

P. Fausti ⁽¹⁾
S. Secchi ⁽²⁾
G. Guerrato ⁽³⁾

(1) Dipartimento di Ingegneria – Università di Ferrara

(2) Dipartimento di Tecnologie dell'Architettura e Design – Università di Firenze

(3) Associazione Nazionale Produttori Elementi Leca, Milano

Analisi dei risultati di misure di potere fonoisolante apparente di pareti in blocchi di calcestruzzo alleggerito con argilla espansa

Sommario

In seguito all'entrata in vigore del DPCM 5-12-97 "Requisiti acustici passivi degli edifici" e ulteriormente dopo la pubblicazione, nel Luglio 2010, della norma UNI 11367 ed in attesa di sviluppi legislativi contestualmente annunciati, è aumentata l'attenzione da parte degli operatori del settore verso la qualità acustica degli edifici.

L'impulso verso edifici di qualità acustica superiore rende oggi ancora più evidente l'importanza della **scelta di soluzioni tecnologiche affidabili**, che, oltre ad avere **buone prestazioni acustiche**, siano **robuste** nei confronti delle **scelte progettuali** e della **posa in opera**. Allo scopo di valutare la robustezza di determinate soluzioni di partizioni interne usate nel nostro Paese è stata condotta una campagna di misure in opera sulle prestazioni di potere fonoisolante apparente di pareti in blocchi di calcestruzzo alleggerito con argilla espansa.

La campagna di prove in opera effettuata tra il 2000 e il 2010 su circa **120 pareti in Lecablocco Fonoisolante** di spessore 25 e 30 cm in tutta Italia ha fornito validi risultati sul piano prestazionale e caratterizzati da buona ripetibilità.

Dalle misurazioni effettuate risulta che **l'indice di valutazione medio in opera** per le pareti in **Lecablocco di spessore 25 cm è pari a 51,6 dB**, mentre per le pareti realizzate in **Lecablocco di spessore 30 cm è pari a 52,5 dB**.

Dalla campagna di misurazioni in opera sono anche emerse le possibili problematiche acustiche che si potrebbero generare in opera, la cui conoscenza in fase di progetto permette di evitare errori di posa e di garantire in opera il soddisfacimento delle prestazioni richieste.

Introduzione

Con l'entrata in vigore, nel febbraio 1998, del decreto sui requisiti acustici passivi degli edifici [1] si è resa cogente anche in Italia la verifica delle prestazioni fonoisolanti degli edifici sia rispetto ai rumori provenienti da altri locali interni che dall'esterno dell'edificio o dagli impianti tecnologici.

Recenti studi [2] mostrano come con l'entrata in vigore di questo decreto sia stata indotta nel contesto costruttivo italiano una forte evoluzione della qualità acustica rispetto ai livelli qualitativi dei decenni passati con un notevole sviluppo delle conoscenze tecniche e della qualità dei prodotti.

Tuttavia, esistono ancora aspetti che fanno sì che il pieno soddisfacimento del DPCM 5/12/97 sia percepito come un problema da parte di costruttori e progettisti. La realizzazione di un edificio in grado di soddisfare appieno i requisiti minimi di legge si può ricondurre essenzialmente al problema della corretta scelta dei prodotti e dell'accuratezza durante la fase realizzativa; questi due aspetti mettono in evidenza l'importanza della soluzione tecnologica scelta che deve essere affidabile e robusta nei confronti della posa in opera.

Un recente studio condotto dagli autori [3] mostra come la variabilità dei risultati misurati in opera, a

parità di soluzione tecnica adottata dal progettista, sia da porre in relazione a differenti fattori legati alla forma e alla dimensioni dei locali, alle trasmissioni laterali strutturali ed aeree ma soprattutto alle modalità realizzative. Allo scopo di valutare la robustezza di determinate soluzioni di partizioni interne usate nel nostro Paese è stata condotta una campagna di misure in opera sulle prestazioni di potere fonoisolante apparente di pareti in blocchi di calcestruzzo alleggerito con argilla espansa.

La campagna di misure effettuate dal Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Ferrara e dal Dipartimento di Tecnologia dell'Architettura e Design dell'Università di Firenze tra il 2000 ed il 2010 riguarda circa **120 prove di potere fonoisolante apparente relative a pareti di separazione tra alloggi realizzate in blocchi di calcestruzzo alleggerito in argilla espansa (Lecablocco® Fonoisolante) di spessore 20, 25 e 30 cm.**

Complessivamente sono stati verificati circa 60 edifici situati in differenti Regioni nel centro e nord Italia ed è stato creato un database di prestazioni misurate in opera che ha consentito di effettuare numerose analisi sulla variabilità dei risultati ottenuti. ■



Palazzina a Ronchi dei Legionari (GO)
Lecablocco Fonoisolante, spessore 25 cm
 $R_w = 51\text{dB}$ (in opera).

Il quadro legislativo e normativo italiano

In Italia, la protezione acustica degli edifici dai rumori provenienti dall'esterno o dall'interno è regolata dal DPCM 5/12/97 [1], attuativo della Legge quadro sull'inquinamento acustico 447/95 [4].

Tabella 1: Valori limite del DPCM 5/12/97 per il potere fonoisolante apparente (R'_w) di partizioni tra distinte unità immobiliari.

Tipologia edificio	R'_w (dB)
Ospedali, cliniche, case di cura e simili	55
Residenze, alberghi e simili	50
Scuole e simili	50
Uffici, attività ricreative, commerciali o di culto, e simili	50

Il frequente mancato rispetto dei requisiti minimi di protezione acustica in edifici realizzati dal 1998 ad oggi ha generato una molteplicità di contenziosi civili tra acquirenti di alloggi e venditori o costruttori degli stessi che può probabilmente essere imputata a differenti cause.

La prima spiegazione può essere data dalla forte crescita dei livelli prestazionali di protezione acustica imposta dal DPCM 5/12/97 rispetto agli standard costruttivi nazionali dell'epoca ed alla carenza di normative precedenti in materia.

Si deve anche citare la mancata emanazione, ai sensi dell'art. 3, comma "e", della Legge 447/95 [4], del

decreto concernente "i criteri per la progettazione, l'esecuzione e la ristrutturazione delle costruzioni edilizie e delle infrastrutture dei trasporti, ai fini della tutela dall'inquinamento acustico". Va sottolineato a questo riguardo che la norma UNI contenente i criteri di calcolo dei requisiti acustici degli edifici [5] è stata pubblicata quasi cinque anni dopo l'emanazione del DPCM 5/12/97 e che il rapporto tecnico che riferisce tali metodi al contesto costruttivo nazionale [6] è stato pubblicato nel novembre 2005.

La seconda spiegazione alla frequenza del mancato rispetto dei limiti del DPCM 5/12/97 è data dalla difficoltà di conseguire in opera i valori prestazionali calcolati secondo le metodologie definite dalla UNI EN 12354 [5]. Tale difficoltà è insita nella natura della propagazione sonora nelle strutture edilizie che privilegia fortemente la trasmissione attraverso i punti deboli, come punti singoli di contatto tra strutture disaccoppiate, discontinuità strutturali, ecc. L'esperienza dimostra come piccoli difetti realizzativi siano all'origine di forti alterazioni delle capacità fonoisolanti delle strutture edilizie.

A fronte del quadro sopra delineato, si è imposta negli ultimi anni la necessità di riformare completamente la disciplina inerente i requisiti di protezione acustica degli edifici, ipotizzando anche modi alternativi e meno stringenti per le imprese per la valutazione dei suddetti requisiti.

L'Ente Italiano di Normazione (UNI) ha quindi costituito un gruppo di lavoro (GL5, SC1) che, fin dal 2007, ha lavorato per la messa a punto di una nuova norma sulla classificazione acustica degli edifici che potesse essere la base per la definizione di un nuovo testo legislativo sulla protezione acustica degli edifici; tale norma è stata emanata nel luglio del 2010 come UNI 11367 [9].

UNI 11367:2010

Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera

Il documento, che appare nel suo insieme piuttosto complesso, considera la classe acustica come una "proprietà intrinseca dell'edificio" ed è pertanto indipendente dal contesto in cui questo si trova (clima acustico esterno, uso dell'edificio, ecc.).

Un secondo aspetto di notevole rilevanza è che la classificazione acustica si riferisca alle "unità immobiliari" sulla base dei "valori medi" delle prestazioni acustiche dei suoi componenti misurate in opera.

I componenti delle singole unità immobiliari che dovranno essere oggetto di misurazione sono tutti quelli che separano "ambienti acusticamente verificabili" e di cui almeno uno sia un "ambiente abitativo". Per quanto attiene nello specifico le misure di potere fonoisolante apparente (R'_w), la prestazione oggetto di confronto con il limite di classe sarà quella ottenuta come media delle prestazioni delle partizioni verticali (pareti) ed orizzontali (solai).

Una terza novità particolarmente rilevante introdotta dalla norma è la valutazione dell'"incertezza di misura" e dell'"incertezza di campionamento".

Per tenere conto in maniera cautelativa dell'incertezza delle misurazioni di acustica edilizia, tutti i risultati delle misure dovranno dunque essere corretti (ridotti, per gli isolamenti, ed incrementati, per i livelli sonori) con i valori riportati nel prospetto F2 della norma (correzione pari ad 1 dB per il potere fonoisolante apparente).

In tabella 2 sono riportati i valori limite riferiti alle diverse classi di qualità acustica degli edifici con destinazione residenziale, direzionale ed ufficio, ricettiva (alberghi, pensioni e simili), ricreativa, di culto e commerciale.

Tabella 2

Valori di soglia del potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti di differenti unità immobiliari [9].

Classe	R'_w (dB)
I	≥ 56
II	≥ 53
III	≥ 50
IV	≥ 45

Si nota come il valore di soglia riferito alla classe III corrisponda (salvo la correzione di 1 dB per l'incertezza di misura) ai limiti del DPCM 5/12/97.

La norma UNI 11367 sulla classificazione acustica delle unità immobiliari è ancora a carattere volontario in quanto ad oggi non è stato pubblicato il nuovo Decreto sui requisiti acustici passivi degli edifici che dovrebbe recepirla. Dopo un oltre un anno dalla sua pubblicazione, ed in considerazione dell'attuale crisi del settore, risultano ancora poche le sperimentazioni sui nuovi insediamenti residenziali. Tuttavia gli operatori del settore guardano con molta attenzione ai possibili sviluppi che questa normativa, qualora diventasse cogente per le nuove costruzioni, potrebbe dare al settore. A tale riguardo i produttori di materiali e le imprese di costruzione si stanno attivando per migliorare le caratteristiche delle proprie tecnologie costruttive per misurarsi con i valori di soglia tra le varie classi in modo da essere pronti a rispondere alle nuove esigenze di qualità che tale normativa potrebbe indurre.

¹ Ai sensi della norma si definisce "unità immobiliare" una porzione di fabbricato, o un fabbricato, o un insieme di fabbricati, ovvero un'area che, nello stato in cui si trova e secondo l'utilizzo locale, presenta potenzialità di autonomia funzionale e reddituale.

Risultati delle misurazioni per pareti di spessore 25 cm

Nella campagna di prove effettuate in 40 differenti cantieri tra il 2000 il 2010 sono state testate 69 pareti realizzate con elementi Lecablocco® Fonoisolante da 25 cm di spessore, intonacato con 1,5 cm di intonaco tradizionale su ambo i lati. Tutte le prove sono state condotte nel rispetto delle norme tecniche pertinenti [10, 11].

Il valore della media aritmetica dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (R'_w) di tutte le pareti misurate è pari a 51,1 dB, con una deviazione standard 1,8 dB. Tuttavia, poiché in alcuni casi (15 casi su 69) la parete o gli ambienti oggetto di prova presentavano specificità tali da non rendere il risultato ottenuto rappresentativo della prestazione della parete in questione, nelle successive elabora-

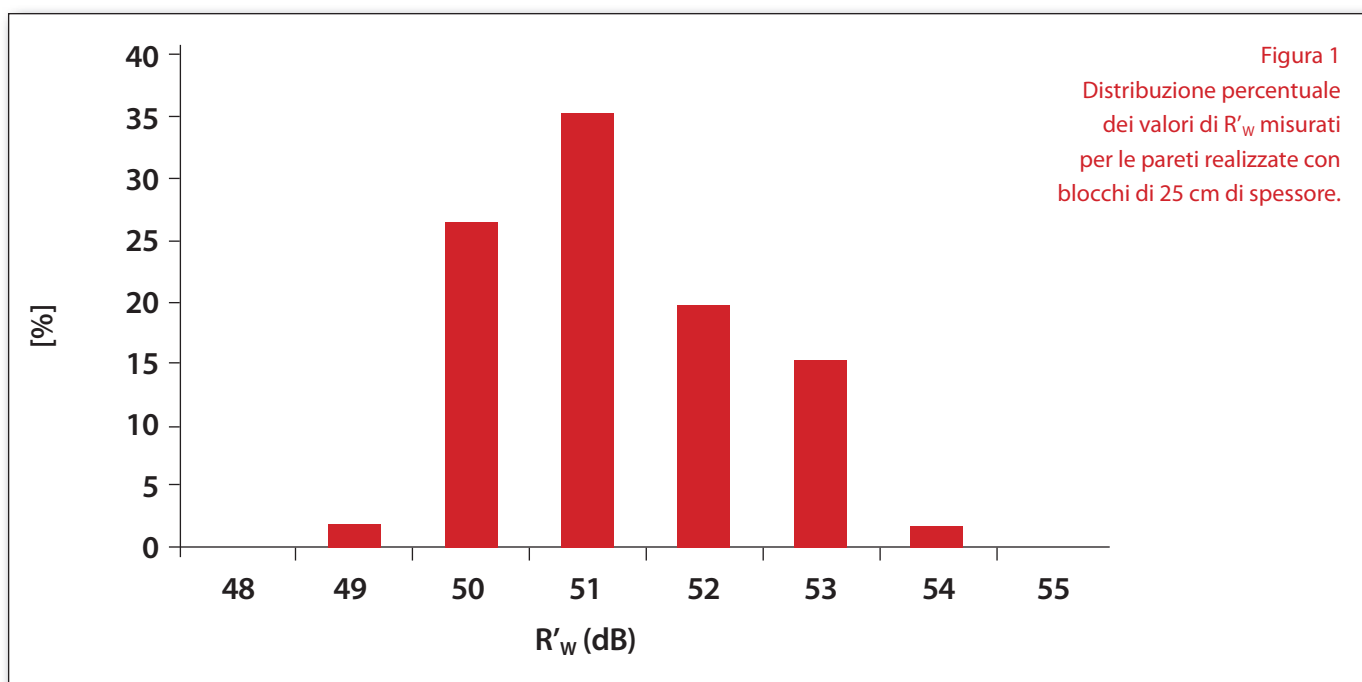
zioni statistiche i dati relativi a queste situazioni non sono stati presi in esame. Ciò riguarda ad esempio i casi di pareti con contropareti applicate e la presenza di percorsi di trasmissione sonora aerea attraverso vani di porte.

Eliminando dalla media i risultati caratterizzati dalle specificità sopra menzionate, si ottiene il **valore medio dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di 51,6 dB con deviazione standard di 1,2 dB.**

Allo scopo di analizzare in modo più approfondito i risultati, è stata inoltre effettuata un'analisi statistica basata sulla distribuzione percentuale dei valori rilevati. Di seguito sono riportati i risultati di tale analisi, che prende in esame solo le pareti in cui non erano presenti le specificità citate.

Il grafico di **figura 2** riporta l'andamento medio in frequenza del potere fonoisolante misurato per i casi suddetti. Tale grafico, cui corrisponde il valore medio dell'indice di valutazione R'_w di 51,6 dB si può pertanto ritenere rappresentativo della parete in blocchi di calcestruzzo alleggerito di spessore 25 cm ed intonacata su ambo i lati.

Analizzando nel dettaglio i risultati ottenuti si può notare che sono stati misurati valori maggiori o uguali a 50 dB nel 98% delle prove effettuate e valori maggiori o uguali a 51 dB nel 72% dei casi.



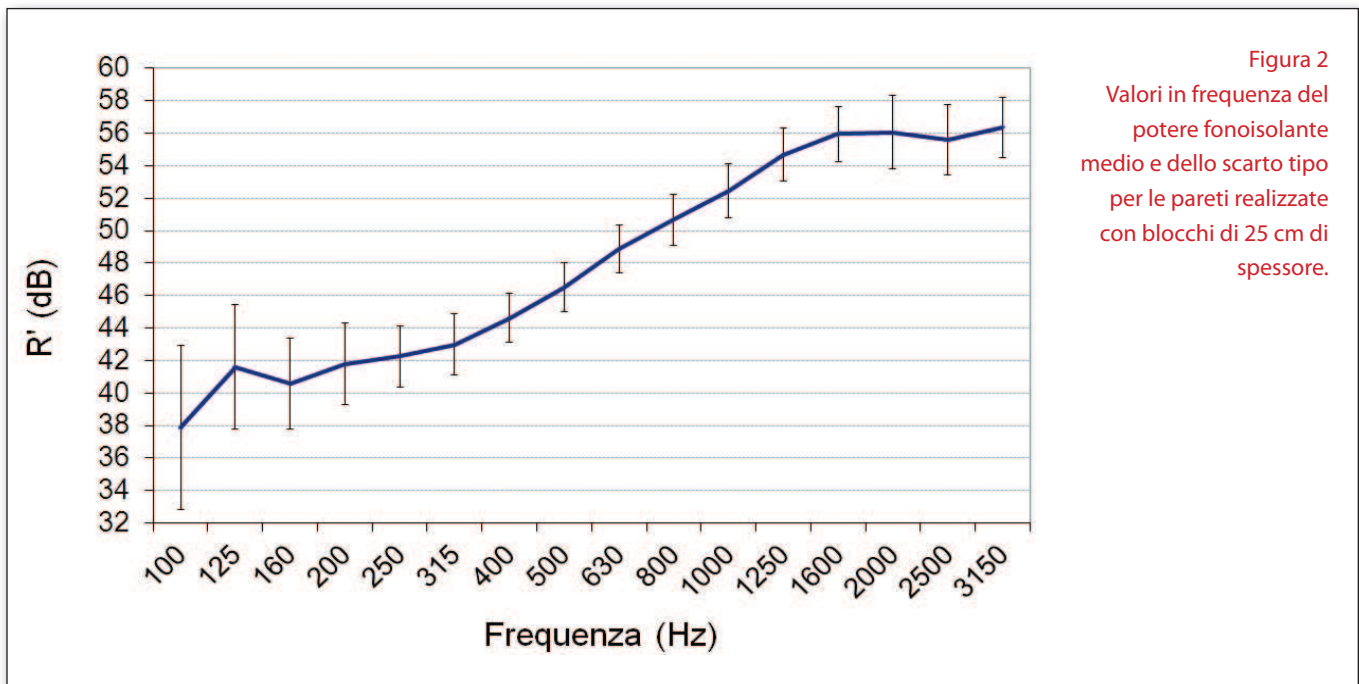


Figura 2
Valori in frequenza del
potere fonoisolante
medio e dello scarto tipo
per le pareti realizzate
con blocchi di 25 cm di
spessore.

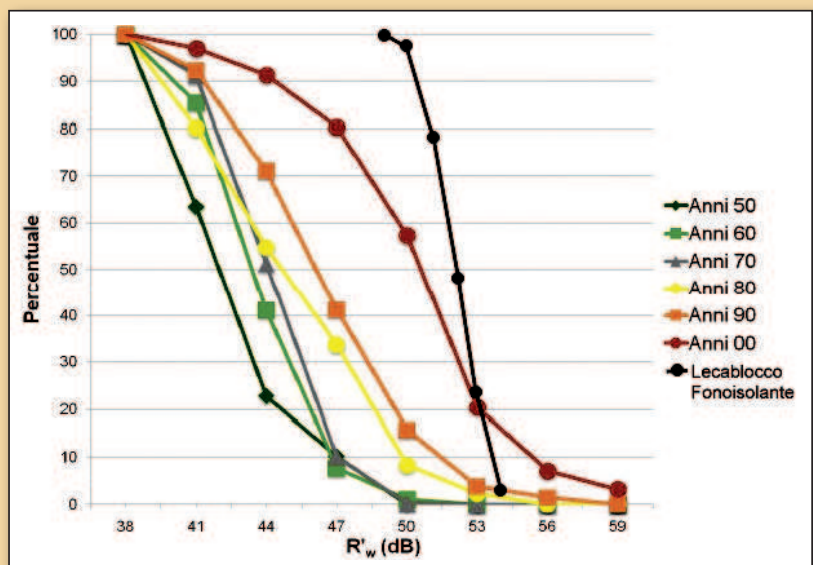
approfondimento

Evoluzione delle prestazioni acustiche per divisori interni.

Le modifiche alle tecniche costruttive negli ultimi decenni e l'evoluzione della normativa vigente in campo acustico hanno avuto importanti ricadute sulla qualità acustica degli edifici nel nostro Paese.

La figura a fianco mostra come l'entrata in vigore del DPCM 5/12/97 sui requisiti acustici passivi degli edifici abbia indotto un significativo miglioramento della qualità acustica degli elementi di partizione.

La media sui dati riportata nel grafico è riferita a numerose tipologie di pareti misurate in differenti contesti e da diversi operatori, in Italia. A partire dal 2005 è avvenuta una significativa crescita della qualità acustica dei nuovi edifici. La curva dell'andamento percentuale di R'_w delle pareti in Lecablocco si riferisce alla media dei risultati ottenuti con la campagna di prove in opera dal 2000 ad oggi; si nota come R'_w sia superiore o uguale ai 50 dB nel 98% dei casi.



Andamento percentuale di R'_w rispetto al decennio di costruzione dell'edificio. I dati antecedenti gli anni '90 sono ottenuti da stima sulla base della metodologia descritta in [13].

Risultati delle misurazioni per pareti di spessore 30 cm

Per le pareti in Lecablocco® Fonoisolante da 30 cm di spessore sono state effettuate, nello stesso periodo ed in 10 cantieri differenti, 18 prove. Di queste, solo tre casi presentavano problemi (per esempio per trasmissione area attraverso porte). Includendo tutti i dati misurati, il valore dell'indice di valutazione del potere fonoisolante è risultato pari a 51,8 dB con deviazione standard di 1,8 dB. Escludendo i tre casi particolari, **la media assume valore 52,5 dB, con deviazione standard di 0,8 dB.**

I grafici delle figure 3 e 4 riportano la distribuzione percentuale dei valori rilevati di R'_w e l'andamento in frequenza di R' per le pareti in blocchi da 30 cm in cui non erano presenti le specificità citate (15 prove).

Figura 3
Distribuzione percentuale dei valori di R'_w misurati per le pareti realizzate con blocchi di 30 cm di spessore.

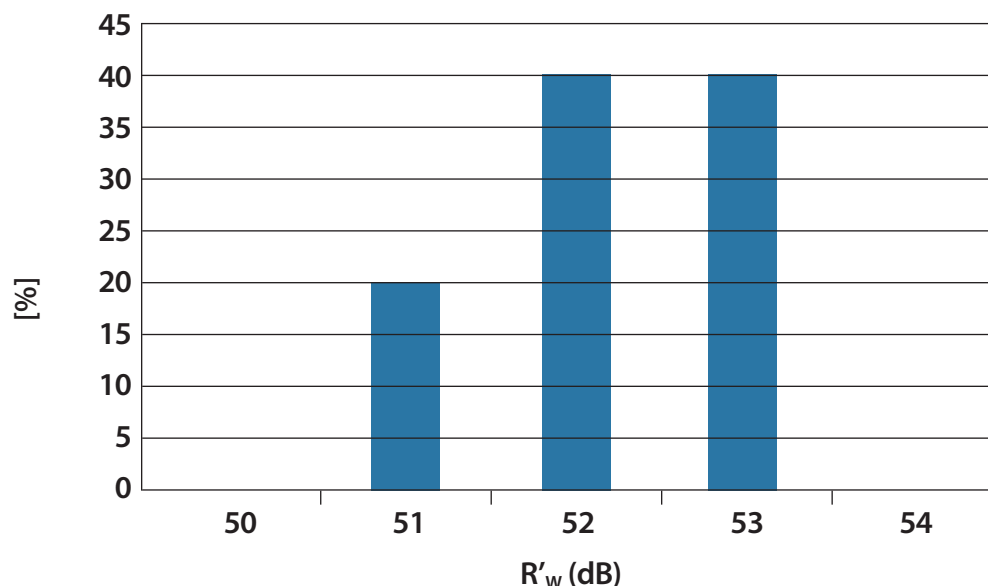
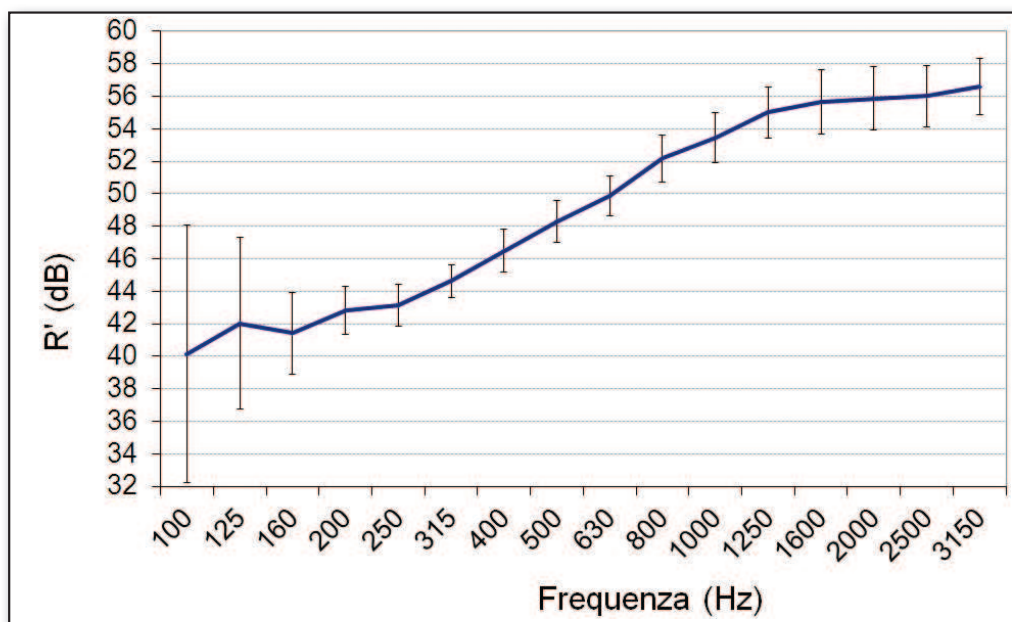


Figura 4
Valori in frequenza del potere fonoisolante medio e dello scarto tipo per le pareti realizzate con blocchi di 30 cm di spessore.



È evidente come nel 100 % dei casi esaminati, il risultato ottenuto sia maggiore o uguale a 51 dB.

Soluzioni per prestazioni acustiche affidabili

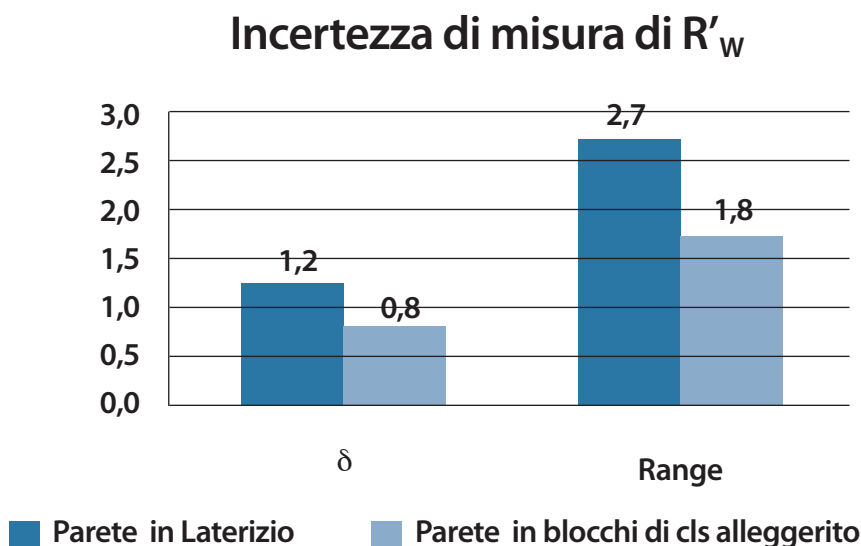
Con riferimento alle prestazioni dei divisori interni (prove di potere fonoisolante apparente), nello studio si è evidenziato come alcune soluzioni realizzate con diverse tipologie di pareti siano maggiormente suscettibili di variabilità nei risultati delle prove acustiche rispetto ad altre.

Ad esempio, si è evidenziato il comportamento più affidabile di pareti in Lecablocco rispetto a pareti in elementi di laterizio (figura 5), così come una minor variabilità per pareti a singolo strato di muratura rispetto a pareti a doppio strato o con rivestimenti leggeri.

In altri termini, si può affermare che determinate soluzioni di pareti offrono maggiore affidabilità rispetto al soddisfacimento di determinate prestazioni acustiche. Ciò è da porre in relazione probabilmente sia con la natura intrinseca dei materiali (che possono ad esempio essere meno suscettibili a fenomeni di risonanza) sia con il grado di complessità della procedura realizzativa della parete. Infatti, tanto maggiore è il grado di difficoltà realizzativa di una parete o controparete, tanto più influenti potranno essere le ricadute di possibili difetti esecutivi sulle prestazioni. L'idea di individuare soluzioni tecnologiche maggiormente robuste rispetto al soddisfacimento (o mantenimento) delle prestazioni acustiche misurate in laboratorio o stimate teoricamente non è nuova e può, più in generale, essere posta in relazione con la diffusione delle "soluzioni tecniche conformi" sulla cui utilità c'è stato ampio dibattito nel nostro Paese nei decenni passati [12].

Una recente esperienza in tale senso è quella dei Robust Details britannici (www.robustdetails.com) che consiste in un sistema per l'individuazione di soluzioni tecniche robuste sotto il profilo del soddisfacimento delle prestazioni acustiche; la diffusione dei Robust Detail ha consentito negli ultimi anni un'evoluzione notevole della qualità acustica degli edifici in Gran Bretagna a riprova dell'efficacia e dell'interesse che merita questo tipo di approccio per dare una soluzione affidabile.

Figura 5
Scarto tipo (δ) e campo massimo di variabilità (range) per misure effettuate su pareti in laterizio e pareti in blocchi di calcestruzzo alleggerito [3].



Effetti della posa in opera o di scelte progettuali errate

La campagna di misurazioni effettuate sulle due tipologie di pareti presentate ha consentito di determinare le prestazioni acustiche più rappresentative di tali pareti e di individuare i problemi maggiormente ricorrenti e le soluzioni idonee a garantire in opera il soddisfacimento delle prestazioni richieste.

In generale, si può ritenere che eventuali problemi evidenziati dalle prove in opera siano legati a scelte progettuali errate (come la presenza di porte scarsamente isolanti che mettono in comunicazione gli ambienti) o a difetti di posa in opera.

Di seguito si riportano alcuni esempi di scelte progettuali errate e di soluzioni idonee alla risoluzione dei principali problemi riscontrati in alcuni degli edifici esaminati.

6.1 Trasmissione sonora per via aerea attraverso porte

Un problema spesso presente in appartamenti di edifici con tipologia in linea, ovvero con porte di ingresso che si aprono su vani scale comuni, è rappresentato dal passaggio del rumore per via aerea attraverso le porte degli alloggi (figura 6). Il problema è dovuto alle scarse caratteristiche fonoisolanti che frequentemente caratterizzano le porte di ingresso, per cui il rumore generato in un ambiente si propaga in via preferenziale attraverso di esse ed il vano scala comune, influenzando in maniera marcata il risultato finale della prova.

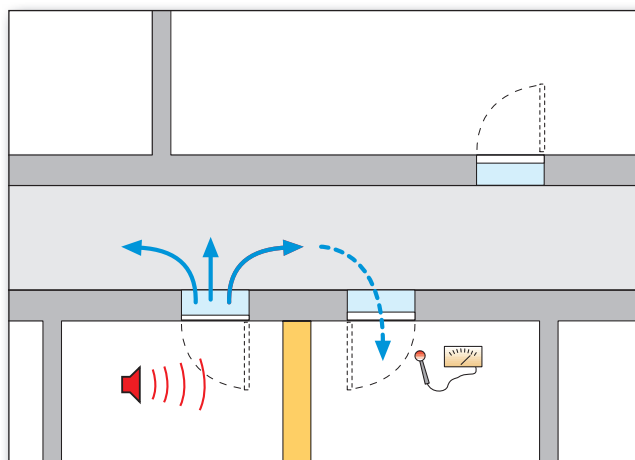


Figura 6
Propagazione del rumore attraverso le porte di ingresso.

La soluzione di questo problema può essere costituita da modifiche progettuali che prevedano vani di disimpegno per separare l'ambiente di vita dell'appartamento (normalmente un soggiorno) dall'ingresso, oppure dalla scelta di porte dotate di rilevanti caratteristiche fonoisolanti. In genere, si può ritenere che le porte dovrebbero essere caratterizzate, oltre che da massa idonea, anche da battute su tutti i quattro lati (quindi con soglia rilevata o con chiusura a ghigliottina sulla soglia).

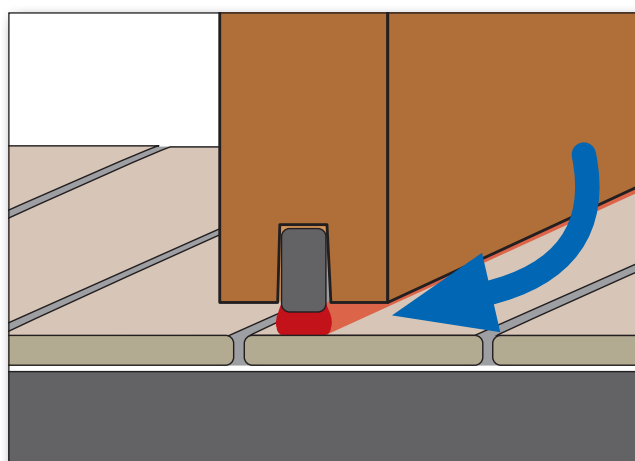


Figura 7
Riduzione della propagazione del rumore attraverso le porte di ingresso con sistemi idonei (sigillatura lungo i bordi).

6.2 Trasmissione laterale attraverso i solai

Un'altra problematica che si può presentare soprattutto negli edifici con tipologia a schiera (terra-tetto), è quella tipica degli ambienti sottotetto, in corrispondenza del giunto di collegamento tra la parete di separazione e la trave di colmo del tetto (foto 1).

La realizzazione in primis della struttura portante (i pilastri e le travi) e in seguito delle pareti di separazione, può rendere difficoltoso il riempimento dello spazio che rimane tra la parete e la trave di colmo.

La soluzione in questo caso deve fare riferimento alla buona esecuzione delle opere, che deve prevedere il completamento della parete di separazione verso l'alto con blocchi integri.

Sempre relativamente alla giunzione della parete con il solaio superiore, nel caso di solai in latero-cemento, è da tenere presente la necessità di inserire almeno una trave rompi-tratta nella struttura del solaio; ciò al fine di evitare di creare percorsi preferenziali di trasmissione sonora attraverso le cavità dei blocchi del solaio. Il problema dovuto all'assenza di alcuna discontinuità strutturale nel solaio può essere aggravato nel caso in cui il solaio stesso sia ordito in senso perpendicolare alla parete: tale configurazione crea infatti una via preferenziale di trasmissione del rumore all'interno dei fori delle pignatte del solaio tra i due ambienti (figura 8).

Foto 1
Nodo tra parete divisoria e solaio superiore.



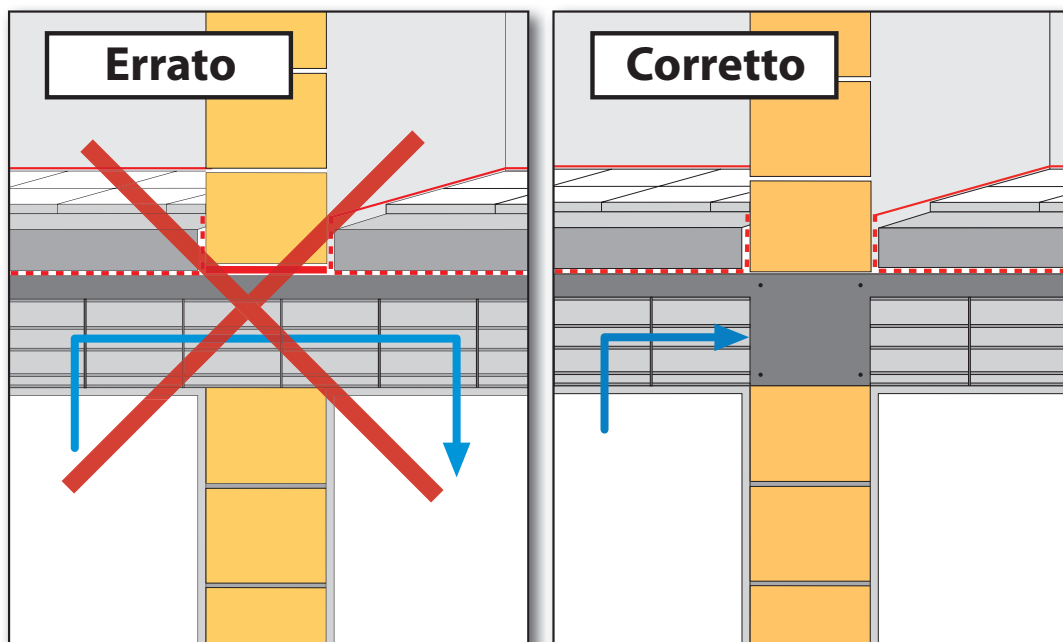


Figura 8
Soluzioni per l'attacco
tra parete e solaio
in laterocemento; la
soluzione a destra, con
trave rompi tratta, è da
preferire.

6.3 Interferenze con gli impianti

Uno dei problemi più comuni è relativo alle pareti degli angoli cottura, che spesso confinano con ambienti di vita dell'appartamento (il soggiorno o il pranzo). Tali pareti infatti sono soggette a scassi e tracce per l'inserimento degli impianti a servizio della cucina, in particolare i sistemi di adduzione idrica, gli impianti di scarico e il foro della cappa aspirante della cucina.

In linea generale, è preferibile non prevedere servizi sulla parete di separazione tra distinte unità immobiliare che ne comportino modifiche all'integrità strutturale. Se è necessario invece prevederli e soprattutto se entrambe le facciate della parete ospitano angoli cottura disposti in maniera simmetrica, è necessario che le tracce sulla parete siano realizzate sfalsate e che vengano adeguatamente riempite con malta o che siano realizzate contropareti in grado di ospitare tutta l'impiantistica necessaria (tubazioni di scarico, di ventilazione ecc.).

6.4 Giunzioni laterali delle pareti

La giunzione della parete in blocchi di calcestruzzo alleggerito con le strutture laterali avviene normalmente mediante giunzioni rigide, ovvero appoggiando direttamente i blocchi sulla struttura grezza del solaio. In queste condizioni ed in presenza di pareti realizzate in blocchi integri ed intonacati, è garantito il comportamento acustico descritto nei paragrafi precedenti.

L'interposizione di un materassino elastico alla base della parete non è necessaria e potrebbe indurre un comportamento acustico della parete non in linea con le aspettative.

Ciò vale anche per eventuali giunzioni con elementi strutturali (pilastri, travi, setti in c.a.), dove è sconsigliabile l'interposizione di strati di materiale elastico che potrebbero alterare il buon comportamento fonoisolante della parete.



Conclusioni

La campagna di prove in opera effettuata tra il 2000 e il 2010 sulle pareti costituite da Lecablocchi Fonoisolanti da 25 e 30 cm di spessore ha fornito validi risultati sul piano prestazionale e caratterizzati da buona ripetibilità. L'indice di valutazione medio per le pareti in Lecablocco da 25 cm è pari a 51,6 dB, mentre per le pareti realizzate in Lecablocco da 30 cm è pari a 52,5 dB. In entrambi i casi è stato ottenuto uno scarto tipo di circa 1 dB, indice di ripetibilità dei risultati.

Dalla campagna di misurazioni in opera sono anche emerse le possibili problematiche acustiche che si potrebbero generare in opera, la cui conoscenza in fase di progetto permetterebbe di evitare errori di posa e di rendere affidabile la previsione della prestazione in opera.

È emerso anche che l'utilizzo di una parete monostrato con la sua facile esecuzione riduce fortemente la variabilità legata alle procedure realizzative della parete stessa, rispetto, per esempio, alla realizzazione di una parete doppia



Ringraziamenti

Per la collaborazione nell'esecuzione delle campagne di misure e nell'elaborazione dei dati, si desidera ringraziare Renzo Cremonini, Giuliano Quiqueto, Federica Bettarello, Gianfranco Cellai, Sabrina Capra.

Bibliografia

- [1] D.P.C.M. del 5 dicembre 1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici" pubblicato sulla G.U. n°297 del 22-12-97.
- [2] E. Nannipieri, S. Secchi, "L'evoluzione della qualità acustica degli edifici italiani", in Atti del 36° Convegno nazionale AIA, Milano, 10 – 12 giugno 2009
- [3] G. Cellai, R. Cremonini, P. Fausti, E. Nannipieri, S. Secchi, "Sensibilità alla posa in opera dei requisiti acustici ed effetti sulla variabilità dei risultati", in 2° Convention Nazionale del Gruppo di Acustica Edilizia dell'Associazione Italiana di Acustica "L'evoluzione e l'armonizzazione delle norme italiane ed europee sulla protezione acustica degli edifici", Firenze 13 dicembre 2010.
- [4] Legge quadro sull'inquinamento acustico n° 447 del 26 ottobre 1995, pubblicata sulla G.U. n°254 del 30-10-95.
- [5] UNI EN 12354: 2002, Acustica edilizia. Stima delle prestazioni acustiche degli edifici a partire dalle prestazioni dei componenti.
- [6] UNI TR 11175: 2005, Acustica in edilizia. Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici. Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale.
- [7] Legge 7 luglio 2009, n° 88, Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee – Legge comunitaria 2008; in G. U. n. 161 del 14 luglio 2009.
- [8] Legge 4 giugno 2010, n° 96 - Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee - Legge comunitaria 2009; in G.U. n. 146 del 25 giugno 2010 - Suppl. Ordinario n. 138.
- [9] UNI 11367:2010, Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera.
- [10] UNI EN ISO 140-4: 2000. "Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edifici - Parte 4: misurazione in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti".
- [11] UNI EN ISO 717-1: 2007 "Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Parte 1: Isolamento acustico per via aerea".
- [12] E. Nannipieri, S. Secchi, "I codici di pratica per la protezione acustica degli edifici: esempi di alcune normative di paesi europei", in Atti della Convention Nazionale "L'acustica edilizia in Italia: esperienze e prospettive", Ferrara, 11 – 12 marzo 2009.
- [13] E. Nannipieri, S. Secchi, "Qualità acustica di pareti in laterizio in edifici esistenti" in *Costruire in Laterizio* n.141.