

**L**a corretta progettazione degli aspetti acustici di un edificio non può prescindere da quelli termoigrometrici e di ventilazione che, generalmente, sono trattati separatamente anche se è evidente la loro influenza reciproca oltre che sul progetto generale. Anche l'illuminazione naturale subordinata alle superfici finestrate è, in qualche modo, legata ai requisiti acustici delle facciate.

I muri divisorii garantiscono i requisiti acustici passivi dell'edificio, anche se è necessario considerare altri parametri, che hanno valenza acustica, quali gli impianti di riscaldamento e di condizionamento dell'aria, idrico sanitari e di ascensori.

Un divisorio, orizzontale o verticale, deve essere in grado di soddisfare i requisiti acustici, termici e illuminotecnici. I requisiti termoigrometrici e di ventilazione sono solitamente considerati fondamentali perché rappresentano variabili determinanti rispetto ai consumi energetici. Questi requisiti determinano il grado di igiene relativo all'ambiente e l'abitabilità. Di conseguenza il loro raggiungimento e mantenimento al di sopra dei limiti di legge condiziona l'aspetto qualitativo e il valore dell'edificio. La non osservanza di detti requisiti non consente di ottenere l'abitabilità e pone l'edificio fuori mercato.

### I divisori

Sia quelli interni sia quelli esterni devono assicurare prescritti valori di isolamento acustico aereo e da impatto per i solai, oltre ad una adeguata resistenza e capacità termica.

Tra le conseguenze più comuni della scarsa attenzione prestata al dimensionamento dei divisori ci sono: la formazione di condensa che innesca un processo progressivo di degrado dei componenti delle strutture che ne riduce le prestazioni; le fessurazioni causate dal gelo; lo scorretto dimensionamento della capacità termica della struttura che partecipa all'accumulo dell'energia termica in inverno e che funziona da volano per le condizioni termoigrometriche in estate.

Per i divisori opachi la composizione della stratigrafia, le dimensioni, i pesi e i materiali



### Acustica

# Non solo isolamento

Il controllo acustico deve essere accompagnato dalla valutazione degli altri parametri di benessere, come ad esempio termoigrometrici e di ventilazione

Giovanni M. Gislou

possono richiedere soluzioni diverse per l'ottimizzazione degli impatti acustici rispetto a quelli termici: da qui emerge la necessità di cercare soluzioni di compromesso.

*Divisori interni tra unità diverse e divisori esterni*

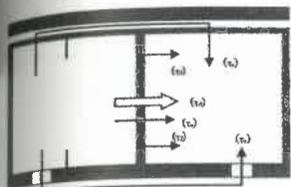
I divisori verticali devono avere sufficiente potere fonoisolante al rumore aereo, resistenza termica e opportuna capacità termica utile; essi sono, salvo poche eccezioni, del tipo opaco

e stratificati. I divisori orizzontali devono avere sufficiente potere fonoisolante al rumore aereo e al calpestio, resistenza termica e opportuna capacità termica utile. I divisori esterni sia verticali, sia orizzontali (quest'ultimi in misura minore) sono in massima



Trasmissione del rumore tra due unità: aerea  $\tau_s$ , laterale  $\tau_l$  e diretta  $\tau_d$ .

Viene di seguito riportato uno schema di come si trasmette l'energia acustica tra un'unità e l'altra adiacente sullo stesso piano da cui si osservano le numerose vie possibili.



parte dotati di superfici finestrate.

### Superfici finestrate

La superficie finestrata deve essere dimensionata nella percentuale di 1/8 o di 1/10 (a seconda dei regolamenti regionali) rispetto alla superficie di calpestio dell'ambiente. Questa percentuale deriva dal fattore medio di illuminazione diurno  $\eta_m$  che deve assumere valori non inferiori ad un minimo imposto:  $\eta_m = t \cdot E_f \cdot S_f / (1 - r_m) \cdot S \cdot E_e$  (dove:  $t$  è fattore di trasparenza,  $E_f$ , illuminamento medio sulla finestra;  $S_f$ , superficie finestra;  $r_m$ , fattore medio ponderato di riflessione delle superfici interne,  $S$ , superfici interne;  $E_e$ , illuminamento esterno a orizzonte libero). Il rapporto evidenzia una grande importanza della superfici

e finestrata rispetto a quella totale della facciata a tal punto che l'isolamento acustico e anche termico della facciata dipende dalle finestre. I valori di resistenza termica e di isolamento acustico delle superfici finestrate sono sempre meno elevati rispetto a quelli delle superfici opache.

Il valore di trasmissione dell'energia acustica risulta, per le normali facciate, molto più vicino a quello delle superfici finestrate che a quello delle superfici opache. È di conseguenza, difficile ottenere i valori di isolamento acustico prescritti dalle norme con i sistemi costruttivi attualmente utilizzati.

Sotto il profilo di progetto è da sottolineare come le soluzioni ottimali ai fini dell'isolamento acustico non coincidano con quelle

## Il D.P.C.M. 05.12.97

Riportiamo le categorie degli edifici e le prestazioni acustiche, con le tabelle (estratto da Legge 447/95, legge quadro e DPCM 5/12/97).

Le grandezze che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici sono:

- Il potere fonoisolante apparente di elementi di separazione fra ambienti ( $R'$ ), tiene conto anche delle trasmissioni laterali (dB). Da  $R'$  funzione della frequenza, si passa a  $R'w$ , indice di valutazione, espresso da un solo numero, del potere fonoisolante apparente delle partizioni fra ambienti.

- L'isolamento acustico standardizzato di facciata ( $D2m, nT$ ), definito da:

$$D2m, nT = D2m + 10 \log T/TO$$

Dove:

$D2m = L1,2 m - L2$  è la differenza di livello sonoro (dB);

$L1,2 m$  è il livello di pressione sonora esterno a 2 metri dalla facciata, prodotto dal rumore del traffico se prevalente,

### Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici

(\*) valori di  $R'w$  riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari

Categorie Della Tabella A	$R'w$ (*)	$D2m, nT, w$	$L'n, w$	LASmax	LAeq
D	55	45	58	35	25
A, C	50	40	63	35	35
E	50	48	58	35	25
B, F, G	50	42	55	35	35

o da altoparlante con incidenza del suono di  $45^\circ$  sulla facciata (dB);

$L2$  è il livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente, valutato a partire dai livelli misurati nell'ambiente ricevente (dB);

$T$  è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente, in secondi;

$TO$  è il tempo di riverberazione di riferimento assunto, pari a 0,5 secondi. Dai valori  $D2m, nT$ , espressi in funzione della frequenza, si passa all'indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ( $D2m, nT, w$ ).

- Il livello di rumore di calpestio di solai

normalizzato ( $L'n$ ). Dai valori  $L'n$ , espressi in funzione della frequenza, si passa all'indice  $L'nw$  del livello di calpestio del solaio normalizzato.

- LASmax: livello massimo di pressione sonora, ponderata A con costante di tempo slow, prodotta dai servizi a funzionamento discontinuo.

- LAeq livello massimo di pressione sonora, ponderata A con costante di tempo slow, prodotta dai servizi a funzionamento continuo.

### Commenti

- la normativa è stata recepita sulla base dell'opera di armonizzazione delle varie normative dei paesi membri dell'Unione Europea, che si è adeguata ai requisiti più severi: quella vigente in Italia precedentemente era meno severa

- i requisiti di facciata ( $D2m, nT$ ) dovrebbero adeguarsi alla suddivisione in zone e quindi differenziarsi su tali basi: solo agli edifici appartenenti a zone più rumorose assegnare requisiti più severi

- I requisiti relativi alla rumorosità degli impianti comporta valori difficilmente raggiungibili

- In base allo schema di figura 1 si può intervenire per raggiungere il requisito  $R'w$

- Il requisito  $L'nw$ , rumore da impatto, non è altrettanto severo in relazione agli altri.

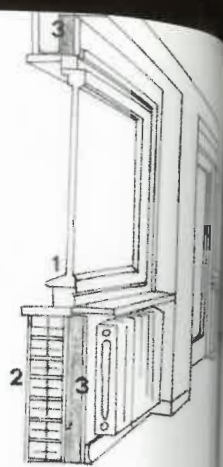
### Classificazione degli ambienti abitativi (art. 2)

<b>Categoria A</b>	Edifici adibiti a residenza o assimilabili
<b>Categoria B</b>	Edifici adibiti a uffici e assimilabili
<b>Categoria C</b>	Edifici adibiti a alberghi, pensioni e attività assimilabili
<b>Categoria D</b>	Edifici adibiti a ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
<b>Categoria E</b>	Edifici adibiti a attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
<b>Categoria F</b>	Edifici adibiti a attività ricreative o di culto e assimilabili
<b>Categoria G</b>	Edifici adibiti a attività commerciali e assimilabili

più adeguate all'ottenimento di un buon isolamento termico (ad esempio, lo spessore delle intercapedini che deve essere più elevato ai fini "acustici"; i materiali utilizzati; la tipologia dei vetri). E' importante cercare soluzioni di compromesso che diano adeguate garanzie sia sugli aspetti termici sia su quelli acustici.

L'indice di valutazione del potere fonoisolante utilizza un solo numero ricavato dai risultati del potere fonoisolante relativo alle singole frequenze e costituisce la base di scelta per l'isolamento acustico. Ma tale indicazione può essere fuorviante se ci si trova in prossimità di fonti di rumore (traffico su rotaie, su gomma e sorvoli ad esempio) con emissioni a frequenze diverse.

Appare subito evidente anche la "difficoltà" economica per il raggiungimento di questi obiettivi. A ciò si aggiunga l'importante considerazione che quando è attiva la prestazione acustica della facciata (in buona sostanza quando le finestre sono chiuse) risultano annullate o minimizzate la ventilazione e la componente termoigrometrica. L'assenza dell'impianto di ventilazione degli ambienti determina una lacuna importante relativamente all'igiene dell'edificio: il rinnovo dell'aria è necessario anche per l'eliminazione degli inquinanti e per ridurre l'eccesso di vapore acqueo. Un impianto di ventilazione ben realizzato può soddisfare i parametri termoigrometrici e di ventilazione prescritti dalla legge senza contributi di rumore oltre i limiti.



Pareti parzialmente vetrate:  
1. serramento vetro+telaio  
2. parametro esterno in mattoni forati  
3. pannello isolante in lana di vetro o poliuretano espanso.

## Il Clima acustico

**La misura del malessere da rumore: i livelli sonori in una zona urbana come tante altre, raramente, anche di notte, scendono al di sotto dei 70 dB  $L_{Aeq}$**

Riportiamo, a titolo esemplificativo, un caso in cui è evidente come possa configurarsi il clima acustico dovuto al TAU (traffico autoveicolare urbano) di un quartiere tipo della città di Milano.

Vengono esposti una breve descrizione del quartiere, i risultati dei rilievi acustici in un punto significativo della facciata di un edificio dedotti dai grafici forniti dagli strumenti di misura utilizzati.

### La cella urbana

Il quartiere Lulli, tra le vie A. Costa, Lulli e Porpora, è composto da sei corpi di fabbrica lungo gli assi nord-sud ed est-ovest e da palazzina su via Costa. Più precisamente è formato da cinque blocchi residenziali a corte chiusa, di quattro piani fuori terra più solaio, e da un fabbricato residenziale a pianta rettangolare di cinque piani fuori terra, con attiguo un fabbricato servizi, più articolato e più basso degli altri. Sono presenti due scuo-

le, una palestra e uffici. Gli spazi fra blocchi sono assi di comunicazione interna al quartiere, il principale risulta quello nord-sud.

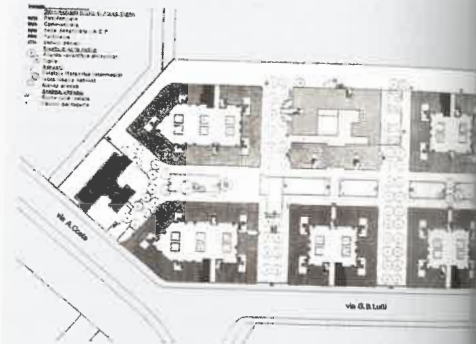
Vi abitano circa 350 famiglie. Il progetto dei cinque fabbricati a blocco chiuso, destinati a residenza fu realizzato dagli ingegneri Ferrini e Scotti, mentre il villino per la Direzione Lavori ed il progetto per il fabbricato centrale destinato a servizi (asilo, scuola e biblioteca) ed annessa residenza, furono affidati all'architetto Giovanni Broglio, la realizzazione è della prima metà del '900.

Per tutti i corpi di fabbrica sono state adottate murature portanti in laterizio, solette in cemento armato, con putrelle e tavelloni. L'orditura del tetto è stata realizzata con travi e travicelli in legno, e finitura in tegole piane.

Il fabbricato residenziale in linea a pianta rettangolare è dotato di una maggiore ricchezza compositiva rispetto agli altri corpi di fabbrica, ed è composto da cinque piani fuori terra, a due corpi scala; all'ultimo piano vi è una rastremazione che lascia spazio ad ampi terrazzi che pongono in evidenza la presenza dei blocchi sovrastanti le scale.

Attiguo a quello residenziale si trova il fabbricato dei servizi realizzato a blocco chiuso, comprendente una scuola, un asilo ed una biblioteca.

Diversi interventi sono stati eseguiti sul quartiere, tra cui negli anni sessanta l'impianto di riscaldamento centralizzato, ma, dopo il rifacimento delle facciate nel 1990, che ha comportato la perdita di buona parte del decoro esistente, il quartiere non ha più subito interventi di rilievo; si sono effettuate le sole opere di ordinaria manutenzione. Quasi tutti i serramenti degli edifici del quartiere Lulli sono in legno,



realizzati con legnami di spessore di 45 mm e dotati di vetro semplice di 3 mm infilato dall'alto. I battenti delle veneziane non garantiscono, in generale, una perfetta chiusura ed i leveraggi meccanici sono in gran parte usurati.

Nei vani scala, invece, sono presenti serramenti in ferro, mentre ai piani superiori le aperture dei vani scala sono prive di serramenti.

### Risultati del rilievo

**Luogo:** via A. Costa n. 20 (secondo piano)

**Periodo:** dalle 16.00 del 29/9/94 alle 16.00 del 7/10/94 (riferificati nel 1998)

$L_{Aeq}$  settimanale pari a 74,1 dBA  
La storia degli  $L_{Aeq}$ , linea sottile, dimostra esservi poca differenza sia tra giorni lavorativi e tra questi ultimi ed il fine settimana.

Ciò significa che gli attrattori come uffici, imprese, negozi, magazzini, luoghi per il tempo libero non hanno molta influenza sui movimenti autoveicolari degli abitanti.

Esaminando l'andamento nella giornata:  $-L_{Aeq}$  minimo diminuisce leggermente dal primo pomeriggio ma sempre assu-



## La zonizzazione acustica del territorio

Notevole importanza riveste la zonizzazione acustica del territorio che, come quella termica, deve avere rispondenza nella prestazione dell'edificio (normativa): tali adempimenti, se correttamente eseguiti, determinano la realizzazione di requisiti acustici degli edifici proporzionati alla zona così come per gli aspetti termici. La mancanza della zonizzazione acustica, come in realtà si verifica in molti Comuni, crea situazione di indeterminazione e conseguente disagio. Vi sono addirittura casi in cui la normativa acustica sui rumori immessi in ambiente da sorgenti sonore disturbanti, quali industrie o discoteche, non viene applicata per la mancanza di zonizzazione acustica del territorio.

## Indicazioni di "buon progetto"

### Impianti

Gli impianti di riscaldamento a radiatori devono essere completati con immissioni di aria in ambiente e relative estrazioni. I divisori tra unità devono avere caratteristiche acustiche e termiche simili a quelle esterne. La scelta del tipo di struttura viene effettuata valutandone il potere fonoisolante senza impianti, ma le predisposizioni di alloggiamento impiantistico (elettrico e dei fluidi) possono ridurre l'isolamento acustico a causa del potere fonoisolante diminuito e risultano invece aumentate le trasmissioni laterali. Gli impianti sottopavimento (termici, idrico-sanitari, ed elettrici) fanno aumentare gli spessori dell'intercapedine che li contiene -

mendo valori mai al di sotto di 60 dBA

-  $L_{Aeq}$  progressivo rimane intorno ai 74 dBA: si ha infatti  $L_{Aeq}$  diurno h 0.6÷22, pari a 74,2 mentre il valore notturno h 22÷06 è pari a 72.4 dBA. Anche se ripuliti da eventi atipici come sirene, trombe, allarmi ecc., i livelli non cambiano essendo dovuti principalmente alla continuità del traffico autoveicolare.

Cò si vede anche dai livelli percentili, e dalla moda dell'andamento distribuito dei livelli: massime percentili di presenza nel tempo proprie di valori del traffico, moda diurna intorno 75dBA e notturna intorno 73dBA, tra la notte, vicino alle ore 24 e le prime ore del mattino i livelli scendono di qualche unità essendo i passaggi dei veicoli maggiormente intervallati.

Si notano nei rilievi per  $L_{Amax}$  valori abbastanza alti: 90 ÷ 100 dBA con punte di 105 dBA di giorno e di notte 85÷90 dBA mentre per  $L_{10}$  si trovano valori da 70 a 80 dBA anche di notte.

Questo clima acustico è causa, a fronte della scarsa protezione passiva delle superfici finestrate, di interferenze importanti su attività come conversazione-comunicazione, ascolto di radio e televisione, lavoro in genere, lettura, riposo e sonno a proposito del quale si sottolinea la difficoltà ad addormentarsi ed i risvegli causati dai valori degli  $L_{Amax}$  e dalla presenza di elevati valori degli  $L_{10}$ .

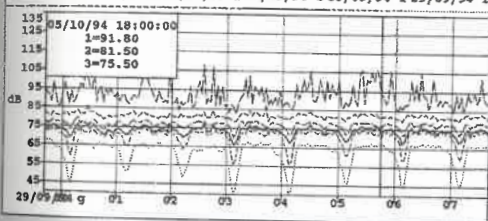
Via: Costa n. 20  
Piano: secondo

Nessuna locazione  
MISURE CONTINUE DI RUMORE  
Operatore:

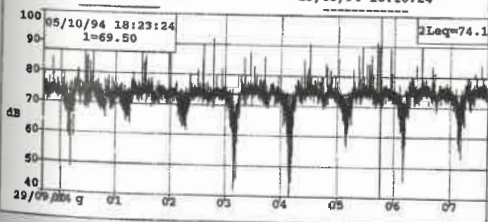
You may enter three lines of  
Monitor senza nome

Costante di tempo: Fast Filtro passa alto: 20 Hz  
Passatura : A Filtro passa basso: 16 KHz  
Periodo : 60 Unità di tempo del periodo: 1.0 sec  
Strumentazione: Larson-Davis modello 870  
Microfono : Larson-Davis modello 2541

1=T-Lmax-2=Y-LN1-13=I-LN10-4=I-Leq-15=I-LN50-6=I-LN95-7=I-Lmin-  
29/09/94 1 29/09/94 1 29/09/94 1 29/09/94 1 29/09/94 1 29/09/94 1 29/09/94 1



1=T-RMS-IACP-1 2=T-RMS Leq-IACP-1  
29/09/94 16:10:24 29/09/94 16:10:24

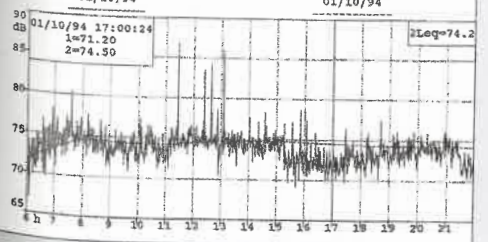


Nessuna locazione  
MISURE CONTINUE DI RUMORE  
Operatore:

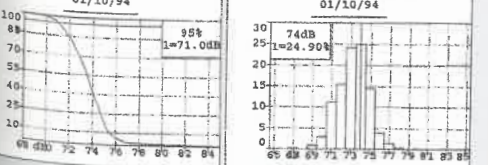
You may enter three lines of  
Monitor senza nome

Costante di tempo: Fast Filtro passa alto: 20 Hz  
Passatura : A Filtro passa basso: 16 KHz  
Periodo : 60 Unità di tempo del periodo: 1.0 sec  
Strumentazione: Larson-Davis modello 870  
Microfono : Larson-Davis modello 2541

1=T-RMS-IACP-1 2=T-RMS Leq-IACP-1  
01/10/94 01/10/94



1=CUM(RMS)-IACP-1 1=DIET(RMS)-IACP-1  
01/10/94 01/10/94

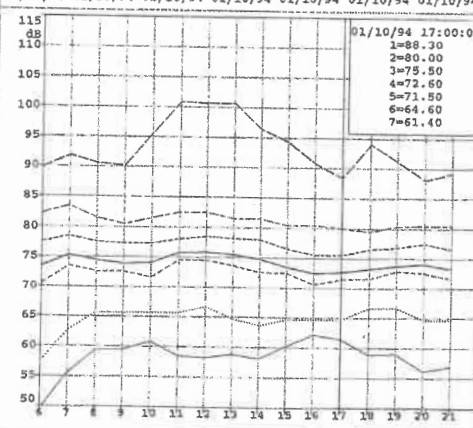


Nessuna locazione  
MISURE CONTINUE DI RUMORE  
Operatore:

You may enter three lines of  
Monitor senza nome

Costante di tempo: Fast Filtro passa alto: 20 Hz  
Passatura : A Filtro passa basso: 16 KHz  
Strumentazione: Larson-Davis modello 870  
Microfono : Larson-Davis modello 2541

1=I-Lmax-2=I-LN1-13=I-LN10-4=I-Leq-15=I-LN50-6=I-LN95-7=I-Lmin-  
01/10/94 01/10/94 01/10/94 01/10/94 01/10/94 01/10/94 01/10/94

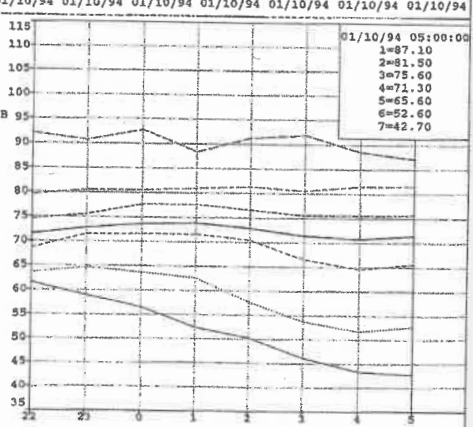


Nessuna locazione  
MISURE CONTINUE DI RUMORE  
Operatore:

You may enter three lines of  
Monitor senza nome

Costante di tempo: Fast Filtro passa alto: 20 Hz  
Passatura : A Filtro passa basso: 16 KHz  
Strumentazione: Larson-Davis modello 870  
Microfono : Larson-Davis modello 2541

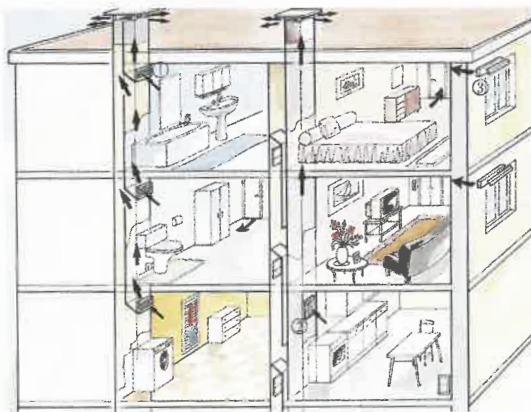
1=I-Lmax-2=I-LN1-13=I-LN10-4=I-Leq-15=I-LN50-6=I-LN95-7=I-Lmin-  
01/10/94 01/10/94 01/10/94 01/10/94 01/10/94 01/10/94 01/10/94



che risulta essere di bassa impedenza acustica. Risultano coinvolti anche i divisori verticali nei punti di intersezione degli impianti. Queste situazioni, verificate in opera impediscono l'osservanza dei requisiti acustici di legge e anche eventuali adeguamenti si prospettano complessi e costosi. Lo strato resiliente sottomassetto deve dimensionato in base alla rigidità dinamica, all'abbassamento statico dello strato con le previste masse tra cui è interposto; deve essere previsto un risvolto per eliminare contatti rigidi con il divisorio verticale per rendere il pavimento-massetto galleggiante nei riguardi della restante parte della struttura; va considerata anche la resistenza termica per rendere l'unità gestibile per la climatizzazione in modo autonomo e impedire significativi scambi con le unità adiacenti. E' necessario materiale resiliente da interporre tra i componenti rigidi, ad esempio tra i divisori verticali e le strutture adiacenti.

#### Finestre

Le finestre devono avere potere fonoisolante  $R_w$  pari a 50 dB, indice di valutazione, per consentire l'abbattimento delle frequenze derivanti dal rumore da traffico. Dovendo applicare per il potere fonoisolante della parete finestrata  $R_m(\text{Hz})$  la sottoriportata espres-



Nell'immagine lo schema del sistema di ventilazione igroregolabile per immobili esistenti ove sussiste la presenza di canne Shunt o cavedi che in genere possono essere utilizzati come condotte di ventilazione naturale.

1. Bocchette igroregolabili GH per estrazione naturale;
2. Griglia fissa (G 100)
3. Bocchette d'ingresso aria igroregolabile (immagine per cortesia Aldes).

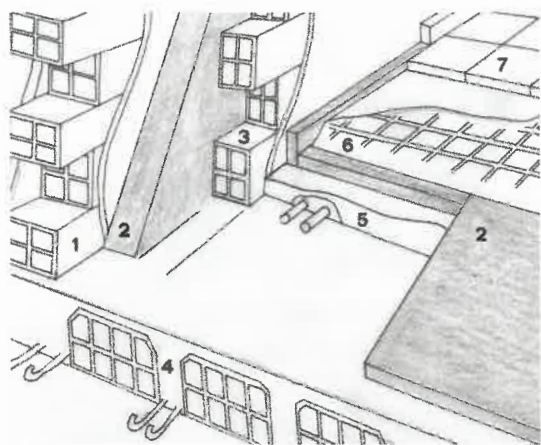
sione ed essendo  $tm(\text{Hz})$  il fattore medio di trasmissione dell'energia acustica, si ha:

$$R_m = 10 \lg(1/tm) \text{ [dB]}$$

Con  $tm = [S t_{\text{finestra}} \times S_{\text{finestra}} + t_{\text{muro}} \times S_{\text{muro}} + t_{\text{porta}} \times S_{\text{porta}}] / S_{\text{facciata}}$ .

Dove, se  $t_{\text{finestra}}$  è molto maggiore di  $t_{\text{muro}}$ ,  $tm$  risulta troppo elevato per essere in grado, anche a fronte di elevato potere fonoisolante della parte opaca (muro), di soddisfare la normativa di legge. In conclusione le finestre e le porte in una facciata dovrebbero essere costruite in modo tale da far scendere il potere fonoisolante medio dell'intera facciata di non più di 1 o 2 dB.

Giovanni M. Gislou, esperto in Acustica, Aspetti termici e impianti degli edifici



Solai interpiano, muri perimetrali e di separazione tra unità immobiliari;

Soluzioni tipiche per edilizia residenziale

1. parametro esterno in mattoni con giunti orizzontali e verticali sigillati, intonacato anche sulla faccia interna
2. pannello isolante in lana di vetro o poliuretano espanso
3. parametro interno in mattoni forati con giunti orizzontali e verticali sigillanti, intonacato
4. solaio interpiano in latero cemento
5. strato a contenimento impianti
6. massetto di ripartizione dei carichi con rete elettrosaldata
7. pavimentazione.

## Riferimenti normativi

### In ambito italiano

E' del dicembre 1995 l'entrata in vigore della prima normativa organica contro l'inquinamento acustico, la Legge Quadro 447 che stabilisce "i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico" (art. 1). La legge definisce i concetti di sorgenti sonore fisse e mobili, di valori di immissioni limite, di standard di qualità e stabilisce le competenze di Comuni, Regioni e Stato.

Più recente, del giugno 2004, le "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'art. 11 della legge 256 ottobre 1995, n. 447"

### In ambito europeo

Direttiva europea 25 giugno 2002, n. 49 "Direttiva relativa alla determinazione e alla gestione del rumore".

Gli obiettivi fissati dall'Unione Europea sono "evitare, prevenire o ridurre, secondo le priorità, gli effetti nocivi, compreso il fastidio, dell'esposizione al rumore ambientale

Direttiva 2002/49/Ce - articolo 3, lettera Q

Mappatura Acustica: la rappresentazione di dati relativi a una situazione di rumore esistente o prevista in funzione di un descrittore acustico che indichi il superamento di pertinenti valori limite vigenti, il numero di persone esposte in una determinata area o il numero di abitazioni esposte a determinati valori di un descrittore acustico in una certa zona.

Direttiva 2002/49/Ce - articolo 3, lettera T

Il piano di azione: i piani destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico e i relativi effetti, compresa, se necessario, la sua riduzione.