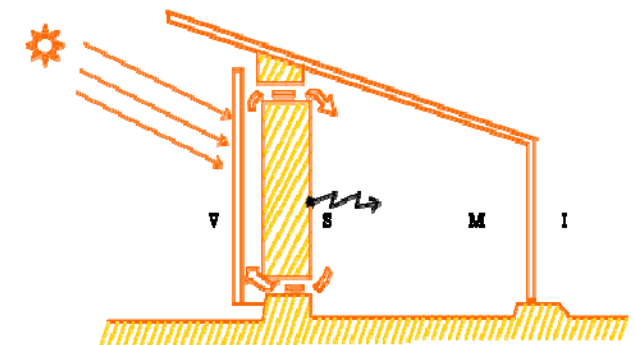
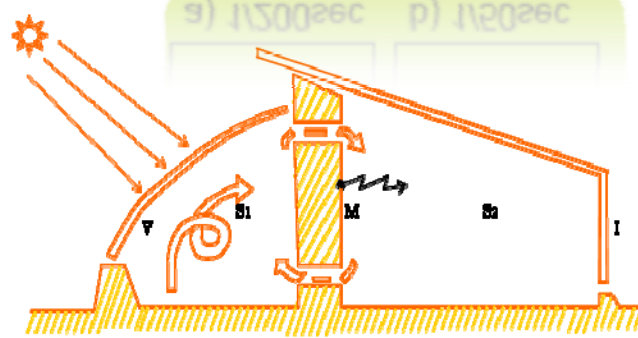
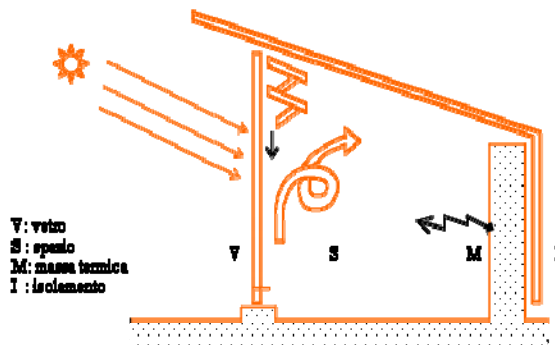
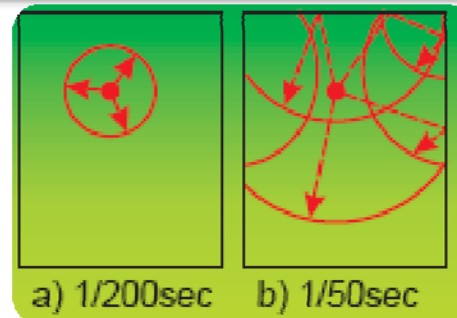




Correlazione dei requisiti *A*custici ed *E*nergetici nella progettazione architettonica



Progettazione Acustica ed Energetica

Il notevole interesse per le prestazioni di isolamento acustico degli edifici, definite dal D.P.C.M. 5-12-1997, e la recente emanazione della nuova normativa sul risparmio energetico in edilizia D.Lgs 192/05 e 311/06, hanno rafforzato la necessità di definire procedure di progettazione che considerino entrambi gli aspetti.

Legislazione Nazionale sui Requisiti Energetici degli Edifici

Legge 10/91, D.Lgs 192/05 e D.Lgs 311/06

Legge 10/91



Relazione termotecnica da produrre prima del rilascio della concessione edilizia o del permesso di costruire

D.Lgs 192/05

D.Lgs 311/06

D.Lgs 115/08



- 1. Nuovi valori delle Trasmittanze*
- 2. Nuovi Metodi di Calcolo*
- 3. Certificazione Energetica*
- 4. Qualificazione Energetica*
- 5. Massa Superficiale
(attenuazione e sfasamento)*

L'isolamento acustico di un sistema è la sua attitudine a limitare la propagazione di suoni.

Esso è indicato dal **POTERE FONOISOLANTE (R)**, che rappresenta l'attenuazione in dB che il suono subisce nell'attraversare il sistema.

Se chiamiamo W_i l'energia totale che nell'unità di tempo (potenza) incide sulla parete e W_a , W_r , W_t , le quote di potenza rispettivamente assorbita dalla parete, riflessa e trasmessa, si può scrivere:

$$W_i = W_a + W_r + W_t$$

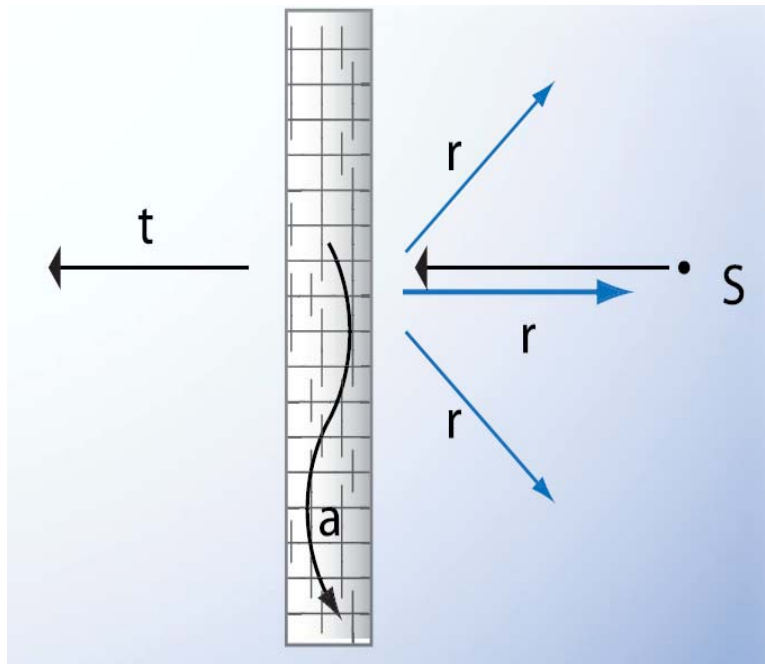
Dove:

W_i = potenza incidente totale

W_a = potenza assorbita dalla parete

W_r = potenza riflessa dalla parete

W_t = potenza trasmessa dalla parete



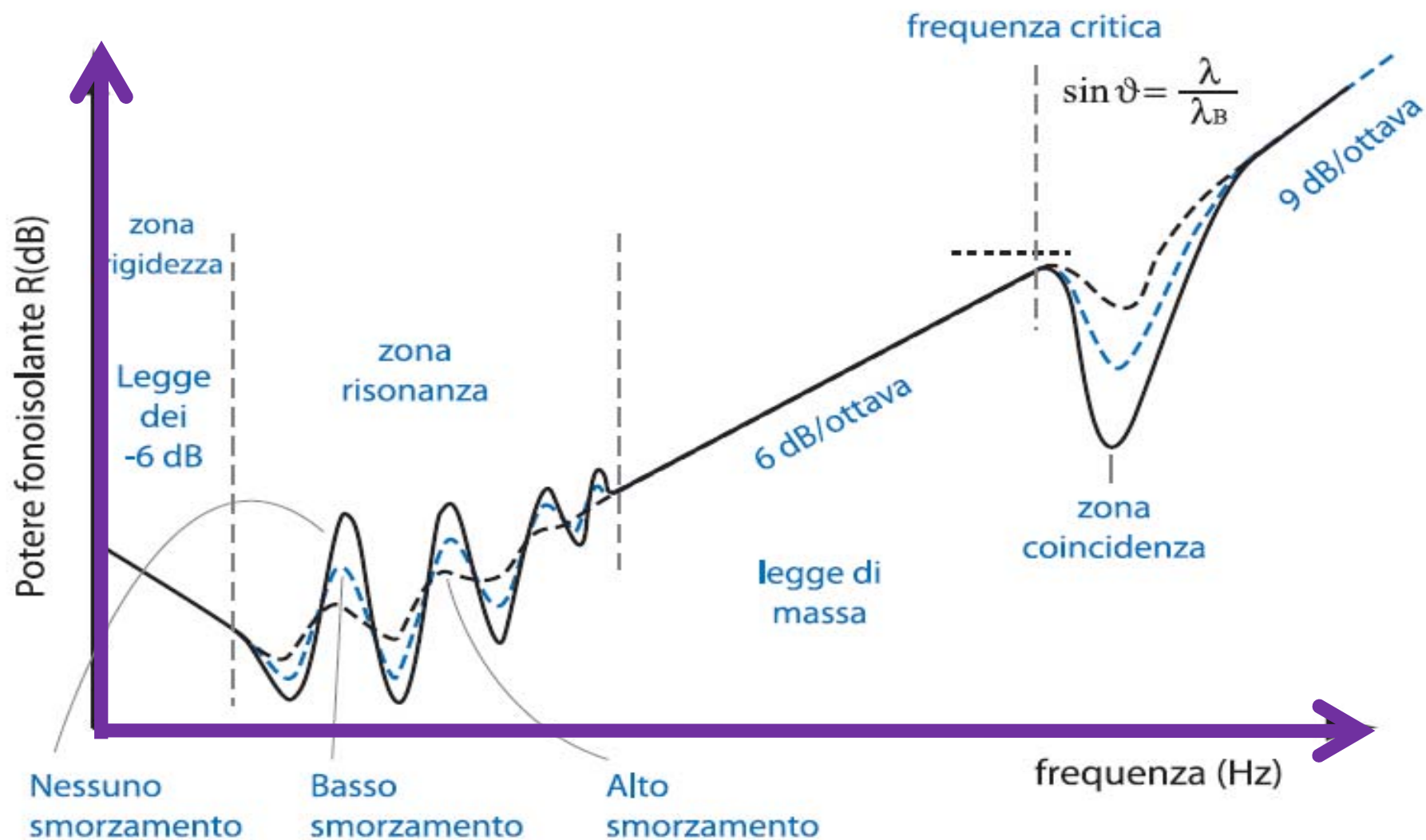
$$R = 10 \log \left(\frac{1}{t} \right) \text{ dB}$$

$$t = \frac{W_t}{W_i}$$

COEFFICIENTE DI TRASMISSIONE

Legge della Massa

$$R_n = 20 \log_{10}(m \cdot f) - 42.4$$



Legislazione Nazionale sui Requisiti Acustici Passivi degli Edifici

Legge quadro 447/95;

Decreto attuativo D.P.C.M. 05/12/97

Prevede:

1. Indice del potere fono isolante apparente delle partizioni interne R'_w
2. Indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$
3. Indice del livello di rumore di calpestio di solai normalizzato L'_{nW}
4. Livello massimo di pressione sonora ponderato (A), emesso dagli impianti a funzionamento discontinuo $L_{AS,max}$
5. Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato (A), emesso dagli impianti a funzionamento continuo L_{Aeq}

Allegato A

CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI ABITATIVI

Categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili;

Categoria B: edifici adibiti ad uffici e assimilabili;

Categoria C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili;

Categoria D: edifici adibiti ad ospedali, clinica, case di cura e assimilabili;

Categoria E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;

Categoria F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili;

Categoria G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili;

Allegato B

REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI DEI LORO COMPONENTI E DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

Categorie di cui all'allegato A	Parametri [dB]				
	R'_W	$D_{2m,nT,}$ w	L'_W	$L_{AS,max}$	L_{Aeq}
Categoria D	55	45	58	35	25
Categoria A, C	50	40	63	35	35
Categoria E	50	48	58	35	25
Categoria B, F, G	50	42	55	35	35

Decreto attuativo D.P.C.M. 05/12/97

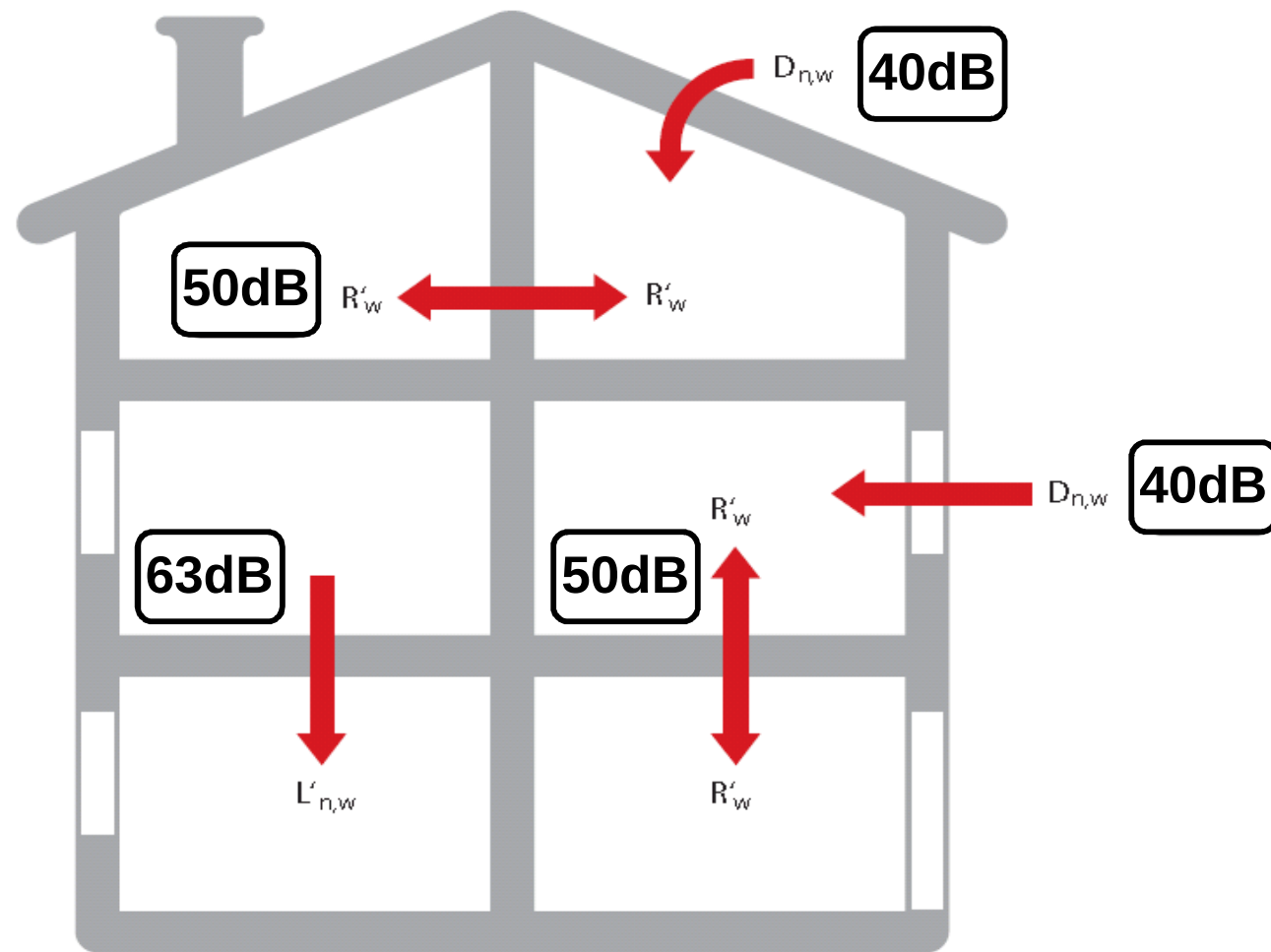
Publicato sulla Gazzetta Ufficiale il 22-12-1997

**Entrato in vigore dopo
60 giorni (20-02-1998)**

Devono rispettarlo tutti gli edifici per i quali la data di rilascio della Concessione edilizia (o altra autorizzazione prevista) è successiva al 20-02-1998

Dove si devono rispettare gli indici

Caso delle residenze



R'_w

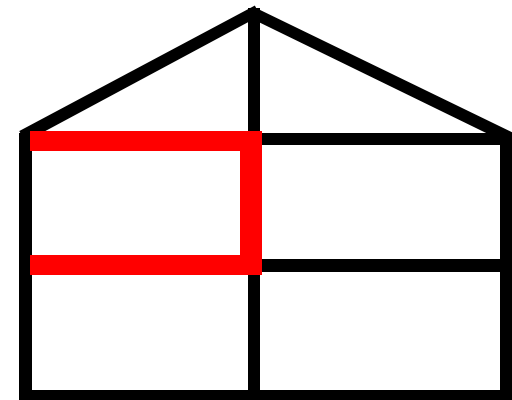
Indice del potere fono isolante apparente delle partizioni interne

Rappresenta un indice minimo di prestazione

Per le residenze $R'_w \geq 50$ dB

Si determina mediante la relazione

$$R'_w = D + 10 \log_{10} \frac{S}{A} \text{ [dB]}$$



Dove:

- "D" è l'isolamento acustico in [dB]
- "S" è l'area dell'elemento divisorio [m^2]
- "A" è l'area equivalente di assorbimento acustico nella camera ricevente [m^2]

R'_w

Indice del potere fono isolante apparente delle partizioni interne

Cosa Considera

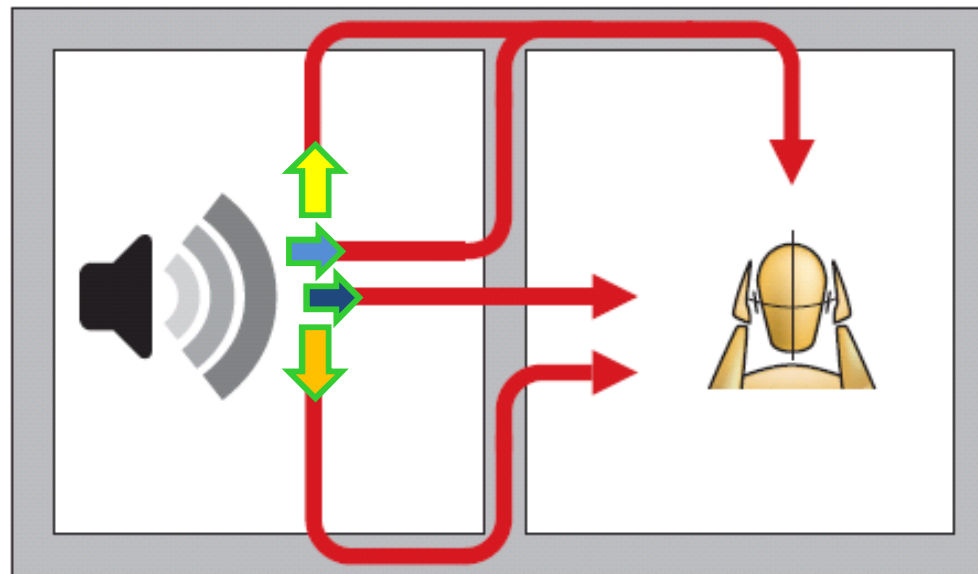
W_{Dd} Potenza penetrata direttamente nella parete divisoria che è irradiata direttamente da essa

W_{Df} Potenza penetrata direttamente nella parete divisoria ma irradiata dagli elementi laterali

W_{Fd} Potenza penetrata negli elementi laterali ed irradiata direttamente dalla parete divisoria

W_{Ff} Potenza penetrata negli elementi laterali ed irradiata dagli elementi laterali

W_{leak} Potenza trasmessa, sotto forma di fenomeno sonoro propagato per via aerea, attraverso fessure, condotti di ventilazione, canalizzazioni etc.



$D_{2m,nT,w}$

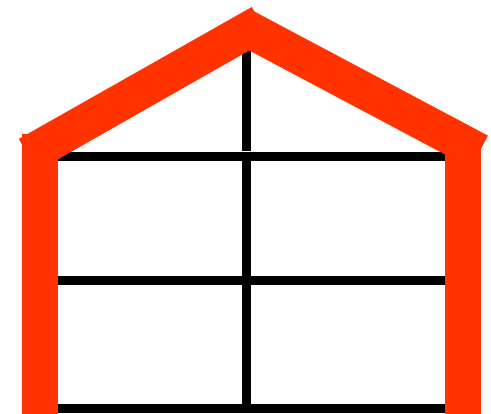
Indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata

Rappresenta un indice minimo di prestazione

Per le residenze $D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB

Si determina mediante la relazione

$$D_{2m,nT,w} = D_{2m} + 10 \log_{10} \frac{T}{T_0} \text{ [dB]}$$



Dove:

- " D_{2m} " è la differenza tra il livello di pressione sonora all'esterno della facciata alla distanza di 2m e il livello Interno [dB]
- " T " è il tempo di riverberazione [s]
- " T_0 " è il tempo di riverberazione di riferimento $T_0=0.5$ [s]

$D_{2m,nT,w}$

Indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata

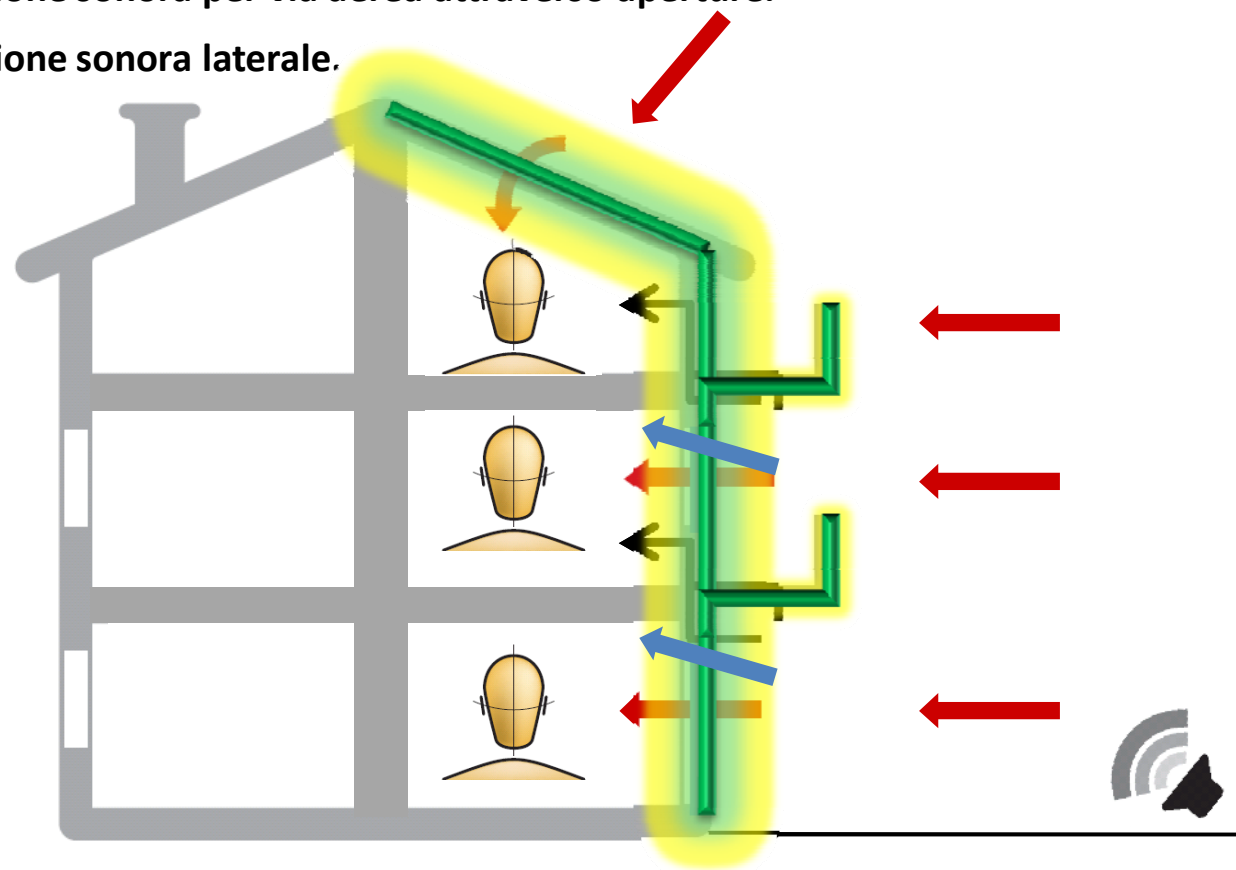
Cosa Considera

La forma della facciata, i serramenti presenti, bocchette di aereazione e etc.

Trasmissione sonora diretta attraverso gli elementi della facciata.

Trasmissione sonora per via aerea attraverso aperture.

Trasmissione sonora laterale.



L'_{nW}

Indice del livello di rumore di calpestio di solai

Rappresenta un indice massimo di Trasmissione

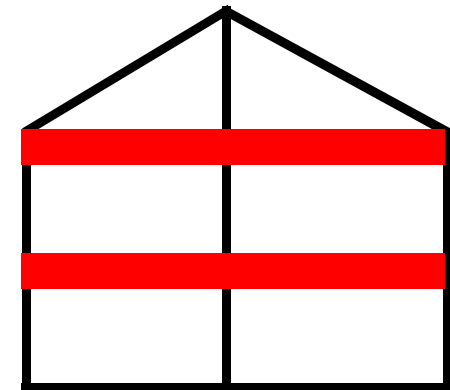
Per le residenze $L'_{nW} < 63$ dB

Si determina mediante la relazione

$$L'_{n,W} = L'_{n,W,eq} - \Delta L_W + K \text{ [dB]}$$

Dove:

- " $L'_{n,W,eq} = (164 - 35 \log m')$ " rappresenta il contributo del solaio nudo; è funzione della sola massa m' per unità di superficie del solaio nudo [dB]
- " ΔL_W " misurato in laboratorio o calcolato, rappresenta il contributo del rivestimento [dB]
- " K " rappresenta la correzione per trasmissioni laterali [dB]



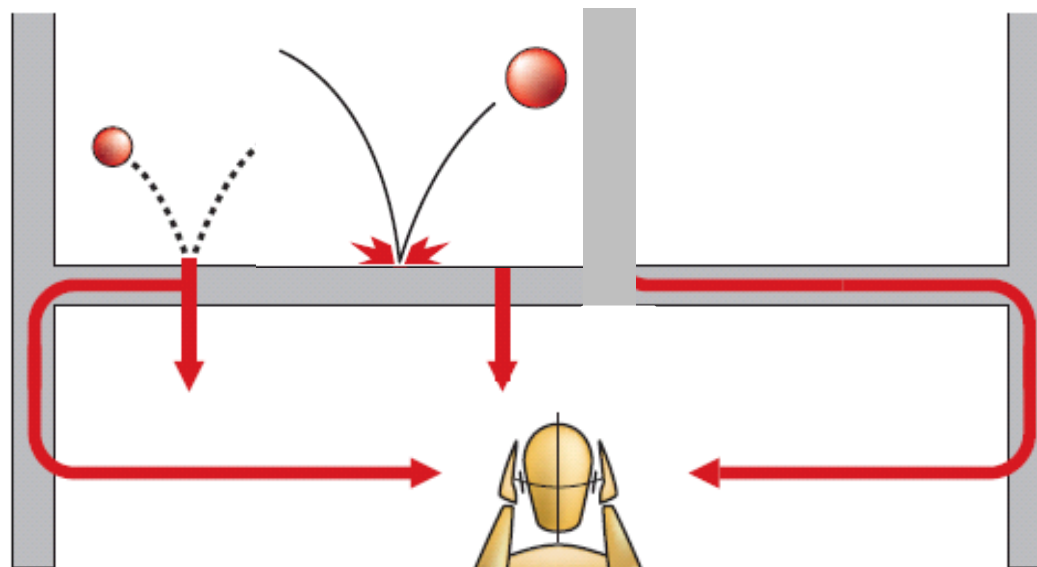
L'_{nW}

Indice del livello di rumore di calpestio di solai

Cosa Considera

Trasmissione sonora diretta attraverso il solaio

Trasmissione sonora laterale.



$L_{AS,max}$

Livello massimo di pressione sonora ponderato (A), emesso dagli impianti a funzionamento discontinuo

Rappresenta un indice massimo di immissione

Per le residenze $L_{AS,max} < 35 \text{ dB(A)}$ con costante di tempo “slow”

$L_{A,eq}$

Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato (A), emesso dagli impianti a funzionamento continuo

Rappresenta un indice equivalente di immissione

Per le residenze $L_{A,eq} < 35 \text{ dB(A)}$

Considerazioni D.P.C.M. 05/12/97

1. È stato redatto seguendo come riferimento la normativa francese
2. Confrontando i valori previsti dalle altre normative presenti nei paesi europei, nonostante gli indici imposti siano difficili da rispettare, risultano i più tolleranti rispetto agli altri paesi europei.
3. L'isolamento acustico di facciata di un edificio dipende dal contesto ambientale in cui si trova; il DPCM 5-12-97 non tiene conto della zonizzazione acustica
4. Il livello di rumore di calpestio dovrebbe essere tale da tutelare maggiormente quegli ambienti in cui il silenzio è un requisito fondamentale per la fruizione (case di riposo, ospedali); il DPCM 5-12-97 privilegia invece la tutela di locali commerciali.

Considerazioni

1. Materiali isolanti termici, Sistemi isolanti acustici

Va fatta una precisazione fondamentale:

- l'isolamento termico di una struttura è determinato principalmente dalle caratteristiche del materiale isolante (conduttività termica e spessore);
- l'isolamento acustico ai rumori aerei è invece definito dalle caratteristiche interdipendenti di ogni strato ovvero dall'intera struttura nel suo insieme.

2. L'igrometria

Secondo le prescrizioni del DLgs 311 è necessario assicurare che nelle strutture a contatto con l'esterno non si verifichino fenomeni di condensazione interstiziale e superficiale. Tale verifica è da eseguirsi contestualmente alla scelta del materiale isolante poiché dipende dalle sue caratteristiche, dalla sua posizione e dal grado di isolamento della parete.

Considerazioni

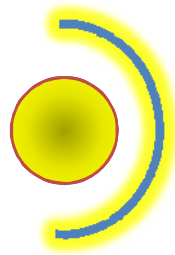
3. Ponti Termici e ponti acustici

Frequentemente confusi tra loro, si adottano indiscriminatamente i medesimi interventi per risolvere entrambe le problematiche.

In realtà non sempre un ponte termico coincide con un ponte acustico.

Un esempio sono i pilastri in cemento armato sulle pareti di facciata.

Tali elementi, dalla massa elevata, sono certamente degli ottimi isolanti acustici rispetto ai rumori aerei provenienti dall'esterno.



Sono degli ottimi conduttori termici (conduttività termica del c.a. $\lambda=1,9$ W/mK).



Considerazioni

4. Inerzia delle strutture

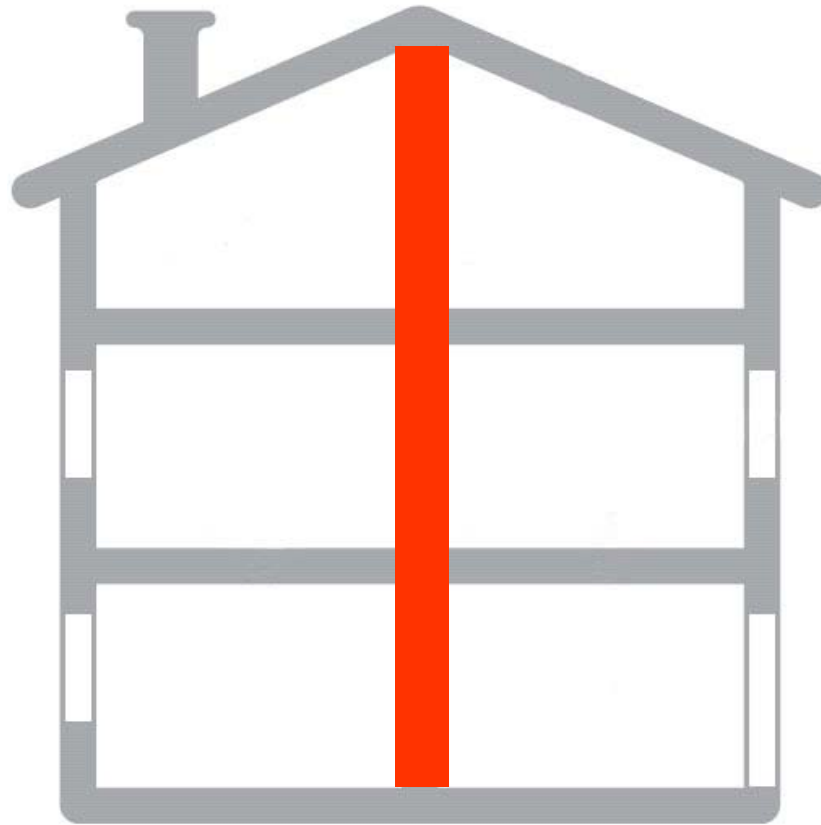
Infine coperture e pareti a contatto con l'esterno devono assicurare una buona risposta inerziale per evitare il surriscaldamento degli ambienti. Risposta che può essere verificata secondo le indicazioni del DLgs 311 (che però sulla base dei calcoli dinamici si ritiene insufficienti), con due criteri di valutazioni:

- Massa superficiale $m' > 230 \text{ kg/m}^2$

- Massa superficiale $m' < 230 \text{ kg/m}^2$
E comportamento analogo in termini
di sfasamento e attenuazione.

Progettazione

Pareti divisorie tra unità immobiliari



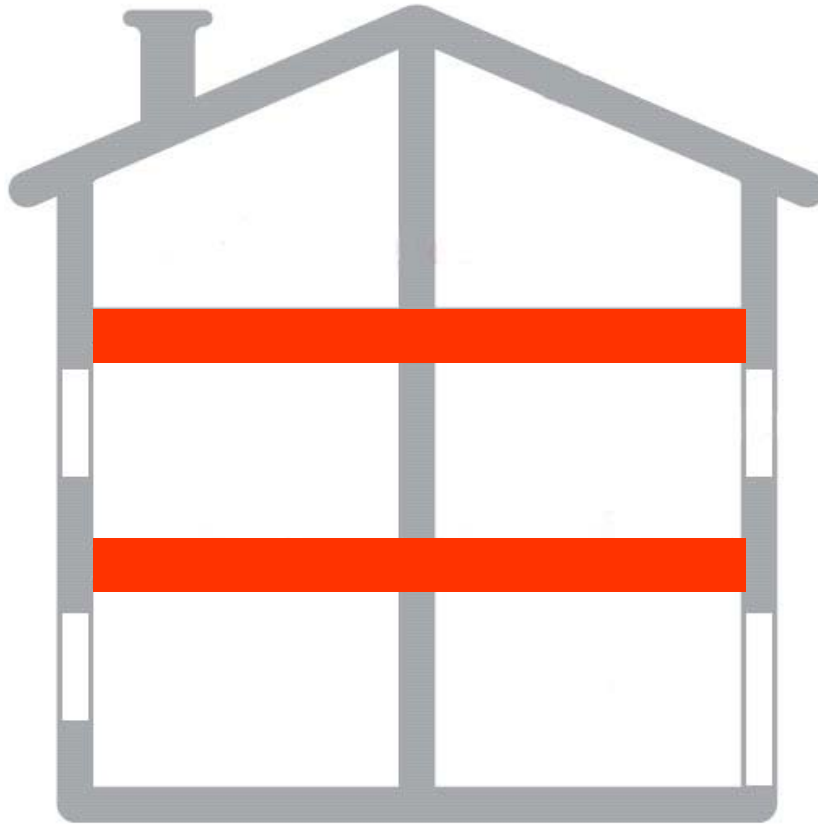
**È necessario progettare
In ordine di importanza**

**1. Isolamento Aereo
Acustico**

2. Isolamento Termico

Progettazione

Solai divisori tra unità immobiliari



**È necessario progettare
In ordine di importanza**

**1. Isolamento Acustico al
rumore di calpestio**

2. Isolamento Termico

**3. Isolamento Aereo
Acustico**

Progettazione

Pareti verticali a contatto con l'esterno "massive" 1/2



**È necessario progettare
In ordine di importanza**

2. Isolamento Termico

2. Condensazione

**3. Isolamento Aereo
Acustico**

Progettazione

Pareti verticali a contatto con l'esterno "leggere" 2/2



**È necessario progettare
In ordine di importanza**

- 1. Isolamento Aereo
Acustico**
- 2. Inerzia**
- 3. Isolamento Termico**
- 4. Condensazione**

Progettazione

Serramenti



**È necessario progettare
In ordine di importanza**

1. Isolamento Acustico

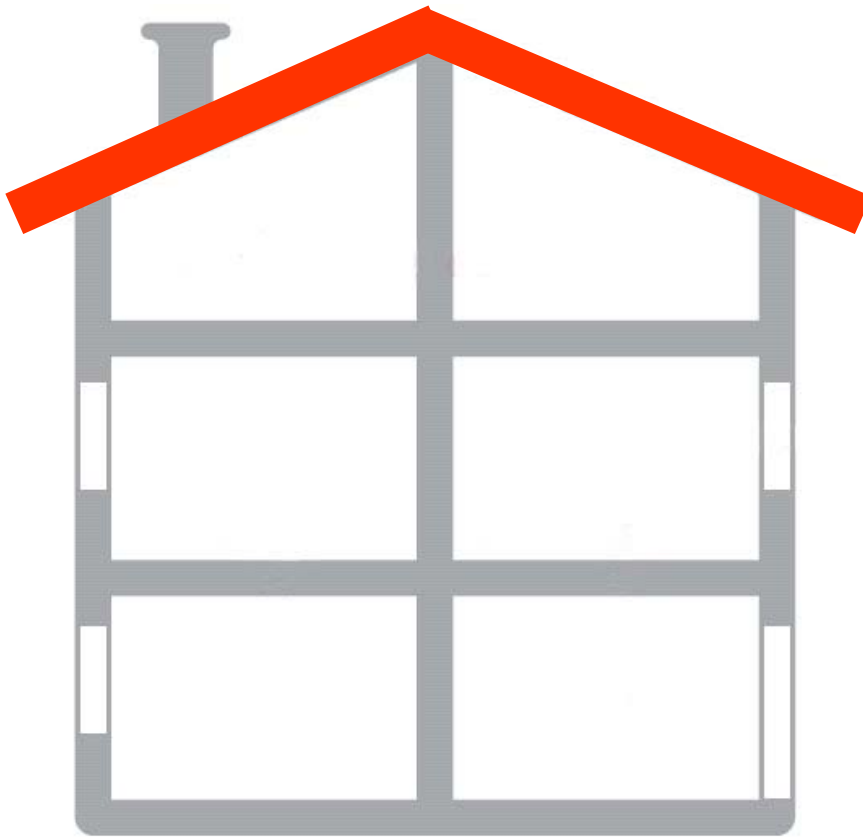
2. Isolamento Termico

Progettazione

Coperture

“massive”

1/2



È necessario progettare
In ordine di importanza

1. Isolamento Termico

2. Condensazione

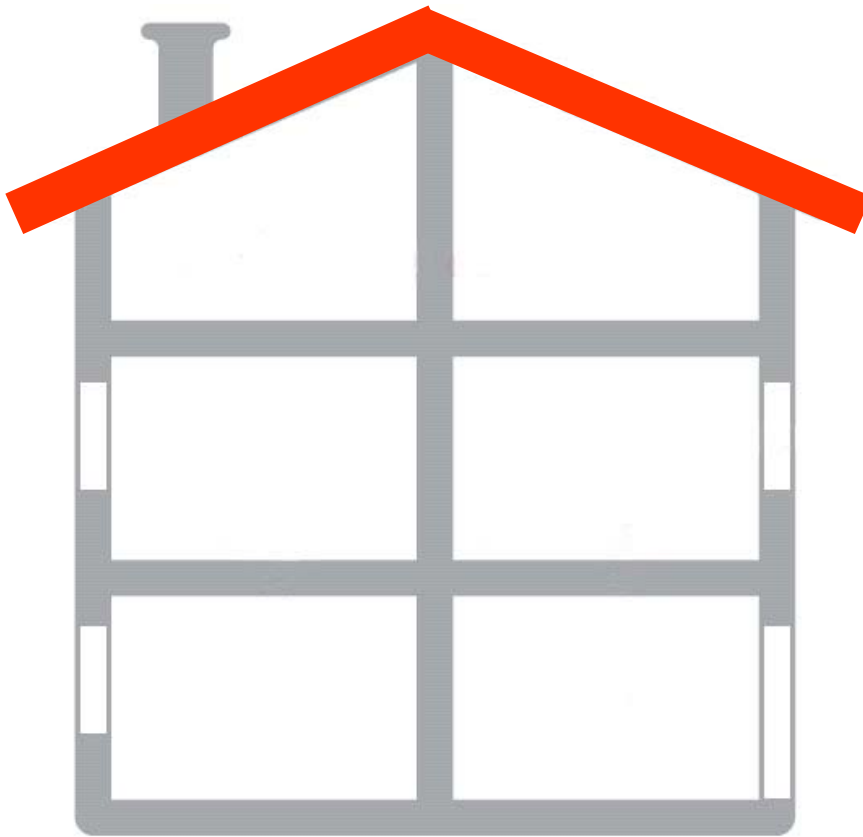
3. Isolamento Aereo
Acustico

Progettazione

Coperture

“leggere”

2/2



È necessario progettare
In ordine di importanza

1. Isolamento Aereo
Acustico

2. Inerzia

3. Isolamento Termico

4. Condensazione

Isolamento termico e isolamento acustico sono due requisiti strettamente correlati tra loro che richiedono una attenta progettazione. Con le considerazioni riportate nelle slide precedenti si è cercato di chiarire che le due problematiche non possono essere risolte semplicemente utilizzando un generico strato di materiale “isolante”.

1) I materiali dovranno essere scelti e posati correttamente in base all'utilizzo che se ne intende fare ed alla “destinazione d'uso” della struttura.

2) Tra i due aspetti quello al quale bisogna prestare più attenzione è l'aspetto acustico. Infatti il raggiungimento dei valori minimi ed il rispetto dei valori massimi previsti dal decreto non sono facilmente raggiungibili in opera.

Con la [sentenza n. 2715/07 del 23 aprile 2007](#), il Tribunale di Torino ha condannato un costruttore a restituire agli acquirenti una parte del prezzo pagato per l'acquisto di un appartamento, a causa dell'insufficiente isolamento acustico del soffitto che causava rumori da calpestio superiori ai limiti di legge.

Per valutare l'idoneità delle prestazioni acustiche dell'immobile, il Tribunale ha disposto una perizia tecnica;
il CTU ha fatto riferimento alle norme del [DPCM 5/12/1997](#) "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici" che impongono per gli edifici residenziali un potere fonoisolante delle partizioni verticali di almeno 50 decibel, e un limite del rumore di calpestio di solai di 63 decibel.

Ha quindi riscontrato per le pareti interne un valore di 51 decibel (da considerarsi accettabile) e un valore di 70 decibel per rumore proveniente dai soffitti: quest'ultimo valore è superiore al doppio rispetto al tetto massimo consentito dalla legge, in considerazione del fatto che la scala utilizzata per la misurazione progredisce in forma logaritmica.

Il CTU ha concluso che:

- o non è stato realizzato un pavimento galleggiante oppure sono stati commessi errori materiali di posa in opera;
- la struttura dell'alloggio non consente l'eliminazione del difetto riscontrato dal CTU: l'intervento di ripristino, infatti, andrebbe eseguito all'interno dell'appartamento soprastante, di proprietà di terzi, e richiederebbe la rimozione di tutta la pavimentazione sino alla soletta, la posa di una nuova pavimentazione di tipo galleggiante, la costruzione del massetto e del nuovo pavimento di finitura.

Il giudice ha deciso di quantificare il difetto in una somma pari al 20% del costo di acquisto dell'appartamento, ai sensi dell'art. 1490 c.c., in quanto l'inadeguatezza dell'isolamento acustico riduce considerevolmente il valore dell'immobile.

In conclusione, il costruttore è stato condannato a restituire agli acquirenti il 20% del prezzo pagato.

Il patrimonio edilizio realizzato senza le prescritte prestazioni in materia di isolamento acustico, e tutt'ora sul mercato, si presta ad azioni legali.

Ora che i tribunali si sono orientati a risarcire il danno, resta da definire chi debba essere a pagare.

IMMOBILE NUOVO: responsabile il costruttore che spesso è anche il venditore, salvo il diritto di rivalsa sul Progettista e sul Direttore dei Lavori

IMMOBILE USATO: è molto meno agevole:

E' il venditore a rispondere o spetta al costruttore, se l'immobile ha meno di dieci anni?

Se già oggi è certo il diritto al risarcimento, solo tra qualche anno con l'aumentare delle sentenze si arriverà a stabilire un'interpretazione univoca della norma.

ISOLAMENTO DI PARTIZIONI FRA AMBIENTI

Il parametro utilizzato considera, sia la trasmissione sonora attraverso la parete di separazione sia la trasmissione laterale.

Norme tecniche di riferimento:

UNI EN ISO 140-4: 2000 - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 4: Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti.

UNI EN ISO 717-1: 2007 - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Isolamento acustico per via aerea.

UNI EN ISO 12354-1:2002 - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Parte 1: Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti

ISOLAMENTO DI FACCIATA

L'isolamento delle pareti di un edificio verso l'esterno è valutato con l'indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata

$D_{2m,nT,w}$

Norme tecniche di riferimento:

UNI EN ISO 140-5: 2000 – “Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 5: Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate”

UNI EN ISO 717-1: 2007 – “Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Isolamento acustico per via aerea”.

UNI EN 12354-3: 2002 – “Acustica in edilizia – Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Parte 3: Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno”.

ISOLAMENTO AL CALPESTIO

Indice del livello di rumore al calpestio normalizzato (L_{nw}).

Norme tecniche di riferimento:

UNI EN ISO 140-7:2000 – “Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 7: Misurazioni in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai”

UNI EN ISO 717-2:2007 – “Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Isolamento del rumore di calpestio”.

UNI EN 12354-2:2002 – “Acustica in edilizia: Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Parte 2: Isolamento acustico al calpestio tra ambienti.

I REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI

Come fare a progettare i requisiti acustici passivi

(R'_w D_{2mnTw} L'_{nw})

Normativa tecnica:

UNI EN 12354

"Acustica in edilizia -Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti"

- Parte 1: Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti
- Parte 2: Isolamento acustico al calpestio tra ambienti
- Parte 3: Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea

Rapporto tecnico UNI TR 11175

"Acustica in edilizia. Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici. Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale"

Confronto tra UNI EN 12354 e Rapporto Tecnico UNI

UNI EN 12354

Tipologie costruttive Nord Europa;

Elaborate in sede CEN;

Richiede dati di partenza difficilmente reperibili;

Metodo di calcolo complesso per frequenze e metodo di calcolo semplificato per indici di valutazione;

UNI TR 11175:2005 (Rapporto tecnico)

Documento ricavato dal “Metodo semplificato” proposto nelle UNI EN 12354;

Tipologie costruttive nazionali;

Presenta in appendice un’ampia banca dati di strutture edilizie “nazionali”;

Progetto di Norma UNI EN 12354-5

Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti

“Isolamento acustico contro il rumore proveniente dagli impianti”

Norma UNI EN 12354-6 del 2006

Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti

Assorbimento acustico in ambienti chiusi

Come fare a **misurare in opera** i requisiti acustici passivi
($R'w$, $D2mnTw$, $L'nw$)

Normativa tecnica:

UNI EN ISO 140

Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio

Parte 4:2000 - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti; ($R'w$)

Parte 5:2000 - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate; ($D2mnTw$)

Parte 7:2000 - Misurazioni in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai; ($L'nw$)

Parte 14:2004 - Linee guida per situazioni particolari in opera

UNI EN ISO 717

Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio

Parte 1 - Isolamento di rumori aerei; (Calcolo Indici di valutazione)

Parte 2 - Isolamento di rumore di calpestio; (Calcolo Indici di valutazione)

MISURE IN OPERA

Per avere validità legale:

- Devono essere eseguite da un Tecnico Competente in Acustica Ambientale (Iscritto ad apposito Albo Regionale);
- Devono essere eseguite con fonometri di CLASSE 1, tarati da laboratori certificati da almeno 2 anni;

Il DPCM 5-12-1997 NON OBBLIGA ad eseguire le prove in opera, però richiede che a lavoro ultimato i requisiti acustici siano rispettati.

Comuni, Province e Regioni possono comunque emanare provvedimenti più restrittivi (prove obbligatorie ecc.).

Corretta progettazione di base

- Le prestazioni acustiche si ottengono organizzando l'involucro edilizio con strati ed elementi funzionali di vario tipo che contribuiscono al raggiungimento del risultato complessivo;
- Importanti sono le relazioni geometriche tra le varie parti che costituiscono un edificio, pertanto si devono progettare configurazioni planimetriche adeguate;

Attenzione a...

- ponti acustici e trasmissione per fiancheggiamento;
- frequenze critiche;
- tubazioni di impianti, canne fumarie e di ventilazione, cavedi;
- etc.

Principi fondamentali

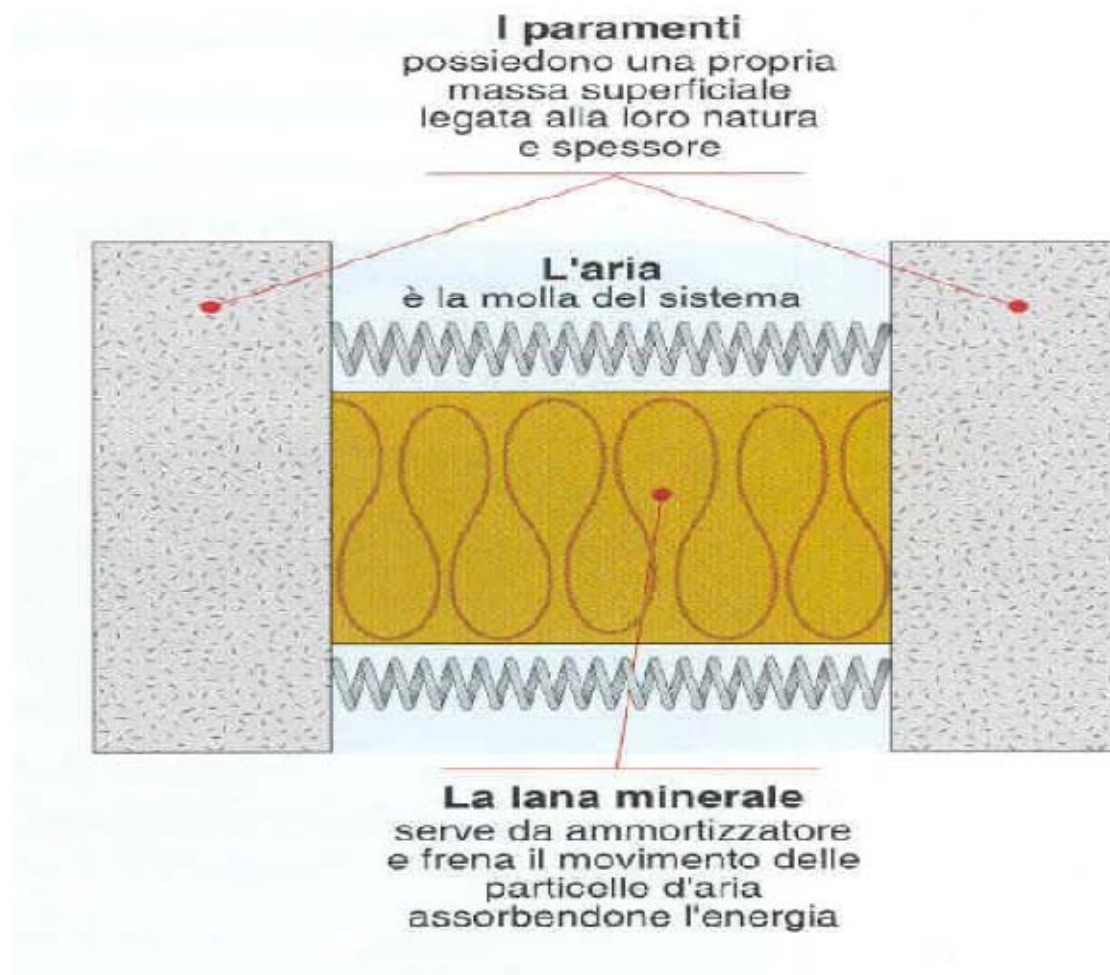
- garantire la continuità dell'isolamento;
- mantenere l'equilibrio prestazionale fra i vari elementi costruttivi;
- inserire sempre delle “discontinuità” nei percorsi di diffusione, per via solida, delle vibrazioni;
- modificare sostanzialmente i percorsi di propagazione;
- suddividere, ogni edificio, in zone funzionali differenziate in rapporto al livello di protezione acustica richiesto;
- non degradare le prestazioni con tracce, scatole di derivazione, tubazioni, etc.
- limitare le aperture e/o evitare il contatto diretto con le zone a diverso livello di rumorosità e/o ridurre le superfici di contatto

Pareti in pratica

- Corroborare le tipologie costruttive tradizionali con componenti ad elevato potere fonoisolante;
- Altrimenti, utilizzare tipologie ad elementi sottili stratificati, aggiungendo sempre elementi ad elevato potere fonoisolante;
- Accoppiare elementi costruttivi di massa diversa e riempire parzialmente le intercapedini con materiali fonoassorbenti

Posa in opera

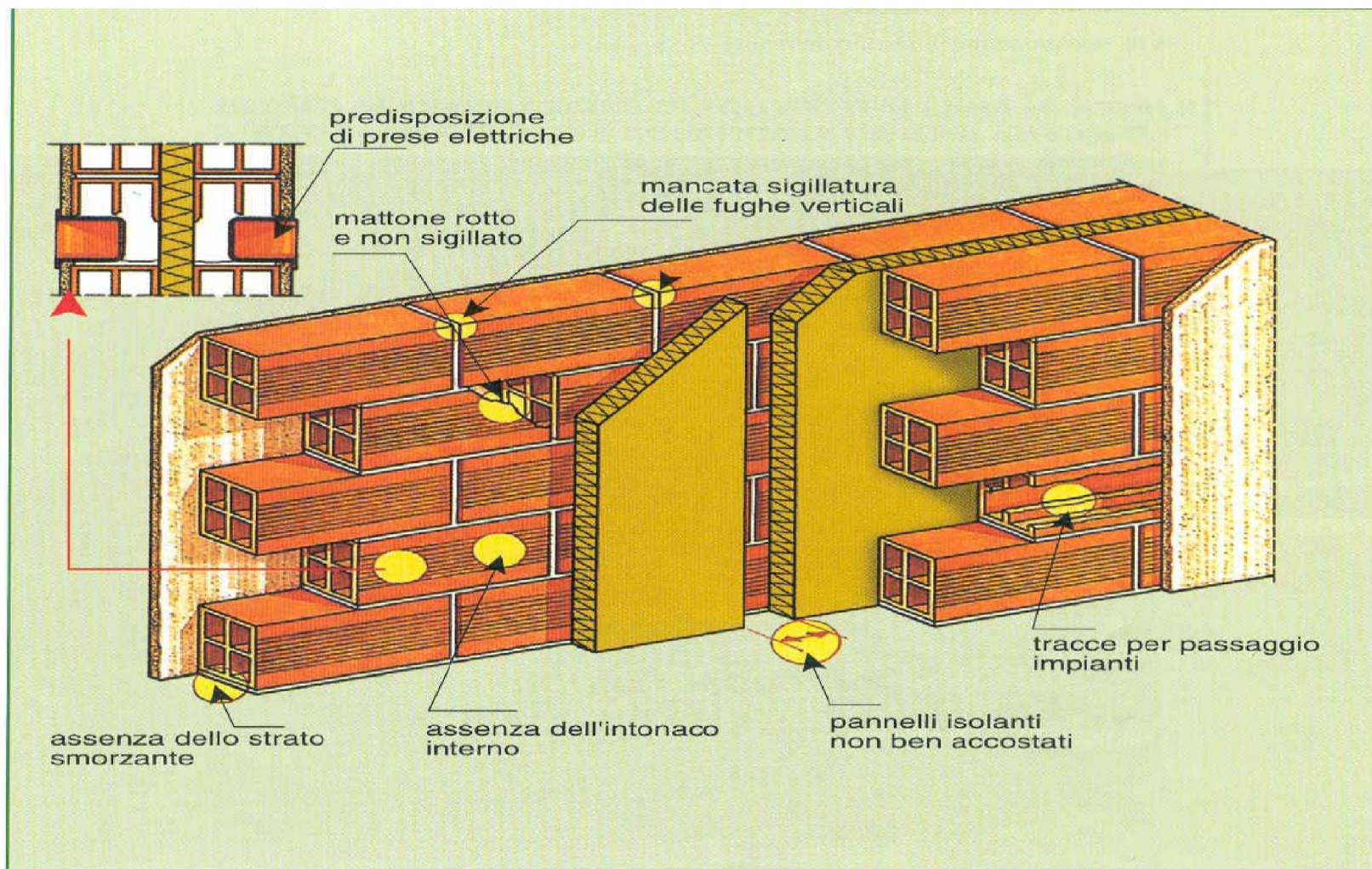
E' fondamentale realizzare dei collegamenti elastici tra gli elementi costruttivi pareti e solai
Controllo della propagazione



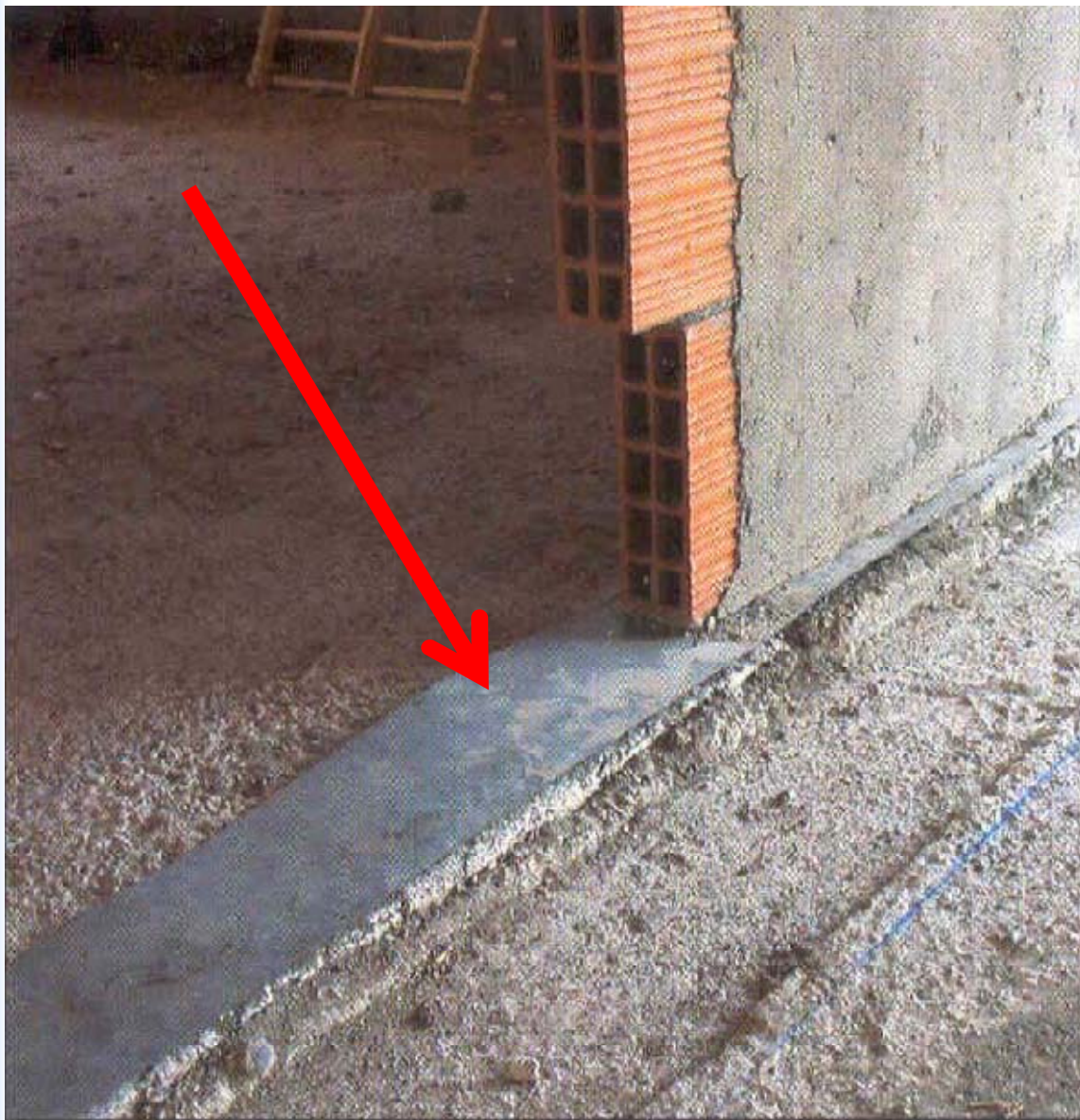
Posa in opera

E' fondamentale una posa in opera curata a regola d'arte.

L'importanza della fase della Direzione lavori.



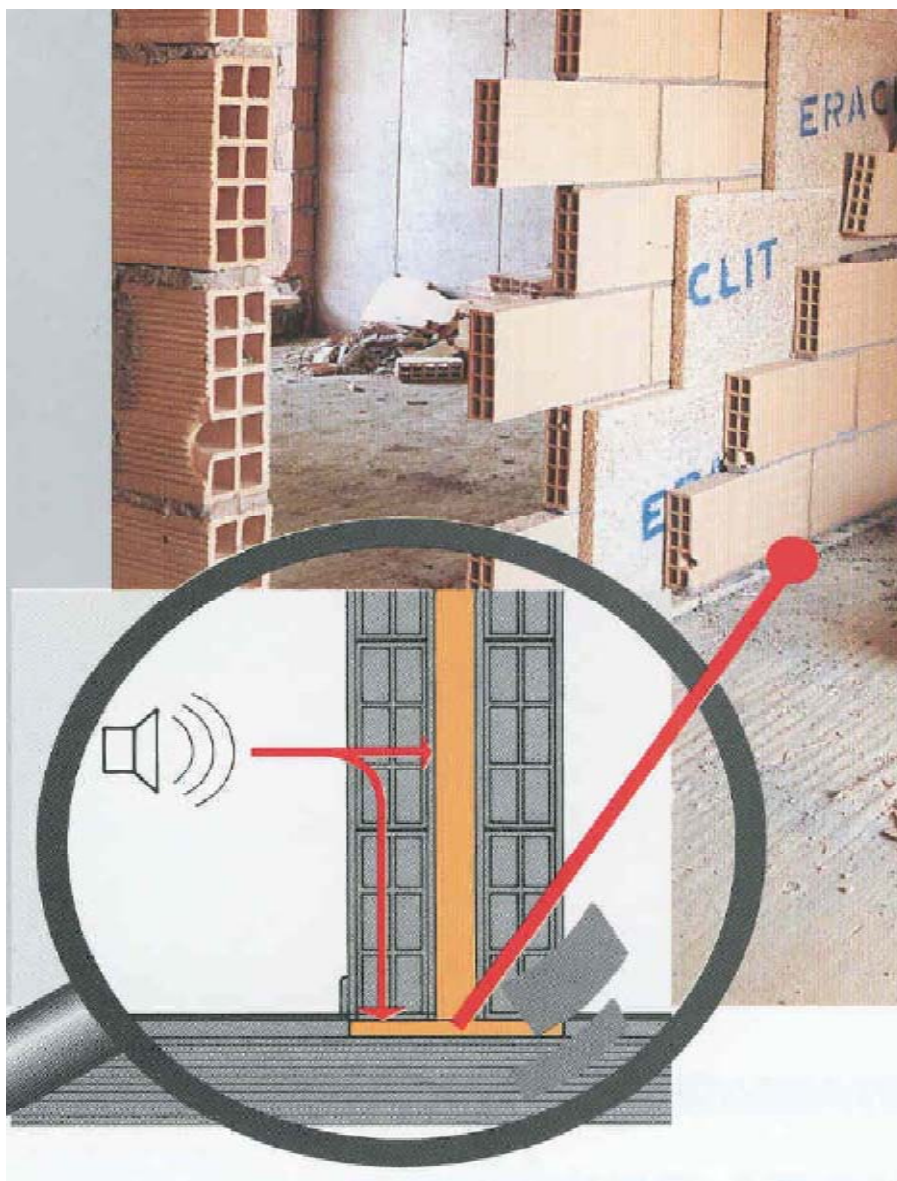
Accorgimenti progettuali di base



SUPPORTO ANTIVIBBRANTE

Rigidità dinamica
compresa fra 8 e 60
 MN/m^3 a seconda
dei prodotti

Accorgimenti progettuali di base

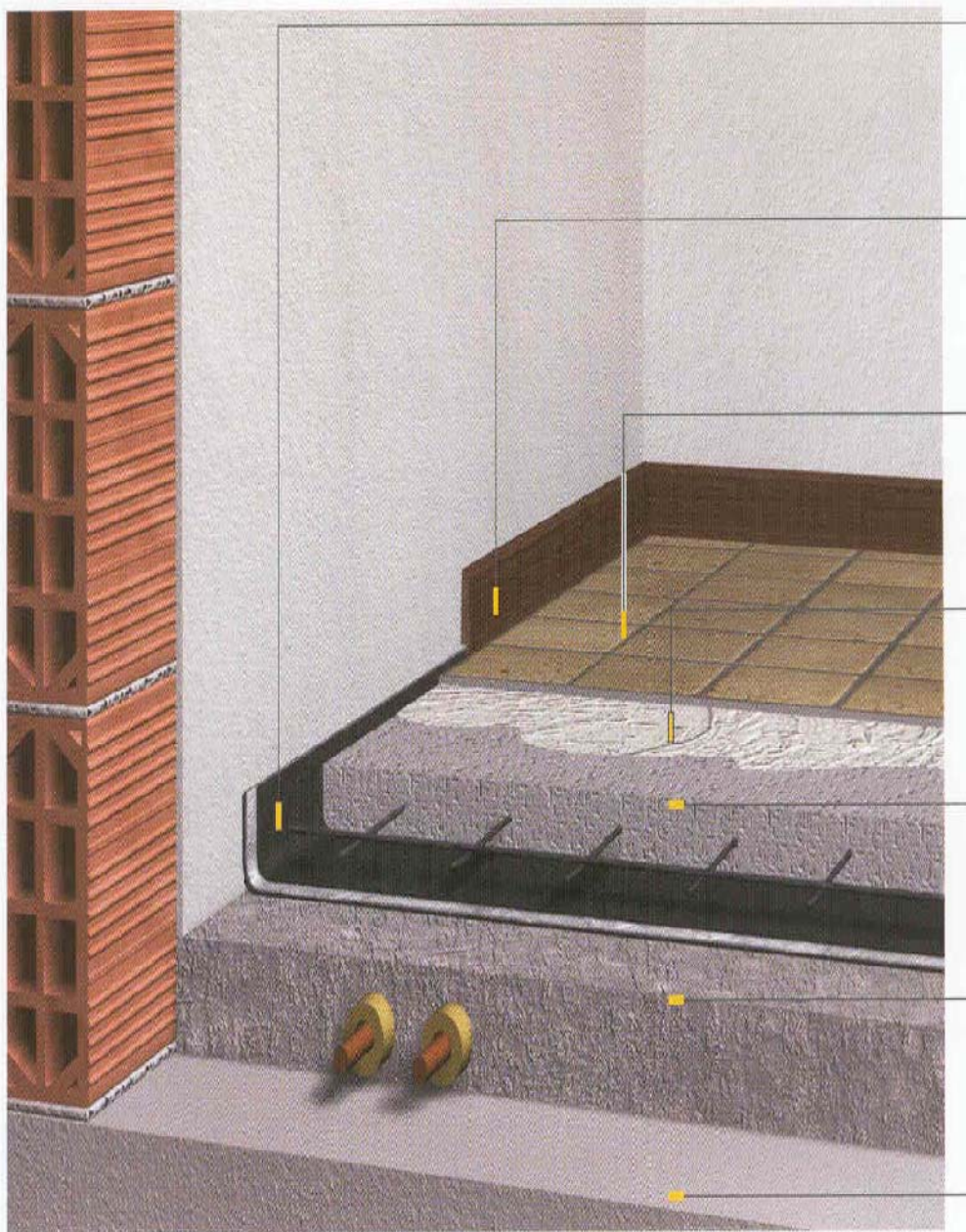


Intercapedine con pannelli
in legno-magnesite da
cm.5

Massa sup. = 198 kg/m²

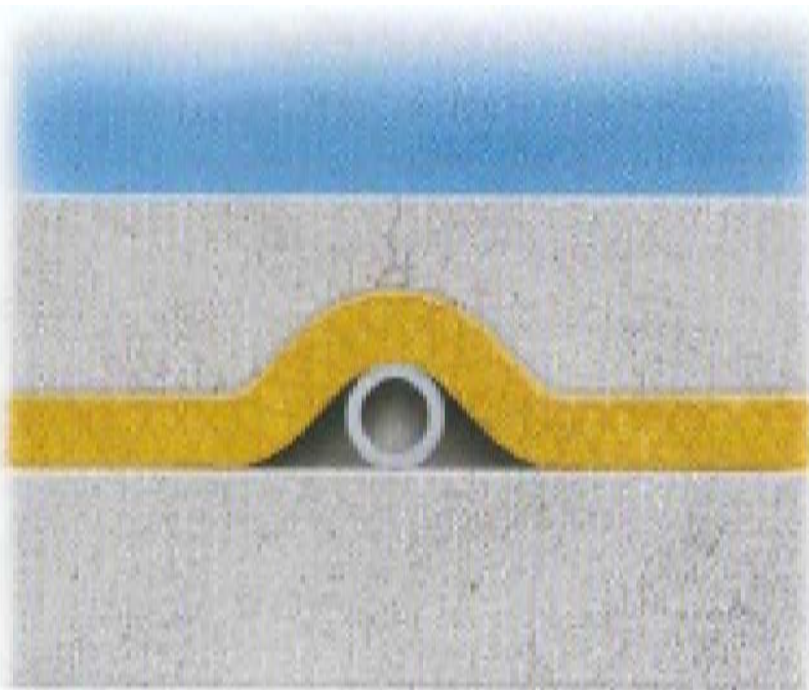
R_w = 50 dB

Pavimenti in pratica

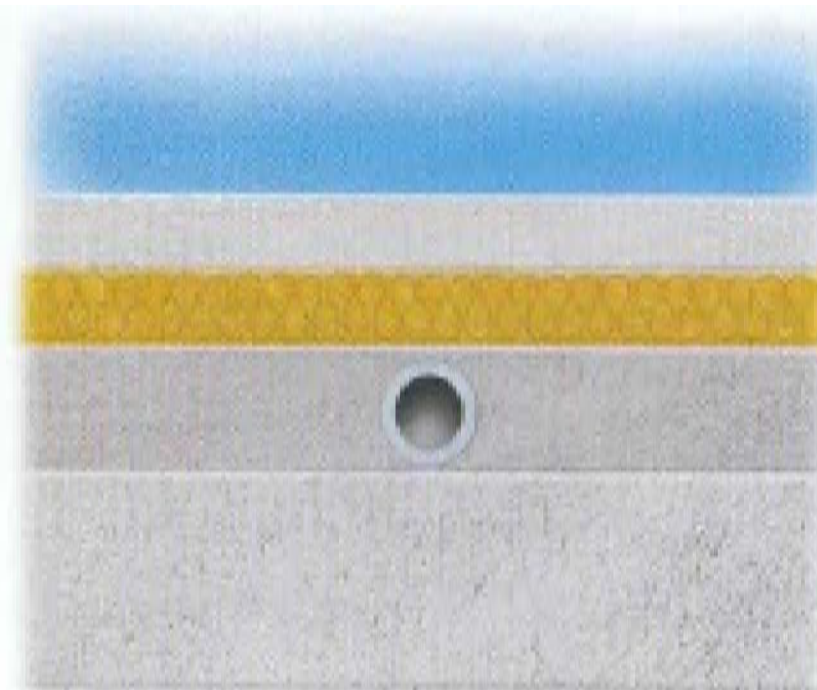


- Utilizzare sempre la tipologia del pavimento galleggiante;
- Rammentare la protezione dal rumore aereo;
- Dove serve, controsoffittare con elementi sospesi;

PRINCIPALI ERRORI DI ESECUZIONE DA EVITARE

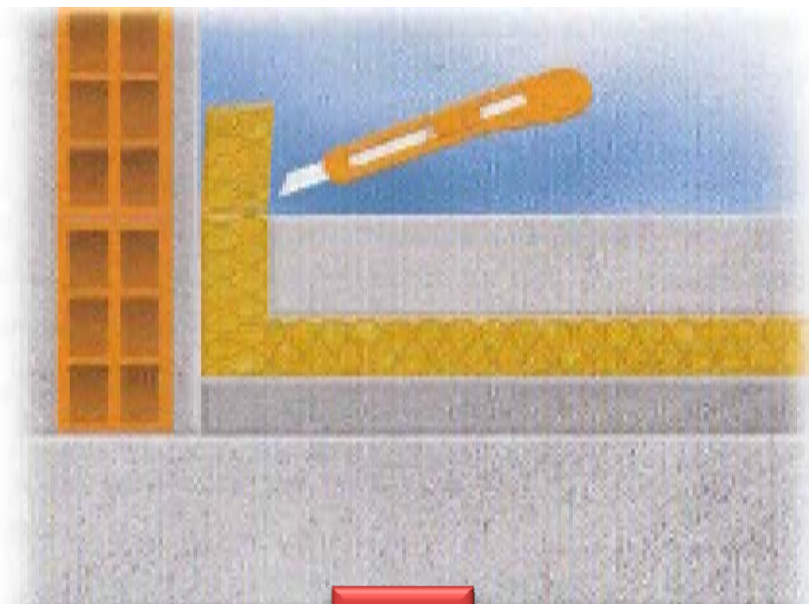


NO

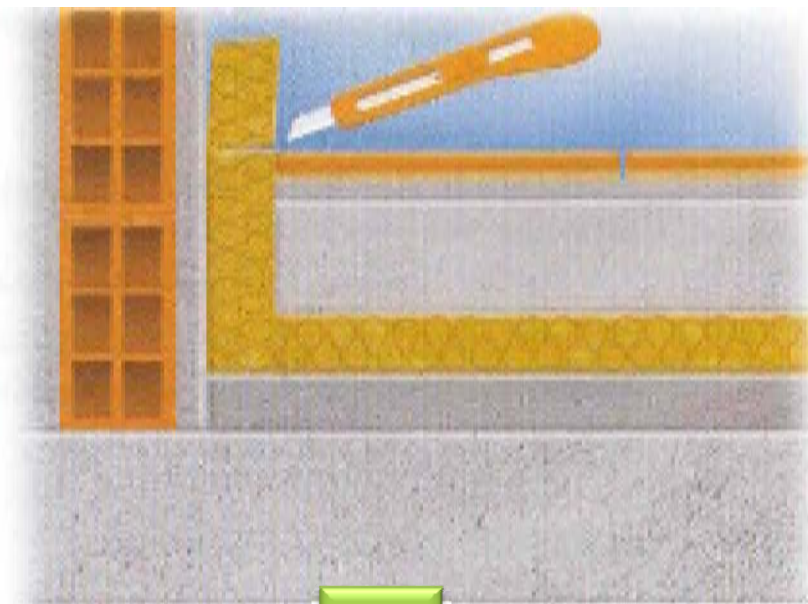


SI

PRINCIPALI ERRORI DI ESECUZIONE DA EVITARE



NO



SI





Correlazione dei requisiti *A*custici ed *E*nergetici nella progettazione architettonica

