

PROPAGAZIONE DEL SUONO NEGLI EDIFICI

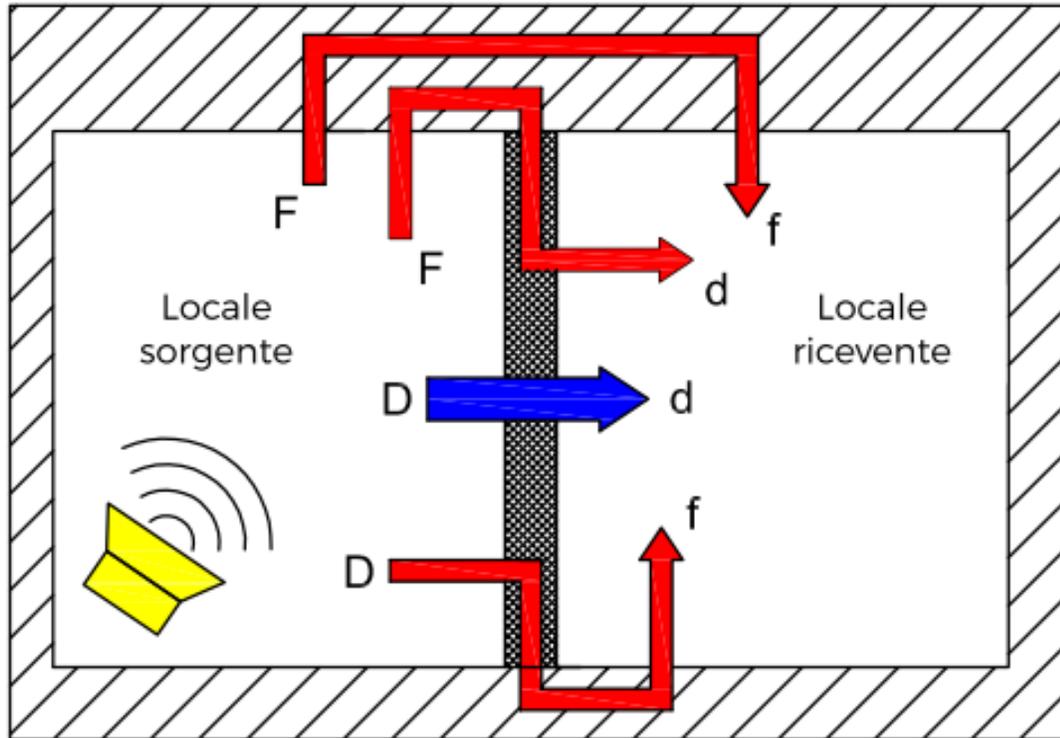
PROPAGAZIONE DEL SUONO NEGLI EDIFICI

- La trasmissione del rumore negli edifici avviene per via aerea e per via strutturale(molteplici percorsi).
- ❑ **Percorso di trasmissione diretta:** riguarda la trasmissione del rumore attraverso il solo elemento strutturale in esame (parete divisoria o solaio).
- ❑ **Percorsi di trasmissione laterale:** riguardano le trasmissioni del rumore che coinvolgono anche gli elementi strutturali adiacenti a quello considerato.

PROPAGAZIONE DEL SUONO NEGLI EDIFICI

- Se consideriamo quindi la propagazione del suono tra due locali confinanti si possono individuare **tredici percorsi di trasmissione di cui uno diretto** (vedi in figura 6 freccia Dd attraverso il divisorio in esame) e **dodici di trasmissione laterale** (tre per ogni lato della parete, come mostrano le frecce Ff, Fd e Df).

PROPAGAZIONE DEL SUONO NEGLI EDIFICI



LEGENDA

- D indica l'elemento divisorio lato sorgente
- d indica l'elemento divisorio lato ricevente
- F indica la struttura laterale lato sorgente
- f indica la struttura laterale lato ricevente

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **POTERE FONOLISOLANTE APPARENTE**

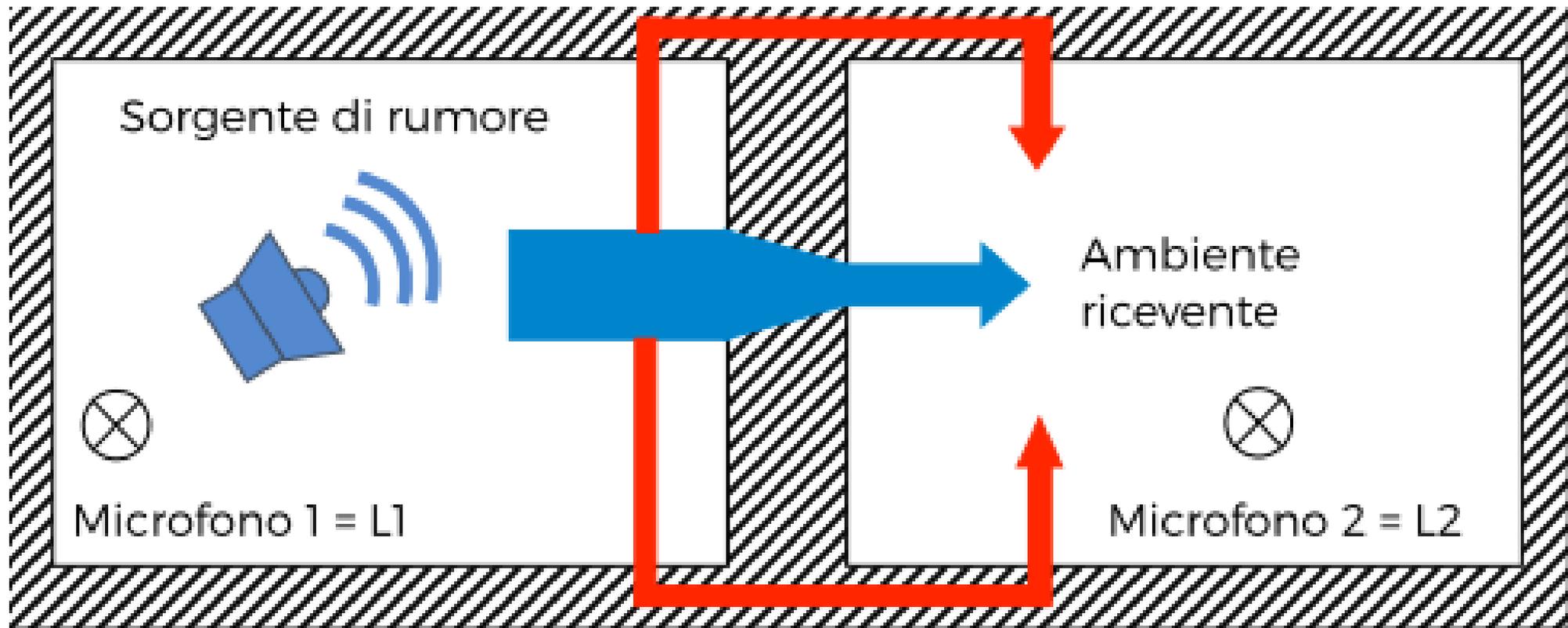
- L'indice di potere fonoisolante apparente ($R' w$) indica quanti decibel è in grado di attutire in opera una partizione che divide due ambienti.

Secondo la norma UNI EN ISO 16283-1 la misura (in opera) si esegue attivando una sorgente di rumore nell'ambiente emittente e misurando il livello di rumore L_1 nell'ambiente emittente e il livello L_2 nell'ambiente ricevente.

Il valore $R' w$ viene determinato dai valori $L_1 - L_2$ dei due rilievi.

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **POTERE FONOISOLANTE APPARENTE**



DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **POTERE FONOLISOLANTE APPARENTE**
- Per eseguire il calcolo analitico di $R'w$, la norma UNI EN ISO 12354-1 indica che occorre determinare l'entità di tutti i possibili percorsi (diretto e laterali) tra ambiente emittente e ricevente e combinarli tra loro.

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **POTERE FONOIOLANTE APPARENTE**

- ❑ Il **percorso diretto**. Può essere ricavato dai certificati delle prove di laboratorio (vedi box Potere fonoisolante in laboratorio) o, in alternativa, stimato con formule empiriche semplificate (derivanti dalle centinaia di certificati realizzati in Italia e all'estero) basate sulla massa superficiale complessiva (m') della partizione e non sulle caratteristiche dei materiali che la compongono come riportato a titolo di esempio in tabella 4.
- ❑ Le **trasmissioni laterali** vengono calcolate conoscendo il valore R_w delle pareti e dei solai che compongono le due stanze e la tipologia di connessione tra parete divisoria e strutture laterali.

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **POTERE FONOIOLANTE APPARENTE**

Tabella 4 – Formule matematiche semplificate per il calcolo del potere fonoisolante R'_w

Norma in UNI TR 11175: pareti in laterizio di massa superiore a 80 kg/mq e prive di materiale isolante.

$$R'_w = 20 \log (m')$$

Solaio in laterocemento di massa $250 < m' < 500$ kg/mq, una relazione matematica proposta nella bibliografia di settore

$$R'_w = 23 \log (m') - 8$$

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **RUMORI DA CALPESTIO**

- Il livello di rumore da calpestio (L'_{nw}) indica quanti decibel passano attraverso la struttura se sollecitata da **rumori da impatto** che si propagano **per via strutturale**. A differenza del potere fonoisolante, che più alto è più isola, in questo caso il valore di L'_{nw} deve essere il più basso possibile.

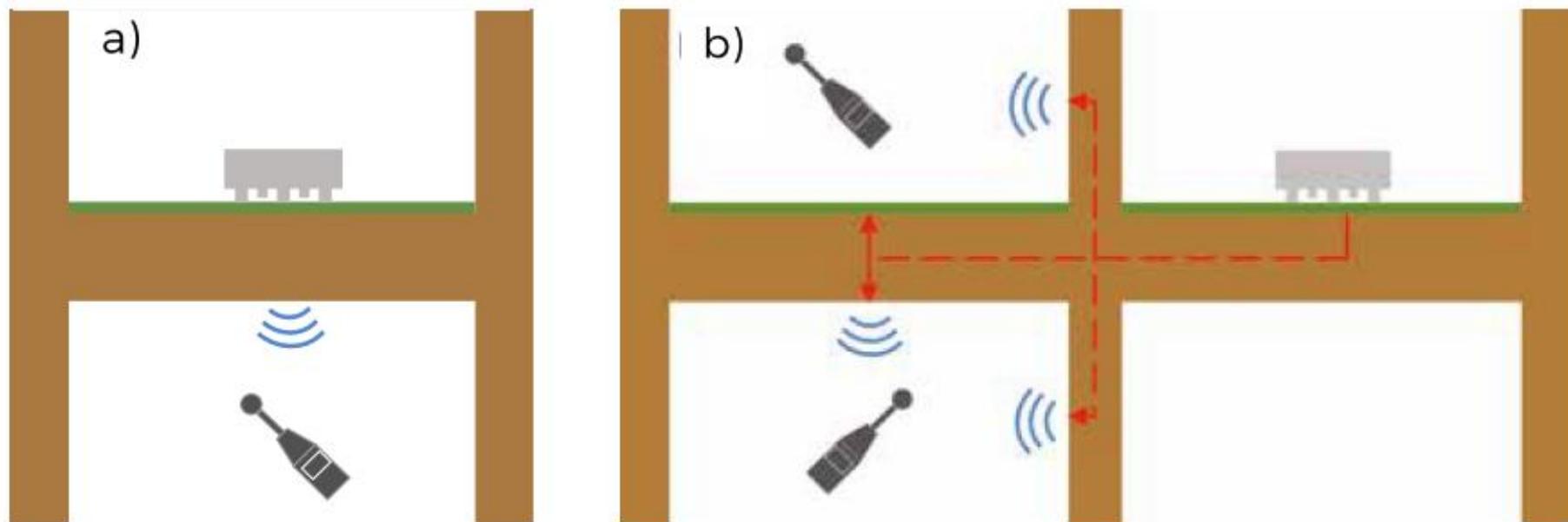
DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **RUMORI DA CALPESTIO**
- Anche questo descrittore può essere misurato in opera e preventivamente calcolato. La misura in opera deve essere eseguita in conformità alla norma UNI EN ISO 16283 – 2 e consiste nell’attivare una “sorgente normalizzata di rumore da calpestio” nell’ambiente emittente e rilevando il livello di rumore percepito nell’ambiente disturbato.

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **RUMORI DA CALPESTIO**

- Si fa notare che tale misura può essere eseguita, oltre che tra ambienti sovrapposti, anche tra stanze affiancate orizzontalmente o ambienti lontani tra loro.



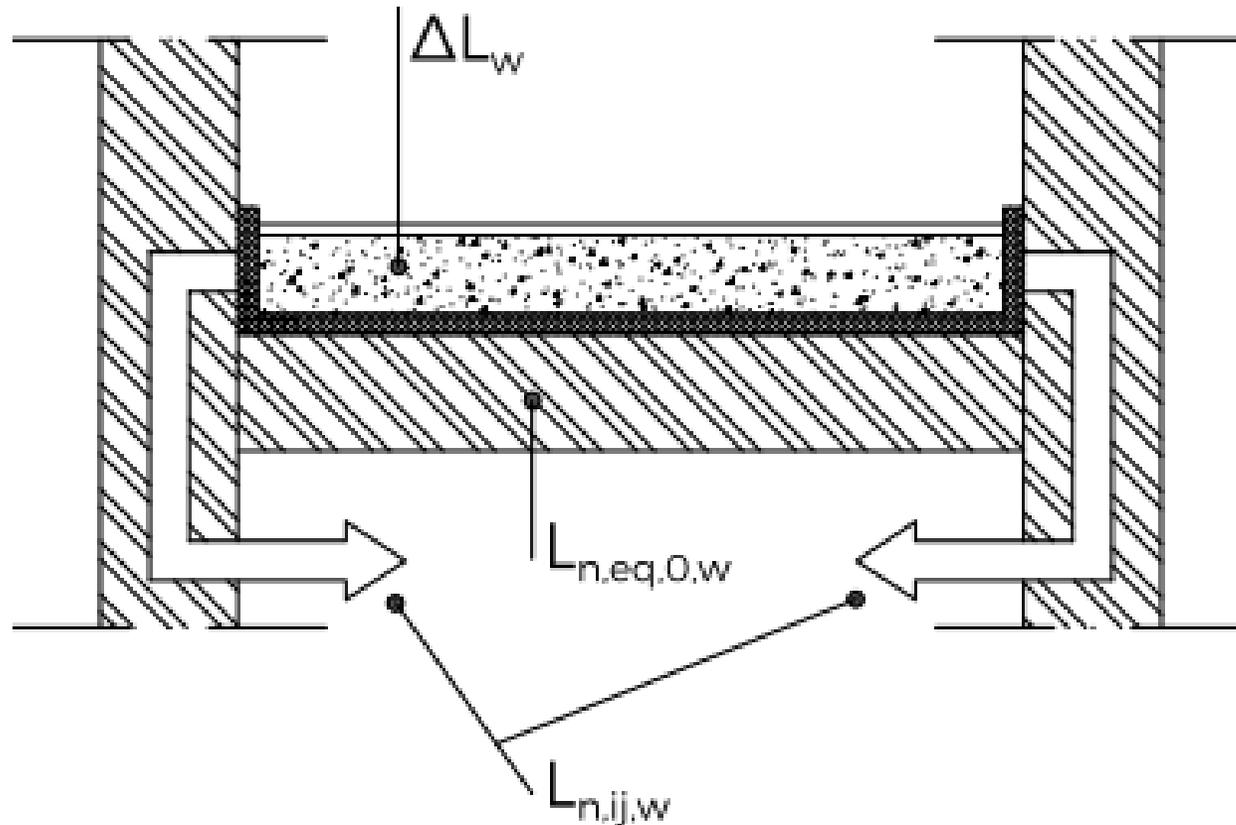
DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **RUMORI DA CALPESTIO**

- Le formule di calcolo analitiche sono invece riportate nella norma UNI EN ISO 12354-2. In maniera molto semplificata, L'_{nw} è dato dai parametri di seguito elencati.
 - ❑ $L_{n,eq,0,w}$ (valore di partenza): è il livello di calpestio del “**solaio portante**”; questo valore diminuisce all’aumentare della massa della struttura.
 - ❑ $L_{n,ij,w}$ (contributi peggiorativi): sono i livelli di rumore per effetto delle **trasmissioni laterali** attraverso tutte le pareti verticali interessate (4 nel caso di ambienti sovrapposti, 2 nel caso di ambienti adiacenti).
 - ❑ ΔL_w (termine migliorativo): è la riduzione del livello di rumore da calpestio determinata da un sistema di isolamento dato da un **materiale resiliente** tra **solaio** e **pavimento** (ad esempio realizzando un massetto galleggiante).

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- RUMORI DA CALPESTIO



DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **RUMORI DA CALPESTIO**
- Non potendo intervenire, specialmente nelle ristrutturazioni, sulla struttura portante per aumentare la massa del solaio, il termine su cui i progettisti possono realmente intervenire per incrementare l'isolamento acustico, è il ΔL_w , scegliendo un adeguato sistema di isolamento. Inoltre, un'altra soluzione, anche in aggiunta al massetto galleggiante, è la realizzazione di un controsoffitto nell'ambiente disturbato.

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA**
- L'indice di isolamento acustico di facciata ($D_{2m,nT,w}$) indica quanti decibel la facciata è in grado di abbattere in riferimento ai rumori aerei provenienti dall'esterno (quali il traffico).
- La misura in opera, in conformità alla UNI EN ISO 16283-3, consiste nell'attivare una sorgente di rumore all'esterno dell'edificio e nel misurare il disturbo sia all'esterno a due metri dalla facciata sia all'interno della stanza. La differenza dei rilievi individua la prestazione della partizione.

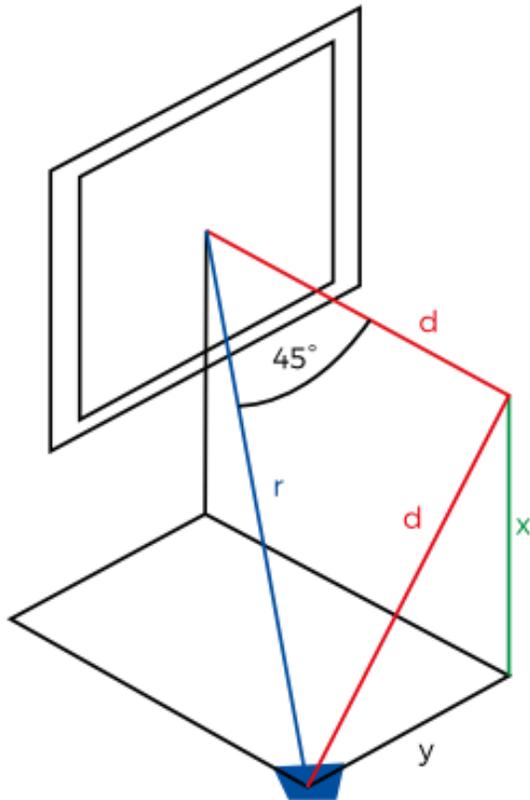
DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA**
- La cassa acustica deve essere posizionata sul terreno a una distanza “d” tale per cui “r” sia di almeno 7 m e con una inclinazione di 45° rispetto al centro della parete da esaminare.
- Il microfono esterno va posizionato a una distanza di 2 m dal centro della facciata e a una altezza di 1,5 m rispetto al piano del pavimento dell’ambiente ricevente.

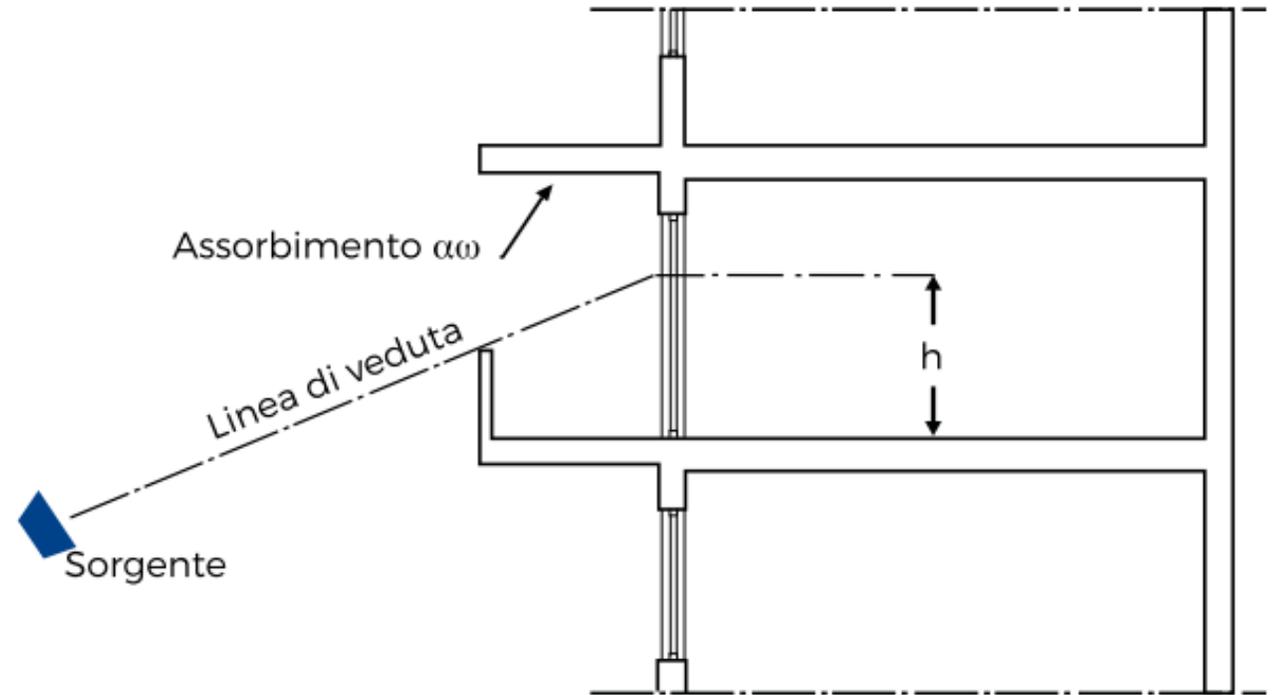
DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA

a)



b)

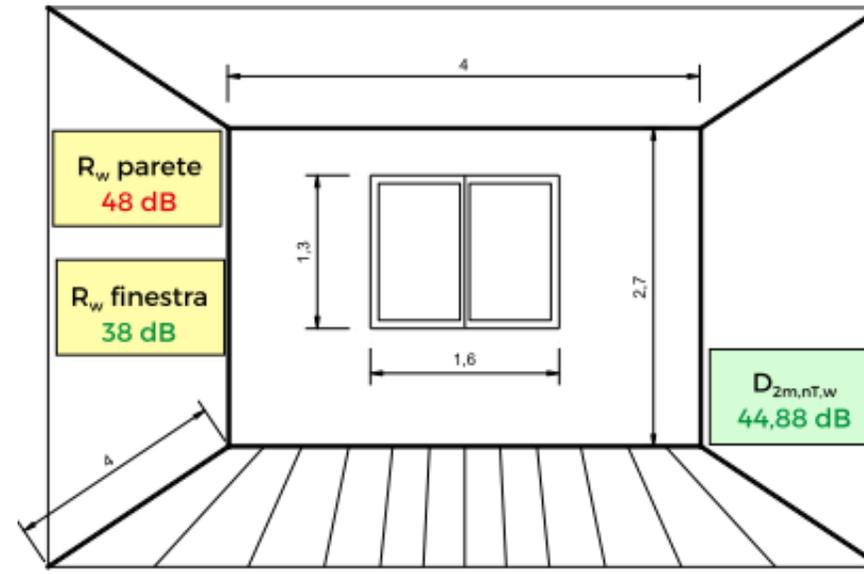
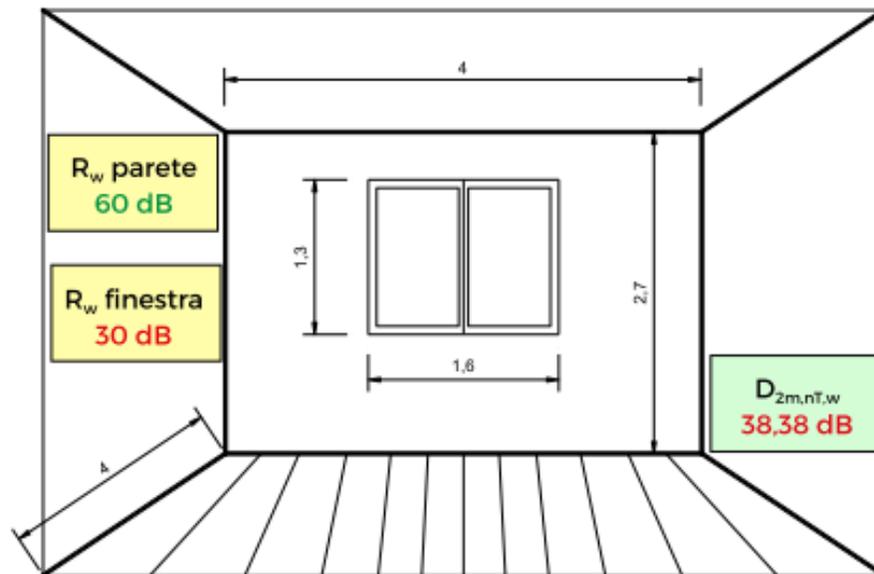


DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA**
- Le formule matematiche per calcolare analiticamente il descrittore $D_{2m,nT,w}$ sono invece riportate nella norma ISO 12354-3. Per determinare il parametro occorre inserire nel modello di calcolo le dimensioni geometriche della stanza e la prestazione fonoisolante (R_w) di tutti gli elementi che compongono la facciata (parete, finestre, cassonetti, ecc.). La presenza di balconi e parapetti può contribuire a migliorare la prestazione della partizione in funzione della forma, del valore di assorbimento acustico di tali elementi e della direzione del rumore.

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA**
- Come in tutti i requisiti acustici anche l'isolamento di facciata è fortemente influenzato dalla prestazione degli elementi più deboli.

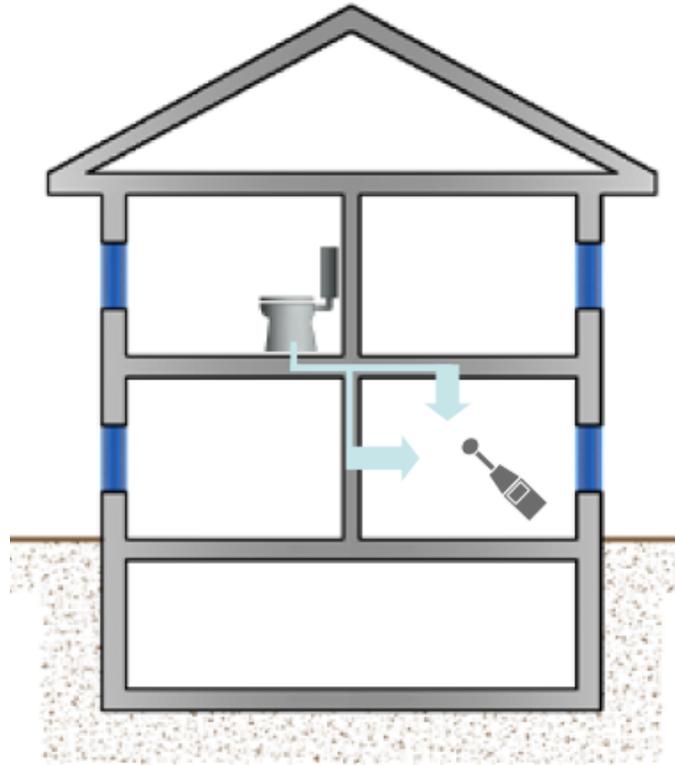


DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **CENNI SUL RUMORE DEGLI IMPIANTI**
- Il livello di rumore degli impianti si misura in opera attivando l'impianto da esaminare e rilevando il livello sonoro nell'ambiente ricevente più disturbato. La norma UNI EN ISO 16032 spiega nel dettaglio le procedure di attivazione, le posizioni da utilizzare durante i rilevamenti e le tecniche di elaborazione dei dati acquisiti.

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- CENNI SUL RUMORE DEGLI IMPIANTI



DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **CENNI SUL RUMORE DEGLI IMPIANTI**
- I modelli di calcolo previsionale del rumore degli impianti sono invece riportati nella norma tecnica UNI EN 12354-5. Il documento è **oggettivamente piuttosto complicato** e in genere i professionisti affrontano il tema proponendo nelle relazioni una serie di indicazioni di corretta posa in opera piuttosto che calcoli analitici.

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **INDICI DI VALUTAZIONE**

- La prestazione fonoisolante (R) di una partizione varia con la frequenza. Per poterla definire con un unico valore rappresentativo, la **UNI EN ISO 717-1** introduce il concetto di “**indice di valutazione R_w** ” calcolato con il cosiddetto “**metodo di confronto**”: la curva sperimentale di R (misurata) viene confrontata con una curva di riferimento definita dalla norma stessa.
- Il pedice “ w ” indica che la grandezza rappresenta un indice di valutazione; ad esempio:

R = potere fonoisolante
(per frequenza)

R_w = indice del potere
fonoisolante (numero unico)

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **INDICI DI VALUTAZIONE**

- La curva di riferimento viene avvicinata a quella delle misure, per passi di 1 dB, in modo tale che la somma degli scarti favorevoli della curva sperimentale rispetto a quella di riferimento sia la più grande possibile ma non superiore a 32 dB.
- Il valore a 500 Hz della curva di riferimento traslata rappresenta l'indice di valutazione del potere fonoisolante .

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- INDICI DI VALUTAZIONE

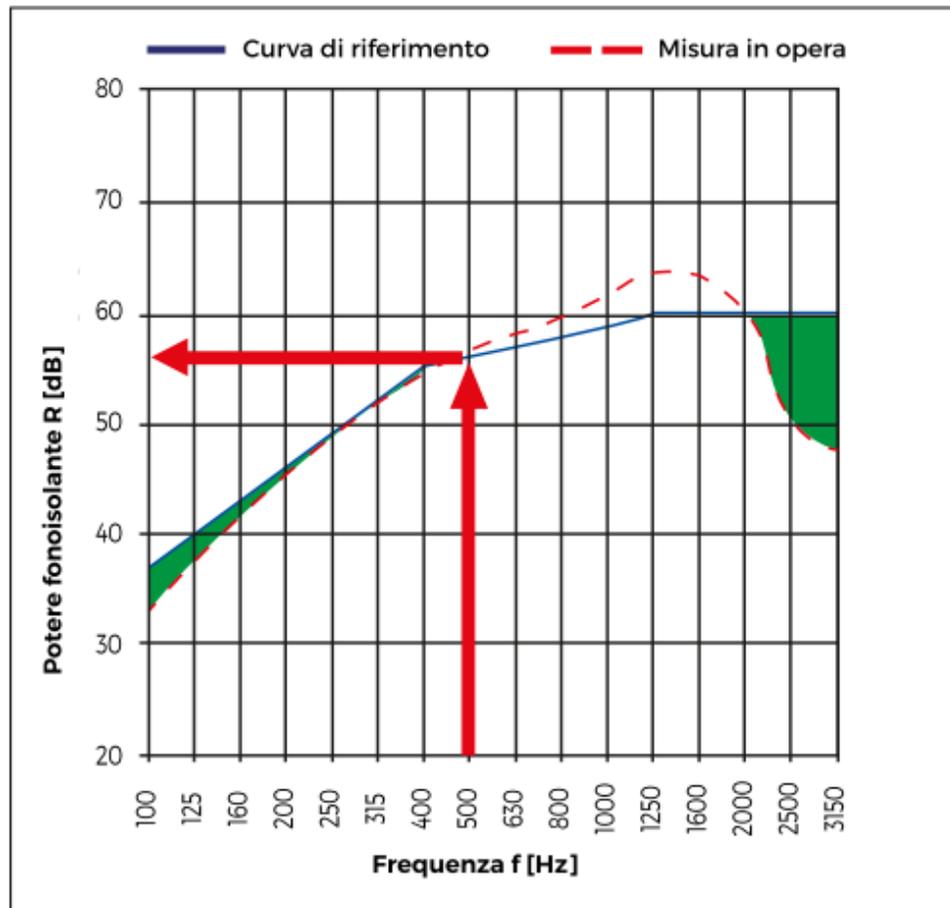


Figura 14 - Determinazione dell'indice di valutazione R_w ottenuto per sovrapposizione della curva sperimentale (misurata in opera) con la curva ISO di riferimento. Le aree verdi rappresentano le condizioni sfavorevoli per la curva delle misure.

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **INDICI DI VALUTAZIONE**

- Allo stesso modo, anche per il livello di rumore da calpestio l'indice viene definito sovrapponendo la curva delle misurazioni con una curva di riferimento definita nella norma **UNI EN ISO 717-2**.
- In questo caso lo scarto è sfavorevole quando la curva delle misure si trova al di sopra di quella di riferimento.

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **INDICI DI VALUTAZIONE**

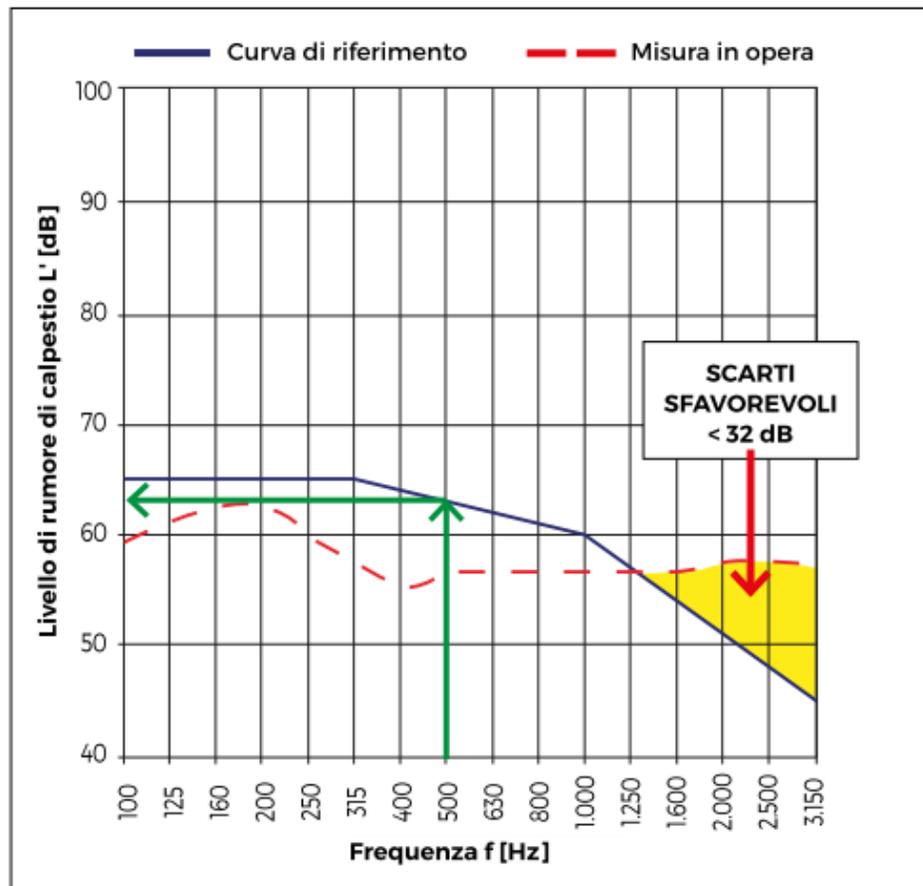


Figura 15 - Determinazione dell'indice di valutazione L_w . L'area gialla rappresenta le condizioni sfavorevoli per la curva delle misure.

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **INDICI DI VALUTAZIONE**

- Tutti i limiti di legge imposti dal DPCM 5/12/1997 si riferiscono agli indici di valutazione ($R' w$, $D 2m,nT,w$, $L' nw$).

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **COEFFICIENTI DI ADATTAMENTO SPETTRALE C e C_{tr}**
- L'utilizzo degli indici di valutazione (**valore unico**) **porta ad una perdita di informazione rispetto ai dati in frequenza**. Nei certificati di misura della prestazione fonoisolante si nota che a fianco al valore dell'indice di valutazione R_w vengono riportati due ulteriori termini (**C e C_{tr}**).
- Si tratta dei coefficienti di adattamento spettrale, due parametri che danno una indicazione in merito a come la parete si comporta per l'isolamento alle frequenze alte (C) e basse (C_{tr}).

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **COEFFICIENTI DI ADATTAMENTO SPETTRALE**
- In sostanza l'effettiva prestazione fonoisolante della partizione è data dalla somma dell'indice con il relativo coefficiente di adattamento.
- Tuttavia, i limiti del DPCM 5/12/1997 non prendono in considerazione questi coefficienti, ma solo il valore relativo all'indice di valutazione.

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **COEFFICIENTI DI ADATTAMENTO SPETTRALE**

- Anche i coefficienti di adattamento spettrale si calcolano seguendo le indicazioni delle norme tecniche UNI EN ISO 717-1 e UNI EN ISO 717-2 come di seguito riportato.
- Rumori ad **alta frequenza (C)** si utilizza per caratterizzare l'isolamento della partizione rispetto a rumori ad alta frequenza e in particolare:
 - attività umane (conversazione, musica e radio);
 - bambini che giocano;
 - traffico ferroviario a velocità media e elevata;
 - traffico autostradale > 80 km/h;
 - aereo a reazione a breve distanza;
 - fabbriche (rumore a frequenza media alta).

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **COEFFICIENTI DI ADATTAMENTO SPETTRALE**
- **Rumori da traffico o basse frequenze (C tr)** si utilizza per caratterizzare l'isolamento della partizione rispetto a rumori a bassa frequenza:
 - traffico stradale urbano;
 - traffico ferroviario a basse velocità;
 - velivolo a elica;
 - aereo a reazione a lunga distanza;
 - musica da discoteca;
 - fabbriche (rumore a frequenza bassa media).

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **COEFFICIENTI DI ADATTAMENTO SPETTRALE C1**
- Anche per quanto riguarda il livello di rumore da calpestio l'indice di valutazione determina una perdita di informazione, motivo per cui viene introdotto il termine di **adattamento spettrale C 1**. La procedura di calcolo di questo parametro è descritta nella UNI EN ISO 717-2. Esso è definito in modo che per i **solai con sistemi anti calpestio** posati correttamente il suo valore **sia circa zero**, mentre sia leggermente positivo per i solai a travetti di legno con picchi di rumore a bassa frequenza. Per i solai senza sistemi anticalpestio, o con sistemi posati in modo non corretto, il coefficiente risulta compreso tra -15 e 0 dB.

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

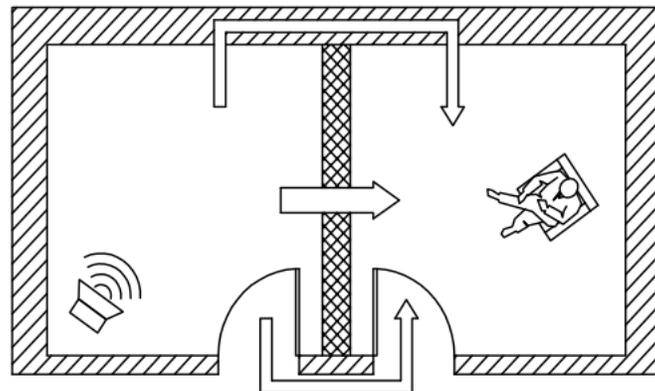
- **COEFFICIENTI DI ADATTAMENTO SPETTRALE**

A titolo di esempio:

Certificato di prova del potere fonoisolante: $R_w = 53$ (-2; -5)	Certificato di prova dell'indice di rumore a calpestio: $L'_{nw} = 68$ (-8)
Significa che	
$R_w = 53$ dB a 500 Hz	$L'_{nw} = 68$ dB a 500 Hz
$C = -2$ dB Indica che il potere fonoisolante per rumori alle alte frequenze è 51 dB	$C1 = -8$ dB Tale termine non va sommato al valore di L'_{nw} ma fornisce solo un'idea della perdita di prestazione in caso di materassino posato male.
$C_{tr} = -5$ dB Indica che il potere fonoisolante per rumori alle basse frequenze è 48 dB	

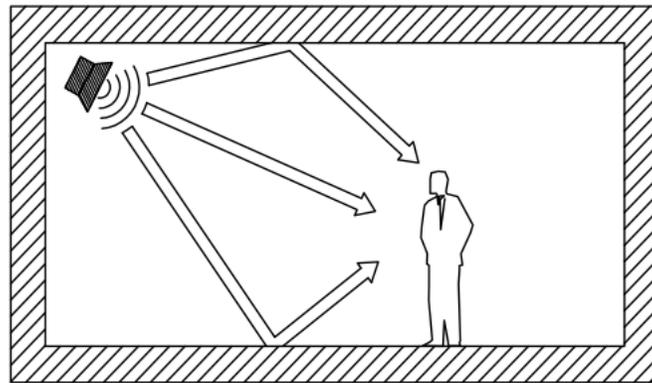
DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **FONOSOLAMENTO E FONOASSORBIMENTO**
- Le parole fonoisolamento e fonoassorbimento spesso vengono confuse tra loro, ma definiscono concetti molto diversi.
- Gli interventi di fonoisolamento hanno lo scopo di minimizzare la trasmissione del rumore tra due ambienti e fare in modo che il rumore prodotto in una stanza non disturbi il locale adiacente



DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

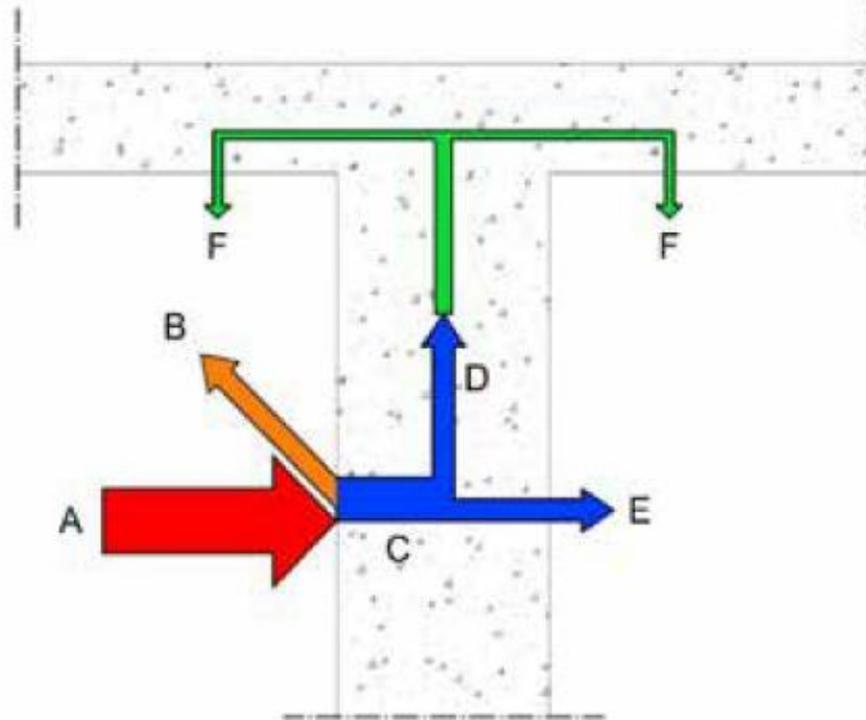
- **FONOSOLAMENTO E FONOASSORBIMENTO**
- Gli interventi di fonoassorbimento invece servono per controllare la riflessione dei suoni sulle pareti di un ambiente e adattare il riverbero della stanza



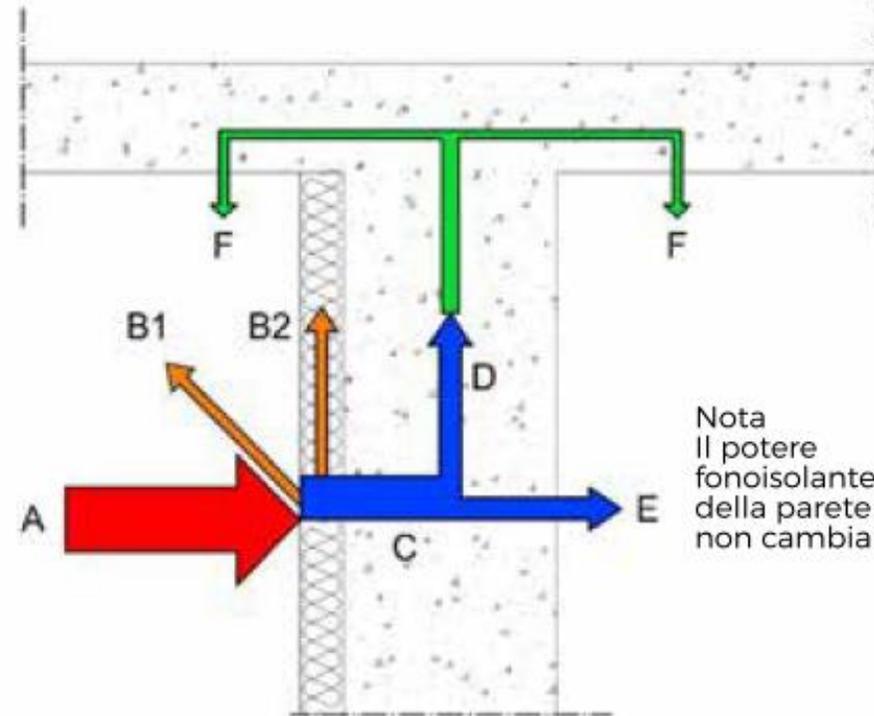
DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- FONOISOLAMENTO E FONOASSORBIMENTO

Parete senza elemento fonoassorbente



Parete con elemento fonoassorbente



Nota
Il potere
fonoisolante
della parete
non cambia

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **TEMPO DI RIVERBERO (T)**
- Il tempo di riverbero di una stanza è il tempo, in secondi, necessario affinché un rumore generato nell'ambiente decada di 60 dB.
- **Le procedure di misura, definite nelle norme serie ISO 3382, richiedono di attivare una sorgente nell'ambiente e di rilevare il suo decadimento nel tempo.** Le sorgenti possono essere di tipo **impulsivo** (ad esempio pistole a salve, palloncini, ecc.) oppure di tipo **“continuo”** (una cassa acustica che genera un rumore costante e poi viene spenta).

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- TEMPO DI RIVERBERO (T)

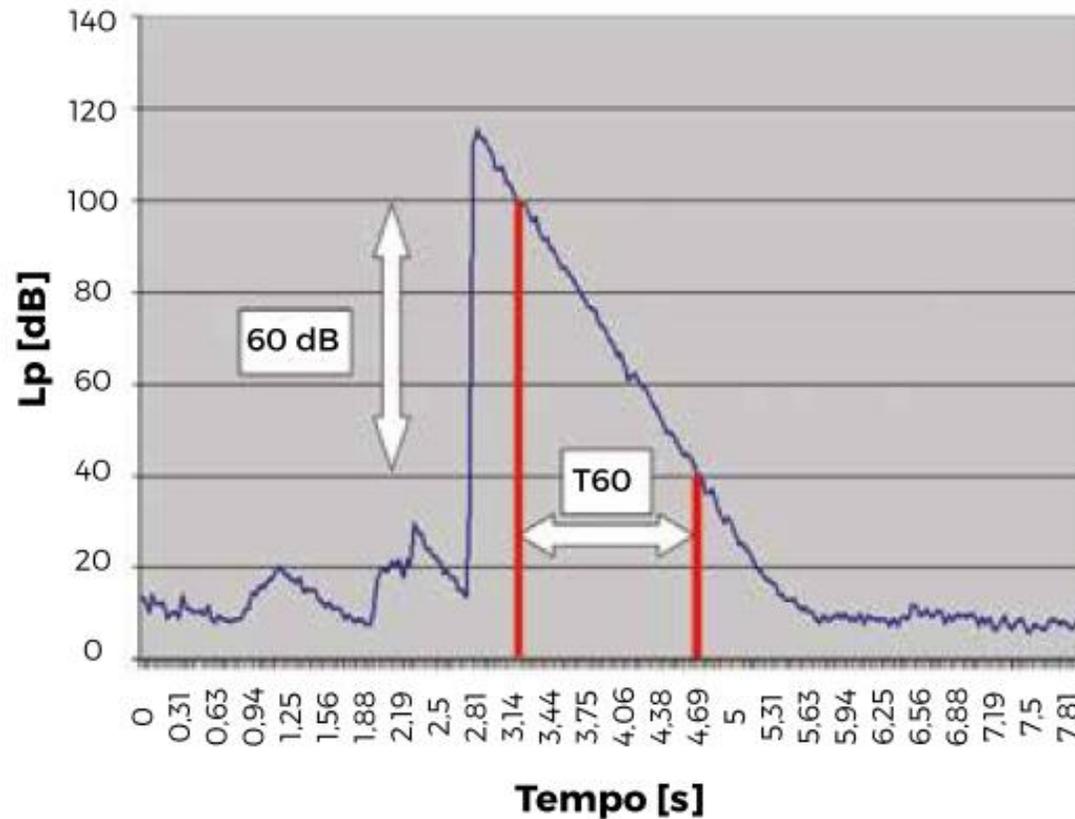


Figura 19 - Misura del tempo di riverbero con sorgente impulsiva

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- **TEMPO DI RIVERBERO (T)**
- Anche il tempo di riverbero **varia con la frequenza** considerata e **dipende sia dal volume** dell'ambiente sia dalla quantità e qualità di materiali **fonoassorbenti presenti**. All'aumentare dei materiali si riduce il tempo di riverberazione.
- Il **modello di calcolo previsionale della norma UNI EN 12354-6** richiede come dati di ingresso le **dimensioni geometriche dell'ambiente e le prestazioni fonoassorbenti delle superfici della stanza e dell'arredo presente**. Anche le persone, con i loro vestiti, contribuiscono a modificare la riverberazione dell'ambiente.

DESCRITTORI DEI REQUISITI ACUSTICI

- TEMPO DI RIVERBERO (T)

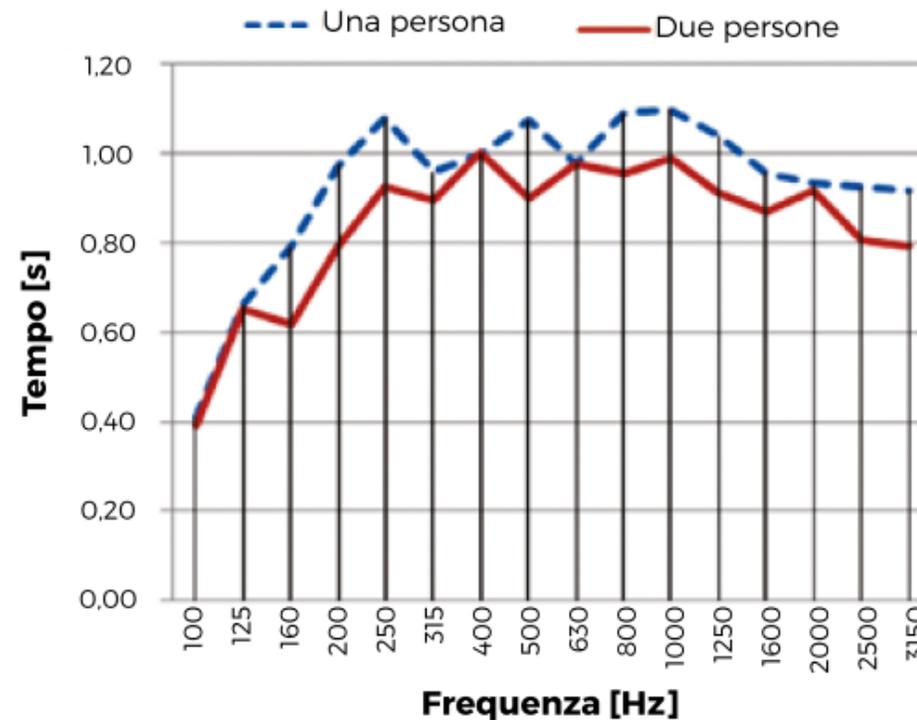


Figura 20 - Tempo di riverbero in un ambiente di 40 mc con una o due persone