

Il rischio rumore

CORSO DI FORMAZIONE E
AGGIORNAMENTO PROFESSIONALE
PER COORDINATORI PER LA
SICUREZZA NEI CANTIERI
TEMPORANEI O MOBILI

Prof. Gianfranco Cellai

Programma della lezione

- Richiami di acustica, analisi e misurazioni del suono;
- Definizione e valutazione del rischio rumore ai sensi del D.L.gs 81 del 09/04/08 e s.m.i.- Titolo VIII – Capo I e II: esposizione e protezione dei lavoratori;
- Valutazione dell'impatto acustico del cantiere ai sensi della L.447/95 e del DPCM 14.11.1997: esposizione di soggetti terzi;
- Strumenti e metodi per individuare il pericolo di rumori superiori ai limiti del decreto nei cantieri edili;
- Definizione dei possibili interventi per la riduzione del rumore nei limiti di legge.

Richiami di acustica

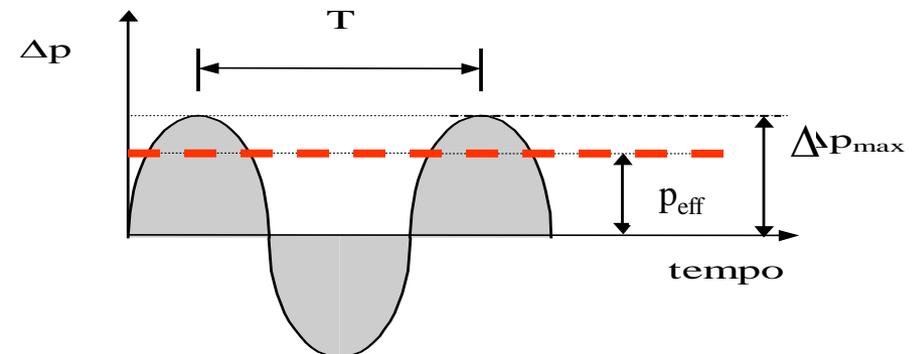
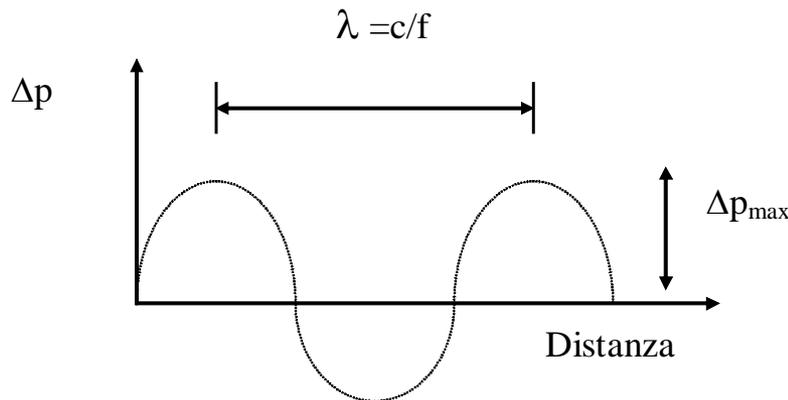
Definizione di suono

Per suono in un punto si intende una rapida variazione (cicli) di pressione Δp intorno alla pressione atmosferica p_{atm} , in quel punto. I parametri che lo descrivono sono:

- la frequenza f in Hz (s^{-1}) ovvero numero di cicli che si compiono in un secondo; frequenza = tono percepito; alle basse frequenze il tono è basso/grave alle alte frequenze il tono è alto/acuto;
- l'ampiezza Δp è il contenuto energetico del suono (Pa); ampiezza = volume percepito;
- la velocità di propagazione del suono nel mezzo c (m/s).
- la lunghezza d'onda $\lambda = c/f$ (m)

Per un suono sinusoidale $P_{\text{eff}} = \Delta p / \sqrt{2}$

$$P_{\text{eff}} = [1/T \left(\int_0^T \Delta p^2 \tau \, d\tau \right)]^{1/2}$$



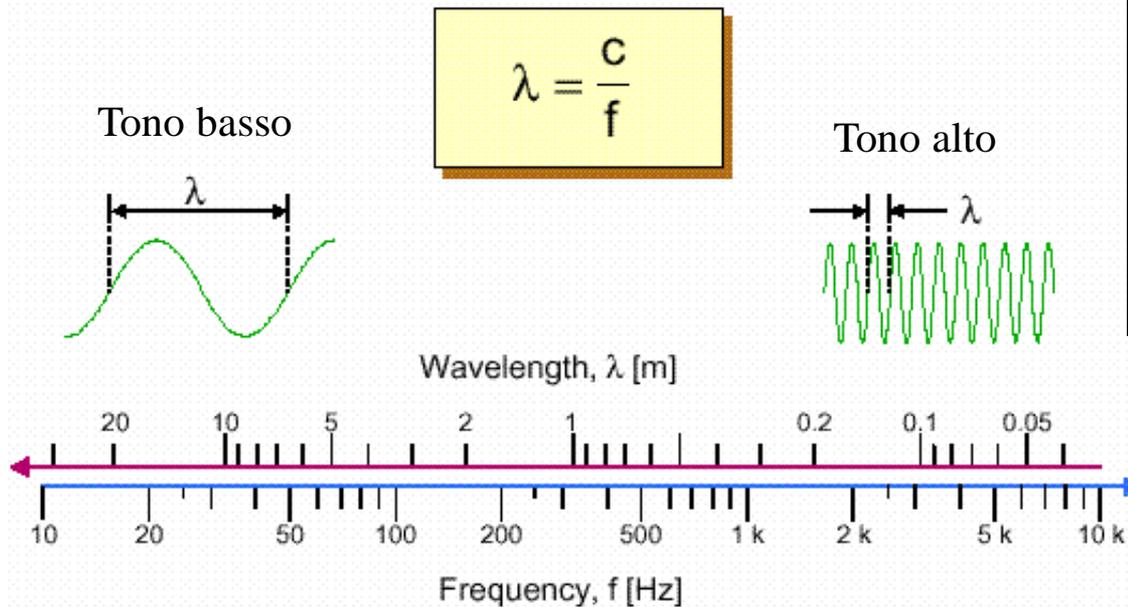
La pressione sonora rappresenta il **valore efficace in termini energetici delle variazioni di pressione**

Sono udibili dall'orecchio umano. Le variazioni con una **frequenza** ($\text{Hz} = s^{-1}$) compresa tra 20 e 18.000 Hz (campo di udibilità) ed una **ampiezza**, ovvero contenuto energetico, superiore a $2 \cdot 10^{-5}$ Pa, definita **soglia di udibilità**.

Rapporto tra velocità di propagazione del suono c e frequenza f : la lunghezza d'onda λ

Nell'aria il suono si propaga ad una velocità $c \cong 340$ m/s (da 0°C a 20°C).

Materiale	Velocità di propagazione del suono nel mezzo c [m/s]
Aria	340
Vetro	5 200
Acciaio	5 400
Piombo	1 200
Calcestruzzo	3 100
Legno	3 200
Granito	6 300
Sabbia asciutta (in funzione della costipazione)	10 ÷ 300



Per $c = 340$ m/s a 1000 Hz $\lambda = 0,34$ m , a 20 Hz $\lambda = 17$ m, ed a 20.000 Hz $\lambda = 0,017$ m. L'efficacia di barriere e divisori ad opporsi alla propagazione del suono è funzione anche di λ .

Gli effetti del suono nello spazio: campo sonoro

GRANDEZZE RIFERITE
AL CAMPO SONORO

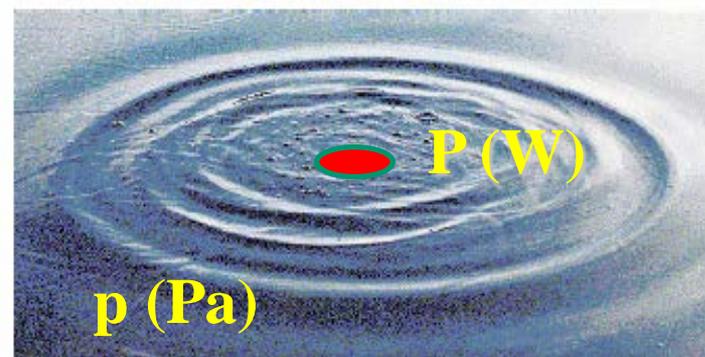
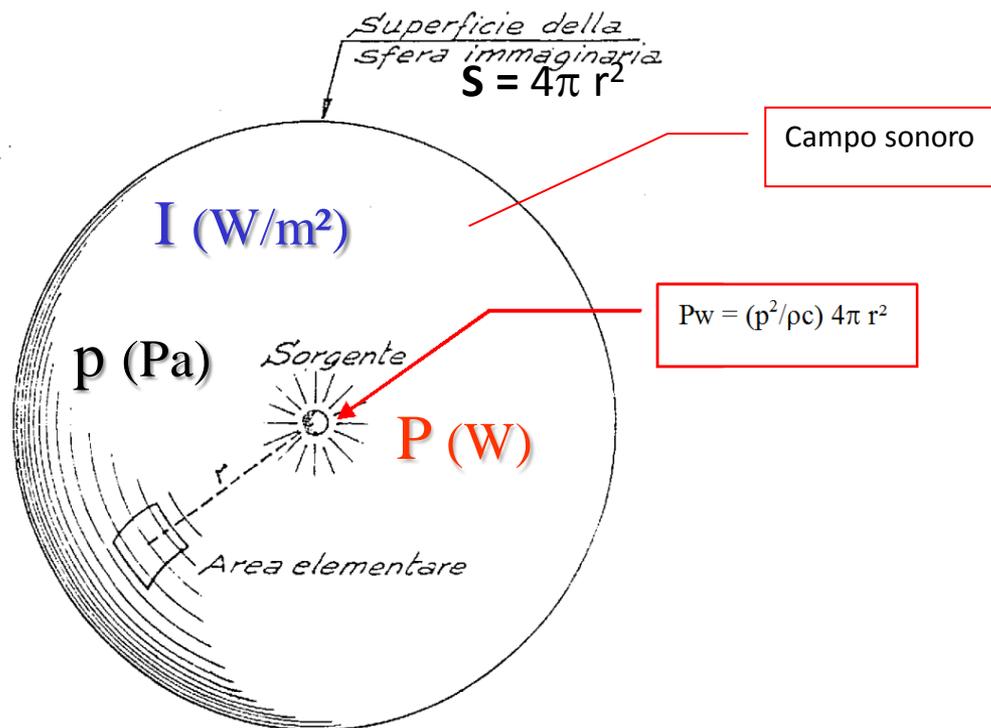


INTENSITÀ I (W/m^2)
PRESSIONE SONORA p (Pa)

GRANDEZZA RIFERITA
ALLA SORGENTE SONORA



POTENZA SONORA P_w (W)



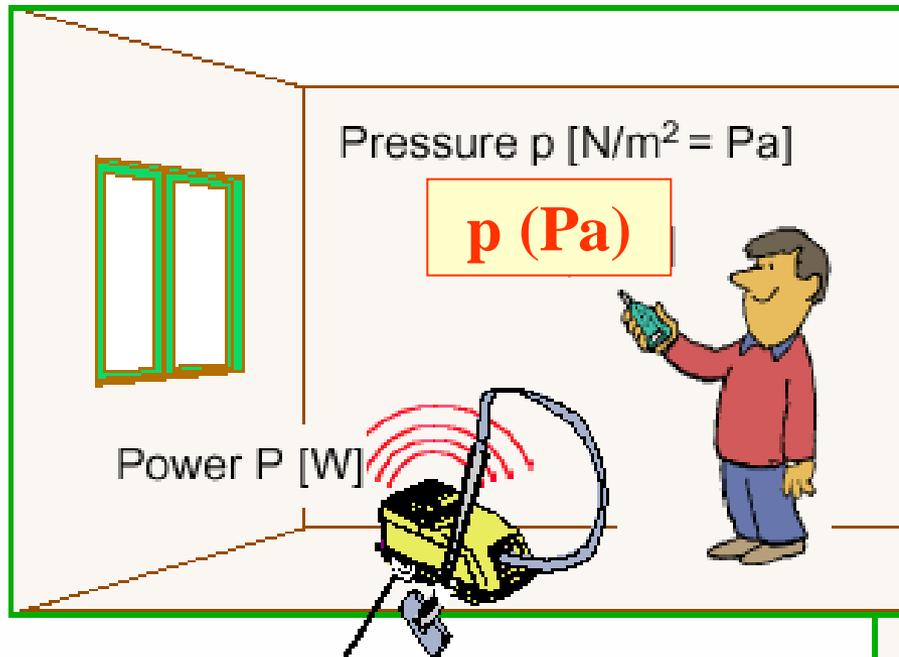
$$P_w = (p^2/\rho c) \cdot S \text{ (W)}$$

$$p = [P_w (\rho c)/S]^{1/2} \text{ (Pa)}$$

$$I = P_w / S = (p^2/\rho c) \text{ (W/m}^2\text{)}$$

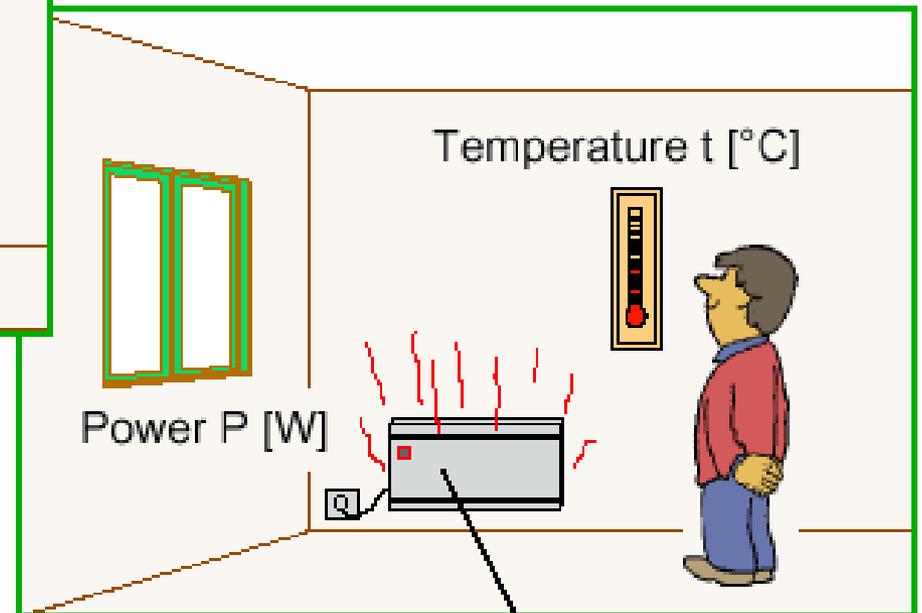
Il prodotto $z = \rho \cdot c$ (rayls)
prende il nome di **impedenza acustica**
dove ρ = densità (per l'aria $\cong 1,2 \text{ kg/m}^3$)
 c = velocità di propagazione (m/s)
Per l'aria $z = (1,2 \times 340) \cong 400 \text{ rayls}$

Campo sonoro: Analogia tra energia sonora e termica



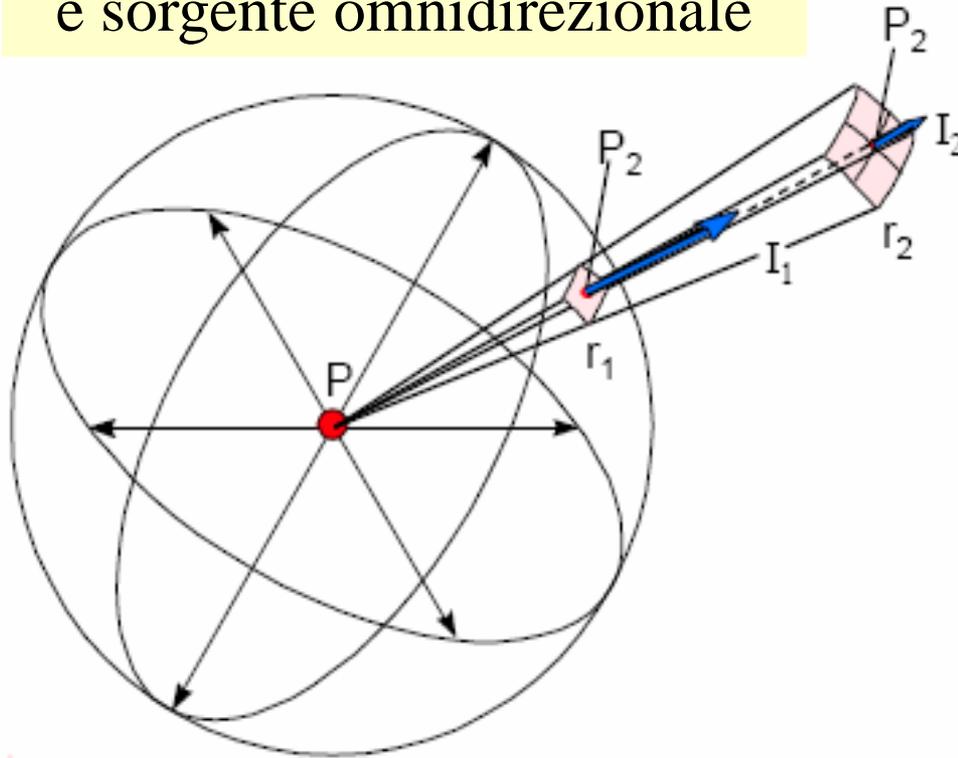
Pressione = Temperatura

Analogy



Intensità sonora I (W/m^2)

In condizioni di campo libero
e sorgente omnidirezionale



Il vettore d'intensità sonora I
descrive l'ammontare e la
direzione del flusso di energia
sonora a una data posizione

$$P_w = (p^2/\rho c) \cdot S \text{ (W)}$$

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{p^2}{\rho c}$$

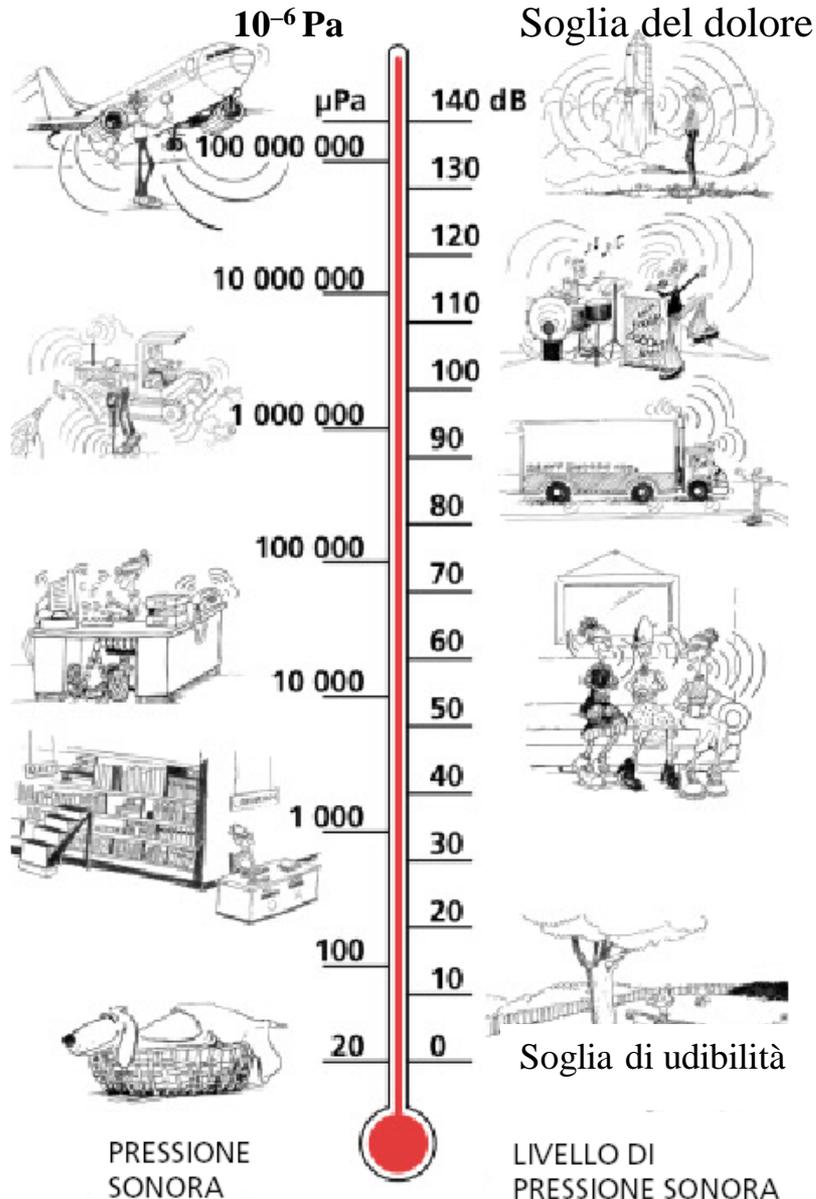
Power: P [W]

Intensity: I [$\text{J}/\text{s}/\text{m}^2$] = W/m^2

Pressure: p [$\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$]

L'intensità sonora si riduce con l'inverso del quadrato della distanza r : al raddoppio della distanza questa si riduce ad $1/4$ del valore iniziale.

Le grandezze logaritmiche: i decibel (dB)



Il campo di variabilità della pressione sonora nell'ambiente reale è molto ampio e va dalla soglia di udibilità dei suoni pari a circa 20 μ Pa al rumore di un aereo in decollo di circa 100 milioni di μ Pa.

Al fine di comprimere il campo di valori si esprimono i livelli sonori L_s con unità di misura logaritmiche denominate decibel (dB) pari a 1/10 di Bel:

$$L_s = 10 \log_{10} \left(\frac{\text{valore fisico}}{\text{valore di riferimento}} \right) \text{ (dB)}$$

I livelli sonori (dB)

Livello di pressione sonora

$$L_p = 10 \lg \left(\frac{p}{p_{ref}} \right)^2 (dB) = 20 \lg p / p_{ref}$$

$$p_{ref} = 2 \cdot 10^{-5} Pa = 20 \mu Pa$$

Livello di potenza sonora

$$L_W = 10 \lg \left(\frac{W}{W_{ref}} \right) (dB)$$

$$W_{ref} = 10^{-12} W$$

Livello di intensità sonora

$$L_I = 10 \lg \left(\frac{I}{I_{ref}} \right) (dB)$$

$$I_{ref} = 10^{-12} W / m^2$$

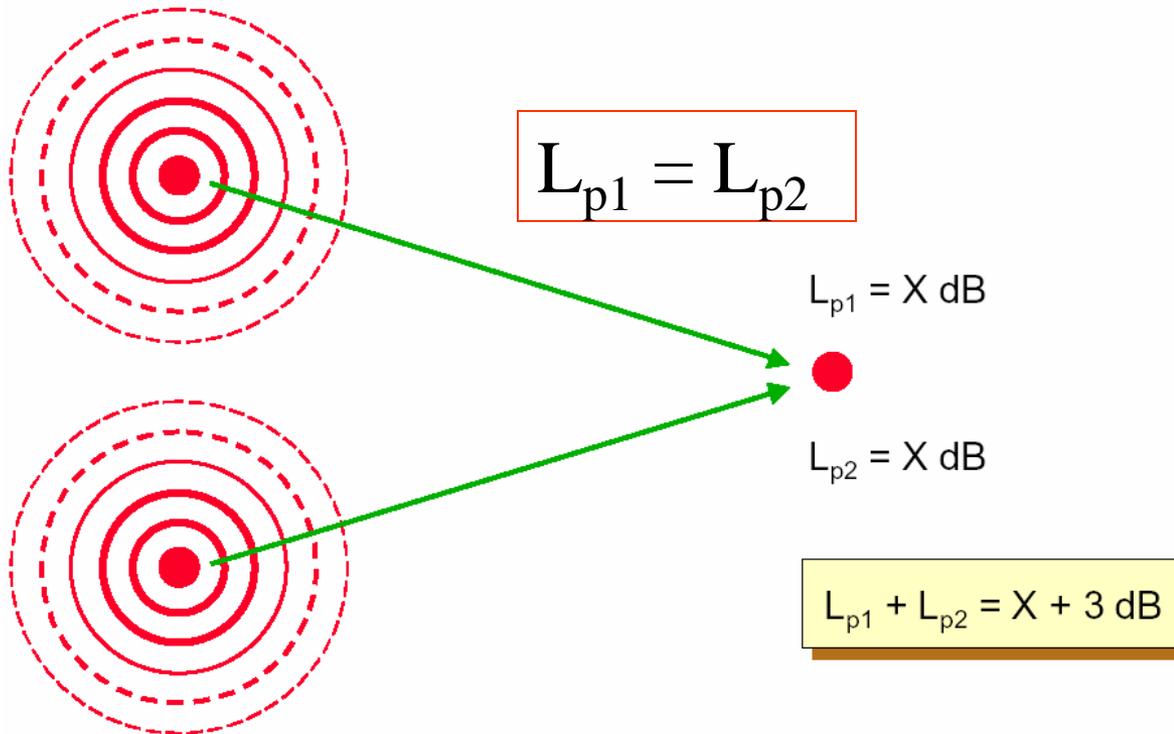
Sorgente sonora	Pressione sonora Pa	Livello sonoro (dB)
Motore di un jet a 30 m	630	150
Colpo di fucile a 1 m	200	140
Soglia del dolore	100	130
Danneggiamento dell'udito esposizione a breve termine	20	circa 120
Martello pneumatico a 1 m; discoteca	2	circa 100
Danneggiamento dell'udito esposizione a lungo termine	0,6	circa 85
Traffico intenso a 10 m	0,2 - 0,6	80 - 90
Treno passeggeri in movimento a 10 m	0,02 - 0,2	60 - 80
Ufficio rumoroso; TV a 3 m (volume moderato)	0,02	circa 60
Conversazione normale a 1 m	0,002 - 0,02	40 - 60
Stanza silenziosa	0,0002 - 0,0006	20 - 30
Stormire di foglie	0,00006	10
Soglia di udibilità a 1000 Hz (uomo con udito sano)	0,00002	(rif.) 0

Note:

- per una pressione di $2 \cdot 10^{-5} Pa \Rightarrow L_p = 0 dB$
- un raddoppio della pressione provoca un incremento di 6 dB;
- un raddoppio del livello sonoro provoca un incremento di 3 dB;
- nell'aria $L_I \cong L_p$ ovvero numericamente i due valori coincidono

Somma di livelli sonori

$$L_{p,tot} = 10 \lg \left(10^{\frac{l_{p,1}}{10}} + 10^{\frac{l_{p,2}}{10}} + 10^{\frac{l_{p,3}}{10}} + \dots \right) (dB)$$

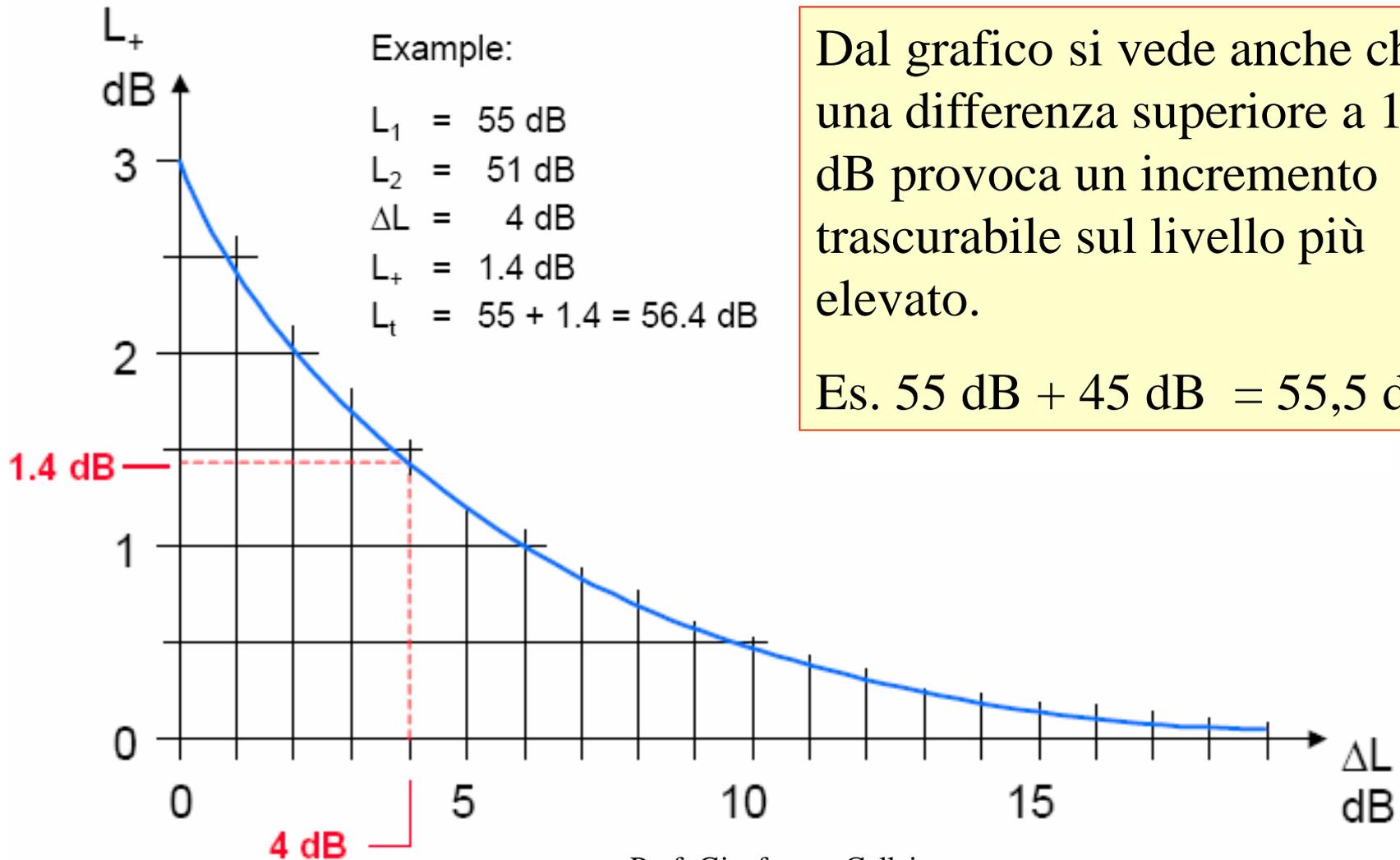


La somma di eguali livelli determina un aumento di + 3 dB.

La somma di N livelli eguali è pari a $L_{pN} = L_p + 10 \log N$

Esempio: somma 55 dB + 51 dB

$$L_p = 10 \lg (10^{55/10} + 10^{51/10}) = 10 \lg (316.228 + 125.892) = 56,4 \text{ dB}$$

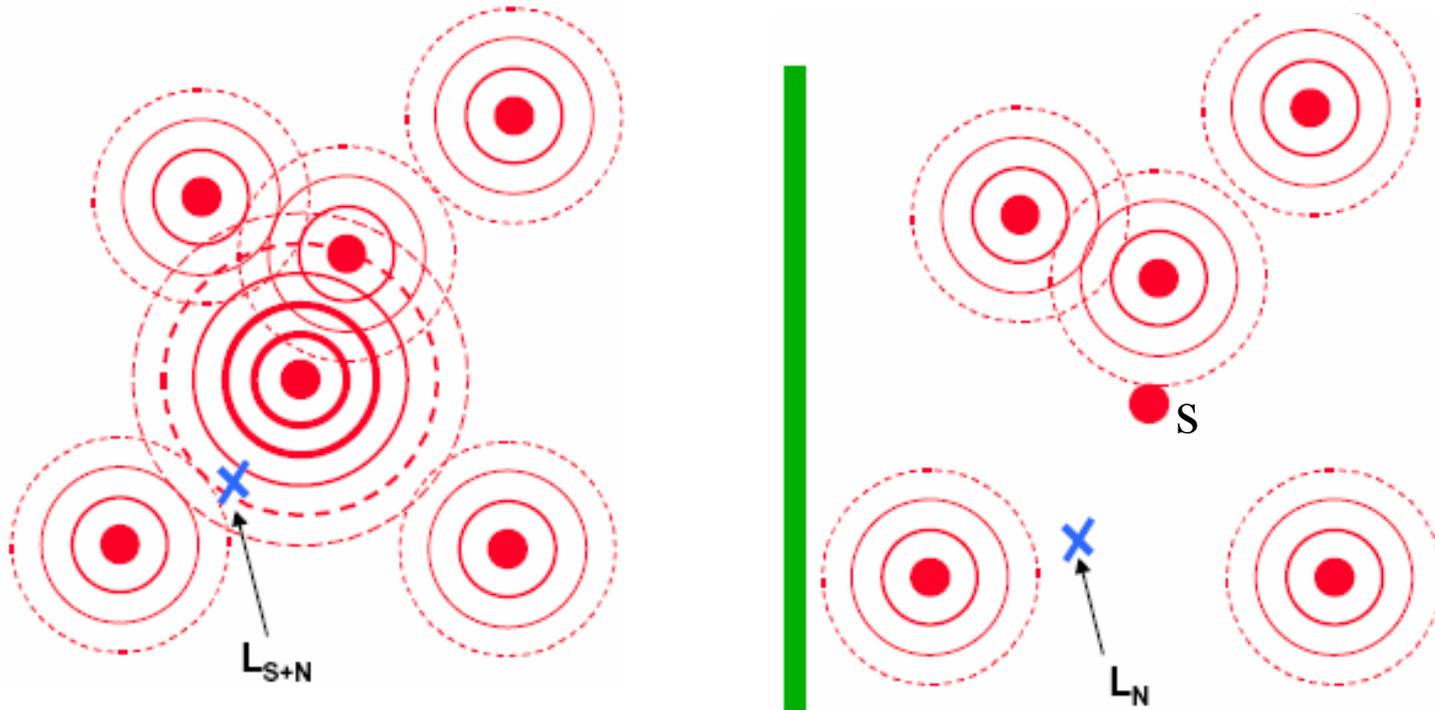


Dal grafico si vede anche che una differenza superiore a 10 dB provoca un incremento trascurabile sul livello più elevato.

Es. 55 dB + 45 dB = 55,5 dB

Sottrazione di livelli sonori

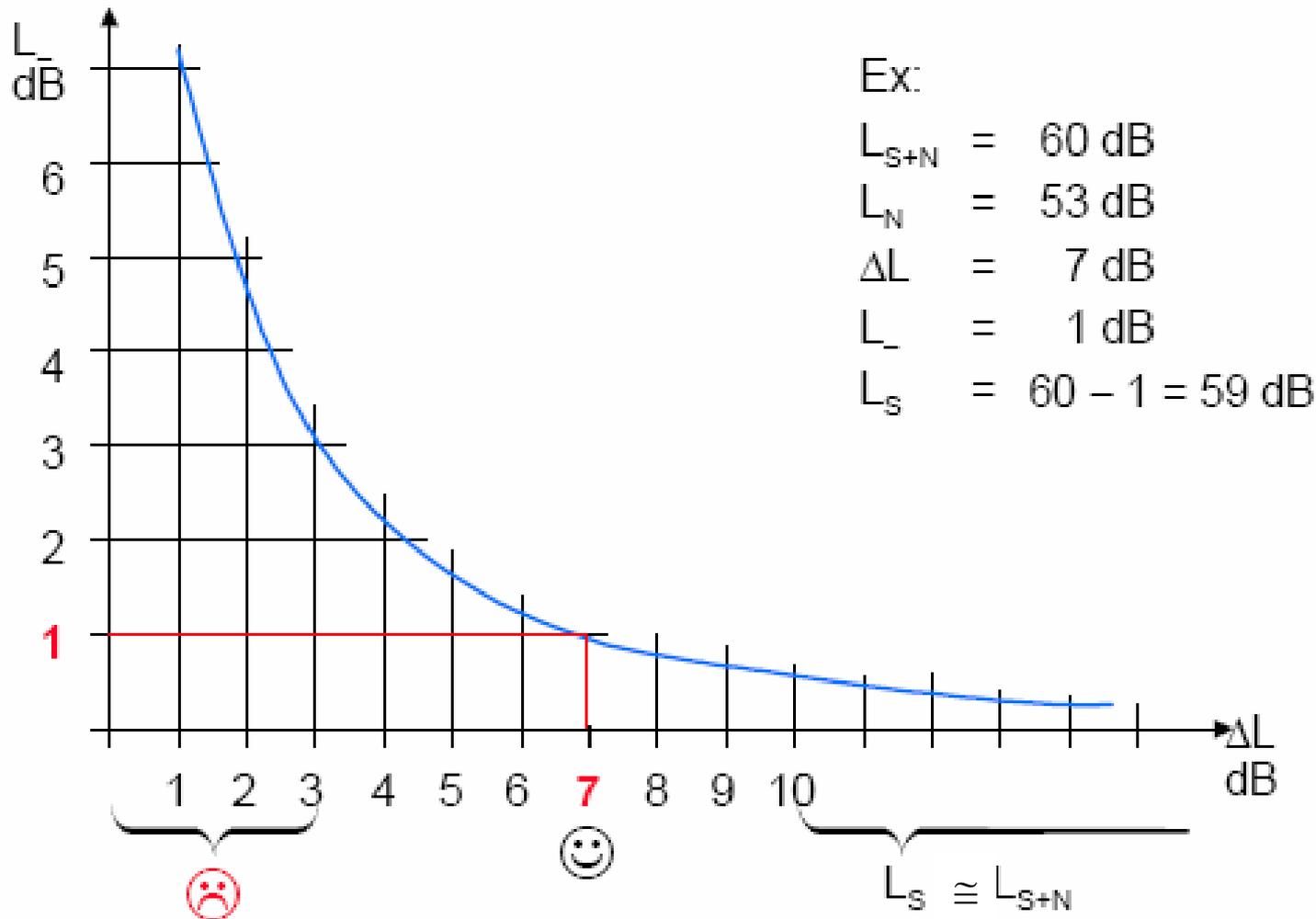
Qualora si voglia individuare il contributo specifico di una sorgente S rispetto ad una pluralità di sorgenti N si procede misurando il livello globale L_{S+N} e poi il livello L_N senza S



Il contributo specifico di S è dato da $\Delta L_S = L_{S+N} - L_N$ (dB)

e pertanto $L_S = L_{S+N} - \Delta L_S$ (dB)

grafico di calcolo delle sottrazioni



Tanto maggiore è la differenza tanto minore è il contributo delle sorgenti residue

La propagazione del rumore

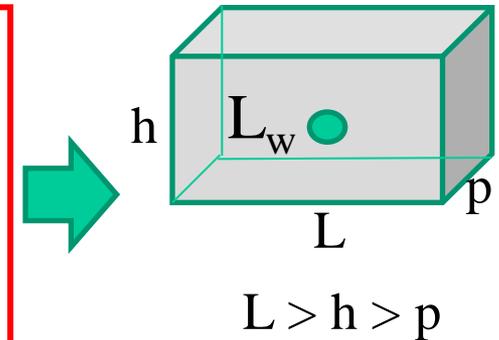
I fattori più importanti che influenzano la propagazione del rumore a breve distanza sono:

- Tipo di sorgente (puntiforme o lineare)
- Distanza dalla sorgente
- Ostacoli sulla via di propagazione (barriere acustiche, rilevati, edifici, ecc.)
- Riflessioni e assorbimento delle superfici circostanti

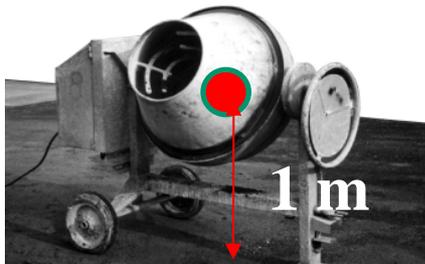
Sorgente sonora puntiforme

Se la distanza r dell'ascoltatore dalla sorgente è $r > 2$ volte le dimensioni maggiori della sorgente, questa è assimilata a sorgente puntiforme, con propagazione sferica o emisferica (per le sorgenti a terra), cosicché il livello sonoro è lo stesso per tutti i punti posti alla stessa distanza dalla sorgente.

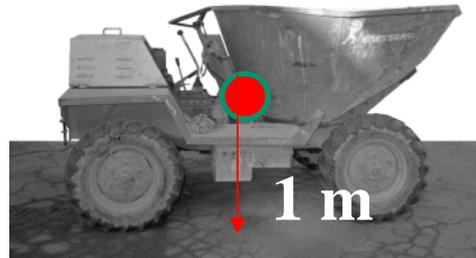
Ad esempio, una macchina avente potenza sonora L_w posta a terra con dimensioni L , h , p con $L > h > p$, a partire da distanze $r > 2L$ può essere considerata equivalente ad una sorgente puntiforme posta a 1 m da terra al centro del parallelepipedo reale ed avente la stessa potenza sonora L_w .



$L_w = 102 \text{ dB}$



$L_w = 117 \text{ dB}$

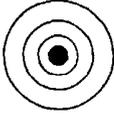
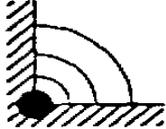
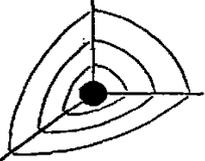
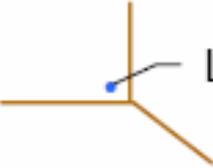


$L_w = 106 \text{ dB}$



Direttività per posizione della sorgente

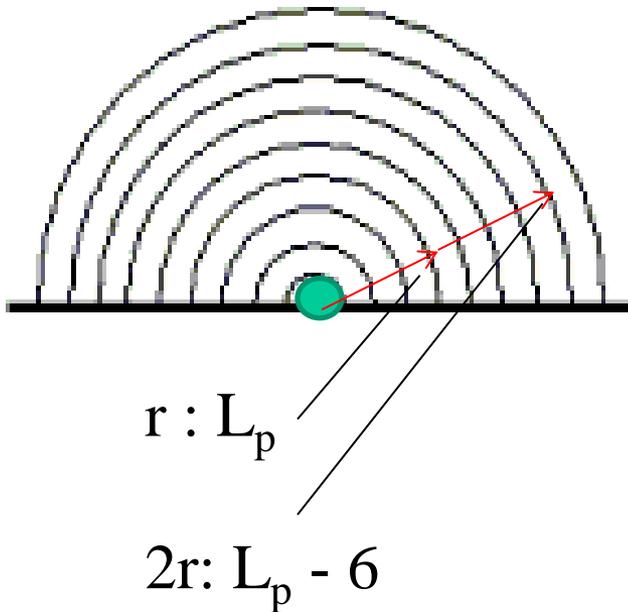
La sorgente sonora può trovarsi in una posizione tale che l'emissione avvenga, rispetto allo spazio sferico, in porzioni Q più ristrette (emisfero, $\frac{1}{4}$ di emisfero, ecc.). Tale situazione è espressa dall'indice di direttività D_θ che determina, rispetto alla situazione $Q = 1$, un incremento dei livelli sonori.

Source Location	Q	D_θ	$D_\theta = 10 \lg Q$
	1	0	 $L = L_p$
	2	3	 $L = L_p + 3 \text{ dB}$
	4	6	 $L = L_p + 6 \text{ dB}$
	8	9	 $L = L_p + 9 \text{ dB}$

Propagazione in campo libero emisferico: situazione di sorgente appoggiata al suolo

$$L_p = L_w - 10 \lg 4 \pi r^2 + 10 \lg 2 = L_w - 20 \lg r - 8 \quad (\text{dB})$$

Il termine $10 \lg 4 \pi r^2$ prende la denominazione di **attenuazione per divergenza d'onda A_{div}** , ed esprime il fatto che l'energia sonora si distribuisce su di un fronte d'onda avente superficie che aumenta con la distanza.



Al raddoppiare della distanza r il livello sonoro si riduce di 6 dB

Conoscendo il livello sonoro L_{p1} alla distanza r_1 dalla sorgente, posso determinare il livello incognito L_{p2} alla distanza nota r_2 :

$$L_{p2} = L_{p1} - (20 \lg r_2 / r_1)$$

Attenuazioni

Nella realtà il campo sonoro può essere modificato da ostacoli (barriere naturali e artificiali), da superfici riflettenti quali il terreno, gli edifici, dal vento e da fenomeni meteorologici (pioggia, neve, nebbia), ecc.

In pratica : $L_p = L_w - A_{div} + D_\theta - A$ (dB)

Dove A è il termine di attenuazione che raggruppa le attenuazioni:

$$L_p = (L_w - A_{div} + D_\theta) - A_{atm} - A_{ground} - A_{screen} - A_{misc} \quad (\text{dB})$$

in cui:

A_{div} = attenuazione per divergenza d'onda = $10 \log 4 \pi r^2$ (dB) ;

A_{atm} = attenuazione per assorbimento dell'aria (dB);

A_{ground} = attenuazione per «effetto suolo» (dB);

A_{screen} = attenuazione per presenza di barriere (dB);

A_{misc} = attenuazione per altri effetti (presenza di edifici o di vegetazione, gradiente termici, vento, ecc.) (dB).

Esercizio

In campo emisferico, si calcoli L_p ad una distanza di 10 m da una sorgente che emette con una potenza di $L_w = 60$ dB:

$$L_p = L_w - 20 \lg r - 8 = 60 - 20 - 8 = 32 \text{ dB}$$

Calcolare poi il livello di pressione sonora a 20 m:

$$L_p = L_w - 20 \lg r - 8 = 60 - 26 - 8 = 26 \text{ dB}$$

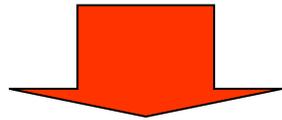
Si conferma pertanto che al raddoppio della distanza si ha una riduzione di 6 dB. Inoltre, conoscendo il livello di pressione sonora L_{p1} ad una distanza r_1 dalla sorgente possiamo calcolare il livello L_{p2} alla distanza r_2 senza bisogno di conoscere la potenza sonora della sorgente stessa; ed infatti:

$$L_{p1} - L_{p2} = 20 \lg r_2 - 20 \lg r_1 = 20 \lg r_2 / r_1$$

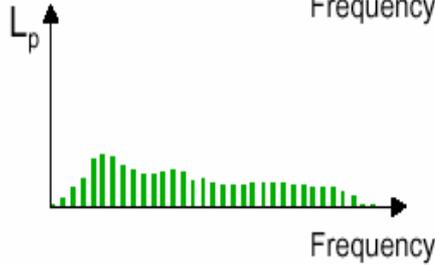
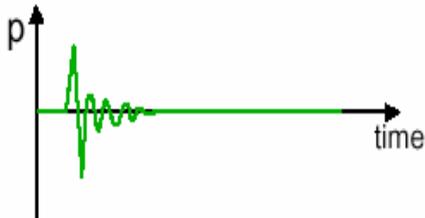
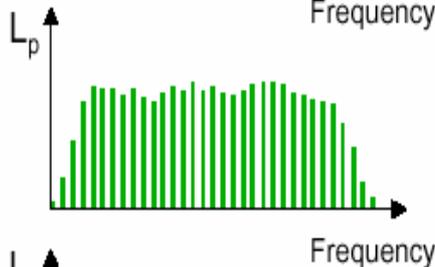
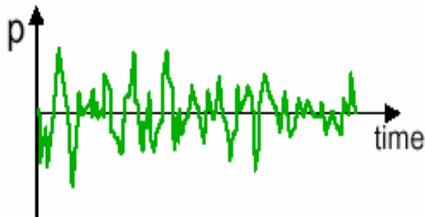
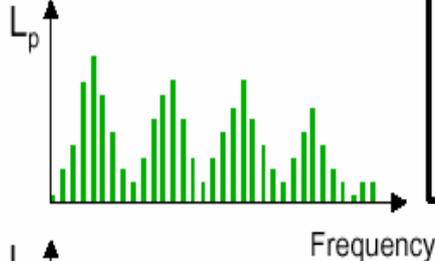
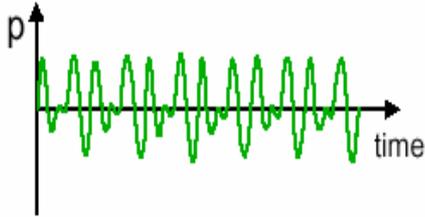
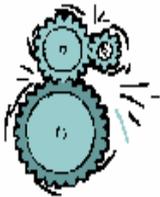
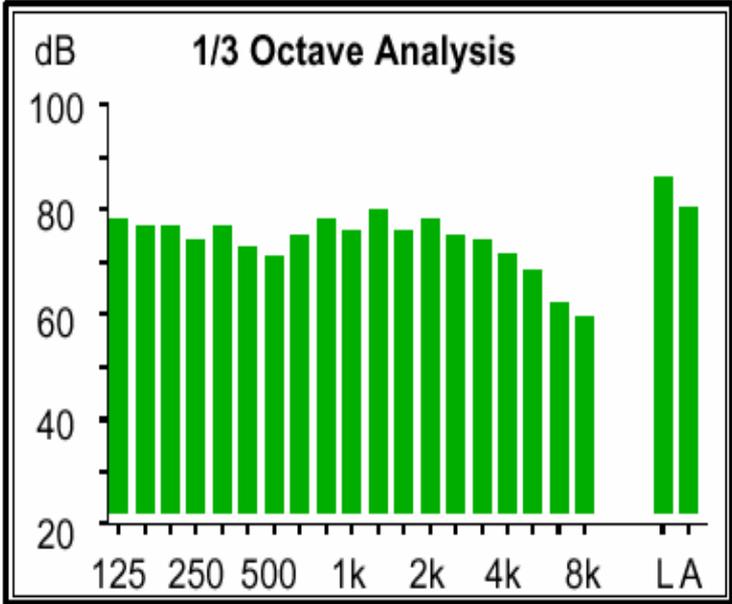
Con riferimento all'esempio suddetto si ha:

$$L_{p20m} = L_{p10m} - (20 \lg r_2 / r_1) = 32 - (20 \lg 20/10) = 32 - 6 = 26 \text{ dB} \quad \text{c.v.d.}$$

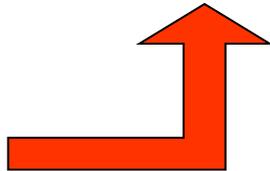
Analisi del suono



Distribuzione della pressione sonora in frequenza



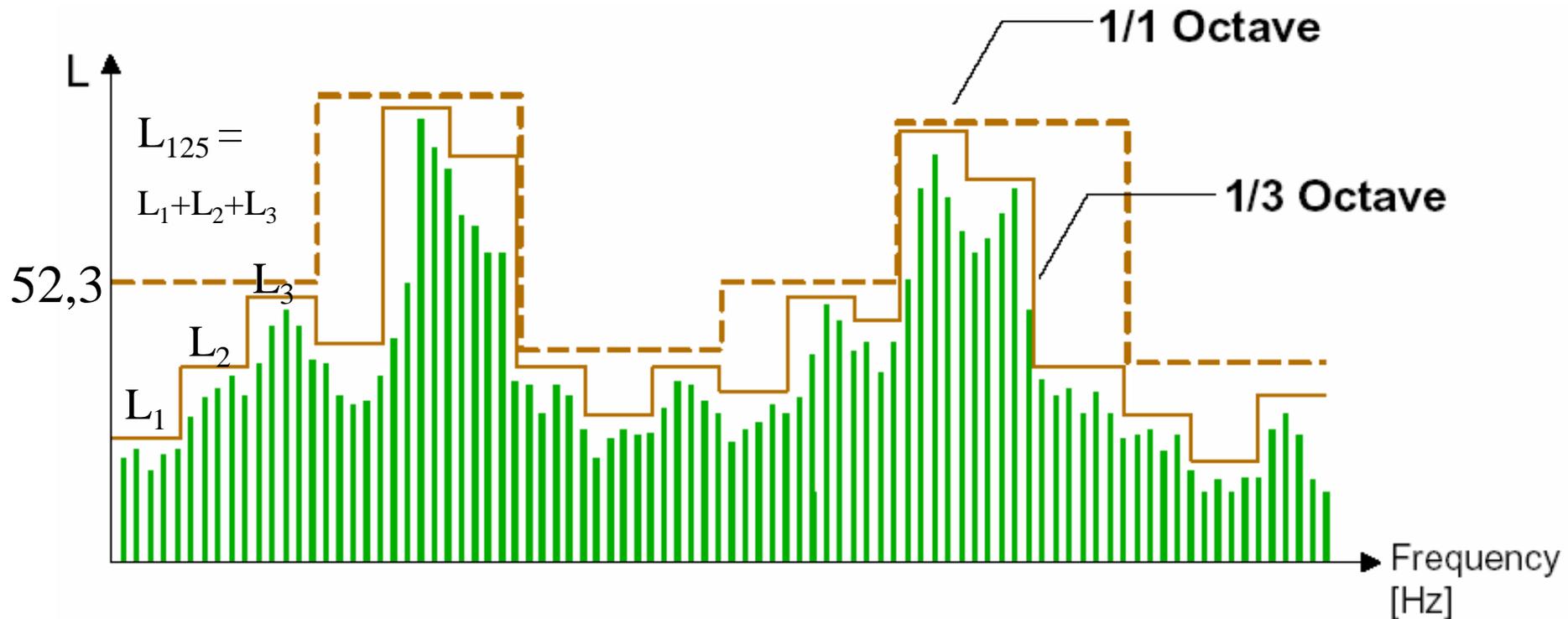
Frequenza $f = c/\lambda$
 $c = 340 \text{ m/s}$



Frequenze normalizzate

bande	ottava			1/3 d'ottava		
	taglio inf.	centrale	taglio sup.	taglio inf.	centrale	taglio su
frequenza (Hz)	44	63	88	56.2	63	70.8
				70.8	80	89.1
				89.1	100	112
				112	125	141
	88	125	177	141	160	178
				178	200	224
				224	250	282
	177	250	355	282	315	355
				355	400	447
				447	500	562
	355	500	710	562	630	708
				708	800	891
				891	1000	1122
	710	1000	1420	1122	1250	1413
				1413	1600	1778
				1778	2000	2239
	1420	2000	2840	2239	2500	2818
				2818	3150	3548
				3548	4000	4467
2840	4000	5680	4467	5000	5623	
			5623	6300	7079	
			7079	8000	8913	
5680	8000	11360	8913	10000	11220	
			11220	12500	14130	

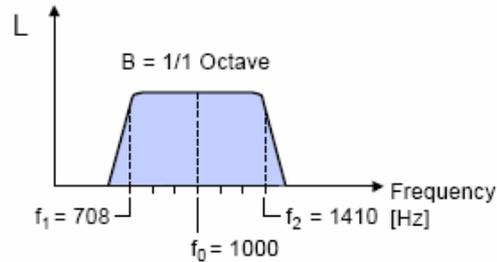
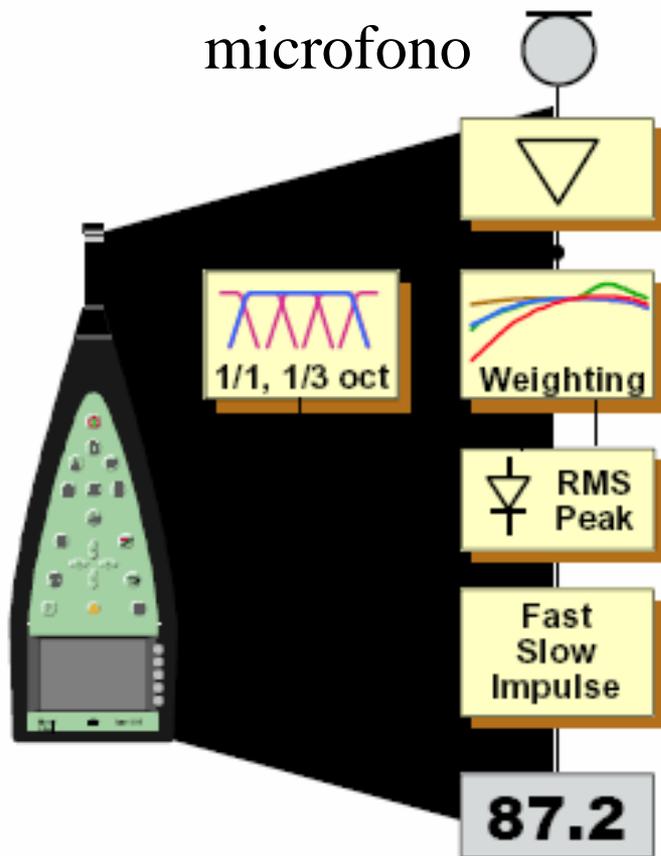
Analisi in frequenza: spettrogramma



Ad esempio a 125 Hz il livello di banda sia pari a 52,3 dB, questo è la somma dei tre livelli $L_1 = 46,1$, $L_2 = 47,0$ e $L_3 = 49,3$ dB:

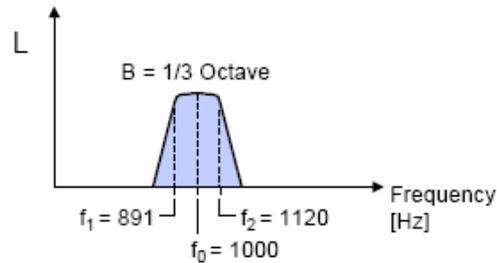
$$L_{p,tot} = 10 \lg \left(10^{\frac{46,1}{10}} + 10^{\frac{47}{10}} + 10^{\frac{49,3}{10}} \right) \quad L_{p,125} = 52,3 \text{ dB}$$

Misura del suono con fonometro



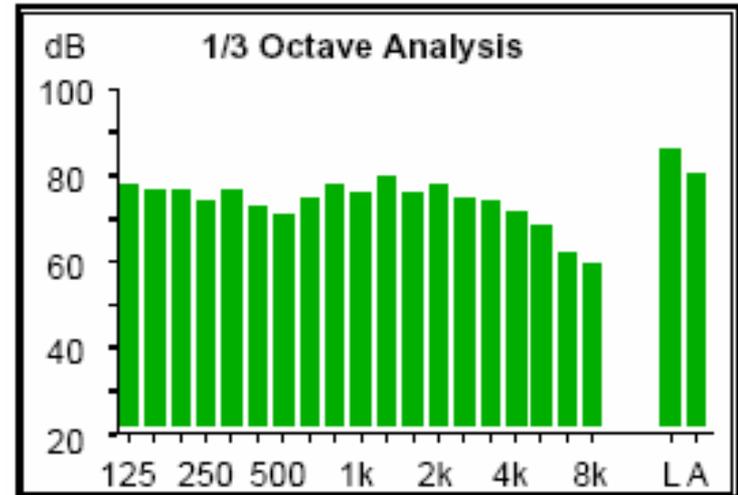
1/1 Octave

$f_2 = 2 \times f_1$
 $B = 0.7 \times f_0 \approx 70\%$



1/3 Octave

$f_2 = \sqrt[3]{2} \times f_1 = 1.25 \times f_1$
 $B = 0.23 \times f_0 \approx 23\%$



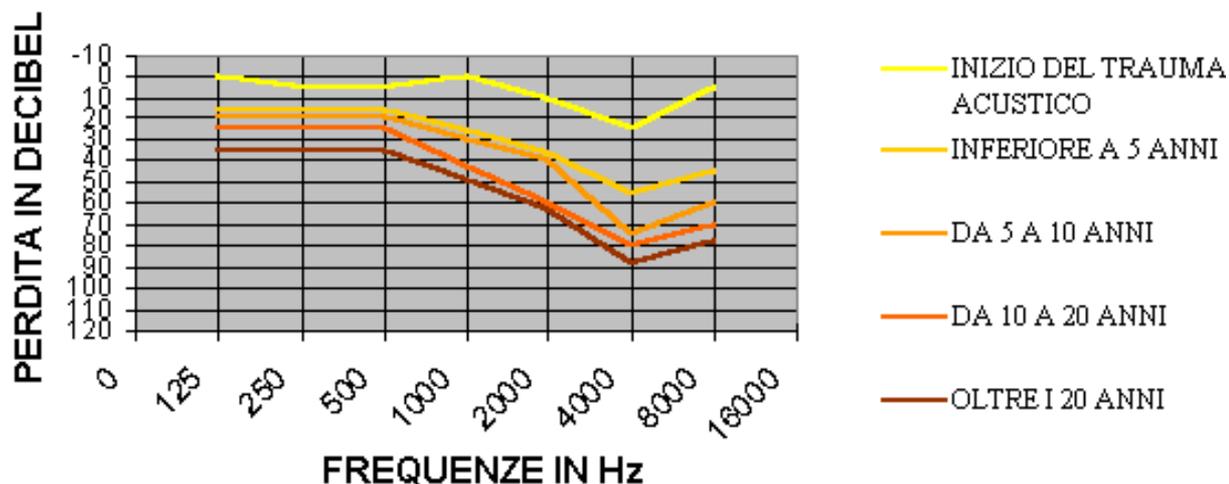
La percezione del suono

L'udito di una persona copre la gamma da circa 20 Hz a 20 kHz, con un contenuto energetico limite percepibile di $2 \cdot 10^{-5}$ Pa (0 dB).

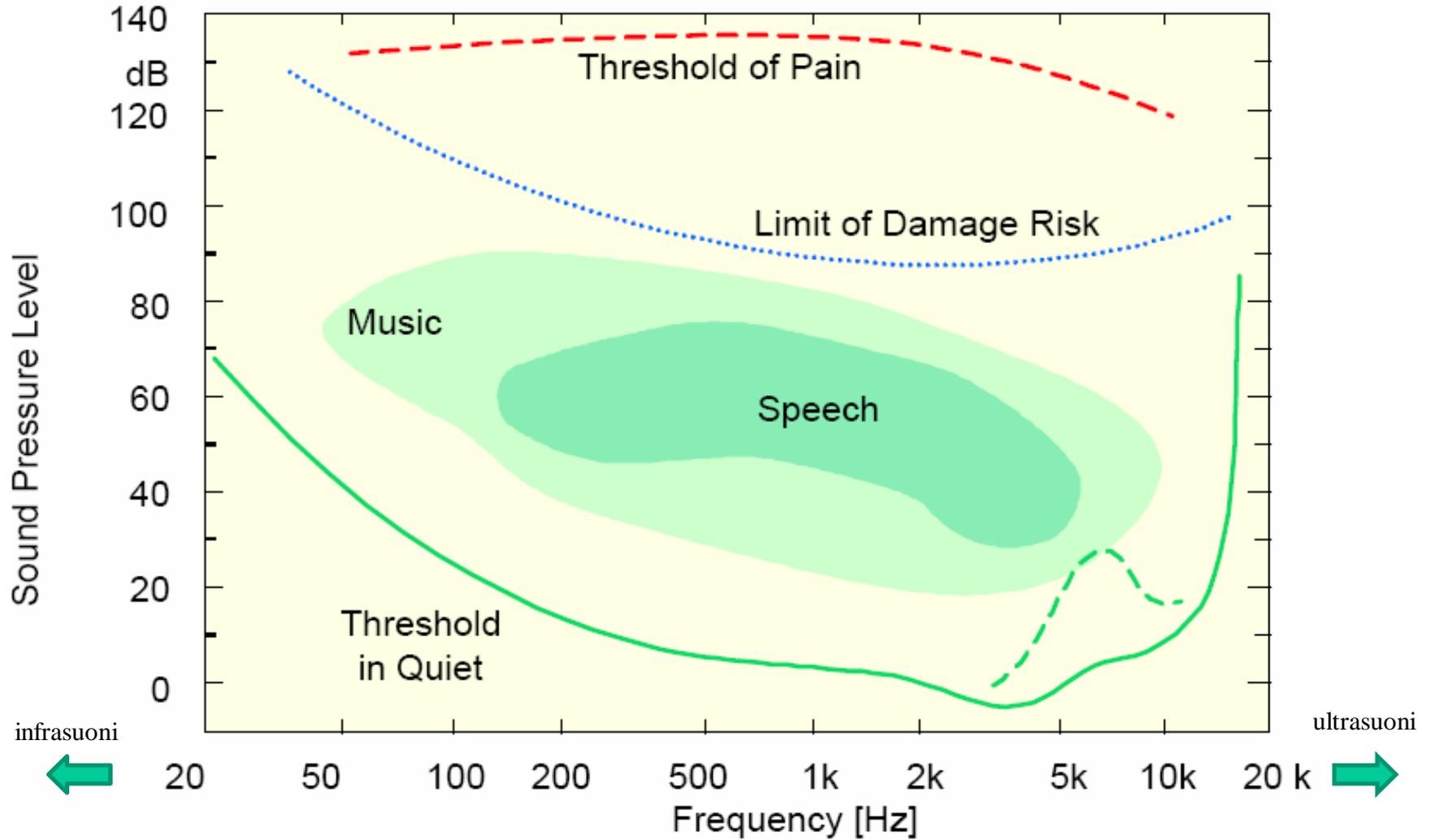
Un raddoppio della pressione sonora provoca un aumento dei livelli di 6 dB ben percepibile; una somma di eguali livelli provoca un incremento di 3 dB percepibile. La variazione percepibile più piccola è di circa 1 dB.

L'orecchio umano non presenta la stessa *sensibilità* a tutte le frequenze: alle basse frequenze è meno sensibile, e subisce anche meno danni per esposizione al rumore; per descrivere gli effetti di sensazione sonora si introduce una grandezza psicoacustica : il dBA.

Perdita di udito in ambiente rumoroso

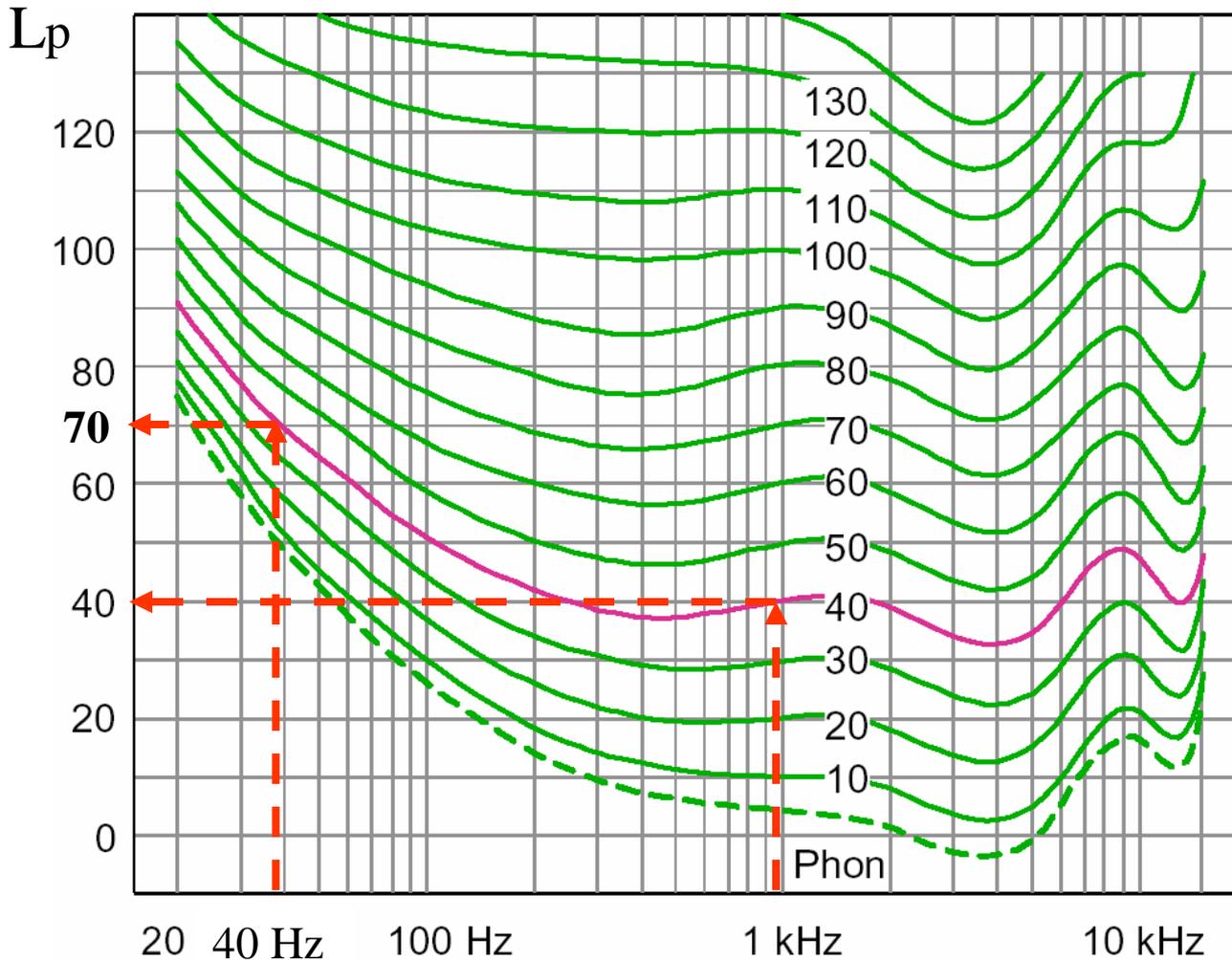


Il campo dell'udito



Audiogramma normale medio per toni puri: curve di eguale sensazione sonora

Curve isofoniche

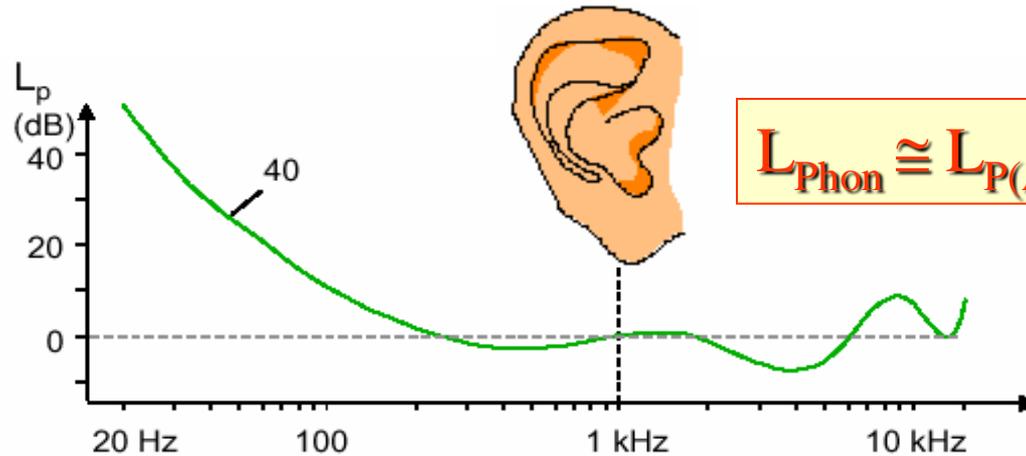


A 40 Hz occorre un $L_p = 70$ dB per avere la stessa sensazione a 1000 Hz con $L_p = 40$ dB.

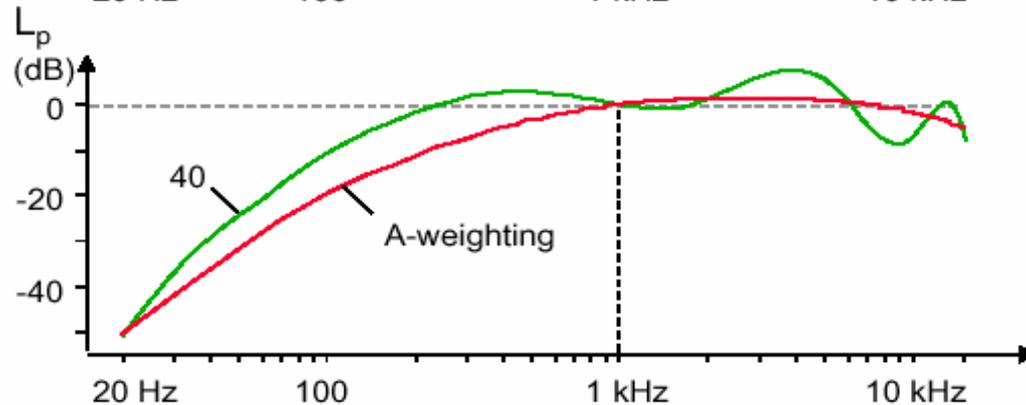
All'aumentare dei livelli sonori le curve di eguale sensazione sonora tendono ad appiattirsi ovvero l'orecchio ha le stesse sensazioni anche se varia la frequenza.

Valutazione del disturbo: il dBA

- 40 dB Equal Loudness Contour normalized to 0 dB at 1kHz



- 40 dB Equal Loudness Contour inverted and compared with A-weighting



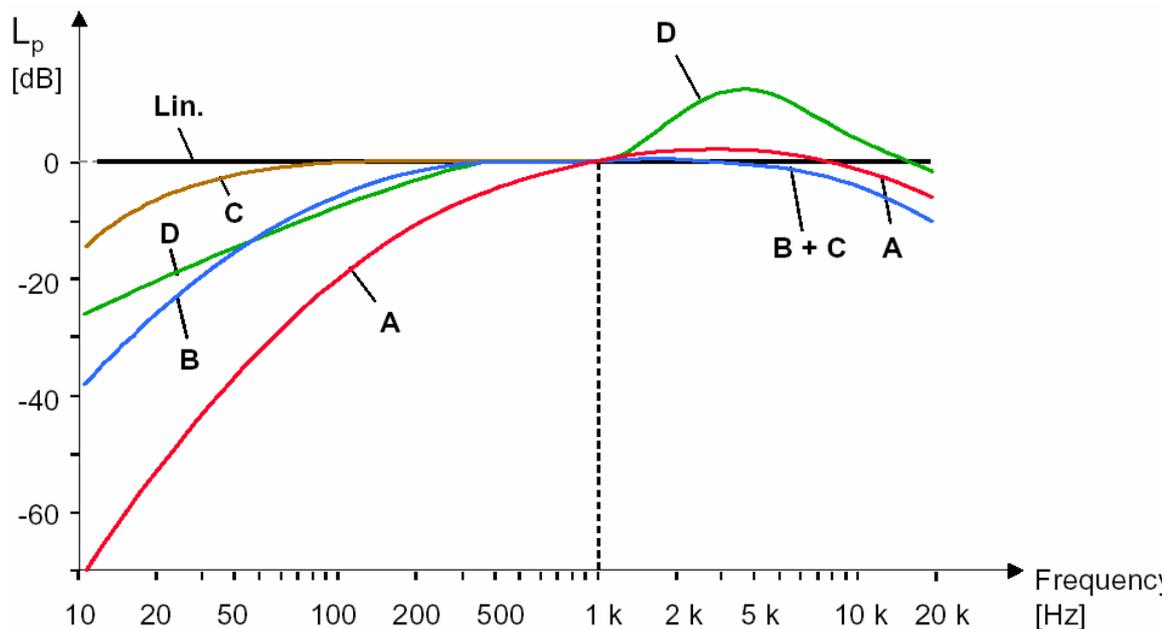
Valori correttivi per trasformare i dB in dBA

Freq. Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
correzione in dB	-26	-17	-8.6	-3	0	+1.2	+1	-1.1

Curve di ponderazione in frequenza

Esistono varie curve di ponderazione in funzione delle sorgenti oltre alla ponderazione A che fornisce risultati vicini alla risposta dell'orecchio umano. Ad esempio la **curva di ponderazione C** viene usata in particolare nella valutazione di suoni molto forti a frequenze molto basse (corrisponde all'incirca alla isofonica 100 dB).

La ponderazione D è usata per il rumore degli aerei. La curva B potrebbe essere usata per suoni mediamente forti (corrisponde circa alla isofonica di 70 dB).



FREQUENZA (Hz)	Ponderaz. 'A' dB	Ponderaz. 'C' dB
10	-70.4	-14.3
12.5	-63.4	-11.2
16	-56.7	-8.5
20	-50.5	-6.2
25	-44.7	-4.4
31.5	-39.4	-3.0
40	-34.6	-2.0
50	-30.2	-1.3
63	-26.2	-0.8
80	-22.5	-0.5
100	-19.1	-0.3
125	-16.1	-0.2
160	-13.4	-0.1
200	-10.9	0
250	-8.6	0
315	-6.6	0
400	-4.8	0
500	-3.2	0
630	-1.9	0
800	-0.8	0
1000	0	0
1250	+0.6	0
1600	+1.0	-0.1
2000	+1.2	-0.2
2500	+1.3	-0.3
3150	+1.2	-0.5
4000	+1.0	-0.8
5000	+0.5	-1.3
6300	-0.1	-2.0
8000	-1.1	-3.0
10000	-2.5	-4.4
12500	-4.3	-6.2
16000	-6.6	-8.5
20000	-9.3	-11.2

Esercizio: calcolo livello sonoro in dBA

Dato un evento sonoro di **71,5** dB con la seguente distribuzione in frequenza:

125 Hz → 70 dB 250 Hz → 60 dB 500 Hz → 65 dB

calcolarne il valore in dBA.

Con la ponderazione dei livelli risulta la seguente:

125 Hz → 70 dB - 17 dB = 53 dBA

250 Hz → 60 dB - 8,6 dB = 51,4 dBA

500 Hz → 65 dB - 3 dB = 62 dBA

si calcola il rapporto :

$p^2 / p_0^2 = 10^{L_{P(A)} / 10}$ per ciascuna banda: $10^{5,3}$; $10^{5,14}$ e $10^{6,2}$

- si effettua la sommatoria dei valori ottenuti:

$$\Sigma (10^{5,3} + 10^{5,14} + 10^{6,2}) = 19,103 \cdot 10^5$$

- infine si calcola il valore del livello globale

$$L_{Aeq} = 10 \lg (19,103 \cdot 10^5) = \mathbf{62,8 \text{ dBA}}$$

Esercizio: calcolo livello sonoro in dBC

Dato un evento sonoro di **71,5** dB con la seguente distribuzione in frequenza:

125 Hz → 70 dB 250 Hz → 60 dB 500 Hz → 65 dB

calcolarne il valore in dBC.

Con la ponderazione dei livelli risulta la seguente:

125 Hz → 70 dB - 0,2 dB = 69,8 dBC

250 Hz → 60 dB - 0 dB = 60,0 dBC

500 Hz → 65 dB - 0 dB = 65,0 dBC

si calcola il rapporto :

$p^2 / p_0^2 = 10^{L_{P(C)}/10}$ per ciascuna banda: $10^{6,98}$; 10^6 e $10^{6,5}$

- si effettua la sommatoria dei valori ottenuti:

$$\Sigma (10^{6,98} + 10^6 + 10^{6,5}) = 137,122 \cdot 10^5$$

- infine si calcola il valore del livello globale

$$L_{Aeq} = 10 \lg (137,122 \cdot 10^5) = \mathbf{71,4 \text{ dBC}}$$

**D.Lgs. 81/2008 TITOLO IV – CANTIERI
TEMPORANEI O MOBILI**

N° 3 CAPI - N° 73 articoli (da art. 88 a art. 160)

**CAPO II – PROTEZIONE DEI LAVORATORI
CONTRO I RISCHI DI ESPOSIZIONE AL RUMORE
DURANTE IL LAVORO**

Definizione e valutazione del
rischio rumore

Illustrazione della differenza tra emissione di rumore, rumore ambientale ed esposizione al rumore

UNI EN ISO 11690-1

Illustrazione dell'esposizione al rumore per una persona in movimento

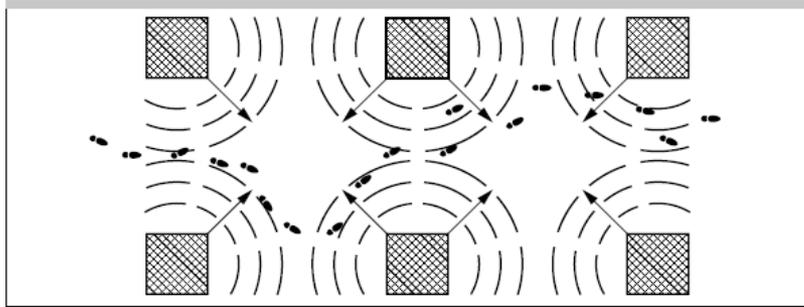
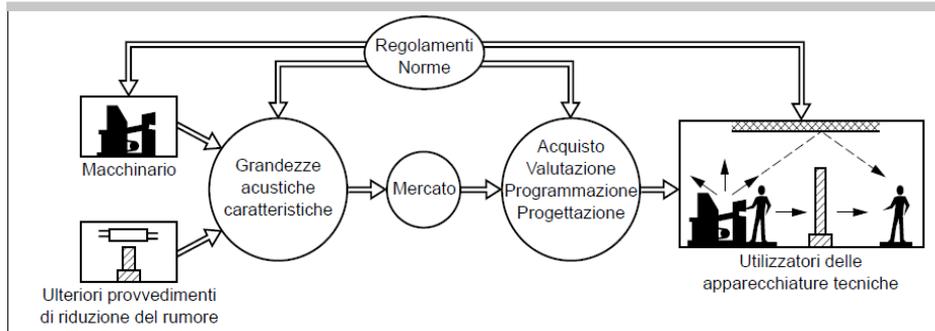


figura 6 Fattori che influenzano la riduzione del rumore



a) Emissione di rumore; irraggiamento sonoro di una macchina:

- riferito alla macchina
- riferito a specifiche condizioni di funzionamento
- indipendente dall'ambiente

b) Rumore ambientale; impatto delle onde sonore nel posto di lavoro:

- riferito al posto di lavoro
- riferito al funzionamento reale
- dipendente dal tempo di immissione
- apporto di tutte le sorgenti sonore

c) Esposizione al rumore; impatto sonoro sulle persone:

- riferito alla persona [in uno o più posti di lavoro o per una persona in movimento (vedere figura 2)]
- riferito al funzionamento reale
- dipendente dal tempo di esposizione
- apporto di tutte le sorgenti sonore

Definizione e valutazione del rischio rumore

D.L.gs 81 del 09/04/08 – Titolo VIII – Capo I

Articolo 180 - Definizioni e campo di applicazione

Per agenti fisici si intendono il **rumore**, gli ultrasuoni, gli infrasuoni,che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori.

Articolo 181 - Valutazione dei rischi

1. Nell'ambito della valutazione.... il datore di lavoro **valuta tutti i rischi derivanti da esposizione ad agenti fisici (rumore) in modo da identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione**

Articolo 182 - Disposizioni miranti ad eliminare o ridurre i rischi

1. Tenuto conto del progresso tecnico **i rischi derivanti dall'esposizione agli agenti fisici sono eliminati alla fonte o ridotti al minimo.**

2. **In nessun caso i lavoratori devono essere esposti a valori superiori ai valori limite di esposizione.** Allorché, nonostante i provvedimenti presii valori limite risultino superati, il datore di lavoro **adotta misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto dei valori limite,** individua le cause e adegua di conseguenza le misure di protezione e prevenzione **per evitare un nuovo superamento.**

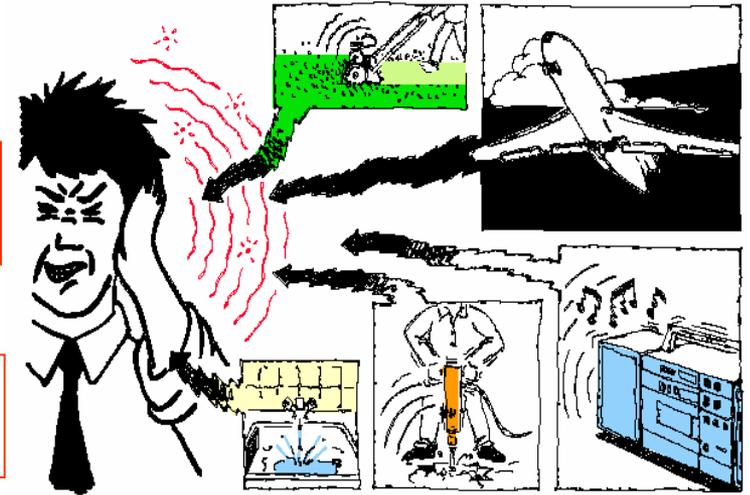
Valutazione del danno e del disturbo

Valutazione del *disturbo* :

unità di misura Lp_A → dBA

Criterio assoluto e Differenziale

Livelli massimi di esposizione dBC



Gli effetti di disturbo e/o rischio di danno uditivo dipendono essenzialmente da tre fattori:

- dall'entità dei livelli sonori (energia);
- dalla distribuzione in frequenza dell'energia (sensibilità dell'orecchio);
- dalla durata dell'esposizione (tempo).

Effetti della durata e dei livelli

Per la misurazione del livello sonoro in ambito lavorativo, e quindi del relativo livello di rischio da esposizione al rumore, occorre tenere conto sia dell'esposizione temporale del lavoratore sia dell'esposizione massima istantanea, a tal fine il Dlgs 81/2008 e s.m.i. (Dlgs 106/2009), **Art. 188**, definisce i seguenti parametri:

- a) **pressione acustica di picco (p_{peak})**: valore massimo della pressione acustica istantanea **ponderata in frequenza "C"**;
- b) **livello di esposizione giornaliera al rumore (LEX,8h)** in dB(A): valore medio, ponderato in funzione del tempo, dei livelli di esposizione al rumore per una giornata lavorativa nominale di otto ore, e si riferisce a tutti i rumori sul lavoro, incluso il rumore impulsivo;
- c) **livello di esposizione settimanale al rumore (LEX,w)**: valore medio, ponderato in funzione del tempo, dei livelli di esposizione giornaliera al rumore per una settimana nominale di cinque giornate lavorative di otto ore.

A questi valori si aggiunge il L_{Ceq} dB(C) valore utile per la determinazione dell'efficienza di attenuazione dei livelli sonori da parte dei DPI.

Articolo 189 - Valori limite di esposizione e valori di azione

1. I valori limite di esposizione e i valori di azione, **in relazione al livello di esposizione giornaliera al rumore e alla pressione acustica di picco**, sono fissati a:

- a) **valori limite $L_{EX} = 87 \text{ dB(A)}$ e $p_{peak} = 200 \text{ Pa}$ (140 dBC)**; ammissibili con idonei dispositivi individuali di protezione auricolare (DPI);
- b) **valori superiori di azione $L_{EX} = 85 \text{ dB(A)}$ e $p_{peak} = 140 \text{ Pa}$ (137 dBC)**;
- c) **valori inferiori di azione $L_{EX} = 80 \text{ dB(A)}$ e $p_{peak} = 112 \text{ Pa}$ (135 dBC)**.

2. Se l'esposizione giornaliera al rumore varia significativamente da una giornata di lavoro all'altra (es. differenza di $\pm 5 \text{ dB}$), è possibile sostituire il livello giornaliero con il **livello di esposizione settimanale** a condizione che:

- a) il livello di esposizione settimanale al rumore, come dimostrato da un controllo idoneo, **non ecceda il valore limite di esposizione di 87 dB(A)** ;
- b) siano adottate le adeguate misure per ridurre al minimo i rischi associati a tali attività.

3. Nel caso di variabilità del livello di esposizione settimanale va considerato **il livello settimanale massimo ricorrente**.

Sintesi degli adempimenti

Si ricorda che:

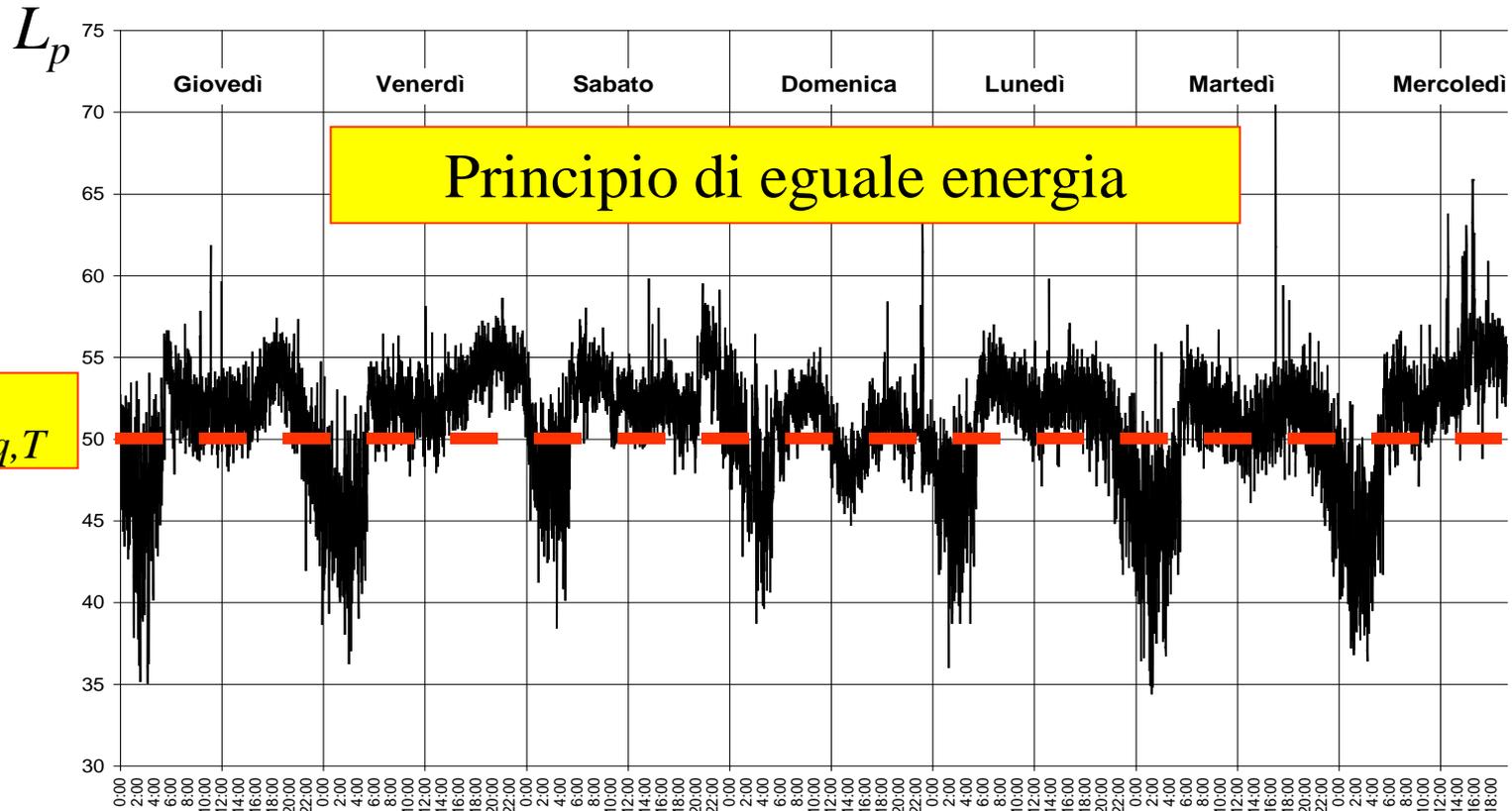
- ai fini della **verifica del rispetto del limite di esposizione** ($L_{ex,8h} = 87$ dBA) si fa riferimento al livello di esposizione stimato con idonei dispositivi di protezione auricolare (DPI) indossati ($L_{EX,8hDPI}$);
- ai fini della **individuazione degli obblighi** che ricadono sui diversi soggetti interessati (datore di lavoro, lavoratore, medico competente), si fa riferimento ai livelli di esposizione calcolati in assenza di DPI ($L_{EX,8h}$ o settimanale);
- il superamento dei livelli di esposizione giornaliera di un lavoratore al rumore ($L_{EX,8h}$) di 80, 85 e 87 dB(A) comporta il diritto/dovere per i vari soggetti (datore di lavoro, lavoratori, medico competente, costruttore ed organo di vigilanza) di adempiere a diverse prescrizioni fissate a tutela della salute.

I parametri acustici

Il livello sonoro continuo equivalente L_{Aeq}

Caratterizza con un solo numero indice un livello sonoro variabile nel tempo i cui effetti, di danno o di disturbo, sono legati al contenuto di energia.

$$L_{A,eq,T} = 10 \lg \left\{ \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt \right\}$$



Il livello sonoro equivalente LEX,8h

Si determina tenendo conto dell'esposizione temporale del lavoratore al rumore nell'arco della giornata lavorativa media ($T_0 = 8$ ore). Per lavoro articolato su 5 giorni settimanali e con esposizione a livelli sonori che non differiscono di oltre 5 dBA tra le differenti giornate lavorative, il livello sonoro è dato da:

$$LEX_{,8h} = L_{Aeq,Te} + 10 \log \left(\frac{T_e}{T_0} \right) \text{ dB(A)}$$

dove

$$L_{Aeq,Te} = 10 \lg [(\sum T_i \cdot 10^{L_{Pi}/10})/T_0]$$

T_e = tempo effettivo di esposizione = $\sum T_i$ sommatoria dei tempi T_i con esposizione ai livelli L_i ;

T_0 è la giornata lavorativa (8 ore); se $T_e = T_0$ allora $LEX_{,8h} = L_{Aeq,Te}$

I valori di T_e (tempo di esposizione effettivo) e T_0 (tempo di riferimento = 480min/g) possono differire a causa di condizioni contrattuali (se $T_e < T_0$), per lavori particolarmente gravosi, o se si prevede l'uso costante di lavoro straordinario (se $T_e > T_0$), ad esempio in cantieri stradali.

Il livello sonoro equivalente LEX,w

Se le condizioni lavorative espongono gli addetti a livelli di rumore variabili, ad es. oltre 5 dBA, tra le differenti giornate lavorative, occorre utilizzare il seguente riferimento di livello sonoro medio settimanale:

$$LEX,w = 10 \log \left[\frac{1}{5} \sum_k 10^{0,1(LEX,8h)_k} \right] \text{ dB(A)}$$

dove: $k = 1, 2, 3, \dots, m$

è il numero dei giorni della settimana lavorativa considerata

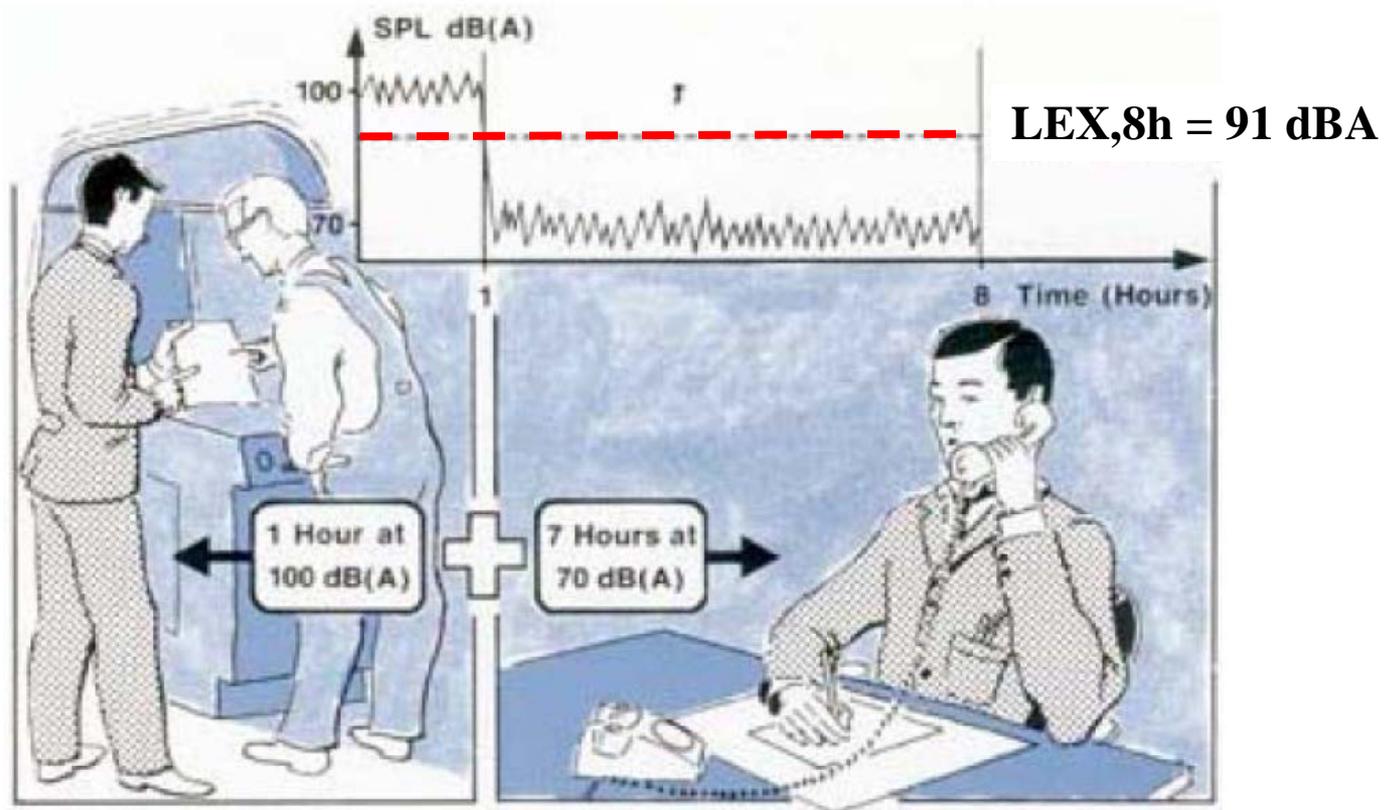
Esempi di calcolo LEX,8h

Supponiamo che il lavoratore durante 8 ore di lavoro sia sottoposto:

- per 3 ore ad un livello $L_{3h} = 75$ dBA
- per 1 ora ad un livello $L_{1h} = 85$ dBA
- per 4 ore ad un livello $L_{4h} = 65$ dBA

Calcolare il livello di esposizione quotidiano LEX,8h.

$$\text{LEX,8h} = 10 \lg [(3 \cdot 10^{7,5} + 1 \cdot 10^{8,5} + 4 \cdot 10^{6,5})/8] = 77,2 \text{ dBA}$$



Esempi di calcolo LEX,W

Supponiamo che il lavoratore durante la settimana di lavoro di 5 giorni sia sottoposto:

- per 2 giorni ad un livello $L = 75$ dBA
- per 1 giorno ad un livello $L = 85$ dBA
- per 2 giorni ad un livello $L = 65$ dBA

Calcolare il livello di esposizione settimanale LEX,W:

$$\mathbf{LEX,W = 10 \lg [(2 \cdot 10^{7,5} + 1 \cdot 10^{8,5} + 2 \cdot 10^{6,5})/5] = 78,9 \text{ dBA}}$$

Il livello sonoro di picco L_{picco} dBC

La norma stabilisce che, oltre ai livelli equivalenti, non possa essere mai superato un livello di **picco pari a 140 dBC** ponderato C (L_{picco} dBC).

Tale livello è definito come:

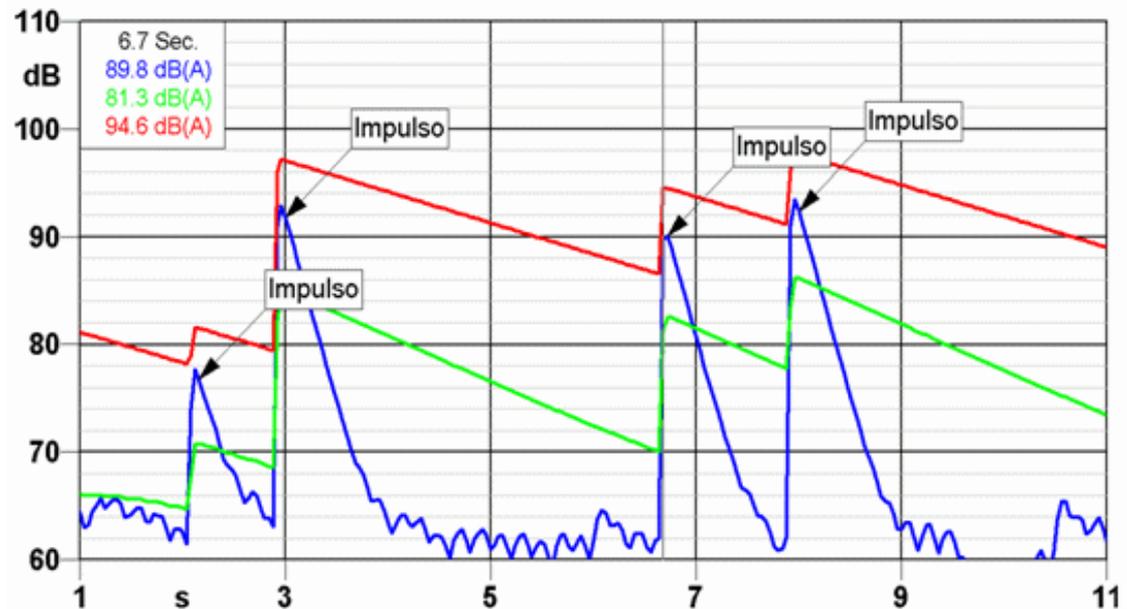
$$L_{picco} = 10 \lg \left(\frac{p_{peak}}{p_{ref}} \right)^2 \quad (dB) = 20 \lg p_{peak} / p_{ref} \quad (dBC)$$

dove:

p_{peak} è la pressione acustica istantanea **ponderata in frequenza "C"**

p_{ref} è la pressione sonora di riferimento a $20 \mu Pa$

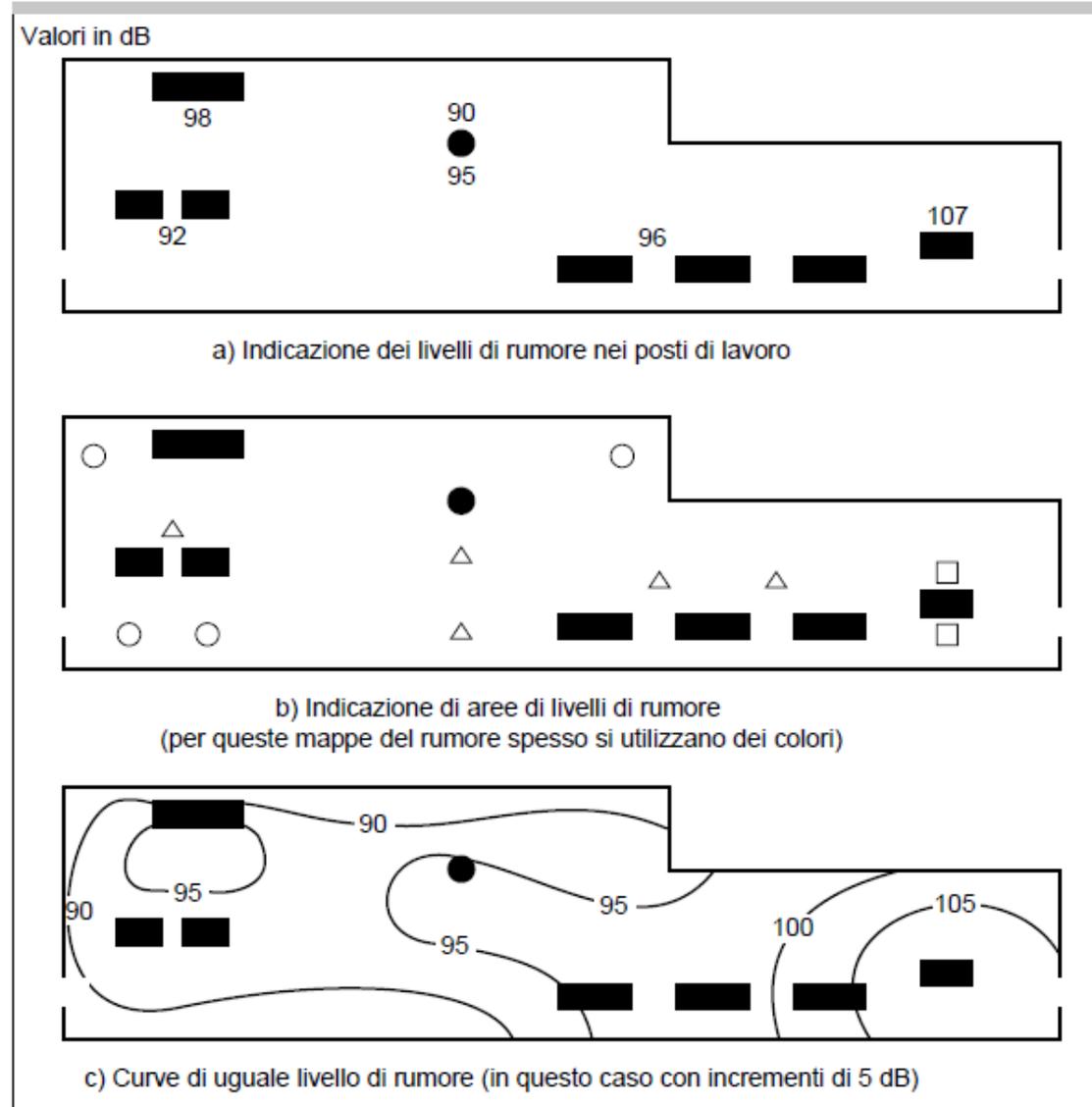
Per valori superiori a
 $L_{EX} = 85 \text{ dB(A)}$ e
 $p_{peak} = 137 \text{ dBC}$



Illustrazioni di differenti mappe del rumore per un determinato ambiente di lavoro

Legenda

- Fino a 90 dB
- △ Da 90 dB a 100 dB
- Oltre i 100 dB



Mappe del rumore

(UNI EN ISO 11690-1)

Al fine di descrivere la situazione di rumorosità in determinate zone di un ambiente di lavoro,

all'interno o all'esterno, si eseguono generalmente le fasi seguenti:

a) definizione dei posti di lavoro e delle relative grandezze di rumore ambientale;

b) definizione, per ogni persona, dei posti di lavoro interessati e delle relative esposizioni

sonore;

c) definizione delle sorgenti sonore e delle relative grandezze di emissione del rumore.

Questi dati possono essere elencati in una scheda informativa del rumore e riportati anche in mappe del rumore per singole lavorazioni, molto utili nella valutazione previsionale nei cantieri.

TITOLO IV – CANTIERI TEMPORANEI O MOBILI

N° 3 CAPI - N° 73 articoli (da art. 88 a art. 160)

CAPO I – MISURE PER LA SALUTE E SICUREZZA NEI CANTIERI TEMPORANEI O MOBILI

Articolo art. 190 c.5-bis - Modalità di previsione dei livelli di emissione sonora

1. L'emissione sonora di attrezzature di lavoro, macchine e impianti **può essere stimata in fase preventiva facendo riferimento a livelli di rumore standard individuati da studi e misurazioni** la cui validità è riconosciuta dalla Commissione consultiva permanente, riportando la fonte documentale cui si è fatto riferimento.

Prime indicazioni applicative per la corretta applicazione dei Capi I, II e III del Titolo VIII del D.Lgs. 81/2008 riguardante la prevenzione e la protezione dai rischi di esposizione ad agenti fisici nei luoghi di lavoro, elaborate dal Comitato Tecnico Interregionale della Prevenzione nei Luoghi di Lavoro e da ISPESL (versione luglio 2008)

LA VALUTAZIONE DELL'INQUINAMENTO ACUSTICO PRODOTTO DAI CANTIERI EDILI – Conoscere per prevenire - Comitato paritetico territoriale per la prevenzione infortuni, l'igiene e l'ambiente di lavoro di Torino e Provincia

ALLEGATO XV CONTENUTI MINIMI DEI PIANI DI SICUREZZA NEI CANTIERI TEMPORANEI O MOBILI

b) **procedure**: le modalità e le sequenze stabilite per eseguire un determinato lavoro od operazione;

.....

d) **attrezzatura di lavoro**: qualsiasi macchina, apparecchio, utensile o impianto destinato ad essere usato durante il lavoro;

.....

g) **cronoprogramma dei lavori**: programma dei lavori in cui sono indicate, in base alla complessità dell'opera, le lavorazioni, le fasi e le sottofasi di lavoro, la loro sequenza temporale e la loro durata;



La relazione tecnica deve consentire al datore di lavoro di individuare le attività rumorose e i lavoratori che le svolgono, così da poter provvedere alla redazione del **documento di valutazione del rischio** secondo la legislazione vigente.



Valutazione previsionale del rischio rumore con il cantiere da allestire mediante software di calcolo

Valutazione del rischio rumore con il cantiere in funzione mediante misurazioni fonometriche

Valutazione previsionale del rischio rumore

2. PIANO DI SICUREZZA E DI COORDINAMENTO

2.2.3. In riferimento alle lavorazioni, il coordinatore per la progettazione suddivide le singole lavorazioni in fasi di lavoro, ed effettua l'analisi dei rischi aggiuntivi, rispetto a quelli specifici propri dell'attività delle imprese esecutrici o dei lavoratori autonomi, connessi in particolare ai seguenti elementi:

1) **al rischio rumore;**

.....

3.2.1. **Il POS é redatto** a cura di ciascun datore di lavoro delle imprese esecutrici, **in riferimento al singolo cantiere interessato;** esso contiene almeno i seguenti elementi:

.....

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

g) l'individuazione delle misure preventive e protettive, integrative rispetto a quelle contenute nel PSC quando previsto, adottate in relazione ai rischi connessi alle proprie lavorazioni in cantiere;

.....

i) **l'elenco dei dispositivi di protezione individuale (DPI)** forniti ai lavoratori occupati in cantiere;

Articolo 190 - Valutazione del rischio

1. Nell'ambito di quanto previsto dall'articolo 181, **il datore di lavoro valuta l'esposizione dei lavoratori al rumore durante il lavoro**
2. Se, a seguito della valutazione, può fondatamente **ritenersi che i valori inferiori di azione possono essere superati** ($L_{EX} = 80$ dBA) e $p_{peak} = 112$ Pa (135 dBC), **il datore di lavoro misura i livelli di rumore** cui i lavoratori sono esposti, **i cui risultati sono riportati nel documento di valutazione** di cui all'articolo 28.
3. I metodi e le strumentazioni utilizzati devono essere adeguati alle caratteristiche del rumore da misurare,..... e possono includere **la campionatura, purché sia rappresentativa dell'esposizione del lavoratore.**
4. Nell'applicare quanto previsto nel presente articolo, il datore di lavoro **tiene conto dell'incertezza delle misure** determinate secondo la prassi metrologica.

Articolo 191 - Valutazione di attività a livello di esposizione molto variabile

1. Fatto salvo il divieto al superamento dei valori limite di esposizione, per attività che comportano un'elevata fluttuazione dei livelli di esposizione personale dei lavoratori, il datore di lavoro **può attribuire a detti lavoratori un'esposizione al rumore al di sopra dei valori superiori di azione**, garantendo loro le misure di prevenzione e protezione conseguenti e in particolare:

a) la disponibilità dei dispositivi di protezione individuale dell'udito;
b) l'informazione e la formazione;

c) il controllo sanitario. In questo caso la misurazione associata alla valutazione si limita a determinare il livello di rumore prodotto dalle attrezzature nei posti operatore ai fini dell'identificazione delle misure di prevenzione e protezione e per formulare il programma delle misure tecniche e organizzative di cui all'articolo 192, comma 2.

2. Sul documento di valutazione di cui all'articolo 28, a fianco dei nominativi dei lavoratori così classificati, va riportato il riferimento al presente articolo.

Articolo 192 - Misure di prevenzione e protezione

1.il datore di lavoro elimina i rischi alla fonte o li riduce al minimo mediante specifiche misure (adozione di altri metodi di lavoro che implicano una minore esposizione al rumore; scelta di attrezzature di lavoro adeguate, che emettano il minor rumore possibile; progettazione della struttura dei luoghi e dei posti di lavoro; ecc.).
2. Se a seguito della valutazione dei rischi risulta che **i valori superiori di azione sono superati $L_{EX} = 85 \text{ dB(A)}$ e $p_{peak} = 140 \text{ Pa (137 dB(C))}$** , il datore di lavoro elabora ed applica un programma di misure tecniche e organizzative volte a ridurre l'esposizione al rumore, oltre a quelle già adottate di cui al punto 1;
3. I luoghi di lavoro dove i lavoratori possono essere esposti ad un rumore **al di sopra dei valori superiori di azione $L_{EX} = 85 \text{ dB(A)}$ e $p_{peak} = 140 \text{ Pa (137 dB(C))}$ sono indicati da appositi segnali**. Dette aree sono inoltre delimitate e l'accesso alle stesse è limitato, ove ciò sia tecnicamente possibile e giustificato dal rischio di esposizione.



Articolo 193 - Uso dei dispositivi di protezione individuali (DPI): **solo se con le misure preventive non si riesce ad evitare i rischi**

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

a) nel caso in cui l'esposizione al rumore superi i valori inferiori di azione $L_{EX} = 80 \text{ dB(A)}$ e $p_{peak} = 135 \text{ dBC}$ il datore di lavoro mette a

disposizione dispositivi di protezione individuale dell'udito;

b) nel caso in cui l'esposizione al rumore sia pari o al di sopra dei valori superiori di azione $L_{EX} = 85 \text{ dB(A)}$ e $p_{peak} = 137 \text{ dBC}$ esige che i lavoratori utilizzino i dispositivi di protezione;

2. Il datore di lavoro tiene conto dell'attenuazione prodotta dai DPI indossati dal lavoratore solo ai fini di valutare l'efficienza dei DPI e il rispetto del valore limite di esposizione. I mezzi individuali di protezione dell'udito sono considerati adeguati se mantengono un livello di rischio uguale od inferiore ai livelli inferiori di azione $L_{EX} = 80 \text{ dB(A)}$ e $p_{peak} = 135 \text{ dBC}$.

Obblighi per tutte le attività soggette, qualunque sia il livello di esposizione dei lavoratori

IL DATORE DI LAVORO

- **effettua la valutazione del rischio** di esposizione al rumore (art. 190, comma 1);
- **redige il documento di valutazione** (art. 190, comma 2);
- **elimina i rischi alla fonte o li riduce** in ogni caso a livelli non superiori ai valori limite di esposizione (art. 182), mediante le seguenti misure (art. 192, comma 1):
 - a. adozione di metodi di lavoro con minore esposizione al rumore;
 - b. scelta di attrezzature di lavoro che emettano il minor rumore possibile.
 - c. progettazione della struttura dei luoghi e dei posti di lavoro;
 - d. adeguata informazione/formazione sull'uso corretto delle attrezzature di lavoro;
 - e. adozione di misure tecniche per il contenimento:
 1. del rumore trasmesso per via aerea (schermature, rivestimenti con materiali fonoassorbenti, ecc.);
 2. del rumore strutturale (sistemi di smorzamento o di isolamento);
 - f. opportuni programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro;
 - g. riduzione del rumore mediante una migliore organizzazione del lavoro e l'adozione di orari di lavoro appropriati, con sufficienti periodi di riposo.

LEX,8h > 80 dB(A), ppeak > 135 dB(C)

Valori inferiori di azione

IL DATORE DI LAVORO

- **mette a disposizione** dei lavoratori DPI dispositivi di protezione individuale dell'udito (art. 193, comma 1, lettera a)
- garantisce la formazione e l'informazione dei lavoratori (art 195);
- **elabora ed applica un programma di misure tecniche e organizzative volte a ridurre l'esposizione al rumore;**
- nel caso in cui la sorveglianza sanitaria riveli in un lavoratore un'alterazione apprezzabile dello stato di salute correlata ai rischi lavorativi, il datore di lavoro provvede a (art.185, comma 2):
 - a. sottoporre a revisione la valutazione del rischi;
 - b. sottoporre a revisione le misure predisposte per eliminare o ridurre i rischi;
 - c. tiene conto del parere del medico competente nell'attuazione delle misure necessarie per eliminare o ridurre il rischio;
- Può richiedere deroghe all'uso dei DPI e al rispetto del valore limite di esposizione, quando l'utilizzazione di tali dispositivi potrebbe comportare rischi per la salute e sicurezza dei lavoratori maggiori rispetto a quanto accadrebbe senza la loro utilizzazione (art. 197, comma 1);
- In caso di deroga assicura l'intensificazione della sorveglianza sanitaria ed il rispetto delle condizioni indicate nelle deroghe (art. 197, comma 3).

LEX,8h > 85 dB(A), ppeak > 137 dB(C)

Valori superiori di azione

IL DATORE DI LAVORO

- espone appositi segnali nei luoghi di lavoro dove i lavoratori possono essere esposti ad un rumore al di sopra dei valori superiori di azione. Dette aree sono inoltre delimitate e l'accesso alle stesse è limitato, ove ciò sia tecnicamente possibile e giustificato dal rischio di esposizione (art. 192, comma 3);
- **esige** che i lavoratori utilizzino i dispositivi di protezione individuale dell'udito (art. 193, comma 1, lettera b);
- sottopone a sorveglianza sanitaria i lavoratori (art. 196, comma 1);
- assicura l'intensificazione della sorveglianza sanitaria nel caso di richiesta di deroga all'uso dei DPI (art. 197, comma 3).

IL LAVORATORE

- attua gli obblighi precedentemente per lui descritti.

LEX,8h > 87 dB(A), ppeak > 140 dB(C) Valori limite di esposizione

Articolo 194 - Misure per la limitazione dell'esposizione: il superamento dei limiti di esposizione comporta l'arresto dell'attività fino a che non si riportano i livelli di esposizione al disotto del limite.

Fermo restando l'obbligo del non superamento dei valori limite di esposizione $L_{EX} = 87 \text{ dB(A)}$ e $p_{peak} = 140 \text{ dB(C)}$, se, nonostante l'adozione delle misure, si individuano esposizioni superiori a detti valori, **IL DATORE DI LAVORO:**

- a) adotta misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto dei valori limite di esposizione;
- b) individua le cause dell'esposizione eccessiva;
- c) modifica le misure di protezione e di prevenzione per evitare che la situazione si ripeta.

Riepilogo obblighi del datore di lavoro

Supero i valori inferiori d'azione

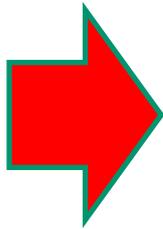


elaboro ed applico un programma di misure tecniche e organizzative volte a non superare i valori inferiori. Se non ottengo i risultati metto a disposizione i DPI.

Supero i valori superiori d'azione



Supero i valori limite



il datore di lavoro adotta misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto dei valori limite

La Relazione tecnica con misure (obbligatorie quando si superano 80 dBA) deve contenere:

- Dati della ditta, e descrizione dell'attività del cantiere;
- Organico dei lavoratori in forma tabellare e orario di lavoro;
- Layout del cantiere con pianta, posizione dei macchinari e legenda, posizione dei punti di misura, ecc.;
- Tempi di utilizzo delle varie macchine;
- Valutazione dei rischi potenzianti (ototossici, vibrazioni, segnali ...)
- Strumentazione impiegata, condizioni di misura e Risultati delle misurazioni fonometriche (LAeq, LCeq, Lpicco,C) per ciascuna attività;
- Determinazione dell'incertezza di misura;
- Calcolo dei LEX (giornalieri/settimanali) per ciascun lavoratore ed attività svolta;
- Valutazione dell'efficacia dei DPI-u (per LEX > 80 dBA)
- Valutazione del rispetto dei Valori Limite Esposizione (per LEX > 87 dBA)
- Conclusioni (quadro sinottico del rischio con i dati acustici e delle condizioni a contorno, aree con LAeq > 85 dB(A) o Lpicco,C > 137 dB(C), suggerimenti per la riduzione del rischio con indicazioni specifiche per la riduzione del rischio in applicazione dell'art.49 sexies,DLgs.626/94....)

La Relazione tecnica senza misure (quando non si superano 80 dBA) deve contenere:

- Dati della ditta, e descrizione dell'attività del cantiere;
- Organico dei lavoratori in forma tabellare e orario di lavoro;
- Layout del cantiere con pianta, posizione dei macchinari e legenda, ecc.;
- Tempi di utilizzo delle varie macchine;
- Valutazione della presenza di rischi potenzianti (ototossici, vibrazioni, segnali ...);
- Indicazioni delle motivazioni che escludono il superamento dei Valori di Azione;
- Calcolo dei LEX (giornalieri/settimanali) che dimostra il non superamento di 80 dBA;
- Conclusioni (quadro sinottico del rischio con i dati acustici e delle condizioni a contorno, suggerimenti per la riduzione del rischio con indicazioni specifiche per la riduzione del rischio in applicazione dell'art.49 sexies, DLgs.626/94....)

Riferimento per rumore inferiore a 80 dBA

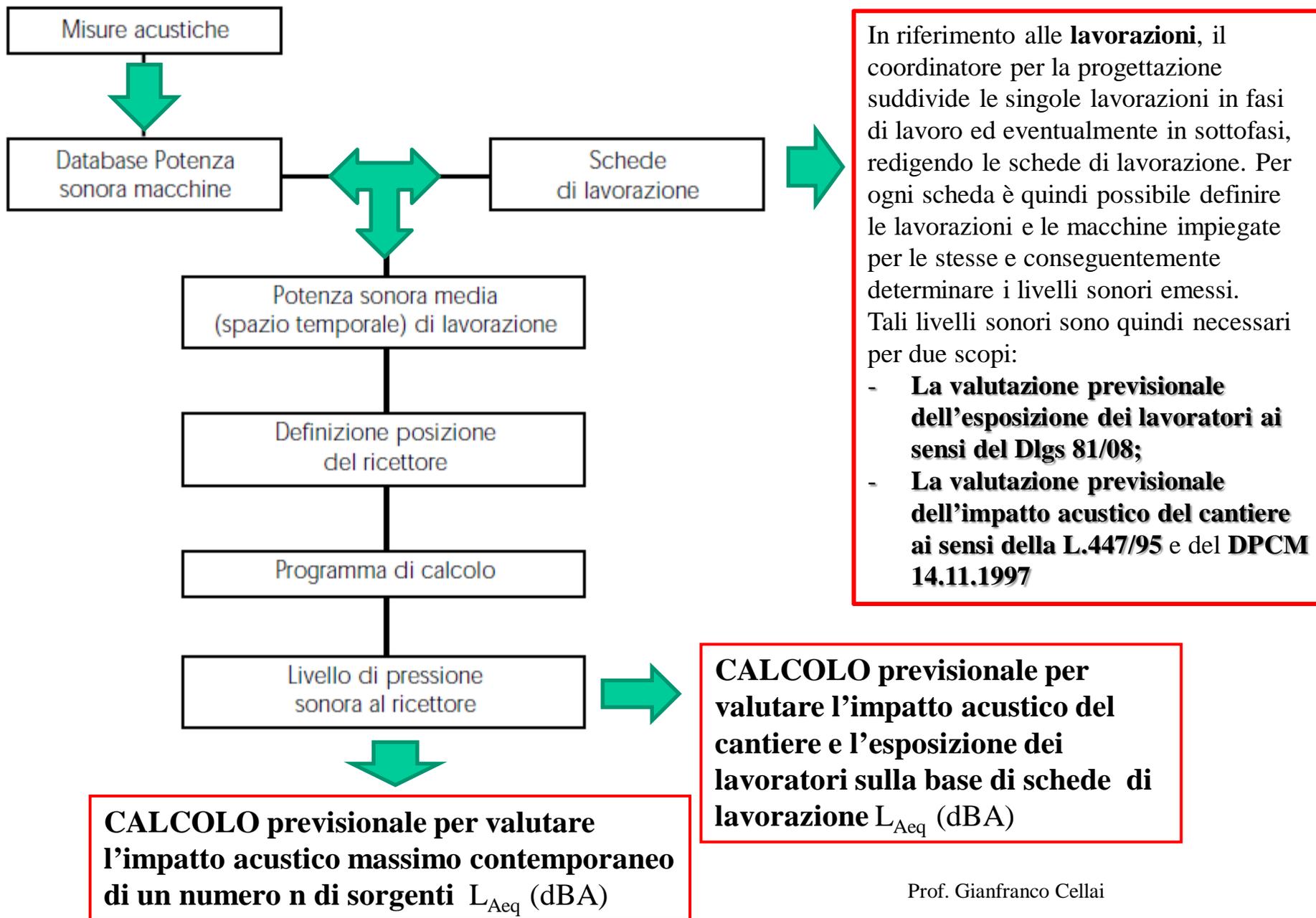
<i>Per avere $L_{EP} > 80$ dB(A) bastano:</i>	<i>Livello di rumore tipico di:</i>
30 minuti a 92 dB(A)	saldatori, uso di mazze con scalpelli per lavori edili, trattori non cabinati ...
15 minuti a 95 dB(A)	avvitadadi, smerigliatrici di testa, seghe circolari per taglio alluminio ...
8 minuti a 98 dB(A)	smerigliatrici angolari a disco, martelli demolitori, taglio jolly ceramici ...

Tabella di classificazione di attività e mansioni ai fini dell'obbligo di misurazione strumentale

Attività che generalmente non superano gli 80 dB(A) e per le quali generalmente non ricorre l'obbligo della misurazione strumentale	Attività per le quali le conoscenze attualmente disponibili non consentono un inquadramento predefinito	Attività che generalmente superano gli 80 dB(A) e per le quali generalmente ricorre l'obbligo della misurazione strumentale
Edilizia		
<ul style="list-style-type: none"> • Imbianchini 	<ul style="list-style-type: none"> • Intonacatori 	<ul style="list-style-type: none"> • Carpenteri edili • Costruttori edili, muratori • Costruzione prefabbricati • Lavorazione terracotta (fornaci) • Lavori stradali • Levigatori • Marmisti • Lavorazione lapidei • Pavimentatori, piastrellisti • Perforazioni suolo, pozzi

Strumenti e metodi di valutazione previsionale dei livelli sonori

Diagramma di flusso per la valutazione dei rischi rumore



La documentazione della relazione tecnica previsionale dell'impatto acustico del cantiere: il disturbo verso terzi

a) Generalità

- oggetto: tipologia del cantiere (ad esempio: fabbricato civile, industriale, stradale.../costruzione, rifacimento, manutenzione...)
- proprietà: generalità della proprietà
- impresa: generalità, ragione sociale, legale rappresentante, sede sociale...
- ubicazione: indirizzo del cantiere da installare
- zona urbana: indicare la classe acustica assegnata alla zona urbana dove si installa il cantiere (6 classi) dal D.P.C.M. 14.11.1997 ;
- durata: venga precisato il periodo di tempo complessivo dell'attività cantieristica: inizio/fine
- giorni lavorativi: per esempio dal lunedì al venerdì (o quanto necessario, con specifiche giustificative in caso di eventuali eccezioni)
- orario: inizio/pausa/fine (o quanto necessario, con specifiche giustificative in caso di eventuali eccezioni)
- estremi della autorizzazione comunale del progetto edilizio o quanto necessario

b) descrizione dei lavori da compiere

c) cronoprogramma per punti in relazione alle attività previste da svolgere

d) Planimetrie almeno due: la prima di inquadramento generale d'insieme dell'ubicazione del cantiere rispetto al tessuto urbano; la seconda, più in dettaglio, in cui si evidenzia l'estensione del cantiere nel contesto del contorno, vale a dire rispetto alle adiacenze urbane, con particolare riguardo alla indicazione delle realtà sensibili (quali ospedali, scuole, istituti, cliniche...) e alla valutazione delle distanze intercorrenti nei confronti di edifici e spazi utilizzati da persone e comunità e degli ambienti abitativi maggiormente sottoposti al rumore proveniente dal cantiere. Qualora sia necessario per una migliore comprensione, si potrà anche aggiungere una breve descrizione dei luoghi.

e) elenco di macchine e impianti utilizzati, in relazione alle diverse fasi di lavoro e alle sovrapposizioni di utilizzo, con l'indicazione e la descrizione delle caratteristiche acustiche delle sorgenti rumorose, e quando sia il caso, l'eventuale aumento del traffico stradale indotto dall'installazione.

f) relazione tecnico descrittiva, dove vengano riportati i livelli delle emissioni del cantiere con particolare attenzione ai potenziali disturbati, nonché le operazioni, gli accorgimenti organizzativi, le cautele, le eventuali bonifiche o sistemi di insonorizzazione previsti che si ritiene di mettere in atto per ovviare nel miglior modo possibile all'eventuale disturbo indotto dall'installazione del cantiere.

Riferimenti legislativi e criteri di valutazione del disturbo

Le valutazioni della rumorosità immessa in esterno da cantieri, sono eseguite per determinare il livello sonoro L_{Aeq} (dBA), da confrontare con valori di riferimento secondo due criteri di valutazione del disturbo (v. DPCM 14.11.97) :

- **il criterio del differenziale,**
- **il criterio del livello assoluto di pressione sonora.**

In base al **criterio differenziale**, il livello di pressione sonora ambientale L_A , misurato in dBA, all'interno del locale disturbato con impianti accesi, non deve essere superiore a 5 dB nel periodo diurno (06 -22) ed a 3 dB nel periodo notturno (22 - 06) al livello sonoro residuo L_R presente nel medesimo locale ad impianto spento. Inoltre, il valore misurato deve essere eventualmente corretto per la presenza di componenti impulsive e/o tonali e/o a bassa frequenza durante la notte.

La valutazione di tali componenti si effettua in base al testo del DM 16.3.98 (*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico*). Non essendo noti i valori della rumorosità all'interno dei locali potenzialmente disturbati, si può fare riferimento al fatto che all'art.4 punto 2a) del DPCM 14.11.97, viene indicato che si ritiene trascurabile ogni effetto di disturbo “*se il rumore misurato a finestre aperte sia inferiore a 50 dBA durante il periodo diurno e 40 dBA nel periodo notturno*”.

Il **criterio assoluto** è basato sul confronto tra al rumore immesso nell'ambiente esterno da parte della totalità delle sorgenti sonore ivi presenti ed il livello limite massimo d'immissione desunto dalla classificazione acustica del territorio.

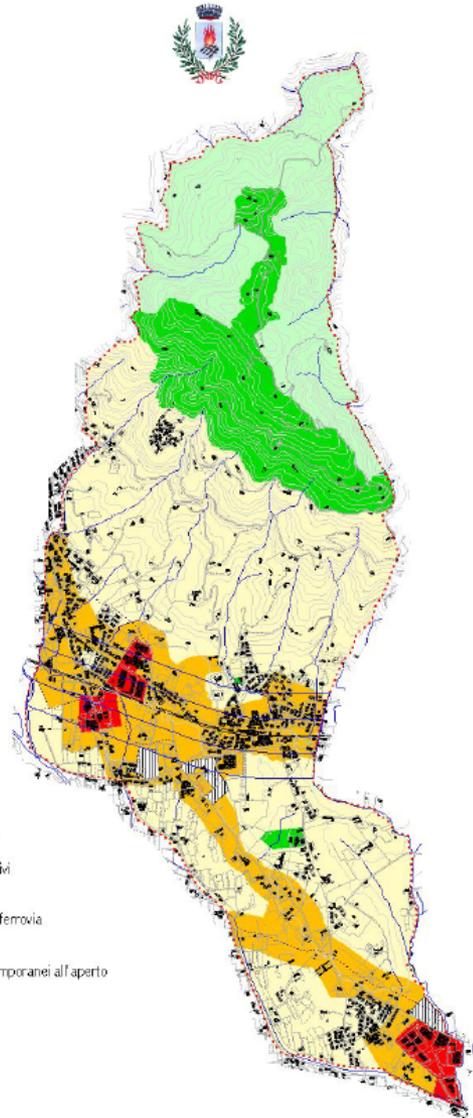
Durante il periodo nel quale gli impianti sono funzionanti, i risultati delle simulazioni sono quindi confrontati: con i valori limite d'immissione sonora della classificazione acustica nelle zone dove è consentita la permanenza delle persone; con i valori in facciata agli edifici per quanto attiene l'assenza di disturbo all'interno dei locali.

La classificazione acustica del territorio

Esempio di PCCA

La limitazione del rumore mediante la classificazione acustica del territorio:

Per ogni zona sono imposti i limiti seguenti



LEGENDA

- Limiti Amministrativi
- Asse di progetto
- Fasce pertinenza ferrovia
- Area spettacoli temporanei all'aperto
- Classe I
- Classe II
- Classe III
- Classe IV
- Classe V

Classi	Tempi di riferimento	
	Diurno (6-22)	Notturno (22-6)
I	50	40
II	55	45
III	60	50
IV	65	55
V	70	60
VI	70	70

Classi	Tempi di riferimento	
	Diurno (6-22)	Notturno (22-6)
I	45	35
II	50	40
III	55	45
IV	60	50
V	65	55
VI	65	65

Classi	Tempi di riferimento	
	Diurno (6-22)	Notturno (22-6)
I	60	45
II	65	50
III	70	55
IV	75	60
V	80	65
VI	80	75

Classi	Tempi di riferimento	
	Diurno (6-22)	Notturno (22-6)
I	47	37
II	52	42
III	57	47
IV	62	52
V	67	57
VI	70	70

Correzioni alle misure di pressione sonora per gli effetti di disturbo

(Decreto 16/3/98)

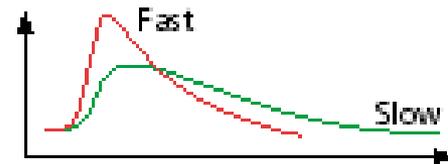
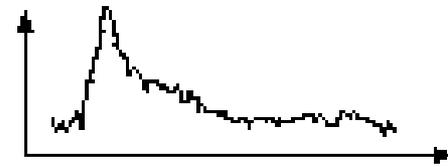
Componenti impulsive

Evento ripetitivo;

Differenza tra L_{AImax} e L_{ASmax} superiore a 6 dB;

Durata dell'evento a -10 dB dal valore L_{AFmax}

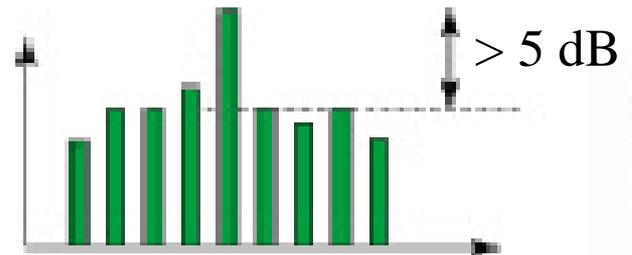
inferiore a 1 s. Correzione $K_I = +3$ dB



Componenti tonali

Livello minimo di una banda supera i livelli minimi delle bande adiacenti di almeno 5 dB.

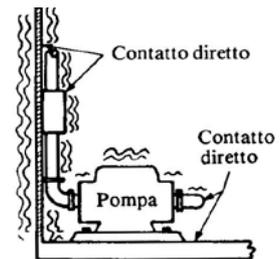
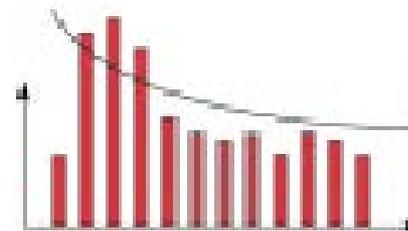
Correzione $K_T = +3$ dB



Componenti in bassa frequenza

Presenza di componenti tonali nell'intervallo di frequenze compreso fra 20 Hz e 200 Hz, esclusivamente nel tempo di riferimento notturno.

Correzione $K_B = +3$ dB



DOMANDA PER ATTIVITA' RUMOROSA TEMPORANEA

Prevede siano prodotti i seguenti documenti:

1. Relazione descrittiva dell'attività che si intende svolgere, redatta da tecnico competente ai sensi dell'Art. 16 della LR. 89/98 e s.m.i.contenente:

1.1. elenco degli accorgimenti tecnici e procedurali che saranno adottati per la limitazione del disturbo e la descrizione delle modalità di realizzazione;

1.2. pianta dettagliata e aggiornata dell'area dell'intervento con l'identificazione degli edifici di civile abitazione potenzialmente disturbati e con l'indicazione della classe acustica della zona secondo il DPCM 14/11/97;

1.3. durata prevista del cantiere;

1.4. eventuale articolazione temporale e durata delle varie attività del cantiere;

1.5. limiti richiesti e la loro motivazione, per ognuna delle attività diverse previste;

1.6. per i cantieri una relazione che attesti l'eventuale conformità a norme nazionali e comunitarie di limitazione delle emissioni sonore, nonché un elenco dei livelli di emissione sonora delle macchine che si intende utilizzare e per le quali la normativa nazionale prevede l'obbligo di certificazione acustica (D.M. 588/87, D.lgs 135/92 e D.lgs 137/92).

occorre pertanto:

1. individuare i valori sonori di emissione ed immissione in corrispondenza delle facciate degli edifici maggiormente esposti;
2. confrontare tali valori con i limiti di zona desunti dalla classificazione acustica;
3. valutare il superamento o meno dei limiti ed eventualmente richiedere in deroga i limiti derivanti dalle necessità lavorative;
4. descrivere conseguentemente gli eventuali interventi per la riduzione della rumorosità immessa nell'ambiente esterno al fine di rispettare i limiti richiesti in deroga.

Principi di intervento per ridurre l'esposizione al rumore

A partire dalla valutazione dell'esposizione al rumore **il datore di lavoro elabora ed applica un programma** di misure tecniche e organizzative volte a ridurre l'esposizione al rumore.

Il principio cui il programma si attiene è quello classico delle azioni di risanamento, adottando gli interventi secondo i seguenti criteri di priorità:

1. Interventi sulla sorgente di rumore; ovvero uso di macchine certificate con livelli sonori contenuti, e organizzazione delle fasi di lavorazione e del cantiere;
2. Interventi sulle vie di propagazione; ovvero barriere acustiche;
3. Interventi sul ricettore/individuo, ovvero dotazione dei DPI.

Il programma deve contenere almeno i seguenti elementi:

- elenco delle attività per le quali vi è il superamento dei valori superiori di azione, descritti tanto con i livelli equivalenti che di picco presenti che per i tempi di esposizione a tali livelli;
- misure tecniche e/o organizzative che si intendono adottare;
- risultati attesi a seguito delle suddette misure in termini di LEX,8h e/o Lpicco,C;
- tempi di attuazione;
- modalità di verifica dei risultati;
- data e risultati della verifica.

Indicazioni tecniche, criteri e prescrizioni da applicare in un cantiere edile al fine del contenimento delle emissioni rumorose nei confronti di soggetti esterni

Scelte strategiche generali d'intervento: sintesi metodologica e obiettivi
di seguito si elenca la strategia di riduzione del rumore che si intende adottare:

- a) Eseguire la valutazione del rumore di immissione delle macchine;
- b) Prendere in considerazione provvedimenti di riduzione quali:

all'esterno

- interventi sulle sorgenti (macchine silenziate di tipo elettrico);
- interventi sulle vie di propagazione (uso di barriere);

all'interno

- mantenimento delle finestre chiuse nelle zone di intervento con demolizioni e, in assenza dei serramenti, applicazioni di tamponamenti provvisori (isolamento acustico di facciata del complesso da ristrutturare);
- c) manutenzione ed efficientamento delle apparecchiature;
 - d) organizzazione del lavoro;
 - e) monitoraggio dei livelli di rumorosità durante l'esecuzione di lavorazioni particolarmente rumorose.

Principali azioni per il controllo del rumore dei cantieri

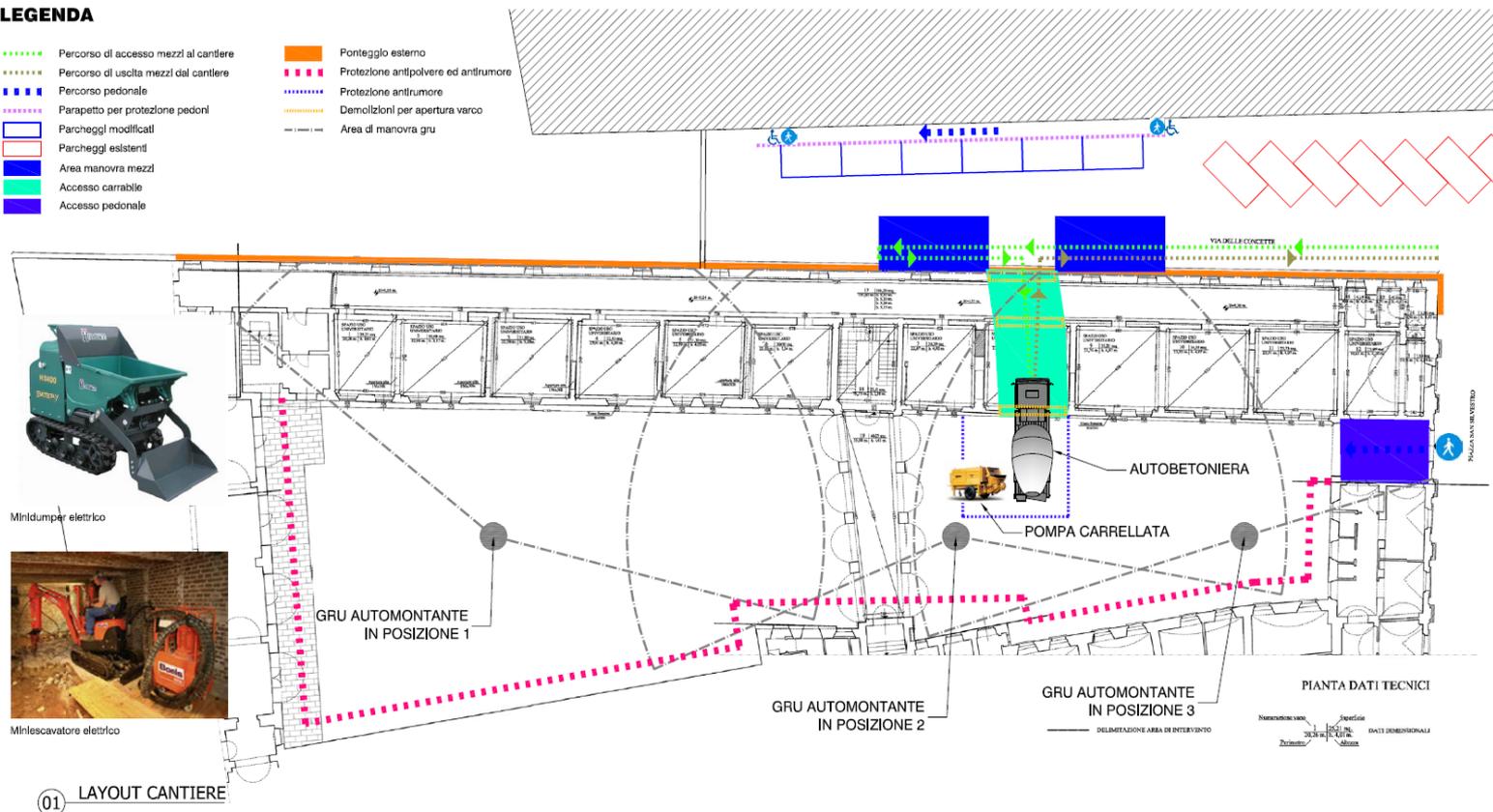
- Ubicazione impianti e lavorazioni
- Macchinari ed attrezzature silenziose
- Adottare opere di mitigazione
- Adottare modalità operative adeguate

Layout area di cantiere

1. Localizzazione degli impianti fissi più rumorosi alla massima distanza dai ricettori
2. Orientamento degli impianti che hanno un'emissione direzionale in modo da ottenere, lungo l'ipotetica linea congiungente la sorgente con il ricettore, il livello minimo di pressione sonora

LEGENDA

	Percorso di accesso mezzi al cantiere		Ponteggio esterno
	Percorso di uscita mezzi dal cantiere		Protezione antipolvere ed antirumore
	Percorso pedonale		Protezione antirumore
	Parapetto per protezione pedoni		Demolizioni per apertura varco
	Parcheggi modificati		Area di manovra gru
	Parcheggi esistenti		
	Area manovra mezzi		
	Accesso carrabile		
	Accesso pedonale		



Modalità Operative

- Preferenza per le sole lavorazioni nel periodo di riferimento diurno.
- Imposizione di direttive agli operatori
- Preferenza dell'uso per il caricamento di pale e non di escavatori
- Manutenzione delle attrezzature
- Deposito temporaneo inerti utilizzato come barriera acustica
- Uso di barriere acustiche mobili
- Programmare le operazioni più rumorose nei momenti in cui sono più tollerabili
- Operazioni di carico con tecniche di convogliamento materiali diverse dalle macchine di movimento terra quali nastri trasportatori, tramogge, ecc..
- I percorsi destinati ai mezzi, in ingresso e in uscita dal cantiere, siano individuati e delimitati

Criteri di scelta delle macchine e delle attrezzature

Impiego di macchine e attrezzature che rispettano i limiti di emissione sonora previsti per la messa in commercio dalla normativa nazionale e comunitaria vigente, da almeno 3 anni alla data di esecuzione dei lavori.

Preferenza per l'uso di macchine movimento terra ed operatrici gommate, piuttosto che cingolate.

Utilizzo di impianti fissi, gruppi elettrogeni e compressori insonorizzati e se possibile schermati.

Pala cingolata



Pala gommata



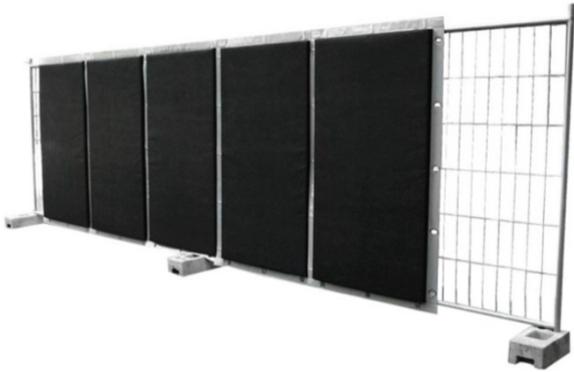
Interventi sulle sorgenti

All'interno del cantiere, le macchine opereranno in conformità alle direttive CE in materia di emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto, così come recepite dalla legislazione italiana (DM n. 588/87, DLgs n. 135/92 e Dlgs n. 137/92). In particolare si prevede l'uso di miniescavatori e minidumper elettrici e di una pompa carrellata che si posizionerà nelle zone a ridosso delle lavorazioni e quindi lontano dai ricettori sensibili.



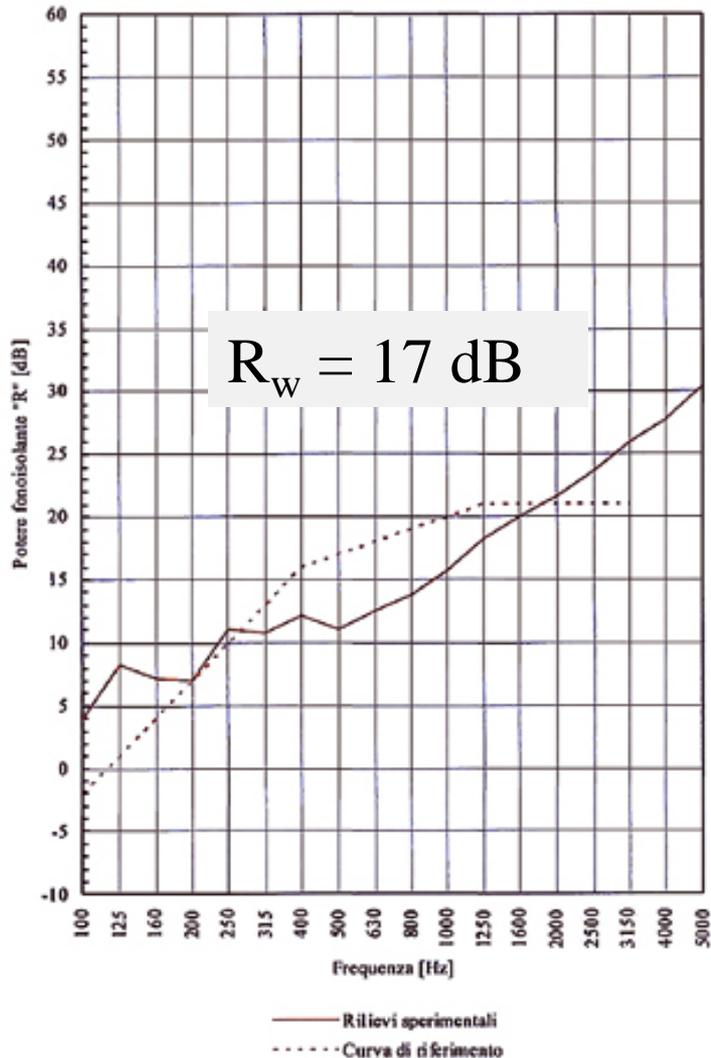
Interventi sulle vie di propagazione: barriere fisse e mobili

Per la protezione acustica (e da polveri) di singole aree di lavorazione e/o degli edifici esistenti si prevede la realizzazione di barriere mobili per le lavorazioni più rumorose sui ponteggi e nell'area di cantiere in prossimità delle sorgenti (maggiore efficacia della schermatura), posta a delimitazione di tutta l'area del cantiere avente altezza non inferiore a 3 m.



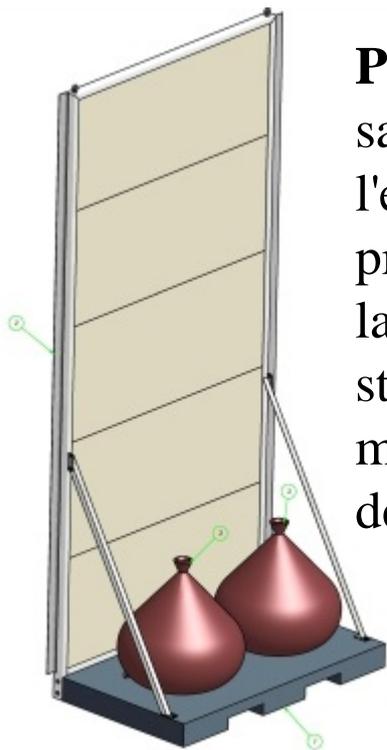
Le barriere mobili, realizzate da singoli moduli verticali sono installati in serie per formare delle pareti continue e creare delle aree silenziose. Considerato il contesto in cui si andrà ad operare, le barriere antirumore da cantiere proposte rappresentano la soluzione più efficace al contenimento del disturbo e dell'inquinamento acustico generato dalle attività.

Barriere mobili fonoassorbenti



Elementi modulari costituiti da due strati di tessuto vinilico termosaldato (di cui uno microforato) con interposto materiale fonoassorbente in fibra sintetica antimuffa idrorepellente.

Barriere mobili fonoassorbenti



Pannello fonoisolante
sandwich realizzato con
l'esterno in lamiera zincata
preverniciata, liscia su un
lato e forata sull'altro, e
strato interno in lana
minerale resinata ad alta
densità.

larghezza 2,4m
altezza da 3 a 6m

Fonoisolamento
pannello $R_w = 32$ dB

$R_w = 42$ dB



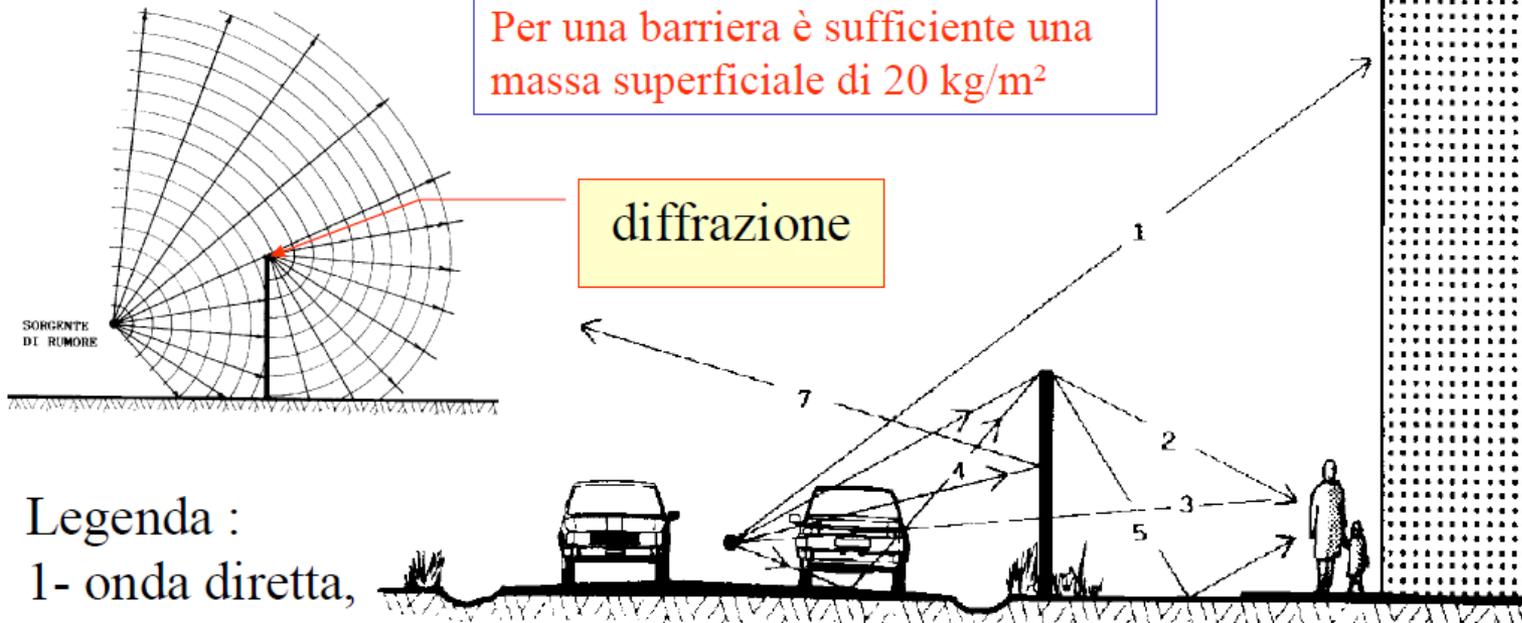
larghezza m 1,50 ÷ 2,25
altezza m. 2,72 ÷ 9,00.

**calcestruzzo con rivestimento in
blocchi fonoassorbenti
di argilla espansa**

Barriere artificiali

Per una barriera è sufficiente una massa superficiale di 20 kg/m^2

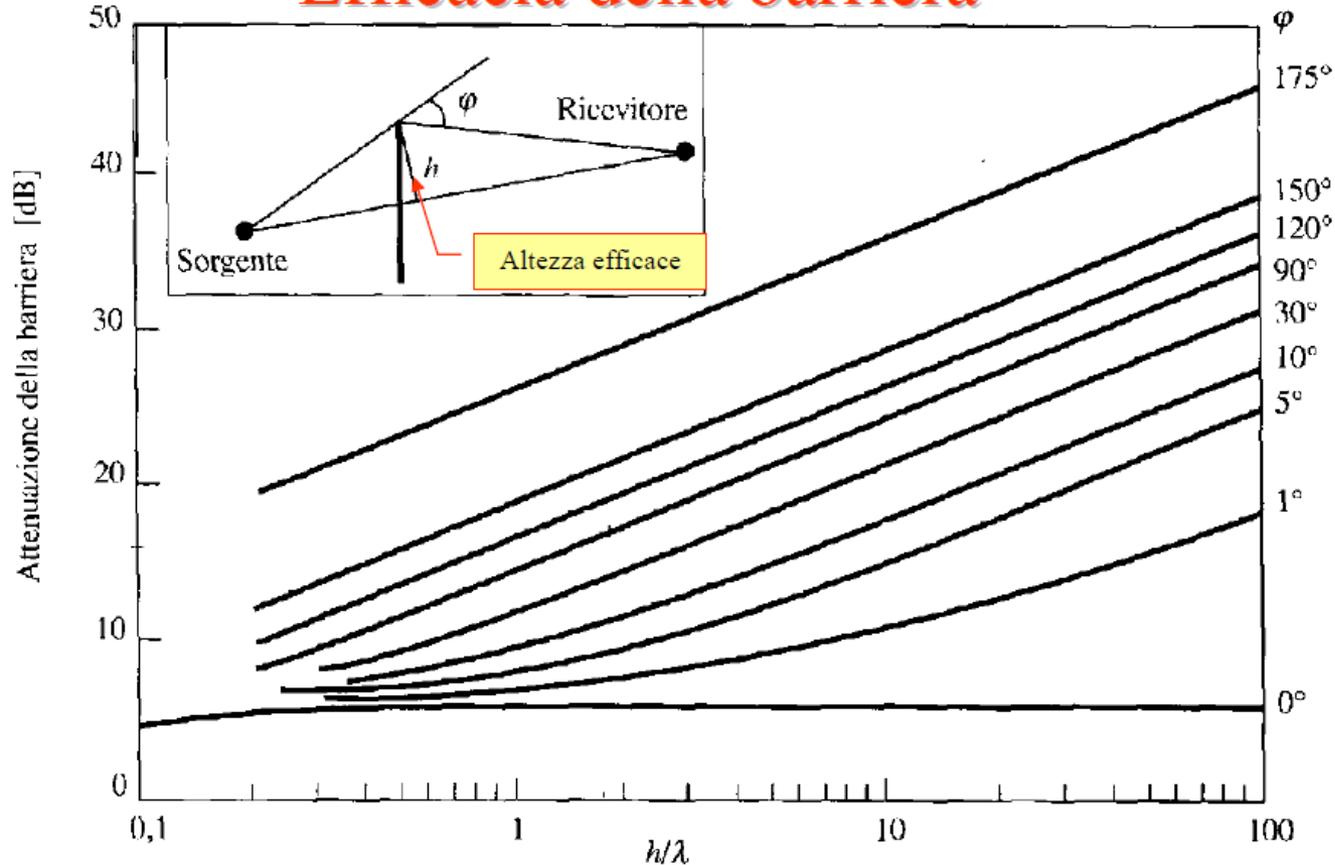
diffrazione



Legenda :

- 1- onda diretta,
- 2- onda diffratta,
- 3- onda trasmessa,
- 4- onda riflessa dal suolo e successivamente diffratta,
- 5- onda diffratta e successivamente riflessa,
- 6- onda assorbita,
- 7- onda riflessa.

Efficacia della barriera



Attenuazione in funzione di h/λ e dell'angolo di diffrazione φ

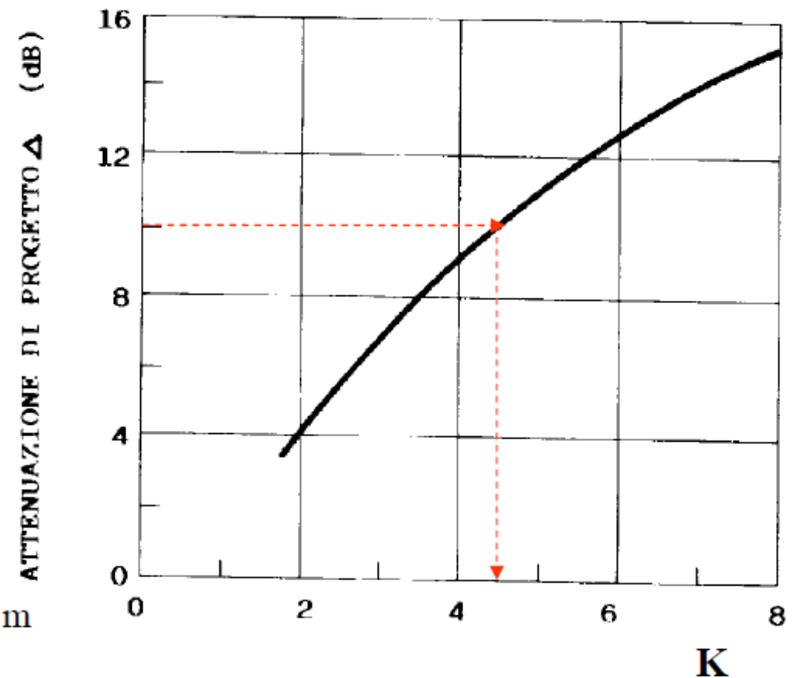
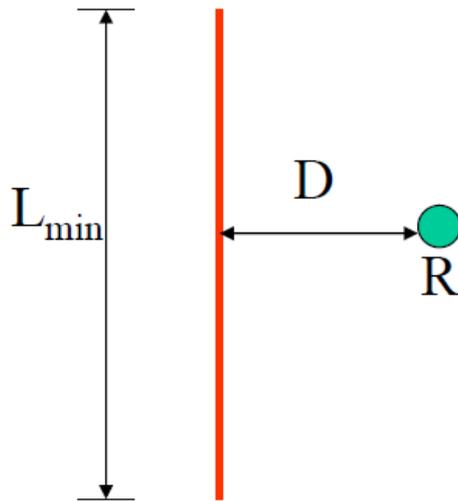
Nella pratica l'attenuazione globale attesa non supera circa 10 dB e può essere migliorata di alcuni dB con pareti fonoassorbenti ed elementi antidiffrittivi.

Lunghezza della barriera

La lunghezza minima della barriera L_{\min} è data da (fonte EMPA):

$$L_{\min} = K \times D \quad (\text{m})$$

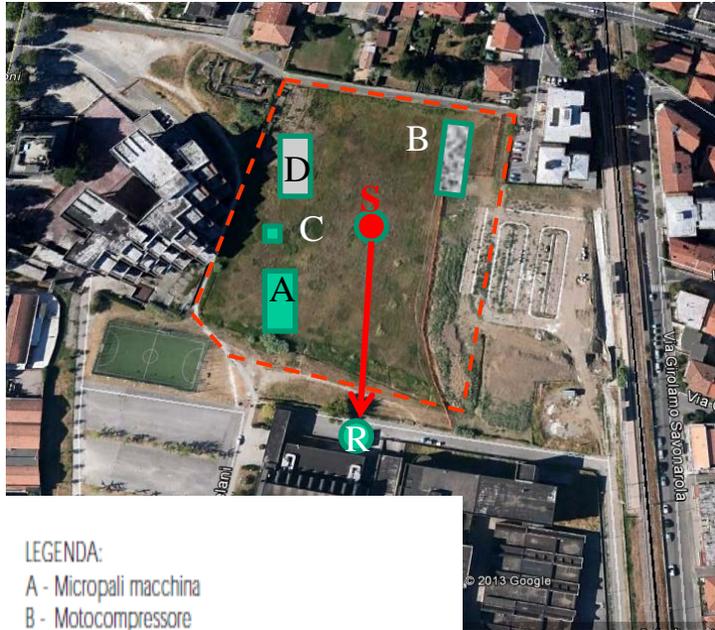
dove D è la distanza barriera ricevitore R , e K è desumibile dal grafico in funzione dell'attenuazione Δ di progetto della barriera.



Ad es. per una attenuazione di 10 dB con $D = 10$ m

$K = 4,5$ da cui $L_{\min} = 4,5 \times 10 = 45$ m

- A - Planimetria 1 (zona della città).
- B - Planimetria 2 (area di cantiere con i fabbricati adiacenti).
- C - Scheda lavorazione n° 83 (installazione cantiere).
- D - Scheda lavorazione n° 103 (Micropali – formazione micropali).
- E - Scheda lavorazione n° 104 (Micropali – confezione impasti e pompaggio).



LEGENDA:

- A - Micropali macchina
- B - Motocompressore
- C - Mescolatore
- D - Motogeneratore
- R - Ricettore (H = 2,00 m)
- S - Punto di emissione sonora della sorgente cantiere

Esempio di calcolo di impatto acustico semplificato per lavorazione di micropali

N.B. La potenza sonora media di lavorazione può essere immaginata come la potenza sonora di una **macchina S** posta al centro dell'area di cantiere ad 1 m di altezza, che lavori in maniera continua durante tutto il periodo della lavorazione, avente energia sonora equivalente a quella posseduta da tutte le macchine realmente impiegate, ciascuna funzionante durante il suo reale periodo di funzionamento.

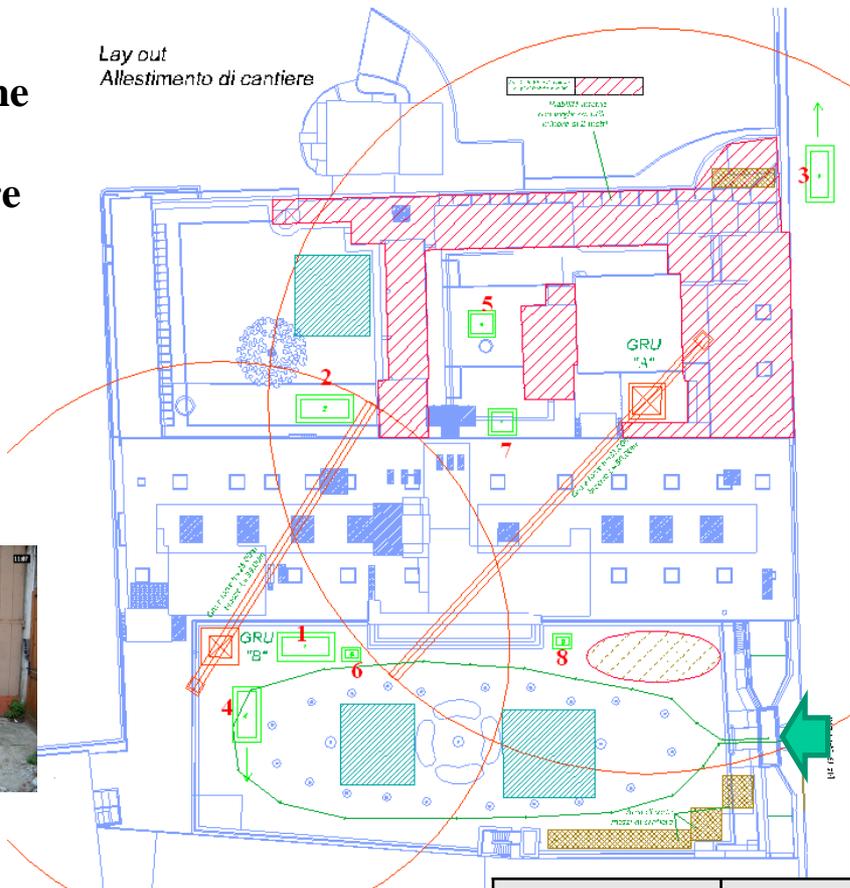
Dalla potenza sonora di tale sorgente fittizia così definita, dopo aver scelto la posizione rispetto ad essa di un possibile ricettore (R), si calcola il livello di pressione sonora medio percepito da detto ricettore durante il periodo della lavorazione considerata.

$$L_p = L_w - 10 \log (2\pi) - 20 \log r = L_w - 20 \log r - 8$$

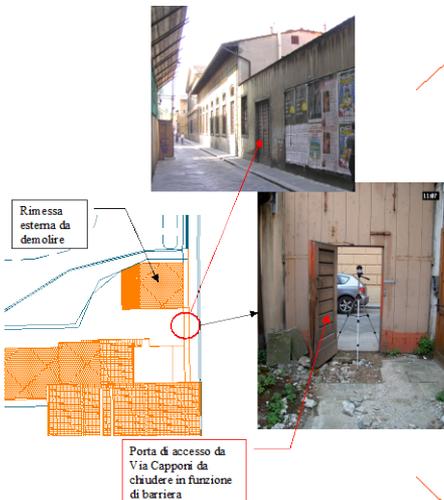
Sorgente	L _w [dB(A)]	Distanza in pianta (m)	H ricettore (m)	H sorgente da terra (m)	Leq di pressione sonora [dB(A)]
Installazione cantiere	105,1	47,5	2	1	63,6
Micropali totale (formazione micropali + confezione impasti e pompaggio)	108,4	47,5	2	1	66,9
Smantellamento cantiere (come installazione)	105,1	47,5	2	1	63,6

Esempio di valutazione di impatto acustico ambientale di cantiere mediante software

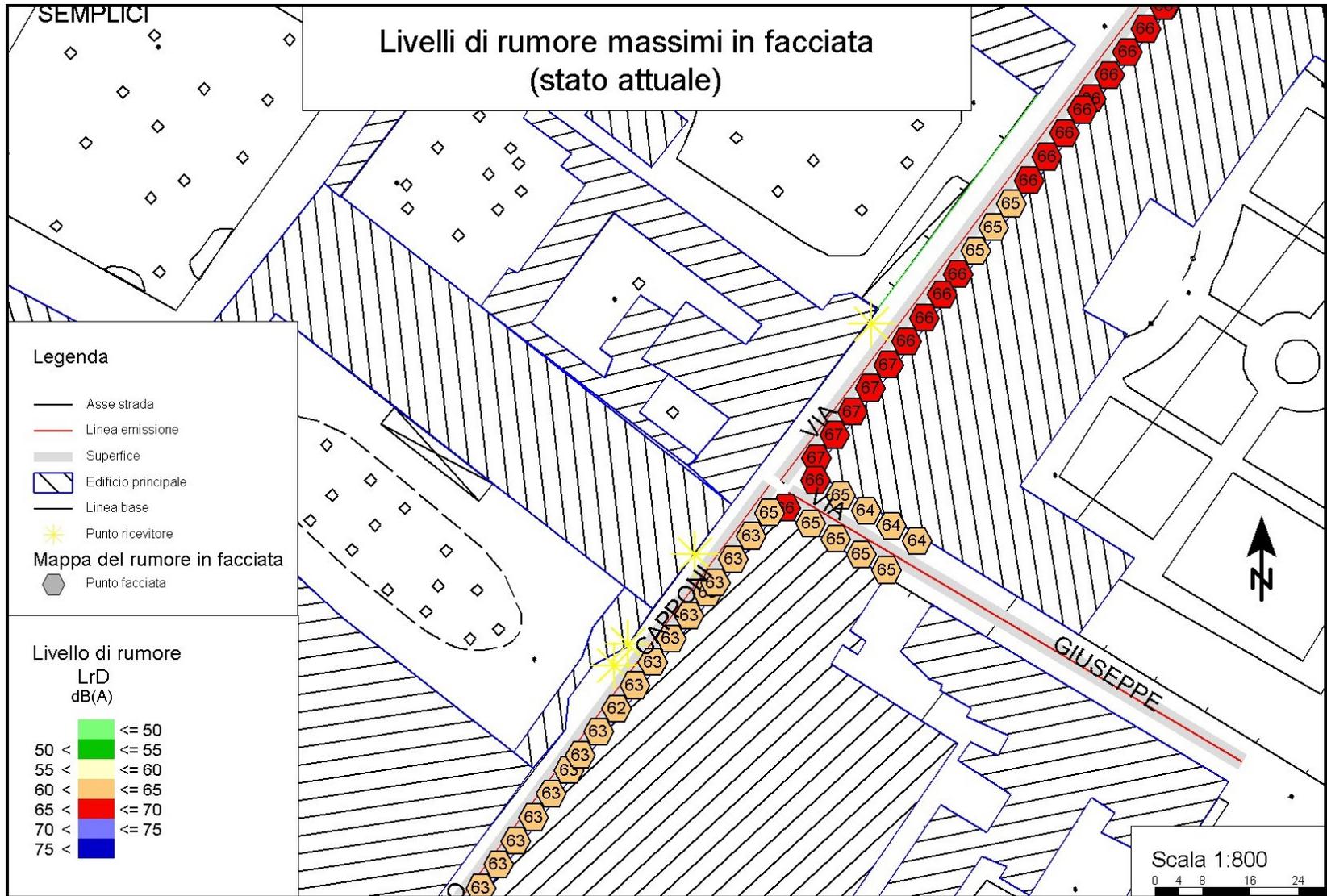
Lay out
Allestimento di cantiere

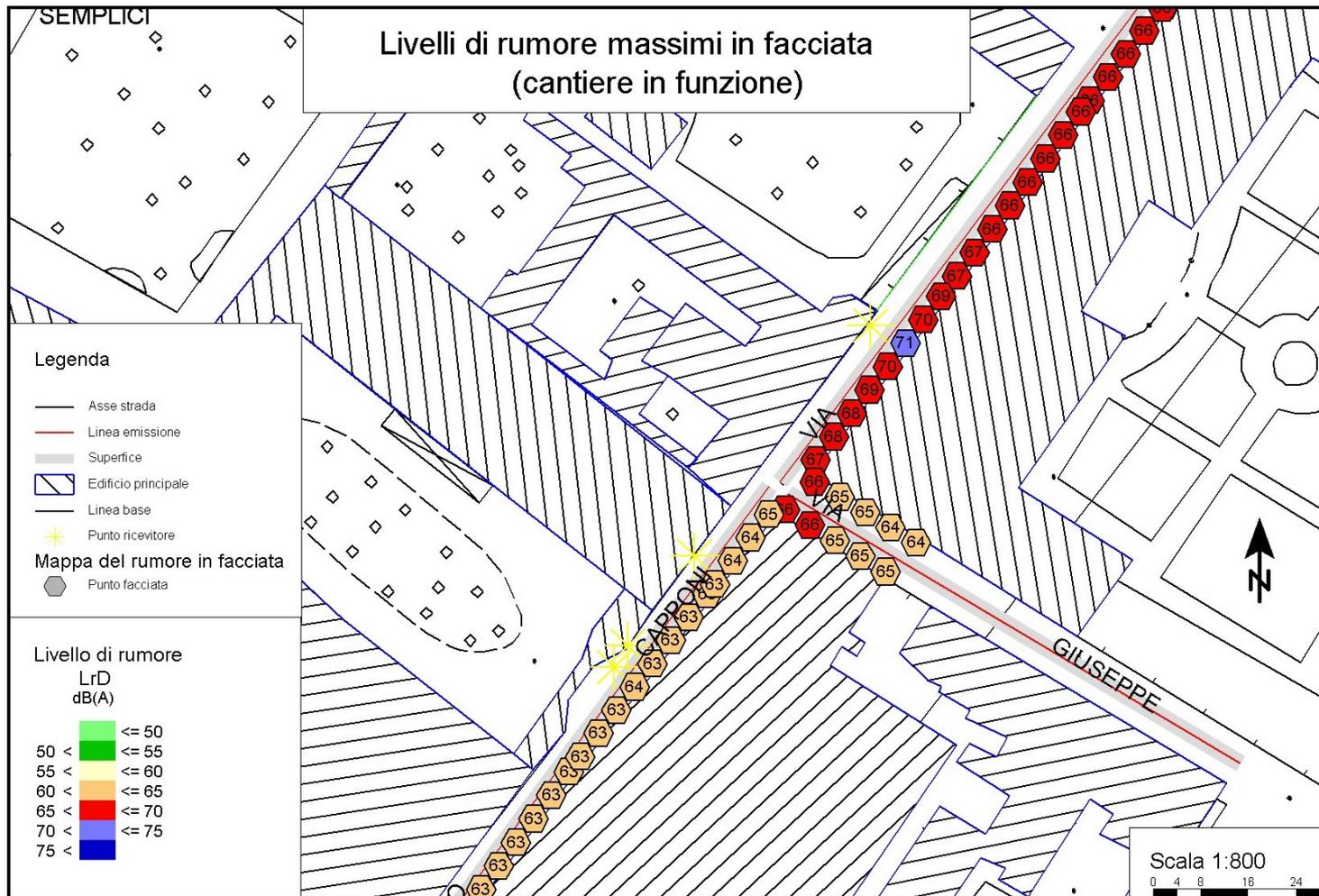


Legenda	
1	Macchina Micropali
2	Escavatore
3	Camion per trasporto terra
4	Autobetoniera
5	Dumper
6	Compressore
7	Miniescavatore
8	Betoniera
Aree deposito e stoccaggio	
Area carico/scarico	



Mezzo	Numero mezzi	Ore di funzionamento	Lw (dBA)
Gru	2	5/6 h	92
Escavatore	1	7 h	94
Macchina per micropali	1	7 h	106
Compressore	1	7 h	100
Martello demolitore elettrico	1	2/3 h	105
Betoniera	1	2 h	98
Autobetoniera	1	3 viaggi al giorno	98
Dumper	1	4 h	108
Miniescavatore	1	2/3	96





Il livello di pressione sonora immesso in corrispondenza della facciata del ricettore maggiormente disturbato è pari a **71 dBA**, con il contributo del traffico.

I risultati delle elaborazioni evidenziano che il livello sonoro attribuibile alle macchine in corrispondenza dei ricettori sensibili maggiormente esposti **superano il limite diurno** previsto per le aree di classe IV in facciata dell'edificio prospiciente Via Capponi, sul quale si risentono maggiormente anche gli effetti del traffico.

Appendice: Strumenti di calcolo

Fonte: Conoscere per prevenire
**La valutazione
dell'inquinamento acustico
prodotto dai cantieri edili**

Comitato paritetico territoriale per la prevenzione infortuni, l'igiene e l'ambiente di lavoro di Torino e provincia.



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

CONOSCERE
per
PREVENIRE
n°11

**LA VALUTAZIONE
DELL'INQUINAMENTO ACUSTICO
PRODOTTO DAI CANTIERI EDILI**

D.P.C.M. 1/3/91 - Legge 447/95 e successivi

Data base delle potenze sonore dei macchinari e delle lavorazioni

COSTRUZIONI EDILI IN GENERE

- NUOVE COSTRUZIONI
- RISTRUTTURAZIONI
- MANUTENZIONI

RISTRUTTURAZIONI

- 16 - INSTALLAZIONE CANTIERE
- 17 - MONTAGGIO E SMONTAGGIO PONTEGGI METALLICI
- 18 - SMANTELLAMENTO SOVRASTRUTTURE
 - SMANTELLAMENTO SOVRASTRUTTURE
 - MOVIMENTAZIONE E SCARICO MATERIALE
- 19 - DEMOLIZIONI PARZIALI CON SCARICO MACERIE
 - PICCOLE DEMOLIZIONI
 - MOVIMENTAZIONE E CARICO MATERIALE
- 20 - RIPRISTINI STRUTTURALI
 - CARPENTERIA IN LEGNO
 - CARPENTERIA METALLICA DI RAFFORZAMENTO
- 21 - SOTTOMURAZIONI
 - GETTO
 - SCAVO
 - CARPENTERIA
 - GETTO
- 22 - MURATURE
 - CONFEZIONE MALTA
 - COSTRUZIONE MURATURE
- 23 - IMPIANTI
 - SCANALATURE E FORATURA MURATURE
 - POSA TUBATURE
- 24 - INTONACI TRADIZIONALI
 - CONFEZIONE MALTA
 - FORMAZIONE INTONACO
- 25 - INTONACI INDUSTRIALI
 - CONFEZIONE MALTA
 - FORMAZIONE INTONACO
- 26 - PAVIMENTI E RIVESTIMENTI
 - PREPARAZIONE MALTA
 - FORMAZIONE FONDO
 - POSA PIASTRELLE
 - STUCCATURA E PULIZIA
 - LUCIDATURA PALCHETTI O MARMI
- 27 - COPERTURE CON ORDITURA IN LEGNO
 - PREPARAZIONE E POSA LEGNAME
 - POSA MANTO COPERTURA
- 28 - FINITURE
 - POSA SERRAMENTI
 - POSA RINGHIERE
 - POSA SANITARI
 - POSA CORPI RADIANTI
- 29 - OPERE ESTERNE SISTEMAZIONE AREA
 - FORMAZIONE AIUOLE
 - POSA TUBAZIONI E POZZETTI
 - PAVIMENTAZIONE ESTERNA

- Figura 1 -

Calcolare in ogni scheda di lavorazione il livello medio di potenza sonora delle singole attività e quello medio di lavorazione.

NATURA OPERA:	COSTRUZIONI EDILI IN GENERE			N.
TIPOLOGIA:	RISTRUTTURAZIONI			21
Lavorazione	Attività (Fase Lavorativa)	Macchine	% di impiego	% di Attività Effettiva
SOTTOMURAZIONI 10%	SCAVO 40%	ESCAVATORE	70	85
		AUTOCARRO	60	85
	CARPENTERIA 30%	SEGA CIRCOLARE	5	100
		GRU A TORRE	5	100
	GETTO 30%	AUTOBETONIERA	100	85
		AUTOPOMPA CLS	90	85
Macchine Utilizzabili	Riferimento macchine mediate		Lw [dB(A)]	
ESCAVATORE GOMMATO	114 - 115 - 116		107,5	
AUTOCARRO	10 - 11 - 13 - 15 - 17		106,1	
SEGA CIRCOLARE FISSA DA LEGNO	288 - 289 - 290		108,1	
AUTOBETONIERA	4 - 5 - 6 - 7		100,2	
AUTOPOMPA CLS	30 - 31 - 32		107,6	
GRU A TORRE	143 - 144 - 145 - 146		102,4	
IMPIANTO DI BETONAGGIO	157 - 158 - 159		117,8	
Note	L'ipotesi fatta è la più ricorrente, per la parte relativa al getto è anche la più rumorosa.			
Valore Medio attività			Lw [dB(A)]	
SCAVO 40%			107,3	
CARPENTERIA 30%			96,1	
GETTO 30%			107,2	
Valore medio della lavorazione			105,8	

TAB. 1

ESCAVATORE AUTOCARRO

TAB. 1
Calcolo livello medio di attività (fase lavorativa)

Numero	Livello medio di potenza sonora	% Impiego	% di attività effettiva	% reale di lavoro
1	107,5	70	85	0,595
2	106,1	60	85	0,51
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Valore medio singole attività **107,3**

TAB. 1

SCAVO CARPENTERIA GETTO

TAB. 2
Calcolo livello medio di lavorazione

Numero	Livello medio di potenza sonora	% attività (fase lavorativa)
1	107,3	40
2	96,1	30
3	107,2	30
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

Valore medio lavorazione **105,8**

L_w = 105,8 dBA

Database delle potenze sonore dei macchinari

MACCHINA Tipo: ESCAVATORE GOMMATO	Modello: CAT M 312
Marca: CATERPILLAR	Potenza: 81 KW CE
Anno di fabbricazione: 2000	Potenza sonora: 103 dB (A)

Frequenza (Hz)											
31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K	dB(Lin)	dB(A)
Potenza Sonora Lw (dB)											
94.5	105.6	100.3	100.7	99.9	98.6	95.1	91.2	84.3	80.4	109.2	103.0

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

N.	Macchine Utilizzabili	Riferimento macchine mediate	Lw dB(A)
M1	APRIPISTA	1 - 2 - 3	116,8
M2	AUTOBETONIERA	4 - 5 - 6 - 7	100,2
M3	AUTOCARRO (regime medio)	10 - 11 - 13 - 15 - 17	106,1
M4	AUTOCARRO (regime minimo)	12 - 14 - 16	94,0
M5	AUTOCARRO CON GRU	18 - 19 - 20	100,4
M6	AUTOCARRO DUMPER	21 - 22 - 23	115,9
M7	AUTOGRU	24 - 25	110,0
M8	AUTOGRU	26 - 27 - 28 - 29	109,0
M9	AUTOGRU	26 - 27 - 28	107,0
M10	AUTOPOMPA CLS	30 - 31 - 32	107,6
M11	AVVITATORE/INCAVIGLIATRICE	33 - 34 - 35 - 36 - 37	113,8
M12	BETONIERA	38 - 39 - 40 - 41 - 42	97,5
M13	BETONIERA	38 - 40 - 41 - 42	97,2
M14	BINDA	43 - 44 - 45	110,5
M15	CALDAIA	46 - 47 - 48	107,7
M16	CANNELLO OSSIACETILENICO	49 - 50 - 51	107,1
M17	CANNELLO OSSIACETILENICO	49 - 50 - 51 - 52	106,1
M18	CANNELLO PER GUAINE	53 - 54 - 55 - 56 - 57	99,1
M19	CARRELLO ELEVATORE	61 - 62 - 63 - 64 - 65	104,6
M20	CARRELLO ELEVATORE	61 - 62 - 63	104,2
M21	COMPATTATORE (Piastra Battente)	70 - 71 - 72	111,1
M22	DECEPUGLIATORE	73 - 74 - 75 - 76 - 77 - 78	111,8
M23	DUMPER	79 - 81 - 82	108,0
M24	ELEVATORE A CAVALLETTO	87 - 88 - 89	93,2
M25	ESCAVATORE CARICATORE (Terna)	90 - 91 - 92 - 93	106,0
M26	ESCAVATORE CINGOLATO	96 - 97 - 98	108,0
M27	ESCAVATORE CINGOLATO	94 - 95	111,4
M28	ESCAVATORE CINGOLATO	94 - 95 - 96 - 97 - 98	109,7
M29	ESCAVATORE CON BENNA MORDENTE	99	108,9

Database delle potenze sonore delle lavorazioni

NATURA OPERA:	COSTRUZIONI EDILI IN GENERE			
TIPOLOGIA:	MANUTENZIONI			
Lavorazione	Macchine Utilizzabili	Riferimento macchine mediate	Lw dB(A)	N.
MONTAGGIO E SMONTAGGIO PONTEGGI METALLICI 22%	GRU A TORRE	143 - 144 - 145 - 146	102,4	M44
	MONTACARICHI A BANDIERA	193 - 194 - 195	85,5	M63
	TRAPANO TASSELLATORE	338 - 339 - 340 - 341 - 342	107,4	M112
SOLLEVAMENTO MATERIALE 12%	ELEVATORE A CAVALLETTO	87 - 88 - 89	93,2	M24
	MONTACARICHI A BANDIERA	193 - 194 - 195	85,5	M63
MANUTENZIONE COPERTURA 10%	ELEVATORE A CAVALLETTO	87 - 88 - 89	93,2	M24
	MONTACARICHI A BANDIERA	193 - 194 - 195	85,5	M63
DEMOLIZIONI FACCIATE 15%	MARTELLO DEM. PNEUMATICO (Scrostatore)	183	113,5	M60
	MARTELLO DEMOLITORE ELETTRICO	178 - 179 - 180 - 181	109,5	M57
	MONTACARICHI A BANDIERA	193 - 194 - 195	85,5	M63
	SABBIATRICE (Macchina Idrosabbiatrica)	284	94,5	M97
	SABBIATRICE (Lancia Idrosabbiatrica)	285	103,7	M96
	IDROPULITRICE	147 - 149 - 151	98,0	M45
	IDROPULITRICE LANCIA	148 - 150 - 152	94,2	M46
DEMOLIZIONI FACCIATE 15%	MARTELLO DEM. PNEUMATICO (Scrostatore)	183	113,5	M60
	MARTELLO DEMOLITORE ELETTRICO	178 - 179 - 180 - 181	109,5	M57
	MONTACARICHI A BANDIERA	193 - 194 - 195	85,5	M63
	SABBIATRICE	286 - 287	121,3	M95
	MOTOCOMPRESSORE	199 - 200 - 201	102,7	M65
	IDROPULITRICE	147 - 149 - 151	98,0	M45
	IDROPULITRICE LANCIA	148 - 150 - 152	94,2	M46
RIPRISTINI MURARI IN GENERE 30%	BETONIERA	38 - 39 - 40 - 41 - 42	97,5	M12
	MONTACARICHI A BANDIERA	193 - 194 - 195	85,5	M63

Questo file di calcolo delle incertezze di misura è organizzato in tre sezioni :

Sezione 1

Calcolo del livello equivalente $L_{Aeq,Ti}$ di un ciclo lavorativo di durata Ti e della relativa incertezza di misura $\epsilon_{(L_{Aeq,Ti})}$ (Linee Guida - Allegato 2 § 3.1)

Nella colonna **B** della tabella vanno inseriti i valori delle misure, relative ad un ciclo lavorativo di durata Ti , effettuate in una qualsiasi postazione di lavoro.

Nella colonna **C** **inserire** direttamente il valore di ϵ_s relativo all'incertezza strumentale riportata nel certificato di taratura SIT o WECC del fonometro . In mancanza di questo dato **inserire** il valore di 0,7 dB (Linee Guida - Allegato 2 § 2).

Saranno calcolati automaticamente :

- a) Il livello equivalente $L_{Aeq,Ti}$
- b) l'incertezza totale sul livello equivalente $\epsilon_{(L_{Aeq,Ti})}$
- c) l'incertezza ambientale sul livello equivalente $\epsilon_A(L_{Aeq,Ti})$

NB. Il database delle potenze sonore delle macchine e delle lavorazioni può essere utilizzato, con approssimazione accettabile, anche per la valutazione del rischio rumore per i lavoratori: è sufficiente sostituire a $L_{Aeq,Ti}$ misurato il valore $L_{Aeq,Ti}$ calcolato in prossimità della macchina o della lavorazione (es. lavoratore a 2 m di distanza).

Linee Guida per la valutazione del rischio rumore negli ambienti di lavoro

ISPESL 2008 - Valutazione incertezze di misura

Sezione 1

Calcolo del livello equivalente e della incertezza associata, relativo ad un ciclo lavorativo di durata Ti , in una qualsiasi postazione di lavoro. (Linee Guida - Allegato 2 § 2 e § 3.1).

NB): Il metodo non è valido se nella colonna B si inseriscono livelli di $L_{Aeq,Ti}$ che differiscono fra loro più di 5 dB.

A	B	C
Campionamento	$L_{Aeq,Ti}$ - dB(A)	ϵ_s
n.	misurato	inserito
1	100,0	0,7
2	102,0	
3	101,0	
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

$L_{Aeq,Ti}$	Livello equivalente	101,1	dB(A)
$\epsilon_{(L_{Aeq,Ti})}$	Incertezza totale sul livello equivalente	0,9	dB
$\epsilon_A(L_{Aeq,Ti})$	Incertezza ambientale sul livello equivalente	0,6	dB

Calcolo del livello di esposizione personale giornaliero LEX,8h e settimanale

Nella colonna **A** della tabella vanno inseriti i valori di $L_{Aeq,Ti}$ calcolati nella **Sezione 1** per ogni ciclo lavorativo di durata **Ti** in una qualsiasi postazione di lavoro.

Nella colonna **B** vanno inseriti i valori delle incertezze sui livelli equivalenti $\epsilon_A(L_{Aeq,Ti})$ calcolati nella **Sezione 1** per ogni ciclo lavorativo di durata **Ti** in una qualsiasi postazione di lavoro. Nel caso in cui i valori di $L_{Aeq,Ti}$ siano stati misurati direttamente (**Linee Guida - Allegato 2 § 3.2**), devono essere inseriti i valori delle incertezze $\epsilon(L_{Aeq,Ti})$ determinate secondo quanto indicato nelle **Linee Guida - Allegato 2 § 2**.

Nella colonna **C** vanno inseriti i tempi di esposizione dichiarati **Ti**.

Nella colonna **F** **inserire** direttamente il valore di ϵ_s relativo all'incertezza strumentale riportata nel certificato di taratura SIT o WECC del fonometro. In mancanza di questo dato **inserire** il valore di **0,7 dB**

(**Linee Guida - Allegato 2 § 2**).

Come riportato nelle **Linee Guida all'Allegato 2 § 4**, anche i tempi di esposizione possono essere affetti da incertezze. Per il loro calcolo seguire le tre opzioni sotto riportate:

a) Per calcolare le incertezze sulla base di valori stimati dall'operatore, inserirli nella colonna **E** e digitare "SI" nella casella corrispondente a "**Utilizza $\epsilon(Ti)$ inserito nella colonna E della tabella**".

b) Per calcolare automaticamente le incertezze, indicare "SI" nella casella corrispondente a "**Utilizza $\epsilon(Ti)$ calcolata in modo automatico**".

Attenzione! Tale metodo fornisce comunque un valore minimo dell'incertezza pari a **2,5'**.

c) Se si vogliono ignorare le incertezze sui tempi di esposizione **Ti**, indicare "SI" nella casella corrispondente a "**Utilizza $\epsilon(Ti) = 0$** ".

Linee Guida per la valutazione del rischio rumore negli ambienti di lavoro

Sezione 3

Calcolo del livello di esposizione personale settimanale $\bar{L}_{EX,8h}$ e dell'incertezza associata (Linee Guida - Allegato 2 § 5).

	A	B
	$L_{EX,8h}$	$\epsilon_A(L_{EX,8h})$
	dB(A)	dB
1° giorno	94,0	0,4
2° giorno	98,0	0,4
3° giorno	93,0	0,4
4° giorno	96,0	0,4
5° giorno	90,0	0,4
6° giorno	89,0	0,4
7° giorno	91,0	0,4

C
ϵ_s
dB
Inserito
0,7

$\bar{L}_{EX,8h}$	95,5	dB(A)
$\epsilon(\bar{L}_{EX,8h})$	0,7	dB



Livello settimanale

Linee Guida per la valutazione del rischio rumore negli ambienti di lavoro

Sezione 2

Calcolo del livello di esposizione personale quotidiana $L_{EX,8h}$ e dell'incertezza associata (Linee Guida - Allegato 2 § 5)

n.	A	B	C	D	E	F
	$L_{Aeq,Ti}$	$\epsilon_A(L_{Aeq,Ti})$	Ti	$\epsilon(Ti)$	$\epsilon(Ti)$	ϵ_s
	dB(A)	dB	minuti	minuti	minuti	dB
				Calcolato aut.	Inserito	Inserito
1	100,0	0,6	240	9,6	0,0	0,7
2	102,0	0,6	300	12,0	0,0	
3	101,0	0,6	100	4,0	0,0	
4				0,0		
5				0,0		
6				0,0		
7				0,0		
8				0,0		
9				0,0		
10				0,0		
52				0,0		
53				0,0		
54				0,0		
55				0,0		
56				0,0		
57				0,0		
58				0,0		
59				0,0		
60				0,0		

Utilizza $\epsilon(Ti) = 0$

no

Utilizza $\epsilon(Ti)$ calcolato in modo automatico

si

Utilizza $\epsilon(Ti)$ inserito nella colonna E della tabella.

no

Te	640	minuti
$L_{EX,8h}$	102,4	dB(A)
$\epsilon(L_{EX,8h})$	0,8	dB
$\epsilon_A(L_{EX,8h})$	0,4	dB

Prof. Gianfranco Cellai

Esempi di calcolo dei livelli di attività e di singola lavorazione: valutazione del rischio

Foglio excel programma 1

Nella TAB. 1 sono riportati la “% di impiego” (rispettivamente 70 e 60%); all’interno della percentuale d’impiego, sottraendo i tempi delle pause, vengono considerati i tempi di effettiva produzione del rumore la “% di attività effettiva” (in questo caso le percentuali sono rispettivamente 85 e 85). Infine sono riportate “le % reali di lavoro” prodotto delle suddette percentuali.

ESCAVATORE AUTOCARRO

TAB. 1
Calcolo livello medio di attività (fase lavorativa)

Numero	Livello medio di potenza sonora	% impiego	% di attività effettiva	% reale di lavoro
1	107.5	70	85	0.595
2	106.1	60	85	0.51
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Valore medio singole attività **107.8**

SCAVO CARPENTERIA GETTO

TAB. 2
Calcolo livello medio di lavorazione

Numero	Livello medio di potenza sonora	% attività (fase lavorativa)
1	107.3	40
2	96.1	30
3	107.2	30
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

Valore medio lavorazione **105.8**

Foglio excel programma 2

Programma 2

Calcolo livello di pressione sonora al ricevitore				
Cantiere:				
Oggetto:				
Altezza ricevitore (m):	8			
Calcoli				
Potenza media lavorazione (dB)	Distanza in pianta dal ricevitore (m)	Altezza della sorgente da terra (m)	Distanza reale (m)	Livello di pressione sonora (dBA)
105,8	20	1	21,2	71,3

Fonte: Conoscere per prevenire
La valutazione dell'inquinamento acustico prodotto dai cantieri edili
Comitato paritetico territoriale per la prevenzione infortuni, l'igiene e l'ambiente di lavoro di Torino e provincia.

Foglio excel programma 3 F1: calcolo dei livelli sonori massimi contemporanei al ricevitore

PROGRAMMA 3 - F.1

Dati di calcolo

Cantiere:			
Oggetto:			
Altezza ricevitore	10		
N°	N° Sorgente	Distanza in pianta dal ricevitore (m)	Altezza da terra della sorgente (m)
1	2.25	2	-5
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

ALTEZZA RICEVITORE

ALTEZZA SORGENTE

NUMERO SORGENTE MACCHINA

Risultati

Lp totale sul ricevitore	
Hz	Db
31.5	45.5
63	64.5
125	68.1
250	72.8
500	76.7
1K	74.5
2K	74.4
4K	74.3
8K	71.4
16K	69.9
dB(A)	81.4

LIVELLI DI PRESSIONE SONORA PER BANDE DI OTTAVA

LIVELLO GLOBALE IN dBA

Fonte: Conoscere per prevenire
La valutazione dell'inquinamento acustico prodotto dai cantieri edili
 Comitato paritetico territoriale per la prevenzione infortuni, l'igiene e l'ambiente di lavoro di Torino e provincia.

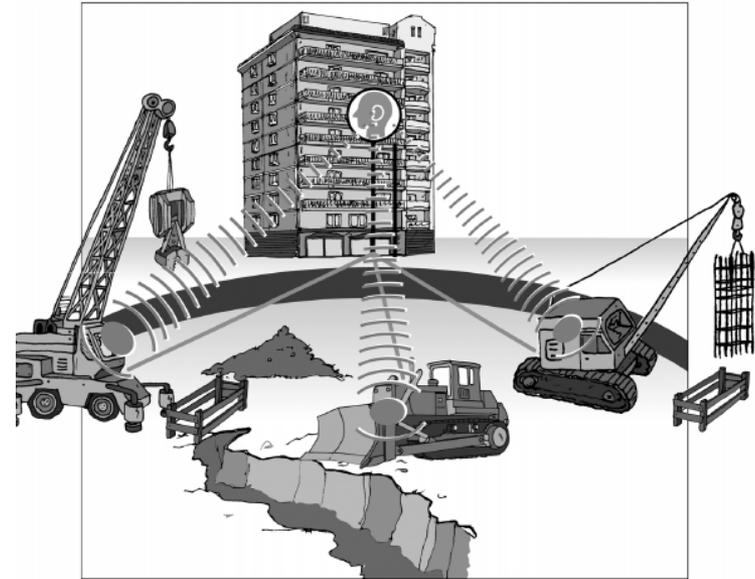
Calcoli

N°	N° Sorgente	Tipo	Marca	Modello	Distanza dal ricevitore (m)	Altezza da terra (m)	Distanza reale (m)	Livelli di potenza sonora delle macchine										
								31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K	dBA
1	225	MOTOSEGA	STIHL	020 T	2	-5	15.1	77.1	96.1	99.7	104.4	108.3	106.1	106.0	105.9	103.0	101.5	113.0
2	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Totale sul ricevitore								45.5	64.5	68.1	72.8	76.7	74.5	74.4	74.3	71.4	69.9	81.4

La sequenza di impiego del foglio F.1, è la seguente:

- 1 -si scrive l'altezza del ricevitore rispetto alla quota zero che è costituita dal piano campagna del cantiere;
- 2 -si riporta nella seconda colonna il numero della sorgente/macchina ricavato dal data base;
- 3 -si riporta nella terza colonna la distanza in pianta fra la posizione della sorgente nel cantiere e il ricevitore;
- 4 -si riporta nella quarta colonna l'altezza della sorgente dal piano campagna che è stato assunto come piano di riferimento (quota zero); tale valore, per sorgenti poste a terra è pari a metà dell'altezza effettiva della macchina, con valore minimo uguale a 1 m; per sorgenti poste in quota (ad esempio gru o sorgenti su terrazzi) si riporta l'altezza effettiva sul piano campagna; per sorgenti poste al di sotto del piano campagna, ad esempio durante uno scavo, si riporta il valore negativo dell'altezza rispetto al piano campagna (ad es. -3);
- 5 -si ripetono le fasi 2, 3, 4, per tutte le macchine che operano contemporaneamente;
- 6 si legge sulla colonna arancione (a video) dei risultati lo spettro sonoro complessivo per bande di ottava e il livello globale in dB(A) percepito dal ricevitore;
- 7 il foglio può essere completato inserendo nella sezione "Dati di calcolo" i dati identificativi del cantiere; successivamente si può effettuare la stampa.

Esempio: calcolare il livello sonoro massimo istantaneo al ricevitore



Altezza ricevitore (m)	18		
	N° sorgente (Da elenco B)	Distanza in pianta dal ricevitore (m)	Altezza da terra della sorgente (m)
Apripista	2	50	1.5
Autobetoniera	4	40	1.5
Autogru	26	30	1.5

Dati di calcolo

Cantiere:			
Oggetto:			
Altezza ricevitore (m):	18		
N°	N° Sorgente	Distanza in pianta dal ricevitore (m)	Altezza da terra della sorgente (m)
1	2	50	1,5
2	4	40	1,5
3	26	30	1,5
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Risultati

Lp totale sul ricevitore	
Hz	dB
31,5	67,0
63	72,1
125	69,6
250	69,6
500	70,5
1K	66,9
2K	65,8
4K	58,9
8K	52,8
16K	46,3
dB(A)	
	72,6



72,6 dBA

Calcoli

N°	N° Sorgente	Tipo	Marca	Modello	Distanza in pianta dal ricevitore (m)	Altezza da terra (m)	Distanza reale (m)	Livelli di potenza sonora delle macchine										
								31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K	dBA
1	2	APPRIPISTA	MASSEY FERGUSON	N.C.	50	1,5	52,7	99,0	112,1	105,2	111,0	110,9	109,0	107,3	100,2	94,3	87,3	113,5
2	4	AUTOBETONIERA ASTRA HD64	DRUETTA tipo 100	FIAT AIFO 8061	40	1,5	43,3	97,3	97,6	95,3	88,4	98,2	95,8	90,6	88,6	81,1	76,9	93,9
3	26	AUTOGRU	DEMAG	AC 50	30	1,5	34,2	104,8	106,8	107,1	101,5	104,4	98,9	96,5	89,1	83,2	77,4	105,0
4	0				0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0				0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0				0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0				0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0				0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0				0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0				0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Livelli di pressione sonora totale sul ricevitore								67,0	72,1	69,6	69,6	70,5	66,9	65,8	58,9	52,8	46,3	72,6

Grazie per l'attenzione