

Prestazioni acustiche: i metodi di previsione

Ermenegildo Brosio (Studio Brosio), Raffaele Pisani (Studio di Ingegneria Acustica Pisani)

Acustica sotto la lente

Facciate: come stimare, con buona attendibilità, l'isolamento acustico e calcolare il potere fonoisolante e quindi l'isolamento acustico standardizzato.

Tra i requisiti acustici passivi degli edifici prescritti dal Dpcm 05/12/97 compare anche l'isolamento che la facciata deve fornire contro l'intrusione del rumore proveniente dall'ambiente esterno.

A differenza delle partizioni interne che sono, nella quasi generalità dei casi, di struttura omogenea, la facciata presenta un aspetto composito: ciascun possibile componente, quale muratura perimetrale, muratura sotto finestra, serramento, cassonetto, eventuale presa d'aria, ha una sua prestazione acustica che concorre, unitamente alla superficie che occupa, alla formazione del risultato finale, inteso come isolamento offerto dalla facciata nel suo complesso.

Per conseguire questo risultato si devono pertanto conoscere, in primo luogo, le caratteristiche acustiche dei vari componenti di cui il progetto prevede l'impiego per la costituzione della facciata.

Il dato necessario per la previsione è, in sostanza, il potere fonoisolante R , la cui definizione è data dalla normativa ufficiale con la nota relazione:

$$R = 10 \log (1/\tau) \text{ dB} \quad (1)$$

Con τ che rappresenta il fattore di trasmissione, inteso come rapporto fra l'energia sonora trasmessa (W_t) e l'energia sonora incidente (W_i):

$$\tau = (W_t/W_i) = 10^{-R/10} \quad (2)$$

Il valore di R può essere ottenuto da prove di laboratorio effettuate con procedure normalizzate (ed è questa la soluzione migliore) oppure ricavato da banche dati di provenienza attendibile, oppure ancora utilizzando mezzi empirici o semiempirici di previsione, che propongono algoritmi derivati da elaborazioni statistiche di dati sperimentali, ora reperibili in letteratura.

Il passo successivo è il calcolo di previsione della grandezza che la legge utilizza per stabilire il valore di accettabilità, ossia l'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,n,T}$ espresso in dB.

Questo lavoro si propone di illustrare quali informazioni sono necessarie e in che modo sono utilizzate dal professionista incaricato di stimare l'isolamento acustico delle facciate con un buon grado di attendibilità.

Verrà fatto cenno al procedimento di calcolo, per altro piuttosto semplice, che consente di ottenere il potere fonoisolante e successivamente l'isolamento acustico standardizzato di facciata, partendo dalle prestazioni dei singoli componenti.

In questa sede saranno presi in considerazione gli altri componenti edilizi con particolare riferimento alla muratura perimetrale. Ogni nazione ha, in passato, sviluppato tecniche costruttive diverse per le abitazioni. Le tecnologie edilizie maggiormente in uso nel nostro paese, adottate per le costruzioni a destinazione residenziale, ospedaliera, alberghiera ecc. impiegano materiali e componenti caratterizzati da prestazioni acustiche specifiche e diverse dai materiali utilizzati in altri paesi. È comune, però, l'esigenza di una protezione dai rumori esterni dei luoghi ove è prevista la presenza umana per l'intero arco della giornata e, soprattutto, nelle ore destinate al riposo.

Il procedimento di calcolo

In generale il potere fonoisolante R di una parete composita, costituita da i elementi diversi, si ottiene con il calcolo partendo da:

- il potere fonoisolante R_i di ogni componente i -esimo,
- la superficie S_i che al componente i -esimo

compete.

In particolare, detta S la superficie complessiva dell'elemento di facciata considerato, si utilizza la seguente espressione:

$$R = -10 \log [S^{-1} \cdot \sum S_i \tau_i] \\ = -10 \log [S^{-1} \cdot \sum S_i \cdot 10^{-R_i/10}] \text{ (dB)} \quad (3)$$

Rammentando le espressioni (1) e (2) sopra riportate, del potere fonoisolante e del fattore di trasmissione, la (3) indica che il valore di R è determinato dalla potenza sonora complessiva trasmessa all'interno del locale, rapportata alla potenza sonora incidente sulla superficie esterna.

Assumendo infatti l'ipotesi che la facciata sia investita all'esterno, in modo uniforme, da un rumore di intensità sonora I (Watt/m²), avremo una potenza sonora incidente W pari a $I \cdot S$ (Watt). La potenza sonora trasmessa all'interno sarà data dalla somma dei prodotti $I \cdot S_i \cdot \tau_i$ (Watt). Pertanto il rapporto fra la potenza sonora interna e quella esterna, ossia il fattore di trasmissione globale τ dell'intera parete è fornito dalla seguente relazione:

$$\tau = S^{-1} \cdot \sum S_i \tau_i$$

che è indipendentemente dal valore assoluto dell'intensità sonora incidente. Si osserva che si ritorna all'espressione (3) in quanto $R = 10 \log(1/\tau)$

Prestazioni acustiche dei componenti

Oltre al serramento che, come si è detto, viene trattato in altra sede, si devono considerare gli altri componenti che concorrono alla formazione della facciata. Tra questi il più importante, almeno per quanto riguarda l'incidenza in superficie, è la muratura perimetrale.

Come già accennato, si ritiene utile, fra le sette destinazioni d'uso previste dal Dpcm

del 5 dicembre 1997, dedicare le maggiori attenzioni a quelle tre nelle quali la presenza umana è continua, ossia agli edifici residenziali, alberghieri e ospedalieri. Per le altre destinazioni: uffici, scuole, attività ricreative e culto, attività commerciali, le esigenze di difesa dai rumori esterni sono diverse, generalmente inferiori; le soluzioni architettoniche, inoltre, possono essere per questi edifici anche drasticamente diverse da quelle "tradizionali" adottate nella maggior parte dei casi nella residenza. Si pensi, ad esempio, alle facciate continue spesso adottate per gli uffici.

La tipologia più utilizzata in campo nazionale per la realizzazione delle pareti perimetrali è ancor sempre la muratura in laterizio. In genere si tratta di una struttura formata da due paramenti in mattoni separati da una intercapedine nella quale è inserito un materiale poroso che ha funzione di isolamento termico e, a volte, anche acustico. Generalmente i mattoni sono forati, di spessore compreso fra 8 e 12 cm, e utilizzati per la realizzazione di entrambi i paramenti.

La massa areica complessiva della parete, compresi gli intonaci, è compresa fra 200 e 250 kg/m², per uno spessore complessivo di 28-32 cm.

Nel caso in cui la parete è del tipo "faccia a vista" col paramento esterno in mattone pieno (paramano), la massa areica complessiva può arrivare a 320 kg/m².

Il potere fonoisolante di queste strutture è facilmente reperibile, in quanto si può disporre, data la sua larga utilizzazione, di numerosi dati di laboratorio.

Sono state elaborate anche nel nostro Paese, a partire dagli anni 80, espressioni empiriche basate sull'elaborazione statistica di dati sperimentali (vedi bibliografia).

La più semplice e nello stesso tempo la più applicabile nel nostro caso è la seguente:

$$R_w = 20 \log m' \text{ dB}$$

Con R_w = indice di valutazione del potere fonoisolante (rif. Iso 717-1)

m' = massa areica della parete, in kg/m²

Con i valori di massa areica presenti nel nostro caso, il potere fonoisolante delle pareti perimetrali descritte, in termini di indice di valutazione R_w è compreso fra 46 e 48 dB, per giungere a circa 50 dB con le pareti faccia a vista.

Nel caso in cui il progetto preveda la collocazione del termosifone in un vano sotto-finestra, si avrà in quel punto una diminuzione



Approntamento delle prove per il comportamento acustico in opera.

dello spessore della muratura perimetrale. In genere la parete sotto-finestra è costituita da un solo tramezzo in mattoni forati con intonaco esterno oppure, nel caso di muratura faccia a vista, il tramezzo è in mattoni pieni, senza intonaco. La massa areica può essere stimata compresa fra 120 e 180 kg/m², con un potere fonoisolante previsto, sempre sulla base della su riportata relazione, tra 42 e 45 dB.

Il cassonetto, ossia il vano che contiene il rullo della tapparella avvolgibile può costituire un punto critico nel caso in cui il vano venga ricavato nella muratura perimetrale. Ciò avviene abbastanza frequentemente, in pratica in tutti i casi in cui non sono utilizzati i serramenti monoblocco, completi di avvolgibile.

Il cassonetto rappresenta normalmente un punto debole poiché pone in comunicazione l'esterno con l'interno attraverso passaggi d'aria più o meno importanti. Una valutazio-

ne quantitativa delle perdite di isolamento acustico è piuttosto difficile, essendo vasta la gamma di realizzazioni che nella pratica si possono incontrare.

Per semplicità, si possono considerare i due casi estremi:

- nessun accorgimento acustico: il cassonetto è stato realizzato senza tener conto delle esigenze di insonorizzazione. La sua prestazione sarà inferiore a quella del serramento e la differenza sarà tanto maggiore quanto più è elevata la prestazione del serramento stesso; per valori intorno a 40 dB può raggiungere e superare 10 dB;
- cassonetto silenziato: l'opera consiste sostanzialmente nel rivestire il vano interno con materiale fonoassorbente e nel rinforzare acusticamente il pannello di chiusura nei confronti dell'ambiente interno. Con tale intervento si può ritenere che il potere fonoisolante del cassonetto sia equivalente

a quello del serramento, almeno per valori di quest'ultimo fino a 40 dB.

La superficie che compete al cassonetto, da considerare nel calcolo dell'isolamento di facciata, è quella del pannello di chiusura, visto dall'interno.

Dal potere fonoisolante all'isolamento acustico standardizzato

Come si è visto, la grandezza utilizzata nei calcoli sopra descritti per valutare la prestazione acustica della facciata è il potere fonoisolante, la cui definizione è riportata dall'espressione (1).

La misura sperimentale in laboratorio del potere fonoisolante, viene effettuata con modalità normalizzate; se il laboratorio è conforme alle prescrizioni stabilite dalla Iso 140-1, il suo valore si ricava dall'espressione:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log (S/A) \text{ dB} \quad (4)$$

Con L_1 = livello medio di pressione sonora nel locale di trasmissione, in dB

L_2 = livello medio di pressione sonora nel locale di ricezione, in dB

S = superficie dell'elemento in prova, in m^2

A = area equivalente di assorbimento acustico nel locale di ricezione, in m^2

Secondo la definizione della norma, il potere fonoisolante sperimentale così ottenuto corrisponde, con buona approssimazione, a quello teorico descritto dalla (1).

La grandezza che il Dpcm considera per quantificare il requisito di isolamento acustico delle facciate è l'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,n,T}$ che, secondo la normativa tecnica è definito da:

$$D_{2m,n,T} = L_1 - L_2 + 10 \log (T/T_0) \text{ dB} \quad (5)$$

Con L_1 = livello di pressione sonora esterno, misurato alla distanza di 2 m dal filo della facciata, in dB,

L_2 = livello medio di pressione sonora nel locale di ricezione, in dB,

T = tempo di riverberazione nel locale di ricezione, in s,

T_0 = tempo di riverberazione di riferimento, pari a 0.5 s.

Una relazione precisa tra la grandezza del-

l'espressione (4) e la grandezza dell'espressione (5) è difficile da stabilire, soprattutto per il fatto che le condizioni di sollecitazione del componente sono diverse: campo sonoro uniforme per intensità e diffuso per angoli d'incidenza (incidenza casuale) nella misura in laboratorio del potere fonoisolante; campo sonoro non ben definito per intensità e ad incidenza discreta per l'isolamento standardizzato di facciata in opera. Si rammenti che, a tal proposito e per il collaudo acustico della facciata, la norma prescrive, nel caso di utilizzo di sorgente sonora esterna fissa, un angolo d'incidenza di 45°. In alternativa, per il collaudo, si può utilizzare il rumore generato dal traffico sulla strada in cui essa è esposta.

Ricorrendo ad alcune ipotesi semplificative si può ritenere che il valore di R , ottenuto con il calcolo, non differisca sostanzialmente dal valore reale di $D_{2m,n,T}$ definito dal Dpcm, a condizione che i locali interessati abbiano un volume compreso fra 30 e 40 m^3 e che la superficie della facciata che compete al locale sia prossima a 10 m^2 .

Il comportamento in opera

Tenuto conto che il requisito del Dpcm deve essere verificato in opera in sede di collaudo acustico, si segnala che il valore calcolato non cambia se il serramento è installato all'interno del filo facciata (come normalmente avviene); può invece migliorare nel caso di presenza di balconi o verande.

Per quanto riguarda la trasmissione laterale del suono (propagazione strutturale), si segnala che per le facciate l'effetto è generalmente poco sensibile se paragonato a quello che si manifesta per i divisori interni.

Un metodo empirico di previsione della trasmissione laterale, che compare sui codici di pratica francesi, fornisce i seguenti suggerimenti:

- non se ne tiene conto se la facciata presenta, per ragioni termiche, un rivestimento isolante del tipo "a cappotto"

- nel caso di collegamento rigido fra facciata e strutture interne laterali (pareti e solai) l'effetto di trasmissione laterale è dovuto all'emissione di suono, da parte di tali strut-

ture, all'interno del locale per effetto della propagazione strutturale delle vibrazioni. L'entità dell'energia irradiata dalle pareti interne dipende dalle loro caratteristiche ed in particolare dalla massa areica, dal fattore di radiazione e dall'indice di riduzione delle vibrazioni dei giunti laterali del divisorio.

La norma Uni EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici illustra i metodi di calcolo ripresi anche dal rapporto tecnico Uni/TR 11175. Senza entrare nei dettagli, si può ritenere che per le normali strutture in muratura considerate in questo lavoro, la trasmissione laterale nell'isolamento di facciata è generalmente trascurabile. Solo nel caso di murature interne molto leggere si possono verificare perdite che, nella peggiore delle ipotesi, sono contenute entro 1-2 dB in termini di indice di valutazione globale (per un isolamento di facciata dell'ordine di 40 dB).

Un esempio numerico

Vediamo come sia possibile soddisfare ai requisiti del Dpcm 5 dicembre 1997.

Il decreto a cui ci si riferisce prescrive, per le facciate, valori di isolamento compresi fra 40 e 48 dB, espressi in termini di indice di valutazione globale $D_{2m,n,T,w}$ ^[6].

In base alla destinazione d'uso degli ambienti i requisiti sono i seguenti:

1. Abitazioni, alberghi:	40 dB
2. Uffici, commercio, culto e ricreazione:	42 dB
3. Ospedali:	45 dB
4. Scuole:	48 dB

Può essere interessante verificare le possibilità per raggiungere i valori richiesti, con particolare riguardo agli edifici destinati ad abitazione, alberghi e ospedali che, come accennato in precedenza, meritano le maggiori attenzioni in tema di protezione dai rumori esterni.

Vengono pertanto proposti esempi di previsione mediante il calcolo, utilizzando le indicazioni riportate nei paragrafi precedenti, delle prestazioni di determinate soluzioni costruttive di facciata. Vengono assunte le seguenti ipotesi, da considerare largamente rappresentative dei sistemi costruttivi normalmente

Percentuale superficie serramento	Isolamento acustico di facciata $D_{2m,n,T,w}$ in dB		
	Vetrata Tipo 1	Vetrata Tipo 2	Vetrata Tipo 3
20	38.7	44.0	46.2
30	37.0	42.6	45.1
40	35.9	41.6	44.2
50	34.9	40.7	43.5
60	34.2	40.0	42.9
70	33.5	39.4	42.3

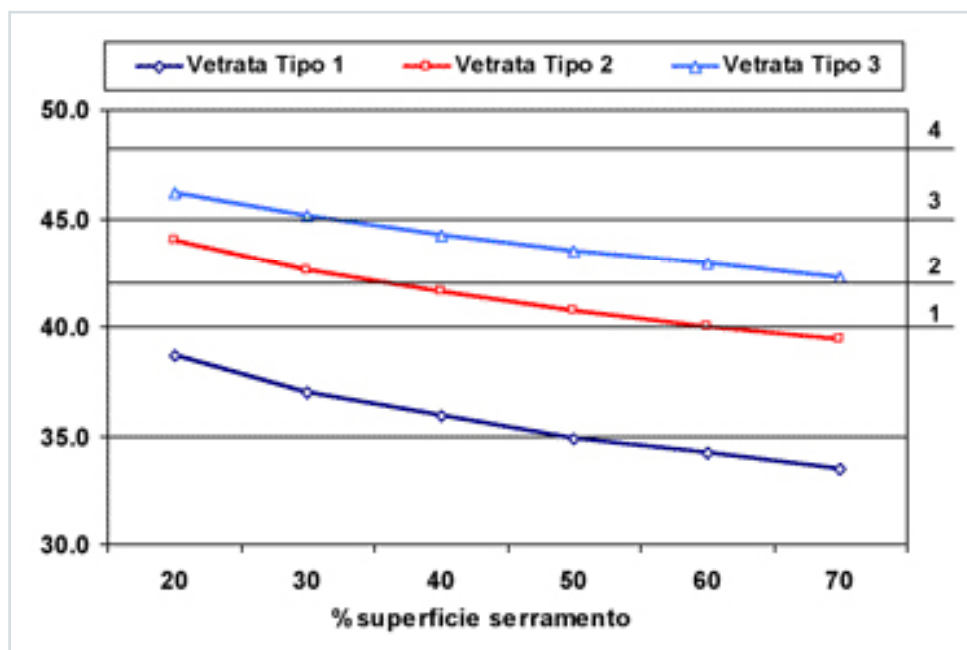


Fig. 1 - Isolamento acustico di facciata $D_{2m,n,T,w}$ in funzione della percentuale della superficie del serramento. Soglia 1 ($D_{2m,n,T,w}$ = 40 dB) per abitazioni ed alberghi; Soglia 2 ($D_{2m,n,T,w}$ = 42 dB) per Uffici, Commercio, Culto e Ricreazione; Soglia 3 ($D_{2m,n,T,w}$ = 45 dB) per Ospedali; Soglia 4 ($D_{2m,n,T,w}$ = 45 dB) per Scuole.

impiegati in campo nazionale per gli edifici aventi le destinazioni d'uso su indicate:

- La muratura perimetrale è in laterizio, di tipo tradizionale, e presenta un indice di valutazione di potere fonoisolante globale R_w di 50 dB.
- La muratura sotto finestra possiede pari prestazioni.
- Si considera trascurabile la perdita di isolamento dovuta alla trasmissione laterale.
- Non vengono considerati eventuali effetti dovuti a particolari architettonici, quali aggetti, rientranze, parapetti, logge ecc.
- Non vi sono sulla facciata altre vie di trasmissione sonora, quali prese d'aria o altro.

Per quanto riguarda i serramenti si ipotizzano strutture monoblocco, complete quindi di persiane o comunque di elementi oscuranti,

e aventi una tenuta all'aria di classe 4, in accordo con le norme attuali sull'argomento [7] [8]; con queste caratteristiche si può assumere che il potere fonoisolante globale R_w del serramento corrisponda, con approssimazione accettabile, al potere fonoisolante della vetrata di cui è dotato.

Si prevedono, in alternativa, tre tipi di vetrata:

tipo 1) - vetro-camera 4/6/4 R_w = 32 dB

tipo 2) - vetro-camera 6/10/3+3 R_w = 38 dB

tipo 3) - vetro-camera 3+5/10/3+5 R_w = 41 dB

Il calcolo viene effettuato prevedendo una incidenza percentuale della superficie del serramento sulla superficie totale della facciata, compresa fra il 20 % ed il 70 %.

I risultati sono riportati nella tabella e nel grafico di fig. 1.

Dall'esame dei risultati si possono fare le seguenti considerazioni:

- Con la vetrata di tipo 1, composta da due lastre monolitiche (ancor sempre tra le due più diffuse) i valori indicati dal Dpcm non vengono raggiunti in ogni caso.
- Con la vetrata di tipo 2, in cui una delle due lastre è stratificata, viene conseguito il valore stabilito per l'edilizia residenziale ed alberghiera, di 42 dB, a condizione che la percentuale di superficie del serramento non superi il 60 % del totale.
- Con la vetrata di tipo 3, composta da due lastre stratificate, il valore di 40 dB viene raggiunto in ogni caso, mentre il limite di 45 dB (ospedali) si consegue a condizione che la percentuale di superficie di serramento non superi il 30 %.

Si tratta di indicazioni di carattere quantitativo che possono forse presentare una certa utilità qualora si voglia valutare, sia pure in prima approssimazione, il "peso", nel senso tecnico ed economico, che assumono i requisiti acustici passivi dei fabbricati e, nel caso in esempio quelli richiesti per le facciate dei fabbricati.

Bibliografia

1. Renato Spagnolo (a cura di): *Manuale di acustica applicata*. Utet 2001.
2. Ermenegildo Brosio. *Esempi di progettazione e realizzazione. Mezzi di previsione delle prestazioni acustiche di materiali e componenti*. Rivista Italiana di Acustica. Vol X n. 4, dicembre 1986.
3. Norma Uni-EN-Iso 140-3. *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Parte 3: Misurazioni in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di edificio*.
4. Norma Uni-EN-Iso 140-5. *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Parte 5: Misurazioni in opera dell'isolamento acustico di facciata*.
5. Cstb: *comment concevoir une protection satisfaisante des batiments vis-a-vis des bruits extérieurs*. Cahier 1855. Juin 1983.
6. Norma Uni-EN-Iso 717-1. *Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Parte 1: Isolamento acustico per via aerea*.
7. Norma Uni-EN 1206. *Permeabilità all'aria dei serramenti. Modalità di prova*.
8. Norma Uni-EN 12207. *Permeabilità all'aria dei serramenti. Criteri di classificazione*.