

UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

# Insegnamento di Igiene del lavoro – rumore

*Dott. Andrea Martinelli*

*Dipartimento di Scienze Cardio-Toraco-Vascolari  
e Sanità Pubblica*



- **SUONO:** oscillazione di compressione e rarefazione generata da un corpo solido vibrante che si trasmette in un mezzo elastico come l'aria
- **RUMORE:** suono che appare sgradevole all'orecchio umano per la combinazione non armonica delle varie frequenze presenti



Le onde si propagano tutte a partire dalla stessa sorgente, man mano che si allontanano dalla sorgente perdono di intensità

Da un punto di vista fisico il suono è descritto da:





- Frequenza ( $f$ ): numero di oscillazioni di un'onda in un secondo e si misura in Hertz ( $1 \text{ Hz} = 1 \text{ vibrazione/sec}$ ); è responsabile della tonalità del suono (acuto o grave);
- Periodo ( $T$ ): tempo in cui l'oscillazione avviene completamente;
- Lunghezza d'onda ( $\lambda$ ): spazio percorso dall'onda in un periodo; all' $\uparrow \lambda \downarrow f$ ;
- Intensità sonora: ampiezza dell'oscillazione (suono forte o debole) che determina l'energia dell'onda sonora e si misura in decibel (dB).



L'ampiezza si può misurare come potenza (P) o pressione (p):

P si esprime in watt/cm<sup>2</sup>

p si esprime in  $\mu$ Pascal ( $10^{-6}$  Pa dove Pa = Newton/m<sup>2</sup>)

Tali misure non si adattano però a misurare la sensazione acustica



Per avere misure fisiche in relazione alla sensazione sonora è stata introdotta la grandezza **decibel** (dB) legata al livello di soglia dell'orecchio umano da una relazione logaritmica:

$$\text{dB} = 10 \text{ Log } p^2/p_0^2$$

dove  $p$ : pressione misurata

$p_0$ : pressione di riferimento a 1000 Hz (20  $\mu\text{Pa}$ )



$$L \text{ (dB)} = 10 \log p^2/p_0^2$$

(si conosce il livello, non la pressione: necessario estrapolare  $p^2/p_0^2$ )



$$\log p^2/p_0^2 = L / 10$$



$$\log_{10} p^2/p_0^2 = L/10$$
$$\log_{10} a = b \rightarrow 10^b = a$$



$$10^{L/10} = p^2/p_0^2$$

**Di fatto le operazioni si effettuano su  $10^{L/10}$**



# Operazioni con L: esempi

2 macchine di uguale rumorosità

$$L_1 = 10 \log p^2/p_0^2$$

$$L_2 = 10 \log p^2/p_0^2$$



$$L_{1+2} = 10 \log 2 \cdot p^2/p_0^2$$



$$L_{1+2} = 10 \log 2 + 10 \log p^2/p_0^2$$

(logaritmo di un prodotto = somma dei logaritmi)



$$L_{1+2} = 3 + L_1$$

*Scala dei 3 dB*

1 macchina	80 dB
2 macchine	83 dB
4 macchine	86 dB
8 macchine	89 dB
16 macchine	92 dB





# Operazioni con L: esempi

10 macchine di uguale rumorosità

$$L_1 = 10 \log p^2/p_0^2 \quad L_2 = 10 \log p^2/p_0^2 \quad \dots \quad L_{10} = 10 \log p^2/p_0^2$$



$$L_{1+2+\dots+10} = 10 \log 10 \cdot p^2/p_0^2$$



$$L_{1+2} = 10 \log 10 + 10 \log p^2/p_0^2$$

(logaritmo di un prodotto = somma dei logaritmi)



$$L_{1+2\dots10} = 10 + L_1$$

*Scala dei 10 dB*

1 macchina	80 dB
10 macchine	90 dB
100 macchine	100 dB
1000 macchine	110 dB



# Operazioni con L: esempi

3 macchine di rumorosità diversa

$$80 \text{ dB} = 10 \log p^2/p_0^2 \quad 90 \text{ dB} = 10 \log p^2/p_0^2 \quad 100 \text{ dB} = 10 \log p^2/p_0^2$$



$$L_{\text{tot}} = 10 \log (p^2/p_0^2)_{\text{tot}}$$



$$(p^2/p_0^2)_{\text{tot}} = \sum p_i^2/p_0^2 = \sum 10^{L_i/10} = 10^8 + 10^9 + 10^{10}$$



$$L_{\text{tot}} = 10 \log (10^8 + 10^9 + 10^{10}) = \mathbf{100,5 \text{ dB}}$$



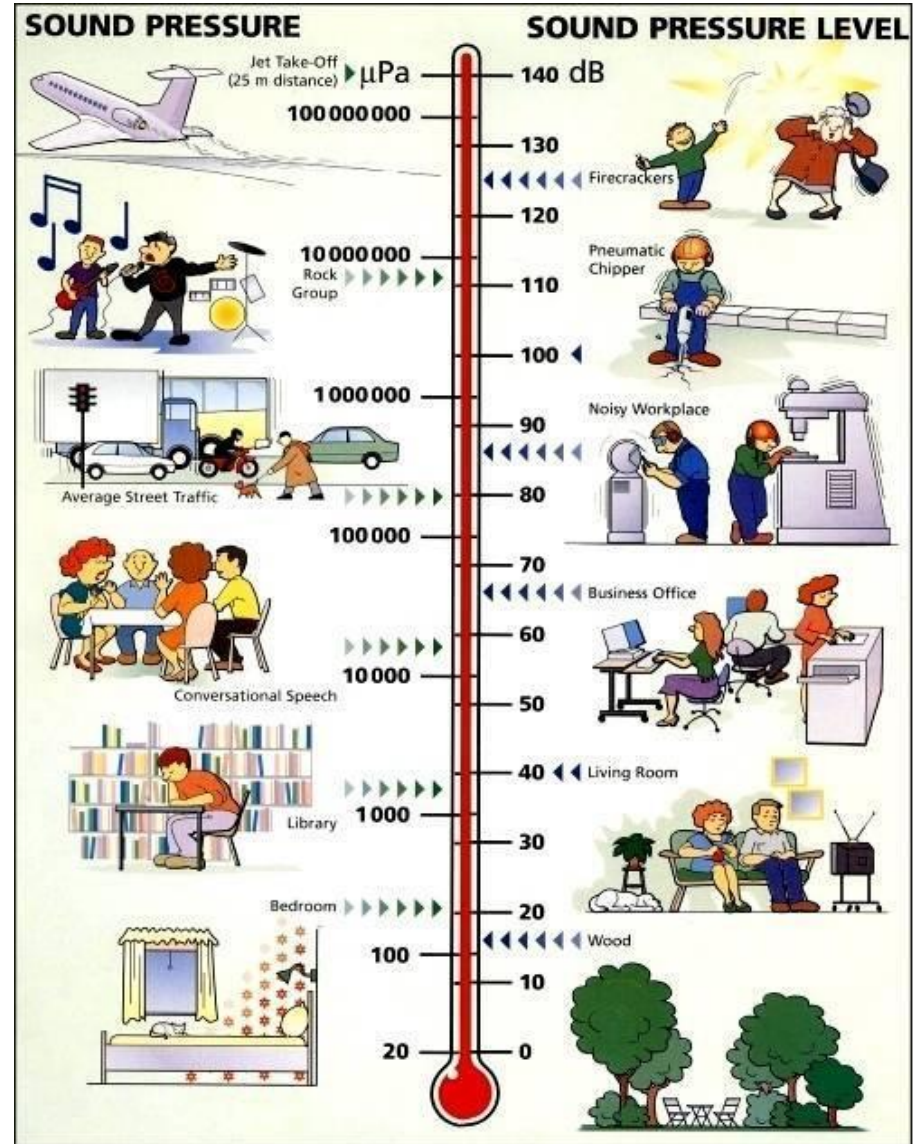
## ORECCHIO UMANO

Sensibilità dell'orecchio umano è diversa a seconda delle frequenze; migliore alle alte frequenze (suoni acuti 1000-5000 Hz) rispetto alle basse frequenze (suoni gravi fino a 500 Hz)

Estremi intervalli di udibilità: 20 Hz – 20000 Hz

< 20 Hz: infrasuoni

> 20000 Hz: ultrasuoni





## IMPULSIVO

Caratterizzato da livelli sonori di durata brevissima (caratterizzati da rapida variazione di livello superiore a 40 dB in 0.5 s), ma dotati di una elevata energia sonora (ampiezza dell'onda).





## IMPULSIVO RIPETITIVO

(presse, trince)

rispetto ai precedenti hanno minore energia sonora ma un maggior numero di impulsi per unità di tempo (maggior frequenza).







## SEMICONTINUO

(martelli e scalpelli pneumatici)

Sono caratterizzati da un rumore di fondo continuo sul quale si inseriscono dei picchi, la cui intensità non supera di 20 dB il rumore di fondo.





## STAZIONARIO

Livello sonoro quasi costante, oscilla attorno al valore medio di  $\pm 5$  dB, in 0.5 secondi; può essere continuo o interrotto da pause di relativo silenzio.







## SENSIBILITA' INDIVIDUALE:

- ETA': riduzione progressiva
- SESSO: donne effetti minori
- ESPOSIZIONE EXTRALAVORATIVA: ambiente di vita
- MALATTIE DELL'ORECCHIO MEDIO: otiti
- FUMO: probabili alter. cardiovascolari
- IPERTENSIONE E CARDIOPATIE
- IPERLIPOPROTEINEMIE



**APPARATO Uditivo:** effetti a seconda dell'intensità e dell'esposizione professionale.

Un'esposizione prolungata a rumore *continuo* fino a 80 dBA per 8 ore al giorno e per molti anni non provoca nella maggior parte degli esposti alcun danno a carico dell'apparato uditivo.



SPOSTAMENTO TEMPORANEO DELLA SOGLIA Uditiva

IPOACUSIA DA TRAUMA ACUSTICO ACUTO

IPOACUSIA DA TRAUMA ACUSTICO CRONICO (ipoacusia da rumore)



## EFFETTI EXTRAUDITIVI DEL RUMORE

- Azione vasocostrittrice del rumore con aumento della pressione arteriosa e della frequenza cardiaca.
- Aumento della frequenza del respiro,
- Alterazioni della secrezione e della motilità gastrica
- Alterazioni dei livelli di alcuni ormoni
- Alterazioni metaboliche della secrezione e della motilità gastrica
- Effetti neuropsichici: alterazioni del ritmo circadiano con disturbi del sonno; allungamento dei tempi di reazione con aumentato numero di errori durante il lavoro



## ***EFFETTI DISTURBANTI DEL RUMORE***

⇒ per esposizioni a rumore negli ambienti di vita

- interferenze sulla comunicazione verbale e apprendimento (lettura, ascolto radio-TV)
- interferenza con sonno e riposo
- effetti psicofisiologici sulla salute mentale e sulle prestazioni
- "ANNOYANCE": disturbo o fastidio cioè sentimento di scontentezza riferito al rumore che l'individuo sa o crede che possa agire su di lui in modo negativo



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

# VALUTAZIONE DEL RISCHIO IN AMBIENTE DI LAVORO



# VALUTAZIONE DEL RISCHIO IN AMBIENTE DI LAVORO

**INAIL**  
ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE  
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

Cerca nel portale

ISTITUTO   ATTIVITÀ   COMUNICAZIONE   ATTI E DOCUMENTI   SERVIZI PER TE   SUPPORTO   ACCEDI AI SERVIZI ONLINE

[Home](#) > [Comunicazione](#) > [Pubblicazioni](#) > [Catalogo Generale](#)


- > Covid-19: misure adottate dall'Istituto
- > Covid-19: prodotti informativi
- > Avvisi e scadenze
- > News ed eventi
- > Sala Stampa
- > Campagne
- > Pubblicazioni
  - > **Catalogo Generale**
    - > Come acquisire una pubblicazione
  - > Dossier e Speciali
  - > Prodotti interattivi
  - > Rapporti e relazioni Inail
  - > Quaderni di ricerca
  - > Pubblicazioni del CIV
  - > Dati Inail
  - > Rivista Infortuni
  - > Bollettino trimestrale

## La valutazione del rischio rumore


*Fine della pubblicazione e raccogliere elementi essenziali inerenti la valutazione e la gestione dei rischi dovuti all'esposizione all'agente fisico rumore, con l'obiettivo di aggregare, in un contesto operativo, una serie di informazioni utili agli attori del sistema di sicurezza aziendale: Datori di lavoro e RSPP (Responsabili del Servizio Prevenzione e Protezione) in primis.*

Nel manuale sono affrontate problematiche che vanno dall'esame delle strategie di misura del rumore, al calcolo delle incertezze di misura, alla verifica dei DPI (Dispositivi di Protezione Individuale) uditivi, proponendo un taglio operativo mediante il corrente riferimento a casi-studio.

Prodotto: Volume  
Edizioni Inail - 2015  
Disponibilità: SI - consultabile anche in rete  
Info: [dcplanificazione-comunicazione@inail.it](mailto:dcplanificazione-comunicazione@inail.it)


 [> La valutazione del rischio rumore](#)  
(.pdf - 8 mb)

Ultimo aggiornamento: 06/10/2015



LA VALUTAZIONE  
DEL RISCHIO RUMORE

Marzo 2015



<https://www.inail.it/cs/internet/comunicazione/pubblicazioni/catalogo-generale/la-valutazione-del-rischio-rumore.html>









## Norme tecniche di riferimento

1. **Norma UNI 9432:2011:** Acustica - Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell'ambiente di lavoro
2. **Norma UNI EN ISO 9612:2011:** Acustica - Determinazione dell'esposizione al rumore negli ambienti di lavoro - Metodo tecnico progettuale
3. **Norma UNI 11347:2015:** Acustica - Programmi aziendali di riduzione dell'esposizione a rumore nei luoghi di lavoro



## Norma 9432:2011

Acustica - Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell'ambiente di lavoro

### Struttura:

1. Scopo e campo di applicazione
2. Riferimenti normativi
3. Termini e definizioni
4. Strumentazione
5. Misurazione dei livelli sonori
6. Relazione tecnica

### Appendici

- Appendice A – Esposizione al rumore a lungo termine
- Appendice B – Valutazione dell'incertezza sul livello di esposizione a lungo termine e sul livello sonoro di picco
- Appendice C – Valutazione dei DPI uditivi
- Appendice E – Confronto con i valori di legge



## Norma 9612:2011

Acustica - Determinazione dell'esposizione al rumore negli ambienti di lavoro - Metodo tecnico progettuale

Strategie per la misurazione dell'esposizione a rumore:

1. Misurazione basate sui compiti: il lavoro svolto durante la giornata è analizzato e suddiviso in un numero di compiti determinati rappresentativi, per ogni determinato compito si eseguono separatamente le misure di livello di pressione sonora;
2. Misurazione basate sulle mansioni: mediante campionatura casuale si ottengono delle misure di livello di pressione sonora durante l'esecuzione di determinate mansioni;
3. Misurazioni a giornata intera: il livello di pressione sonora è misurato continuativamente nell'arco completo di una o più giornate lavorative.



# Norma 9612:2011

## Acustica - Determinazione dell'esposizione al rumore negli ambienti di lavoro - Metodo tecnico progettuale

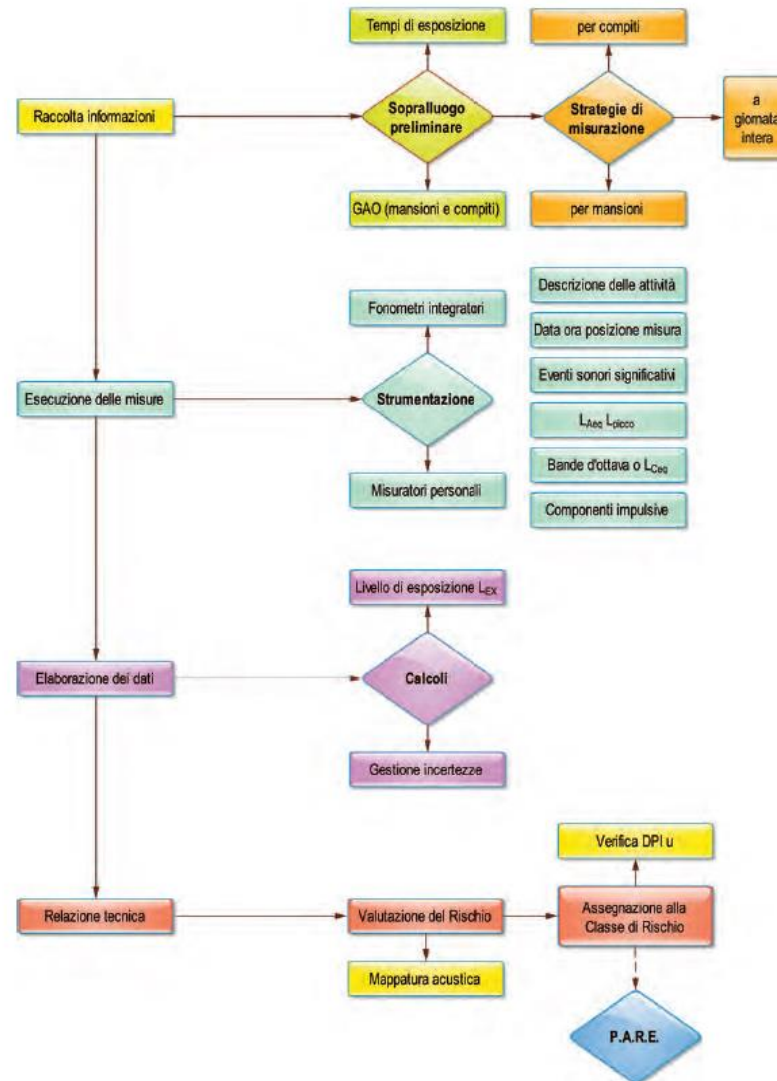
1. **misurazioni basate su attività (compiti):** il lavoro svolto durante la giornata è analizzato e suddiviso in un numero di *compiti* rappresentativi; per ogni determinato compito si eseguono separatamente le misure di livello di pressione sonora;
2. **misurazioni basate sulle mansioni:** mediante *campionatura casuale* si ottengono delle misure di livello di pressione sonora durante l'esecuzione di determinate mansioni;
3. **misurazioni a giornata intera:** il livello di pressione sonora è misurato *continuativamente* sull'arco completo di una o più giornate lavorative.

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



# Valutazione del rischio - Norma 9612:2011





# VdR – procedura generale

1. Fase preliminare: informazioni relative al ciclo produttivo, materie prime utilizzate, macchinari e utensili; risultati di precedenti valutazioni; individuazione dei possibili lavoratori esposti; disponibilità di sistemi di prevenzione collettiva e individuale.
2. Sopralluogo: riscontro diretto sul campo delle informazioni acquisite nella fase preliminare
3. Valutazione dettagliata: può avvenire sia in modalità qualitativa o semi quantitativa che in modalità quantitativa



## ORGANIZZAZIONE DEL LAVORO:

- *DESCRIZIONE DELL'ATTIVITA' DELL'AZIENDA*: ciclo produttivo
- *INDIVIDUAZIONE POSTAZIONI DI LAVORO MEDIANTE OPPORTUNA PLANIMETRIA*: lay out macchine, attrezzature di lavoro e luoghi dove vengono svolte attività lavorative



## ORGANIZZAZIONE DEL LAVORO:

- *MODALITA' DI ESPOSIZIONE*: procedure di lavoro, descrizione della giornata di lavoro più rappresentativa o gruppo di lavoratori che svolgono la stessa mansione
- *TEMPI DI LAVORO*: per ogni addetto o gruppo omogeneo di lavoratori devono essere descritti i tempi di permanenza in ciascun posto di lavoro, la mobilità all'interno dell'azienda comprese pause di lavoro e luogo dove vengono soddisfatte.





## Tempi di lavoro:

I tempi di lavoro possono essere determinati mediante:

- interviste ai lavoratori e al supervisore o preposto per la sicurezza
- osservando e misurando durate temporali durante le misurazioni del rumore;
- raccogliendo le informazioni in merito alle tipiche fonti di rumore (per esempio processi lavorativi, macchine, attività sul luogo di lavoro e nei dintorni).



## MISURE:

- *STRUMENTAZIONE*: fonometro o dosimetro
- *PLANIMETRIA*: posizione macchine e misure
- *MODALITA' DI ESPOSIZIONE*: procedure di lavoro





La misurazione viene fatta in **dB(A)**, che esprime il reale livello di rumore percepito dall'orecchio umano e che è in grado di determinare disturbo e/o danno e si effettua con:

- 1. Fonometro** (media ponderata nel tempo delle singoli compiti o mansioni che il lavoratore svolge nel suo turno lavorativo ponderata sulle 8 ore)
- 2. Dosimetro** (misura per le 8 ore o del turno lavorativo).

che misurano il rumore in **livello equivalente**, che rappresenta il livello in dB(A) di un rumore stabile e continuo che abbia lo stesso contenuto energetico dei rumori di varia intensità e caratteristiche che si verificano nel tempo di misura.



Per una misura ottimale è necessario:

1. Controllare che lo strumento sia conforme agli standard internazionali
2. Effettuare la calibrazione prima e dopo ogni serie di misure
3. Stabilire il tipo di rumore
4. Escludere la presenza di abnormi condizioni ambientali (temperatura, umidità, ventilazione)



## Elaborazione dati:

- esposizione quotidiana personale di un lavoratore al rumore, esposizione personale quotidiana di un lavoratore o gruppo omogeneo al rumore espressa in dB(A) misurata, calcolata e riferita a 8 ore giornaliere.
- esposizione settimanale professionale di un lavoratore o gruppo omogeneo al rumore: la media settimanale di valori quotidiani in  $L_{eq}$  valutata sui giorni lavorativi della settimana.



## INTERAZIONE TRA RUMORE E SOSTANZE OTOTOSSICHE

Da diversi studi, risulta che alcune sostanze presentano un effetto sinergico con il rumore nell'accrescere la probabilità di danno uditivo sulla persona esposta.

Le sostanze ototossiche vengono, generalmente, classificate in occupazionali e non occupazionali.

Le sostanze ototossiche **non occupazionali** sono costituite essenzialmente da farmaci: tra le classi farmacologiche maggiormente interessate, la principale è quella degli antibiotici e oltre ad alcuni diuretici, i salicilati, gli antineoplastici e gli antimalarici.

Altri fenomeni di ototossicità, in ambito non professionale, appaiono legati al fumo di sigaretta ed al consumo di alcool, anche se su questi ultimi si rileva ancora discordanza in letteratura.



# INTERAZIONE TRA RUMORE E SOSTANZE OTOTOSSICHE

Le sostanze **ototossiche professionali**, in letteratura, sono individuate sostanzialmente:

- nei solventi (toluene, xileni, etilbenzene, stirene, esano);
- nei metalli (piombo, mercurio, manganese);
- negli asfissianti (monossido di carbonio ed acido cianidrico).



## Legislazione italiana – D.Lgs 81/08

D.Lgs 81/08, Titolo VIII, Agenti Fisici, capi I e II:

- il datore di lavoro deve valutare l'esposizione professionale quotidiana personale di ogni singolo lavoratore  $\Rightarrow$  al calcolo di tale parametro si può pervenire attraverso la misura della rumorosità delle macchine e attrezzature presenti in azienda rapportate poi al tempo di permanenza del lavoratore sul posto di lavoro;
- i parametri da valutare sono il livello equivalente in dB(A) ed il livello di picco in dB(C);
- i provvedimenti preventivi vengono poi differenziati per classi di esposizione.





## Livelli di esposizione a rumore

D. Lgs 81/08, Titolo VIII, capo 2, art 188 definisce:

- Pressione acustica di picco (*p<sub>peak</sub>*): valore massimo della pressione acustica istantanea ***ponderata in frequenza C***.
- Livello di esposizione giornaliera a rumore **Lex, 8h dB(A)**: valore medio, ponderato in funzione del tempo, dei livelli di esposizione al rumore per una giornata lavorativa nominale di 8 ore.

$$L_{ex, 8h} = 10 \log \left[ \frac{\sum (10^{L_i/10} \times t_i)}{8} \right]$$

- Livello di esposizione settimanale a rumore.



## Livelli di esposizione a rumore

$p_{peak}$  rappresenta la pressione sonora massima istantanea a cui è soggetto il lavoratore durante lo svolgimento della mansione.

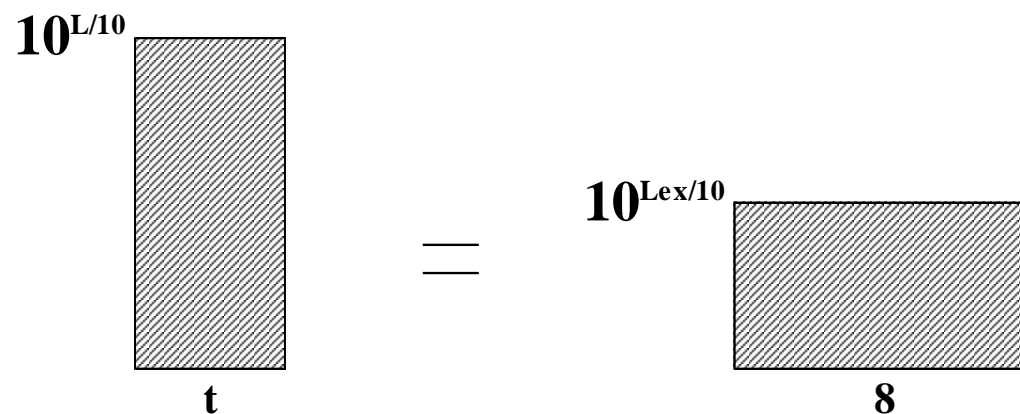
Raggiunge valori molto elevati ad esempio in un colpo di martello (130-140 dB(C))



## Livelli di esposizione giornaliero a rumore $L_{ex}$ , 8h dB(A)

Rischio è correlato alla dose (area del rettangolo).

Rischio uditivo è correlato quindi al **livello sonoro** e al **tempo di esposizione**.

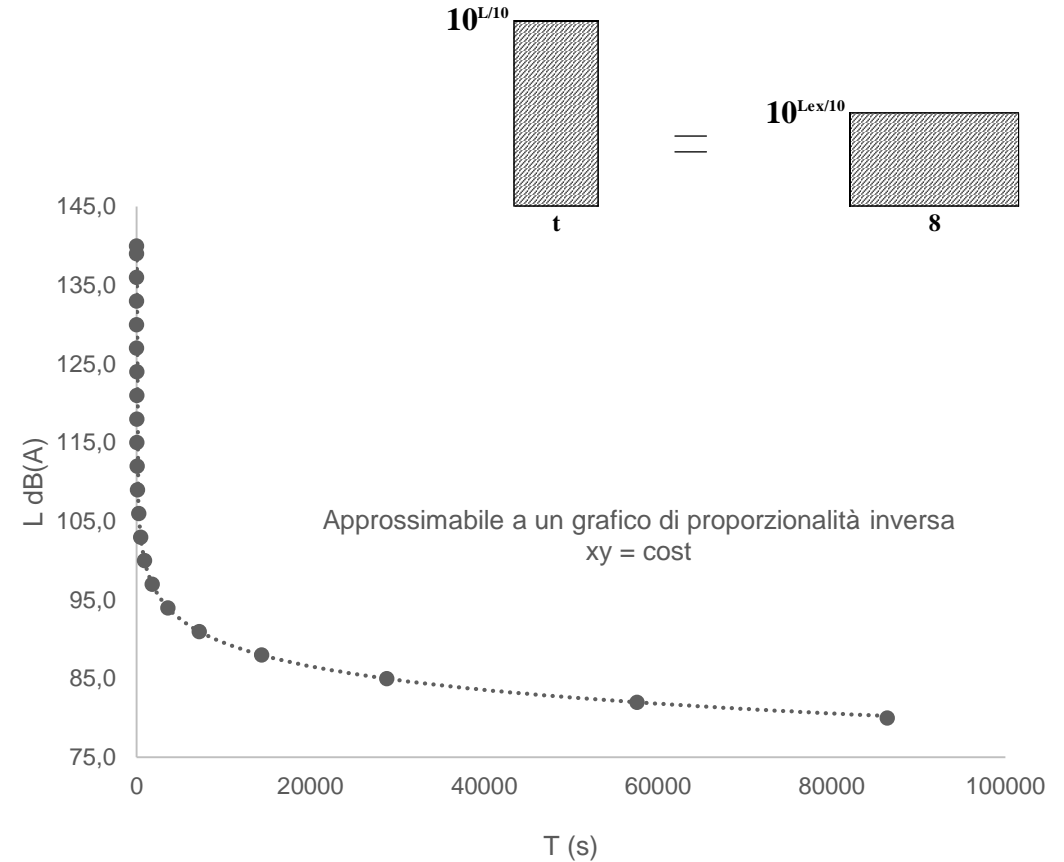


La dose complessiva viene spalmata su 8 ore standard sulla base del *Principio dell'uguale energia (stessa dose = stesso effetto)*

$$\text{Dose complessiva} / 8 = 10^{L_{ex}/10} \quad L_{ex} = 10 \log 10^{L_{ex}/10}$$



T exp	Leq in dB(A)	$10^{L_i/10} \times t_i$
0,08 s	140	9,E+12
0,11 s	139	9,E+12
0,22 s	136	9,E+12
0,44 s	133,0	9,E+12
0,88 s	130,0	9,E+12
1,76 s	127,0	9,E+12
3,52 s	124,0	9,E+12
7,04 s	121,0	9,E+12
14,08 s	118,0	9,E+12
28,16 s	115,0	9,E+12
0,94m	112,0	9,E+12
1,88m	109,0	9,E+12
3,75m	106,0	9,E+12
7,50m	103,0	9,E+12
15m	100,0	9,E+12
30m	97,0	9,E+12
1h	94,0	9,E+12
2h	91,0	9,E+12
4h	88,0	9,E+12
8h	<b>85,0</b>	9,E+12
16h	82,0	9,E+12
24h	<b>80,0</b>	9,E+12



Nota ACGIH: nessuna esposizione a rumore continuo, intermittente o impulsivo deve superare il livello di 140 dB(C)



## Livelli di esposizione giornaliero a rumore $L_{ex}$ , 8h dB(A) - esempio

Posizione	Leq in dB(A)	Durata in ore	Dose
A	82.5	3	$10^{8.25} \times 3$
B	85.1	2	$10^{8.51} \times 2$
C	80.7	1	$10^{8.07} \times 1$

Dose complessiva  
 $\Sigma (10^{L_i/10} \times t_i)$

$$L_{ex,medio} = 10 \log [\Sigma (10^{L_i/10} \times t_i) / 6] = 83,4 \text{ dB(A)}$$

$$L_{ex,8h} = 10 \log [\Sigma (10^{L_i/10} \times t_i) / 8] = 82,1 \text{ dB(A)}$$



## VALORI DI AZIONE E VALORE LIMITE

Art. 189 D.Lgs 81/08:

	$L_{ex, 8h}$ in dB(A)	L di picco in dB(C)
Valore inferiore di azione (VIA)	80	135 (ppeak 112Pa)
Valore superiore di azione (VSA)	85	137 (ppeak 140Pa)
Valore limite di esposizione (VLE)	87	140 (ppeak 200Pa)



Il D.Lgs 81/08 fissa 4 classi di rischio per l'esposizione a rumore:

RISCHIO	ESPOSIZIONE dB(A)	LIVELLO DI PICCO dB(C)	CL. RISCHIO
TRASCURABILE	$L_{EX} \leq 80$	$L_{picco} \leq 135$	0
BASSO	$80 < L_{EX} \leq 85$	$135 < L_{picco} \leq 137$	1
MEDIO	$85 < L_{EX} \leq 87$	$137 < L_{picco} \leq 140$	2
INACCETTABILE	$L_{EX} > 87$	$L_{picco} > 140$	3



Classe di rischio 0

$$L_{EX} \leq 80 \text{ dB(A)} \text{ e } p_{\text{peak}} \leq 135 \text{ dB(C)}$$

Il datore di lavoro prevede un'adeguata formazione ed informazione in relazione ai rischi provenienti dall'esposizione a rumore nei luoghi di lavoro.

Obbligo della valutazione del rischio: va fatta sempre,  
indipendentemente dalla classe di rischio!





## Classe di rischio 1

$$80 < L_{EX} \leq 85 \text{ dB(A)} \text{ e } 135 < p_{peak} \leq 137 \text{ dB(C)}$$

Il datore di lavoro:

- mette a disposizione dei lavoratori dispositivi individuali di protezione uditiva DPI-u (art. 193)
- forma sull'uso corretto delle attrezzature e dei dispositivi di protezione dell'udito (art. 184)
- consente l'esecuzione di test audiometrici su richiesta del lavoratore o qualora il medico competente lo ritenga opportuno (art. 196)
- garantisce che i lavoratori vengano informati e formati in relazione ai rischi provenienti dall'esposizione a rumore (art. 195)



## Classe di rischio 2

$$85 < L_{EX} \leq 87 \text{ dB(A)} \text{ e } 137 < p_{peak} \leq 140 \text{ dB(C)}$$

Il datore di lavoro:

- adottare metodi di lavoro che comportino minore esposizione a rumore (art. 192)
- informare e formare i lavoratori esposti a rumore sui rischi specifici dovuti a tale esposizione (art. 195)
- formare e addestrare sull'uso corretto di attrezzature e dei DPI-u (art. 184)
- esigere l'obbligo di utilizzo dei DPI-u da parte dei lavoratori esposti (art. 193)
- effettuare la sorveglianza sanitaria sui lavoratori esposti (art. 196)



## Classe di rischio 3 **$L_{EX} > 87 \text{ dB(A)}$ e $p_{peak} > 140 \text{ dB(C)}$**

Il datore di lavoro:

- adotta misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto di tali valori, individua le cause dell'esposizione anomala e modificare le misure di prevenzione e protezione per evitare che la situazione si ripeta (art.194).
- per il rispetto dei VLE tiene conto dell'attenuazione prodotta dai DPI-u che risultano adeguati solo se rispettano le prestazioni richieste dalle norme tecniche (art.193).

**RISPETTO DEI VLE A DPI-u INDOSSATI**



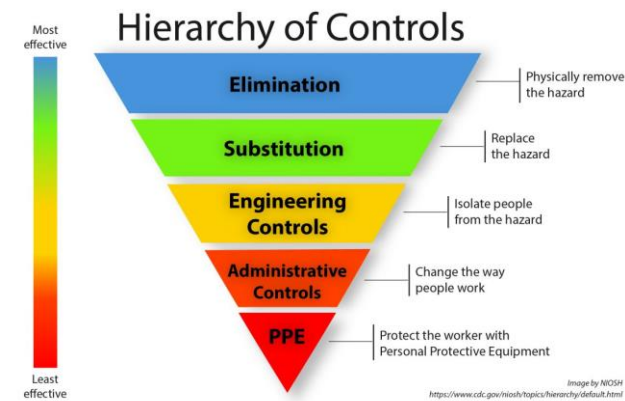
## **SORGENTI DI ESPOSIZIONE LAVORATIVE**

Settori lavorativi	N° aziende	% < 80 dB(A)	% 80 - 85 dB(A)	% 85 - 90 dB(A)	% > 90 dB(A)	% > 100 dB(A)
Metalmeccanico	4	27.5	35	27.5	9.2	0.8
Cemento	1	44.74	36.84	18.42	0	0
Nastri adesivi	1	2.27	27.27	43.19	27.27	0
Vetro	1	28.3	18.3	50	3.33	0
Legno	4	-	59	27	13	1
Vernici e Smalti	1	77.7	22.2	0	0	0
AMAG	1	46.6	20	20	13.3	0
Autotrasporti	1	83.3	0	16.6	0	0
Comune	1	38.3	35	13.3	20	0
Forestale	1	67.85	16.07	16.07	0	0
Esercito	1	64.7	23.5	0	11.7	0
Università	18	45.4	34.5	14.5	5.4	0

da Maccà I., et al. *Valutazione dell'esposizione a rumore in diverse realtà lavorative. Atti del 7° Convegno di Igiene Industriale "Le Giornate di Corvara", Corvara (BZ), 21-23 marzo 2001, pp. 19-23.*

Quando la valutazione del rischio rumore presenta valori di esposizione troppo elevati il datore di lavoro deve intervenire nell'ordine:

- 1) Riducendo il rumore alla fonte
- 2) Riducendo la propagazione del rumore
- 3) Insonorizzando gli ambienti
- 4) Ricorrendo a misure di organizzative
- 5) Ricorrendo a misure di protezione individuale





## Riduzione rumore alla fonte

- Modifiche costruttive (silenziatura, fonoisolamento, pannelli antivibranti ecc.) della macchina o sostituzione con una meno rumorosa.
- Una manutenzione scrupolosa della macchina (lubrificazione, regolazione dei laschi, ecc.).



## Riduzione propagazione del rumore

- Incapsulaggio della macchina con pannelli fonoassorbenti
- Costruzione in opera di pareti che delimitano la zona dove è posta la macchina rumorosa





## Riduzione propagazione del rumore - esempio



Portale Agenti Fisici - PAF

Comparto produttivo: azienda metalmeccanica

Operazione: taglio, punzonatura e piegatura di lamiere in acciaio

Intervento: trattamento prevede di utilizzare un cabinato insonorizzante, previo rivestimento fonoassorbente posizionato in prossimità del muro così da esser costituito da 3 pareti ed il tetto

Riduzione ottenuta:

87-90 dB(A) → 72-74 dB(A)





## Insonorizzazione ambienti

- Le strutture edilizie devono essere progettate in modo tale da non amplificare l'effetto del rumore
- Interventi di protezione acustica (isolare le strutture portanti e installazione di pannelli sospesi e masse fonoassorbenti)





## Insonorizzazione ambienti - esempio



Comparto produttivo: azienda alimentare

Operazione: imbottigliamento

Intervento: inserimento di una barriera acustica tra operatore e macchina

Riduzione ottenuta:

89 dB(A)  $\longrightarrow$  80 dB(A)



## DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE DPI-u



- INSERTI



- ARCHETTI



- CUFFIE





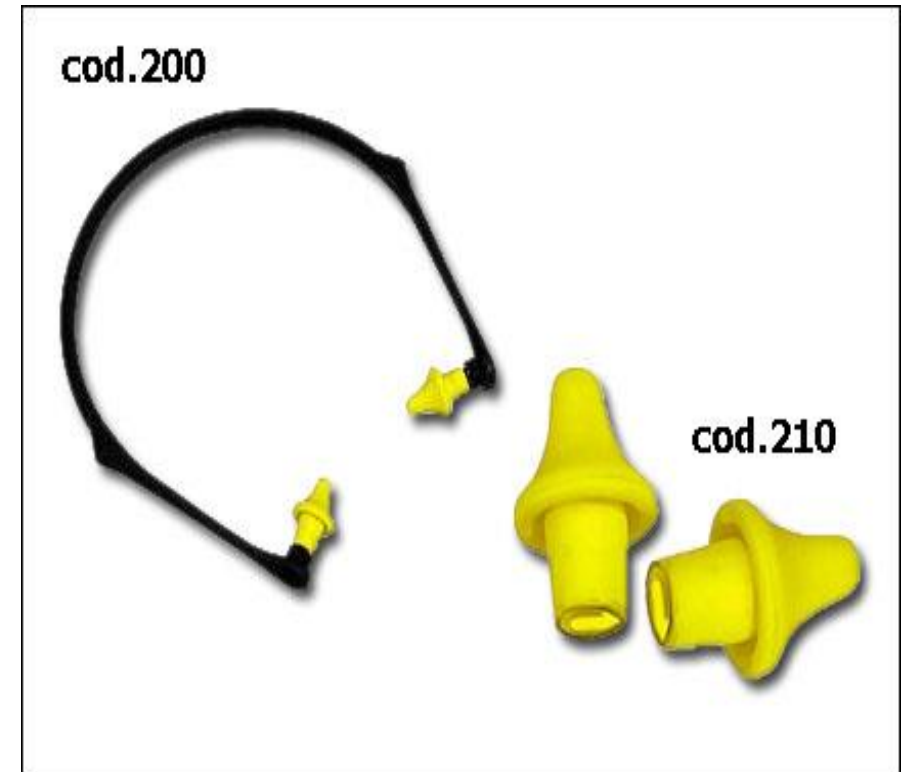
## Inserti auricolari

Assicurano un  
attenuazione tra i 15 e 20  
dB, sono adatti per molte  
situazioni lavorative



## Archetti

Gli archetti presentano le stesse caratteristiche degli inserti ma risultano più semplici da mettere e togliere quindi più adatti ad un uso discontinuo



## Cuffie

Offrono una protezione più elevata rispetto ai precedenti, quindi adatte per livelli di esposizione elevati, sono mal sopportate su lunghi periodi





## Norme di riferimento:

- UNI EN 352: requisiti di costruzione e progettazione
- UNI EN 458: 'Protettori dell'udito – raccomandazioni per la selezione, l'uso, la cura e la manutenzione'
- UNI EN 2486-1: descrive la procedura di prova eseguita in laboratorio per la misurazione dell'attenuazione dei DPI-u
- UNI 4869-2: descrive i metodi di calcolo per valutare l'attenuazione ottimale fornita dai DPI-u





## DPI- u ATTENUAZIONE SONORA

Quando calcolarla?

Per esposizioni superiori ai **VIA Lex, 8h = 80 dB(A)** e/o **135 dB(C)** il datore di lavoro mette a disposizione DPI-u

Con che metodi? Norma UNI 4869-2

- Metodo **OBM**
- Metodo **H,M,L**
- Metodo **SNR**





## DPI- u ATTENUAZIONE SONORA: METODO OBM

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 63 Hz a 8000 Hz

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

**f** rappresenta la frequenza centrale di banda d'ottava dello spettro compreso tra 63 Hz e 8000 Hz

**L<sub>f</sub>** è il livello di rumore in dB nella banda d'ottava **f**

**A<sub>f</sub>** è la ponderazione in frequenza della curva A in dB nella banda di ottava **f**

**APV<sub>f</sub>** è il valore di protezione presunto del protettore in dB nella banda d'ottava **f**



## DPI- u ATTENUAZIONE SONORA: METODO HML

Esprime con tre valori, l'attenuazione in dB del DPI per le frequenze alte (H), medie (M) e basse (L).

Utilizza i valori di  $L_{Aeq}$  e  $L_{Ceq}$

1) Calcolare la differenza  $L_{Ceq} - L_{Aeq}$

2) Calcolare il valore PNR (Predicted Noise Reduction)

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

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

3) Calcolare il livello corretto  $L'_{Aeq}$

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



## DPI- u ATTENUAZIONE SONORA: METODO SNR

Esprime con un solo valore in dB, l'attenuazione sonora semplificata (Simplified Noise Reduction) del DPI.

Utilizza il valore di  $L_{Ceq}$ .

1) Calcolare il livello corretto  $L'_{Aeq}$

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



## DPI- u ATTENUAZIONE SONORA

APVf- H,M,L – SNR devono essere calcolati dal produttore e riportati nella scheda tecnica del DPI-u

Rockets 6400 / Rockets Cord 6401								
Freq. (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$M_f$ (dB)	31.3	32.0	30.4	31.9	32.4	34.5	42.0	41.8
$s_f$ (dB)	5.7	8.2	7.2	8.8	6.6	4.8	3.1	3.6
A.P.V (dB)	25.6	23.8	23.2	23.1	25.8	29.7	38.9	38.2
Misura: 7-11	H = 31 dB M = 26 dB L = 24 dB						SNR = 30 dB	



## DPI- u ATTENUAZIONE SONORA

La protezione dal rumore non deve essere eccessiva rispetto al rischio; in quanto ciò provoca un inutile disagio al lavoratore a causa del suo “isolamento” e può favorire gli infortuni o interferire con la percezione dei segnali di allarme o di cattivo funzionamento delle macchine.

Livello $L'_{Aeq}$ calcolato	Stima della protezione
> 80 dBA	Insufficiente
75 – 80 dBA	Accettabile
70 – 75 dBA	Buona
65 – 70 dBA	Accettabile
< 65 dBA	Troppo alta

norma UNI EN 458



## DPI- u ATTENUAZIONE SONORA: confronto tra i metodi di calcolo

Freq (Hz)	63	125	250	500	1000
APV (dB)	20,5	20,8	20,2	21,0	23,7
Freq (Hz)	2000	4000	8000		
APV (dB)	27,8	26,1	32,8		
H, M, L (dB)	27 – 24 – 22				
SNR (dB)	27				

Posizione di lavoro o macchina utensile	$L_{Aeq}$ dB(A)	$L_{Ceq}$ dB(C)	$L'_{Aeq}$ dB(A) met OBM	$L'_{Aeq}$ dB(A) met H,M,L	$L'_{Aeq}$ dB(A) met SNR
smerigliatrice	97,4	110,8	73,2	80,5	83,8
vano pompe	103,0	114,7	79,9	85,1	87,7

Buona attenuazione

Attenuazione accettabile

Attenuazione insufficiente



## VALUTAZIONE ESPOSIZIONE A RUMORE: esempio

	L <sub>Aeq</sub> dB(A)	T exp (min)	L' <sub>Aeq</sub> dB(A)
DECESPUGLIATORE ROBIN BH 3500	91,4	5	67,6
MOTOSEGA ZENOAH 6200 T	96,4	15	70,4
RASAERBA HONDA HRX 537	81,2	10	60,0
RASAERBA HONDA UM 21	86,5	10	64,1
SOFFIATORE STIHL SH 55/85	94,6	60	67,1
RASAERBA GIANNI FERRARI TERATRAC GTR 200	89,4	40	68,1
PALA BOBCAT 553	87,2	50	66,5
TRATTORE BARBIERI TERATRAC 2RM senza carrello	82,9	2	59,7
TRATTORE BARBIERI TERATRAC 2RM con carrello	83,3	18	60,1
ASPIRATORE BILLY GOAT TR1102	94,6	5	74,2
BIOTRITURATORE PERUZZO T/3	96,2	30	75,2
MULINO MACINATERRA CALZAVARA P10- PALA	84,8	10	65,6
APERTO, ARBORETUM	52,3	45	52,3
MAGAZZINO-VIVAIO, no uso macchinari	59,2	30	59,2
ZONA PAUSA	68,0	30	68,0
	somma t exp (min)	360	360
	Lex(8)	<b>89,8</b>	<b>67,0</b>



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

# VALUTAZIONE DELL' INQUINAMENTO ACUSTICO





## QUADRO NORMATIVO

- Legge 447/1995: legge quadro sull'inquinamento acustico (modificata dal D.Lgs. 42/2017)
- DPCM del 14/11/1997: valori limite e definizione delle classi per zonizzazione acustica
- DM del 16/03/1998: modalità di effettuazione delle misure e tecniche di rilevamento



# SORGENTI DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE

- traffico stradale
- traffico aeroportuale e aereo
- traffico ferroviario
- attività industriali
- attività ricreative
- attività cantieristiche
- traffico marittimo



**CLASSE 1: AREE PARTICOLARMENTE PROTETTE:** aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione (aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo e allo svago, aree residenziali e rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici.)

**CLASSE 2: AREE DESTINATE AD USO PREVALENTEMENTE RESIDENZIALE:** aree interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali e artigianali.



**CLASSE 3: AREE DI TIPO MISTO:** aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali.

**CLASSE 4: AREE DI INTENSA ATTIVITA' UMANA:** aree interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali ed uffici, con presenza di attività artigianali.



**CLASSE 5: AREE PREVALENTEMENTE INDUSTRIALI:** aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.

**CLASSE 6: AREE ESCLUSIVAMENTE INDUSTRIALI:** aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.



## Valori limite

- Valore limite di emissione: il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa.
- *Valore limite di immissione*: il valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, *misurato in prossimità dei ricettori*.
- Valore limite di attenzione: il valore di rumore che segnala la presenza di un potenziale rischio per la salute umana o per l'ambiente.
- Valore limite di qualità: i valori di rumore da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo periodo con le tecnologie e le metodiche di risanamento disponibili, per realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla presente legge.



Classi di destinazione d'uso del territorio		Valori limite delle sorgenti sonore (DPCM 14/11/97) Leg in dB(A)									
		emissione		<b>immissione</b>		qualità		attenzione			
		diurno	nott.	diurno	nott.	diurno	nott.	diurno	nott.	diurno orario	nott. orario
I	aree particolarmente protette	45	35	<b>50</b>	<b>40</b>	47	37	50	40	60	45
II	aree prevalentemente residenziali	50	40	<b>55</b>	<b>45</b>	52	42	55	45	65	50
III	aree di tipo misto	55	45	<b>60</b>	<b>50</b>	57	47	60	50	70	55
IV	aree di intensa attività umana	60	50	<b>65</b>	<b>55</b>	62	52	65	55	75	60
V	aree prevalentemente industriali	65	55	<b>70</b>	<b>60</b>	67	57	70	60	80	65
VI	aree esclusivamente industriali	65	65	<b>70</b>	<b>70</b>	70	70	70	70	80	75



## Valori limite differenziali

Calcolo del rumore differenziale  $L_d$  tra il livello misurato in presenza ed assenza della fonte disturbante.

Disturbo esiste se:

$L_d > 5$  dBA (periodo **diurno**)

$L_d > 3$  dBA (periodo **notturno**)





Rumore differenziale  $L_d$  non si calcola e quindi sorgente non è fonte di disturbo se il rumore misurato a finestre **aperte** è:

- < **50** dB(A) durante il periodo **diurno**
- < **40** dB(A) durante il periodo **notturno**

Rumore differenziale  $L_d$  non si calcola e quindi sorgente non è fonte di disturbo se il rumore misurato a finestre **chiuse** è:

- < **35** dB(A) durante il periodo **diurno**
- < **25** dB(A) durante il periodo **notturno**



## Calcolo Ld

$$L_d = L_a - L_r$$

- Ld rappresenta il rumore differenziale,
- La il rumore in presenza della sorgente disturbante e
- Lr il rumore in assenza della sorgente disturbante

$$L_c = L_a + K_i + K_t + K_b - K_o$$

- Ki la correzione per eventuale presenza di componenti impulsive,
- Kt la correzione per eventuali componenti tonali,
- Kb la correzione per eventuali componenti a bassa frequenza (rumore notturno)
- Ko la correzione per rumore a tempo parziale.



## Calcolo Ld - esempi

Finestre	Torre evaporativa	Leq [dB(A)]	Ld [db(A)]
chiuse	attiva	45,50	0,40
chiuse	spenta	45,10	
aperte	attiva	63,00	15,50
aperte	spenta	47,50	

Finestre	Torre evaporativa	Leq [dB(A)]	Ld [db(A)]
chiuse	attiva	47,40	3,80
chiuse	spenta	43,60	
aperte	attiva	65,80	14,90
aperte	spenta	50,90	

Finestre	Torre evaporativa	Leq [dB(A)]	Ld [db(A)]
chiuse	attiva	46,00	0,60
chiuse	spenta	45,40	
aperte	attiva	64,4	18,70
aperte	spenta	45,70	

Finestre	Torre evaporativa	Leq [dB(A)]	Ld [db(A)]
chiuse	attiva	45,50	2,40
chiuse	spenta	43,00	
aperte	attiva	62,00	16,20
aperte	spenta	45,80	