

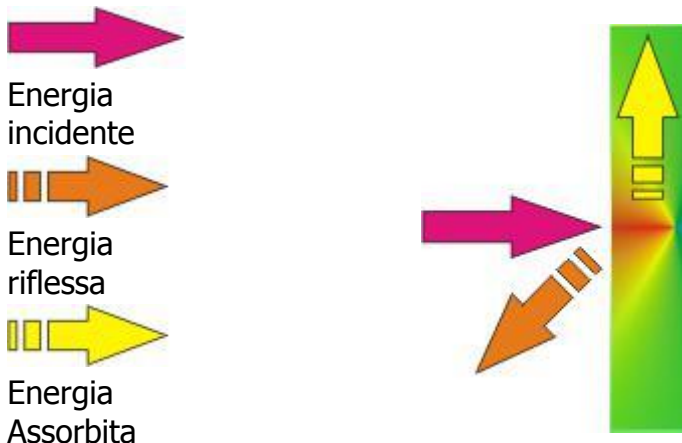
# filiale milano

## NOZIONI DI ACUSTICA

### Assorbimento acustico

Uno dei principi fondamentali della fisica, che vale anche per l'acustica, è quello della impossibilità di distruggere l'energia che può soltanto essere trasformata. L'**assorbimento acustico** (**fonoassorbimento** o **fonoassorbenza**) è la capacità di un materiale di dissipare l'energia sonora convertendola in calore. Dal punto di vista acustico quindi, una parte dell'energia ( $E_i$ ) che colpisce un corpo viene riflessa ( $E_r$ ) ma una parte viene assorbita ( $E_d$ ) dal materiale e convertita in calore secondo la formula  **$E_i = E_r + E_d$** .

#### Assorbimento acustico



Il coefficiente di assorbimento  **$d$**  è il rapporto tra l'energia assorbita e l'energia incidente sulla superficie di un materiale, ne consegue che  **$0 \leq d \leq 1$** : più alto è il valore che ne deriva, maggiore sarà la **capacità fonoassorbente** del materiale ossia il suo **potere fonoassorbente**. Se il coefficiente di assorbimento è pari a 0 l'energia sonora incidente sarà totalmente riflessa, se pari ad 1 verrà del tutto assorbita.

Il coefficiente di assorbimento varia, e anche sensibilmente, al variare dell'angolo di incidenza dell'onda sonora e a seconda della frequenza del suono. Per ragioni tecnico pratiche nella risoluzione delle problematiche di acustica ambientale e architettonica è importante calcolare il coefficiente di assorbimento in campo diffuso tenendo conto quindi di una incidenza casuale del flusso sonoro. In questo caso si utilizza il **coefficiente di Sabine** (dal nome dell'omonimo fisico), che è quindi quello solitamente indicato nella scheda tecnica che contraddistingue ogni materiale fonoassorbente.

Ad un alta capacità fonoassorbente dei materiali corrisponde una blanda capacità fonoisolante degli stessi, visto il loro basso peso specifico. Pertanto un buon materiale fonoassorbente solitamente ha uno scarso potere fonoisolante e viceversa. Del resto i **materiali fonoassorbenti** grazie alle loro caratteristiche intrinseche in linea tendenziale sono anche dei buoni isolanti termici.

Adesso considereremo in concreto le modalità attraverso cui è possibile conseguire significativi [valori di fonoassorbenza](#).

### Assorbimento per porosità

In questo caso l'assorbimento acustico è dovuto al fenomeno della **viscosità**: la dissipazione dell'onda sonora avviene per trasformazione del suono in energia cinetica allorchè lo stesso attraversa il materiale e la capacità fonoassorbente è influenzata da densità e spessore di quest'ultimo.

I materiali assorbenti per porosità si possono a loro volta distinguere in:

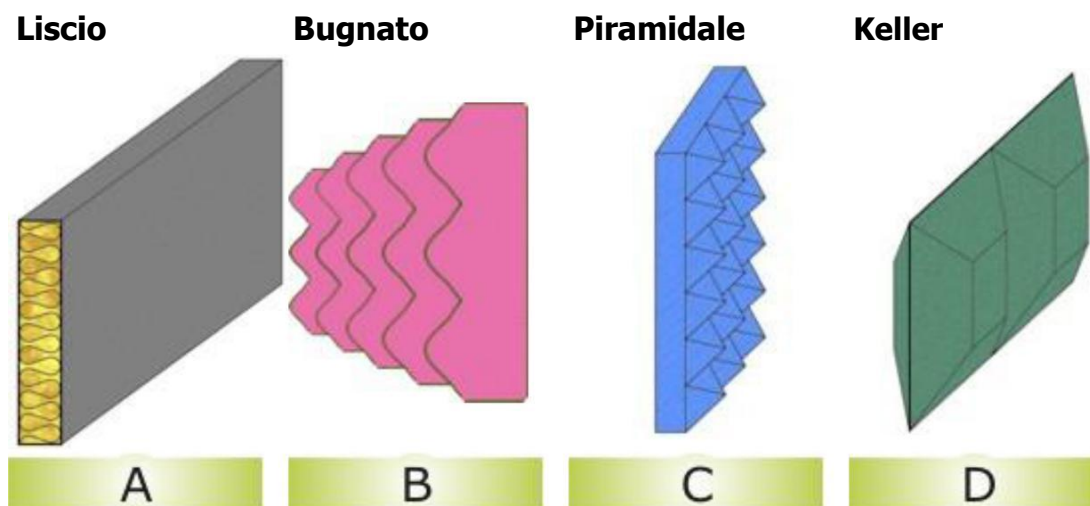
materiali fibrosi (lana di vetro, lana di roccia, trucioli di legno, sughero, fibre di poliestere, gesso, cartongesso)

materiali a cellule aperte (schiume poliuretatiche, poliuretano espanso, foam melamminico)

materiali fibrosi (moquette, linoleum, tendaggi, tessuti naturali e artificiali di vario tipo)

L'assorbimento per porosità risulta generalmente elevato alle **frequenze medie e medio-alte** mentre per ottenere un significativo smorzamento delle **basse frequenze** si richiede l'utilizzo di spessori elevati di materiale. Per un'efficace impiego del materiale fonoassorbente occorre discostarlo di qualche centimetro (minimo 5 cm fino ad oltre 30 cm) dagli elementi strutturali piani (si pensi al caso dei controsoffitti in cartongesso con eventuale aggiunta di lana minerale). Per aumentare il potere fonoassorbente dei materiali porosi piuttosto che utilizzare quelli di tipo liscio (fig. A) è possibile conformarli con sagomature tali da aumentarne la superficie totale di contatto con l'onda sonora, per una migliore dissipazione cinetica come nel caso dei materiali fonoassorbenti piramidali (fig. B), bugnati (fig. C) o dei baffles sfaccettati di tipo Keller (fig. D).

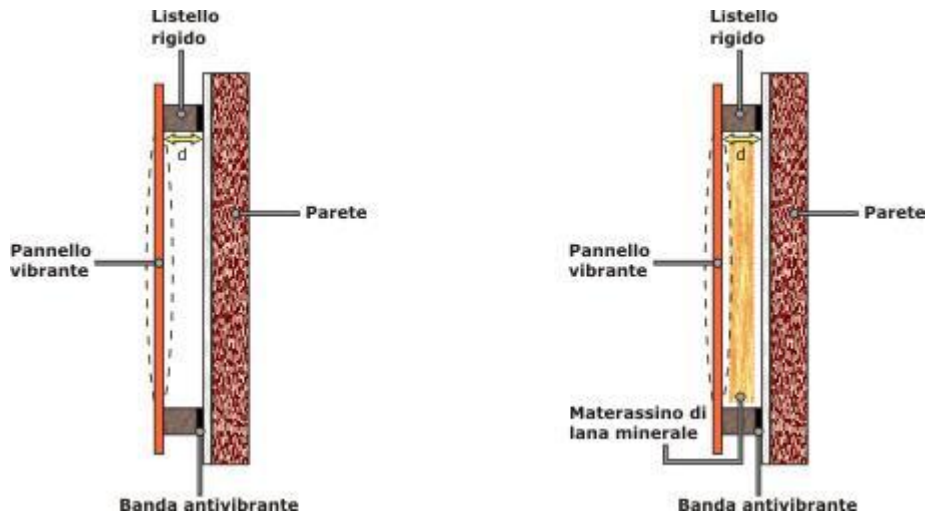
Materiali fonoassorbenti porosi (assorbenti acustici per porosità)



### Assorbimento per risonanza di membrana

l'assorbimento avviene tramite il posizionamento di un pannello di buona densità a distanza di qualche decina di centimetri dalla parete di modo che lo smorzamento si verifica tramite il **sistema massa-aria-massa** che entra in gioco anche per realizzare prestazioni di tipo fonoisolante. Il pannello risona alla sua frequenza di coincidenza e l'energia sonora viene smorzata dal cuscino d'aria retrostante. Naturalmente l'efficacia di questo sistema è limitata all'assorbimento di quelle frequenze per le quali avviene la risonanza, tuttavia è sufficiente frapporre nell'intercapedine del materiale fonoassorbente di tipo poroso o fibroso per aumentare l'efficacia fonoassorbente su una gamma sonora ben più ampia.

Sistemi fonoassorbenti per risonanza di membrana: sistema semplice (fig. 1) e sistema con interposto materiale poroso (fig. 2) per migliorare la fonoassorbenza su un più ampio frequency range

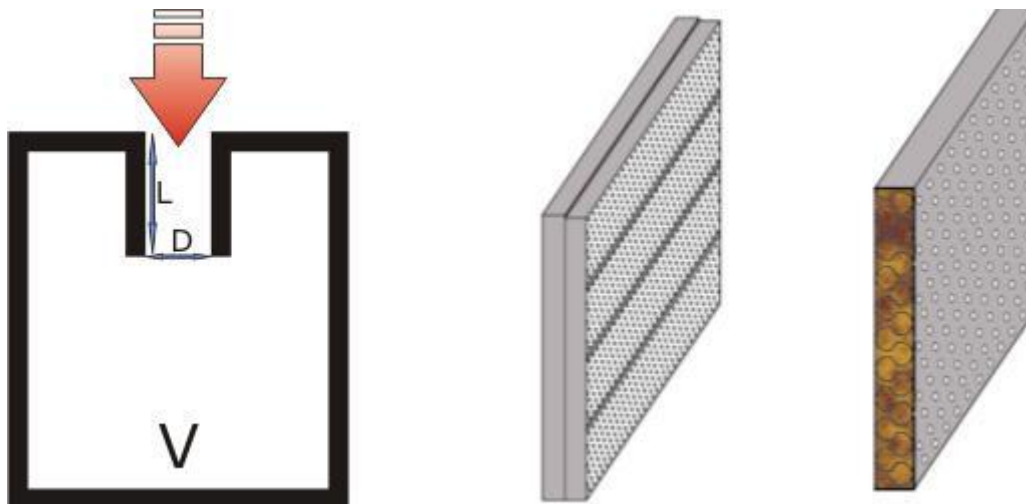


### Assorbimento per risonanza di cavità

L'assorbimento avviene per viscosità che si realizza all'imboccatura (collo) di un'area cava all'interno del materiale, che pertanto si presenta forato o fessurato, tramite il principio di funzionamento del cosiddetto *risuonatore di Helmholtz*.

Si tratta di una forma di assorbimento molto selettiva che agisce su una gamma parecchio ristretta di frequenze. È la soluzione elettiva per quelle fattispecie di correzione acustica ambientale limitate a specifiche e omogenee fonti di disturbo (es: voce umana, macchinari rumorosi analoghi tra di loro).

Naturalmente qualora le esigenze di fonoassorbimento riguardino uno spettro sonoro particolarmente ampio si potrà ricorrere a soluzioni miste che adottano contemporaneamente le tecnologie suddette (es: materassino assorbente per porosità posto dietro pannelli forati che assorbono per risonanza di cavità).



L'assorbimento acustico determina delle modificazioni sui tempi di riverbero del suono in ragione della frequenza e anche per questo motivo è un parametro fondamentale per la correzione acustica di ambienti particolari per i quali si richiedono determinate caratteristiche acustiche (es: teatri, cinema, sale d'ascolto, discoteche, palestre, home theater room)

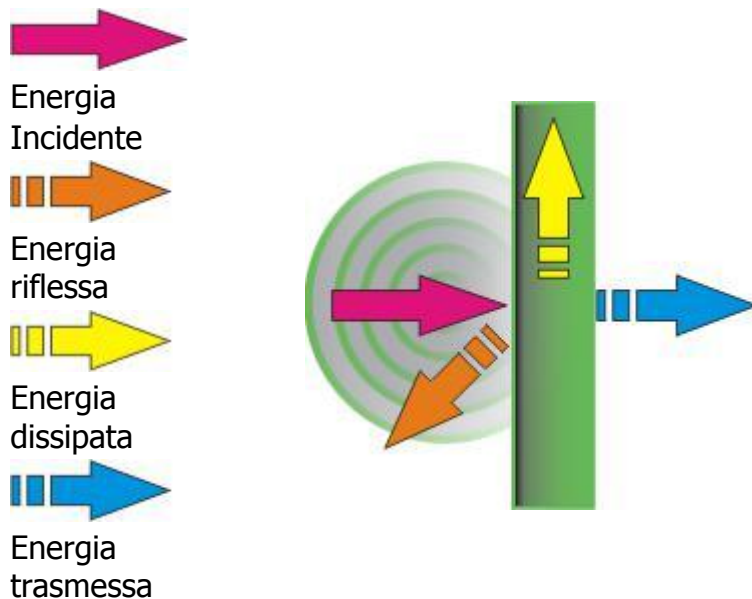
### Isolamento acustico

L'isolamento acustico (detto anche fonoisolamento o fonoimpedenza) è una tecnica che consente di ostacolare la trasmissione di energia sonora da un ambiente ad un altro interponendo tra i due un mezzo fisico di separazione. Pertanto la finalità precipua dell'isolamento acustico consiste nel proteggere l'uomo dai rumori attenuandone o eliminandone la percezione sonora attraverso la dissipazione dell'energia sonora.

La difesa dai rumori mediante isolamento acustico riguarda sia i rumori che si propagano per aria (rumori aerei), sia quelli che si trasmettono attraverso percussioni, vibrazioni, trascinamento (rumori impattivi o rumori d'urto)

Se si considera un divisorio rigido omogeneo ( $E_s$ : parete, pannello), che separa l'ambiente che contiene la sorgente disturbante da un ambiente che si vuole isolare acusticamente, si potrà osservare che l'energia sonora ( $E_i$ ) che incide sulla superficie del divisorio si divide in tre componenti fondamentali: una frazione ( $E_r$ ) viene riflessa, una ( $E_d$ ) assorbita e un'altra ( $E_t$ ) oltrepassa il divisorio secondo la formula  $E_i = E_r + E_d + E_t$  ne consegue che  $r + d + t = 1$

### Flussi di energia sonora in un divisorio rigido



Il parametro  $t$  prende il nome di coefficiente di trasmissione e caratterizza le proprietà di isolamento acustico (fonoisolanti o fonoimpedenti) del divisorio ovvero il suo potere fonoisolante che si esprime usualmente nella formula logaritmica  $R = 10 \log(1/t)$  dove  $R$  è una grandezza misurata in decibel. Per un divisorio semplice e omogeneo inoltre vale la regola generale secondo cui il potere fonoisolante aumenta all'aumentare della massa dell'isolante stesso ma anche all'aumentare della frequenza dell'onda sonora incidente.

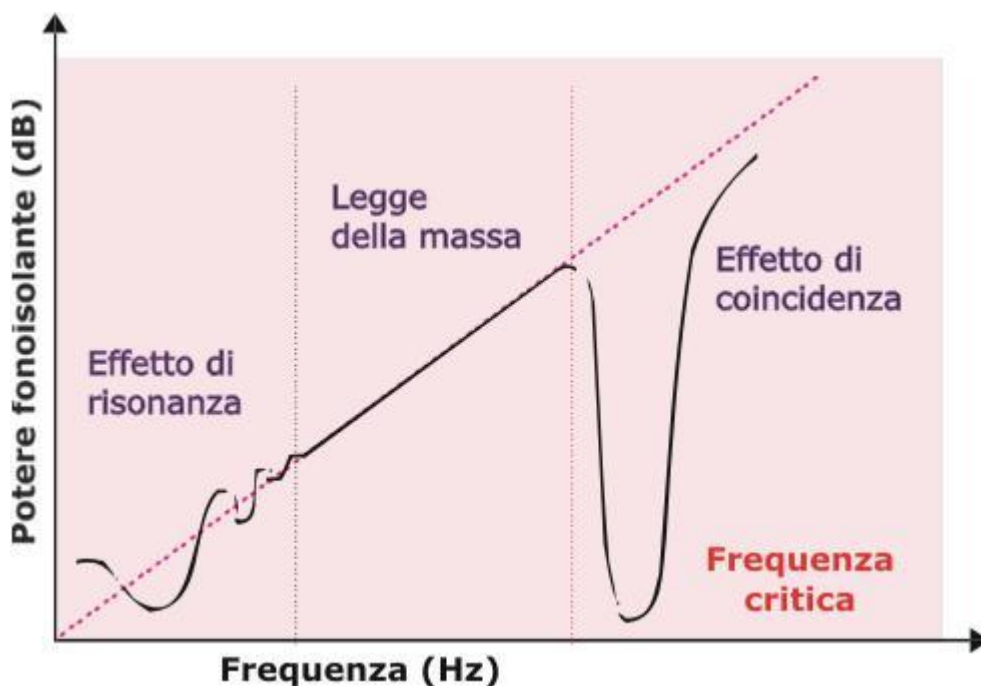
#### Legge della massa

Il suddetto principio si può sintetizzare nella cosiddetta legge della massa la cui formula è:  $R = 20 \log(mf) - 42,4$  dove  $m$  è la massa per unità di superficie ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) ed  $f$  è la frequenza del suono incidente. La legge della massa è tuttavia mitigata dall'effetto di risonanza e dall'effetto di coincidenza.

Rispetto ad alcune frequenze dell'onda incidente, solitamente nel campo delle basse frequenze si verifica un fenomeno di risonanza, del materiale interessato tale che lo stesso per quel range di frequenza oscillerà in maniera abnorme rispetto alle oscillazioni dello stesso per le altre frequenze. Ne consegue che l'isolamento acustico risulterà ridotto in corrispondenza delle frequenze naturali per le quali si determina l'effetto di risonanza che dipende dalla rigidità del divisorio considerato.

Un altro fenomeno che determina una perdita di potere fonoisolante del divisorio è rappresentato dal cosiddetto effetto di coincidenza che si verifica allorché in corrispondenza di un'onda sonora avente una determinata inclinazione, per quell'angolo di incidenza il divisorio presenta una lunghezza d'onda identica a quella del suono con la conseguenza che per quella frequenza, che prende il nome di frequenza critica (dipendente dalle proprietà del divisorio) che solitamente riguarda la gamma delle alte frequenze, nonchè per valori di frequenza superiori si ha una consistente perdita di potere fonoisolante del mezzo.

#### Andamento del potere fonoisolante di un divisorio in funzione della frequenza



In definitiva il massimo risultato che si può ottenere in applicazione della legge della massa consiste in un incremento di isolamento acustico di 6 dB per ogni raddoppio della massa con valori incrementali proporzionali (es: 12 dB quadruplicando la massa).

Per ottenere un isolamento acustico elevato senza ricorrere ad aumenti eccessivi del volume del divisorio si possono utilizzare divisori multipli (divisori doppi, tripli etc); in questi casi si potrebbe finanche ipotizzare un potere fonoisolante pari a quello della somma dei poteri fonoisolanti dei singoli divisori. Di fatto, però, le inevitabili connessioni strutturali tra i divisori comportano che il miglior risultato conseguibile (per un divisorio doppio) è un aumento del potere fonoisolante di circa 10 dB rispetto ad un singolo divisorio di massa equivalente.

Potere fonoisolante di alcune strutture di uso comune in edilizia

Struttura	Spessore di	Superficie (Kg/m <sup>2</sup> )	Massa Potere Fonoisolante espresso in dB per unità ad alcune frequenze (Hz)							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	
Parete semplice in mattoni cavi	125	240	30	35	37	40	45	55	58	
Parete semplice in mattoni pieni	360	720	35	45	44	50	57	65	70	
Parete doppia in mattoni pieni (intercapedine di 56 mm)	300	380	28	34	35	40	55	72	77	
Lastra di piombo	1,5	17	22	28	30	32	32	92	33	
Lastra di piombo	3	34	25	30	30	28	38	44	33	
Compensato su telaio di legno	6	3,5	6	9	12	15	20	26	28	
Lastra di vetro semplice	6	15	16	10	24	28	31	26	35	
Lastra di vetro	16	40	20	25	27	32	30	38	45	

semplice								
Finestra con doppi vetri da 2,5 mm e 712 mm di intercapedine	15	15	22	15	20	28	30	26

## Fonoassorbenti (materiali fonoassorbenti)



I materiali fonoassorbenti vengono utilizzati in ambito architettonico ed edilizio per correggere le caratteristiche dell'onda sonora soprattutto in termini di riverbero ossia per modulare la velocità e qualità di risposta sonora dell'onda acustica allorchè questa viene a contatto con una determinata superficie con caratteristiche intrinseche di assorbimento e riflessione sonora. Inoltre l'utilizzo di materiali fonoassorbenti in concomitanza con elementi fonoisolanti risponde alle esigenze tipiche dell'insonorizzazione di macchinari e locali e di controllo del rumore.

Come abbiamo visto nel paragrafo dedicato all'assorbimento acustico, questo si realizza attraverso differenti modalità: assorbimento acustico per porosità, per risonanza di membrana, per risonanza di cavità. Nella maggior parte dei casi i materiali fonoassorbenti in senso stretto agiscono soprattutto attraverso il principio dell'assorbimento per porosità, mentre l'assorbimento per risonanza di membrana e/o di cavità si realizza attraverso elementi strutturali complessi.

### Materiali fonoassorbenti porosi

Gli assorbenti acustici porosi sfruttano il principio di dissipazione del suono/rumore in calore attraverso moti convettivi e a loro volta si possono distinguere in fonoassorbenti fibrosi e materiali fonoassorbenti a celle aperte.

### Materiali fonoassorbenti fibrosi

#### *Lana di vetro*

E' un silicato amorfo, derivato dal vetro, che è commercializzato sotto forma di rotoli, materassini e pannelli fonoassorbenti, possiede un'alta capacità di inglobare aria attraverso una corposa struttura lanuginosa e pertanto di disperdere in calore l'onda sonora. Certamente tra i migliori materiali fonoassorbenti. Ottima anche come isolante termico. Un prodotto relativamente economico ed altamente efficiente nella riduzione del rumore.

#### *Lana di Roccia*

Possiede caratteristiche simili alla lana di vetro e deriva da uno speciale procedimento estrattivo che riguarda la roccia vulcanica. Ha caratteristiche ignifughe superiori a quelle della lana di vetro. Si rinviene sotto forma di pannelli e rotoli.

#### *Sughero*

Certamente il miglior materiale assorbente acustico esistente in natura. Da preferire alla lana di vetro e a quella di roccia tutte le volte in cui si intendono assecondare esigenze di natura ecologica e salutistica senza badare a spese. Acquistabile sotto forma di materassini o di pannelli fonoassorbenti.

#### *Truciolato di legno*

Il legno truciolare è realizzato attraverso l'accorpamento di fibre legnose derivanti dagli scarti della lavorazione del legno che vengono pressate e incollate tra loro fino a formare pannelli rigidi e resistenti. Si ottiene un prodotto con discrete doti fonoassorbenti e fonoisolanti.

#### *Moquette e tappeti*

Trattasi di manufatti in tessuto naturale (lana, linoleum, canapa, juta, fibra di cocco) ovvero realizzati su base acrilica, soprattutto nel caso della moquette. Tappeti e moquettes sono comunemente utilizzati per l'arredamento di case e spazi commerciali e contribuiscono significativamente nel conseguimento di determinati standard di comfort acustico.

#### *Tendaggi*

Le tende realizzate in stoffa o in altri tessuti naturali o sintetici contribuiscono a schermare l'onda sonora migliorando le caratteristiche riverberanti del suono al fine di una migliore fruizione degli spazi.

### **Materiali fonoassorbenti a celle aperte**

#### *Poliuretano espanso*

E' un polimero che ha ottime caratteristiche di materiale assorbente acustico da impiegare sia nel riempimento di intercapedini per aumentare la prestazione fonoisolante delle pareti, sia a vista per rispondere ad esigenze di miglioria del comfort acustico di ambienti abitativi ed insediamenti umani civili e commerciali. Si presta ad applicazioni tecniche differenziate a seconda delle sue versioni produttive (liscio,bugnato,piramidale). Prodotto in materassini morbidi. il poliuretano può essere insufflato per riempire intercapedini e facilmente lavorato se usato sotto forma di schiuma poliuretanaica, rispondendo a molteplici esigenze di fonoassorbimento.

#### *Melammina espansa*

Materiale fonoassorbente leggero e flessibile, originato da resine o foam acrilici, che rispetto al poliuretano espanso risponde meglio ad esigenze antincendio essendo un prodotto ignifugo ad alta classificazione.

#### *Vermiculite espansa*

E' un minerale che sottoposto a cottura si espande notevolmente acquisendo notevoli proprietà isolanti. Da utilizzare per insufflaggi ovvero per la realizzazione di intonaci fonoassorbenti.

#### *Perlite espansa*

Silicato di origine vulcanica che al pari della vermiculita può essere utilizzato come coibente acustico per riempire intercapedini o costituire intonaci fonoassorbenti.

#### *Argilla espansa*

prodotto naturale sottoposto a cottura ad alta temperatura ottimo sia per la realizzazione di intonaci che per la creazione di blocchi dalle spiccate caratteristiche di fonoassorbenza.

Altri assorbenti acustici secondari i: polietilene espanso, polistirene espanso (polistirolo)

## **Fonoisolanti (materiali fonoisolanti)**



Il concetto di materiale fonoisolante è strettamente connesso alla legge della massa. Il che significa che un materiale è tanto più fonoisolante quanto più elevato è il suo peso specifico, ne consegue che sono buoni materiali fonoisolanti ad esempio: la gomma, il piombo, l'acciaio, il marmo, il legno massiccio, il truciolare ad alta densità, il vetro etc. Tuttavia va chiarito che in ambito edilizio soprattutto al fine di non appesantire le strutture edili, ma talora anche per ragioni di costi, l'effetto del fonoisolamento è ottenuto in termini più efficaci e vantaggiosi attraverso la giustapposizione di materiali fonoisolanti e materiali fonoassorbenti nell'ambito di composizioni prefabbricate ovvero realizzate in loco. In tal modo si consegue l'effetto di isolare acusticamente un ambiente combinando l'intrinseca capacità di ostacolare il rumore di alcuni materiali con l'effetto dissipativo (assorbente) del rumore di altri materiali dal peso specifico inferiore con spiccata capacità di inglobare aria e/o di dissolvere il rumore. Ad esempio si pensi ad una parete divisoria in mattoni con intercapedine, il vuoto dell'intercapedine garantisce di per se un buono smorzamento acustico grazie alla capacità smorzante dell'aria, se poi si inseriscono, all'interno dello spazio vuoto, dei materiali porosi come i pannelli in fiocchi di poliuretano compressi, il fattore smorzante aumenta notevolmente. Il risultato finale e globale sarà quello di ottenere un elevato isolamento acustico ambientale.

Va da se che il ricorso a materiali come il polistirene (polistirolo), che talora, nella credenza popolare, viene erroneamente ed inspiegabilmente considerato un isolante/assorbente acustico, è del tutto inutile, avendo un'efficacia assolutamente nulla sotto il profilo fonoisolante; in taluni casi, risulta addirittura controproducente,

L'utilizzo di materiali fonoisolanti e fonoassorbenti combinati insieme al fine di isolare acusticamente un ambiente rientra nelle cosiddette tecniche di insonorizzazione.

#### Fonoisolanti naturali

##### Piombo

Il piombo è un materiale fonoisolante naturale che trovava impiego soprattutto nel passato; grazie alla sua alta densità infatti consente di ottenere importanti risultati in termini di abbattimento sonoro. Tuttavia gli alti costi di produzione delle lastre di piombo unitamente alle problematiche di compatibilità ambientale e di smaltimento delle stesse, hanno fatto sì che il piombo sia ormai un materiale obsoleto, sotto il profilo acustico, il cui utilizzo quindi è estremamente limitato e residuale nell'insonorizzazione civile ed industriale moderna.

##### Gomma

La gomma naturale, che si ricava dalla resina delle cortecce di alcune piante, e quella sintetica a base polimerica, possiede una densità cellulare consistente e può essere impiegata proficuamente come isolante acustico. La gomma (in special modo le particelle di gomma a granulometria controllata, addensate e compatte), costituisce ad oggi il miglior materiale isolante acustico tecnico, con impareggiabile rapporto costi/benefici. I manufatti isolanti in gomma sono "ecologici", di facile lavorabilità ed hanno definitivamente soppiantato il piombo, considerato un materiale costoso, inquinante e ostico sotto diversi profili. Di norma, viene commercializzata in lastre o in materassini.

Solitamente i maggiori produttori di pannelli fonoisolanti, al fine di ottenere migliori risultati in termini di abbattimento sonoro, accoppiano la gomma assieme a pannelli rigidi (es: il cartongesso, che ha il vantaggio di essere un prodotto finito) o la combinano con materiali fonoassorbenti quali fibre naturali e sintetiche, poliuretano, fibra di legno, sughero etc, per la produzione di pannelli sandwich o di materassini dall'elevato potere fonoisolante che sfruttano l'effetto dissipativo proprio dei predetti materiali.

#### **Isolante naturale: piombo**



#### **Isolante naturale: gomma**



#### Caratteristiche fonoisolanti di alcuni materiali edili

##### convenzionali Mattoni in laterizio o cotto

Sono normalmente utilizzati per la realizzazione di pareti perimetrali e interne degli edifici per civile abitazione. L'indice del potere fonoisolante per un singolo mattone in laterizio forato dello spessore di 8 cm, si attesta intorno a valori di 35 Rw.

Nel caso di parete intonacata con intercapedine si possono raggiungere valori fino a 60-65 Rw ricorrendo a particolari materiali tecnici e/o all'insufflaggio di particolari schiume fonoassorbenti.



#### Mattoni in cemento

I blocchi di calcestruzzo sovente utilizzati per la realizzazione di pareti perimetrali e portanti presentano valori di isolamento acustico nell'ordine di >50 db riferito a manufatti forati di 20 cm di spessore con massa intorno ai 1200 kg/m<sup>3</sup>

#### Solai in laterocemento

Gli elementi di separazione tra i piani di un edificio sono realizzati attraverso l'utilizzo di speciali mattoni intelaiati in strutture di calcestruzzo armato. Per solai dello spessore di 20 cm si può ipotizzare un capacità fonoisolante di circa 50-55 db

#### Cemento armato

Il calcestruzzo armato (cemento con la presenza di anime in acciaio al suo interno) utilizzato principalmente per la realizzazione delle strutture portanti degli edifici (pilastri, travi, muri di contenimento) raggiunge valori di perdita di trasmittanza sonora (Rw) di circa 60 db riferito ad elementi dello spessore di 20 cm e di peso di 1500 kg/m<sup>3</sup>

#### Cartongesso

Il cartongesso utilizzato principalmente per la creazione di controsoffitti (tetti falsi) ma anche per la realizzazione di pareti divisorie leggere e di contropareti, presenta più caratteristiche fonoassorbenti che fonoimpedenti, tuttavia il suo utilizzo combinato a quello di altri materiali contribuisce all'ottenimento di alti valori di fonoisolamento.

#### Pannelli in alluminio

Trovano utilizzo soprattutto nella realizzazione di capannoni industriali relativamente alle coperture e alle tarpezzature. Una lastra d'alluminio semplice dello spessore di 0,3 cm raggiunge valori di circa 26 db Rw.

#### Vetri semplici

Il vetro nell'ambito delle costruzioni civili rappresenta certamente l'anello debole della protezione sonora dell'edificio, sia per l'impossibilità di utilizzare spessori esagerati sia per ragioni connesse alla frequenza di risonanza dei cristalli. Indicativamente di seguito alcuni valori dell'indice Rw in ragione dello spessore del vetro: 3 mm/26 db, 4 mm/28 db 6 mm/30, db 8 mm/32 db 10 mm/34 db.

#### Vetri stratificati

L'operazione di stratificazione ossia l'interposizione tra i vetri di uno o più lamine di PVC o altri materiali plastici migliora le caratteristiche fonoisolanti del vetro in quanto fa abbassare la frequenza di risonanza, posizionandola al di sotto del range di frequenza critica nel quale arrecherebbe maggiormente fastidio (100-3500 Hz)

#### Vetrocamera

Contrariamente a quanto comunemente si pensi i così detti doppi vetri (vetrocamera) se certamente presentano indubbi vantaggi in termini di isolamento termico non di meno non arrecano significativi miglioramenti in termini di abbattimento del rumore, questo perchè sostanzialmente vige la legge della massa (il massimo risultato conseguibile è quello per cui il potere fonoisolante complessivo è pari alla somma dei poteri fonoisolanti dei singoli divisori che compongono la vetrata doppia), poichè l'intercapedine di pochi mm o cm non permette di ottenere grandi vantaggi acustici che potrebbero realizzarsi soltanto per valori di separazione dei due elementi superiori ai 10 cm (doppie o triple finestre). Tuttavia l'utilizzo di cristalli di spessore differente e/o il riempimento dell'intercapedine con gas particolari (Es: argon) contribuiscono ad accrescere l'isolamento acustico: in questo caso la vetrata isolante permettono di combinare l'isolamento termico a quello acustico.

#### Infissi e serramenti

Sebbene nell'isolamento acustico di una porta/finestra l'elemento più rilevante sia costituito dal vetro, bisogna tuttavia prestare attenzione anche all'utilizzo di serramenti di qualità e spessore congrui, al fine di non vanificare l'effetto fonoisolante dei cristalli. I serramenti di utilizzo più comune sono costruiti in legno, PVC, alluminio o legno-alluminio. Di significativa importanza è l'utilizzo delle guarnizioni di tenuta che contribuiscono a stabilizzare la prestazione fonoisolante dell'intero serramento realizzate in gomma, silicone o EPDM. Punto debole del sistema finestra talora è il cassonetto, nel qual caso sarà necessario apposito intervento insonorizzante.