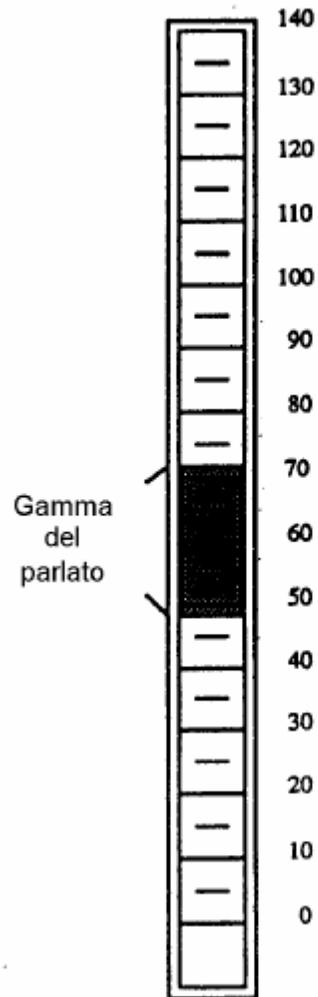


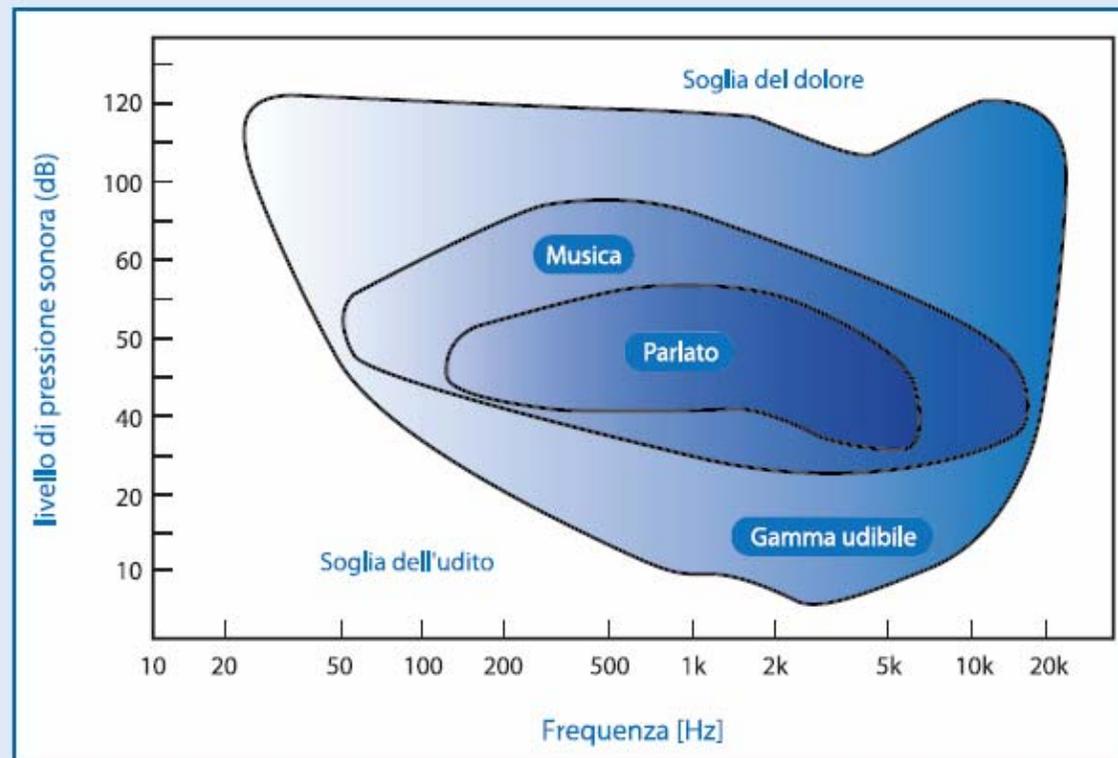
DECIBEL (dBA)



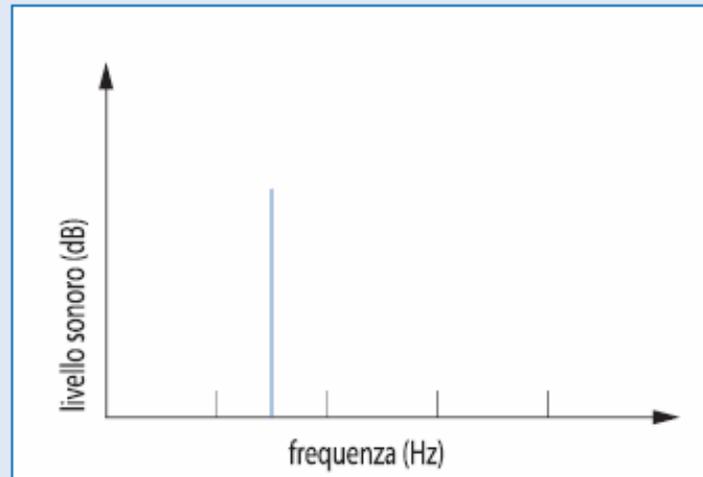
ESEMPI

- In prossimità dei reattori di un aereo
- Soglia del dolore
- Gruppo hard rock
- Motocicletta in accelerazione a qualche metro
- Clacson elevato di automobile a 3 metri
- Strada cittadina rumorosa
- Fabbrica rumorosa
- Mensa scolastica con superfici nude
- Aula stenografica
- In prossimità del traffico di un autostrada
- Ufficio normale
- Radio a basso volume in un appartamento
- Abitazione normale senza stereo
- Bisbiglio
- Fruscio di foglie nel vento
- Respiro umano
- Soglia di udibilità

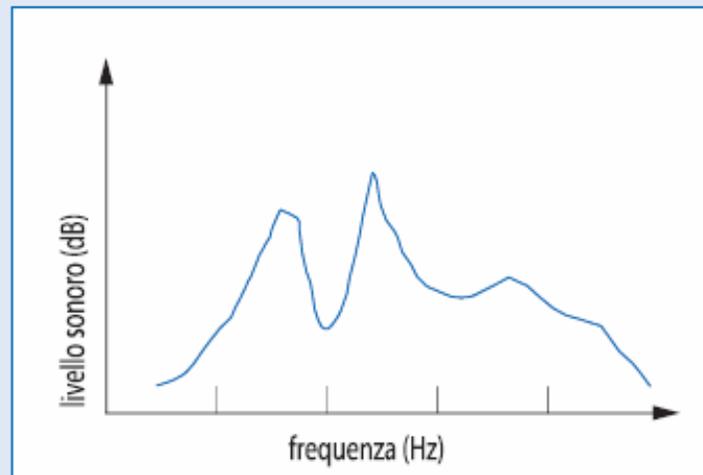
Visualizzazione delle aree frequenza-livello per tutto il campo udibile, per la musica e per il parlato.



Spettro di un "tono puro".



Spettro continuo di un rumore.



Frequenze dei centri banda d'ottava	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	
Limiti banda	22,4	44,7	89,1	178	355	708	1410	2820	5620	11200	22400

Ogni ottava si riferisce alla sua frequenza centrale. Per esempio, l'ottava di 1 kHz è la banda di frequenze comprese tra 708 Hz e 1410 Hz, centrata a 1000 Hz.

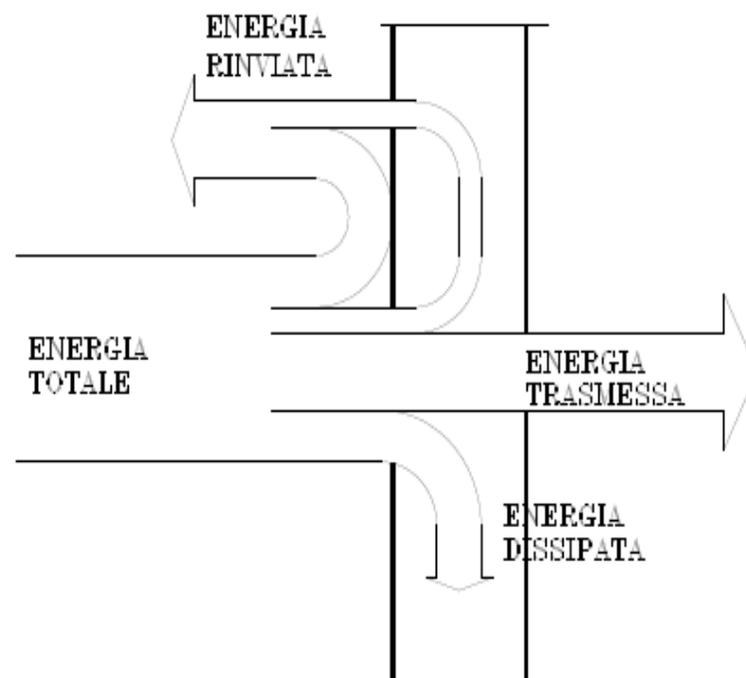


Figura 52: Bilancio di energia sonora

MATERIALI FONOASSORBENTI

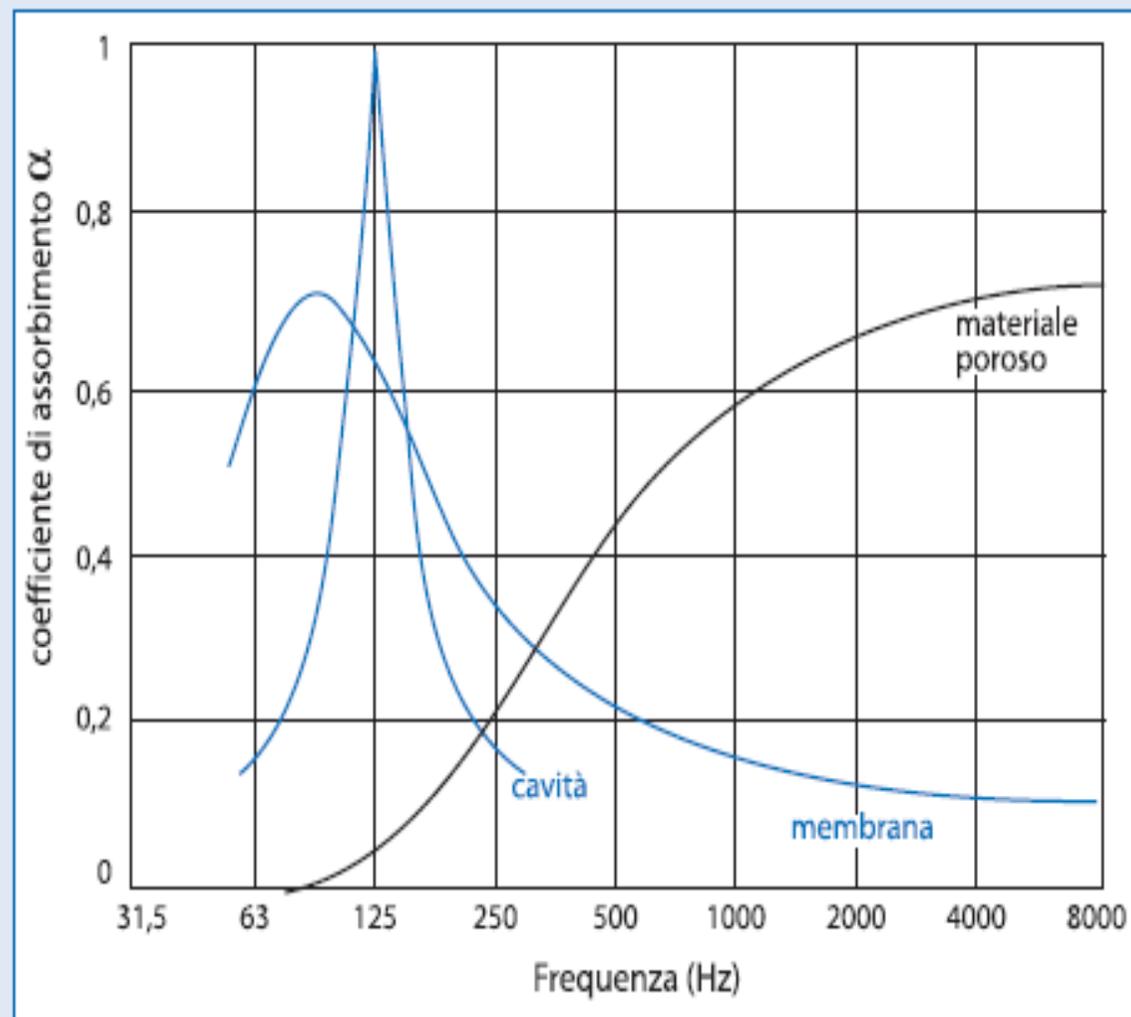
- a) materiali porosi (sfruttano la dissipazione viscosa)
- b) risuonatori acustici o di Helmholtz (sfruttano la risonanza delle cavità)
- c) pannelli o membrane vibranti (sfruttano la risonanza del pannello).

MATERIALI POROSI

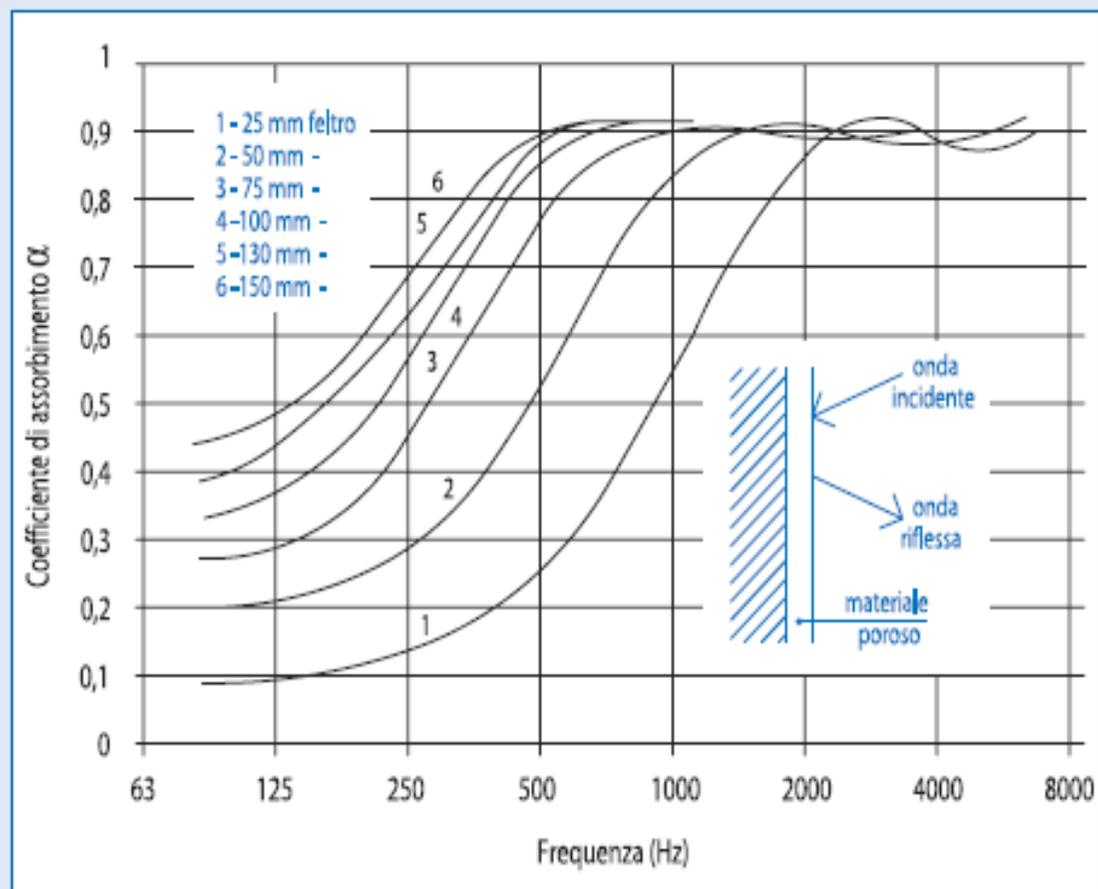
L'assorbimento acustico dei materiali porosi è determinato dalla conversione in calore dell'energia meccanica trasportata dall'onda incidente attraverso fenomeni di attrito che si sviluppano all'interno delle micro-cavità aperte all'aria. L'onda acustica incidente fa oscillare l'aria interna ai pori che dissipa energia per attrito viscoso determinando un lieve aumento di temperatura (non percettibile dall'uomo). Esempi di materiali fonoassorbenti porosi sono le fibre minerali, i poliuretani espansi a cellule aperte, le fibre vegetali, le schiume melamminiche, le fibre di poliestere, etc.

Le caratteristiche di assorbimento acustico di questi materiali sono legate alla frequenza del suono incidente e allo spessore del materiale stesso e aumentano al crescere di entrambe.

Visualizzazione dei diversi meccanismi di assorbimento acustico



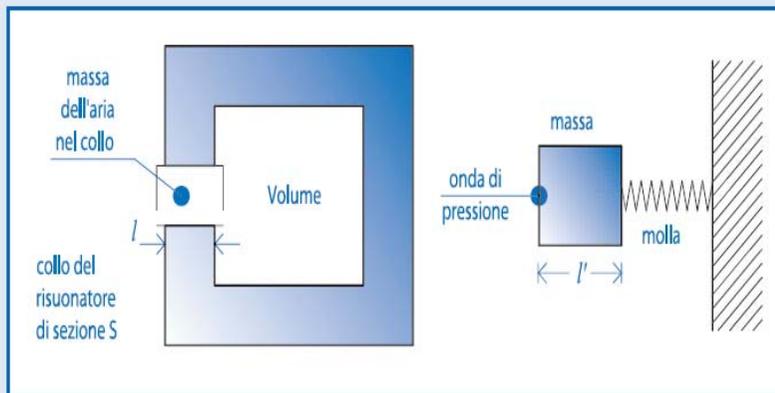
Andamento del coefficiente di assorbimento α
in funzione della frequenza e dello spessore
del materiale.



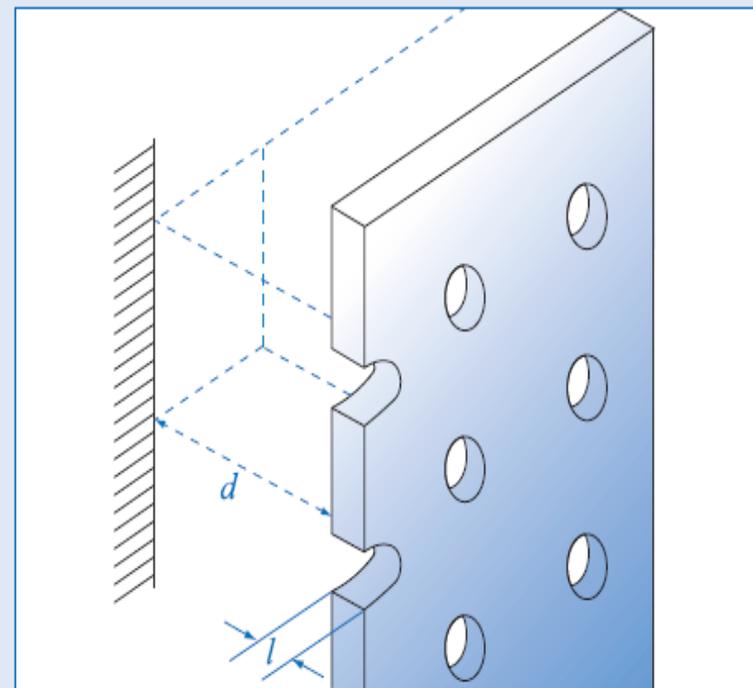
Nelle camere anecoiche, ad esempio, per avere elevati valori di assorbimento si usano cunei a base quadrata di dimensioni elevate costruiti solitamente con materiali fonoassorbenti porosi. Lo scopo della particolare forma a cuneo è quello di aumentare la superficie assorbente e far sì che l'onda incidente subisca una serie di riflessioni tra i cunei tali da impedire un ritorno di energia verso l'ambiente. Ciò risulta tanto più efficace quanto più le frequenze sono elevate.

RISUONATORI ACUSTICI

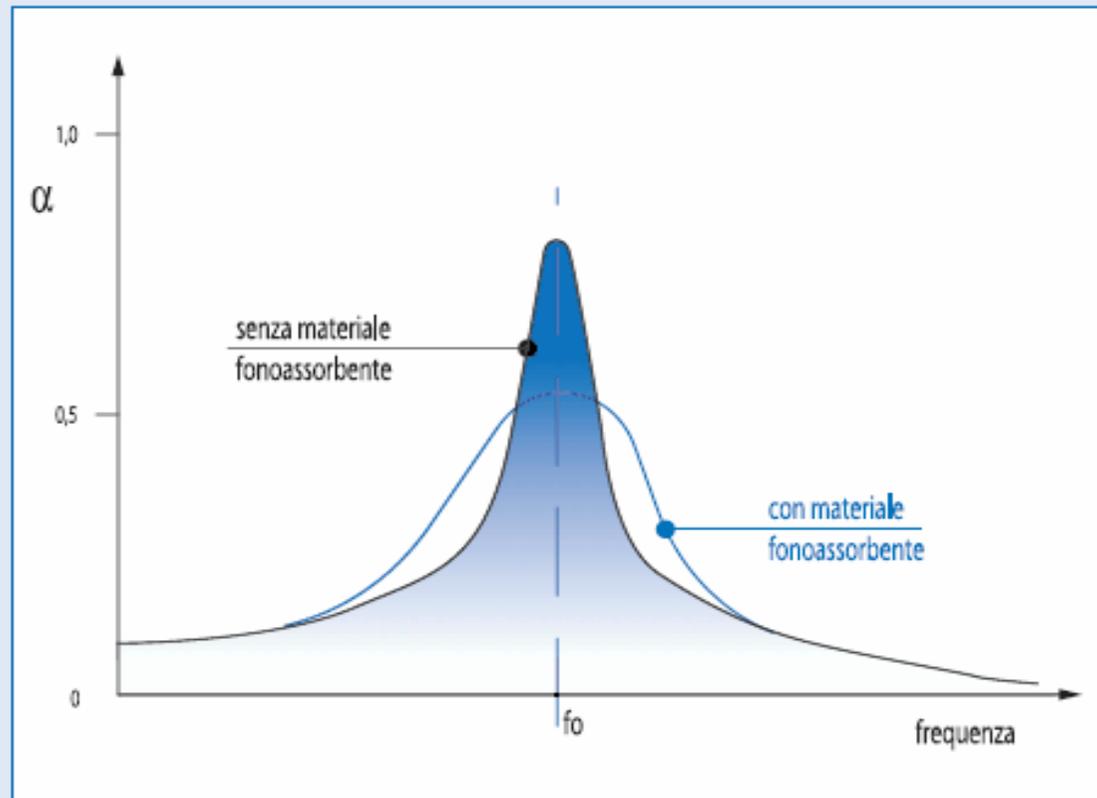
Schema e principio di funzionamento di un risonatore.



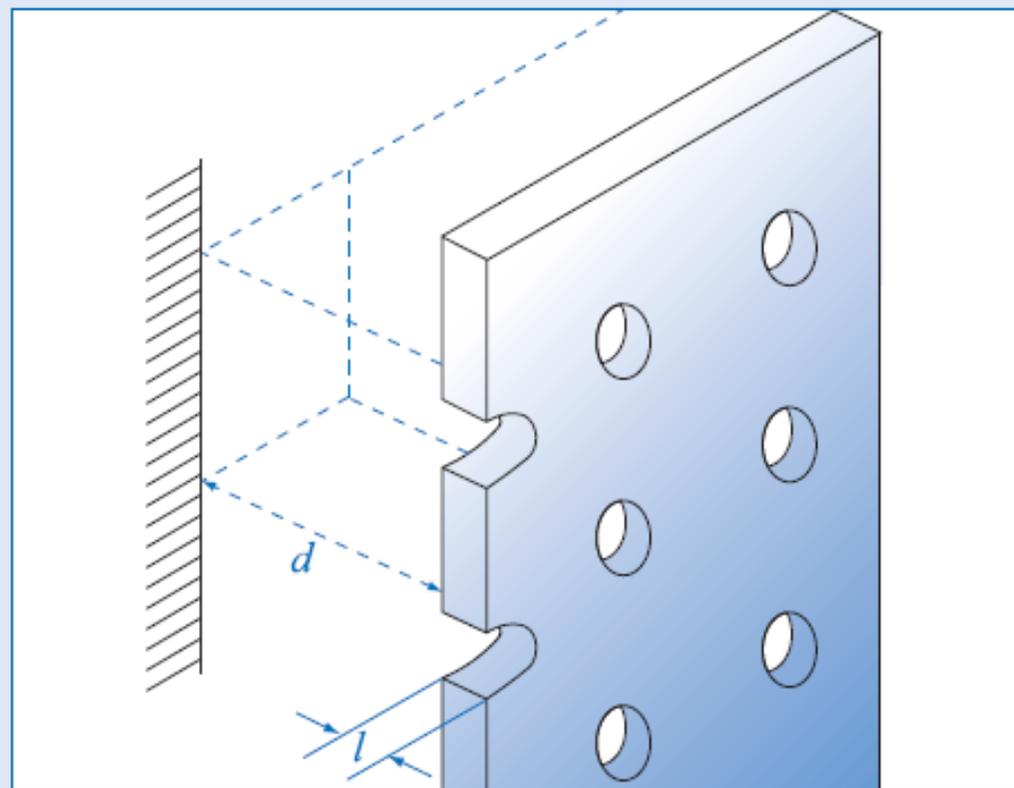
Schema di pannello forato risonante assorbente.



Assorbimento di un risonatore al variare della frequenza con e senza materiale fonoassorbente poroso all'interno della cavità.



Schema di pannello forato risonante assorbente.



PANNELLI VIBRANTI

Schema di un pannello vibrante.

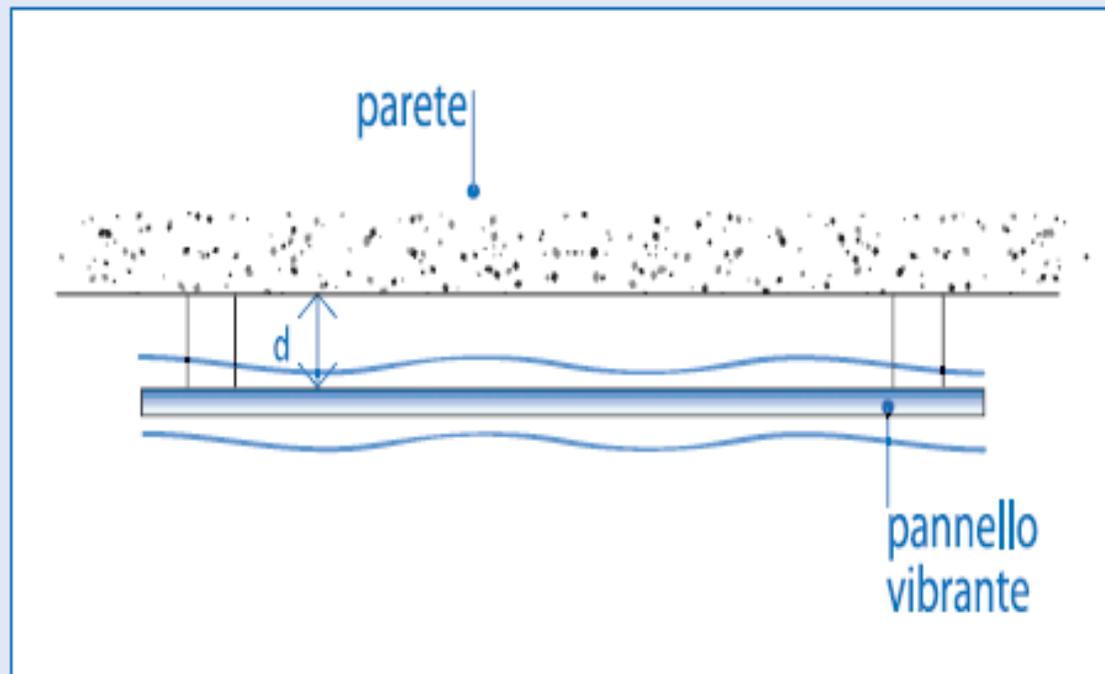




Figura 62: Esempio di membrana assorbente realizzata con pannelli in legno

I pannelli vibranti sono costituiti da lastre di materiale non poroso, quale ad esempio il legno compensato, montate su apposito telaio che le mantiene distanziate dalla superficie da trattare fornendo una intercapedine d'aria. Colpiti dall'onda sonora questi materiali fonoassorbenti vibrano come un diaframma su di un cuscino d'aria e assorbono l'energia acustica alle basse frequenze per effetto della dissipazione viscosa determinata dalle vibrazioni flessionali del pannello, in particolare lungo i bordi vincolati

ISOLAMENTO ACUSTICO

L'isolamento acustico D è il livello di attenuazione fornito dall'elemento di edificio tra due ambienti. D è calcolato (in ogni banda di frequenza di interesse) come differenza tra L_p nell'ambiente "sorgente" e L_p trasmesso nell'ambiente "ricevente".

Equazione 5.1

$$D = L_{p(\text{sorgente})} - L_{p(\text{ricevente})}$$

dove: D = isolamento acustico in dB

$L_{p(\text{sorgente})}$ = livello di pressione sonora nell'ambiente sorgente in dB

$L_{p(\text{ricevente})}$ = livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente in dB

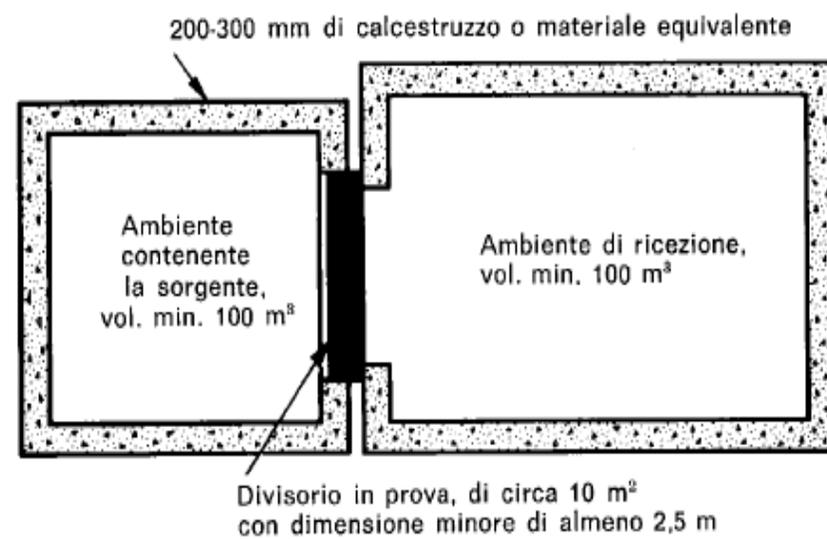
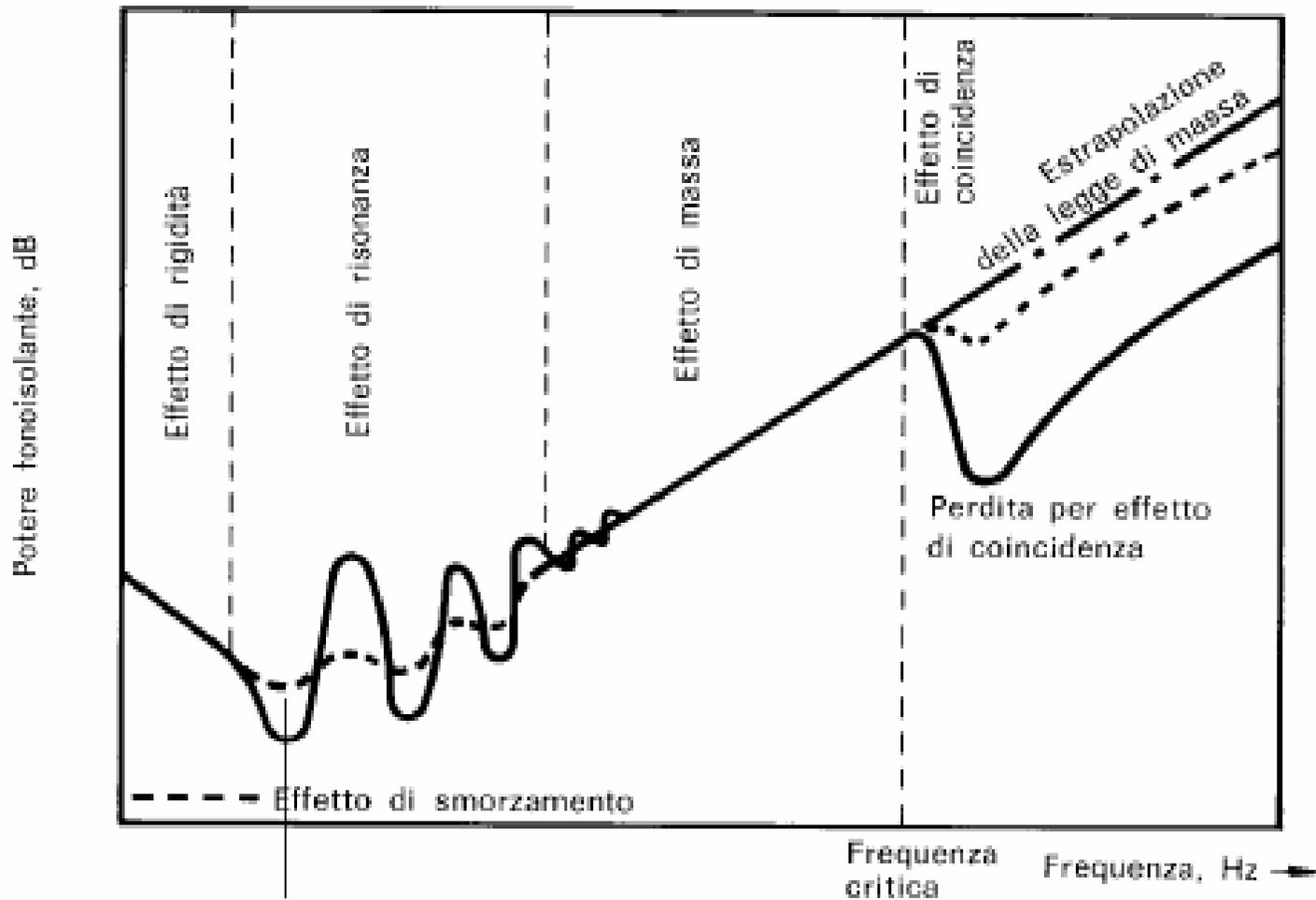


Figura 55: valutazione del potere fonoisolante di un divisorio



FREQUENZA NATURALE DI RISONANZA
10-20 Hz

**Frequenze critiche e masse per unità di superficie
di alcuni materiali d'uso corrente**

<i>Materiale</i>	<i>Frequenza critica per massa per unità di superficie $\text{Hz} \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$</i>	<i>Massa per unità di superficie per unità di spessore $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$</i>
Piombo	600.000	11,2
Acciaio	97.700	8,1
Calcestruzzo armato	44.000	2,3
Mattone	42.000	1,9
Vetro	39.000	2,5
Perspex	35.000	1,15
Cemento-amianto	33.600	1,9
Alluminio	32.200	2,7
Masonite	30.600	0,81
Lastra di gesso	32.000	0,75
Compensato	13.000	0,58

Tipo di struttura	Spessore mm	Massa per unità di superficie kg/m ²	Potere fonoisolante secondo la frequenza (Hz)							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
<i>Pareti semplici in muratura</i>										
Mattoni pieni, con intonaco su entrambi i lati	125	240	30	36	37	40	46	54	57	59
Mattoni pieni, con intonaco su entrambi i lati	255	480	34	41	45	48	56	65	69	72
Mattoni pieni, con intonaco su entrambi i lati	360	720	36	44	43	49	57	66	70	72
Blocchi di clinker, 12 mm d'intonaco su ogni lato	125	145	20	27	33	40	50	57	56	59
Blocchi di clinker, non intonacati	75	85	12	17	18	20	24	30	38	43
Blocchi forati in calcestruzzo di scorie, tinteggiati con cementite	100	75	22	30	34	40	50	50	52	53
Blocchi forati in calcestruzzo di scorie, non tinteggiati	100	75	22	27	32	37	40	41	45	48
Blocchi in « Thermalite »	100	125	20	27	31	39	45	53	38	62
Mattoni di vetro	200	510	25	30	35	40	49	49	43	45
<i>Pareti doppie in muratura</i>										
Mattoni pieni, con intercapedine d'aria di 56 mm, e 12 mm d'intonaco per lato										
— con traversine in profilato metallico	300	380	28	34	34	40	56	73	76	78
— con traversine in lamiera stirata	300	380	27	27	43	55	66	77	85	85
<i>Pareti divisorie su telaio in legno</i>										
Lastre isolanti da 12 mm fissate su montanti di 50 mm × 100 mm	125	19	12	16	22	28	38	50	52	55
Lastre di gesso da 9 mm, con intonaco di 12 mm sulle superfici esterne, fissate su montanti di 50 mm × 100 mm	142	60	20	25	28	34	47	39	50	56

Aumentando ad esempio lo spessore, si ha un locale aumento di R (tra f_0 e f_c) per effetto del conseguente aumento della massa m , la legge di massa, risulta valida in un campo più ristretto. In linea generale si può affermare che il potere fonoisolante di un singolo pannello è determinato dalla sua massa: tanto maggiore è la massa e/o lo spessore del pannello tanto maggiore risulta il suo potere fonoisolante, ma essendo la frequenza critica inversamente proporzionale allo spessore del pannello, ogni tentativo di aumentare il potere fonoisolante tramite un aumento dello spessore comporta come risultato anche una diminuzione della frequenza critica.

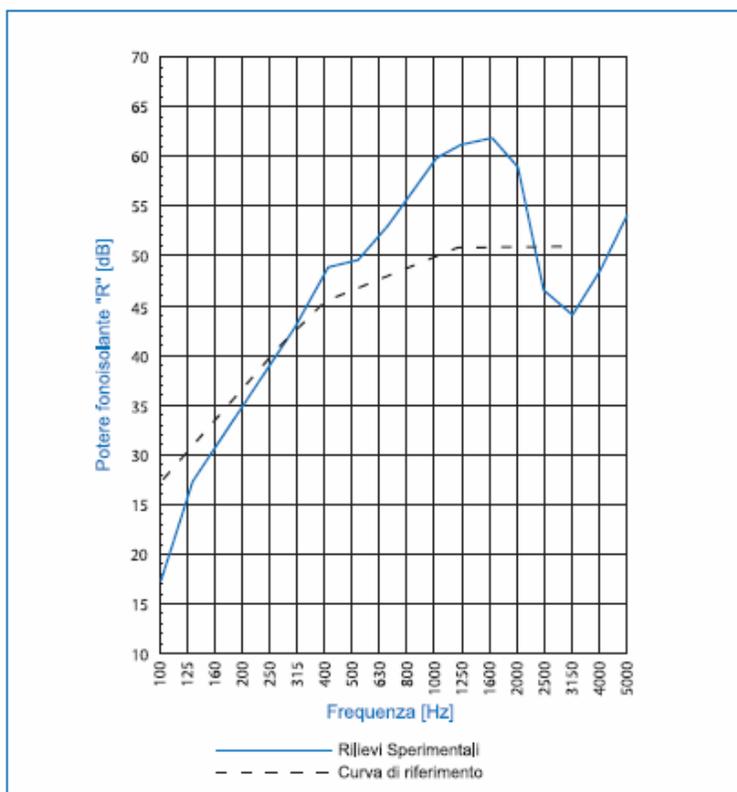
L'aumento di spessore permette comunque di aumentare l'isolamento alle frequenze medio basse dove è più difficile solitamente avere buoni risultati.

POTERE FONOISOLANTE – LEGGE DELLA MASSA

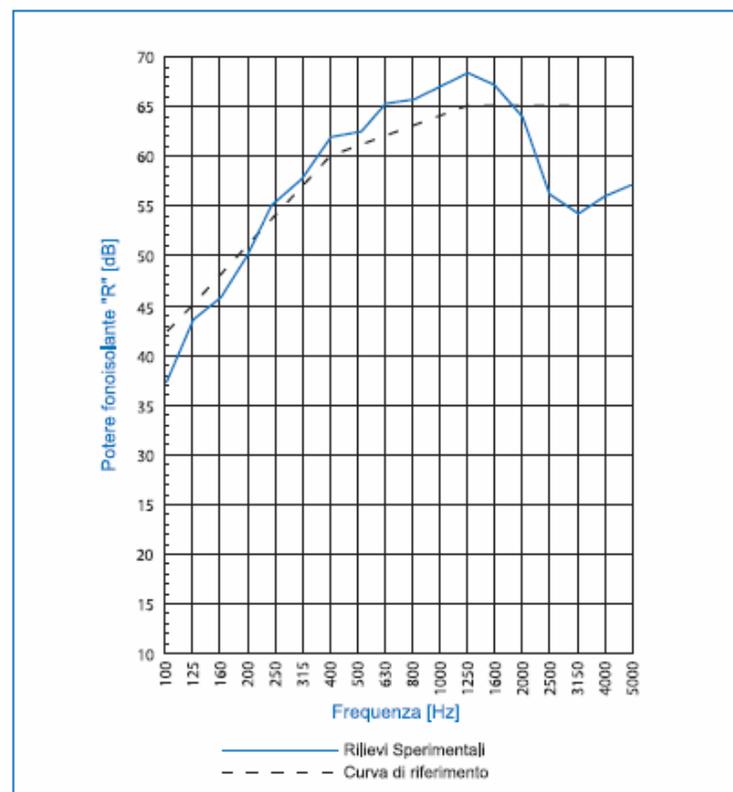
Nel caso di incidenza normale

$$R_0 \cong 20 \log_{10} (mf) - 42.5$$

Andamento del potere fonoisolante di una parete leggera in cartongesso con un telaio, due lastre per ciascun lato e pannelli in lana di roccia ($R_w=52-55$ dB; $C=-2, -4$; $C_{tr}=-6, -8$).



Andamento del potere fonoisolante di una parete leggera in cartongesso con due telai, due lastre per ciascun lato e pannelli in lana di roccia ($R_w=58-61$ dB; $C=-2, -4$; $C_{tr}=-6, -8$).



Per i divisori in muratura comunemente utilizzati in edilizia, date le masse e gli spessori in gioco, i valori tipici della frequenza critica sono nell'ordine di 150 - 250 Hz.

Per questi materiali la previsione delle prestazioni acustiche al variare della frequenza è molto incerta poiché non si riesce a tenere conto in maniera affidabile delle diverse proprietà dei materiali, della geometria e tipologie e delle tecniche costruttive. Anche in questo caso le verifiche previsionali vengono effettuate sulla base di dati sperimentali ottenuti in laboratorio. Dall'elaborazione di questi dati sono state proposte diverse leggi empiriche per la previsione dell'indice di valutazione del potere fonoisolante. Tali leggi, basate sulla massa superficiale (m' in kg/m^2), forniscono risultati non sempre congruenti e quindi vanno utilizzate con cautela.

Fonte:

UNI EN ISO 12354 parte 1 ($m' > 150 \text{ kg/m}^2$)	$R_w = 37.5 \cdot \lg m' - 42$	[dB]
IEN Galileo Ferraris ($50 < m' < 400 \text{ kg/m}^2$)	$R_w = 20 \cdot \lg m'$	[dB]
Università di Parma per le pareti ($100 < m' < 700 \text{ kg/m}^2$)	$R_w = 15.4 \cdot \lg m' + 8$	[dB]
Università di Parma per i solai	$R_w = 22.4 \cdot \lg m' - 6.5$	[dB]
Istituto normativo austriaco Önorm ($m' > 150 \text{ kg/m}^2$)	$R_w = 32.4 \cdot \lg m' - 26$	[dB]

DPCM 5/12/1997

Categoria A : edifici adibiti a residenza o assimilabili
Categoria B : edifici adibiti ad uffici e assimilabili
Categoria C : edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili
Categoria D : edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
Categoria E : edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Categoria F : edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili
Categoria G : edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

Tabella A: classificazione degli ambienti abitativi

Categorie di cui alla Tab. A		
	R'_w	$D_{2m,nT,w}$
D	55	45
A, C	50	40
E	50	48
B, F, G	50	42

Tabella B: valori limite

Potere fonoisolante apparente di elementi di separazione fra ambienti (R'): è una grandezza che definisce le proprietà isolanti di una parete divisoria tra due ambienti. Con il termine "apparente" si intende "misurato in opera" e quindi R' prende in considerazione tutta la potenza sonora che arriva nell'ambiente ricevente, non solo quella che attraversa la parete divisoria. Varia al variare della frequenza. Il decreto prevede il valore limite del suo **indice di valutazione (R'_{w})**, indicato dal pedice w , che è un valore unico ottenuto dai valori alle varie frequenze secondo una procedura normalizzata.

Isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT}$): è una grandezza che definisce le proprietà isolanti di una parete divisoria tra l'ambiente esterno (sorgente sonora) e l'ambiente interno (ricevente). Il pedice $2m$ significa che la misura all'esterno viene effettuata a 2 metri dalla facciata; il pedice nT significa che tale risultato viene normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente. Varia al variare della frequenza. Il decreto prevede il valore limite del suo indice di valutazione ($D_{2m,nT,w}$) ottenuto dai valori alle varie frequenze secondo una procedura normalizzata.

- **FONTI:**

- WWW.ROCKWOOL.IT
- ACUSTICA – MONCADA, SANTOBONI
- MANUALE DI ACUSTICA - SPAGNOLO