

Valutazione dell'isolamento acustico in locali di piccole dimensioni

A.Cocchi, A.Farina, M.Garai

Istituto di Fisica Tecnica - Facoltà di Ingegneria
Università di Bologna

Negli anni più recenti, diversi Autori si sono posti il problema di individuare una tecnica di misura in opera del potere fonoisolante tale da garantire una sufficiente precisione e riproducibilità dei risultati, senza peraltro dover far ricorso a costose ed ingombranti apparecchiature che, per di più, richiedono in genere l'intervento di operatori specializzati; recentemente, un lavoro in tal senso, sia pure con spirito critico, è stato pubblicato da Cirillo (1). Recentemente, nel corso dell'incontro dei gruppi di lavoro operanti in seno all'ISO TC43/SC2, è stata presentata una proposta di norma (2) che, basandosi sull'emissione di rumore rosa e sul confronto di due misure in dB(A) consentirebbe di ricavare direttamente l'indice di valutazione secondo ISO 717: questo progetto di norma non è stato accettato dal sottocomitato in quanto, così come concepito, comporta un eccessivo difetto di riproducibilità, ragion per cui viene meno lo scopo di poter disporre di un metodo di cantiere sufficientemente affidabile per consentire la verifica prestazionale del manufatto ai fini della sua accettazione (in pratica, solo divisori caratterizzati da un indice di valutazione superiore di 5 dB rispetto al valore contrattuale potrebbero essere tranquillamente accettati, il che pare un tantino fuori dalla realtà del mercato edilizio).

Appare quindi evidente la necessità di approfondire lo studio di tutte le possibili cause di incertezza nella misura dei livelli sonori negli ambienti trasmittente e ricevente, al fine di contribuire ad un affinamento del metodo proposto che, al di là delle attuali incertezze, appare di grande interesse.

Prendendo spunto da un caso concreto, si vuole qui evidenziare uno specifico problema che nasce quando si cerca di misurare l'isolamento acustico tra locali di piccole dimensioni. Il caso riguarda tre box di uguali dimensioni x, y, z (m $4,30 \times 2,70 \times 2,65$ in altezza) destinati alle esercitazioni musicali degli allievi di un conservatorio. I tre box sono disposti l'uno di fianco all'altro (figura 1); quello centrale, indicato come box A, è separato dal box B da una parete doppia in cartongesso (2 lastre da 13 mm +

intercapedine di 60 mm con lana di vetro + 2 lastre da 13 mm) e dal box C da una parete in muratura rivestita dalle medesime lastre di cartongesso.

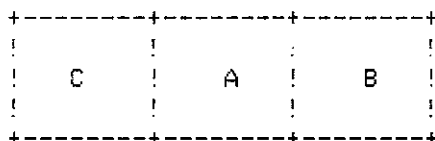


figura 1

La sorgente di rumore è stata collocata nel box A per misurare l'isolamento di entrambi i divisori ponendo il microfono ricevente prima nel box B e poi nel box C.

Apparecchiature e metodica sono conformi alla norma UNI 8270/4 (3).

Riguardo al posizionamento della sorgente la norma UNI lascia ampia libertà di scelta, per cui si è seguita la prassi corrente, disponendola in prossimità di un angolo.

Il posizionamento dei microfoni, specialmente nel locale di emissione, presenta invece qualche problema, peraltro difficilmente eliminabile con la tecnica del microfono rotante, quanto meno per semplici ragioni di ingombro. In un locale di piccole dimensioni, con pareti parallele e per di più acusticamente riflettenti, è prevedibile infatti che si formino sistemi di onde stazionarie, corrispondenti ai modi normali di oscillazione del campo sonoro nei box. Le dimensioni dei box favoriscono selettivamente alcune armoniche - tra quelle corrispondenti alle frequenze generate dalla sorgente - della cui lunghezza d'onda esse sono multipli o sottomultipli praticamente esatti.

Le norme UNI 8270 prescriverebbero di rilevare una pressione sonora media a partire dai valori misurati "in n posizioni uniformemente distribuite nell'ambiente, con eccezione delle zone di radiazione diretta della sorgente e di campo prossimo alle pareti" (3,4). Purtroppo in locali di piccole dimensioni la cosa risulta difficilmente attuabile, né d'altro canto sarebbe conciliabile con una procedura rapida di misura. Infatti la zona di radiazione diretta della sorgente è in prima approssimazione delimitata da una superficie sferica di raggio = 1 m almeno, entro la quale non va posizionato il microfono; anche dalle pareti è consigliabile usare una distanza di sicurezza di 1 m circa, per cui all'interno di uno stesso box rimane per posizionare il microfono una striscia centrale larga 0,70 m circa,

che è proprio quella in cui le onde stazionarie formano un massimo, un minimo od un punto di zero ben distinti (situazioni comunque anomale).

Nel caso specifico, in base alle dimensioni del box, le bande di 1/3 di ottava dove si prevede sia contenuta l'armonica fondamentale del sistema di onde stazionarie sono:

- lunghezza (x): banda centrata su 40 Hz;
- larghezza (y): banda centrata su 63 Hz;
- altezza (z): banda centrata su 63 Hz.

Tali onde stazionarie determinano all'interno dei locali una serie di massimi e minimi ben definiti e stabili nel tempo; è evidente perciò che il livello di pressione sonora misurato dai microfoni risulta influenzato dal posizionamento degli stessi entro un campo sonoro non uniforme (soprattutto alle basse frequenze).

Anche la posizione della sorgente riveste notevole importanza, poiché portando tale posizione a coincidere con un punto di massimo di un certo modo normale si viene ad esaltare l'ampiezza della corrispondente onda stazionaria rispetto alle altre.

Nel caso specifico in esame, tutte le armoniche fondamentali cadono nel campo dell'udibile e, grazie alle loro armoniche superiori, perturbano virtualmente tutto l'intervallo di frequenze di misura prescritto dalle norme UNI 8270 (bande di 1/3 di ottava da 100 a 3150 Hz) (3,4).

Particolarmente critica si presenta la frequenza di 63 Hz, corrispondente ad un'onda stazionaria che si stabilisce sia in direzione verticale, sia in direzione orizzontale, incidendo frontalmente sul divisorio in prova.

A ciò si aggiunga che le condizioni di capitolato prescrivevano nella banda centrata su 63 Hz un "abbattimento sonoro di 30-40 dB". Ora, a parte le note difficoltà delle strutture in cartongesso ad assicurare un alto isolamento alle basse frequenze, l'onda con frequenza di 63 Hz è proprio quella che dà origine al primo sistema di ventri al centro dell'ambiente, per cui è prevedibile che:

- 1) a quella frequenza il divisorio in cartongesso entri in risonanza con le onde ad esso parallele stabilitesi nei due locali che esso separa;
- 2) il campo sonoro all'interno dei due ambienti presenti ampie fluttuazioni a quella frequenza, per cui la misura risulta fortemente influenzata dalla posizione dei due microfoni.

Si deve anche rilevare come la diffusione del campo sonoro, in ambienti sostanzialmente riverberanti come questi, possa migliorare ed al limite risolvere la situazione alle alte frequenze, ma non alle basse, poiché qui i modi normali sono pochi e ben spazati tra loro. Infatti in base alla nota

relazione della teoria ondulatoria dell'acustica degli spazi chiusi si può calcolare il numero dei modi normali ΔN di frequenza compresa nella banda di ampiezza Δf centrata sul valore f , ottenendo i seguenti valori:

f	ΔN	f	ΔN	f	ΔN
31,5	<1	160	12	800	1221
40	<1	200	23	1000	2360
50	<1	250	42	1250	4570
63	1	315	81	1600	9514
80	2	400	161	2000	18483
100	4	500	308	2500	35948
125	6	630	605	3150	71660

tabella 1

A conferma delle previsioni esposte si riportano i risultati delle misure eseguite spostando i microfoni e/o la sorgente. Le figure da 2 a 8 contengono i valori dell'isolamento $D(f)$ misurati per il divisorio tra i box A e B. Le figure da 8 a 12 contengono i valori misurati per il divisorio tra i box A e C.

L'intervallo di misura è stato esteso inferiormente fino alla banda di $1/3$ di ottava centrata sui 31,5 Hz per valutare gli effetti di risonanza a bassa frequenza.

Vi sono effettivamente delle notevoli fluttuazioni da un caso all'altro ed in generale l'andamento degli spettri risulta irregolare, specialmente alle basse frequenze.

Per esempio, tutti gli isolamenti riportati nelle figure 1-8 presentano una caduta del valore nelle bande centrate su 630 e su 800 Hz, frequenze multiple delle fondamentali previste in base alle dimensioni dei locali.

Il valore dell'isolamento $D=L_1-L_2$ nella banda centrata su 1000 Hz varia nelle figure 2-8 da un minimo di 61,8 dB (figura 7) ad un massimo di 71,8 dB (figura 4; valore corretto per tenere conto del rumore di fondo (4)), con una fluttuazione del 17,7% sul valore minimo.

Nella banda centrata su 63 Hz richiamata in capitolato, i valori dell'isolamento D vanno da un minimo di 17,0 dB (figura 2) ad un massimo di 27,8 dB (figura 7) rimanendo comunque al di sotto del limite imposto di "30-40 dB".

Analogo comportamento presentano i valori corrispondenti al divisorio tra i box A e C, comprendente una muratura.

Naturalmente alle fluttuazioni di isolamento rilevate contribuiranno anche gli effetti di risonanza e di coincidenza della parete doppia e del pavimento; quest'ultimo è realizzato infatti con lastre di truciolare di legno intercalate con feltro di lana di vetro (densità 100 kg/m^3) ed antivibrante in neoprene (spessore 10 mm) e poggiate su tubolari alti 60 mm.

Per caratterizzare ogni misura con un unico valore, si è provveduto a calcolare gli indici di valutazione D_w a norma UNI 8270/7 (4). La misura del tempo di riverbero in uno dei box (tabella 3) ha permesso poi di calcolare anche l'indice normalizzato D_{nTw} . Infine si è voluto evidenziare anche l'indice D_A , differenza dei livelli sonori globali in dB(A) nel campo di frequenze di misura in quanto, come già evidenziato in premessa, esso viene sempre più frequentemente proposto per una valutazione rapida dell'isolamento acustico (1).

N° figura	D_w	dev.sfav. D_w	D_{nTw}	dev.sfav. D_{nTw}	D_A
2	58,5	8,7 a 800 Hz	58,5		60,4
3	59,5		60,0	8,8 a 125 Hz	63,1
4	66,0	11,6 a 125 Hz	----		68,2
5	65,5	12,4 a 125 Hz	65,0	14,6 a 125 Hz	67,7
6		8,5 a 160 Hz		8,0 a 160 Hz	
7	63,5		63,5		65,6
8	63,0		63,0		62,0
9	65,5		65,0		66,1
9	65,0	9,6 a 800 Hz	----		64,6
10	65,0	8,4 a 1600 Hz	65,0	8,6 a 1600 Hz	64,1
		8,7 a 3150 Hz			
11	67,5		67,5		68,0
12	74,0	8,7 a 100 Hz	----		73,4

tabella 2

Gli indici non riportati non sono valutabili a causa dell'influenza del rumore di fondo in una o più delle bande di frequenza di interesse (da 100 a 3150 Hz (4)).

Esaminando le tabelle per colonne si rilevano anche sugli indici di valutazione le fluttuazioni già notate per singole bande.

Per il calcolo del fattore correttivo $10\log(T/T_0)$ è stato usato T_{30} riportato nella tabella 3. Tale fattore correttivo è comunque dell'ordine di 1-2 dB, cioè sempre inferiore alle fluttuazioni misurate spostando i microfoni. Si noti anche come T_{30} sia leggermente maggiore nelle bande centrate su 125 Hz, 250 Hz e 630 Hz, ovvero in corrispondenza di armoniche superiori dell'onda stazionaria già prevista.

Bibliografia:

- (1) E.Cirillo - A Short Method for the Determination of Airborne Sound Insulation Characteristics in Buildings - Appl. Acoustics, 83, 22, 1987.
- (2) ISO/TC 43/SC 2/WG 10/DP N° 17: Short test method for measurement of airborne sound insulation in buildings - 1987.
- (3) UNI 8270/4: Misura dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edifici - Misura in opera dell'isolamento acustico per via aerea e del livello di rumore di calpestio.
- (4) UNI 8270/7: Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici e di componenti di edificio.

Lavoro eseguito con il contributo finanziario M.P.I. 60 % .

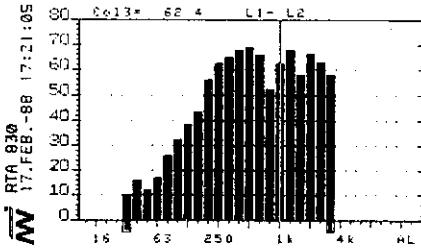


figura 2

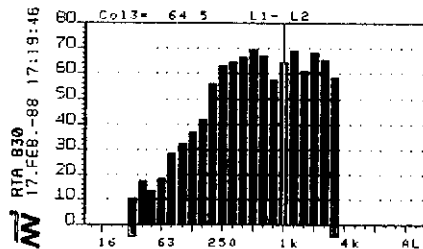


figura 3

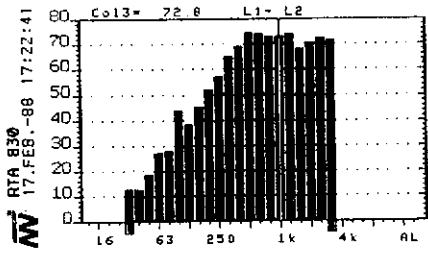


figura 4

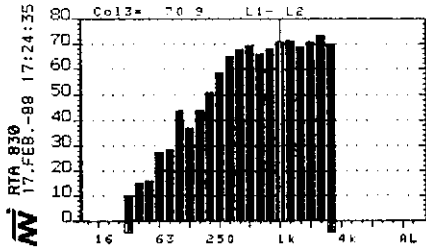


figura 5

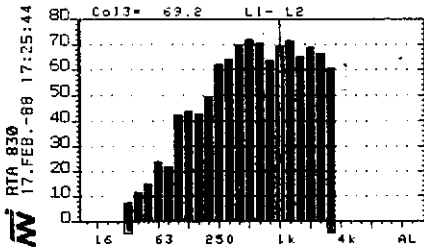


figura 6

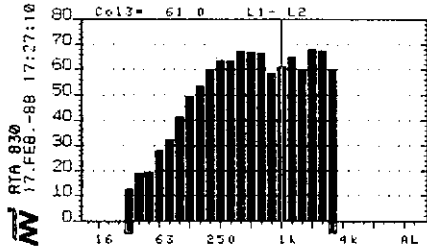


figura 7

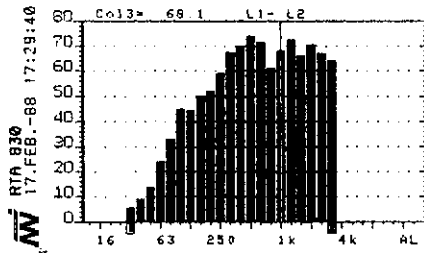


figura 8

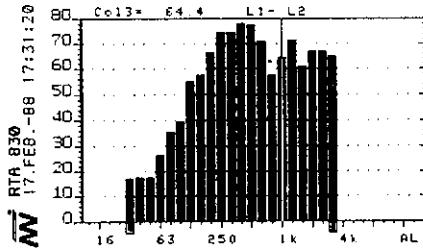


figura 9

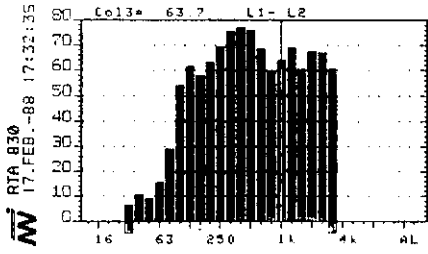


figura 10

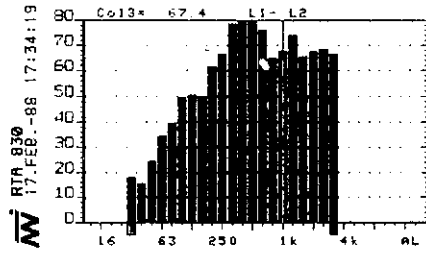


figura 11

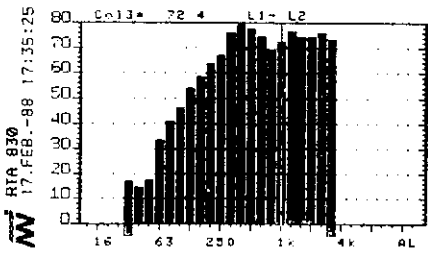


figura 12

FREQ.	TISChI	T30ChI
100	0.22	0.30
125	1.01	0.93
160	0.59	0.50
200	0.67	0.61
250	0.95	0.73
315	0.74	0.63
400	0.67	0.67
500	0.28	0.58
630	0.84	0.75
800	0.39	0.58
1.00k	0.39	0.55
1.25k	0.69	0.66
1.60k	0.45	0.52
2.00k	0.44	0.50
2.50k	0.55	0.47
3.15k	0.39	0.34

tabella