

I criteri di progettazione acustica in edilizia
e
il calcolo di previsione dei requisiti acustici passivi
degli edifici

A cura di

Raffaele Pisani e Chiara Devecchi



Studio di Ingegneria Acustica
Via Cav. Di Vittorio Veneto, 8
10098 RIVOLI (TO)
Tel. 011-9561261
sia.pisani@tin.it

Il calcolo di previsione dei valori che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici è richiesto dai Comuni all'atto della presentazione della domanda per costruire

I requisiti acustici passivi degli edifici riguardano i seguenti indici di valutazione da calcolarsi secondo UNI 8270 parte 7:

- del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti R'_w
- dell'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$
- del livello di rumore di calpestio normalizzato dei solai $L'_{n,w}$

E riguardano i livelli dei rumori prodotti dagli impianti tecnologici interni agli edifici L_{Aeq} , $L_{A Smax}$

I valori limite delle grandezze si riferiscono all'indice di valutazione calcolato secondo le norme UNI EN ISO 717 /1-2. Essi assumono valori diversi in funzione della classificazione degli ambienti abitativi (Tabelle A e B del D.P.C.M del 5 dicembre 1997)

Classificazione ambienti abitativi	R' _w dB	D _{2m,nT,w} dB	L' _{n,w} dB	L _{ASmax} dB(A)	L _{Aeq} dB(A)
D - Ospedali, cliniche , case di cura	55	45	58	35	25
A, C - Abitazioni ed alberghi	50	40	63	35	35
E - Scuole	50	48	58	35	25
B, F, G - Uffici, Culto e attività ricreative, attività commerciali	50	42	55	35	35

L'ACUSTICA IN EDILIZIA NON È NATA IERI MA L'ALTRO IERI

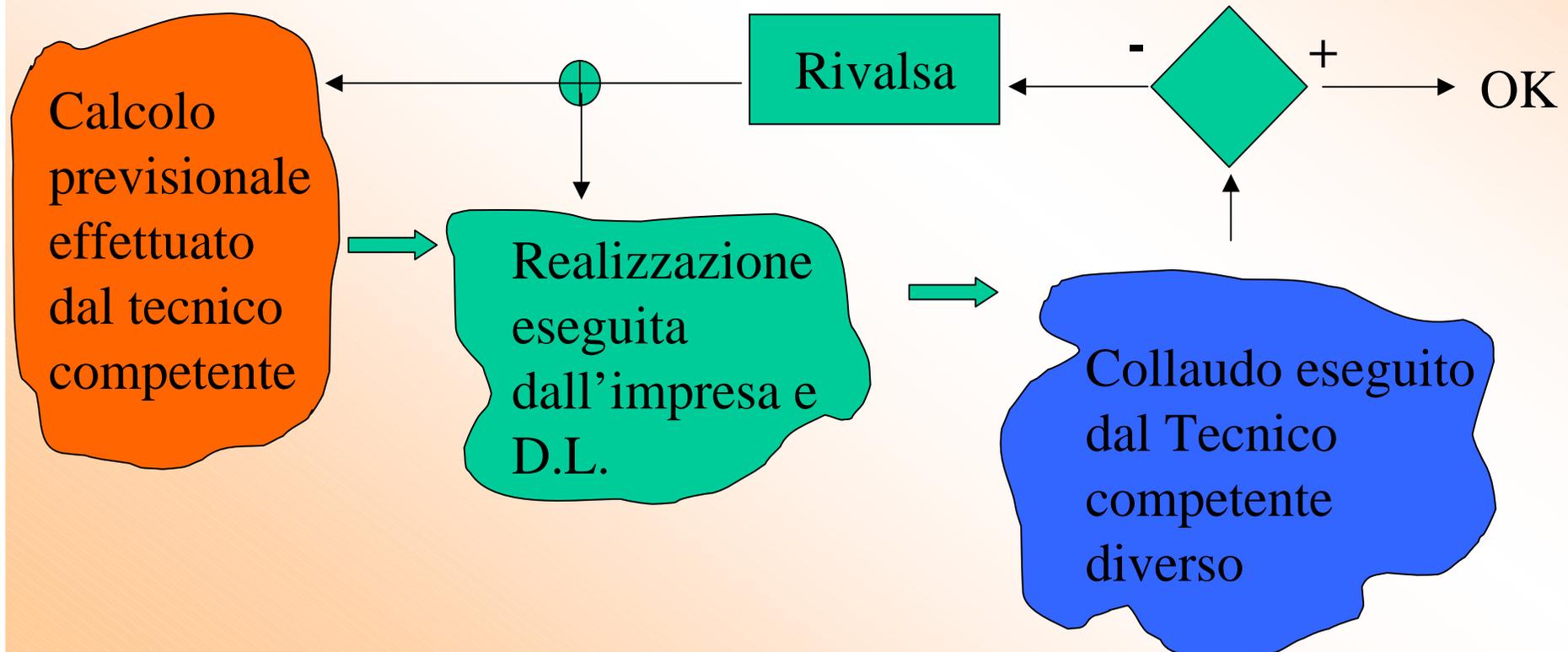
Ministero dei Lavori Pubblici: Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici nelle costruzioni edilizie – Circolare N. 1769 (30 aprile 1966)

TABELLA COMPARATIVA tra Circolare N. 1769 e D.P.C.M del 5 dicembre 1997

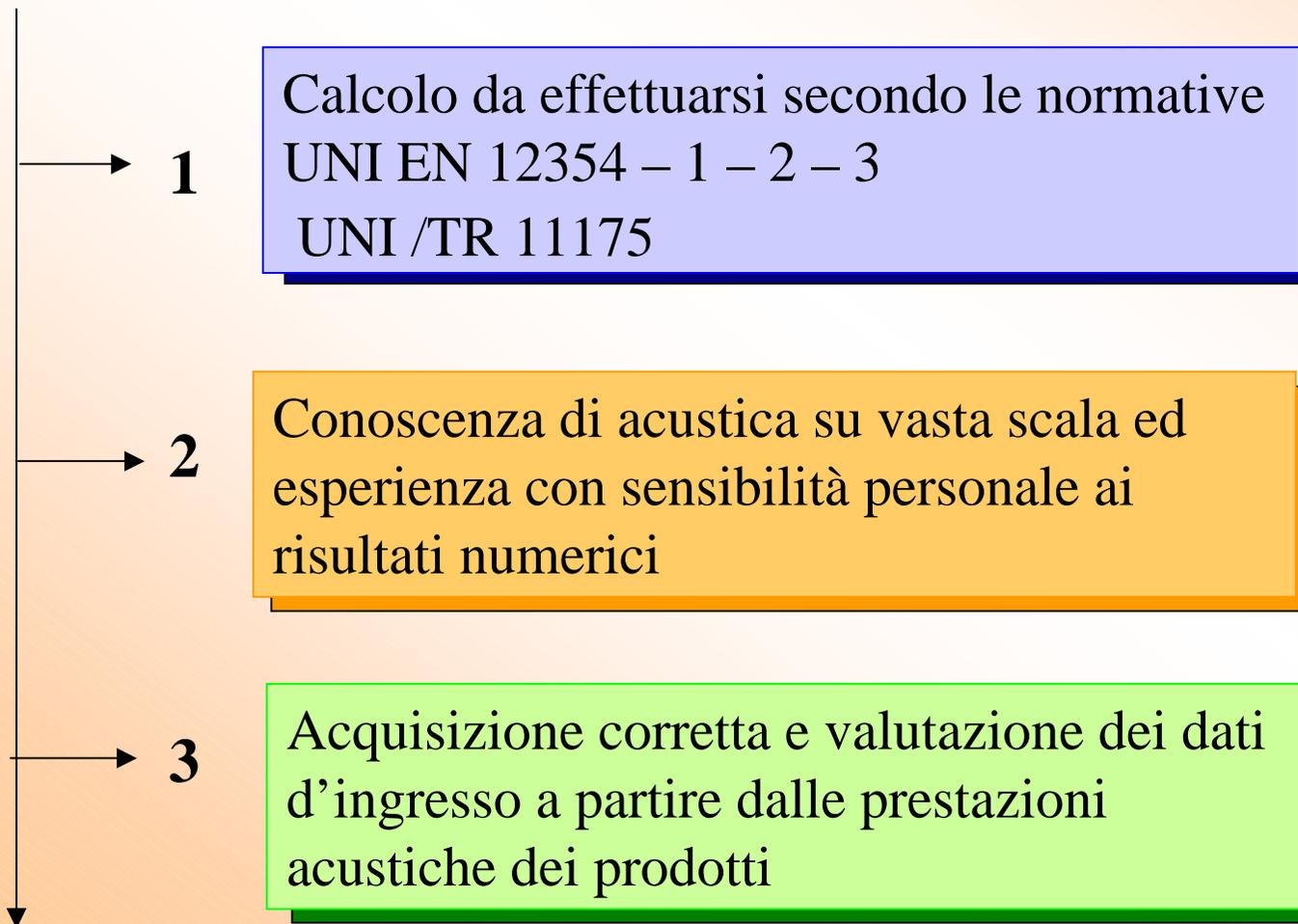
Classificazione ambienti abitativi	R'w dB	D2m,nT,w dB	L'n,w dB	LASmax dB(A)	LAeq dB(A)
Ospedali, cliniche , case di cura	55	45	58	35	25
Abitazioni ed alberghi	36 50	40	74 63	36 35	40 35
Scuole	50	48	58	35	25
Uffici, Culto e attività ricreative, Attività commerciali	50	42	55	35	35

Le richieste che vengono inoltrate al tecnico competente riguardano normalmente il calcolo di verifica del soddisfacimento dei requisiti di cui alla tabella precedente.

Il percorso del tecnico competente incaricato si svolge nelle tre fasi seguenti:



La responsabilità del Tecnico Competente ed il calcolo previsionale.



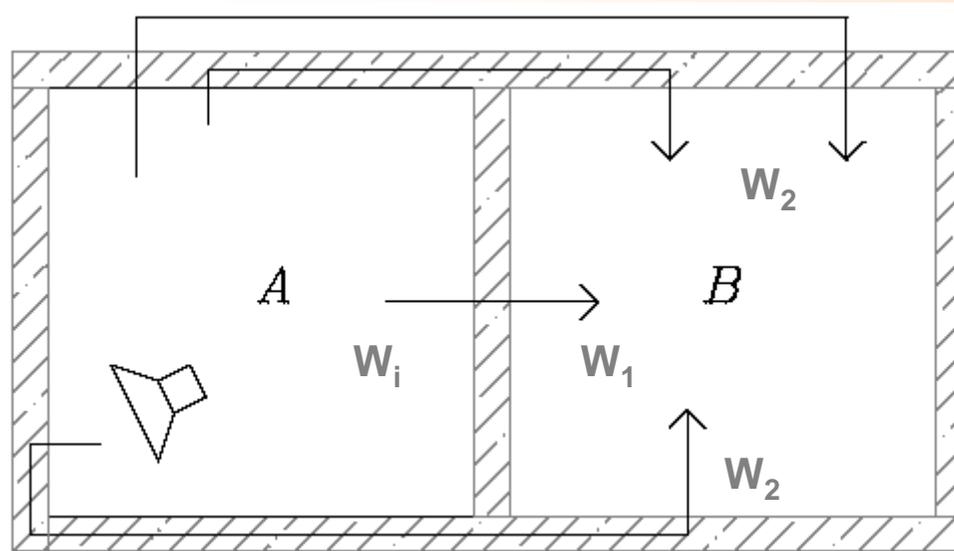
IL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE DI UN DIVISORIO DPCM 5/12/97

Indice di valutazione $R'w > 50$ dB

- 1 R (f) Determinato in laboratorio secondo ISO 140 - 3**
- 2 R_w Valore unico determinato con il calcolo sui valori di R(f) secondo ISO 717 - 1**
- 3 $R'(f)$ Determinato in opera secondo ISO 140 - 4**
- 4 $R'w$ Valore unico determinato con il calcolo sui valori di R(f) secondo ISO 717 - 1**

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

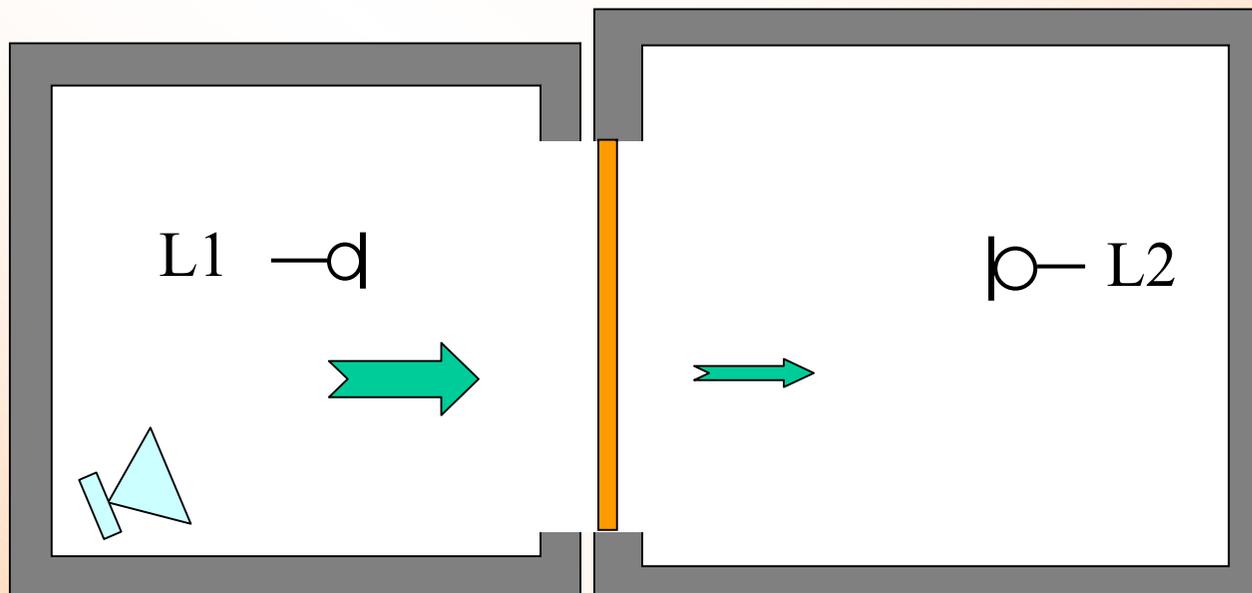
$$R = 10 \text{Log} \frac{W_i}{W_1}$$



$$R' = 10 \text{Log} \frac{W_i}{W_1 + W_2}$$

- R' - potere fonoisolante apparente (apparente perché l'energia sonora si trasmette nell'ambiente B percorrendo anche strade diverse)**
- R - potere fonoisolante misurato in laboratorio dove i percorsi alternativi sono ridotti al minimo**

La misura del potere fonoisolante avviene in laboratori attrezzati con due camere riverberanti accoppiate attraverso una sola apertura entro la quale si pone il campione in prova ISO 140/1



Requisiti fondamentali del laboratorio:

- la trasmissione laterale del suono sia ridotta al minimo.
- il campo sonoro che incide sul campione sia diffuso

E' buona norma che il laboratorio di prove sia accreditato

UNI EN ISO 140-3

Definisce il metodo di prova in laboratorio per la determinazione dell'isolamento acustico di elementi di edificio

Due camere riverberanti denominate “camera emittente 1” e “camera ricevente 2” sono accoppiate attraverso un’apertura (10 m²) in cui si monta il campione con geometria stabilita dalla norma.

Le camere sono attrezzate e progettate secondo precise norme (UNI EN ISO 140-1). Nella camera 1 si genera un rumore rosa di livello L1; nella camera 2 si misura il livello del rumore ricevuto L2.

Il potere fonoisolante, in funzione della frequenza, viene calcolato con la seguente relazione:

$$R = L1 - L2 + 10 \text{ Log } S - 10 \text{ Log } A \text{ (dB)}$$

Dove: S è l’area del campione m² ed A è l’area di assorbimento equivalente della camera ricevente m²

Progetto delle opere e verifica dei requisiti acustici passivi degli edifici

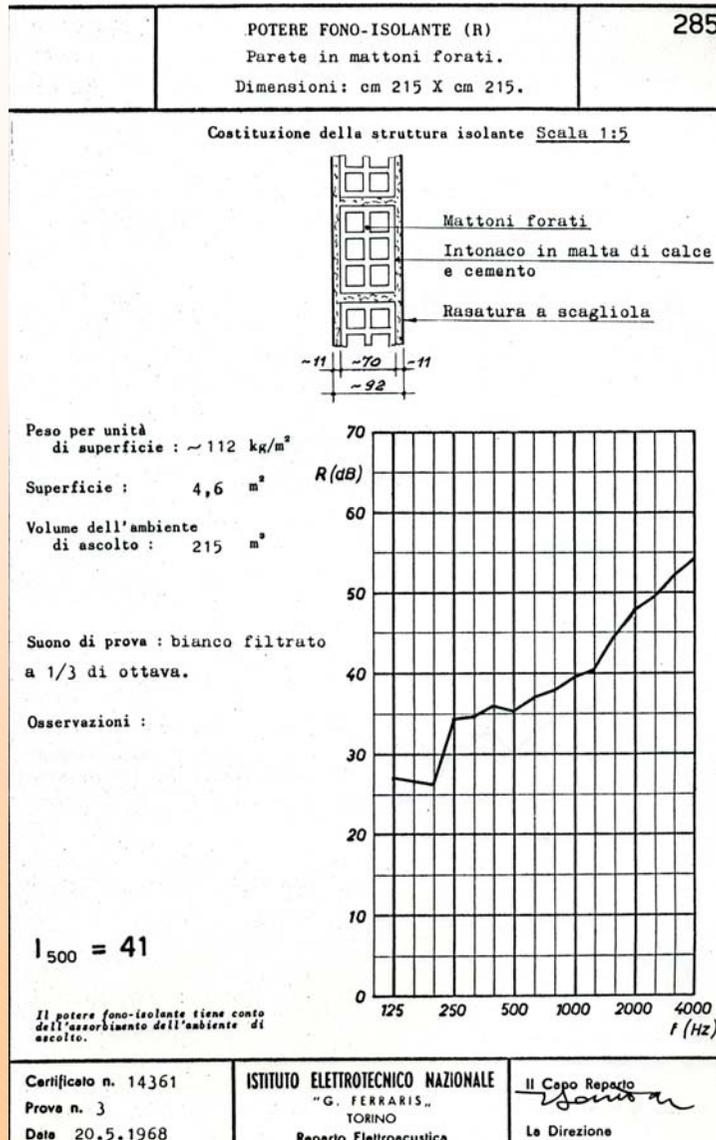


La misura del potere fonoisolante in laboratorio (Anno 1972 IEN).

La porta in prova è murata sulla parete divisoria delle due camere riverberanti.

Il livello di pressione sonora nelle camere trasmittente L1 e ricevente L2 è rilevato da un microfono posto su asta rotante per effettuare una integrazione spaziale .

Progetto delle opere e verifica dei requisiti acustici passivi degli edifici



La certificazione del potere fonoisolante dei componenti edilizi

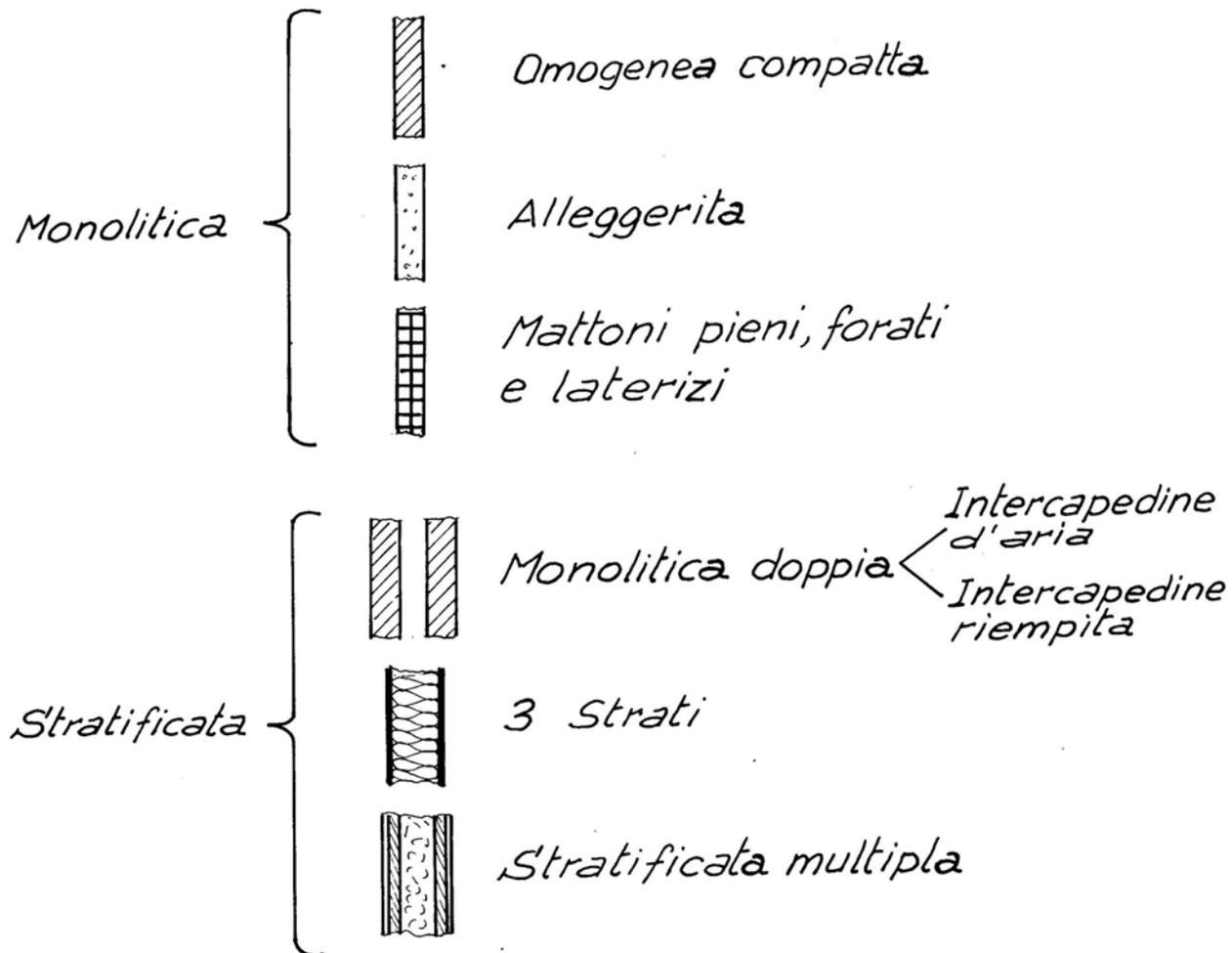
Il rapporto di prova relativo alla misura del potere fonoisolante in laboratorio (Anno 1968 IEN).

Il documento redatto dal laboratorio per il richiedente contiene sotto forma grafica il valore del potere fonoisolante del divisorio

E' dichiarato il valore dell'indice di valutazione del potere fonoisolante ed i valori dei parametri fisici necessari per il calcolo ISO 717 - 1

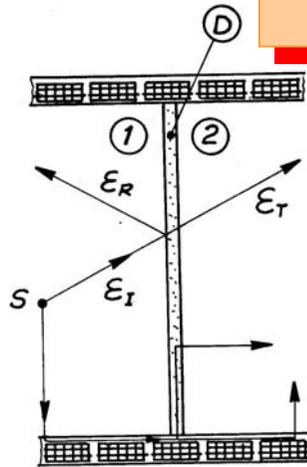
Classificazione delle Principali tipologie dei componenti edilizi

CLASSIFICAZIONE DELLE PARETI



Progetto delle opere e verifica dei requisiti acustici passivi degli edifici

Il potere fonoisolante di un divisorio varia con la frequenza del suono incidente



S = sorgente
D = divisorio

$$\bar{\tau} = \frac{E_T}{E_I} \quad (\text{coefficiente di trasmissione})$$

$$0 < \bar{\tau} \leq 1$$

$$R = 10 \lg \frac{1}{\bar{\tau}} \quad (\text{dB});$$

$$R_n = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A} \quad (\text{dB});$$

L_1 = Livello di pressione sonora nell'ambiente 1 (sorgente)

L_2 = Livello di pressione sonora nell'ambiente 2

S = Superficie divisorio

A = Unita' assorbenti nell'ambiente 2

R_n = Potere fonoisolante

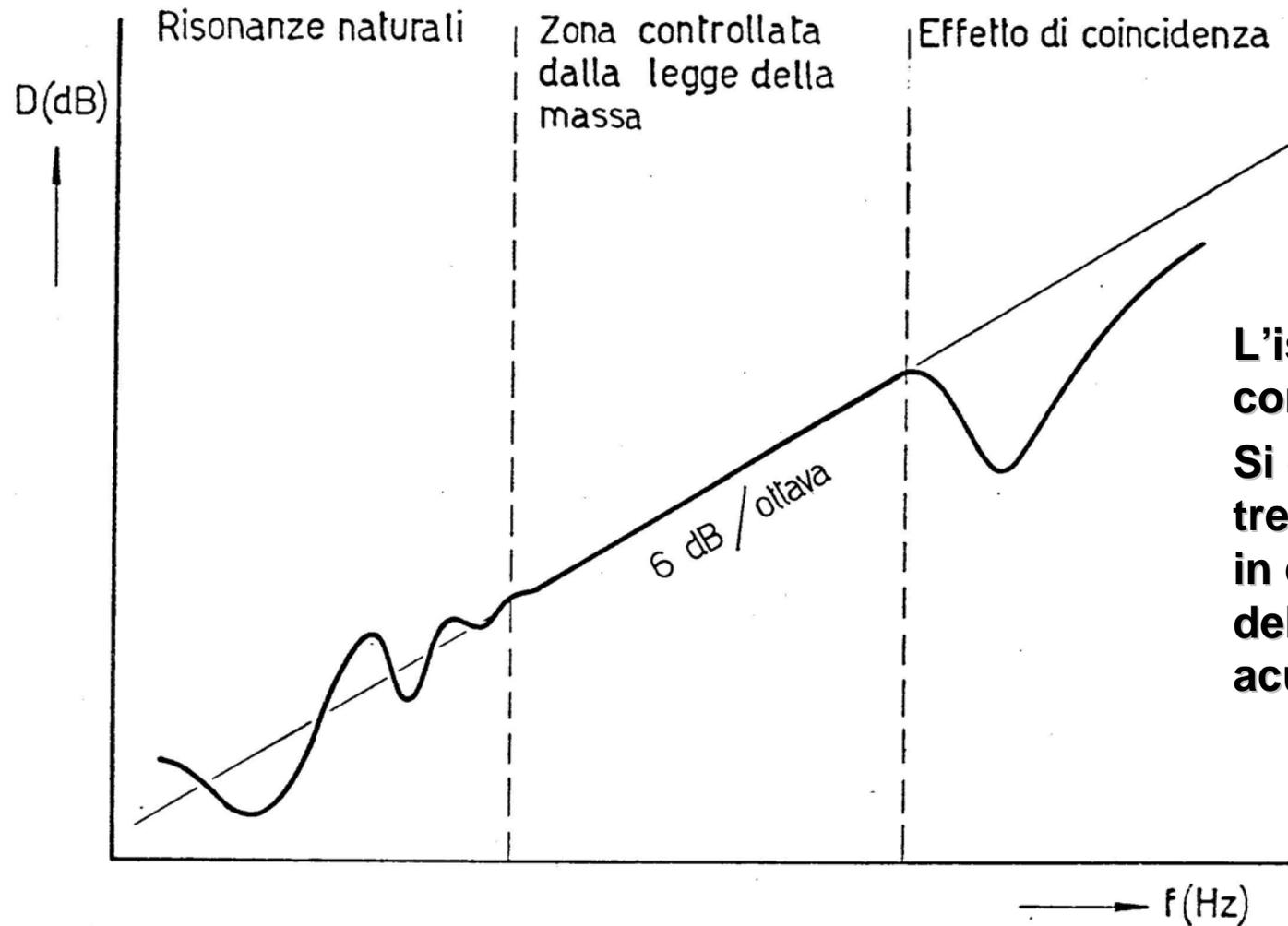
Si determina attraverso la quantificazione del coefficiente di trasmissione dell'energia sonora trasmessa nell'ambiente ricevente in rapporto a quella incidente sul campione.

In camera riverberante l'energia sonora incidente si presenta con tutti gli angoli ugualmente probabili. In questo caso il campo sonoro è detto diffuso.

Esistono metodi di misura del coefficiente di trasmissione con angoli di incidenza determinati (es. tecniche impulsive): il potere fonoisolante che si deduce può variare fino a circa 5 dB da quello per incidenza diffusa. Per incidenza normale al divisorio R_0 vale la seguente relazione approssimata:

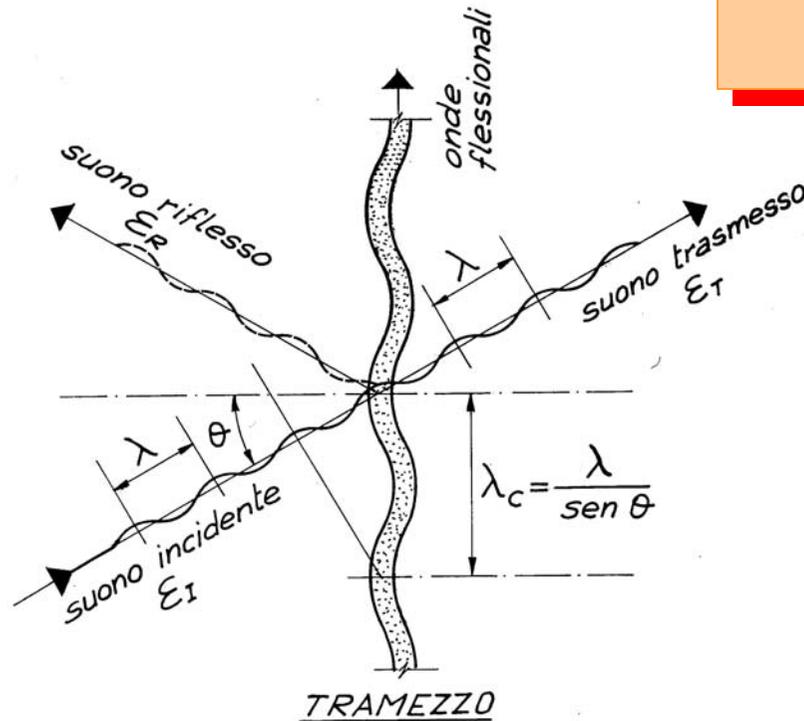
$$R_n \sim R_0 - 5 \text{ dB}$$

Isolamento acustico di un divisorio generico



L'isolamento cresce con la frequenza.
Si distinguono almeno tre bande di frequenze in cui il comportamento dell'isolamento acustico è diverso

La frequenza di coincidenza



$$f_c = \frac{0,551}{h} \cdot \frac{c^2}{c_l \sin^2 \theta} \quad f_c = \text{frequenza critica per } \theta = 90^\circ$$

$$c_l = \sqrt{\frac{E}{m_{vt}(1-\nu^2)}}$$

c_l = Velocità di propagazione dell'onda longitudinale

E = Modulo di elasticità

ν = Rapporto di Poisson

m_{vt} = Massa volumica del tramezzo

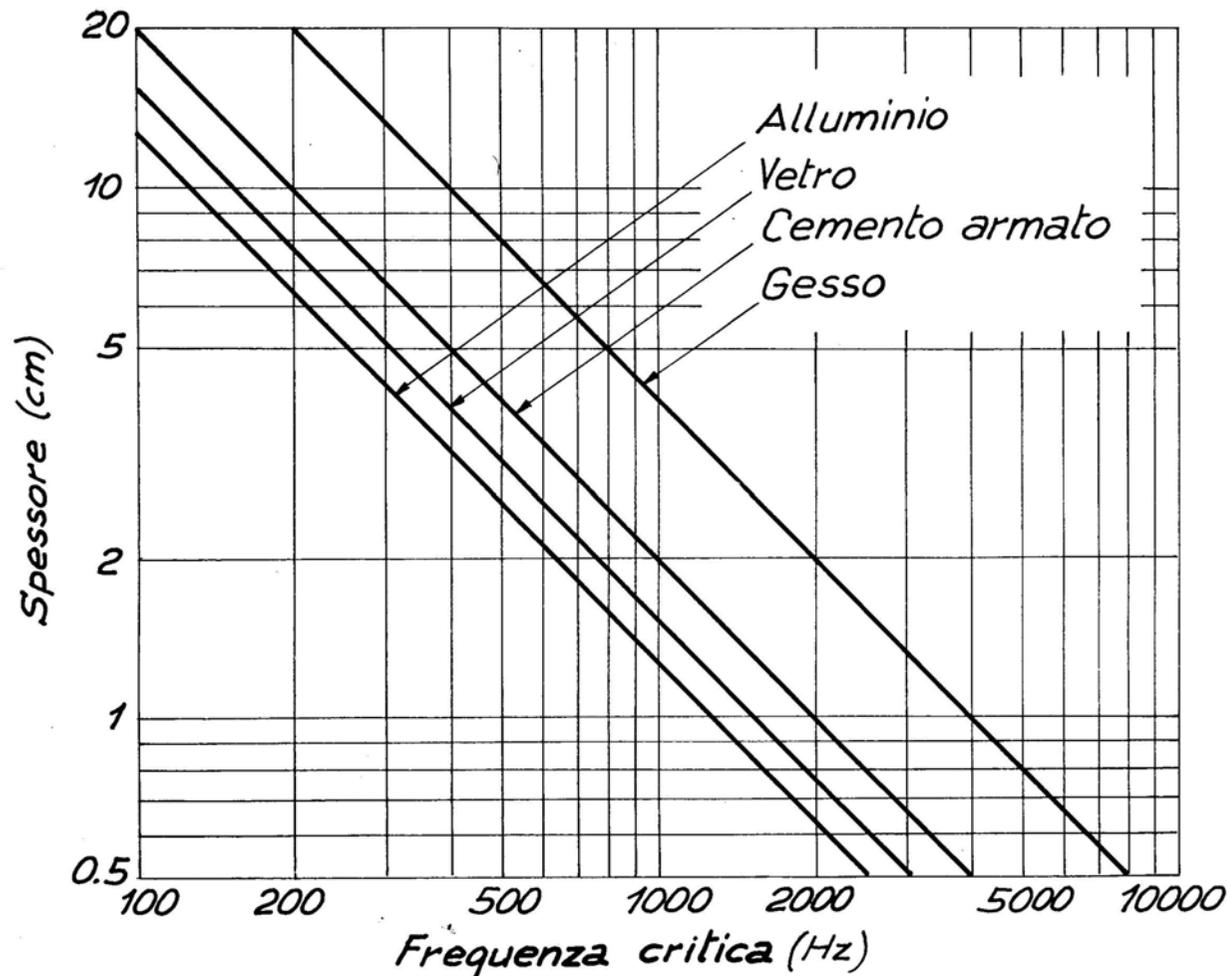
È il valore di frequenza al quale si osserva un significativo calo del potere fonoisolante di un divisorio

Il fenomeno si verifica quando la lunghezza d'onda del suono incidente, proiettata sulla parete, coincide con la lunghezza d'onda flessionale della parete stessa

L'onda flessionale del tramezzo dipende dalle sue caratteristiche fisiche e quindi varia con il materiale ed il suo spessore. I modi di propagazione dell'onda sono diversi.

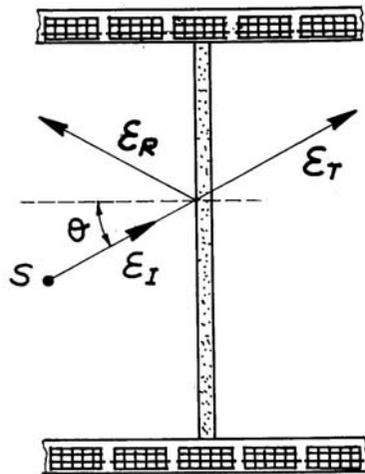
alla lunghezza d'onda più lunga (modo a frequenza più bassa) corrisponde la frequenza di coincidenza più bassa detta **frequenza critica**

Frequenze critiche di pannelli più comuni



Il grafico consente di determinare la frequenza critica dei materiali più comuni in funzione del loro spessore.

La banda di frequenze interessata è molto ampia ed è centrata nel campo delle frequenze per le quali, in pratica, si riscontra la massima concentrazione dell'energia sonora.



LEGGE DELLA MASSA

Incidenza normale ($\theta=0$) ed $f < f_c$

$$R_0 = 10 \lg \left[1 + \left(\frac{\pi W_p f}{m_v c} \right)^2 \right] \quad (\text{dB})$$

R_0 = Potere fonoisolante per incidenza normale

W_p = Massa/unità di superficie (kg/m^2)

m_v = Massa volumica dell'aria (kg/m^3)

c = Velocità del suono nell'aria (m/s)

f = Frequenza (Hz)

f_c = Frequenza critica (Hz)

Il potere fonoisolante e la massa del divisorio

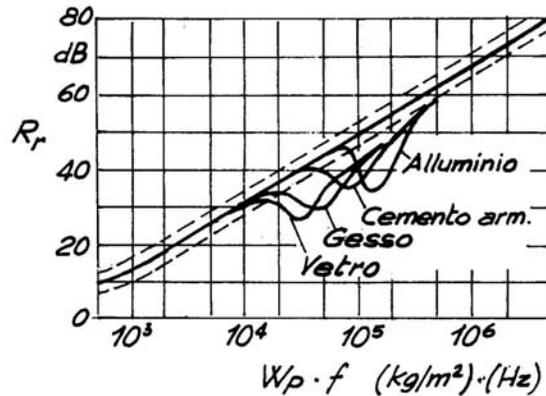
Incidenza normale

Il potere fonoisolante è funzione dell'angolo di incidenza del suono.

Si può determinare il potere fonoisolante di un divisorio omogeneo con la relazione indicata a patto che l'incidenza sia normale e ci si trovi nelle bande di frequenze inferiori alla frequenza critica.

Il potere fonoisolante del divisorio

Incidenza diffusa



POTERE FONOISOLANTE PER INCIDENZA DIFFUSA

incidenza diffusa $0 < \theta < 80^\circ$

$$R_r = R_0 - 10 \lg (0.23 R_0) \quad \text{per } f < f_c$$

$$R_r \approx -47.2 + 20 \lg W_p f \quad (\text{dB}) \quad f < f_c$$

$$R_r \approx R_0 + 10 \lg \frac{2 \eta}{\pi} \frac{f}{f_c} \quad (\text{dB}) \quad f > f_c$$

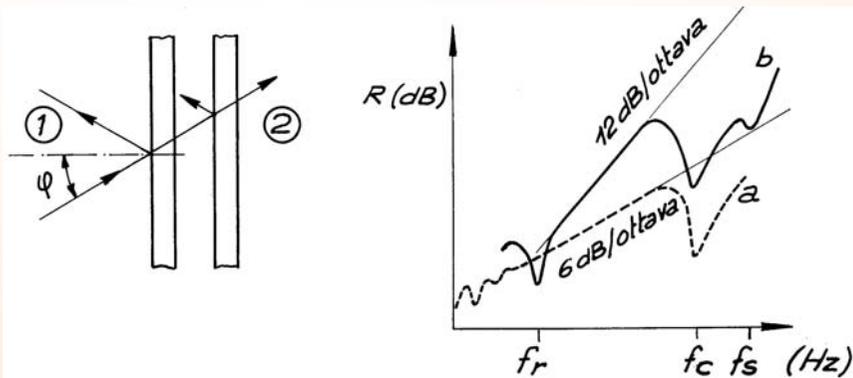
W_p = massa/unità di superficie (kg/m^2)

f_c = frequenza critica (Hz)

η = fattore di perdita (0.005 ÷ 0.03)

Si può dedurre il valore del potere fonoisolante per incidenza diffusa da quello desunto per incidenza normale.

Le relazioni riportate consentono il calcolo del potere fonoisolante per bande di frequenze inferiori e superiori alla frequenza critica.



Risonanza massa-aria-massa e di cavità

$$\textcircled{1} \quad f_r = \frac{c}{2\pi \cos \varphi} \cdot \sqrt{\frac{m_v}{d} \left(\frac{1}{W_{p1}} + \frac{1}{W_{p2}} \right)} \quad (\text{Hz})$$

$$\textcircled{2} \quad f_s = n \cdot \frac{c}{2d \cos \varphi} \quad (\text{Hz})$$

f_r = frequenza di risonanza massa-aria-massa

f_s = frequenza di risonanza di cavità

f_c = frequenza critica

W_{p1}, W_{p2} = massa per unità di superficie dei singoli pannelli (Kg/m^2)

d = profondità dell'intercapedine (m)

φ = angolo di incidenza dell'onda sonora (rad)

c = velocità di propagazione del suono nell'aria (m/s)

m_v = massa volumica dell'aria (kg/m^3)

n = numero intero

I divisori stratificati

Il suono incidente si trasmette attraverso il primo pannello, l'intercapedine d'aria ed il secondo pannello. Se i due pannelli sono completamente disaccoppiati e liberi di oscillare indipendentemente l'uno dall'altro l'isolamento teorico dovrebbe essere quello della curva b).

La curva a) si riferisce, invece, a quello di un solo pannello supposto entrambi identici.

Le più importanti perdite del potere fonoisolante si verificano alla frequenza di risonanza massa – aria – massa, alle frequenze critiche di ciascun pannello ed alle frequenze alle quali insorgono onde stazionarie nell'intercapedine (risonanze di cavità).

Alcuni risultati di prove di laboratorio su pareti monolitiche

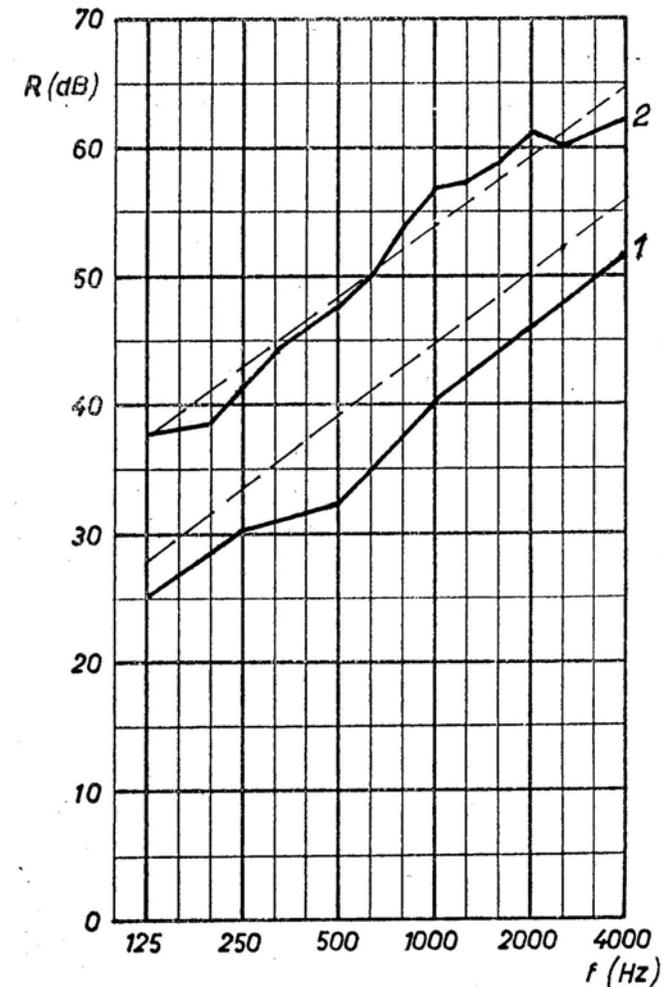
① Blocchi di gesso 87 kg/m^2 , $I = 38 \text{ dB}$

② Conglomerato 250 kg/m^2 , $I = 53 \text{ dB}$

--- Legge della massa

— Misura in campo diffuso

Retta teorica e valori sperimentali

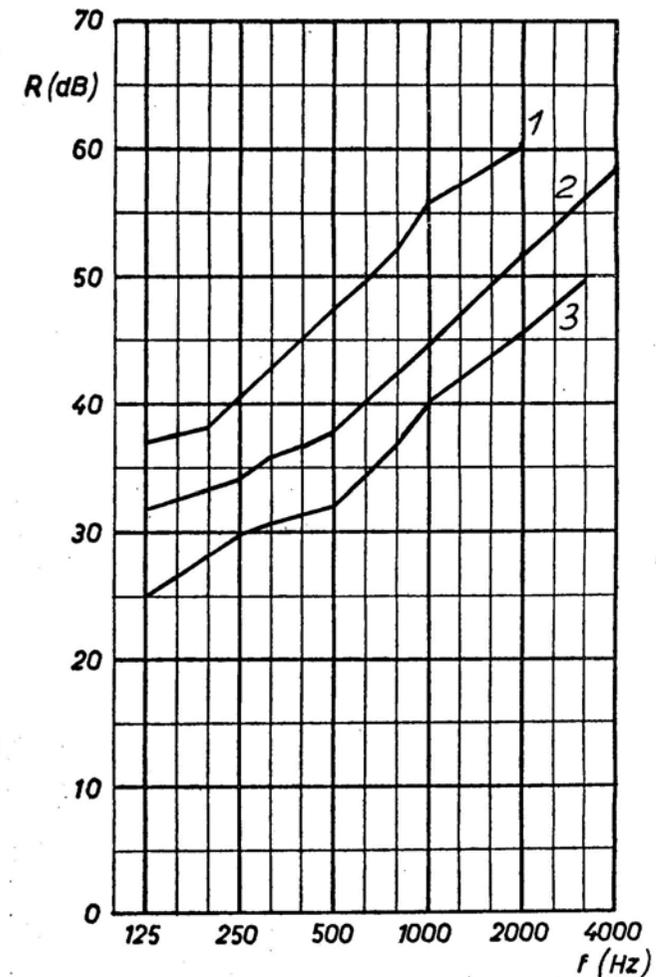


Alcuni risultati di prove di laboratorio su pareti monolitiche

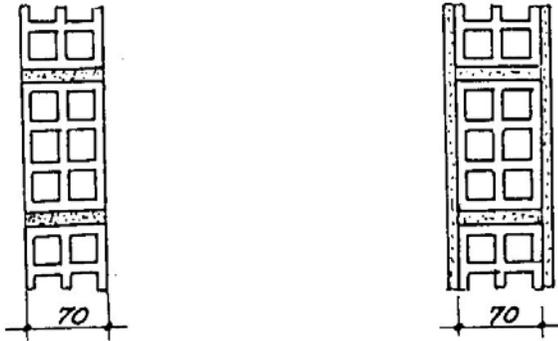
① *Conglomerato* spess. 160 mm, 250 kg/m²
 $I = 53$ dB

② *Calcestruzzo* spess. 60 mm, 150 kg/m²
 $I = 42$ dB

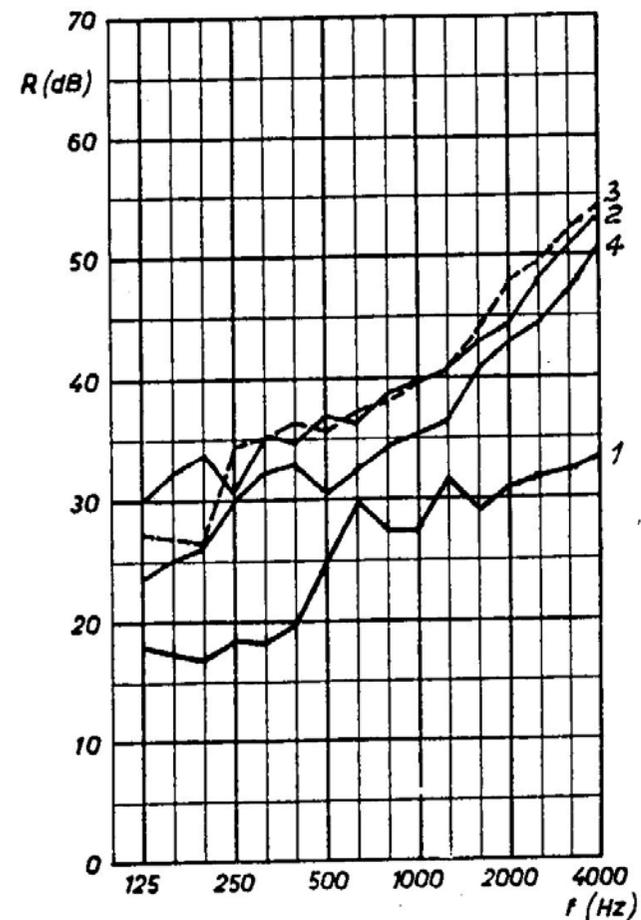
③ *Gesso* spess. 80 mm, 87 kg/m²
 $I = 38$ dB



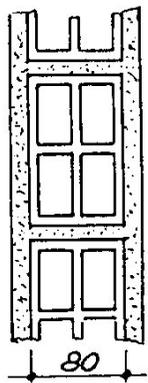
Alcuni risultati di prove di laboratorio su pareti in laterizio Effetto dell'intonaco



- ① Parete in mattoni forati 70 kg/m^2 , $I = 28 \text{ dB}$
- ② Parete in mattoni forati con intonaco in malta di calce e cemento 110 kg/m^2 , $I = 41 \text{ dB}$
- ③ Parete in mattoni forati con intonaco in malta di calce e cemento - rasatura in scagliola 112 kg/m^2 , $I = 41 \text{ dB}$
- ④ Parete in mattoni forati con intonaco in scagliola 95 kg/m^2 , $I = 37 \text{ dB}$

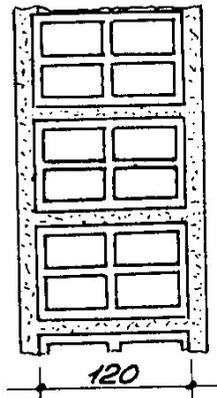


Potere fonoisolante dei muri più comuni in laterizio



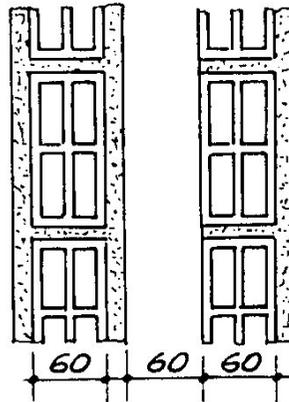
120 kg/m²
I = 42 dB

①



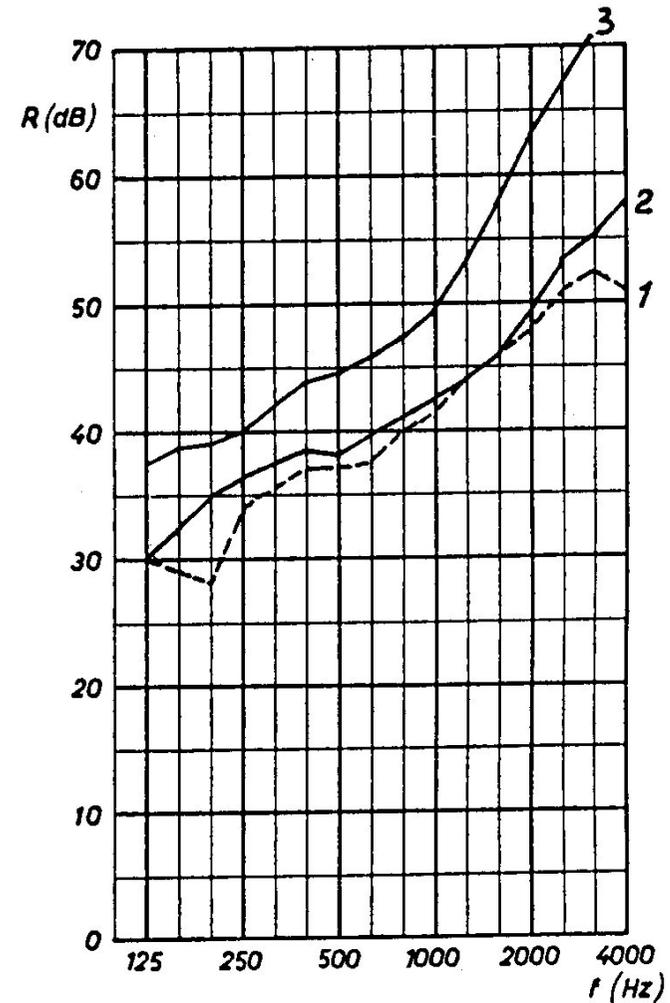
150 kg/m²
I = 43 dB

②

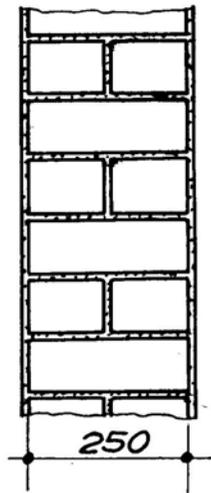


170 kg/m²
I = 50 dB

③



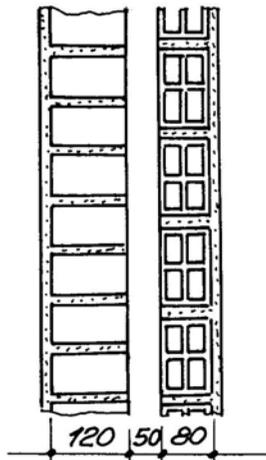
Potere fonoisolante di pareti pesanti



400 kg/m^2

$I = 52 \text{ dB}$

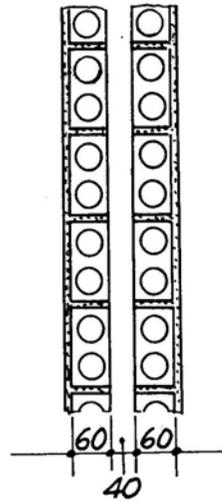
①



300 kg/m^2

$I = 52 \text{ dB}$

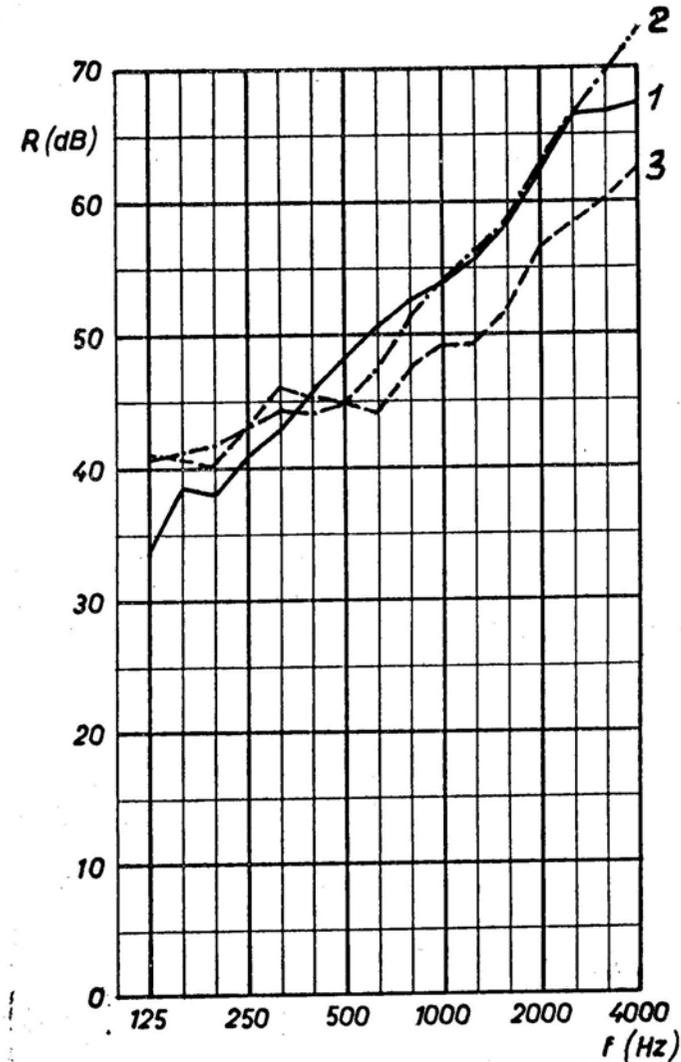
②



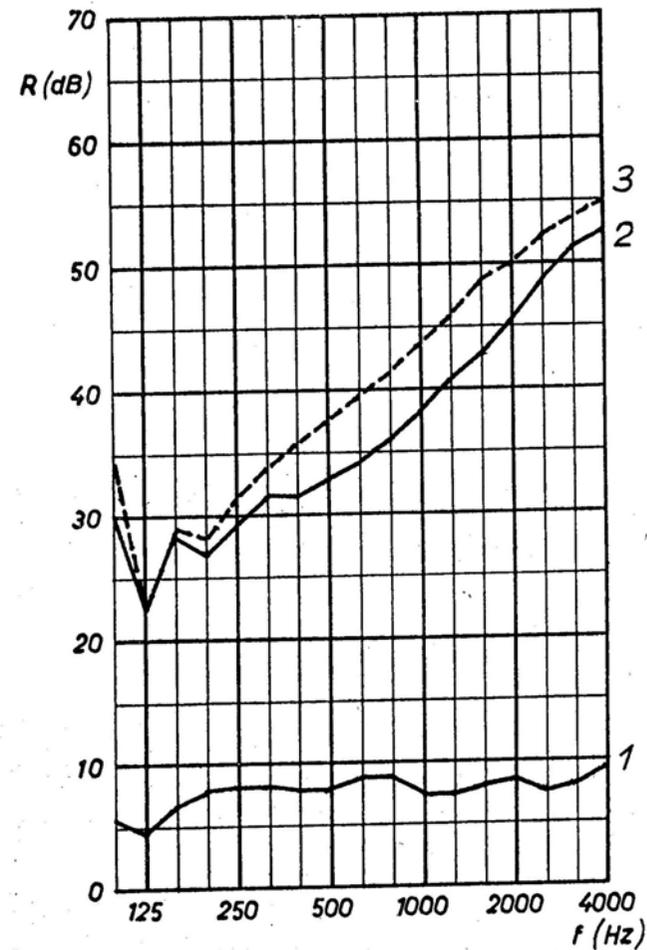
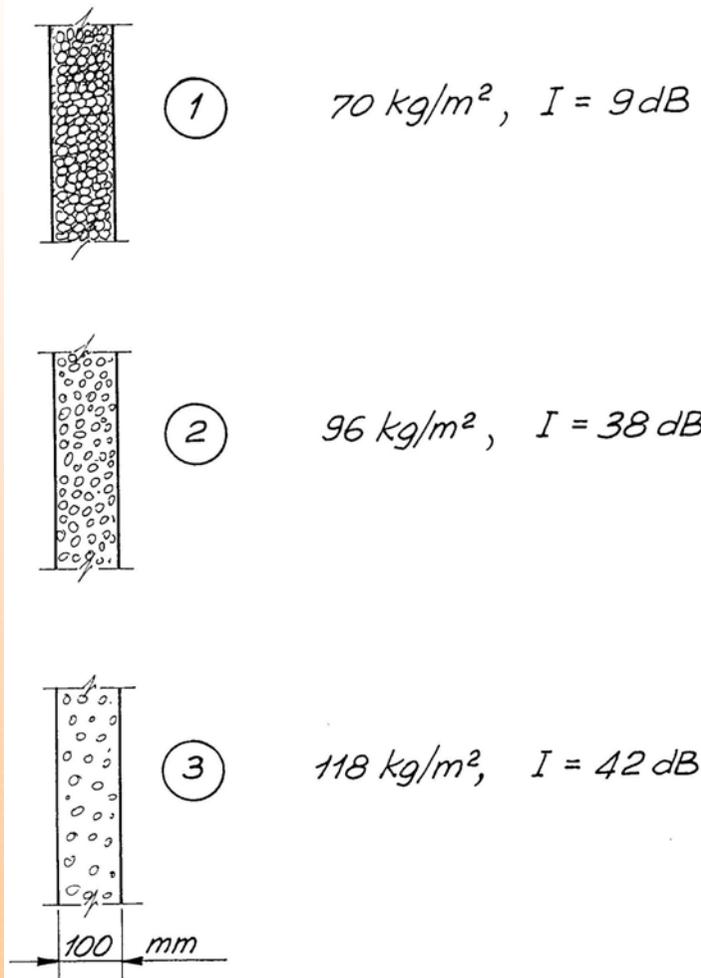
145 kg/m^2

$I = 51 \text{ dB}$

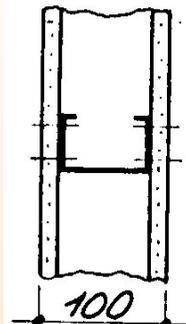
③



Pareti monolitiche alleggerita in argilla espansa a diversa granulometria

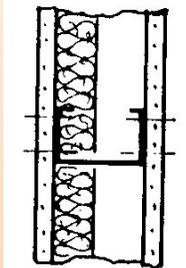


Potere fonoisolante di divisori doppi



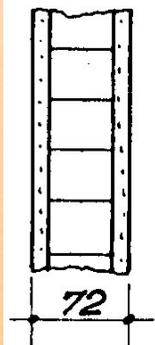
Gesso cartonato, spess. 13 mm
 Intercapedine d'aria, spess. 75 mm

① 23 kg/m² I = 38,5 dB



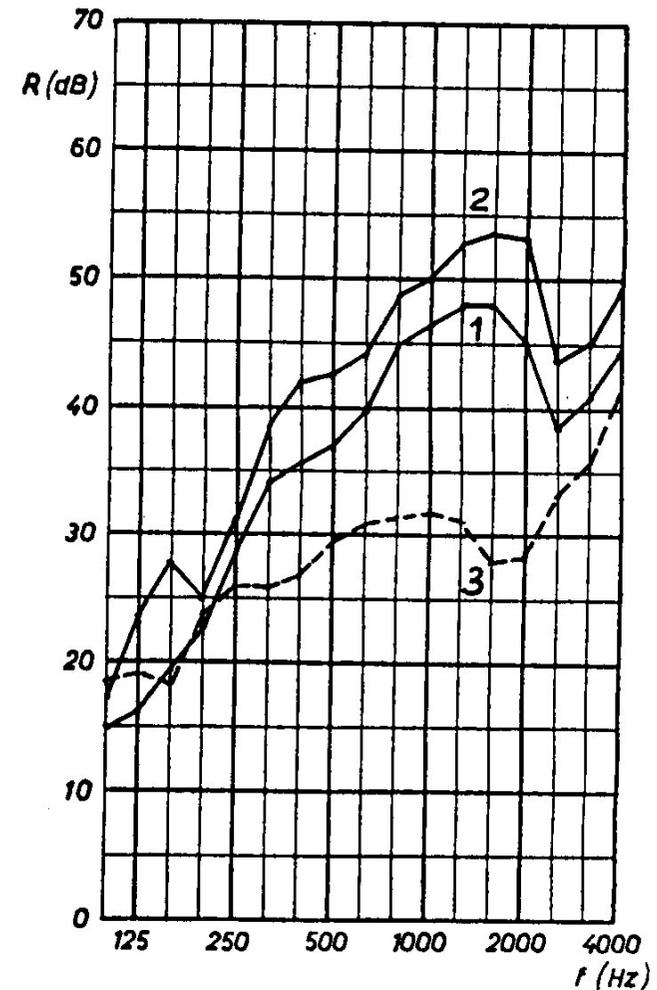
Gesso cartonato, spess. 13 mm
 Lana di vetro, spess. 30 mm
 Intercapedine d'aria, spess. 45 mm

② 23,7 kg/m² I = 42,5 dB

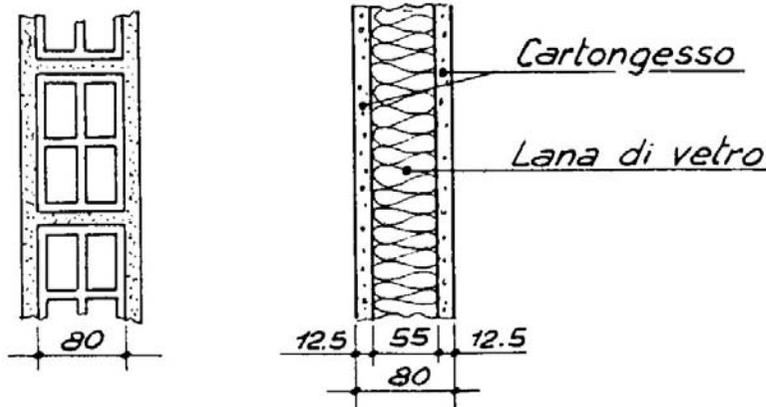


Gesso cartonato, spess. 13 mm
 Alveolare di cartone

③ 23 kg/m² I = 31 dB



Confronto tra il potere fonoisolante di un tramezzo leggero stratificato ed una parete in laterizio di riferimento



120 kg/m²

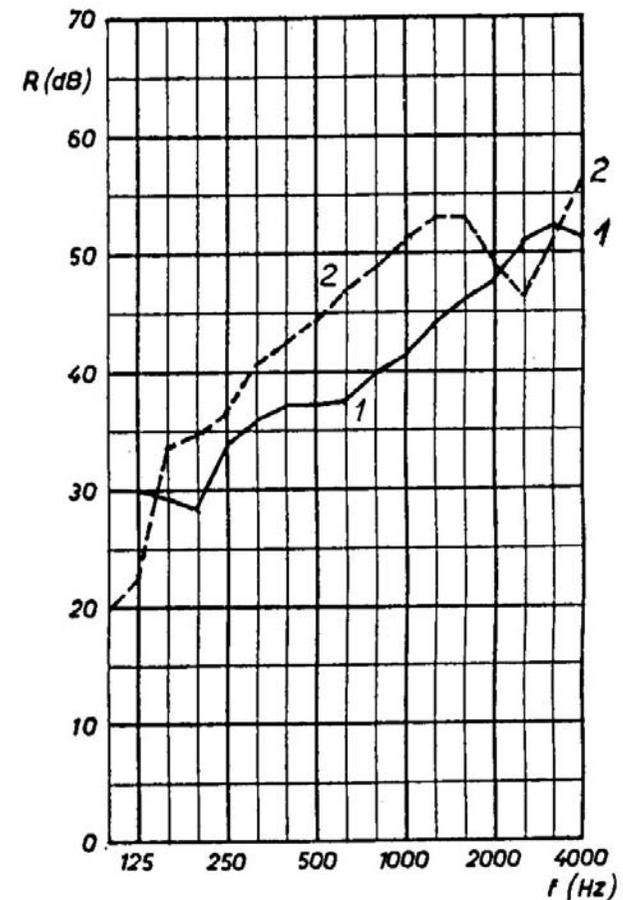
$I = 42 \text{ dB}$

①

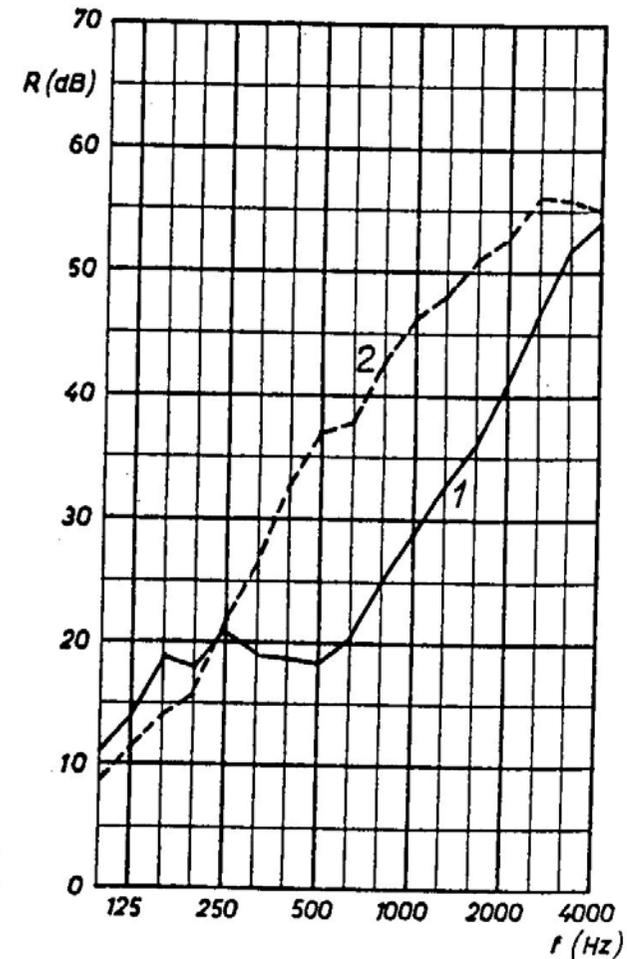
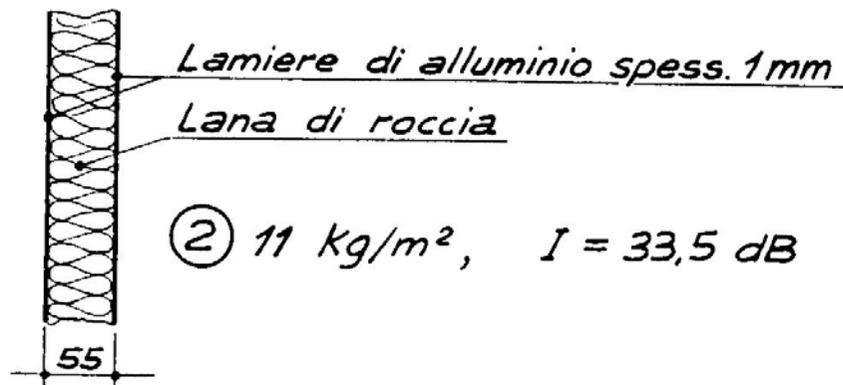
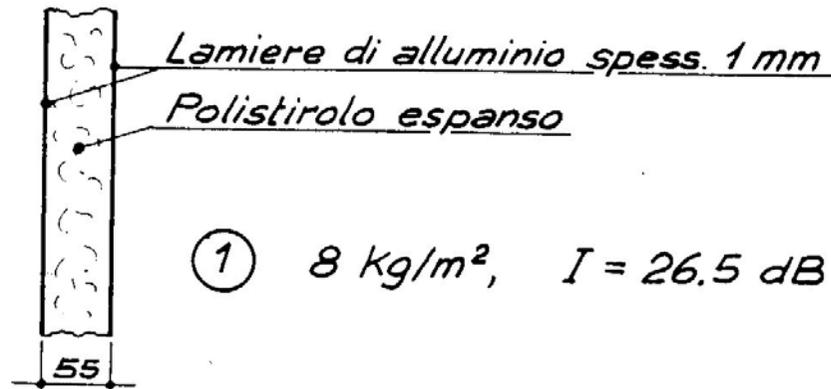
50 kg/m²

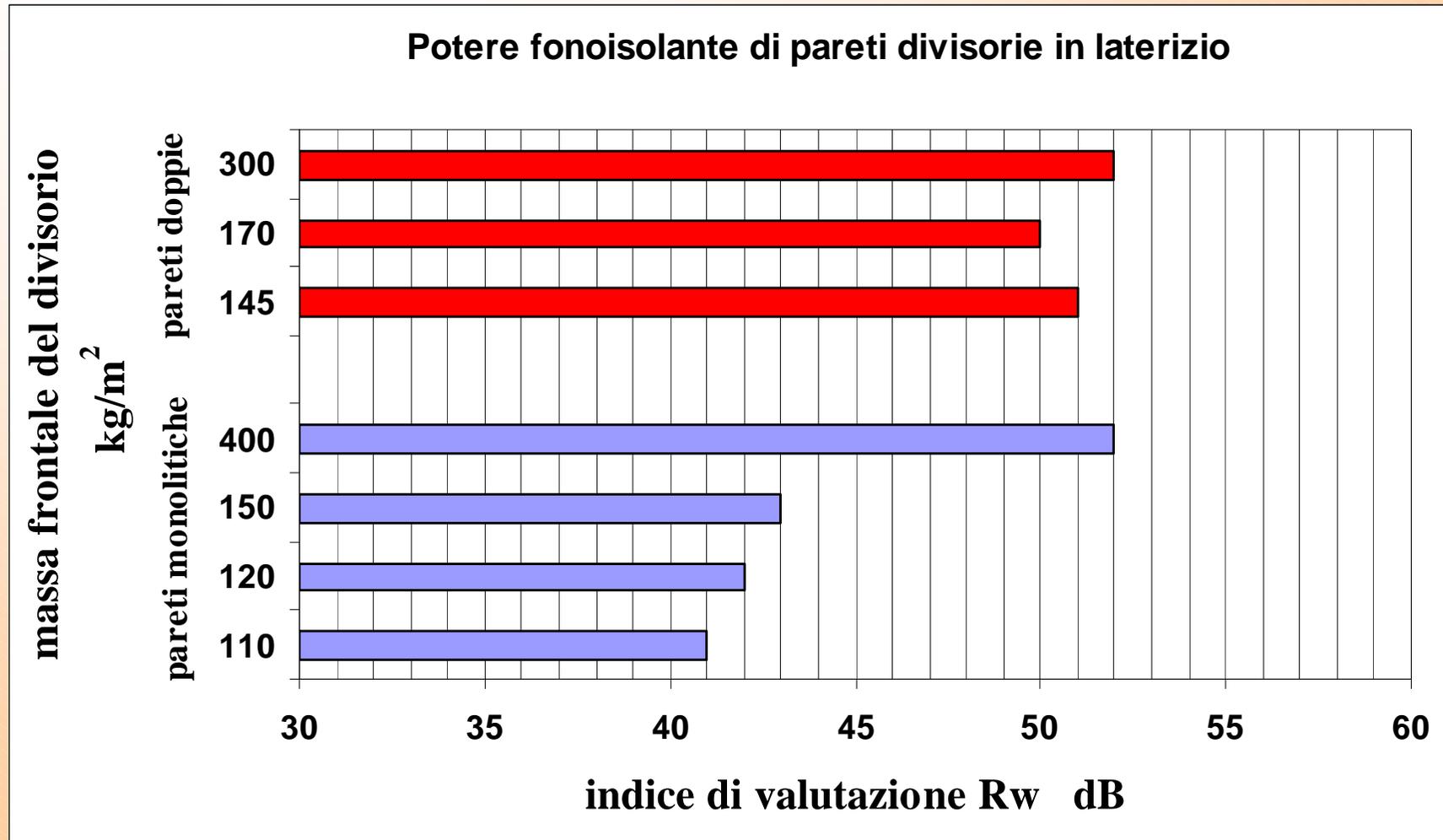
$I = 46 \text{ dB}$

②

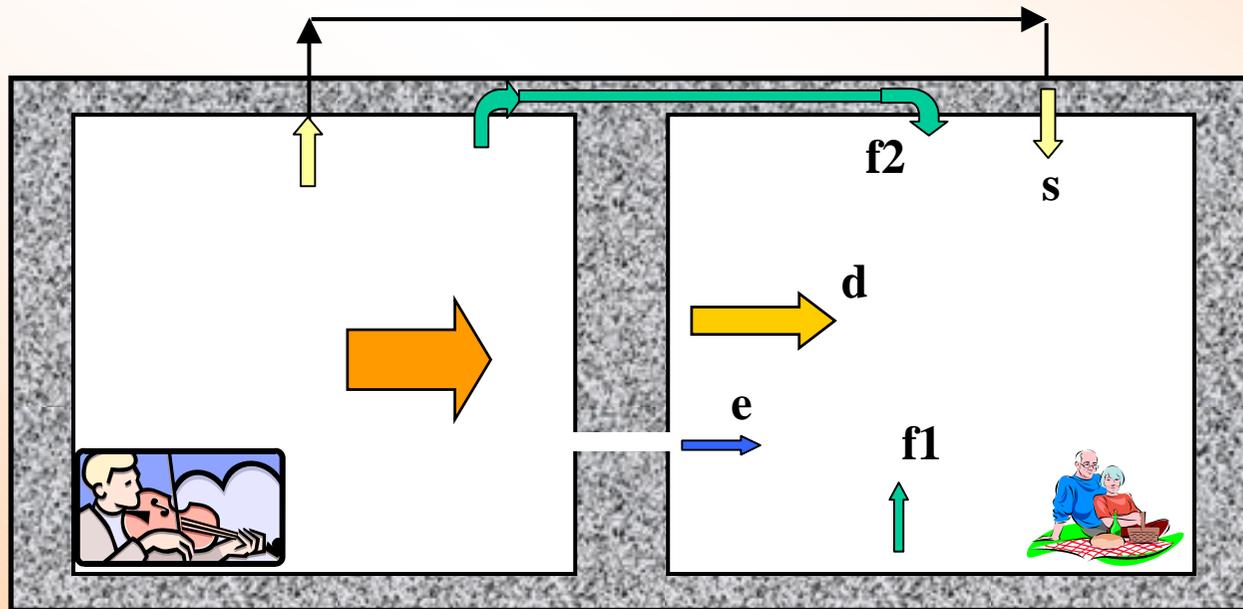


Parete stratificata: effetto del materiale impiegato





Il caso dell'isolamento acustico tra locali di vita quotidiana



ENERGIA TRASMESSA da:

d – direttamente dall'elemento di separazione

e – direttamente da piccoli elementi

f1 ed f2 – per vie laterali

s – per via indiretta

Il fattore di trasmissione τ dell'energia sonora nell'ambiente ricevente è dato da:

$$\tau' = \tau_d + \sum_{f=1}^n \tau_f + \sum_{e=1}^n \tau_e + \sum_{s=1}^n \tau_s$$

Il potere fonoisolante apparente R' è dato da:

$$R' = -10 \cdot \text{Log } \tau'$$

Individuazione delle vie di trasmissione laterali da quantificare

- **1** **Piccoli elementi:** Isolamento acustico normalizzato $D_{n,e}$
- **2** **Trasmissione Indiretta per Via Aerea:** Isolamento acustico normalizzato $D_{n,a}$ (condotti di ventilazione, corridoi etc)
- **3** **Trasmissione laterale:** Isolamento acustico normalizzato $D_{n,f}$ (controsoffitti, facciata etc.)
- **4** **Trasmissione per via strutturale:** Isolamento da vibrazione del giunto normalizzato $K_{i,j}$ (controsoffitti, facciata etc.)

***SUL MERCATO SONO PRESENTI MOLTI PROGRAMMI DI CALCOLO
ECONOMICI (PREZZO COMPRESO FRA I
150-300 €) CHE SI PRESENTANO COME UN SUPPORTO AGILE E
“COMPLETO” ALLA PROGETTAZIONE ACUSTICA***

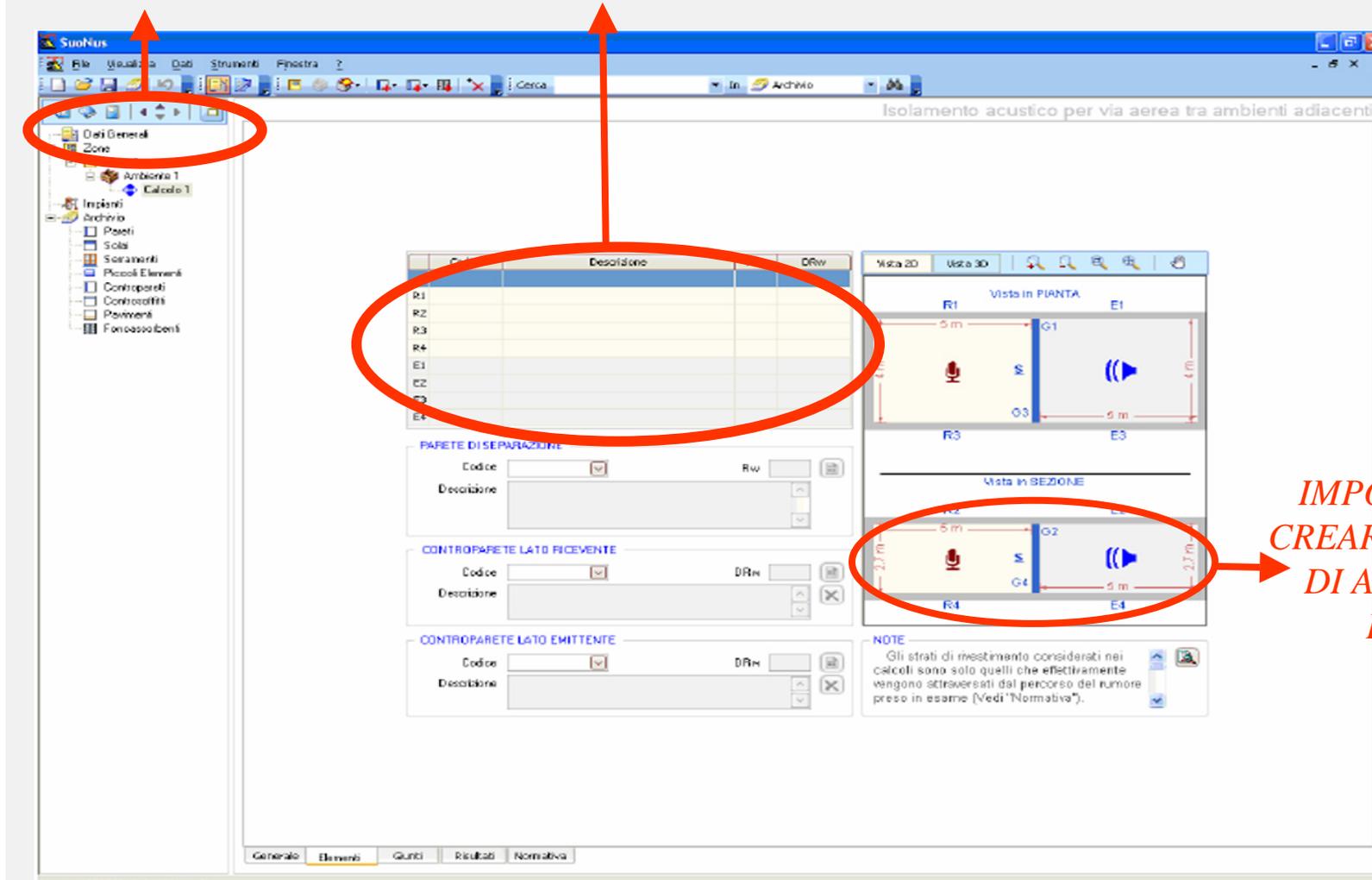
I programmi per l'effettuazione dei calcoli e per la verifica delle prestazioni acustiche dei singoli componenti degli edifici partono dai dati relativi alle prestazioni dei singoli prodotti e permettono di verificare IN MANIERA LINEARE:

- **L' INDICE DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE TRA AMBIENTI R'_w**
- **L'INDICE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO STANDARDIZZATO DI FACCIATA $D_{2m,nT,w}$**
- **L' INDICE DEL LIVELLO DI RUMORE DI CALPESTIO DEI SOLAI NORMALIZZATO $L_{n,w}$**

**BANCA DATI CHE
PUO' ESSERE
IMPLEMENTATA**

**POSSIBILITA' DI
CREARE DIFFERENTI
STRATIGRAFIE**

SOFTWARE A
Software per la progettazione, la verifica ed il collaudo
delle prestazioni acustiche degli edifici



**IMPOSSIBILITA' DI
CREARE SIMULAZIONI
DI AMBIENTI NON
REGOLARI**

• *SI PUO' ACCEDERE AD UN ARCHIVIO
DI PROPRIETA' ACUSTICHE (IN
FREQUENZA O COME SEMPLICI INDICI
DI VALUTAZIONE) CERTIFICATE DA
LABORATORI*

*VIENE DICHIARATO IL
LABORATORIO CHE HA
EFFETTUATO LA
CERTIFICAZIONE*

DATI GENERALI

Codice: PA.LA.152

Descrizione: Parete in mattoni forati da 8 cm (8x30x15), foratura 60%, intonacata (sp. 1.5 cm) su ambo i

Composizione: Parete in mattoni forati da 8 cm (8x30x15) a 6 fori orizzontali, foratura 60%, intonacata con 1.5 cm di malta M3 su ambo i lati.

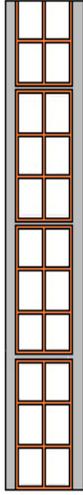
Origine Dati: Laboratorio dell'Università di Parma, certificazione n. 15/92 (ANDIL).

Allegato:

Note:

Spessore: 11.0 Massa Superficiale: 124.0

IMMAGINE

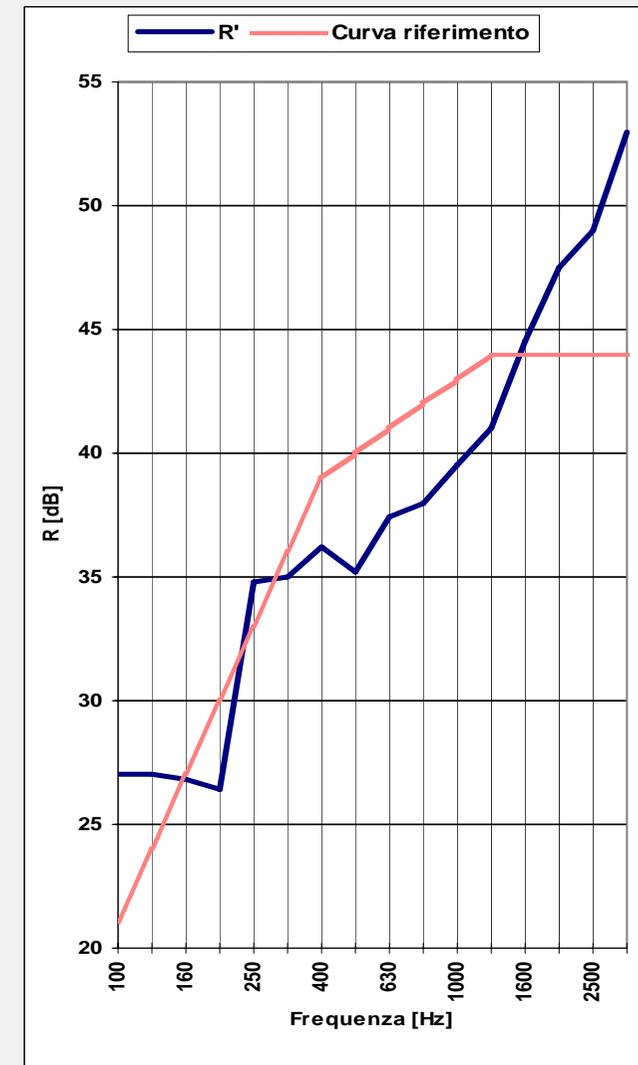


POTERE FONDISOLANTE

R_w: 42.0

Frequenze (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
R _i (dB)	33.5	33.8	33.7	32.9	30.3	35.1	35.6	37.5	39.3	41.0	41.9	43.9	48.4	49.2	50.1	52.5

SOFTWARE A



SOFTWARE A

SVANTAGGI:

- DEFINIZIONE RIGIDA DEGLI AMBIENTI, MANCA LA POSSIBILITA' DI RIPRODURRE AMBIENTI NON REGOLARI

VANTAGGI:

- SI PUO' CALCOLARE L'INDICE DI POTERE FONOISOLANTE DI PARETI COMPOSITE ED INCREMENTARE LA BANCA DATI DEL PROGRAMMA
- BANCA DATI DI CERTA PROVENIENZA
- GLI INDICI DI VALUTAZIONE DELLE VARIE GRANDEZZE VENGONO CALCOLATI ESEGUENDO L'ANALISI IN FREQUENZA

SOFTWARE B

Software per la progettazione, la verifica ed il collaudo delle prestazioni acustiche degli edifici

BANCA DATI

Dettaglio struttura selezionata OPERAZIONI

Codice: STR.002 PARETE DOPPIA

Descrizione breve: Parete doppia in mattoni semipieni, intercapedine mm. 110

Descrizione estesa: Parete doppia costituita da due paramenti in mattoni semipieni con intercapedine d'aria di 110mm di spessore, intonacata su

Potere fonoisolante (valori indice e valore sperimentale)

Rw Potere fonoisolante: Non applicabile alle pareti doppie

Rw Potere fonoisolante: 63,34 dB = 20 · log (Mz) + 20 · log (d) - 10

Rw Potere fonoisolante: dB (Valore sperimentale)

Strato aggiuntivo (contropareti, controsoffitti o navimenti galleggianti) UNI 12354

Tipologia Controparete ... Ms Massa superficiale 9,00 kg/m²

Spessore strato: 90 mm s Rigidezza dinamica 1,23 MN/m²

Potere fonoisolante alle diverse frequenze (ottave e terzi d'ottava)

f (Hz)	R (dB)	f (Hz)	R (dB)
100	69,06	630	97,34
125	71,56	800	101,20
160	75,45	1000	104,81
200	78,99	1250	108,42
250	82,53	1600	112,44
315	86,22	2000	116,07
400	90,04	2500	119,71
500	93,92	3150	123,45

UNI EN ISO 717-1

Strato	Codice	STRATIGRAFIA (interno -> esterno)	Ms	Spessore
1	MAT.021	Intonaco di calce e gesso	21,000	15
2	MUR.007	Mattoni semipieni di laterizio, spessore 120 mm, ...	190,000	120
3	MAT.008	Ata in quieto a 253 K	0,143	110
4	MUR.007	Mattoni semipieni di laterizio, spessore 120 mm, ...	190,000	120
5	MAT.021	Intonaco di calce e gesso	21,000	15

422,143 390

Memorizzate sempre il valore indice IEN

Appendi Chiudi

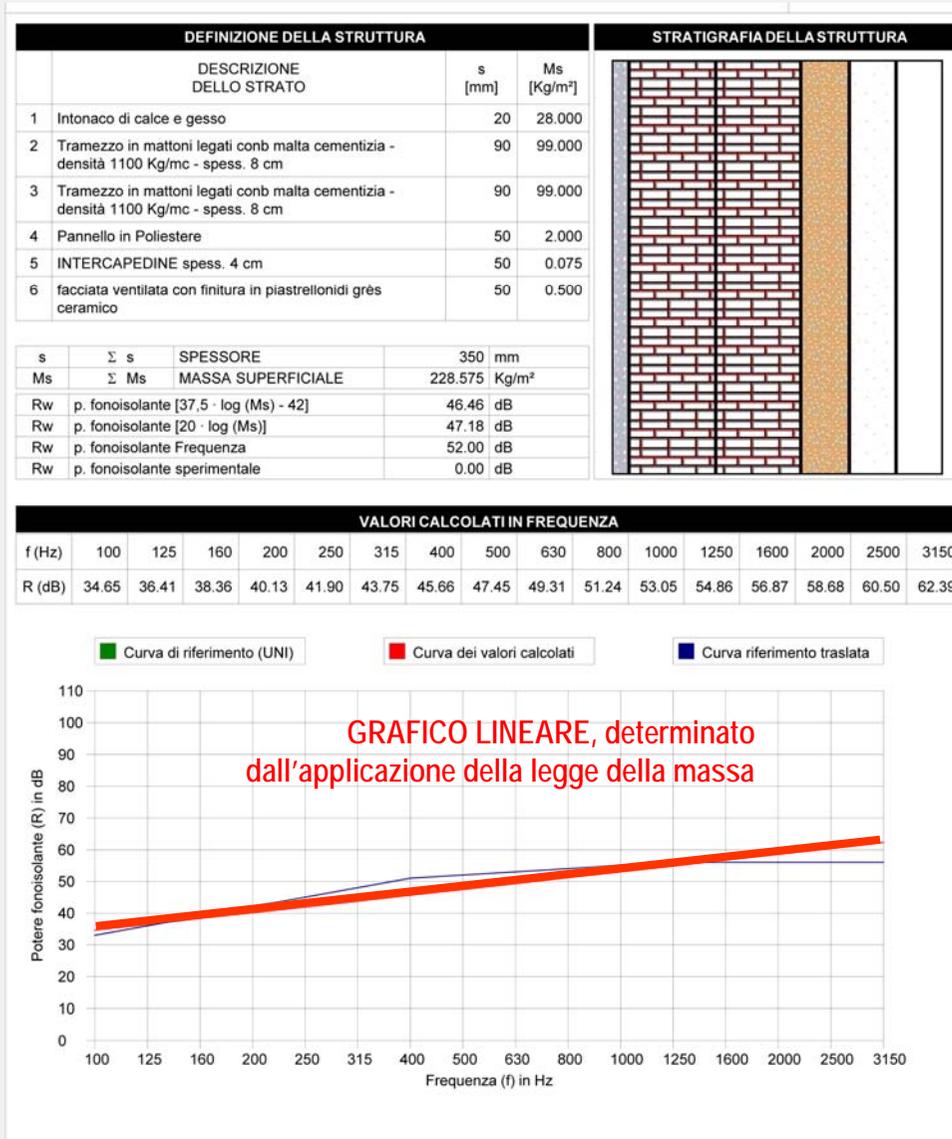
*DATI DI
IMMISSIONE:*

• massa superficiale

• spessore strato

*POSSIBILITA' DI
CREARE DIFFERENTI
STRATIGRAFIE*

SOFTWARE B



UTILIZZO DELLA “**LEGGE DELLA MASSA**” formula analitica che deriva dallo sviluppo teorico, a mezzo di alcune semplificazioni del potere fonoisolante di una partizione

•PARETE SEMPLICE MULTISTRATO
 $R_w = 20 \log(m')$ dB

•PARETE SEMPLICE MULTISTRATO
 $R_w = 20 \log(m') + 20 \log(d) - 10$ dB

m' = massa superficiale totale di tutta la parete misurata in kg/mq
 d = spessore dell'intercapedine misurata in cm

SOFTWARE B

SVANTAGGI:

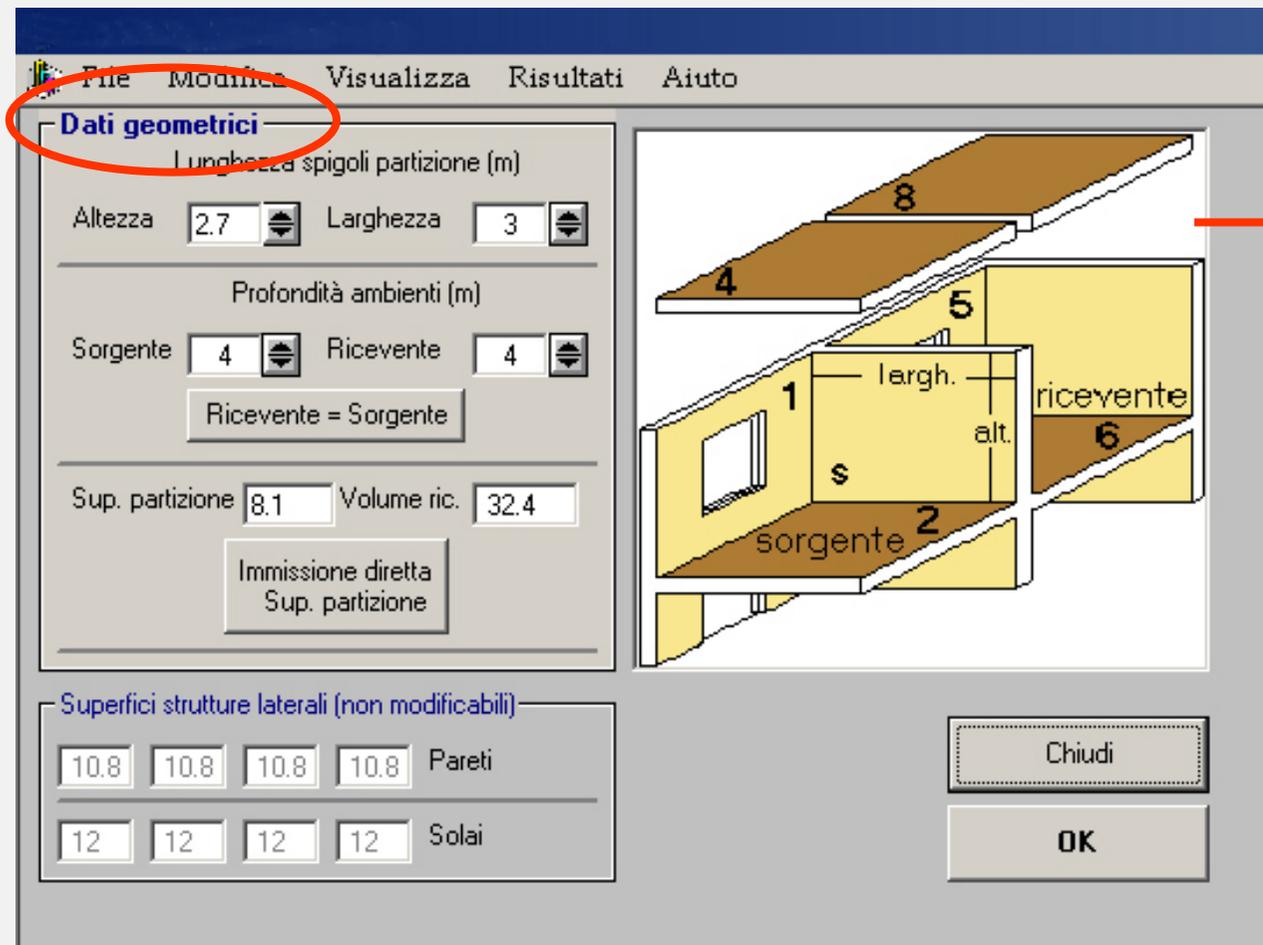
- GLI INDICI DI VALUTAZIONE DELLE VARIE GRANDEZZE VENGONO CALCOLATI SENZA ESEGUIRE L'ANALISI IN FREQUENZA, ATTRAVERSO FORMULE SPERIMENTALI CHE DETERMINANO NOTEVOLI SEMPLIFICAZIONI IN FASE DI PROGETTAZIONE
- BANCA DATI DI NON CERTA PROVENIENZA
NON VIENE FORNITA LA CERTIFICAZIONE RELATIVA AI SINGOLI PRODOTTI, NE DICHIARATO IL LABORATORIO CHE HA EFFETTUATO LA STESSA
- DEFINIZIONE RIGIDA DEGLI AMBIENTI, MANCA LA POSSIBILITA' DI RIPRODURRE AMBIENTI NON REGOLARI

VANTAGGI:

- SI PUO' CALCOLARE L'INDICE DI POTERE FONOISOLANTE DI PARETI COMPOSITE ED INCREMENTARE LA BANCA DATI DEL PROGRAMMA

SOFTWARE C

Software per la progettazione, la verifica ed il collaudo delle prestazioni acustiche degli edifici



*IMPOSSIBILITA' DI
CREARE
SIMULAZIONI DI
AMBIENTI NON
REGOLARI*

SOFTWARE C

*VIENE DICHIARATO IL
LABORATORIO CHE
HA EFFETTUATO LA
CERTIFICAZIONE*

"Parete in mattoni forati da 8 cm (8 x 25 x 25), a fori orizzontali, foratura 60 %, intonacata con malta M3 con spessore di 1,5 cm su ambo i lati."

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
32.4	29.7	29.3	30.6	33.2	35.1	36.9	39.3	40	40.8	42.7	44.9	45.9	46.9	47.8	49.7

Potere foncoisolante (dB)

m'	Rw	100	125	160	200	250	315	400	
s	136	42.5	32.4	29.7	29.3	30.6	33.2	35.1	36.9
1									
2									
3									
4									

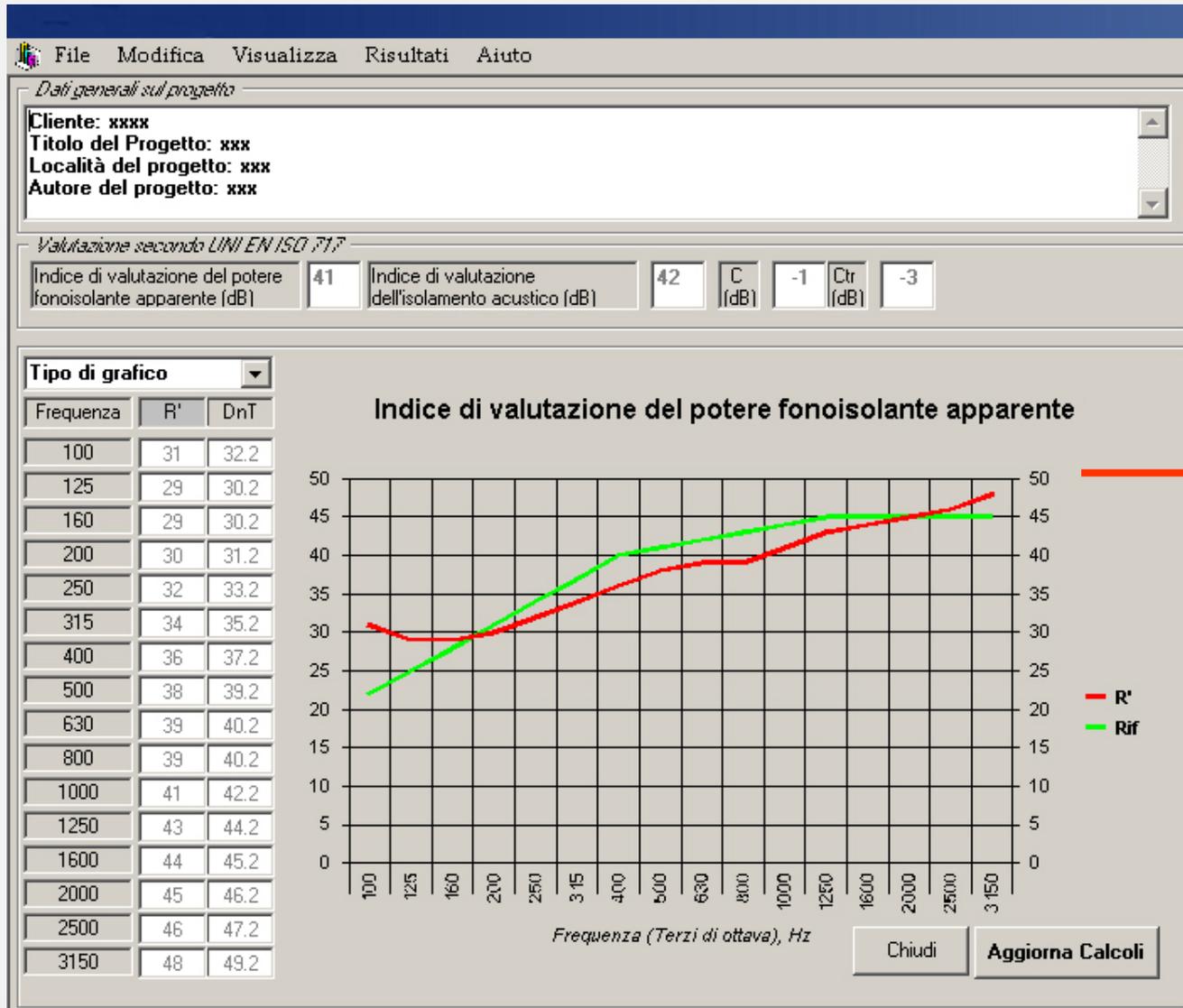
Pareti monostrato in laterizio
 Pareti multistrato in laterizio
 Pareti in cls all. ed in gesso
 Pareti in cartongesso
 Vetrate
 Pareti con aperture

Solai in laterocemento
 Solai in calcestruzzo

Stima teorica
Chiudi
OK

*BANCA DATI CHE
NON PUO' ESSERE
IMPLEMENTATA*

SOFTWARE C



*GRAFICO
DELL'INDICE DI
VALUTAZIONE
DEL POTERE
FONOISOLANTE
APPARENTE*

*I RISULTATI
SONO ESPRESSI
IN FUNZIONE
DELLA
FREQUENZA*

SOFTWARE C

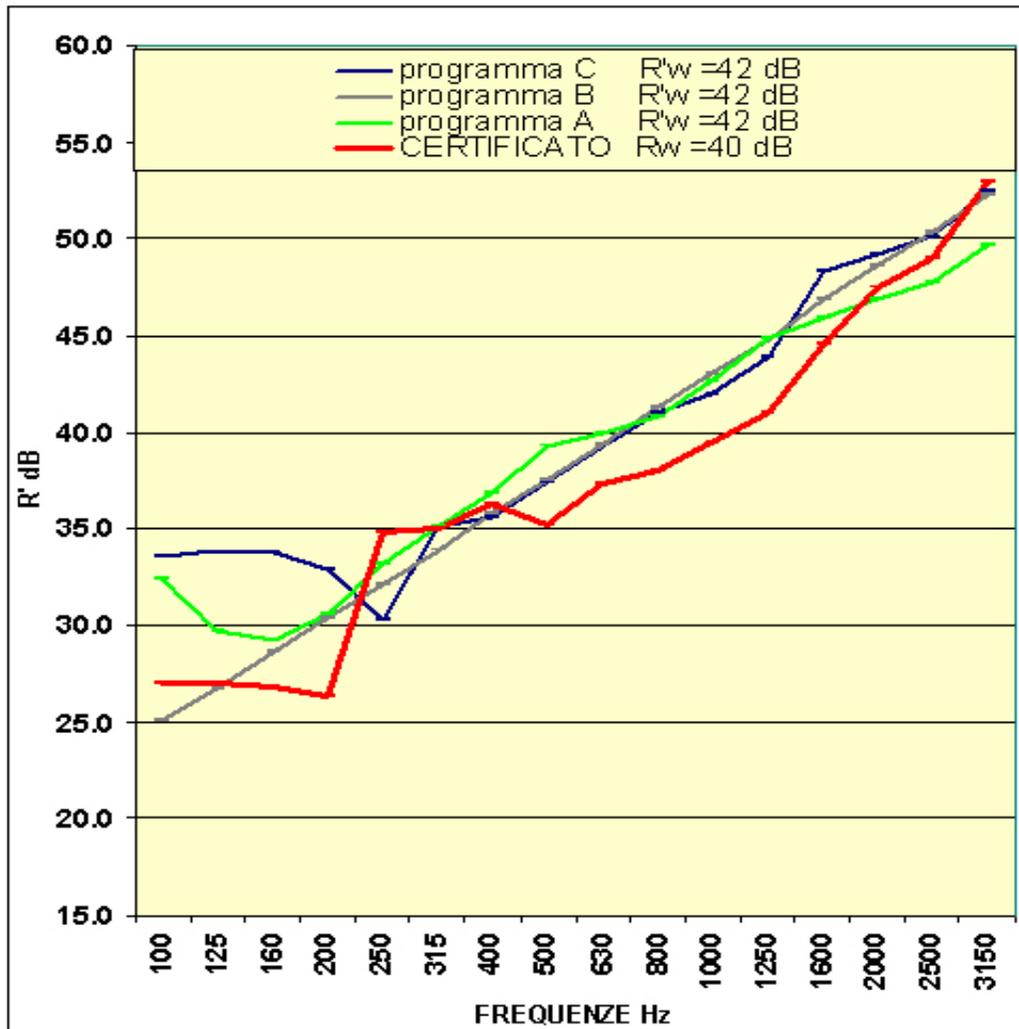
SVANTAGGI:

- LA BANCA DATI DEL PROGRAMMA NON E' PARTICOLARMENTE AMPIA E NON PUO' ESSERE IMPLEMENTATA
- DEFINIZIONE RIGIDA DEGLI AMBIENTI, MANCA LA POSSIBILITA' DI RIPRODURRE AMBIENTI NON REGOLARI
- SI PUO' CALCOLARE L'INDICE DI POTERE FONOISOLANTE DI PARETI COMPOSITE MA NON SI POSSONO SALVARE I DATI CALCOLATI
- NON VENGONO FORNITE INFORMAZIONI RIGUARDANTI I LABORATORI DOVE SONO STATE EFFETTUATE LE PROVE

VANTAGGI:

- GLI INDICI DI VALUTAZIONE DELLE VARIE GRANDEZZE VENGONO CALCOLATI ESEGUENDO L'ANALISI IN FREQUENZA

**CONFRONTO FRA I RISULTATI DEI VARI PROGRAMMI DI
CALCOLO RELATIVI AL POTERE FONOISOLANTE
APPARENTE DI UN DIVISORIO FRA DUE CAMERE
ED
IL POTERE FONOISOLANTE DESUNTO DA PROVE DI
LABORATORIO**



**PARETE IN MATTONI
FORATI INTONACATA DA
ENTRAMBI I LATI**

Spessore = 11 cm

Nei programmi è stato inserito il dato relativo alla parete provata in laboratorio. I risultati forniti dai programmi si discostano da quello della parete provata in laboratorio evidenziando una incongruenza in quanto il potere fonoisolante rilevato in laboratorio risulta inferiore al potere fonoisolante apparente calcolato con i programmi

ISOLAMENTO ACUSTICO STANDARDIZZATO DI FACCIATA

DPCM 5/12/97

Indice di valutazione $D_{2m,nT,w} > 40$ dB

- 1** D_{2m} Determinato in opera secondo ISO 140 - 5
- 2** $D_{2m,w}$ Determinato con il calcolo sui valori di D_{2m} secondo ISO 717 - 1
- 3** $D_{2m,nT}$ *Determinato in opera e normalizzato rispetto al tempo di riverberazione secondo ISO 140 - 5*
- 4** $D_{2m,nT,w}$ *Determinato con il calcolo sui valori di $D_{2m,nT}$ secondo ISO 717 - 1*

Si ricorda $D_{tr,2m}$ Metodo di misura dell'isolamento acustico di facciata che utilizza il rumore di traffico stradale

ISOLAMENTO DI FACCIATA O DEI SERRAMENTI ?

$$D_{2m,nT,W} = R'_W + \Delta L_{fs} + 10 \log [(V/6T_0 S)]$$

$D_{2m,nT,W}$ = *indice di isolamento acustico standardizzato di facciata rispetto al tempo di riverberazione*

R'_W = indice di valutazione del potere fonoisolante apparente della facciata che dipende dai singoli elementi che compongono la facciata: parete esterna, serramento con vetrocamera, prese d'aria o piccoli elementi in genere.

ΔL_{fs} = differenza del livello di pressione sonora per la forma della facciata

V = volume dell'ambiente ricevente in m^3

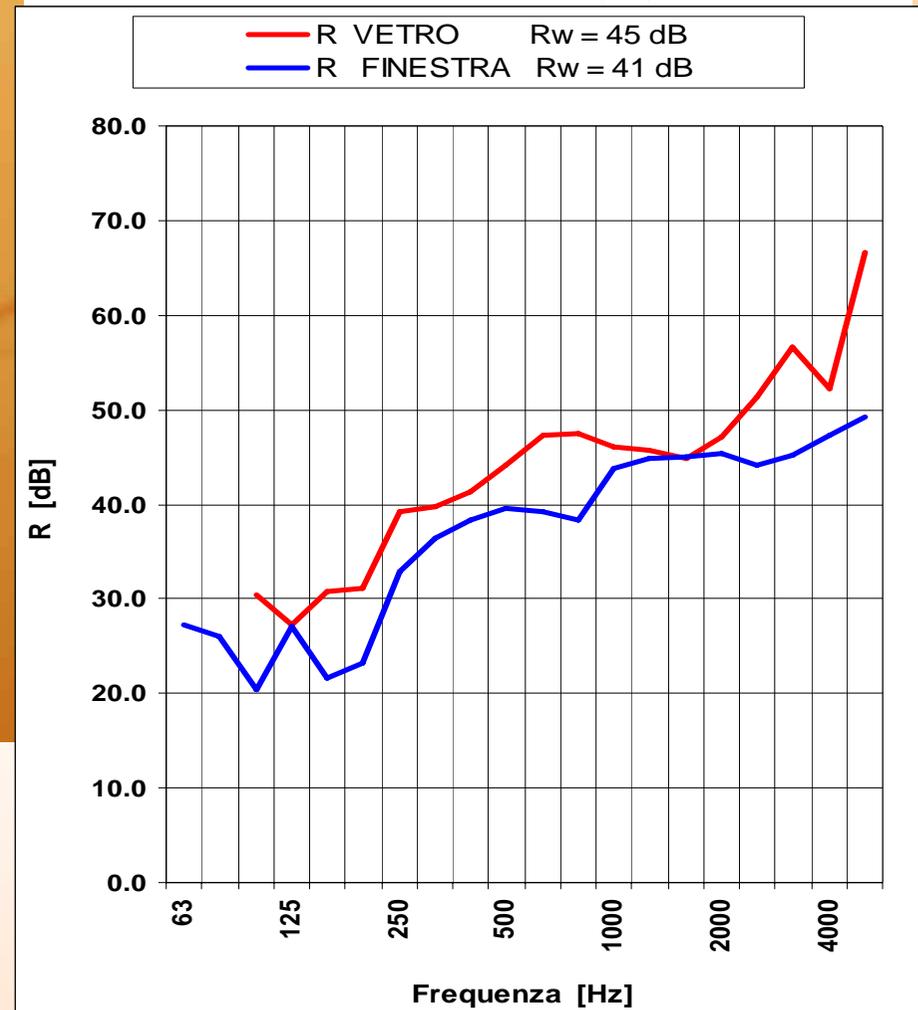
S = area totale facciata vista dall'interno in m^2

T_0 = tempo di riverberazione di riferimento (per abitazioni 0,5 s)

Misura del potere fonoisolante $R(f)$ di un elemento di facciata



Tipo di apertura oscillo battente in pino di Svezia lamellare, vetro stratificato 44.1(12)33.1



Indice di valutazione Finestra $R_w = 41$ dB

Indice di valutazione del Vetro $R_w = 45$ dB

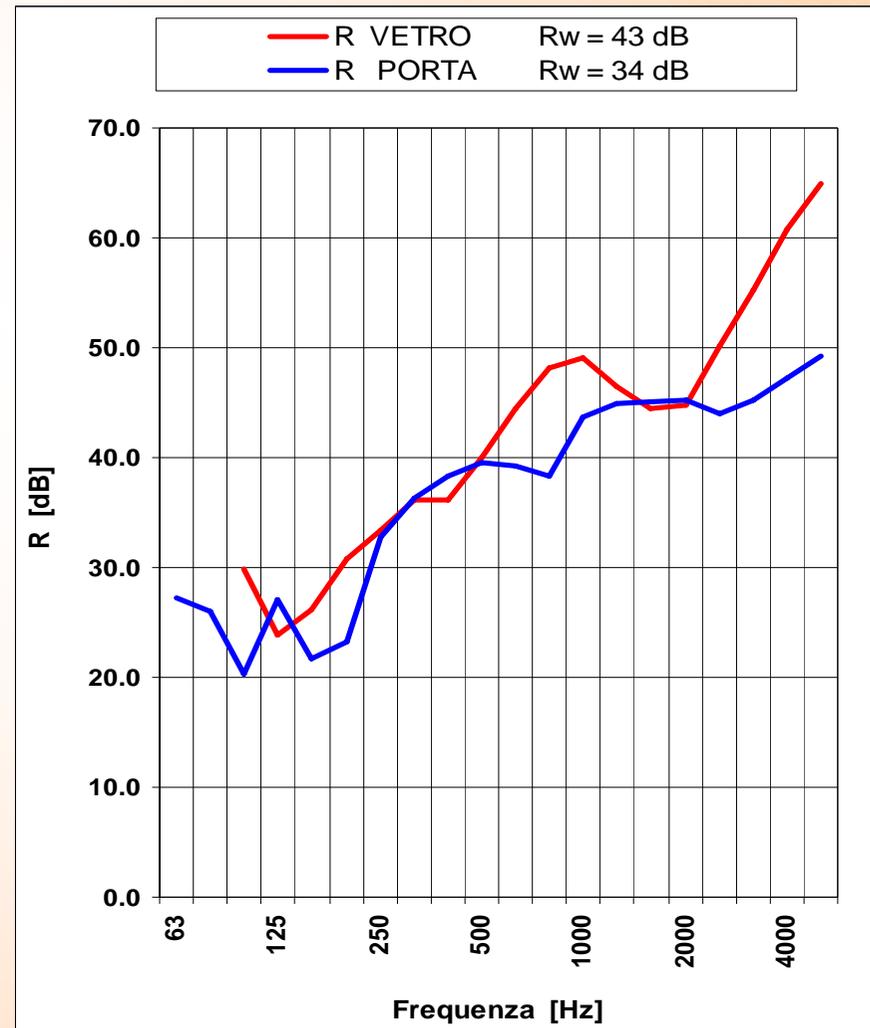
Misura del potere fonoisolante $R(f)$ di un elemento di facciata



Indici di valutazione porta $R_w = 34$ dB

Indici di valutazione vetro $R_w = 43$ dB

Tipo di apertura oscillo battente in pino di Svezia lamellare, vetro stratificato 44.1(12)8



Progetto delle opere e verifica dei requisiti acustici passivi degli edifici

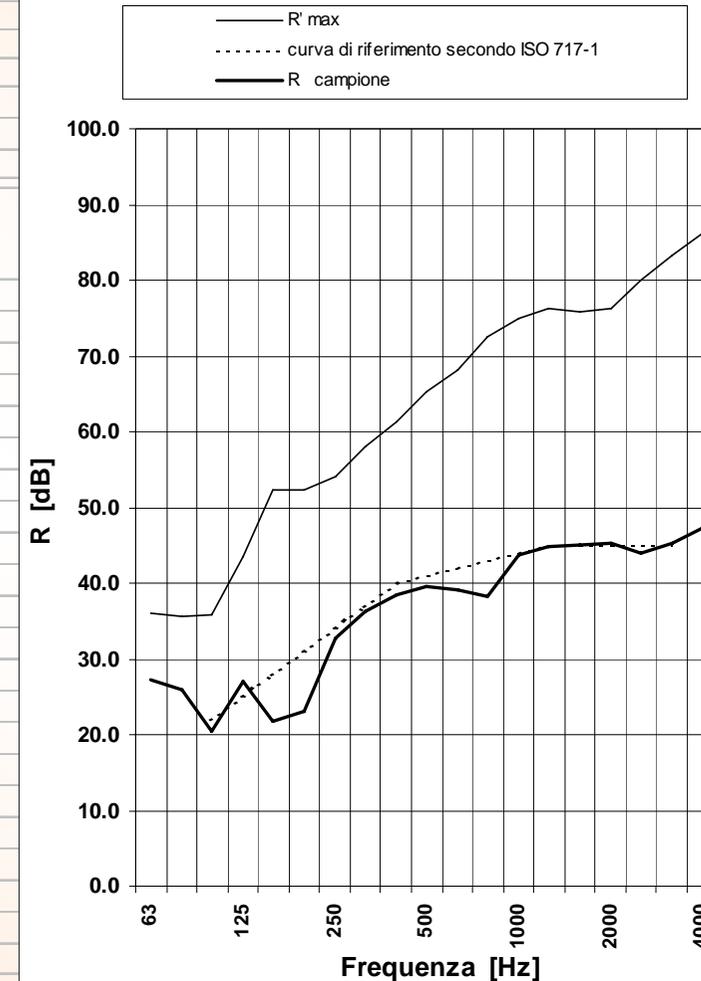
Tipo di apertura oscillo battente in pino di spezia lamellare, vetro stratificato 44.1(12)33.1

Camera 1 Trasmittente	Camera 2 Ricevente
Rilievo in senso DIRETTO	
Volume camera trasmittente VT =	85 m ³
Volume camera ricevente VR =	75 m ³
Differenza percentuale tra i volumi ΔV =	12.5 %
Larghezza finestra di prova L =	1.29 m
Altezza finestra di prova H =	1.49 m
Superficie massima del campione S =	1.92 m ²
Massa frontale della parete di rimpimento Mm =	380.00 kg/m ²

FINESTRA ACUSTICA

Cod. Prova 001R/06

Potere fonoisolante campione di prova



R' misurato	Diff R' max - R' mis	Frequenze	T20 Ricezione	Livello camera 1	Livello camera 2	R campione	ISO 717-1	R' max
17.8	10.1	50	0.68	58.4	30.9	18.3		27.9
26.7	9.4	63	0.78	68.8	33.0	27.3		36.1
25.5	10.0	80	0.91	78.0	44.1	25.9		35.5
20.3	15.5	100	1.12	91.7	63.9	20.3	22	35.8
27.1	16.5	125	1.62	96.0	63.1	27.1	25	43.6
21.7	30.6	160	1.61	100.8	73.2	21.7	28	52.3
23.2	29.2	200	1.64	102.1	73.1	23.2	31	52.4
32.8	21.1	250	1.55	101.6	62.7	32.8	34	54.0
36.3	21.7	315	1.52	102.1	59.6	36.3	37	58.0
38.4	22.9	400	1.45	101.1	56.3	38.4	40	61.3
39.5	25.8	500	1.48	100.7	54.9	39.5	41	65.3
39.2	29.0	630	1.40	100.3	54.6	39.2	42	68.1
38.3	34.1	800	1.24	100.3	55.0	38.3	43	72.4
43.7	31.2	1000	1.29	100.2	49.6	43.7	44	75.0
44.9	31.4	1250	1.25	99.5	47.6	44.9	45	76.3
45.0	30.8	1600	1.29	103.3	51.4	45.0	45	75.9
45.3	31.0	2000	1.32	107.6	55.6	45.3	45	76.3
44.1	35.9	2500	1.23	106.8	55.6	44.1	45	79.9
45.2	38.2	3150	1.16	106.7	54.2	45.2	45	83.4
47.3	38.9	4000	1.15	109.7	55.1	47.3		86.2
49.2	38.6	5000	1.14	107.2	50.6	49.2		87.8

R'w =	41 dB	C =	-3
		Ctr =	-7

R'_T Potere fonoisolante apparente relativo alla prova di un divisorio di elevate prestazioni (isolamento limite)

Confronto fra il potere fonoisolante di una porta e quello di una finestra

Indici di valutazione della Porta

$$R_w = 34 \text{ dB}$$

Indici di valutazione della Finestra

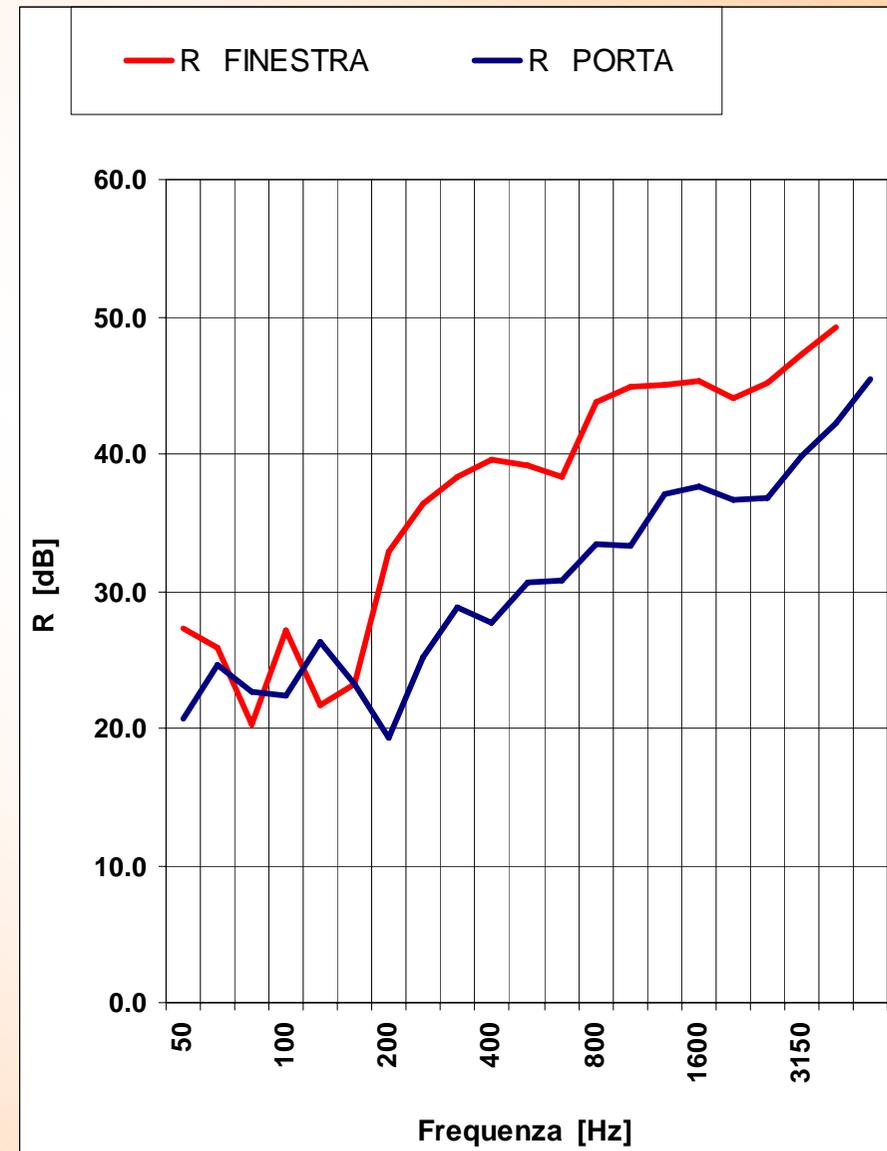
$$R_w = 41 \text{ dB}$$

Il calcolo dell'isolamento di facciata tiene conto del rapporto tra le superfici opache e quelle vetrate.

Si ottengono i seguenti valori:

$$D_{2m, nT} = 39 \text{ dB} \quad (\text{porta})$$

$$D_{2m, nT} = 46.6 \text{ dB} \quad (\text{finestra})$$



Le prestazioni dei serramenti

Serramento è prodotto complesso, in cui tutte le variabili (vetro, guarnizioni, punti di chiusura, spessore, ferramenta,....) incidono in maniera differente sulle prestazioni acustiche

Tenuta non adeguata può rendere inutile il montaggio di vetrate particolarmente isolanti

Importanza fondamentale di vetrocamera e classe elevata di permeabilità all'aria

Le prestazioni dei serramenti

Alcuni esempi testati in laboratorio

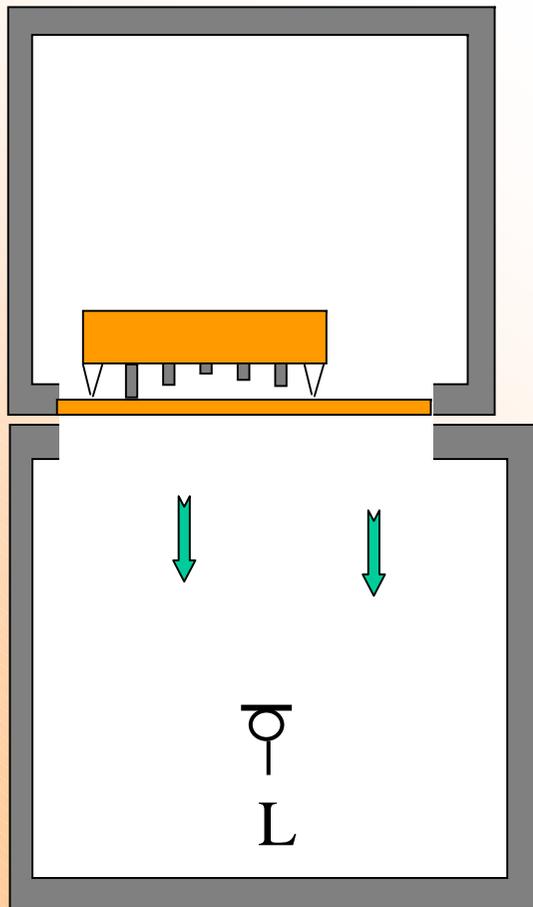
RW vetro (dB)	Spessori vetrocamera	Intercapedine (mm)	Spessore anta (mm)	Numero guarnizioni	RW finestra (dB)
30	4 – 4	12	58	2	33
35	33.1 – 4	9	58	1	36
36	44.1 – 4	9	58	2	37
40	55.2 – 4	6	58	2	39
42	55.1 – 33.1	12	65	2	40
44	55.2 – 44.2	15	68	2	42

LIVELLO DI RUMORE DI CALPESTIO DI SOLAI NORMALIZZATO DPCM 5/12/97

Indice di valutazione $L'_{n,w} < 63$ dB

- 1 $L(f)$ Determinato in laboratorio secondo ISO 140 - 6
- 2 L_w Determinato con il calcolo sui valori di $L(f)$ secondo ISO 717 - 2
- 3 $L'_n(f)$ Livello in opera normalizzato rispetto all'assorbimento acustico A e determinato secondo ISO 140 - 7
- 4 $L'_{n,w}$ Determinato con il calcolo sui valori di $L'_n(f)$ secondo ISO 717 - 2

La misura del Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico della camera ricevente avviene in laboratorio tra due camere riverberanti sovrapposte separate da un solaio ISO 140/1

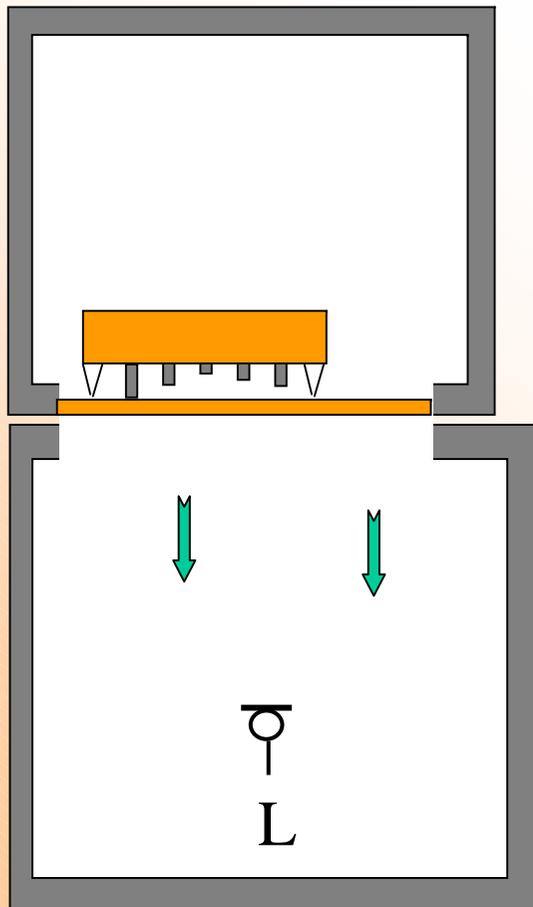


Requisiti fondamentali ISO 140-6:

- la trasmissione laterale del suono sia ridotta al minimo.
- Il livello sonoro nella camera ricevente deve essere integrato nello spazio e nel tempo

E' buona norma che il laboratorio di prove sia accreditato

Misurazione in laboratorio della riduzione del rumore di calpestio trasmessi da rivestimenti di pavimentazioni su un solaio pesante normalizzato ISO 140/7



Requisiti fondamentali ISO 140-7:

- **la trasmissione laterale del suono sia ridotta al minimo.**
- **Il solaio di prova normalizzato è costituito da un getto di calcestruzzo armato di spessore 140 mm omogeneo e di spessore uniforme**

Si determina:

- Livello di pressione sonora da calpestio normalizzato
- Attenuazione del livello di pressione sonora da calpestio.

La misura del livello di rumore di calpestio in laboratorio (Anno 1972 IEN).



**La preparazione del
campione da provare
sul solaio di riferimento
che separa le due
camere riverberanti
sovrapposte.**

**Il sottofondo per pavimenti, fornito in rotoli, viene steso sul solaio di
prova secondo le indicazioni del richiedente la misura**

La misura del livello di rumore di calpestio in laboratorio (Anno 1972 IEN).



**La preparazione del
campione da provare
sul solaio di
riferimento.**

**Si completa il getto del massetto di ripartizione dei carichi sul
materassino in prova**

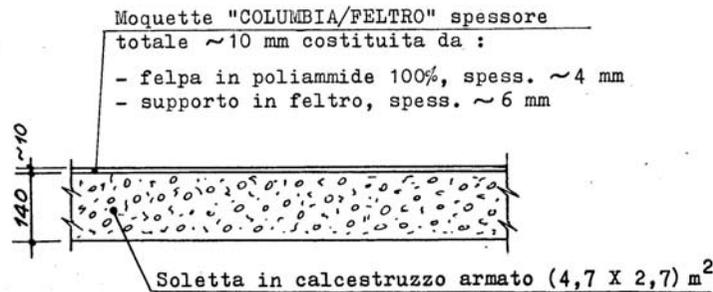
La misura del livello di rumore di calpestio in laboratorio (Anno 1972 IEN).



**Il campione da provare
(sottofondo) è posto
sotto il massetto di
ripartizione dei carichi
stagionato per circa
un mese.**

**Il livello di pressione sonora nella camera riverberante sottostante L1
è rilevato da un microfono posto su asta rotante per effettuare una
integrazione spazio - temporale .**

La certificazione del Livello di rumore di calpestio



Superficie : 1,5 m² (suddivisa in 3 campioni)
Volume dell'ambiente di ascolto : ~170 m³

Macchina funzionante con martelli di acciaio

Filtro di misura : 1/3 ottava

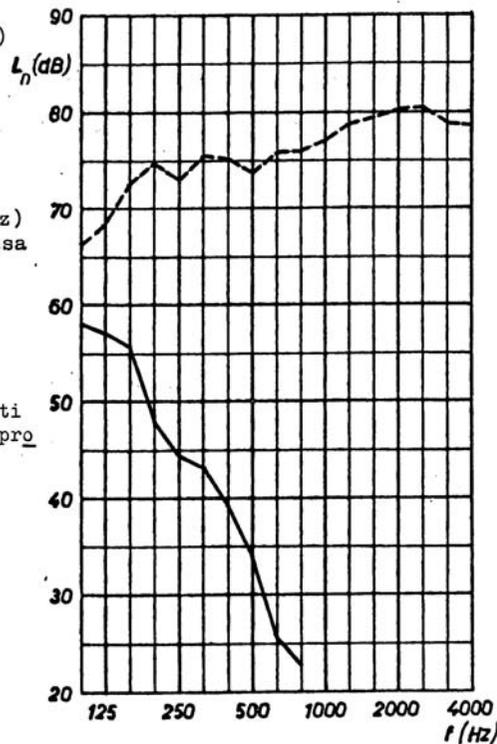
Indice di valutazione (a 500 Hz) calcolato nella banda compresa tra 125 e 4000 Hz :

--- 91,5 dB Soletta nuda
— 47 dB Materiale in esame

Osservazioni :
I campioni in esame sono stati appoggiati sulla soletta di prova senza l'uso di collante.

Quando la misura viene eseguita con filtri di banda di 1/3 d'ottava, i risultati sono corretti con l'aggiunta di 4,7 dB per farli corrispondere a livelli per bande d'ottava (ISO).

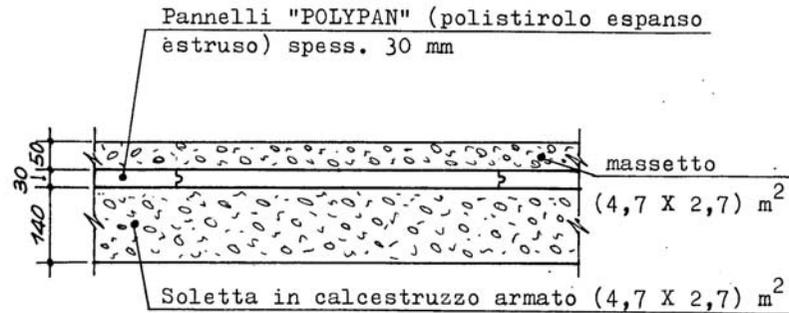
E' stata apportata la correzione dovuta all'assorbimento dell'ambiente di ascolto.



MOQUETTE SU PAVIMENTO

Le curve si riferiscono allo spettro di rumore della macchina di calpestio su solaio nudo e su solaio sulla quale è posata la moquette.

Progetto delle opere e verifica dei requisiti acustici passivi degli edifici



Superficie : 12,7 m²

Volume dell'ambiente di ascolto : ~170 m³

Macchina funzionante con martelli di acciaio

Filtro di misura : 1/3 ottava

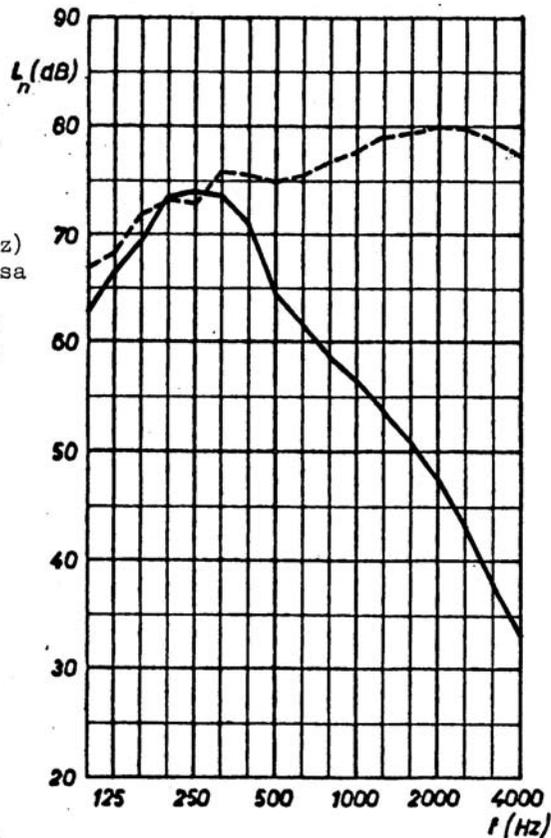
Indice di valutazione (a 500 Hz) calcolato nella banda compresa tra 125 e 4000 Hz:

--- 90,5 dB Soletta nuda
— 64,5 dB Materiale in esame

Osservazioni :

Quando la misura viene eseguita con filtri di banda di 1/3 d'ottava, i risultati sono corretti con l'aggiunta di 4,7 dB per farli corrispondere a livelli per bande d'ottava (ISO).

E' stata apportata la correzione dovuta all'assorbimento dell'ambiente di ascolto.



La certificazione del Livello di rumore di calpestio

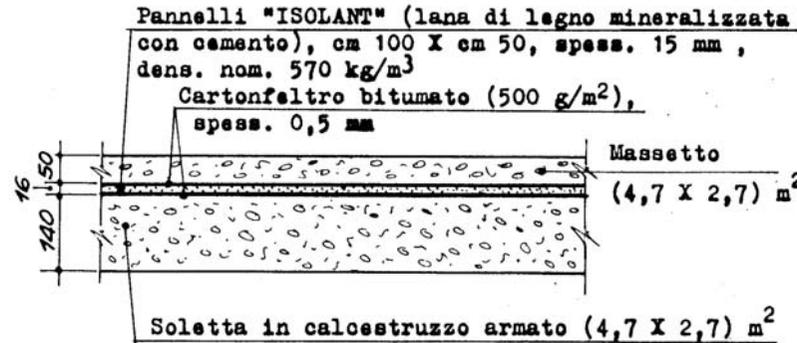
SOTTOFONDO PER PAVIMENTO

Le curve si riferiscono allo spettro di rumore della macchina di calpestio su solaio nudo e su solaio sul quale è posato il campione in prova ed il relativo massetto di ripartizione dei carichi.

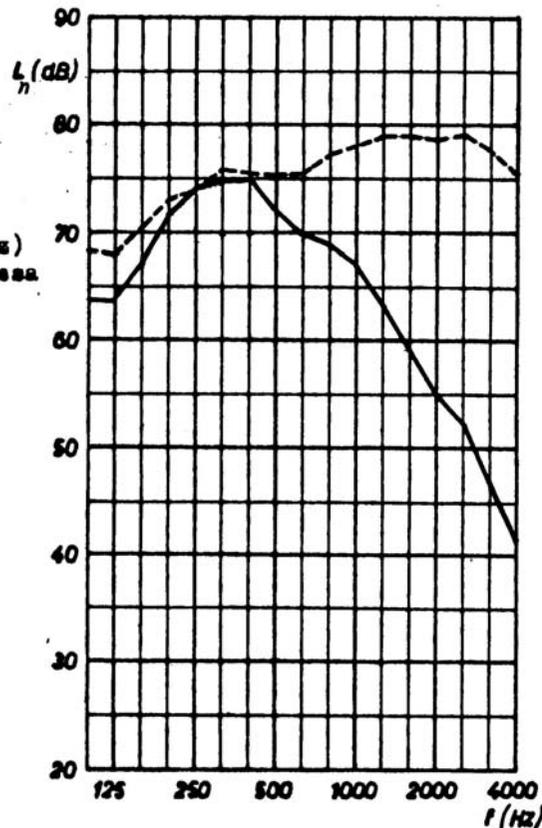
Progetto delle opere e verifica dei requisiti acustici passivi degli edifici

La certificazione del Livello di rumore di calpestio

SOTTOFONDO PER PAVIMENTO



Superficie : 12,7 m²
Volume dell'ambiente di ascolto : ~170 m³
Macchina funzionante con martelli di acciaio
Filtro di misure : 1/3ottava
Indice di valutazione (a 500 Hz) calcolato nella banda compresa tra 125 e 4000 Hz :
--- 88,5 dB Soletta nuda
— 68 dB Materiale in esame
Osservazioni :



Quando la misura viene eseguita con filtri di banda di 1/3 d'ottava, i risultati sono corretti con l'aggiunta di 4,7 dB per farli corrispondere a livelli per bande d'ottava (ISO).

E' stata apportata la correzione dovuta all'assorbimento dell'ambiente di ascolto.

Le curve si riferiscono allo spettro di rumore della macchina di calpestio su solaio nudo e su solaio sul quale è posato il campione in prova ed il relativo massetto di ripartizione dei carichi.

Progetto delle opere e verifica dei requisiti acustici passivi degli edifici

La certificazione del Livello di rumore di calpestio

SOTTOFONDO PER PAVIMENTO



Superficie : 12,7 m²

Volume dell'ambiente di ascolto : 176 m³

Macchina funzionante con martelli di acciaio

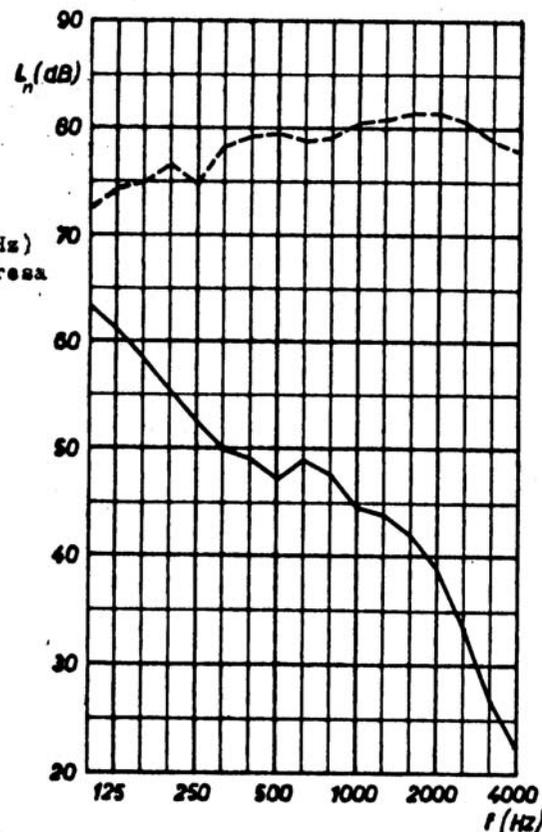
Filtro di misura : 1/3 ottava

Indice di valutazione (a 500 Hz) calcolato nella banda compresa tra 125 e 4000 Hz :

--- 91 dB Soletta nuda

— 51 dB Materiale in esame

Osservazioni :

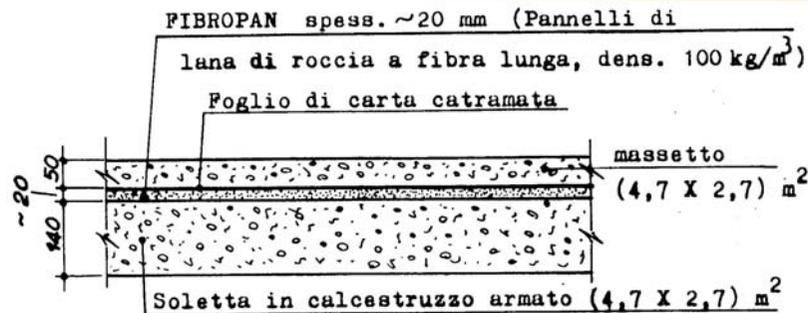


Quando la misura viene eseguita con filtri di banda di 1/3 d'ottava, i risultati sono corretti con l'aggiunta di 4,7 dB per farli corrispondere a livelli per banda d'ottava (ISO).

E' stata apportata la correzione dovuta all'assorbimento dell'ambiente di ascolto.

Le curve si riferiscono allo spettro di rumore della macchina di calpestio su solaio nudo e su solaio sul quale è posato il campione in prova ed il relativo massetto di ripartizione dei carichi.

Progetto delle opere e verifica dei requisiti acustici passivi degli edifici



Superficie : 12,7 m²

Volume dell'ambiente di ascolto : 176 m³

Macchina funzionante con martelli di acciaio

Filtro di misure : 1/3 ottava

Indice di valutazione (a 500 Hz) calcolato nella banda compresa tra 125 + 4000 Hz :

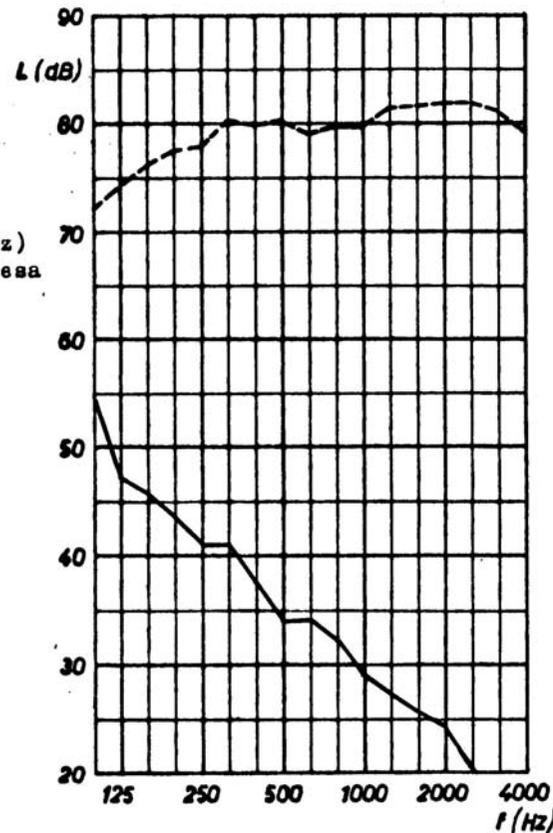
-----92 dB Soletta nuda

———37,5 dB Materiale in esame

Osservazioni :

Quando la misura viene eseguita con filtri di banda di 1/3 d'ottava, i risultati sono corretti con l'aggiunta di 4,7 dB per farli corrispondere a livelli per bande d'ottava (ISO).

E' stata apportata la correzione dovuta all'assorbimento dell'ambiente di ascolto.



La certificazione del Livello di rumore di calpestio

SOTTOFONDO PER PAVIMENTO

Le curve si riferiscono allo spettro di rumore della macchina di calpestio su solaio nudo e su solaio sul quale è posato il campione in prova ed il relativo massetto di ripartizione dei carichi.

La garanzia offerta dalla corretta valutazione dell'incertezza di cui è affetto il calcolo previsionale

→ **1**

Incetezza associata alla misura in laboratorio del componente edilizio (ISO 140-2) Il risultato della prova deve essere accompagnato dalla dichiarazione dell'intervallo di confidenza entro il quale si colloca il valore stimato con determinata probabilità (fissata normalmente al livello di incetezza del 95%).

La qualificazione del laboratorio di prova UNI CEI EN ISO/IEC 17025

→ **2**

Per incetezza della previsione ci si riferisce alla propagazione dell'incetezza dei dati d'ingresso nel codice di calcolo utilizzato per raggiungere il risultato della previsione.

→ **3**

Per errore della previsione è da considerarsi l'effetto delle semplificazioni adottate dalle normative per stabilire un codice di calcolo previsionale delle prestazioni acustiche degli elementi edilizi e dell'insieme costruito

Dichiarazioni di incertezza fornite delle norme UNI EN 12354.

Norma	Argomento della norma	Modello dettagliato	Modello semplificato
UNI EN 12354-1	Isolamento acustico per via aerea tra ambienti	1,5 ÷ 2,5 dB	2 dB
UNI EN 12354-2	Isolamento acustico al calpestio tra ambienti	2 dB	2 ÷ 4 dB
UNI EN 12354-3	Isolamento dai rumore provenienti dall'esterno	1,5 dB	