

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.

5.4 - DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALI DELL'UDITO

L'uso dei "mezzi individuali di protezione dell'udito" è regolato in primo luogo dall'articolo 43 del **D.Lgs.277/91** che ne stabilisce l'obbligo di messa a disposizione per livelli di esposizione quotidiana al rumore superiori ad 85 dB(A) e l'obbligo d'uso per livelli superiori a 90 dB(A).

Anche se il testo legislativo impone l'obbligo all'uso dei DPI uditivi solo al superamento dei 90 dB(A) si raccomanda di promuoverne l'impiego anche a livelli inferiori (es.: 85 dB(A)) stando però particolarmente attenti ad evitare sovrapprotezioni

L'intera materia dei Dispositivi di Protezione Individuale (DPI), di cui anche gli otoprotettori fanno parte, è stata regolamentata anche dal Titolo IV del **D.Lgs.626/94** e dal **D.Lgs.475/92**, che stabilisce, tra l'altro, l'obbligo della marcatura CE.

E' attualmente in emanazione un decreto con indicazioni per la scelta e l'uso dei DPI ai sensi dell'art.45 del D.Lgs.626/94 che fornirà indicazioni specifiche anche per i DPI uditivi.

A queste disposizioni di legge si affiancano le seguenti norme tecniche europee: la **EN 458** del 1993 che stabilisce le linee guida per la selezione, l'uso, la cura e la manutenzione dei protettori auricolari, e si colloca nell'ambito della **Direttiva 89/656/CEE** sui "requisiti minimi di sicurezza e salute per l'uso da parte dei lavoratori di dispositivi di protezione individuale sul luogo di lavoro"; e la serie delle **EN 352**, norme armonizzate che si collocano nell'ambito della **Direttiva 89/686/CEE** "Dispositivi di protezione individuale", che fissano i requisiti costruttivi, di progettazione e le prestazioni (inclusi i livelli minimi di attenuazione acustica), i metodi di prova, i requisiti di marcatura e le informazioni per l'utilizzatore.

5.4.1 - Selezione, uso, cura e manutenzione di un otoprotettore

La norma europea armonizzata **EN 458** fornisce le linee guida per la selezione, l'uso, la cura e la manutenzione.

Per la selezione dell'otoprotettore, i principali fattori da considerare sono:

- marcatura di certificazione;
- attenuazione sonora;
- confortevolezza del portatore;
- ambiente di lavoro e attività lavorativa (alte temperature e umidità, polvere, segnali di avvertimento e trasmissione di messaggi verbali, ecc.);
- disturbi per la salute dell'utilizzatore;

Per un maggior dettaglio su tali fattori di selezione consultare il paragrafo successivo (5.5.2) e la **Sezione 1** dell'**Allegato n° 7**.

Riguardo al corretto uso, innanzi tutto occorre verificare la compatibilità dell'otoprotettore con eventuali altri DPI della testa (elmetti, occhiali, ecc.), che potrebbero determinare una riduzione delle prestazioni dell'otoprotettore stesso. Inoltre è molto importante indossarli per tutto il periodo dell'esposizione: se i protettori vengono tolti dall'utilizzatore anche per un breve periodo, la protezione effettiva si può ridurre sensibilmente (vedi **Sezione 2** dell'**Allegato n° 7**). Ad esempio, nel caso di una esposizione a un rumore con $L_{Aeq, 8h}$ pari a 105 dB(A), pur indossando un protettore auricolare con una attenuazione di 30 dB che darebbe luogo ad un livello sonoro effettivo di $L'_{Aeq, 8h}$ di 75 dB(A), se il protettore non è utilizzato per soli 30 minuti il livello effettivo $L'_{Aeq, 8h}$ diventa 93 dB(A). Qualunque DPI uditivo, se indossato solo per metà tempo della giornata lavorativa (ipotizzata a rumore costante), fornisce una protezione effettiva che non supera i 3 dB.

Infine, è necessario che l'utilizzatore sia addestrato e formato (come anche previsto dall'art.43 del D.Lgs.626/94) sul corretto indossamento dell'otoprotettore, in quanto un indossamento scorretto fa calare anche pesantemente la prestazione del DPI; da questo punto di vista, le cuffie sono meno critiche rispetto agli inserti.

N.B.: i dati di attenuazione sonora dichiarati dal costruttore sono derivati da prove di laboratorio sulla soglia soggettiva di soggetti istruiti, che indossavano correttamente i protettori auricolari. Le prestazioni effettive sul campo possono essere sensibilmente minori a causa di un indossamento non corretto e della presenza di altri DPI tanto che alcuni enti americani consigliano, per tener conto del non perfetto indossamento e dei momenti in cui l'otoprotettore viene tolto per ascoltare messaggi verbali o per altri motivi, di dimezzare i valori di attenuazione sonora forniti dal costruttore del DPI nell'effettuare i calcoli con i metodi descritti.

Pur non condividendo tale posizione, si intende sottolineare l'importanza della formazione ai fini dell'affidabilità delle prestazioni "in condizioni reali" dei protettori auricolari.

La norma **EN 458** fornisce anche le indicazioni per una corretta cura e manutenzione degli otoprotettori:

- i DPI devono essere maneggiati sempre con le mani pulite, evitando contaminazioni con liquidi o polveri, spesso causa di irritazioni cutanee;
- per i DPI riutilizzabili è importante una regolare manutenzione e pulizia;
- gli inserti monouso non vanno riutilizzati, mentre gli altri tipi di inserto vanno lavati con cura prima di indossarli;
- il DPI riutilizzabile deve essere indossato sempre dalla medesima persona; è però possibile far utilizzare cuffie da più lavoratori ricorrendo a coperture monouso per i cuscinetti;
- i DPI vanno conservati secondo le istruzioni fornite dal fabbricante, vanno ispezionati frequentemente per identificare difetti e danneggiamenti;
- i cuscinetti delle cuffie vanno sostituiti quando consumati, così come gli archetti deformati.

5.4.2 - Metodi di calcolo della protezione fornita dall'otoprotettore

Per verificare l'idoneità di un DPI uditivo esistono vari metodi, che si basano sul grado di conoscenza delle caratteristiche del rumore ambientale e sui valori di attenuazione sonora forniti dal costruttore del dispositivo, congiuntamente alla marcatura CE.

I metodi da applicare secondo la **EN 458** sono i seguenti:

- metodo per bande d'ottava;
- metodo HML;
- controllo HML;
- metodo SNR;

ed esiste infine un metodo per i rumori impulsivi.

Per i rumori non impulsivi, a seconda del metodo di calcolo scelto è necessario conoscere in maniera più o meno specifica i dati sul rumore da attenuare, infatti:

<i>per utilizzare il ...</i>	<i>... è necessario conoscere</i>
metodo per bande d'ottava	il livello equivalente di pressione acustica del rumore per banda d'ottava $L_{oct,eq}$
metodo HML	il livello equivalente di pressione acustica del rumore pesato secondo la curva A (L_{Aeq}) e secondo la curva C (L_{Ceq})
controllo HML	il livello equivalente di pressione acustica del rumore pesato secondo la curva A (L_{Aeq}) e l'impressione prodotta dal suono per decidere la classe di rumore (utilizzando liste d'esempio di sorgenti di rumore)
metodo SNR	il livello equivalente di pressione acustica del rumore pesato secondo la curva C (L_{Ceq}) o, in alternativa, non pesato ($L_{Lin,eq}$)

N.B.: pur non essendo esplicitato dalla norma EN 458, si ritiene che per il calcolo della protezione dei DPI uditivi in alternativa al livello equivalente pesato C possa essere (eccezionalmente) utilizzato il valore del livello equivalente non pesato, espresso in dBLin.

Normalmente questa sostituzione, che comporta una protezione finale superiore, può ritenersi accettabile ma, in alcune situazioni, può condurre ad una iperprotezione. Pertanto si ritiene che la sua applicazione debba essere considerata da superare provvedendo, alla prima ripetizione della valutazione del rischio, a misurare anche i livelli di rumore pesati secondo la curva C.

Inoltre, poiché la maggior parte delle indagini fonometriche hanno sinora riportato solamente i livelli equivalenti di rumore pesati secondo la curva A e non secondo la curva C, in questa linea guida si è scelto di aggiungere ai metodi prescritti dalla **EN 458** anche il metodo “**SNR corretto**” desunto da uno standard OSHA, che permette di calcolare la protezione fornita dall'otoprotettore usando i livelli equivalenti di rumore pesati secondo la curva A (L_{Aeq}). Per il livello di approssimazione che lo contraddistingue si ritiene che l'applicazione di questo metodo debba essere considerata solo come ultima ratio, vale a dire da superare provvedendo, alla prima ripetizione della valutazione del rischio, a misurare anche i livelli di rumore pesati secondo la curva C.

Nella pratica si è rilevato che normalmente viene utilizzato il metodo SNR (o, se è il caso, il metodo “SNR corretto”); qualora si avverta la presenza di un tono puro, il metodo preferito è quello per bande d'ottava.

I diversi metodi di valutazione consentono di stimare il *livello di pressione sonora equivalente ponderato A*, L'_{Aeq} , a cui sono effettivamente esposti i lavoratori che indossano correttamente i dispositivi di protezione auricolare. La norma **EN 458** definisce un *livello di azione* L_{act} : “massimo livello di esposizione quotidiana personale ($L_{Aeq,8h}$) e/o livello di

picco (L_{picco}) oltre il quale devono essere resi disponibili e/o indossati protettori auricolari secondo quanto stabilito dalle leggi o dalle normative nazionali, o dalle consuetudini e dalla pratica”.

Per la valutazione del grado di protezione del DPI, la norma **EN 458** prevede il seguente criterio:

Livello effettivo all'orecchio, L'_{Aeq}, in dB(A)	Stima della protezione
$L'_{\text{Aeq}} > L_{\text{act}}$	Insufficiente
$L_{\text{act}} - 5 < L'_{\text{Aeq}} \leq L_{\text{act}}$	Accettabile
$L_{\text{act}} - 10 < L'_{\text{Aeq}} \leq L_{\text{act}} - 5$	Buona
$L_{\text{act}} - 15 < L'_{\text{Aeq}} \leq L_{\text{act}} - 10$	Accettabile
$L'_{\text{Aeq}} \leq L_{\text{act}} - 15$	Troppo alta (<u>iperprotezione</u>)

Normalmente L_{act} viene fatto corrispondere a **85 dB(A)** per il livello di esposizione quotidiana personale ed a **140 dB** per il livello di picco. Per gli scopi di queste Linee Guida si ritiene comunque che il livello effettivo all'orecchio, L'_{Aeq} , non debba superare gli **80 dB(A)**.

Per l'applicazione dei metodi di calcolo consultare la **Sezione 3** dell'**Allegato n° 7**.

Un semplice programma per l'applicazione dei metodi di scelta dei DPI uditivi (**DiPIU**) può essere scaricato dal sito INAIL (www.inail.it) o da quello ISPESL (www.ispesl.it).

Nella **Sezione 4** dell'**Allegato n° 7** è riportato un il metodo di calcolo della protezione per rumori impulsivi e di impatto oltre ad un elenco di livelli di rumore relativo ad alcuni utensili ed armi di piccolo calibro.

Infine, pare importante richiamare che secondo la norma EN 458 le cuffie e gli inserti auricolari possono dare una protezione sufficiente anche in combinazione tra di loro, pur se l'attenuazione fornita dall'utilizzo congiunto non sempre corrisponde alla somma di quelle che caratterizzano i singoli protettori.

Allegato n° 7

SCELTA DEI DPI UDITIVI

SEZIONE 1

Criteri di selezione dell'otoprotettore

1.1 Marcatura di certificazione

Occorre scegliere solo DPI dotati di marcatura di certificazione di conformità (marcatura CE).

1.2 Attenuazione sonora

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

- **APV_f**: 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.

L'attenuazione deve essere tale da non generare una protezione insufficiente o, viceversa, una iperprotezione; lo spettro di attenuazione dovrebbe essere scelto in funzione dello spettro del rumore da cui proteggere e delle modalità di espletamento del lavoro; nel seguito verranno illustrati i metodi per calcolare la protezione fornita dall'otoprotettore.

1.3 Confortevolezza del DPI uditivo

Le norme non specificano un modo per misurare l'indice di confortevolezza del DPI.

Sono importanti la massa, i materiali di costruzione, la pressione dell'archetto, la regolabilità delle cuffie, la facilità di inserimento e di estrazione degli inserti ed altri aspetti ancora definiti nelle EN 352, ma la valutazione complessiva, in primo luogo, va ovviamente richiesta all'utilizzatore. Il D.Lgs.277/91 prevede infatti che la scelta dei DPI uditivi avvenga previa consultazione dei lavoratori o dei loro RLS.

1.4 Ambiente di lavoro e attività lavorativa

In generale, oltre che essere adatti al singolo lavoratore, i DPI uditivi devono risultare adeguati alle condizioni di lavoro (art. 43, D.Lgs.277/91).

Il lavoro fisico in condizioni ambientali sfavorevoli (alte temperature e/o alti tassi d'umidità e polverosità) può provocare sudorazione e irritazioni cutanee sotto le cuffie. Per ovviare a tali inconvenienti si possono utilizzare delle sottili coperture per i cuscinetti; in tal caso è necessario conoscerne le caratteristiche acustiche per calcolare la perdita di attenuazione della cuffia. Esistono oggi in commercio cuffie studiate per ambienti termici severi caldi, come fonderie e vetrerie, dotate di cuscinetti imbottiti di glicerina che consentono di conservare una temperatura confortevole all'interno delle coppe. In alternativa si possono utilizzare gli inserti auricolari, che solitamente sono meglio tollerati dagli utilizzatori, tenendo conto della ridotta attenuazione acustica rispetto alle cuffie e della loro maggiore criticità per quanto riguarda il corretto inserimento nel meato acustico esterno, pena una ulteriore perdita di attenuazione sonora, e degli aspetti igienici.

Nel caso di esposizione ripetitiva a rumori di breve durata, sono preferibili le cuffie o gli inserti auricolari con archetto, perché facili da mettere e togliere.

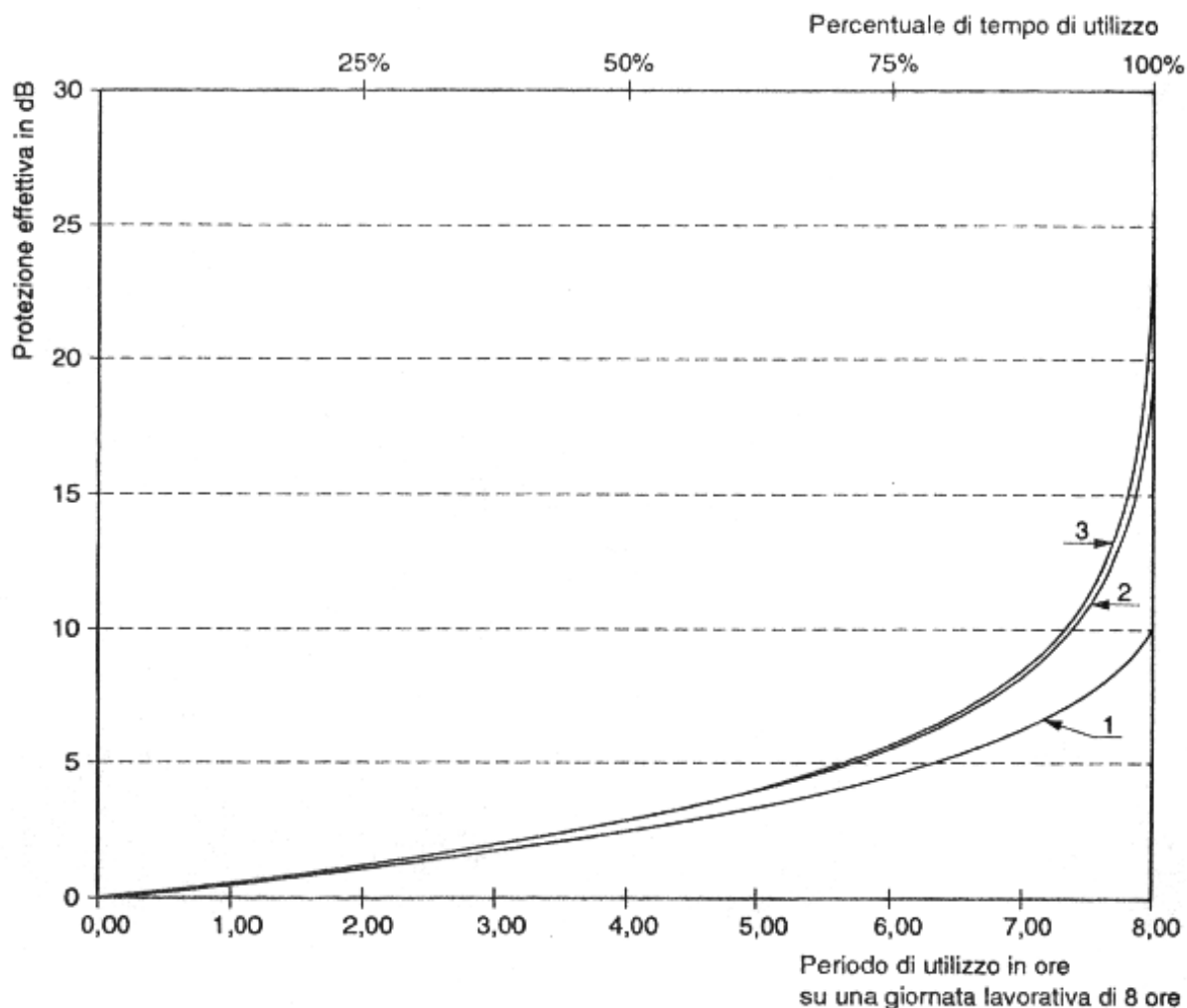
Per quanto riguarda l'udibilità di messaggi verbali e/o di avvertimento e di allarme, regolati da una specifica norma, la EN 457 del 1992, sono preferibili DPI con attenuazione uniforme in tutto lo spettro di frequenza. Esistono oggi in commercio cuffie elettroniche ad attenuazione controllata, con amplificazione delle frequenze del parlato (400 ÷ 3000 Hz) regolabile dall'utilizzatore e con un sistema di limitazione elettronica dei rumori impulsivi a 82 dB(A). Queste cuffie consentono quindi al lavoratore di comunicare agevolmente pur essendo in presenza di rumori dannosi per l'udito.

1.5 Disturbi per la salute

Prima di prescrivere un certo tipo di otoprotettore, è opportuno che il medico competente verifichi se l'utilizzatore soffre o ha sofferto di disturbi auricolari quali: irritazioni del canale uditivo, otalgia, ipoacusia, e via dicendo; in caso affermativo, è opportuno che il datore di lavoro segua il parere del medico in merito ad eventuali controindicazioni verso l'utilizzo di un certo tipo di otoprotettori.

SEZIONE 2

Riduzione della protezione effettiva fornita da un otoprotettore in funzione del tempo d'utilizzo



Curva 1 - otoprotettore che assicura un'attenuazione di 10 dB

Curva 2 - otoprotettore che assicura un'attenuazione di 20 dB

Curva 3 - otoprotettore che assicura un'attenuazione di 30 dB

SEZIONE 3

Applicazione dei metodi di calcolo per ottenere la protezione fornita da un DPI dell'udito

3.1 Il metodo per bande d'ottava

Per applicare questo metodo occorre conoscere i livelli di rumore per banda d'ottava misurati sul luogo di lavoro ed i dati di attenuazione per banda d'ottava del protettore auricolare sottoposto a valutazione. 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 IEC 651/79, IEC 804/85 e IEC 1260/95. Il valore di L'_{Aeq} si ottiene dalla formula seguente:

$$L'_{Aeq} = 10 \log \sum_f 10^{0,1(L_f + A_f - APV_f)}$$

dove:

f	rappresenta la frequenza centrale di banda d'ottava dello spettro compreso tra 125 e 8000 Hz;
L_f	è il livello di rumore in dB nella banda d'ottava f;
A_f	è la ponderazione in frequenza della curva A in dB nella banda d'ottava f;
APV_f	è il valore di protezione presunto del protettore auricolare in dB nella banda d'ottava f.

Calcolato **L'_{Aeq}** confrontarlo con il livello di azione **L_{act}** per valutare l'idoneità dell'otoprotettore.

3.2 Il metodo HML

Per applicare il metodo HML occorre conoscere i valori di livello equivalente di rumore sul luogo di lavoro ponderati secondo le curve A e C, **L_{Aeq}** e **L_{Ceq}** ed i tre valori di attenuazione H, M e L del protettore auricolare sottoposto a valutazione, riportati sulla scheda tecnica fornita dal costruttore. Le fasi di calcolo da eseguire sono le seguenti:

Fase 1: calcolare la differenza **L_{Ceq} - L_{Aeq}**;

Fase 2: calcolare la riduzione prevista del livello di rumore (PNR, Predicted Noise Reduction) secondo una delle due equazioni:

$$PNR = M - \frac{H - M}{4} (L_{Ceq} - L_{Aeq} - 2) dB \quad \text{per } L_{Ceq} - L_{Aeq} \leq 2 \text{ dB}$$

$$PNR = M - \frac{H - L}{8} (L_{Ceq} - L_{Aeq} - 2) dB \quad \text{per } L_{Ceq} - L_{Aeq} > 2 \text{ dB}$$

e arrotondare al numero intero più prossimo.

Fase 3: calcolare il livello effettivo all'orecchio **L'_{Aeq}** secondo l'equazione:

$$L'_{Aeq} = L_{Aeq} - PNR$$

Fase 4: confrontare **L'_{Aeq}** con il livello di azione **L_{act}** per valutare l'idoneità dell'otoprotettore.

Come si può vedere questo metodo non richiede necessariamente la rilevazione dello spettro di frequenza del rumore sul luogo di lavoro e, poiché normalmente un fonometro integratore di classe 1 dispone di entrambi le ponderazioni in frequenza A e C, è possibile misurare direttamente i livelli **L_{Ceq}** e **L_{Aeq}** richiesti dal metodo.

3.3 Il controllo HML

Il controllo HML rappresenta una semplificazione del metodo HML. In generale, non è necessario conoscere il livello di rumore ponderato secondo la curva C, **L_{Ceq}**, ma solo il livello ponderato secondo la curva A, **L_{Aeq}**; questa è l'unica misura quantitativa prevista dal controllo HML, che per il resto si basa sulla valutazione empirica del tipo di rumore presente sul luogo di lavoro ed è quindi meno affidabile.

Fase 1: decidere, mediante un controllo d'ascolto, se il rumore appartiene alla classe HM (rumori di frequenza medio-elevata), oppure alla classe L (rumori di frequenza dominante bassa); ci si può aiutare consultando la lista degli esempi di sorgenti di rumore. In genere per i rumori di classe HM risulta essere **L_{Ceq} - L_{Aeq} ≤ 5 dB**, per i rumori di classe L risulta essere **L_{Ceq} - L_{Aeq} > 5 dB**. Se il rumore appartiene alla classe L, passare alla fase 2, se appartiene alla classe HM passare direttamente alla fase 3.

Fase 2: sottrarre il valore L dal livello di pressione acustica ponderato A.

$$L'_{Aeq} = L_{Aeq} - L$$

Se **L'_{Aeq} > L_{act}** la protezione è insufficiente; occorre provare un DPI con un'attenuazione maggiore.

Se **L'_{Aeq} ≤ L_{act}** la protezione è sufficiente, la verifica è terminata.

Se **L'_{Aeq} > L_{act} - 15 dB**, la protezione è accettabile o buona, la verifica è terminata.

Fase 3: sottrarre il valore M dal livello di pressione acustica ponderato A.

$$L'_{Aeq} = L_{Aeq} - M$$

Se **L'_{Aeq} > L_{act}** passare alla fase 4.

Se **L'_{Aeq} ≤ L_{act}** la protezione è sufficiente, la verifica è terminata.

Se $L'_{Aeq} > L_{act} - 15 \text{ dB}$, la protezione è accettabile o buona, la verifica è terminata.

Fase 4: sottrarre il valore H dal livello di pressione acustica ponderato A.

$$L'_{Aeq} = L_{Aeq} - H$$

Se $L'_{Aeq} > L_{act}$ la protezione è insufficiente; occorre provare un DPI con un'attenuazione maggiore.

Se $L'_{Aeq} \leq L_{act}$ il DPI può essere appropriato, però occorre acquisire altre informazioni sul rumore ed utilizzare uno degli altri metodi.

3.3.1 Due liste di esempi di sorgenti di rumore

Lista di esempio 1 : Sorgenti di rumore della classe di rumore HM - rumori di frequenza da media a elevata $L_{Ceq} - L_{Aeq} \leq 5 \text{ dB}$

Taglio alla fiamma
Presse rotative ad alta velocità alimentate da bobine
Motori diesel
Formatrici a scossa e compressione
Macchine per rivestimento di zucchero
Utensili ad urto
Ugello ad aria compressa
Rettificatrici
Chiodatrici pneumatiche
Magli per fucinatura
Piegatrici/bordatrici
Filatoi
Sbavatrici
Macchine per maglieria
Macchine per finitura
Troncatrici alla mola
Macchine per la lavorazione del legno
Telai meccanici
Pompe idrauliche
Centrifughe
Levigatrici

Lista di esempio 2: Sorgenti di rumore della classe di rumore L - rumori di frequenza dominante bassa, $L_{Ceq} - L_{Aeq} > 5 \text{ dB}$

Escavatori
Gruppi compressori (a pistone)
Gruppi convertitori
Convertitori
Forni di fusione elettrici
Cubilotti
Forni a combustione
Macchine per pressofusione
Forni di ricottura
Macchine movimento terra
Altoforni
Macchine per pulitura a getto
Frantumatori meccanici

3.4 Il metodo SNR

È il metodo più semplice. Il livello effettivo all'orecchio L'_{Aeq} può essere calcolato sulla base del livello equivalente ponderato C (L_{Ceq}) misurato sul luogo di lavoro secondo la relazione:

$$L'_{Aeq} = L_{Ceq} - \text{SNR}$$

e confrontarlo con il livello di azione L_{act} per valutare l'idoneità dell'otoprotettore.

3.5 Il metodo “SNR corretto”

Poiché spesso non si dispone del livello equivalente pesato secondo la curva C (L_{Ceq}), bensì solo di quello pesato secondo la curva A (L_{Aeq}), una raccomandazione OSHA consiglia, utilizzando quest’ultimo valore, di diminuire di 7 dB il valore di SNR; la formula precedente diventa allora:

$$L'_{Aeq} = L_{Aeq} - (SNR - 7)$$

e si confronta L'_{Aeq} con il livello di azione L_{act} per valutare l’idoneità dell’otoprotettore.

3.6 Confronto tra la curva di pesatura A e la curva di pesatura C

Riportiamo di seguito i valori dei coefficienti di pesatura da aggiungere al rumore misurato in dB(Lin) per ottenere i valori pesati secondo la curva A (L_A) e la curva C (L_C), dove:

f rappresenta la frequenza centrale di banda d’ottava dello spettro compreso tra 125 e 8000 Hz;

A_f è la ponderazione in frequenza della curva A in dB nella banda d’ottava f ;

C_f è la ponderazione in frequenza della curva C in dB nella banda d’ottava f ;

f (Hz)	125	250	500	1k	2k	4k	8k
A_f (dB)	- 16,1	- 8,6	- 3,2	0	1,2	1	- 1,1
C_f (dB)	- 0,2	0,0	0	0	- 0,2	- 0,8	- 3,0

Dalla tabella si evince come la curva A attenui fortemente il rumore alle basse frequenze, mentre la curva C si discosta molto poco dalla misura lineare, e solo per le alte frequenze.

3.7 Esempio di applicazione dei metodi di calcolo

Prendiamo una postazione di lavoro in un ambiente rumoroso la cui analisi in frequenza eseguita con un fonometro integratore dotato di pacco filtri a bande d’ottava ha dato i seguenti risultati:

f (Hz)	125	250	500	1k	2k	4k	8k
L_f (dB)	84	86	88	97	99	97	96

Applicando i coefficienti di pesatura della curva A e della curva C, e sommando logaritmicamente i contributi delle singole frequenze, otteniamo:

- livello equivalente globale ponderato A $L_{Aeq} = 104$ dB(A)
- livello equivalente globale ponderato C $L_{Ceq} = 103$ dB(C)
- $L_{Ceq} - L_{Aeq} = - 1$ dB

Secondo l’articolo 43 del **D.Lgs.277/91**, vi è l’obbligo di far utilizzare al lavoratore addetto alla postazione di lavoro in cui è stato effettuato il rilievo un mezzo individuale di protezione dell’udito. Scelto un protettore auricolare che si ritiene possa essere adeguato, questi sono i dati riportati nella scheda tecnica fornita dal produttore del DPI:

f (Hz)	125	250	500	1k	2k	4k	8k
APV_f (dB)	7,0	11,4	15,7	19,4	24,4	32,6	29,7

H (dB)	25
M (dB)	19
L (dB)	13

SNR (dB)	21
----------	----

Nota bene: i valori **HML** e **SNR** sono calcolati dal costruttore a partire dai valori in banda d’ottava, in conformità alla norma **ISO 4869-2**, e non sono ottenuti dalla semplice somma energetica dei valori di APV_f alle varie frequenze; da quest’ultima avremmo infatti ottenuto una attenuazione complessiva pari a 35 dB.

a) Metodo per bande d'ottava

Fase 1: calcolo di L'_{Aeq}

Frequenza in Hz	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Livelli di pressione misurati in dB (riga 1)	84,0	86,0	88,0	97,0	99,0	97,0	96,0
Ponderazione A in dB (riga 2)	- 16,1	- 8,6	- 3,2	0	+ 1,2	+ 1	- 1,1
Sommare la riga 2 alla riga 1 (riga 3)	66,9	77,4	84,8	97	100,2	98	94,9
Valori APV del protettore (riga 4)	7,0	11,4	15,7	19,4	24,4	32,6	29,7
Sottrarre la riga 4 dalla 3 e dividere per 10	6,09	6,6	6,91	7,76	7,58	6,54	6,52

$$L'_{Aeq} = 10 \log (10^{6,09} + 10^{6,6} + 10^{6,91} + 10^{7,76} + 10^{7,58} + 10^{6,54} + 10^{6,52}) = 81 \text{ dB(A)}$$

Fase 2: valutazione

Assumendo come livello di azione $L_{act} = 85 \text{ dB(A)}$ il valore di L'_{Aeq} trovato è da considerare, secondo la **EN 458**, “accettabile” ($L_{act} - 5 < L'_{Aeq} \leq L_{act}$);

Si può quindi ritenere adeguato il protettore auricolare; in caso di iperprotezione (se cioè avessimo trovato un valore di $L'_{Aeq} < 70 \text{ dB(A)}$) o di protezione insufficiente ($L'_{Aeq} > 85 \text{ dB(A)}$) avremmo dovuto prendere un altro protettore auricolare e ripetere la procedura. È importante notare che la valutazione dell'attenuazione acustica del protettore non dipende tanto dalla sua attenuazione complessiva ma dall'andamento in frequenza dell'attenuazione rispetto a quello del rumore sul luogo di lavoro. Nell'esempio in questione, il rumore ambientale ha un andamento in frequenza crescente, con un massimo intorno a 2 kHz; analogo è l'andamento dell'attenuazione del protettore acustico in esame, per cui l'efficacia del dispositivo per questo tipo di sorgente è molto buona. Sarebbe facile ripetere l'esempio con lo stesso protettore ed un altro tipo di rumore, a contenuto spettrale massimo nella regione medio-bassa di frequenze, per dimostrare facilmente che il livello sonoro effettivo, L'_{Aeq} , sarebbe maggiore e potrebbe non rientrare più nei limiti di accettabilità. Fortunatamente, per questo tipo di sorgenti esistono oggi in commercio delle cuffie con una eccellente attenuazione nelle basse e medie frequenze, utilizzate ad esempio per gli elicotteristi, nelle sale motori, nelle sale generatori.

b) Metodo HML

Fase 1: calcolo della differenza $L_{Ceq} - L_{Aeq}$;

$$L_{Ceq} - L_{Aeq} = 103 - 104 = - 1 \text{ dB}$$

Fase 2: calcolo del PNR (Predicted Noise Reduction)

$$PNR = M - \frac{H - M}{4} (L_{Ceq} - L_{Aeq} - 2) = 19 - \frac{25 - 19}{4} (-1 - 2) = 19 + 4,5 = 23,5 \text{ dB}$$

arrotondiamo PNR a 24 dB

Fase 3: calcolo di L'_{Aeq}

$$L'_{Aeq} = L_{Aeq} - PNR = 104 - 24 = 80 \text{ dB(A)}$$

Fase 4: valutazione

Assumendo come livello di azione $L_{act} = 85 \text{ dB(A)}$ il valore di L'_{Aeq} trovato è da considerare, secondo la **EN 458**, “accettabile” ($L_{act} - 5 < L'_{Aeq} \leq L_{act}$), tenuto conto dell'approssimazione in eccesso del PNR;

c) Controllo HML

Fase 1: identificazione della classe di rumore

Identifichiamo il tipo di rumore come appartenente alla classe HM ($L_{Ceq} - L_{Aeq} \leq 5 \text{ dB}$); passiamo quindi direttamente alla Fase 3.

Fase 3: calcolo di L'_{Aeq} sulle medie frequenze

$$L'_{Aeq} = L_{Aeq} - M = 104 - 19 = 85 \text{ dB(A)}$$

L'_{Aeq} è uguale a L_{act} , al limite della sufficienza, per precauzione passiamo alla verifica della Fase 4.

Fase 4: calcolo di L'_{Aeq} sulle alte frequenze.

$$L'_{Aeq} = L_{Aeq} - H = 104 - 25 = 79 \text{ dB(A)}$$

Essendo $L'_{Aeq} < L_{act}$ il DPI può essere appropriato, però occorre acquisire altre informazioni sul rumore ed utilizzare uno degli altri metodi.

d) Metodo SNR

Fase 1: calcolo di L'_{Aeq}

$$L'_{Aeq} = L_{Ceq} - SNR = 103 - 21 = 82 \text{ dB(A)}$$

Fase 2: valutazione

Assumendo come livello di azione $L_{act} = 85 \text{ dB(A)}$ il valore di L'_{Aeq} trovato è da considerare, secondo la EN 458, “accettabile” ($L_{act} - 5 < L'_{Aeq} < L_{act}$);

e) Metodo “SNR corretto”

Fase 1: calcolo di L'_{Aeq}

$$L'_{Aeq} = L_{Aeq} - (SNR - 7) = 104 - 14 = 90 \text{ dB(A)}$$

Fase 2: valutazione

Assumendo come livello di azione $L_{act} = 85 \text{ dB(A)}$ il valore di L'_{Aeq} trovato è da considerare, secondo la EN 458, “insufficiente” ($L'_{Aeq} > L_{act}$);

3.8 Considerazioni finali

Dagli esempi di calcolo si evince che, cambiando metodo, il medesimo protettore può risultare a volte adatto ed a volte inadatto ad ottenere la protezione desiderata: questo fatto non deve stupire più di tanto, poiché più si semplifica il metodo di valutazioni più pesano le approssimazioni; è pertanto opportuno applicare quando più possibile il metodo per bande d'ottava, che è il più rigoroso.

A margine si raccomanda, in fase di effettuazione delle misure di rumorosità negli ambienti di lavoro, di far rilevare oltre al valore di livello equivalente pesato A del rumore anche il livello equivalente pesato C; con i moderni fonometri integratori di classe 1, che dispongono di entrambe le curve di ponderazione, ciò non comporta assolutamente maggior esborso in termini di tempo e di denaro, in quanto i livelli L_{Ceq} e L_{Aeq} vengono memorizzati in contemporanea dallo strumento e possono essere visualizzati in rapida successione da chi effettua le misure.

SEZIONE 4

Rumore impulsivo

4.1 Calcolo della protezione fornita dall'otoprotettore nel caso di rumore impulsivo

Il livello di picco L_{picco} che, secondo il D.Lgs.277/91, si rileva con costante di tempo “Peak” inferiore a 100 μ s e ponderazione in frequenza lineare “Lin”, va determinato insieme ai livelli massimi ($L_{fast,max}$) ponderati C e A con costante di tempo “Fast” (125 ms). Qualora la differenza tra i livelli $L_{Cfast,max}$ e $L_{Afast,max}$ rilevati risulta inferiore a 5 dB, si può dedurre che il rumore è composto prevalentemente da frequenze medio-alte, e il livello di picco effettivo di esposizione L'_{picco} si calcola tramite la relazione:

$$L'_{picco} = L_{picco} - M \quad \text{dB(Lin)}$$

dove M è l'attenuazione alle medie frequenze del dispositivo di protezione auricolare fornito dal costruttore.

Se la differenza tra i livelli $L_{Cfast,max}$ e $L_{Afast,max}$ rilevati risulta superiore a 5 dB, il rumore impulsivo è composto prevalentemente da frequenze basse come quelle generate da armi di grosso calibro e da cariche esplosive; per questi rumori non esiste attualmente, secondo la norma EN 458, un metodo affidabile per la valutazione delle caratteristiche di attenuazione sonora.

Le ricerche attuali suggeriscono comunque che sia le cuffie sia gli inserti auricolari o una loro combinazione, possano dare una protezione sufficiente.

4.2 Livelli di picco per alcune sorgenti di rumore impulsive

Sorgente sonora	L_{picco} (dB)	$L_{Cfast,max} - L_{Afast,max}$ (dB)
Fuochi d'artificio	168	1
fucile automatico	160	1
Pistola	160	0
Pistola a salve	159	-1
Pistola chiodatrice	159	-1
Dispositivo di raddrizzatura	152	-1
Maglio per fucinatura pesante	144	-1