



Consorzio POROTON® Italia

Via Gobetti 9 - 37138 VERONA

Tel 045.572697 Fax 045.572430

www.poroton.it - info@poroton.it

News - Acustica

26 settembre 2007

La valutazione dell'accuratezza delle misure acustiche in opera

Antonino Di Bella (*)

(*) Dipartimento di Fisica Tecnica, Università degli Studi di Padova

Il D.P.C.M. 5 dicembre 1997 [1] sui requisiti acustici passivi degli edifici prevede la verifica in opera delle capacità fonoisolanti degli elementi verticali ed orizzontali che delimitano diverse unità immobiliari, dell'isolamento di facciata e del livello di calpestio di solai, secondo i metodi prescritti, rispettivamente, delle norme UNI EN ISO 140-4, 5 e 7 [2, 3, 4].

Il collaudo acustico dovrebbe rappresentare il momento di sintesi di un articolato percorso di analisi e verifica che ha come obiettivo la corretta progettazione acustica degli edifici.

Questo percorso deve necessariamente avere origine nell'analisi della tipologia edilizia e della distribuzione degli ambienti, per limitare il numero e l'estensione delle superfici di separazione fra distinte unità abitative o funzionali.

La scelta delle soluzioni costruttive deve essere orientata verso quei sistemi che siano stati verificati in laboratorio secondo metodi normati (UNI EN ISO 140-3 e UNI EN ISO-6) [5, 6] e le cui caratteristiche di isolamento acustico rispondano alle effettive esigenze di protezione dal rumore generato negli ambienti circostanti.

Grazie alla disponibilità di questi dati, è possibile prevedere le prestazioni di isolamento acustico in opera mediante metodi normati (UNI EN 12354-1, 2, 3 e 4) [7, 8, 9, 10] che, attraverso la valutazione degli effetti delle connessioni fra i diversi elementi di edificio, consentono di stimare la perdita di isolamento acustico dovuta alle trasmissioni laterali di energia sonora.

Queste stime si basano sul presupposto di una realizzazione conforme a quella dei modelli verificati in laboratorio (rispondenza di materiali e tecniche di posa, condizioni di connessione alle strutture perimetrali, ecc.).

Il controllo delle diverse fasi di realizzazione e la conformità delle opere al progetto verificato dal punto di vista acustico assume, quindi, un ruolo fondamentale per il conseguimento dei requisiti acustici passivi previsti.

Purtroppo, questa prassi "ideale" viene spesso disattesa a causa della scarsa conoscenza e sensibilità dei progettisti nei confronti del problema della previsione dei requisiti acustici passivi degli edifici, a cui corrisponde un controllo spesso insufficiente nelle diverse fasi di realizzazione dell'opera da parte dei diversi soggetti coinvolti (committenza, direzione lavori, imprese), spesso indotto dalla carenza di specifiche indicazioni tecniche e dalla mancanza di elaborati di progetto (esecutivi e costruttivi) con un adeguato grado di definizione.

Questa situazione di incertezza nel percorso progettuale porta spesso a ricorrere al collaudo acustico degli edifici solo come strumento di soluzione di contenziosi e non come metodo di valutazione dell'efficacia delle tecniche di progettazione o dell'affidabilità prestazionale dei sistemi costruttivi.

La determinazione dell'affidabilità delle prestazioni degli elementi edilizi

L'organismo edilizio è un complesso insieme di elementi variamente combinati: gli aspetti strutturali e costruttivi si intrecciano con le esigenze di isolamento termico ed acustico, mentre esigenze di igiene e fruibilità influiscono sulla dimensione e la distribuzione degli spazi interni o sulle caratteristiche delle aperture esterne. Allo stesso modo, le prestazioni termofisiche ed acustiche dell'involucro e degli elementi interni dipendono dall'interazione delle diverse componenti che lo costituiscono.

In particolare, le **prestazioni acustiche in opera** degli elementi edilizi non possono prescindere dalle caratteristiche degli elementi limitrofi e dalle peculiarità degli ambienti che delimitano.

A questo si aggiunge la variabilità introdotta dai cosiddetti "**ponti acustici**" (intersezioni impiantistiche, discontinuità nell'assemblaggio degli elementi, insufficiente disaccoppiamento delle strutture, ecc.) ovvero dalle specifiche condizioni di trasmissione laterale dell'energia sonora (vincolo perimetrale degli elementi edilizi, variazione di massa di elementi adiacenti, ecc.).

Per comprendere l'entità di tale variabilità e per incrementare l'affidabilità dei sistemi costruttivi è necessaria una valutazione statistica su vasta scala delle prestazioni di fonoisolamento conseguibili da diversi tipi di elementi edilizi impiegati per la realizzazione di varie tipologie di edifici.

Tuttavia, l'utilizzo dei dati ricavabili da intensive campagne di collaudo richiede una analisi preventiva del grado di precisione insito nei metodi di misura normati, in quanto non è possibile definire e controllare in modo esaustivo tutte le caratteristiche degli elementi che costituiscono gli ambienti di misura al momento dell'esecuzione dei rilevamenti.

Questo è dovuto sia a questioni attinenti la geometria e la disposizione degli ambienti (che influiscono sul carattere statistico della valutazione dei campi sonori), sia a questioni procedurali (derivanti, ad esempio, dai margini di discrezionalità consentiti dalle norme all'operatore nell'individuazione del numero e della disposizione dei punti di misura).

Il primo passo per la definizione delle soluzioni costruttive affidabili è, quindi, quello di determinare **l'accuratezza dei metodi di misura** e, successivamente, di raccogliere ed analizzare i dati prestazionali di un campione rappresentativo di applicazioni secondo i metodi definiti nella norma UNI EN 20140-2 [11].

La determinazione della precisione delle misure acustiche

La norma UNI EN 20140-2 specifica le procedure per la valutazione dell'incertezza dovuta ad influenze casuali o sistematiche delle misure acustiche descritte delle norme della serie ISO 140 sulla misura dell'isolamento acustico degli edifici.

L'incertezza può essere stimata a partire dalla determinazione con metodi statistici della ripetibilità e della riproducibilità della misura del potere fonoisolante. Per **ripetibilità** si intende il grado di concordanza tra risultati di prova indipendenti ottenuti con lo stesso metodo su elementi di prova identici nello stesso ambiente di misura con la stessa apparecchiatura e con gli stessi operatori in un breve intervallo di tempo.

La **riproducibilità**, invece, è il grado di concordanza tra risultati di prova ricavati con lo stesso metodo su elementi di prova identici in diversi ambienti di misura con diversi operatori e con apparecchiature differenti.

Ripetibilità e riproducibilità rappresentano in pratica i due estremi dell'incertezza: la prima misura la variabilità minima della misura ed è legata alla capacità dell'operatore di eseguire correttamente una serie di operazioni all'interno dello stesso ambiente di prova e di poterle ripetere ottenendo ogni volta risultati simili attraverso il controllo e la riduzione degli effetti delle influenze non sistematiche; la seconda misura la variabilità massima di prove eseguite su uno stesso tipo di elemento in ambienti diversi ed è legata alla capacità di riprodurre le condizioni di installazione dell'elemento, di controllare e valutare le influenze casuali e sistematiche dovute alle differenti caratteristiche degli ambienti di misura e della strumentazione ed al comportamento degli operatori.

Per determinare il valore di ripetibilità e di riproducibilità di un metodo di prova occorre allestire un **test interlaboratorio** seguendo le indicazioni delle norme della serie UNI ISO 5725 sull'accuratezza dei risultati e dei metodi di valutazione [12, 13, 14, 15, 16, 17].

I metodi statistici descritti in queste norme sono piuttosto complessi e necessitano della partecipazione di un nutrito gruppo di operatori (almeno otto), ognuno dei quali in grado di ripetere per almeno cinque volte la stessa prova sul medesimo elemento o su elementi nominalmente identici.

Nel caso della determinazione dell'incertezza per metodi di misura in opera, lo stesso elemento edilizio viene misurato da tutti i gruppi di operatori partecipanti e di nuovo controllato al termine del test interlaboratorio. In questo modo si riduce la variabilità connessa all'impiego di elementi diversi ed i valori di riproducibilità così ottenuti sono caratteristici per il procedimento di prova applicato nell'ambiente in cui si è svolto il test.

Se questo ambiente è effettivamente rappresentativo di una situazione di impiego tipica, i risultati possono essere utilizzati per definire l'accuratezza del metodo di misura.

Precisione delle prove in opera

L'applicazione di test interlaboratorio per la determinazione dei valori di ripetibilità e di riproducibilità delle misure di fonoisolamento risulta piuttosto scarsa per via dell'elevata complessità organizzativa (disponibilità di ambienti di prova idonei per un periodo prolungato, controllo delle condizioni di prova, coordinamento dei gruppi di operatori, ecc.) e, soprattutto, per i notevoli costi che comportano.

I procedimenti previsti dalla norma UNI EN 20140-4 non sono stati utilizzati su vasta scala e in molti casi sono disponibili solo dati parziali ottenuti dalla ripetizione di prove in laboratorio o da campagne di misura in opera su specifiche tipologie di edifici [18, 19, 20].

I valori di riproducibilità per il potere fonoisolante in opera sono derivati da quelli ottenuti per le prove di laboratorio dalla media dei risultati di diversi test effettuati tra il 1982 ed il 1986 su elementi vetrati, divisori leggeri e pareti in mattoni con massa superficiale compresa fra 225 e 450 kg/m².

I valori di riproducibilità del livello di rumore di calpestio, invece, si basano sui risultati di prove interlaboratorio effettuate nel 1978 su un pavimento costituito da travetti in legno.

Nelle prove in opera, le condizioni acustiche di prova non sono mai sotto il completo controllo degli operatori (variabilità del rumore di fondo, delle condizioni termoigrometriche all'interno degli ambienti, alterazioni accidentali del sito, ecc.).

La differenza tra due serie di risultati di prova indipendenti (comprendenti risultati in tutte le 16 bande di frequenze di interesse, tra 100 e 3150 Hz), riscontrata da due operatori o due squadre nello stesso luogo non supera, in media, i valori di riproducibilità R indicati nella norma UNI EN 20140-2 nella normale e corretta applicazione dei metodi di prova in conformità alle norme UNI EN ISO 140-4 ed alla UNI EN ISO 140-7 [fig. 1].

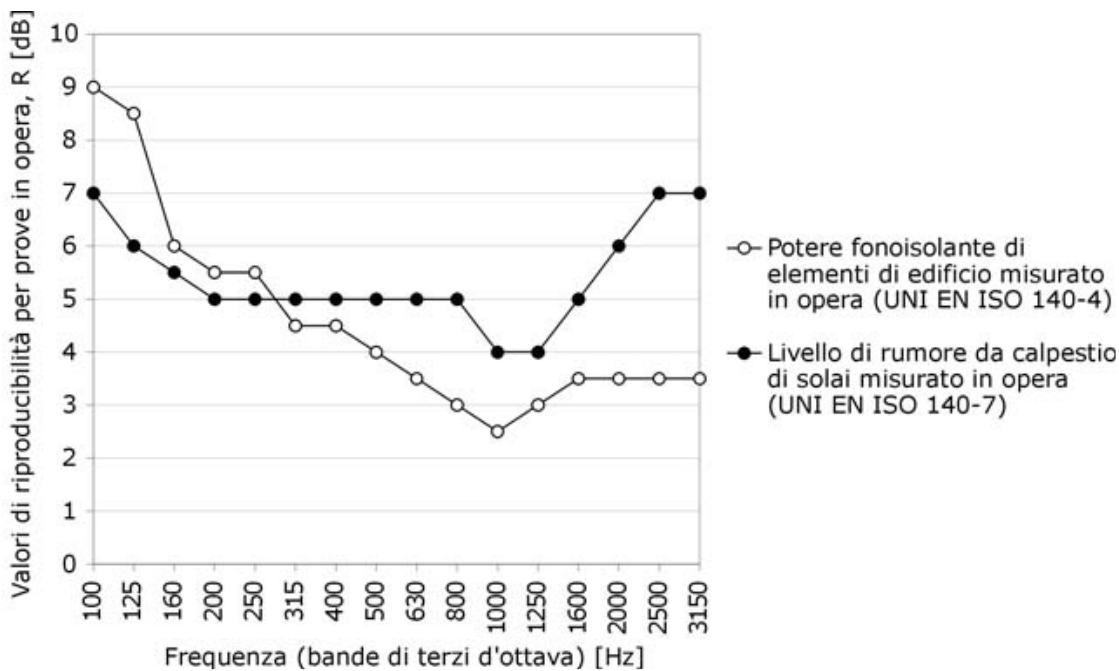


Fig. 1 - Valori di riproducibilità per prove in opera.

Un caso di particolare interesse riguarda la determinazione dell'**intervallo di confidenza**, cioè dell'intervallo tra due limiti calcolati, entro i quali si può prevedere di trovare un parametro statistico con una probabilità del 95%.

Nel caso dell'intervallo di confidenza per il valore reale di un requisito acustico passivo derivabile dal valore di riproducibilità per le prove in opera per un comune collaudo su un elemento di edificio, quando un singolo operatore effettua solo una determinazione della grandezza da provare, è possibile fare riferimento ai grafici riportati nelle figg. 2 e 3, rispettivamente per il potere fonoisolante di elementi verticali ed orizzontali e per il livello di rumore di calpestio dei solai.

Attualmente non sono disponibili dati per la misura in opera dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di facciata (UNI EN ISO 140-5).

Per quanto riguarda i valori di riproducibilità per risultati espressi con gli indici mononumerici di valutazione descritti nelle norme UNI EN ISO 717-1 e 2, occorre tenere conto del fatto che questi dipendono non solo dalla precisione dei vari metodi di prova ma anche dal tipo di elemento analizzato.

Si è potuto osservare che la riproducibilità dei valori degli indici mononumerici in prove di laboratorio è dell'ordine di 1-3 dB, mentre non vi sono ancora indicazioni certe per le prove in opera [21].

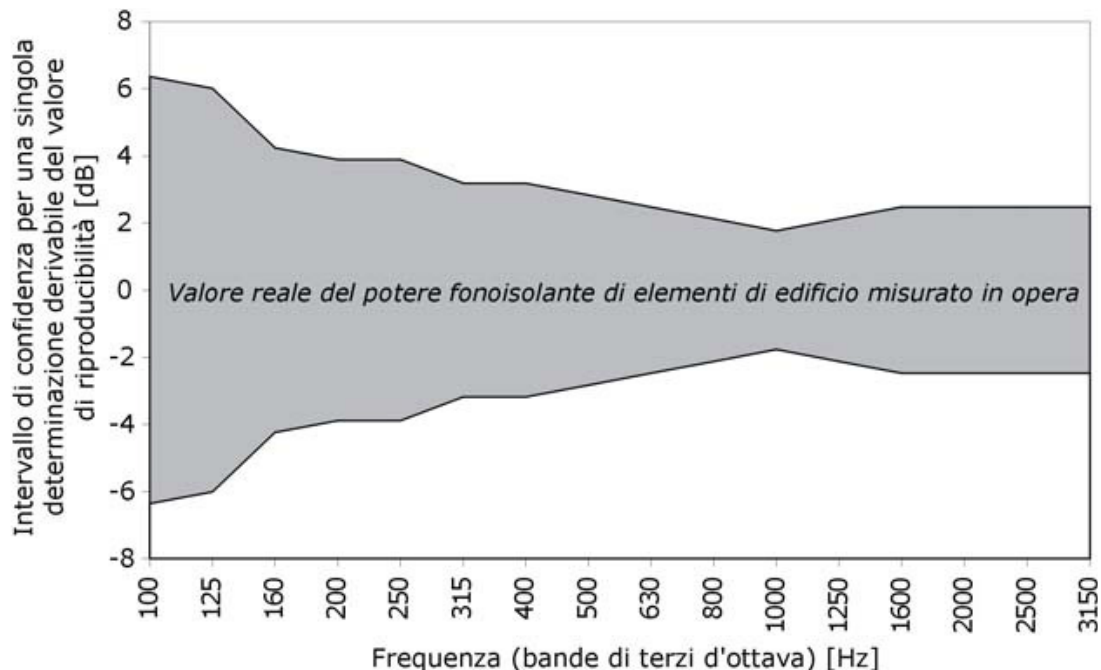


Fig. 2 - Intervallo di confidenza per il valore reale del potere fonoisolante di elementi di edificio misurato in opera.

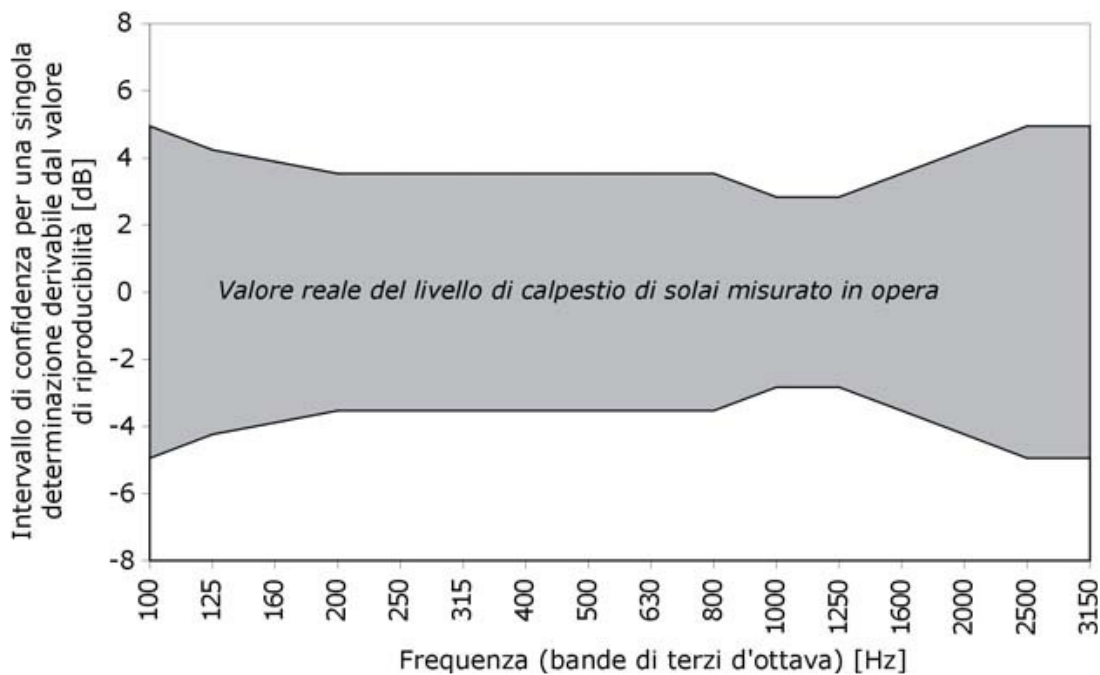


Fig. 3 - Intervallo di confidenza per il valore reale del livello di calpestio di solai misurato in opera.

La determinazione dell'affidabilità dei sistemi costruttivi

La mancanza di valutazioni statistiche su vasta scala delle prestazioni di fonoisolamento conseguite per diverse tecnologie costruttive e per differenti soluzioni tipologiche e progettuali non consente di valutare l'incertezza insita nella determinazione sperimentale o nel calcolo previsionale.

La conoscenza dell'accuratezza di misura in opera delle prestazioni degli elementi edilizi permetterebbe di definire un adeguato livello di tolleranza da applicare agli esiti del collaudo acustico degli edifici e di fare chiarezza in merito alle potenzialità degli elementi di base (elementi orizzontali e verticali con funzione portante, elementi verticali di chiusura e tamponamento).

Solo dopo che si sarà giunti a consolidare la valutazione sull'incertezza dei metodi di misura in opera sarà possibile indagare sulle cause di riduzione delle prestazioni rispetto alle condizioni di laboratorio (effetto delle connessioni, dei percorsi laterali, influenza del fattore di forma degli elementi, costanza e qualità della posa in opera, ecc.), ottenendo, quindi, le indicazioni necessarie per la redazione di un ampio repertorio di soluzioni tecniche conformi.

Bibliografia

- [1] Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997, *Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*, Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana, n.297, 22/12/1997
- [2] UNI EN ISO 140-4:2000, *Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti*
- [3] UNI EN ISO 140-5:2000, *Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate*
- [4] UNI EN ISO 140-7:2000, *Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai*
- [5] UNI EN ISO 140-3:2006, *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*
- [6] UNI EN ISO 140-6:2000, *Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in laboratorio dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai*
- [7] UNI EN 12354-1:2002, *Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti*
- [8] UNI EN 12354-2:2002, *Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento acustico al calpestio tra ambienti*
- [9] UNI EN 12354-3:2002, *Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea*
- [10] UNI EN 12354-4:2003, *Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Trasmissione del rumore interno all'esterno*
- [11] UNI EN 20140-2:1994, *Acustica. Misura dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio. Determinazione, verifica e applicazione della precisione dei dati*
- [12] UNI ISO 5725-1:2004, *Accuratezza (esattezza e precisione) dei risultati e dei metodi di misurazione - Parte 1: Principi generali e definizioni*
- [13] UNI ISO 5725-2:2004, *Accuratezza (esattezza e precisione) dei risultati e dei metodi di misurazione - Parte 2: Metodo base per determinare la ripetibilità e la riproducibilità di un metodo di misurazione normalizzato*
- [14] UNI ISO 5725-3:2004, *Accuratezza (esattezza e precisione) dei risultati e dei metodi di misurazione - Parte 3: Misure intermedie di precisione in un metodo di misurazione normalizzato*
- [15] UNI ISO 5725-4:2004, *Accuratezza (esattezza e precisione) dei risultati e dei metodi di misurazione - Parte 4: Metodi di base per determinare l'esattezza di un metodo di misurazione normalizzato*
- [16] UNI ISO 5725-5:2004, *Accuratezza (esattezza e precisione) dei risultati e dei metodi di misurazione - Parte 5: Metodi alternativi per la determinazione della precisione di un metodo di misurazione normalizzato*

- [17] UNI ISO 5725-6:2004, *Accuratezza (esattezza e precisione) dei risultati e dei metodi di misurazione - Parte 6: Uso nella pratica dei valori di accuratezza*
- [18] Lang J., *Differences between acoustical insulation properties measured in the laboratory and results of measurements in situ*, Applied Acoustics, Volume 5, January 1972, pp. 21-37
- [19] Schmitz A., Meier A., Raabe G., *Inter-laboratory Test of Sound Insulation Measurements on Heavy Walls, Part I - Preliminary Test*, Building Acoustics, 1999, 6, 3-4, pp. 159-169
- [20] Meier A., Schmitz A. Raabe, G., *Inter-laboratory Test of Sound Insulation Measurements on Heavy Walls, Part II - Results of Main Test*, Building Acoustics, 1999, 6, 3-4, pp. 171-186
- [21] Carvalho A.P., *Reproducibility in interlaboratory impact sound insulation measurements*, Proceedings of the ICSV13, Vienna, Austria, July 2-6 2006