

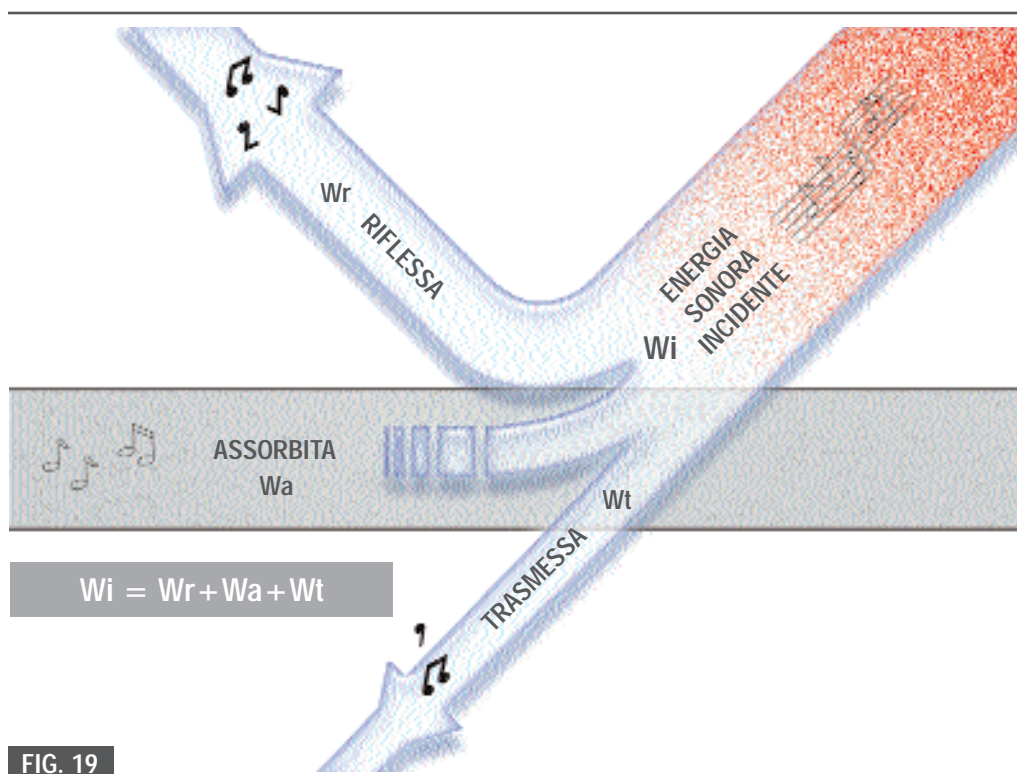
## FONOASSORBENZA - ENERGIA RIFLESSA $W_r$

All'interno della formula

$$W_i = W_t + W_r + W_a$$

$W_r$  rappresenta l'energia riflessa, vale a dire la quantità di energia che stanzia all'interno del locale di emissione, rimbalzando sulle pareti perimetrali, il soffitto ed il pavimento (fig. 19).

L'energia emessa descrive percorsi diversi per arrivare al punto di ricezione, coprendo ognuno una distanza diversa.



Il ritardo così provocato genera quel fastidioso rimbombo (riverbero), che spesso notiamo negli ambienti vuoti (fig. 20). Per evitare questo disturbo si rende necessario introdurre nell'ambiente elementi capaci di evitare che l'energia rimbalzi, quindi aventi struttura porosa.

Generalmente l'eco che avvertiamo in cantiere tende a scomparire a mano a mano che vengono aggiunti elementi costruttivi o di arredo, con forti caratteristiche di fonoassorbenza. Qualora il tutto non fosse sufficiente, è necessario ricorrere ad elementi addizionali, pannelli in genere con struttura porosa a cellula aperta, capaci di imprigionare l'energia sonora e trasformarla in calore (fig. 21).

Il percorso più lungo dell'energia sonora causa ritardo e quindi riverbero.

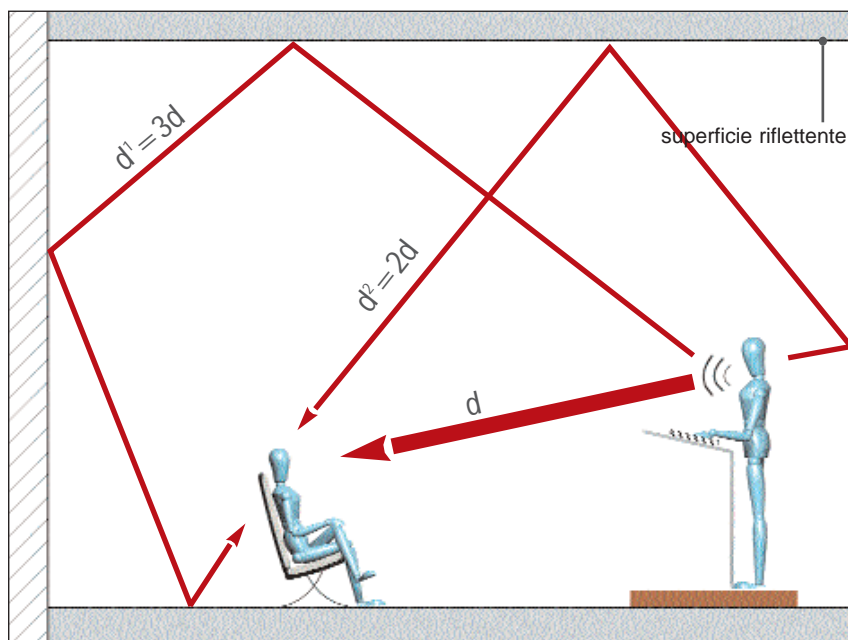


FIG. 20

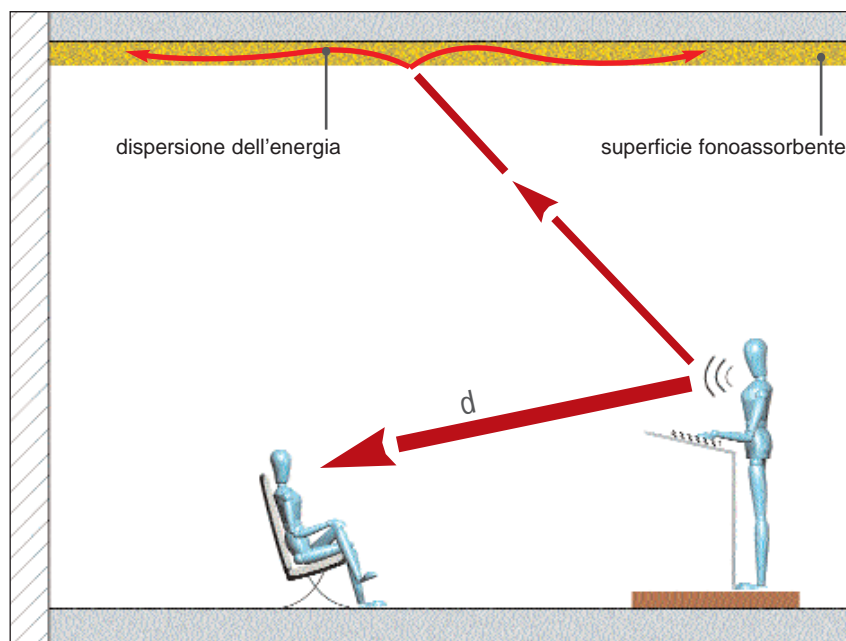


FIG. 21

**ENERGIA ASSORBITA**

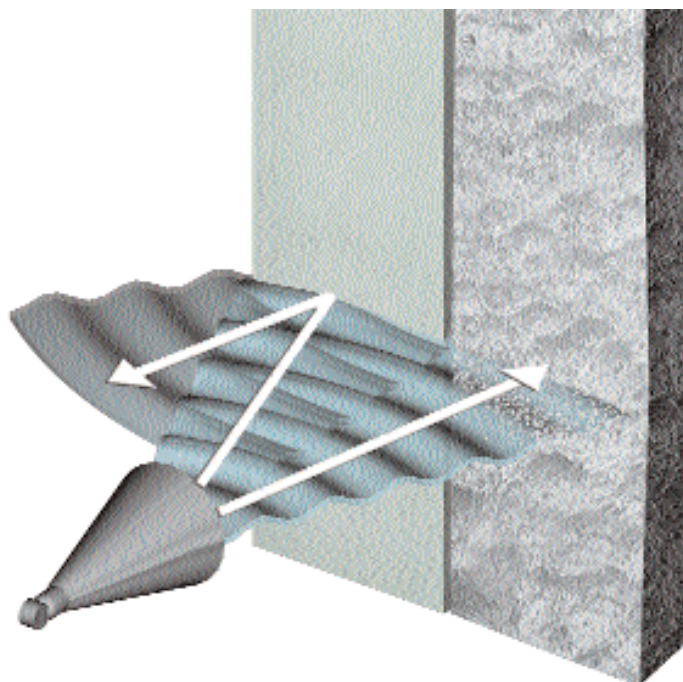


FIG. 22

**MIGLIORARE L'ASSORBIMENTO**

Per ottenere un miglioramento dell'efficacia, alle basse frequenze è necessario collocare il pannello ad una distanza

**pari a  $\lambda/4$  dalla parete rigida**

Esempio:  
a 2000 Hz

corrisponde una lunghezza d'onda  
 $\lambda = c/f = 334 / 2000 = \text{ml } 0.17$

**dovremmo adottare un pannello di cm  $17/4 = 4.25$**

Se applichiamo l'esempio precedente a 500 hz

dovremo usare un pannello di cm 17

questo sta a testimoniare quanto sia difficile assorbire le basse frequenze

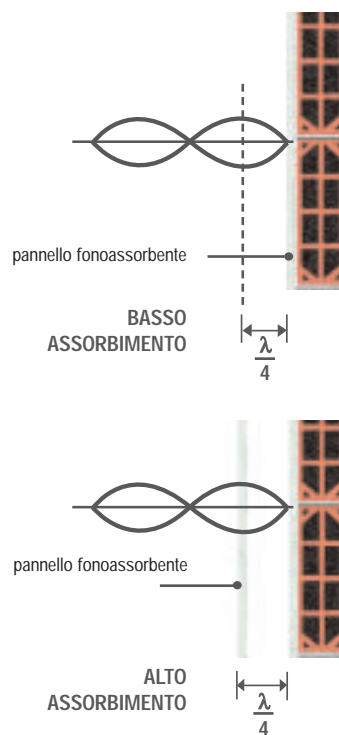
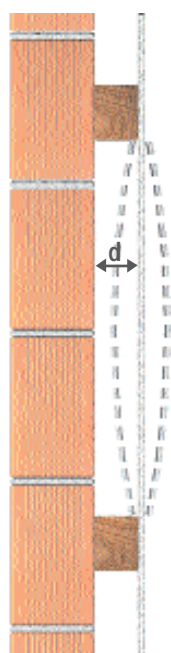


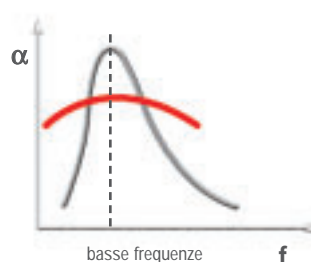
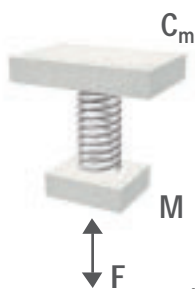
FIG. 23



RISONANZA DI MEMBRANA

Pannello - aria intercapedine  
L'aria chiusa nella cavità funziona da

AMMORTIZZATORE



massa - molla - massa

FIG. 24

Oltre all'uso di materiali con superficie porosa, si possono realizzare elementi fonoassorbenti utilizzando sistemi risonanti.

**Esempio:**

Immaginiamo un pannello sottile distanziato da una struttura muraria (fig. 24).

Al sopraggiungere del campo acustico il pannello entra in movimento. L'aria retrostante funge da ammortizzatore esercitando la sua caratteristica di elasticità. La sintesi fisica è quindi una massa vincolata ad una molla.

Il pannello verrà identificato nella massa e avrà una sua densità superficiale ( $d$ ); l'aria sarà equivalente alla molla e avrà caratteristiche di elasticità ( $K$ ).

Immaginiamo di sollecitare il pannello; esso si sposterà dalla sua posizione di equilibrio iniziando a vibrare ad una frequenza ben precisa

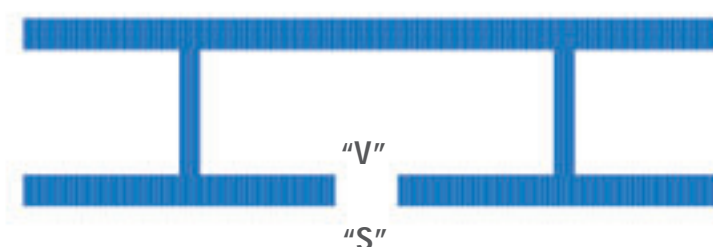
$$F = \frac{1}{2} \rho v k/m$$

La vibrazione genera una forte velocità delle particelle, quindi una forte dissipazione e quindi una trasformazione di energia acustica in calore.

Il sistema funziona in maniera estremamente selettiva generando graficamente un picco. Esso può comunque essere ammorbidito e quindi interessare un "range" più esteso di frequenza, inserendo al suo interno un materassino fonoassorbente.

In realtà il "k" è anche inversamente proporzionale allo spazio interessato dall'aria, quindi a "d" (distanza dell'intercapedine). Tanto più esso è grande tanto più è piccolo il "k" e quindi più cedevole.

Un altro sistema per realizzare materiali fonoassorbenti con proprietà selettive, è quello del risonatore di Helmutz - risonanza di cavità (fig. 25).



La cavità "V", comunicante con l'ambiente perturbato attraverso l'apertura a collo "s", è in grado di dissipare in modo efficace e selettivo energia acustica nell'intorno della frequenza di risonanza ( $f_0$ ).



**FIG. 25**

Una parte dell'aria che è contenuta nel collo di questa cavità "s", funziona come una massa e l'aria all'interno della cavità "v" ancora una volta funziona come una molla.

Anche questi sistemi sono caratterizzati da una loro frequenza ben precisa che dipende dalla massa (in sostanza dalla dimensione del foro del pannello e dalla dimensione del volume interno).

Da un punto di vista pratico un controsoffitto fonoassorbente si comporta come segue: l'energia sonora che oltrepassa il foro intercetta all'interno della cavità un volume di pertinenza riconducibile allo schema precedente; ogni forellino viene a determinare a seconda del volume che sottende, dei volumi che si comportano come delle molle (fig. 26).

Un pannello così formato assume delle proprietà fonoassorbenti fortemente selettive ad una certa frequenza.

Se invece i forellini sono diversi, avremo frequenze diverse, per cui alla fine il risultato potrà essere una curva costruita ad arco che abbraccia una pluralità di frequenze.

Se all'interno di questa intercapedine inseriamo materiale fonoassorbente i vari picchi verranno smussati, realizzando un diagramma simile ad una curva quasi continua a più ampio spettro (fig. 27).

Schema distributivo energia sonora all'interno di una intercapedine di controsoffitto

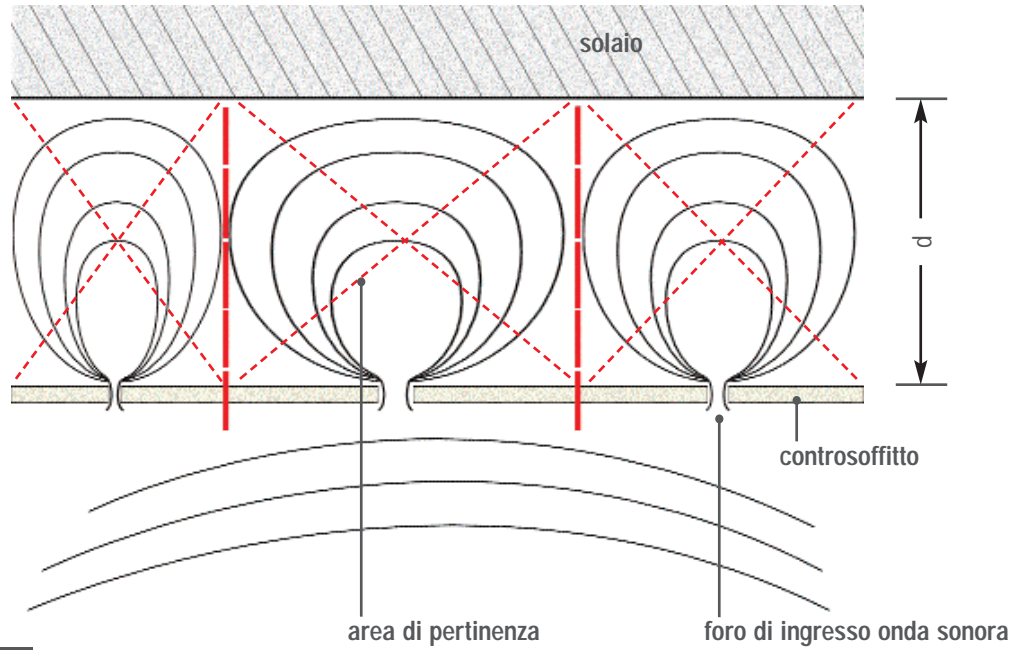


FIG. 26

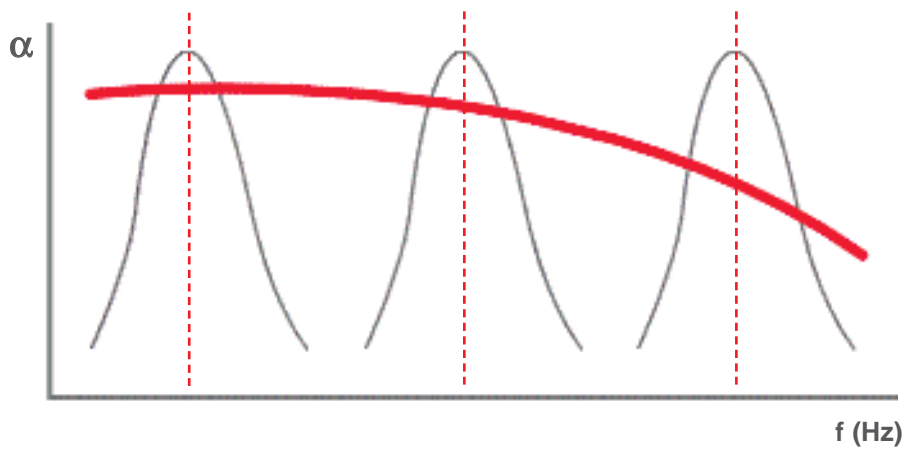
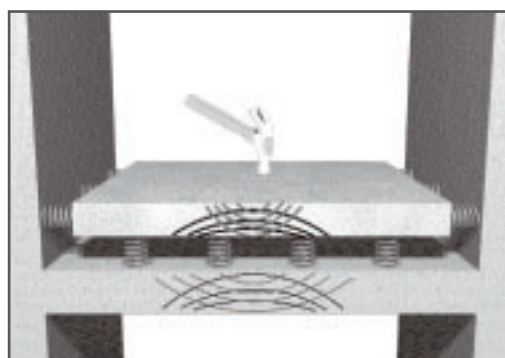


FIG. 27

## RUMORI DA CALPESTIO

A differenza del rumore aereo, che viene assorbito dall'aria e si dissipa in ragione della distanza, il rumore impattivo (il classico piatto che si infrange sul pavimento, la sedia che si sposta trascinandola o la lavatrice in centrifuga) coinvolge nella sua vibrazione altri elementi, generando una sorta di amplificazione, veicolata da strutture orizzontali (solai), o verticali (murature in genere) superando anche notevoli distanze.



IL RUMORE DA CALPESTIO  
VA AFFRONTATO  
CON LO STESSO CRITERIO:

MASSA - MOLLA - MASSA

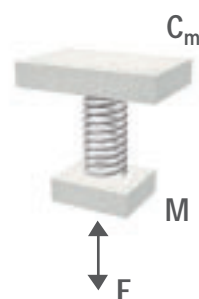


FIG. 28

A questo punto, nella necessità di esaminare il fenomeno per ridurre le sollecitazioni meccaniche che insistono sulla struttura, si rende opportuno realizzare un pavimento galleggiante, usufruendo di un sistema che è ancora riconducibile al sistema massa molla massa (fig. 28).

Il solaio, sottoposto a sollecitazione, in corrispondenza della sua frequenza naturale, genererà una grande trasmissione.

L'energia trasmessa, rispetto a quella incidente, raggiungerà il suo massimo in corrispondenza della frequenza naturale del solaio (il newton rilevato da una parte lo ritroveremo esattamente uguale dall'altra), ma al di sopra di questa soglia la quantità di energia trasmessa risulterà sempre più piccola.

La soluzione consiste nel progettare questo pavimento galleggiante con delle frequenze naturali che siano le più basse possibile rispetto alle frequenze di eccitazione del pavimento.

I risultati si ottengono lavorando ancora sul rapporto  $k/m$  utilizzando massetti grandi, forti spessori, masse elevate.

Ricorrendo all'uso di elementi elastici, con un "k" molto basso, (quindi con una frequenza naturale molto bassa) si potrà lavorare in un campo di frequenza dove la riduzione delle forze trasmesse risulta enorme.

#### COME SI MISURA IL RUMORE DA CALPESTIO ?

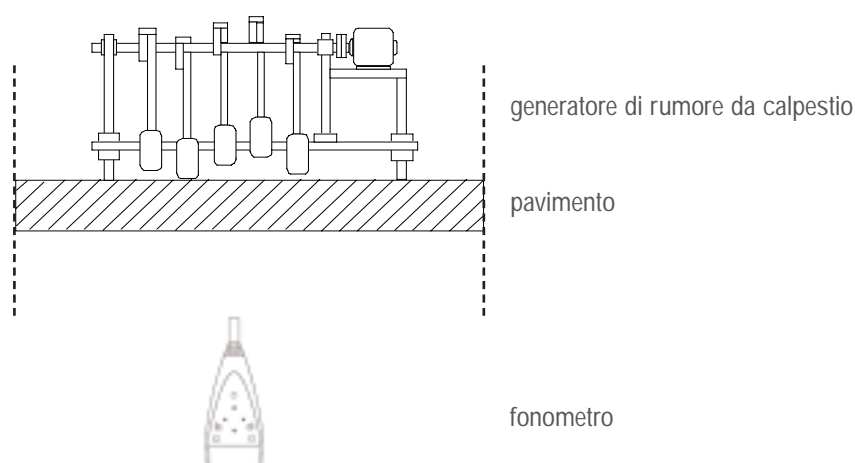


FIG. 29

Operando su strutture orizzontali, siamo costretti, per evitare collassi, ad usare materiali a cellula chiusa che non hanno caratteristiche fonoassorbenti ma che consentono l'uso dell'aria come materiale cedevole, garantendo di rientrare nella posizione iniziale una volta sollecitati a schiacciamento.

*Il livello del rumore da calpestio è la misura rilevata nella stanza disturbata da sollecitazioni impattive note di contatto sul solaio.*

**Tanto minore è il dato rilevato, tanto maggiore risulterà la prestazione del solaio.**

## SUGGERIMENTI ALLA PROGETTAZIONE

Le nuove normative, come già descritto, impongono dei valori di soglia da rispettare estremamente pesanti e difficili da raggiungere.

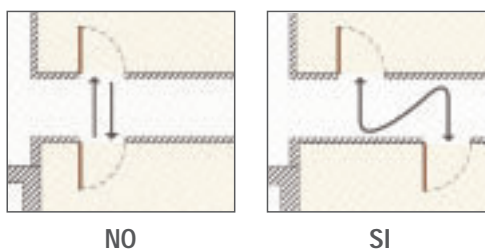
Questo costringe la progettazione ad adoperarsi in modo da agevolare ed alleggerire l'importante compito dei "fonoimpedenti". Quando si progetta, anche se non in maniera esplicita, ci si fa carico di problemi statici legati alla compatibilità dei materiali, a problemi di coibentazione, di isolamento termico, etc.

Alla luce quindi dei limiti descritti si dovrà progettare pensando anche all'inquinamento acustico.

A volte si possono ridurre problematiche anche pesanti con piccoli accorgimenti;

- uno di questi consiste nella realizzazione dei cosiddetti "labirinti acustici": deviare su percorsi più lunghi o articolati l'energia sonora, equivale alla perdita di intensità, quindi alla riduzione del disturbo (fig. 30).

### COMUNICAZIONE ACUSTICA TRA AMBIENTI IN FUNZIONE DELLA COLLOCAZIONE DELLE PORTE



### PONTE SONORO DOVUTO ALLA VICINANZA DELLE FINESTRE

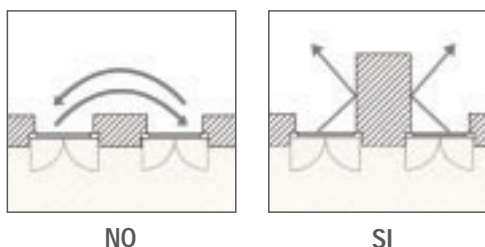


FIG. 30

- Il semaforo è un grande inquinatore acustico, trattenendo ferme auto che sviluppano una elevata energia.  
All'intorno di queste sorgenti sonore sarà opportuno creare vie di dispersione e dissipazione e non specchi di riflessione rivolti magari all'interno di corti pensate come luogo di riposo e tranquillità (fig. 31).  
Attenzione alla scelta dell'appartamento (fig. 32-33).

---

VARIAZIONE DELLA MODALITÀ DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE SONORE  
ALL'ESTERNO DI UN INSEDIAMENTO IN FUNZIONE DELLA  
DISPOSIZIONE PLANIMETRICA DEGLI EDIFICI

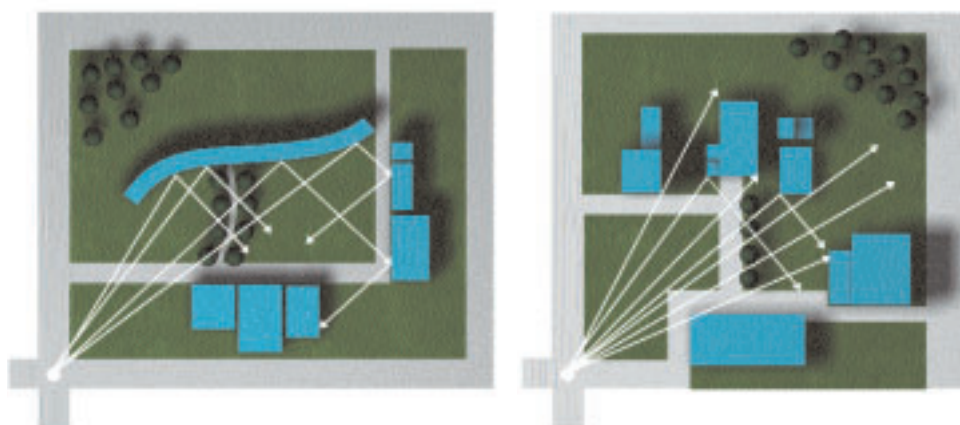


FIG. 31

EDIFICI ALTI COSTITUISCONO UNA PROTEZIONE ACUSTICA NEI CONFRONTI  
DI FABBRICATI BASSI UBICATI DALLA PARTE OPPOSTA  
RISPETTO ALLA SORGENTE SONORA

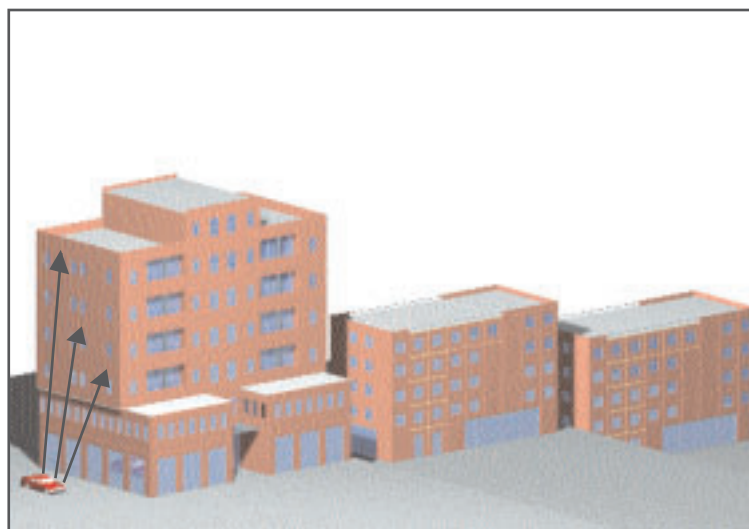


FIG. 32

EDIFICI DI MINORE ALTEZZA CONTRIBUISCONO ALLA DIFFUSIONE SONORA  
NEI CONFRONTI DI ORGANISMI EDILIZI ALTI COLLOCATI DALLA PARTE OPPOSTA  
RISPETTO ALLA FONTE DEL RUMORE

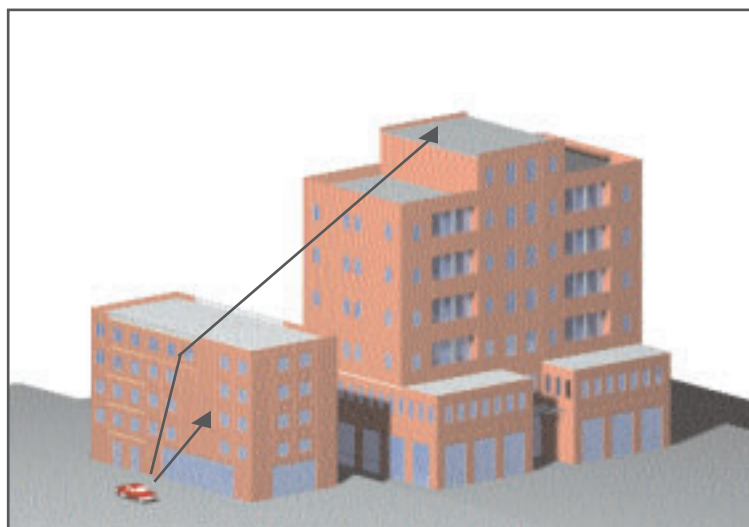


FIG. 33

## UNO SGUARDO AGLI IMPIANTI

- Per uno strano fenomeno dovuto alla sfericità della terra, l'acqua nel suo processo di caduta gravitazionale non segue un percorso lineare ma entra in cavitazione in senso antiorario nell'emisfero nord e in senso orario in quello sud.  
Osservando gli impianti sanitari, l'effetto di cavitazione all'interno delle tubazioni genera vibrazioni anche abbastanza intense; ciò non rappresenterebbe un grosso problema se le pareti in aderenza alle tubazioni non fungessero da cassa di risonanza. Per ovviare a questi fenomeni si dovrà ricorrere ad opportune fasciature che inibiscano la trasmissione (fig. 34).

---

### CRITERI DI MONTAGGIO DEGLI APPARECCHI SANITARI CHE CONSENTONO DI LIMITARE LA PROPAGAZIONE DEI RUMORI ALLE STRUTTURE DI SOSTEGNO

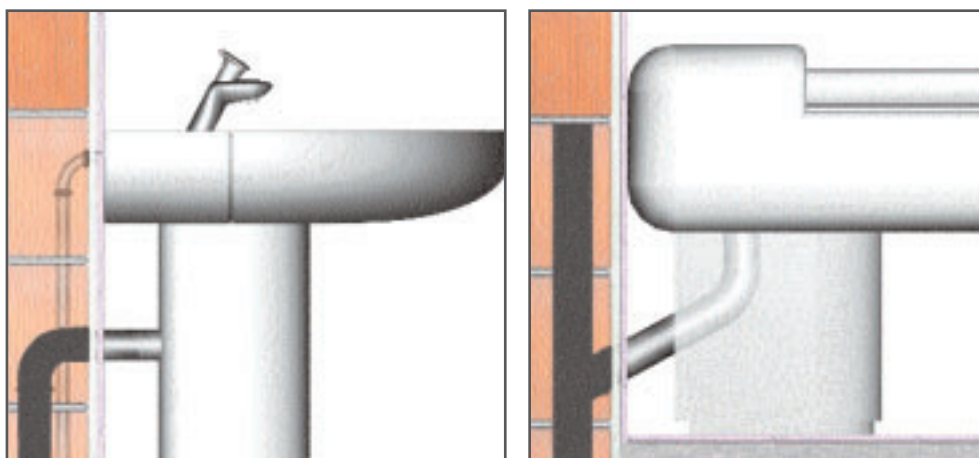


FIG. 34

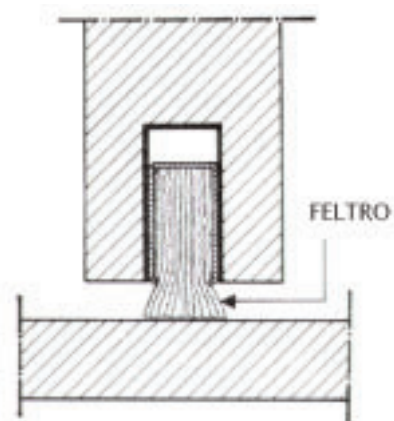
- I serramenti costituiscono un enorme ponte acustico; nei confronti del peso di una muratura, spesso la finestra ed il cassonetto in particolar modo, rappresentano un elemento quasi trasparente all'energia sonora. Il rumore transita attraverso il telaio caratterizzato da un peso trascurabile. Il tutto rappresenta un vero e proprio ponte acustico.

Per quanto riguarda le porte, volendo garantire un maggior comfort acustico tra ambienti, è importante considerare l'utilizzo di porte silenziose (fig. 35).

**INFISSO DOTATO DI  
GUARNIZIONI DI TENUTA**



**PORTA A SOGLIA CON TENUTA**



**FIG. 35**



© Copyright 2003 GHIROTTTO EDILIZIA S.a.S

Tutti i diritti di questa pubblicazione sono riservati, non è ammessa alcuna riproduzione, anche parziale, se non preventivamente autorizzata.

---

L'Opuscolo è stato redatto a cura di:

Arch. Ulisse Roberto (Direttore Tecnico GHIROTTTO EDILIZIA) per il capitolo sulla fisica tecnica.  
Ing. Guido Vales (Direttore Commerciale GHIROTTTO EDILIZIA) per il capitolo sulla normativa.

---

Impostazione grafica e copertina a cura di ULYSSE GRAPHIC VR



## GHIROTTO acustica

Ghirotto Edilizia s.a.s  
Via del Laghetto, 77 45021 Badia Polesine (RO)  
Tel. 0425.590909 Fax 0425.590607  
e-mail: [info@ghirotto.it](mailto:info@ghirotto.it)