

CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA DI PARETI MEDIANTE IL METODO INTENSIMETRICO

Cinzia Buratti, Elisa Moretti

Università degli Studi Perugia - Dipartimento di Ingegneria Industriale Via G. Duranti 67, 06125 Perugia.
Tel: +39 075 5853693; Fax: +39 075 5853697;
e-mail: cburatti@unipg.it, moretti.unipg@ciriaf.it

SOMMARIO

Oggetto del presente lavoro è la caratterizzazione acustica in laboratorio di componenti per l'edilizia mediante il metodo intensimetrico, un'alternativa al metodo prescritto dalla famiglia delle norme UNI EN ISO 140. Si sono esaminati due campioni: una parete di tamponatura in muratura e una parete in lamiera, impiegata nelle costruzioni navali. Per l'applicazione del metodo, secondo le indicazioni delle UNI EN ISO 15186-1 e UNI EN ISO 9614-1, si sono messe a punto griglie di misura adeguate per ciascun campione in esame, la cui idoneità è stata verificata mediante l'impiego di opportuni indicatori definiti dalla norme tecniche. I risultati mostrano per entrambi i campioni valori del livello di intensità sonora negativi in alcuni punti della griglia di misura, a causa della presenza di un campo prevalentemente reattivo piuttosto che attivo. Il confronto tra l'indice di riduzione dell'intensità sonora, R_i , calcolato a partire dalle misure intensimetriche, e il potere fonoisolante, R , determinato secondo la UNI EN ISO 140-3, mostra che per le tipologie di pareti come quella in lamiera, leggere e moderatamente isolanti (indice di valutazione di potere fonoisolante pari a 33 dB), l'intensimetria consente di ottenere risultati molto soddisfacenti e paragonabili a quelli del metodo tradizionale. Al contrario, per tipologie di tamponature in muratura (indice di valutazione di potere fonoisolante pari a 57 dB) l'applicazione del metodo intensimetrico non è in grado di fornire risultati altrettanto attendibili in tutte le frequenze esaminate.

1. INTRODUZIONE

Per determinare le proprietà di isolamento acustico dei componenti per l'edilizia, caratterizzate mediante il potere fonoisolante, R , si possono impiegare diverse metodologie di misura; la più diffusa è quella prescritta dalla norma UNI EN ISO 140-3, che prevede la misura in laboratorio nelle camere riverberanti accoppiate. Tuttavia, tale metodo consente di determinare solo la potenza globale trasmessa, senza fornire alcuna indicazione sulle diverse proprietà di trasmissione degli elementi che costituiscono il campione esaminato.

Oggetto del presente lavoro è l'analisi di una diversa metodologia di calcolo e di misura per la determinazione delle proprietà fonoisolanti di elementi che costituiscono le tamponature [1]. Il metodo esaminato è quello intensimetrico [1, 2], introdotto dalla UNI EN ISO 9614-1 [3] e UNI EN ISO 15186-1 [4] e che costituisce un'alternativa al metodo convenzionale regolamentato dalla famiglia di norme UNI EN ISO 140 [5, 6]. La parte sperimentale ha avuto per oggetto due campioni, uno costituito da una parete di tamponatura in muratura e l'altro da una parete in lamiera, impiegata nelle costruzioni navali.

Per l'applicazione del metodo si sono messe a punto griglie di misura adeguate per ciascun campione in esame, la cui idoneità è stata verificata mediante l'impiego di opportuni indicatori definiti dalla norme tecniche. Le misure sono state effettuate nel range di frequenza tra 100 Hz e 5000 Hz, con una sonda intensimetrica con configurazione dei microfoni del tipo faccia – faccia.

Partendo dai valori del livello d'intensità sonora e da quelli del livello di emissione della sorgente sonora, è stato possibile determinare i valori dell'indice di riduzione dell'intensità sonora, R_i , e dell'indice di riduzione dell'intensità sonora modificato, $R_{i,m}$, secondo la normativa UNI EN ISO 15186-1

[4]. A partire dai valori di $R_{i,m}$ calcolati per le frequenze tra 100 e 5000 Hz, si è determinato l'indice di valutazione del potere fonoisolante, R_w , per la parete in lamiera, sulla base della UNI EN 717-1[7]. Infine, al fine di verificare l'affidabilità del metodo intensimetrico nella valutazione del potere fonoisolante, i risultati ottenuti sono stati confrontati con quelli ottenuti con il metodo della norma UNI EN ISO 140-3 [6], comunemente usato in laboratorio per la determinazione del potere fonoisolante.

2. DESCRIZIONE DEI CAMPIONI ESAMINATI

2.1. Parete in muratura

Il primo campione oggetto di misure intensimetriche è una parete in muratura dello spessore totale di 0,45 m, installata nell'apertura di prova tra le camere riverberanti accoppiate del Laboratorio di Acustica del CIRIAF, conformi alla UNI EN 140-1 [5]. La parete ha le seguenti dimensioni:

- larghezza nominale totale = 4,15 m;
- altezza nominale totale = 2,52 m;
- spessore nominale totale = 0,45 m;
- superficie acustica utile = 10,45 m².

La stratigrafia della parete, partendo dalla camera emittente verso la camera ricevente, è la seguente:

- parete in laterizio realizzata con mattoni faccia-vista (lunghezza nominale di 0,25 m, altezza nominale di 0,055 m e spessore nominale di 0,12 m) posati con asse dei fori verticale e legati con giunti orizzontali continui in malta cementizia; la fodera in mattoni è stata eretta su una guaina bituminosa elastomerica rinforzata al polistirene;

- materiale isolante a celle chiuse, tipo poliuretano, applicato a spruzzo (spessore medio pari a 0,04 m);
- intercapedine d'aria dello spessore di 0,17 m;
- parete in laterizio realizzata con mattoni forati (di lunghezza nominale pari a 0,25 m, altezza nominale di 0,25 m e spessore nominale di 0,12 m) posati con asse dei fori orizzontale e legati con giunti orizzontali continui in malta cementizia;
- intonaco tradizionale in malta cementizia, spessore pari a 0,015 m).

Inoltre, per simulare le condizioni reali d'installazione di una parete di tamponatura esterna con il metodo brevettato, in posizione più o meno centrale rispetto alla parete è presente una colonna in cemento, di larghezza pari a 0,60 m e spessore pari a 0,25 m. Il posizionamento della colonna e le particolarità della parete sono mostrate in figura 1.

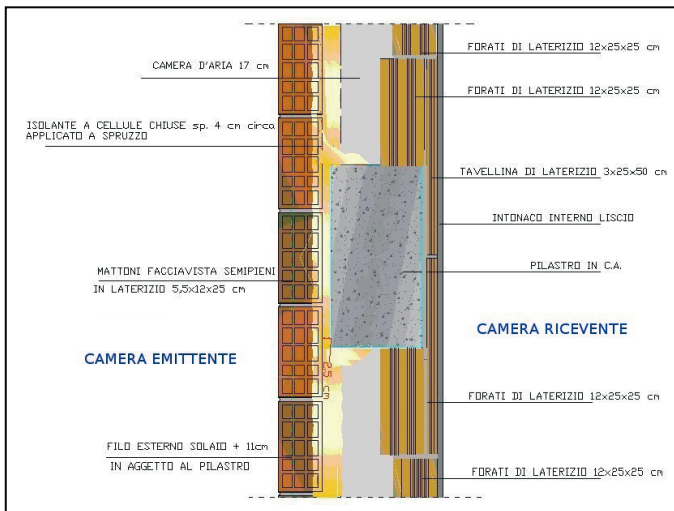


Figura 1: campione in muratura, sezione in corrispondenza della colonna in cemento e dettagli di posa in opera

2.2. Parete in lamiera

La parete in lamiera è una parete modulare in lamiera plastificata contenente al suo interno lana minerale come materiale isolante, impiegata per applicazioni navali o per partizioni interne tra ambienti o per pareti esterne. Il campione ha le stesse dimensioni del precedente ed è stato installato nelle stesse condizioni (fig. 2).

Gli elementi che costituiscono la parete sono:

- profili di contenimento inferiore e superiore in lamiera zincata, spessore 15/10;
- cassa spessore 8/10 in lamiera plastificata, preverniciata o in inox;
- controcassa spessore 8/10 in lamiera;
- pannello di lana minerale con spessore pari a 50 mm e densità pari a 180 kg/m³.



Figura 2: Parete in lamiera, vista durante le operazioni di misura

3. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

Per le operazioni di misura è stata impiegata la seguente strumentazione:

- sistema d'acquisizione dati Symphonie della 01dB-Stell, con frequenza di campionamento 50 kHz e con 2 canali di acquisizione;
- sorgente omnidirezionale dodecaedrica SONCIR 1;
- amplificatore mod. SU-A900 della Technics;
- microfoni a condensatore, per misure in ambiente riverberante, dotati di preamplificatori da 1/2 pollice (PRE 12H);
- Calibratore, Modello Cal01 della ditta 01 dB-Stell;
- Generatore di rumore digitale, modello TCD-D7 della Sony, che riproduce un nastro sul quale è stato registrato rumore bianco;
- Sonda intensimetrica, modello 50AI-B della G.R.A.S. Sound & Vibration; comprende due microfoni che possono essere distanziati mediante l'impiego di spaziatori a seconda delle esigenze: 8 mm, 12 mm, 25 mm, 50 mm, 100 mm. La configurazione dei microfoni è faccia-faccia.

Per la gestione delle misure e l'elaborazione dei segnali acquisiti sono stati impiegati i seguenti software: dBBATI32, per la misura del livello di pressione nella camera emittente, e dBFA32, per la misura dell'intensità sonora.

4. METODOLOGIA DI MISURA ADOTTATA

La procedura impiegata per le misure intensimetriche, sulla base delle indicazioni della norma UNI EN ISO 15186-1 [4], è la seguente:

1. realizzazione di una griglia di misura idonea per il campione da esaminare; per stabilire la sua adeguatezza si fa riferimento ai requisiti minimi riportati nella normativa UNI EN ISO 9614-1 [3];

2. collegamento del generatore di rumore, contenente la cassetta con il rumore bianco registrato, tramite l'amplificatore, alla sorgente sonora per la trasmissione del rumore nelle camere riverberanti;
3. per la valutazione del livello di emissione della sorgente sonora nella camera emittente si devono collocare i microfoni e la sorgente nella camera emittente in accordo alla UNI EN ISO 140-3 [6]; per la parete in muratura, la sorgente è stata posizionata dietro la colonna in cemento, per quella in lamiera è stata collocata in prossimità della linea di separazione ed attacco dei due pannelli considerati;
4. scelta del distanziatore dei due microfoni della sonda intensimetrica più idoneo per la misurazione, in base ad analisi teoriche fatte in precedenza sul campione. Per la parete in muratura si è deciso di impiegare un distanziatore pari a 12 mm, mentre per il campione in lamiera quello da 50 mm;
5. posizionamento della sonda intensimetrica, ad una distanza tra 0.1 m e 0.3 m dal campione, come consigliato dalla normativa, nella prima posizione della griglia da misurare, e controllo delle due condizioni iniziali imposte dalla normativa;
6. svolgimento delle operazioni di misura in tutti i punti della griglia adottata, spostando la sonda ad ogni misura eseguita.
7. post-elaborazione dei dati:
 - a. calcolo del valore medio del livello d'intensità sonora, L_{in} , mediante la relazione (1), ponendo particolare attenzione ai punti in cui si è misurato un valore negativo:

$$\bar{L}_{in} = 10 \log \left(\frac{1}{S_m} \sum_{i=1}^n (\pm S_{mi}) \cdot 10^{0.1|L_{im}|} \right) \quad (1)$$

dove S_m è l'area totale della superficie di misura e S_{mi} quella della generica zona in cui è stata suddivisa tale superficie. Se, in una parte della generica zona di misura della griglia, l'intensità sonora assume un valore negativo, si deve inserire un segno meno prima della rispettiva area S_{mi} della specifica zona, mentre non se ne deve tener conto nella valutazione del suo valore puntuale (L_{im});

- b. calcolo dell'indice di riduzione dell'intensità sonora R_i mediante la relazione (2):

$$R_i = L_p - 6 - (L_{in} + 10 \log \frac{S_m}{S}) \quad (2)$$

dove L_p è il livello di pressione sonora della camera emittente, L_{in} è il livello d'intensità sonora medio nella camera ricevente, S_m è l'area totale della griglia e S è l'area totale della parete in questione;

- c. determinazione dell'indice di riduzione dell'intensità sonora modificato $R_{i,m}$, definito come:

$$R_{i,m} = R_i + K_c \quad (3)$$

dove K_c è un termine d'adattamento che dipende dalla frequenza, calcolato sulla base del volume della camera ricevente;

8. eventuale elaborazione delle mappe del rumore, non riportate per brevità di trattazione.

5. RISULTATI

5.1. Parete in muratura

Definizione della griglia di misura. La griglia di misura impiegata per le misure definitive sulla parete in muratura, che deve inviluppare il campione, è composta da 13 quadrati per riga e 8 per colonna, tutti aventi dimensione di 0.20 m x 0.20 m;

Al fine di studiare in maniera più precisa il comportamento della parete e quanto la colonna possa influire sulle proprietà acustiche del campione e quindi sui risultati finali, si è realizzato un raffittimento nella zona centrale della griglia, con maglie di dimensione 0.10 m x 0.20 m; la scelta di tali dimensioni è motivata dal fatto che in una prova preliminare si è osservato come i valori di L_{in} varino in maniera molto più significativa lungo l'asse x, piuttosto che lungo l'asse y. In totale ci sono 156 zone in cui eseguire le misure, per un'area complessiva di 5.84 m² (fig. 3).

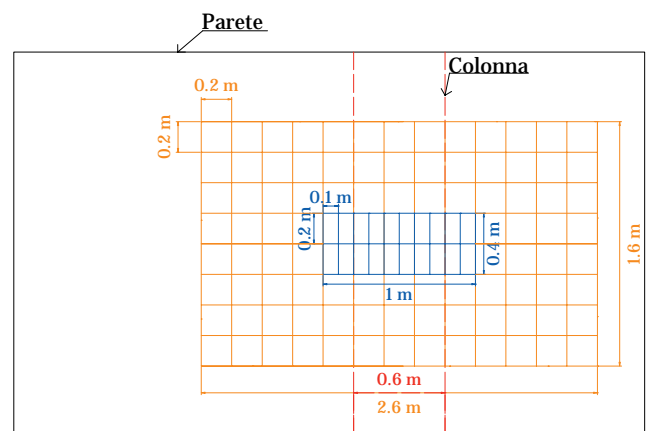


Figura 3: griglia di misura per la parete in muratura

Risultati. I valori di livello di intensità sonora, misurati in corrispondenza di alcuni punti di una griglia preliminare alle frequenze esaminate, sono mostrati a titolo di esempio in figura 4. I risultati completi mostrano che per alcune frequenze si dispone di un elevato numero di punti, talvolta maggiore della metà dei punti totali, in cui risulta un valore del livello dell'intensità sonora negativo. Tale risultato è indice della presenza di un campo prevalentemente reattivo, anziché attivo [1].

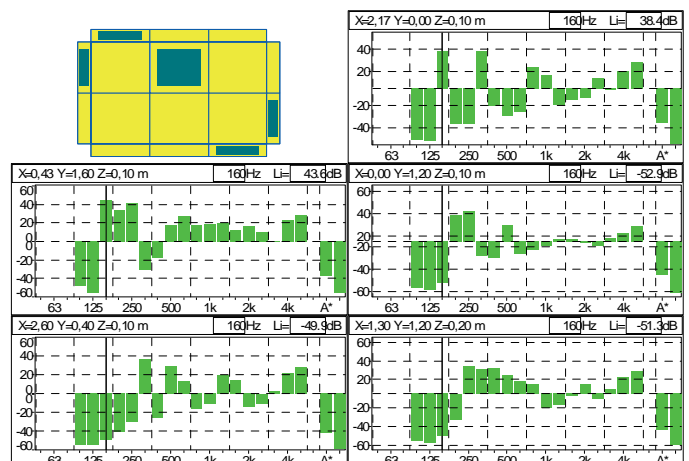


Figura 4: livello d'intensità sonora di alcuni punti della griglia

I valori medi del livello d'intensità sonora determinati con la relazione (1) e quelli di R_i e $R_{i,m}$ calcolati con le equazioni (2) e (3) sono riportati in tabella 1. I valori risultano accettabili solo per le frequenze centrali, cioè dalla 400 alla 1000 Hz, e per 5000 Hz: per le altre, una prevalenza di punti con valori negativi comporta per la relazione (1) un livello di intensità medio negativo, quindi non accettabile. Tale risultato era in parte prevedibile, poiché per tali frequenze le verifiche preliminari imposte dalla normativa (controllo di calibrazione e di stabilità e criteri di controllo) avevano avuto esito negativo.

Tabella 1: Risultati per la parete in muratura

Frequenza Hz	L_1 dB	L_i dB	R_i dB	$R_{i,m}$ dB
100	84,7	/	/	/
125	94,3	/	/	/
160	94,5	/	/	/
200	93,5	/	/	/
250	92,8	/	/	/
315	92,2	/	/	/
400	90,0	25,8	56,8	57,4
500	90,1	27,8	54,8	55,4
630	91,0	25,9	57,7	58,1
800	90,7	18,1	65,1	65,4
1000	90,8	12,1	71,2	71,5
1250	92,7	/	/	/
1600	94,9	/	/	/
2000	95,2	/	/	/
2500	94,0	/	/	/
3150	93,3	/	/	/
4000	93,8	/	/	/
5000	91,6	9,9	74,3	74,3

5.2. Parete in lamiera

Definizione della griglia di misura. Per un'opportuna definizione della griglia di misura si è tenuto conto delle dimensioni del campione, prendendo in esame la parte centrale della parete, quindi includendo nella griglia due soli pannelli. La griglia è composta da 38 quadrati, aventi dimensione pari a 0,20 m x 0,20 m, per un totale di 1,52 m² di superficie analizzata (figura 4). La zona centrale della superficie di riferimento è composta da cinque quadrati per quattro, per un totale di venti zone da misurare, quelle laterali invece hanno quattro quadrati ciascuna, mentre quella superiore e quella inferiore ne hanno cinque.

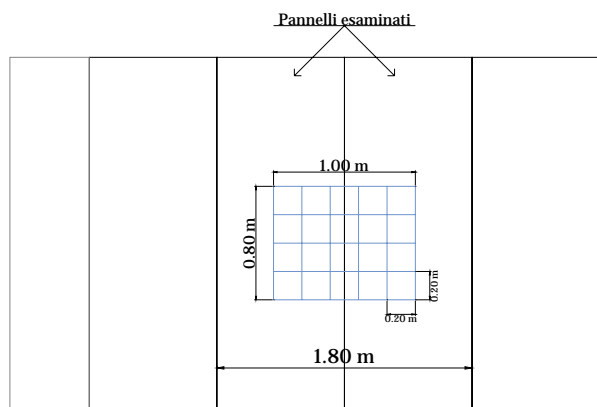


Figura 4: griglia di misura per la parete in lamiera

Risultati. Analogamente a quanto visto per la parete in muratura, in alcuni punti, soprattutto quelli laterali, si assiste a valori negativi del livello di intensità sonora. In particolare, per la frequenza di 100 Hz, si ha una netta prevalenza di valori negativi, per cui, avendo una griglia con aree di misura tutte uguali, per tale frequenza si ottiene un valore del livello di intensità negativo, quindi non accettabile.

I risultati dell'elaborazione delle misure effettuate sulla parete in lamiera sono mostrati in tabella 2.

Tabella 2: Risultati per la parete in lamiera

Frequenza Hz	L_1 dB	L_i dB	R_i dB	$R_{i,m}$ dB
100	85,4	/	/	/
125	95,5	63,8	23	24,8
160	95,4	52,3	34,3	35,8
200	94,1	61,7	23,6	24,9
250	94,3	56,5	29,0	30,0
315	94,6	53,5	32,3	33,1
400	91,6	56,4	26,4	27,1
500	91,5	55,1	27,6	28,1
630	92,2	52,9	30,5	30,9
800	91,8	50,4	32,6	33,0
1000	90,9	47,9	34,2	34,5
1250	92,4	48,2	35,4	35,6
1600	94,2	48,3	37,1	37,3
2000	93,4	48,9	35,8	35,9
2500	91,6	47,2	35,6	35,8
3150	90,5	50,4	31,3	31,4
4000	89,9	49,7	31,4	31,5
5000	87,8	38,9	40,1	40,2

L'andamento in frequenza degli indici di riduzione calcolati è mostrato per via grafica in figura 5.

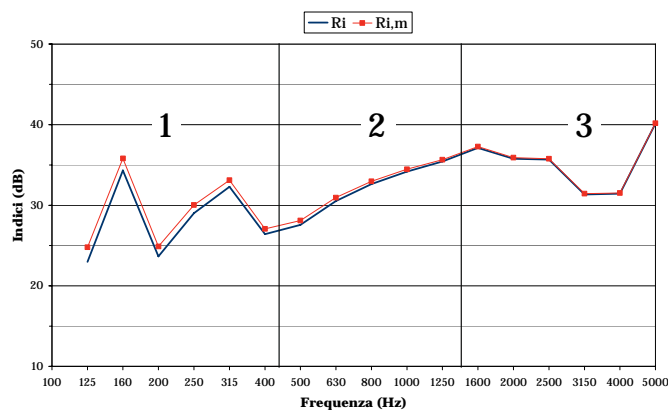


Figura 5: Andamento degli indici di riduzione per la parete in lamiera

Nel grafico possono essere individuate tre zone:

- nella prima zona, per frequenze tra 100 e 400 Hz, il distanziatore impiegato garantisce un'ottima accuratezza [1], se non si ha a che fare con un campo sonoro reattivo e se sono verificate le condizioni preliminari. Poiché i valori dai quali discendono gli indici di riduzione sonora sono prevalentemente positivi (maggiore della metà del numero totale dei punti appartenenti alla griglia di misura), la spiegazione dello strano andamento di questi va ricercata nelle verifiche preliminari che si sono svolte:

dal controllo della calibrazione, si osserva infatti che sia a 160 Hz che a 315 Hz, la verifica non risulta soddisfatta, dando origine ad oscillazioni nel grafico;

- nella seconda zona sono raggruppate le frequenze dalla 500 alla 1250 Hz, per le quali il distanziatore impiegato garantisce ancora un'adeguata accuratezza e l'andamento degli indici di riduzione determinati presenta un andamento accettabile;
- nella terza zona gli indici determinati hanno un andamento accettabile, ma è lecito affermare che i valori determinati con il metodo intensimetrico in realtà risultano sottostimati di qualche decibel, in quanto il distanziatore impiegato, dalla frequenza di 1600 fino alla 5000 Hz, può portare ad un errore anche di -5 dB nella misurazione del livello d'intensità [1].

In definitiva, la zona denominata zona 2 (frequenze comprese tra 400 Hz e 1250 Hz) rappresenta il campo di validità delle prove per il campione esaminato.

6. CONFRONTO CON IL METODO DELLA UNI EN ISO 140 – 3 E CALCOLO DI R_w

6.1. Premessa

L'indice di riduzione dell'intensità sonora R_i , e l'indice di riduzione dell'intensità sonora modificato $R_{i,m}$, calcolati in funzione della frequenza con il metodo intensimetrico, possono fornire un indice di valutazione del potere fonoisolante R_w , determinato secondo le modalità riportate nella normativa UNI EN ISO 717-1 [8]. Dove si sono ottenuti valori accettabili del livello d'intensità sonora per molte frequenze considerate, e quindi dei due indici di riduzione dell'intensità sonora, è stato possibile determinare l'indice di valutazione del potere fonoisolante, mentre dove si sono riscontrati molti valori non accettabili (parete in muratura) tale valore non è stato calcolato, perché risulterebbe poco attendibile. I risultati ottenuti applicando il metodo intensimetrico sono stati quindi confrontati con quelli ottenuti applicando il metodo descritto dalla normativa UNI EN ISO 140-3 [7]. Il confronto tra i risultati ottenuti con i due metodi fornisce un ulteriore parametro di giudizio del metodo intensimetrico per le due pareti esaminate, e permette quindi di valutare la sua efficienza per questo tipo di campioni.

6.2. Parete in muratura

Per la parete in muratura non si dispone di valori accettabili in tutte le frequenze, e più precisamente gli unici valori a cui si è pervenuti sono concentrati nelle frequenze centrali. Perciò, per questo campione, non risulta significativo determinare un valore dell'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w a partire dai valori di R_i e $R_{i,m}$. Per questo motivo per la parete in muratura è mostrato (tabella 3) un confronto dell'indice di riduzione dell'intensità sonora e dell'indice di riduzione dell'intensità sonora modificato con i valori del potere fonoisolante in funzione della frequenza, calcolato secondo la UNI EN ISO 140-3 [6].

Nelle frequenze in cui si è determinato un valore accettabile del livello d'intensità sonora con il metodo intensimetrico, si sono ottenuti valori dell'indice di riduzione dell'intensità sonora e dell'indice di riduzione dell'intensità sonora modificato maggiori rispetto al potere fonoisolante calcolato secondo la UNI EN ISO 140-3 [6].

Tabella 3: confronto per la parete in muratura

Frequenza Hz	R_i intensimetrico dB	$R_{i,m}$ intensimetrico dB	R (UNI EN 140-3) dB
400	56,8	57,4	52,4
500	54,8	55,4	54
630	57,7	58,1	55,3
800	65,1	65,4	60,2
1000	71,2	71,5	64,3
5000	74,3	74,3	64,6

6.3. Parete in lamiera

Il confronto per la parete in lamiera è mostrato per via grafica in figura 6. Gli indici determinati con il metodo intensimetrico assumono valori maggiori per le basse frequenze, mentre l'accordo è buono per le frequenze centrali e quelle alte, dove i valori ottenuti sono minori ma comunque molto prossimi al potere fonoisolante R. I valori ottenuti per le basse frequenze sono dovuti alla non verificabilità delle condizioni preliminari, imposte dalla normativa, per cui si sono ottenuti valori probabilmente poco attendibili; quelli determinati alle alte frequenze, invece, sono conseguenza del distanziatore impiegato nelle operazioni di misura (paragrafo 5.2). Per un maggior controllo dell'efficienza del metodo intensimetrico si può valutare l'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w , calcolato dagli indici di riduzione R_i e $R_{i,m}$ con la UNI 717-1 [7]: esso risulta pari a 33 dB per entrambi i metodi.

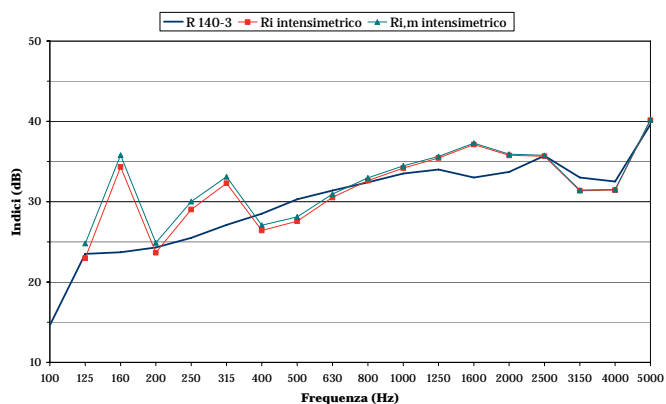


Figura 6: Confronto tra gli indici di riduzione R_i e $R_{i,m}$ e il potere fonoisolante R calcolato con la UNI 140 – 3 per la parete in lamiera

7. CONCLUSIONI

Nell'ambito dello studio delle proprietà di isolamento acustico dei materiali per l'edilizia risulta di interesse l'applicazione del metodo intensimetrico, il quale consiste nella misura separata della potenza sonora in sottoaree che compongono il campione, consentendo di valutarne la distribuzione delle proprietà di trasmissione.

L'obiettivo del presente lavoro è l'applicazione del metodo intensimetrico a due campioni, una parete in muratura e una in lamiera, al fine di evidenziarne le criticità e la validità.

I risultati mostrano valori del livello di intensità sonora negativi in alcuni punti della griglia di misura: in particolare, per il campione in muratura si sono ottenuti valori accettabili solo per le frequenze centrali, a causa non solo dell'impiego

del distanziatore da 12 mm, che assicura una buona precisione per le frequenze esaminate (eccetto per la frequenza di 100 Hz) se posizionato alla giusta distanza dal campione, ma anche dalla presenza di un campo prevalentemente reattivo piuttosto che attivo; infatti, come noto dalla teoria del metodo intensimetrico [1], per la misura del livello dell'intensità sonora si deve essere in presenza di un campo sonoro prevalentemente attivo; tuttavia non è possibile avere contemporaneamente tale condizione in tutte le frequenze ponendo la sonda ad una distanza costante dal campione. Per la parete in lamiera invece l'impiego del distanziatore di 50 mm ha causato una sottostima del livello dell'intensità sonora alle alte frequenze, mentre la distanza di 25 cm dal campione non ha consentito di misurare un valore accettabile per la frequenza di 100 Hz, per la quale la misura è stata effettuata in presenza di un campo sonoro esclusivamente reattivo.

Al fine di verificare l'attendibilità del metodo impiegato, i risultati relativi agli indici di riduzione R_i e $R_{i,m}$ sono stati confrontati con i valori del potere fonoisolante R , ottenuti con il metodo della 140 - 3, nel range 100 Hz - 5000 Hz. I risultati consentono di affermare che per le tipologie di pareti come quella in lamiera, leggere e moderatamente isolanti (indice di valutazione di potere fonoisolante pari a 33 dB), l'applicazione di tale metodo consente di determinare risultati paragonabili con i due metodi. Al contrario, l'analisi dei risultati relativi al campione in muratura permette di ipotizzare che per tali tipologie di tamponature (indice di valutazione di potere fonoisolante pari a 57 dB) l'applicazione del metodo intensimetrico non è in grado di fornire risultati altrettanto attendibili in tutte le frequenze esaminate.

Per superare tali difficoltà, si potrebbero effettuare più campagne di misura sullo stesso campione, impiegando sia diversi distanziatori sia agendo sulla distanza della sonda intensimetrica dal campione, al fine di poter effettuare misure, in tutte le frequenze, non solo in presenza di un campo sonoro prevalentemente reattivo; tutto ciò, però, comporterebbe un rilevante aumento del tempo di misura ed è quindi auspicabile nel caso di applicazioni specifiche, per le quali risulta indispensabile l'elaborazione di mappe del rumore.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. R. Spagnolo, Manuale di acustica applicata, UTET Libreria, 2001.
2. F. Asdrubali. C. Buratti, Sound intensity investigation of the acoustics performances of high insulation ventilating windows integrated with rolling shutter boxes, Applied Acoustics, Vol. 66, No 9, pp. 1072-1085, September 2005.
3. UNI EN ISO 9614 -1, Determinazione dei livelli di potenza delle sorgenti di rumore mediante il metodo intensimetrico. Misurazione per punti discreti, Novembre 1997.
4. UNI EN ISO 15186-1, Measurement of sound insulation in building elements using sound intensity. Laboratory measurements, Dicembre 2003.
5. 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
6. 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.
7. UNI EN ISO 717-1, Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento acustico per via aerea, Luglio 2007.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare l'ing. Domenico Palladino per la preziosa collaborazione offerta nell'effettuazione delle misure.