarta (equazione B.2, indicata al punto B.3.1 – Allegato B della norma UNI – EN ISO 2631-1).

Le vibrazioni trasmesse al corpo intero (w.B.V.) Valutazione dell'esposizione

Per ciascuna delle due coppie di spezzate vale quanto segue:

• nel caso di esposizioni (accelerazione/tempo) al di sotto della spezzata inferiore gli effetti sulla salute non sono chiaramente documentati e/o oggettivamente osservati;

• nel caso di esposizioni (accelerazione/tempo) comprese tra le due spezzate (cioè nella cosiddetta caution zone) va adottata cautela in relazione a "rischi potenziali" per la salute;

• nel caso di esposizioni (accelerazione/tempo) al di sopra della spezzata superiore sono segnalati "rischi probabili" per la salute.

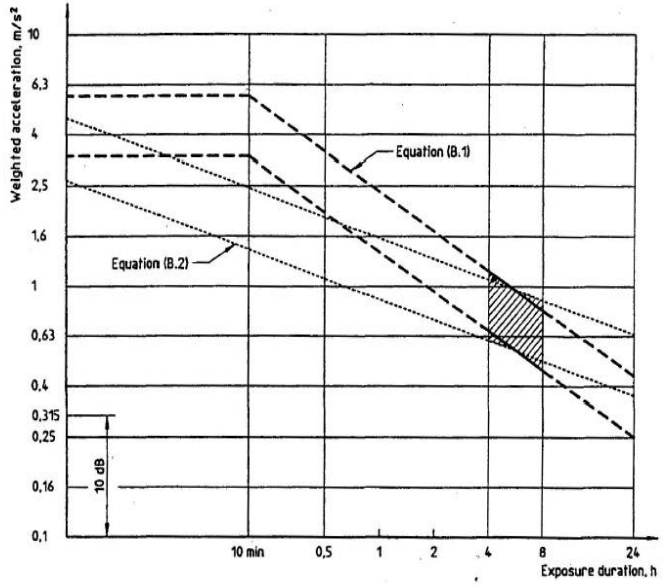


Figure B.1 — Health guidance caution zones

Prevenzione

a) di carattere tecnico rivolta allo strumento vibrante

- progettazione: peso maneggevolezza, frequenza e ampiezza delle vibrazioni, etc
- manutenzione

b) di carattere organizzativo: organizzazione del lavoro

- tempi di esposizione
- turni lavorativi
- luoghi di lavoro
- dpi (guanti ammortizzanti)

Prevenzione

c) di carattere medico: rivolta al lavoratore

- visite di assunzione
- visite periodiche (con limitazioni e prescrizioni)
- indagini strumentali

NOTA:Consigliabile ai fini preventivi l'astensione dal fumo di tabacco, la limitazione del consumo di alcool, il controllo del metabolismo lipidico e glucidico

DPI

- Devono essere omologati secondo la **UNI EN ISO 10819**
- Devono avere marcatura **CE**
- Devono essere corredati di una **scheda tecnica** contenete i dati di certificazione ed **attenuazione prodotta**

- Sono **efficaci unicamente su attrezzature con frequenze medio alte**
- La loro efficacia non è garantita sui martelli demolitori che emettono basse frequenze
- A parità di efficacia è bene valutare gli **aspetti ergonomici, l'isolamento termico, e la resistenza meccanica**

Guanti antivibranti:

vanno scelti in relazione al tipo di utensile e consentono una riduzione del rischio

I normali guanti di lavoro amplificano le vibrazioni!!

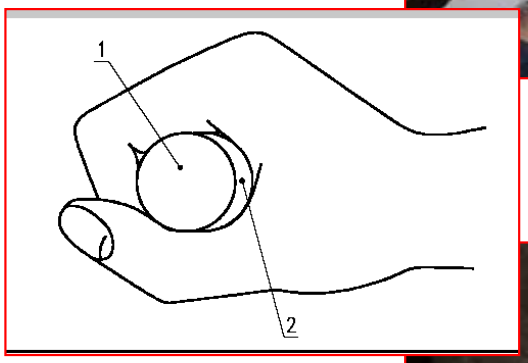
La trasmissibilità TR è data dal rapporto tra l'accelerazione ponderata misurata sull'adattatore posto nel palmo della mano nuda e l'accelerazione ponderata misurata sull'adattatore posto nel palmo della mano guantata

- **Accelerazione $a_{w,h}$ a mano nuda**

÷

- **Accelerazione $a_{w,h}$ a mano guantata**

=



Guanti antivibrazioni

attenuazione	frequenze	
< 10%	basse 0,1-2 Hz	
10 - 20%	medie 2-20 Hz	
40 - 60%	alte > 20 Hz	

Prestazioni dei guanti antivibrazioni

Tipologia di utensile	Attenuazione delle vibrazioni (%)
Scalpellatori e Scrostatori,	< 10%
Rivettatori	< 10%
Martelli Perforatori	< 10%
Martelli Demolitori e Picconatori	< 10%
Trapani a percussione	< 10%
Avvitatori ad impulso	< 10%
Martelli Sabbiatori	< 10%
Cesoie e Roditrici per metalli	< 10%
Levigatrici orbitali e roto-orbitali	40% - 60%
Seghe circolari e seghetti alternativi	10% - 20%
Smerigliatrici angolari e assiali	40% - 60%
Motoseghe	10% - 20%
Decespugliatori	10% - 20%

Efficacia dei guanti antivibranti secondo UNI 10819

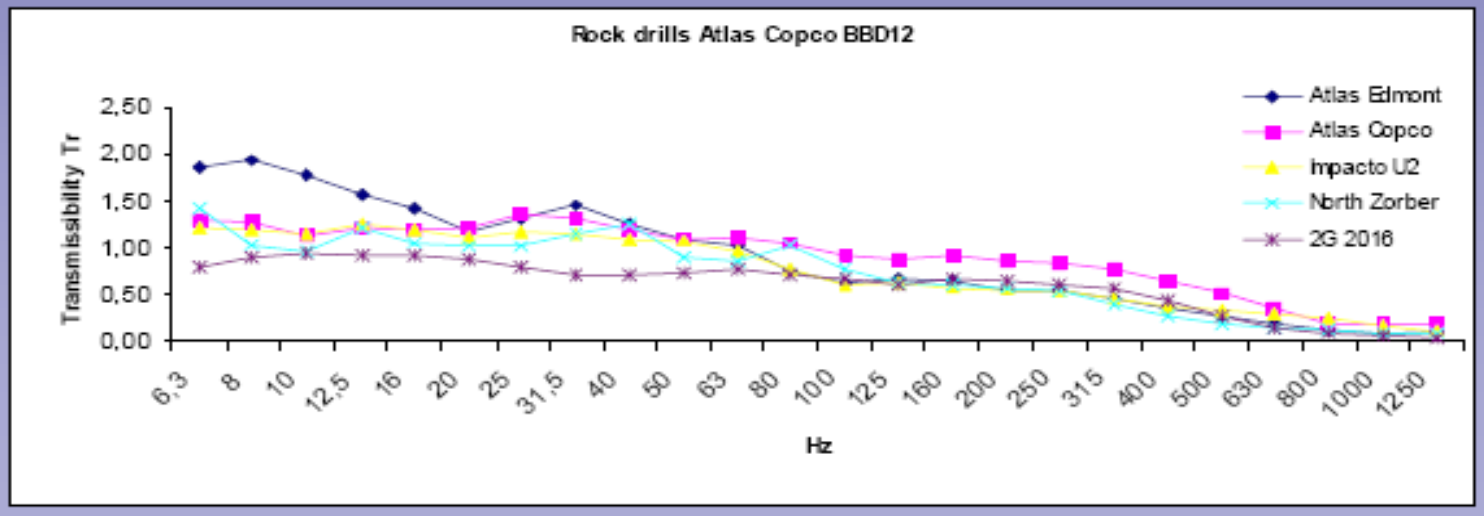
Un guanto non va considerato "guanto antivibrazione" secondo la presente norma se non rispetta entrambi i seguenti criteri:

$$\overline{TR}_M < 1{,}0 \text{ e } \overline{TR}_H < 0{,}6$$

Dove: TR_M **= Trasmissibilità alle medie frequenze (31,5 – 200 Hz)**
TR_H **= Trasmissibilità alle alte frequenze (200 – 1250 Hz)**

Martelli demolitori e roto-perfortatori

Guanto	Attrezzo				
	Atlas Copco BBD12	Atlas Copco RH571	Atlas Copco TEX32	Boheler B190	Boheler BH16 (ergonomico)
1	1,3	1,6	1,5	1,7	
2	1,2	1,2	1,9	1,6	
3	1,1	1,1	1,3	1,3	
4	1,1	1,1	1,3	1,3	
10	0,7				0,7



1. *Vibration Control* sia sull'impugnatura centrale che su quella secondaria.

2. Dado SDS

3. Coprimola con leva di reg. rapida e con sicurezza verticale (evita che il coprimola scivoli sul disco in rotazione)

4. Impugnatura ruotabile consente di adattare la presa in funzione dell'operatore e della posizione di lavoro

5. Avvio lento con limitatore di spunto: evita contraccolpi alla partenza

6. Avvolgimenti motore corazzati contro l'abrasione della polvere di smerigliatura

7. Potenza dei motori incrementata fino a 2600 W

Impugnatura Bosch brevettata con ammortizzazione attiva delle vibrazioni a 2 livelli

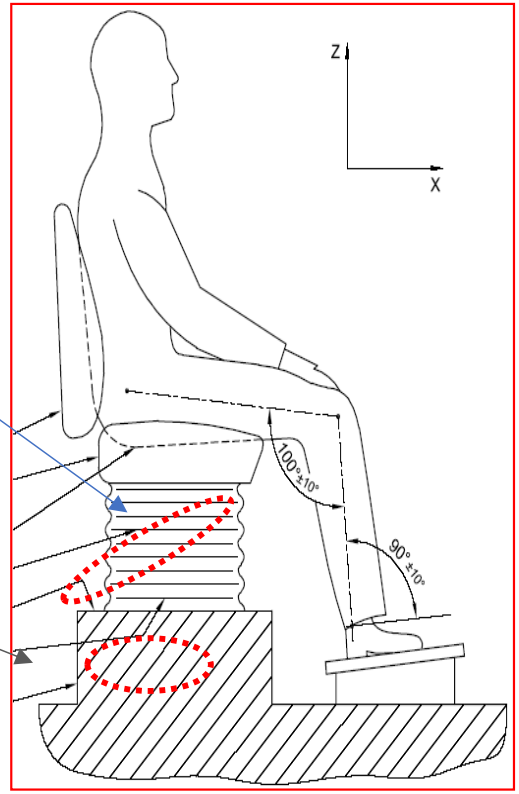
La trasmissibilità TR è data dal rapporto tra l'accelerazione ponderata misurata sul sedile e l'accelerazione ponderata misurata sul pianale

- **Accelerazione $a_{w,z}$ sul sedile**

÷

- **Accelerazione $a_{w,z}$ sul pianale**

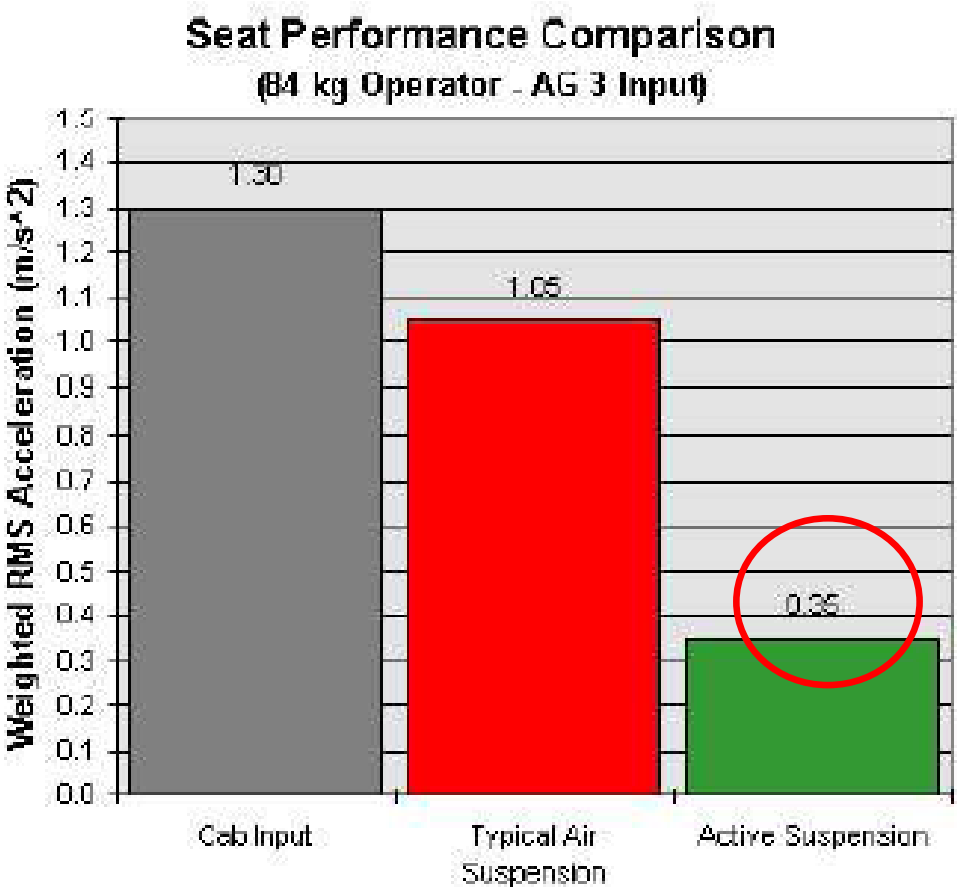
=

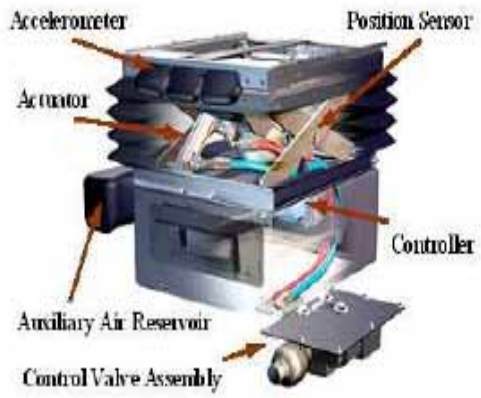


- I sedili normalmente montati sui mezzi in commercio non sono generalmente adeguati allo scopo di ridurre le vibrazioni trasmesse al conducente
- Nell'intervallo 1 Hz ÷ 20 Hz amplificano talvolta anche di un fattore 2-3 e oltre le vibrazioni, con delle risonanze molto pericolose nella regione 2 Hz – 4 Hz in cui il corpo umano è molto sensibile.

SEDILI A CONTROLLO ATTIVO

della John Deere





Silent Block

Ed infine…..

Prevenzione dei danni architettonici da **vibrazioni strutturali** La norma di riferimento è la **UNI 9916:2014** “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici (DIN 4150-3)”. La norma definisce come parametro di riferimento per la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici il valore della velocità, in particolare il massimo valore (o di picco) delle componenti delle velocità di vibrazione lungo i tre assi di riferimento.

La norma **UNI 9614:2017** “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo” individua una serie di valori di riferimento ai fini della va**lutazione del disturbo** prodotto dalle vibrazioni in edifici, in relazione alle differenti destinazioni d’uso degli stessi e alla durata e tipologia di vibrazione

Linee guida e riferimenti web

Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome

Gruppo Tematico Agenti Fisici

Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08

Parte 1: Titolo VIII Capo 1
Parte 2: Radiazione Solare
Parte 3: Microclima
Parte 4: Rumore
Parte 5: Vibrazioni

in collaborazione con:

INAIL - Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro

Istituto Superiore di Sanità

INAIL

La Banca Dati Rumore per l'edilizia

INAIL

PAF
PORTALE AGENTI FISICI
PREVENZIONE E SICUREZZA

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE
Edizione 2015

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO VIBRAZIONI

INAIL
2019

N.b.: Revisione 01: approvata dal sotto gruppo di lavoro tematico Agenti Fisici il 08/06/2021 approvata dal Gruppo Tecnico Interregionale Prevenzione Igiene e Sicurezza sui Luoghi di Lavoro il 21/07/2021

PER LA VOSTRA
CORTESE E PAZIENTE
ATTENZIONE!