

Alice Fruzzetti*
 Simone Secchi**
 Nicolò Zuccherini Martello***

Nuove applicazioni di elementi in laterizio fonoassorbente

La ricerca riguarda la progettazione di elementi fonoassorbenti, lastre e frangisole in laterizio per la correzione acustica degli spazi interni e per la riduzione del livello di rumore in facciata

KEYWORDS Laterizio, Acustica, Fonoassorbimento, Frangisole

La possibilità di utilizzare elementi in laterizio per la correzione acustica degli ambienti esterni agli edifici è stata verificata ed indagata, negli ultimi anni, dall'Università di Firenze sia con lavori teorici che con sperimentazioni riguardanti l'incidenza della forma della facciata nella protezione dal rumore [1, 2, 3, 4]. L'ultimo studio in merito, in ordine di tempo, qui presentato è stato svolto grazie alla collaborazione tra l'Università ed un'azienda specializzata nella progettazione e realizzazione di elementi per facciate: la prima ha fornito le conoscenze teoriche riguardanti le complesse problematiche relative all'acustica, mentre la seconda ha messo a disposizione quelle necessarie alla progettazione degli elementi in laterizio.

Sono stati oggetto di studio lastre ed elementi frangisole destinati ad applicazioni utili sia alla correzione acustica degli spazi interni [5] che alla riduzione del livello di rumore proveniente dall'esterno. Considerata la difficoltà a simulare la propagazione sonora in prossimità di una facciata rivestita con elementi schermanti frangisole è stato necessario creare dei modelli virtuali

tridimensionali in modo da coniugare le esigenze di calcolo dei programmi di simulazione con quelle richieste dallo specifico studio svolto. Le analisi effettuate hanno fornito risultati interessanti e dei quali è in corso di pianificazione la verifica su casi reali con prove sul campo.

Le lastre fonoassorbenti in laterizio già esistenti, commercializzate da anni, sono state prese a riferimento per la configurazione di nuovi elementi, progettati e validati mediante software previsionali, ottimizzati dal punto di vista acustico.

Il partner industriale ha realizzato due prototipi - per tre varianti - che, testati in laboratorio, hanno restituito apprezzabili valori di assorbimento acustico simili ed in alcuni casi migliori a quanto simulato analiticamente.

Laterizio e fonoassorbimento

Il laterizio a causa della sua natura estremamente compatta è di per sé un materiale dalle proprietà fonoassorbenti limitate, di conseguenza, non è solitamente utilizzato per la correzio-

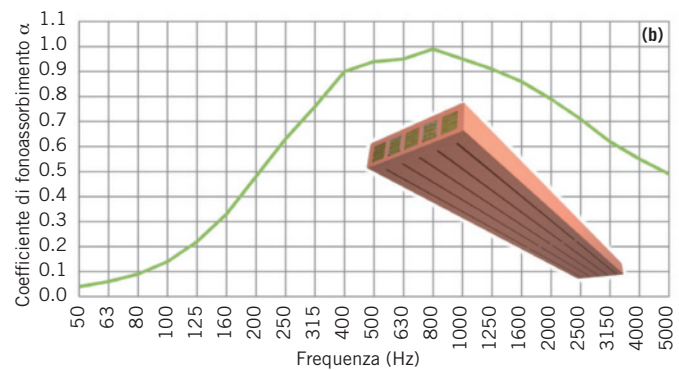
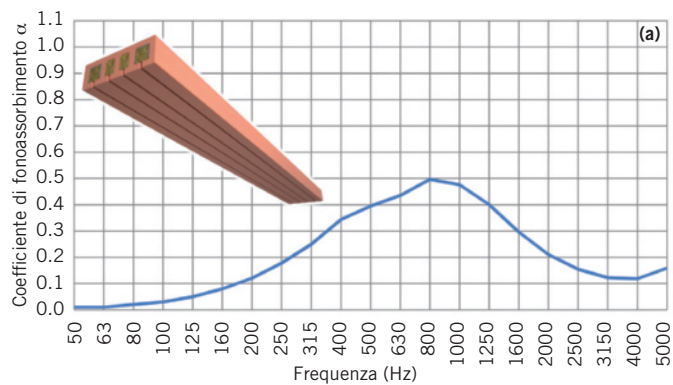
New application of clay units sound absorbing elements

KEYWORDS Clay, acoustics, sound absorbing, sunscreens

Since ancient times cotto (clay units) has been widely used in Italy as a structural component and for the finishes of buildings. Even today, cotto (clay) elements is commonly applied to the interior and exterior of buildings when it is wished to endow them with particular aesthetic properties or to recall forms of traditional architecture. However, the physical properties of clay units - its compactness and rigidity - render it not always the optimal material for acoustic applications.

Here we report the results of a study carried out in collaboration with a major Italian manufacturer of terracotta (clay) elements. The aim was to characterize the form and dimensions of wall cladding elements

in order to give them significant sound absorption characteristics. The first phase of the study was conducted through the form optimization of elements already in production, using a prediction software for the theoretical estimation of the sound absorption coefficient. The goal was to design sound-absorbing cotto (clay) elements, such as slabs or components of sun screening systems, to be used respectively for the acoustic improvement of interior spaces and to reduce the sound pressure from the outside over the façade. Subsequently, some elements designed for the acoustic improvement of interior spaces were tested in the laboratory to measure their sound absorption coefficient, giving a good accordance with the results of the prediction software.



1. Andamento del coefficiente di fonoassorbimento α di frangisole di sezione 15 x 5 cm (a) e 20 x 5 cm (b).

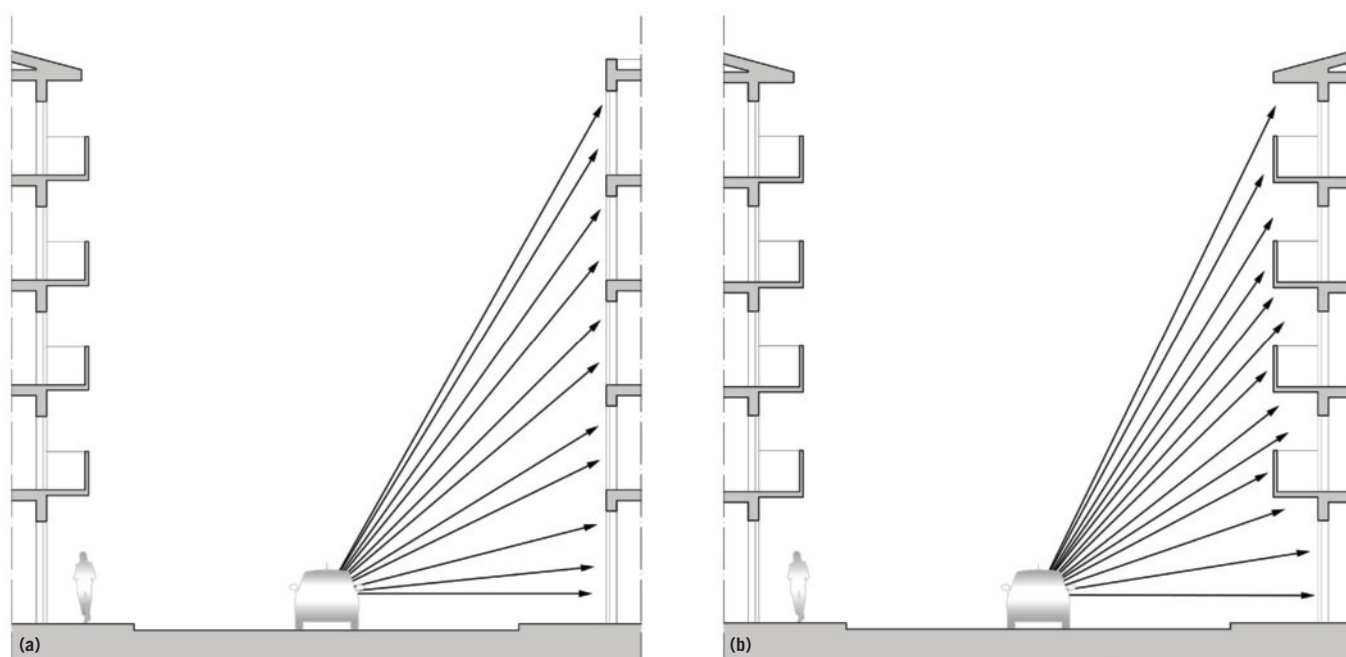
ne acustica degli ambienti. Può invece assumere una valenza acustica in funzione di elementi in laterizio con determinate caratteristiche di forma e dimensione. Infatti, non potendo agire sulle sue caratteristiche intrinseche, non resta che intervenire appunto sulla geometria. In base al meccanismo di fonoassorbimento del risonatore di Helmholtz¹ la realizzazione di una serie di cavità che abbiano un volume adeguato e un collo di sezione e spessore consoni fa sì che l'onda sonora, entrandovi, dissipi la propria energia in calore. Ricreando tali condizioni in un elemento in laterizio è possibile, quindi, ottenere apprezzabili prestazioni fonoassorbenti. Vi è da dire che tale assorbimento avviene, però, prevalentemente nell'intorno di una determinata frequenza detta di risonanza².

Attraverso l'inserimento di un materiale fibroso (ad esempio, la lana di roccia) nella cavità del risonatore di Helmholtz si possono ulteriormente migliorare le prestazioni di assorbimento acustico allargando il picco di fonoassorbimento alle frequenze nell'intorno di quelle di risonanza.

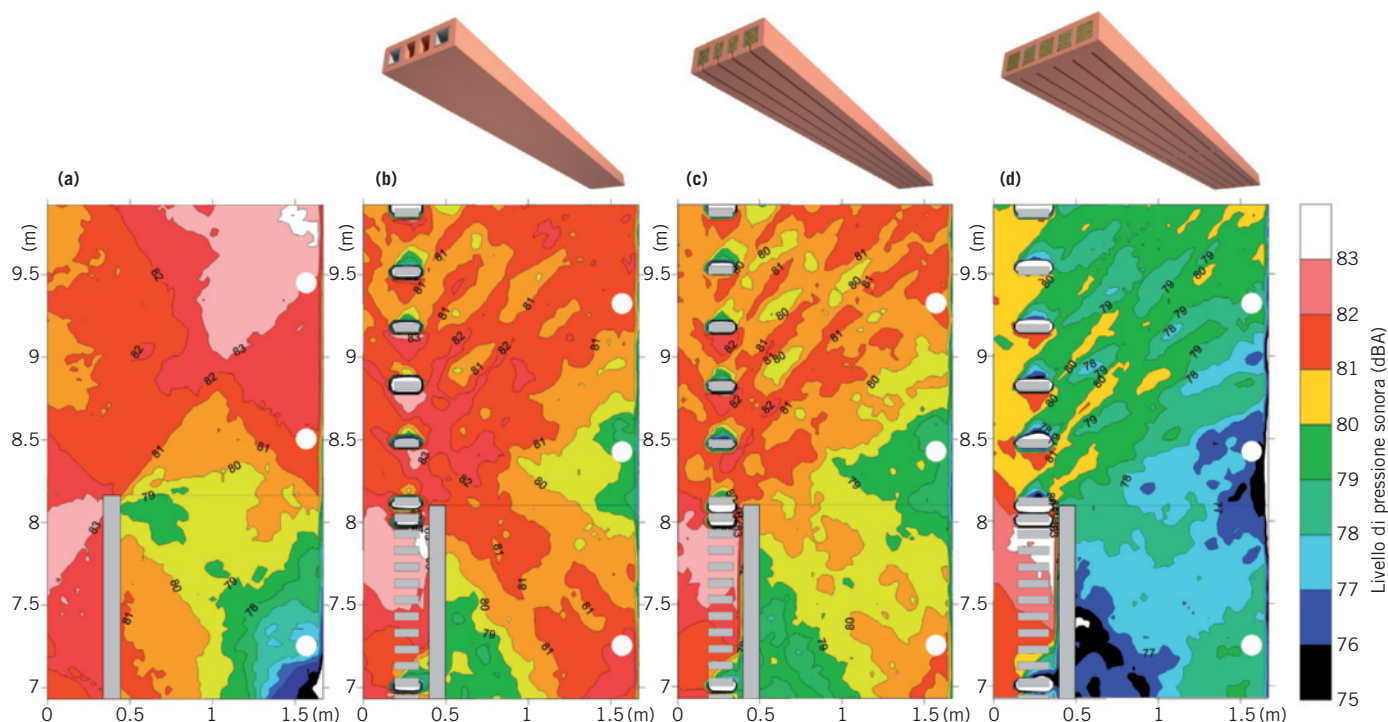
Ideazione dei frangisole fonoassorbenti in laterizio

Le aziende produttrici di elementi in laterizio, negli ultimi anni, stanno sperimentando soluzioni innovative che prevedono l'utilizzo di questo materiale nei campi più svariati; in tal senso i sistemi di frangisole sono una delle applicazioni più interessanti di questo materiale.

Con quest'ultima il "cotto" si propone come possibile soluzione ai problemi illuminotecnici, termici (di soleggiamento) ed acustici, che sono caratteristici di edifici molto vetrati, ad esempio quelli destinati ad uffici o edifici scolastici. I frangisole possono essere applicati anche a tipologie residenziali, così che, oltre a migliorare la distribuzione della luce naturale all'interno dell'ambiente, si possa in presenza di balconi, prolungare l'appartamento all'esterno, creando spazi parzialmente protetti dall'irraggiamento solare e dal rumore. Le simulazioni effettuate, per studiare le caratteristiche fonoassorbenti dei singoli elementi, sono state eseguite utilizzando il software Zorba della Marshall Day Acoustic [6], che



2. Schema dei due edifici tipo studiati: uffici (a) e residenze (b).



3. Tipologia residenze: rappresentazione grafica dei livelli di pressione sonora (dB) in facciata misurati in corrispondenza del secondo piano in assenza di frangisole (a), in presenza di frangisole originali di sezione 15 x 5 cm (b), frangisole fonoassorbenti di sezione 15 x 5 cm (c) e 20 x 5 cm (d).

stima l'andamento del coefficiente di assorbimento α^3 alle varie frequenze. In questo modo è stato creato un campionario di prestazioni relative a differenti modelli di frangisole fonoassorbenti.

I risultati più significativi sono riportati in figura 1.

Dopo aver ottimizzato le caratteristiche intrinseche dei singoli elementi, è stata simulata la prestazione in opera del sistema di frangisole fonoassorbenti in cotto, applicato a due tipologie edilizie tipo: la prima è assimilabile ad un edificio per uffici, con ampie facciate vetrate, l'altra è tipicamente residenziale e presenta una facciata con balconi in calcestruzzo armato. (fig. 2)

Partendo dall'ipotesi di frangisole posizionati in orizzontale, la ricerca del loro interesse è stata effettuata valutando di volta in volta, mediante il software di calcolo illuminotecnico Relux [7], il rispetto dei parametri di illuminazione naturale

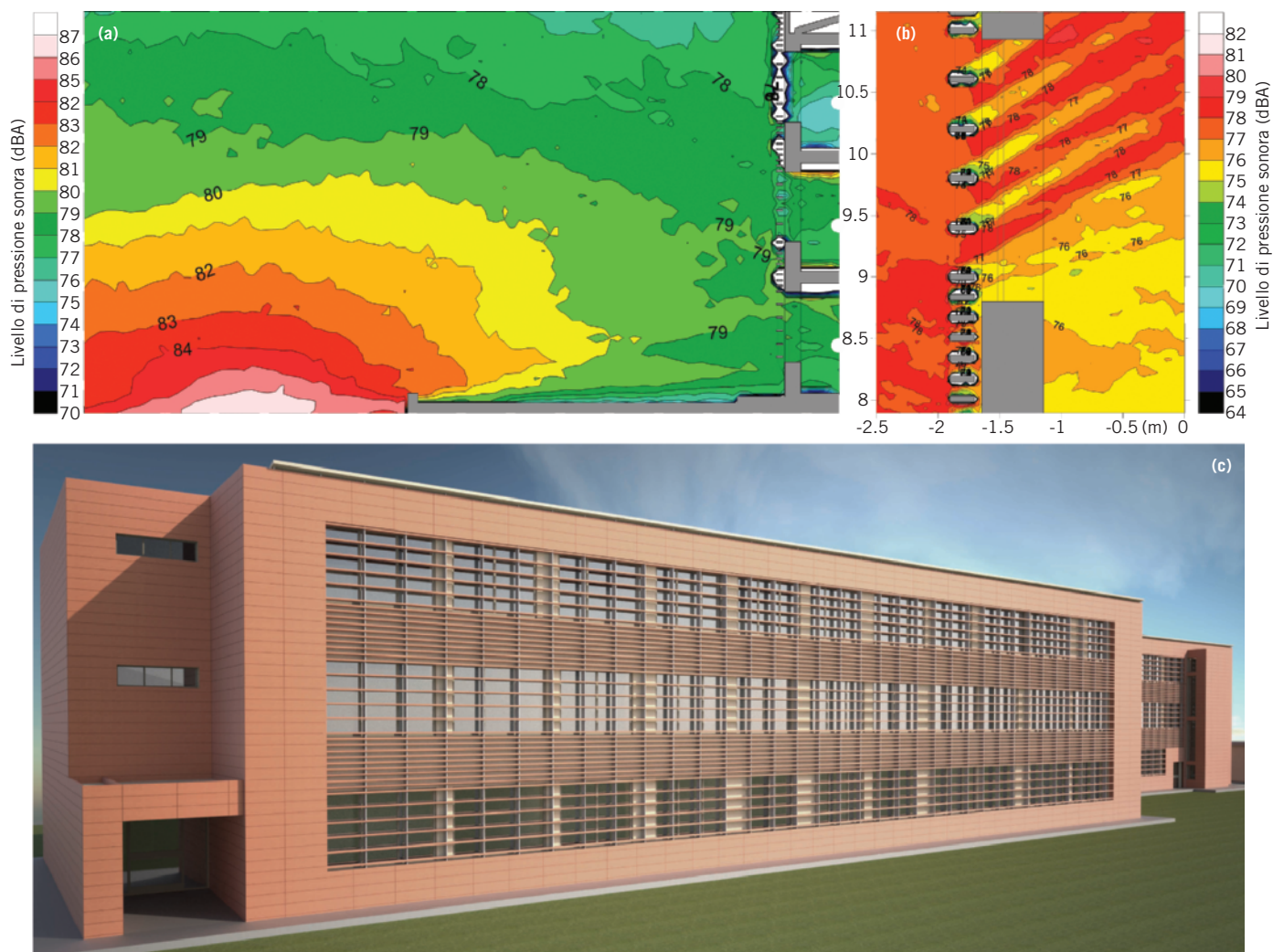
(fattore di luce diurna) richiesti da regolamenti nelle due tipologie edilizie prese in considerazione. L'analisi acustica per verificare l'efficacia della barriera contro il rumore, del sistema di frangisole fonoassorbenti, è stata effettuata mediante il pacchetto software Disia (per la simulazione della propagazione sonora in ambiente esterno [8]).

I risultati ottenuti sono riportati sia mediante rappresentazioni grafiche, per ciascun modello di frangisole studiato (fig. 3), che in tabelle di confronto complessive con i valori in dB di ricevitori posti in corrispondenza di ogni piano degli edifici. (tab. 1)

Le simulazioni acustiche effettuate evidenziano che le prestazioni migliori si hanno con lastre di dimensioni maggiori e, in generale, ai piani più alti: essendo i frangisole disposti in orizzontale è, infatti, possibile intercettare in maniera più efficace le onde sonore provenienti da una sorgente as-

Piano	L_{p_A} = senza frangisole L_{p_0} = frangisole in laterizio			L_{p_A} = senza frangisole L_{p_M} = frangisole in laterizio fonoassorbente			L_{p_0} = frangisole in laterizio L_{p_M} = frangisole in laterizio fonoassorbente		
	L_{p_A}	L_{p_0}	ΔL	L_{p_A}	L_{p_M}	ΔL	L_{p_0}	L_{p_M}	ΔL
PT	84,3	83,8	0,5	84,3	83,5	0,8	83,8	83,5	0,3
1°	82,9	82,8	0,2	82,9	80,7	2,2	82,8	80,7	2,1
2°	82,0	81,0	1,0	82,0	78,2	3,8	81,0	78,2	2,8
3°	80,3	79,4	0,9	80,3	76,6	3,7	79,4	76,6	2,8
4°	79,5	77,9	1,5	79,5	75,5	4,0	77,9	75,5	2,4

Tabella 1. Tipologia residenze: tabella riassuntiva della media logaritmica (dB) tra i livelli di pressione dei tre ricevitori puntiformi posti ai vari piani caratterizzati.



4. Scuola: rappresentazione grafica dei livelli di pressione sonora (dB) misurati su tutta la facciata a finestre aperte (a), in corrispondenza del secondo piano (b) e vista renderizzata post-intervento (c).

similabile al motore di un'automobile al livello del terreno. Il tipo di frangisole ideato è stato quindi applicato a livello esemplificativo ad un tipico edificio scolastico (la scuola media "F. Rasetti" di Castiglione del Lago, PG). (fig. 4)

L'edificio, allo stato attuale, presenta problematiche sia dal punto di vista energetico che illuminotecnico, dovute all'orientamento di tutte le aule a sud, con ampie pareti esterne vetrate, non ha nessun isolamento termico e non presenta schermature solari efficaci.

È stato, quindi, ipotizzato un progetto di riqualificazione energetica globale, con particolare attenzione agli aspetti legati al comfort illuminotecnico ed acustico.

Anche in questo caso è stato utilizzato il software Relux per ottimizzare ai fini illuminotecnici ed energetici l'interasse dei frangisole, conservando un adeguato illuminamento naturale nelle aule (fattore di luce diurna, $FLD \geq 3\%$)⁴, eliminando le situazioni di abbagliamento. Una volta stabilito l'interasse degli elementi è stata valutata l'efficacia come barriera acustica del sistema di frangisole.

La sorgente sonora è assimilabile ad una strada di scorrimento urbano, che passa ad una decina di metri dalla scuola. I

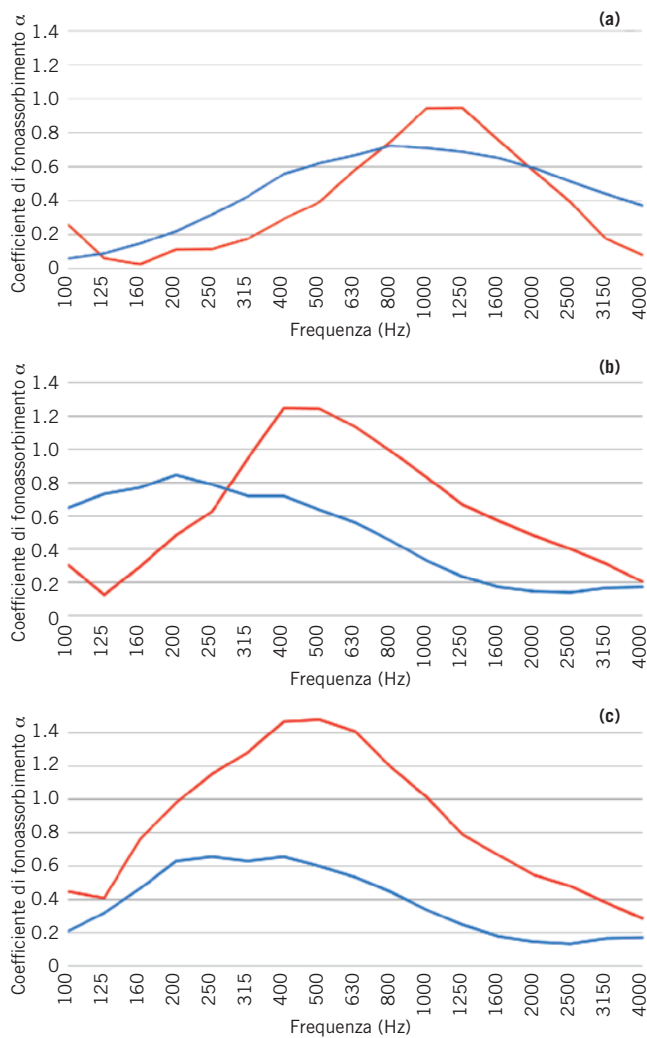
risultati acustici ottenuti dalle simulazioni evidenziano un miglioramento fino a 3 dB, all'interno delle aule del secondo piano, rispetto al caso in assenza di frangisole. (fig. 5)

Sviluppo di lastre fonoassorbenti in laterizio per interni

L'impiego di lastre fonoassorbenti in laterizio per la correzione acustica di auditorium o sale per l'ascolto della musica è già stato sperimentato ed indagato in varie occasioni [5]. In questo caso è stato possibile confrontare i dati previsionali riferiti alle prestazioni acustiche dei singoli elementi, ottenuti con il software Zorba, con risultati sperimentali su prototipi realizzati e testati in un laboratorio di acustica.

La loro progettazione si basa sull'iniziale modifica di alcuni elementi esistenti, in modo tale da ricreare meccanismi di fonoassorbimento misti, abbinando il risonatore di Helmholtz ad un materiale fonoassorbente.

Anche in questo caso sono state progettate molte varianti, ad una serie di elementi base, per ciascuna delle quali è stato analizzato il coefficiente di assorbimento α . Di seguito sono riportati i grafici di α per i prototipi che poi sono stati realizzati e testati in laboratorio.



5. Variazione in frequenza del coefficiente di assorbimento acustico simulato (linea blu) e misurato in laboratorio (linea rossa) di una lastra doppia con lana di roccia all'interno delle intercapedini (a), di una lastra monostrato con retrostante lana di roccia con spessore 50 mm (b) e 100 mm (c). I valori misurati di α superiori all'unità, fisicamente non ammissibili, sono legati alla procedura di misura in laboratorio.

Le prove di laboratorio (in rosso nei grafici) evidenziano un andamento del coefficiente α migliore di quanto inizialmente previsto con il software.

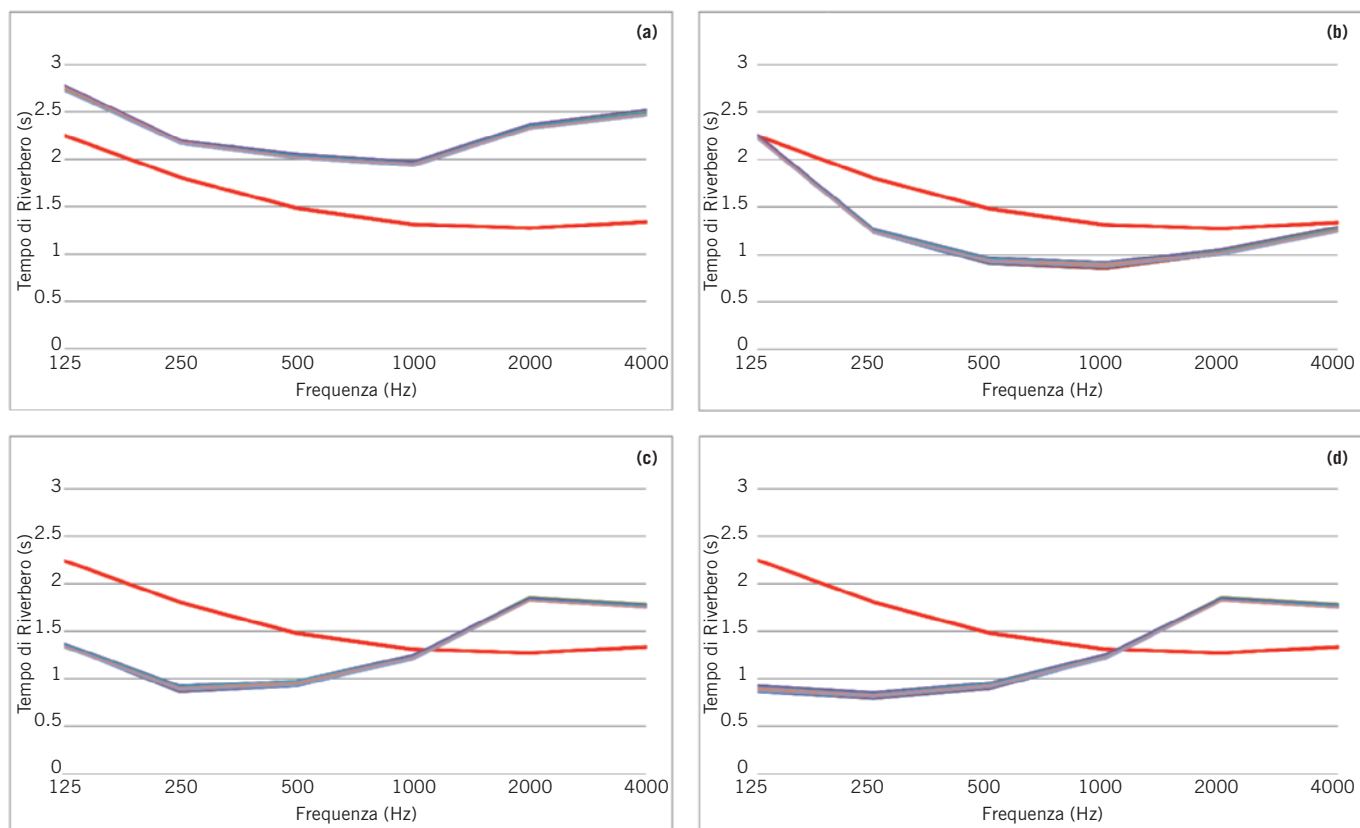
Per poter valutare l'efficacia acustica di un rivestimento fonoassorbente in laterizio, è stato scelto di analizzare l'auditorium del Joint Research Centre di Ispra (VA), in quanto erano già disponibili i dati acustici della sala (indispensabili per calibrare il modello per l'analisi con il software previsionale Ramsete [9] specifico per le simulazioni acustiche in ambiente interno).

Nella figura 6 sono riportati i grafici del tempo di riverberazione nelle situazioni iniziale (sala rivestita in lastre di "cotto" non fonoassorbente) e di sala corretta acusticamente con le diverse tipologie di lastre fonoassorbenti in laterizio sperimentate. (fig. 6)

In rosso è rappresentata la linea di riferimento del tempo di riverberazione ottimale valutata in funzione del volume della sala in analisi. Si nota come il tempo di riverberazione migliori significativamente dalla situazione iniziale della sala (rivestita con lastre in laterizio non fonoassorbenti), rispetto ai casi in cui sono stati applicati alle pareti sistemi fonoassorbenti in laterizio. (fig. 7)

Conclusioni

L'uso di lastre in laterizio, acusticamente ottimizzate, permette di coniugare le loro indiscusse qualità estetiche con la possibilità di migliorare la protezione e la qualità acustica



6. Tempo di riverbero simulato in condizioni di sala rivestita con lastre in cotto non fonoassorbente (a), lastre doppie fonoassorbenti con lana di roccia nelle intercapedini (b), lastre monostrato fonoassorbenti con retrostante lana di roccia di spessore 50 mm (c) e 100 mm (d). La linea rossa indica i valori di riferimento ottimali.



7. Vista renderizzata post-intervento dell'auditorium.

sia negli ambienti interni (auditorium, sale conferenze, teatri, ecc.), sia in spazi esterni (logge, balconi, ecc.).

In particolare, l'impiego di lastre in laterizio fonoassorbenti come elementi frangisole, se opportunamente dimensionate, può garantire il miglioramento significativo dell'isolamento acustico dai rumori provenienti dall'esterno e consentire una protezione degli ambienti anche a finestre aperte, soprattutto ai piani più alti degli edifici.

La realizzazione in stabilimento di elementi in laterizio fonoassorbente non necessariamente richiede l'impiego di tecniche onerose come quella del waterjet⁵, pertanto può rappresentare un'opportunità di sviluppo del prodotto anche verso nuovi settori di mercato.

La sperimentazione degli elementi frangisole ha evidenziato ottimi risultati sia nell'analisi previsionale sui singoli elementi, sia nelle sperimentazioni di laboratorio e nelle simulazioni nei contesti reali.

* *Alice Fruzzetti*
Architetto, libero professionista

** *Simone Secchi*
Ricercatore, Dipartimento di Ingegneria Industriale,
Università degli Studi di Firenze

*** *Nicolò Zuccherini Martello*
Architetto, libero professionista

Note

1. Il risonatore di Helmholtz può essere schematizzato come una cavità comunicante con l'esterno attraverso un foro praticato su di una parete o un setto non troppo sottile (collo del risonatore). L'aria contenuta nel collo si comporta come un pistone oscillante mentre la cavità costituisce l'elemento elastico del sistema. In questo modo il risonatore smorza l'onda sonora entrante sfruttando il meccanismo massa-molla-massa.
2. La frequenza di risonanza è la naturale frequenza di oscillazione di un sistema. Il fenomeno di risonanza acustica si presenta quando la frequenza naturale di oscillazione del sistema, obbligato a seguire il moto imposto da una forza periodica esterna, è uguale alla frequenza di quest'ultima.
3. Il coefficiente di fonoassorbimento α è definito come il rapporto tra potenza sonora assorbita e potenza sonora incidente su un dato materiale.
4. DM 18/12/1975 "Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica" – UNI 10840 "Luce e illuminazione. Locali scolastici. Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale".
5. La tecnologia di taglio waterjet sfrutta getti d'acqua ad altissima pressione misti a polveri abrasive per tagliare con grande precisione materiali piuttosto duri e di notevole spessore.

Bibliografia

- [1] L. Busa, S. Secchi, Efficacia dei sistemi schermanti di facciata per la protezione acustica degli ambienti interni, Atti del 34° convegno nazionale A.I.A., Firenze, giugno 2007.
- [2] L. Busa, Morfologia della facciata e protezione acustica, *Costruire in Laterizio* 122 (Marzo/Aprile 2008) 54-61.
- [3] L. Busa, S. Secchi, S. Baldini, Effect of Façade Shape for the Acoustic Protection of Buildings, *Building Acoustics* Vol. 17, 4 (December 2010) 317-338.
- [4] S. Secchi, S. Baldini, Misure sperimentali su modello in scala dell'effetto di schermature di facciata, Atti del 38° convegno nazionale A.I.A., Rimini, giugno 2011.
- [5] S. Baldini, R. Gulino, S. Secchi, L'uso del laterizio per la correzione acustica degli ambienti, *Costruire in Laterizio* 146 (Marzo/Aprile 2012) 58-63.
- [6] www.zorba.co.nz.
- [7] www.relux.biz.
- [8] A. Farina, Validation of the pyramid tracing algorithm for sound propagation outdoors: comparison with experimental measurements and with the ISO/DIS 9613 standards *Advances in Engineering Software* 31 (4) April 2000 241-250.
- [9] www.ramsete.com.