

Misure acustiche ,legislazione ed esercizi esemplificativi

Argomenti trattati

- Legislazione e normative di riferimento
- Isolamento acustico :
 - Per via aerea
 - Del calpestio
 - Di facciata
- Esercizi commentati sugli argomenti trattati
- Link a siti che trattano gli argomenti visti

Introduzione

In queste pagine verrà trattato il problema dell'isolamento acustico. Sebbene l'isolamento e l'acustica in generale siano stati oggetto di studio anche nell'antichità(i greci hanno raggiunto mirabili risultati),solo negli ultimi anni questa scienza ha subito una vera e propria impennata dovuta al bisogno di isolare gli edifici dai rumori sempre più vari e molesti.Parallelamente a questa necessità scatenante si è avuto (e si sta avendo) un deciso miglioramento della tecnologia e si è anche venuta a creare una classe di tecnici e di professionisti che fino a trent'anni fa non esisteva.Ciò fa sì che l'acustica e le strategie per risolvere i problemi ad essa connessi(come l'isolamento) siano in continua evoluzione.

Parallelamente si è venuta a creare anche una serie di leggi che ne regolamentano le applicazioni.Purtroppo però,accade spesso che, in virtù della relativa giovinezza di questa scienza e della grande competenza tecnica richiesta per comprenderne anche gli sviluppi che paiono più elementari,il legislatore non sia in grado di trovare risposte soddisfacenti.Si possono perciò a volte trovare alcune differenze tra i vari stati o addirittura contraddizioni interne tra le normative vigenti di uno stesso stato.

Normative di riferimento

Le principali norme vigenti nel nostro paese sono riportate di seguito

- Legge 447 : Legge quadro sull'acustica
- EN 20140 :Misure in opera e in laboratorio
- EN 3022 :Prove di laboratorio
- EN 12354 :Prestazioni acustiche dei componenti
 - EN 20717 :Isolamento acustico degli edifici
- DPCM 14.11.97 :Limiti per le sorgenti sonore
- DPCM 5.12.97 :Requisiti acustici passivi degli edifici
 - Circolare 3150 del Ministero dei LLPP del 1967: Requisiti acustici per le scuole

La legge 447 affida la stesura delle normative tecniche all'UNI, che a sua volta alle indicazioni dell'ISO. Siccome altri paesi europei si basano sull'ISO si ha una certa uniformità tra molti paesi europei; uniformità che prima non era presente (basti vedere le date dei DPCM). La nostra legislazione in materia classifica i vari ambienti abitativi e per ogni categoria riporta i valori massimi dei parametri consentiti dalla legge.

Categoria A	edifici adibiti a residenza o assimilabili;
Categoria B	edifici adibiti ad uffici ed assimilabili;
Categoria C	edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili;
Categoria D	edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili;
Categoria E	edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;
Categoria F	edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili;
Categoria G	edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili.

TABELLA 1: Classificazione degli edifici

Categorie di cui alla Tab. A	Parametri				
	R_w (*)	$D_{2m,nT,w}$	$L_{n,w}$	L_{ASmax}	L_{Aeq}
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	25
4. B, F, G	50	42	55	35	35

(*) Valori di R_w riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari

TABELLA 2: parametri relativi ad ogni categoria

UNI 10708-1	31/12/1997	Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti. (Codice ICS: 91.120.20)
UNI 10708-3	31/12/1997	Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e in elementi di edificio. Misurazioni in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai. (Codice ICS: 91.060.30 91.120.20)
UNI 10844	30/11/1999	Acustica - Determinazione della capacità di fonoassorbimento degli ambienti chiusi (Codice ICS: 17.140.01 91.120.20)
UNI 8270-6 ISO 140	31/01/1988	Acustica. Misura dell'isolamento acustico in edifici ed elementi di edificio. Misura in laboratorio dell'isolamento dai rumori di calpestio di solai. (Codice ICS: 91.120.20)
UNI EN 20140-10	31/07/1993	Acustica. Misura dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misura in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di piccoli elementi di edificio. (Codice ICS: 91.120.20)

UNI EN 20140-2	31/03/1994	Acustica. Misura dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio. Determinazione, verifica e applicazione della precisione dei dati. (Codice ICS: 17.140.01 91.120.20)
UNI EN 20140-9	31/01/1998	Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e in elementi di edificio. Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea da ambiente a ambiente coperti dallo stesso controsoffitto. (Codice ICS: 91.120.20)

TABELLA 3- principali norme riguardanti gli edifici

VIE DI PROPAGAZIONE DEL SUONO

Il suono si può propagare in svariati modi e le classificazioni possono essere molteplici a seconda delle esigenze e dei parametri che si considerano. Siccome noi ci occupiamo prevalentemente di edifici diremo che il suono si può propagare per **via diretta**, **via aerea**, **via strutturale**.

Si dice propagazione diretta quando il suono non incontra nessun ostacolo davanti a sé, cioè quando l'onda sonora si può propagare liberamente (per esempio due persone che parlano nella stessa stanza). Si parla di propagazione per via aerea quando il mezzo di propagazione del suono è l'aria, ma vi sono ostacoli tra la sorgente e la destinazione. Nella fattispecie se l'ostacolo è per esempio una parete dell'edificio si usa la parola aerea poiché la parete è sollecitata da onde sonore (per esempio quando si ode la voce di una persona provenire da un'altra stanza).

Si parla invece di propagazione strutturale quando il suono è prodotto direttamente applicando forze meccaniche alla struttura dell'edificio.

Figura 1: vie di propagazione del suono

PROPAGAZIONE PER VIA AEREA

Quando siamo in una stanza ci accorgiamo che anche se la porta è chiusa una parte dei rumori provenienti dall'esterno può essere comunque udita. Questo avviene poiché le onde sonore che provengono dall'esterno mettono in vibrazione la parete, che quindi trasmette a sua volta il suono (sebbene attutito). Per fare in modo che i suoni provenienti da altre stanze non siano troppo forti e non rechino quindi disturbo si cercano di impiegare materiali con determinate caratteristiche elastiche e dissipative in modo da ridurre l'ampiezza delle vibrazioni sonore. Bisogna quindi testare i vari materiali per misurare le proprietà sopra accennate e per poterle sfruttare al meglio.

I test sui materiali vengono svolti in laboratorio nelle cosiddette **camere di prova**.

Figura 2: La camera di prova

Come si può vedere dalla figura qui sopra una camera di prova ha una struttura molto semplice: due stanze divise da una parete costruita con il materiale che si vuole testare. In una stanza si trova la sorgente del suono (**camera di emissione**), mentre nell'altra (**camera ricevente**) c'è un'apparecchiatura preposta alla ricezione del suono. Naturalmente queste camere sono progettate e costruite in modo tale da avere delle pareti che abbiano caratteristiche fortemente isolanti, cosicché le sorgenti esterne di rumore non contaminino il suono emesso dalla camera di emissione e non disturbino l'apparecchiatura ricevente posta nell'altra stanza. Il procedimento consiste nel misurare la pressione sonora (o un qualsiasi altro parametro che si vuole analizzare) in ognuna delle due stanze. Confrontando i risultati ottenuti impiegando diversi materiali per la parete in comune si possono trarre delle utili conclusioni da adoperare in fase sperimentale o addirittura di progetto. Per una trattazione più rigorosa si veda la norma UNI EN 20140-10 le cui coordinate principali sono riportate nella tabella tre.

Il **potere fonoisolante** di una parete è uno dei parametri più importanti riguardanti l'isolamento aereo. Esso è definito come dieci volte il logaritmo in base dieci del rapporto tra la potenza sonora W_1 incidente sulla parete e la potenza sonora W_2 trasmessa dalla parete al locale adiacente:

$$(1)$$

oppure:

$$(2)$$

con t che corrisponde al coefficiente di trasmissione sonora della parete.

Si ha inoltre che il potere fonoisolante dipende dalla frequenza f del suono e perciò viene misurato di ottava in ottava. R varia anche in funzione della densità della parete. Se per esempio abbiamo una parete omogenea possiamo tracciare un grafico (ottenuto sperimentalmente) che ci mostra come varia il potere fonoisolante in funzione della frequenza.

Figura 3: Dipendenza del potere fonoisolante dalla frequenza

Esiste anche un'altra definizione di R contenuta nella norma UNI EN 130-3. L'esperienza si basa sul disegno della camera di prova riportato sopra e la definizione contenuta all'interno della normativa è

(3)

S = area del di visorio

A_2 = assorbimento camera ricevente

L_1 = pressione sonora camera di emissione

L_2 = pressione sonora camera ricevente

Il termine con il logaritmo è un fattore correttivo che tiene conto dell'assorbimento A_2 della camera ricevente. La misurazione di A_2 non è affatto facile e si può ottenere sperimentalmente dalla formula

(4)

dove T_{R2} è il tempo di riverberazione e V_2 è il volume della camera ricevente .

Spesso accade che si debbano eseguire misure su edifici già esistenti o su costruzioni inserite in un contesto ambientale che non può in alcun modo essere riprodotto in laboratorio. Questo tipo di misurazioni sono dette misure **in situ** e vengono eseguite con apparecchiature più maneggevoli e meno costose di quelle presenti nei centri specializzati. Tutti i parametri le cui misure sono state acquisite sul campo sono indicati con un apice. Perciò il potere fonoisolante diventa R' ed è uguale a:

(5)

W_1 = potenza sonora incidente su parete di prova,

W_2 = potenza sonora trasmessa attraverso la parete di prova,

W_3 = potenza sonora trasmessa da elementi laterali o da altri componenti.

Si noti come in questo caso venga aggiunto il parametro W_3 per tenere conto

dell'impossibilità di avere un buon isolamento da fonti esterne.

Parallelamente alle misure in laboratorio anche in questo caso esiste una definizione alternativa:

(6)

Come abbiamo già visto però il potere fonoisolante dipende strettamente dalla frequenza. Per questo motivo si definisce come frequenza standard quella di 500 Hz.

Un metodo usato spesso per trovare un valore di R che dipenda il meno possibile dalla frequenza è quello suggerito dalla norma UNI 8270, in cui si fa riferimento alla curva normalizzata ISO 717-1 che contiene le frequenze in intervalli di terzi d'ottava da 100Hz a

3150Hz. La norma suggerisce di costruire una tabella in cui ad ogni frequenza (distanziata l'una dall'altra come detto di un terzo d'ottava) corrisponde un valore di R . A questo punto si considerano le frequenze in cui R è minore di quello ISO e si sommano le differenze (positive) tra il valore teorico e quello in opera. Ottenuto tale valore bisogna vedere se è soddisfatta la diuguaglianza

(7)

Se questa non è verificata bisogna traslare verso il basso la curva normalizzata ISO 717-1 di un decibel e ripetere il procedimento fino ad avere la disuguaglianza verificata. A questo punto il valore cercato corrisponde a R a 500Hz.

Oltre al potere fonoisolante compaiono nelle norme ISO altre definizioni come l'isolamento acustico **l'isolamento acustico D**:

(8)

Come per il potere fonoassorbente anche in questo caso si può normalizzare la grandezza in questione sia rispetto al tempo di riverbero T della camera ricevente:

(9)

sia rispetto all'isolamento acustico A :

(10)

In genere si utilizza D per le grandi stanze ed R per le più piccole.

ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA

Vediamo ora un altro aspetto dell'isolamento che riguarda le tecniche di misurazione impiegate per saggiare le pareti degli edifici quando il suono viene dall'esterno. Questo tipo di isolamento prende il nome di isolamento di facciata. In tali casi il DPCM 5.12.97 indica come riferimento norma UNI 107008-2 e precisa le modalità di misura dell'**isolamento acustico di facciata standardizzato $D_{2m,nT}$** definito da :

(11)

in cui $L_{1,2m}$ è il livello di pressione sonora esterno misurata a due metri dalla facciata e L_2 è definito dalla formula:

(12)

Le misure dei livelli L_i devono essere eseguite in numero di n per ogni banda di terzi d'ottava; n è il numero intero immediatamente superiore ad un decimo del volume dell'ambiente. Il valore minimo di n deve comunque essere 5.

Figura 4: misura di isolamento di facciata

In ambito europeo i parametri cambiano anche se in virtù del discorso fatto in precedenza si può affermare che vi è una certa uniformità. Per approfondire differenze e analogie con gli altri paesi europei si raccomanda di collegarsi ai siti indicati nell' ultima pagina.

ISOLAMENTO ACUSTICO DAL CALPESTIO

Il terzo tipo d'isolamento di cui parleremo è quello riguardante la trasmissione del suono per via strutturale. Sono esempi di una tale propagazione il rumore di passi oppure di un oggetto che cade provenienti da una stanza situata al piano superiore rispetto all' ascoltatore. Ci occuperemo quindi non di trasmissione attraverso pareti verticali ma attraverso pareti orizzontali: i cosiddetti **solai**.

In tali casi nella camera ricevente non viene più posto un altoparlante ma una apposita apparecchiatura chiamata **macchina del calpestio**, le cui caratteristiche sono definite dalle norme sull'acustica e il cui rumore prodotto è quindi standard. La macchina è costituita da cinque martelli cilindrici d'acciaio allineati, pesanti 500g ciascuno. I martelli vengono fatti cadere da un'altezza di 40 mm al ritmo di dieci colpi al secondo. Al piano di sotto il livello di pressione sonora è misurato con dei microfoni, in modo da avere un valore medio. Infine si filtra il segnale in bande di terzi d'ottava e lo si memorizza. La figura sottostante mostra la suddetta macchina.

Figura 5: macchina del calpestio

Per quanto riguarda la misurazione **in laboratorio** ci si attiene alla norma UNI EN ISO 140-6 che definisce il **livello di pressione sonora da impatto normalizzato** L_n di un pavimento di 10 m² senza trasmissioni laterali come

$$(13)$$

dove L_2 è il livello di pressione sonora nel locale al piano inferiore e A_2 l'assorbimento dello stesso locale, che si può calcolare con la (4) conoscendo il volume V_2 e il tempo di riverbero T_R .

La figura sottostante mostra le principali coordinate dell'esperienza in laboratorio.

Figura 6: Testaggio di un solaio

Per quanto concerne le misure **in situ** ci si appoggia alla norma UNI EN ISO 140-7. Essa definisce il **livello di pressione sonora da impatto normalizzato** L'_n con trasmissioni laterali come

$$(14)$$

e definisce anche il **livello di pressione sonora da impatto standardizzato** L'_{nT} come

$$(15)$$

in cui T_2 è il tempo di riverberazione della camera ricevente.

Anche in questo caso è necessario compiere una operazione analoga a quella del potere fonoassorbente. Per determinare l'**indice di valutazione** $L_{n,w}$, si utilizza la curva normalizzata ISO 717-2 che va traslata verso il basso fino a quando la somma delle differenze positive tra la curva sperimentale e la curva ISO è il più vicino possibile al valore $2 \cdot n$ (dove n è il numero delle frequenze, che sono espresse in terzi di ottava); quando sono verificate le condizioni sopracitate $L_{n,w}$ è dato dal valore della curva di riferimento a 500Hz (per maggiore chiarezza si veda l'esercizio Nr 4).

L_n (dB)	46	46	46	46	46	46	45	44
Frequenza (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500
L_n (dB)	43	42	41	38	35	32	29	26
Frequenza (Hz)	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150

Tabella della curva ISO 717-2

ESERCIZI SVOLTI SULL'ISOLAMENTO

ESERCIZIO 1 : POTERE FONOLISOLANTE IN LABORATORIO

Trovare il potere fonoisolante della parete che separa le due stanze in figura, conoscendo la superficie S_p del provino, il volume V_2 e il tempo di riverbero T_{R2} della Stanza 2. Si sa inoltre

che la misura è effettuata a 500 Hz e sono noti i livelli sonori L_1 e L_2 rilevati nelle due stanze.

Figura 7: Situazione descritta nel problema 1

DATI:

$L_1 = 80$ dB, $L_2 = 55$ dB, $S_P = 10$ m², $V_2 = 50$ m³, $T_{R2} = 2.5$ s,

SOLUZIONE: dalla (3), cioè

si può ottenere il parametro richiesto. Conosciamo già L_1 ed L_2 poiché ce li fornisce il problema. Bisogna solamente ricavare A_2 che si trova impiegando la (4), cioè

Il risultato finale è quindi dato da

ESERCIZIO 2: LIVELLO SONORO DELLA CAMERA RICEVENTE

Nella Stanza 1 è presente una sorgente sonora. Siano V_1 e V_2 i volumi delle due stanze, sia S_P la superficie del provino, siano T_{R1} e T_{R2} i tempi di riverbero caratteristici dei due ambienti, sia t il coefficiente di trasmissione del divisorio e sia W l'intensità sonora della sorgente

Figura 8: Situazione descritta nel problema 2

DATI:

$$V_1 = 50\text{m}^3, V_2 = 60\text{m}^3, T_{R1} = 1.6\text{s}, T_{R2} = 2\text{s}, t = 0.01, W = 1\text{w}, S_P = 10\text{m}^2$$

SOLUZIONE:

Dalla (3) posso ricavare immediatamente L_2 :

mentre L_1 la ottengo da

dove quest' ultima è l'equazione del campo riverberante.

Inoltre si ha che per definizione

Posso altresì ricavare R dalla(2) e A_1 e A_2 mediante la (4).

A questo punto il risultato finale è dato da

ESERCIZIO 3: Determinazione di $D_{n,w}$

In base ai dati forniti sotto si chiede di determinare $D_{n,w}$ sapendo che il volume della Stanza2 è uguale a 50m^3 .

Frequenza (Hz)	125	250	500	1000	2000
L_1 (dB)	80	85	87	88	88
L_2 (dB)	50	45	38	30	35
T_{R2} (dB)	1	0.8	0.6	0.4	0.3
Curva rif (dB)	36	45	52	55	56

SOLUZIONE:

Per ottenere D_n posso utilizzare la seguente formula:

Con il tempo di riverbero, posso anche trovare A alle diverse frequenze con la (4).

In questo modo ottengo:

Frequenza (Hz)	125	250	500	1000	2000
D_n (dB)	31	40	47.8	55	48.7

Ora devo devo sommare gli scostamenti positivi che si hanno tra la curva ISO e valori

sperimentali e dividere per il numero delle prove, cioè 5. Allora si ha

Essendo 4.3 maggiore di 2, devo continuare a traslare di un dB verso il basso la curva ISO, finché il procedimento appena illustrato porta ad un risultato minore di 2. A questo punto si assume come valore di $D_{n,w}$ il valore della curva traslata relativo alla frequenza di 500Hz.

Procedendo per prove successive come appena spiegato si ottiene quindi che alla quarta prova la media risulta essere 1,9. Perciò il valore cercato è (52-3)dB, cioè 49dB. (Si noti che sottraggo 3 poiché alla prima prova la curva non va traslata).

ESERCIZIO 4: Determinazione di $L'_{n,w}$

Questa volta ho per 5 frequenze diverse la curva sperimentale L'_n e la curva di riferimento ISO. Voglio calcolare il valore di $L'_{n,w}$.

Frequenza(Hz)	125	250	500	1000	2000
L'_n (dB)	50	52	53	52	43
Curva ISO (dB)	67	67	65	62	49

SOLUZIONE:

In questo caso bisogna vedere quando i valori sperimentali superano la curva ISO e fare in modo che la somma degli scostamenti positivi (dove la curva ISO è il sottraendo) sia prossima il più possibile a $2 \cdot n$ dove n è il numero delle frequenze date nel problema. Procedendo per tentativi, abbassando di volta in volta la curva ISO di un decibel, al tredicesimo abbassamento si ottiene che la somma degli scostamenti è 11, cioè il valore più prossimo possibile a $2 \cdot n = 2 \cdot 5 = 10$. Il valore cercato è dato quindi da $(65 - 13) \text{dB} = 52 \text{dB}$.

LINK UTILI

La maggior parte delle informazioni presenti in questa tesina sono disponibili su internet ai seguenti indirizzi (soprattutto per quanto riguarda la parte sulle normative):

- www.anima-it.com
- www.anit.it
- www.assoacustici.it
- www.associazioneairs.it
- www.euroacustici.org

I precedenti siti elencati sono anche molto utili per chi volesse approfondire gli argomenti trattati e l'acustica in generale.

NOTA: Il grafico Nr 3 è tratto dalla tesina di Bellanova Rosario, anno accademico 2000\2001.