

CIRIAF

Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
da Agenti Fisici - "Mauro Fell"

Università
degli Studi di Perugia
Facoltà di Ingegneria



10° Congresso Nazionale Ciriaf

Sviluppo Sostenibile, Tutela dell'Ambiente e della Salute Umana

Atti



Perugia 9/10 aprile 2010

FONOISSOLAMENTO DI SERRAMENTI IN LEGNO: INFLUENZA DEI COMPONENTI SULLE PRESTAZIONI COMPLESSIVE

G. Moncada Lo Giudice¹, C. Buratti², E. Moretti², E. Belloni²

¹Università di Roma Sapienza, Dipartimento di Fisica Tecnica, Via Eudossiana, 18, 00184 Roma

²CIRIAF, Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento da Agenti Fisici, Università degli Studi di Perugia, Via G. Durati, 67, 06125 Perugia

SOMMARIO

Il rumore aereo esterno si trasmette all'interno di un edificio attraverso le superfici dell'involucro edilizio e trova una via preferenziale di trasmissione attraverso le componenti meno resistenti al passaggio delle onde sonore: in particolare gli infissi e i cassonetti degli avvolgibili influenzano fortemente il valore dell'isolamento acustico della facciata.

Presso il Laboratorio di Acustica della Facoltà di Ingegneria di Perugia sono state testate le proprietà di isolamento acustico di oltre 20 campioni di finestre e portefinestre in legno di uno stesso produttore, dotate anche di cassonetto per avvolgibile. Le prestazioni acustiche degli infissi (R_w) sono state confrontate al variare delle modifiche sui singoli elementi (spessore delle ante, numero di battute, tipo di vetro, presenza o meno di traversa nelle portefinestre, inserimento di cassonetti per avvolgibili, ect.) al fine di individuare l'influenza dei singoli componenti sulle prestazioni globali.

I valori di R_w per i diversi campioni sono compresi tra 38 e 41 dB; i risultati hanno messo in evidenza che la componente che maggiormente influenza il risultato è la tipologia di vetro installato nonché la sezione dell'anta e il numero di battute presenti a parità di vetro. Prestazioni inferiori si osservano in presenza di cassonetti, che in assenza di coibentazione provocano una riduzione di R_w di 4 dB.

1. INTRODUZIONE

L'isolamento acustico di un edificio o di parte di esso deve tener conto del rumore che si trasmette per via aerea proveniente da fonti di rumore interne ed esterne. In particolare, il problema del rumore associato al traffico stradale ha raggiunto una diffusione sul territorio tale da rappresentare una minaccia concreta per la salute dell'uomo. Per garantire all'edificio un efficace isolamento acustico è bene intervenire in fase di progettazione, ponendo particolare attenzione agli elementi più deboli della facciata: i serramenti e i vetri. È necessario, quindi, installare infissi che garantiscano un conveniente isolamento da rumore esterno, soprattutto se l'edificio in questione è particolarmente esposto a rumori da traffico stradale e ferroviario.

Nelle camere riverberanti accoppiate del Laboratorio di Acustica della Facoltà di Ingegneria di Perugia sono stati testati numerosi campioni di infissi in legno di pino massello (finestre e portefinestre); è stato misurato il potere fonoisolante R secondo la norma UNI EN ISO 140-3 [1], l'indice del potere fonoisolante R_w ai sensi della norma UNI EN ISO 717-1 [2] e i termini di adattamento allo spettro C e C_{tr} , al fine di definire le proprietà di isolamento acustico globali dei campioni sottoposti a prova. Sono stati testati due modelli di infisso di uno stesso produttore, che si differenziano essenzialmente per la dimensione dei profili delle ante e del telaio. Apportando modifiche alle singole componenti degli infissi presi in esame, sono stati proposti dei confronti e delle considerazioni in relazione alle performance acustiche dei diversi modelli di campione esaminati. In particolare è interessante porre attenzione alle modalità di posa in opera degli infissi che influiscono in maniera significativa sulle reali prestazioni di isolamento acustico. È stata valutata l'influenza del tipo di vetro e del numero di battute della finestra sulle

prestazioni globali del singolo infisso e l'influenza dell'inserimento di una traversa nelle portefinestre. Infine sono state prese in esame le variazioni del comportamento dei campioni inserendo diversi modelli di cassonetto per avvolgibile.

2. DESCRIZIONE DEGLI INFISSI

Sono stati testati due modelli di infisso in legno di pino massello di uno stesso produttore, indicati con il nome TIPOLOGIA A e B, sia per le finestre che per le portefinestre. Le finestre sono state installate su due diversi controtelai realizzati con profilo di lamiera di acciaio sagomata, assemblati mediante incastri e provvisti di zanche per il fissaggio a parete. Il controtelaio della tipologia B si differenzia per una larghezza maggiore di 12 mm rispetto a quello della tipologia A. Il telaio è stato fissato al controtelaio mediante schiuma poliuretana e silicone.

Entrambi i campioni di finestra hanno dimensioni pari a 1220 x 1480 mm (misure esterne telaio) e sono a due ante.

Per la tipologia A i profilati sono realizzati in doppia battuta; le dimensioni delle sezioni dei profili dell'anta sono pari a 57x78 mm e la sezione del telaio è di 57x80 mm. La tipologia B, invece, si differenzia per la sezione delle ante mobili, pari a 69,5x78 mm, ed è realizzata con profili stondati a triplice battuta. Entrambi i modelli presentano una doppia guarnizione di tenuta applicata al telaio e nella battuta centrale. Alcuni campioni di infisso presi in esame, sia di tipologia A che B, presentano anta a ribalta.

Le portefinestre sottoposte a prova hanno dimensioni pari a 1520x2160 mm. In particolare sono stati testati modelli di tipo A e B, con e senza traversa centrale. Alcuni campioni testati presso il laboratorio di Acustica dell'Università di Perugia sono mostrati a titolo di esempio in figura 1.



Figura 1: Vista dalle due camere riverberanti di una finestra di tipo A con anta a ribalta (a) e di una portafinestra (b).

Le prove sono state eseguite all'interno delle camere riverberanti accoppiate del Laboratorio di Acustica dell'Università di Perugia, costruite rispettando le prescrizioni relative alla UNI EN ISO 140-1 [3]. Tutti i campioni sono stati montati in corrispondenza del muro divisorio fra le camere riverberanti, costituito da due file di elementi Lecablocco fonoisolante di dimensioni pari a 20 cm x 20 cm x 25 cm, intonacate da entrambi i lati, per uno spessore totale di 43 cm e un R_w stimato pari circa a 60 dB. La parete di prova presenta un foro centrale, in corrispondenza del quale è installato il campione oggetto di indagine.

Infine sono stati testati in laboratorio diversi cassonetti per avvolgibile. I campioni presi in esame sono cassonetti in MDF (C1-C2-C3) e cassonetti in lamiera di acciaio zincata (C4) e presentano diversi tipi di coibentazione. La modalità di posa in opera dei cassonetti per avvolgibile prevede l'inserimento, in corrispondenza del foro di prova, di un pannello multistrato ad elevato potere fonoisolante, di spessore pari a quello di una comune finestra (circa 6,6 cm); tale pannello simula la presenza di un infisso per quanto riguarda la superficie di appoggio del cassonetto coprirullo (figura 2(a)).

In seguito i cassonetti sono stati installati sui diversi campioni di infissi ed è stato misurato il valore di R_w del sistema complessivo. Inoltre sono stati testati anche altri sistemi completi costituiti dagli infissi con altri modelli di cassonetto (C0 e C5) di cui non sono state valutate singolarmente le prestazioni acustiche. In figura 2 sono riportate due immagini relative alle prove eseguite in laboratorio su diversi campioni di cassonetti e su sistemi completi infisso - cassonetto.



Figura 2: Vista dalle due camere riverberanti di un campione di cassonetto (a) e di un infisso con cassonetto (b).

In tabella 1 sono riportate le caratteristiche principali dei diversi campioni esaminati, distinti in finestre e portafinestre. Per quanto riguarda i cassonetti per avvolgibile, sono stati testati i soli cassonetti e successivamente infissi completi di cassonetto (tabella 2).

Tabella 1: Caratteristiche dei campioni di infissi sottoposti a prova.

Campione	Descrizione	Vetrata
F1	Finestra di tipo A	Vetro 1: 6/7 acustico – aria 12 mm – 6/7 VBE (38 dB)
F2	Finestra di tipo A	Vetro 2: 6/7 acustico – aria 12 mm – 6/7 acustico (41 dB)
F3	Finestra di tipo A	Vetro 3: 4 mm – aria 15 mm – 6/7 acustico (37 dB)
F4	Finestra di tipo A con anta a ribalta	Vetro 1: 6/7 acustico – aria 12 mm – 6/7 VBE (38 dB)
F5	Finestra di tipo B	Vetro 1: 6/7 acustico – aria 12 mm – 6/7 VBE (38 dB)
F6	Finestra di tipo B	Vetro 4: 10/11 acustico – aria 12 mm – 6/7 acustico (44 dB)
F7	Finestra di tipo B	Vetro 2: 6/7 acustico – aria 12 mm – 6/7 acustico (41 dB)
F8	Finestra di tipo B	Vetro 5: 5 mm – aria 15 mm – 8/9 acustico (39 dB)
F9	Finestra di tipo B con anta a ribalta	Vetro 1: 6/7 acustico – aria 12 mm – 6/7 VBE (38 dB)
PF1	Portafinestra di tipo A con traversa centrale	Vetro 3: 4 mm – aria 15 mm – 6/7 acustico (37 dB)
PF2	Portafinestra di tipo A con traversa centrale	Vetro 2: 6/7 acustico – aria 12 mm – 6/7 acustico (41 dB)
PF3	Portafinestra di tipo A senza traversa centrale	Vetro 2: 6/7 acustico – aria 12 mm – 6/7 acustico (41 dB)
PF4	Portafinestra di tipo B con traversa centrale	Vetro 5: 5 mm – aria 15 mm – 8/9 acustico (39 dB))
PF5	Portafinestra di tipo B senza traversa centrale	Vetro 2: 6/7 acustico – aria 12 mm – 6/7 acustico (41 dB)
PF6	Portafinestra di tipo B con traversa centrale	Vetro 2: 6/7 acustico – aria 12 mm – 6/7 acustico (41 dB)

Tabella 2: Caratteristiche dei campioni di cassonetto e dei campioni di infissi completi di cassonetto.

Campione	Descrizione
C0	Cassonetto in MDF senza coibentazione
C1	Cassonetto tipo sandwich da 11 mm con MDF (4 mm) + sugherogomma (3 mm) + MDF (4 mm)
C2	Cassonetto in MDF di 12 mm di spessore
C3	Cassonetto in MDF (12 mm) con tappo tipo sandwich (MDF (4 mm) + sugherogomma (3 mm) + MDF (4 mm))
C4	Cassonetto in lamiera di acciaio zincata con coibentazione in poliestere
C5	Cassonetto in lamiera di acciaio zincato, coibentato con polistirene espanso, ad intonacare sul lato interno
COF7	Cassonetto in MDF senza coibentazione con infisso F7
C4F1	Cassonetto in lamiera di acciaio zincata con coibentazione in poliestere con infisso F1
C2F6	Cassonetto in MDF di 12 mm di spessore con infisso F6
C5F7	Cassonetto in lamiera di acciaio zincata con coibentazione in poliestere con infisso F7
C5F6	Cassonetto in lamiera di acciaio zincata con coibentazione in poliestere con infisso F6

3. STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA DI MISURA

Per la strumentazione impiegata si rimanda ad un precedente lavoro [4], tuttavia la sorgente dodecaedrica

omnidirezionale è stata sostituita da una sorgente modello DL-301 di fabbricazione LOOKLINE, dotata di amplificatore e generatore di rumore (bianco, rosa e sweep).

Per le modalità di prova si fa riferimento alla norma UNI EN ISO 140-3. Sono stati misurati contemporaneamente i livelli di pressione sonora in camera emittente (L_1) e in camera ricevente (L_2), in presenza di una sorgente sonora che occupa diverse posizioni in camera emittente e che emette un rumore bianco. I livelli di pressione sonora, misurati in bande di un terzo di ottava tra 100 e 5000 Hz nelle diverse posizioni microfoniche stabilite dalla normativa, sono stati mediati energeticamente. Si misura, inoltre, in camera ricevente, il tempo di riverberazione T_{60} ai sensi della UNI EN ISO 354 [5]. Quindi è possibile calcolare il potere fonoisolante del campione sottoposto a prova e il relativo indice di valutazione del potere fonoisolante R_w .

4. RISULTATI

4.1 Finestre e portefinestre

In figura 3 sono riportati i valori dell'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w di tutti i campioni sottoposti a prova; gli andamenti in frequenza del potere fonoisolante in bande di un terzo di ottava sono mostrati a titolo di esempio per gli infissi di tipo B. In figura 4 sono rappresentati i valori di R_w misurati per le portefinestre e i vari andamenti in frequenza del potere fonoisolante R.

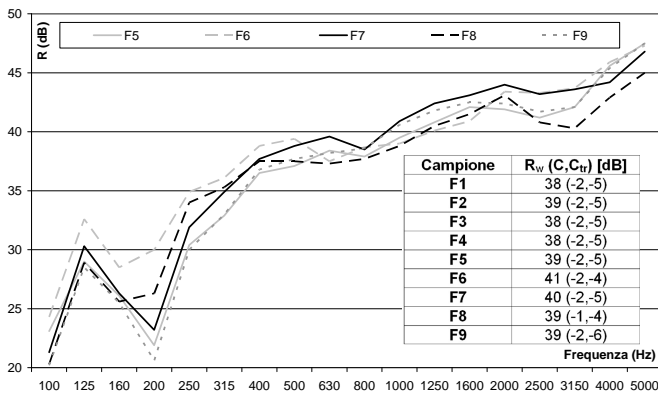


Figura 3: Valori di $R_w(C, C_{tr})$ (dB) e andamento in frequenza del potere fonoisolante R per i campioni di infissi di tipo B.

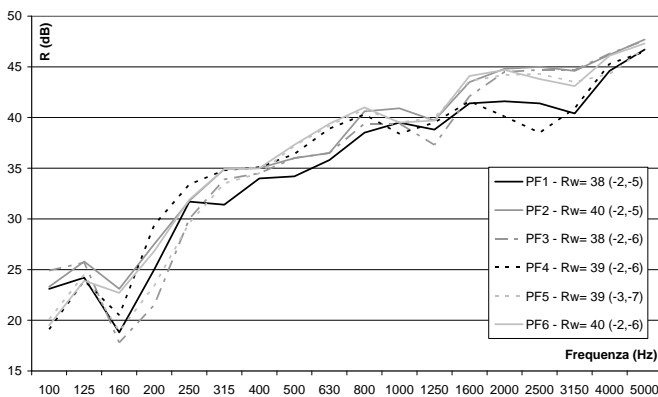


Figura 4: Valori di $R_w(C, C_{tr})$ (dB) e andamento in frequenza del potere fonoisolante R per diversi campioni di portefinestre.

4.2 Cassonetti per avvolgibile

In figura 5 si riportano i valori dell'indice del potere fonoisolante R_w per i quattro campioni di cassonetto sottoposti a prova e l'andamento del potere fonoisolante R in frequenza per i singoli cassonetti; per gli infissi con cassonetto, R_w e l'andamento in frequenza di R sono riportati in figura 6.

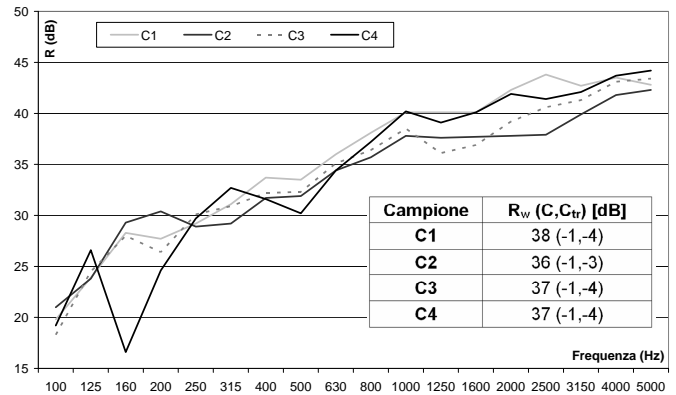


Figura 5: Valori di $R_w(C, C_{tr})$ (dB) e andamento in frequenza del potere fonoisolante R per i campioni di cassonetto.

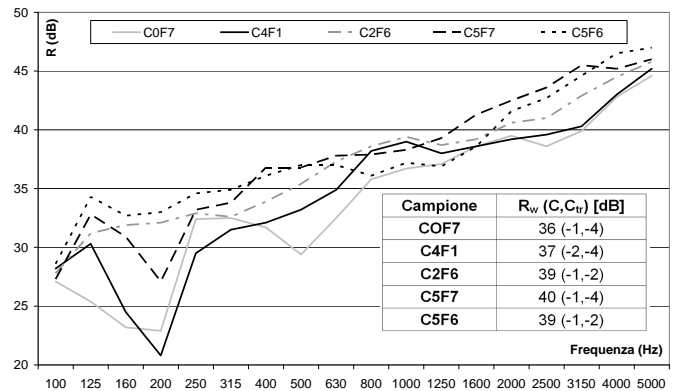


Figura 6: Valori di $R_w(C, C_{tr})$ (dB) e andamento in frequenza del potere fonoisolante R per diversi campioni di infissi con cassonetto.

5. ANALISI DEI RISULTATI

Dal confronto dei risultati ottenuti per i diversi campioni di infissi e per le diverse tipologie di portefinestre si nota che i tempi di riverberazione registrati in laboratorio sono confrontabili tra di loro e questo rende possibile il confronto tra i valori del potere fonoisolante misurati. Nel seguito sono analizzati i risultati sui campioni presi in esame, sia in termini di indice di valutazione del potere fonoisolante R_w sia di andamento in frequenza, al fine di evidenziare l'influenza di: tipologia di infisso (sezione dei profili e numero di battute), tipologia di vetro, tipo di controtelaio, presenza o meno di anta a ribalta, presenza o meno di una traversa nelle portefinestre, modalità di posa in opera del campione.

5.1 Influenza della tipologia di vetrata e di infisso

Esaminando l'andamento in frequenza di R per gli infissi di tipo B con diversi tipi di vetro (figura 3), si nota che i campioni che garantiscono le migliori prestazioni sono quelli che presentano vetro di tipo 4 e 2 ($R_w = 41$ dB per F6 e $R_w = 40$ dB per F7). Infatti le vetrate 4 e 2 presentano due lastre con PVB acustico e sono quelli acusticamente più performanti.

Al fine di evidenziare l'influenza della tipologia di infisso (sezione delle ante e n° delle battute) in figura 7 sono confrontati gli andamenti in frequenza di R per i campioni di tipo A e B che presentano la stessa vetrata.

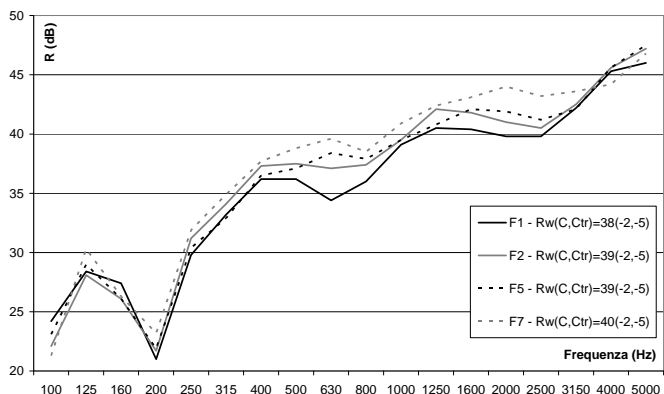


Figura 7: Andamento in frequenza del potere fonoisolante R per diversi campioni di infissi di tipo A e B.

A parità di vetro, l'indice R_w degli infissi di tipo A (F1 e F2) è inferiore di 1 dB rispetto a quello dei campioni F5 e F7 (tipo B). Sia per le finestre sia per le portefinestre si può notare il miglior comportamento della tipologia B, a parità di tutte le altre condizioni (figura 4 e figura 7). Ciò può essere imputato al fatto che gli infissi di tipo B presentano delle dimensioni della sezione dell'anta e del telaio maggiori di quelle della tipologia A e hanno una triplice battuta anziché doppia. Anche in termini di andamento in frequenza si riscontrano valori di R più elevati, soprattutto alle frequenze centrali (500-2000 Hz).

5.2 Influenza del controtelaio

Per valutare l'influenza del tipo di controtelaio sono state eseguite in laboratorio due prove relative ad uno stesso campione (F5) cambiando soltanto il tipo di controtelaio. Nella prima prova F5 presenta un controtelaio di tipo A (messo a punto per gli infissi di tipo A e di larghezza minore rispetto al controtelaio B), nella seconda prova di tipo B. In termini di R_w si riscontra un valore maggiore per il campione dotato di controtelaio di tipo B (39 dB) rispetto al campione con controtelaio di tipo A (38 dB); la differenza è evidente soprattutto alle frequenze medio-alte (500-3150 Hz). In figura 8 si riporta un grafico di confronto tra le due prove.

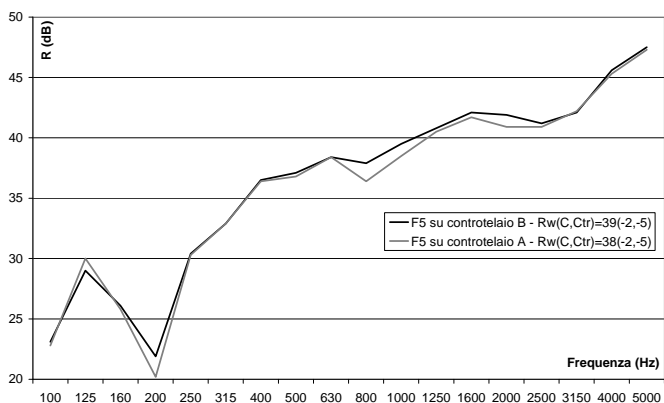


Figura 8: Andamento in frequenza del potere fonoisolante R misurato per lo stesso campione di infisso F5 con due diversi controtelai.

5.3 Influenza dell'anta a ribalta

Esaminando i risultati riportati in figura 9 relativi al potere fonoisolante R degli infissi, si riscontrano valori confrontabili per finestre con anta normale e con anta a ribalta, a parità delle altre condizioni di prova (tipologia di infisso e di vetro). L'influenza dell'anta a ribalta risulta trascurabile anche per quanto riguarda il valore di R_w misurato (per F1 e F4 (anta a ribalta) R_w è pari a 38 dB; per F5 e per F9 (anta a ribalta) R_w è pari a 39 dB).

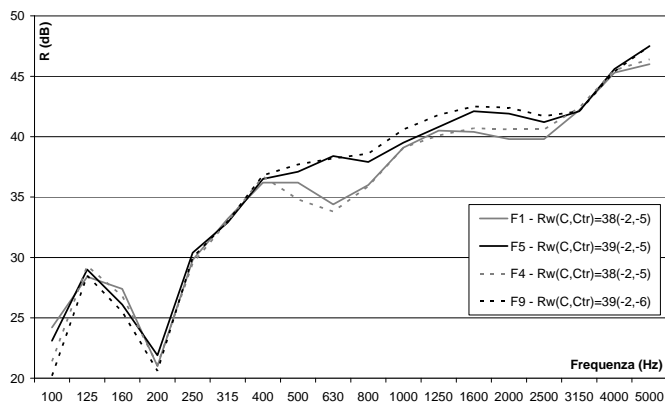


Figura 9: Andamento in frequenza del potere fonoisolante R per diversi campioni di infissi con o senza anta a ribalta.

5.4 Influenza della posa in opera del campione [6,7]

Le modalità di posa in opera degli infissi influiscono in maniera significativa sulle reali condizioni di prestazione del campione stesso. In particolare è importante esaminare il materiale che viene normalmente impiegato per riempire il giunto tra telaio e controtelaio durante la posa in opera dei serramenti.

Nel caso delle portefinestre prese in esame, per il campione PF4 la prova è stata ripetuta due volte: nella prima prova, infatti, non era stata eseguita correttamente la siliconatura del campione ed è stato misurato un valore di R_w pari a 37 dB, inferiore alle prestazioni attese. Un attento esame dell'infisso ha mostrato una posa in opera non a regola d'arte: dopo un corretto riempimento del giunto con silicone lo stesso serramento ha raggiunto un valore di R_w pari a 39 dB.

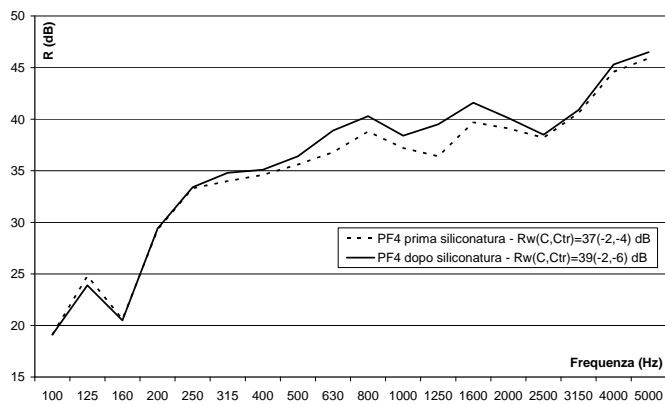


Figura 10: Andamento in frequenza del potere fonoisolante R misurato per PF4 prima e dopo la siliconatura del campione.

Anche esaminando l'andamento in frequenza del potere fonoisolante (figura 10), a seguito della corretta sigillatura del campione, si registra un aumento di R di circa 1 dB in tutte le frequenze, ma soprattutto tra 250 e 2500 Hz.

5.5 Influenza della traversa per le portefinestre

È interessante osservare come la presenza o meno di una traversa centrale nella portafinestra oggetto di indagine sia significativa in termini di indice di valutazione del potere fonoisolante R_w (figura 4). Dal confronto delle prove relative ai campioni PF2 (con traversa) e PF3 (senza traversa) emerge che in presenza di traversa R_w è pari a 40 dB, senza la traversa R_w misurato è di 38 dB. Anche confrontando i campioni PF5 e PF6 si nota un incremento di R_w di 1 dB per effetto della traversa. Infatti l'inserimento dell'asta al centro dell'infisso riduce la superficie vetrata presente e di conseguenza si riscontra un aumento dell'isolamento acustico del serramento, dovuto anche alla riduzione del fenomeno della risonanza della lastra intera, più accentuata di quella di due lastre più piccole di superficie equivalente (vedi paragrafo 5.7).

5.6 Confronto tra il potere fonoisolante misurato per le finestre e le portefinestre

Al fine di valutare l'influenza dell'area del campione e del diverso sistema di battuta in corrispondenza del nodo inferiore dell'infisso, per ogni campione è stato fatto un confronto tra l'andamento del potere fonoisolante alle varie frequenze misurato per la finestra e quello relativo alla portafinestra che presenta le medesime caratteristiche (tipologia di infisso e di vetro).

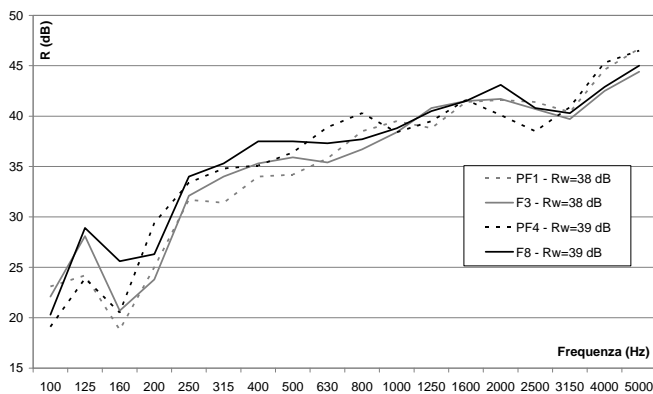


Figura 11: Andamento in frequenza del potere fonoisolante R per i campioni di infissi F3 e F8 e per le portefinestre PF1 e PF4.

In figura 11 è riportato il confronto tra l'andamento del potere fonoisolante in frequenza dell'infisso F3 e quello della portafinestra PF1 corrispondente (tipologia A con vetro di tipo 3) e il confronto tra la finestra F8 e la portafinestra PF4 (tipologia B con vetro 5). Si osserva che il valore di R_w misurato è lo stesso sia per la finestra F3 che per la portafinestra PF1 (38 dB). Tuttavia si nota un comportamento della portafinestra migliore alle medio-alte frequenze. Considerazioni del tutto analoghe si possono dedurre anche dal confronto del campione F8 con la portafinestra PF4: per entrambi R_w misurato è pari a 39 dB.

5.7 Influenza della frequenza di risonanza dell'infisso

Le prestazioni acustiche di vetrate semplici sono influenzate da fenomeni di risonanza alle basse frequenze e di coincidenza a frequenze più elevate. I sistemi vetro-camera, inoltre, sono influenzati anche dal fenomeno della risonanza massa-molla-massa. Alle basse frequenze si riscontra, quindi, una riduzione del potere fonoisolante in corrispondenza della frequenza di risonanza del sistema. Per aumentare i valori di isolamento acustico, la frequenza di risonanza di un sistema

vetro-camera deve essere resa più bassa possibile, impiegando lastre di vetro pesanti e spessori di intercapedine elevati. Inoltre è bene che le diverse lastre di vetro abbiano spessore differente, in modo da ridurre le risonanze di accoppiamento. È preferibile che le lastre di vetro siano montate non parallele tra di loro, in modo da evitare riflessioni speculari.

Esaminando l'andamento in frequenza del potere fonoisolante degli infissi oggetto di indagine, si nota che i vetri di tipo 1 e 2, che presentano lastre di uguale spessore (3+3 mm di vetro e uno strato di PVB acustico di 0,38 mm), presentano una caduta di potere fonoisolante in corrispondenza della frequenza di risonanza del sistema: il fenomeno risulta essere più accentuato rispetto agli altri tipi di vetro. Lo stesso andamento si riscontra anche per le portefinestre.

La frequenza di risonanza massa-molla-massa di un vetrocamera può essere calcolata mediante la relazione [8]:

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,111}{d} \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \quad (\text{Hz}) \quad (1)$$

dove:

m' = massa superficiale di ciascun vetro (kg/m^2) = $hx2500$ (kg/m^2);

h = spessore di ciascun vetro (m);

d = spessore della camera d'aria (m).

Per i vetri 1 e 2 la prima frequenza di risonanza calcolata è pari a 176 Hz, per il vetro di tipo 3 è pari a 177 Hz, per i vetri 4 e 5 risulta essere pari a 160 Hz.

Osservando l'andamento in frequenza del potere fonoisolante misurato per i campioni di finestre e portefinestre, si può notare che tutti i serramenti presentano una frequenza di risonanza critica compresa tra 160 e 200 Hz; inoltre i campioni con vetro di tipo 1 e 2 sono proprio quelli in cui il fenomeno è più marcato. È interessante osservare come, per i campioni di portefinestre, il fenomeno della risonanza sia fortemente attenuato dalla presenza della traversa centrale nell'infisso (campioni PF1, PF2, PF4 e PF6) (figura 4); la presenza della traversa consente un incremento del potere fonoisolante compreso tra 4 e 5 dB a 160 Hz.

5.8 Influenza della presenza dei cassonetti per avvolgibili

Anche la presenza di cassonetti per avvolgibili può contribuire a ridurre le prestazioni acustiche di un infisso [9]. In particolare è necessario che il cassonetto sia costituito da materiali che garantiscano un buon comportamento in termini di coibentazione termoacustica: l'assenza di coibentazione, infatti, può provocare una perdita di prestazioni in termini di R_w pari a 4 dB (campione COF7).

Analizzando l'andamento del potere fonoisolante dei cassonetti testati e l'indice di valutazione del potere fonoisolante misurato (figura 5), si nota che il comportamento migliore è assunto dal cassonetto C1, soprattutto alle medio-alte frequenze; l'inserimento del tappo in sugherogomma al cassonetto C2 (in MDF) ha consentito un miglioramento di 1 dB. Per completare l'analisi, infine, è stato confrontato il potere fonoisolante misurato per il sistema completo infisso con avvolgibile con quello stimato per via previsionale, in accordo con dati di Letteratura. Il potere fonoisolante della struttura completa costituita da finestra e cassonetto per avvolgibile è stato calcolato mediante la relazione [8]:

$$R = -10 \lg \left(\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_{TOT}} 10^{\frac{-R_i}{10}} + \frac{A_0}{S_{TOT}} \sum_{i=1}^p 10^{\frac{-D_{n,e,i}}{10}} \right) \quad (2)$$

dove:

R_i è il potere fonoisolante dell'elemento i -esimo costituente il sistema composto;

S_i è la superficie dell'elemento i -esimo in m^2 ;

S_{TOT} è la superficie complessiva totale dell'elemento in m^2 ;

A_0 sono le unità di assorbimento di riferimento, pari a $10 m^2$;

$D_{n,e,i}$ è l'isolamento acustico normalizzato del "piccolo elemento" i -esimo, dove per "piccolo elemento" si intende qualsiasi elemento che costituisce la parete con superficie minore di $1 m^2$.

Tale relazione è tipicamente impiegata per la valutazione di prestazioni acustiche delle strutture composte da elementi distinti, mentre nel caso in esame il sistema infisso con avvolgibile si dovrebbe considerare come un unico elemento (unico controtelaio). Tuttavia si è pensato di applicare ugualmente l'equazione (2), poiché il valore di R misurato per l'elemento cassonetto tiene conto delle eventuali perdite di prestazione dovute al collegamento con il telaio; infatti l'indice R_w del cassonetto è stato determinato in laboratorio installando sulla parte inferiore un pannello multistrato ad elevato potere fonoisolante che simula la presenza di un normale infisso. L'indice R_w del sistema infisso-cassonetto calcolato dalla Eq. (2) viene riportato in figura 12, a confronto con il valore di R determinato sperimentalmente; per completezza si riporta anche l'andamento in frequenza di R misurato e calcolato per il campione C4F1. Per il cassonetto C5 le prestazioni acustiche sono state desunte da certificati prodotti da altri Laboratori ($R_w=43$ dB).

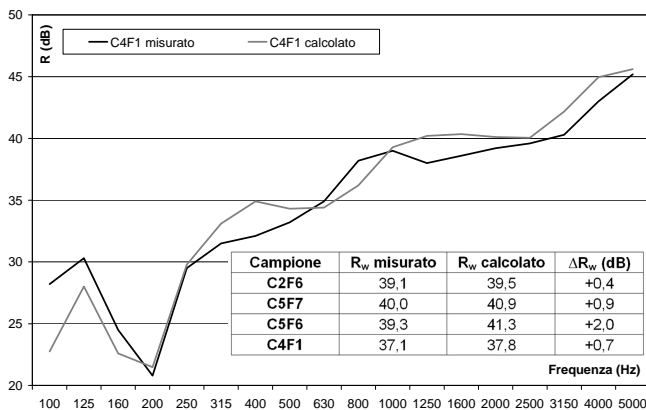


Figura 12: Confronto tra l'andamento in frequenza del potere fonoisolante R misurato e calcolato per lo stesso campione.

Nonostante le due curve presentino sostanzialmente lo stesso andamento, si può osservare che il valore di R_w calcolato è maggiore di 0,4-0,9 dB per tutti i campioni, ad eccezione di C5F6 per il quale si osserva un discostamento di 2 dB. Infatti per C5F6 la misura di laboratorio non ha dato i risultati attesi, probabilmente a causa di una posa in opera non perfettamente corretta del campione, per cui si sono riscontrate perdite di prestazione soprattutto alle medio-alte frequenze (figura 6). La differenza riscontrata nell'applicazione della Eq. (2) è, quindi, contenuta al di sotto di 1 dB; tuttavia si osserva che la valutazione previsionale tende a sovrastimare le prestazioni del sistema infisso-cassonetto, non consentendo una stima a favore di sicurezza.

6. CONCLUSIONI

L'isolamento acustico di una facciata è fortemente influenzato dagli elementi acusticamente meno performanti, come infissi e cassonetti per avvolgibili, e spesso si avvicina al

valore dell'elemento più debole. Numerosi fattori influenzano le prestazioni di un infisso: la tipologia di serramento, il tipo di vetro, presenza o meno di anta a ribalta, presenza o meno di traversa centrale nelle portefinestre, inserimento di cassonetti e modalità di posa in opera delle varie componenti.

La sperimentazione, effettuata su 20 campioni di finestre, portefinestre e cassonetti presso la Facoltà di Ingegneria di Perugia, fornisce importanti indicazioni sulle componenti che costituiscono gli infissi. I campioni che hanno raggiunto performance migliori in termini di R_w sono quelli che presentano entrambe le lastre stratificate con PVB acustico e quelli con dimensioni maggiori della sezione del telaio. L'inserimento di una traversa centrale in corrispondenza delle portefinestre contribuisce ad aumentare R_w di circa 1 dB, anche a causa di un minore effetto di risonanza. Dai risultati sperimentali ottenuti sono emerse importanti considerazioni sul processo di installazione del campione: è necessario impiegare appropriati materiali che consentano un riempimento adeguato del giunto tra telaio e controtelaio e non è possibile prescindere da un'attenta definizione delle modalità di posa del campione. Infine è stato preso in esame il comportamento di sistemi di infisso completi di cassonetti per avvolgibile: le prestazioni migliori sono state riscontrate per cassonetti in MDF tipo sandwich con sugherogomma. La presenza di un cassonetto può influenzare in maniera significativa le prestazioni del sistema complessivo, causando una perdita in termini di R_w compresa tra 1 e 4 dB, in funzione del tipo e della coibentazione del cassonetto.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori desiderano ringraziare la FAIL S.p.A. (Marsciano – PG) per aver fornito i campioni di prova oggetto della presente memoria.

BIBLIOGRAFIA

- UNI EN ISO 140-3, Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 3: Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio, 2006.
- UNI EN ISO 717-1, Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edificio e di elementi di edificio. Isolamento acustico per via aerea, 1997.
- UNI EN ISO 140-1, Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 1: Requisiti per le attrezzature di laboratorio con soppressione della trasmissione laterale, 2006.
- F. Asdrubali, F. D'Alessandro, S.Schiavoni, Una metodologia per la misura delle prestazioni acustiche di pavimenti sopraelevati, Proc. 7° Congresso Nazionale CIRIAF, Perugia, 2007.
- UNI EN ISO 354, Acustica. Misura del livello di assorbimento acustico in camera riverberante, 2003.
- S.Secchi, G. Cellai, Problematiche di isolamento acustico delle facciate – Metodi previsionali, raccomandazione per la posa in opera e risultati sperimentali, Proc. 35° Convegno Nazionale AIA, Milano, 2008.
- A. D'Albo, S. Amighetti, I materiali per la posa in opera dei serramenti esterni: misure in laboratorio della tenuta acustica del giunto, Proc. 35° Convegno Nazionale AIA, Milano, 2008.
- G. Cellai, S. Secchi, L. Busa, La progettazione acustica degli edifici, Soluzioni tecniche e informazioni progettuali per il rispetto del D.P.C.M. 5/12/97, Alinea Editrice, pp. 18-22, 2005.
- R. Baruffa, A. Bruschi, Variazione del potere fonoisolante di finestre in legno in funzione delle caratteristiche delle loro componenti, Proc. 33° Convegno Nazionale AIA, Ischia, 2006.