

Laboratorio di Progettazione 3MB
Modulo di Fisica Tecnica
Prof. Lucia Fontana

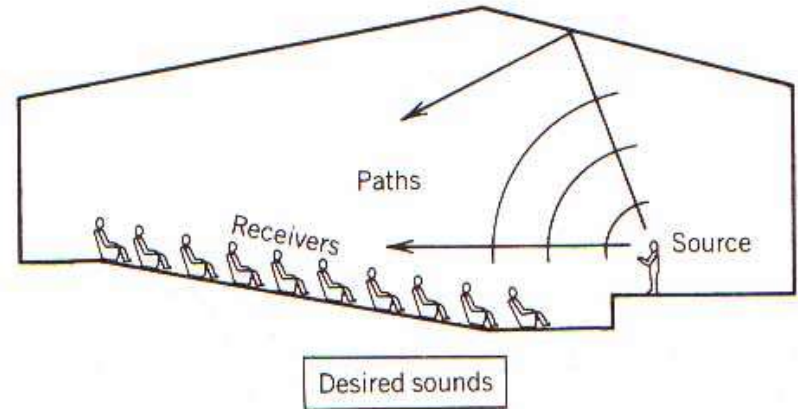
Acustica

Suoni non desiderati

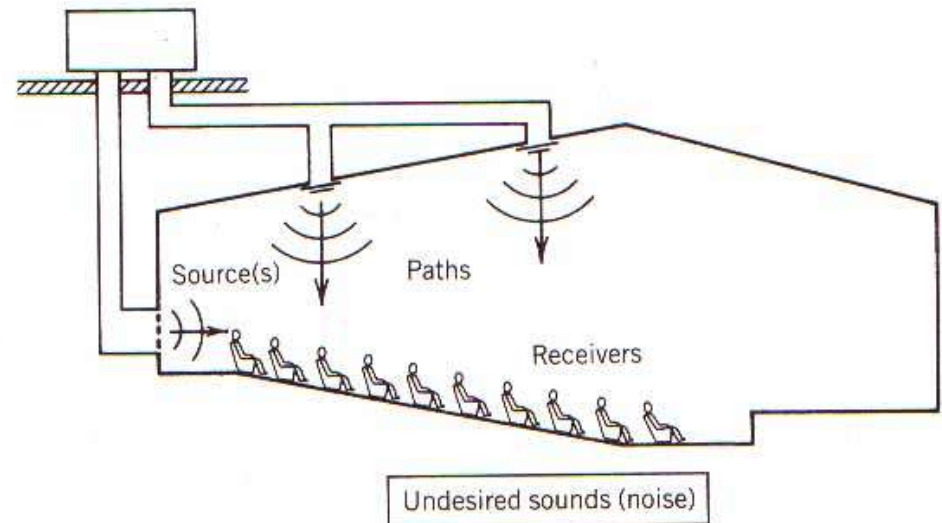
A.A. 2009-2010
Università degli Studi Roma Tre
Facoltà di Architettura

Acustica dei suoni non desiderati

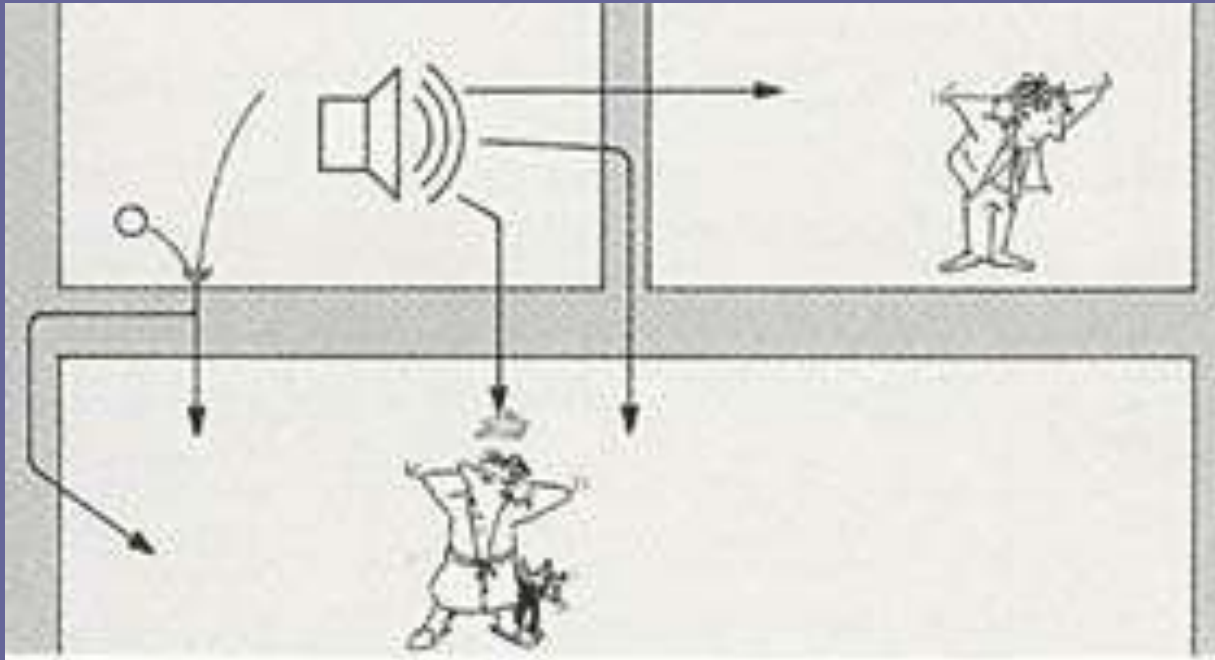
- Suoni desiderati



- Suoni non desiderati :
Rumori



Acustica dei suoni non desiderati



Acustica dei suoni non desiderati

Aspetti rilevanti nella percezione del rumore

Grandezze caratteristiche di una sorgente sonora:

potenza emessa, spettro di emissione, distribuzione della emissione nello spazio

Una sorgente può essere:

Interna all'ambiente disturbato

Esterna all'amb. disturbato ma interna all'edificio

Esterna all'edificio

Intensità: v. tabella

Caratteristiche del rumore:

livello di pressione, spettro, toni puri, durata, carattere impulsivo

Caratteristiche ambientali e urbanistiche

Caratteristiche dell'individuo disturbato

Altri aspetti (rumore evitabile, assuefazione, natura dell'attività disturbata)

Acustica dei suoni non desiderati

I requisiti essenziali che determinano la qualità acustica degli ambienti e che portano al conseguimento delle condizioni ottimali di ascolto sono:

L'assenza di disturbo

La buona ricezione

L'intelligibilità

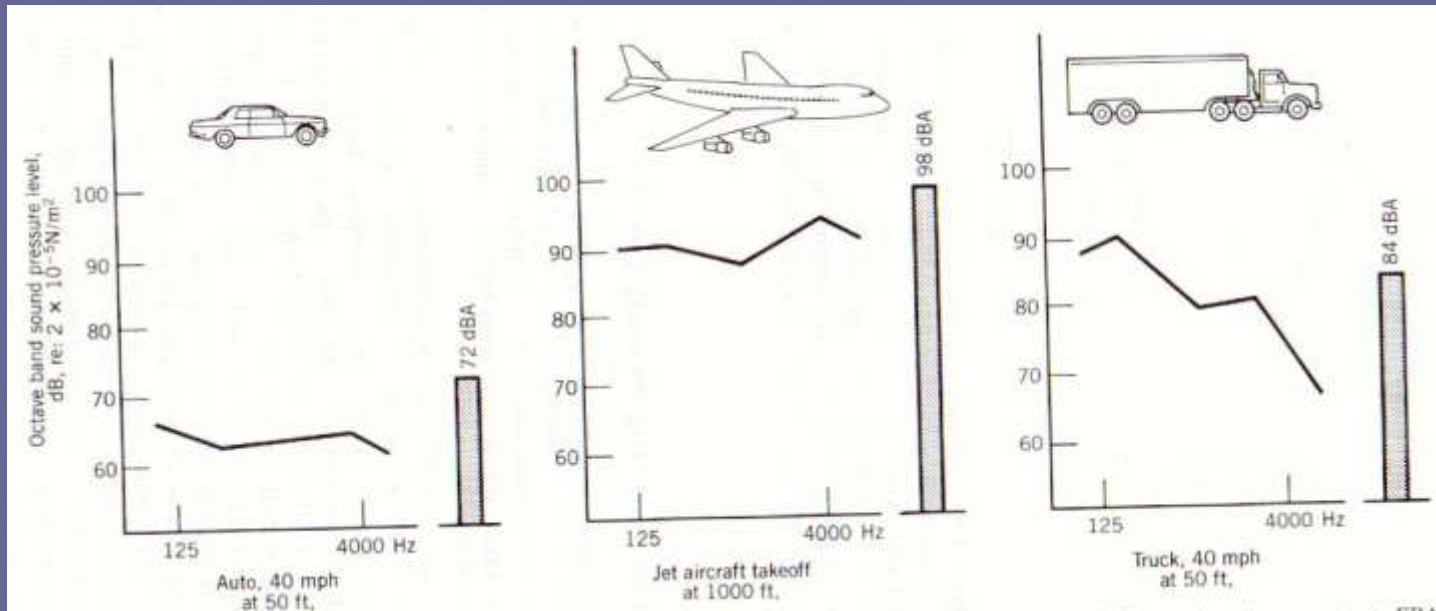
Il locale deve, pertanto:

1. essere dotato di tutti quegli accorgimenti che consentano di evitare la propagazione del rumore (sia per via solida che per via aerea) dall'ambiente esterno e/o dagli ambienti confinanti verso l'interno (e viceversa)
2. garantire, all'interno, una diffusione uniforme dei livelli sonori nonché una buona ricezione del segnale sonoro sia dal punto di vista della composizione in frequenza sia per quanto riguarda gli sfalsamenti temporali (ritardi, mascheramenti, echi, ecc).

Acustica dei suoni non desiderati

Livelli sonori di alcune fonti di rumore tipiche

Il livello di pressione sonora del rumore è caratterizzato da un andamento variabile con la frequenza.



Può essere espresso attraverso il livello ponderato (solitamente in dbA):
valore unico che esprime l'effetto disturbante del rumore

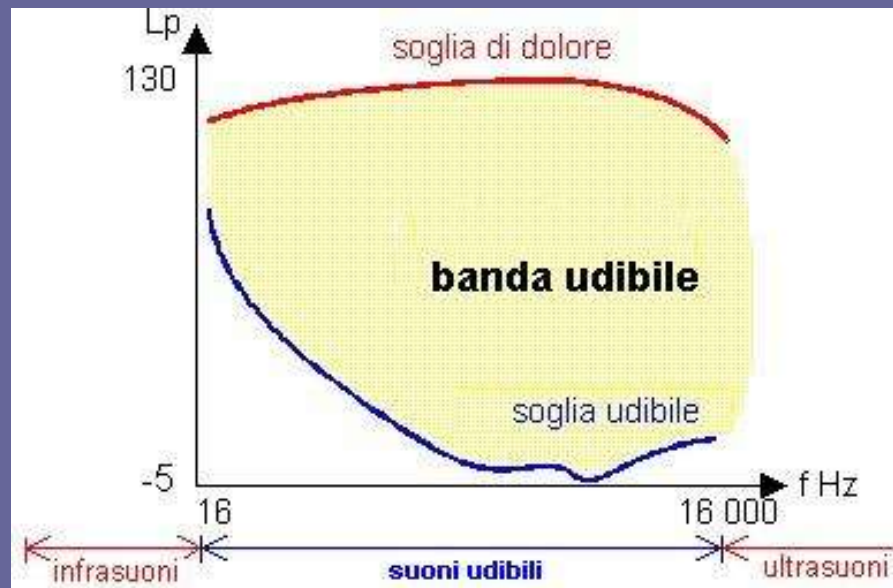
Acustica dei suoni non desiderati

Livelli sonori ponderati A

Dato che l'orecchio umano ha una risposta in frequenza non piatta (v. Figura) si effettuano spesso delle compensazioni in frequenza, in modo che il livello di pressione sonora che risulta dalla misura coincida con il livello sonoro percepito. Esistono alcune tabelle di compensazione (o pesatura, *weighting*).

La pesatura A (*A-weighting*) cerca di adattarsi alla risposta dell'orecchio umano al rumore: si dà un peso maggiore ai livelli misurati in corrispondenza delle frequenze per le quali l'orecchio umano è più sensibile.

La pesatura C (*C-weighting*) viene usata per misurare i livelli sonori di picco.



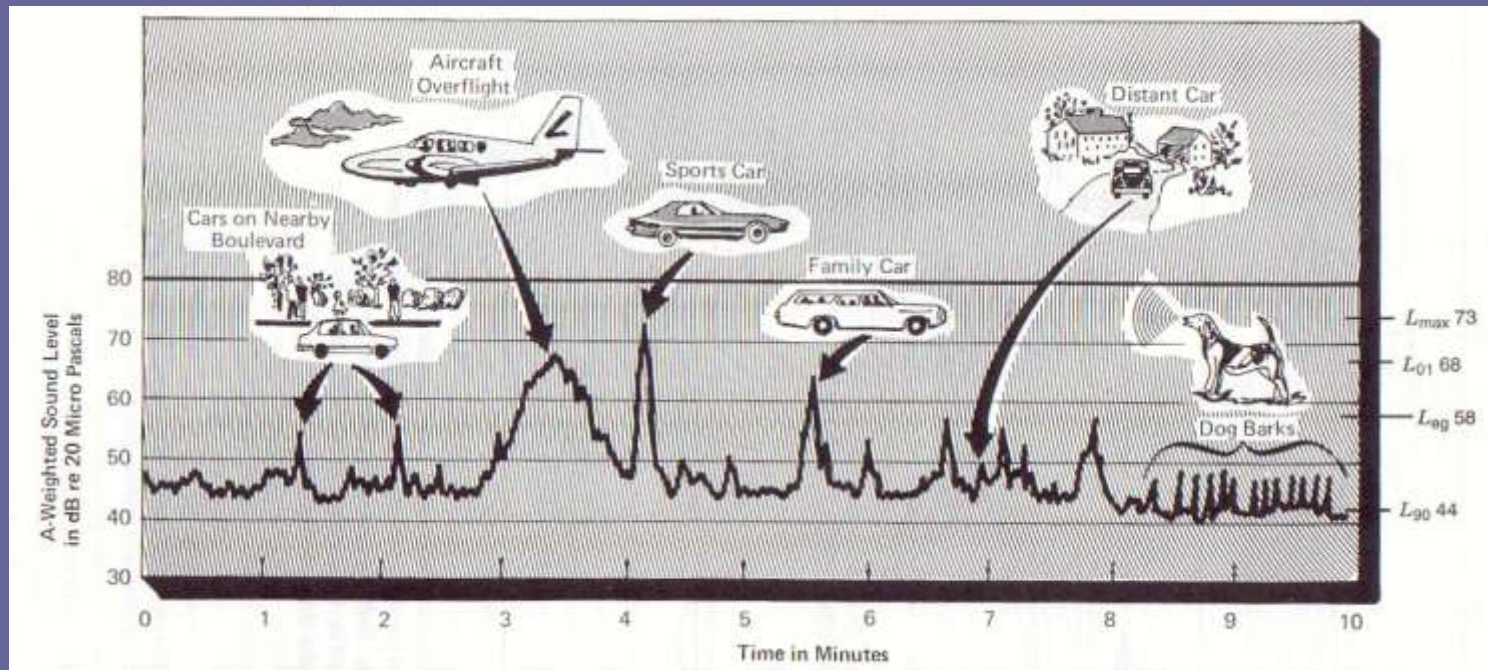
Acustica dei suoni non desiderati

Livelli sonori ponderati A

Inserire diagramma curve
ponderazione

Acustica dei suoni non desiderati

L'andamento nel tempo del rumore in ambiente urbano viene espresso attraverso un indice di valutazione del rumore detto livello equivalente continuo (espresso in dBA)



**Livello Equivalente Continuo
nel periodo T**

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_0^T \left[\frac{P_A(t)}{P_0} \right]^2 \cdot dt \right)$$

Acustica dei suoni non desiderati

Livello sonoro equivalente

Il livello sonoro equivalente (L_{eq}) di un suono o rumore variabile nel tempo è il livello espresso in dB A, di un ipotetico rumore costante che, se sostituito al rumore reale per lo stesso intervallo di tempo, comporterebbe la stessa quantità totale di energia sonora.

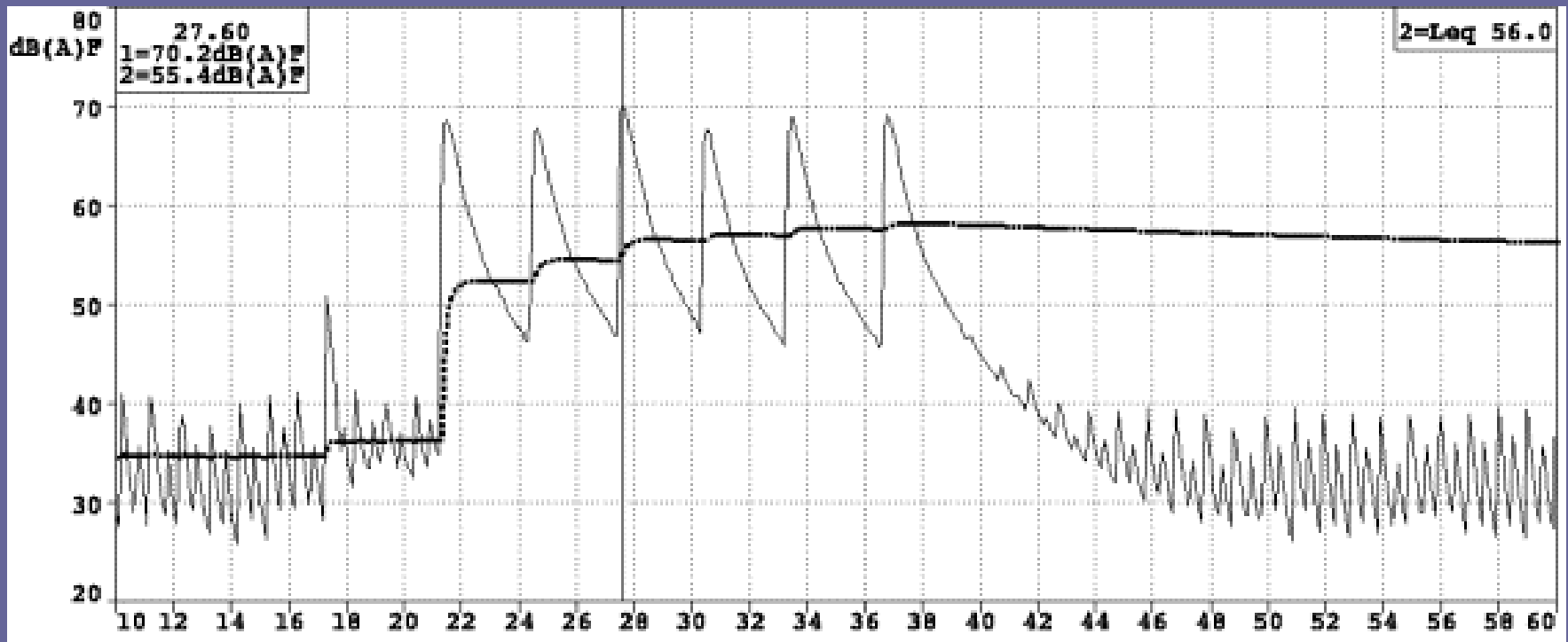
Lo scopo dell'introduzione del livello equivalente è quello di poter caratterizzare con un solo dato di misura un rumore variabile, per un intervallo di tempo prefissato.

L'aggettivo equivalente sottolinea il fatto che l'energia trasportata dall'ipotetico rumore costante e quella trasportata dal rumore reale sono uguali.

Il livello sonoro equivalente può essere misurato direttamente con i [fonometri](#) che eseguono automaticamente il calcolo della espressione

$$L_{Aeq, T} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T \left[\frac{p_A(t)}{p_0} \right]^2 dt \right\}$$

dove T è l'intervallo di tempo in cui è stata effettuata la misura e $p(t)$ è la pressione sonora nel tempo del suono o rumore in esame.



Indice di valutazione del rumore: livello equivalente in dBA

Acustica dei suoni non desiderati

Valori massimi di rumore ammissibili (ex DPCM 1-3-1991)

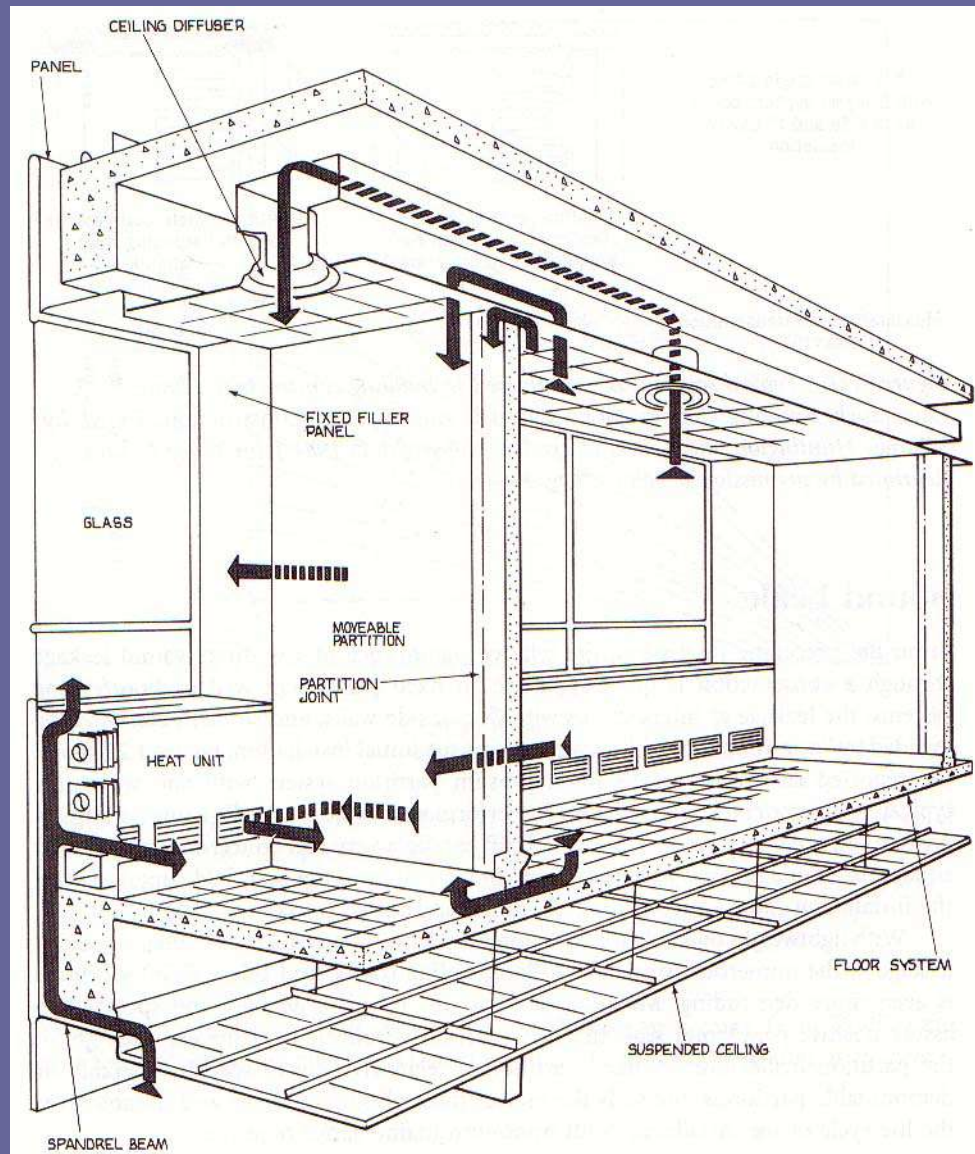
La normativa stabilisce alcuni valori limite per il livello equivalente, diurno e notturno, al variare della classe territoriale.

Tabella 13.1 Valori dei limiti massimi del L_{Aeq} dB(A).

Classe di area territoriale	Tempi di riferimento	
	Diurno 6-22	Notturmo 22-6
I- Aree particolarmente protette ospedali, scuole, parchi	50	40
II- Aree residenziali	55	45
III - Aree miste uffici, negozi	60	50
IV - Aree ad intensa attività umana centri storici, grosse arterie stradali	65	55
V - Aree prevalentemente industriali	70	60
VI - Aree industriali	70	70

Acustica dei suoni non desiderati

Modalità di trasmissione del rumore tra 2 ambienti limitrofi



Acustica dei suoni non desiderati

Una delle modalità di trasmissione del suono a cui bisogna prestare particolare attenzione è la trasmissione attraverso i muri e i pavimenti. Questi sono infatti ottimi veicoli per la trasmissione del suono e possono trasportarlo da un ambiente all'altro.

Per questo, i muri, i soffitti e i pavimenti vanno isolati il più possibile. Inoltre le porte e le finestre degli ambienti sono causa di trasmissione del suono e vanno dunque realizzate seguendo opportuni criteri.

Il parametro indicatore della capacità di un divisorio di dal punto di vista dell'isolamento acustico è il:

Potere fonoisolante di una parete

$$R = 10 \log_{10} (W_i / W_t) = 10 \log(1/\tau)$$

W_i potenza sonora incidente sulla parete

W_t potenza trasmessa dalla parete

Nella pratica quello che interessa è il comportamento in opera dell'elemento che si sta valutando, in particolare, la differenza tra i valori che il livello di pressione assume nei due ambienti.

Tale differenza dipende dalle proprietà del divisorio R e da quelle dell'ambiente disturbato e delle strutture contigue, che determinano la trasmissione indiretta.

Tale differenza di livello prende il nome di **isolamento acustico** fra i due ambienti.

$$D = L_1 - L_2 \quad [\text{dB}]$$

dove:

L_1 è il livello di pressione sonora nell'ambiente trasmittente (dove è collocata la sorgente);

L_2 è il livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente (disturbato)

Esplicitando le grandezze energetiche e ricordando la definizione di R, con alcuni passaggi si ricava che:

$$D = R - 10 \log (S/A_2) \quad [\text{dB}]$$

Dove:

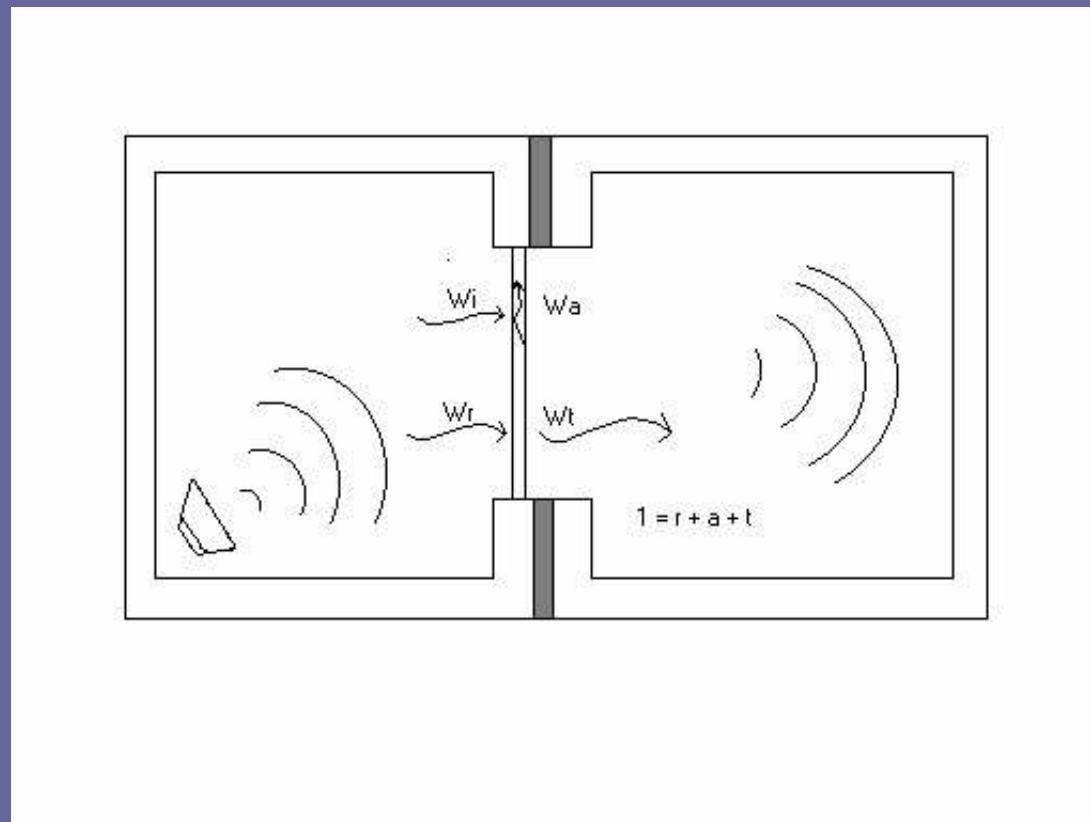
R = potere fonoisolante del divisorio

S = area del divisorio

$A_2 =$ Assorbimento globale dell'ambiente ricevente $\sum_i \alpha_i S_i$ [m²].

Potere fonoisolante di una parete

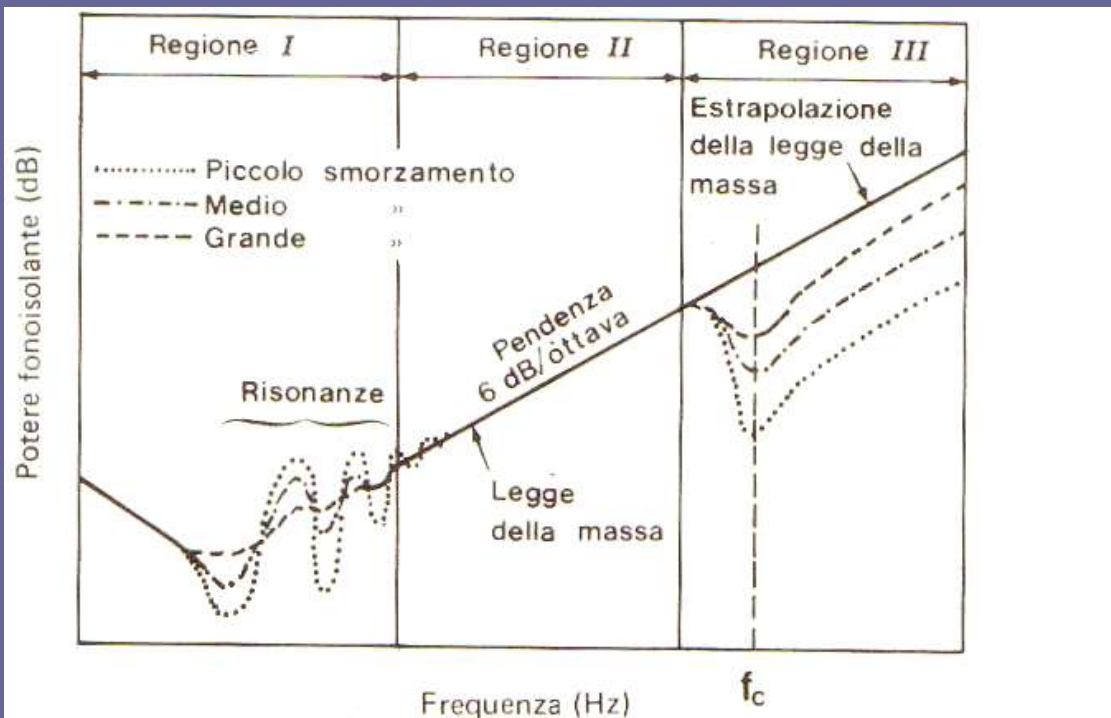
Il valore di R varia con la frequenza e la direzione di provenienza del suono oltre che con le proprietà geometriche e fisiche della parete.



Acustica dei suoni non desiderati

Potere fonoisolante di una parete omogenea

$$R = 20 \log_{10} f M - c$$



Potere fonoisolante di una parete in funzione della frequenza: si distinguono tre regioni:

- I) bassa frequenza, con varie risonanze;
- II) media frequenza, ove vale la legge della massa;
- III) alta frequenza, superiore alla frequenza critica f_c , ove il potere fonoisolante è sempre inferiore a quello voluto dalla legge della massa. (da L. Beranek).

Il potere fonoisolante R segue la legge scritta a lato, e rappresentata nel grafico, detta Legge della massa, in cui:

f frequenza dell'onda sonora incidente

M massa della parete

c costante che dipende dalle modalità di incidenza dell'onda sulla parete, vale 42,3 per incidenza normale e 48 per incidenza diffusa.

La freq. critica f_c dipende da densità, modulo elastico della parete, spessore

Acustica dei suoni non desiderati

Potere fonoisolante di una parete

Legge della massa valida per pareti omogenee- mostra che per avere forte attenuazione acustica occorrono divisori molto pesanti.

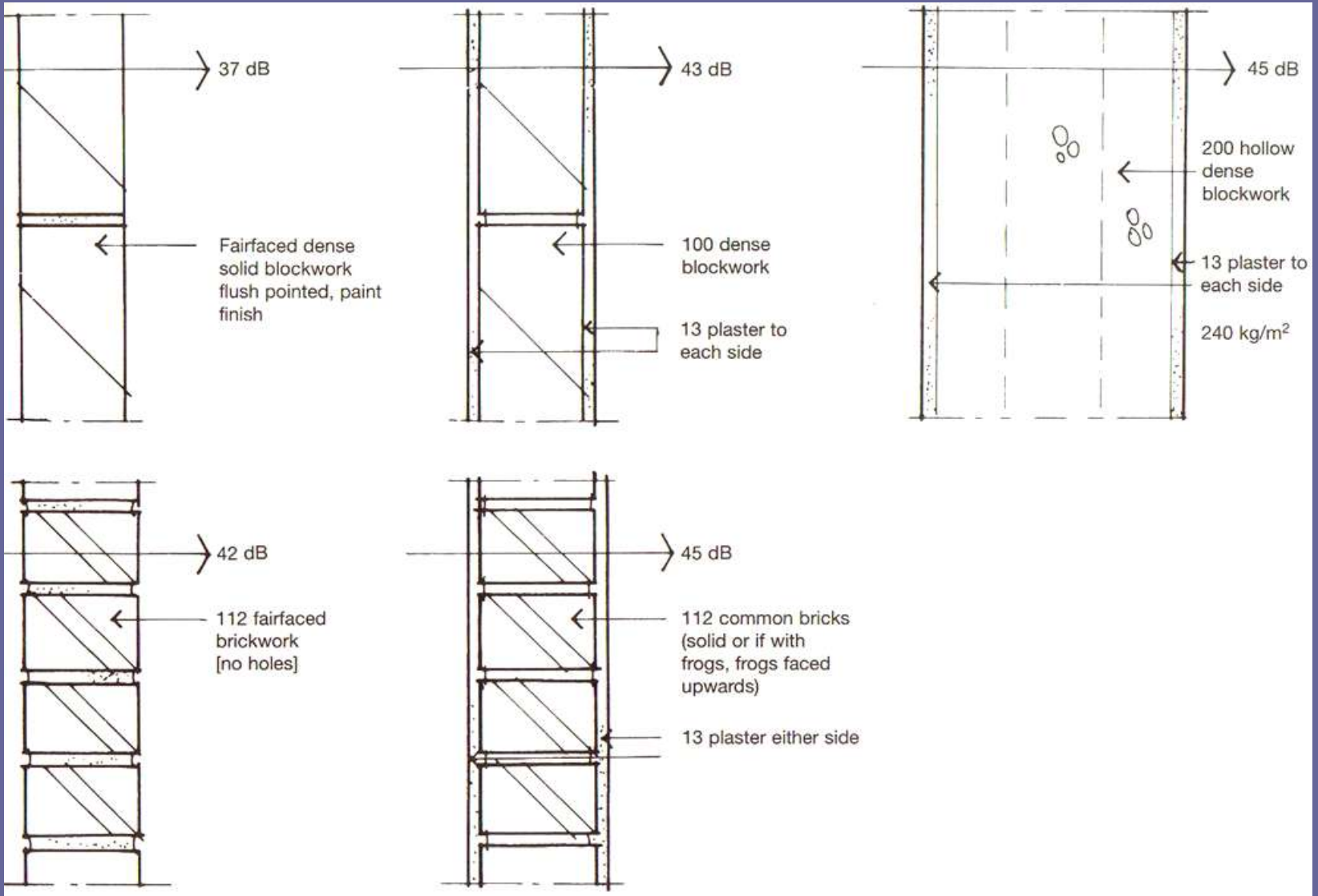
Tale soluzione non è sempre praticabile, e si adottano strutture più leggere ma più complesse, non omogenee.

Introduzione di materiali resilienti, contropareti di cartongesso con interposta lana di vetro, doppie pareti, meglio se diverse per materiale e spessore per evitare coincidenza tra le freq proprie di vibrazione, senza connessione meccanica, con intercapedine d'aria.

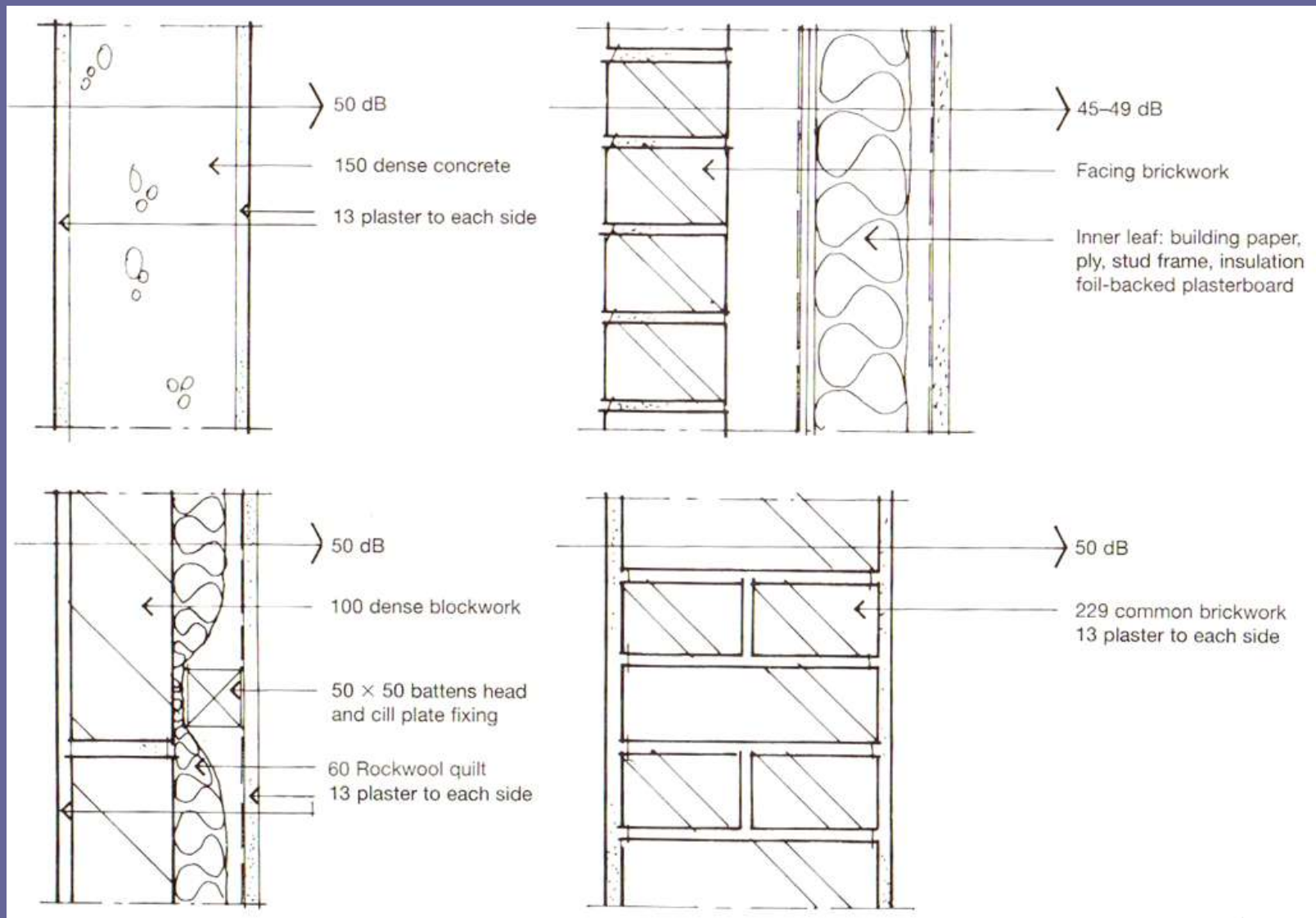
Nel caso dei vetri occorrono intercapedini grandi, o doppi vetri di diverso spessore, o vetro stratificato (vetro meno elastico, elevata freq. critica, frequenza propria di risonanza più bassa, miglior ecomportamento alle basse freq.)

Importantissima la tenuta dei giunti, dei serramenti e dei cassonetti.

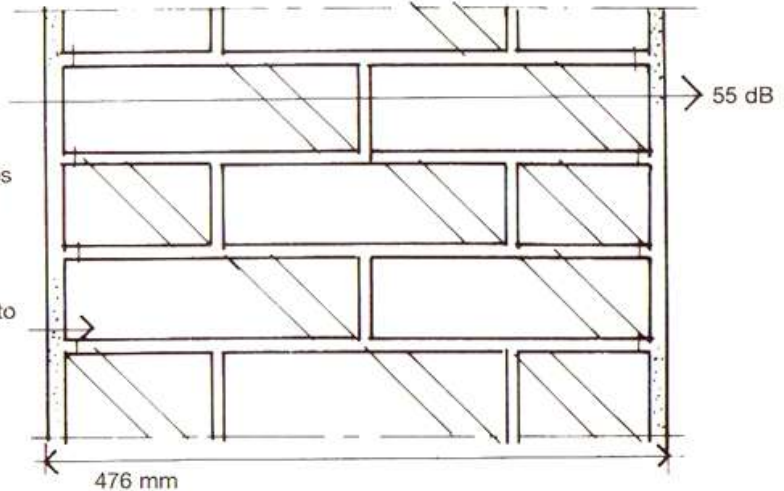
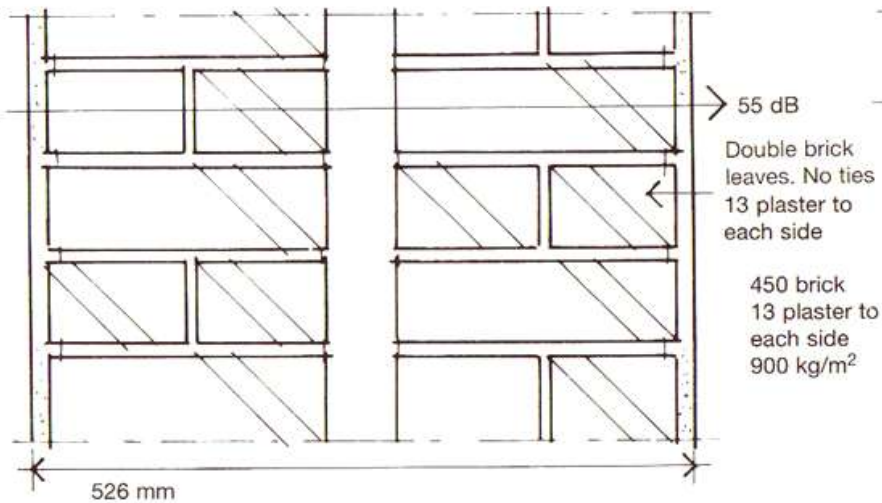
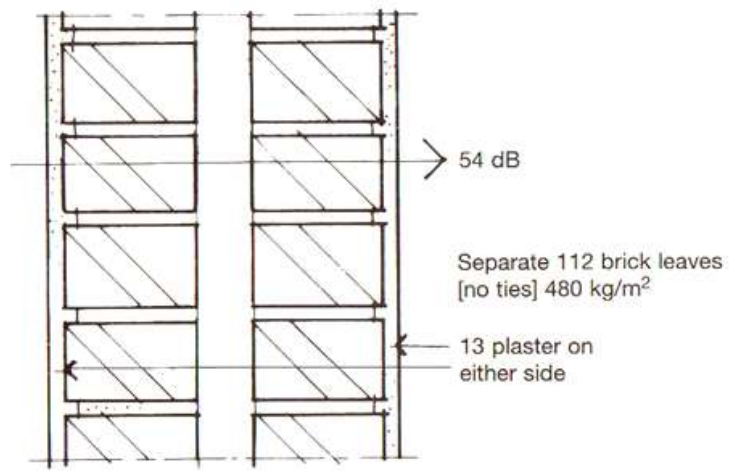
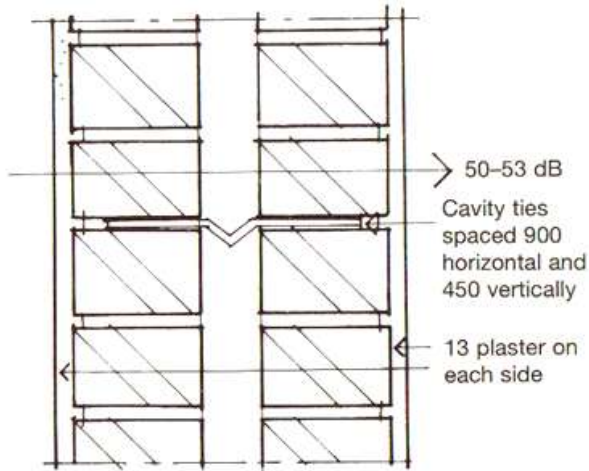
Nel caso di pareti multistrato, il calcolo del potere fonoisolante è molto complesso, esistono delle relazioni teoriche che consentono di fare una stima.



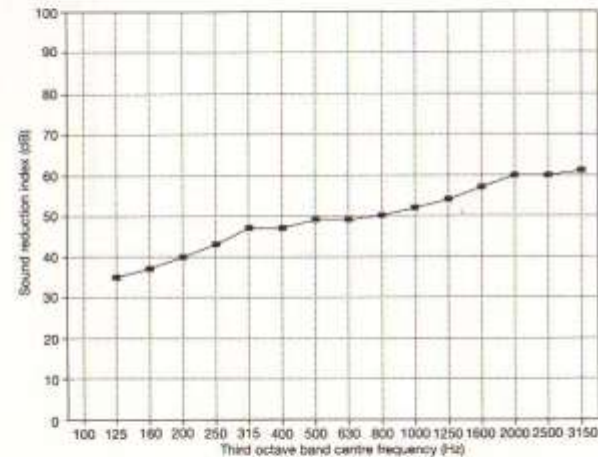
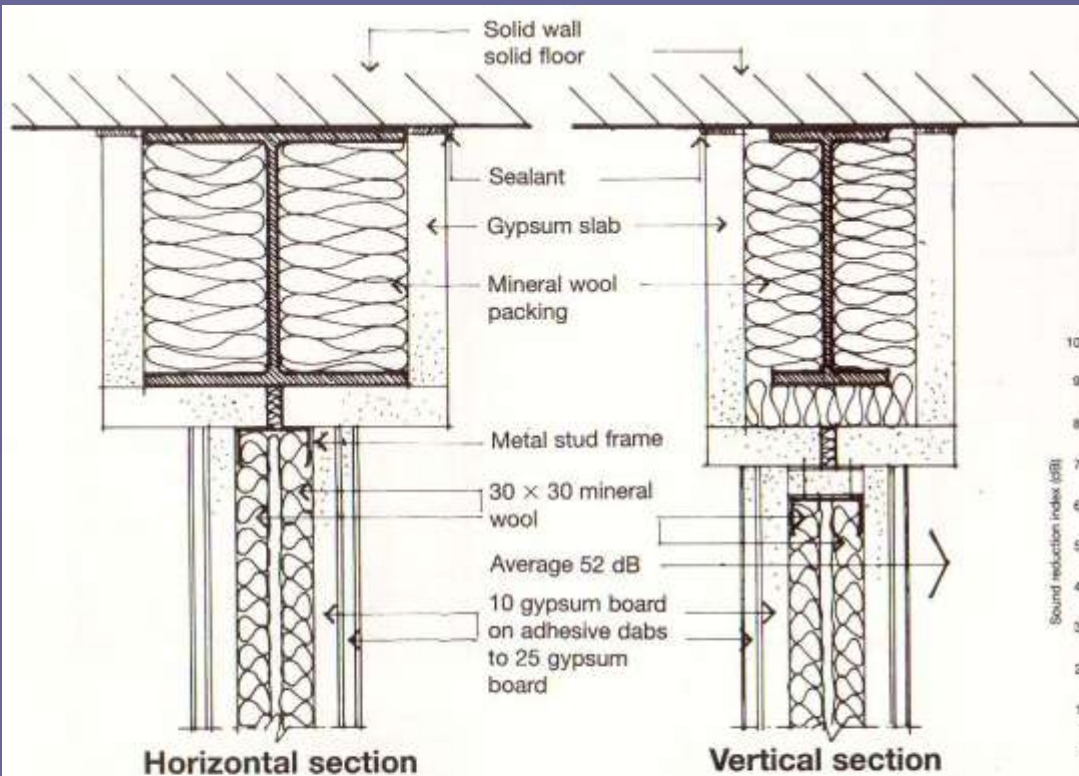
**Potere fonoisolante
di pareti tipo**



**Potere fonoisolante
di pareti tipo**



**Potere fonoisolante
di pareti tipo**



100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz
35	37	40	43	47	47	49	49	50	52	54	57	60	60	60	61	dB

Junctions to structural steelwork

Source: Dr Lang
Technologisches
Gewerbe Museum,
Vienna

Partitions

Potere fonoisolante
di partizioni interne tipo

Potere fonoisolante di alcuni tipi di pareti e divisori (valori indicativi)

TIPO DI DIVISORIO	Potere fonoisolante (in dB), alle frequenze (Hz)						Indice I (I.S.O.)
	125	250	500	1000	2000	4000	
Parete di mattoni pieni intonacata (spessore 12 cm, peso 220 kg/m ²)	34	35	40	50	55	57	45
id. (spessore 24 cm, peso 440 kg/m ²)	40	44	50	56	57	57	54
Parete di mattoni forati (spessore 28 cm)	37	43	52	60	64	65	57
Parete in calcestruzzo intonacata (spessore 18 cm, peso 440 kg/m ²)	40	42	50	58	66	68	54
Parete in calcestruzzo (2 strati di 5 cm, separati da intercapedine di 2,5 cm)	37	40	44	50	56	62	49
id. (2 strati di 7,5 cm, separati da intercapedine di 7,5 cm)	37	40	50	54	56	63	52
Divisorio in gesso-perlite (spessore 5 cm, peso 49 kg/m ²)	26	28	30	31	42	47	33
id. (spessore 6,3 cm, peso 107 kg/m ²)	31	30	29	35	45	52	34
Tramezzo mobile	15	22	26	27	33	35	29
Tramezzo mobile munito di pannelli vetrati (cristallo 7 ÷ 9 mm di spessore)	17	20	25	24	28	28	26
Tramezzo mobile munito di pannelli vetrati con doppio cristallo (2 lastre uguali, distanti 1 cm)	17	20	23	33	33	33	25
Tramezzo mobile munito di pannelli vetrati con doppio cristallo (2 lastre di diverso spessore, distanti 4 cm)	22	27	30	30	36	38	32
id. con porta	20	22	27	30	30	35	30
Doppia finestra	16	24	36	50	54	58	36

Potere fonoisolante
di pareti tipo

Acustica dei suoni non desiderati
Potere fonoisolante di una parete

Il valore di R , e quindi del coefficiente di trasmissione della parete τ , descrive il comportamento acustico della parete stessa presa come elemento singolo, senza considerare il suo inserimento reale in un edificio.

Il suo valore infatti può essere misurato solamente in laboratorio operando sotto condizioni particolari e severamente controllate dove si esclude ogni altra propagazione di energia sonora che non sia quella che direttamente attraversa la parete in prova.

Potere fonoisolante

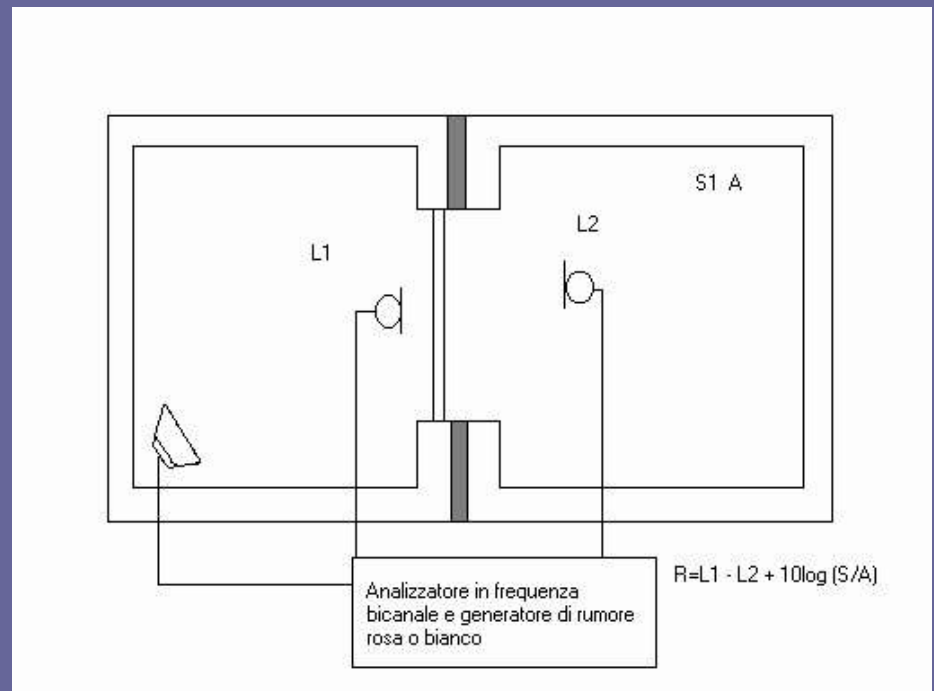
La determinazione sperimentale di R in campo acustico diffuso viene effettuata in laboratorio secondo il procedimento prescritto dalla Norma UNI EN ISO 140-3. La figura seguente rappresenta schematicamente le due camere di prova, con trasmissione laterale soppressa. Per ogni banda di frequenza, noti i livelli di pressione sonora medi nell'ambiente disturbante $L1$ e nell'ambiente ricevente $L2$, il potere fonoisolante R della parete in prova si ottiene dalla seguente espressione:

$$R = L1 - L2 + 10 \log (S/A) \text{ [dB]}$$

dove:

S è la superficie del divisorio;

A è l'area equivalente di assorbimento acustico (assorbimento globale) dell'ambiente ricevente $\sum_i \alpha_i S_i$ [m^2].



Potere fonoisolante apparente

Potere fonoisolante apparente R'

La capacità reale di un divisorio di isolare dal punto di vista acustico dipende, oltre che dalle sue proprietà fisiche come visto fino ad ora, dalla messa in opera.

Il parametro che deve essere misurato, i cui valori limite sono regolati da legge, è il potere fonoisolante apparente.

È definito come:

$$R' = 10 \log W_i / (W_1 + W_2)$$

Con:

W_i = potenza incidente sul divisorio

W_1 = potenza trasmessa nell'ambiente disturbato direttamente attraverso il divisorio (trasmissione diretta)

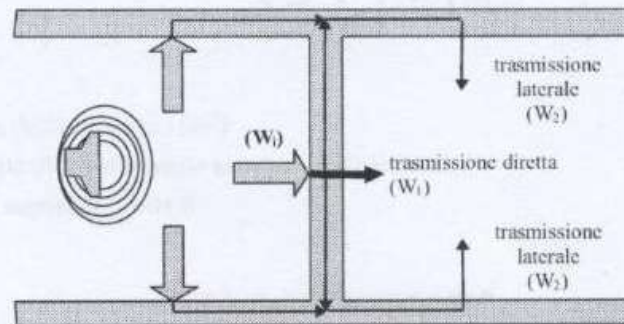
W_2 = potenza trasmessa nell'ambiente disturbato (ricevente) attraverso le pareti laterali e gli altri elementi (trasmissione laterale)

Potere fonoisolante apparente

Per la misura di R' la Norma UNI EN ISO 140-3 prevede la medesima formula usata per il calcolo di R , dove però i livelli di pressione sono quelli misurati in opera.

L_2 naturalmente dipende sia dalla trasmissione attraverso il divisorio che da quella attraverso gli altri elementi della struttura, che con la misura in opera non si possono distinguere.

Differenza tra potere fonoisolante apparente (R') e potere fonoisolante (R)



$$R = 10 \lg \frac{W_i}{W_1} = -10 \lg(\tau) \quad (\text{dB}) \quad R' = 10 \lg \frac{W_i}{W_1 + W_2} \quad (\text{dB})$$

Potere fonoisolante apparente

La normativa (D.P.C.M. del 5/12/97) stabilisce valori limite per il potere fonoisolante R' apparente dei divisori, riportati in tabella, al variare della classe territoriale (v. tab pagina successiva).

Potere fonoisolante apparente tra ambienti interni

Livelli di prestazione (D.P.C.M. 5/12/97)

Cat.	Classificazione degli ambienti	R'_w
A	Residenze o assimilabili	50
B	Uffici ed assimilabili	50
C	Alberghi, pensioni e simili	50
D	Ospedali, cliniche, case di cura e simili	55
E	Scuole e simili	50
F	Attività ricreative e di culto e simili	50
g	Attività commerciali e simili	50

Classificazione territoriale

TABELLA A - CLASSIFICAZIONI DEGLI AMBIENTI ABITATIVI .

- 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.

Potere fonoisolante delle superfici vetrate

Stima teorica dell'indice di valutazione del potere fonoisolante di vetrate semplici

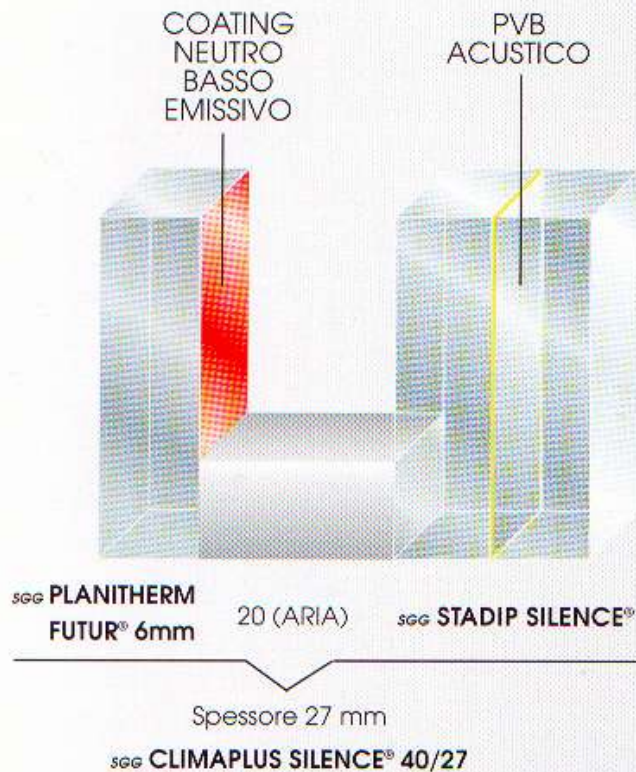
$$R_w = 12 \log m' + 17 \quad (\text{dB})$$

m' = massa superficiale del vetro (kg/m^2)

Correzione per tenuta all'aria dell'infisso

Classe infisso tenuta all'aria	($\text{m}^3/\text{h m}^2$)	Correzione (dB)
A1	< 7	< 2
A2	7 - 20	2 - 5
A3	20 - 50	5 - 8

Potere fonoisolante delle superfici vetrate



ESEMPI DI VETRATE ISOLANTI CON SGG STADIP SILENCE®

PRODOTTI SGG CLIMALIT SILENCE®
(A = stratificato con SGG CLIMALIT SILENCE®)

ABBATTIMENTO ACUSTICO
Rw dB

SGG CLIMAPLUS 1.9 (FLOAT 4 - 12 - SGG EKO PLUS® 4)	32
SGG CLIMALIT SILENCE 40/21 (44.1 A - 6 - FLOAT 6)	40
SGG CLIMAPLUS SILENCE 40/27 (SGG PLANITHERM FUTUR® 6 - 12 - 44.1A)	40
SGG CLIMALIT SILENCE 43/31 (44.1A - 12 - VISARM 64.R)	43
SGG CLIMALIT SILENCE 47/40 (64.2A - 20 - 44.2A)	47
SGG CLIMALIT SILENCE 51/40 (64.2A - 20 SF6 - 44.2A)	51

Isolamento acustico

Il valore dell'isolamento acustico viene misurato in opera secondo le indicazioni della normativa EN20140.

Per facilitare il confronto tra situazioni diverse ci si riferisce ad una grandezza normalizzata D_n rispetto ad un tempo di riverberazione di riferimento (o ad un assorbimento globale di riferimento).

Significato del parametro

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \lg \left(\frac{T}{T_0} \right) \text{ (dB)}$$

$L_{1,2m}$ = Livello equivalente di pressione sonora 2 metri davanti alla facciata (dB)

L_2 = Livello equivalente medio di pressione sonora nell'ambiente disturbato (dB)

T = Tempo di riverberazione nell'ambiente disturbato (s)

T_0 = Tempo di riverberazione di riferimento (= 0,5 s)

Isolamento acustico

Sono previsti dalla norma (D.P.C.M. del 5/12/97) valori limite per l'isolamento acustico normalizzato.

Indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di
facciata

Livelli di prestazione (D.P.C.M. 5/12/97)

Cat.	Classificazione degli ambienti	$D_{2m,nT,w}$
A	Residenze o assimilabili	40
B	Uffici ed assimilabili	42
C	Alberghi, pensioni e simili	40
D	Ospedali, cliniche, case di cura e simili	45
E	Scuole e simili	48
F	Attività ricreative e di culto e simili	42
g	Attività commerciali e simili	42

Livello di rumore di calpestio

Per la valutazione del comportamento di un solaio dal punto di vista dell'isolamento acustico si utilizza il parametro **livello di rumore da calpestio L** .

E' definito come il livello di pressione acustica che si rileva nell'ambiente disturbato quando sul pavimento di quello disturbante agisce un generatore di calpestio normalizzato (macchina munita di cinque martelli, che colpiscono il pavimento dell'ambiente disturbante).

Anche in questo caso si introduce il livello normalizzato L_n

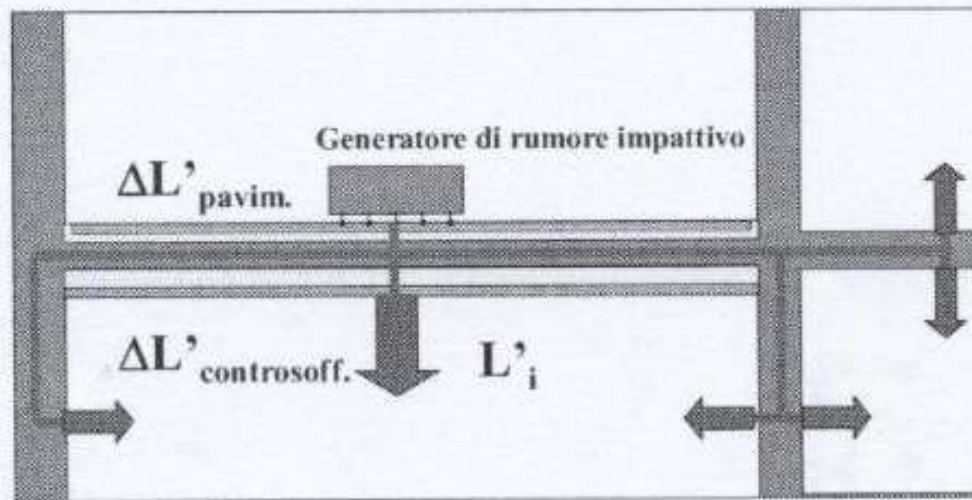
$$L_n = L - 10 \log (A_0/A)$$

Ins. tabella

Livello di rumore di calpestio

Livello di rumore da calpestio

Significato del parametro



$$L'_n = L'_i + 10 \lg \left(\frac{A}{A_0} \right) \quad (\text{dB})$$

L'_i = Livello medio di pressione sonora nell'ambiente disturbato (dB)

A = Assorbimento equivalente nell'ambiente disturbato (m^2)

A_0 = Assorbimento equivalente di riferimento (= 10 m^2)

Livello di rumore di calpestio

Calcolo semplificato dell'indice di valutazione del livello normalizzato di rumore da calpestio

$$L_{n,w} = 164 - 35 \lg(m') \quad (\text{dB})$$

m' = massa superficiale del solaio nudo (kg/m^2)

Per solai omogenei in cemento armato monolitico:

$$\mathbf{L_{nw} = 117 - 30 \lg(s) \quad (\text{dB})}$$

Livello di rumore di calpestio

Per il livello di rumore di calpestio normalizzato L_n (*indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato*) la norma D.P.C.M. del 5/12/97 stabilisce valori limite:

Indice di valutazione del livello apparente di rumore da calpestio tra ambienti sovrapposti

Livelli di prestazione (D.P.C.M. 5/12/97)

Cat.	Classificazione degli ambienti	$L'_{,nw}$
A	Residenze o assimilabili	63
B	Uffici ed assimilabili	55
C	Alberghi, pensioni e simili	63
D	Ospedali, cliniche, case di cura e simili	58
E	Scuole e simili	58
F	Attività ricreative e di culto e simili	55
g	Attività commerciali e simili	55

Acustica dei suoni non desiderati - attenuazione del rumore di calpestio

Pavimento galleggiante

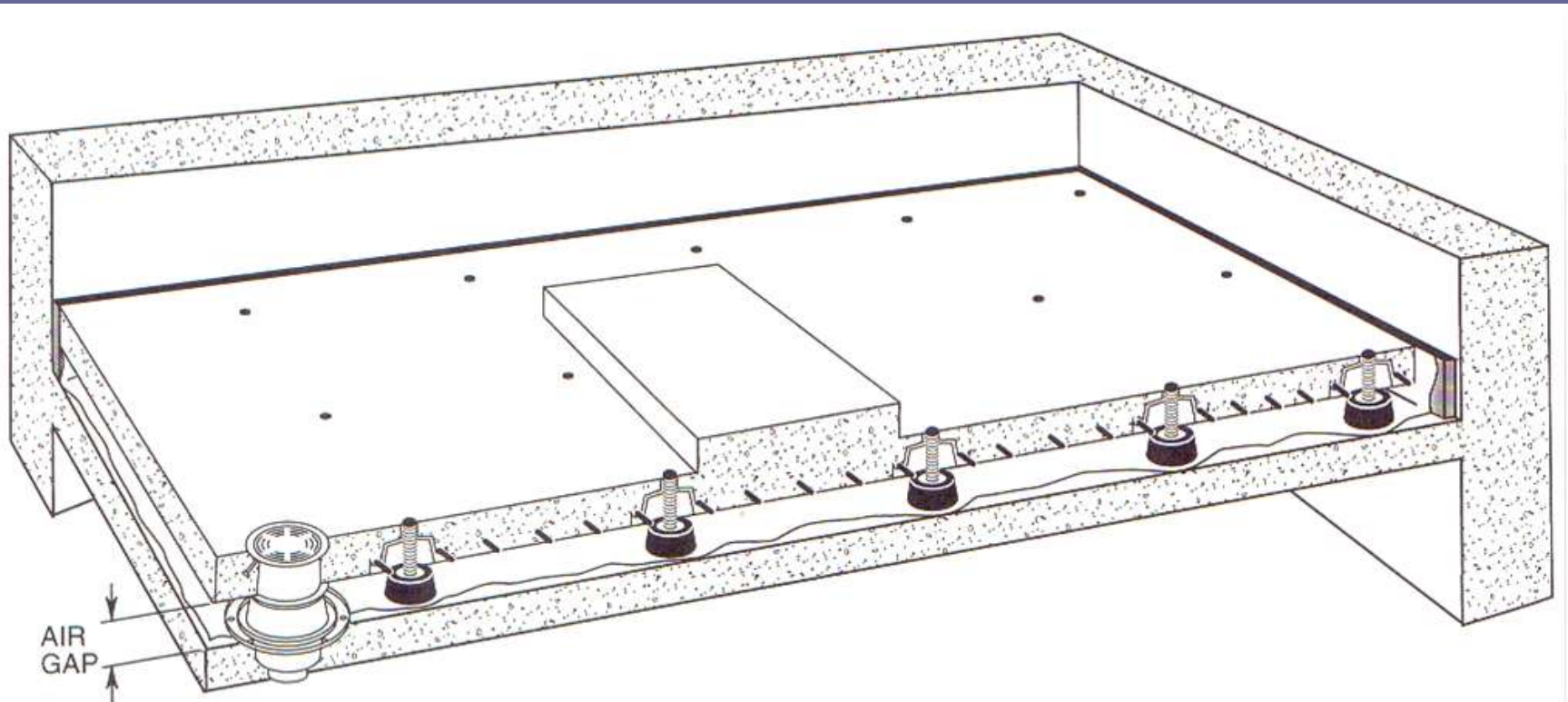
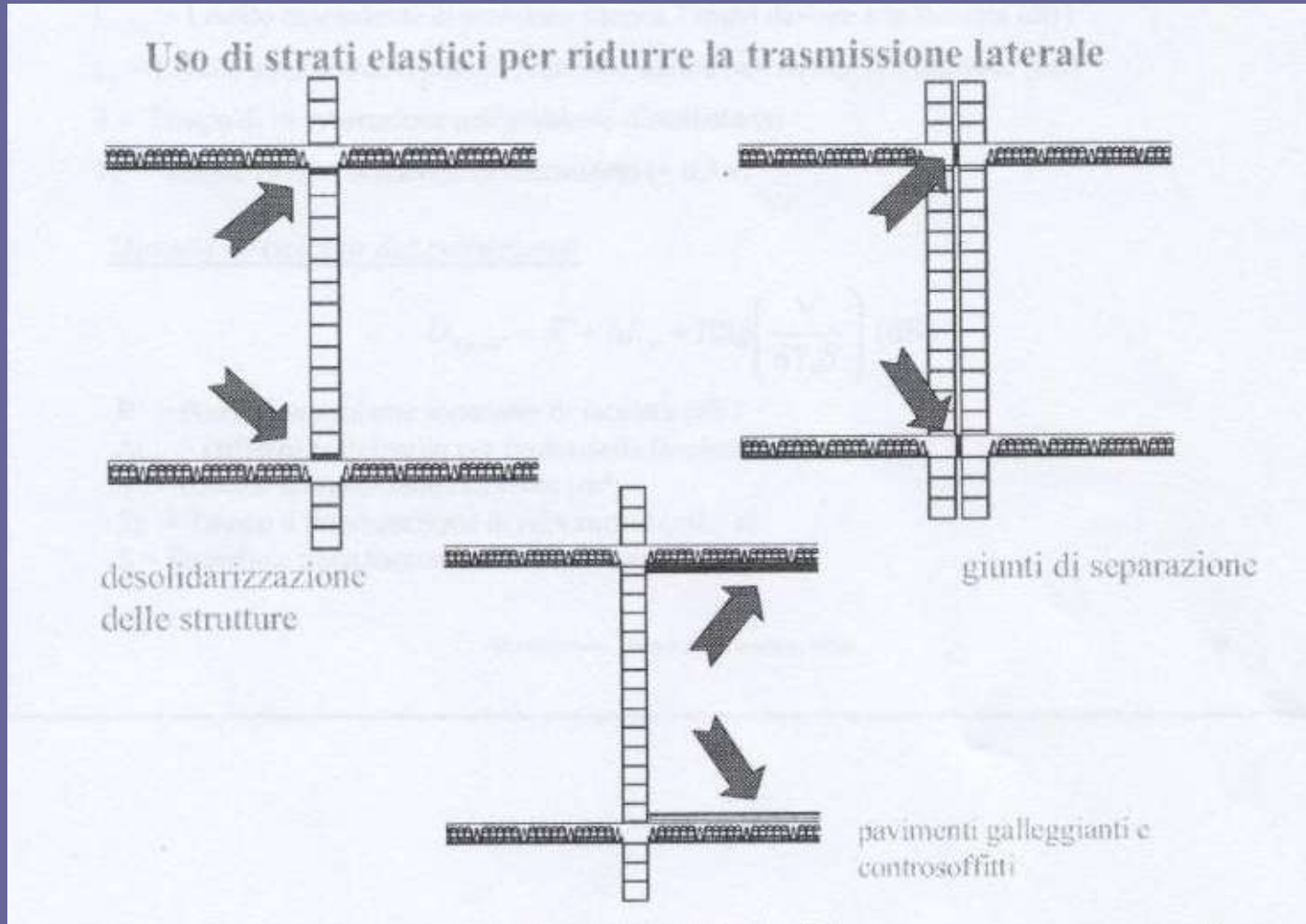


Figure 2.13 Illustration of a floating floor supported by neoprene mounts. (Courtesy of Mason Industries.)

Interrompere la continuità di propagazione tra sorgente e struttura
Assorbimento dell'urto da parte della struttura

Acustica dei suoni non desiderati – accorgimenti costruttivi

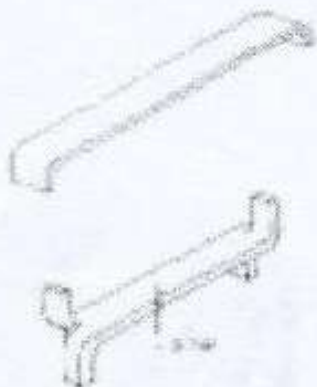


Interrompere la continuità di propagazione tra sorgente e struttura

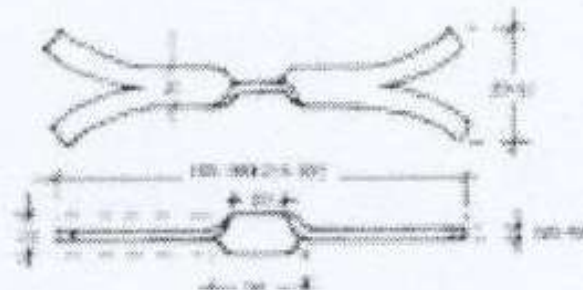
Assorbimento dell'urto da parte della struttura

Acustica dei suoni non desiderati – accorgimenti costruttivi

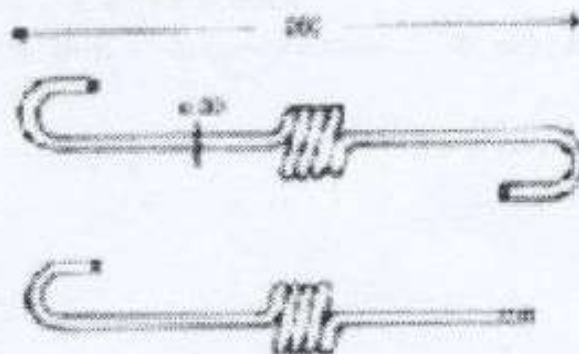
Sistemi di ancoraggio per pareti doppie



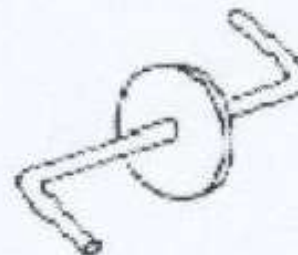
Graffa rigida



Graffa semirigida

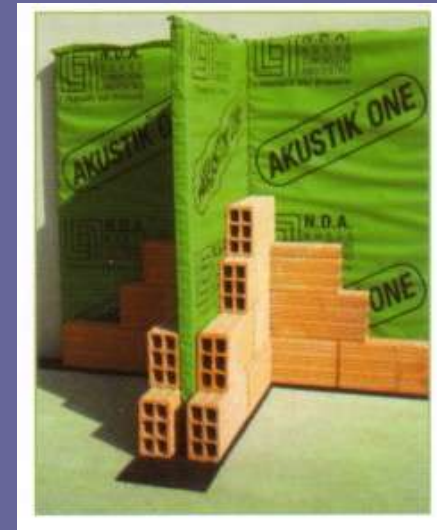


Graffa elastica



Graffa con rondella per gocciolatoio

Isolamento acustico



Isolamento acustico



Isolamento acustico



ISOLMASS 22

Trocellen 3 mm

HL 4 kg/m²

Trocellen 3 mm

Composizione:

- Strato di politene espanso (antivibrante), spessore 3 mm.
- Guaina pesante di grammatura 4 kg/m²
- Strato di politene espanso (antivibrante), spessore 3 mm.

Dimensioni: in lastre da 1,2 x 3 m

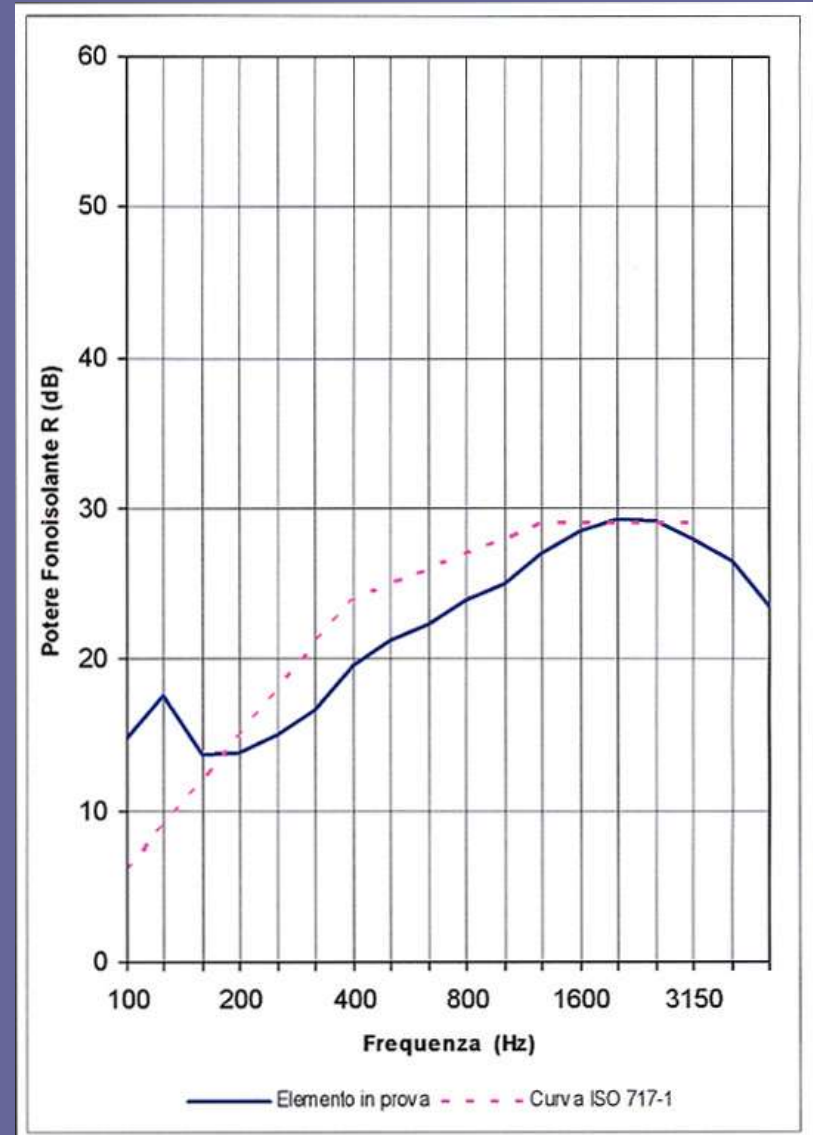
Imballo: arrotolati in cartone (0,25 x 0,25 x 1,25m) o senza, su pallet.

Applicazioni:

Sottopavimento e in pareti di costruzioni civili.

È usato per ridurre le onde sonore a bassa frequenza, apportando della massa alla partizione.

Isolamento acustico a parete - indice di valutazione, riferito alla curva campione a 500 Hz, calcolato nella banda compresa tra le frequenze di 100 e 3.150 Hz (ISO 140-3, ISO 717-1): $R_w = 25$ dB.



Acustica dei suoni non desiderati

Il D.P.C.M. del 5/12/97 in sintesi ha introdotto i seguenti valori limite (requisiti acustici passivi degli edifici)

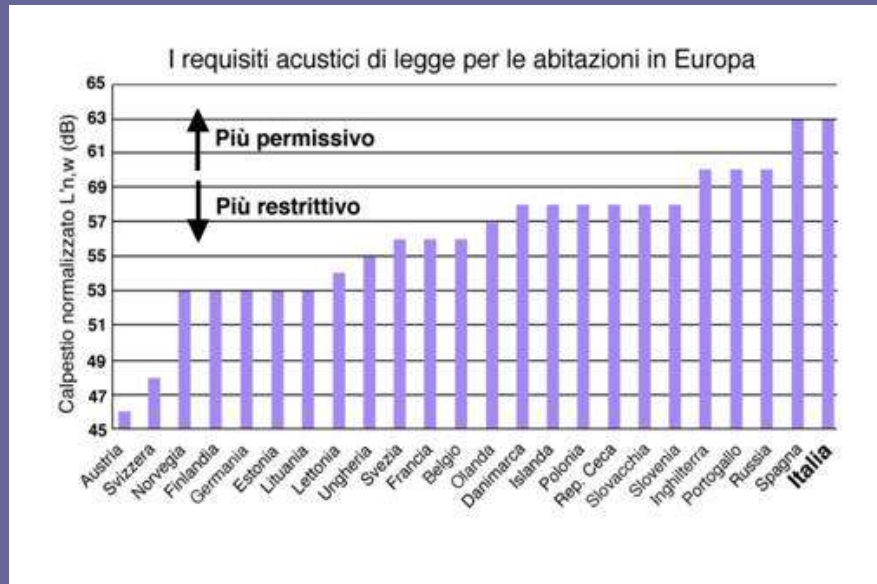
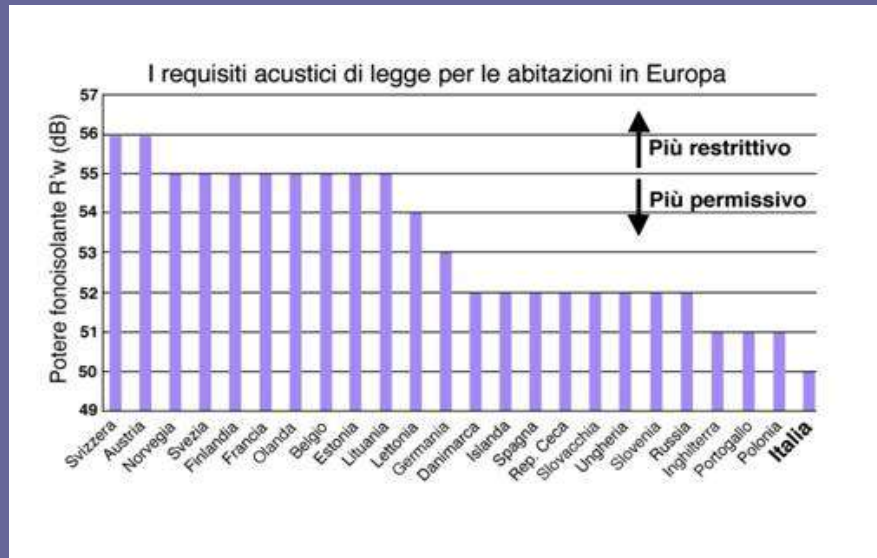
Tabella A: classificazione degli ambienti abitativi

Categoria A	Edifici adibiti a residenza o assimilabili
Categoria B	Edifici adibiti ad uffici ed 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 e assimilabili
Categoria F	Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto e assimilabili
Categoria G	Edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

Tabella B: requisiti acustici passivi degli edifici e degli impianti tecnologici

Categorie da Tab. A	Parametri				
	R'_w	$D_{2m,nT,w}$	$L_{n,w}$	L_{ASmax}	L_{Aeq}
D	55	45	58	35	25
A, C	50	40	63	35	35
E	50	48	58	35	25
B, F, G	50	42	55	35	35

Isolamento acustico



Riferimenti normativi

- DPCM 1 marzo 1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno"
- **Legge 447/1995 "Legge quadro sull'inquinamento acustico"**
- DM 11/12/96 "Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo."
- DPCM 18/9/97 "Determinazione dei requisiti delle sorgenti sonore nei locali di intrattenimento danzante"
- Decreto 31/10/97 "Metodologia di misura del rumore aeroportuale."
- DPCM 14/11/97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"
- **DPCM 5/12/97 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici."**

Riferimenti normativi

- Decreto 16/3/98 “Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico”
- DPCM 31/3/98 “Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica”
- DPR 18/11/98 “Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario.”
- D.M. 3/12/99 Procedure antirumore e zone di rispetto negli aeroporti.”
- DM 29/11/00 “Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore.”

La normativa tecnica di riferimento

- EN 12354-1, Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of products, part 1, Airborne sound insulation between rooms
- EN 12354-2, Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of products, part 2, Impact sound insulation between rooms
- EN 12354-3, Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of products, part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound.
- EN 12354-4, Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of products, part 4: Transmission of indoor sound to the outside.
- UNI Progetto U20.00.078 (linee guida), Acustica in edilizia; prestazioni acustiche degli edifici; linee guida per il calcolo di progetto e di verifica.

Bibliografia

Barducci I. – Acustica applicata, Ed. ESA, 1981

Bianchi F., Carratù R. – L'acustica in architettura, Ed. Cittàstudi, 2007

Santoboni S., Moncada lo giudice G. - Acustica, Ed. Masson, 1995

Manuale di acustica applicata a cura di R. Spagnolo, Ed. UTET, 2001

Simone Secchi - Fondamenti di acustica edilizia 1- Stima delle prestazioni acustiche passive degli edifici e dei loro componenti

http://www.dpmpe.unifi.it/fisica_tecnica

Architecture for acoustics

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu>

Frova A., Nuovo Auditorium di S. Cecilia, anatomia di una megaopera