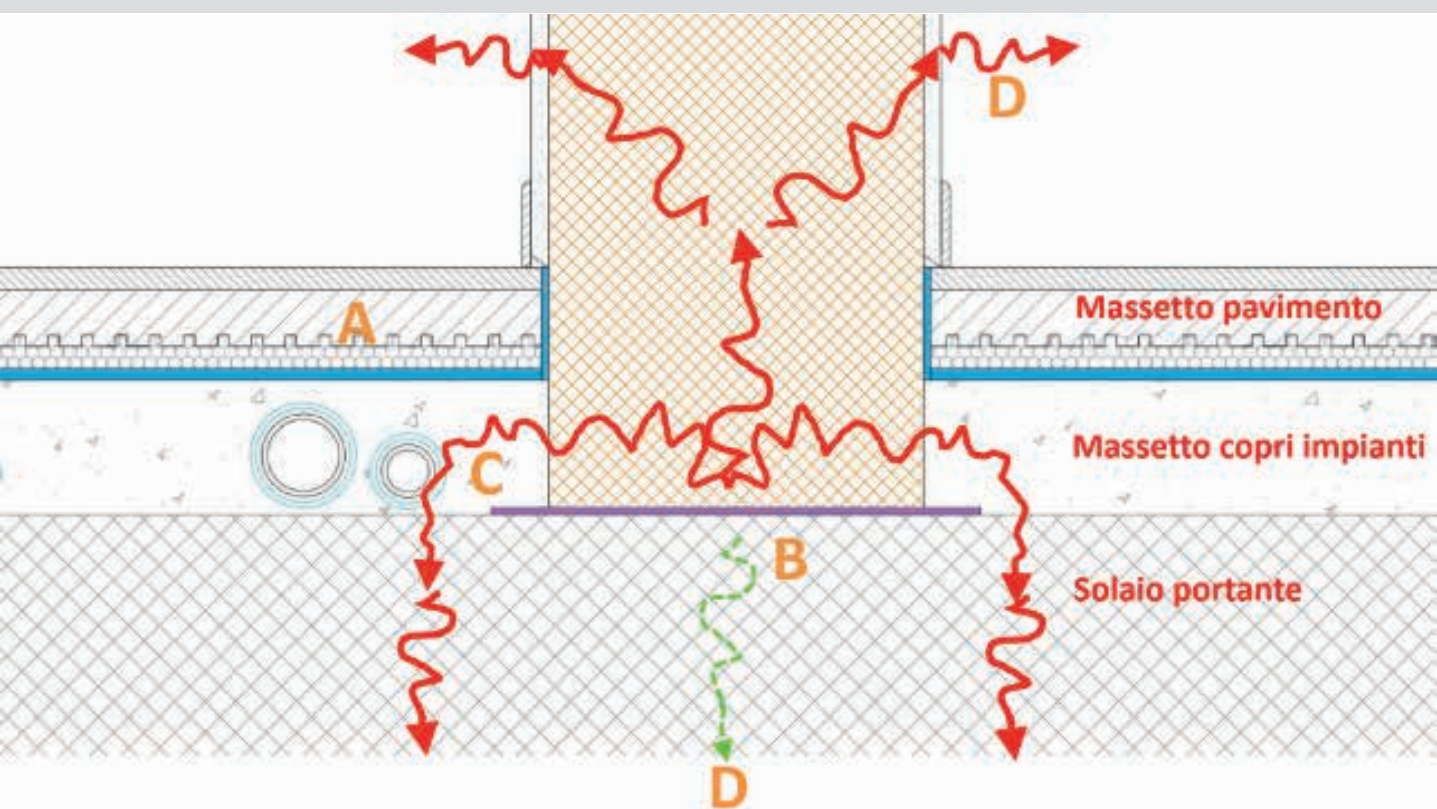


Renzo Sonzogni

L'acustica dell'involucro edilizio: come affrontare la fase di progettazione



Renzo Sonzogni

L'acustica dell'involucro edilizio: come affrontare la fase di progettazione



Renzo Sonzogni

Ingegnere edile, libero professionista, tecnico competente in acustica, esperto in materia di acustica ed efficienza energetica



© Copyright 2023 by Maggioli S.p.A.

Maggioli Editore è un marchio di Maggioli S.p.A.
Azienda con sistema di gestione qualità certificato ISO 9001:2015

47822 Santarcangelo di Romagna (RN) • Via del Carpino, 8

Tel. 0541/628111 • Fax 0541/622595

www.maggiolieditore.it

e-mail: clienti.editore@maggioli.it

Diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo sono riservati per tutti i Paesi.

Gli Autori e l'Editore declinano ogni responsabilità per eventuali errori e/o inesattezze relativi alla elaborazione dei testi normativi e per l'eventuale modifica e/o variazione degli schemi e della modulistica allegata.

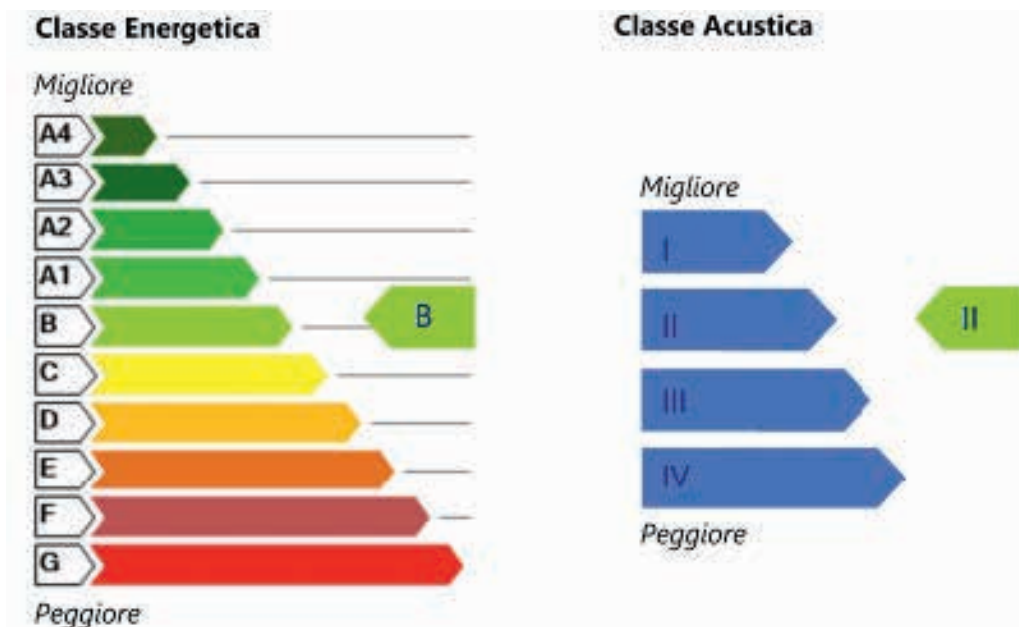
Gli Autori, pur garantendo la massima affidabilità dell'opera, non rispondono di danni derivanti dall'uso dei dati e delle notizie ivi contenuti.

L'Editore non risponde di eventuali danni causati da involontari refusi o errori di stampa.

Mettetevi comodi a casa vostra o nel vostro ufficio. Spegnete TV, radio e ogni altro macchinario. Zitti. Non parlate. Percepите il silenzio oppure vi capita di sentire il vostro vicino parlare o i suoi passi provenire dall'alloggio sovrastante? Sentite tirare lo sciacquone del WC? Se avete risposto “no”, siete tra i fortunati ad abitare in un edificio acusticamente efficiente (o avere dei vicini particolarmente quieti). Se avete risposto “sì”, allora consiglio di leggere queste righe (e se siete progettisti e costruttori, di leggere il libro “Difetti nella progettazione acustica degli edifici”) dove troverete molti spunti pratici finalizzati ad assicurare che i vostri edifici siano acusticamente confortevoli e permettano agli acquirenti di dormire sonni tranquilli e farli dormire anche a voi senza preoccuparvi di potenziali contenziosi per difetti relativi ai requisiti acustici passivi della costruzione

Innanzitutto una domanda: perché l'acustica è stata inserita tra le “patologie edilizie”? Perché anch'essa al pari di problematiche come infiltrazioni, umidità o muffe, se non curata adeguatamente, si trasforma in un potenziale “difetto” facilmente percepibile da chi abita gli edifici, poiché noi esseri umani siamo dotati di sensori molto sensibili (organo dell'udito) e come gli altri “difetti edilizi” non è un castigo divino ma è correlabile ad errori evitabili con un'accurata progettazione e un'attenta posa in opera degli elementi. Non solo, al di là dei precetti legislativi in termini di prestazioni acustiche limite (spesso non sufficienti a garantire un adeguato comfort acustico per gli utenti) con veramente pochi e spesso gratuiti accorgimenti è possibile ottenere edifici acusticamente altamente efficienti.

Tali accorgimenti riguardano *in primis* la corretta distribuzione architettonica degli ambienti, cercando di mantenere lontani tra loro locali con destinazioni d'uso “rumorose” da altre che richiedono quiete, posizionare gli impianti meccanici e idrici presso ambienti tecnici e cavedi, possibilmente non transitanti in locali abitativi, e mettendo in opera le giuste attenzioni di corretta ese-



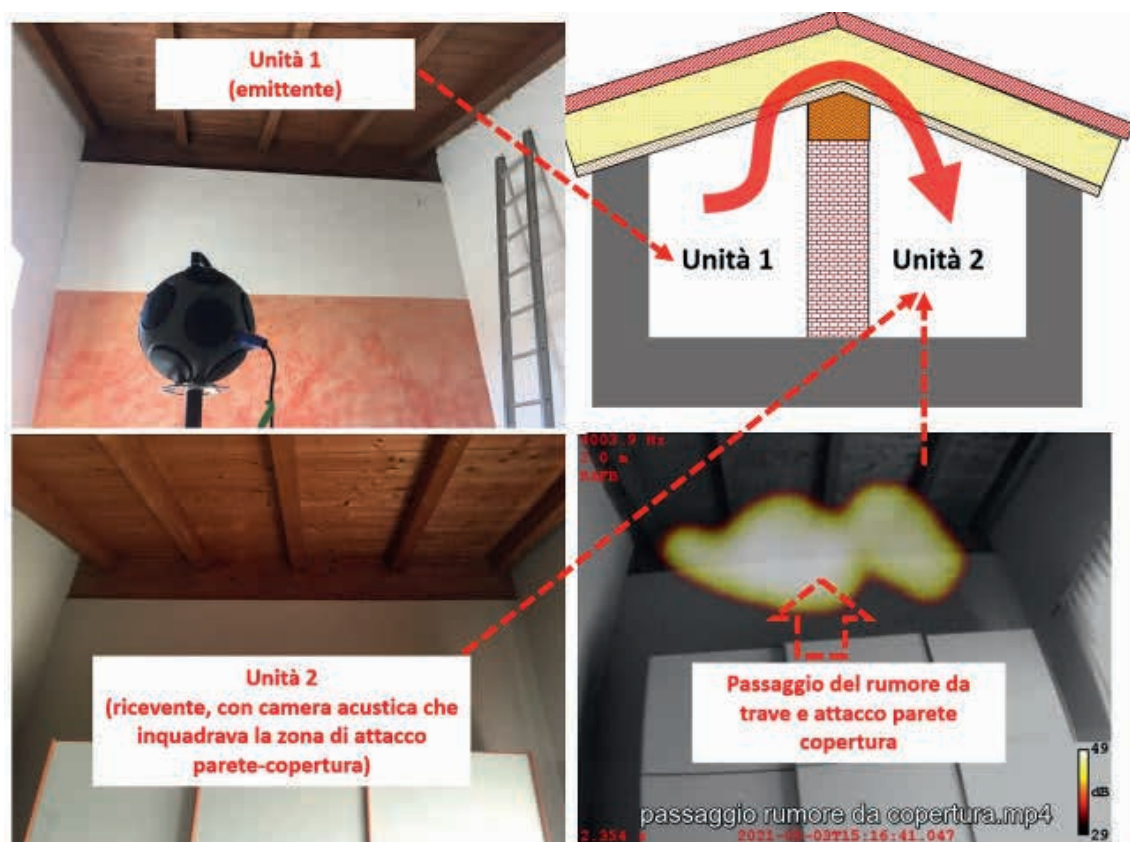


Figura 1

cuzione che, a costo pressoché nullo, hanno una sensibile incidenza nel far crescere il valore del comfort acustico dell'edificio.

Ma perché raramente viene curato questo aspetto come invece avviene in altri campi, ad es. nel campo energetico? Semplice, perché i limiti legislativi acustici sono "fissi" e in generale l'obiettivo di un costruttore è rispettare i limiti, senza dare una prestazione superiore che, senza un "esplicito indicatore", un utente "qualsiasi" non potrebbe percepire come un plus in più dell'edificio, almeno finché non lo abita ed inizia a comprendere la differenza tra un edificio ad elevato comfort acustico e un edificio "base" che rispetta i meri limiti legislativi.

In ambito energetico la classificazione energetica, tramite l'APE (Attestato di Prestazione Energetica), permette al futuro acquirente di percepire, pur "grossolanamente", la maggiore o minore qualità di "fabbisogno di energia e di ragionevole comfort termico", mediante una scala di classi dalla A (migliore) alla G (peggiore). In ambito acustico non è cogente alcuna classificazione acustica, seppur la norma tecnica UNI 11367 definisca la metodologia e preveda classi acustiche mediante un indicatore simile a quello energetico, ma definito da classi numeriche, dalla I (migliore) alla IV (peggiore). Peraltro la classe acustica verrebbe misurata in opera, per cui, rispetto alla classe energetica sviluppata su base di calcolo, la classe acustica fornirebbe una "garanzia" ulteriore che anche la posa in opera sia stata eseguita correttamente. Scommettiamo che avrebbe forse più peso la classe acustica rispetto alla classe energetica se un utente potesse avere queste informazioni? In poche pagine dare una panoramica degli accorgimenti per una perfetta realizzazione acustica

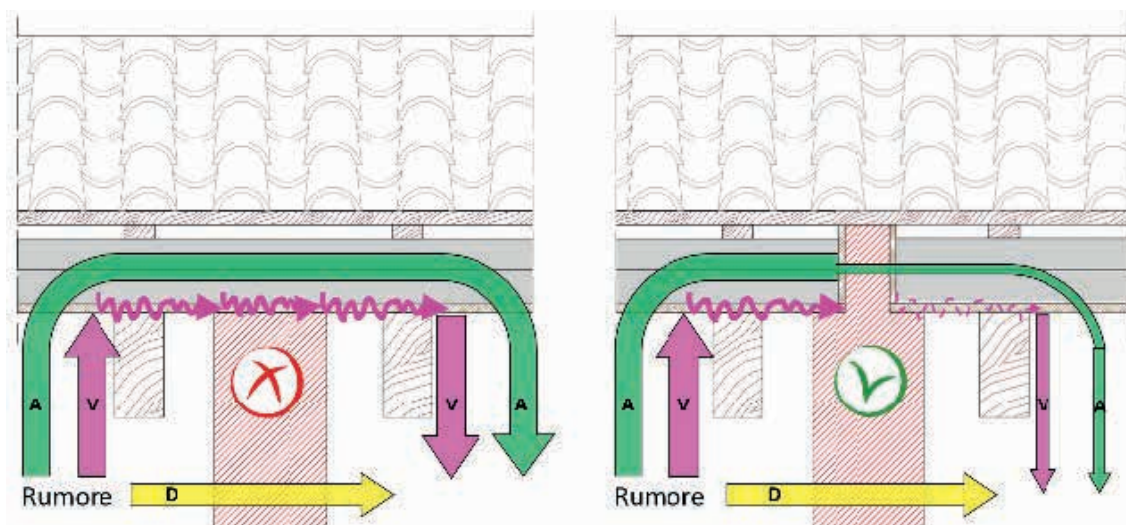


Figura 2

degli edifici non è semplice, per cui ci limiteremo ad indicare pochi concetti base e dare un assaggio di alcuni aspetti tra i più trascurati, alcuni banali ed altri di livello più elevato.

Per prima cosa fissiamo tre concetti basilari: 1) se una superficie non vibra non emette rumore. Avrete ben presente un altoparlante. Fate una prova con le casse audio dell'auto. Più alzate il "volume" più vi accorgete che toccando la superficie il suo livello di vibrazione aumenta. Se spegnete tutto la superficie non vibra più e non emette più rumore; 2) presi due oggetti, uno in movimento e l'altro fermo, come ad es. una palla da biliardo che si muove e tocca una seconda palla ferma, dopo il contatto la seconda si mette in movimento. Così se due elementi edilizi sono tra loro "rigidamente" a contatto si trasmettono reciprocamente la vibrazione. E la vibrazione diventerà rumore. Se invece li terremo "disconnessi" la trasmissione di rumore verrà limitata; 3) in tutto questo occorrerà anche evitare percorsi preferenziali quali tubazioni, canali, contropareti, controsoffitti, ecc. passanti tra locali di distinte unità immobiliari che potrebbero divenire un "canale primario" di transito del suono e ridurre drasticamente la prestazione acustica complessiva. Vediamo anche alcuni esempi pratici, della miriade di cui si potrebbe parlare.

Ponte acustico coperture leggere

Le coperture leggere in legno generano un ponte acustico se la partizione tra unità immobiliari non prosegue sopra l'intradosso di copertura.

Con strumenti che permettono di visualizzare il suono come le "camere acustiche", è possibile vedere il punto critico con estrema facilità, come visibile nella figura 1, ponendo una sorgente di rumore presso l'unità 1 e la camera acustica nella unità 2.

Premesso che una copertura lignea o leggera in generale non deve mai essere realizzata con materiali a bassa massa volumica ed a celle chiuse, le criticità potenziali sono legate alle tre modalità di passaggio del suono, esemplificate nella figura 2.

La freccia "D" rappresenta il percorso diretto attraverso la partizione, non riducibile se non modificando la stratigrafia della partizione. La freccia "A" rappresenta la trasmissione "prevalentemente" aerea del rumore attraverso gli strati coibenti che compongono la copertura. La freccia "V" rappresenta la trasmissione "vibratoria" attraverso gli strati della copertura, assito, travetti, travi portanti. Nello schema di sinistra la partizione divisoria si arresta all'intradosso della copertura e il

contributo acustico dei percorsi "A" e "V" può essere quantitativamente paragonabile, se non addirittura molto superiore, a quello del percorso diretto "D", riducendo drasticamente l'isolamento acustico complessivo.

Per limitare il ponte acustico la partizione va fatta proseguire oltre l'intradosso di copertura. L'asito e le strutture portanti di ciascuna unità immobiliare si arrestano alla partizione. La trasmissione attraverso le vie "A" e "V" risulterà diminuita, permettendo se correttamente realizzata la correzione del ponte acustico e l'incremento dell'isolamento acustico, con conseguente rispetto dei limiti normativi.

Nelle figure successive sono visibili alcuni dettagli costruttivi e fotografie di intervento.

I codici numerici dei dettagli costruttivi sono rispettivamente: 1) materassino in lane minerali a chiusura dello strato di ventilazione del tetto ventilato, solamente nella porzione sovrastante la partizione divisoria; 2) sigillatura elastica; 3) muratura in blocchi in laterizio; 4) foglio in gomma da 2÷3 mm per limitare il passaggio della rumorosità nei pressi del ponte acustico – questo per tener conto che le perline sottostanti sono ad incastro e possono presentare un più agevole passaggio di rumore dalla fessura di accostamento tra una perlina e l'altra; 5) ventilazione copertura; 6) blocco di legno sigillato posato prima della partizione necessario al contenimento della lana minerale durante la posa, con anche funzione di "elemento" limitatore del passaggio di rumore per incremento dell'isolamento acustico e di guida per la posa della partizione che avverrà successivamente dall'interno, al fine di permettere il completamento esterno della copertura prima della realizzazione delle partizioni interne. In figura 3 e 4 schema e realizzazione del medesimo dettaglio di taglio acustico in presenza di partizione in laterizio, il cui completamento della partizione è avvenuto dall'estradosso della copertura. Le frecce in figura 4 indicano il taglio acustico della copertura. In figura 5, 6 e 7 gli schemi grafici bidimensionale e tridimensionale (quest'ultimo con una specifica relativa al passaggio e alla sigillatura di alcune tubazioni che dovevano necessariamente passare in copertura) e la fase di realizzazione del medesimo dettaglio di taglio acustico realizzato in presenza di partizione in cartongesso, il cui completamento è avvenuto dall'interno dei locali. Che risultato ha fornito una tale parete, con gli accorgimenti messi in atto descritti in precedenza? I risultati di misura in opera a fine lavori sono riassunti nella figura 8.

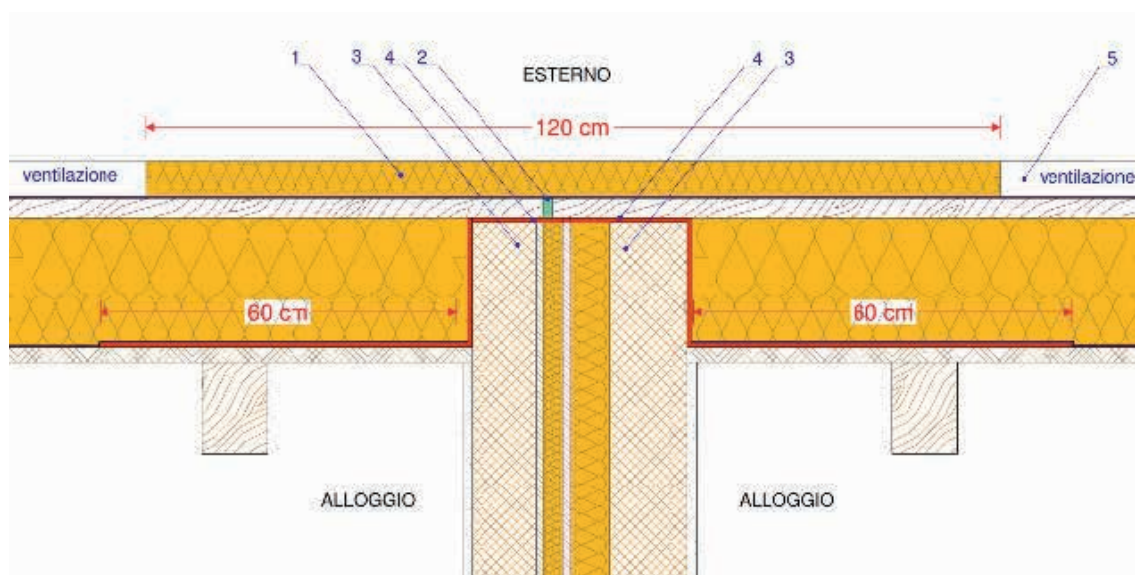


Figura 3



Figura 4

Il risultato è stato ottimo, considerando che la parete nel sottotetto ha dato un buon 66 dB come indice di potere fonoisolante apparente $R'w$ (ai fini legislativi deve essere maggiore di 50 dB), ma è anche visibile che la stessa parete, identica, rilevata al piano sottostante, dotata di medesima tipologia di pavimento e di pareti perpendicolari, ma di soffitto realizzato con solaio in laterocemento e controsoffitto in cartongesso, ha fornito una prestazione ben superiore.

Collegamento pareti verticali con solai e massetti

Un tipico sistema per limitare la trasmissione del rumore da calpestio dei solai si basa sul disconnettere il massetto su cui poggia la pavimentazione da tutto ciò che lo circonda, realizzando una vasca in materiale elastomerico, ovvero “morbido”, che contiene l'intero massetto di pavimento, confinando (nei limiti del possibile) la vibrazione al solo massetto (figura 9).

Si fa però raramente attenzione ai restanti collegamenti tra gli elementi orizzontali e le pareti. A volte si inserisce sotto le pareti uno strato elastomerico, tipicamente della gomma o altri materiali “morbidi”, ma si trascurava una via di trasmissione delle vibrazioni data dal ricollegamento tra il massetto copri-impianti e le pareti stesse. Peccato che così facendo si inficia la funzionalità della disconnessione data al piede della parete. Eppure con il piccolo accorgimento di inserire anche sulla superficie verticale uno strato “morbido” (tipicamente del polietilene espanso come si usa anche per il giunto al perimetro del massetto in presenza di pavimenti radianti) si ridurrebbe sensibilmente il rumore trasmesso tra unità immobiliari (tra cui il vociare) soprattutto se le pareti sono realizzate con elementi leggeri e rigidi, ovvero murature in laterizio forato o blocchi in calcestruzzo aerato e similari, che rispetto a sistemi costruttivi a secco tendono a trasmettere più facilmente le frequenze tipiche del parlato per via della loro maggiore “riverberazione strutturale”. Ecco che con il piccolo accorgimento si ottengono più miglioramenti: aumen-

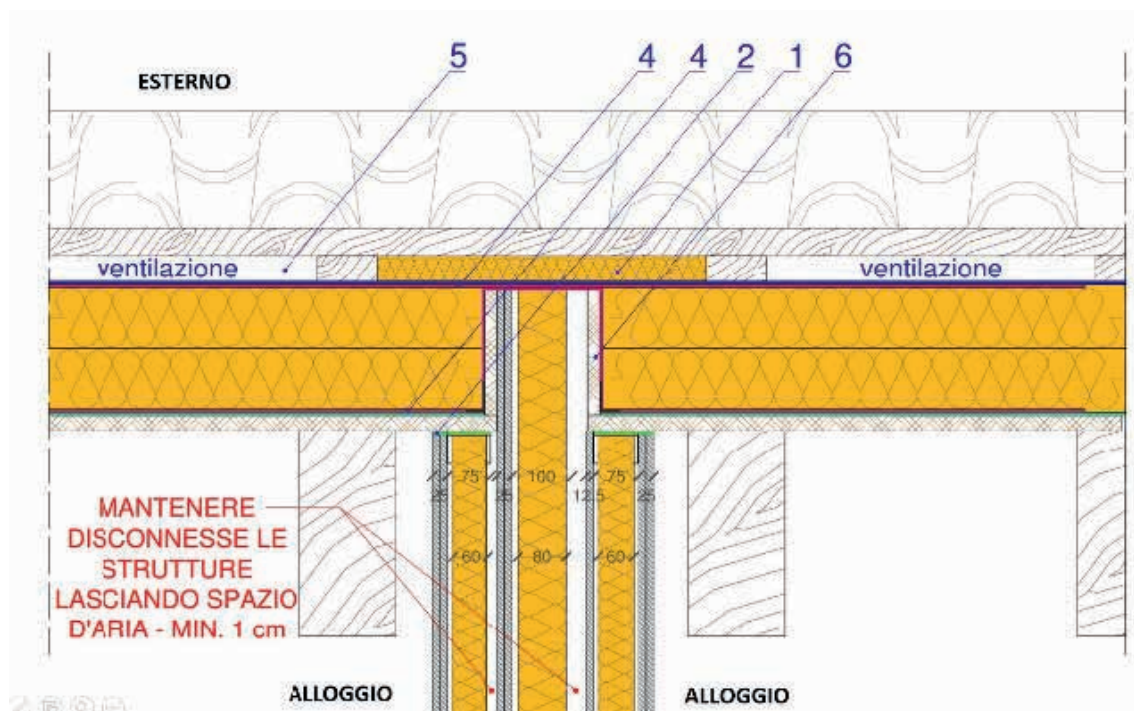


Figura 5

ta l'isolamento acustico, si trasmettono meno vociare e anche eventuali colpi (pensate a rumori di scarichi o colpi del coperchio del WC o i "click" degli interruttori elettrici), si riduce il rumore di calpestio e, se ci sono errori di posa del sistema anticalpestio, si ha un paracadute che limita il deficit e la possibilità di contenzioso.

Nella figura 10 la posa errata è visibile nella fotografia di sinistra, mentre nella fotografia di destra è visibile la modalità di posa corretta. Nella fotografia di destra è infatti presente lo strato di disconnessione (bandella morbida) su tutto il perimetro degli elementi verticali che evita al massetto copri-piampanti di creare una connessione rigida con questi elementi.

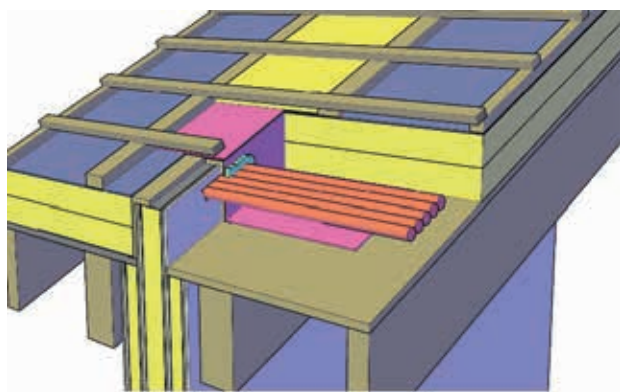


Figura 6

Per rendere maggiormente chiaro il concetto si riportano due schemi esplicativi, nelle figure 11 e 12. Nel concetto che andiamo a descrivere si cela buona parte dell'acustica edilizia.

La figura 11 rappresenta una posa errata. È presente la fascia sotto la muratura, comunque necessaria, ma la riconnessione data dal massetto, ancorché alleggerito, ne riduce l'efficacia. Allargando la visione alle possibili sorgenti di rumore presenti all'interno degli edifici troviamo: calpestio, rumori aerei e rumori accessori, come appunto i pulsanti dell'illuminazione,

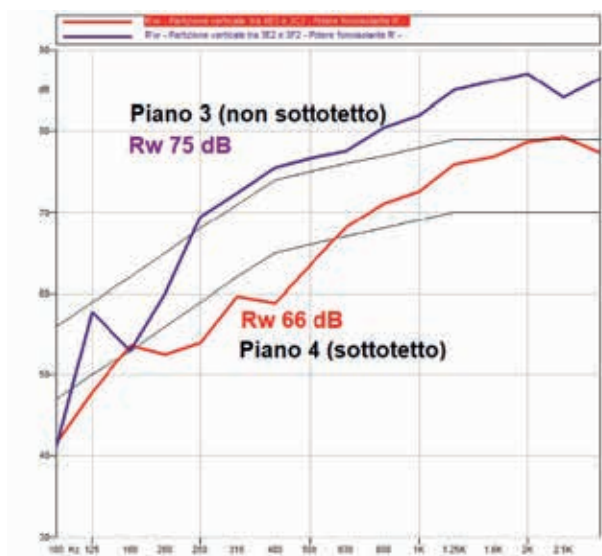


Figura 8

movimentazione di sanitari, ecc. Le vie di propagazione, in acustica da vedersi sia come ingresso che come uscita, in base alla posizione della sorgente che attiva la vibrazione, sono indicate nelle figure: A, B, C, D. “A” rappresenta l’ingresso o uscita da parte del pavimento. Il sistema di pavimento galleggiante riduce di suo l’influenza di tale via di propagazione. La via “B” è legata all’appoggio della parete al solaio. La presenza della banda antivibrante alla base della parete riduce l’influenza di tale via di propagazione. La via indicata con la lettera “D” rappresenta le superfici degli elementi edilizi, che ricevono la rumorosità aerea (e impattiva) e la trasferiscono alle strutture contigue, le quali a loro volta la riemettono negli ambienti su cui si affacciano. Per tale motivo le superfici edilizie devono essere viste sia come “ricettore” che come “emet-

titore”. Ad esempio se qualcuno parla nell’alloggio sottostante sia il solaio che le pareti del locale emittente ricevendo le onde sonore vengono messe in vibrazione. Ognuna di esse vibrerà più o meno in base alla sua massa, rigidezza, frequenze di risonanza, ecc. La vibrazione viene poi trasferita al solaio e da qui agli strati che sono rigidamente collegati con esso, quali ad esempio il massetto copri-impianti. La parete dell’ambiente ricevente, collegata al massetto copri-impianti, vibrerà rimettendo la rumorosità nell’ambiente ricevente. Ovviamente il percorso è invertibile: se la parete vibrasse per via di rumori presenti nell’alloggio sovrastante, la vibrazione sarà trasmessa al solaio e da qui alle pareti ad esso connesse. Riducendo la connessione rigida di questi componenti si riduce la trasmissione di vibrazione e di conseguenza di rumore. Per limitare tale effetto trasmissivo occorre intervenire anche sulla via di propagazione “C”. Per limitare la via di propagazione “C” basta semplicemente inserire una striscia di materassino morbido sul perimetro, analogamente a



Figura 7

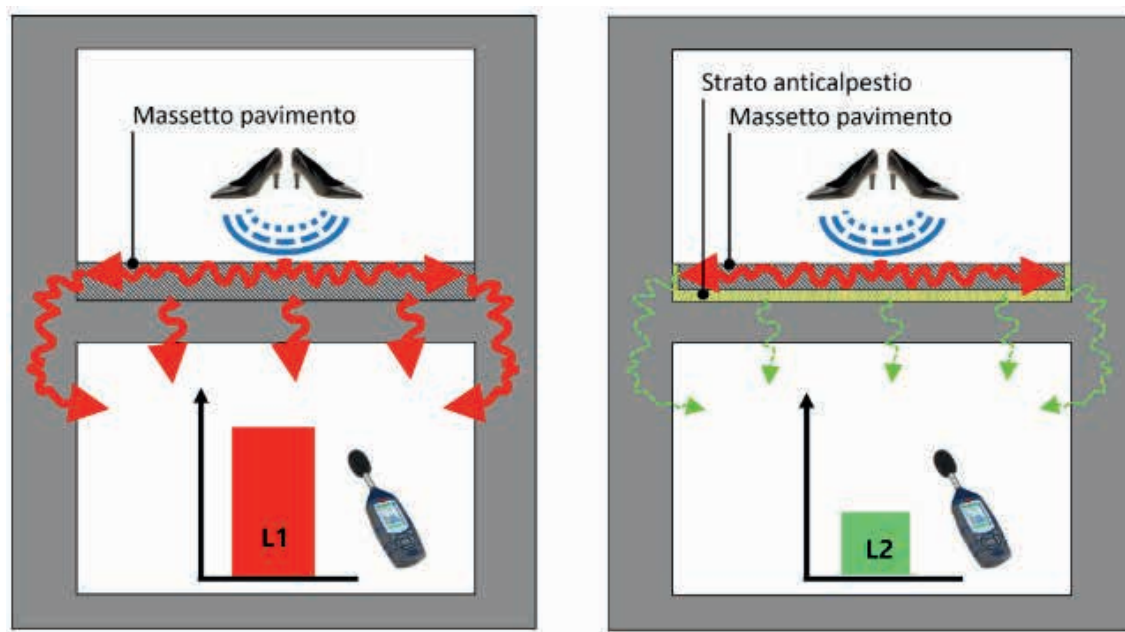


Figura 9

quanto già avviene sul perimetro del massetto di pavimento per la corretta creazione della “vasca” anticalpestio. Il tutto come indicato nella figura 12.

Nella figura 13 si riporta uno schema progettuale tipo. Nella figura i numeri rappresentano: 1) materassino anticalpestio – strato di desolidarizzazione, 2) fascia antivibrante sotto muratura, 3) bandella perimetrale, 4) zoccolino in legno, staccato dal pavimento di 0,1 mm. Si fa notare che l'intonaco non deve arrivare a contatto con la pavimentazione. Il dettaglio vale sia per le partizioni divisorie tra unità immobiliari, sia per le partizioni interne, sia nel caso di partizioni esterne, ognuna con le proprie attenzioni costruttive specifiche.



Figura 10

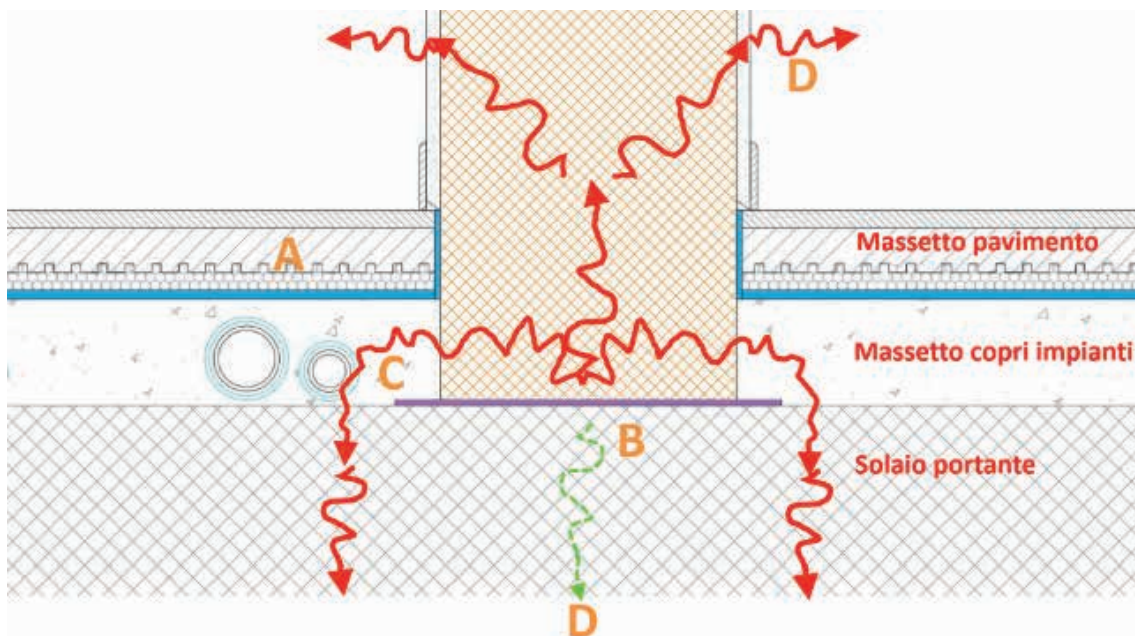


Figura 11

Anticalpestio a bassa frequenza

Vediamo anche una modalità di intervento particolare, riportando anche i risultati di misure in opera che saranno apprezzati da chi si occupa di acustica. Con il tipico trattamento anticalpestio, in cui un materassino anticalpestio viene steso sotto il massetto di pavimento, si ottiene

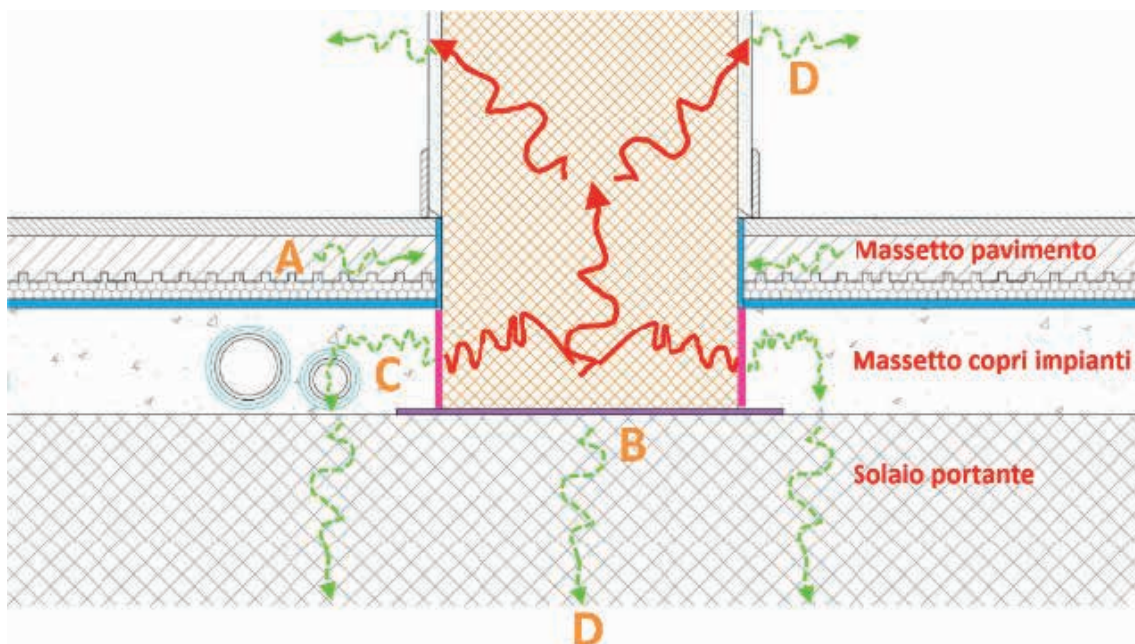


Figura 12

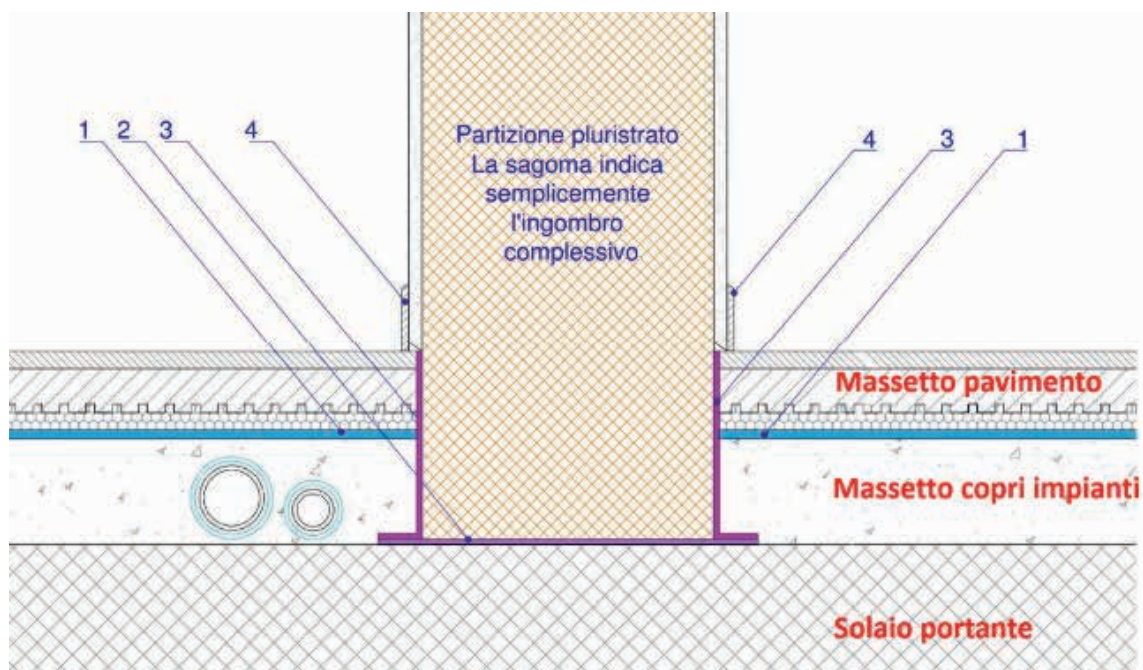


Figura 13

il rispetto dei limiti legislativi ma è ancora possibile udire i passi del vicino, assimilabili a tonfi sordi di quando si corre sui talloni dei piedi. Le basse frequenze non vengono “attenuate” più di tanto dai tradizionali sistemi anticalpestio. Esistono però soluzioni d’avanguardia, poco conosciute, che permettono di non sentire assolutamente il calpestio o le pallonate del pallone da basket che percuotono il pavimento del piano sovrastante. Si tratta di sistemi denominati “a bassa frequenza di risonanza”. Questi sistemi sono realizzati utilizzando come supporto elastico degli elementi puntuali anziché dei materassini stesi su tutta l’area del pavimento.

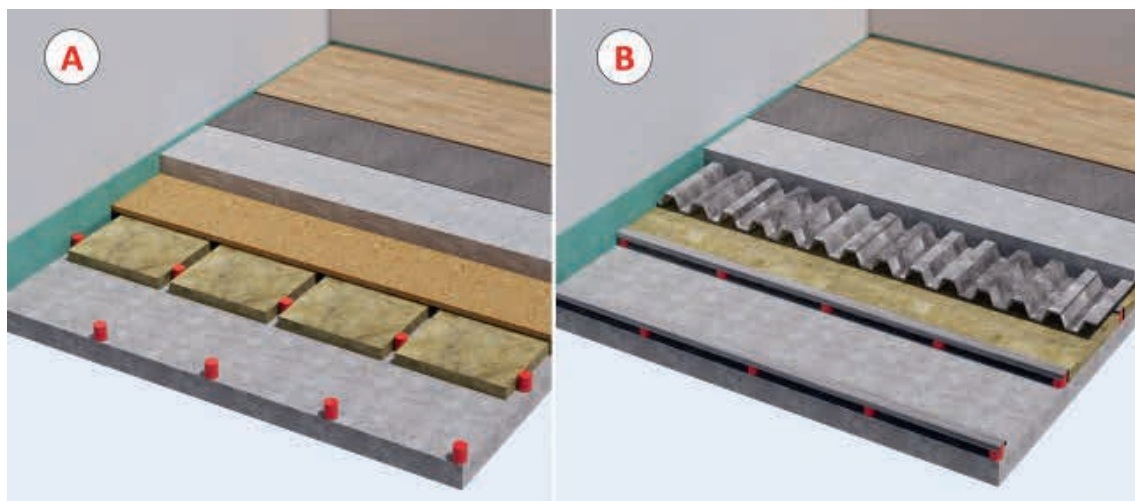


Figura 14

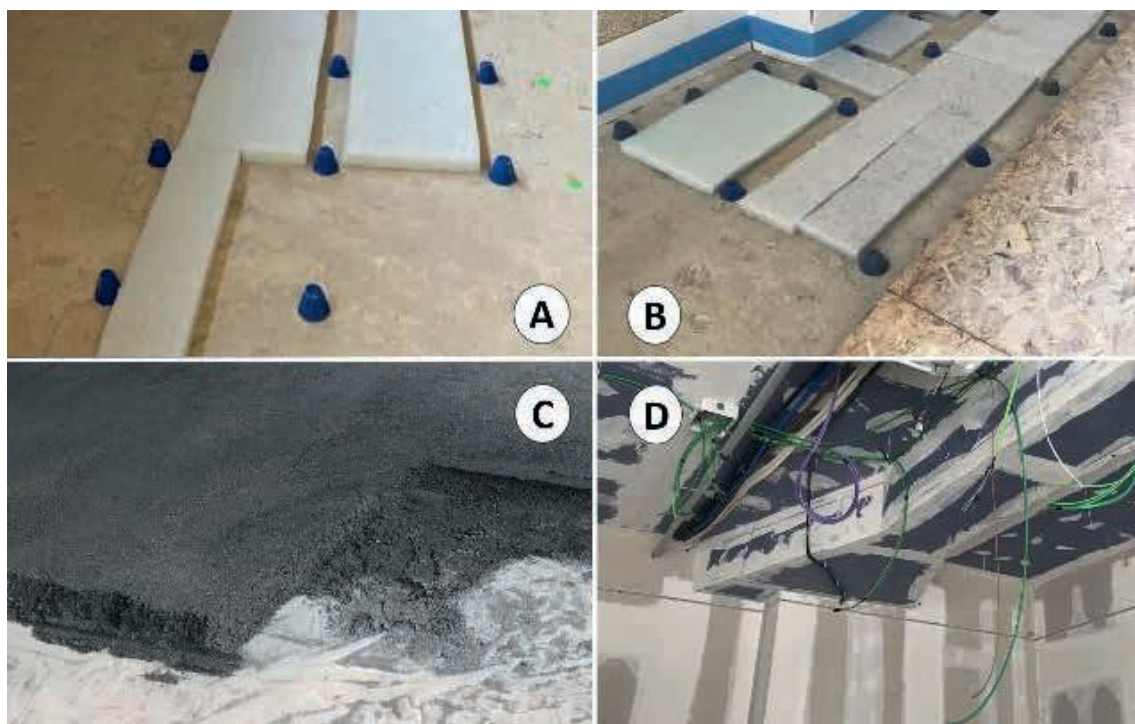


Figura 16

Sopra i supporti puntuali sono realizzati i massetti di pavimento direttamente gettati su pannelli che fungono da cassero a perdere, normalmente in pannelli di legno OSB o lamiera grecata. Tra i supporti puntuali viene inserito del materiale fibroso fonoassorbente per limitare l'effetto "casa di risonanza".

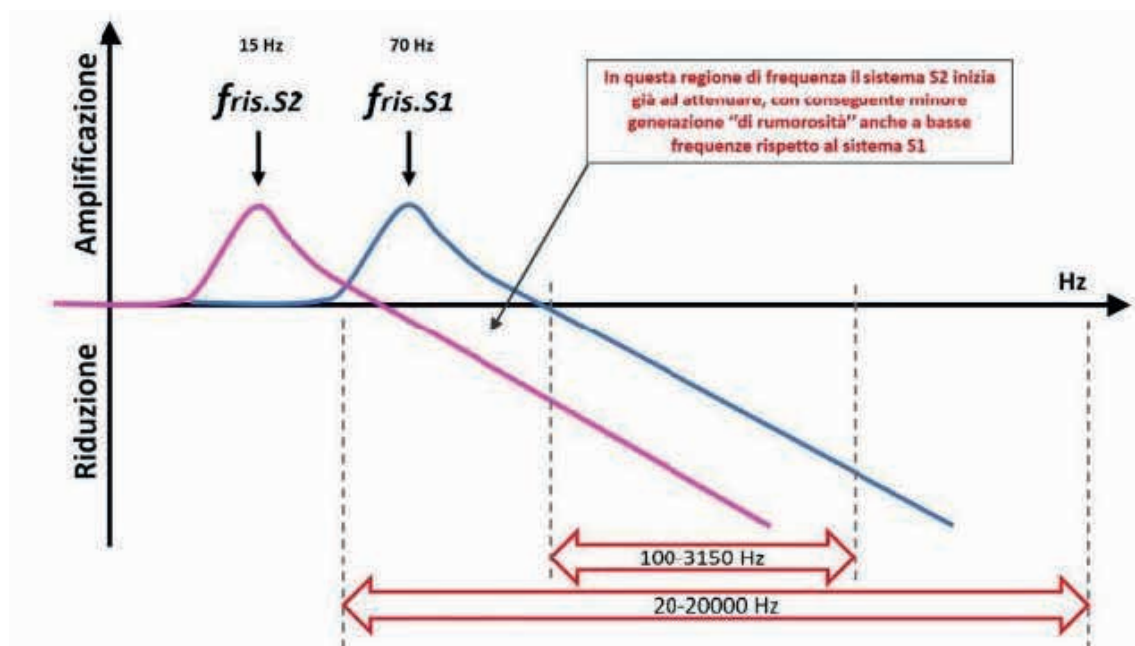


Figura 15

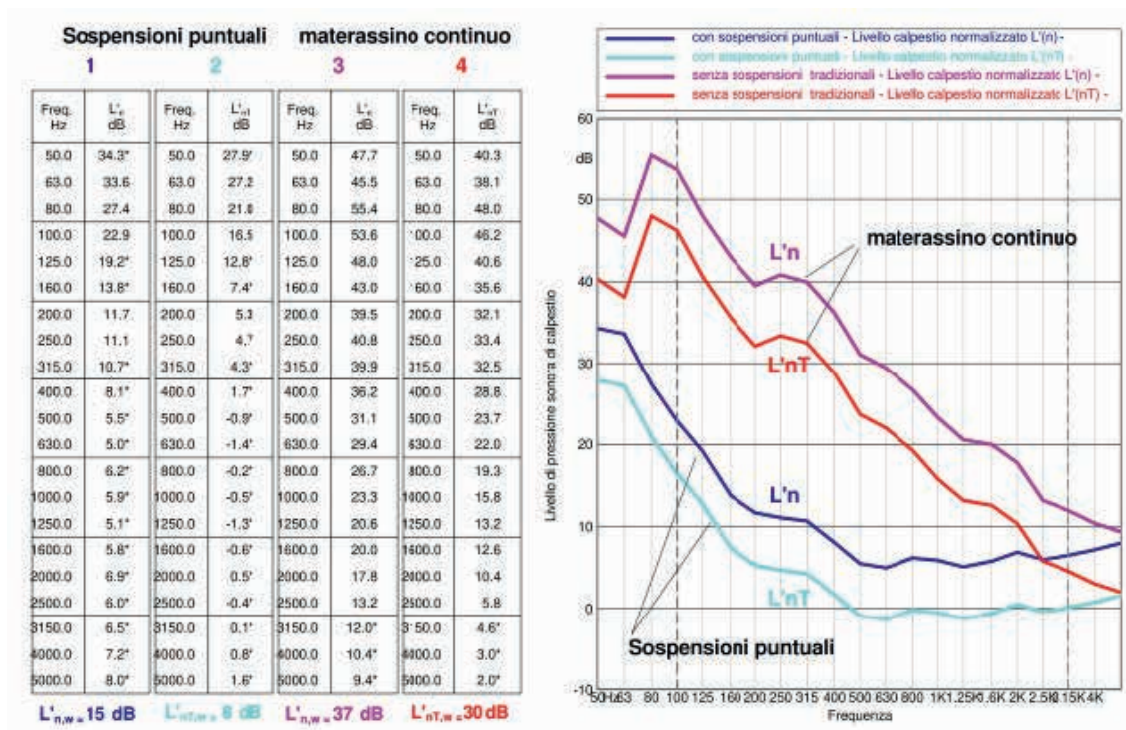


Figura 17

Cosa differenzia il comportamento di un sistema a bassa frequenza rispetto ai più comuni e commerciali sistemi anticalpestio? Semplicemente la frequenza di risonanza (a cui il sistema anticalpestio vibra in modo più elevato) viene progettata per spostarsi a sinistra, a frequenze inferiori possibilmente al campo dell'udibile. In tal modo il sistema inizia ad attenuare la trasmissione della vibrazione già a frequenze basse, dove l'orecchio umano "sente meno". In tal modo la vibrazione in ingresso al solaio viene ridotta "quasi alla sorgente" e di conseguenza ne arriva meno nei locali riceventi.

Nella figura 16 alcune fotografie della posa: nella fotografia "A" sono visibili i supporti puntuali e il materiale fonoassorbente tra gli stessi, nella fotografia "B" è visibile sulla muratura verticale la fascia per la disgiunzione perimetrale di tutti gli strati appoggiati ai supporti antivibranti (fino al pavimento) e il pannello in legno "OSB" che funge da cassero a perdere, nella fotografica "C" il getto del massetto, nella fotografia "D" il controsoffitto fonoisolante che riveste anche le travi portanti. Tutti gli impianti sono posizionati al di sotto del controsoffitto fonoisolante senza alcun attraversamento dello stesso.

I risultati normalizzati degli indici di calpestio $L'_{n,w}$ e $L'_{n,T,w}$ misurati in opera sono riportati nel grafico di figura 17. Nello stesso grafico sono anche rappresentati i livelli L'_n e $L'_{n,T}$ del medesimo solaio strutturale con identica stratigrafia all'intradosso ma dotato, in sostituzione del sistema anticalpestio su supporti puntuali, di un tradizionale materassino anticalpestio in polietilene espanso da 10 mm (rigidità dinamica $s'=10$ MN/m³), steso in continuo tra il sottofondo alleggerito – di spessore maggiorato per compensare la quota dei supporti puntuali e dei pannelli in OSB mancanti – e il massetto, identico al precedente, ma con pavimento in piastrelle.

Il confronto grafico tra le due stratigrafie descritte, entrambe molto performanti, evidenzia come

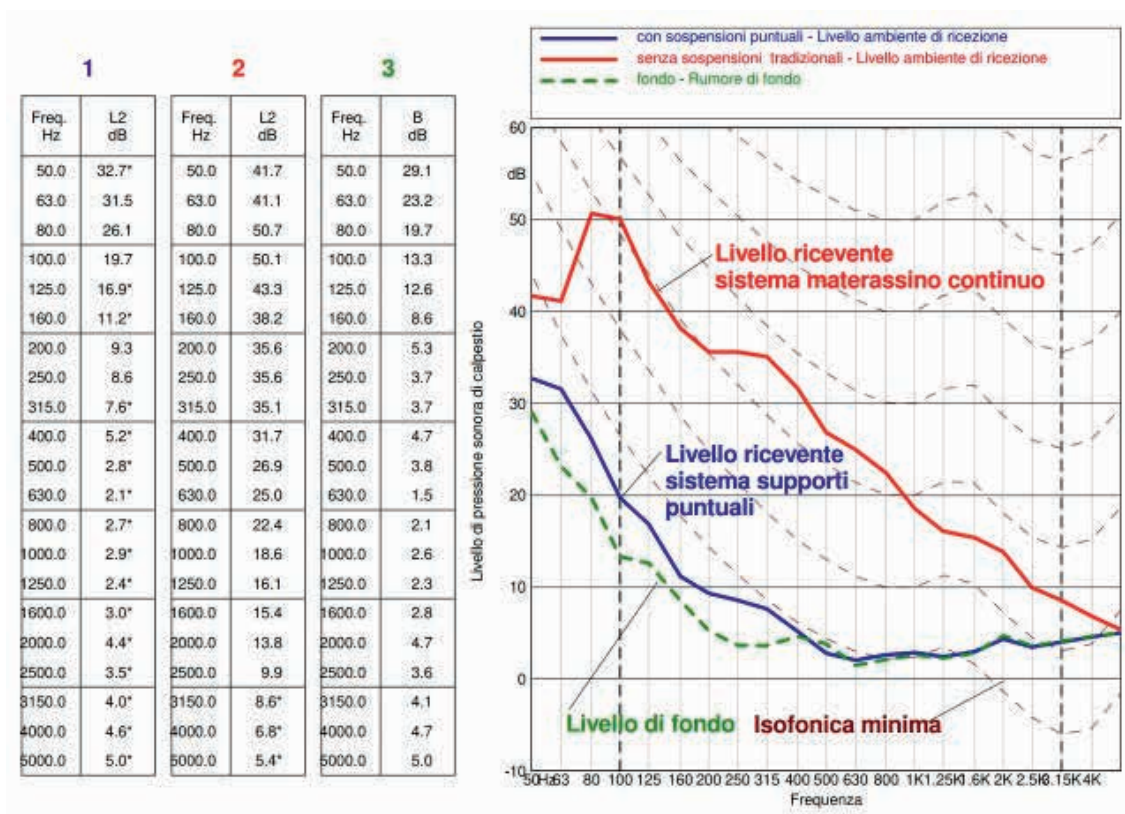


Figura 18

il sistema anticalpestio su supporti puntuali, rispetto al tradizionale materassino continuo, determini migliori prestazioni di isolamento al rumore trasmesso per via solida a tutte le frequenze (50 ÷ 5.000 Hz). Tale risultato consegue da una traslazione verso sinistra – ovvero verso le basse frequenze – della curva di attenuazione del sistema massa-molla, come ben evidenziato dal grafico. Analizzando, inoltre, i livelli medi di pressione sonora di calpestio e del rumore di fondo rilevati si evince che, con il sistema anticalpestio su supporti puntuali, il generatore di calpestio (la macchina che genera dei colpi sul pavimento per poter misurare l'efficacia dei sistemi anticalpestio) non risulta udibile quando attivo, come visibile in figura 18. Nel grafico sono evidenziati, con linea tratteggiata di colore verde, il livello di pressione sonora del rumore di fondo (macchina da calpestio ferma) e, con le curve di colore blu e rosso, i livelli medi di pressione sonora rilevati negli ambienti riceventi con generatore di calpestio in funzione, rispettivamente per il solaio con supporti puntuali e con materassino tradizionale. Con linea tratteggiata sottile, sono inoltre riportate le curve isofoniche fino a quella minima che rappresenta la soglia di udibilità denominata MAF (Minimum Audible Field – isofonica minima).

Nel caso del sistema anticalpestio a bassa frequenza di risonanza, realizzato mediante supporti antivibranti puntuali, il grafico evidenzia livelli di pressione sonora immessi nell'ambiente ricevente (con generatore di calpestio attivo) leggermente superiori al rumore di fondo – peraltro molto basso! – solo da 50 Hz a 400 Hz mentre, alle frequenze superiori, le curve di livello medio immesso e di fondo praticamente coincidono. Allo stesso tempo, fino a 1.250 Hz non risulta percepibile alcun tipo di rumore in quanto i livelli rilevati sono inferiori alla soglia di udibilità (solo la sensibili-

tà microfonica del fonometro permette di rilevarli). In definitiva, in un ambiente già molto silenzioso, il rumore del generatore di calpestio non risulta affatto percepibile ad alcuna frequenza con il sistema a supporti puntuali a bassa frequenza di risonanza.

Sperando di aver incuriosito il lettore, rimandiamo al testo integrale “Difetti nella progettazione acustica degli edifici” per eventuali approfondimenti.

EDILTECNICO CONSIGLIA

Difetti nella progettazione acustica degli edifici

Come prevenire i danni e correggere gli errori

di Renzo Sonzogni

Maggioli Editore, formato 17x24, pagg. 468 a colori, ISBN 8891644879, € 46,00



Come si limita il rumore di calpestio alle basse frequenze? Come si realizza un solaio garantendo che al piano sottostante non sia assolutamente udibile il rumore da calpestio? E ancora, come si tiene conto in fase di progetto della perdita nel tempo dell'efficienza dei materassini anticalpestio? Quanto incide una ventilazione meccanica (VMC) di tipo puntuale in facciata in relazione all'isolamento acustico? E come si riconosce un condotto fonoassorbente da uno non fonoassorbente tenuto conto che alla vista sono identici?

Sono solo alcune domande a cui questo manuale dal taglio pratico e operativo intende dare risposta.

Il libro contiene numerose fotografie di errori di realizzazione e delle corrette modalità di posa, così da permettere al lettore di visualizzare e fare proprio l'errore e di conseguenza evitarlo nella prassi professionale e realizzativa.

È anche un condensato di informazioni importanti che non si trovano su altri testi di acustica.

La terminologia e gli esempi sono chiari, pensati per condurre il lettore in modo rapido e fluido alla comprensione della tematica al fine di progettare edifici acusticamente eccellenti.

Nella pubblicazione sono raccolti in modo organico errori applicativi riscontrati in numerosi cantieri e contenziosi giudiziari, unitamente alle indicazioni ed ai “trucchi del mestiere” per prevenirli e risolverli, oltre ad esempi di alto livello che raramente si trovano su manuali di acustica.

L'obiettivo è evidenziare in modo semplice e visivo le criticità nella realizzazione acustica, utilizzando anche terminologie semplici, senza troppe formule né algoritmi complessi.

Completano l'opera dettagli di stratigrafie di varie tipologie edilizie e di nodi costruttivi, effettivamente realizzati in cantiere, molti dei quali accompagnati dai risultati di collaudo acustico in opera a fine lavori.

Il presente testo è dunque un tassello fondamentale per indirizzare i lettori a realizzare edifici che siano confortevoli acusticamente e limitare i contenziosi in materia, con il concetto che “prevenire è meglio che curare”.