

## CAPITOLO 13

# ISOLAMENTO ACUSTICO

### 13.1 Generalità

Contenere l'entità di suoni e rumori esterni trasmessi all'interno di ambienti attraverso i confini che li delimitano (pareti perimetrali, tramezzi e solai) è questione di grande importanza tecnica per migliorare le condizioni di vita delle persone. L'origine del rumore esterno può essere varia: traffico veicolare, ferroviario, sorgenti industriale etc. oppure anche radio, TV elettrodomestici o impianti. In generale, si può affermare che un'**accettabile qualità acustica** degli edifici potrà essere ottenuta solo con un'adeguata progettazione degli edifici non disgiunta da una corretta e preventiva pianificazione urbanistica degli spazi urbani. In questo ambito, trova ovviamente conferma sul campo il concetto che è molto meglio prevedere in fase di progettazione piuttosto che dover poi intervenire con interventi tampone spesso di relativa efficacia. Ad esempio, edifici non "pensati" per offrire una sufficiente protezione acustica (serramenti leggeri) e posizionati in prossimità strade di scorrimento potranno richiedere in tempi successivi costosi interventi di riqualificazione acustica.

Una tipica modalità d'immissione di suoni o più propriamente di rumori all'interno degli ambienti è la **via aerea**. Più in particolare le onde sonore incidenti sui divisori (pareti, tramezzi e solai) determinano una loro messa in vibrazione e, quindi, anche una parziale emissione di onde sonore dalla parte opposta dei divisori interessati. È evidente che tanto maggiore sarà la massa per unità di area della struttura tanto più contenuta sarà remissione di suono sull'altro lato. Infine, nei casi (molto comuni) di una **non perfetta chiusura** di infissi (porte e finestre) non va trascurato anche il contributo sonoro che si trasmette all'interno passando direttamente per via aerea attraverso le aperture. Un'altra possibile via di trasmissione diretta tra diversi ambienti può attuarsi lungo i **condotti degli impianti di condizionamento dell'aria** che questi sono tra loro comunicanti.

In questi casi il rumore trova una via preferenziale di propagazione senza apprezzabile riduzione della sua intensità. Un'altra importante modalità di trasmissione del rumore è legata al fatto che le sorgenti sonore, oltre ad emettere onde sonore

nell'aria, molto spesso trasmettono anche per "**via solida**" vibrazioni alle strutture dell'edificio. Un simile effetto può anche conseguire a urti e sollecitazioni meccaniche agenti sulle strutture, quali ad esempio il calpestio di persone su una scala ecc. La vibrazione delle strutture si trasmette a sua volta attraverso i divisori determinando l'immissione di suoni e rumori in altri locali. Può osservarsi che, a differenza dei suoni trasmessi per via aerea, i quali interessano in genere solo i locali adiacenti, i suoni trasmessi per via strutturale possono raggiungere anche ambienti più lontani. Questi fenomeni possono essere controllati solo interrompendo opportunamente il percorso delle vibrazioni, ad esempio mediante inserti di materiali cedevoli (resilienti).

## **13.2 Trasmissione del suono per via aerea attraverso divisori**

Allorché un'onda sonora incontra la superficie di una parete piana, che separa due ambienti contigui, una frazione dell'intensità acustica dell'onda viene riflessa e la restante viene in parte assorbita e in parte trasmessa attraverso la parete. L'assorbimento di energia nella parete è dovuto al fatto che le oscillazioni che si trasmettono all'interno della struttura, sebbene di piccola entità, causano movimenti relativi degli elementi interni del materiale, i quali, in conseguenza di fenomeni di attrito interno (fenomeni di smorzamento), determinano una trasformazione continua di energia meccanica in calore e quindi, in ultima analisi, un certo assorbimento acustico. Poiché le onde sonore incidono anche con diversa angolazione, la parete potrà anche essere soggetta ad un tipo diverso di vibrazioni e cioè a vibrazioni flessionali che trasmettono parte dell'energia sonora in direzione parallela al piano della parete fino ai suoi bordi e da questi alle strutture confinanti. Questa porzione di energia trasmessa lateralmente può, in taluni casi, limitare seriamente l'isolamento acustico.

### **13.2.1 Potere fonoisolante**

La trasmissione del suono attraverso un elemento divisorio, ad esempio un tramezzo tra due ambienti, è descritta attraverso il suo fattore di trasmissione  $t$ . L'entità di questo fattore dipende da:

- caratteristiche dei materiali che lo costituiscono;
- direzione d'incidenza;
- dimensioni della parete;
- possibilità di fenomeni di risonanza a certe frequenze.

Anziché riferirsi direttamente al fattore  $t$  si preferisce utilizzare un'unità logaritmica detta **potere fonoisolante R**.

Si definisce **potere fonoisolante R** la differenza tra il livello di potenza sonora incidente e quello trasmesso:

$$R = 10 \cdot \text{Log} \frac{\Pi_i}{\Pi_{\text{rif}}} - 10 \cdot \text{Log} \frac{\Pi_t}{\Pi_{\text{rif}}} = 10 \cdot \text{Log} \frac{\Pi_i}{\Pi_t} = 10 \cdot \text{Log} \frac{1}{t}$$

dove l'argomento del logaritmo rappresenta l'inverso del fattore di trasmissione  $t$  sopra definito.

Nel caso le onde sonore incidano normalmente alla superficie del pannello si dimostra che:

$$R_n = 20 \text{ Log} (m f) - 42.3$$

ove:  $m$  = massa specifica del pannello [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ].

Questa relazione va sotto il nome di "**legge della massa**". Ad un raddoppio della massa specifica del pannello, ovvero della frequenza, si ottiene un aumento del potere fonoisolante di 6 [dB].

Se, invece d'incidenza normale, si considera la tipica incidenza che caratterizza un **campo acustico perfettamente diffuso**, si ottiene:

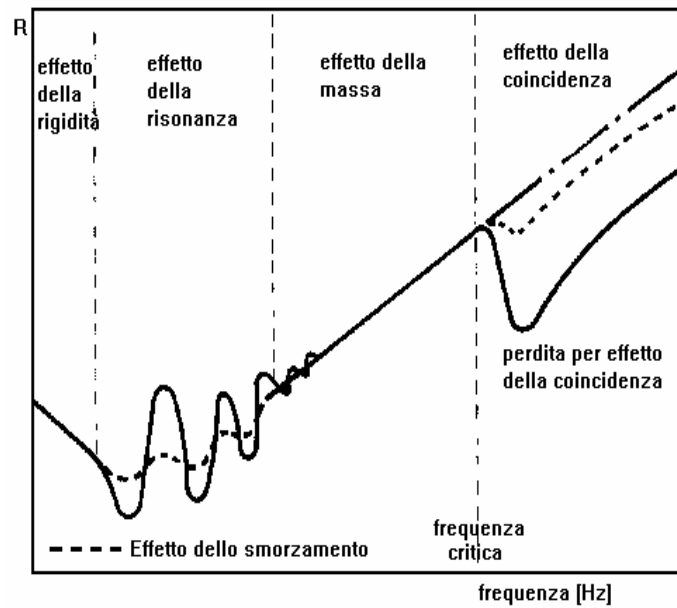
$$R_d = R_n - 10 \text{ Log} (0.23 R_n)$$

Nel casi pratici si ha una situazione di campo acustico **mediamente** diffuso per cui il potere fonoisolante  $R$  da considerarsi è esprimibile da:

$$R = 20 \text{ Log} (m f) - 47.2$$

Riportando questa relazione su un diagramma con in ascissa la frequenza espressa in scala **logaritmica**, si osserva un andamento lineare.

Nella realtà, l'andamento sperimentale di  $R$  per un tramezzo presenta, in alcuni campi di frequenze, deviazioni assai sensibili da questo andamento come illustrato nella figura a lato.



- Nella prima zona, corrispondente alle frequenze più basse, si rileva un effetto (detto **della rigidità**) per il quale si verifica una diminuzione di  $R$  con la frequenza.
- Segue una seconda zona controllata dalla risonanza (**effetto della risonanza**) che produce, a frequenze caratteristiche, variazioni di  $R$ . Per diminuire quest'effetto occorre che la più bassa frequenza di risonanza sia spostata il più possibile verso le minime frequenze udibili; ciò si ottiene con elementi di grande massa e scarsa rigidità.
- La terza zona, compresa entro valori intermedi della frequenza, rappresenta abbastanza bene la legge della massa (**effetto della massa**).
- La quarta ed ultima zona, infine, risente di un **effetto** (detto **di coincidenza**), con un sensibile abbassamento del potere fonoisolante a partire da una particolare valore della frequenza del suono detta **frequenza critica del pannello  $f_c$** . Quest'effetto, analogamente alla risonanza prima discussa, può aumentare la trasmissione del suono attraverso un pannello sottile caratterizzato da basso smorzamento interno.

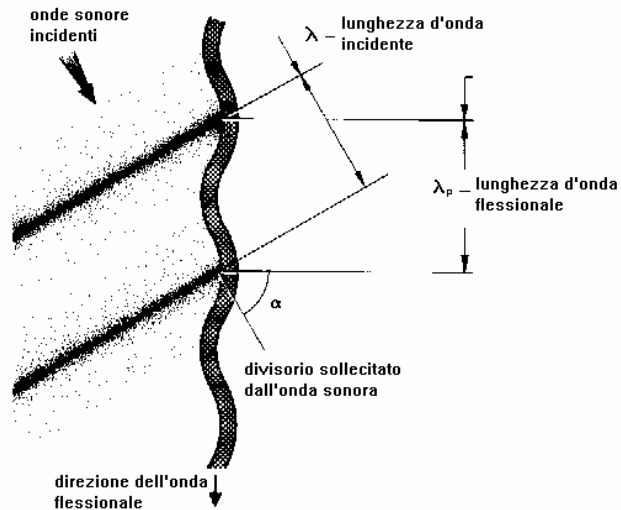
L'**effetto di coincidenza** è dovuto alle **oscillazioni flessionali** che si formano quando un'onda sonora incide obliquamente sul pannello. Se, come mostrato in figura, queste

risultano in fase con l'onda incidente si verifica un più efficace trasferimento d'energia sonora attraverso il pannello.

La figura illustra schematicamente l'accoppiamento tra l'onda aerea con incidenza obliqua secondo un angolo  $\alpha$  e l'oscillazione flessionale i cui massimi coincidono con quelli del suono che sollecita il pannello. L'accoppiamento richiede che  $\lambda = \lambda_p \cdot \sin \alpha$  e, cioè, che la proiezione della lunghezza d'onda nell'aria dell'onda incidente ( $\lambda / \sin \alpha$ ) eguagli  $\lambda_p$ .

Si osservi come tutte le onde sonore aventi lunghezza d'onda:  $\lambda \leq \lambda_p$  possono coincidere con l'onda flessionale quando l'angolo di incidenza sul pannello risulta  $\alpha \leq \pi/2$ .

Nel caso limite d'incidenza parallela ( $\alpha = \pi/2$ ) la lunghezza d'onda dell'onda flessionale sul pannello è eguale alla lunghezza d'onda del suono. Questo caso corrisponde alla frequenza critica  $f_c$  al disotto della quale questo fenomeno non può avere luogo.



### ● Potere fonoisolante di tramezzi composti

Se la parete presenta complessivamente un numero  $i$  di porzioni (di superficie  $S_i$ ) con fattore di trasmissione  $t_i$  diverso, allora ci si può riferire ad un fattore  $t_m$  medio pesato definito da:

$$t_m = \frac{\sum_i S_i t_i}{\sum_i S_i}$$

Il potere fonoisolante  $R$  della parete composta potrà allora essere espresso da:

$$R = 10 \text{ Log} \left( \frac{1}{t_m} \right)$$

### ● Potere fonoisolante di pareti doppie

Una tecnica per migliorare il potere fonoisolante di una parete, senza aumentare la sua massa per unità d'area, consiste nel suddividere il materiale del divisorio in due strati paralleli, separati da un'intercapedine d'aria e possibilmente resi indipendenti. Quest'ultima condizione è tanto più importante quanto minore è la frequenza, poiché per lunghezze d'onda elevate potranno verificarsi fenomeni di risonanza tra i due strati. Attraverso la parete doppia il suono si trasmette secondo due modalità diverse:

- il primo strato, posto in vibrazione dall'onda sonora incidente, irradia suono nell'intercapedine ponendo in vibrazione il secondo strato; quest'ultimo, infine, emette nell'ambiente confinante;
- il secondo meccanismo riguarda la trasmissione per via solida attraverso i vincoli strutturali che collegano i due strati; questa modalità di trasmissione viene di solito definita dal percorso di fiancheggiamento per via strutturale.

In prima approssimazione il potere fonoisolante di una parete a due strati può raggiungere valori anche dell'ordine di:

$$R \cong R_1 + R_2 + 6 \quad [\text{dB}]$$

nella quale  $R_1$  e  $R_2$  sono i *poteri fonoisolanti* dei due strati considerati separatamente.

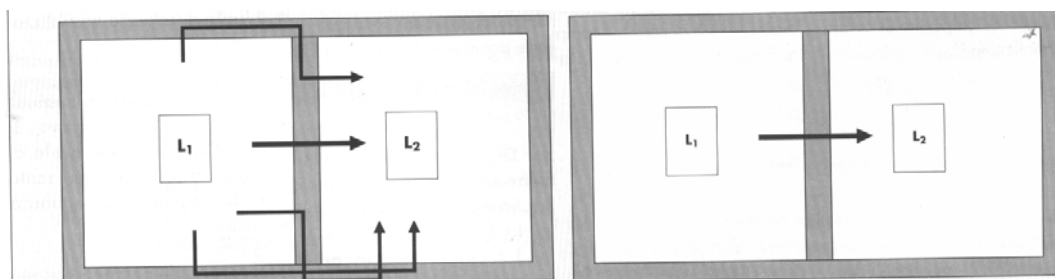
Nella seguente tabella si riportano, a titolo indicativo, valori del potere fonoisolante alle varie bande d'ottava di alcune comuni strutture edilizie.

FREQUENZE DEI DIVISORI [Hz]	POTERE FONOISOLANTE [dB]					
	125	250	500	1000	2000	4000
Parete in mattoni pieni intonacata (spessore 12 cm, 220 kg/m <sup>2</sup> )	34	35	40	50	55	57
Parete in mattoni pieni intonacata (spessore 24 cm, 440 kg/m <sup>2</sup> )	40	44	50	56	57	57
Parete in mattoni forati (spessore 28 cm)	37	43	52	60	64	65
Parete in calcestruzzo (2 strati 5 cm + intercapedine 7.5 cm)	37	40	50	54	56	63
Parete in calcestruzzo 2 strati 7.5 cm + intercapedine 7.5 cm)	37	40	50	54	56	63
Divisorio in gesso-perlite (spessore 5 cm, 49 kg/m <sup>2</sup> )	26	28	30	31	42	47
Divisorio in gesso-perlite (spessore 6.3 cm, 107 kg/m <sup>2</sup> )	31	30	29	35	45	52
Doppia finestra	16	24	36	50	54	58

### 13.3 Isolamento acustico

#### ● Isolamento acustico per rumori aerei

Il **potere fonoisolante** è una proprietà della parete che non tiene conto dell'influenza degli ambienti contigui che separa, né d'altre possibili vie di trasmissione del suono (trasmissione laterale). Per descrivere più compiutamente l'effetto di riduzione del livello sonoro determinato da una parete o da un divisorio tra ambienti diversi adiacenti, si definisce **isolamento acustico** la differenza tra il livello sonoro  $L_1$  che una sorgente di rumore produce nell'ambiente in cui è posta (ambiente disturbante) e quello  $L_2$  misurabile nell'ambiente ricevente oltre il divisorio (ambiente disturbato).



In genere, come rappresentato in figura, si ha trasmissione di contributi sonori anche per vie diverse da quella attraverso il tramezzo. Se si considera il campo acustico perfettamente diffuso nell'ambiente disturbante e si ipotizza che la trasmissione del disturbo si verifichi **solo** attraverso il tramezzo, l'**isolamento acustico**  $L_1 - L_2$  può esprimersi in funzione del potere fonoisolante  $R$  del tramezzo.

Indicando con  $D_1$  la densità sonora di regime nell'ambiente disturbante, la potenza  $\Pi_i$  complessivamente incidente sul divisorio di superficie  $S$  è, infatti, data da:

$$\Pi_i = I_0 S = \frac{c \cdot D_1}{4} \cdot S$$

per cui anche :

$$D_1 = \frac{4\Pi_i}{S \cdot c}$$

La potenza trasmessa attraverso il divisorio è:

$$\Pi_t = t \Pi_i$$

La densità sonora che si viene a determinare nell'ambiente ricevente dipende dall'entità della potenza trasmessa al locale disturbato, in accordo a:

$$D_2 = \frac{4\Pi_t}{c \cdot A_2^*}$$

Facendo il rapporto tra le due densità sonore, si ottiene:

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{A_2^*}{t \cdot S}$$

ove:

$A_2^*$  = assorbimento dell'ambiente disturbato.

Passando ai logaritmi, si ha:

$$L_1 - L_2 = 10 \text{ Log} \left( \frac{1}{t} \right) - 10 \text{ Log} \left( \frac{S}{A_2^*} \right)$$

$$L_1 - L_2 = R - 10 \text{ Log} \left( \frac{S}{A_2^*} \right)$$

Pertant, si vede come l'**isolamento acustico**, inteso come complessiva riduzione del livello sonoro tra i due ambienti, dipenda dal potere fonoisolante **R** del divisorio, dalla sua estensione (superficie **S**) e dall'assorbimento totale dell'ambiente ricevente (assorbimento  $A_2^*$ ). La relazione ottenuta viene impiegata per la misura in laboratorio del potere fonoisolante **R** di tramezzi.

Al fine di caratterizzare in modo più generale il comportamento acustico del divisorio, svincolando la misura dalle caratteristiche dell'ambiente ricevente (ad esempio l'arredamento), in luogo dell'isolamento acustico  $L_1 - L_2$  si usa riferirsi all'**isolamento acustico normalizzato**,  $D_n$ , definito come:

$$D_n = R - 10 \text{ Log} \left( \frac{S}{A_o^*} \right)$$

ove:

$A_o^*$  = valore di riferimento per l'assorbimento totale pari a  $10 \text{ m}^2$ .

Ovviamente  $D_n$  rappresenta l'isolamento acustico  $L_1 - L_2$  che si otterrebbe utilizzando un tramezzo di potere fonoisolante **R**, con l'ambiente di riferimento e cioè con un ambiente avente un assorbimento totale  $A_o^* = 10 \text{ [m}^2\text{]}$ .

Risulta, quindi:

$$R = D_n - 10 \text{ Log} \left( \frac{S}{A_o^*} \right)$$



Se lo stesso tramezzo fosse, invece, adottato quale elemento di separazione con un ambiente il cui assorbimento totale fosse  $A^*$ , risulterebbe:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \text{ Log} \left( \frac{S}{A^*} \right)$$

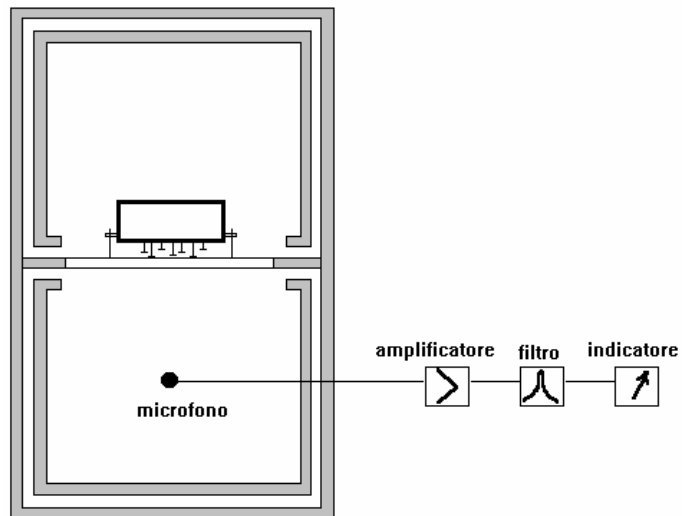
Eguagliando le due espressioni di  $R$ , si ottiene:

$$D_n = L_1 - L_2 + 10 \text{ Log} \left( \frac{A_o^*}{A^*} \right)$$

### ● Isolamento acustico per rumori impattivi

Un caso frequente di disturbo acustico è rappresentato dalle sollecitazioni prodotte sulle strutture solide degli edifici da corpi vibranti a diretto contatto con esse, ovvero da urti determinati dalla caduta di oggetti o da contatti ripetuti (rumori di calpestio). In tal caso le strutture sollecitate dinamicamente entrano in vibrazione a loro volta e trasmettono il rumore per via solida e nell'aria circostante.

Questo tipo di problema si verifica, essenzialmente, nel caso d'elementi orizzontali come i solai o le solette piene d'ambienti chiusi, destinati a sorreggere macchinari o apparecchiature diverse e normalmente percorsi dalle persone che si trovano nell'ambiente sovrastante.

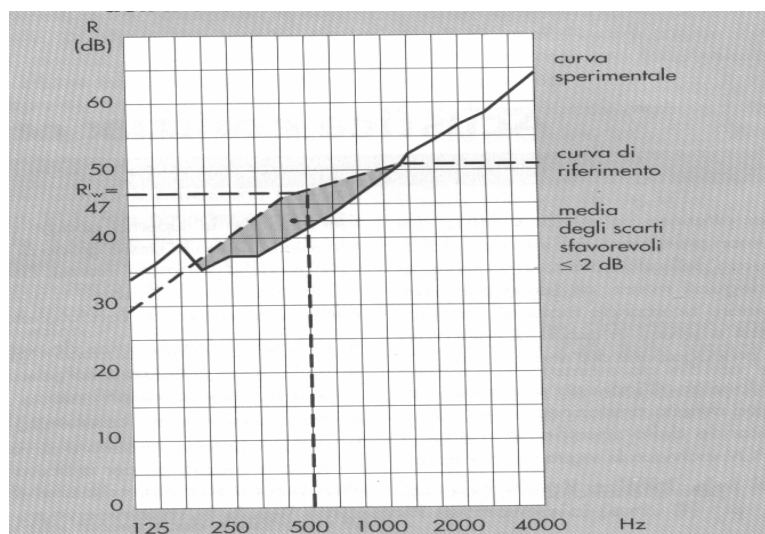


Per caratterizzare la capacità di una struttura orizzontale a ridurre questo tipo di disturbo acustico si definisce il cosiddetto **livello di rumore di calpestio  $L$**  come livello di pressione sonora rilevabile nell'ambiente disturbato quando sulla struttura agisca una macchina normalizzata per generare calpestio. Anche in questo caso, si definisce un livello di rumore di calpestio normalizzato per ricondurre la misura ad una condizione standard:

$$L_n = L - 10 \text{ Log} \left( \frac{A_o^*}{A^*} \right)$$

con il consueto significato dei simboli. Il livello, così definito, fornisce un'indicazione immediata del grado d'isolamento della struttura. A livelli più elevati corrisponde ovviamente uno scarso isolamento acustico nei riguardi dei rumori impattivi, mentre un buon comportamento del solaio è testimoniato da bassi valori di  $L_n$ . Per caratterizzare in modo più semplice e comodo il comportamento acustico degli elementi divisori (elementi di separazione tra unità immobiliari e facciate di edifici), anziché fornire per **bande di ottava o a terzi d'ottava** il potere fonoisolante  $R$  o il livello di rumore normalizzato  $L$ , si usa fare riferimento a valori medi di tali proprietà o **indici di valutazione**. Questi indici consentono di caratterizzare, con un solo numero, le proprietà degli elementi divisori per confrontare facilmente tra loro elementi diversi. Il criterio che si segue per definire questi indici prevede il ricorso ad un **confronto grafico** tra i valori  $R$  e  $L$  misurati in funzione della frequenza e **curve normalizzate** tracciate sul diagramma delle misure.

Le curve di normalizzate vengono traslate verticalmente sul diagramma fino a soddisfare alcune condizioni relative alla media dei corrispondenti scarti con le misure. Soddisfatte tali condizioni, l'**indice di valutazione** desiderato corrisponde al **valore letto** sulla curva di normalizzata ad una particolare frequenza (in genere 500 [Hz]). Nella figura seguente, a solo titolo illustrativo, si riporta il suddetto confronto grafico tra la curva di riferimento (curva tratteggiata) e i dati misurati ( curva continua) per valutare l'indice di valutazione acustica  $R'_w$  del **potere fonoisolante apparente** di partizioni, a partire da misure effettuate in opera.



A sua volta, il potere fonoisolante apparente  $R'_w$  è legato al potere fonoisolante  $R_w$  misurato in laboratorio dalla relazione:

$$R'_w = R_w - a$$

ove  $a$  rappresenta la media dei contributi dovuti alle trasmissioni laterali.

### 13.4 Cenni sulle tecniche di riduzione del rumore

Limitandosi alla trasmissione del suono tra ambienti adiacenti, separati da un elemento divisorio (parete o pavimento), da quanto illustrato è possibile trarre elementi generali che servano come guida per più corrette scelte progettuali.

Prendendo come riferimento la relazione:

$$L_1 - L_2 = R - 10 \text{ Log} \left( \frac{S}{A^*} \right)$$

che esprime la differenza di livelli nei due ambienti adiacenti, si conclude che l'isolamento acustico può essere modificato agendo su tre parametri:

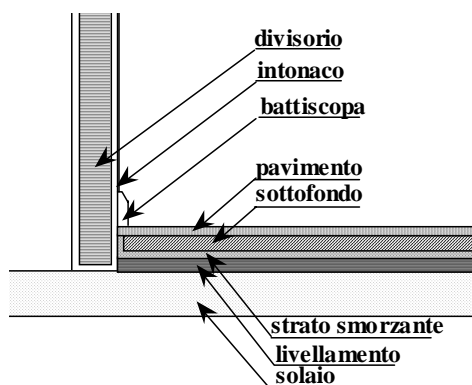
- il **potere fonoisolante del divisorio**;
- l'**area S del divisorio**;
- l'**assorbimento totale A\* dell'ambiente disturbato**.

Evidentemente non tutti questi elementi presentano la stessa importanza poiché le possibilità d'intervento sulla superficie  $S$  sono praticamente nulle ed anche per quanto concerne l'assorbimento globale il campo di variazione praticamente ottenibile è piuttosto limitato. L'elemento determinante, ai fini di un buon isolamento acustico, resta il **potere fonoisolante** e tutti quegli accorgimenti che in qualche modo servono a ridurre e ad impedire i percorsi di propagazione del rumore. Una frequente causa d'insufficiente isolamento acustico è rappresentata da discontinuità strutturali, come porte e finestre che riducono sensibilmente il potere fonoisolante medio del divisorio, ovvero, la presenza di controsoffittature fonoassorbenti continue tra ambienti adiacenti, canalizzazioni d'impianti tecnologici, tubazioni passanti ecc., che possono rappresentare pericolosi modi di trasmissione sonora per via aerea o a causa di vibrazioni comunicate alla struttura del divisorio. E' opportuno che porte e finestre non presentino un potere fonoisolante molto più basso della parete in cui sono inserite, per non ridurre eccessivamente il potere fonoisolante della struttura composta. Un rapido calcolo

mostra che una porta avente potere fonoisolante medio di 30 [dB] che occupa il 10% della superficie di una parete avente potere fonoisolante di 55 [dB] determina un potere fonoisolante dell'intero divisorio così composto pari a circa 39 [dB]. Ciò significa che la riduzione del potere fonoisolante risulta di circa il 30%, a causa dell'inserimento dell'elemento meno isolante. Se la stessa porta avesse un potere fonoisolante di 25 [dB], valore usuale per un infisso di caratteristiche medie, allora il potere fonoisolante complessivo scenderebbe a 35 [dB] con una perdita del 36% circa.

Il potere fonoisolante di divisori omogenei può essere aumentato ricorrendo ad accorgimenti vari. Uno dei provvedimenti più efficaci, come già accennato, consiste nel suddividere la massa del divisorio in due strati non completamente uguali per evitare possibili effetti di risonanza, tra loro non vincolati e separati da un'intercapedine sufficientemente ampia e riempiendo parzialmente l'intercapedine con materiale fonoassorbente. Molta cura va posta nell'evitare la continuità strutturale dei due strati che poggiano sullo stesso supporto (solaio) e sono ancorati a pareti comuni; un accorgimento per evitare la continuità consiste nell'inserire elementi resilienti tra gli strati e i supporti ed evitare collegamenti interni rigidi, che talora si riscontrano nelle pareti doppie. Una delle cause di disturbo tra locali separati da un solaio è da attribuirsi allo scarso isolamento per rumori impattivi, determinato anche questo dalla continuità e dall'elasticità della struttura. I provvedimenti più efficaci, per aumentare l'isolamento di una struttura orizzontale, consistono nel sovrapporre, allo strato portante, elementi smorzanti d'adeguata resistenza meccanica che hanno la funzione di disconnettere la struttura elastica principale dalla pavimentazione vera e propria.

Un accorgimento da rispettare consiste nell'evitare il contatto del sottofondo di supporto del pavimento con le pareti laterali; ciò si può ottenere piegando lo strato resiliente lungo il perimetro come mostrato nella figura che segue.



La struttura così ottenuta viene comunemente indicata come "**pavimento galleggiante**" a sottolineare l'indipendenza della soletta portante dagli strati superficiali di rivestimento.

Per migliorare ulteriormente l'isolamento del solaio anche nei confronti dei suoni aerei, risulta utile montare una controsoffittatura pesante, sospesa ad elementi elastici la quale, all'occorrenza potrebbe essere anche utilizzata per controllare il tempo di riverberazione del locale sottostante.

### **13.5 Cenni sui requisiti acustici passivi degli edifici**

Il decreto **attuativo DPCM 5/12/97** della già citata **legge quadro n° 447** “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici” ha introdotto una serie di disposizioni relativi ai requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici, ai requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore. Il Decreto suddivide gli edifici in **7 categorie in relazione alla loro destinazione d'uso**, ad esempio, categoria **A** edifici abitativi a residenza o assimilabili, categoria **B** edifici per uffici e assimilabili etc.

Per ciascuna categoria di edifici il Decreto fissa i **requisiti acustici** seguenti:

- indice di valutazione del potere fonoisolante apparente tra due ambienti;
- isolamento acustico normalizzato di facciata;
- indice del livello di rumore da calpestio per i solai;
- livello di rumore massimo per gli impianti tecnologici a funzionamento discontinuo (in ambienti diversi da dove questi sono posizionati);
- livello di rumore equivalente accettabile per gli impianti tecnologici a funzionamento continuo (in ambienti diversi da dove questi sono posizionati).

Ad esempio, nel caso di edifici di categoria **A**, si hanno rispettivamente i seguenti requisiti:

- indice di valutazione potere fonoisolante apparente tra due ambienti 50 [dB];
- isolamento acustico normalizzato di facciata 40 [dB];
- indice del livello di rumore da calpestio per i solai 63 [dB];
- livello di rumore massimo per gli impianti tecnologici a funzionamento 35 [dB(A)]
- livello di rumore equivalente per gli impianti tecnologici a funzionamento 35 [dB(A)].

#### **ESERCIZI ED ESEMPI**

1) La parete tra due locali adiacenti, in muratura pesante, è alta 3.4 [m] e lunga 7 [m]. Nella parete vi è una porta in legno alta 2 [m] e larga 0.8 [m]. Se il potere fonoisolante della parete è  $R_1 = 54$  [dB] e quello di una porta di legno è  $R_2 = 26$  [dB], quale sarà il potere fonoisolante complessivo del divisorio  $R$  ?

Per la parete il fattore di trasmissione è:

$$R_1 = 10 \log \frac{1}{t_1} \Rightarrow \frac{R_1}{10} = \log \frac{1}{t_1}$$

$$t_1 = 10^{-\frac{R_1}{10}} = 10^{-5.4} = 3.98 \cdot 10^{-6}$$

Per la porta il fattore di trasmissione è:

$$R_2 = 10 \log \frac{1}{t_2} \Rightarrow \frac{R_2}{10} = \log \frac{1}{t_2}$$

$$t_2 = 10^{-\frac{R_2}{10}} = 10^{-2.6} = 2.5 \cdot 10^{-3}$$

La superficie netta della parete e della porta sono:

$$S_2 = 0.8 \cdot 2 = 1.6 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$S = 23.8 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$S_1 = S - S_2 = 23.8 - 1.6 = 22.2 \text{ [m}^2\text{]}$$

Il fattore medio di trasmissione della parete è :

$$t = \frac{t_1 \cdot S_1 + t_2 \cdot S_2}{S} = 1.73 \cdot 10^{-4}$$

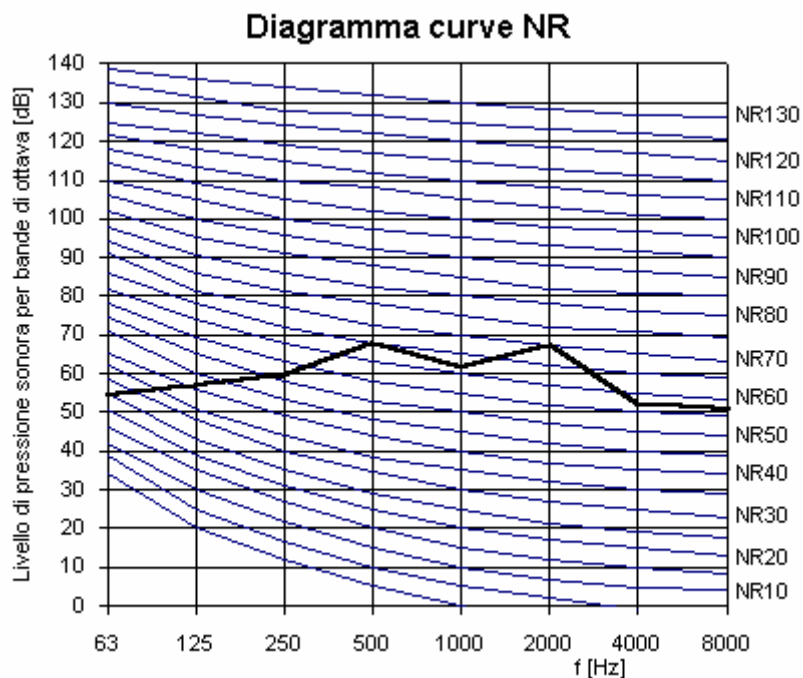
$$R = 10 \log \left( \frac{1}{t} \right) = 37.6$$

2) La sala conferenze (dimensioni [m] 8 x 15 x 4 ) considerata nel precedente capitolo ai fini di correzione acustica del tempo di riverberazione confina con un attiguo laboratorio di sartoria. Il tramezzo di separazione tra i due locali è lungo 15 [m] e alto 8 [m] con una superficie  $S = 120 \text{ [m}^2\text{]}$ . Si dispone dello spettro del rumore misurato mediante fonometro nella sartoria. Nell'ipotesi che non esista altra via di trasmissione del suono oltre al divisorio, si desidera valutare quale sia il potere fonoisolante richiesto al tramezzo per ottenere nella sala un indice  $\text{NR} = 30$ .

La seguente tabella riassume i vari assorbimento  $A_2^*$  nella sala conferenze ed il livello sonoro  $L_1$  misurato nella sartoria.

	FREQUENZA CENTRALE DI BANDA [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
$A_2^* \text{ (m}^2\text{)}$	36	67	90	98	92	89
$L_1 \text{ (dB)}$	75	73	76	80	78	74

Dal grafico delle curve  $\text{NR}$  si può leggere il massimo livello  $L_2$  ammissibile nella sala conferenze.



La seguente tabella riporta i valori ottenuti.

	FREQUENZA CENTRALE DI BANDA [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
<b>L<sub>2</sub> (dB)</b>	<b>48</b>	<b>40</b>	<b>36</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>24</b>

Il potere fonoisolante **R** richiesto al tramezzo è fornito dalla relazione:

$$R = L_1 - L_2 - 10 \text{ Log} \left( \frac{S}{A_2^*} \right)$$

Risulta:

	FREQUENZA CENTRALE DI BANDA [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
<b>L<sub>1</sub> (dB)</b>	<b>75</b>	<b>73</b>	<b>76</b>	<b>80</b>	<b>78</b>	<b>74</b>
<b>L<sub>2</sub> (dB)</b>	<b>48</b>	<b>40</b>	<b>36</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>24</b>
<b>L<sub>1</sub> - L<sub>2</sub></b>	<b>27</b>	<b>33</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>52</b>	<b>50</b>
<b>10 Log</b> $\left( \frac{S}{A_2^*} \right)$	<b>-5.2</b>	<b>-2.5</b>	<b>-1.2</b>	<b>-.8</b>	<b>-1.1</b>	<b>-3.8</b>
<b>R (dB)</b>	<b>21.8</b>	<b>30.5</b>	<b>41.8</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>57</b>

In riferimento alla tabella relativa al potere fonoisolante di alcuni comuni tramezzi prima riportata si può osservare come le condizioni richieste siano soddisfatte da una parete intonacata in mattoni pieni da 12 [cm].