

LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE NEGLI AMBIENTI DI LAVORO

NOTA: Quanto segue è un estratto dalle "LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE NEGLI AMBIENTI DI LAVORO", versione 2002, pubblicate dall'ISPESL, alla cui stesura l'autore di **Rumours** ha partecipato come membro del gruppo di lavoro.

La versione integrale ed aggiornata delle Linee Guida può essere scaricata dal sito ISPESL www.ispesl.it o dal sito INAIL www.inail.it gratuitamente.

2.3 - DEFINIZIONI E PARAMETRI

Comunemente si intende per **rumore** un suono che provoca una sensazione sgradevole, fastidiosa o intollerabile.

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

Un corpo che vibra provoca nell'aria oscillazioni della pressione intorno al valore della pressione atmosferica - compressioni e rarefazioni, che si propagano come onde progressive nel mezzo e giungono all'orecchio producendo la sensazione sonora.

Si definisce **pressione sonora** istantanea $p(t)$ la differenza indotta dalla perturbazione sonora tra la pressione totale istantanea e il valore della pressione statica all'equilibrio.

Nel caso più semplice le variazioni della pressione sono descritte da una funzione sinusoidale caratterizzata dalle seguenti grandezze:

- **frequenza (f)**: numero di oscillazioni complete nell'unità di tempo (Hz);
- **periodo (T)**: durata di un ciclo completo di oscillazione (s); è l'inverso della frequenza;
- **velocità di propagazione (c)**: velocità con la quale la perturbazione si propaga nel mezzo, in dipendenza dalle caratteristiche del mezzo stesso (m/s); in aria c è pari a circa 340 m/s;
- **lunghezza d'onda (λ)**: distanza percorsa dall'onda sonora in un periodo (m);
- **ampiezza (A)**: valore massimo dell'oscillazione di pressione (N/m^2).

Qualora le onde abbiano frequenza approssimativamente compresa fra 20 e 20000 Hz ed ampiezza superiore ad una certa entità che dipende dalla frequenza, l'orecchio umano è in grado di percepirle.

La determinazione del contenuto in frequenza di un certo suono è chiamata **analisi in frequenza** o **analisi di spettro**.

2.3.1 Livello di pressione e di potenza sonora

Se si misurasse la pressione sonora in N/m^2 (Pascal), si dovrebbero considerare valori tipicamente compresi fra $20 \cdot 10^{-6}$ Pa e 200 Pa. Al fine di comprimere tale intervallo di variabilità ed anche sulla base dell'ipotesi che l'intensità delle sensazioni uditive sia in prima approssimazione proporzionale al logaritmo dello stimolo e non al suo valore assoluto, è stata introdotta la scala logaritmica o scala dei livelli. Il livello, espresso in dB, è pari a dieci volte il logaritmo decimale del rapporto fra una data grandezza ed una grandezza di riferimento, omogenee fra di loro. In particolare si ha:

$$\text{Livello di pressione sonora} = L_p = 10 \log (p^2/p_0^2) = 20 \log (p/p_0)$$

dove p è il valore r.m.s. della pressione sonora in esame e p_0 (pressione sonora di riferimento) è il valore di soglia di udibilità a 1000 Hz ($20 \cdot 10^{-6}$ Pa = 20 μ Pa).

Analogamente si ha:

$$\text{Livello di potenza sonora} = L_W = 10 \log (W/W_0)$$

dove W è il valore r.m.s. della potenza sonora in esame e W_0 (potenza sonora di riferimento) = 10^{-12} watt.

La scala dei decibel non è lineare, per cui non si possono sommare i livelli sonori in modo aritmetico ma occorre ricorrere ai logaritmi; ad es.: 80 dB + 80 dB = 83 dB.

2.3.2 Livello sonoro continuo equivalente

Per caratterizzare un rumore variabile in certo intervallo di tempo T , si introduce il:

$$\text{Livello sonoro continuo equivalente} = L_{eq,T} = 10 \log \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T \left[\frac{p(t)}{p_0} \right]^2 dt \right\}$$

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

Per la valutazione del rumore a livello internazionale sono comunemente utilizzate due curve di ponderazione (filtri che operano un'opportuna correzione dei livelli sonori alle diverse frequenze) del rumore. La curva A è utilizzata per valutare gli effetti del rumore sull'uomo. Il livello sonoro in dB(A), che si ottiene utilizzando questa curva di ponderazione A, è la grandezza psicoacustica di base, comunemente utilizzata per descrivere i fenomeni sonori in relazione alla loro capacità di produrre un danno uditivo. La ponderazione A, operata dagli strumenti di misura del rumore, approssima la risposta dell'orecchio e penalizza, attenuandole, le basse frequenze, mentre esalta, in misura molto lieve, le frequenze fra 1000 e 5000 Hz. La curva di ponderazione C, invece, è stata adottata nella Direttiva "Macchine" 89/392/CEE, recepita dal D.P.R. 459/96, per descrivere il livello di picco L_{picco} prodotto dalle macchine e,

pare, sarà adottata anche nella nuova Direttiva europea sul rumore, attualmente in corso di discussione a Bruxelles, che sostituirà la Direttiva 86/188/CEE da cui ha tratto origine il D.Lgs.277/91.

Per quantificare l'esposizione di un lavoratore al rumore si utilizza il:

$$\text{Livello di esposizione quotidiana personale} = L_{EP,d} = L_{Aeq,Te} + 10 \log \left(\frac{T_e}{T_0} \right) \quad (\text{dB(A)})$$

$$\text{dove: } L_{Aeq,Te} = 10 \log \left\{ \frac{1}{T_e} \int_0^{T_e} \left[\frac{p_A(t)}{p_0} \right]^2 dt \right\}$$

T_e = durata quotidiana dell'esposizione personale di un lavoratore al rumore, ivi compresa la quota giornaliera di lavoro straordinario;

$T_0 = 8$ ore;

p_A = pressione acustica istantanea ponderata A, in Pa;

$p_0 = 20 \mu\text{Pa}$.

E' altresì utilizzato il:

$$\text{Livello di esposizione settimanale} = L_{EP,w} = 10 \log \left[\frac{1}{5} \sum_k 10^{0,1(L_{EP,d})_k} \right] \quad (\text{dB(A)})$$

con: $k = 1, 2, \dots, m$;

m = numero dei giorni di lavoro della settimana considerata.

Si sottolinea che i L_{EP} non tengono conto degli effetti di un qualsiasi mezzo individuale di protezione.

2.3.3 Livello di picco

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

$$L_{picco} (\text{dB}) = 10 \log \left(\frac{p_{peak}^2}{p_0^2} \right)$$

dove la grandezza p_{peak} , che non è un valore r.m.s., è definita nel D.Lgs.277/91 come “*valore della pressione acustica istantanea non ponderata*” ed è molto importante nella valutazione del rumore impulsivo. E' noto infatti che a parità di contenuto energetico medio, un rumore che presenta caratteristiche di impulsività costituisce un fattore di rischio aggiuntivo per la salute di cui bisognerebbe tenere conto nella valutazione del rischio.

Il D.Lgs.277/91 stabilisce che non possa essere mai superato un livello di picco pari a 140 dB.

2.3.4 Principio dell'eguale energia

I criteri definiti dagli standard correnti ai fini della valutazione dell'esposizione a rumore prevedono che rumori di pressione p_{A1} e p_{A2} per tempi pari rispettivamente a t_1 e t_2 siano equivalenti in relazione ai possibili danni alla salute quando:

$$p_{A1}^2 \times t_1 = p_{A2}^2 \times t_2$$

Questa relazione, che rappresenta una buona approssimazione dei dati disponibili, esprime in termini matematici il cosiddetto “principio della uguale energia”.

In termini di decibel, ad un raddoppio del tempo di esposizione deve corrispondere una diminuzione di 3 dB del livello di pressione sonora per mantenere costante la dose (ovvero il rischio di danno) e, viceversa, ad un aumento di 3 dB del livello di pressione sonora deve corrispondere un dimezzamento del tempo di esposizione.

2.3.5 Spettro sonoro, bande di frequenza

La determinazione della distribuzione dell'energia sonora nelle sue varie frequenze componenti è detta *analisi in frequenza* ed il risultato è detto *spettro di frequenza* del suono.

Nonostante nel D.Lgs.277/91 non se ne faccia cenno, l'analisi in frequenza del rumore è fondamentale in fase di bonifica acustica ed opportuna per scegliere correttamente i protettori auricolari.