

SCelta DEI DPI UDITIVI

SEZIONE 1

Criteria 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

L'attenuazione ottimale fornita dai dispositivi di protezione auricolare è misurata in laboratorio secondo una procedura di prova illustrata nella UNI EN 24869-1. Sulla base di tali dati vengono calcolati diversi descrittori di attenuazione, con i metodi indicati nella UNI EN ISO 4869-2. L'appendice A della UNI EN 458 consente l'utilizzo di quattro metodi di calcolo per valutare l'attenuazione ottimale fornita dai protettori auricolari: metodo per banda di ottava (OBM), metodo HML, controllo HML, metodo SNR. Si raccomanda, quando possibile, di utilizzare il metodo per banda di ottava, in quanto fornisce un risultato di maggior affidabilità; si raccomanda di evitare il metodo di controllo HML, dato che esso risulta basato su valori di ingresso soggettivi (la classe di rumore) ed è anche l'unico che può portare ad un risultato "indeterminato".

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. 81/08 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

L'uso dei "dispositivi di protezione individuale dell'udito" è regolato in primo luogo dall'articolo 193 comma 1.a del D.Lgs. 81/08, che ne stabilisce l'obbligo di messa a disposizione per livelli di esposizione quotidiana al rumore superiori ai valori inferiori di azione (80 dB(A) di L_{EX} e/o 135 dB(C) di L_{Cpicco}) e l'obbligo del Datore di Lavoro di esigere che i lavoratori utilizzano i dispositivi di protezione individuale per livelli superiori ai valori superiori di azione (85 dB(A) di L_{EX} e/o 137

dB(C) di L_{Cpicco}). Oltre che essere adatti al singolo lavoratore, i DPI uditivi devono risultare adeguati alle condizioni di lavoro.

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.

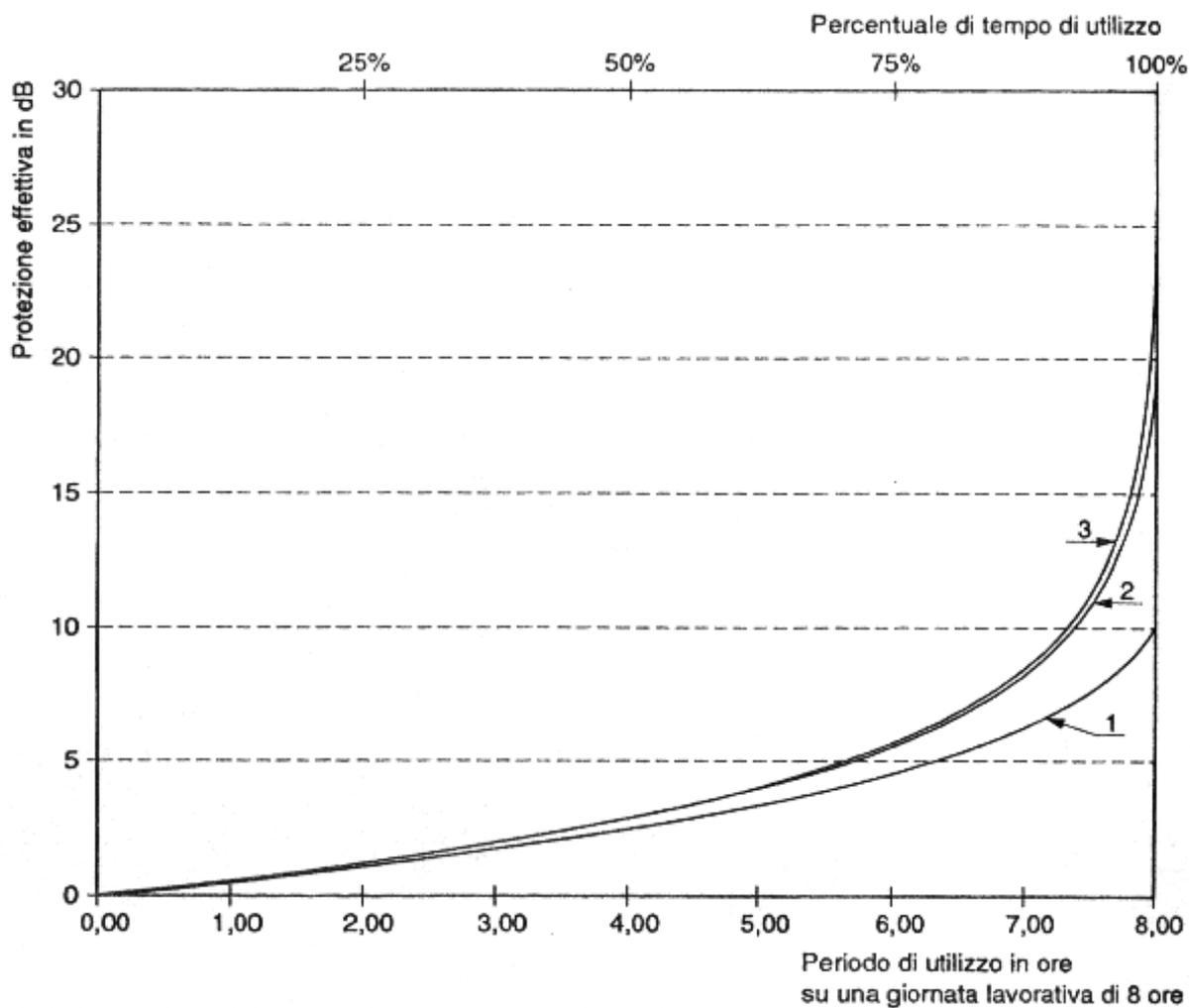
Per quanto riguarda l'udibilità di messaggi verbali e/o di avvertimento e di allarme, regolati da una specifica norma, la UNI EN ISO 7731:2006, sono preferibili DPI con attenuazione uniforme in tutto lo spettro di frequenza. Esistono oggi in commercio cuffie elettroniche ad attenuazione controllata, 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

Conosciuta l'attenuazione (ottimale o reale) di un determinato dispositivo di protezione auricolare, si calcola, seguendo il procedimento indicato dalla UNI EN ISO 4869-2, il livello sonoro continuo equivalente di un lavoratore che svolge una determinata attività facendo uso di tale dispositivo di protezione auricolare.

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 CEI EN 61672 e CEI EN 61260/ 97. 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 $L_{Ceq} - L_{Aeq} \leq 5 \text{ dB}$, per i rumori di classe L risulta essere $L_{Ceq} - L_{Aeq} > 5 \text{ dB}$. 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 $L'_{Aeq} \leq L_{act}$ 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 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 $L'_{Aeq} \leq L_{act}$ 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 $L_{Ceq} - L_{Aeq} \leq 5$ 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
Pieghatrici/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, $L_{Ceq} - L_{Aeq} > 5$ 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:

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

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

3.5 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.

3.6 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 il **D.Lgs. 81/08**, 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 un'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” ($L_{act} - 5 < L'_{Aeq} < L_{act}$);

3.7 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

Per quanto riguarda il livello sonoro di picco, si utilizza il metodo illustrato nell'appendice B della UNI EN 458:2005. Questo metodo richiede che il rumore sia classificato come tipo 1, 2 o 3 sulla base delle frequenze dominanti che lo caratterizzano. A seguito della classificazione, si ottiene l'attenuazione d_m fornita dal dispositivo di protezione auricolare, utilizzando i valori di attenuazione H, M e L, riportati nella nota informativa predisposta dal fabbricante. Ciò consente il calcolo del livello sonoro di picco tenendo conto del dispositivo di protezione auricolare. I calcoli dell'attenuazione dei dispositivi di protezione auricolare devono essere effettuati in tutte quelle condizioni nelle quali il datore di lavoro deve fornire i dispositivi stessi ai lavoratori, ovvero quando i livelli di esposizione eccedono i valori inferiori di azione.

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