



Analisi delle performance acustiche negli edifici in legno

Dr. Ing. Luca Barbaresi

Università di Bologna - Dipartimento di Ingegneria Industriale

01/04/2021

Premessa



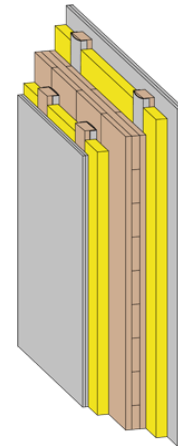
Utilizzo di pareti prefabbricate complete di serramenti



Telaio strutturale in legno lamellare con tamponamenti in pannelli di legno multistrato



Allestimento delle reti impiantistiche in laboratorio



Premessa

Le fasi della progettazione di un edificio

1° fase

Progettazione architettonica

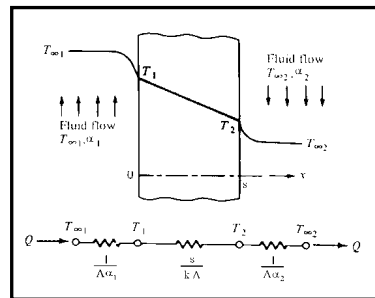
2° fase

Progettazione strutturale

3° fase

Progettazione e dimensionamento termico delle partizioni

(Strati di materiale disposti in serie – calcolo della trasmittanza – legge di Fourier...)



$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$U = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_{se} + R_{muro} + R_{si}} = \frac{q}{T_i - T_e}$$

Premessa

Le fasi della progettazione di un edificio

4° fase

Progettazione e dimensionamento degli impianti tecnici

.....

n° fase

Verifica delle proprietà acustiche di partizioni ottimizzate per altri scopi
 (strutturale, termico, ecc.)

$$R = -10 \lg \tau$$

$$\tau = \left(\frac{2\rho_0 c_0}{2\pi f m'} \right)^2 \frac{\pi f_c \sigma^2}{2f \eta_{\text{tot}}} \quad f > f_c$$

$$\tau = \left(\frac{2\rho_0 c_0}{2\pi f m'} \right)^2 \frac{\pi \sigma^2}{2\eta_{\text{tot}}} \quad f \approx f_c$$

$$\tau = \left(\frac{2\rho_0 c_0}{2\pi f m'} \right)^2 \left(2\sigma_f + \frac{(l_1 + l_2)^2}{l_1^2 + l_2^2} \sqrt{\frac{f_c}{f}} \frac{\sigma^2}{\eta_{\text{tot}}} \right) \quad f < f_c$$

Premessa

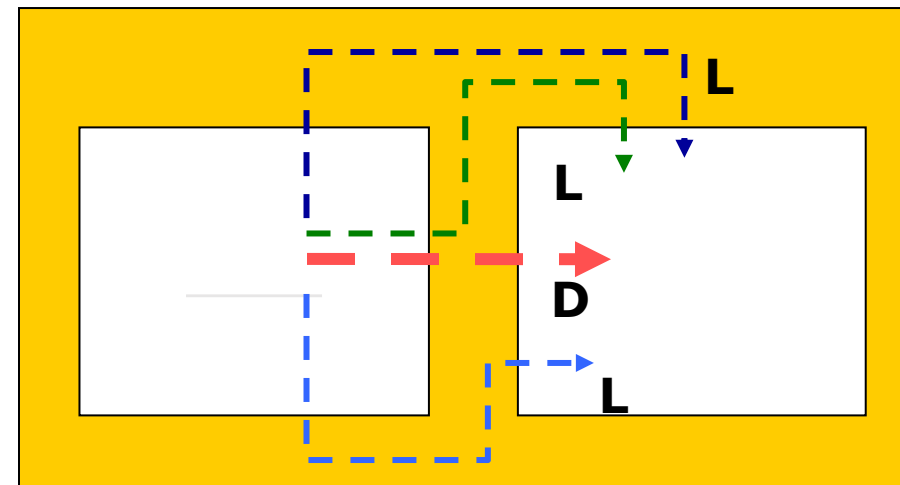
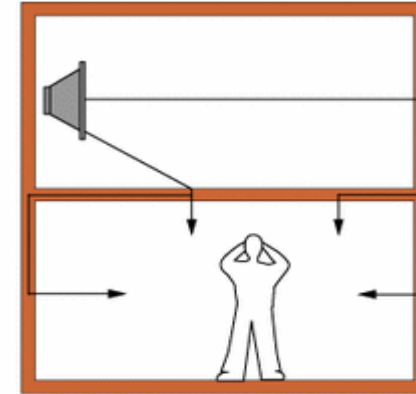
La prestazione acustica in laboratorio di una partizione è caratterizzata dalla sola trasmissione diretta (D) e viene espressa dal **potere fonoisolante (R)** :

$$R = -10 \lg \frac{W_t}{W_i} \quad (dB)$$

La prestazione acustica in opera della partizione è caratterizzata dalla trasmissione diretta (D) + quella laterale (L) e viene espressa dal **potere fonoisolante apparente (R')** :

$$R' = -10 \lg \frac{W_t + W_f}{W_i} \quad (dB)$$

W_f = potenza trasmessa per via laterale



UNI EN ISO 12354

Potere fonoisolante apparente – Modello CEN

Il calcolo del *potere fonoisolante apparente* (R') implica l'analisi della trasmissione sonora attraverso le strutture laterali e non solo quindi, della trasmissione diretta attraverso una partizione.
 R' può essere ricavato attraverso modelli numerici.



Modello CEN



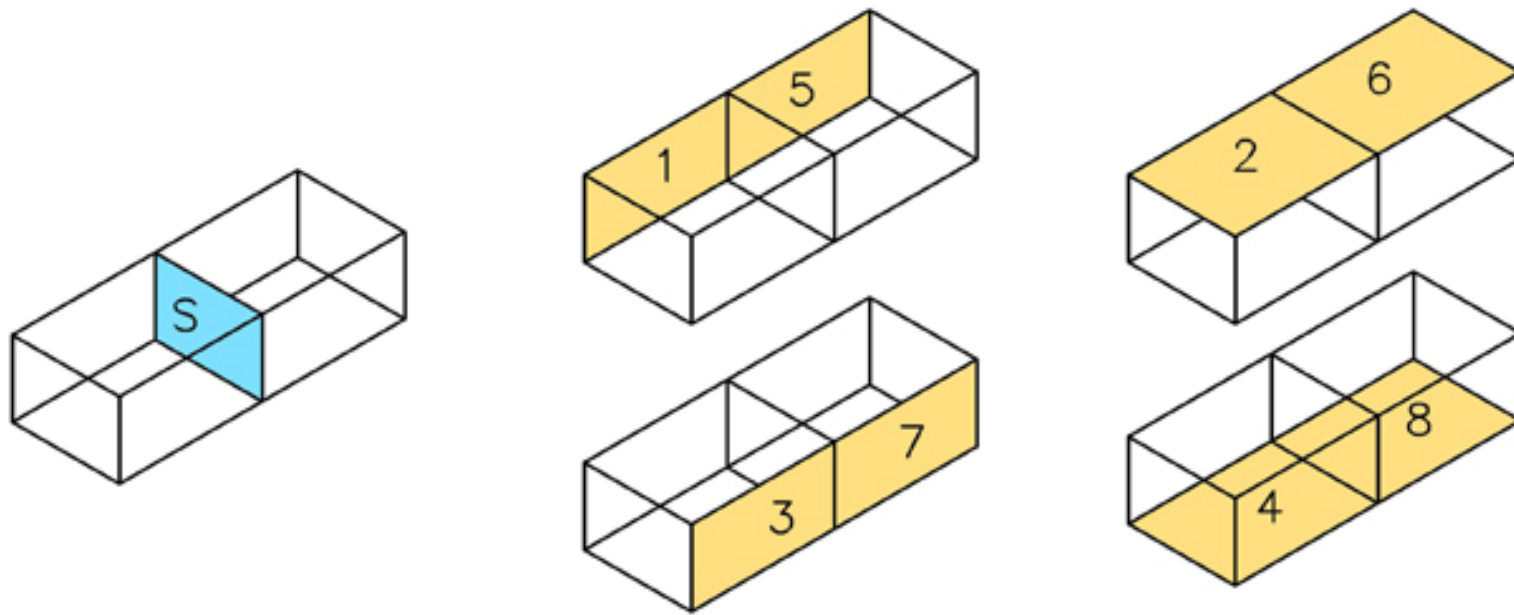
Norma UNI EN ISO 12354-1
Acustica in edilizia

Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti

UNI EN ISO 12354

Dati di ingresso

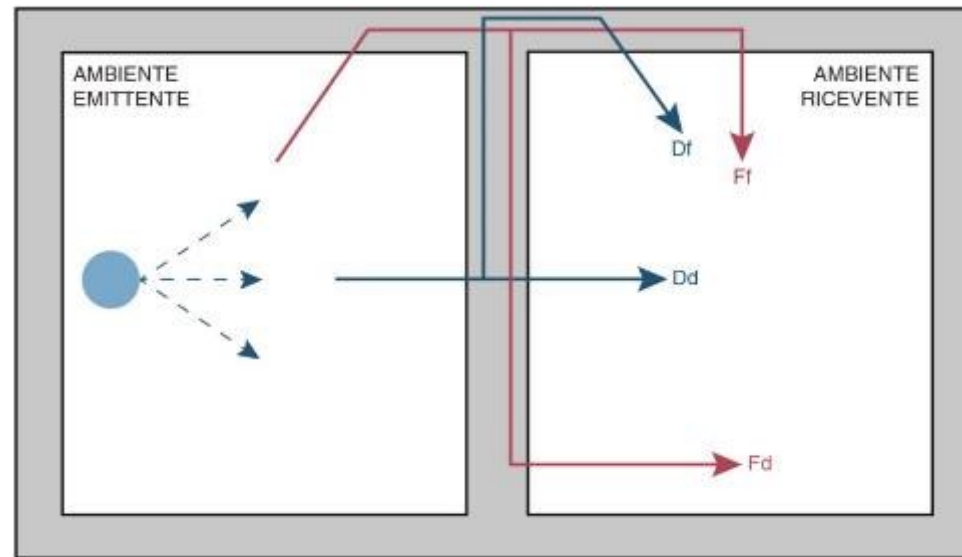
Schema delle strutture edilizie considerate per il calcolo del potere fonoisolante apparente e per la determinazione del contributo della trasmissione laterale



UNI EN ISO 12354

PARTE 1: Isolamento dal rumore aereo tra ambienti

Potere fonoisolante apparente **R'**



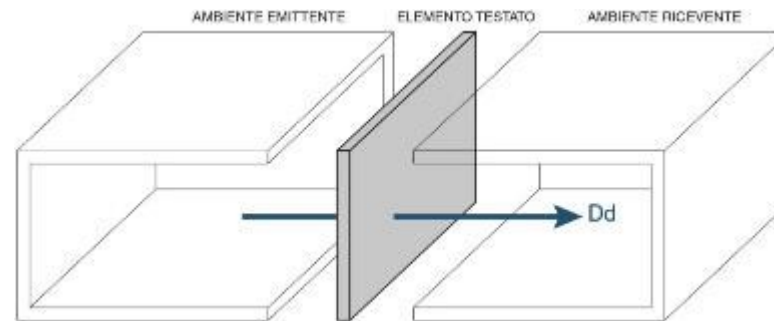
$$R' = -10 \lg \left(10^{-\frac{R_{D,d}}{10}} + \sum_{j=1}^n 10^{-\frac{R_{ij}}{10}} \right)$$

UNI EN ISO 12354

PARTE 1: Isolamento dal rumore aereo tra ambienti

TRASMISSIONE DIRETTA

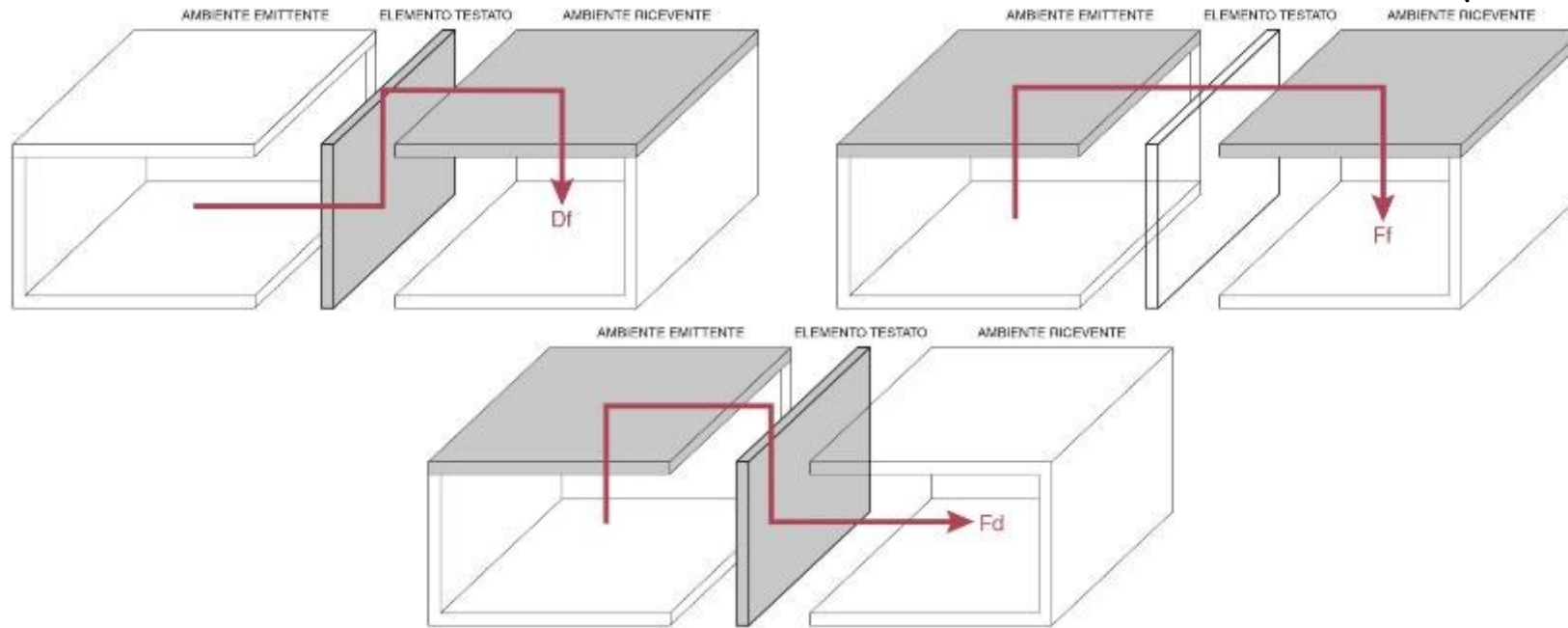
$$R_{D,d} = R_{s,situ} + \Delta R_{D,situ} + \Delta R_{d,situ}$$



UNI EN ISO 12354

TRASMISSIONE LATERALE

$$R_{ij} = \frac{R_{i,situ} + R_{j,situ}}{2} + \Delta R_{i,situ} + \Delta R_{j,situ} + \boxed{D_{v,ij,situ}} + 10 \lg \frac{S_s}{\sqrt{S_i S_j}}$$



UNI EN ISO 12354

$\overline{D_{v,ij,situ}}$: isolamento medio di vibrazioni del giunto nell'effettiva situazione in opera

Strutture di tipo A: Indice di riduzione delle vibrazioni K_{ij}

$$\overline{D_{v,ij,situ}} = K_{ij} - 10 \lg \left(\frac{l_{ij}}{\sqrt{a_{i,situ} a_{j,situ}}} \right) \left[\begin{array}{l} a_{i,situ} = \frac{2,2\pi^2 S_i}{c_0 T_{s,i,situ}} \sqrt{\frac{f_{ref}}{f}} \\ a_{j,situ} = \frac{2,2\pi^2 S_j}{c_0 T_{s,j,situ}} \sqrt{\frac{f_{ref}}{f}} \end{array} \right.$$

UNI EN ISO 12354

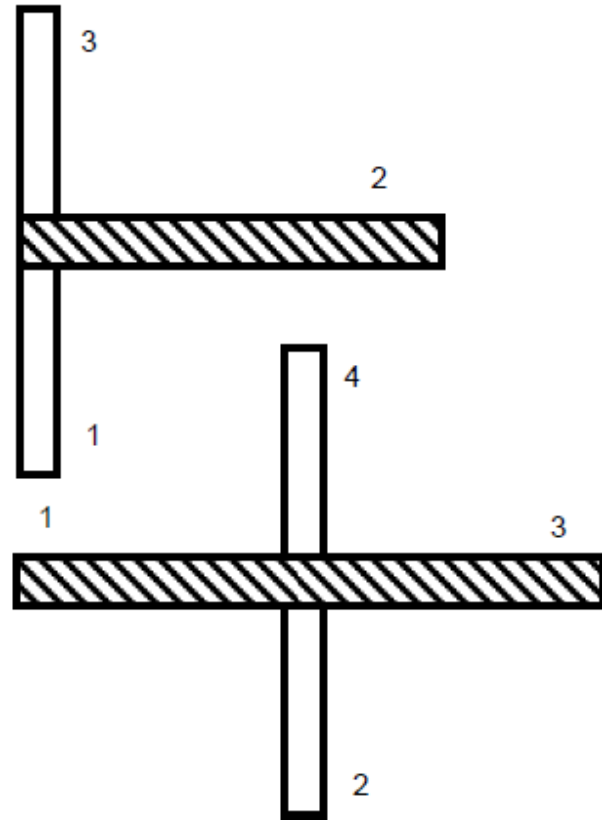
$\overline{D_{v,ij,situ}}$: isolamento medio di vibrazioni del giunto nell'effettiva situazione in opera

Strutture di tipo B: Isolamento medio normalizzato di vibrazioni
 $\overline{D_{v,ij,n}}$

$$\overline{D_{v,ij,situ}} = \overline{D_{v,ij,n}} - 10 \lg \left(\frac{l_{0ij}}{\sqrt{S_{i,situ} S_{j,situ}}} \right)$$

UNI EN ISO 12354

Appendice F: Strutture leggere



$$K_{13} = 22 + 3.3 \lg(f/f_k)$$

$$K_{23} = 15 + 3.3 \lg(f/f_k)$$

$$f_k = 500 \text{ Hz (slope: 1dB/oct.)}$$

$$K_{13} = 10 - 3.3 \lg(f/f_k) + 10 \text{ M}$$

$$K_{24} = 23 + 3.3 \lg(f/f_k)$$

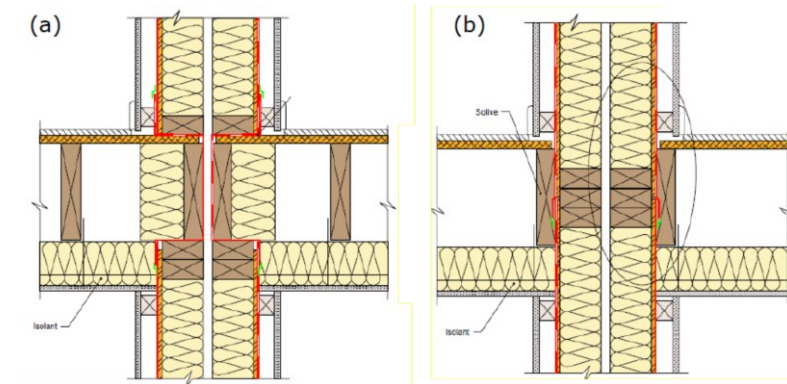
$$K_{14} = 18 + 3.3 \lg(f/f_k)$$

$$f_k = 500 \text{ Hz}$$

UNI EN ISO 12354

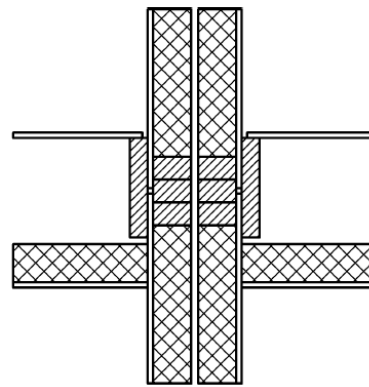
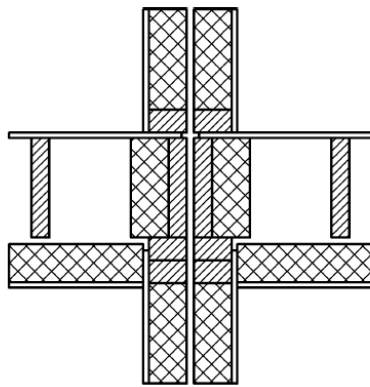
Appendice F: Strutture leggere

Per questo tipo di elementi, la massa per unità di area è in generale non troppo differente tra gli elementi, quindi la sua influenza è stata trascurata. Questi elementi sono altamente attenuati e i giunti possono pertanto essere caratterizzati dall'isolamento medio di vibrazioni del giunto normalizzato $D_{v,ij,n}$.



UNI EN ISO 12354

Appendice F: Strutture leggere



$$\overline{D}_{v,ij,n} = 38 + 13,3 \lg(f / f_k) \quad (\text{slope: 4 dB/oct.})$$

$$\overline{D}_{v,13,n} = 36 + 3,3 \lg(f / f_k) \quad (\text{slope: 1 dB/oct.})$$

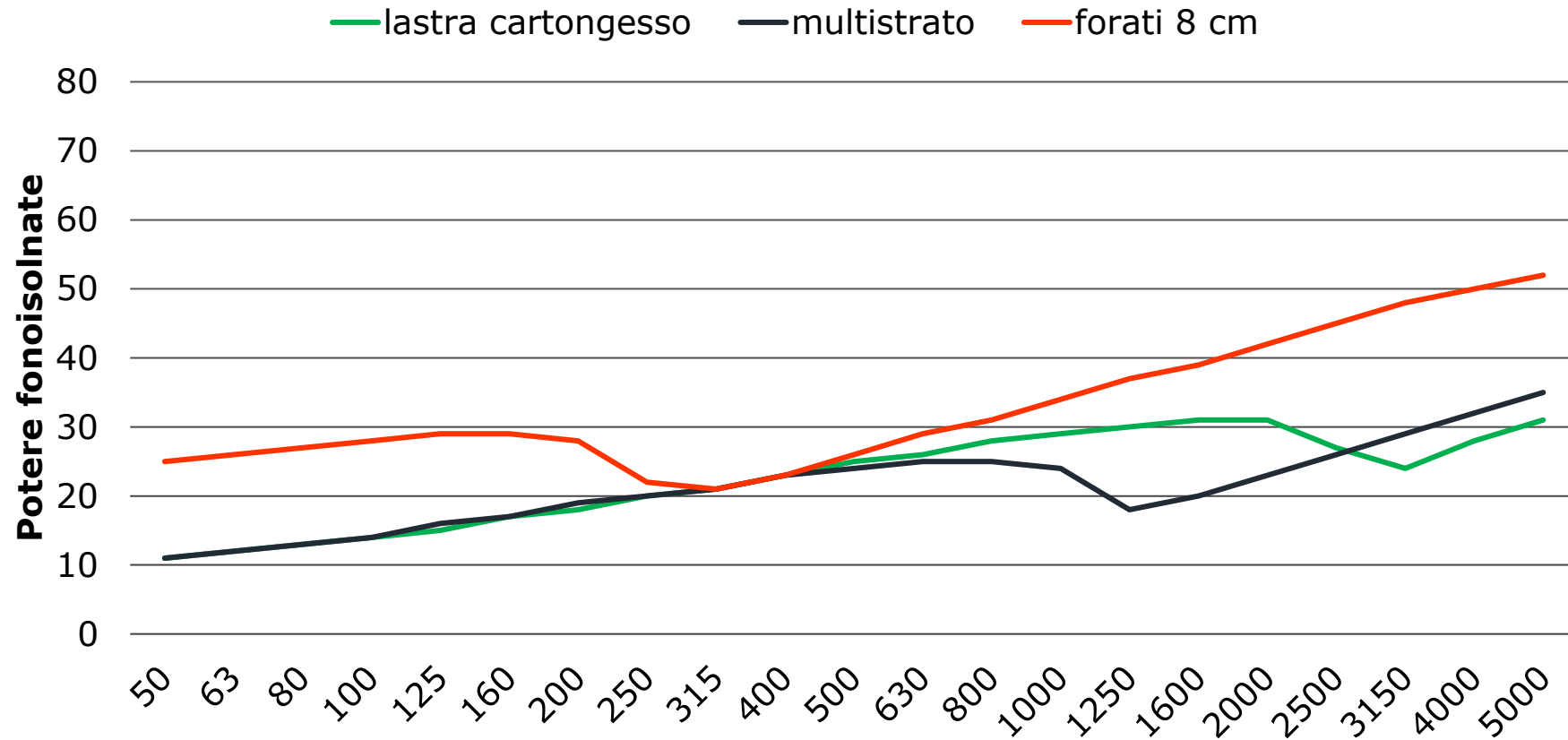
$$\overline{D}_{v,12,n} = 18 + 3,3 \lg(f / f_k)$$

$$\overline{D}_{v,24,n} = 22 + 3,3 \lg(f / f_k)$$

Inserimento dei giunti per strutture a telaio leggere in legno con l'utilizzo della media delle differenze dei livelli di velocità di vibrazione normalizzata $\overline{D}_{v,ij,n}$.

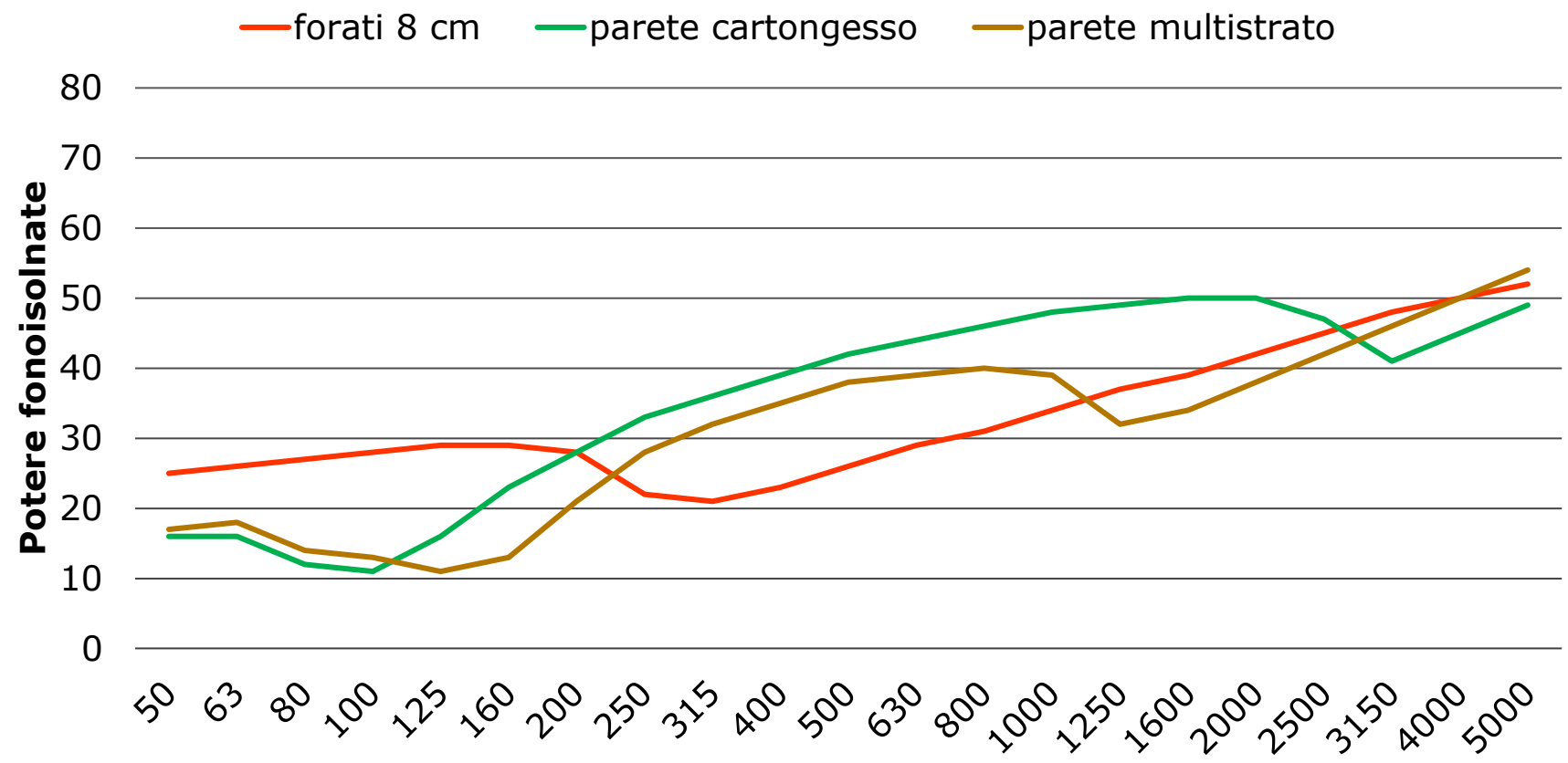
Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni di uso corrente

Potere fonoisolante R – singoli strati



Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni di uso corrente

Potere fonoisolante R – singoli strati



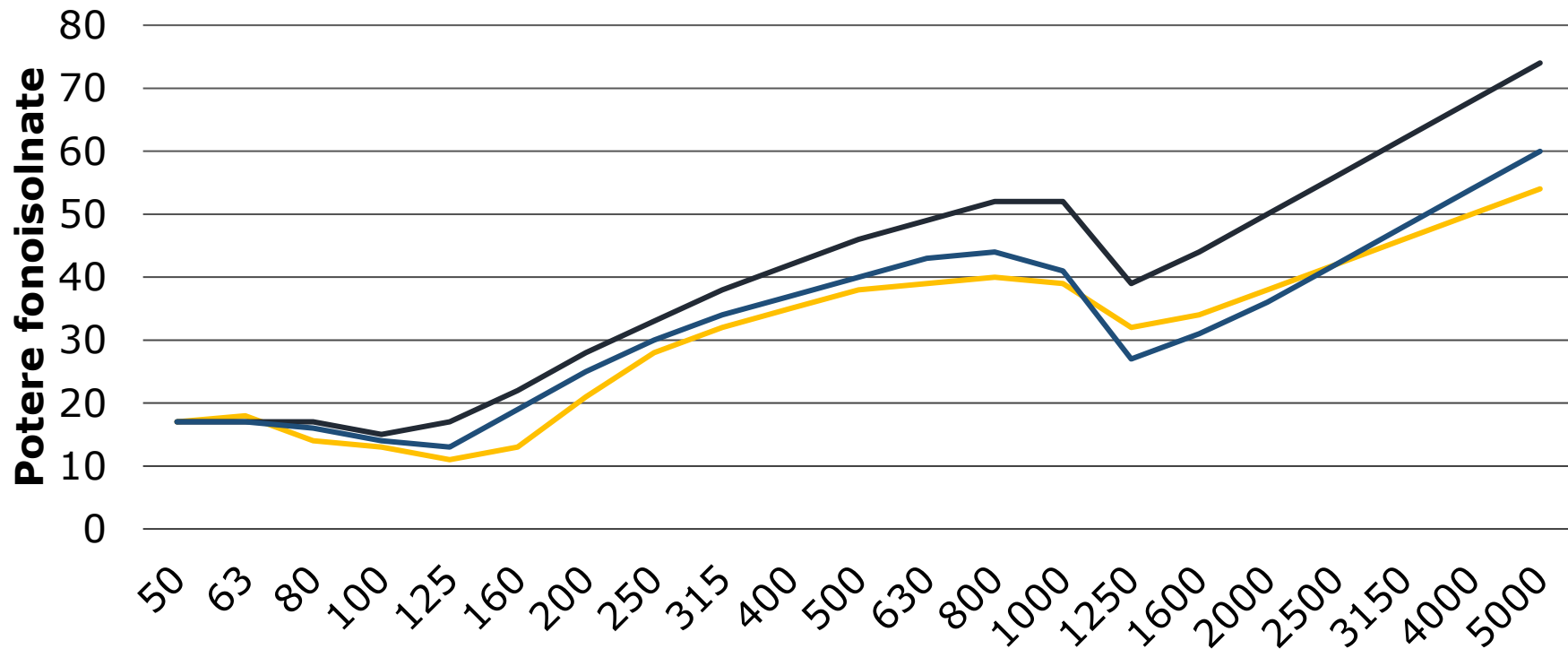
Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni di uso corrente

Potere fonoisolante R – influenza di telaio ed intercapedini

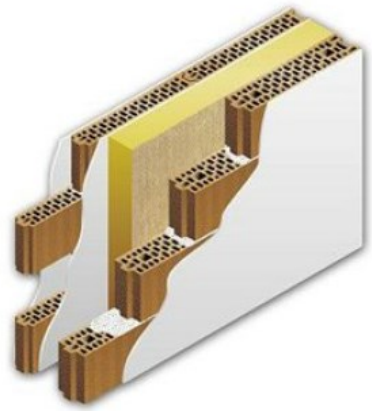
— parete multistrato

— parete multistrato (doppio telaio)

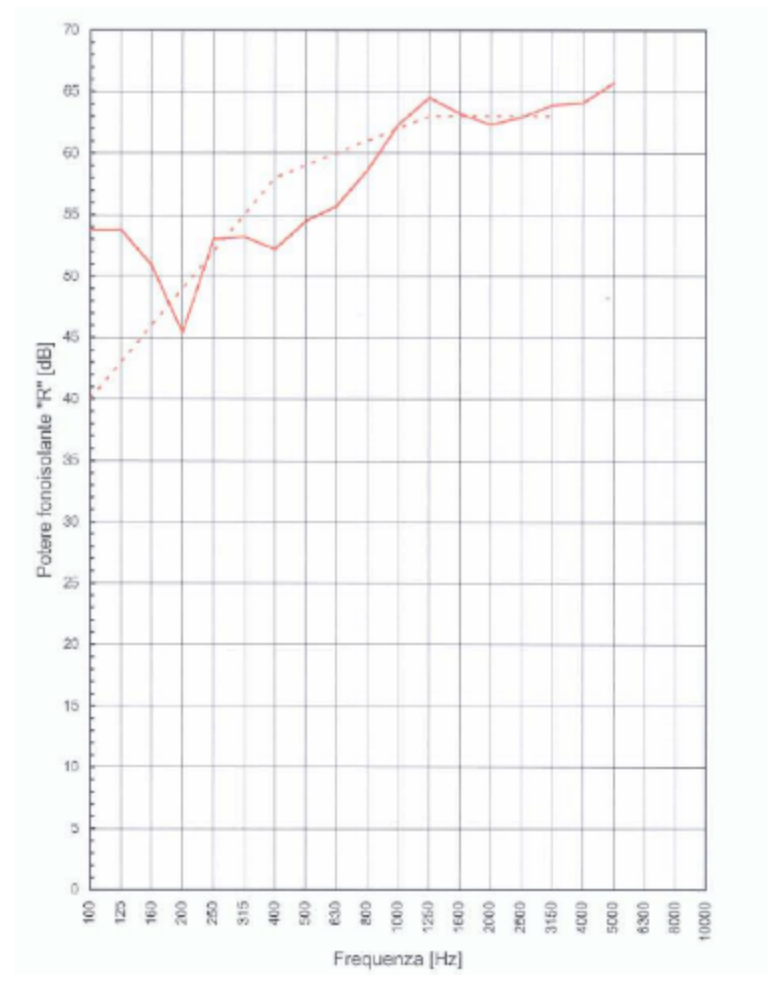
— parete multistrato (no abs)



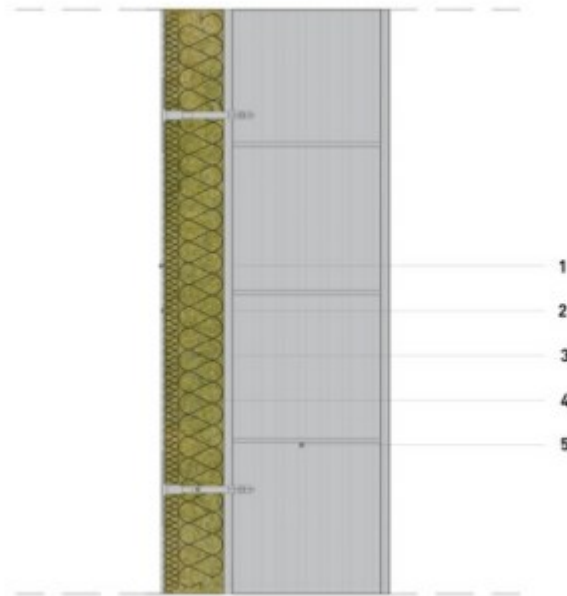
Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni di uso corrente



$R_w = 59 \text{ dB}$

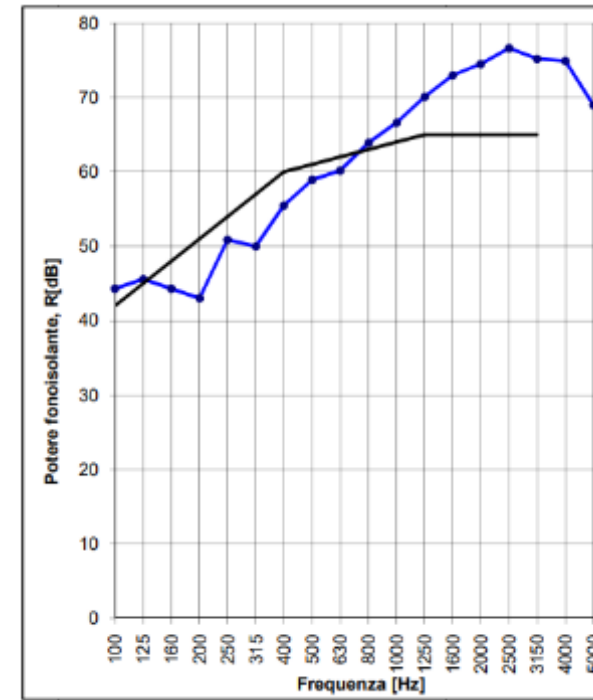


Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni di uso corrente

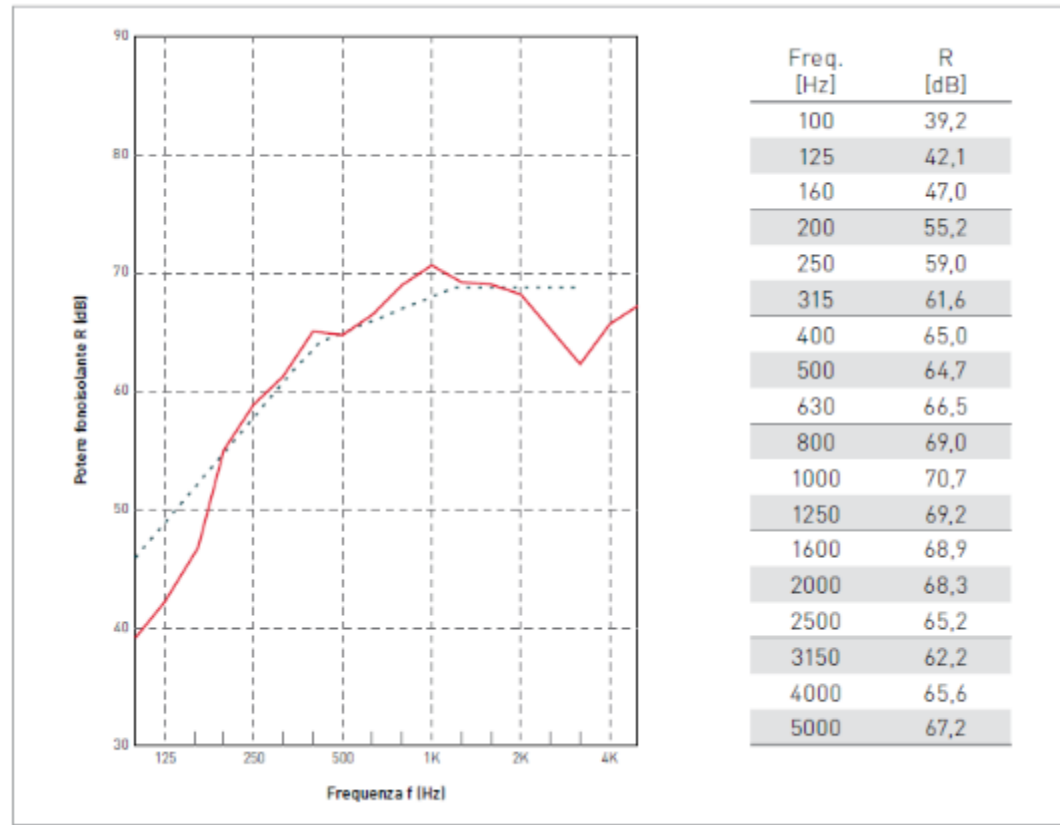
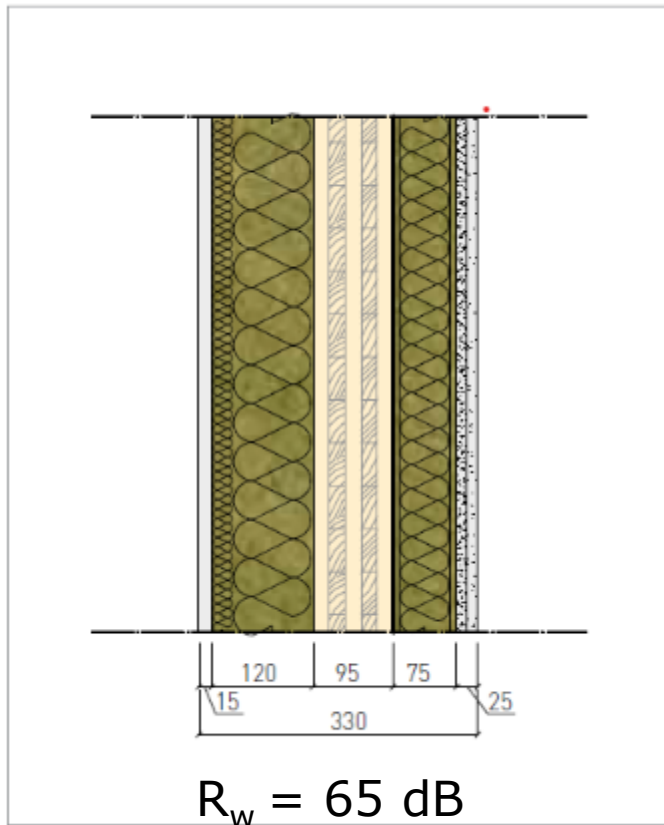


$R_w = 61 \text{ dB}$

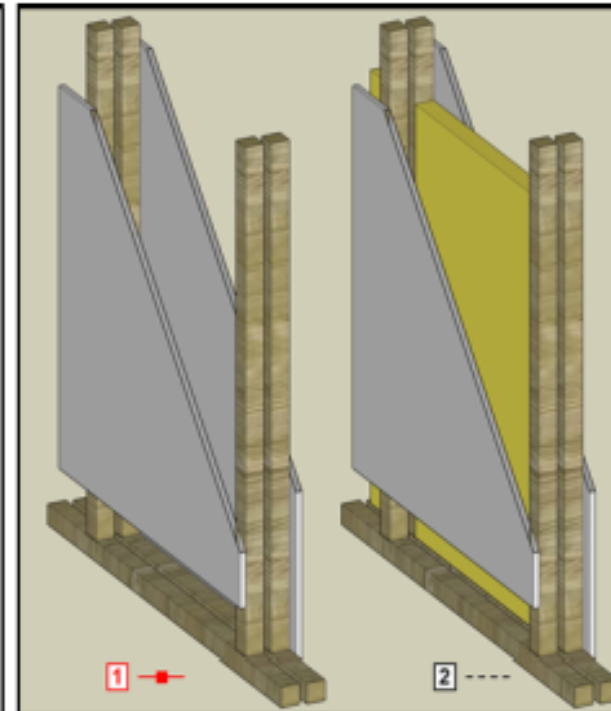
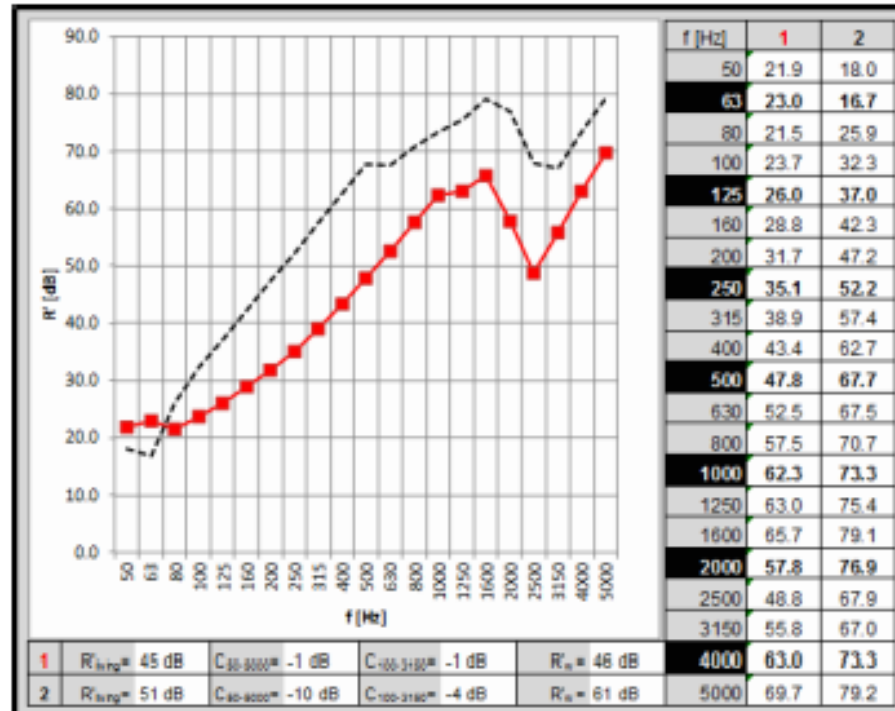
f [Hz]	R [dB]
100	44,3
125	45,6
160	44,3
200	43,0
250	50,9
315	50,0
400	55,5
500	58,9
630	60,2
800	63,9
1000	66,6
1250	70,1
1600	73,0
2000	74,5
2500	76,6
3150	75,2
4000	74,9
5000	69,0



Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni in legno



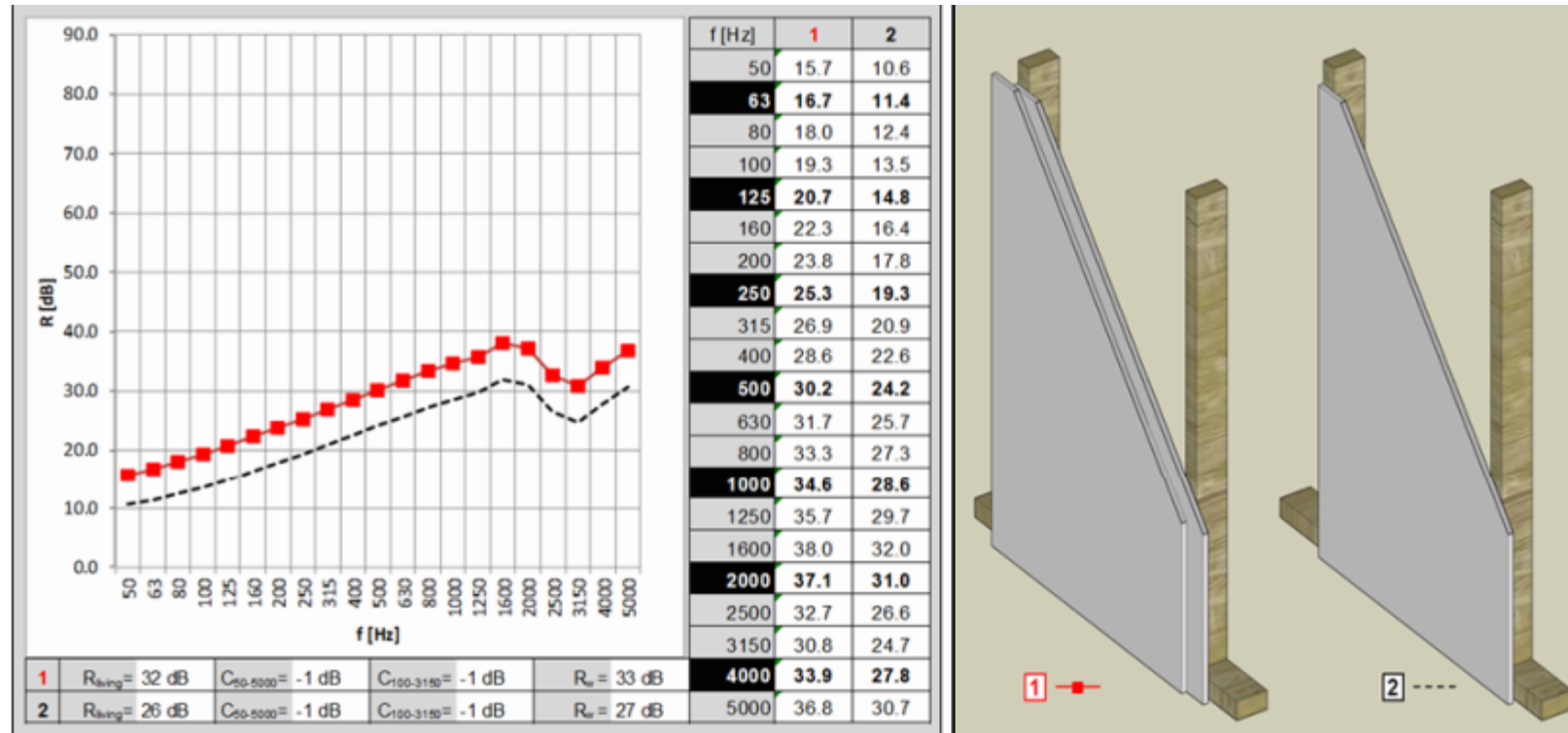
Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni in legno



Fonte: COST Action
FP0702 Net-
Acoustics for Timber
based lightweight
buildings and
elements E-BOOK

Figure 7d – DOUBLE WALLS: adding an acoustic absorber increases dramatically the sound reduction index R when both wall portions are disconnected. [Simulation with gypsum boards of 12.5 mm, mineral wool 5 cm, cavity width 10 cm, stud spacing o.c. 60 cm by INSUL 6.3 program of Marshall Day Acoustics].

Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni in legno



Fonte: COST Action
FP0702 Net-
Acoustics for Timber
based lightweight
buildings and
elements E-BOOK

Figure 7a - SINGLE WALLS: illustration of mass law and of the coincidence dip (indicated by 'c'). The critical frequency of two panels screwed together (not glued) remains the same as that of the single panel: R of 1 gypsum board of 12.5 mm (graph 2) en 2 gypsum boards (2 x12.5 mm) screwed together (graph 1). [Simulation by INSUL 6.3 program (Marshall Day Acoustics)]

Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni in legno

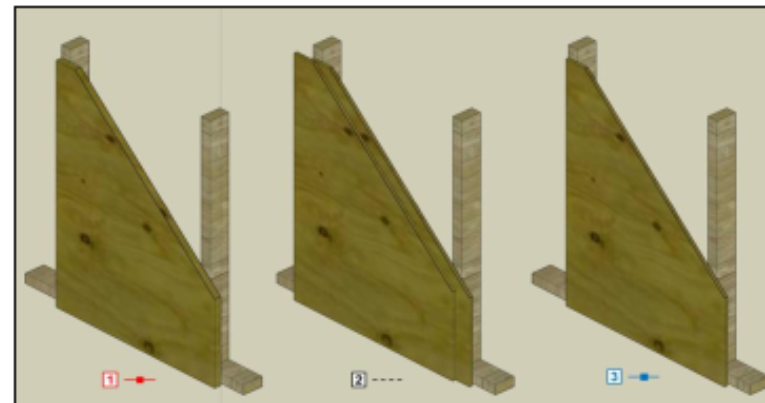
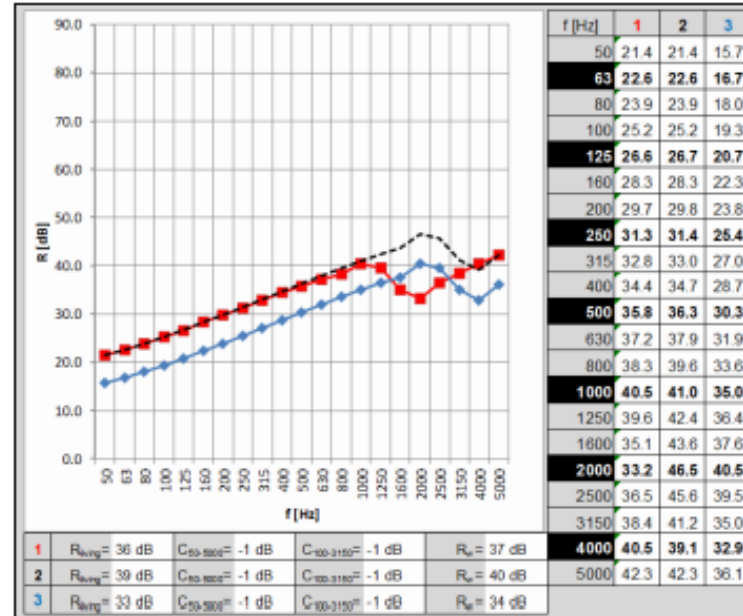


Figure 7b - SINGLE WALLS:
the critical frequency
decreases with the thickness
for the same material. R of a
single hardboard of 36 mm
(graph 1); R of 2 hardboards
of 18 mm screwed (not
glued!) together (graph 2); R
of a single hardboard of 18
mm (graph 3). [Simulation by
INSUL 6.3 program (Marshall
Day Acoustics)]

Fonte: COST Action
FP0702 Net-
Acoustics for Timber
based lightweight
buildings and
elements E-BOOK

Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni in legno

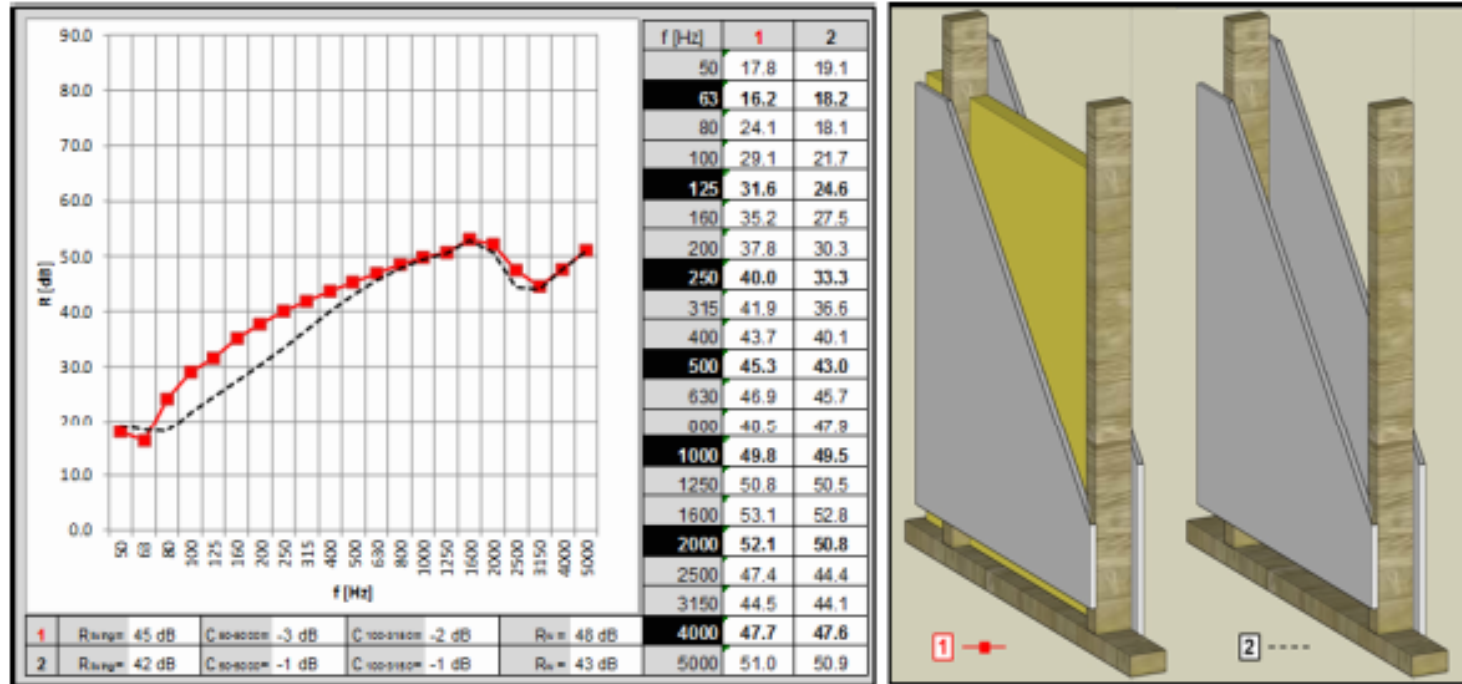
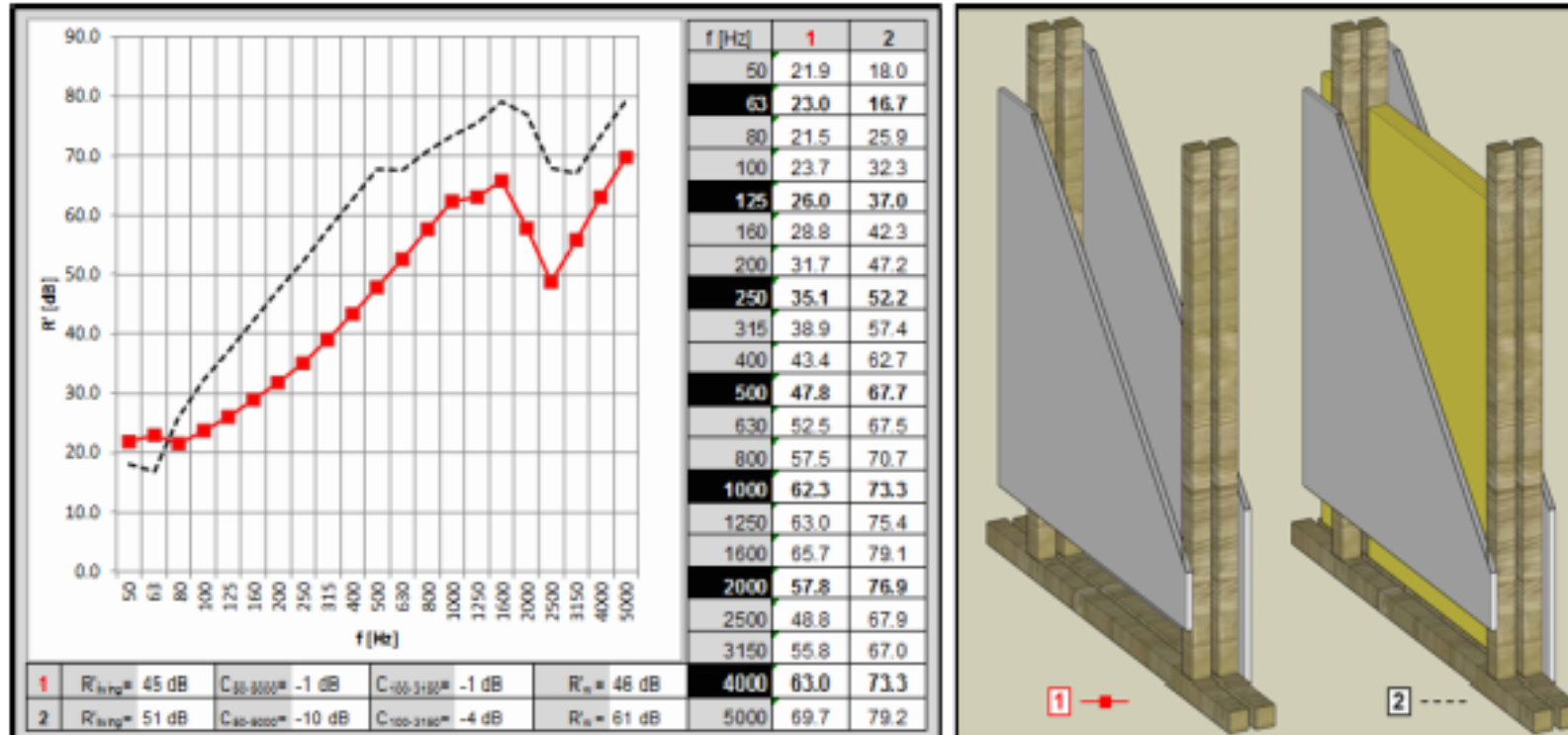


Figure 7e- DOUBLE WALLS: filling up the cavity with some acoustic absorbent can increase the sound reduction index even when there are rigid connections, though the effect is far less important than with disconnected walls (figure d). [Simulation with gypsum boards of 12.5 mm, mineral wool 5 cm, cavity width 10 cm, stud spacing o.c. 60 cm by INSUL 6.3 program of Marshall Day Acoustics].

Fonte: COST Action
FP0702 Net-
Acoustics for Timber
based lightweight
buildings and
elements E-BOOK

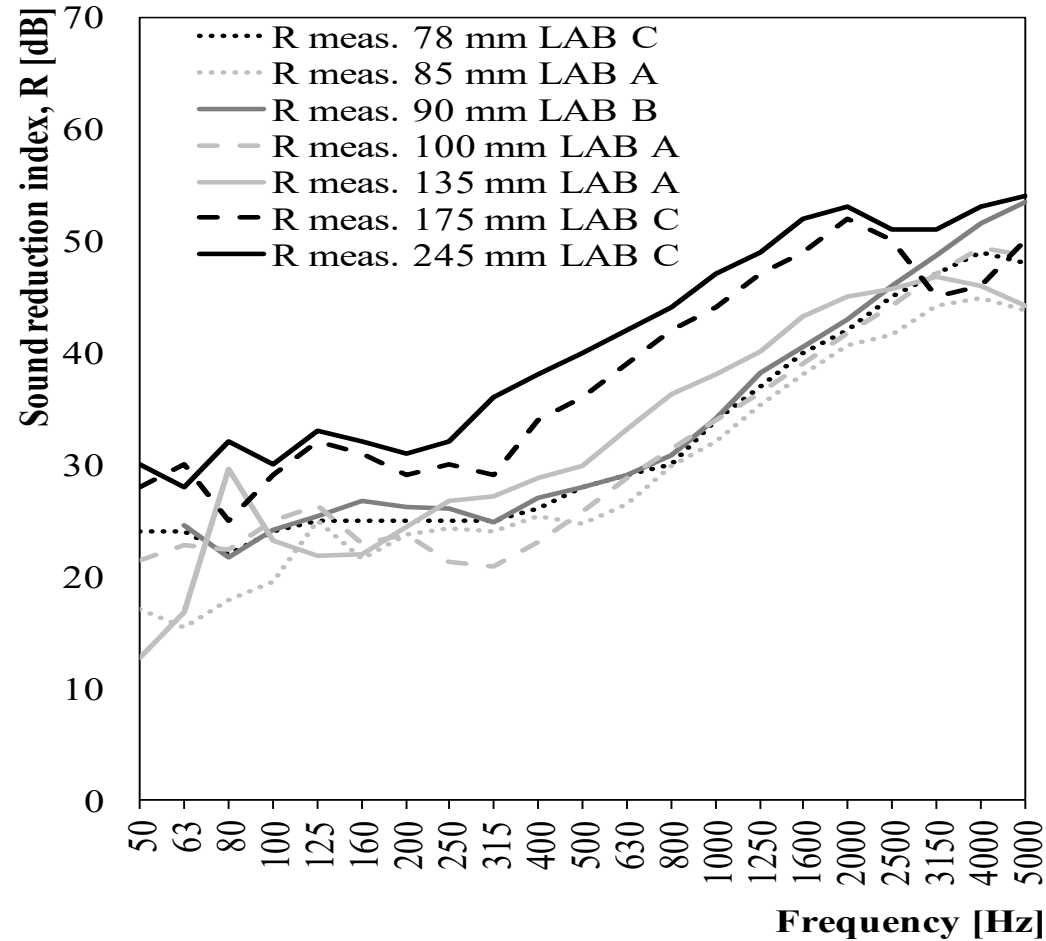
Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni in legno



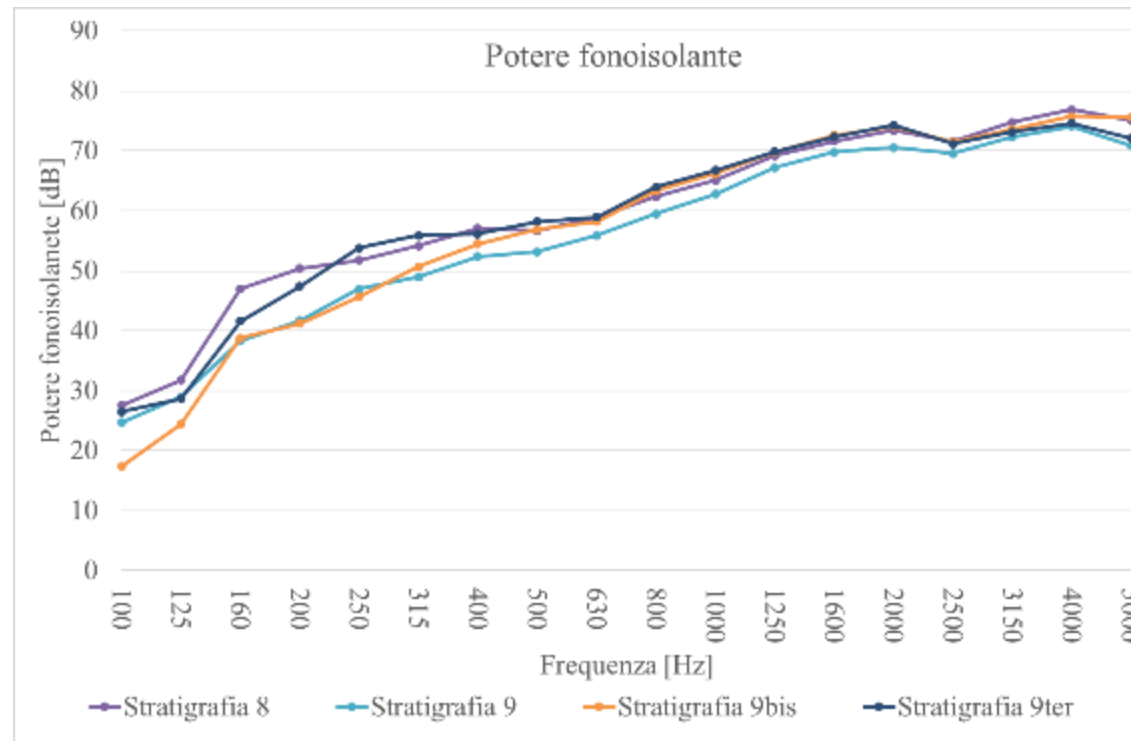
Fonte: COST Action
FP0702 Net-
Acoustics for Timber
based lightweight
buildings and
elements E-BOOK

Figure 7d – DOUBLE WALLS: adding an acoustic absorbent increases dramatically the sound reduction index R when both wall portions are disconnected. [Simulation with gypsum boards of 12.5 mm, mineral wool 5 cm, cavity width 10 cm, stud spacing o.c. 60 cm by INSUL 6.3 program of Marshall Day Acoustics].

Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni in legno



Variazione del potere fonoisolante



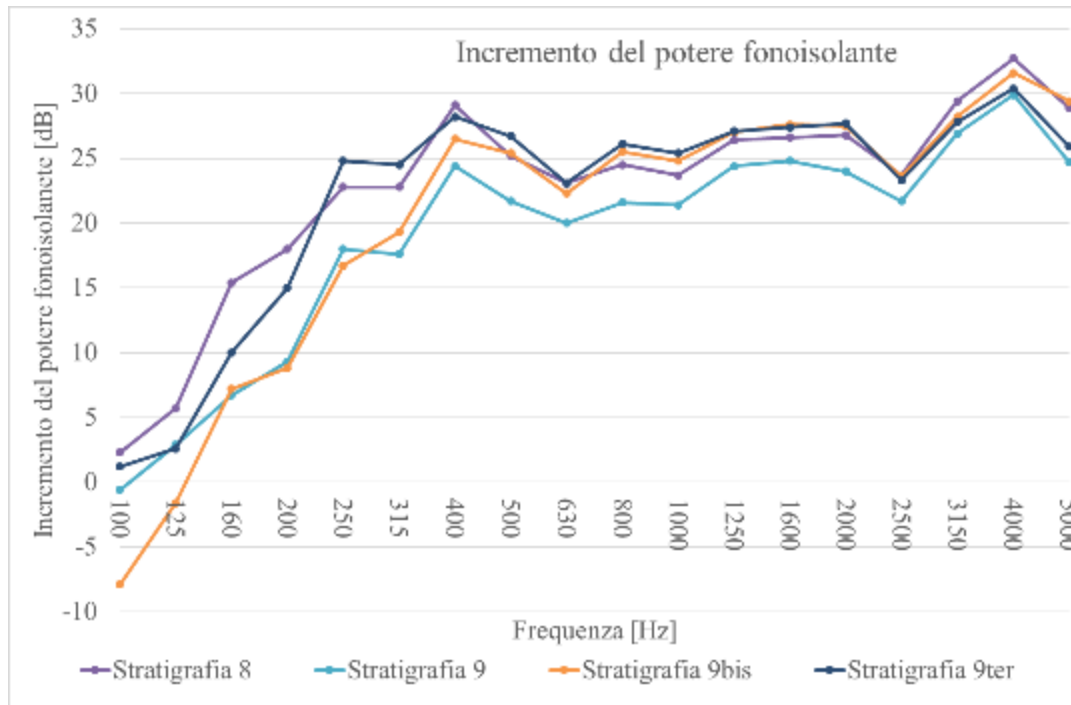
Stratigrafia 8:
Controsoffitto con pendini smorzati - R_w= 59 dB

Stratigrafia 9:
Senza controsoffitto - R_w= 54 dB

Stratigrafia 9bis:
Controsoffitto con listelli di legno - R_w= 52 dB

Stratigrafia 9ter:
Controsoffitto profilo Ω - R_w= 58 dB

Incremento del potere fonoisolante



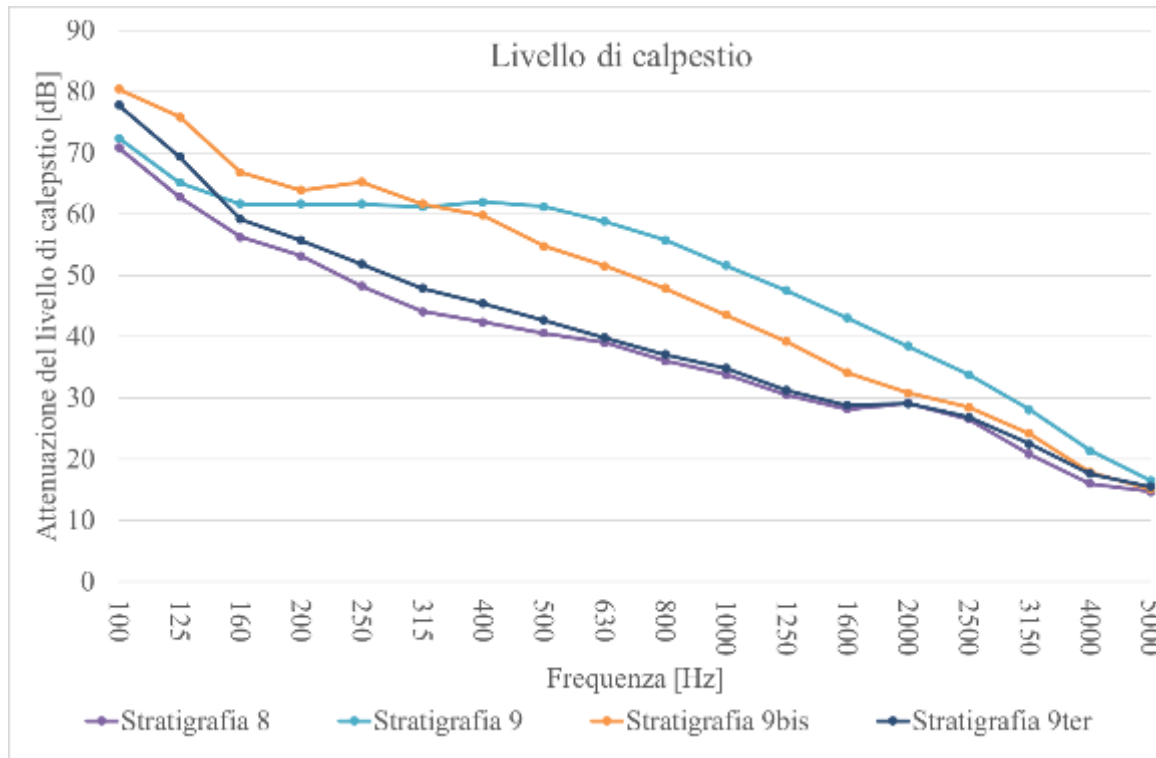
Stratigrafia 8:
Controsoffitto con pendini smorzati - $\Delta R = 21$ dB

Stratigrafia 9:
Senza controsoffitto - $\Delta R = 16$ dB

Stratigrafia 9bis:
Controsoffitto con listelli di legno - $\Delta R = 14$ dB

Stratigrafia 9ter:
Controsoffitto profilo Ω - $\Delta R = 20$ dB

Variazione del livello di calpestio



Stratigrafia 8:

Controsoffitto con pendini smorzati - $L_{n,w} = 51$ dB

Stratigrafia 9:

Senza controsoffitto - $L_{n,w} = 58$ dB

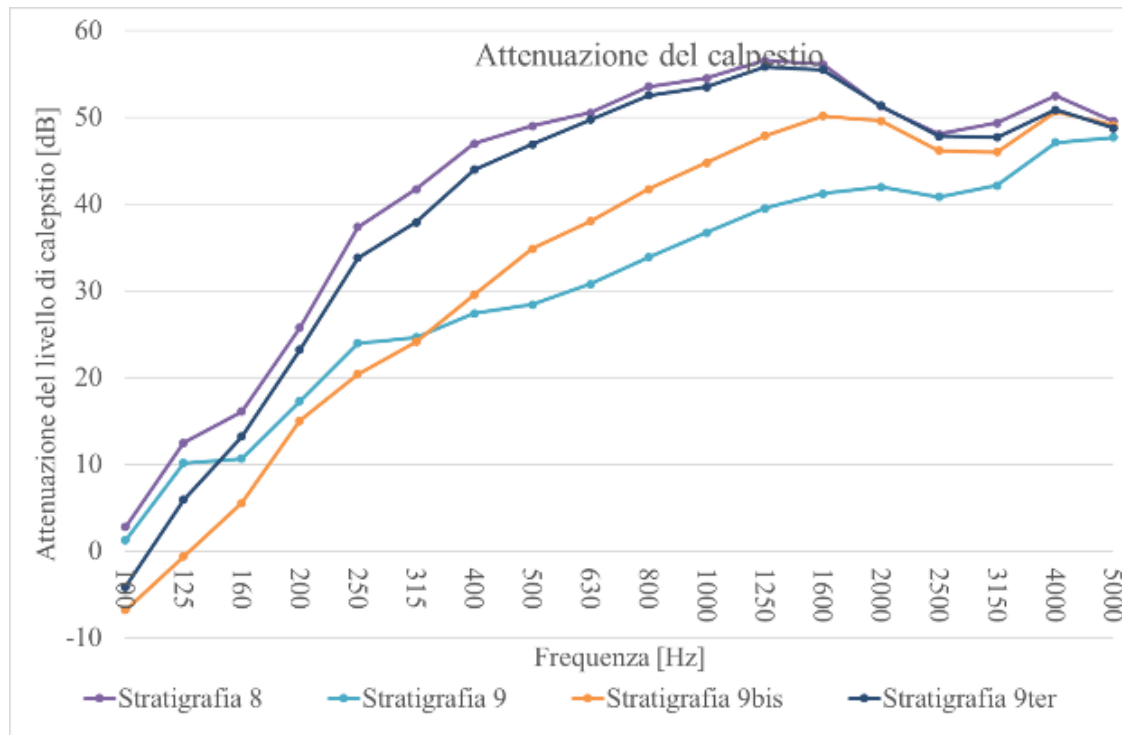
Stratigrafia 9bis:

Controsoffitto con listelli di legno - $L_{n,w} = 62$ dB

Stratigrafia 9ter:

Controsoffitto profilo Ω - $L_{n,w} = 57$ dB

Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni in legno



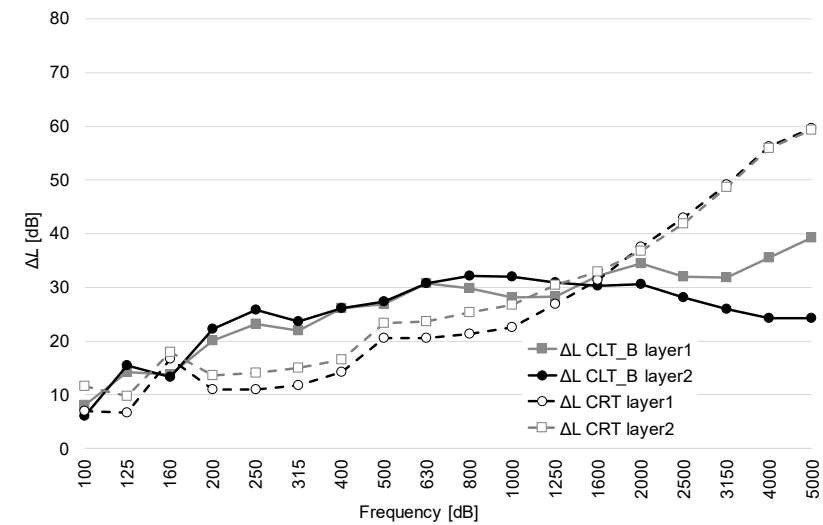
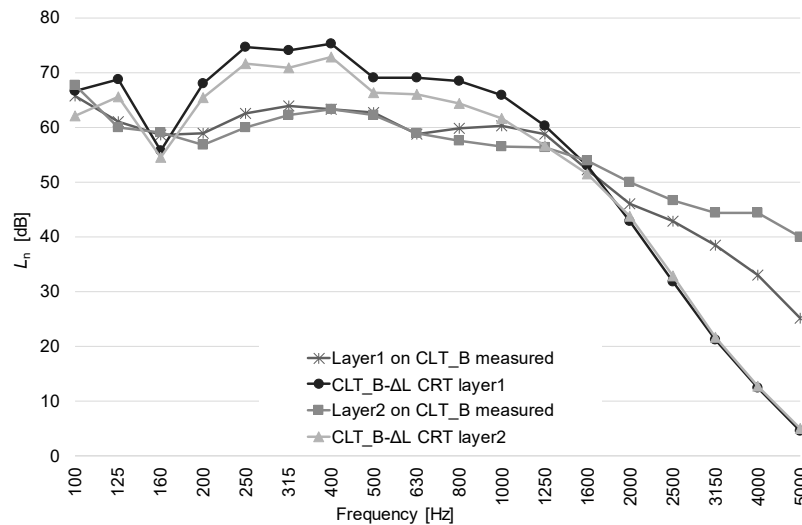
Stratigrafia 8:
 Controsoffitto con pendini smorzati - $\Delta L = 37$ dB

Stratigrafia 9:
 Senza controsoffitto - $\Delta L = 30$ dB

Stratigrafia 9bis:
 Controsoffitto con listelli di legno - $\Delta L = 25$ dB

Stratigrafia 9ter:
 Controsoffitto profilo Ω - $\Delta L = 31$ dB

Confronto tra solaio in CLT e CCA



Massetto galleggiante in sabbia e cemento posato su strato resiliente
 $s' = 17 \text{ MN/m}^3$

Solaio in CCA di 14 cm di laboratorio e solaio in CLT di 16 cm

Organizzato da:



In collaborazione con:



Promosso da:



Partner tecnico:



Con il patrocinio di:



Con il supporto di:



Media partner:



Partner tecnico finanziario:



Premium partner:

