

Dettagli costruttivi e comfort acustico



Premium partner:



Promosso da:

Partner tecnico:

Partner finanziario:



Con il patrocinio di:



In collaborazione con:



Luca Barbaresi
luca.barbaresi@unibo.it

Dettagli costruttivi e comfort acustico



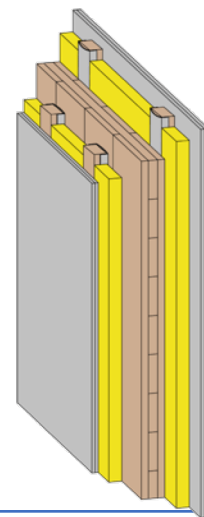
Utilizzo di pareti prefabbricate complete di serramenti



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



Allestimento delle reti impiantistiche in laboratorio



Premium partner:



Le fasi della progettazione di un edificio

1° fase

Progettazione architettonica

2° fase

Progettazione strutturale

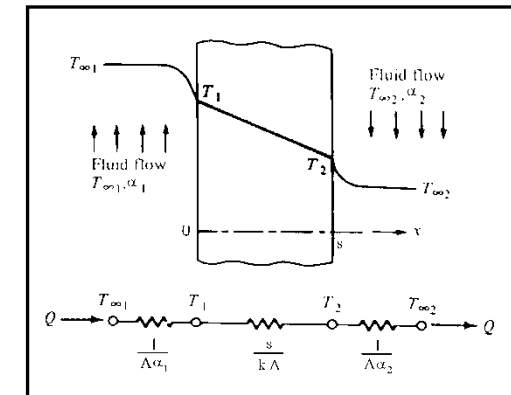
3° fase

Progettazione e dimensionamento termico delle partizioni

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

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

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



Premium partner:



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

$$R = -10 \lg \tau \quad (\text{strutturale, termico, ecc.})$$

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

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

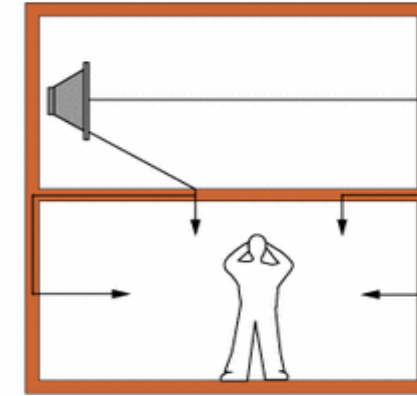
$$\tau = \left(\frac{2\rho_0 c_0}{2\pi f m'} \right)^2 \left(2\sigma_f + \frac{(l_1 + l_2)^2}{l_1^2 + l_2^2} \sqrt{\frac{f_c \sigma^2}{f \eta_{\text{tot}}}} \right) \quad f < f_c$$

Premium partner:



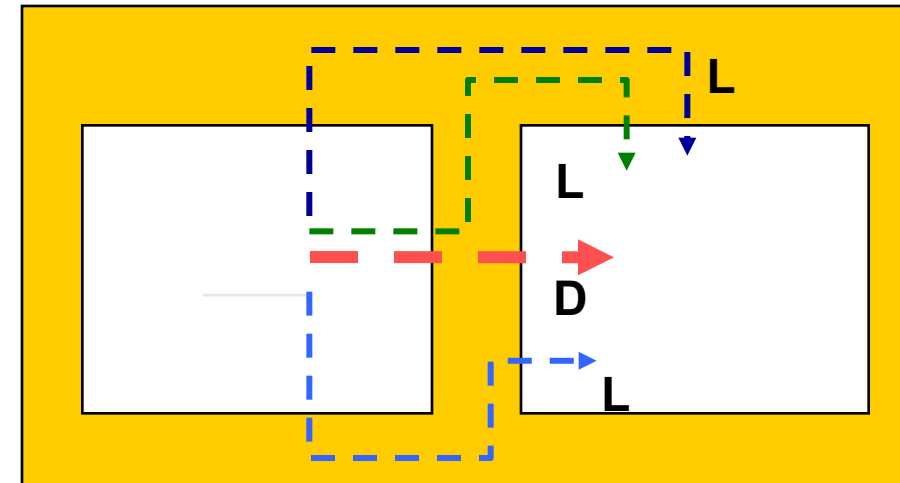
La prestazione acustica in laboratorio di una partizione è caratterizzata dalla sola trasmissione diretta (D) e viene espressa dal **potere fonoisolante (R)** :

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



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

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



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

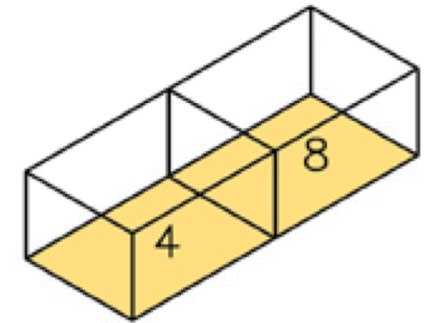
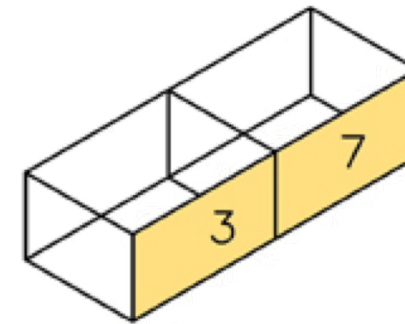
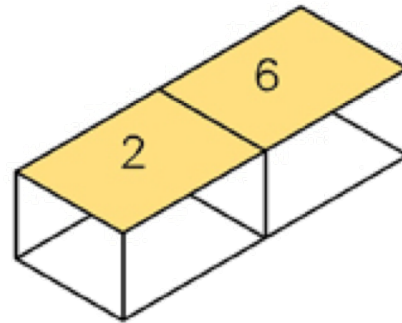
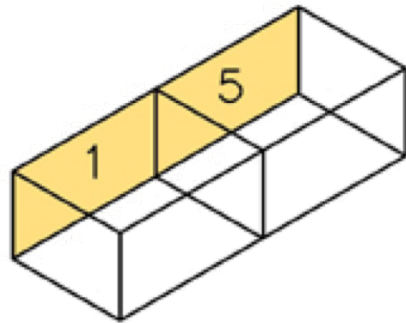
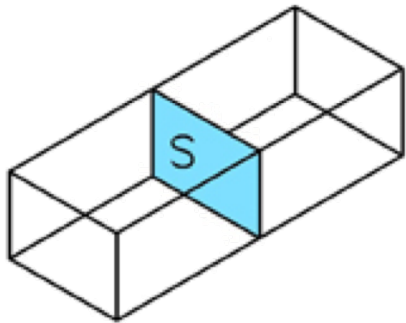
Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti –
Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti

Premium partner:



Dati di ingresso

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

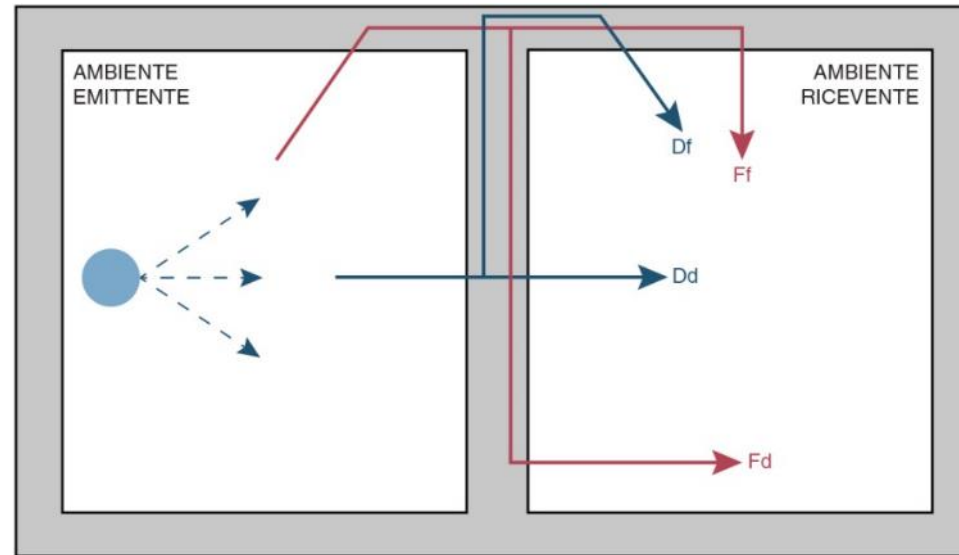


Premium partner:



PARTE 1: Isolamento dal rumore aereo tra ambienti

Potere fonoisolante apparente R'



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

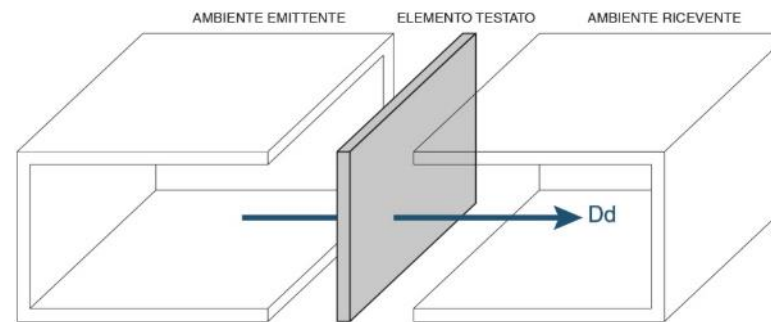
Premium partner:



PARTE 1: Isolamento dal rumore aereo tra ambienti

TRASMISSIONE DIRETTA

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

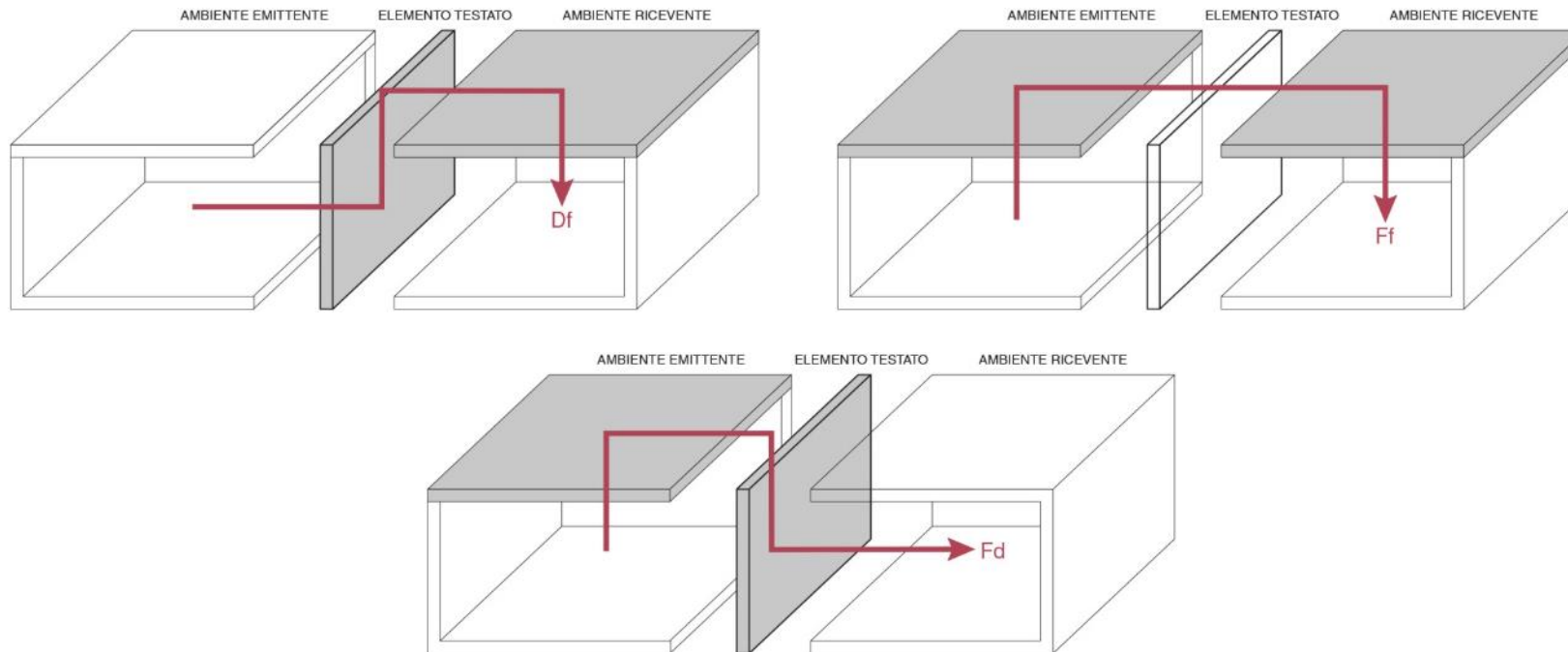


Premium partner:



TRASMISSIONE LATERALE

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



Premium partner:



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

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

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

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

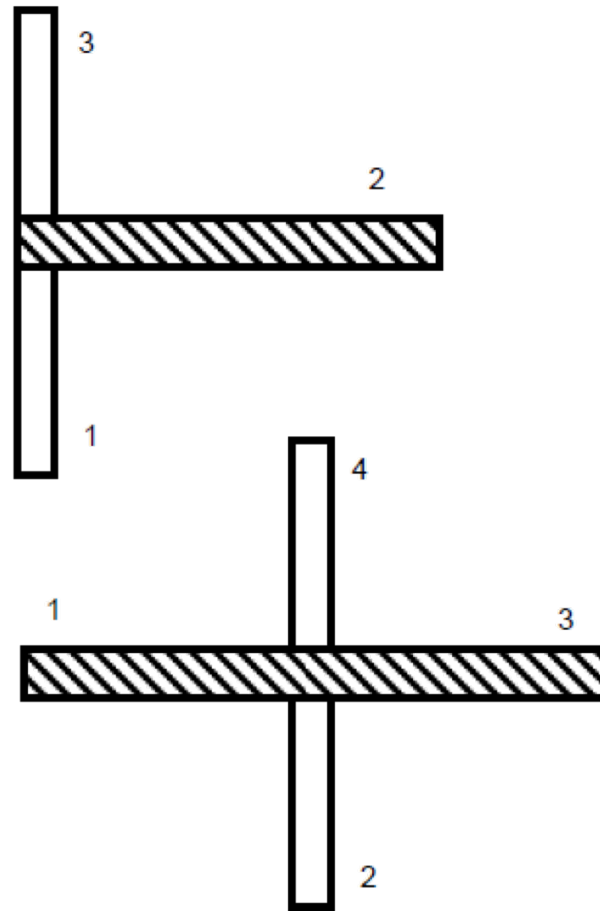
Strutture di tipo B: Isolamento medio normalizzato di vibrazioni $\overline{D_{v,ij,n}}$

$$\overline{D_{v,ij,situ}} = \overline{D_{v,ij,n}} - 10 \lg \left(\frac{l_0 l_{ij}}{\sqrt{S_{i,situ} S_{j,situ}}} \right)$$

Premium partner:



Appendice F: Strutture leggere



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

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

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

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

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

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

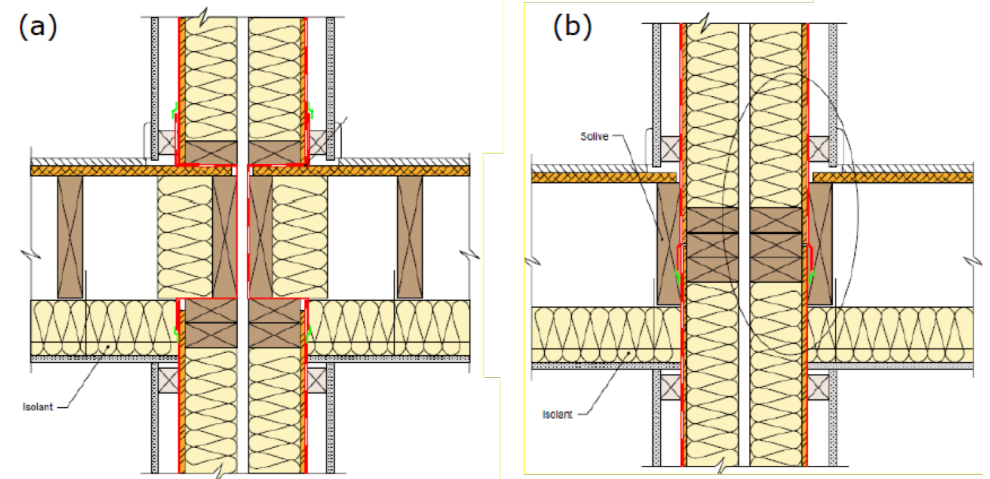
$$f_k = 500 \text{ Hz}$$

Premium partner:

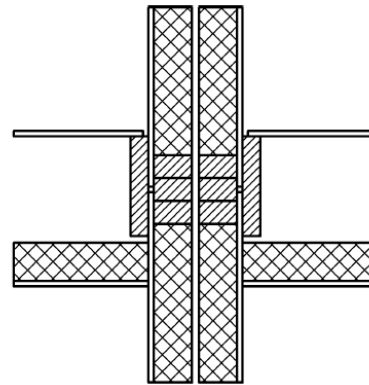
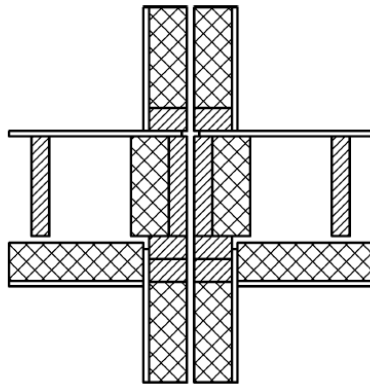


Appendice F: Strutture leggere

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 $D_{v,ij,n}$.



Appendice F: Strutture leggere



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

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

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

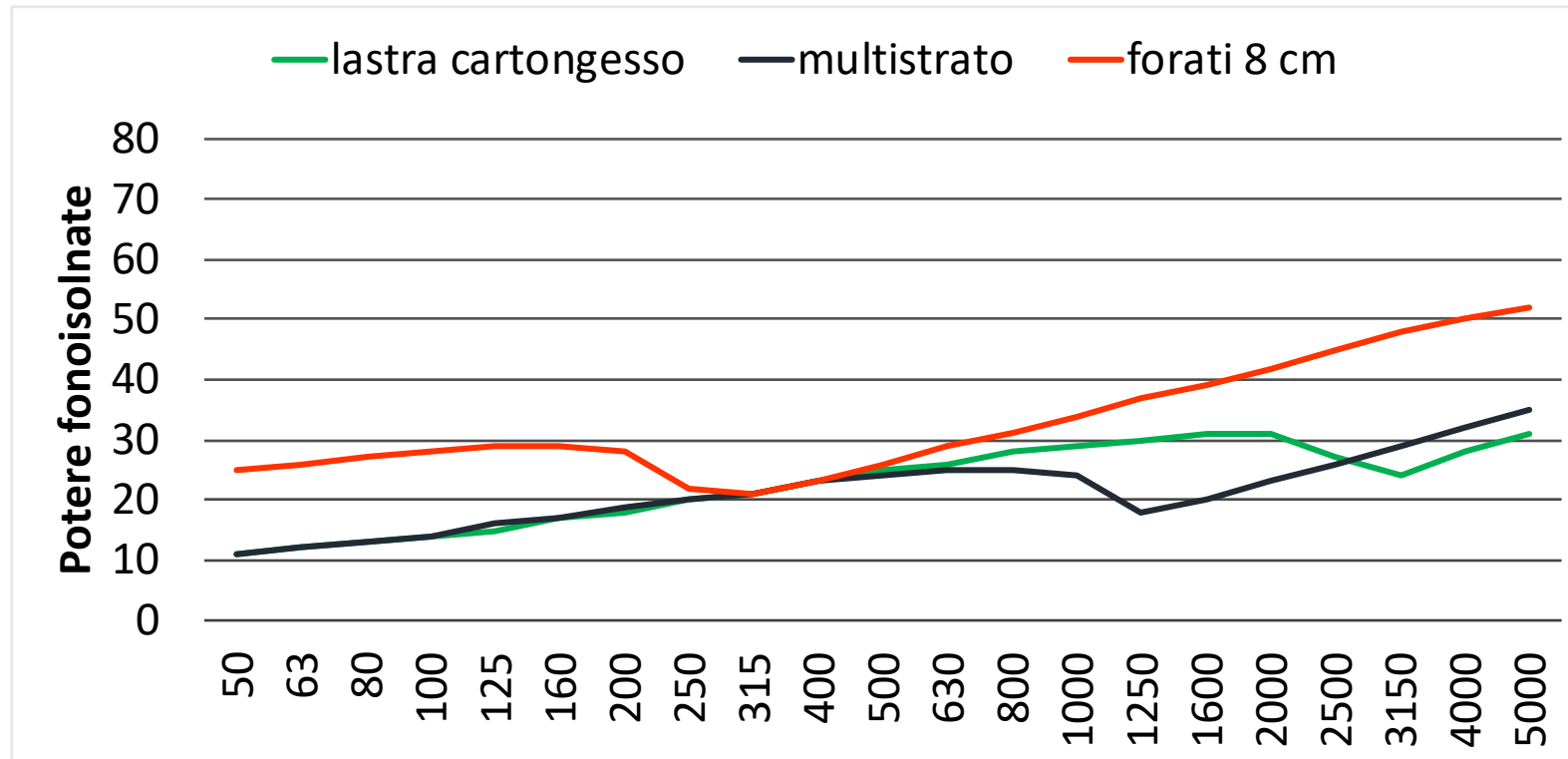
$$\overline{D}_{v,24,n} = 22 + 3,3 \lg(f / f_k)$$

Premium partner:



Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni di uso corrente

Potere fonoisolante R – singoli strati

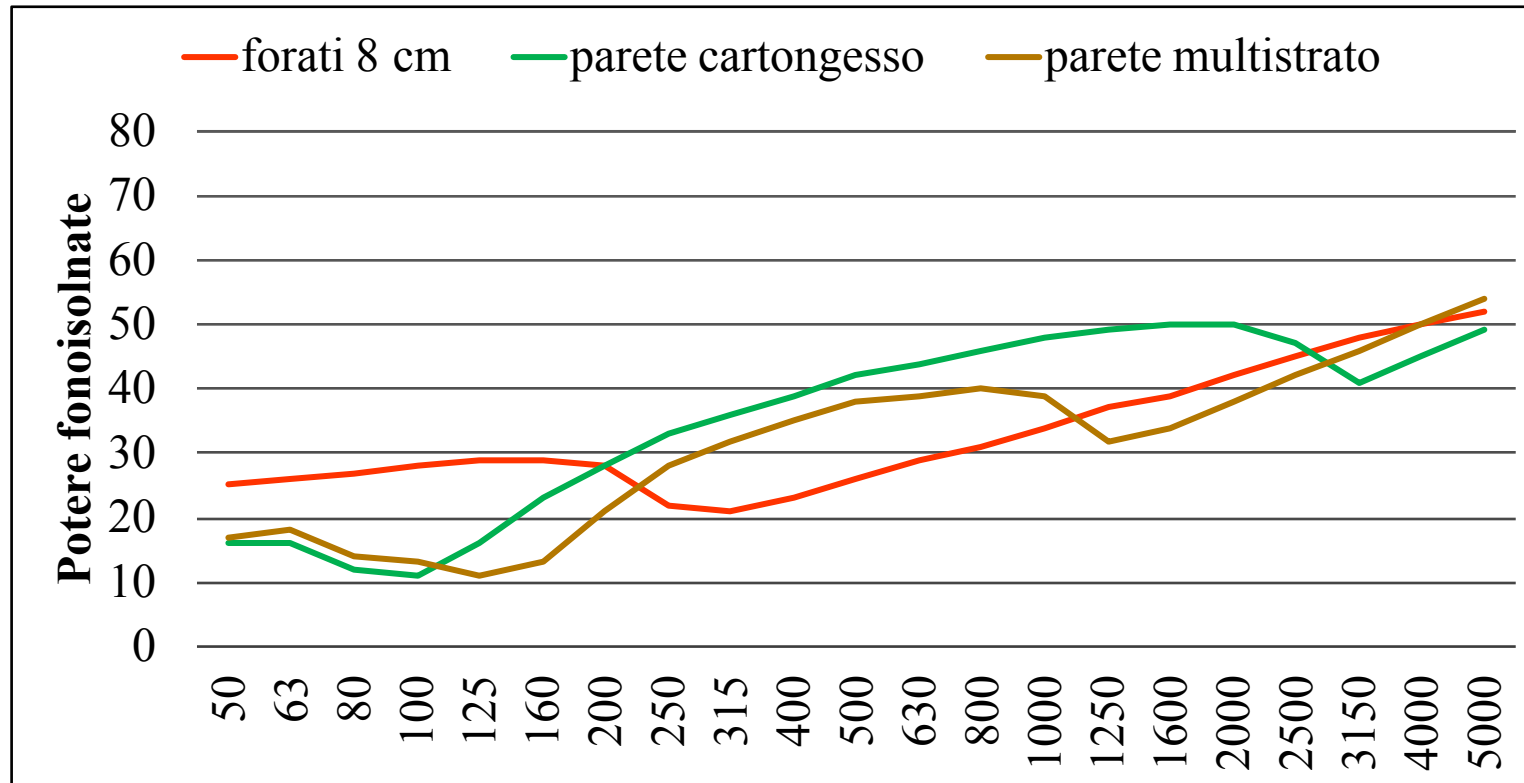


Premium partner:



Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni di uso corrente

Potere fonoisolante R – singoli strati

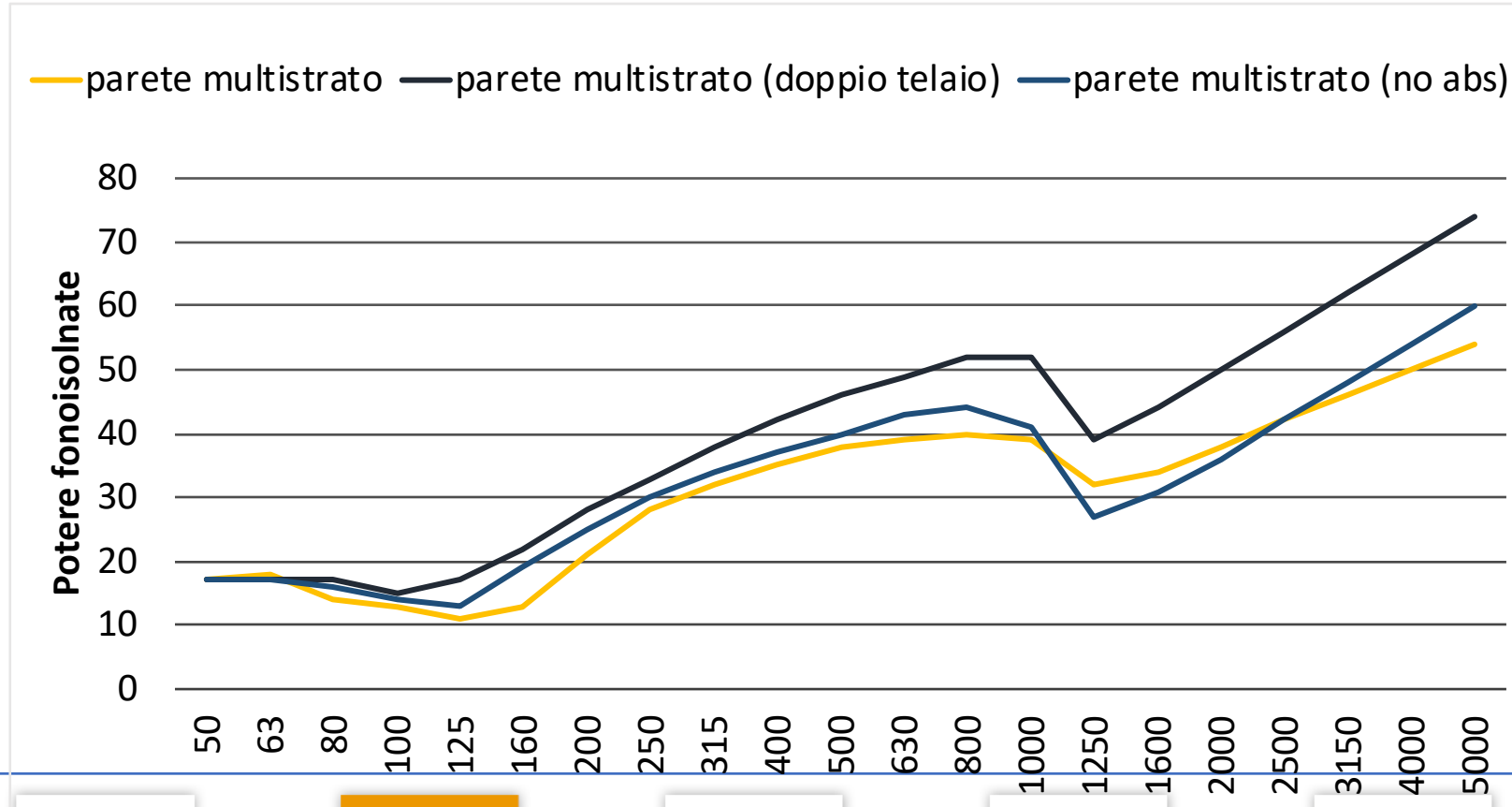


Premium partner:



Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni di uso corrente

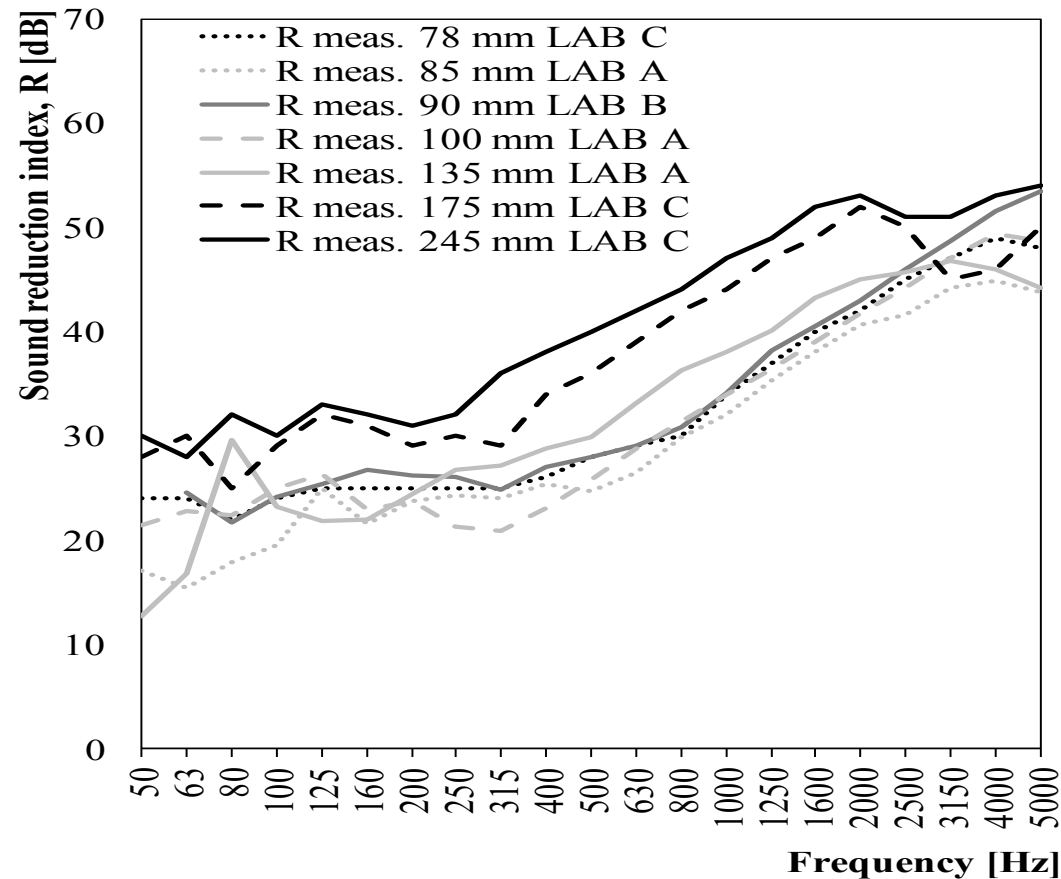
Potere fonoisolante R – influenza di telaio ed intercapedini



Premium partner:



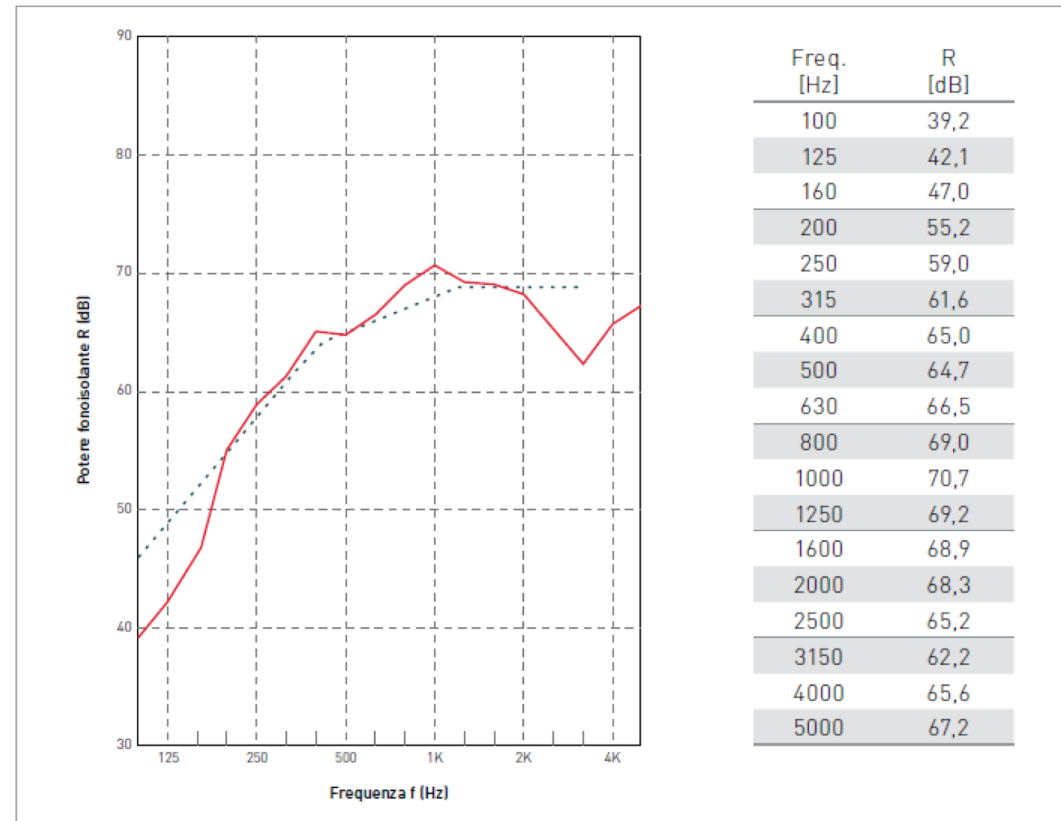
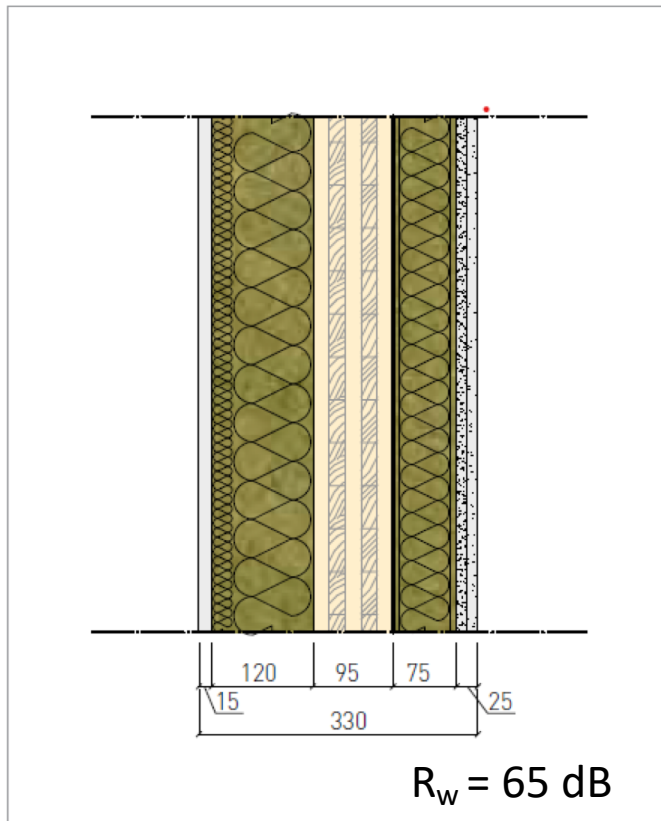
Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni di uso corrente



Premium partner:



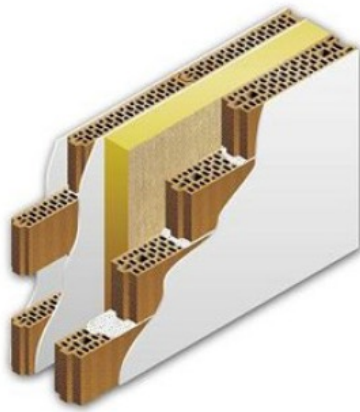
Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni di uso corrente



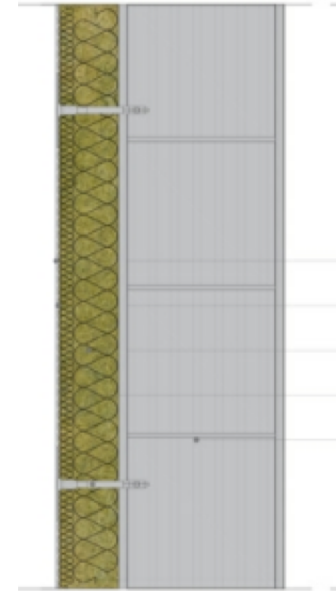
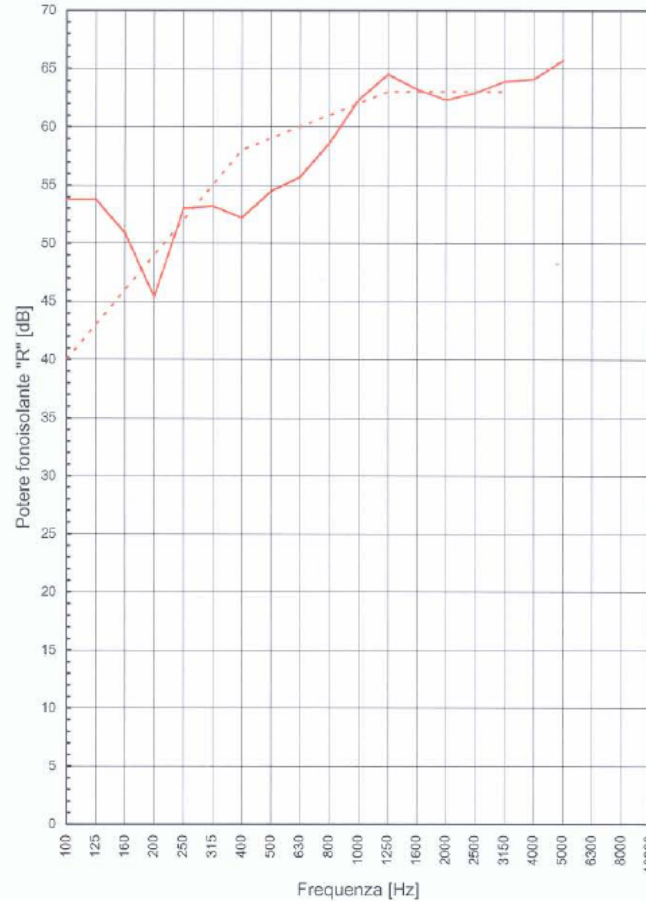
Premium partner:



Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni di uso corrente

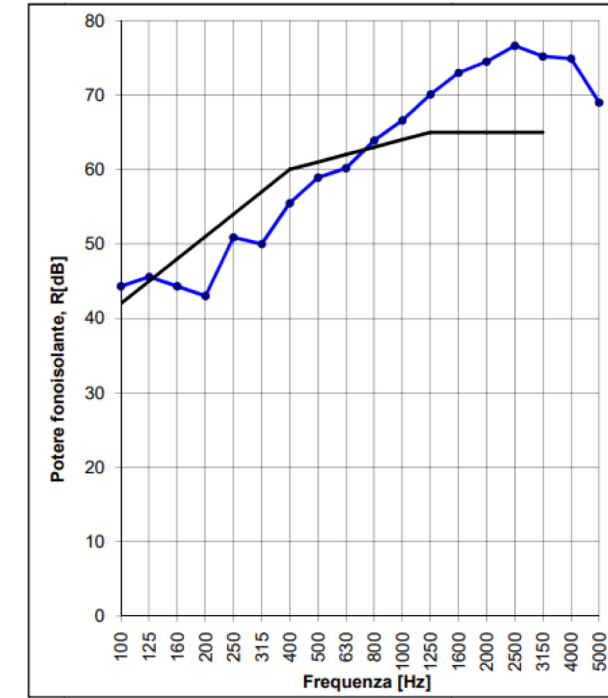


$R_w = 59 \text{ dB}$



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

$R_w = 61 \text{ dB}$



Premium partner:



Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni in legno

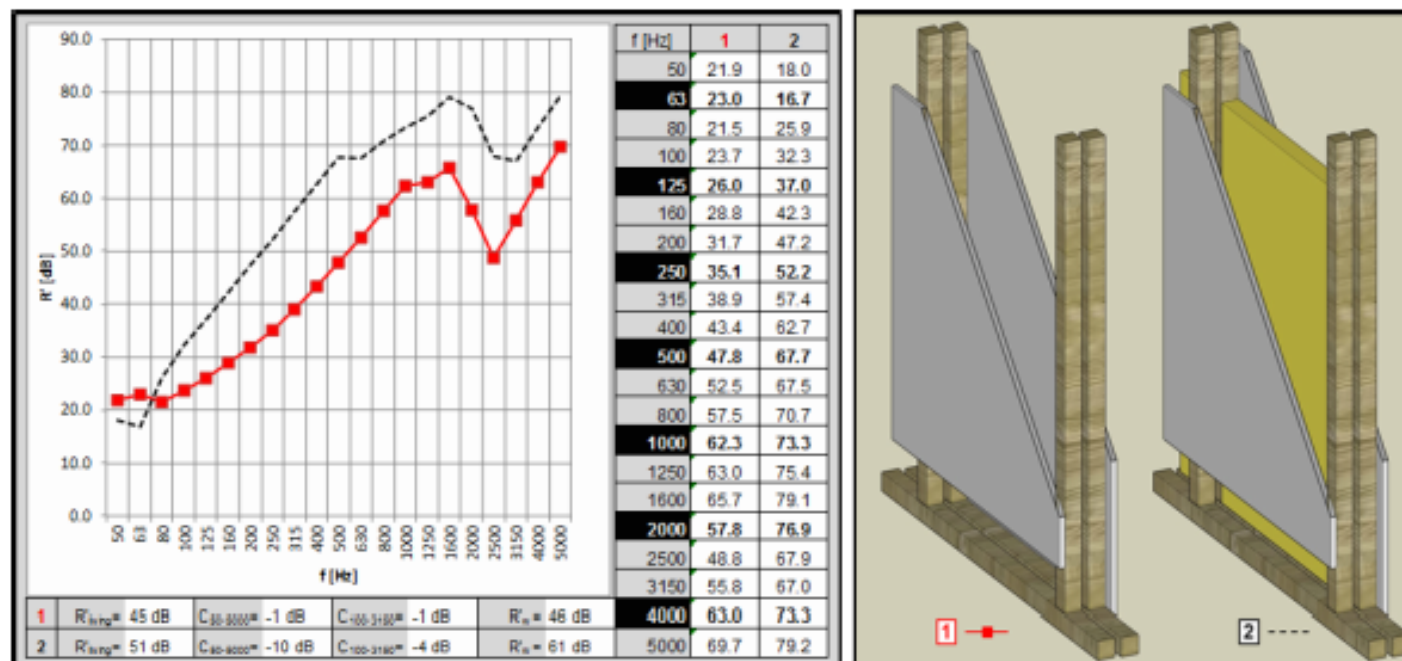


Figure 7d – DOUBLE WALLS: adding an acoustic absorbent increases dramatically the sound reduction index R when both wall portions are disconnected. [Simulation with gypsum boards of 12.5 mm, mineral wool 5 cm, cavity width 10 cm, stud spacing o.c. 60 cm by INSUL 6.3 program of Marshall Day Acoustics].

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

Premium partner:



Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni in legno

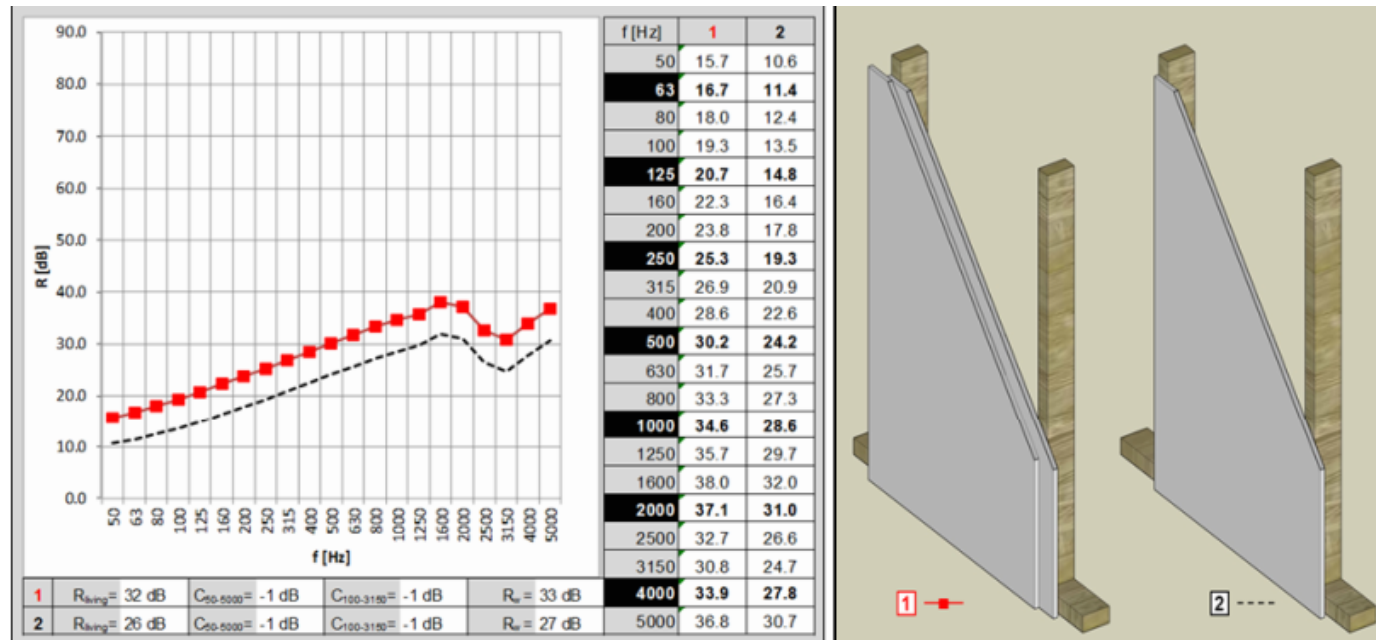


Figure 7a - SINGLE WALLS: illustration of mass law and of the coincidence dip (indicated by 'c'). The critical frequency of two panels screwed together (not glued) remains the same as that of the single panel: R of 1 gypsum board of 12.5 mm (graph 2) en 2 gypsum boards (2 x12.5 mm) screwed together (graph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

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

Premium partner:



Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni in legno

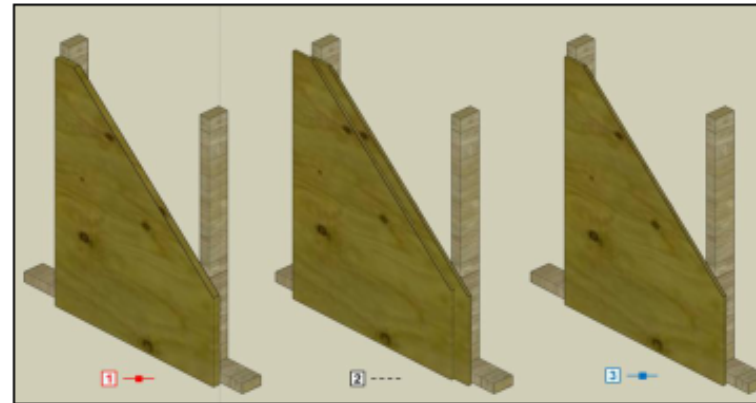
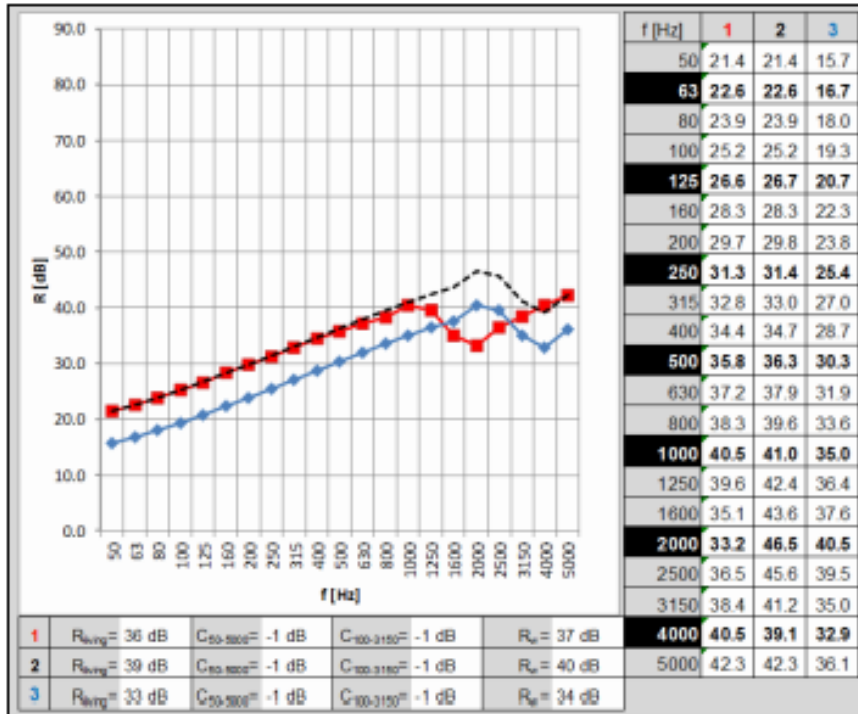


Figure 7b - SINGLE WALLS: the critical frequency decreases with the thickness for the same material. R of a single hardboard of 36 mm (graph 1); R of 2 hardboards of 18 mm screwed (not glued!) together (graph 2); R of a single hardboard of 18 mm (graph 3). [Simulation by INSUL 6.3 program (Marshall Day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

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

Premium partner:



Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni in legno

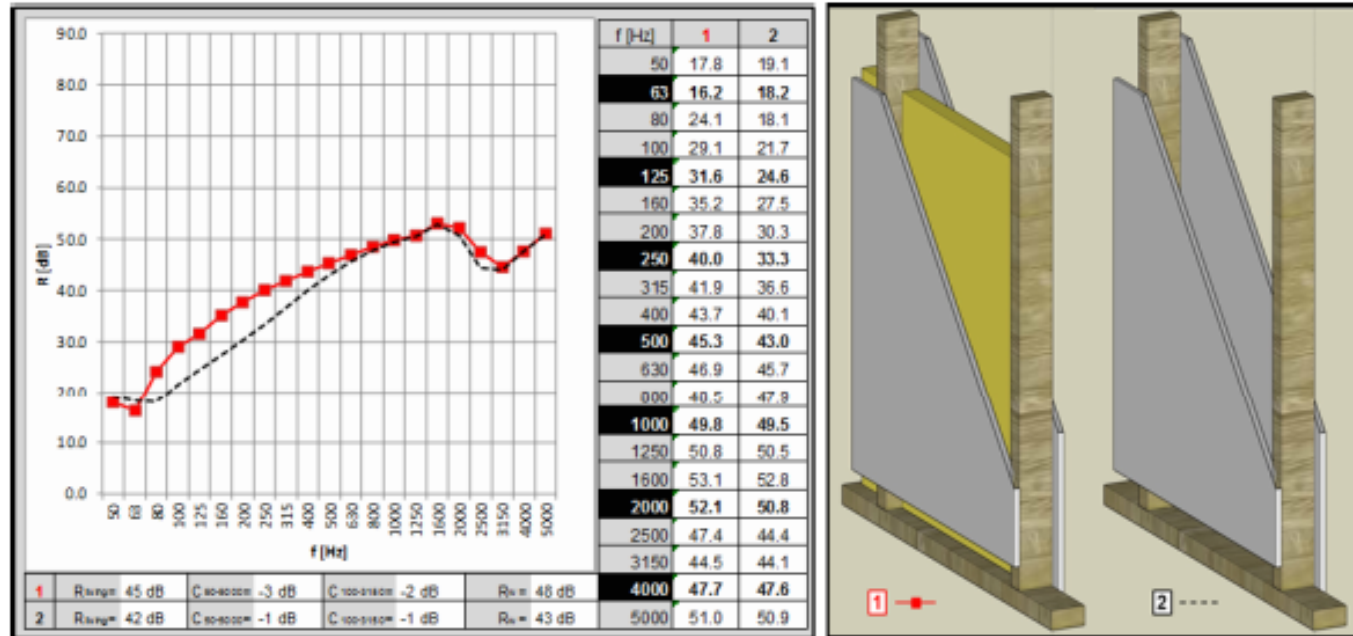


Figure 7e- DOUBLE WALLS: filling up the cavity with some acoustic absorbent can increase the sound reduction index even when there are rigid connections, though the effect is far less important than with disconnected walls (figure d). [Simulation with gypsum boards of 12.5 mm, mineral wool 5 cm, cavity 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

Premium partner:



Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni in legno

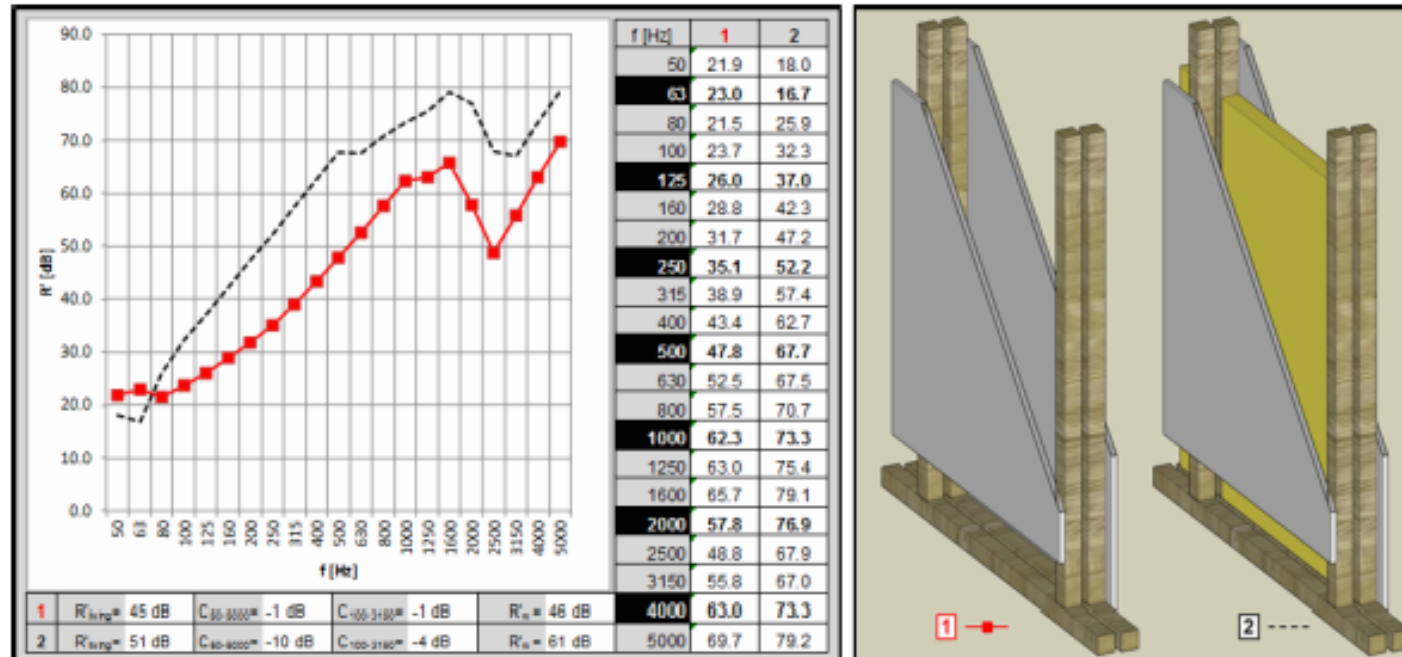


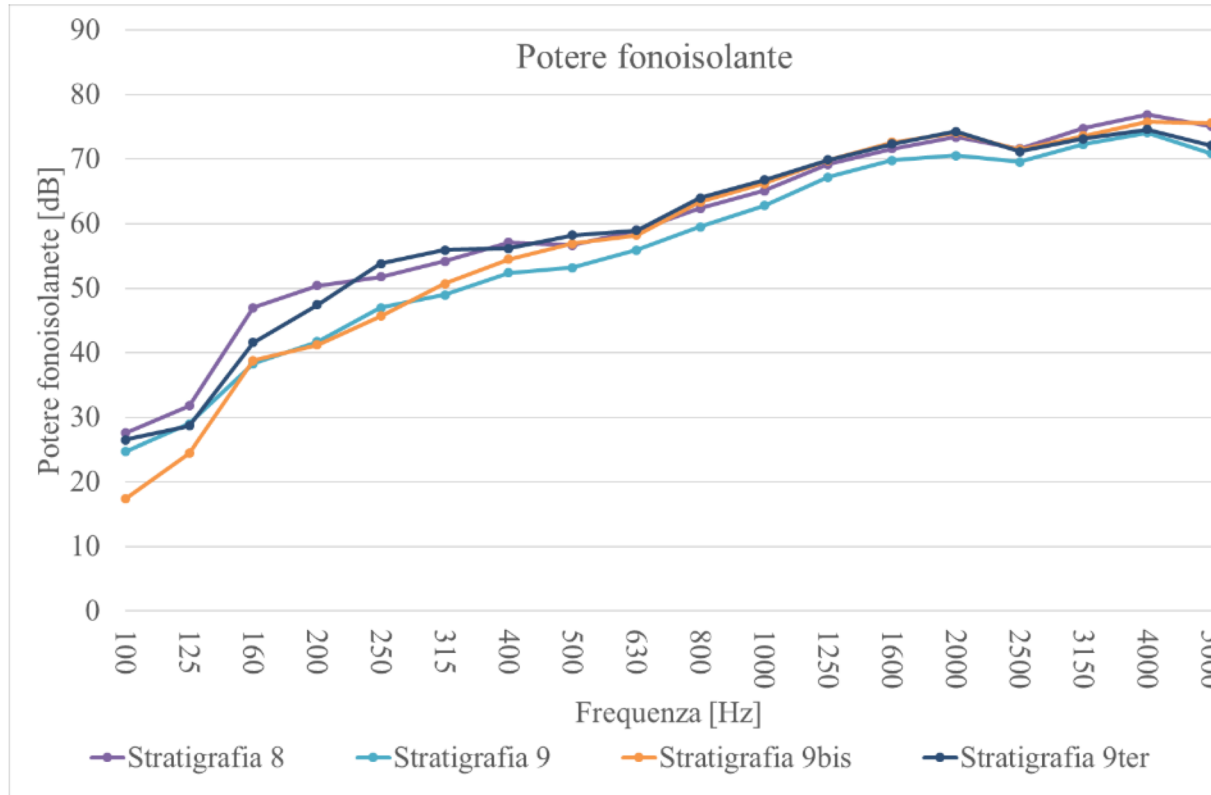
Figure 7d – DOUBLE WALLS: adding an acoustic absorbent increases dramatically the sound reduction index R when both wall portions are disconnected. [Simulation with gypsum boards of 12.5 mm, mineral wool 5 cm, cavity width 10 cm, stud spacing o.c. 60 cm by INSUL 6.3 program of Marshall Day Acoustics].

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

Premium partner:



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:

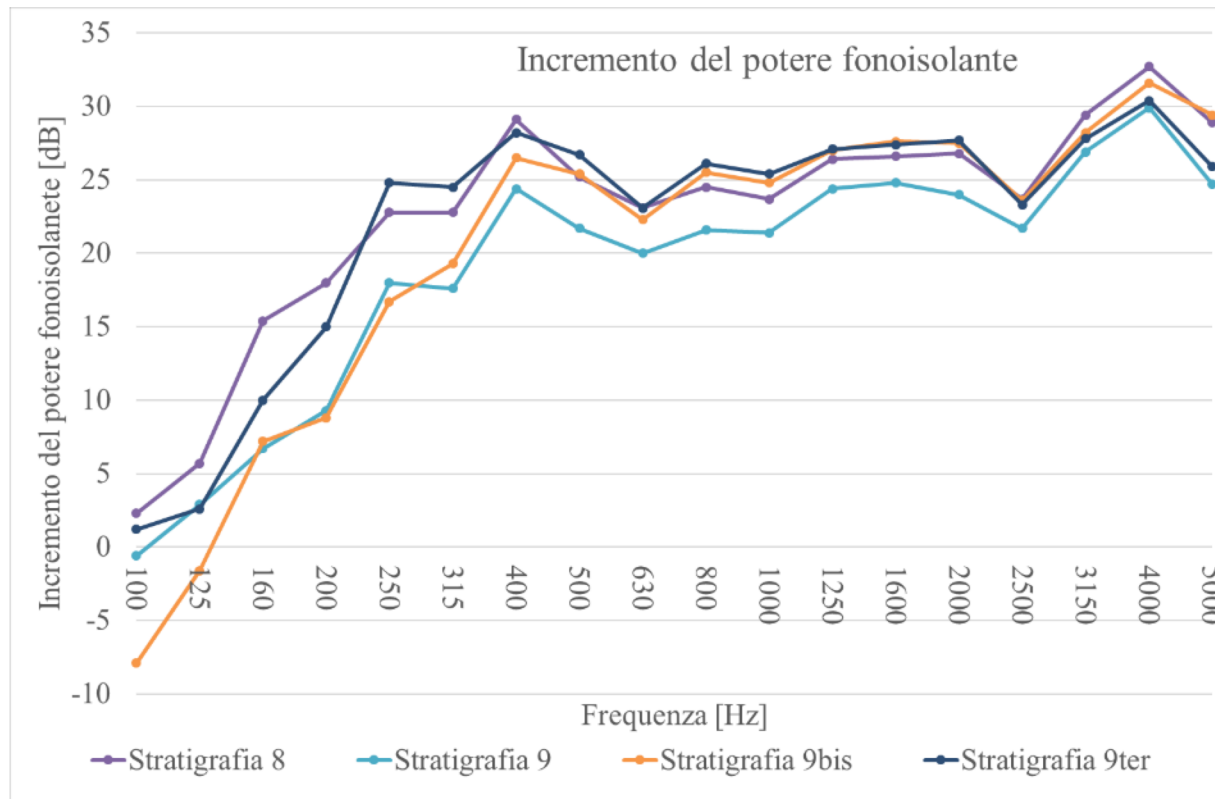
Controsoffitto profilo Ω - $R_w = 58$ dB

Premium partner:



Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni in legno

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:

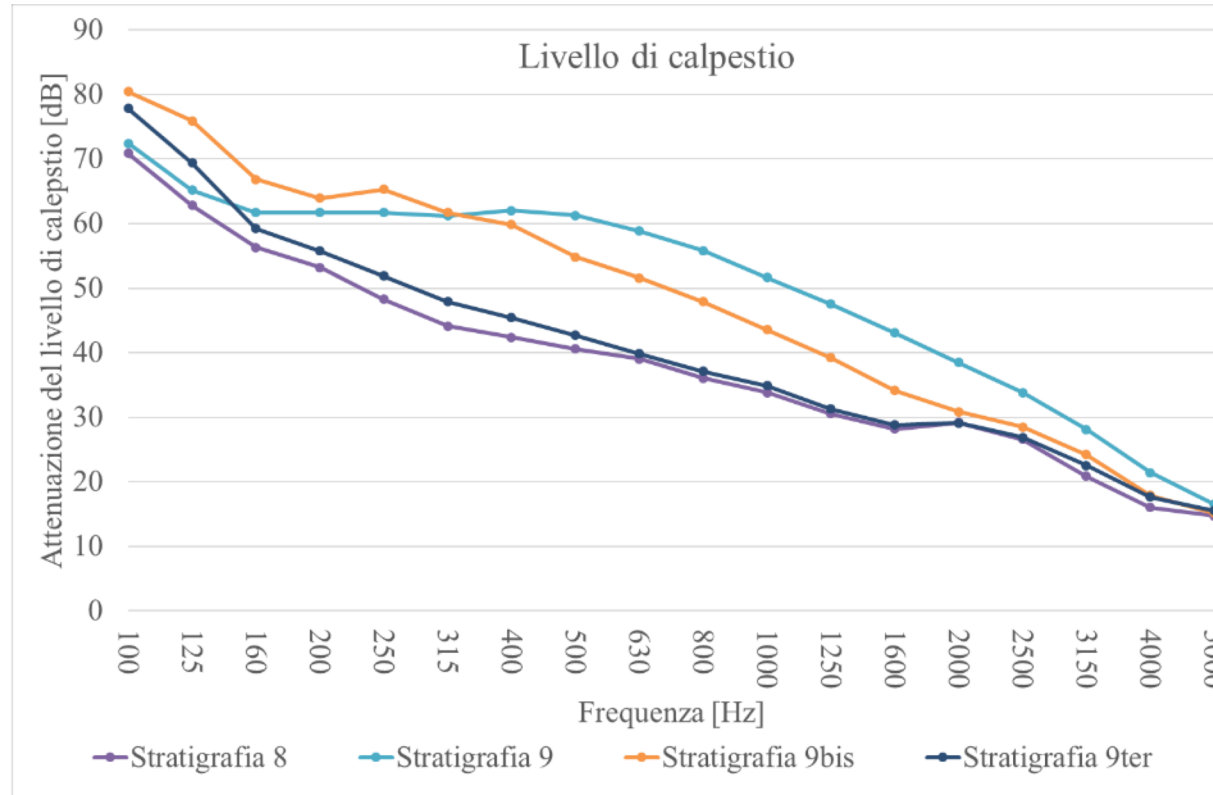
Controsoffitto profilo Ω - $\Delta R = 20$ dB

Premium partner:



Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni in legno

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:

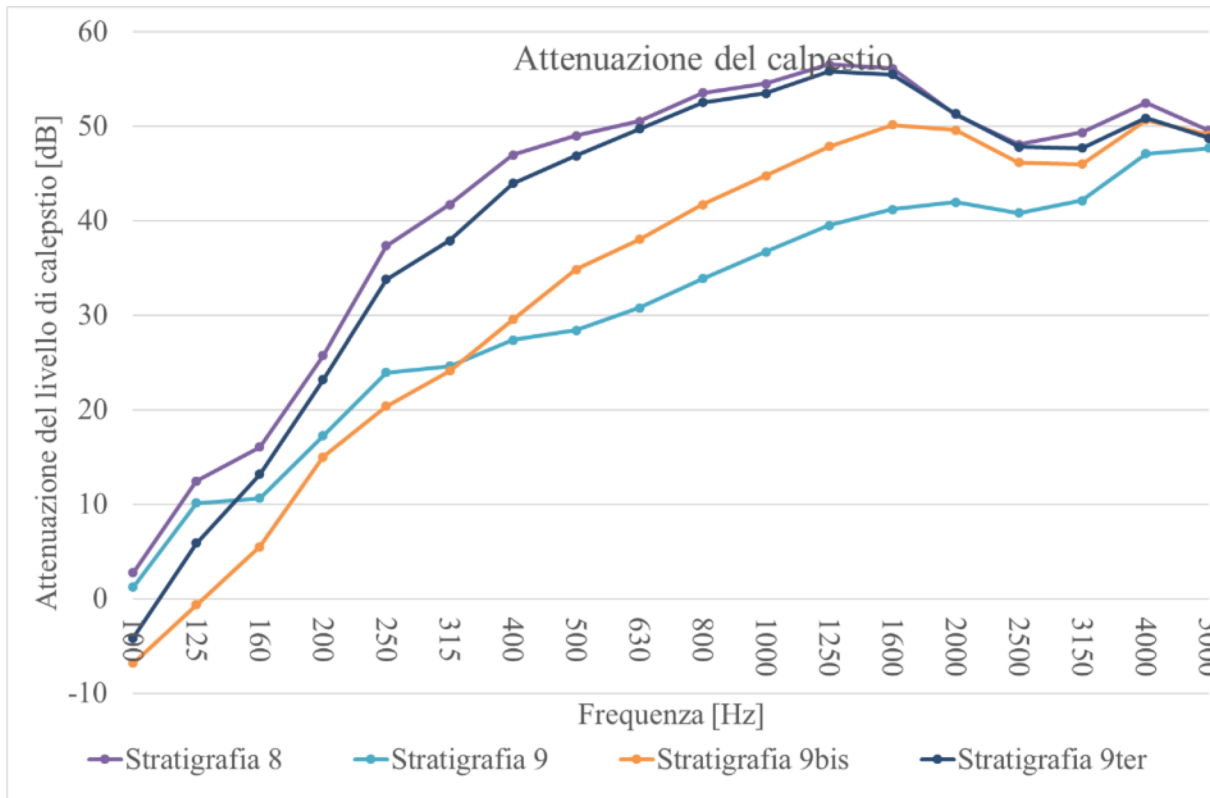
Controsoffitto profilo Ω - $L_{n,w} = 57$ dB

Premium partner:



Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni in legno

Attenuazione del livello di calpestio



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:

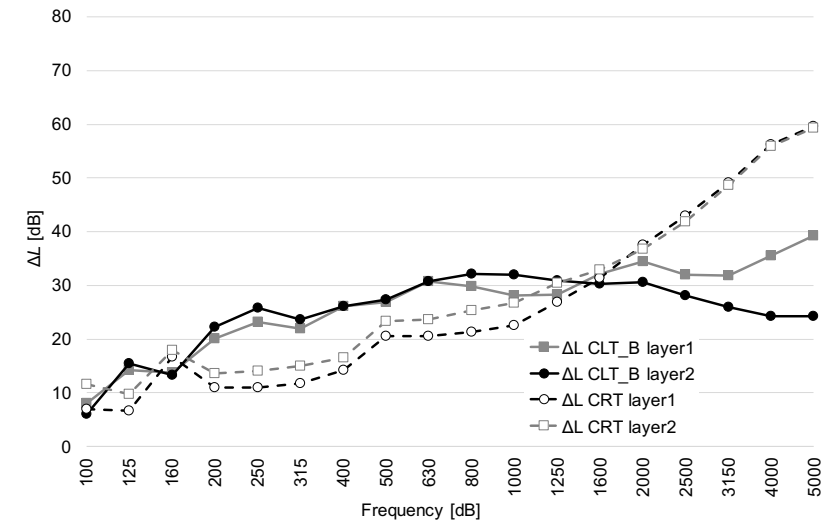
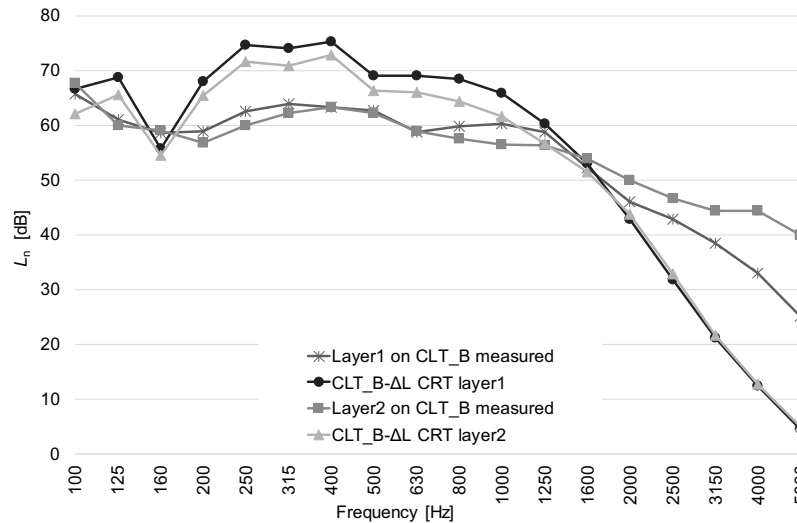
Controsoffitto profilo Ω - $\Delta L = 31$ dB

Premium partner:



Caratteristiche di isolamento acustico di partizioni in legno

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

Premium partner:



La UNI EN ISO 12354 applicata agli edifici in legno

Premium partner:



Applicazione del modello di calcolo CEN dettagliato nel caso studio di un edificio in legno



Premium partner:

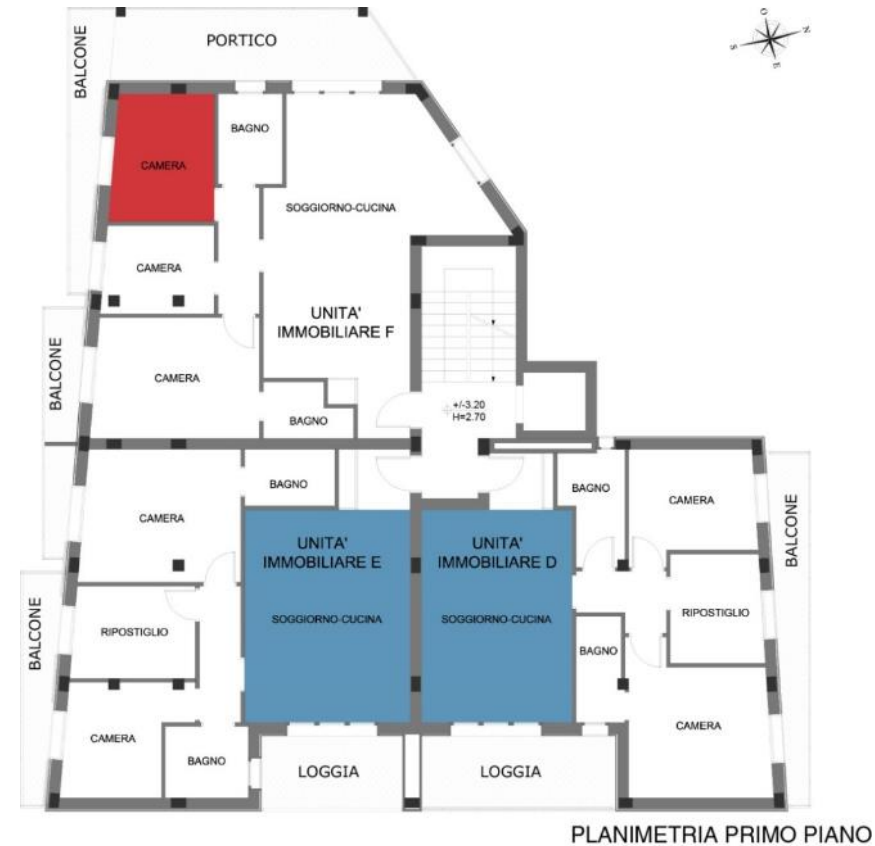


Caso studio



CASO A: camere sovrapposte per il calcolo del livello di calpestio apparente di un solaio tipo

CASO B: vani adiacenti per il calcolo del potere fonoisolante apparente di una parete divisoria



Premium partner:



Modellazione geometrica (1)

CASO A

CASO AMBIENTI SOVRAPPosti

ELEMENTO DI SEPARAZIONE

PARETE ESTERNA 1
l₁ = 3,41 m
h = 2,70 m
S = 9,21 mq
S' = 5,70 mq

AMBIENTE
EMITTENTE

PARETE ESTERNA 2
l₂ = 2,54 m
h = 2,70 m
S = 6,86 mq

SOLAIO
S = 9,12 mq
h = 2,70 m

AMBIENTE
RICEVENTE

PARETE INTERNA 4
l₄ = 2,83 m
h = 2,70 m
S = 7,65 mq

PARETE INTERNA 3
l₃ = 3,40 m
h = 2,70 m
S = 9,18 mq
S' = 6,75 mq

CASO B

CASO AMBIENTI ADIACENTI

ELEMENTO DI SEPARAZIONE

AMBIENTE
EMITTENTE

PARETE ESTERNA 1
l₁ = 2,70 m
l' = 3,21 m
S = 8,67 mq
S' = 3,19 mq

SOLAIO 4
l₄ = 4,03 m
l' = 3,21 m
S = 14,00 mq

PARETE INTERNA 3
l₃ = 3,40 m
l' = 2,70 m
S = 8,67 mq
S' = 6,82 mq

PARETE DIVISORIA
S = 10,88 mq
h = 2,70 m

AMBIENTE
RICEVENTE

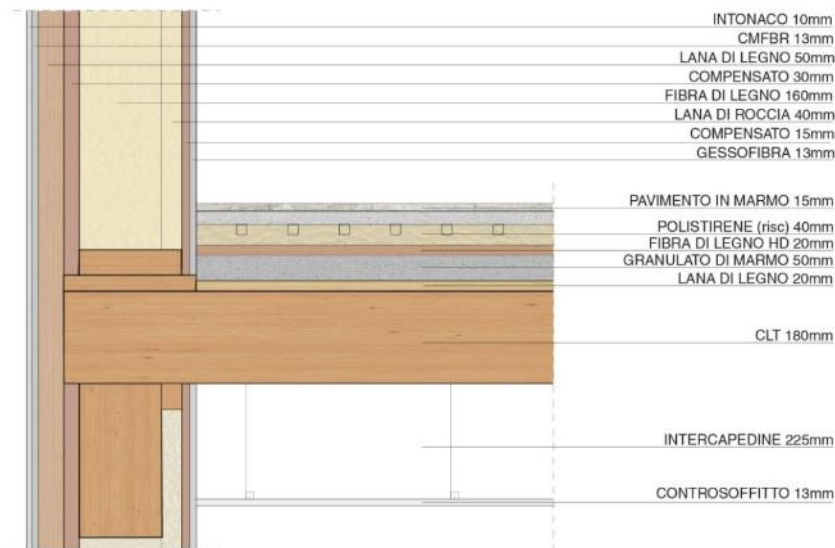
SOLAIO 2
l₄ = 4,03 m
l' = 3,21 m
S = 14,00 mq

Premium partner:

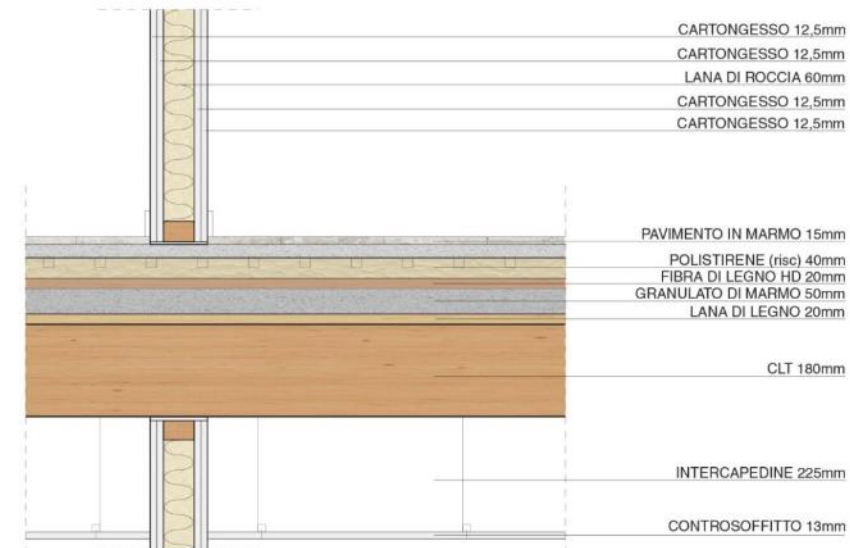


Modellazione geometrica (2)

SOLAIO – PARETE ESTERNA



SOLAIO – PARETE INTERNA

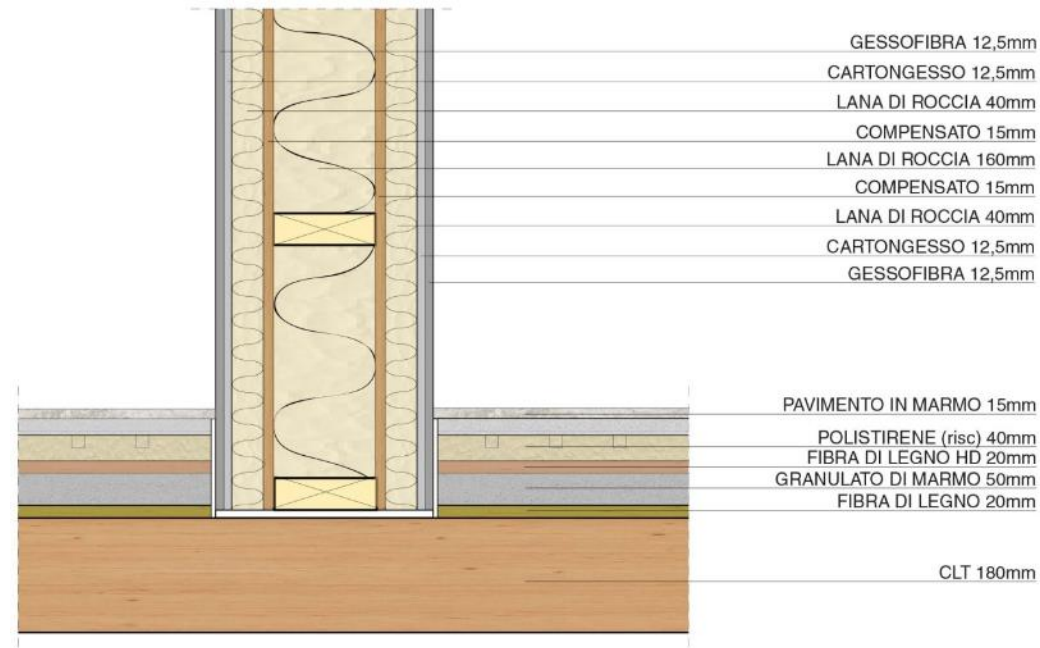


Solaio in **CLT 180 mm** con strati aggiuntivi e controsoffitto
 Parete esterna 330 mm con sistema di pannelli multistrato
 Parete interna 110 mm con pannelli sandwich

Premium partner:

Modellazione geometrica (3)

SOLAIO – PARETE DIVISORIA

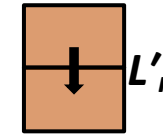


Parete divisoria multistrato 320 mm posata su solaio in **CLT**

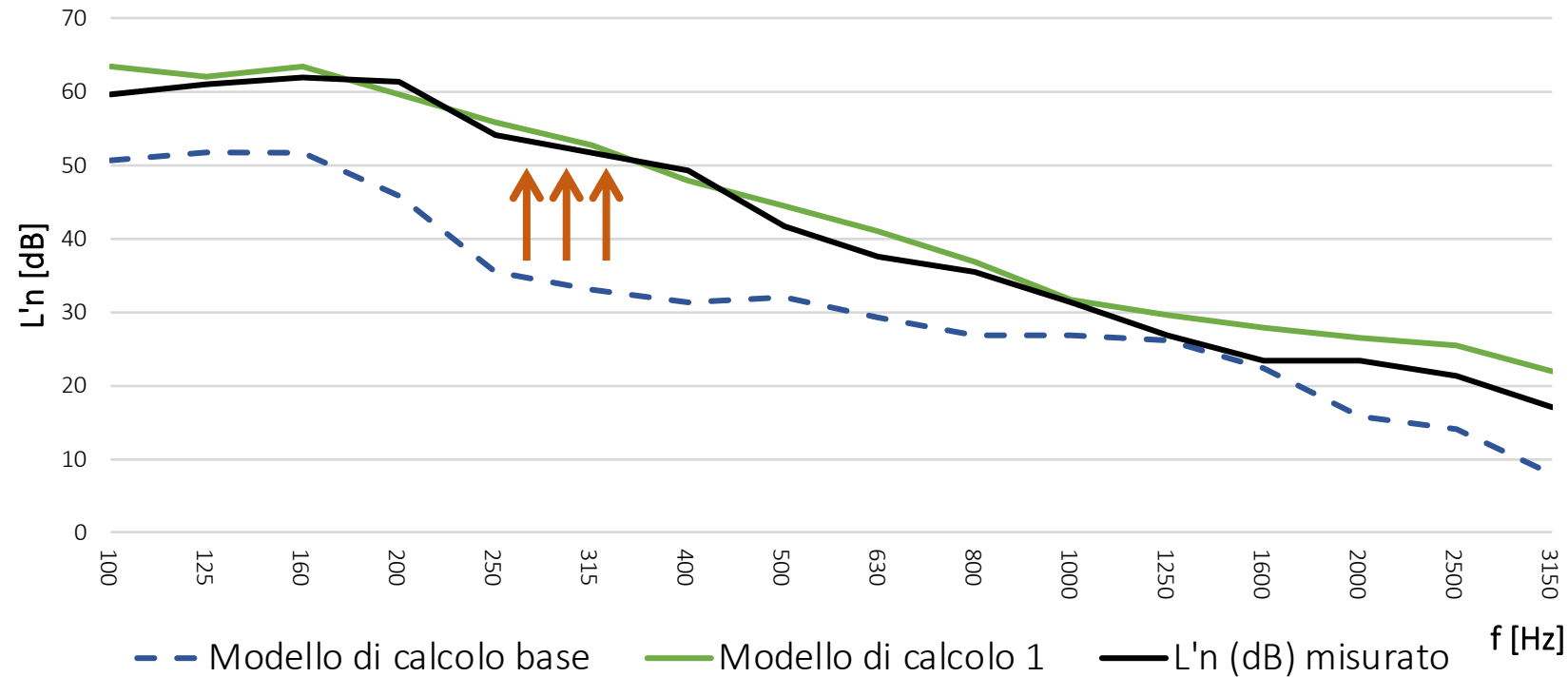
Premium partner:



Risultati Caso A (1)



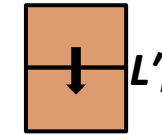
CASO A: modello di calcolo **base** / modello di calcolo **1**



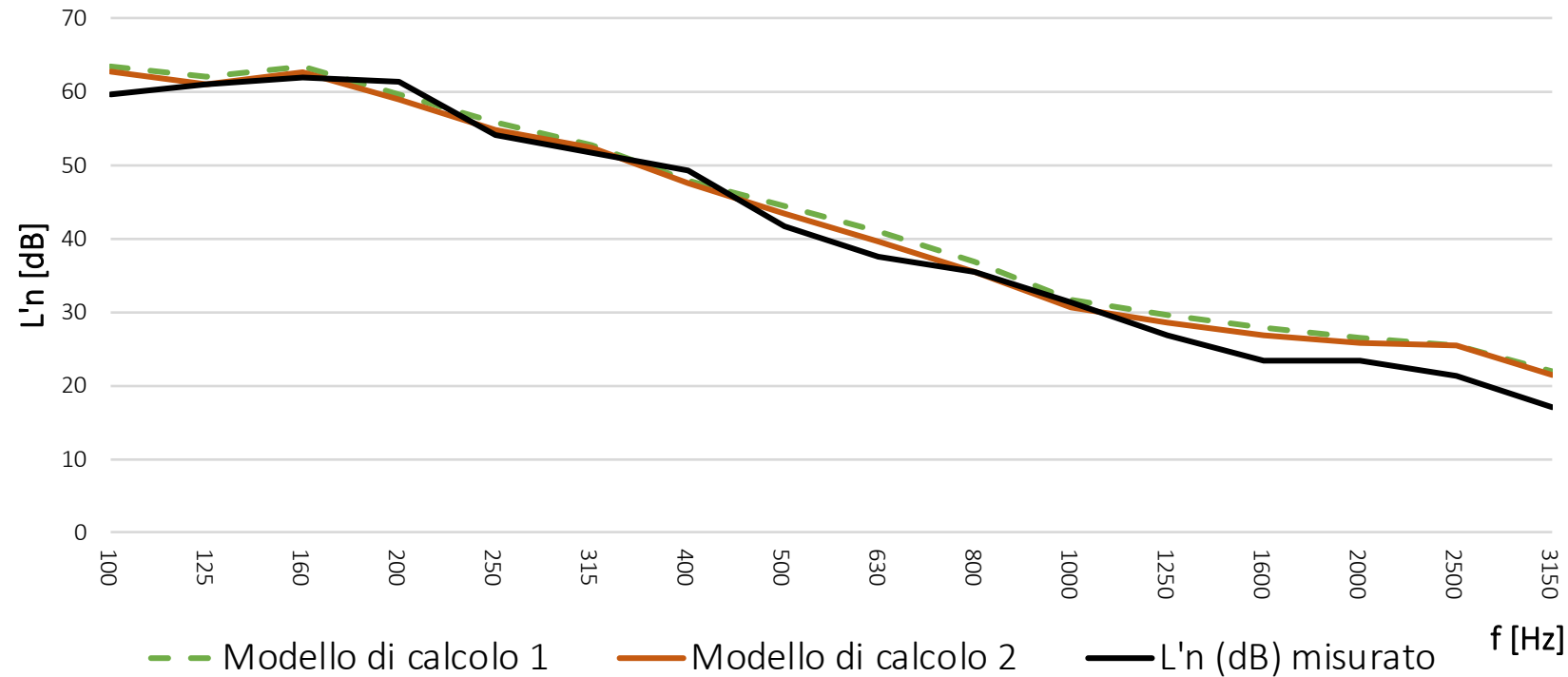
Premium partner:



Risultati Caso A (2)



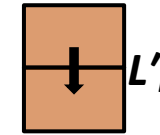
CASO A: modello di calcolo 1 – modello di calcolo 2



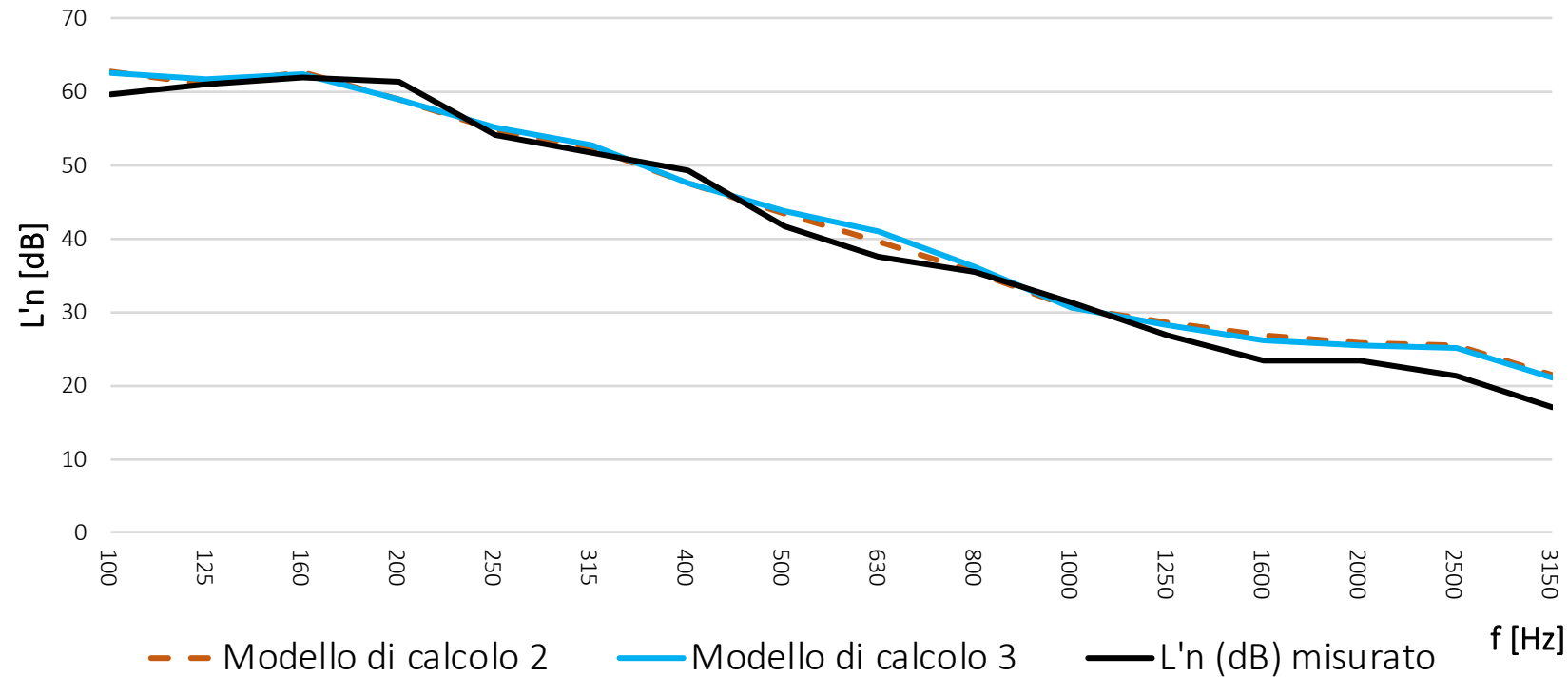
Premium partner:



Risultati Caso A (3)



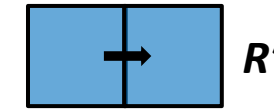
CASO A: modello di calcolo 2 – modello di calcolo 3



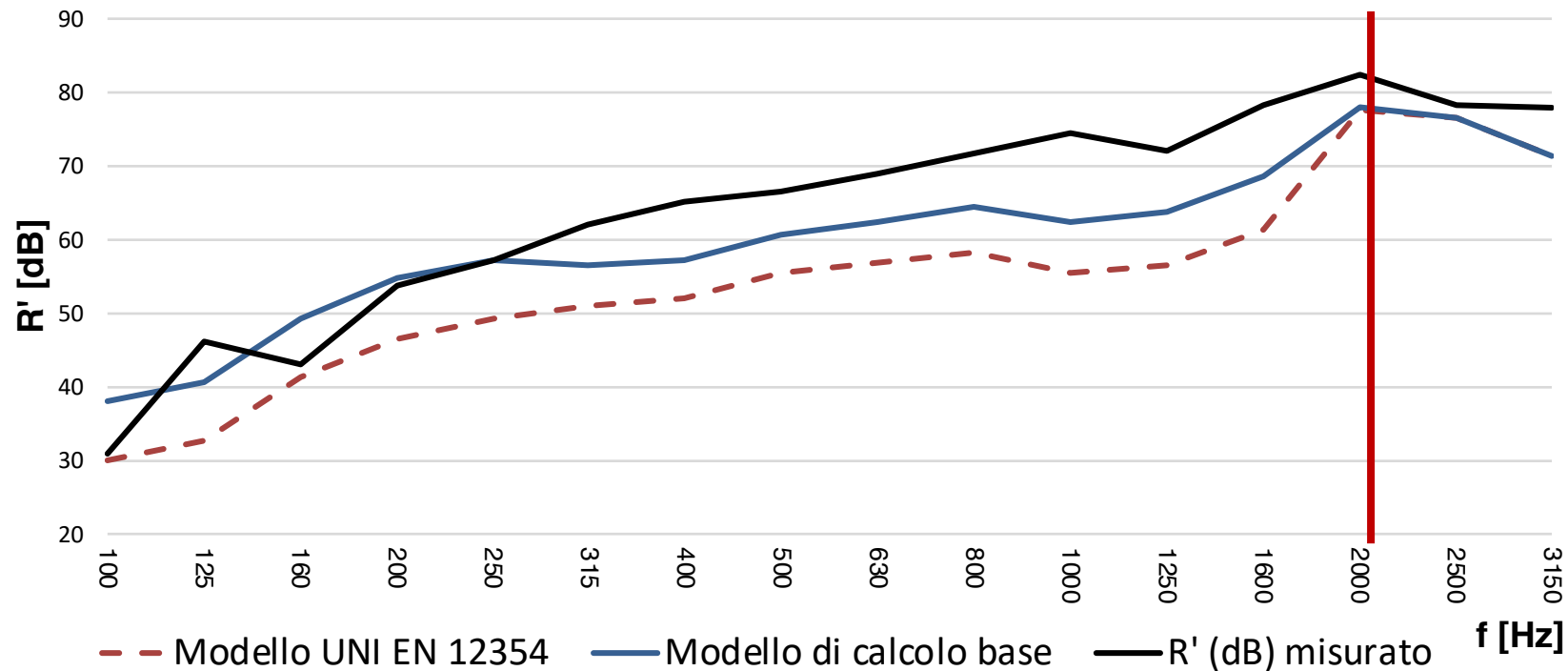
Premium partner:



Risultati Caso B (1)



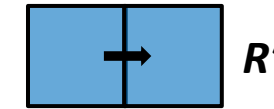
CASO B: applicazione della correzione degli 8 dB



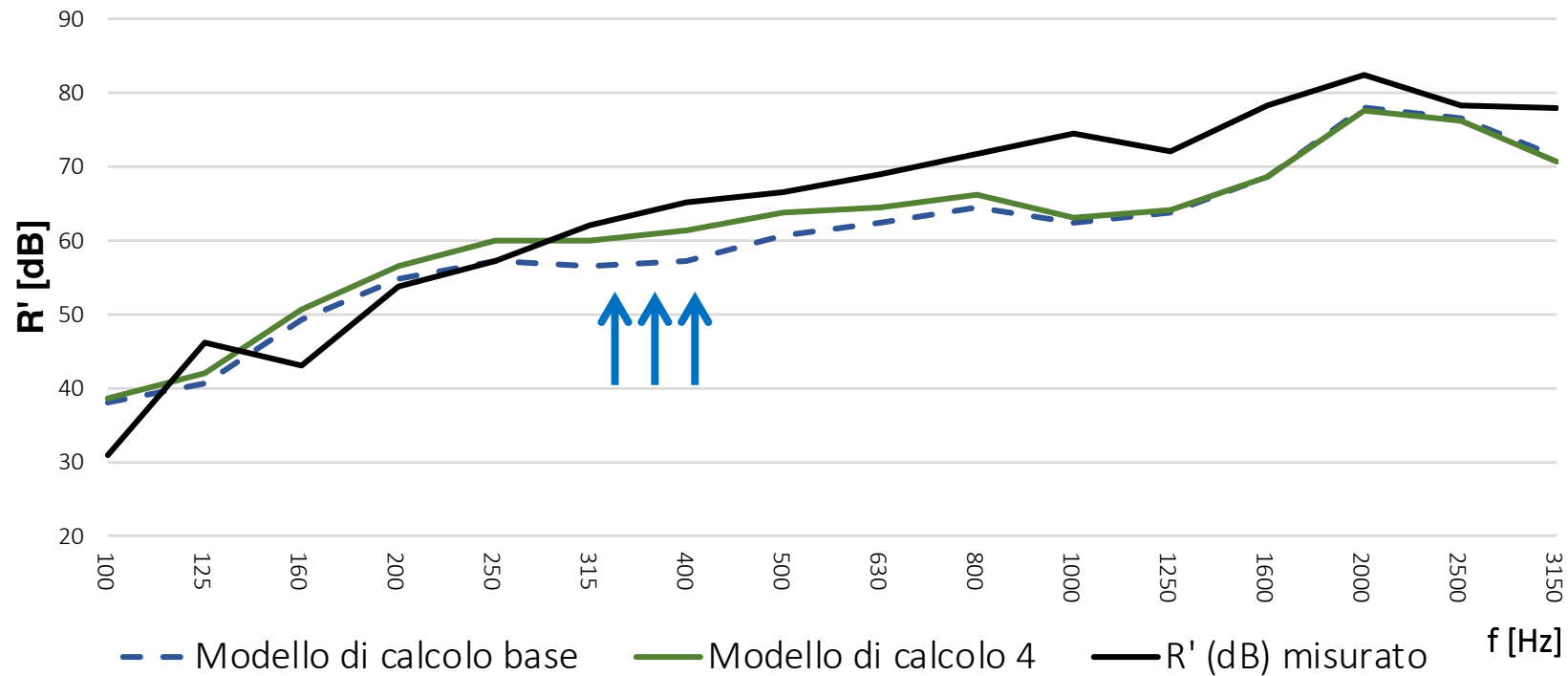
Premium partner:



Risultati Caso B (2)



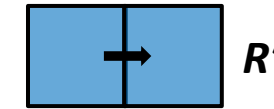
CASO B: modello di calcolo **base** – modello di calcolo **4**



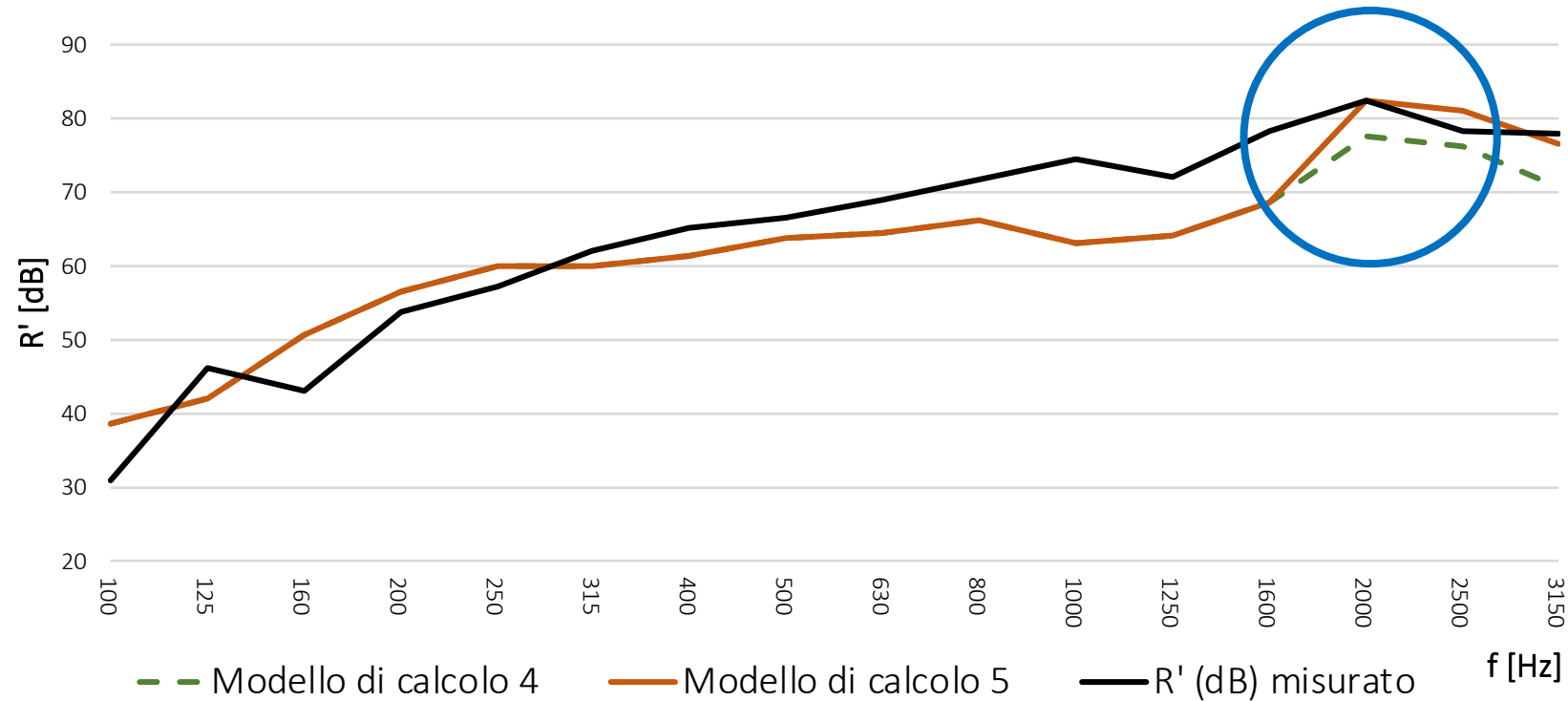
Premium partner:



Risultati Caso B (3)



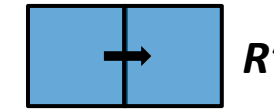
CASO B: modello di calcolo 4 – modello di calcolo 5



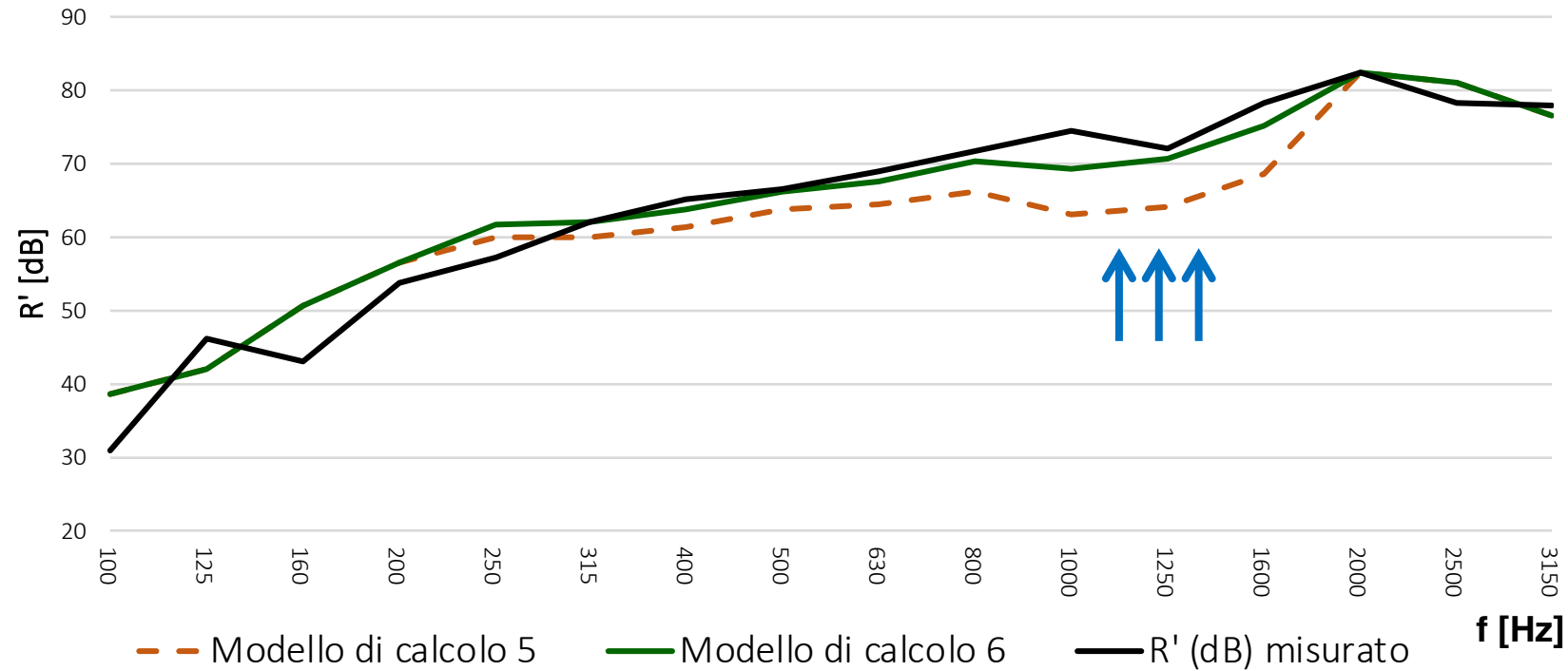
Premium partner:



Risultati Caso B (4)



CASO B: modello di calcolo 5 – modello di calcolo 6



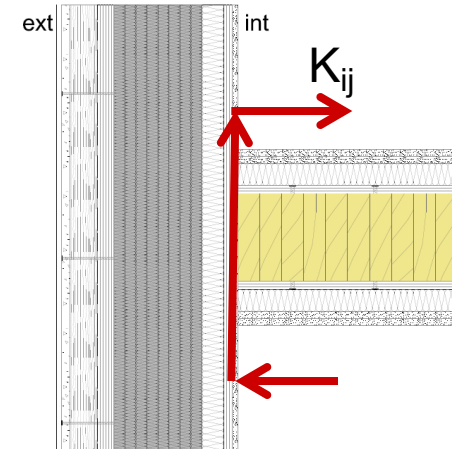
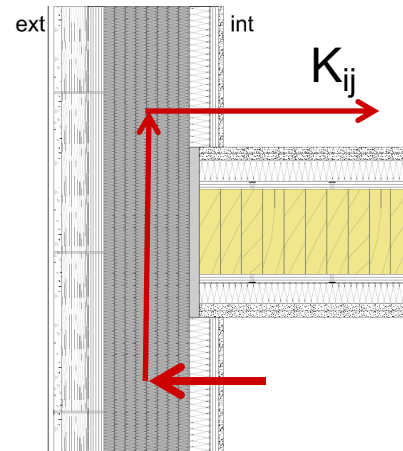
Premium partner:



I giunti strutturali negli edifici in legno

Considerazioni sui risultati del calcolo previsionale La scelta del tipo di giunto

Un altro aspetto fondamentale è relativo alla trasmissione laterale, dove è necessario valutare correttamente come gli strati di rivestimento superficiali delle pareti e le intercapedini si intersecano tra loro. La trasmissione laterale è un fenomeno che interessa direttamente lo strato della struttura laterale più esterno e che è a contatto diretto con l'ambiente ricevente e sorgente



Premium partner:



I giunti strutturali negli edifici in legno

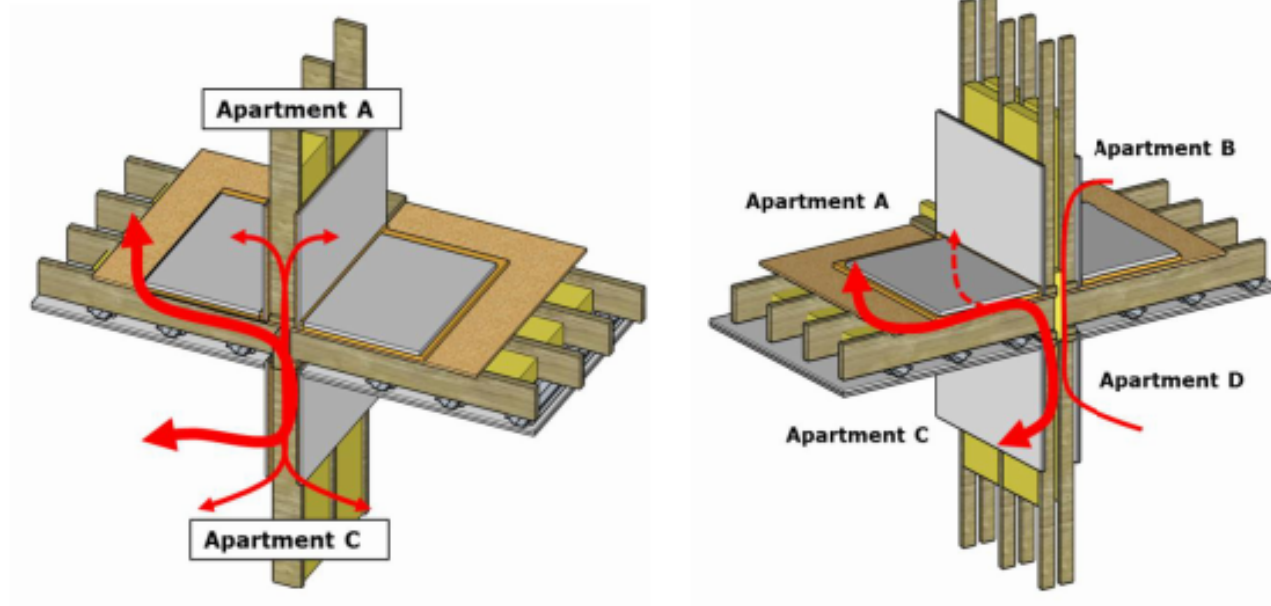


Figure 42 a: flanking transmission paths exist vertically in all junctions, so also through room dividing walls of an apartment (left) or via the façades. In the horizontal direction, the flanking transmission to the adjacent apartment can be eliminated by a party wall such as described in section 3.

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

Premium partner:



Calcolo dettagliato di R_{ij}

Esempio

Il calcolo della trasmissione laterale (1)

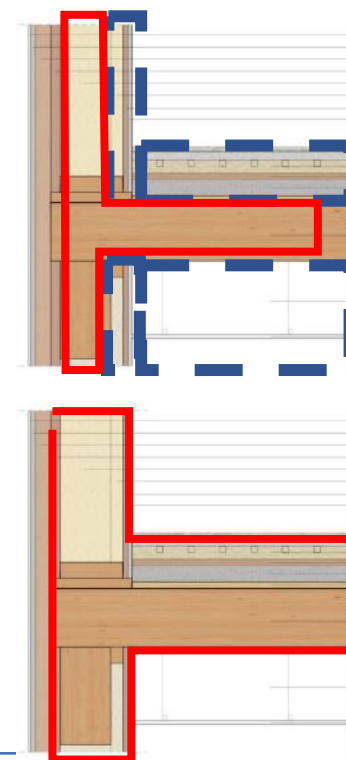
$$R_{ij} = \frac{R_{i,situ} + R_{j,situ}}{2} + \Delta R_{i,situ} + \Delta R_{j,situ} + \overline{D_{v,ij,situ}} + 10 \lg \frac{S_s}{\sqrt{S_i S_j}} =$$

$$= \frac{43 + 38}{2} + 21.3 + 26.7 + 18.3 + (-14.0) = 92.8 \text{ dB}$$

Nelle strutture di tipo B una errata scelta delle strutture connesse tra loro porta ad una sovrastima della trasmissione laterale

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

$$= \frac{64.3 + 66.7}{2} + 0 + 0 + 18.3 + (-14.0) = 69.8 \text{ dB}$$



Calcolo dettagliato di R_{ij}

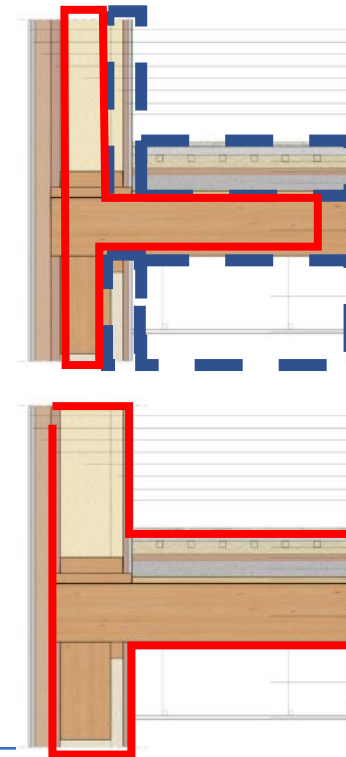
Esempio

Il calcolo della trasmissione laterale (2)

$$R_{ij} = \frac{R_{i,situ} + R_{j,situ}}{2} + \Delta R_{i,situ} + \Delta R_{j,situ} + K_{ij} + 10 \lg \frac{S_s}{l_o l_i} =$$
$$= \frac{43 + 38}{2} + 21.3 + 26.7 + 10.1 + (1.7) = 100.3 \text{ dB}$$

L'utilizzo del K_{ij} al posto di D_{vij} porta alla sovrastima o sottostima della trasmissione laterale

$$R_{ij} = \frac{R_{i,situ} + R_{j,situ}}{2} + \Delta R_{i,situ} + \Delta R_{j,situ} + K_{ij} + 10 \lg \frac{S_s}{l_o l_i} =$$
$$= \frac{64.3 + 66.7}{2} + 0 + 0 + 5.9 + (1.7) = 73.1 \text{ dB}$$



Premium partner:





Il Network dei professionisti che operano nel settore delle costruzioni in legno aderente a FederlegnoArredo

Scopri le modalità per aderire

www.federlegnoarredo.it/it/associazioni/antial

Subito a disposizione

- il “Manuale d’uso e manutenzione”
- gli “Appunti sulle costruzioni in legno”
- i file .dxf dei principali particolari costruttivi per le tecnologie a telaio e CLT



Premium partner:

