



POLITECNICO DI MILANO

I Facoltà di Architettura e Società

Tesi di Laurea:

IL MIGLIORAMENTO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

studenti:

SILVANO BERTOLINI

matricola 182689

MARCO CAFARO

matricola 183979

relatore:

ing. GIORGIO CAMPOLONGO

correlatore:

arch. LUCIO BARIANI

INDICE

	pag.
I. INTRODUZIONE	
1. Il problema del rumore nella vita moderna	3
2. Aspetti fisici e psicologici	7
3. Propositi e finalità della ricerca e dello studio	10
4. Differenze ed analogie tra termica ed acustica	11
II. ANALISI NORMATIVA	
1. Le normative di riferimento	16
2. Il confronto con le normative Europee	51
3. Le norme UNI	65
III. ANALISI DELLE VARIABILI ACUSTICHE ED ARCHITETTONICHE	
1. Analisi dell'isolamento di facciata e dell'involucro edilizio	
a. <i>Approccio all'acustica sulle differenti scale di progetto</i>	77
b. <i>Analisi urbana</i>	79
c. <i>Analisi architettonica</i>	81
d. <i>Analisi tecnologica</i>	86
2. Applicazione	
a. <i>Individuazione dei problemi e semplificazione della fase progettuale</i>	133
b. <i>Studio del metodo previsionale e relativa analisi</i>	135
c. <i>Applicazione del metodo previsionale</i>	138
IV. CONCLUSIONI	
1. La certificazione acustica, riferimenti e proposte	144
2. La semplificazione del metodo previsionale di calcolo	156
3. Proposte di modifica alla normativa UNI 20001500 -classificazione acustica delle unità immobiliari-	158
V. GLOSSARIO	162
VI. BIBLIOGRAFIA	170

I. INTRODUZIONE

1. Il problema del rumore nella vita moderna

In passato l'isolamento dal rumore non è mai stato considerato quale una necessità primaria, fatti salvi casi limite dovuti a strade, ferrovie, o fonti sonore particolarmente fastidiose. Analogamente, nel processo costruttivo, l'isolamento acustico è stato "snobbato", dagli organi competenti in primis, che non hanno verificato l'applicazione delle norme, dai progettisti, che nella maggior parte dei casi non sono adeguatamente formati ed infine dai costruttori, i quali commercialmente non hanno mai realizzato, né pubblicizzato le prestazioni acustiche degli immobili.

La situazione in cui ci ritroviamo oggi è che un progetto, anche per una semplice ristrutturazione interna, non può essere approvato dagli uffici tecnici comunali, se non possiede precise caratteristiche riguardanti i rapporti aero-illuminanti, se non soddisfa alcuni requisiti impiantistici, legati alla sicurezza degli abitanti od ai consumi energetici, per preservare l'ambiente. Spesso non viene invece richiesto nulla, nonostante le leggi esistenti in materia, per quel che riguarda il benessere acustico, che purtroppo sta venendo alla ribalta per altre strade, quelle dei tribunali o dei giudici di pace, ove si finisce negli sterminati casi di liti tra vicini o per le vere e proprie cause legate alla vendita d'immobili che non soddisfano di fatto le leggi per la concessione dell'abitabilità.

Perché il rumore sta via via assumendo una maggior rilevanza a livello sociale?

Le ragioni sono molte:

- **la varietà degli stili di vita**, che porta ad utilizzare le case anche in orari non propriamente canonici, arrecando quindi disturbo a vicini o anche a familiari e conviventi;
- **l'aumento esponenziale del traffico**, che negli ultimi ha portato sia alla costruzione di nuove strade, sia a vere e proprie situazioni di saturazione delle arterie principali, con tutti i disagi legati sia ai rumori del passaggio dei veicoli, sia dei clacson che vengono suonati a tutte le ore, nonostante le prescrizioni del codice della strada;

- **il potenziamento dei trasporti collettivi**, soprattutto a medio e lungo raggio, ha portato a disseminare il territorio di aeroporti internazionali da cui decollano ed atterrano velivoli con frequenze al limite del tollerabile;

L'isolamento acustico sta quindi diventando un'esigenza sempre più sentita, soprattutto nelle abitazioni condominiali.

Per le nuove costruzioni, dovrebbe essere un requisito obbligatorio, ma la mancata applicazione della Normativa di riferimento (*come si diceva non viene spesso richiesta dai Comuni in fase di concessione dei permessi edilizi*) o comunque la mancanza di un adeguato studio acustico, in situazioni limite ha provocato negli anni scorsi sempre più numerosi contenziosi tra vicini di casa e tra costruttori ed acquirenti.

L'isolamento acustico ha lo scopo di creare una barriera al suono, la cui trasmissione varia in base al tipo di struttura e alla sua reazione all'energia sonora, per non arrecare disturbo agli ambienti vicini e non esserne disturbati. Solitamente disturbano di più i suoni che si convertono facilmente in vibrazioni, cioè quelli impulsivi e quelli a bassa frequenza.

Il rumore è una sensazione trasmessa dall'orecchio al cervello a causa di una variazione di pressione dell'aria sul timpano. Il suono, e quindi il rumore, si propagano nell'aria e anche attraverso i materiali. Per garantire benessere all'interno delle abitazioni è importante isolare ogni punto critico, infatti anche una piccola falla rischia di vanificare tutto il resto dell'isolamento acustico. Sicuramente è meglio intervenire in fase di costruzione, ma ci sono dei rimedi sempre più efficaci anche per interventi correttivi o di ristrutturazione su vecchi edifici.

Esistono diversi tipi di rumore da cui ci si deve proteggere:

- **il rumore aereo** è generato da voci o musica e raggiunge le superfici che delimitano l'ambiente. Una parte della sua energia viene riflessa, una parte assorbita e una genera infine vibrazioni all'interno delle strutture stesse. In presenza di sufficiente energia, le vibrazioni producono rumore e si propagano nell'ambiente confinante.
- **il rumore da calpestio** può essere per esempio generato dai passi, dalla

caduta di oggetti sul pavimento, da un colpo di martello oppure da una porta chiusa con forza. L'impatto diretto sulla struttura dell'edificio provoca la vibrazione della struttura e produce onde sonore su entrambi i lati della superficie colpita.

- **il rumore di fiancheggiamento** che si verifica quando un suono da calpestio viene trasmesso da un ambiente a un altro sottostante anche tramite pareti laterali, controsoffittature o anche tubi e condotti. Il suono entra nella struttura dalle superfici non isolate della stanza, viaggia come vibrazione nei materiali della costruzione e viene ritrasmesso negli ambienti anche non immediatamente adiacenti.

Il rumore può anche "aggirare" un divisorio insonorizzante: se si è costruita solo una controparete insonorizzata per un'area problematica della casa, bisogna tenere conto che il suono è in grado di passare attraverso gli altri muri laterali, il pavimento e il soffitto.

I fattori principali che influiscono sul comportamento delle strutture investite dal rumore sono:

- **la massa**, che porta ad una più bassa trasmissione del suono: è necessaria infatti una maggiore quantità di energia per trasmettere vibrazioni in un materiale pieno e denso piuttosto che in uno leggero. Il collegamento tra diverse parti e materiali è molto rilevante.
- **la rigidità**, infatti quando un elemento costruttivo è costituito da diverse parti, l'entità del suono trasmesso dipende dalla rigidità dei collegamenti fra queste (*ad esempio un collegamento murario o uno strato resiliente in un pavimento galleggiante*). Più rigido è il collegamento, maggiore è la trasmissione sonora fra le parti.
- **l'assorbimento**, i componenti che assorbono l'energia sonora infatti, riducono la trasmissione del rumore attraverso la struttura dell'edificio.
- **le cavità**, che favoriscono la riduzione della trasmissione acustica isolando le parti degli elementi costruttivi; la larghezza della cavità e il numero dei collegamenti che la attraversano influiscono sull'entità della riduzione.

In acustica è stata introdotta la scala dei decibel (dB) come unità di misura relativa dell'ampiezza di un segnale. L'intensità espressa in decibel è proporzionale al logaritmo del rapporto fra l'intensità del segnale e un valore di riferimento.

Per valutare il rumore rispetto ai suoi effetti sull'orecchio umano occorre però stabilire una corrispondenza tra i dati oggettivi e la sensazione sonora.

Nella valutazione del rumore fatta con i moderni strumenti si fa quindi riferimento a scale fonometriche, cioè curve di ponderazione, stabilite a livello internazionale e contraddistinte dalle lettere A, B, C, D. Nella maggior parte dei casi, per esempio per misurare la rumorosità di un apparecchio elettrico, si utilizza la curva di ponderazione A. I livelli di pressione sonora misurati in questo modo vengono identificati dalla sigla dB(A).

Prendendo infine in considerazione le cavità, in questa fase preliminare, basta sottolineare come favoriscono la riduzione della trasmissione acustica isolando le parti degli elementi costruttivi; la larghezza della cavità e il numero dei collegamenti che la attraversano influiscono sull'entità della riduzione.

2. Aspetti fisici e psicologici

Se in tanti altri campi quali la statica, la termica o l'idraulica, abbiamo a che fare con grandezze proporzionali e comunque oggettive, inconfutabili, nell'acustica la percezione del rumore varia moltissimo da soggetto a soggetto, a seconda del clima acustico in cui ci si trova ed anche a seconda dell'attività che si sta svolgendo.

Risulta quindi difficile fissare delle regole tecniche e giuridiche assolute, causa la soggettività della percezione. I giornali sono pieni di sentenze "barzellette" che cercano di metter pace tra vicini che si accusano dei peggiori comportamenti.

Di seguito riportate, alcune considerazioni di carattere fisico che possono aiutare a capire in cosa consista lo studio dell'isolamento acustico:

- i suoni sono caratterizzati dalla frequenza, al variare della quale assumono caratteristiche molto diverse tra di loro; l'isolamento acustico va pensato o comunque verificato per ogni "banda d'ottava", perché al variare dei tipi di suono possono risultare vani gli accorgimenti isolanti;
- il livello di pressione sonora, che si misura in decibel (dB), ha un andamento esponenziale, si ha quindi una percezione del raddoppio del livello ogni 6 dB; nella pratica, si rischia di sottovalutare, a fronte di un minor costo, una differenza d'isolamento di 4-6 dB tra un elemento architettonico ed un altro, quando le prestazioni non diminuiscono, ma dimezzano;
- in aggiunta al sopra descritto andamento esponenziale dei dB, bisogna almeno citare la spinosa differenza tra dB strumentali e dB(A), che tengono maggiormente conto delle frequenze a cui è più sensibile l'orecchio umano, per avere un riscontro più diretto sul benessere ambientale, rispetto al mondo di laboratorio;

Ecco d'altro canto alcune considerazioni "psicologiche" che non depongono a favore di una facile ed univoca applicazione delle tecnologie per l'isolamento acustico, ma di cui si deve comunque tener conto per un corretto approccio al benessere acustico in edilizia:

- innanzitutto, per quel che riguarda l'isolamento di facciata, gli accorgimenti

tecnici ed architettonici vengono letteralmente annullati nei periodi estivi, quando di prassi si tengono i serramenti socchiusi o totalmente aperti, diventano quindi particolarmente importanti la distanza e l'orientamento verso le fonti di rumore, indipendenti dal puro e semplice isolamento di facciata;

- potrà sembrare scontato, ma quando si dorme si ha bisogno di un silenzio maggiore rispetto a quando si lavora o ci si diverte, attività le quali possono arrecare fastidio ai vicini. Questa considerazione basilare, va inoltre ampliata all'interno di una stessa unità immobiliare, infatti, un fastidio per chi dorme non arriva solo dall'esterno o dagli impianti, ma anche dal bagno o dal soggiorno della stessa abitazione;
- un rumore si può presentare sotto diverse sembianze: il calpestio dei piani superiori, il rumore dalle stanze adiacenti, il rumore proveniente dall'esterno ed infine il rumore degli impianti. Tutti questi aspetti sono ugualmente importanti e vanno previsti, progettati e controllati, per raggiungere il tanto ambito "comfort acustico". Vanno però considerati in stretto rapporto uno con l'altro, difatti un rumore ne può nascondere un'altro e di conseguenza un buon isolamento può evidenziarne uno un po' più carente. Negli ultimi anni si sta dando più importanza all'isolamento di facciata. Per contrastare il traffico ed i rumori crescenti, ma anche perché è migliorato l'isolamento verso le unità abitative adiacenti, ed il fastidio percepito dagli utenti viene sempre più spesso identificato verso l'esterno.
- il nostro organismo è molto flessibile ed ha dei meccanismi inconsci per difenderci da certi rumori che vengono individuati come abituali. Ciò spiega il perché chi abita in prossimità di un campanile che batte le ore, o nei pressi di una ferrovia o di un aeroporto, arriva col tempo a non far più caso proprio a questi rumori così ripetitivi. Se però i rumori superano il limite di accettabilità, anche a livello inconscio, il rumore può provocare veri e propri abbassamenti dell'udito, oltre a quelli che si ripercuotono sul sistema nervoso.
- rientra infine nelle considerazioni di percezione del rumore, per quel che riguarda l'aspetto fisiologico e soggettivo, la questione dei rumori da impianti.

Distinti in "continui e discontinui", non ci sono certezze assolute sul fastidio che arrecano, può essere percepito come più fastidioso un rumore saltuario più forte, piuttosto che un ronzio continuo anche molto lieve.

In conclusione, il disagio causato dai rumori che entrano nella casa e da quelli prodotti all'interno dell'abitazione stessa non hanno effetto solo sul benessere abitativo, ma vanno tenuti in considerazione anche per quel che riguarda l'aspetto psicofisico.

La garanzia di un comfort acustico negli ambienti domestici è in conclusione una necessità che viene spesso disattesa e nonostante ci siano delle leggi in merito, attualmente in vigore, non vengono purtroppo applicate.

3. Propositi e finalità della ricerca e dello studio

La tesi punta allo studio del comfort acustico degli ambienti abitati, con l'obiettivo di sensibilizzare i progettisti, i costruttori ed infine i privati, sull'importanza dell'acustica nelle unità abitative.

L'acustica può e deve diventare una componente architettonica. Finora considerata una questione prettamente ingegneristica, risulta tuttavia molto più facile da gestire in una prima fase progettuale, a livello urbanistico e architettonico se tenuta in debita considerazione.

Il fine è di analizzare, verificare e discutere un metodo per migliorare il rendimento acustico dell'edificio attraverso una progettazione cosciente che tenga conto delle esigenze dell'utenza finale, passando da un'analisi dei costi/benefici al fine di ottenere il massimo del rendimento (per raggiungere in opera il limite minimo richiesto per legge o più) limitando i costi al necessario. In un futuro prossimo, si spera inoltre, come già richiesto da molti autorevoli esponenti, di poter arrivare ad una vera e propria classificazione acustica, in grado di differenziare, anche commercialmente, un edificio rispetto ad un altro.

La ricerca avverrà tramite lo studio della legislazione in materia e tramite l'utilizzo dei modelli di calcolo per la valutazione dell'isolamento acustico di facciata, come indicato dalla normativa UNI EN 12354-3 e UNI/TR 11175, cercando delle metodologie di progettazione in base allo studio delle variabili architettoniche e al peso che ciascuna ha nell'intero sistema di facciata, puntando allo sfruttamento di tutti gli elementi che svolgono un ruolo nell'isolamento acustico e all'individuazione e successivo rafforzamento dei "punti deboli".

Questa ricerca prevede uno studio pienamente immerso nel mondo reale del lavoro, che tiene conto dell'importanza che ricopre il lato economico della questione, al fine di trovare un punto di equilibrio tra risultati certi ed economicità, attraverso il massimo sfruttamento degli elementi in base alle loro potenzialità.

4. Differenze ed analogie tra termica ed acustica

Il rinnovato interesse per le prestazioni di isolamento acustico degli edifici, e la recente emanazione della nuova normativa sul risparmio energetico in edilizia (Dlgs 311 e Legge finanziaria 2007) hanno rafforzato la necessità di definire procedure di progettazione che considerino entrambi gli aspetti. Attualmente infatti, nella maggioranza dei casi, la progettazione del risparmio energetico e dell'isolamento acustico vengono affidate a differenti professionisti che non dispongono di adeguata competenza in entrambi i campi. Ci si trova quindi ad esempio a dover ridefinire più volte le stratigrafie dei pacchetti costruttivi (e ad eseguire più volte i calcoli di progetto) per ottenere un edificio che soddisfi entrambi i requisiti.

Nei paragrafi che seguono si cercherà di considerare i due aspetti correlati per provare a indicare una procedura di progettazione "congiunta" e integrale. Prima però alcune considerazioni di carattere generale:

- Innanzitutto va fatta una precisazione fondamentale: l'isolamento termico di una struttura è determinato principalmente dalle caratteristiche del materiale isolante (conduttività termica e spessore), l'isolamento acustico ai rumori aerei è invece definito dalle caratteristiche interdipendenti di ogni strato ovvero dall'intera struttura nel suo insieme. Considerando ad esempio una parete verticale, è noto che la trasmittanza è pari all'inverso della somma delle resistenze dei vari strati che la compongono. È facile osservare che lo strato che maggiormente contribuisce a minimizzare le dispersioni energetiche è proprio il materiale isolante termico. Il metodo di calcolo lineare per l'isolamento termico non è riproducibile per l'isolamento acustico ai rumori aerei, il quale non può essere determinato sommando tra loro le prestazioni di potere fonoisolante dei singoli strati. Operando in tale maniera si osserverebbe che il singolo elemento può avere prestazioni anche nulle se usato singolarmente, mentre può contribuire a formare un valido pacchetto isolante se unito a mattoni, lastre di gesso, o altri elementi. Di fatto tali strati hanno il ruolo importante di contribuire all'isolamento acustico globale minimizzando le risonanze nelle cavità delle pareti. Diventano pertanto

fondamentali per il raggiungimento della prestazione richiesta, ma non sono i soli responsabili dell'isolamento. In conclusione si può affermare che per ottenere il rispetto delle prestazioni di isolamento termico non si commettono grossi errori se si effettua una corretta scelta del tipo di materiale isolante e del suo spessore; in acustica è invece necessario prestare la massima attenzione all'intera stratigrafia della struttura.

- Un discorso a parte merita invece l'isolamento ai rumori da calpestio. Nella maggior parte dei casi è sostanzialmente obbligatorio utilizzare, e posare correttamente, materiali elastici desolidarizzanti per bloccare la trasmissione di vibrazioni dal rivestimento a pavimento alle strutture al contorno. L'assenza di tali materiali determinerebbe il non raggiungimento delle prestazioni richieste.
- Per quel che riguarda la differenza tra ponti termici e i ponti acustici si deve rilevare una certa confusione, vengono infatti frequentemente confusi tra loro e si adottano indiscriminatamente i medesimi interventi per risolvere entrambe le problematiche. In realtà non sempre un ponte termico coincide con un ponte acustico. Un esempio sono i pilastri in cemento armato sulle pareti di facciata. Tali elementi, dalla massa elevata, sono certamente degli ottimi isolanti acustici rispetto ai rumori provenienti dall'esterno, e non rappresentano quindi ponte acustico per i rumori aerei. D'altro canto, se non sono isolati, sono degli ottimi conduttori termici e quindi sono ponti termici da correggere.

Come impostare quindi la progettazione? Quali scelte vanno compiute e quando? Quali i materiali da utilizzare? Le seguenti considerazioni affrontano i vari aspetti per le varie tipologie di partizioni presenti in un edificio, proponendo una gerarchia nel processo decisionale e di verifica.

Pareti verticali a contatto con l'esterno

L'isolamento acustico di facciata viene determinato "mediando" le prestazioni di isolamento degli elementi opachi e degli elementi finestrati. Questi ultimi, essendo in genere dotati di prestazioni fonoisolanti sensibilmente inferiori rispetto alle pareti, sono i principali responsabili del comportamento dell'intera

facciata. Pertanto, in generale, si può affermare che quasi sempre una parete opaca tradizionale può soddisfare il requisito di isolamento acustico. La maggiore attenzione dovrà essere indirizzata invece nella scelta del componente finestrato. E' quindi prioritario il rispetto del limite di isolamento termico imposto sulle trasmittanze. In funzione delle ipotesi iniziali di spessore massimo e di tipologia di parete si calcola lo spessore del materiale isolante e se ne determina la posizione. Sulla base della stratigrafia ottenuta è quindi possibile effettuare la verifica di condensazione interstiziale e superficiale.

Serramenti

Come già indicato al paragrafo precedente le finestre sono gli elementi che principalmente determinano l'isolamento acustico di facciata. Per quanto attiene all'isolamento termico invece il Dlgs 311 indica dei valori minimi di trasmittanza da imporre a vetri e serramenti.

Si evidenzia però che, considerati i valori minimi di isolamento acustico indicati del D.P.C.M. 5-12-1997, è possibile ipotizzare la necessità di adottare sempre serramenti ad elevato potere fonoisolante. Finestre con vetri doppi e lastre di tipo stratificato, per le quali è possibile ipotizzare una trasmittanza della parte vetrata mediamente di 3.0 W/m²K, dotate di elevata tenuta all'aria (*classe 4* secondo UNI EN 12207).

Il Dlgs 311 invece consente, in alcune zone climatiche (A,B,C) anche l'utilizzo di vetri con prestazioni di isolamento termico sensibilmente inferiori.

Per tali zone il limite di isolamento termico è del tutto inutile dovendo rispettare l'isolamento acustico. Pertanto è opportuno progettare il serramento considerando le seguenti priorità:

- verifica dell'isolamento acustico;
- controllo della trasmittanza del vetro in funzione della zona climatica;
- controllo della trasmittanza del serramento nel suo complesso.

Si evidenzia che la necessità di adottare serramenti ad elevata tenuta all'aria

comporta la completa assenza di ricambi d'aria all'interno dei locali se le finestre non vengono aperte dagli utenti, con un conseguente possibile aumento di muffe nelle abitazioni.

Pertanto sarà opportuno prevedere la realizzazione di sistemi di ventilazione meccanica controllata (VMC).

Per quanto riguarda le superfici di copertura il problema si pone nel caso si stiano considerando tetti a copertura di ambienti abitativi riscaldati.

In tal senso le stratigrafie dovranno rispettare sia i limiti di isolamento acustico di facciata che i valori di isolamento termico.

Due sono le tipologie di coperture che richiedono verifiche e processi differenti.

- per le coperture con solaio in laterocemento, prevale la progettazione termica con il posizionamento e la scelta del materiale isolante ai fini del raggiungimento dei valori di trasmittanza limite.

Contestualmente si effettua la verifica di condensazione superficiale e interstiziale. L'inerzia e l'isolamento acustico dai rumori aerei sono generalmente raggiunti e copertura in laterocemento quindi è opportuno esclusivamente realizzare un controllo dei valori ottenuti.

- Per le coperture leggere, come ad esempio i tetti in legno, valgono le seguenti considerazioni: per quanto riguarda l'isolamento acustico è necessario valutare con particolare attenzione le prestazioni della partizione per rispettare i valori minimi indicati nel D.P.C.M. 5-12-1997. Si dovrà prevedere preferibilmente in tali stratigrafie l'utilizzo di materiali isolanti di tipo fibroso, di adeguata densità ed eventualmente la posa di un doppio assito. Se la copertura rispetta i parametri acustici e inerziali si può passare alla verifica della trasmittanza che comporta aumenti di spessore di materiale isolante. Da ultimo si effettuerà il controllo dell'assenza di rischio di condensazione interstiziale e superficiale.

Isolamento termico e isolamento acustico sono due requisiti strettamente correlati tra loro che richiedono un'attenta progettazione: le due problematiche non possono essere risolte semplicemente utilizzando un generico strato di materiale "isolante".

Ferma restando l'importanza sottolineata di una progettazione cosciente e congiunta, vogliamo sottolineare alcune differenze d'approccio, indispensabili, infatti, soprattutto per l'acustica, con la sua complessità, ci devono essere dei controlli supplementari, soprattutto in fase di cantiere e collaudo:

- l'acustica presenta una grande difficoltà di calcolo, dovuta soprattutto alla forte incidenza di eventuali errori di posa, di falle, che possono vanificare la progettazione, e non far tornare i rilievi in opera, su cui si basano i limiti imposti dallo stato;
- il rovescio della medaglia, rispetto al punto precedente è un'estrema facilità di verifica, e quindi di certificazione; in acustica infatti non ci si basa su calcoli presunti di consumi annui, tra l'altro vincolati al comportamento degli utenti, si può effettuare una rilevazione istantanea, inequivocabile;
- come si è anticipato, la forte incidenza degli errori nella posa, o più genericamente delle falle acustiche, fa sì che in acustica non valga assolutamente il concetto di media, un piccolo difetto può annullare la resistenza delle altre componenti architettoniche;

Infine, una breve considerazione fiscale, a dimostrazione del fatto che in questa epoca tecnico-architettonica, si stia dando un'estrema importanza alle questioni termiche, volte a preservare l'ambiente, trascurando però colpevolmente tutto ciò che riguarda l'acustica: per quanto riguarda gli interventi di insonorizzazione possono fruire della detrazione Irpef pari al 36% delle relative spese sostenute, fino a 48mila euro per unità immobiliare. Qualora i lavori e i materiali utilizzati per l'isolamento acustico consentano anche un risparmio energetico, la detrazione può salire al 55%.

II. ANALISI NORMATIVA

1. Le normative di riferimento

In Italia esistono quattro diversi livelli di Governo che possono intervenire nello scenario Legislativo in ambito acustico:

- lo Stato, di competenza Nazionale;
- le Regioni;
- le Province, le quali però non hanno compiti legislativi;
- i Comuni con la redazione di Piani Urbanistici e Regolamenti Edilizi intervengo nella progettazione del patrimonio immobiliare.

Proprio da questa frammentarietà nascono alcune incongruenze che hanno portato l'acustica ad essere considerata marginalmente nel processo edilizio:

- il 20 febbraio 1998 è entrato in vigore il D.P.C.M. 5/12/97, ad oggi riconosciuto come la principale normativa di riferimento in materia di acustica; che pur in poche pagine, ha fissato in modo inequivocabile "i requisiti acustici passivi" che gli edifici avrebbero dovuto avere dalla sua entrata in vigore;
- ad oggi tuttavia, la maggioranza dei comuni, nonostante i limiti imposti a livello statale, non ha ritenuto necessario vincolare il rilascio dei permessi edilizi o dei certificati d'agibilità alla presentazione di un Progetto Acustico od alla più semplice esecuzione di prove di verifica sull'edificio ultimato;
- le conseguenze sono state gravi: senza un'adeguata applicazione, i valori imposti dal D.P.C.M. 5/12/97 sono stati letteralmente "snobbati" e nella maggioranza dei casi non risultano verificati. Quindi la maggior parte del patrimonio immobiliare sorto dal 1998 ad oggi, nei casi giudiziari in cui se ne chieda la verifica, non soddisfa i requisiti acustici e di conseguenza, quelli di abitabilità.

Ciò premesso, di seguito cercheremo di riassumere ed analizzare le normative emanate in campo di inquinamento acustico e relativo isolamento acustico a cui facciamo riferimento per la progettazione degli edifici.

. D.M. del 18 dicembre 1975

« art. 5 Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica » (Gazzetta Ufficiale n. 29 del 2 febbraio 1976)

Questo Decreto costituisce di fatto la base del D.P.C.M. 5/12/97. Nonostante sia stato emanato 25 anni prima e fosse prettamente rivolto alla regolamentazione degli edifici ad uso scolastico, verrà ripreso piuttosto pedissequamente, innalzando ovviamente i livelli di isolamento, a seguito del progresso tecnologico dei materiali. Vengono infatti inseriti i diversi valori di riferimento per:

- l'isolamento da rumore aereo tra locali adiacenti;
- l'isolamento da rumore aereo tra interno ed esterno;
- il livello massimo ammissibile per il rumore da calpestio;
- il livello massimo ammissibile per il rumore degli impianti;

Di seguito, a dimostrazione, si riportano i passi più significativi dell'art. 5 della legge in oggetto, ove vengono trattate le norme di abitabilità, e nel dettaglio le condizioni acustiche richieste.

5. NORME RELATIVE ALLE CONDIZIONI DI ABITABILITÀ.

5.0. Generalità.

...

5.0.2. *Le condizioni di abitabilità, alle quali corrispondono determinati requisiti e livelli, possono essere raggruppate come segue:*

i) condizioni acustiche (livello sonoro, difesa dai rumori, dalle trasmissioni dei suoni, dalle vibrazioni, ecc.);

...

5.1. Condizioni acustiche.

Criteri di valutazione dei requisiti acustici dell'edilizia scolastica.

...

5.1.2. Verifiche e misure.

i) L'isolamento acustico e i requisiti acustici dovranno essere verificati per quanto concerne:

- *potere fonoisolante di strutture verticali, orizzontali, divisorie, ed esterne di infissi verso l'esterno, di griglie e prese d'aria installate verso l'esterno;*

- l'isolamento acustico contro i rumori trasmessi per via aerea tra spazi adiacenti e sovrapposti ad uso didattico e nei locali comuni (isolamento ambiente);
- il livello di rumore di calpestio normalizzato di solai;
- il livello di rumore di calpestio tra due spazi sovrapposti;
- la rumorosità dei servizi: e degli impianti fissi;
- il coefficiente di assorbimento ed i materiali isolanti acustici.

Le misure, le determinazioni sperimentali, la presentazione e la valutazione dei dati, seguiranno per quanto possibile, le raccomandazioni ISO/R 140-1960, per le misure in laboratorio e in opera della trasmissione di rumori per via aerea di rumori di calpestio: ed ISO/R 354-63 per le misure del coefficiente di assorbimento in camera riverberante; i valori delle frequenze nominali da utilizzare saranno quelli normalizzati di 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz.

II) I dati di laboratorio dovranno essere richiesti, rilevati e presentati secondo le norme generali. Le grandezze da sottoporre a misure di laboratorio saranno:

- il potere fonoisolante (**R**) di strutture divisorie interno, di infissi verso l'esterno, di griglie, prese d'aria e pareti esterne opache;
- 1. il coefficiente di assorbimento acustico dei materiali isolanti acustici

III) I requisiti di accettabilità da determinare con misure di laboratorio saranno i seguenti (con indice di valutazione **I** riferito al valore dell'ordinata a 500 Hz):

- potere fonoisolante di strutture divisorie interne verticali ed orizzontali, **I = 40 dB**;
- potere fonoisolante di infissi verso l'esterno, **I = 25 dB**;
- potere fonoisolante di chiusure esterne opache: **superiore di 10 dB a quella degli infissi**;
- potere fonoisolante di griglie e prese d'aria installate verso l'esterno, **I = 20 dB**;
- livello di rumore di calpestio normalizzato di solai, **I = 68 dB**.

Il coefficiente di assorbimento deve essere misurato in camera riverberante e suono diffuso alle frequenze di 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz.

IV) Il collaudo in opera deve essere richiesto, eseguito e presentato secondo le norme generali contenute nella circolare 30 aprile 1966, n. 1769 parte I del Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei lavori pubblici. Le misure devono essere eseguite nelle condizioni prescritte dai paragrafi I) e II) delle presenti norme.

...

v) Requisiti di accettabilità da determinare con misure in opera (con indice di valutazione **I** riferito al valore dell'ordinata a 500 Hz):

- isolamento acustico fra due ambienti adiacenti, **I = 40 dB**;
- isolamento acustico fra due ambienti sovrapposti [come specificato nel punto VI)], **I = 42 dB**;
- livello di rumore di calpestio fra due ambienti sovrapposti, **I = 68 dB**.

...

La rumorosità dei servizi, determinata dal massimo livello (A) misurato, non dovrà superare i seguenti limiti.

- servizi a funzionamento discontinuo, **A = 50 dB (A)**
- servizi a funzionamento continuo, **A = 40 dB (A)**

I valori ottimali dei tempi di riverberazione vanno determinati in funzione del volume dell'ambiente e riferiti alle frequenze 250, 500, 1000 2000 Hz secondo i diagrammi delle figg. 4-5.

. il D.P.C.M. del 1 marzo 1991

« Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno » (Gazzetta Ufficiale n. 57 dell'8 marzo 1991)

L'isolamento acustico ha una notevole importanza per la qualità della vita che si riscontra all'interno di un'unità immobiliare. Dovrebbe essere normato da indicazioni tecniche univoche, che i progettisti possano adottare e gli uffici tecnici comunali far rispettare. Attualmente invece l'acustica è molto più presente nelle aule giudiziarie che nelle commissioni edilizie.

Questo Decreto, come vedremo, non verrà sistematicamente applicato a livello giuridico, per un periodo sarà applicato solamente nelle contese tra privati ed enti pubblici, di nuovo ripreso a livello normativo dal D.P.C.M. 14/11/97, ed infine modificato dalla legge 13 del 27 febbraio 2009, di seguito riportati.

Di fatto stabiliva i limiti massimi di esposizione al rumore a 5 dB di giorno e 3 dB di notte di differenza tra il rumore ambientale (con la sorgente disturbante) e il rumore residuo (senza detta sorgente e maggiore del rumore di fondo), con misurazioni di livello equivalente L_{eq} cioè medio, con l'ulteriore limite di 30 dBA di notte a finestra chiusa, al di sotto del quale il rumore era accettabile. L'effetto giuridico principale fu che questi limiti erano più permissivi rispetto al precedente limite di 3 dB sul rumore di fondo.

Considerata l'opportunità di stabilire, in via transitoria, stante la grave situazione di inquinamento acustico attualmente riscontrabile nell'ambito dell'intero territorio nazionale ed in particolare nelle aree urbane, limiti di accettabilità di livelli di rumore validi su tutto il territorio nazionale, quali misure immediate ed urgenti di salvaguardia della qualità ambientale e dell'esposizione umana al rumore, in attesa dell'approvazione di una legge quadro in materia di tutela dell'ambiente dall'inquinamento acustico, che fissi i limiti adeguati al progresso tecnologico ed alle esigenze emerse in sede di prima applicazione del presente decreto;

...

Ai fini della determinazione dei limiti massimi dei livelli sonori equivalenti, i comuni adottano la classificazione in zone riportata nella tabella 1. I limiti massimi dei livelli sonori equivalenti, fissati in relazione alla diversa destinazione d'uso del territorio, sono indicati nella tabella 2.

*Per le zone non esclusivamente industriali indicate in precedenza, oltre ai limiti massimi in assoluto per il rumore, sono stabilite anche le seguenti differenze da non superare tra il livello equivalente del rumore ambientale e quello del rumore residuo (criterio differenziale): **5 dB (A) durante il periodo diurno; 3 dB (A) durante il periodo notturno.** La misura deve essere effettuata all'interno degli ambienti abitativi e nel tempo di osservazione del fenomeno acustico.*

. legge n°447 del 26 ottobre 1996
« Legge quadro sull'inquinamento acustico »
(Gazzetta Ufficiale n. 254 del 30 ottobre 1995)

Come si può desumere dal nome, questa legge è stata emanata con l'intento di fornire delle linee guida generali sull'inquinamento acustico.

Se i vari Decreti attuativi la riprenderanno per dare indicazioni tecniche o di carattere giuridico, per fissare dei limiti a livello locale, regionale, o nazionale, il corpo di questa legge pone invece le basi per poter parlare di acustica, definisce quindi il lessico, la terminologia di riferimento, le figure coinvolte nel processo di progettazione, attuazione e verifica. Con questo inquadramento generale, permette alle norme ed ai decreti stessi di scendere nel dettaglio dei livelli e dei requisiti e non ultimo di come devono essere verificati e rilevati in opera.

Di notevole importanza inoltre, agli articoli 3, 4, 5 e 6, la suddivisione delle competenze in materia acustica tra i vari livelli di governo: stato, regione, provincia e comune. Proprio questa frammentazione legislativa, è indicata all'inizio del capitolo quale principale causa alla mancata applicazione delle normative esistenti.

Per usare una frase riassuntiva, questa legge:

"Stabilisce i principi generali per il benessere acustico, sia nell'ambiente esterno, sia nell'ambiente abitativo."

Il carattere generale del documento fa sì che sia di relativamente facile lettura, di seguito quindi riportiamo, direttamente dal corpo della legge, gli articoli più significativi:

Art. 1.
(Finalità della legge)

1. La presente legge stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico, ai sensi e per gli effetti dell'articolo 117 della Costituzione.

...

Art. 2.
(Definizioni)

1. Ai fini della presente legge si intende per:

a) inquinamento acustico: l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo dell'ambiente esterno o tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi;

b) ambiente abitativo: ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al d.lgs. 15 agosto 1991, n. 277, salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive;

...

e) valori limite di emissione: il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa;

f) valori limite di immissione: il valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori;

g) valori di attenzione: il valore di rumore che segnala la presenza di un potenziale rischio per la salute umana o per l'ambiente;

h) valori di qualità: i valori di rumore da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo periodo con le tecnologie e le metodiche di risanamento disponibili, per realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla presente legge.

...

5. I provvedimenti per la limitazione delle emissioni sonore sono di natura amministrativa, tecnica, costruttiva e gestionale. Rientrano in tale ambito:

a) le prescrizioni relative ai livelli sonori ammissibili, ai metodi di misurazione del rumore, alle regole applicabili alla fabbricazione;

b) le procedure di collaudo, di omologazione e di certificazione che attestino la conformità dei prodotti alle prescrizioni relative ai livelli sonori ammissibili; la marcatura dei prodotti e dei dispositivi attestante l'avvenuta omologazione;

c) gli interventi di riduzione del rumore, distinti in interventi attivi di riduzione delle emissioni sonore delle sorgenti e in interventi passivi, adottati nei luoghi di immissione o lungo la via di propagazione dalla sorgente al ricettore o sul ricettore stesso;

d) i piani dei trasporti urbani ed i piani urbani del traffico; i piani dei trasporti provinciali o regionali ed i piani del traffico per la mobilità extraurbana; la pianificazione e gestione del traffico stradale, ferroviario, aeroportuale e marittimo;

e) la pianificazione urbanistica, gli interventi di delocalizzazione di attività rumorose o di ricettori particolarmente sensibili.

6. Ai fini della presente legge è definito tecnico competente la figura professionale idonea ad effettuare le misurazioni, verificare l'ottemperanza ai valori definiti dalle vigenti norme, redigere i piani di risanamento acustico, svolgere le relative attività di controllo.

Il tecnico competente deve essere in possesso del diploma di scuola media superiore ad indirizzo tecnico o del diploma universitario ad indirizzo scientifico ovvero del diploma di laurea ad indirizzo scientifico.

7. L'attività di tecnico competente può essere svolta previa presentazione di apposita domanda all'assessorato regionale competente in materia ambientale corredata da documentazione comprovante l'aver svolto attività, in modo non occasionale, nel campo dell'acustica ambientale da almeno quattro anni per i diplomati e da almeno due anni per i laureati o per i titolari di diploma universitario.

...

9. I soggetti che effettuano i controlli devono essere diversi da quelli che svolgono le attività sulle quali deve essere effettuato il controllo.

*Art. 3.
(Competenze dello Stato)*

1. Sono di competenza dello Stato:

...

b) il coordinamento dell'attività e la definizione della normativa tecnica generale per il collaudo, l'omologazione, la certificazione e la verifica periodica dei prodotti ai fini del contenimento e dell'abbattimento del rumore; il ruolo e la qualificazione dei soggetti preposti a tale attività [...];

c) la determinazione, [...] delle tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico, tenendo conto delle peculiari caratteristiche del rumore emesso dalle infrastrutture di trasporto;

d) il coordinamento dell'attività di ricerca, di sperimentazione tecnico-scientifica [...];

e) la determinazione, [...] dei requisiti acustici delle sorgenti sonore e dei requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti, allo scopo di ridurre l'esposizione umana al rumore. [...];

f) l'indicazione, [...] dei criteri per la progettazione, l'esecuzione e la ristrutturazione delle costruzioni edilizie e delle infrastrutture dei trasporti, ai fini della tutela dall'inquinamento acustico;

...

i) l'adozione di piani pluriennali per il contenimento delle emissioni sonore prodotte per lo svolgimento di servizi pubblici essenziali quali linee ferroviarie, metropolitane, autostrade e strade statali entro i limiti stabiliti per ogni specifico sistema di trasporto, [...];

...

m) la determinazione, [...] dei criteri di misurazione del rumore emesso dagli aeromobili e della relativa disciplina per il contenimento dell'inquinamento acustico, con particolare riguardo a:

...

3) all'individuazione delle zone di rispetto per le aree e le attività aeroportuali e ai criteri per regolare l'attività urbanistica nelle zone di rispetto. Ai fini della presente disposizione per attività aeroportuali si intendono sia le fasi di decollo o di atterraggio, sia quelle di manutenzione, revisione e prove motori degli aeromobili;

...

2. I decreti di cui al comma 1, lettere a), c), e), h) e l), sono emanati entro nove mesi dalla data di entrata in vigore della presente legge. I decreti di cui al comma 1, lettere f), g) e m), sono emanati

entro diciotto mesi dalla data di entrata in vigore della presente legge.

3. I provvedimenti previsti dal comma 1, lettere a), c), d), e), f),g), h), i), l) e m), devono essere armonizzati con le direttive dell'Unione europea recepite dallo Stato italiano e sottoposti ad aggiornamento e verifica in funzione di nuovi elementi conoscitivi o di nuove situazioni.

4. I provvedimenti di competenza dello Stato devono essere coordinati con quanto previsto dal decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 1° marzo 1991, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 57 dell'8 marzo 1991.

*Art. 4.
(Competenze delle regioni)*

1. Le regioni, entro il termine di un anno dalla data di entrata in vigore della presente legge, definiscono con legge:

a) i criteri in base ai quali i comuni, [...] procedono alla classificazione del proprio territorio nelle zone previste dalle vigenti disposizioni per l'applicazione dei valori di qualità [...] stabilendo il divieto di contatto diretto di aree, anche appartenenti a comuni confinanti, quando tali valori si discostano in misura superiore a 5 dBA di livello sonoro equivalente misurato secondo i criteri generali stabiliti dal decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 1° marzo 1991, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 57 dell'8 marzo 1991.

Qualora nell'individuazione delle aree nelle zone già urbanizzate non sia possibile rispettare tale vincolo a causa di preesistenti destinazioni di uso, si prevede l'adozione dei piani di risanamento di cui all'articolo 7;

b) i poteri sostitutivi in caso di inerzia dei comuni o degli enti competenti ovvero di conflitto tra gli stessi;

c) modalità, scadenze e sanzioni per l'obbligo di classificazione delle zone [...];

e) le procedure e gli eventuali ulteriori criteri, oltre a quelli di cui all'articolo 7, per la predisposizione e l'adozione da parte dei comuni di piani di risanamento acustico;

...

2. Le regioni, in base alle proposte pervenute e alle disponibilità finanziarie assegnate dallo Stato, definiscono le priorità e predispongono un piano regionale triennale di intervento per la bonifica dall'inquinamento acustico, [...] I comuni adeguano i singoli piani di risanamento acustico di cui all'articolo 7 al piano regionale.

*Art. 5.
(Competenze delle province)*

1. Sono di competenza delle province:

a) le funzioni amministrative in materia di inquinamento acustico [...];

...

*Art 6.
(Competenze dei comuni)*

1. Sono di competenza dei comuni, secondo le leggi statali e regionali e i rispettivi statuti:

- a) la classificazione del territorio comunale [...];
- b) il coordinamento degli strumenti urbanistici già adottati con le determinazioni assunte ai sensi della lettera a);
- c) l'adozione dei piani di risanamento di cui all'articolo 7;
- d) il controllo [...] del rispetto della normativa per la tutela dall'inquinamento acustico all'atto del rilascio delle concessioni edilizie relative a nuovi impianti ed infrastrutture adibiti ad attività produttive, sportive e ricreative e a postazioni di servizi commerciali polifunzionali, dei provvedimenti comunali che abilitano alla utilizzazione dei medesimi immobili ed infrastrutture, nonché dei provvedimenti di licenza o di autorizzazione all'esercizio di attività produttive;
- e) l'adozione di regolamenti per l'attuazione della disciplina statale e regionale per la tutela dall'inquinamento acustico;

...

2. [...] entro un anno dalla data di entrata in vigore della presente legge, adeguano i regolamenti locali di igiene e sanità o di polizia municipale, prevedendo apposite norme contro l'inquinamento acustico, con particolare riferimento al controllo, al contenimento e all'abbattimento delle emissioni sonore derivanti dalla circolazione degli autoveicoli e dall'esercizio di attività che impiegano sorgenti sonore.

3. I comuni il cui territorio presenti un rilevante interesse paesaggistico-ambientale e turistico, hanno la facoltà di individuare limiti di esposizione al rumore inferiori [...]

...

Art. 7.
(Piani di risanamento acustico)

1. Nel caso di superamento dei valori di attenzione [...] i comuni provvedono all'adozione di piani di risanamento acustico, assicurando il coordinamento con il piano urbano del traffico [...].
I piani di risanamento sono approvati dal consiglio comunale. [...]

...

3. In caso di inerzia del comune ed in presenza di gravi e particolari problemi di inquinamento acustico, all'adozione del piano si provvede, in via sostitutiva, ai sensi dell'articolo 4, comma 1, lettera b).

...

Art. 8.
(Disposizioni in materia di impatto acustico)

1. I progetti sottoposti a valutazione di impatto ambientale [...] devono essere redatti in conformità alle esigenze di tutela dall'inquinamento acustico delle popolazioni interessate.

2. Nell'ambito delle procedure di cui al comma 1, ovvero su richiesta dei comuni, i competenti soggetti titolari dei progetti o delle opere predispongono una documentazione di impatto acustico relativa alla realizzazione, alla modifica o al potenziamento delle seguenti opere:

- a) aeroporti, aviosuperfici, eliporti;
- b) strade di tipo A (autostrade), B (strade extraurbane principali), C (strade extraurbane

secondarie), D (strade urbane di scorrimento), E (strade urbane di quartiere) e F (strade locali), secondo la classificazione di cui al d.lgs. 30 aprile 1992, n. 285, e successive modificazioni;

c) discoteche;

d) circoli privati e pubblici esercizi ove sono installati macchinari o impianti rumorosi;

e) impianti sportivi e ricreativi;

f) ferrovie ed altri sistemi di trasporto collettivo su rotaia.

3. E' fatto obbligo di produrre una valutazione previsionale del clima acustico delle aree interessate alla realizzazione delle seguenti tipologie di insediamenti:

a) scuole e asili nido;

b) ospedali;

c) case di cura e di riposo;

d) parchi pubblici urbani ed extraurbani;

e) nuovi insediamenti residenziali prossimi alle opere di cui al comma 2.

4. Le domande per il rilascio di concessioni edilizie relative a nuovi impianti ed infrastrutture adibiti ad attività produttive, sportive e ricreative e a postazioni di servizi commerciali polifunzionali, dei provvedimenti comunali che abilitano alla utilizzazione dei medesimi immobili ed infrastrutture, nonché le domande di licenza o di autorizzazione all'esercizio di attività produttive devono contenere una documentazione di previsione di impatto acustico.

...

Molte Regioni hanno provveduto a emanare proprie leggi per dare pratica attuazione alla legge quadro 447.

Per l'attuazione della legge e dei successivi decreti prospettati nella stessa le normative regionali sono state adeguate in particolare sui seguenti punti:

- norme per la classificazione acustica del territorio e la pianificazione urbanistica;
- obbligo della previsione d'impatto acustico e clima acustico;
- norme per le aviosuperfici e aree per l'atterraggio ed il decollo;
- requisiti acustici degli edifici;
- norme per le attività temporanee;
- piani di risanamento per le infrastrutture di trasporto, per le imprese, per le attività comunali;
- norme per il traffico stradale e aereo;

- controlli, sanzioni, contributi.

Di seguito elencate alcune Norme regionali di riferimento, con le quali le regioni hanno provveduto ad aggiornare la propria legislazione in base al D.P.C.M., segnaliamo:

Regione Liguria: L.R. n. 12 del 20 marzo 1998 - "Disposizioni in materia di inquinamento acustico";

Regione Toscana: L.R. n. 89 del 1 dicembre 1998 - "Norme in materia di inquinamento acustico";

Regione Veneto: L.R. n. 21 del 10 maggio 1999 - "Norme in materia di inquinamento acustico";

Regione Piemonte: L.R. n. 52 del 20 ottobre 2000 - "Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento acustico";

Regione Emilia Romagna: L.R. n. 15 del 9 maggio 2001;

Regione Lazio: L.R. n. 18 del 3 agosto 2001 - "Disposizioni in materia di inquinamento acustico per la pianificazione ed il risanamento del territorio - modifiche alla legge regionale 6 agosto 1999, n.14";

Regione Lombardia: L.R. n. 13 del 10 agosto 2001 - "Norme in materia di isolamento acustico";

Regione Marche: L.R. n. 28 del 14 novembre 2001 - "Norme per la tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico nella regione Marche";

Regione Puglia: L.R. n.3 del 12 febbraio 2002 - "Norme di indirizzo per il contenimento e la riduzione dell'inquinamento acustico";

Regione Umbria: L.R. n.8 del 6 giugno 2002.

. il D.P.C.M. del 14 novembre 1997

« Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore »

(Gazzetta Ufficiale n. 280 del 01 dicembre 1997)

Come abbiamo appena visto la legge n°447 del 26 ottobre 1996 « *Legge quadro sull'inquinamento acustico* » stabilisce che i comuni debbano provvedere alla zonizzazione acustica del proprio territorio, le modalità per questa classificazione ai fini acustici è stata emanata come D.P.C.M. 14.11.97, seppure con un certo ritardo rispetto alle tempistiche prospettate dalla legge quadro stessa.

Questo Decreto definisce i valori limite delle emissioni, i valori limite delle immissioni, i valori di attenzione e i valori di qualità.

Vengono quindi distinte sei classi:

- I Aree particolarmente protette,
- II Aree residenziali,
- III Aree di tipo misto,
- IV Aree ad intensa attività umana,
- V Aree prevalentemente industriali,
- VI Aree esclusivamente industriali,

Di seguito, riassunti in tabella, i valori limite Leq dB (A) di emissione, immissione e qualità, come espressi negli Allegati al D.P.C.M. del 14 novembre 1997.

classi	Emissioni diurno	Emissioni notturno	Immissioni diurno	Immissioni notturno	Qualità diurno	Qualità notturno
I	45	35	50	40	47	37
II	50	40	55	45	52	42
III	55	45	60	50	57	47
IV	60	50	65	55	62	52
V	65	55	70	60	67	57
VI	65	65	70	70	70	70

(Periodo diurno: 6.00-22.00; notturno 22.00-6.00)

I comuni debbono provvedere alla zonizzazione del territorio in modo da regolamentare gli insediamenti rumorosi e procedere alla bonifica acustica delle aree. Vengono in dettaglio determinati i valori limite delle emissioni, cioè del rumore emesso da una sorgente e misurato in prossimità di essa e i valori limite delle immissioni, cioè del rumore immesso nell'ambiente da sorgenti sonore e misurato vicino ai ricettori. Quanto sopra con esclusione delle infrastrutture, come strade e ferrovie.

Da sottolineare l'art. 4 che conferma la validità del "*criterio differenziale*" e permette un'ulteriore tutela per gli ambienti abitativi. Per questi il rumore non deve comunque superare, al di là dei limiti assoluti previsti, il rumore di fondo di più 5 dB di giorno e 3 dB di notte.

DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 14 novembre 1997.

"Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"

...

Art. 1. - Campo di applicazione.

...

2. I valori di cui al comma 1 sono riferiti alle classi di destinazione d'uso del territorio riportate nella tabella A allegata al presente decreto e adottate dai comuni ai sensi e per gli effetti dell'art. 4, comma 1, lettera a) e dell'art. 6, comma 1, lettera a), della legge 26 ottobre 1995, n. 447.

Art. 2. - Valori limite di emissione.

1. I valori limite di emissione, definiti all'art. 2, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, sono riferiti alle sorgenti fisse ed alle sorgenti mobili.

2. I valori limite di emissione delle singole sorgenti fisse di cui all'art. 2, comma 1, lettera c), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, sono quelli indicati nella tabella B allegata al presente decreto, fino all'emanazione della specifica norma UNI che sarà adottata con le stesse procedure del presente decreto, e si applicano a tutte le aree del territorio ad esse circostanti, secondo la rispettiva classificazione in zone.

3. I rilevamenti e le verifiche sono effettuati in corrispondenza degli spazi utilizzati da persone e comunità.

4. I valori limite di emissione del rumore delle sorgenti sonore mobili di cui all'art. 2, comma 1, lettera d), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, e dei singoli macchinari costituenti le sorgenti sonore fisse, laddove previsto, sono altresì regolamentati dalle norme di omologazione e certificazione delle stesse.

Art. 3. - Valori limite assoluti di immissione.

1. I valori limite assoluti di immissione come definiti all'art. 2, comma 3, lettera a), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, riferiti al rumore immesso nell'ambiente esterno dall'insieme di tutte le sorgenti sono quelli indicati nella tabella C allegata al presente decreto.

2. Per le infrastrutture stradali, ferroviarie, marittime, aeroportuali e le altre sorgenti sonore di cui all'art. 11, comma 1, legge 26 ottobre 1995, n. 447, i limiti di cui alla tabella C allegata al presente decreto, non si applicano all'interno delle rispettive fasce di pertinenza, individuate dai relativi decreti attuativi. All'esterno di tali fasce, dette sorgenti concorrono al raggiungimento dei limiti assoluti di immissione.

3. All'interno delle fasce di pertinenza, le singole sorgenti sonore diverse da quelle indicate al precedente comma 2, devono rispettare i limiti di cui alla tabella B allegata al presente decreto. Le sorgenti sonore diverse da quelle di cui al precedente comma 2, devono rispettare, nel loro insieme, i limiti di cui alla tabella C allegata al presente decreto, secondo la classificazione che a quella fascia viene assegnata.

Art. 4. - Valori limite differenziali di immissione.

...

a) se il rumore misurato a finestre aperte sia inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante il periodo notturno;

b) se il livello del rumore ambientale misurato a finestre chiuse sia inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) durante il periodo notturno.

3. Le disposizioni di cui al presente articolo non si applicano alla rumorosità prodotta:

- dalle infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali e marittime;*
- da attività e comportamenti non connessi con esigenze produttive, commerciali e professionali;*
- da servizi e impianti fissi dell'edificio adibiti ad uso comune, limitatamente al disturbo provocato all'interno dello stesso.*

...

Art. 6. - Valori di attenzione.

1. I valori di attenzione espressi come livelli continui equivalenti di pressione sonora ponderata "A", riferiti al tempo a lungo termine (TL) sono:

a) se riferiti ad un'ora, i valori della tabella C allegata al presente decreto, aumentati di 10 dB per il periodo diurno e di 5 dB per il periodo notturno;

b) se relativi ai tempi di riferimento, i valori di cui alla tabella C allegata al presente decreto. Il tempo a lungo termine (TL) rappresenta il tempo all'interno del quale si vuole avere la caratterizzazione del territorio dal punto di vista della rumorosità ambientale. La lunghezza di questo intervallo di tempo e' correlata alle variazioni dei fattori che influenzano tale rumorosità nel lungo termine. Il valore TL, multiplo intero del periodo di riferimento, e' un periodo di tempo prestabilito riguardante i periodi che consentono la valutazione di realtà specifiche locali.

2. Per l'adozione dei piani di risanamento di cui all'art. 7 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, e' sufficiente il superamento di uno dei due valori di cui ai punti a) e b) del precedente comma 1, ad eccezione delle aree esclusivamente industriali in cui i piani di risanamento devono essere adottati in caso di superamento dei valori di cui alla lettera b) del comma precedente.

3. I valori di attenzione di cui al comma 1 non si applicano alle fasce territoriali di pertinenza delle infrastrutture stradali, ferroviarie, marittime ed aeroportuali.

Art. 7. - Valori di qualità.

1. I valori di qualità di cui all'art. 2, comma 1, lettera h), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, sono indicati nella tabella D allegata al presente decreto.

Art. 8. - Norme transitorie.

1. In attesa che i comuni provvedano agli adempimenti previsti dall'art. 6, comma 1, lettera a), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, si applicano i limiti di cui all'art. 6, comma 1, del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 1 marzo 1991.

2. Il superamento dei limiti di cui al precedente comma 1, comporta l'adozione delle sanzioni di cui all'art. 10 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, fermo restando quanto previsto dal comma 5 dello stesso articolo.

3. Fino all'emanazione del decreto ministeriale di cui all'art. 3, lettera c), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, la strumentazione e le modalità di misura del rumore sono quelle stabilite nell'allegato B del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 1 marzo 1991.

Art. 9. - Abrogazioni.

1. Con effetto dall'entrata in vigore del presente decreto sono aboliti i commi 1 e 3 dell'art. 1, del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 1 marzo 1991.

Art. 10. - Entrata in vigore.

Il presente decreto sarà pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana ed entrerà in vigore trenta giorni dopo la sua pubblicazione.

. il D.P.C.M. del 5 dicembre 1997

« Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici »

(Gazzetta Ufficiale n. 297 del 22 dicembre 1997)

Il D.P.C.M. 5-12-1997 per la Determinazione dei "Requisiti acustici passivi degli edifici" è in vigore ormai da più di 12 anni, è un documento fondamentale per l'acustica, riprendendo infatti i criteri di abitabilità fissati per gli edifici scolastici dal DM del 18-12-1975, ha introdotto nel nostro paese il concetto che gli edifici devono essere isolati dai rumori.

Il decreto non precisa se le norme si applicano ai soli edifici nuovi (quelli cioè costruiti dopo il 20 febbraio 1998, data di entrata in vigore del provvedimento) o anche a quelli da ristrutturare, oppure se i limiti valgano per tutti gli edifici, come criterio oggettivo "al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore" come viene detto all'art. 1. E' invece chiaro che non si applica agli edifici industriali ed artigianali e che i limiti sono differenziati in base alla destinazione d'uso dell'immobile, ma non alla zona di rumore in cui il territorio deve essere suddiviso ai sensi del D.P.C.M. 14-11-97. Ciò comporta la curiosa prescrizione che devono essere isolate acusticamente allo stesso modo le case prospicienti un aeroporto come quelle situate in montagna.

I limiti riportati nel decreto sono quelli misurabili in opera e quindi i dati di laboratorio o di calcolo debbono essere opportunamente corretti per tenere conto delle reali prestazioni in opera dei componenti, dell'effetto dei percorsi laterali (detti di fiancheggiamento) e dell'accuratezza della posa in opera, il cui effetto può risultare decisivo.

Il Decreto è molto "snello" (solo tre pagine), e al suo interno sono stati considerati tutti i tipi di disturbo che possono essere percepiti negli ambienti abitativi:

- rumori aerei provenienti dall'esterno;
- rumori aerei provenienti da ambienti confinanti;
- rumori da calpestio;
- rumori da impianti, a funzionamento continuo e discontinuo.

Ecco di seguito riportato il documento, in modo da poterlo poi commentare ed analizzare:

*DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 5 dicembre 1997
Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici.*

*IL PRESIDENTE
DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI*

Visto l'art. 3, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n. 447 "legge quadro sull'inquinamento acustico";

Vista la circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 1769 del 30 aprile 1966, recante i criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici nelle costruzioni edilizie;

Vista la circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 3150 del 22 maggio 1967, recante i criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici;

*Visto il decreto del Presidente della Repubblica del 26 agosto 1993, n. 412;
Considerata la necessità di fissare criteri e metodologie per il contenimento dell'inquinamento da rumore all'interno degli ambienti abitativi;*

Sulla proposta del Ministro dell'ambiente, di concerto con i Ministri della sanità, dei lavori pubblici, dell'industria, del commercio e dell'artigianato;

Decreta:

Art. 1.

Campo di applicazione

- 1. Il presente decreto, in attuazione dell'art. 3, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.*
- 2. I requisiti acustici delle sorgenti sonore diverse da quelle di cui al comma 1 sono determinati dai provvedimenti attuativi previsti dalla legge 26 ottobre 1995, n. 447.*

Art. 2.

Definizioni

- 1. Ai fini dell'applicazione del presente decreto, gli ambienti abitativi di cui all'art. 2, comma 1, lettera b), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, sono distinti nelle categorie indicate nella tabella A allegata al presente decreto.*
- 2. Sono componenti degli edifici le partizioni orizzontali e verticali.*
- 3. Sono servizi a funzionamento discontinuo gli ascensori, gli scarichi idraulici, i bagni, i servizi igienici e la rubinetteria.*

4. Sono servizi a funzionamento continuo gli impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento.

5. Le grandezze cui far riferimento per l'applicazione del presente decreto, sono definiti nell'allegato A che ne costituisce parte integrante.

Art. 3.

Valori limite

1. Al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore, sono riportati in tabella B i valori limite delle grandezze che determinano i requisiti acustici passivi dei componenti degli edifici e delle sorgenti sonore interne.

Art. 4.

Entrata in vigore

Il presente decreto viene pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana ed entra in vigore dopo sessanta giorni.

ALLEGATO A

Grandezze di riferimento: definizioni, metodi di calcolo e misure

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

1. il tempo di riverberazione (T), definito dalla norma ISO 3382:1975;
2. il potere fonoisolante apparente di elementi di separazione fra ambienti (R), definito dalla norma EN ISO 140- 5:1996;
3. l'isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT}$), definito da:

$$D_{2m,nT} = D_{2m} + 10 \log T/T_0$$

dove:

$D_{2m} = L_{1,2m} - L_2$ e la differenza di livello;

$L_{1,2m}$ è il livello di pressione sonora esterno a 2 metri dalla facciata, prodotto da rumore da traffico se prevalente, o da altoparlante con incidenza del suono di 45° sulla facciata;

L_2 è il livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente, valutato a partire dai livelli misurati nell'ambiente ricevente mediante la seguente formula:

Le misure dei livelli L_i devono essere eseguite in numero di n per ciascuna banda di terzi di ottava. Il numero n è il numero intero immediatamente superiore ad un decimo del volume nell'ambiente; in ogni caso, il valore minimo di n è cinque;

$$L_2 = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right)$$

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

T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento assunto, pari a 0,5s;

4. il livello di rumore di calpestio di solai normalizzato (L_n) viene definito dalla norma EN ISO 140-6:1996:

5. L_{ASmax} : livello massimo di pressione sonora, ponderata A con costante di tempo slow;

6. L_{Aeq} : livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A.

Gli indici di valutazione che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici sono:

a. indice del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti (R_w) da calcolare secondo la norma UNI 8270: 1987, Parte 7^a, para. 5.1.

b. indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT,w}$) da calcolare secondo le stesse procedure di cui al precedente punto a.;

c. indice del livello di rumore di calpestio di solai, normalizzato ($L_{n,w}$) da calcolare secondo la procedura descritta dalla norma UNI 8270: 1987, Parte 7^a, para.5.2.

Rumore prodotto dagli impianti tecnologici

La rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici non deve superare i seguenti limiti:

a. 35 dB(A) L_{Amax} con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo;

b. 25 dB(A) L_{Aeq} per i servizi a funzionamento continuo.

Le misure di livello sonoro devono essere eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato.

Tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina.

TABELLA A - CLASSIFICAZIONI DEGLI AMBIENTI ABITATIVI (art. 2)

categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili;

categoria B: edifici adibiti ad uffici e 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 B: REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI, DEI LORO COMPONENTI E

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

DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

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

Nota: con riferimento all'edilizia scolastica, i limiti per il tempo di riverberazione sono quelli riportati nella circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 3150 del 22 maggio 1967, recante i criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici.

L'impostazione del Decreto è *esigenziale* e non *prescrittiva*: tutti i parametri infatti devono risultare verificati in opera, ad edificio ultimato. In molti casi questi limiti sono del tutto paragonabili ai valori imposti dalla legislazione vigente in altri Paesi europei. Possono pertanto essere raggiunti utilizzando adeguate soluzioni tecnologiche. Molto importante però è curare la corretta posa dei sistemi edilizi adottati.

Si evidenzia che negli ultimi anni le prestazioni di isolamento richieste dal D.P.C.M. hanno determinato un forte sviluppo nel settore dei materiali e sistemi per l'isolamento acustico. In tal senso molti produttori si sono attrezzati per proporre sul mercato materiali e sistemi in grado di soddisfare le richieste di legge, insieme a tutte le indicazioni per la loro corretta posa in opera.

Una volta espressi i pregi del decreto, passiamo ora ad analizzarne i difetti.

In sole tre pagine, presenta molte lacune ed aspetti controversi, già nel febbraio del 1998 era stato elaborato, da parte dei componenti dell'allora Gruppo di Lavoro 12 *Acustica in edilizia UNI*, un documento contenente osservazioni su errori e imprecisioni presenti nel Decreto e possibili suggerimenti di tipo normativo da apportare.

Negli anni successivi sono state inviate al Ministero numerose richieste di chiarimenti inerenti alle tecniche di misura, al campo di applicabilità, oltre che alle competenze professionali necessarie per poter redigere relazioni tecniche ed effettuare misure in opera.

In sintesi, gli argomenti che hanno suscitato maggiori contestazioni da parte dei tecnici che si occupano di acustica edilizia, riguardano:

- Incompletezza nella descrizione dei parametri e dei metodi di misura;
- Riferimenti normativi errati o obsoleti;
- Incongruenza tra i limiti indicati nel documento e quelli riportati nella tabella finale;

- Non chiara definizione per l'applicazione dei limiti;
- Non chiara definizione in merito a chi possa eseguire calcoli e misure.

Anche i costruttori hanno espresso forti perplessità in merito al D.P.C.M.:

- in un primo tempo il Decreto è stato erroneamente considerato non applicabile, in quanto non è mai stato emanato il Decreto Ministeriale che avrebbe dovuto contenere i criteri di progettazione, esecuzione e ristrutturazione degli edifici (previsto dalla Legge 447 del 1995), ai fini della tutela dall'inquinamento acustico;
- successivamente è stato ritenuto impossibile nella pratica raggiungere in opera i limiti imposti per legge: in alcuni casi sono stati forniti studi e analisi che hanno cercato di dimostrare questa tesi, senza però raggiungere tale obiettivo, il problema infatti è più operativo che teorico.

Alla luce dell'esperienza maturata in questi anni, ed al parallelo lavoro di revisione al documento, i tecnici hanno ovviamente anche cercato di suggerire degli sviluppi per il futuro, magari per indirizzare l'elaborazione della nuova norma UNI in materia acustica.

A noi interessano principalmente le indicazioni rivolte ad uno scopo ben preciso: il comfort acustico reale all'interno degli ambienti abitativi.

Per l'Isolamento dai rumori aerei provenienti dall'interno dell'edificio ($R'w$), i limiti imposti dal Decreto non sono impossibili da raggiungere, abbastanza in linea con le prescrizioni legislative di altri Paesi europei, è però necessario definire chiaramente a quali partizioni tale parametro vada applicato. La definizione "a differenti unità immobiliari" difficilmente può essere applicata ad aule scolastiche o camere di degenza degli ospedali, potrebbe essere opportuno prevedere differenti livelli di isolamento in funzione della destinazione d'uso dei singoli locali, a seconda che siano ambienti destinati al riposo piuttosto che ambienti di lavoro, invece che riferirsi agli edifici, come attualmente richiesto.

Anche nell'Isolamento dai rumori di calpestio (L'_{nw}) i limiti imposti possono essere raggiunti, esistono materiali e tecnologie costruttive che, se correttamente posati, consentono di rispettare anche livelli più restrittivi. È necessario anche qui definire chiaramente a quali partizioni orizzontali si

debbano applicare i limiti di legge, anch'essi differenziati in funzione della destinazione d'uso dei locali (non degli edifici) dove si generano i fenomeni impattivi. Dovranno in particolare essere regolamentati anche eventuali terrazze soprastanti a locali di soggiorno oppure eventuali coperture piane calpestabili. Se si intende garantire il comfort abitativo, bisognerà prendere in considerazione anche il disturbo derivante dal calpestio proveniente dalle scale comuni.

Per l'isolamento acustico di facciata (D2mnTw). I limiti imposti dal D.P.C.M. hanno una fondamentale carenza: non sono correlati al clima acustico dell'area dove saranno realizzati gli edifici.

In Italia vigono disposizioni legislative che richiedono la zonizzazione acustica del territorio (D.P.C.M. 14-11-1997), oltre che, in certi casi, la valutazione di clima acustico dell'area dove si dovranno realizzare le opere. Sarebbe quindi opportuno correlare il Decreto dei requisiti acustici con queste disposizioni, di modo da richiedere valori di isolamento di facciata differenziati in funzione dell'effettivo disturbo esterno. Nel caso dovesse variare il clima esterno, a causa della realizzazione di una nuova opera rumorosa, ovviamente la bonifica acustica sarà a carico del realizzatore della stessa. Tale considerazione è avvalorata dal fatto che la maggioranza dei tecnici del settore ritengono che in molti casi i livelli di isolamento di facciata attualmente richiesti sono effettivamente troppo restrittivi.

Emblematico è l'esempio degli edifici scolastici, anche se tali strutture dovessero essere realizzate in aree particolarmente silenziose, vengono comunque richiesti valori di isolamento difficilmente (o comunque in modo molto oneroso) raggiungibili con finestrature ordinarie.

Sarebbe inoltre opportuno differenziare i valori di isolamento in funzione della destinazione d'uso dei singoli locali; sarebbe ad esempio, possibile ipotizzare per le cucine dei valori di isolamento di facciata differenti rispetto alle camere da letto.

Isolamento dai rumori di impianti: per questa problematica è necessario definire meglio alcuni aspetti:

- in primo luogo è necessario correggere l'errore di scrittura che non

consente di definire chiaramente il livello massimo accettabile di rumore degli impianti a funzionamento continuo.

- In secondo luogo, sarebbe necessario proporre come parametri di misura dei descrittori che considerino il tempo di riverberazione dei locali oggetto di indagine. Infatti, come sappiamo, una misura ad ambiente vuoto fornisce valori sensibilmente differenti rispetto a una misura effettuata in ambiente arredato. Anche per questa problematica sarebbe appropriato definire livelli massimi accettabili in funzione della destinazione d'uso dei locali e non degli edifici.
- Inoltre è necessario meglio definire come e dove realizzare le misure. È evidente che i rumori generati dagli scarichi idraulici dovranno essere isolati tra differenti unità immobiliari.
- Non vale la stessa considerazione per i rumori generati dagli impianti di ventilazione e condizionamento.

Sarebbe opportuno imporre dei limiti massimi di rumore anche all'interno di quest'ultima tipologia di impianti.

Dal punto di vista tecnico infine, in una futura revisione del documento sarà necessario introdurre adeguati valori di tempo di riverberazione per gli ambienti nei quali sia prevista la presenza di persone o attività rumorose (ristoranti, piscine, ecc.) oltre che all'interno degli spazi comuni degli edifici (hall, corridoi di collegamento ecc.).

Ulteriori considerazioni. Il "nuovo D.P.C.M." dovrà necessariamente prendere in considerazione anche i seguenti punti:

- prevedere un tempo di sperimentazione prima dell'entrata in vigore del documento;
- determinare compiutamente competenze, responsabilità ed eventuali sanzioni per i diversi attori del processo edilizio (progettisti, costruttori, direzione lavori, Comuni, committenti, ecc.);
- considerare parametri per valutare l'incertezza delle misure eseguite in opera;

- infine, sarà indispensabile per il nuovo documento definisca chiaramente il proprio ambito di applicazione. Evitando i contrasti tra i parametri imposti per legge ed eventuali valori di isolamento acustico definiti dall'attuale giurisprudenza, e in particolare la tematica della "normale tollerabilità".

Nei paragrafi precedenti sono stati indicati alcuni possibili spunti per revisionare il documento che impone i valori di isolamento acustico negli edifici nel nostro Paese. Rimane però fondamentale garantire che in opera, ad edificio ultimato, verranno raggiunti i limiti definiti per legge, cosa che ad oggi non si è quasi mai verificata.

In conclusione, la richiesta pressante da parte di tutte le figure che partecipano al processo edilizio, di revisionare il D.P.C.M. 5-12-197 è ormai una necessità assodata. Si spera che gli eventuali futuri lavori verranno correttamente impostati in modo che tutte le componenti interessate siano consultate.

Si auspica inoltre che la formulazione delle proposte avvenga in sede tecnica e che un'adeguata sperimentazione venga eseguita prima di passare alla fase impositiva.

. il D.M.A. del 16 marzo 1998

« Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico » (Gazzetta Ufficiale n. 76 del 1 aprile 1998)

Il Decreto del Ministero dell'Ambiente del 16-03-1998, esce a seguito del D.P.C.M. 5-12-1997, per fissare delle norme tecniche, sui modi e sugli strumenti da utilizzare per i rilievi acustici dei limiti da rispettare. La cosa che più c'interessa in questa legge è che stabilisca che tutte le rilevazioni acustiche debbano essere effettuate con strumenti in classe 1. La classificazione degli strumenti di misura viene fatta con una scala da 0 a 3, dove 0 sono gli strumenti da laboratorio, ed 1 la classe più precisa per gli strumenti portatili. Questa prescrizione, pur necessaria per rendere univoci i rilevamenti, ha imposto l'utilizzo di strumenti molto costosi, ed ha commercialmente limitato lo svolgimento dei rilievi acustici e dei relativi studi e progetti. Senza una specifica richiesta da parte degli enti locali, i costruttori non si sono mai abituati ad affrontare le spese, piuttosto alte, relative allo studio dell'acustica.

DECRETO DEL MINISTERO DELL'AMBIENTE del 16/03/1998

Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico.

Art. 2. - Strumentazione di misura

1. Il sistema di misura deve essere scelto in modo da soddisfare le specifiche di cui alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994. Le misure di livello equivalente dovranno essere effettuate direttamente con un fonometro conforme alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994. Nel caso di utilizzo di segnali registrati prima e dopo le misure deve essere registrato anche un segnale di calibrazione. La catena di registrazione deve avere una risposta in frequenza conforme a quella richiesta per la classe 1 dalla EN 60651/1994 ed una dinamica adeguata al fenomeno in esame. L'uso del registratore deve essere dichiarato nel rapporto di misura.

...

3. La strumentazione e/o la catena di misura, prima e dopo ogni ciclo di misura, deve essere controllata con un calibratore di classe 1, secondo la norma IEC 942:1988. Le misure fonometriche eseguite sono valide se le calibrazioni effettuate prima e dopo ogni ciclo di misura, differiscono al massimo di 0,5 dB. In caso di utilizzo di un sistema di registrazione e di riproduzione, i segnali di calibrazione devono essere registrati.

4. Gli strumenti ed i sistemi di misura devono essere provvisti di certificato di taratura e controllati almeno ogni due anni per la verifica della conformità alle specifiche tecniche. Il controllo periodico deve essere eseguito presso laboratori accreditati da un servizio di taratura nazionale ai sensi della legge 11 agosto 1991, n. 273.

. legge regionale n°13 del 10 agosto 2001

« art. 7 comma 5 Norme in materia di inquinamento acustico »

(Bollettino Ufficiale n. 33 del 13 agosto 2001)

Come già riportato nel paragrafo dedicato alla "Legge Quadro sull'inquinamento acustico" n°447 del 26-10-1996, questa è la pratica attuazione della regione Lombardia in materia.

Come prescritto dalla legge quadro, le leggi regionali hanno dovuto fissare i dettagli per la classificazione acustica del territorio e la pianificazione urbanistica; definire i casi in cui rendere obbligatoria la Valutazione d'Impatto Acustico; normare le aviosuperfici e aree per l'atterraggio ed il decollo; stilare dei piani di risanamento per le infrastrutture di trasporto; infine stabilire le modalità dei controlli e delle sanzioni.

Come si può evincere dai passaggi di seguito riportati, nel promulgare questa legge la regione Lombardia non fa solo riferimento alla legge 447/1995, ma anche agli altri decreti in materia, riportati in questo capitolo, quali il D.P.C.M. 14-11-1997 ed il D.P.C.M. 5-12-1997.

LEGGE REGIONALE N. 13 DEL 10-08-2001

Norme in materia di inquinamento acustico

ARTICOLO 1

(Oggetto)

1. La presente legge detta norme per la tutela dell'ambiente esterno ed abitativo dall'inquinamento acustico in attuazione della legge 26 ottobre 1995, n. 447 (Legge quadro sull'inquinamento acustico) ed in coerenza con le disposizioni del decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 [...];

a) salvaguardare il benessere delle persone rispetto all'inquinamento acustico nell'ambiente esterno e negli ambienti abitativi;

d) promuovere iniziative di educazione e informazione finalizzate a prevenire e ridurre l'inquinamento acustico.

ARTICOLO 2

(Classificazione acustica del territorio comunale)

1. I comuni entro dodici mesi dalla pubblicazione del provvedimento di cui al comma 3, approvano, con le procedure previste all'art. 3, la classificazione acustica del territorio comunale ai sensi dell'art. 6, comma 1, lett. a), della legge 447/1995, provvedendo a suddividere il territorio in zone

acustiche omogenee così come individuate dalla tabella A allegata al decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 14 novembre 1997 (Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore).

2. A ciascuna zona individuata ai sensi del comma 1 vengono assegnati i valori limite di emissione, di immissione, i valori di attenzione, i valori di qualità stabiliti dal decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 14 novembre 1997 e dalle disposizioni statali emanate in attuazione della legge 447/1995. [...];

...

b) nella classificazione acustica è vietato prevedere il contatto diretto di aree, anche appartenenti a comuni confinanti, i cui valori limite si discostino in misura superiore a 5 dB (A);

c) nel caso di aree già urbanizzate qualora a causa di preesistenti destinazioni d'uso, non sia possibile rispettare le previsioni della lettera b), in deroga a quanto in essa disposto si può prevedere il contatto diretto di aree i cui valori limite si discostino sino a 10 dB (A); in tal caso il comune, contestualmente alla classificazione acustica, adotta, ai sensi dell'art. 4, comma 1, lettera a) della legge 447/1995, un piano di risanamento acustico relativo alle aree classificate in deroga a quanto previsto alla lettera b);

...

ARTICOLO 4

(Rapporti tra classificazione acustica e pianificazione urbanistica)

1. Il comune assicura il coordinamento tra la classificazione acustica e gli strumenti urbanistici già adottati entro diciotto mesi dalla pubblicazione del provvedimento della Giunta regionale di cui all'articolo 2, comma 3, anche con l'eventuale adozione, ove necessario, di piani di risanamento acustico idonei a realizzare le condizioni previste per le destinazioni di zona vigenti.

...

ARTICOLO 5

(Previsione d'impatto acustico e clima acustico)

1. La Giunta regionale definisce con proprio provvedimento, entro sei mesi dall'entrata in vigore della presente legge, le modalità e i criteri tecnici da seguire per la redazione della documentazione di previsione di impatto acustico di cui all'art. 8, commi 2 e 4, della legge 447/1995, tenendo conto che la documentazione deve consentire la valutazione comparativa tra lo scenario con presenza e quello con assenza delle opere ed attività.

...

4. La documentazione di previsione di impatto acustico e la documentazione per la valutazione previsionale di clima acustico devono essere redatte da un tecnico competente in acustica ambientale o proposte nelle forme di autocertificazione previste dalla legislazione vigente.

ARTICOLO 6

(Aviosuperfici e aree per atterraggi e decolli per il volo da diporto o sportivo)

1. Il gestore di una aviosuperficie o di una area dove sono effettuati gli atterraggi e i decolli degli apparecchi utilizzati per il volo da diporto o sportivo di cui alla legge 25 marzo 1985, n. 106 (Disciplina del volo da diporto o sportivo), e al decreto del Presidente della Repubblica 5 agosto 1988, n. 404 (Regolamento di attuazione della legge 25 marzo 1985, n. 106 concernente la disciplina del volo da diporto o sportivo), al fine di ottenere il nulla osta o la concessione d'uso deve presentare all'amministrazione comunale territorialmente competente la documentazione di previsione d'impatto acustico redatta secondo i criteri stabiliti dalla Giunta regionale.

...

ARTICOLO 7

(Requisiti acustici degli edifici e delle sorgenti sonore interne)

1. *I progetti relativi ad interventi sul patrimonio edilizio esistente che ne modificano le caratteristiche acustiche devono essere corredati da dichiarazione del progettista che attesti il rispetto dei requisiti acustici stabiliti dal decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 5 dicembre 1997 e dai regolamenti comunali.*
2. *I progetti relativi a nuove costruzioni, al termine della fase sperimentale di cui al comma 5, devono essere corredati da valutazione e dichiarazione da parte di tecnico competente in acustica ambientale che attesti il rispetto dei requisiti acustici di cui al comma 1.*
3. *Le richieste di concessione edilizia per la realizzazione di nuovi edifici produttivi e di nuovi impianti devono essere accompagnate da una relazione sulle caratteristiche acustiche degli edifici o degli impianti, ove siano illustrati i materiali e le tecnologie utilizzate per l'insonorizzazione e per l'isolamento acustico in relazione all'impatto verso l'esterno, redatta da parte di tecnico competente in acustica ambientale.*
4. *Il regolamento locale d'igiene definisce le modalità operative di dettaglio per la verifica della conformità delle opere al progetto approvato.*
5. *In attesa della emanazione del decreto ministeriale previsto dall'art. 3, comma 1, lettera f) della legge 447/1995 la Regione Lombardia definisce con proprio provvedimento un periodo di sperimentazione nel quale individuare i criteri in base ai quali verranno stabiliti i parametri per le nuove costruzioni e per la ristrutturazione del patrimonio edilizio esistente.*

ARTICOLO 19

(Adeguamenti dei regolamenti edilizi e d'igiene)

1. *I regolamenti edilizi e d'igiene devono essere adeguati alle disposizioni della presente legge entro un anno dall'entrata in vigore della stessa.*

ARTICOLO 20

(Dichiarazione d'urgenza)

1. *La presente legge è dichiarata urgente ai sensi dell'articolo 127 della Costituzione e dell'articolo 43 dello Statuto regionale ed entra in vigore il giorno successivo alla sua pubblicazione nel Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia.*

. legge n°13 del 27 febbraio 2009

« art. 6/ter Normale tollerabilità delle immissioni acustiche »

(Gazzetta Ufficiale n. 49 del 28 febbraio 2009)

Art. 6-ter

Normale tollerabilità delle immissioni acustiche

1. Nell'accertare la normale tollerabilità delle immissioni e delle emissioni acustiche, ai sensi dell'articolo 844 del codice civile, sono fatte salve in ogni caso le disposizioni di legge e di regolamento vigenti che disciplinano specifiche sorgenti e la priorità di un determinato uso.

Questa legge, irrilevante dal punto di vista tecnico progettuale, assume invece notevole importanza a livello giuridico. L'acustica, come si è detto, sta di recente salendo alla ribalta tra progettisti e soprattutto costruttori, per le numerose liti tra vicini di casa e le più pesanti contestazioni rivolte alle imprese, che spesso portano a veri e propri deprezzamenti degli immobili venduti.

Significativo a dimostrazione della confusione di fondo che "non regola" le questioni acustiche, riportiamo di seguito una pubblicazione del prof. Ing. Giorgio Campolongo, che analizza e spiega con esempi pratici a cosa può portare questa legge.

Giorgio Campolongo, 18/04/09

"Non c'è 2 senza 3!"

testo tratto dal sito www.rumoreincasa.it

Da trent'anni i Magistrati per valutare la normale tollerabilità delle immissioni di rumore nelle abitazioni adottano il limite del supero massimo ammissibile di 3 dB sul rumore di fondo (cfr. Cass. Civ., 6/1/1978, n. 38, in Foro it, 1978, 1, 623, «per valutare il limite di tollerabilità delle immissioni sonore occorre tener conto della rumorosità di fondo ... eccedenti il limite normale le immissioni che superino di tre decibel la rumorosità di fondo»).

Le misurazioni sono effettuate in livello sonoro istantaneo, sia del rumore immesso disturbante sia del rumore di fondo (in assenza del rumore disturbante). Il rumore di fondo con lo sviluppo della strumentazione è poi diventato il valore L95, superato per il 95% del tempo.

Il limite massimo della tollerabilità si applica sempre, di giorno e di notte, e non esistono limiti sotto i quali il rumore sia ritenuto trascurabile.

Nel 1991 veniva emanato il D.P.C.M. 1/3/91 che stabiliva i limiti 5 dB di giorno e 3 dB di notte della differenza tra il rumore ambientale (con la sorgente

disturbante) e il rumore residuo (senza detta sorgente e maggiore del rumore di fondo), con misurazioni di livello equivalente Leq cioè medio, con l'ulteriore limite di 30 dBA di notte a finestra chiusa, al di sotto del quale il rumore era accettabile. Il fatto importante è che questi limiti erano più permissivi rispetto al precedente limite di 3 dB sul rumore di fondo.

Nei tribunali, per un certo tempo, i limiti di questo decreto qualche volta erano adottati e qualche altra volta no, con il risultato che questa materia era parecchio confusa.

Successivamente però la giurisprudenza stabiliva che il D.P.C.M. 1/3/91 regolamentava la materia delle immissioni di rumore negli ambienti abitativi nel rapporto pubblicistico, tra il privato cittadino e la pubblica amministrazione (cioè Comune e ARPA, Agenzia Regionale Protezione Ambiente), mentre il rapporto privatistico, tra il privato disturbato e il privato responsabile del rumore nelle vertenze giudiziarie civili, era regolamentato dal criterio di giurisprudenza di non più di 3 dB oltre il rumore di fondo.

Così nei tribunali era ritornato il criterio di giurisprudenza dei 3 dB sul fondo.

Ma per poco perché nel 1997 veniva emanato il D.P.C.M. 14/11/97 che stabiliva nuovamente i limiti massimi "differenziali" 5 dB di giorno e 3 dB di notte con anche il limite assoluto minimo accettabile 25 dBA (in luogo del precedente 30) di notte a finestra chiusa.

Per la seconda volta nei tribunali questa materia veniva confusa e la giurisprudenza tornava a stabilire nuovamente che anche il nuovo decreto regolamentava il rapporto pubblicistico ma non il rapporto privatistico: ritornava quindi il criterio di giurisprudenza dei 3 dB sul fondo.

Eccoci ora giunti alla nuova legge del 27 Febbraio 2009 n. 13 che in parte è chiara e in parte, alla prima lettura, è sembrata meno chiara.

La parte chiara è che i decreti attuativi della legge 447/95, che disciplinano sorgenti sonore come strade, ferrovie, aeroporti, impianti a ciclo produttivo continuo, autodromi e impianti tecnologici condominiali, sono proprio nella nuova legge "le disposizioni di legge ... che disciplinano specifiche sorgenti".

La parte meno chiara nella nuova legge, alla prima lettura, è se "le disposizioni di legge" siano o non siano anche "le disposizioni di cui al presente articolo" indicate al comma 3 dell'art. 4 del D.P.C.M. 14/11/97.

Il quesito, posto in altri termini, è se "la rumorosità prodotta da attività ... produttive, commerciali e professionali" (disciplinata dalle "disposizioni" dell'art. 4 del decreto) possa o non possa essere "specifica sorgente" (disciplinata dalle "disposizioni" della nuova legge).

La risposta è no, non può essere, perché la sorgente sonora del rumore di attività ... produttive, commerciali e professionali può essere qualsiasi, dal momento che è determinata in modo generico, e non è specifica come invece è richiesto dalla nuova legge.

Se, per assurdo, le sorgenti sonore di attività ... produttive, commerciali e professionali fossero assunte come specifiche si giungerebbe a situazioni paradossali, perché lo stesso rumore di una data "specifica sorgente" verrebbe giudicato diversamente, a seconda della qualifica di chi lo produce, se per

attività lavorativa o invece se per attività non lavorativa.

Infatti le attività non lavorative, come le attività domestiche dei vicini di casa, sportive, per diletto e per hobby, sono escluse dai limiti dell'art. 4 del decreto (dal comma 3 dello stesso art. 4) e perciò ad esse può applicarsi soltanto il limite della "tollerabilità" di giurisprudenza di 3 dB sul rumore di fondo, che è limite più restrittivo rispetto a quelli del decreto.

Quindi se i limiti dell'art. 4 del decreto si applicassero alle attività lavorative anche nei procedimenti giudiziari, oltre che in quelli amministrativi, si avrebbe una situazione paradossale perché lo stesso rumore potrebbe essere giudicato tollerabile o non tollerabile a seconda della qualifica di chi lo produce, per esempio:

- 1. il suono di un pianoforte se suonato da un insegnante di musica TOLLERABILE e se suonato per diletto da un privato INTOLLERABILE*
- 2. la musica immessa di notte in una camera da letto, se del sottostante pub TOLLERABILE e se dei ragazzi che suonano in cantina INTOLLERABILE*
- 3. il vociare e la TV se del sottostante bar TOLLERABILE e se dei vicini di casa INTOLLERABILE*
- 5. il calpestio e il vociare se dell'attività del sovrastante ufficio commercialista o studio di dentista TOLLERABILE e se dell'attività domestica della famiglia del piano di sopra INTOLLERABILE*
- 6. i rumori di trapano e di sega circolare se della vicina falegnameria TOLLERABILE e se del privato per hobby INTOLLERABILE*

Può essere utile ricordare che la precedente proposta di legge N. 1760 poi abbandonata, quasi uguale alla nuova legge, era stata presentata alla Camera l'8/10/08 senza spendere una parola per i disturbati da rumore, con la seguente conclusione: «Tale modifica [dell'art. 844 c.c.] si ritiene vitale per il mondo imprenditoriale, in quanto darà certezza all'operatore quotidiano delle nostre imprese e potrà risolvere casi ... come quello dell'autodromo di Monza"». Questo confermerebbe che il vero scopo della legge sia di tutelare industrie e autodromo.

Inoltre non è ancora chiaro se per "le disposizioni ... di regolamento vigenti" debbano intendersi i Regolamenti Comunali Edilizio, d'Igiene e di Polizia Urbana ed anche i Regolamenti del Condominio e degli Inquilini.

Ma una cosa è certa: l'incertezza, che attualmente avvolge questa materia nei tribunali, avviene per la terza volta!

E' proprio vero il proverbiale non c'è 2 senza 3!

. legge n°88 del 7 luglio 2009

« art. 11 Delega al Governo per il riordino della disciplina in materia di inquinamento acustico» (Gazzetta Ufficiale n. 161 del 14 luglio 2009)

Recentemente il tema dell'applicabilità del D.P.C.M. 5-12-1997 è tornato di interesse a causa della pubblicazione in Gazzetta Ufficiale, il giorno 14 luglio 2009, della Legge 7 luglio 2009, n. 88:

"Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee – Legge comunitaria 2008"

La legge, secondo quanto indicato sul sito della Gazzetta Ufficiale, è entrata in vigore mercoledì 29 luglio, il documento fa recepire all'Italia alcune direttive comunitarie e contiene al suo interno gli argomenti più disparati quali pari opportunità fra uomini e donne (art. 9), aria più pulita in Europa (art.10), disciplina in materia di fertilizzanti (art. 13), organizzazione comune del mercato vitivinicolo(art. 14), ecc. Tra i vari argomenti viene annoverato anche il tema dell'inquinamento acustico e l'art. 11, dal titolo *"Delega al Governo per il riordino della disciplina in materia di inquinamento acustico"*, indica la necessità di riscrivere i Decreti correlati con tale problematica e riporta alcune note inerenti l'applicabilità del D.P.C.M. 5- 2-1997.

In particolare il comma 1 definisce che *"al fine di garantire la piena integrazione nell'ordinamento nazionale delle disposizioni contenute nella direttiva 2002/49/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 giugno 2002, relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale, e di assicurare la coerenza e l'omogeneità della normativa di settore, il Governo è delegato ad adottare, [...] entro sei mesi dalla data di entrata in vigore della presente legge, uno o più decreti legislativi per il riassetto e la riforma delle disposizioni vigenti in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico, di requisiti acustici degli edifici e di determinazione e gestione del rumore ambientale, [...]"*.

Il comma 2, lettera b, specifica che alcuni nuovi decreti avranno lo scopo di definire i criteri per la progettazione, esecuzione e ristrutturazione delle costruzioni edilizie e la determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici,

nel rispetto dell'impianto normativo comunitario in materia di inquinamento acustico, con particolare riferimento alla direttiva 2002/49/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 giugno 2002.

Infine il comma 5 riporta che *"In attesa del riordino della materia, la disciplina relativa ai requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti di cui all'articolo 3, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, [in sostanza i temi trattati dal D.P.C.M. 5-12-1997, ndA] non trova applicazione nei rapporti tra privati e, in particolare, nei rapporti tra costruttori-venditori e acquirenti di alloggi sorti successivamente alla data di entrata in vigore della presente legge"*.

La legge comunitaria 2008 ha quindi generato una forte confusione nel settore dell'isolamento acustico degli edifici. Produttori di materiali, costruttori e tecnici acustici hanno iniziato a valutare le sue possibili conseguenze, con particolare attenzione a quelle generate dal comma 5 dell'art. 11.

Come prima considerazione si rileva che la legge richiama erroneamente più volte la direttiva 2002/49/CE, indicandola come riferimento a causa del quale è necessario riscrivere la legislazione nazionale sull'acustica edilizia. Va precisato che tale direttiva in realtà tratta unicamente il tema dei rumori in ambiente esterno, senza considerare i requisiti acustici passivi interni agli edifici. Il documento comunitario infatti, in sintesi, specifica i descrittori da utilizzare nei paesi della comunità europea per definire i livelli di rumore in ambiente esterno e indica di realizzare mappe acustiche delle aree particolarmente rumorose, di definire i relativi piani di azione per gestire i problemi di rumore e di divulgare al pubblico tali informazioni. Anche l'art. 2, ambiti di applicazione, specifica che *"la presente direttiva riguarda il rumore ambientale cui è esposto l'essere umano in particolare nelle zone edificate, nei parchi pubblici o in altre zone silenziose degli agglomerati [...]"* e *"non riguarda il rumore generato [...], dalle attività domestiche o dal vicinato [...]"*.

Risulta pertanto non chiaro come mai il legislatore abbia deciso di estendere l'ambito di applicazione della direttiva a un tema che di fatto non le compete. Analizzando il contenuto del comma 5 della Legge comunitaria si ritiene importante evidenziarne alcuni aspetti. In primo luogo tale comma non indica

che il D.P.C.M. 5-12-1997 è stato abrogato.

Il Decreto è ancora vigente e gli edifici devono ancora essere costruiti rispettando i limiti in esso definiti. Infatti, anche se "la disciplina non trova applicazione nei rapporti tra privati", restano in vigore i rapporti tra costruttori e Pubblica Amministrazione. In tal senso i Comuni devono continuare a richiedere il rispetto dei limiti di legge mediante dichiarazione dei soggetti che rientrano nel processo di costruzione dell'immobile. Inoltre la legge non è retroattiva. Il comma 5 considera solo i rapporti, tra privati e costruttori/venditori, "sorti" dopo l'entrata in vigore della Legge. Per gli immobili venduti prima del 29 luglio 2009, e realizzati dopo l'entrata in vigore del D.P.C.M. 5-12-1997, resta del tutto valida la disciplina del Decreto sui requisiti acustici passivi. Infine si evidenzia che il termine "sorti", indicato nel comma 5, deve essere ragionevolmente riferito ai "rapporti" e non può essere collegato agli "alloggi". Risulterebbe infatti impossibile definire con precisione quando sorge un immobile. La nuova Legge Comunitaria 2008 ha quindi introdotto nel panorama legislativo nazionale aspetti positivi e negativi.

Di certo ha il pregio di aver creato l'opportunità di rivedere l'attuale legislazione nazionale sui temi di rumore ambientale, permettendo di correggerne le incongruenze ed aggiornarla alle direttive comunitarie. D'altro canto risulta evidente il difetto di aver aumentato la confusione nel campo dei requisiti acustici passivi degli edifici per il futuro periodo di transizione, fino all'emanazione dei nuovi decreti.

Di seguito, si riporta integralmente l'art. 11 della Legge Comunitaria 2008.

Art. 11. (Delega al Governo per il riordino della disciplina in materia di inquinamento acustico)

- 1. Al fine di garantire la piena integrazione nell'ordinamento nazionale delle disposizioni contenute nella direttiva 2002/49/ CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 giugno 2002, relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale, e di assicurare la coerenza e l'omogeneità della normativa di settore, il Governo e' delegato ad adottare, con le modalità e secondo i principi e criteri direttivi di cui all'articolo 20 della legge 15 marzo 1997, n. 59, e successive modificazioni, entro sei mesi dalla data di entrata in vigore della presente legge, uno o più decreti legislativi per il riassetto e la riforma delle disposizioni vigenti in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico, di requisiti acustici degli edifici e di determinazione e gestione del rumore ambientale, in conformità all'articolo 117 della Costituzione e agli statuti delle*

- regioni a statuto speciale e delle province autonome di Trento e di Bolzano, nonché alle relative norme di attuazione.*
2. *I decreti di cui al comma 1 sono adottati anche nel rispetto dei seguenti principi e criteri direttivi:
 - a) *riordino, coordinamento e revisione delle disposizioni vigenti, con particolare riferimento all'armonizzazione delle previsioni contenute nella legge 26 ottobre 1995, n. 447, con quelle recate dal decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 194, nel rispetto della normativa comunitaria in materia;*
 - b) *definizione dei criteri per la progettazione, esecuzione e ristrutturazione delle costruzioni edilizie e delle infrastrutture dei trasporti nonché determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici nel rispetto dell'impianto normativo comunitario in materia di inquinamento acustico, con particolare riferimento alla direttiva 2002/49/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 giugno 2002.**
 3. *I decreti di cui al comma 1 sono adottati su proposta del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, di concerto con il Ministro del lavoro, della salute e delle politiche sociali, con il Ministro delle infrastrutture e dei trasporti nonché con gli altri Ministri competenti per materia, acquisito il parere della Conferenza unificata di cui all'articolo 8 del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281, e successive modificazioni. Gli schemi dei decreti legislativi, a seguito di deliberazione preliminare del Consiglio dei ministri, sono trasmessi alla Camera dei deputati e al Senato della Repubblica perché su di essi siano espressi, entro quaranta giorni dalla data di trasmissione, i pareri delle Commissioni competenti per materia e per i profili finanziari. Decorso tale termine i decreti sono emanati anche in mancanza dei pareri. Qualora il termine per l'espressione dei pareri parlamentari di cui al presente comma scada nei trenta giorni che precedono la scadenza dei termini previsti per l'esercizio della delega, questi ultimi sono prorogati di tre mesi.*
 4. *Contestualmente all'attuazione della delega di cui al comma 1 ed entro lo stesso termine il Governo provvede all'adozione di tutti gli atti di sua competenza previsti dalla legislazione vigente e al loro coordinamento e aggiornamento, anche alla luce di quanto disposto dagli emanandi decreti legislativi di cui al comma 1.*
 5. *In attesa del riordino della materia, la disciplina relativa ai requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti di cui all'articolo 3, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, non trova applicazione nei rapporti tra privati e, in particolare, nei rapporti tra costruttori-venditori e acquirenti di alloggi sorti successivamente alla data di entrata in vigore della presente legge.*
 6. *L'articolo 10 del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 194, è abrogato.*
 7. *Dall'attuazione del presente articolo non devono derivare nuovi o maggiori oneri per la finanza pubblica.*

2. Il confronto con le normative Europee

Come per l'Italia, con l'entrata in vigore del D.P.C.M. 5-12-1997, anche per gli altri paesi europei, esistono normative o leggi nazionali specifiche volte al contenimento del livello di rumore all'interno dei fabbricati. Alcuni di questi paesi inoltre hanno delle procedure di classificazione acustica di carattere volontario che generano un rapporto di trasparenza con l'utente e un processo di miglioramento degli standard costruttivi sotto il profilo acustico, che merita di essere analizzato, senza perdere di vista i rapporti qualità/prezzo e livelli di rumore/benessere acustico.

Pur considerando le differenze in merito agli indici di valutazione richiesti (ad esempio in Francia vengono valutati gli indici di isolamento delle partizioni "D" e non gli indici di potere fonoisolante $R'w$ come in Italia), alle unità di misura ritenute opportune (in Italia in dB, in altri paesi tra cui la Spagna e la Francia in dB(A)) e alle modalità costruttive relative al territorio; da un'approfondita analisi di quanto disponibile in letteratura, possiamo ritenere le richieste relative al D.P.C.M. 5-12-1997, in linea, se non in qualche caso leggermente più "morbide" rispetto altre realtà a noi vicine.

Prima ancora di addentrarci nella disamina e nei raffronti dei requisiti richiesti dal nostro Decreto rispetto alle altre normative nazionali, ci preme esaminare soprattutto come sono state strutturate le Legislazioni in materia di acustica da paesi come Austria, Francia, Germania, Svezia ed Islanda.

Indipendentemente dal valore dei limiti fissati, a nostro avviso sono inderogabili alcuni aspetti più concettuali:

- si deve prendere in considerazione il clima acustico esistente;
- sarebbe molto più facile ed immediato basare la classificazione acustica di un alloggio sul reale confort acustico, quindi sul rumore netto, percepito all'interno di un dato ambiente;
- infine, non si possono considerare uguali tutti i locali, servono dei limiti differenti per soggiorno, camere da letto, servizi, come del resto servono delle differenze di requisiti basati sulla destinazione d'uso.

Se ad esempio consideriamo quanto inserito in merito agli edifici ad uso residenziale nel Decreto francese (*Arreté du juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des batiments d'habitation*) o quanto riportato nello stralcio della norma tedesca DIN 4109 (sostitutivo del nostro Decreto), possiamo immediatamente notare come vengano diversamente trattate le situazioni relative alle richieste di isolamento delle pareti divisorie tra alloggi attigui in dipendenza della destinazione dei locali interni.

- nella Normativa francese viene considerato il limite di Legge in modo diversificato a seconda che si tratti di un divisorio con locale ricevente cucina o bagno (richiesta minima di 50 dB) o di un divisorio con locale ricevente soggiorno o camere (richiesta minima 53 dB), con la stessa filosofia vanno considerati i divisori verso parti comuni (corridoi o pianerottoli) o verso zone adibite ad autorimessa.
- La stessa filosofia è adottata anche in Germania (dove la Norma DIN 4109 propone oltre che dei limiti minimi di Legge anche una proposta di maggior isolamento degli elementi del fabbricato volta all'ottenimento di un livello di comfort superiore) dove vengono anche considerati i livelli minimi di isolamento per le porte siano esse porte che danno su vani abitati (richiesta minima 27 dB) o porte che danno su vani adibiti ad autorimessa (richiesta minima 37 dB).

Tali requisiti e molti altri riguardanti gli indici di isolamento dei solai, sia da rumori aerei che da rumori derivanti da un urto diretto sulla struttura (in Italia unanimemente noti come rumori da calpestio), degli impianti a funzionamento continuo e discontinuo, delle coperture (non espressamente menzionate all'interno del D.P.C.M. 5-12-1997), rendono tali Normative ampiamente esaustive e chiare agli attori del processo produttivo del bene immobile con il fine di ottenere il corretto livello di comfort acustico interno dei fabbricati e diversificare l'offerta di immobili anche secondo caratteristiche acustiche certificate di maggior pregio (*caso dell'Istituto Qualitel francese o della normativa islandese Sound classification of dwellings IST 45:2003 nati per portare a termine un procedimento di certificazione volto all'ottenimento della*

"classificazione della qualità acustica" di un fabbricato).

Vari studi condotti in diversi paesi europei (Austria, Francia, Germania, Inghilterra, Olanda) dimostrano che la principale causa di disturbo sonoro per i cittadini, è il traffico, seguito a ruota dal rumore domestico. Da qui l'importanza di costruire edifici residenziali con un buon isolamento acustico di facciata, per limitare la trasmissione dei rumori esterni negli ambienti abitati. Da tempo, in molti predicano la necessità di sviluppare il progetto acustico parallelamente al progetto architettonico, ma nella realtà il primo è nettamente conseguente al secondo.

"Tout le monde dit qu'il faut intégrer l'acoustique le plus en amont possible lors de l'élaboration d'un projet, mais ce n'est que rarement suivi d'effet".

I regolamenti europei in materia di isolamento acustico di facciata differiscono molto gli uni dagli altri; infatti, non solo è fatto uso di più parametri descrittivi del fenomeno ($R'w$, Dn,w , DnT,w), ma alcuni paesi esprimono il valore limite per l'isolamento sonoro di facciata in funzione del livello di rumore esterno.

Nella tabella 5 sono riportati i valori di livello sufficiente e buono dei paesi europei che hanno adottato una classificazione acustica di facciata.

Anche l'isolamento al rumore aereo tra due ambienti è descritto, nei vari paesi analizzati, usando parametri differenti ($R'w$, DnT,w) spesso accompagnati da termini di adattamento spettrale (C50-3150, C50-5000, C, Ctr). La tabella 1 riporta un confronto tra i valori riportati dalle normative dei paesi citati, riferito a pareti divisorie tra unità immobiliari distinte a destinazione residenziale.

In tabella 2 è riportato invece il confronto tra i valori della media aritmetica per l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente specificato dall'insieme dei paesi europei e da quelli appartenenti alla sola area mediterranea (Francia, Spagna e Portogallo), con l'esclusione dell'Italia. È importante sottolineare a questo proposito che nei paesi nordici si utilizzano frequentemente soluzioni tecnologiche per pareti interne molto differenti da quelle tipicamente utilizzate in Italia.

Paese	Standard	Livello Sufficiente	Livello Buono
Danimarca	DS 490 (2001)	Classe C: $R'_w + C_{50-3150} = 55$ dB	Classe B: $R'_w + C_{50-3150} = 58$ dB
Finlandia	SFS 5907 (2004)	Classe C: $R'_w = 55$ dB	Classe B: $R'_w + C_{50-3150} = 58$ dB
Norvegia	NS 8175 (2005)	Classe C: $R'_w = 55$ dB	Classe B: $R'_w + C_{50-5000} = 58$ dB
Svezia	SS 02 5267 (2004)	Classe C: $R'_w + C_{50-3150} = 53$ dB	Classe B: $R'_w + C_{50-3150} = 58$ dB
Germania	VDI 4100 (1994)	Classe I: $R'_w + C_{50-5000} = 53$ dB	Classe II: $R'_w + C_{50-5000} = 56$ dB
Olanda	NEN 1070 (1999)	Classe 3: $D_{nT,w} + C = 52$ dB	Classe 2: $D_{nT,w} + C = 57$ dB
Francia	Méthode Qualitel (2000)	CQ: $D_{nT,A} = 53$ dB	CQCA: $D_{nT,A} = 55$ dB
Belgio	NBN S01-400-1	NAC: $D_{nT,w} + C_{tr} = 54$ dB	IACC: $D_{nT,w} + C_{tr} = 58$ dB
Austria	ÖNORM B 8115 (2002)	Standard: $D_{nT,w} = 55$ dB	Enhanced: $D_{nT,w} = 58$ dB
Svizzera	SIA 181(2003)	Low: $D_{nT,w} + C = 49$ dB	Medium: $D_{nT,w} + C = 54$ dB
Regno Unito	The Building regulations (2000). Part E	$D_{nT,w} + C_{tr} = 45$ dB	
Spagna	DB – HR Protection frente al Ruido	$D_{nT,w} = 45$ dBA	
Portogallo	DL 129/2002	$D_{nT,w} = 50$ dBA	

Tabella 1. Requisiti relativi ai vari standard europei di comfort acustico tra ambienti appartenenti ad unità immobiliari distinte.

(1) Il termine $D_{nT,A}$ è usato in sostituzione di $D_{nT,w} + C$ (o C_{tr}).

	SUFFICIENTE	BUONO	OTTIMO
MEDIA EUROPEA	$R'_w = 52$	$R'_w = 58$	$R'_w = 63$
MEDIA MEDITERRANEA	$R'_w = 49$	$R'_w = 55$	

Tabella 2. Media dei valori proposti dalle norme dei Paesi europei per l'isolamento al rumore aereo.

Paese	Standard	Livello Sufficiente	Livello Buono
Danimarca	DS 490 (2001)	Classe C: $L'_{n,w} = 53$ dB	Classe B: $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} = 48$ dB
Finlandia	SFS 5907 (2004)	Classe C: $L'_{n,w} = 53$ dB	Classe B: $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} = 49$ dB
Norvegia	NS 8175 (2005)	Classe C: $L'_{n,w} = 53$ dB	Classe B: $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} = 48$ dB
Svezia	SS 02 5267 (2004)	Classe C: $L'_{n,w} = 56$ dB	Classe B: $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} = 52$ dB
Germania	VDI 4100 (1994)	Classe I: $L'_{n,w} = 53$ dB	Classe II $L'_{n,w} = 48$ dB
Olanda	NEN 1070 (1999)	Classe 3: $L'_{nT,w} + C_1 = 53$ dB	Classe 2: $L'_{nT,w} + C_1 = 48$ dB
Francia	Méthode Qualitel (2000)	CQ: $L'_{nT,w} = 58$ dB	CQCA: $L'_{nT,w} = 52$ dB
Belgio	NBN S01-400-1	NAC: $L'_{nT,w} = 58$ dB	IACC: $L'_{nT,w} = 50$ dB
Austria	ÖNORM B 8115 (2002)	Standard: $L'_{nT,w} = 48$ dB	Enhanced: $L'_{nT,w} = 45$ dB
Svizzera	SIA 181(2003)	Low: $L'_{nT,w} + C_1 = 55$ dB	Medium: $L'_{nT,w} + C_1 = 50$ dB
Regno Unito	The Building regulations (2000). Part E	$L'_{nT,w} = 62$ dB	
Spagna	DB – HR Protection frente al Ruido	$L'_{nT,w} = 68$ dB	
Portogallo	DL 129/2002	$L'_{nT,w} = 60$ dB	

Tabella 3. Requisiti relativi ai vari standard europei di isolamento al rumore impattivo tra ambienti appartenenti ad unità immobiliari.

	SUFFICIENTE	BUONO	OTTIMO
MEDIA EUROPEA	$L'_{N,W} = 57$	$L'_{N,W} = 50$	$L'_{N,W} = 44$
MEDIA MEDITERRANEA	$L'_{N,W} = 62$		

Tabella 4. Media dei valori proposti dalle norme dei Paesi europei per l'isolamento al rumore impattivo.

Paese	Livello Sufficiente	Livello Buono	Livello Ottimo
Danimarca	Classe C: $L'_{Aeq,24h} \leq 30$ dB	Classe B: $L'_{Aeq,24h} \leq 25$ dB	Classe A: $L'_{Aeq,24h} \leq 20$ dB
Finlandia	Classe C: $L'_{Aeq,7-22} \leq 35$ dB	Classe B: $L'_{Aeq,7-22} \leq 30$ dB	Classe A: $L'_{Aeq,7-22} \leq 25$ dB
	Classe C: $L'_{Aeq,22-7} \leq 30$ dB	Classe B: $L'_{Aeq,22-7} \leq 25$ dB	Classe A: $L'_{Aeq,22-7} \leq 20$ dB
Norvegia	Classe C: $L'_{pAeq,24h} \leq 30$ dB	Classe B: $L'_{pAeq,24h} \leq 25$ dB	Classe A: $L'_{pAeq,24h} \leq 20$ dB
	Classe C: $L'_{pAeq,23-7} \leq 45$ dB	Classe B: $L'_{pAeq,23-7} \leq 40$ dB	Classe A: $L'_{pAeq,23-7} \leq 35$ dB
Svezia	Classe C: $L'_{pAeq,24h} \leq 30$ dB	Classe B: $L'_{pAeq,24h} \leq 26$ dB	Classe A: $L'_{pAeq,24h} \leq 22$ dB
	Classe C: $L'_{pFmax,22-6} \leq 45$ dB	Classe B: $L'_{pFmax,22-6} \leq 41$ dB	Classe A: $L'_{pFmax,22-6} \leq 37$ dB
Germania	Classe I: $R'_{res,w} \geq 30$ dB	Classe II $R'_{res,w} \geq 30$ dB	Classe III $R'_{res,w} \geq 40$ dB
Olanda	Classe 3: $D_{2m,nT,w} + C^{*2} \geq L_{den} - 32$ dB	Classe 2: $D_{2m,nT,w} + C^{*} \geq L_{den} - 27$ dB	Classe 1: $D_{2m,nT,w} + C^{*} \geq L_{den} - 27$ dB
	Classe 3: $D_{2m,nT,w} + C_{tr}^{**3} \geq 23$	Classe 2: $D_{2m,nT,w} + C_{tr}^{**} \geq 28$	Classe 1: $D_{2m,nT,w} + C_{tr}^{**} \geq 28$

Tabella 5. Requisiti relativi ai vari standard di isolamento acustico di facciata.

Le normative europee per descrivere l'isolamento al rumore impattivo di una struttura usano il livello di rumore di calpestio di solai normalizzato **L'n,w** o **L'nT,w**.

Essendo i due parametri legati dalla formula:

$$L'nT,w = L'n,w - 10 \log 0,032 V$$

una precisa comparazione è possibile solo con il dato del volume del vano misurato. In questo caso ipotizzeremo un volume pari a 32,4 m³, relativo ad un vano con una superficie di 12 m² ed un'altezza di 2,7 m. Con queste considerazioni si ottiene $L'nT,w < L'n,w$.

Le successive ipotesi formulate per il confronto dei dati sono le seguenti: CI50 - 2500 = 0 dB (limitato al caso di strutture pesanti o mediamente pesanti [6]); CI = - 3 dB (sulla base della media delle misure eseguite nel corso degli anni e presentate in questo studio).

Il panorama costruttivo italiano

Numerose prove sperimentali inerenti alle prestazioni acustiche di soluzioni costruttive diffuse in ambito nazionale dimostrano tutt'oggi difficoltà a soddisfare i valori limite dettati dalla normativa italiana, peraltro molto lontani dagli standard qualitativi in vigore in gran parte dei paesi europei, dove si adottano valori limite assai più severi dei nostri.

Per poter analizzare il panorama costruttivo in Italia, ricordiamo che i limiti acustici a cui devono rispondere gli edifici sono fissati dal D.P.C.M. 5-12-1997, nonostante ne sia di recente stata limitata l'applicabilità.

Per quel che riguarda gli edifici adibiti a residenza od assimilabili, i limiti sono:

- Isolamento da rumore aereo: **Rw > 50 dB**
- Isolamento di Facciata: **D2m,nT,w > 40 dB**
- Livello massimo per il calpestio **Ln,w > 50 dB**

Per ottenere una rappresentazione aggiornata dell'idoneità delle soluzioni costruttive nazionali rispetto alla verifica dei valori limite di legge, sono stati

elaborati i risultati di misure acustiche eseguite nell'ambito di attività di ricerca del dipartimento TAD dell'Università di Firenze e del dipartimento di ingegneria dell'Università di Ferrara, nel corso degli ultimi 10 anni, in Italia (in prevalenza si tratta di casi studio localizzati nelle regioni centrali)

Tutte le misurazioni sono state eseguite nel pieno rispetto delle condizioni definite dalle norme della serie ISO 140, in locali già occupati o comunque ad edifici ultimati e rifiniti.

Isolamento acustico aereo

Per l'isolamento al rumore aereo di divisori verticali interni, i cantieri studio esaminati per valutare il soddisfacimento del requisito di isolamento ai rumori aerei interni sono stati 91, anche se, per il ripetersi di situazioni comuni, solo 61 casi sono stati presi in considerazione nella nostra analisi. Le misure eseguite sono state 150 di cui il 48% su partizioni monoblocco, il 40% su murature doppie e il 12 % su pareti leggere con placcaggio in cartongesso. Sono stati eliminati dalle valutazioni alcuni casi riferiti a soluzioni troppo particolari, come pareti di spessore molto ridotto o molto elevato. I dati raccolti sono stati elaborati fornendo le informazioni statistiche riportate in Figura 3, dove si evidenzia la percentuale di soddisfacimento dei limiti riportati nell'asse delle ascisse in termini di indice di valutazione del potere fonoisolante apparente.

Le pareti monoblocco placcate sono quelle realizzate con un paramento massivo di mattoni o blocchi, con o senza intonaco, e rivestimento leggero (normalmente in lastre di gesso rivestito) applicato su una o entrambe le facce della parete.

Generalmente tra il rivestimento e la parete di base è presente un materiale fonoassorbente.

La metà esatta dei dati relativi alle pareti monoblocco soddisfa il valore limite proposto dal D.P.C.M. 5/12/97 (50 dB); per le pareti a doppio strato, invece, il valore limite è rispettato solo nel 28 % dei casi studio. Infine, l'86% dei divisori con placcaggio rientra negli attuali limiti di legge.

Il confronto con i valori proposti dalle normative europee (Tabella 1, Tabella 2)

peggiora la percentuale di casi di livello sufficiente per i divisori monoblocco (18%) e per le pareti doppie (11%). Solo le pareti con placcaggio in cartongesso hanno un buon risultato con il 57 % dei casi.

Le prestazioni corrispondenti al livello buono ed ottimo, proposte dalle normative europee, sono soddisfatte solo da un numero limitato di pareti placcate in cartongesso. Parallelamente all'analisi statistica dei risultati delle prove in termini di $R'w$, è stata condotta anche l'analisi sulla frequenza (percentuale dei casi che forniscono un determinato valore) dei valori dei termini di adattamento spettrale C e Ctr, definiti dalla norma UNI EN ISO 717-1.

Quest'informazione statistica potrà essere utile per meglio confrontare i valori dettati dalla normativa italiana con specifiche tecniche espresse in termini di ($R'w + C$) o ($R'w + Ctr$). Inoltre, i termini di adattamento spettrale, se uniti all'indice di valutazione del potere fonoisolante, $R'w$, assumono importanza nella valutazione del disturbo acustico in ambienti.

Isolamento al rumore impattivo

Il livello normalizzato di rumore di calpestio è stato misurato in 29 differenti cantieri di complessi residenziali per un totale di 94 misurazioni.

I solai analizzati sono per il 90 % dei casi in laterocemento, per il 6 % in cemento armato e per il 4 % con struttura lignea.

I dati ottenuti sono stati confrontati fra loro per capire la frequenza di ripetitività degli indici di valutazione del livello normalizzato di rumore di calpestio ($L'n,w$). Nel patrimonio edilizio italiano, la percentuale di edifici che soddisfa il requisito minimo di legge, pari ad un valore di $L'n,w = 63$ dB, è inferiore al 50 % (44,4 %); mentre i requisiti proposti per l'isolamento al rumore impattivo dalle varie normative europee (Tabella 3, Tabella 4) per un livello di comfort acustico maggiore (buono o ottimo) non sono mai soddisfatti dai dati rilevati.

La ricorrenza di risultati di misure caratterizzate da valori di CI molto elevato in valore assoluto (minori di -5 dB) è motivata dalla presenza di molti casi di solai in cui il pavimento galleggiante non era presente o non funzionava correttamente. In questi casi, lo spettro del livello di rumore da calpestio

assume valori rilevanti alle frequenze più alte e questo produce elevati valori del termine di adattamento spettrale CI. In pratica, nei casi esaminati, il termine di adattamento spettrale CI assume valore inferiore a -5 dB solo in corrispondenza di valori di $L_{n,w}$ maggiori del limite di legge.

Isolamento acustico di facciata

Le facciate analizzate sono state 52, per alcune delle quali sono stati calcolati anche i termini di adattamento spettrale C e Ctr (46 casi studio). Raggruppabili per tipologia di costruzione, essendo le facciate costituite da più elementi costruttivi, sono stati confrontati fra loro per capire la frequenza di ripetitività degli indici di valutazione $D_{2m,nT,w}$.

I dati riportati presentano una situazione molto critica dell'attuale panorama edilizio nazionale: solo il 23 % dei casi soddisfa gli attuali requisiti minimi di legge per l'edilizia residenziale.

Un confronto con la classificazione dei vari paesi a livello europeo è di difficile applicazione sia per i diversi parametri valutativi adottati, sia per gli alti standard proposti.

L'analisi della frequenza dei termini di adattamento spettrale presenta un risultato di facile lettura: il termine di adattamento spettrale C assume tipicamente valori prossimi a -1 dB, mentre il termine Ctr varia valori prossimi a - 3 dB.

L'esame dei sistemi nazionali di classificazione acustica riferita ai paesi europei ha evidenziato standard qualitativi in generale superiori a quelli italiani. In molti paesi europei le normative relative alla qualità acustica degli edifici sono in vigore da vari decenni e ciò ha consentito il progressivo miglioramento del livello qualitativo delle costruzioni rispetto ai requisiti acustici.

I dati raccolti si riferiscono a misurazioni effettuate dai due dipartimenti universitari negli ultimi dieci anni, dopo l'entrata in vigore del decreto 5 dicembre 1997. L'esame dei dati ha posto in evidenza come il contesto costruttivo nazionale presenti ancora difficoltà nel rispetto dei valori limite dettati dal D.P.C.M. 5/12/97, soprattutto per quanto attiene determinate

tipologie costruttive e soprattutto in riferimento all'isolamento acustico di facciata.

Negli ultimi anni le tecnologie costruttive e le attenzioni alla posa in opera sono sensibilmente migliorate e pertanto è probabile e auspicabile che, per le nuove costruzioni, si possa avere un'inversione di tendenza rispetto ai risultati ottenuti dalle campagne di misura dell'ultimo decennio.

Classificazioni acustiche in Europa

Come menzionato nel paragrafo precedente, oltre alle richieste di Legge in materia di requisiti acustici, qualche nazione ha implementato e reso percorribile (chi facoltativamente come il Qualitel francese e chi integrandolo con le richieste di Legge come il documento islandese IST 45:2003 "Sound classification of dwellings") un processo "virtuoso" avente come oggetto e fine ultimo la "classificazione acustica degli edifici".

In tali processi, diversamente da quanto stabilito come requisito minimo, vengono considerati e classificati gli immobili che si distinguono per gli alti livelli di confort acustico.

Prendendo ad esempio quanto indicato nel documento islandese (allo stesso modo si procede anche per il Qualitel francese), appare chiara la distinzione tra quanto stabilito come requisito minimo (rapportato ai soli requisiti acustici passivi dell'edificio) e quanto considerato come "Livello di Comfort" in corrispondenza anche del "Clima acustico esterno" al locale in sede di valutazione (dove con esterno al locale si intende sia le sorgenti di rumore esterne che le sorgenti di rumore adiacenti nel caso di locali adibiti ad uso residenziale affiancati ad attività rumorose).

È fondamentale questa la grande differenza tra quanto possiamo considerare un immobile correttamente isolato ed un immobile ad alto confort acustico.

Se prendiamo in considerazione un appartamento sito in una palazzina ad uso residenziale e ci concentriamo sull'indice di isolamento acustico di facciata ($D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB), potremo trovarci in situazioni decisamente antitetiche in

dipendenza dell'ubicazione della palazzina stessa: in prossimità di un parco l'appartamento sarebbe da considerarsi ad alto comfort acustico interno, in vicinanza ad un passaggio ferroviario (ad esempio a 15-20 m dalle rotaie) al contrario, le prescrizioni di legge potrebbero non essere sufficienti.

In definitiva quanto contenuto nella norma islandese parte da questo irrinunciabile assunto: il confort acustico interno di un locale adibito a permanenza di persone deve essere forzatamente legato al clima acustico della zona limitrofa (interna od esterna che sia) ed è su questa base che vengono poi indicate classi di qualità acustica dalla "A" alla "C" (corrispondenza alla minima richiesta) per i fabbricati nuovi, con l'aggiunta della classe "D" per i fabbricati esistenti (con richieste meno restrittive).

Di notevole interesse e spunto (con l'augurio che da noi si possa un domani stabilire un procedimento paritetico che tenga comunque in considerazione delle differenze legate alle tipologie costruttive) sono anche le indicazioni relative agli indici di valutazione per ottenere il confort richiesto, indici che considerano le prestazioni degli elementi sempre in rapporto alle destinazioni d'uso dei locali confinanti, siano essi attività considerate rumorose (ad esempio un elemento di separazione tra un'abitazione ed un locale adibito ad attività produttive o commerciali come un bar od un ristorante) o vani comuni dello stesso fabbricato (quali vani autorimessa o porticati).

Rimane da valutare forse l'unica problematica particolarmente delicata in seno a questi percorsi di classificazione, problematica relativa al numero ed alla tipologia di indagini da eseguire in opera per attestare la classificazione dell'edificio, senza dover procedere obbligatoriamente al collaudo di tutti gli elementi, operazione che porterebbe enormi investimenti di tempo e denaro e che potrebbe causare il naufragio del percorso di qualificazione acustica.

In Italia, nonostante i limiti acustici fissati dallo stato siano nettamente al di sotto della maggior parte degli standard fissati negli altri paesi europei, gli edifici difficilmente li soddisfano. L'acustica continua ad essere più presente nei tribunali, nelle cause tra vicini che si disturbano vicendevolmente che nei processi progettuali e costruttivi volti a migliorare realmente il comfort acustico all'interno delle abitazioni.

Riportato di seguito, un provocante articolo del prof. Ing. Campolongo, il quale in risposta alla legge 88/2009, ha analizzato i livelli d'isolamento europeo, per proporre un'alternativa nei contenziosi tra acquirenti e costruttori, di fatto "sospesi" in caso di inadempienza ai requisiti acustici degli edifici.

Giorgio Campolongo, 02/12/09

" Requisiti acustici delle abitazioni nelle vertenze giudiziarie: proposta di adottare la qualità acustica peggiore in Europa "

testo tratto dal sito www.rumoreincasa.it

A seguito della legge n. 88 del 7 Luglio 2009 chi ha acquistato un'abitazione con difetti d'isolamento acustico, "in attesa del riordino della materia", non può più avvalersi dei requisiti d'isolamento fissati dal D.P.C.M. 5/12/97 nella vertenza giudiziaria contro il venditore/costruttore per rivendicare il danno prodotto dall'isolamento difettoso.

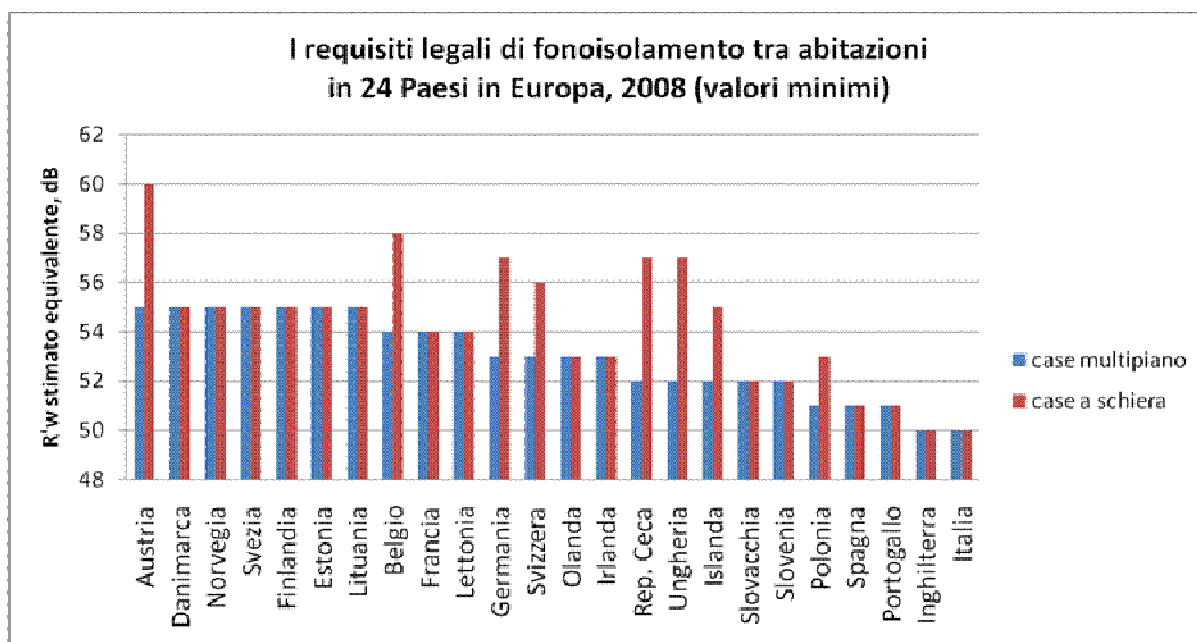
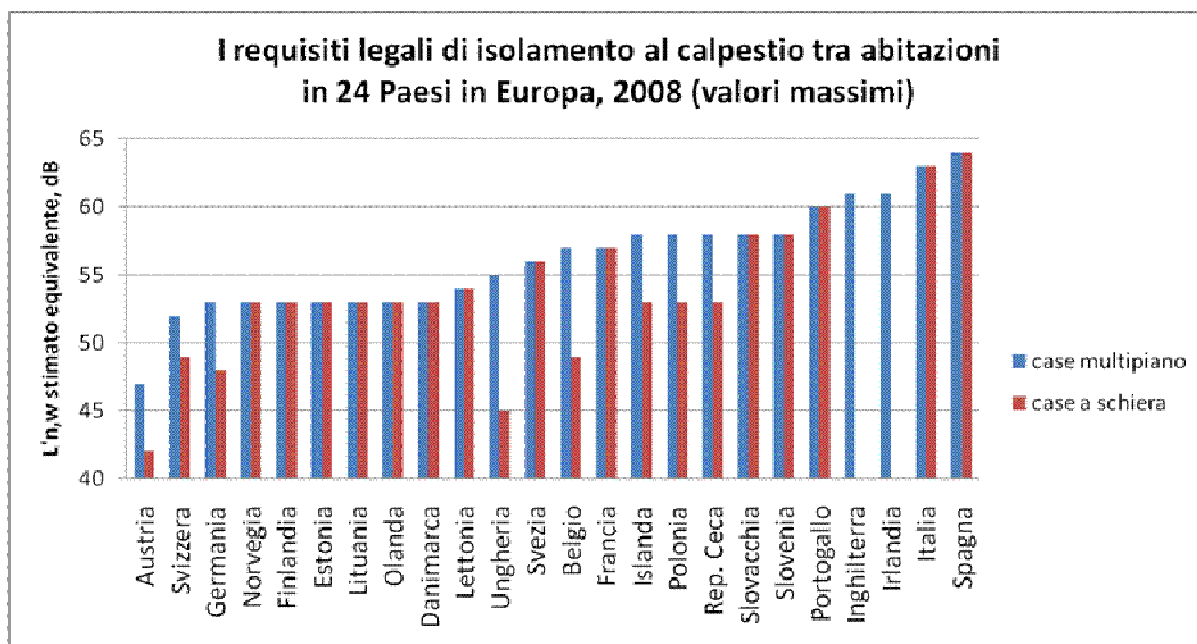
Siccome non è più possibile avvalersi del D.P.C.M. 5/12/97 come regola della Buona Tecnica (che rimane inalterato anche nel corso dell'attesa del riordino della materia) occorre determinare una regola diversa, tecnicamente autorevole e aggiornata almeno quanto il decreto.

Per far questo propongo di assumere i requisiti legali in 24 Paesi europei pubblicati da Birgit Rasmussen in "Classificazione acustica delle abitazioni – Sintesi delle procedure utilizzate in Europa ed interazione con i limiti di legge", presentato alla Convention Nazionale del Gruppo di Acustica Edilizia, a Ferrara, 11-12 Marzo 2009. Birgit Rasmussen è incaricata del Gruppo di Lavoro "Requisiti d'isolamento acustico e classificazione acustica – Armonizzazione dei concetti" dell'Associazione Europea di Acustica (EAA TC-RBA WG 4, European Acoustics Association, Technical Committee – Room and Building Acoustics, Working Group 4).

Detti requisiti legali del potere fonoisolante apparente $R'w$ e dell'isolamento al calpestio normalizzato $L'n,w$ tra abitazioni, vigenti nei vari Paesi, sono riportati nei suddetti diagrammi. I valori sono stimati equivalenti, basati su presupposti riguardanti i locali ed i tipi di costruzione. Quando il valore è un intervallo è assunto il valore medio. Da un Paese ad un altro la conversione esatta non è sempre possibile.

Nei diagrammi i valori dei vari Paesi sono in ordine decrescente per $R'w$ e crescente per $L'n,w$, quindi entrambi in ordine decrescente di qualità acustica. (I valori di $R'w$ sono limiti minimi di fonoisolamento, che se diminuiscono riducono la qualità acustica. I valori di $L'n,w$ sono limiti massimi di calpestio, che se aumentano riducono la qualità acustica.)

L'Austria è la prima della classe, con i limiti più restrittivi, e l'Italia è l'ultima della classe per il fonoisolamento e la penultima per il calpestio.



Siccome la legge 88/09 "sospende" l'applicazione dei limiti del D.P.C.M. 5/12/97, occorre trascurare i valori italiani ($R'w = 50$ dB e $L'n,w = 63$ dB) e considerare soltanto quelli vigenti negli altri 23 Paesi europei (Italia esclusa).

Verrebbe spontaneo adottare le medie europee (tra i 23 Paesi) che sono:

$$R'w = 53,8 \approx 54 \text{ dB}$$

$$L'n,w = 54,6 \approx 55 \text{ dB.}$$

Ma queste medie europee sembrano troppo difficoltose per i Costruttori italiani che già non riescono a soddisfare i requisiti del decreto "sospeso" in oltre l'80% delle nuove costruzioni.

Da notare che rispetto alle medie europee i requisiti del decreto sono di qualità acustica peggiore di 4 dB per $R'w$ e di 8 dB per $L'n,w$. Perciò attualmente i requisiti medi europei sono troppo elevati per l'Italia.

Propongo quindi di adottare i requisiti d'isolamento acustico minimi, cioè con l'isolamento più scarso o di qualità acustica peggiore, tra quelli vigenti in tutti i 23 Paesi europei (Italia esclusa), che sono:

$$R'w = 50 \text{ dB (dell'Inghilterra)} \qquad L'n,w = 64 \text{ dB (della Spagna).}$$

In conclusione propongo che nelle vertenze giudiziarie in materia di requisiti acustici delle abitazioni "in attesa del riordino della materia" (legge 88/09) i requisiti da adottare come regola della Buona Tecnica siano:

$$R'w = 50 \text{ dB (valore minimo)} \qquad L'n,w = 64 \text{ dB (valore massimo).}$$

3. Le norme UNI

Le Normative Uni costituiscono un riferimento parallelo alle leggi ed ai decreti che abbiamo analizzato finora, emesse da stato, regione e comune.

Costituiscono un riferimento tecnico, e di armonizzazione delle corrispondenti norme europee (EN) ed internazionali (ICS).

LE NORME IN VIGORE

Di seguito riportate, le norme che attualmente fanno capo alla commissione "Acustica" dell'ente UNI, che abbiamo studiato per capire l'incidenza e le modalità di calcolo e di misurazione dei requisiti acustici degli edifici. Ognuna è correlata di un suo sommario, che permette di capirne gli intenti.

. UNI EN 12354-3

"Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti"

"Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea"

La norma definisce un modello di calcolo per valutare l'isolamento acustico o la differenza di livello di pressione sonora di una facciata o di una diversa superficie esterna di un edificio. Il calcolo è basato sul potere fonoisolante dei diversi elementi che costituiscono la facciata e considera la trasmissione diretta e laterale. Il calcolo fornisce dei risultati che corrispondono approssimativamente ai risultati ottenuti con misurazioni in opera, conformemente a quanto indicato dalla UNI EN ISO 140-5. I calcoli possono essere eseguiti per bande di frequenza o per indici di valutazione.

. UNI/TR 11175

"Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici"

"Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale"

Il rapporto tecnico fornisce modelli semplificati di calcolo e soluzioni tecniche costruttive per una corretta qualifica acustica di un edificio nel suo complesso. Le prestazioni acustiche di un edificio sono espresse in termini di isolamento, trasmissione ed assorbimento dei rumori nonché di livelli e potenze sonore. Il rapporto tecnico si applica ad abitazioni costituite da appartamenti in edifici multipiano e ad ogni altra situazione ad essi facilmente riconducibile.

. UNI EN 717-1

"Valutazioni dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio"

"Isolamento acustico per via aerea"

La norma definisce gli indici di valutazione delle grandezze per l'isolamento acustico per via aerea in edifici e di elementi di edificio, prende in considerazione i diversi spettri di livello acustico di varie sorgenti di rumore, quali le sorgenti di rumore all'interno di un edificio e il traffico all'esterno di un edificio, prescrive delle regole per determinare dette grandezze in base ai risultati delle misurazioni effettuate per bande di terzo di ottava o di ottava in conformità alle ISO 140 parti 3,4,5,9 e 10.

IL PROGETTO PER LA NUOVA NORMA UNI IN ACUSTICA

Da tempo si attende la pubblicazione di una norma ad opera dell'ente UNI, che faccia chiarezza in campo acustico, magari gettando le basi per una vera e propria classificazione acustica. Sembra che finalmente sia in dirittura d'arrivo, anche se, come vedremo le critiche a questo testo, attualmente in "Inchiesta Pubblica", stanno sollevando parecchie proteste, soprattutto da parte dei tecnici, che dovrebbero poi essere i principali attori nel rilascio della certificazione acustica. Il processo di elaborazione delle norme UNI prevede che i progetti vengano sottoposti all'inchiesta pubblica proprio per raccogliere i commenti degli operatori, la norma UNI definitiva potrebbe quindi presentare differenze, anche sostanziali, rispetto al documento messo in inchiesta.

L'inchiesta è terminata l'11 marzo 2010, ci è quindi stato possibile durante questo studio formulare delle proposte di modifica, di seguito riportate, inoltrate sul sito www.uni.it.

Questa norma desta parecchi interessi in primis per il caos attualmente vigente in campo acustico, in secondo luogo perché si pensa debba essere presa a modello dal governo per il preannunciato "riordino della materia" col quale è stato limitato il campo d'applicazione del D.P.C.M. 5-12-1997.

Di seguito riportiamo i passi salienti del testo originale, per poterlo poi commentare.

. UNI 20001500 (Progetto)

"Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari"

"Procedura di valutazione e verifica in opera"

La norma definisce, in riferimento ad alcuni requisiti acustici prestazionali degli edifici, i criteri per la loro misurazione e valutazione. Su tale base la norma stabilisce inoltre una classificazione acustica (in riferimento ad ognuno dei requisiti), per l'intera unità immobiliare (salvo alcune tipologie). È infine proposta una valutazione sintetica (con un unico indice descrittore) dell'insieme dei requisiti per unità immobiliare. I criteri stabiliti nella presente norma sono applicabili a tutte le unità immobiliari con destinazione d'uso diversa da quella agricola, artigianale e industriale.

5 Procedure di verifica delle prestazioni acustiche di unità immobiliari ai fini della classificazione acustica

5.1 Generalità

...

La verifica acustica ai fini della classificazione acustica a seguito di un intervento edilizio deve essere eseguita a lavori ultimati. Qualunque intervento edilizio che porti all'alterazione delle strutture e degli impianti, alla variazione nella geometria o alla distribuzione degli ambienti, può modificare le prestazioni acustiche dell'unità immobiliare; quindi le singole valutazioni e la classificazione si riferiscono alle condizioni e al momento della verifica acustica.

Nel caso di elementi le cui prestazioni dipendano o sono influenzate dalla regolazione di uno o più parametri (per esempio regolazione del sistema di tenuta di un infisso, pressione dell'acqua di un impianto sanitario, ecc.), la verifica acustica è eseguita dopo avere verificato la regolazione degli stessi parametri.

...

6 Classificazione acustica

6.1 Criteri di base della classificazione acustica

Per le unità immobiliari aventi le seguenti destinazioni d'uso:

- residenziale;*
- direzionale ed ufficio;*
- ricettiva (alberghi, pensioni e simili);*
- ricreativa;*
- di culto,*
- commerciale.*

sono definite le classi acustiche riportate nel prospetto 1, in riferimento ai seguenti requisiti:

- a) indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata;*
- b) indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali fra differenti unità immobiliari;*
- c) indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti*

- sovrapposti e/o adiacenti appartenenti a differenti unità immobiliari;
- d) livello sonoro immesso da impianti a funzionamento continuo;
- e) livello sonoro immesso da impianti a funzionamento discontinuo.

Fanno eccezione a quanto sopra stabilito i seguenti casi:

- le unità immobiliari destinate ad attività ricreative e di culto in cui la qualità acustica sia una caratteristica fondamentale da valutare mediante una progettazione acustica particolarmente accurata e criteri specifici (sale da concerto, chiese, ecc.);
- le unità immobiliari ad esclusivo uso commerciale, destinate a ristoranti, bar, negozi con accesso diretto all'esterno, centri commerciali, autofficine, distributori carburanti (e altre aventi caratteristiche similari).

Qualora tali unità immobiliari facciano parte di edifici aventi destinazioni d'uso miste, devono essere valutati tutti i valori dei requisiti riportati nel prospetto 1, ad esclusione dei valori per l'isolamento acustico normalizzato di facciata.

Prospetto 1 Classificazione acustica di unità immobiliari in funzione dei requisiti prestazionali

Classe	Indici di valutazione				
	a) Isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nf,w}$ dB	b) Potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti di differenti unità immobiliari R'_{w} dB	c) Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari L'_{nw} dB	d) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo L_{1c} dB(A)	e) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo L_{1d} dB(A)
I	≥ 43	≥ 56	≤ 53	≤ 25	≤ 30
II	≥ 40	≥ 53	≤ 58	≤ 28	≤ 33
III	≥ 37	≥ 50	≤ 63	≤ 32	≤ 37
IV	≥ 32	≥ 45	≤ 68	≤ 37	≤ 42

Qualora per un requisito si riscontrino prestazioni peggiori rispetto a quelle proprie della classe IV, esso si considera non classificabile e viene caratterizzato con l'acronimo NC.

Nel considerare tali requisiti si applicano i seguenti criteri:

- il requisito a) è riferito alle facciate degli ambienti abitativi. La prescrizione è valida anche per le falde dei tetti nei sottotetti abitabili e verificabili acusticamente. I limiti sono riferiti alla situazione con sistemi oscuranti aperti. In caso di presenza di aperture di ingresso aria in facciata queste devono essere considerate nella normale condizione di utilizzo;
- il requisito b) è riferito alle partizioni orizzontali e verticali che separano unità immobiliari distinte; si applica inoltre:

- . alle partizioni orizzontali e verticali che separano ambienti abitativi di una unità immobiliare da ambienti, individuali o collettivi, destinati ad autorimessa , box, garage;
- . alle partizioni (non dotate di accessi o aperture) che separano ambienti abitativi di una unità immobiliare da parti comuni;
- il requisito c) è riferito al rumore da calpestio percepito all'interno degli ambienti abitativi e generato in unità immobiliari differenti. Per le modalità di esecuzione delle misurazioni si applicano le indicazioni descritte al punto 6.2 c) della presente norma;
- il requisito d) è riferito al livello di rumore degli impianti a funzionamento continuo, come definito nell'appendice D;
- il requisito e) è riferito al livello di rumore degli impianti a funzionamento discontinuo, come definito nell'appendice D.

...

In appendice L è indicata, a titolo informativo, la relazione tra la classificazione acustica e la qualità acustica attesa all'interno delle unità immobiliari.

Le unità immobiliari aventi le seguenti destinazioni d'uso:

- ospedali, cliniche e case di cura;
- scuole (a tutti i livelli);

non sono soggette a classificazione.

I requisiti acustici degli ambienti appartenenti a queste tipologie di unità immobiliari sono comunque da valutare in riferimento ai valori definiti in appendice A.

...

La presente norma considera inoltre i seguenti requisiti:

- h) isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti accessori di uso comune o collettivo dell'edificio collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi di una unità immobiliare;
- i) descrittori delle caratteristiche acustiche interne degli ambienti nei quali il controllo di tale aspetto è essenziale per garantire il comfort acustico.

I predetti requisiti h) e i) non sono considerati nella valutazione della classificazione acustica. Tuttavia, poiché ognuno di essi può essere significativo in taluni ambienti o in talune destinazioni d'uso, nelle appendici B e C sono descritte delle metodologie inerenti la loro determinazione e sono suggeriti dei valori di riferimento.

Le situazioni nelle quali non è possibile valutare $R'w$ fra differenti unità immobiliari o non è chiaramente definibile l'elemento di partizione fra le differenti unità immobiliari, non sono considerate nella valutazione della classificazione acustica. In casi particolari è comunque possibile integrare le informazioni ottenibili mediante le procedure di classificazione attraverso una valutazione di confronto tra $R'w$ e DnT,w eseguita in conformità alla metodologia indicata nell'appendice E.

6.2 Modalità di valutazione dei requisiti oggetto di classificazione

La metodologia e i criteri di campionamento descritti nella presente norma per la determinazione del valore di ogni requisito acustico di un'unità immobiliare si fondano sulla verifica acustica eseguita in opera.

È responsabilità del tecnico che determina la classe di una o più unità immobiliari applicare correttamente e integralmente la presente norma. Nel caso in cui si ritenga di dover derogare rispetto a qualche specifico punto della procedura descritta nella presente norma (per esempio in ordine al campionamento degli elementi tecnici da sottoporre a prova), e purché ciò non comporti errori nella valutazione della classificazione, deve essere chiaramente esplicitato l'oggetto di tale difformità e le ragioni della scelta.

Le valutazioni riguardano tutti gli elementi tecnici di ambienti verificabili acusticamente per i quali sia possibile effettuare le misurazioni di verifica in conformità alle norme tecniche applicabili.

Sono esclusi dalla valutazione gli elementi tecnici costituiti da facciate e partizioni interne che delimitano ambienti accessori o di servizio dell'unità immobiliare.

È inoltre esclusa la valutazione del rumore immesso dagli impianti eseguita in ambienti accessori o di servizio ad uso esclusivo dell'unità immobiliare.

Sulla base della verifica acustica, ad ogni requisito è associato un valore utile, corrispondente al valore misurato, corretto con l'incertezza di misura, secondo quanto indicato in appendice F.

In riferimento ai requisiti indicati nel punto 6.1 si procede nel modo seguente.

a) Il valore complessivo del requisito di isolamento acustico normalizzato di facciata si ottiene applicando la formula (2) (vedere punto 6.3.2) ai valori utili degli elementi tecnici di facciata dell'unità immobiliare.

Qualora l'elemento tecnico di facciata appartenga ad un ambiente che abbia più di un affaccio verso l'esterno e si devono utilizzare più posizioni di sorgente, il valore utile del requisito di isolamento di facciata si ottiene nel modo seguente.

- I. Si mediano con criterio energetico, secondo quanto previsto dalla UNI EN ISO 140 - 5, i valori in frequenza dell'isolamento di facciata di ogni combinazione affaccio-sorgente secondo la formula (1):

$$D_{2m} = -10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum 10^{-D_i/10} \right) \text{dB}$$

dove:

n è il numero di posizioni della sorgente;

D_i è l'isolamento acustico per l' i -esima combinazione sorgente-ricevitore.

- II. dal risultato della formula 1) si ricava l'isolamento normalizzato di facciata e il relativo indice di valutazione (applicando la UNI EN ISO 717-1) che si utilizza per ottenere il valore utile del requisito. **Nel caso in cui tale ambiente sia un sottotetto abitabile negli affacci devono essere comprese anche le porzioni di tetto.**

b) Il potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali si valuta nel modo seguente fra

ambienti appartenenti a differenti unità immobiliari:

- I. si esegue la media energetica tra i valori utili delle partizioni verticali (seguendo metodologia indicata al punto 6.3.2, formula 2);
- II. si esegue la media energetica tra i valori utili delle partizioni orizzontali (seguendo la metodologia indicata al punto 6.3.2, formula 2);
- III. i risultati delle due operazioni al punto I) e al punto II) devono essere mediati ulteriormente con criterio energetico (seguendo la metodologia indicata al punto 6.3.2, formula 2) per ottenere il valore del requisito di potere fonoisolante delle partizioni.

...

c) L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti e/o adiacenti appartenenti a differenti unità immobiliari si ottiene applicando la formula (3) (vedere punto 6.3.2) ai valori utili delle partizioni orizzontali.

...

d) Il livello sonoro immesso da impianti a funzionamento continuo si ottiene applicando la formula (3) (vedere punto 6.3.2) ai valori utili degli impianti a funzionamento continuo.

e) Il livello sonoro immesso da impianti a funzionamento discontinuo si ottiene applicando la formula (3) (vedere punto 6.3.2) ai valori utili degli impianti a funzionamento discontinuo.

...

Nel punto 6.4 si indica il procedimento per la classificazione acustica globale di una unità immobiliare. Nei casi in cui un determinato requisito non sia applicabile all'unità immobiliare in esame, si fa uso dell'acronimo NP (non pertinente).

I valori degli indici di valutazione dell'isolamento acustico, del potere fonoisolante e del livello di calpestio sono arrotondati all'intero; i valori dei livelli sonori immessi da impianti a funzionamento continuo e discontinuo sono arrotondati alla prima cifra decimale. I valori ottenuti dalle medie e i valori ottenuti applicando le procedure di valutazione della classe per unità immobiliare e di valutazione dell'incertezza di campionamento sono arrotondati alla prima cifra decimale.

...

6.4 Classificazione acustica dell'unità immobiliare

Dai dati ottenuti nella fase di classificazione per requisito e per unità immobiliare è possibile classificare l'unità immobiliare attraverso un unico indice, che riassume tutti i requisiti, in base al seguente procedimento:

a) si stabilisce, per ogni requisito dell'unità immobiliare, la corrispondenza tra classe di prestazione acustica e coefficiente di peso Z di cui al prospetto 3.

Prospetto 3 Corrispondenza fra classe acustica per requisito e per unità immobiliare e coefficiente di peso Z

Classe	I	II	III	IV	Prestazioni fino a 5 dB [(o dB(A)) peggiori rispetto alla classe IV	Prestazioni per più di 5 dB [(o dB(A)) peggiori rispetto alla classe IV
Coefficiente Z	1	2	3	4	5	10

b) Si effettua il calcolo di cui alla formula (4), arrotondando il risultato all'intero più vicino:

$$Z_{UI} = \frac{\sum_{r=1}^P Z_r}{P} \quad (4)$$

dove:

P è il numero di requisiti r considerati per l'unità immobiliare;

Z_r è il valore del coefficiente di peso relativo all' r -esimo requisito, con $r = 1, \dots, P$.

Utilizzando ancora il prospetto 3, si determina la classe acustica globale CUI dell'unità immobiliare in funzione del valore di Z_{UI} , coefficiente di peso relativo all'intera l'unità immobiliare, UI. CUI è dato dal numero espresso in carattere romano corrispondente al valore di Z_{UI} arrotondato all'intero:

$$CUI = Z_{UI}$$

Nel caso in cui Z_{UI} risulta maggiore di 4, l'unità immobiliare non è classificata (NC).

La classe dell'unità immobiliare si esprime attraverso una tabella contenente il valore globale CUI, seguito, dai valori C_r dei requisiti indicati nel punto 6.1 compresi fra a) ed e) (fra a) e g) nel caso degli edifici con destinazione d'uso ricettiva), dove C_r è il valore della classe, in carattere romano, relativo all' r -esimo requisito, con $r = 1, \dots, P$ dove P può essere al massimo 7 nel caso di edifici con destinazione d'uso ricettiva e 5 in tutti gli altri casi.

Nel caso in cui la classe sia ottenuta attraverso campionamento, come in seguito descritto nelle appendici G e H, viene esplicitato anche il livello di fiducia. Nel prospetto 4 è riportato un esempio di tale schema per il caso di misurazione di tutti gli elementi tecnici pertinenti e nel prospetto 5 per il caso del campionamento, e dove:

- CUI è la classe dell'unità immobiliare, ottenuta col procedimento indicato nei precedenti punti a) e b); essa può valere I, II, III, IV o NC;

- C_i , con i che va da 1 a 7 nel caso di destinazione d'uso ricettiva e da 1 a 5 in tutti gli altri casi, è la classe relativa a ciascun requisito e può valere I, II, III, IV, NC o NP (nel caso il requisito non sia pertinente per l'UI in esame);

- $L\%$ è il livello di fiducia scelto per il campionamento utilizzato, così come indicato nell'appendice H (vedere anche prospetto H.1)

Prospetto 4 Classificazione acustica dell'unità immobiliare attraverso un unico indice nel caso di misurazione di tutti gli elementi tecnici pertinenti ²⁾

Unità immobiliare UI nn					
Classe C_{UI}	$D_{min}L_w$	R'_w	L'_{nw}	L_w	L_d
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
Calcolo della classe derivante dalla misurazione di tutti gli elementi tecnici pertinenti, per ciascun requisito, per l'unità immobiliare in esame					

7 Criteri per la dichiarazione della classificazione acustica dell'unità immobiliare

La classificazione di una unità immobiliare si basa sul rapporto di verifica acustica.

Nel caso in cui la classificazione si fondi sul campionamento degli elementi tecnici (secondo quanto stabilito in appendice G) i criteri di campionamento sono scelti in base alle esigenze di classificazione; ciò riguarda in particolare la scelta del livello di fiducia in base a cui effettuare i calcoli previsti in appendice H.

Appendice L (informativa)

Relazione tra classificazione acustica e qualità acustica attesa all'interno degli edifici

In accordo con quanto specificato al punto 6, la classificazione acustica è determinata in funzione delle caratteristiche intrinseche degli elementi tecnici e degli ambienti delle unità immobiliari oggetto di classificazione.

In conseguenza di ciò, ad una determinata classe acustica di un'unità immobiliare non sempre corrisponde la stessa qualità acustica percepita da parte degli occupanti di detta unità immobiliare.

Infatti, la qualità acustica percepita da una persona dipende:

- dal tipo di sorgente disturbante (livello sonoro, composizione in frequenza, andamento temporale);
- dalla prestazione acustica degli elementi di chiusura e separazione (quindi dalla loro classe acustica);
- dalla sensibilità al rumore della persona.

Ipotizzando una normale sensibilità al rumore dei soggetti interessati, per associare ad ogni classe acustica la qualità acustica percepita è necessario fare ipotesi sulla natura del rumore disturbante. Per quanto attiene l'isolamento acustico dai rumori provenienti dall'interno dell'edificio (requisiti di potere fonoisolante apparente e livello normalizzato di rumore da calpestio), in presenza di livelli sonori disturbanti di media intensità, si possono assumere corrispondenze tra classi acustiche degli elementi tecnici e qualità acustica percepita dagli occupanti definite dal prospetto L.1.

Classe acustica	Prestazioni acustiche attese
I	Molto buone
II	Buone
III	Di base
IV	Modeste

Prospetto L.1 Relazione tra classi acustica di isolamento ai rumori interni (potere fonoisolante apparente, isolamento, livello di rumore da calpestio e livello sonoro di impianti) e prestazioni acustiche attese da parte di occupanti con normale sensibilità al rumore.

Per quanto attiene l'isolamento acustico dai rumori provenienti dall'esterno dell'edificio (requisito di isolamento acustico di facciata), è invece necessario tenere conto della forte variabilità del clima acustico del contesto in cui può essere collocato l'edificio.

Prospetto L.2 Relazione tra classi acustica della facciata, livello sonoro esterno e prestazioni acustiche attese da parte di occupanti con normale sensibilità al rumore.

Tipologia area	Classe acustica di isolamento acustico di facciata ($D_{in,fa}$)			
	IV	III	II	I
Aree molto silenziose	di base	buone	molto buone	molto buone
Aree abbastanza silenziose	modeste	di base	buone	molto buone
Aree mediamente rumorose	modeste	modeste	di base	buone
Aree molto rumorose	modeste	modeste	modeste	di base

In funzione del clima acustico esterno è possibile distinguere le aree esterne in diverse tipologie alle quali ci si può riferire per determinare la qualità acustica percepita. Nel prospetto L.2 è riportata la relazione tra classe acustica di isolamento acustico di facciata, tipologia dell'area esterna e qualità acustica percepita da parte di occupanti con normale sensibilità al rumore.

Indubbiamente, alla luce delle varie esperienze maturate nel mondo dell'acustica dopo l'emanazione del D.P.C.M. 5/12/1997, questo documento presenta dei punti positivi:

- innanzitutto, introduce il concetto di classificazione acustica, e cerca di avvicinare l'Italia al resto dei paesi europei;
- visto l'intensificarsi del traffico aereo e dell'utilizzo a fini abitativi dei sottotetti, è utile che si siano ufficialmente equiparate le coperture alle facciate. Tra i tecnici, si adotta già da tempo questa parificazione, ma è giusto che sia stata ufficializzata.

Detto questo, in un momento importante come questo, in cui ci si propone di "riordinare l'acustica" nel nostro paese, c'erano aspettative molto più alte, e si ha l'impressione che questa norma voglia legittimare dei limiti d'isolamento più bassi dei precedenti, per semplificare la vita di costruttori e venditori, piuttosto di puntare al benessere acustico.

Di seguito elenchiamo le nostre principali obiezioni al documento:

- Uno dei principali limiti mossi negli anni al D.P.C.M. 5/12/1997 è quello di non vincolare i requisiti d'isolamento acustico al "clima acustico", o per la meno alle zonizzazioni acustiche che i comuni avrebbero dovuto individuare da tempo, dell'entrata in vigore della "legge quadro 447" e dal seguente D.P.C.M. 14/11/1997.

In questa norma si introduce il concetto di classificazione acustica delle unità abitative, facendo un semplice riferimento al clima acustico, (*appendice L*).

Senza tenere in debito conto il rumore esterno, due appartamenti con lo stesso isolamento acustico di facciata, possono avere una qualità acustica estremamente differente, se si trovano in prossimità di una ferrovia o di un aeroporto, od in aperta campagna.

- Le quattro classi identificate dalla Norma (*prospetto 1, pag 10*) ammettono anche valori inferiori ai limiti imposti dal D.P.C.M. 5/12/1997, probabilmente per consentire la classificazione degli edifici costruiti precedentemente all'entrata in vigore del decreto stesso.

Gli indici massimi comunque son troppo bassi e non permettono una distinzione delle prestazioni agli alti livelli. Soprattutto per quel che riguarda l'Isolamento Acustico Normalizzato di facciata. Non si fa distinzione sopra i 43 dB, quando già nel Decreto di riferimento suddetto si poneva, per certe destinazioni d'uso

un limite minimo di 48 dB.

Un "range" di classificazione così basso avrebbe il risultato di condonare al ribasso tutte le unità costruite dal '97 ad oggi, e non stimolerebbe le nuove costruzioni a raggiungere livelli superiori alla classe I.

- In Acustica non si possono mediare i valori (*formula 2, pag 12-13*), né per tipologie d'isolamento analoghe, né tantomeno mediando le partizioni verticali con quelle orizzontali. L'isolamento molto alto di una parete opaca, orizzontale o verticale, potrebbe verificare i limiti, o comunque innalzare le classi delle altre facciate, dotate di serramenti, punti deboli, da cui può entrare molto più facilmente il rumore.

Molto semplice ed immediato sarebbe invece tenere quale valore di riferimento l'elemento più debole rilevato, senza medie né calcoli. Questo atteggiamento più selettivo, sposta l'attenzione sulle falle acustiche, che rischiano di vanificare l'isolamento generale.

- Si concorda che un'approssimazione all'intero, quindi con un'incertezza di $\pm 0,5$ dB, possa essere sufficiente ad esprimere l'indice di valutazione dell'isolamento acustico (*cap. 6, punto III, pag. 13*), ma sorge il dubbio del perché non siano quindi accettabili per le rilevazioni i microfoni in classe 2, con un errore di lettura di solo 0,2 dB/h maggiore di quelli in classe 1 (UNI 60651). Un taglio netto ai costi dell'attrezzatura di più frequente usura, potrebbe aiutare la diffusione dei rilievi acustici, con evidenti vantaggi per la disciplina.
- Se come già detto, in acustica non possono essere tenuti in considerazione i valori "mediati", risulta oltremodo difficile poter accettare l'unione dei 5 diversi livelli d'isolamento, per raggiungere una classe univoca d'isolamento acustico.

L'acustica non è equiparabile all'isolamento termico, di conseguenza appare inutile voler scimmiettare la certificazione energetica imposta di recente per legge. Può essere a nostro avviso perfettamente accettabile avere 2, 3 o anche 5 classi di riferimento, che anzi potrebbero essere tenute in adeguata considerazione a seconda del contesto in cui si opera:

- in un condominio assumerà più valore l'isolamento di tramezzi e solai;
- in un'unità indipendente, sarà maggiormente incidente l'isolamento di facciata, sempre a seconda del clima acustico esterno;
- infine, soprattutto in edifici collocati in zone molto silenziose, deve essere molto alto l'isolamento degli impianti, che non devono disturbare la quiete di partenza.

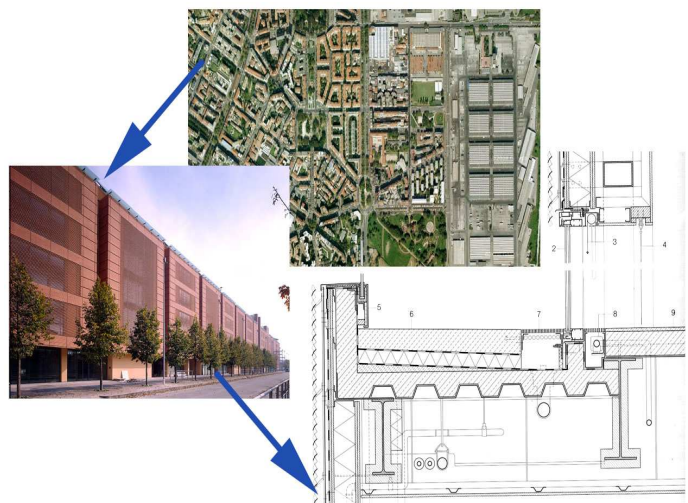
III. ANALISI DELLE VARIABILI ACUSTICHE/ARCHITETTONICHE

1. Analisi dell'isolamento di facciata e dell'involucro edilizio

a. *Approccio all'acustica sulle differenti scale di progetto*

L'acustica nell'architettura presenta una vasta serie di complessità dovute, come vedremo, a problemi inerenti a campi molto diversi tra loro. Principalmente il problema è imputabile ad una difficoltà di base che deriva dall'inadeguata progettazione, quando non addirittura mancante. C'è da specificare che le variabili nel campo dell'acustica applicata agli edifici non sono poche. L'involucro esterno ha a disposizione una tale varietà di tipologie e materiali che la previsione di come si comporterà ognuno di essi sotto l'aspetto dell'isolamento acustico risulta davvero complessa. Ma per analizzare a fondo la questione bisognerà partire dalla macroscale, per identificare tutti quei passaggi che concorrono alla qualità acustica finale richiesta. A influire su tutto il processo possiamo partire dall'ambiente in cui un edificio è collocato; vedremo come è importante un pensiero che tenga conto dell'acustica anche alla base di scelte a livello urbanistico, passando dall'ubicazione degli edifici in base alla loro destinazione d'uso, fino ad arrivare al particolare tecnologico dei materiali e delle tipologie costruttive delle facciate di questi ultimi. Possiamo quindi affermare che un'analisi completa delle variabili acustiche dell'architettura deve tener conto delle seguenti scale di grandezza:

- analisi su scala urbana;
- analisi su scala architettonica;
- analisi su scala tecnologica;



A seconda della scala in cui ci si trova a progettare gli aspetti da tenere in considerazione sono differenti, così come di conseguenza, le soluzioni. Vale sicuramente l'affermazione che prima si comincia a tener conto delle problematiche e delle aspettative legate all'acustica dell'edificio, migliore e meno dispendioso sarà il risultato finale. Verosimilmente, facendo scelte adatte nelle prime fasi della progettazione, non si renderanno necessarie soluzioni "riparatrici" per arginare i problemi di isolamento acustico, soluzioni sicuramente più dispendiose e probabilmente meno performanti.

b. Analisi urbana

È sicuramente a partire dalla scala dell'urbanistica che si dovrebbe prevedere una "pianificazione acustica" che tenga conto di zone e distanze per la migliore collocazione di edifici e infrastrutture, che possono essere sia emittenti che ricettori di rumore. Buone decisioni politiche del territorio dovrebbero prevedere posizionamenti e distanze adeguate per le varie destinazioni. Possiamo dire, generalizzando che le principali fonti di rumore sono le infrastrutture quali le strade (urbane e a scorrimento veloce), le tramvie, le linee ferroviarie, le linee aeree, ognuna con le relative zone di sosta (dalla fermata di un autobus alla stazione dei treni, agli aeroporti...). Altre fonti di rumore non legate al movimento ma alle attività sono invece le zone che prevedono insediamenti industriali, o strutture ricettive per il divertimento quali discoteche e locali, piuttosto che impianti sportivi, ogni tipologia delle quali ha le sue particolarità rispetto all'eventuale disturbo generato che può essere diretto (come la musica proveniente dall'interno dell'edificio) o indiretto (come può esserlo il rumore indotto dal traffico dei parcheggi o dalla sosta delle persone all'esterno). Avendo la possibilità di pensare le varie zone della città è quindi semplice capire che con alcuni accorgimenti distributivi è possibile riuscire a dare una "base acustica" nella quale muoversi a livello progettuale. Come nella maggior parte dei casi, qualora ci si trovasse in una situazione preesistente nella quale il discorso sull'acustica non è stata precedentemente preso in considerazione in fase urbanistica, o si è evoluto nel tempo in maniera differente, bisognerà ricorrere a modifiche delle infrastrutture piuttosto che alla schermatura delle zone da proteggere tramite soluzioni più o meno complesse. Ogni caso è a sé stante e può portare a soluzioni molto differenti tra loro, in base alla fattibilità dell'intervento e soprattutto al costo. Quindi si spazierà tra infinite soluzioni che possono prendere in considerazione lo spostamento di una determinata sorgente di rumore, come può essere un edificio piuttosto che una strada, lo spostamento o la non realizzazione di un ipotetico ricettore sensibile (edifici residenziali, servizi quali asili, ospedali...) oppure ricorrere alla creazione di barriere acustiche, tramite interrimento di infrastrutture o installazione di barriere che isolino o attutiscano i rumori generati. L'esigenza di tutelare il benessere pubblico dallo stress acustico urbano è comunque regolato da una

legge dello Stato (Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 1 marzo 1991) che impone ai Comuni di suddividere il proprio territorio in classi acustiche in funzione della destinazione d'uso delle varie aree (residenziali, industriali, ...) stabilendo poi per ciascuna classe i limiti delle emissioni sonore tollerabili. Lo strumento di pianificazione del territorio che ne disciplina l'uso e vincola le modalità di sviluppo delle attività svolte su di esso, è il Piano di Zonizzazione Acustica, che deve essere approvato dal Consiglio Comunale. Questo documento è parte integrante della pianificazione territoriale dell'Amministrazione Comunale e ne disciplina lo sviluppo urbanistico, commerciale, artigianale e industriale, con l'obiettivo principale di garantire la salvaguardia dell'ambiente e quindi dei cittadini mediante azioni idonee a riportare le condizioni di inquinamento acustico al di sotto dei limiti di norma. È come si capisce, perlopiù uno strumento analitico o comunque con intenti correttivi, applicandosi a una realtà già presente. Nell'esempio qui riportato vediamo la divisione del territorio per classi, dalla I alla V, in base al livello di rumorosità, oltre a tre ulteriori classi, con indicati i ricettori sensibili (scuole, ospedali, case di cura, ...), le aree di spettacolo e le fasce di pertinenza acustica delle infrastrutture.

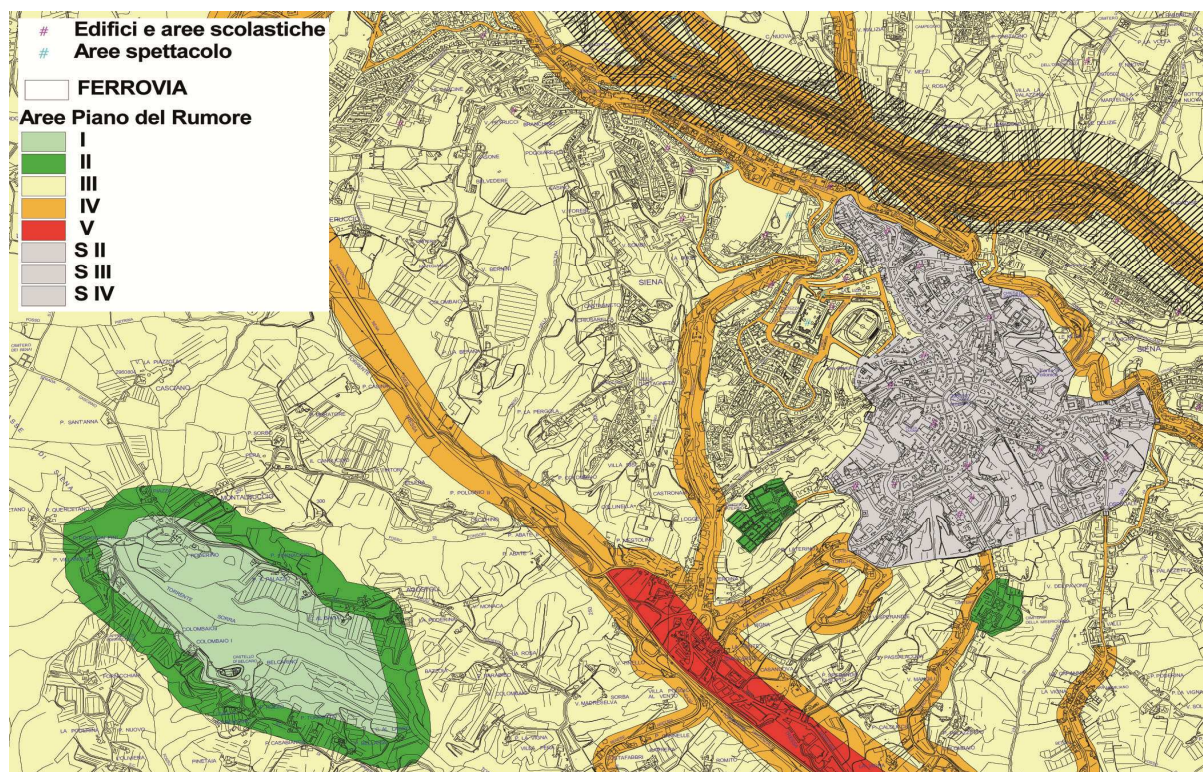


Fig. 1 Esempio di Piano di Zonizzazione Acustica (Estratto del PZA di Siena)

c. Analisi architettonica

A scala architettonica, le scelte da fare devono tenere in considerazione differenti situazioni di partenza. Per la propagazione all'esterno abbiamo visto che bisogna tener conto della distanza della sorgente, dell'altezza del locale rispetto al piano stradale, della presenza di ostacoli naturali e artificiali (alberi, siepi, parapetti, ecc.). Per quel che riguarda gli elementi legati all'edificio stesso, concorrono all'ottenimento del risultato finale l'orientamento, la superficie del serramento, il volume del locale ricevente e il suo relativo assorbimento acustico, ognuna con le variabili del caso che andremo ad analizzare.

Come ad esempio già si fa a livello termico (o si ha comunque la coscienza dell'importanza di farlo) la prima scelta da dover affrontare è l'orientamento dell'edificio, sia che si tratti di un emettitore, sia di un potenziale ricettore. Il "disturbante" dovrà fare il possibile per trovare la soluzione più indicata per evitare o arginare le emissioni di rumore, collocandosi in una determinata posizione rispetto all'area di insediamento, piuttosto che prevedendo eventuali aperture in direzioni che vadano a incidere il meno possibile sull'intorno esistente. La stessa cosa deve essere fatta con l'edificio ricettore potenzialmente "disturbato" ed è questo caso che andremo ad analizzare in maniera più approfondita, essendo questi i casi maggiormente diffusi.

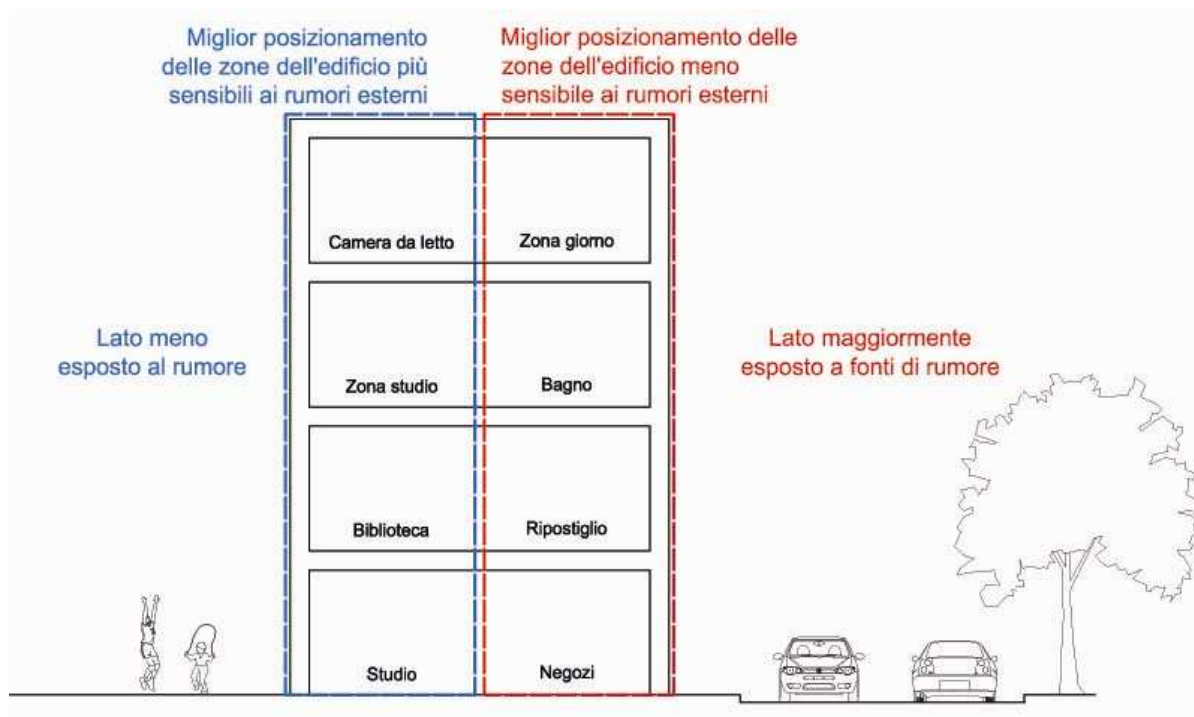


Fig. 2 La scelta della distribuzione interna è collegata all'ambiente esterno

Il posizionamento e l'orientamento devono quindi tener conto delle fonti di rumore, siano esse altri edifici piuttosto che infrastrutture. Una volta fissati si dovranno individuare i lati dell'edificio dividendoli in più e meno esposti alle fonti di rumore e in base a questo (mediando con le varie esigenze, come quella dell'orientamento geografico) trovare una giusta distribuzione interna che adatti le esigenze di vita alle condizioni del clima acustico esterno. Va ricordato che un edificio non è semplicemente immerso in un campo sonoro, ma che la direttività e la provenienza (ed eventuali elementi rifrangenti) del rumore sono di notevole importanza. Si sceglierà quindi, ad esempio, di posizionare le stanze che richiedono minore rumorosità proveniente dall'esterno, verso l'eventuale lato cortile, come le camere da letto, o comunque verso il lato che offre meno rumori. Viceversa, un soggiorno o una cucina, che prevedono attività che generano esse stesse un rumore (guardare la tv, ascoltare la musica, cucinare, discorrere...) perlopiù in orari diurni, o comunque stanze che non prevedono la permanenza protratta nel tempo di persone, come possono essere i locali accessori o di servizio (quali ripostigli o bagni) si potranno posizionare sull'eventuale lato strada e comunque in direzione della zona più disturbante.

Direttamente collegate all'esposizione delle differenti zone sono le aperture in facciata, finestre, portefinestre ed elementi ad esse correlati. La superficie opaca delle facciate, la muratura, raggiunge di per sé standard soddisfacenti ai fini dei requisiti di isolamento acustico, si individua quindi il punto debole sui serramenti. Indipendentemente da scelte progettuali prettamente architettoniche si ricorda che i regolamenti locali d'igiene impongono superfici minime di aperture al fine di garantire la corretta areazione e illuminazione dei locali. Questo vincolo di conseguenza le superfici minime di apertura delle varie stanze, dove con ogni probabilità seguiranno il ragionamento che prevede una maggior superficie finestrata per locali con destinazione d'uso di maggior superficie, quelli cioè che prevedono la permanenza di persone, cioè quelli da preservare maggiormente. Pur potendosi muovere minimamente nella scelta della quantità di superficie di aperture verso l'esterno, si può pensare di limitare le superfici finestate in quei casi che richiedono maggior schermatura dai rumori esterni. In fase progettuale si nota quindi l'importanza della scelta di una

maggiore o minore percentuale delle superfici vetrate rispetto a quelle opache, anche a livello economico, se il requisito è quello del comfort abitativo, del quale il lato acustico è preponderante.

Non va dimenticato il rumore proveniente da infrastrutture non visibili, come le linee aeree, in alcune zone molto fastidiose. A tal proposito le zone più esposte degli edifici esulano dall'affaccio e dall'orientamento e sono quelle degli ultimi piani. L'isolamento qui richiesto dev'essere distribuito quindi su una maggiore superficie captante, perché oltre che alle pareti verticali ci sono quelle della copertura, nel caso di sottotetti. Nelle zone colpite da questo disturbo la soluzione più logica sarebbe quella di non creare sottotetti abitabili ma di utilizzarli come "intercapedini", diaframmi che isolino i locali degli ultimi piani dalla zona soprastante, al fine di fare essi stessi da barriera. In alternativa bisognerà ricorrere a sistemi isolanti molto superiori e dispendiosi.

Un'altra fonte di attenzione per l'isolamento acustico è la morfologia della facciata. Maggiore sarà la superficie esposta perpendicolare alla direzione delle onde sonore impattanti, maggiore resistenza dovrà opporre al passaggio del rumore. Oltre che in termini quantitativi ha molta importanza la forma e l'andamento della facciata stessa. Aggetti, porticati, gronde, parapetti, arretramenti o sporti guidano, bloccano o rifrangono le onde sonore, portando ad un cambiamento della pressione sonora impattante sulla facciata. L'influenza derivante da questi elementi può essere positiva o negativa ed è quantificata mediante la seguente formula che ne indica il valore correttivo ΔL_{fs} :

$$\Delta L_{fs} = L_{1,2m} - L_{1,s} + 3 \text{ dB}$$

Dove: $L_{1,2m}$ indica il livello medio di pressione Sonora rilevato a 2 m dal piano della facciata;

$L_{1,s}$ indica il livello medio di pressione sonora rilevato sulla superficie della facciata con l'effetto della riflessione sonora incluso.

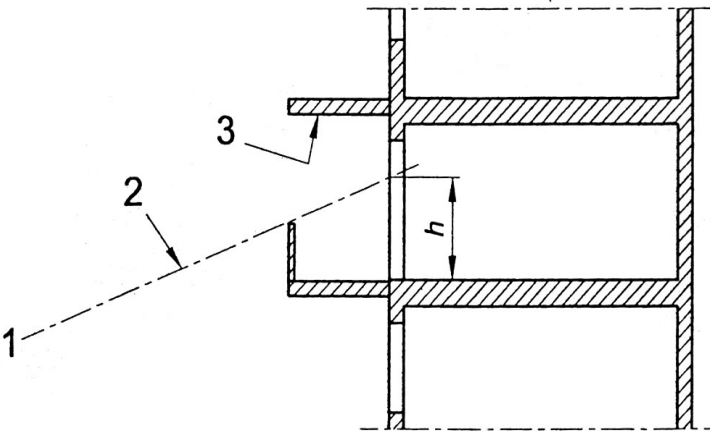
	Facciata piana	Ballatoio ¹⁾			Ballatoio ¹⁾			Ballatoio ¹⁾			Ballatoio ¹⁾		
α_w	Non si applica	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$
$h < 1,5$ m	0	-1	-1	0	-1	-1	0	0	0	1	Non si applica		
$1,5 \leq h \leq 2,5$ m	0	Non si applica			-1	0	2	0	1	3	Non si applica		
$h > 2,5$ m	0	Non si applica			1	1	2	2	2	3	3	4	6

	Balcone ²⁾			Balcone ²⁾			Balcone ²⁾			Terrazza					
α_w	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	Schermature aperte			Schermature chiuse		
$h < 1,5$ m	-1	-1	0	0	0	1	1	1	2	2	1	1	3	3	3
$1,5 \leq h \leq 2,5$ m	-1	1	3	0	2	4	1	1	2	3	4	5	5	6	7
$h > 2,5$ m	1	2	3	2	3	4	1	1	2	4	4	5	6	6	7

- 1) Ballatoio, terrazza continua.
2) Balcone, terrazza discontinua limitata lateralmente.

Fig. 3 Schema riportante la variazione di livello di pressione sonora in relazione alla forma della facciata (schema tratto da UNI TR 11175)

Nella precedente tabella si possono vedere alcuni tipi di valori correttivi correlati alle caratteristiche della forma di facciata, dove si notano l'incidenza dell'indice di assorbimento dell'elemento aggettante e dell'altezza della linea di veduta, dovuta alla schermatura della superficie della facciata tramite elementi schermanti (parapetti pieni) e rientranze, o tramite terrazze.



La forma della facciata è definita dalla sua sezione verticale. L'assorbimento α_w (3) si riferisce all'indice di

Fig. 4 (Schema tratto da UNI TR 11175)

valutazione dell'assorbimento acustico e il suo valore va da 0 (totalmente riflettente) a 1 (totalmente assorbente). In questi calcoli i valori limite di riferimento vanno dal $<0,3$ al $>0,9$ e quest'ultimo valore si calcola anche qualora non vi sia un elemento aggettante riflettente sopra la porzione di facciata presa in esame. La direzione dell'onda incidente è definita mediante l'altezza data dall'intersezione tra la linea di veduta (2) dalla sorgente (1) ed il piano di facciata, e corrisponde con i valori h della sezione qui riportata e della tabella precedente.

d. Analisi tecnologica

Quando si scende di scala fino ad arrivare all'analisi della tecnologia dei materiali e delle tipologie costruttive ci si rende conto della varietà di tecniche che si hanno a disposizione. Sempre guardando al comfort abitativo come fine, se questo ultimo passaggio è preceduto da una buona progettazione urbanistica e architettonica, non rimarrà altro da fare che completare il lavoro di controllo del rumore attraverso le soluzioni più adatte. Ma nella maggior parte dei casi, il ricorso ad un progetto acustico viene attuato in una seconda fase, quando è ormai tardi per i ragionamenti alle scale precedenti, o comunque ci si trova ad interagire con vincoli inamovibili di scelte precedenti. Si passa quindi al miglioramento acustico dell'edificio tramite la sola tecnica, che se non ha un aiuto dalle scale precedenti dovrà essere più performante per sopperire alle carenze. L'abbattimento acustico dell'involucro edilizio (ma più in generale è una particolarità tipica dell'acustica) è un tema delicato perché, nonostante tutta la tecnologia che può essere messa in campo, un singolo difetto rischia d'invalidare l'efficienza di tutti gli altri componenti architettonici. Qui esamineremo nella loro complessità le varie componenti che concorrono all'isolamento acustico di una facciata, le *superfici opache*, le *superfici trasparenti (i serramenti e i loro sottosistemi)* e gli *elementi secondari*.

Le superfici opache sono normalmente la componente principale di una facciata per percentuale di superficie occupata. Può corrispondere col sistema strutturale dell'edificio piuttosto che esserne il tamponamento. Le proprietà delle superfici opache sono solitamente buone per quel che riguarda i requisiti acustici, difatti si può asserire che praticamente nella totalità dei casi questi elementi soddisfano pienamente i limiti minimi imposti per legge. Pur solitamente occupando (come dicevamo) la maggior parte della superficie esterna, il loro peso nell'isolamento globale è relativo, in quanto a incidere maggiormente è sempre l'elemento più debole, nonostante la piccola superficie che può occupare in rapporto alla superficie totale. Ne consegue che sarebbe un ragionamento errato pensare di poter sopperire ad eventuali (ma frequenti) carenze dovute alle superfici vetrate, o come vedremo meglio ai giunti e alla loro installazione, rafforzando l'isolamento della muratura, come si evidenzia

nella tabella in figura 5. Questo concetto fisico è ben espresso nel seguente articolo.

Lorenzo Bari

"Esempio di valutazione dell'isolamento acustico di facciata"

Estratto dall'articolo "POROTON® ed isolamento acustico di facciata"

Si illustra un esempio di calcolo semplificato dell'isolamento di facciata ipotizzando le caratteristiche di un ambiente standard di seguito indicate. Camera da letto matrimoniale: altezza: 2,7 m; larghezza: 4 m; profondità: 3,5 m. Serramento, posto sul lato di 4 m, con dimensioni pari ad 1/8 della superficie in pianta.

Si assumono le seguenti ipotesi: correzione per la forma della facciata: 0 dB; influenza per giunti rigidi: -2 dB. I risultati sono esposti nel grafico (fig. 5) (NdR) e vanno "letti" nel seguente modo:

- 1. si considera l'indice R_w della parete opaca di facciata in ascissa (asse X), per esempio $R_w=50$ dB;*
- 2. si legge la prestazione minima che deve avere il serramento affinché l'indice $D_{2m,nT,w}$ rispetti i limiti di legge (ad esempio 40 dB nel caso degli edifici ad uso residenziale):*
 - con il serramento A ($R_w=32$ dB) si otterrebbe $D_{2m,nT,w}=38$ dB (limite non rispettato);*
 - con il serramento B ($R_w=35$ dB) si otterrebbe $D_{2m,nT,w}=41$ dB (il limite potrebbe non essere rispettato a causa dell'incertezza di calcolo);*
 - con il serramento C ($R_w=38$ dB) si otterrebbe $D_{2m,nT,w}=43$ dB (il limite risulta rispettato anche tenendo conto dell'incertezza di calcolo);*
- 3. il risultato va arrotondato all'intero inferiore.*

Si noti che, oltrepassato il valore $R_w=50$ dB di prestazione della chiusura opaca (muratura), l'andamento delle curve tende a divenire asintotico (orizzontale); questo significa che incrementare ulteriormente la prestazione della muratura non comporta sensibili miglioramenti nell'indice di facciata ma essi vengono a dipendere esclusivamente dal tipo di serramento. Pertanto, già adottando una soluzione di chiusura esterna (...) dotata di indice R_w superiore a 50 dB, il raggiungimento della prestazione acustica della facciata dipenderà in buona sostanza dalla prestazione del serramento e dell'eventuale cassonetto per avvolgibili piuttosto che dal valore di prestazione della muratura. Il montaggio del serramento deve ovviamente essere effettuato a regola d'arte.

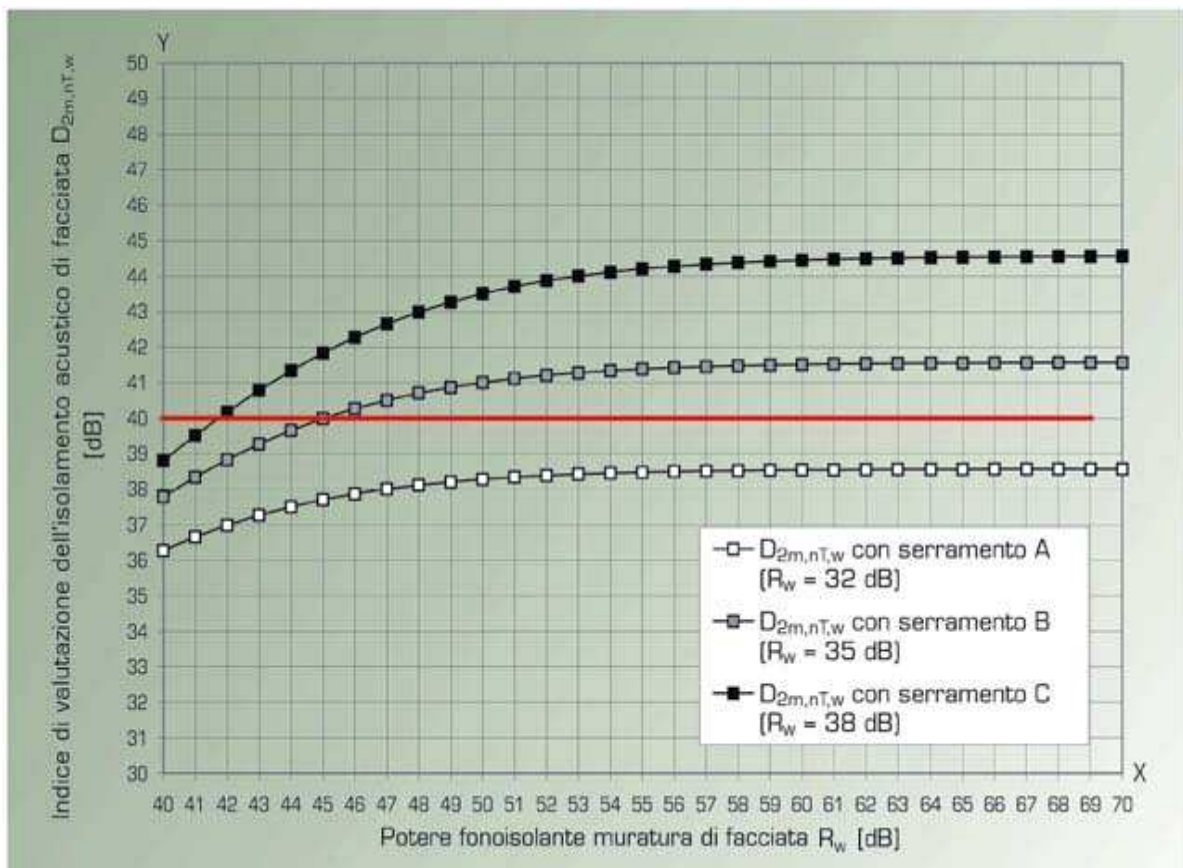


Fig. 5 Andamento dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata in funzione del potere fonoisolante della muratura di facciata e del serramento (schema tratto dal sito ufficiale di POROTON®)

La quasi totalità dei sistemi opachi di facciata hanno proprietà riguardanti la legge della massa, secondo la quale all'aumentare della pesantezza (e quindi della massa) del materiale, si ha un corrispettivo miglioramento delle proprietà fonoisolanti. Queste sono solitamente pareti monostrato o comunque pareti multistrato ma composte da lastre di materiali come il laterizio. In questo caso tra i vari strati c'è un'intercapedine d'aria, solitamente riempita con del materiale fonoassorbente, per completare il sistema fonoisolante.

Seguono delle tabelle con dati riguardanti il potere fonoisolante R_w relativo a diverse soluzioni di superfici opache, tratti da soluzioni proposte da aziende produttive operanti nel settore.

-Esempi di pareti monostrato per murature di facciata

Parete Spessore = 25 cm + Intonaco

1,5 + 1,5 cm

Dimensioni elemento: 25x30x19 cm

Percentuale di foratura: $\leq 45\%$

Indice di valutazione del potere

fonoisolante $R_w = 52$ dB

Certificato N° 101 del 28/02/2002 -

Facoltà di Ingegneria dell'Università di

Padova - Dipartimento di Fisica Tecnica

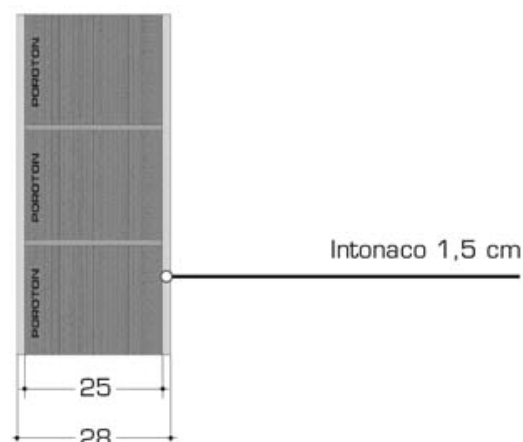


Fig. 7 (Tratto da catalogo tecnico POROTON®)

Parete Spessore = 20 cm + Intonaco

2,0 + 2,0 cm

Dimensioni elemento: 20x30x19 cm

Percentuale di foratura: $\leq 55\%$

Indice di valutazione del potere

fonoisolante $R_w = 51$ dB

Certificato N° 299 del 20/11/2006 -

Facoltà di Ingegneria dell'Università di

Padova - Dipartimento di Fisica Tecnica

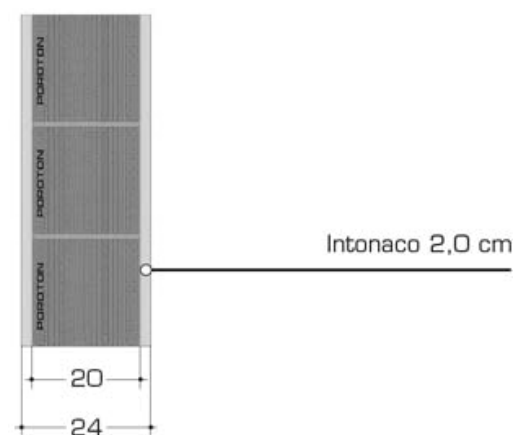


Fig. 8 (Tratto da catalogo tecnico POROTON®)

**Parete Spessore = 30 cm + Intonaco
1,5 + 1,5 cm**

Dimensioni elemento: 30x24x19 cm

Percentuale di foratura: $\leq 65\%$

Indice di valutazione del potere
fonoisolante $R_w = 50$ dB

Rapporto di prova N° 225095 del
27/04/2007 - Istituto Giordano S.p.A.

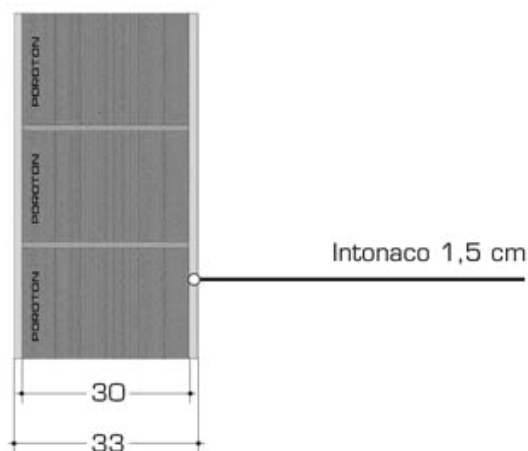


Fig. 9 (Tratto da catalogo tecnico POROTON®)

**Parete Spessore = 38 cm + Intonaco
1,5 + 1,5 cm**

Dimensioni elemento: 38x25x19 cm

Percentuale di foratura: $\leq 65\%$

Indice di valutazione del potere
fonoisolante $R_w = 52$ dB

Rapporto di prova N° 225098 del
27/04/2007 - Istituto Giordano S.p.A.

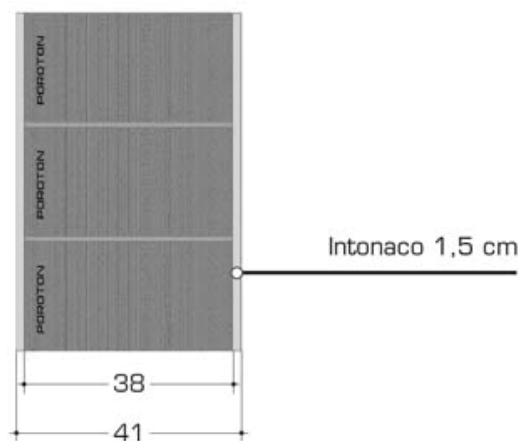
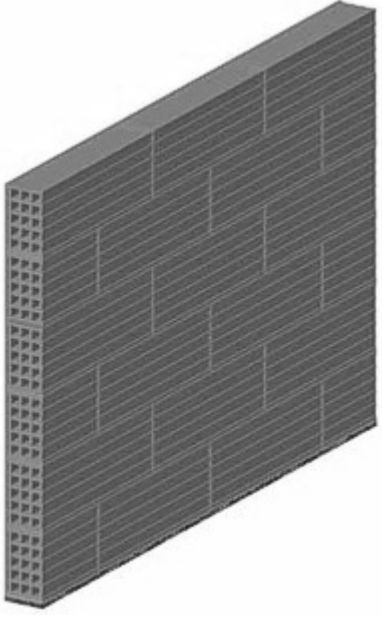
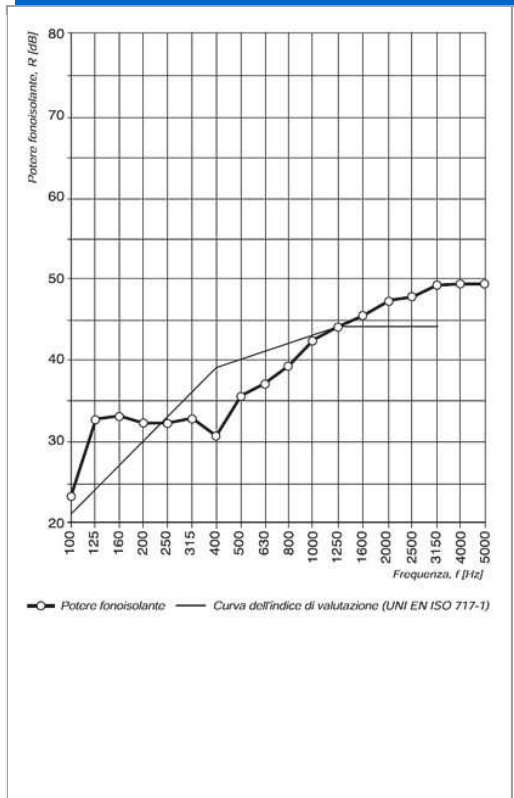


Fig. 10 (Tratto da catalogo tecnico POROTON®)

TIPO DI ELEMENTO	PARETE SINGOLA	
	DESCRIZIONE DELL'ELEMENTO	Partizione in laterizio costituita da un tavolato in blocchi per tramezze (25x50x12 cm), intonacata su un lato (spessore medio intonaco 1,5 cm).
	SPESSORE NOMINALE DELL'ELEMENTO	13,5 cm
	MASSA SUPERFICIALE	144 ($\pm 2,5$) kg/m ²
	VOCI DI CAPITOLATO	<ul style="list-style-type: none"> • Blocchi per tramezze di laterizio • Intonaco di malta bastarda tradizionale (classe M2)
	INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOISOLANTE *	R_w = 40 dB
* Metodo di calcolo secondo la norma UNI EN ISO 717-1 su dati di laboratorio secondo la norma UNI EN ISO 140-3		

CARATTERISTICHE ACUSTICHE DELL'ELEMENTO



Il tavolato di tramezze intonacato su un solo lato costituisce la struttura di riferimento e di base per la tipologia di partizione rivestita.

RIFERIMENTO CERTIFICAZIONI

Certificato n° 038 del 02/10/2000 (UNI EN ISO 140-3), Dipartimento di Fisica Tecnica dell'Università di Padova



Fig. 11 (Tratto da catalogo tecnico POROTON®)

-Esempi di pareti multistrato per murature di facciata

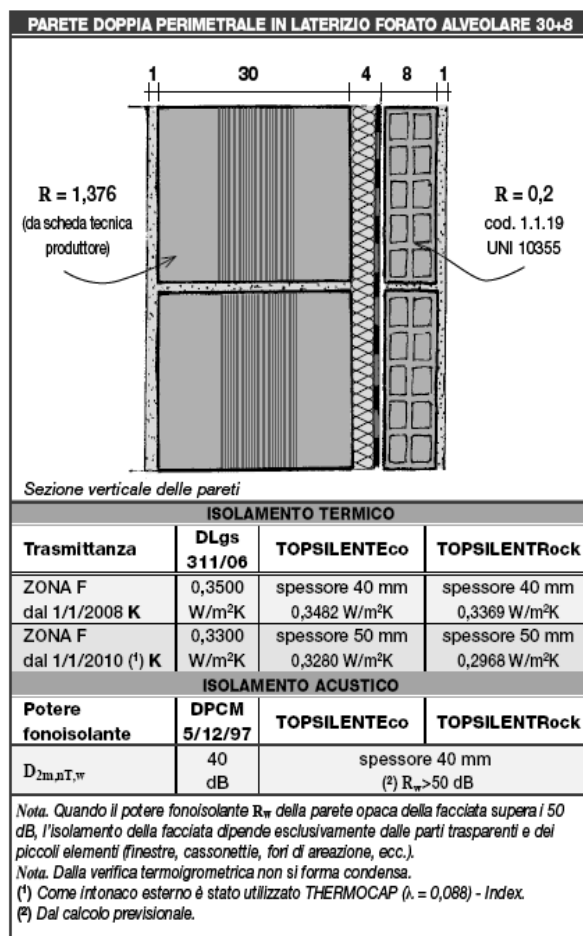
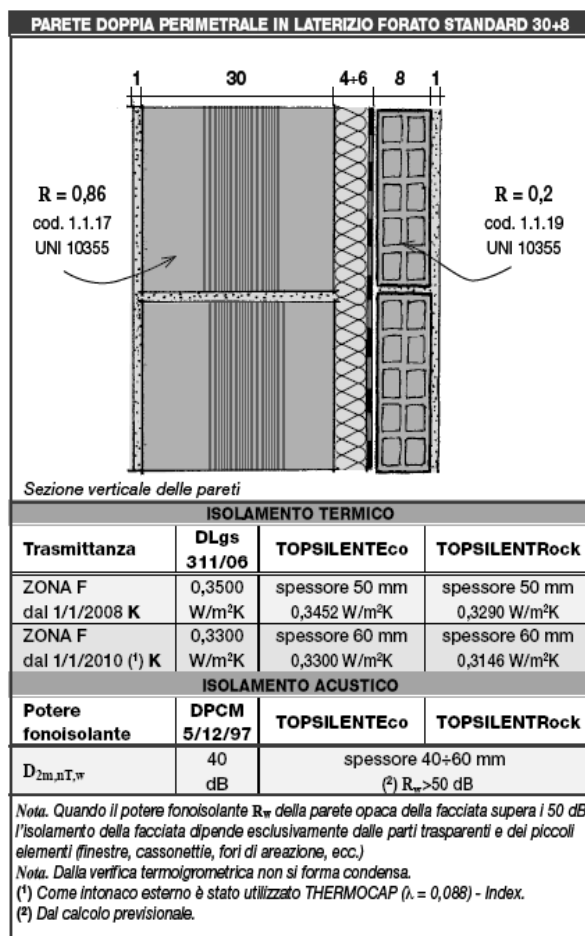


Fig. 12 (Tratto dalla guida all'isolamento acustico e termico dei fabbricati, INDEX)

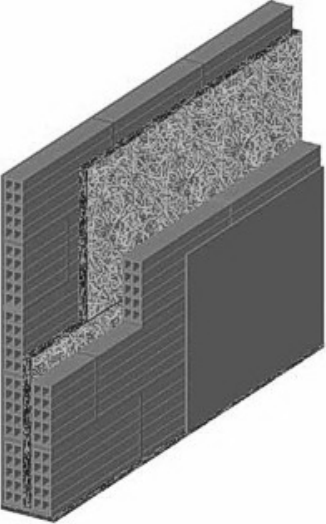
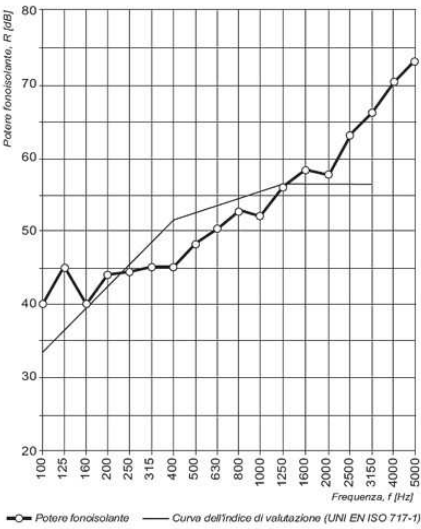
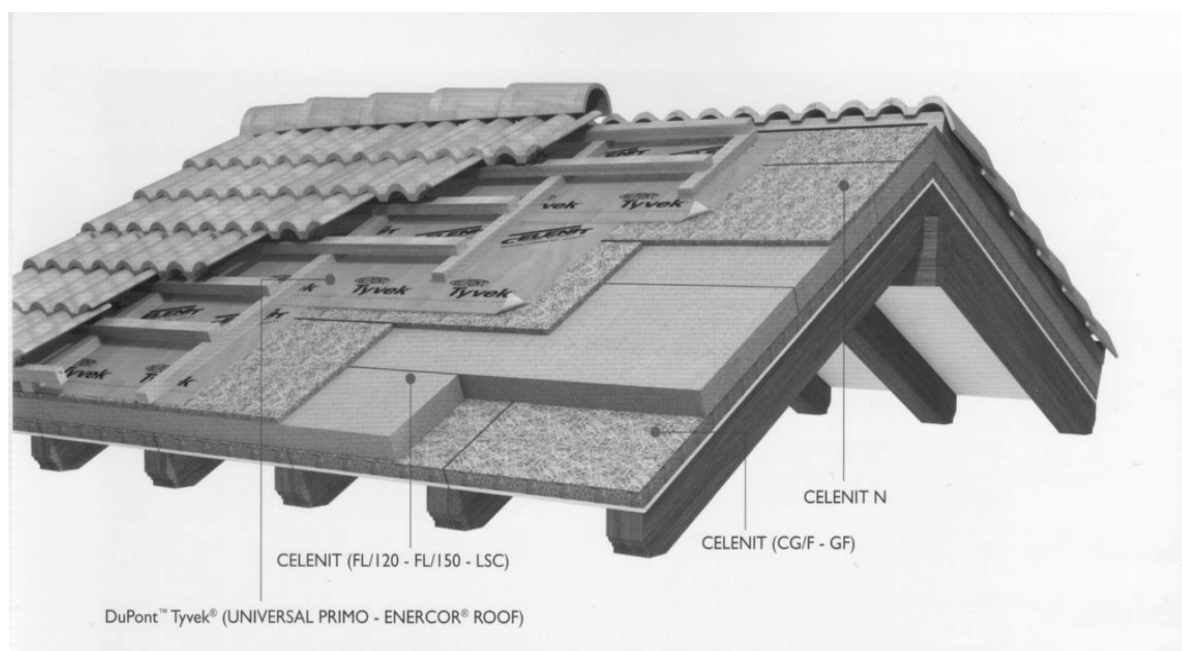
TIPO DI ELEMENTO	PARETE DOPPIA
	<p>DESCRIZIONE DELL'ELEMENTO</p> <p>parete doppia in laterizio costituita da due tavolati in laterizio normale (25x50x8 cm), intonacati sul lato esterno con un intonaco di spessore 1,5 cm, intercapedine di spessore 10 cm contenente uno strato di pannelli Celenit N (pannello in fibra di abete mineralizzata e legata con cemento Portland ad alta resistenza; spessore: 50 mm; massa superficiale: 12,8 kg/m²) disposti orizzontalmente e distanziati tra loro da strisce verticali di fibra di poliestere (larghezza ~10 cm; spessore ~1 cm).</p>
	<p>SPESSORE NOMINALE DELL'ELEMENTO</p>
	<p>MASSA SUPERFICIALE</p> <p>212 (± 2,5) kg/m²</p>
	<p>VOCI DI CAPITOLATO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Celenit N • Tramezze in laterizio <p>intonaco di malta bastarda tradizionale (classe M2)</p>
	<p>INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOISOLANTE *</p> <p>R_w = 53 dB</p>
<p>* Metodo di calcolo secondo la norma UNI EN ISO 717-1 su dati di laboratorio secondo la norma UNI EN ISO 140-3</p>	
CARATTERISTICHE ACUSTICHE DELL'ELEMENTO	
 <p>— Potere fonoisolante — Curve dell'indice di valutazione (UNI EN ISO 717-1)</p>	<p>La partizione è in grado di fornire buone prestazioni acustiche in tutto l'intervallo di frequenze di interesse.</p> <p>Un ulteriore incremento delle prestazioni può essere ottenuto con l'aumento della massa dei due tavolati in laterizio (come, ad esempio, la realizzazione del terzo intonaco).</p> <p>RIFERIMENTO CERTIFICAZIONI</p> <p>Certificato n° 077 del 27/09/2001 (UNI EN ISO 140-3), Dipartimento di Fisica Tecnica dell'Università di Padova</p>

Fig. 13 (Tratto da catalogo tecnico POROTON®)

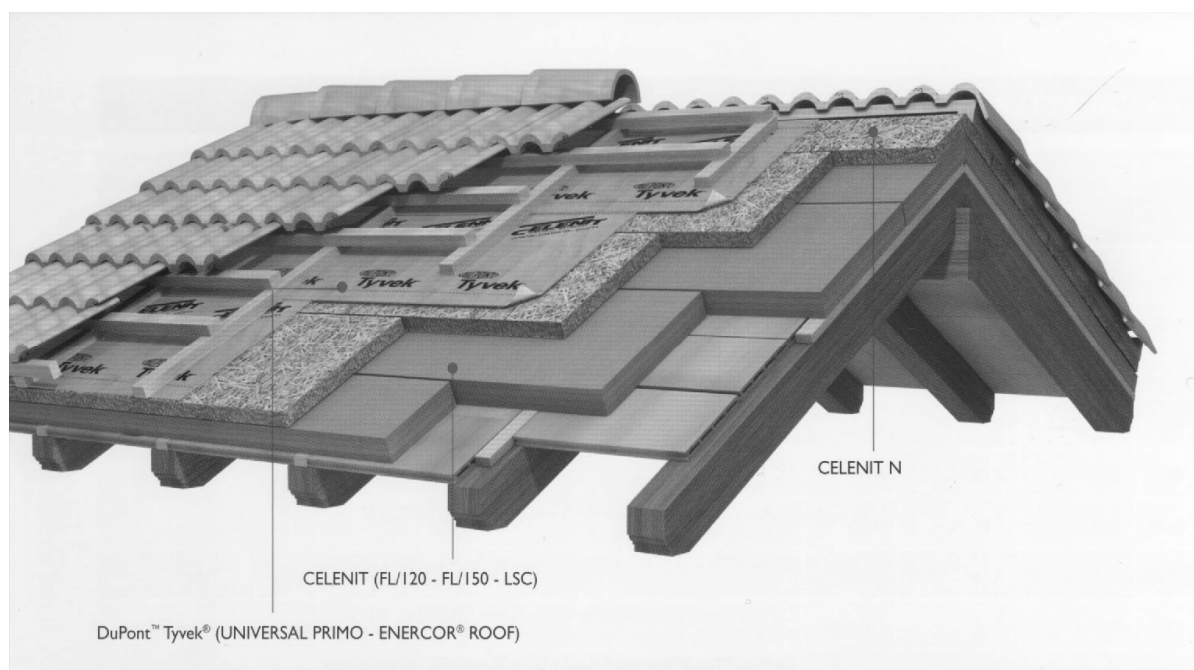
-Esempi di coperture



2.4 CARATTERISTICHE TECNICHE

Tipo	Trasmittanza termica $W/[m^2K]$	Trasmittanza termica periodica $W/[m^2K]$	Sfasamento ore e minuti	Pacchetto	Prezzo pacchetto €/m ²	Peso kg/m ²	R _w [dB]
2/E	0,26	0,08	11H6'	DuPont™ Tyvek® Universal Primo + N sp. 20 mm + FL/120 sp. 100 mm + CG/F (200x60 cm) sp. 62,5 mm	65,42	159	45
2/EE	0,24	0,06	12H4'	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N sp. 20 mm + FL/120 sp. 100 mm + CG/F (200x60 cm) sp. 62,5 mm	67,81		
2/F	0,30	0,10	10H6'	DuPont™ Tyvek® Universal Primo + N sp. 20 mm + FL/120 sp. 80 mm + CG/F (200x60 cm) sp. 62,5 mm	59,60	157	45
2/FE	0,27	0,08	11H3'	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N sp. 20 mm + FL/120 sp. 80 mm + CG/F (200x60 cm) sp. 62,5 mm	61,98		
2/G	0,35	0,14	9H9'	DuPont™ Tyvek® Universal Primo + N sp. 20 mm + FL/120 sp. 60 mm + CG/F (200x60 cm) sp. 62,5 mm	54,88	154	43
2/GE	0,31	0,10	10H4'	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N sp. 20 mm + FL/120 sp. 60 mm + CG/F (200x60 cm) sp. 62,5 mm	57,26		
2/H	0,43	0,19	8H14'	DuPont™ Tyvek® Universal Primo + N sp. 20 mm + FL/120 sp. 40 mm + CG/F (200x60 cm) sp. 62,5 mm	51,10	152	43
2/HE	0,37	0,14	9H7'	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N sp. 20 mm + FL/120 sp. 40 mm + CG/F (200x60 cm) sp. 62,5 mm	53,49		
2/I	0,30	0,09	11H14'	DuPont™ Tyvek® Universal Primo + N sp. 20 mm + FL/150 sp. 80 mm + CG/F (200x60 cm) sp. 62,5 mm	62,77	159	44
2/IE	0,27	0,06	12H9'	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N sp. 20 mm + FL/150 sp. 80 mm + CG/F (200x60 cm) sp. 62,5 mm	65,16		
2/L	0,35	0,12	9H56'	DuPont™ Tyvek® Universal Primo + N sp. 20 mm + FL/150 sp. 60 mm + CG/F (200x60 cm) sp. 62,5 mm	56,79	156	-
2/LE	0,31	0,09	10H51'	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N sp. 20 mm + FL/150 sp. 60 mm + CG/F (200x60 cm) sp. 62,5 mm	59,18		
2/M	0,43	0,18	8H42'	DuPont™ Tyvek® Universal Primo + N sp. 20 mm + FL/150 sp. 40 mm + CG/F (200x60 cm) sp. 62,5 mm	51,27	153	-
2/ME	0,37	0,13	9H34'	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N sp. 20 mm + FL/150 sp. 40 mm + CG/F (200x60 cm) sp. 62,5 mm	53,66		
2/N	0,32	0,11	10H20'	DuPont™ Tyvek® Universal Primo + N sp. 20 mm + LSC sp. 80 (40+40) mm + CG/F (200x60 cm) sp. 62,5 mm	68,54	158	41
2/NE	0,29	0,08	11H16'	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N sp. 20 mm + LSC sp. 80 (40+40) mm + CG/F (200x60 cm) sp. 62,5 mm	70,93		

Fig. 14 (Tratto da Tetti Bioecologici, catalogo tecnico CELENIT)



5.4 CARATTERISTICHE TECNICHE

Tipo	Trasmittanza termica W/[m²K]	Trasmittanza termica periodica W/[m²K]	Sfasamento ore e minuti	Pacchetto	Prezzo pacchetto €/m²	Peso kg/m²	R _w [dB]
5/E	0,32	0,16	8H25'	DuPont™ Tyvek® Universal Primo + N (200x60 cm) sp. 50 mm + FL/120 sp. 80 mm	36,99	182	48
5/EE	0,29	0,11	9H23'	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N (200x60 cm) sp. 50 mm + FL/120 sp. 80 mm	39,38		
5/F	0,38	0,20	7H28'	DuPont™ Tyvek® Universal Primo + N (200x60 cm) sp. 50 mm + FL/120 sp. 60 mm	32,04	179	45
5/FE	0,34	0,15	8H16'	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N (200x60 cm) sp. 50 mm + FL/120 sp. 60 mm	34,43		
5/GE	0,41	0,20	7H21'	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N (200x60 cm) sp. 50 mm + FL/120 sp. 40 mm	30,47	177	45
5/H	0,32	0,13	9H33'	DuPont™ Tyvek® Universal Primo + N (200x60 cm) sp. 50 mm + FL/150 sp. 80 mm	38,15	184	48
5/HE	0,29	0,09	10H19'	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N (200x60 cm) sp. 50 mm + FL/150 sp. 80 mm	40,53		
5/I	0,38	0,19	8H15'	DuPont™ Tyvek® Universal Primo + N (200x60 cm) sp. 50 mm + FL/150 sp. 60 mm	32,44	181	45
5/IE	0,34	0,13	9H2'	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N (200x60 cm) sp. 50 mm + FL/150 sp. 60 mm	34,83		
5/LE	0,41	0,19	7H49'	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N (200x60 cm) sp. 50 mm + FL/150 sp. 40 mm	29,55	178	45
5/M	0,34	0,16	8H39'	DuPont™ Tyvek® Universal Primo + N (200x60 cm) sp. 50 mm + LSC sp. 80 (40+40) mm	44,98	185	-
5/ME	0,30	0,11	9H26'	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N (200x60 cm) sp. 50 mm + LSC sp. 80 (40+40) mm	47,37		
5/NE	0,35	0,15	8H25'	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N (200x60 cm) sp. 50 mm + LSC sp. 60 (30+30) mm	40,07		

Fig. 15 (Tratto da Tetti Bioecologici, catalogo tecnico CELENIT)

Le superfici trasparenti. Abbiamo visto come l'involucro esterno (elementi di facciata e coperture) viene realizzato con una tale varietà di tipologie e materiali che la previsione di come si comporterà ognuno di essi sotto l'aspetto della diffusione dei suoni risulta davvero complessa. Ma è anche vero che oggi i progettisti hanno a disposizione metodi di previsione sempre più affinati che offrono una buona base per un'analisi iniziale del problema. L'elemento più sensibile al passaggio del suono è naturalmente il componente più leggero, ovvero il serramento con tutti i suoi accessori. Il contributo al potere fonoisolante della parte trasparente di un serramento è agevole da valutare; la parte opaca invece, presentando una geometria più complessa, si può valutare con maggiore incertezza. Su basi intuitive al comportamento acustico di un serramento contribuiranno le caratteristiche di trasmissione del rumore dei materiali costituenti il telaio: i materiali metallici, essendo più rigidi, trasmettono meglio il rumore di altri come il legno o il PVC che presentano moduli elastici inferiori. Il legno stesso varia di comportamento rispetto all'assorbimento sonoro a seconda del tipo di essenza di cui è costituito.

Il vetro. Il vetro, in un serramento di facciata, è l'elemento costituente principale se si guarda alla superficie occupata. Ne consegue in maniera logica che le proprietà di fonoisolamento di tale superficie influirà in maniera preponderante sul risultato finale della facciata dell'edificio e che la prestazione di tale elemento è importante.

Per la determinazione dell'isolamento acustico dei tipi di vetro, poiché risulterebbe dispendioso e costoso misurare ciascun sistema direttamente, tutti gli spettri di isolamento acustico vengono registrati in condizioni standard. E' evidente che l'isolamento acustico è strettamente dipendente dalla frequenza. Per evitare di dover lavorare con il set completo di dati, è possibile ridurre lo schema ad un solo valore. La procedura standard porta, come risultato, ad un numero singolo, utilizzabile per ulteriori calcoli. Lo svantaggio della riduzione ad un valore singolo sta nella possibilità di ottenere lo stesso risultato anche con curve dalla forma totalmente diversa, con andamenti di frequenza molto differenti. Se invece si utilizzano curve di riferimento personalizzate per i requisiti specifici, si ottengono specifiche con valori singoli più rappresentativi.

Tali casi speciali sono rappresentati da C e Ctr. Tengono in considerazione i diversi spettri della frequenza dei rumori residenziali e quelli provocati dal traffico, rendendo possibile la ricerca di soluzioni adeguate ai problemi in questione, in modo semplice.

Il valore C considera le fonti di rumore:

- Attività residenziali (conversazioni, musica, radio, TV)
- Bambini che giocano
- Traffico ferroviario a media e alta velocità
- Traffico autostradale > 80 km/h
- Jet piuttosto vicini
- Aziende che emettono principalmente rumori a frequenza medio-alta

Il valore Ctr considera fonti di rumore quali:

- Traffico stradale urbano < 80 km/h
- Traffico ferroviario a bassa velocità
- Velivoli a elica
- Jet molto lontani
- Discoteche
- Aziende che emettono principalmente rumori a frequenza bassa e media

Di conseguenza, se l'edificio si trova in città, nei pressi di un'arteria principale il valore Ctr è il più adeguato. Se l'edificio si trova nei pressi di un'autostrada il valore C è il più appropriato.

Gli strati vetrati dei serramenti hanno subito forti modifiche nel tempo, passando da più fasi che ne hanno affinato via via le prestazioni e ridotto i problemi.

Il vetro monolitico e la legge della massa: il suono si diffonde per mezzo di onde, provocando l'oscillazione delle molecole del mezzo in questione. A causa di questo metodo di trasmissione il rumore è soggetto a un'attenuazione naturale, dovuta alla massa in gioco, ovvero l'attenuazione è direttamente proporzionale all'aumento di massa tra la sorgente che trasmette e il ricevente.

Il modo più semplice per aumentare l'isolamento acustico del vetro è perciò quello di utilizzare molto vetro. Quindi un vetro singolo da 12 mm è caratterizzato da un valore RW di 34 dB, mentre il valore corrispondente di un vetro da 4 mm corrisponde soltanto a 29 dB.

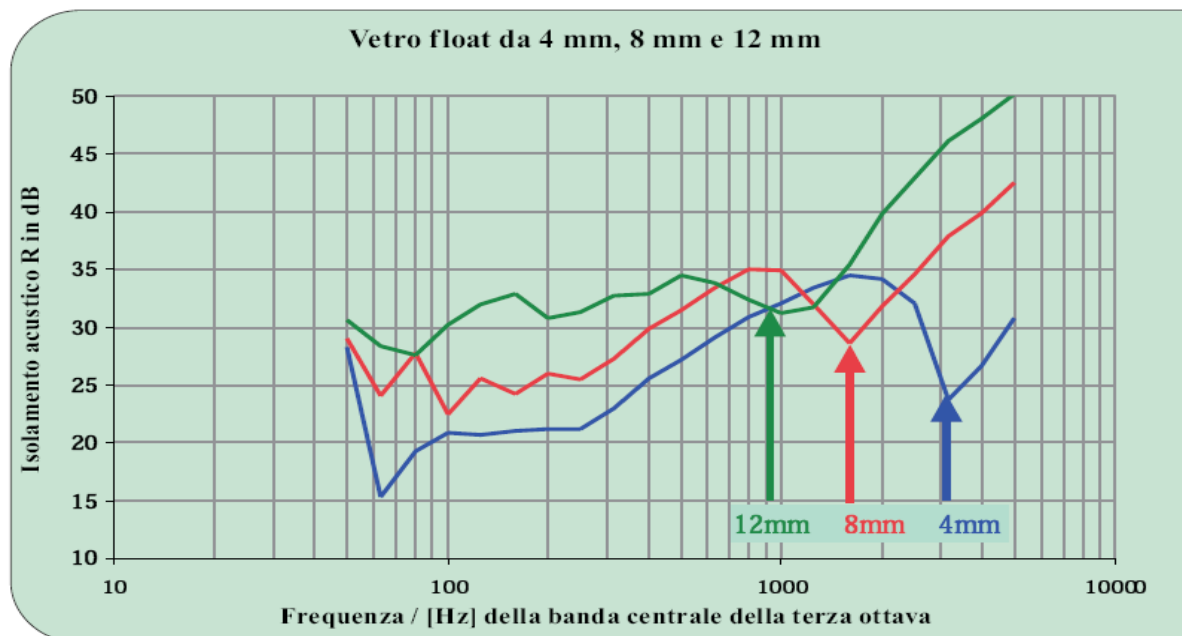


Fig. 16 (Schema tratto da Bollettino tecnico, PILKINGTON)

Il fenomeno della coincidenza: se si paragonano gli spettri di vetro float da 4 mm, 8 mm e 12 mm, è possibile notare una contrazione nella sezione destra. Questa caduta di prestazioni in determinati punti dello spettro si verifica in corrispondenza della frequenza di coincidenza del materiale, quando la componente tangenziale delle onde incidenti viene a coincidere con la risonanza del materiale. La cosiddetta frequenza coincidente è specifica dei materiali e dipende dallo spessore del vetro. Per ovviare al problema in una struttura isolante è possibile utilizzare vetri con spessori differenti in modo che quando un vetro si trova alla frequenza coincidente, l'altro continua a contrastare i rumori. Tali strutture asimmetriche sono perciò in grado di ridurre in modo significativo la contrazione nella gamma coincidente.

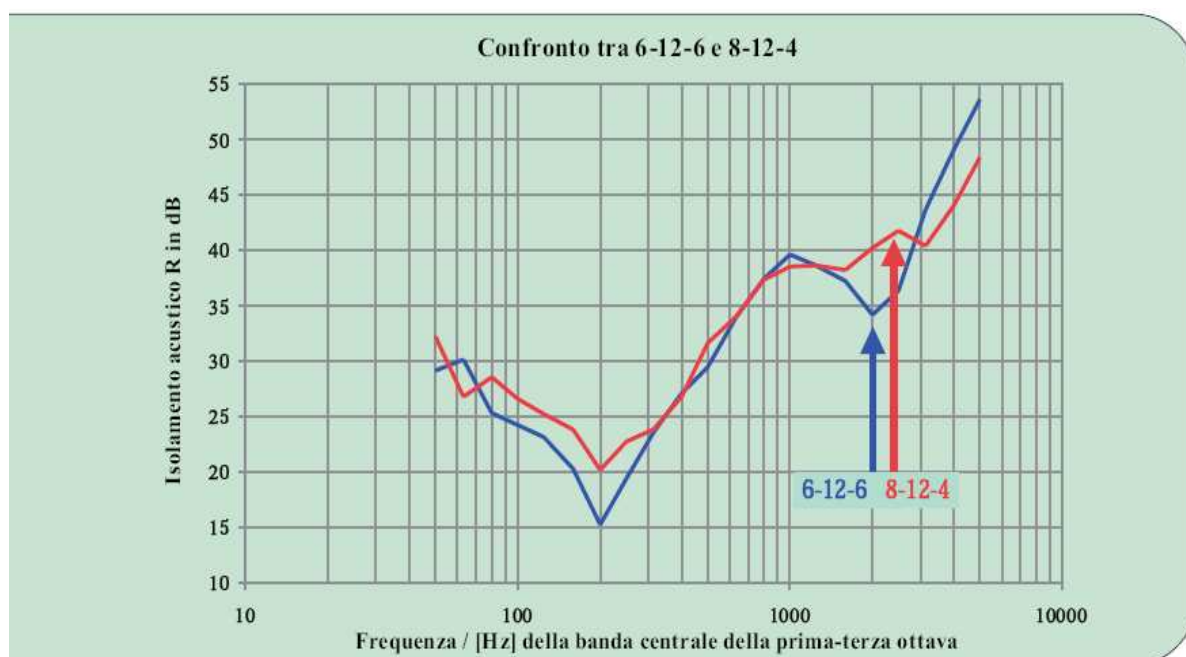


Fig. 17 (Schema tratto da Bollettino tecnico, PILKINGTON)

Una differenza di spessore del 30% non soltanto riduce la leggera flessione ma sposta la scala verso l'alto, aspetto positivo poiché maggiore è la frequenza e maggiore sarà l'efficacia del vetro nella riduzione del livello complessivo di rumorosità.

Il vetrocamera e la distanza tra le lastre: un altro metodo per controllare la trasmissione del rumore è quello di variare la distanza tra le lastre di vetro. Nelle vetrature isolanti convenzionali lo spazio tra le lastre ha la sola funzione di preservare le prestazioni termiche ottimali e le dimensioni non sono tali da migliorare in maniera significativa le prestazioni acustiche. Grazie ad un'installazione secondaria è possibile ottenere spazi relativamente ampi. Ad esempio una camera d'aria di 60 mm offre miglioramenti reali nelle prestazioni acustiche. È possibile ricoprire lo spazio tra le lastre con piastrelle acustiche per

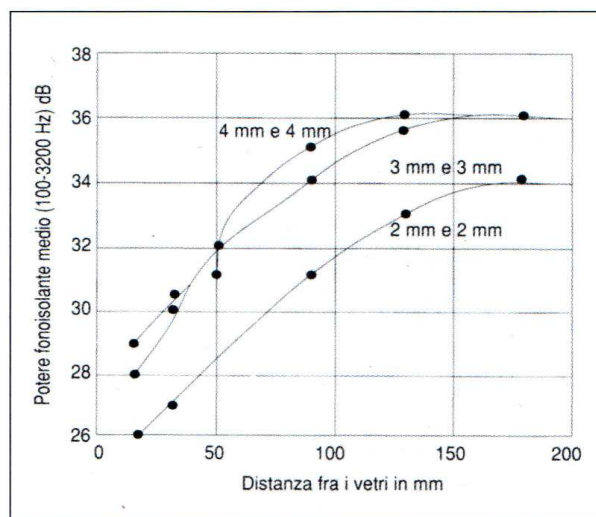


Fig. 18 (Schema tratto da Serramenti in PVC)

amplificare l'efficacia. Riempire di gas l'intercapedine tra le lastre di vetro di un vetrocamera ha un effetto marginale e non sono evidenti miglioramenti pratici dall'utilizzo di gas argon. Grazie alla sua densità, il cripton offre un lieve vantaggio in termini di guadagno di prestazioni acustiche, fino a 1 dB.

La stratificazione: abbiamo visto che per migliorare le prestazioni acustiche si possono variare gli spessori all'interno di un vetrocamera. Aumentare la massa del prodotto o aumentare la camera d'aria tuttavia può non essere indicato per questioni di peso e spazio. Fortunatamente è possibile migliorare l'isolamento acustico di vetri relativamente sottili aggiungendo nel vetro un effetto di attenuazione. Stratificando il vetro con uno strato intercalare di PVB è possibile ridurre il calo di prestazioni provocate dalla frequenza coincidente e spostare la frequenza alla quale si verifica la contrazione. Grazie all'aggiunta di un prodotto alla struttura, è possibile ottenere un miglioramento significativo, in particolare nei casi in cui il livello di rumorosità risulterebbe elevato alla frequenza di coincidenza per un vetro monolitico. Le vetrate isolanti sono in grado di offrire ottimi risultati abbinando vetri monolitici e vetri laminati.

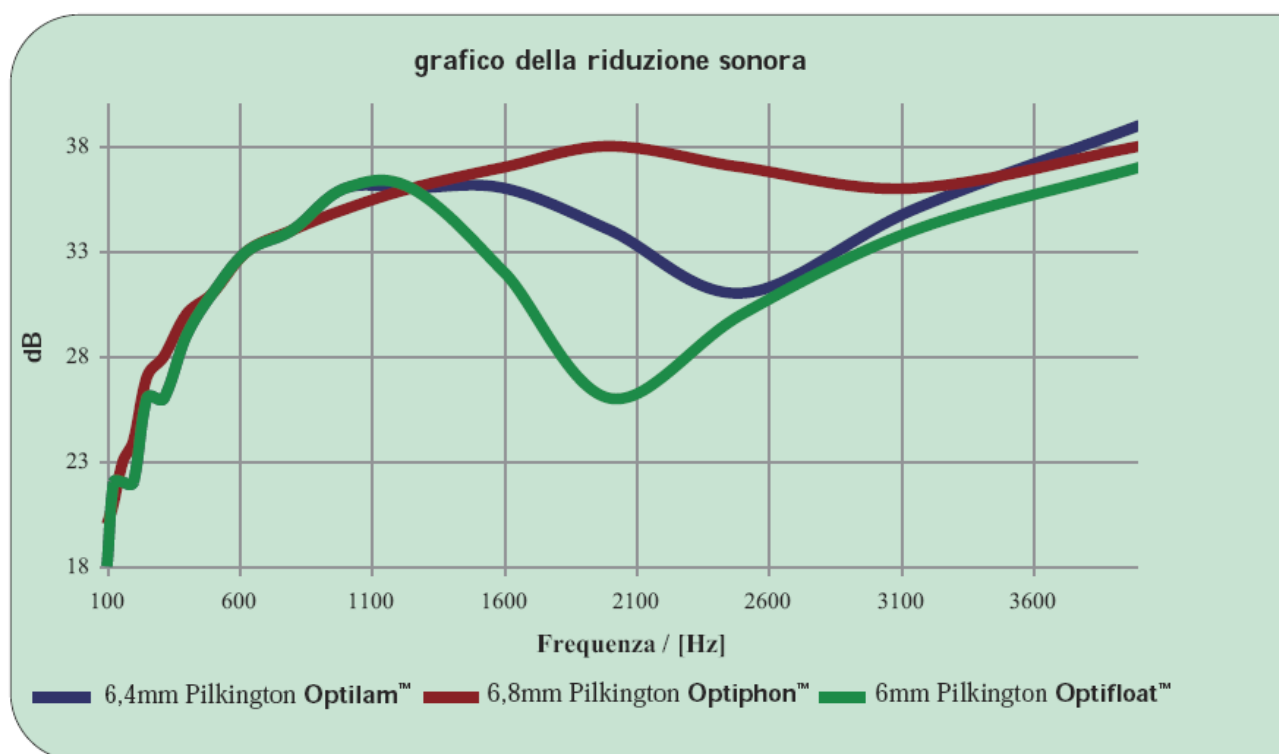


Fig. 19 (Schema tratto da Bollettino tecnico, PILKINGTON)

Osservando il profilo della curva rossa si nota che il calo di prestazioni che sarebbe avvenuto alla frequenza coincidente è stato eliminato quasi del tutto. È quindi possibile ottenere prestazioni superiori senza aumentare in modo significativo lo spessore del vetro. Tutto questo offre una maggiore flessibilità di progettazione, senza pregiudicare i criteri di messa in opera. Nella parte sinistra degli spettri si nota un'ulteriore contrazione. Si tratta della cosiddetta frequenza di risonanza. È la frequenza alla quale il componente oscilla a causa della risonanza, trasmettendo molto bene le oscillazioni sonore con uno scarso isolamento. È possibile migliorare l'isolamento acustico spostando la frequenza di risonanza del componente a un altro valore (lontano dalla frequenza che provoca fastidio o dove l'orecchio umano percepisce con difficoltà). Tutto ciò si ottiene "disaccoppiando" il vetro isolante, rendendolo denso e flessibile allo stesso tempo. Ciò si ottiene unendo due lastre di vetro con resine fuse speciali (morbide) oppure grazie a intercalari di PVB sviluppati appositamente per tale applicazione.

Va ricordato però che è tutto l'edificio a dover contribuire all'isolamento acustico e che il solo vetro non risolve tutti i problemi. Per entrare in un edificio il rumore ha bisogno solo di una piccola fessura, al contrario di una perdita di calore che di solito è proporzionale all'area della superficie. Per abbattimenti acustici della vetrata che si aggirano intorno ai 35 dB, sono sufficienti finestre normali senza bocchette di aerazione. Oltre questo livello le prestazioni delle finestre sviluppate per la riduzione dei rumori devono essere consone a quelle del vetro per garantire che il prodotto finale funzioni, cioè il serramento costituito da vetro e infisso. Riassumendo, i fattori che sono in grado di migliorare l'isolamento acustico delle vetrate isolanti sono: massa del vetro, struttura asimmetrica, camera d'aria ampia tra i vetri, utilizzo di gas alternativi, utilizzo di vetri speciali laminati di sicurezza. Riportiamo qui di seguito una tabella con i dati relativi a varie tipologie di vetro (monolitico e vetrocamera).

Oggi, grazie alla progettazione del vetro stratificato fonoisolante, l'effetto della frequenza critica è del tutto eliminato. In media, è possibile ottenere un guadagno compreso tra 1 e 3 dB per composizioni vetrarie simili e soprattutto assicurare un'omogeneità di prestazione attraverso tutte le frequenze.

	Spessore [mm]	R _w	R _w +C	R _w +C _{tr}	U _g *
Configurazione monolitica					
Pilkington Optiphon [™] 6,5 mm	6,5	36	35	32	—
Pilkington Optiphon [™] 8,5 mm	8,5	38	37	34	—
Pilkington Optiphon [™] 10,5 mm	10,5	39	38	36	—
Pilkington Optiphon [™] 12,5 mm	12,5	40	39	37	—
Pilkington Optiphon [™] 6,8 mm	6,8	35	34	32	—
Pilkington Optiphon [™] 8,8 mm	8,8	37	36	33	—
Pilkington Optiphon [™] 9,1 mm	9,1	37	36	34	—
Pilkington Optiphon [™] 10,8 mm	10,8	38	37	36	—
Pilkington Optiphon [™] 12,8 mm	12,8	39	39	37	—
Pilkington Optiphon [™] 13,1 mm	13,1	40	40	38	—
Pilkington Optiphon [™] 16,8 mm	16,8	40	40	38	—
Pilkington Optiphon [™] 17,1 mm	17,1	41	41	39	—
Configurazione in vetrocamera					
4 mm – 16 mm Ar – Pilkington Optiphon [™] 6,5 mm	26,5	36	35	31	1,1
6 mm – 16 mm Ar – Pilkington Optiphon [™] 6,5 mm	28,5	39	38	34	1,1
4 mm – 16 mm Ar – Pilkington Optiphon [™] 8,5 mm	28,5	38	37	33	1,1
6 mm – 16 mm Ar – Pilkington Optiphon [™] 8,5 mm	30,5	41	39	35	1,1
8 mm – 16 mm Ar – Pilkington Optiphon [™] 8,5 mm	32,5	42	40	36	1,1
10 mm – 16 mm Ar – Pilkington Optiphon [™] 8,5 mm	34,5	45	43	39	1,1
8 mm – 16 mm Ar – Pilkington Optiphon [™] 10,5 mm	34,5	43	41	37	1,1
10 mm – 16 mm Ar – Pilkington Optiphon [™] 10,5 mm	36,5	45	44	40	1,1
8 mm – 16 mm Ar – Pilkington Optiphon [™] 12,5 mm	36,5	43	42	38	1,1
10 mm – 16 mm Ar – Pilkington Optiphon [™] 12,5 mm	38,5	45	44	40	1,1
Pilkington Optiphon [™] 8,5 mm – 16 mm Ar – Pilkington Optiphon [™] 12,5 mm	37,0	49	46	41	1,1
Pilkington Optiphon [™] 8,5 mm – 20 mm Ar – Pilkington Optiphon [™] 12,5 mm	41,0	50	47	42	1,1

Fig. 20 (Tabella tratta da catalogo tecnico, PILKINGTON)

La legge della massa comporta che quanto più il vetro è spesso tanto più la trasmissione sarà minore e il rumore trasmesso diminuisce con l'innalzamento delle frequenze. Queste leggi funzionano fino a quando non si raggiunge la frequenza critica, dove il materiale presenta tutto ad un tratto un "buco" dal quale il rumore passa.

Aumentare lo spessore sposta solo la frequenza critica verso le basse frequenze. Le vetrate isolanti "vetrocamera", riguardo alla situazione, comportano un ulteriore problema che porta a sovrapporre e rafforzare alcuni picchi sonori facendo apparire alle basse frequenze il fenomeno della risonanza per via del sistema massa-molla-massa.

Migliori prestazioni acustiche si ottengono con vetri doppi di adeguato spessore, e stratificati, con l'aggiunta, tra le due lastre accoppiate, di una pellicola in PVB che funziona da ammortizzatore impedendo la vibrazione ed eliminando i picchi sonori.

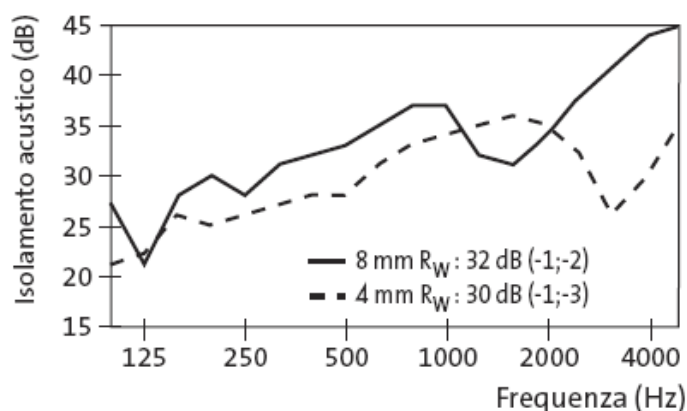


Fig. 21 (Schema tratto da catalogo tecnico, Saint-Gobain)

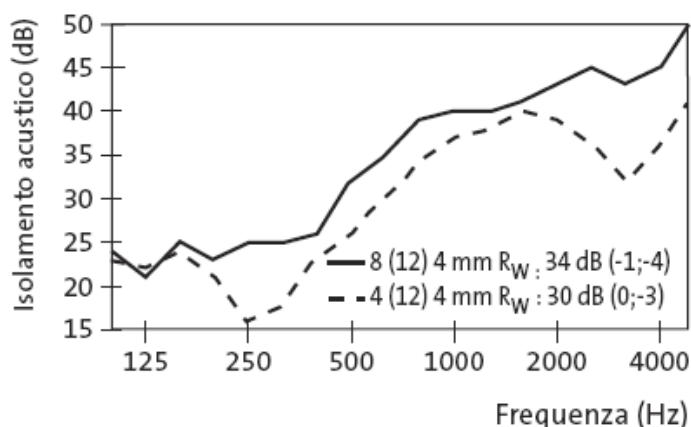


Fig. 22 (Schema tratto da catalogo tecnico, Saint-Gobain)

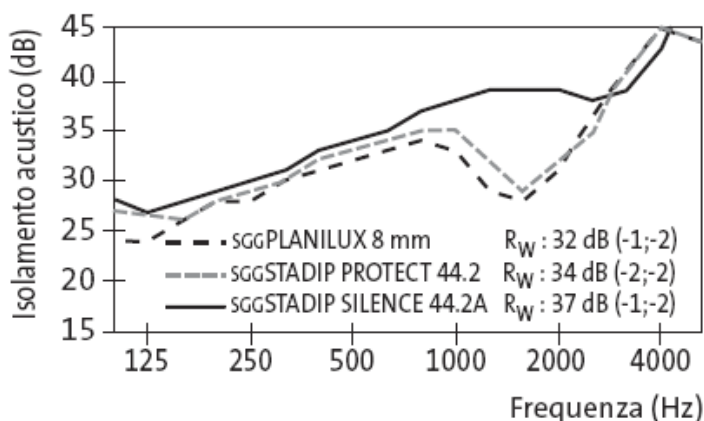


Fig. 23 (Schema tratto da catalogo tecnico, Saint-Gobain)

Importanza dell'allargamento dello spettro di frequenza per i fattori correttivi C e C_{tr}

L'indice di attenuazione acustica si misura in laboratorio. Misurato secondo la norma EN ISO 140, esso rappresenta le caratteristiche di un elemento (finestra, parete divisoria, ecc.) per ciascuna banda di 1/3 di ottava centrata tra i valori 100 e 3150 Hz (16 valori). Partendo dai 16 valori di attenuazione acustica in funzione della frequenza, i calcoli consentono di esprimere in modo diverso le proprietà acustiche dell'elemento in esame. I valori correntemente in uso sono quelli globali definiti dalla norma EN ISO 717-1 per una curva di riferimento adattata a due spettri di rumore dato:

- Il rumore detto "rosa" di riferimento contiene la stessa energia acustica in ciascun intervallo di frequenza di misura;
- Il rumore stradale detto "traffico" definisce un rumore esterno proprio del traffico urbano.

A seconda del montaggio e della realizzazione, una finestra potrà avere dei punti deboli in corrispondenza delle frequenze basse, medie o alte. Il risultato ottimale per una finestra isolante è rappresentato da un buon isolamento acustico a tutte le frequenze in cui la sorgente di rumore è più forte. Attraverso la scelta del tipo di vetro e di una configurazione appropriata, è possibile ottimizzare le caratteristiche per un rumore specifico. Fino ad oggi, un vetro veniva valutato in base ad un solo indice, senza tenere conto delle caratteristiche della sorgente di rumore e questo poteva indurre ad errori di investimento o ad insoddisfazione per le prestazioni del prodotto. Per evitare questo tipo di situazioni, si è creato un indice comune per tutti:

RW (C; C_{tr}). L'indice "tr" trae il suo nome da "traffico" e quindi la correzione C_{tr} verrà applicata preferibilmente in caso di rumori dovuti al traffico. Per altri tipi di rumore, verrà invece adottata la correzione C. Queste due correzioni sono generalmente rappresentate da valori negativi; la loro applicazione consiste nell'abbassamento di un valore troppo vantaggioso di isolamento acustico. Le due correzioni sono indicate dai laboratori di misura ed appaiono accanto al valore RW.

Esempio: secondo la norma EN 717-1, la formula è: $RW (C; C_{tr}) = 37 (-4; -9)$. Ciò significa, in questo esempio, che l'indice ponderato di attenuazione RW equivale a 37 dB e che, in condizioni di traffico urbano, viene ridotto di 9 dB.

In alcuni paesi, si indica direttamente il risultato: RA, tr = 28 dB, ovvero =37-9. Lo stesso criterio vale per il termine C. In questo caso si può scrivere: RA = 33 dB, ovvero = 37-4.

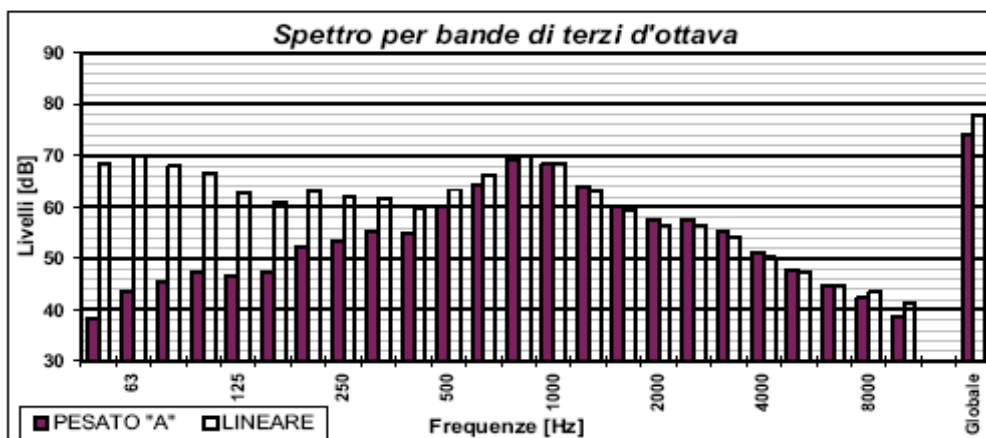
Questo fattore correttivo è molto utile per avvicinare la reale prestazione fisica dell'elemento isolante alla percezione soggettiva dell'orecchio umano. Il suo limite sta però nello spettro di frequenza analizzato che va dai 100Hz ai 3000Hz. Va detto che alcuni rumori, come il traffico urbano, prevedono rumori con frequenze al di sotto dei 100 Hz, di conseguenza le eventuali "penalità" dovute ad una situazione che potrebbe verificarsi, non sono tenute in considerazione. Il fattore correttivo, a seconda dei casi di applicazione, potrà non essere abbastanza cautelativo da permettere la giusta scelta progettuale. Va quindi prevista la possibilità di effettuare misurazioni per le frequenze comprese tra 50 e 5000 Hz, al fine di poter considerare ogni tipologia di frequenza disturbante, senza tralasciarne alcune significative.

Nei veicoli, durante la marcia, il livello sonoro complessivo è attribuito a diverse parti del veicolo stesso. C'è il rumore aerodinamico che comprende il rumore generato dai sistemi di aspirazione e di scarico e dalle ventole di raffreddamento, il rumore di combustione generato da tutte le superfici o dagli organi del motore eccitati dalle forze di combustione e il rumore meccanico, generato dalle vibrazioni e dagli urti prodotti dai cinematismi del motore. Il contributo di tutti i rumori originati dai veicoli transitanti simultaneamente sulla stessa strada danno origine ad una composizione spettrale del livello sonoro piuttosto costante nelle situazioni medie di circolazione urbana. Nel caso particolare di traffico veicolare misto e velocità di scorrimento costante, lo spettro caratteristico in analisi di frequenza presenta una componente più elevata nella zona degli 80-100 Hz ed un successivo, ma più modesto picco, ad un multiplo della precedente (800 - 1000 Hz). La componente alle frequenze medio-alte è da mettere in relazione alla presenza di veicoli pesanti. Studi su alcune rilevazioni al bordo di strade mostrano la differenza degli spettri nel caso di traffico misto (37% di veicoli pesanti) e nel caso di traffico esclusivamente leggero; in entrambi i casi la velocità di scorrimento è costante (60 - 70 km/h). Lo spettro di rumore da traffico si modifica quando le condizioni di scorrimento

risultano influenzate dalla presenza di semafori e incroci. In queste condizioni di circolazione, sono presenti rumori di veicoli pesanti in accelerazione (63 Hz) rumori dovuti agli impianti frenanti, agli attriti pneumatico-sede stradale... Da numerose osservazioni relative a strade interne all'agglomerato urbano è stato invece ottenuto un grafico in bande d'ottava che mostra come la composizione spettrale del rumore da traffico sia abbastanza costante. Per quel che riguarda invece il rumore da traffico ferroviario, i rumori emessi verso l'esterno da un convoglio ferroviario possono essere raggruppati in quattro categorie: rumore della motrice, rumore del rotolamento, rumore aerodinamico, rumori accidentali, in particolare di frenatura. Il rumore della motrice, a parte la componente dovuta al suo rotolamento, dipende fortemente dal tipo di propulsione. La maggior parte della potenza sonora dei motori Diesel si colloca nella zona delle basse frequenze (63 Hz). Per quanto riguarda i convogli a trazione elettrica la motrice non costituisce più la sorgente principale di rumore. E' invece dominante l'emissione dovuta al rotolamento (impatto ruota-rotaia) che, soprattutto nel caso di elevate velocità, maschera completamente la componente del motore.

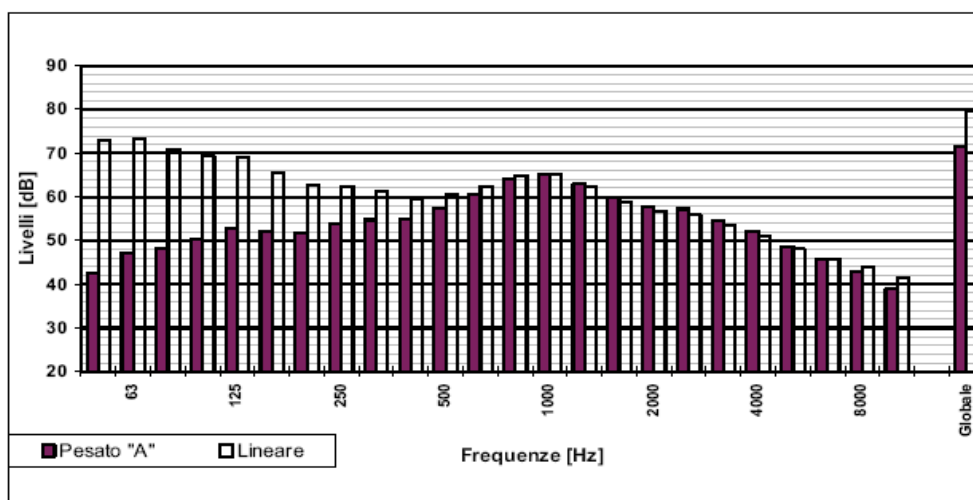
È visibile negli schemi seguenti in fig. 24 la presenza non trascurabile di importanti livelli di pressione sonora anche alle basse frequenze, inferiori ai 100 Hz.

Concludendo, alla luce di quanto sopra esposto, sarebbe bene adottare un fattore correttivo che tenga in considerazione le frequenze a partire dai 50 Hz e non solo dai 100 Hz, per non escludere un'importante verità oggettiva, la presenza di significativi livelli di pressione sonora derivanti dal rumore del traffico cittadino.



FREQUENZA [Hz]	LIVELLI [dB(A)]	LIVELLI [dB]
50	38,2	68,4
63	43,7	69,9
80	45,4	67,9
100	47,4	66,5
125	46,6	62,7
160	47,5	60,9
200	52,3	63,2
250	53,5	62,1
315	55,1	61,7
400	54,9	59,7

FREQUENZA [Hz]	LIVELLI [dB(A)]	LIVELLI [dB]
800	69,0	69,8
1000	68,3	68,3
1250	63,9	63,3
1600	60,3	59,3
2000	57,6	56,4
2500	57,6	56,3
3150	55,1	53,9
4000	51,2	50,2
5000	47,8	47,3
6300	44,7	44,8



Frequenza [Hz]	Pesato "A" [dB]	Lineare [dB]
50	42,7	72,9
63	47,1	73,3
80	48,3	70,8
100	50,2	69,3
125	52,9	69,0
160	52,2	65,6
200	51,8	62,7
250	53,9	62,5
315	54,7	61,3
400	54,9	59,7
500	57,4	60,6
630	60,6	62,5

Frequenza [Hz]	Pesato "A" [dB]	Lineare [dB]
800	64,1	64,9
1000	65,3	65,3
1250	62,9	62,3
1600	59,9	58,9
2000	57,9	56,7
2500	57,2	55,9
3150	54,6	53,4
4000	52,0	51,0
5000	48,6	48,1
6300	45,7	45,8
8000	42,9	44,0
10000	39,0	41,5

Fig. 24 Rilievo della rumorosità dei singoli veicoli
(Schemi tratti dalla sezione "Ambiente" del sito www.provincia.torino.it)

La permeabilità. Come noto, la grandezza che definisce in termini quantitativi il comportamento di una finestra rispetto alle infiltrazioni è la permeabilità all'aria ed è rilevabile in laboratorio con metodi normalizzati. Risultano determinanti, ai fini della permeabilità, in primo luogo le modalità di accoppiamento fra parti fisse e parti mobili del telaio e le modalità di scorrimento e alloggiamento dell'eventuale avvolgibile; in misura generalmente minore concorrono inoltre le modalità di fissaggio del controtelaio alla muratura e della lastra al telaio. Alcuni studi hanno mostrato una stretta correlazione fra permeabilità e potere fonoisolante; si è accertato in definitiva che, affinché una finestra offra un potere fonoisolante pari a quello dovuto alla sola lastra di vetro (o comunque entro 2dB), deve appartenere almeno alla classe di permeabilità A3; con la classe A2 si hanno perdite fino a 5dB; con la classe A1 le perdite possono raggiungere gli 8dB.

Nell'immagine qui riportata si nota come esempio il potere fonoisolante di due serramenti aventi permeabilità all'aria di classe A3 e A1. È visibile la reale differenza di comportamento che induce a considerare tale requisito nella progettazione.

I serramenti di ultima generazione hanno però dimostrato una capacità di barriera al passaggio del rumore simile a quella delle pareti opache. Di conseguenza, l'anello più debole della catena può non identificarsi necessariamente con il serramento ma con il giunto finestra-tamponamento opaco.

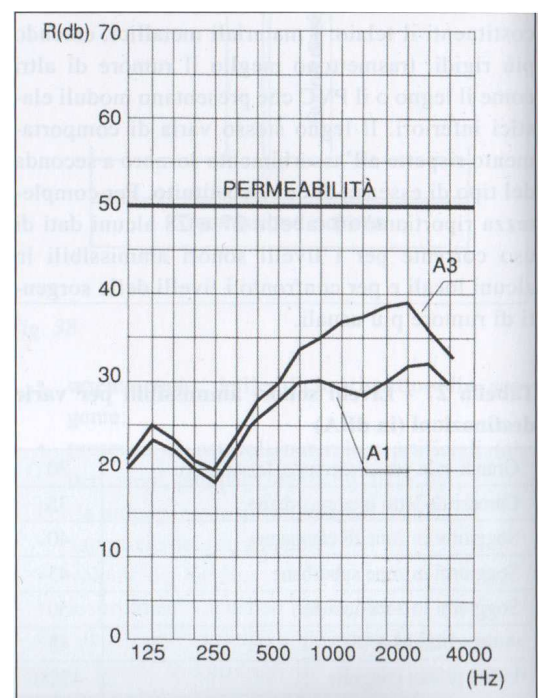


Fig. 25 (Schema tratto da Serramenti in PVC)

Le tipologie di serramenti. Una volta definita la composizione del vetro occorre procedere alla scelta del telaio che, oltre a rispettare tutti i vari requisiti acustici, deve essere in grado di accogliere il vetro individuato e sopportarne il peso della movimentazione dell'anta mobile nel tempo. Due considerazioni sono da porre subito all'attenzione: la prima è che, in linea di massima, durante le prove di laboratorio i telai realizzati con profili "pieni" tendono a mantenere la prestazione del vetro installato, mentre i telai realizzati con profili "cavi" tendono a peggiorare le prestazioni del vetro installato; la seconda è che telai dotati di 3 o 4 guarnizioni risultano più performanti dei profili con sole 1 o 2 guarnizioni.

Da alcune prove effettuate analizzando i dati raccolti su una campionatura di oltre 300 test effettuati è scaturito che per quanto riguarda i telai in legno dotati di vetrocamera con R_w maggiore o uguale a 40 dB, poco più della metà dei campioni ha raggiunto un indice di valutazione del potere fonoisolante pari o superiore a 40 dB, a conferma del fatto che la tenuta del prodotto serramento nel suo complesso non può essere identificata con quella della superficie vetrata quando l'abbattimento acustico del vetro raggiunge valori importanti. Si deduce che più i vetri scelti sono performanti più il sistema telaio+vetro non riesce a mantenere le prestazioni del vetro, anche se il telaio è realizzato con profilo "pieno" di legno. Per quanto riguarda i profili "cavi" realizzati tramite estrusione

di alluminio o P.V.C. la situazione è ancora peggiore: infatti, da una recente ricerca si deduce che nell'80% dei casi la prestazione complessiva è peggiore di 3 dB rispetto alla prestazione del solo vetro.

L'importanza della tipologia del serramento dipende anche dal

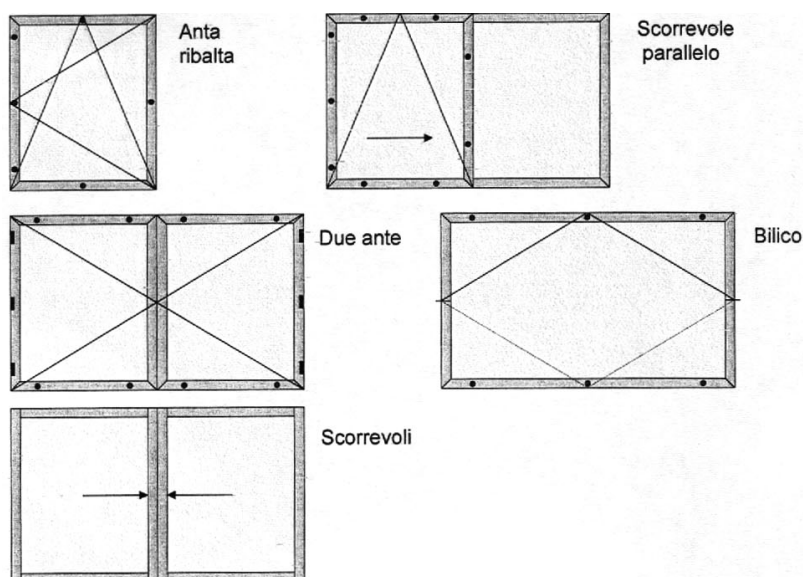


Fig. 26 Tipologia dei sistemi di apertura (tratto da L'isolamento acustico delle facciate)

sistema di apertura, con la conseguente disposizione del sistema di cardini, ovvero il sistema di battute e guarnizioni. Partendo dal presupposto che un serramento fisso non apribile sarà più performante rispetto ad uno con più sistemi di apertura traiamo le seguenti conclusioni: tanti più saranno le cerniere che permettono l'apertura dell'anta, tanto più saranno le perdite dovute a possibili linee di non perfetta congiunzione tra elemento fisso e mobile. Sarà quindi più facile che si verifichino delle irregolarità nell'andamento di chiusura, che permettono al rumore di penetrare. Va riportato il fatto che la semplice regolamentazione dei cardini può portare a variazioni di tenuta all'aria (e conseguentemente al rumore) dell'ordine di qualche decibel, a seconda del caso. Per quanto riguarda l'apertura scorrevole, la non complanarità degli elementi lascia un troppo ampio margine per il passaggio di rumore. Tuttavia nuovi sistemi di serramenti prevedono la quasi complanarità delle ante quando il sistema è chiuso, con il conseguente miglioramento delle prestazioni dell'elemento.

La posa. Oramai raggiunti livelli notevoli di tecnologia che permettono ai serramenti (intesi come sistema completo delle varie componenti quali vetro, infisso, giunti...) di essere quasi paragonabili alle prestazioni delle superfici opache, è normale imputare le colpe della non corrispondenza tra calcoli previsionali e risultati reali, alla posa. Rispondendo a determinati requisiti provati dai certificati di laboratorio, non è possibile nemmeno più ricercare i problemi nei serramenti che, come abbiamo già detto, hanno oramai raggiunto elevate prestazioni acustiche. Il tutto si risolve quindi nella posa, nella giunzione tra l'elemento opaco e il serramento. Le perdite calcolate sulla modalità di posa del nostro paese arriva fino ai 10dB, che si traducono in uno spreco economico e di sforzi per non ottenere probabilmente nemmeno i requisiti minimi imposti per legge.

Dopo un'attenta progettazione architettonica, portata avanti con coscienza dei problemi acustici e dopo un calcolo previsionale che possa sfruttare al massimo le

proprietà dei materiali e dei sistemi, annullando o riducendo al minimo i difetti eventuali di soluzioni o elementi da utilizzare, è necessario concentrare gli sforzi sulle modalità di installazione in cantiere, al fine di evitare la vanificazione di tutto il lavoro precedentemente svolto. Una buona progettazione e una posa a regola d'arte permetterebbero di garantire le prestazioni verso l'utente finale.



Fig. 27 Esempi di sistemi di cattiva posa



Fig. 28 Esempi di sistemi di cattiva posa

Nella maggioranza dei casi, l'utente finale analizza solo il certificato di un laboratorio, sottoponendo a prova un componente in condizioni non sempre corrispondenti a quanto realizzato in cantiere. Nelle immagini si vedono esempi di risultati dovuti ad una posa non corretta. Dietro i coprifili ecco comparire dei veri e propri "buchi", che sono le cause delle enormi perdite di fonoisolamento delle facciate.

Sistemi di posa come quello tedesco, permettono perdite molto inferiori rispetto a quelle italiane, grazie ad un sistema di posa differente, che tiene conto di alcune variabili, calcolabili fin dalla progettazione e dal calcolo previsionale.

Qui di seguito riportiamo la traduzione di un'analisi tratta da *Fondamenti del montaggio degli infissi* dell'ing. Guido Straßer, riguardante l'importanza dei giunti e la loro posa.

Fondamenti del montaggio degli infissi

REQUISITI L'utilizzo di finestre e porte esterne nell'arco di un periodo di utilizzo ragionevole è determinato in modo considerevole da un montaggio professionale. Il progresso delle tecniche di costruzione e, in particolare, il miglioramento dell'isolamento termico attraverso la riduzione delle perdite di aria calda esigono che le connessioni degli elementi delle finestre siano ermetici. Una durevole ermeticità di tali collegamenti però è ottenibile soltanto attraverso un isolamento delle giunture eseguito in modo professionale. Tuttavia, molte aziende del settore tendono ad ignorare questi progressi fatti nell'ambito della realizzazione dei collegamenti delle finestre, cosicché, sotto questo punto di vista, si rilevano di frequente delle gravi mancanze. I requisiti generali per quanto riguarda il montaggio delle finestre sono ricavabili dalla DIN 18355 (VOB, parte C, carpenteria/falegnameria) e dalla direttiva sul risparmio energetico. Stando alla DIN 18355, le finestre devono essere montate in modo tale da essere a lungo impermeabili alla pioggia battente. Secondo la direttiva sul risparmio energetico, il collegamento deve essere realizzato in modo da garantirne l'impermeabilità all'aria, nel lungo termine, ove ciò richiede la realizzazione di un isolamento totale della fuga tra l'intelaiatura e corpo dell'edificio, sul lato interno, per l'ottenimento di un collegamento impermeabile all'aria secondo DIN 4108-7. Lo spazio rimanente tra i livelli di isolamento deve essere riempito completamente con materiale termoisolante. Altri requisiti in materia di collegamento di infissi emergono anche dall'isolamento termico minimo da rispettare, come da DIN 4108-2, nell'ambito delle rotture termiche.

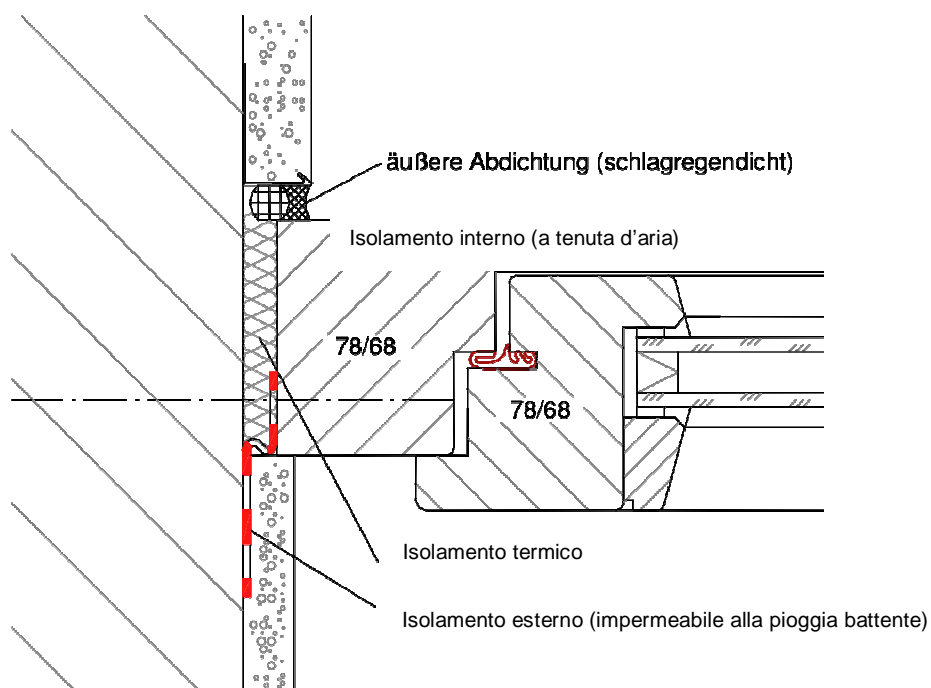


Fig. 29 Particolare del giunto laterale come esempio di infisso in legno (tratto da Fenstermontage - Grundlagen)

Inoltre, il montaggio degli infissi deve tener conto di un sufficiente consolidamento e trasmissione del peso, nonché dell'installazione verticale e orizzontale dell'infisso. I requisiti sopra illustrati relativi ai collegamenti di infissi devono essere rispettati sia in presenza di nuove costruzioni, sia nel caso di ristrutturazione di infissi in edifici preesistenti.

ISOLAMENTO Laddove non sia possibile staccare la giuntura impermeabile alla pioggia battente, è necessario provvedere ad un adeguato isolamento nella parte esterna della giuntura. Se vengono impiegati due isolamenti a livello della giuntura dell'infisso (all'interno e all'esterno), tali isolamenti devono essere coordinati l'uno rispetto all'altro in modo tale da rispettare il principio base di fisica delle costruzioni relativamente alla diffusione del vapore acqueo "più impermeabile dentro che fuori". Per quanto riguarda il coordinamento delle impermeabilizzazioni si è affermato l'utilizzo di sistemi di impermeabilizzazioni per i quali la scelta dell'isolante viene determinata anche dalla struttura della parete esterna e dalla larghezza minima da rispettare per la fuga. L'isolamento tra corpo dell'edificio e intelaiatura deve essere effettuato con un sistema di isolamento mobile. A questo proposito bisogna considerare:

-Guarnizioni con adeguato materiale di riempimento

-Nastri in schiuma plastica impregnati

-Fogli isolanti di alluminio e nastri butilici impermeabilizzanti

Per la scelta del sistema d'impermeabilizzazione bisogna considerare l'influsso di fattori quali le tolleranze dimensionali (ad es. dislivelli), cioè lo stato generale della costruzione (cfr. anche la tabella 1 riportata in seguito. È necessario attenersi alle istruzioni fornite dai produttori per il loro utilizzo.

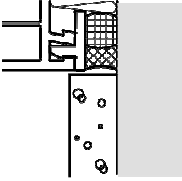
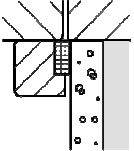
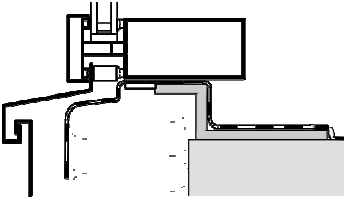
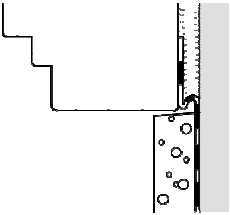
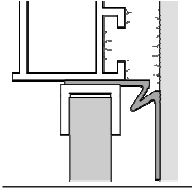
Materiale / Materie prime (esempio)	Esempio di utilizzo	Da considerare in fase di progettazione ed esecuzione
Materiali isolanti spruzzabili		
Silicone Polisolfuro Poliuretano Dispersione acrilica		<ul style="list-style-type: none"> - Aderenza e tollerabilità - Deformazione complessiva accettabile - Sequenza di lavoro - Forma della sezione trasversale - Carichi delle superfici di aderenza
Nastri isolanti in schiuma plastica, impregnati		
Schiuma poliuretanicca con impregnante		<ul style="list-style-type: none"> - Grado di compressione - Superfici di pressione - Giunzioni, conformazione degli angoli - Tollerabilità - Sezione trasversale
Geomembrane		
Fogli di bitume autoadesivi, modificati Poliisobutilene EPDM PVC morbido		<ul style="list-style-type: none"> - Sicura meccanica in caso di spessore adesivo ristretto - Sufficiente aderenza - Incollaggio sovrapposto - Trattamento preventivo delle superfici d'adesione - Tollerabilità del collante adesivo
Nastri isolanti		
Butile Poliisobutilene		<ul style="list-style-type: none"> - Sufficiente aderenza - Incollaggio sovrapposto - Trattamento preventivo delle superfici d'adesione - Pressione di contatto all'incollaggio - Cordoncino mobile
Nastri in elastomero per giunti		
Polisolfuro Silicone Poliuretano		<ul style="list-style-type: none"> - Collante adeguato - Aderenza - Trattamento preventivo delle superfici d'adesione - Conformazione, giunzione degli angoli - Rivestimento

Fig. 30 Tabella delle sigillature per giunti di finestre (tratto da Fenstermontage - Grundlagen)

L'adeguatezza dei materiali utilizzati per i vari impieghi previsti deve essere confermata dal produttore. La larghezza della fuga tra finestra e corpo dell'edificio deve essere calcolata in conformità con il tipo di cardine, la lunghezza dell'elemento, il profilo della finestra utilizzato (materiale) e la superficie di quest'ultimo (chiara / scura). In questo senso, come regola fondamentale per il dimensionamento bisogna determinare la sezione trasversale del materiale di tenuta. La profondità di quest'ultimo deve essere almeno di 6 mm.

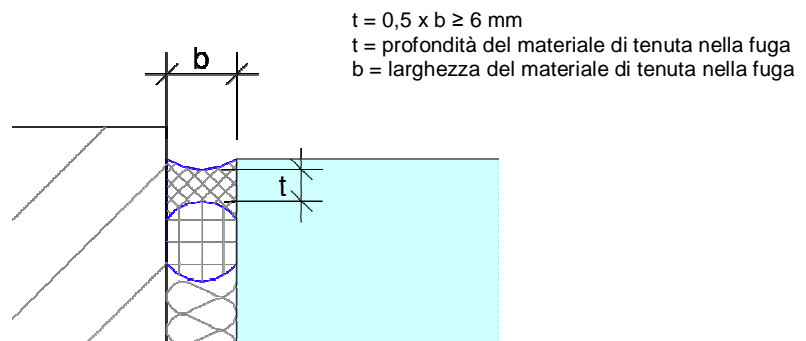
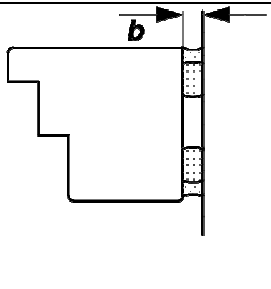
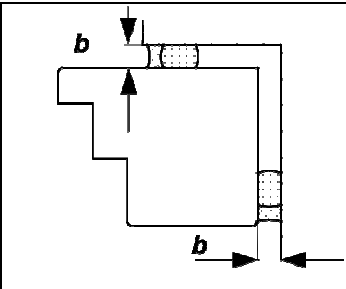


Fig. 31 Dimensionamento del materiale di tenuta nella fuga finestre (tratto da Fenstermontage - Grundlagen)

Quale materiale di riempimento, nell'ambito del materiale di tenuta, bisogna utilizzare dei "nastri" di schiuma a celle chiuse. È necessario fare attenzione all'adeguatezza delle superfici di adesione del materiale di tenuta e alla corrispondente forza adesiva. Le larghezze minime delle fughe cui attenersi, salvo diversa indicazione del produttore, sono riportate nella tabella qui di seguito:

							
	Lunghezza dell'elemento in m						
	fino a 1,5	fino a 2,5	fino a 3,5	fino a 4,5	fino a 2,5	fino a 3,5	fino a 4,5
Materiale del profilo della finestra	Larghezza minima della fuga per cardine smussato b_s in mm				Larghezza minima della fuga per cardine interno b_A in mm		
PVC duro (bianco)	10	15	20	25	10	10	15
PVC duro e PMMA (scuro, colore estruso)	15	20	25	30	10	15	20
Schiuma dura integrale PUR	10	10	15	20	10	10	15
Profili del composto alluminio / plastica	10	10	15	20	10	10	15
Profili del composto alluminio / plastica (scuri)	10	15	20	25	10	10	15
Profilo finestre in legno	10	10	10	10	10	10	10

b_s = Larghezza minima della fuga per cardini smussati, lato interno
 b_A = Larghezza minima della fuga per cardini interni, lato esterno

Fig. 32 Tabella con indicazione delle larghezza minima b delle fughe (tratto da Fenstermontage - Grundlagen)

Le larghezze minime delle fughe illustrate nella precedente tabella sono state determinate sulla base di materiali di tenuta con una deformazione complessiva ammessa del 25% all'esterno e 15% all'interno. Laddove vengano impiegati materiali di tenuta con caratteristiche differenti, le larghezze minime delle fughe vanno calcolate di conseguenza. Laddove vengano effettuate impermeabilizzazioni con nastri isolanti

precompressi, è necessario assicurarsi una compressione sufficiente dei nastri isolanti, che, normalmente, viene stabilita dal produttore. Inoltre, la presenza di superfici d'adesione adeguate (piane) per l'inserimento di nastri isolanti precompressi è un requisito importante in vista di un'impermeabilizzazione funzionante.

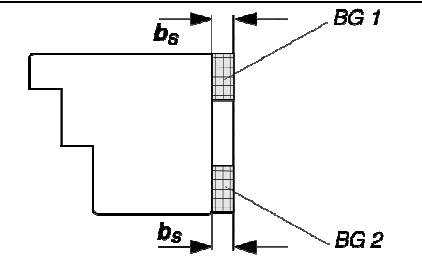
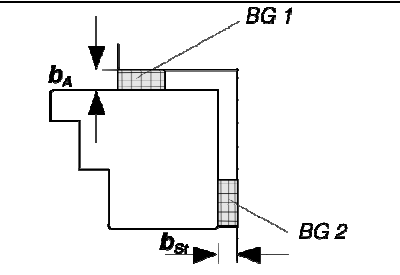
Tipo di battuta							
	Lunghezza dell'elemento in m						
	fino a 1,5	fino a 2,5	fino a 3,5	fino a 4,5	fino a 2,5	fino a 3,5	fino a 4,5
Materiale del profilo della finestra	Larghezza minima della fuga per battuta smussata b_s in mm				Larghezza minima della fuga per battuta interna b_A in mm		
PVC duro (bianco)	8	8	10	10	8	8	8
PVC duro e PMMA (scuro, colore estruso)	8	10	10	12	8	8	8
Schiuma dura integrale PUR	6	8	8	10	8	8	8
Profili del composto alluminio / plastica	6	8	10	10	8	8	8
Profili del composto alluminio / plastica (scuri)	6	8	10	10	8	8	8
Profilo finestre in legno	6	8	8	8	6	8	8
Per queste larghezze minime delle fughe è necessario utilizzare nastri isolanti di schiuma impregnati, come da DIN 18542. L'inserimento di quest'ultimo deve essere effettuato in conformità con le istruzioni del produttore.							

Fig. 33 Tabella con indicazione delle larghezza minima b delle fughe (tratto da Fenstermontage - Grundlagen)

In base alla norma DIN 18542, i nastri isolanti vengono distribuiti a seconda della zona di applicazione. Pertanto il gruppo di sforzo 1 (BG 1) deve essere utilizzato all'esterno, esposto all'azione diretta degli agenti atmosferici (es. sforzo causato dalla luce del sole), mentre il BG 2 va utilizzato al coperto (es. nastro isolante in listelli scanalati). In ogni caso, sarà necessario attenersi alle istruzioni del produttore per quanto riguarda l'area di impiego del nastro isolante precompressi.

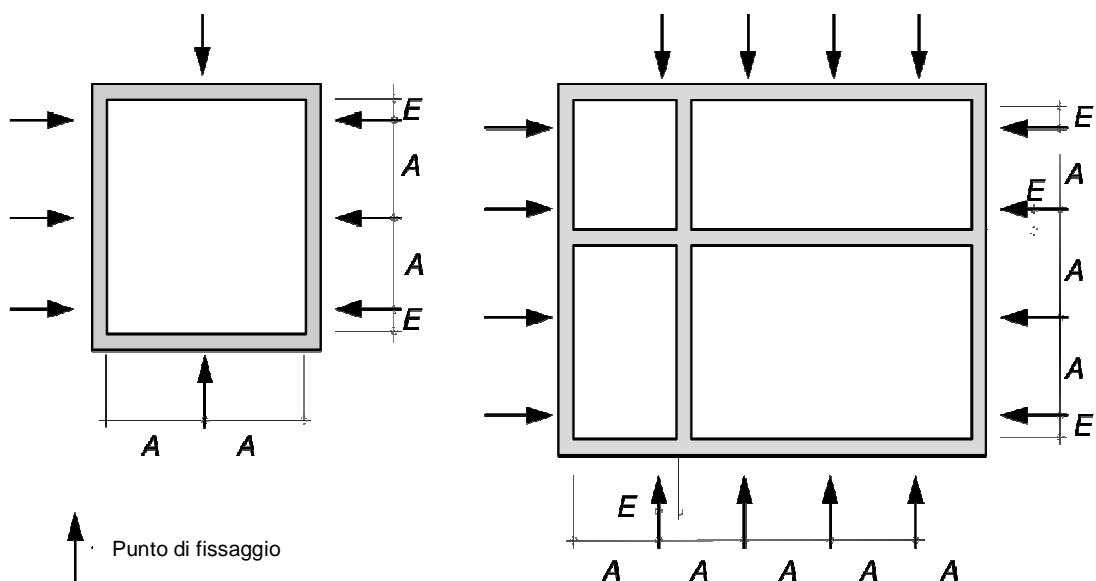
Tipo di sforzo	Gruppo di sforzo	
	BG 1	BG 2
Esposizione delle fughe all'azione degli agenti atmosferici	Diretto	Non applicabile
Azione della pioggia	Forte	Ridotta
Effetto della rugiada	Alto	Ridotto
Effetto dell'umidità dell'aria	Duraturo	Duraturo
Resistenza al vento ¹⁾	Normale	Normale
¹⁾ corrispondente all'ermeticità		

Fig. 34 Gruppo di sforzo secondo la norma DIN 18542 (tratto da Fenstermontage - Grundlagen)

Spesso, nell'esecuzione di lavori di isolamento non si tiene conto a sufficienza della completezza dell'impermeabilizzazione, non vengono installati isolanti su elementi inferiori nella parte interna oppure i davanzali esterni e/o dei loro raccordi non sono realizzati in modo da garantirne la tenuta contro la pioggia battente nel lungo periodo.

Fissaggio e trasmissione del peso:

Gli infissi devono essere assicurati meccanicamente. A questo proposito, bisogna attenersi alle distanze delle sicure riportate nel seguente grafico.



Distanza dall'ancoraggio	Distanza dall'angolo interno
Finestre di alluminio max 800 mm	Distanza dall'angolo interno della cornice e dal lato interno del profilo per i montanti e le traverse da 100 a 150 mm
Finestre di legno max 800 mm	
Finestre di plastica max 700 mm	

Fig. 35 Distanze di fissaggio (tratto da Fenstermontage - Grundlagen)

Per il fissaggio è possibile utilizzare tasselli per cornici, stecche, mensole, angoli oppure delle viti per il fissaggio diretto. La scelta del materiale di fissaggio deve tener conto del materiale della parete in quanto base per il fissaggio e delle distanze dal contorno prestabilite dal produttore. Laddove vengano utilizzate tapparelle oppure cassonetti, la parte superiore del telaio deve essere di regola dimensionato come portante e la trasmissione del peso deve essere effettuata per mezzo dei fissaggi laterali.

Secondo la norma DIN 18056, le pareti finestrate sono elementi-finestra con una superficie $\geq 9 \text{ m}^2$, in cui la lunghezza del lato minore è $\geq 2,0 \text{ m}$. Laddove vengano realizzate delle pareti finestrate, anche i fissaggi degli elementi della finestra devono essere 'comprovati' da un punto di vista statico. Per quanto riguarda i fissaggi, questo significa che devono essere utilizzati soltanto elementi di fissaggio approvati dalle autorità competenti per l'edilizia.

I pesi (es. pesi propri, forza del vento, forze applicate dall'utilizzo da parte degli utenti) devono essere trasmessi al corpo dell'edificio attraverso i punti di

ancoraggio. Questi punti, portanti, devono essere distribuiti nella zona degli angoli della cornice, dei montanti e delle traverse a seconda del tipo di apertura. La sagoma di apertura del muro deve essere eseguita in modo tale da garantire il movimento delle finestre (es. in caso di alterazioni nella lunghezza dovute a condizioni termiche).

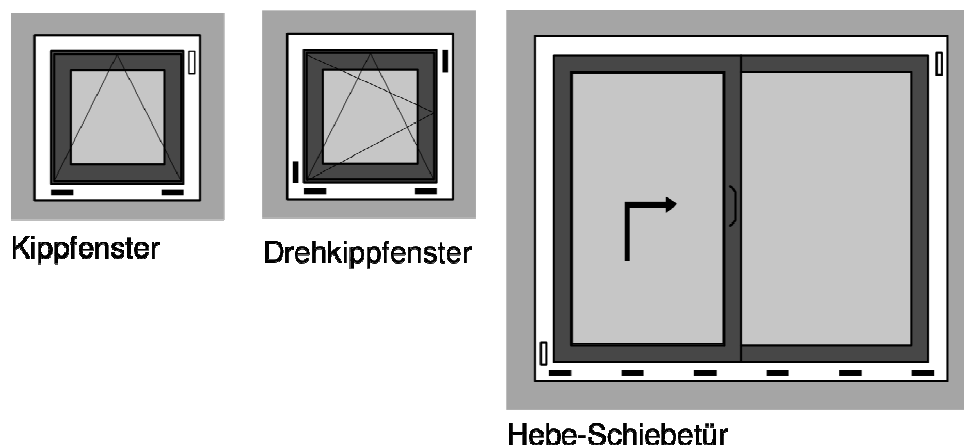


Fig. 36 Disposizione dei sostegni e distanziatori (tratto da Fenstermontage - Grundlagen)

Per quanto riguarda gli elementi di sostegno e i distanziatori si è affermato sul mercato l'utilizzo di blocchi di materiale plastico o di legno duro impregnato. La scelta di questi elementi deve tener conto delle larghezze minime delle fughe, dei sistemi di isolamento nonché della tollerabilità dei materiali. Questi sostegni, che rimangono poi nelle fughe, non devono essere confusi con altri mezzi di fissaggio, ad esempio con cunei temporanei da rimuovere dopo il fissaggio.

Le finestre devono essere montate in verticale o in orizzontale, cioè bisogna osservare, a questo proposito, le tolleranze conformemente all'esattezza della bilancia idrostatica. Esattezza della bilancia idrostatica significa deviazioni in orizzontale/verticale da 1,5 ad un massimo di 3 mm per una lunghezza dell'elemento fino a 3 m, per non alterare la funzionalità né l'aspetto della finestra con il montaggio. In linea di principio, i lavori di montaggio devono essere pianificati già al momento della misurazione della finestra, con la preparazione di uno schizzo dei dettagli. Questo perché è soltanto in questo modo che è possibile escogitare delle soluzioni soddisfacenti per il montaggio delle finestre. La pianificazione deve tener conto anche dell'isolamento termico minimo nell'ambito della rottura dei ponti termici. Se i collegamenti vengono realizzati in conformità con l'allegato 2 della norma DIN 4108, non sono necessari altre prove a questo proposito. Se i collegamenti realizzati divergono da ciò, e ciò rappresenta la regola per quanto riguarda vecchi edifici, è necessario fornire la prova del fattore temperatura ai sensi della norma DIN 4108-2.

Alla luce di questo documento possiamo notare quanto influisce sulle prestazioni finali la corretta posa di un serramento. Ciò perché il serramento in sé ha raggiunto notevoli prestazioni e può essere considerato come "perfetto" dal punto di vista della risposta in base alle sue caratteristiche, scelte in base alle differenti esigenze. Il margine d'errore si gioca quindi tutto sui giunti tra serramento e muratura. Il documento sopra riportato dimostra accorgimenti che necessitano la massima precisione per riuscire a controllare le perdite prestazionali dovute all'errore di posa, seguendo i quali si riuscirebbe a ridurre notevolmente la perdita di efficienza di un serramento oramai più che performante.

Nelle seguenti pagine sono riportate delle schede tecniche di rilevazioni effettuate su varie facciate. L'andamento della pressione sonora è riportato nelle schede successive con l'andamento che assume in base alla frequenza e tali grafici dimostrano graficamente i problemi presenti nelle situazioni analizzate, con la possibile individuazione della perdita di efficienza in base alla localizzazione grafica dei picchi sonori negativi.

Le misurazioni di questo ambiente rilevano un andamento dello spettro di frequenza con due picchi negativi attorno ai 125Hz e tra i 1000Hz e 2000Hz, con un isolamento complessivo di 36dB.

**Isolamento acustico standardizzato secondo la ISO 140-4
Potere fonoisolante delle facciate e degli elementi di facciata**

Cliente: ██████████

Data del test: 25/05/09

Descrizione e identificazione dell'edificio sottoposto a test, catena di misura e direzione della misura:
Isolamento facciata piano terra, via Mucchetti. ANTE OSCURANTI APERTE

Volume ambiente ricevente (m³): 68.1



Valutazione di $D_{n,w} (C ; C_{tr})$ (dB) : $(C ; C_{tr}) = 36 (-2 ; -6)$ secondo la ISO717-1
Valutazione basata sui risultati di misure in opera, condotte secondo il metodo sperimentale

Numero rapporto di prova:

Ente valutante:

Data: 25/05/2009

Firma:

Fig. 37 Risultati di test su facciata (rilevazioni effettuate dall'ing. G. Majandi)

Lo stesso ambiente della rilevazione in fig. 37, ma con le ante chiuse, dimostra praticamente lo stesso andamento spettrale di frequenza ma con la differenza di guadagno di 1dB nell'isolamento complessivo che raggiunge i 37dB.

**Isolamento acustico standardizzato secondo la ISO 140-4
Potere fonoisolante delle facciate e degli elementi di facciata**

Cliente: ██████████

Data del test: 25/05/09

Descrizione e identificazione dell'edificio sottoposto a test, catena di misura e direzione della misura:
Isolamento facciata piano terra, via Mucchetti. ANTE OSCURANTI CHIUSE

Volume ambiente ricevente (m³): 68.1

Frequenza f, (Hz)	Dn (terzi ottave), dB
50	.
63	.
80	.
100	26,0
125	14,8
160	16,4
200	25,5
250	30,4
315	32,7
400	36,3
500	33,5
630	36,4
800	39,6
1000	39,8
1250	38,4
1600	40,9
2000	45,2
2500	47,6
3150	48,4
4000	>= 45,9
5000	>= 43,1



Valutazione di $D_{n,w} (C ; C_{tr})$ (dB) : (C ; C_{tr}) = 37 (-2 ; -7) secondo la ISO717-1
Valutazione basata sui risultati di misure in opera, condotte secondo il metodo sperimentale

Numero rapporto di prova:

Ente valutante:

Data: 25/05/2009

Firma:

Fig. 38 Risultati di test su facciata (rilevazioni effettuate dall'ing. G. Majandi)

Stesso ambiente dei rilievi di fig. 37 e 38, con ante chiuse ma con ulteriori accorgimenti consistenti nella regolazione dei cardini dei serramenti dimostrano un andamento molto più lineare dello spettro di frequenza, con un isolamento complessivo di 42dB. Il maggiore problema di perdita di efficienza era dovuto alla non perfetta chiusura delle ante sul fisso.

**Isolamento acustico standardizzato secondo la ISO 140-4
Potere fonoisolante delle facciate e degli elementi di facciata**

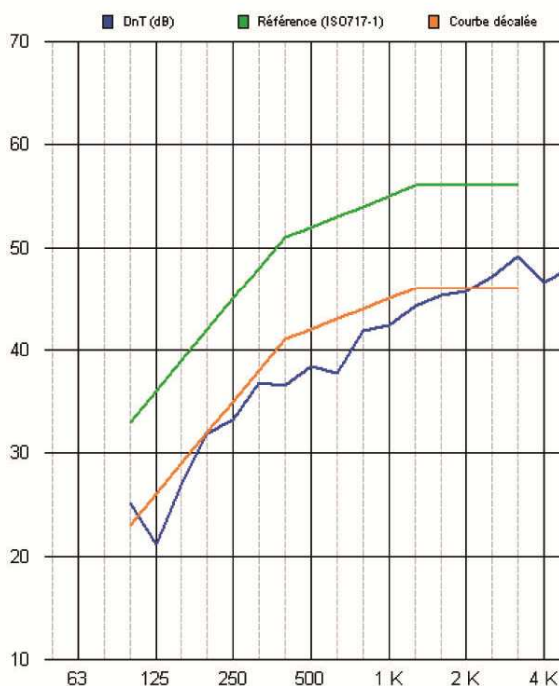
Data del test: 05/06/09

Cliente: ██████████

Descrizione e identificazione dell'edificio sottoposto a test, catena di misura e direzione della misura:
Isolamento facciata piano terra, via Mucchetti. ANTE OSCURANTI CHIUSE

Volume ambiente ricevente (m³): 68.1

Frequenza f, (Hz)	Dn,T (1/3-ottave), (dB)
50	.
63	.
80	.
100	25,1
125	21,2
160	26,9
200	31,9
250	33,2
315	36,8
400	36,5
500	38,4
630	37,8
800	41,9
1000	42,4
1250	44,2
1600	45,3
2000	45,7
2500	47,2
3150	49,2
4000	46,7
5000	>= 48,0



Valutazione secondo l'ISO 717-1 di $D_{n,T,w}$ (C ; C_{tr}) (dB) : (C ; C_{tr}) = 42 (-2 ; -6)
Evaluation fondée sur des résultats de mesure in situ obtenus par une méthode d'expertise

N° Rapport :

Organisme d'essai :

Date : 05/06/2009

Signature :

Fig. 39 Risultati di test su facciata (rilevazioni effettuate dall'ing. G. Majandi)

Le misurazioni di questo ambiente rilevano un andamento dello spettro di frequenza relativamente lineare (eccetto il picco positivo tra i 250Hz e i 500Hz), ma con un isolamento complessivo di 35dB.

**Isolement acoustique standardisé conformément à l'ISO 140-4
Mesurage in situ de l'isolement aux bruits aériens entre les pièces**

Client :

Date de l'essai : 10/04/09

Description et identification du bâtiment et du montage d'essai, direction de mesurage :
Isolamento Facciata Appareamento C14 con SILENZIATORE MODIFICATO

Volume de la salle d'émission (m³) :
Volume de la salle de réception (m³) :

Fréquence f, (Hz)	Dn,T (1/3-octave), (dB)
50	---
63	---
80	---
100	30,8
125	25,4
160	27,1
200	28,2
250	29,0
315	35,0
400	33,0
500	30,2
630	31,5
800	33,7
1000	33,3
1250	33,0
1600	34,9
2000	36,2
2500	40,7
3150	40,1
4000	36,4
5000	33,1



Evaluation selon l'ISO 717-1 de $D_{n,T,w} (C; C_{tr})$ (dB) : (C ; C_{tr}) = 35 (-1 ; -2)
Evaluation fondée sur des résultats de mesure in situ obtenus par une méthode d'expertise

N° Rapport :

Organisme d'essai :

Date : 10/04/2009

Signature :

Fig. 40 Risultati di test su facciata (rilevazioni effettuate dall'ing. G. Majandi)

Le misurazioni dello stesso ambiente i cui dati sono riportati nella precedente fig. 40, rilevano un andamento dello spettro di frequenza migliore dopo la migliore registrazione del serramento, che risolveva soprattutto i livelli delle alte frequenze, con un guadagno di 2dB, con un isolamento complessivo di 37dB.

**Isolement acoustique standardisé conformément à l'ISO 140-4
Mesurage in situ de l'isolement aux bruits aériens entre les pièces**

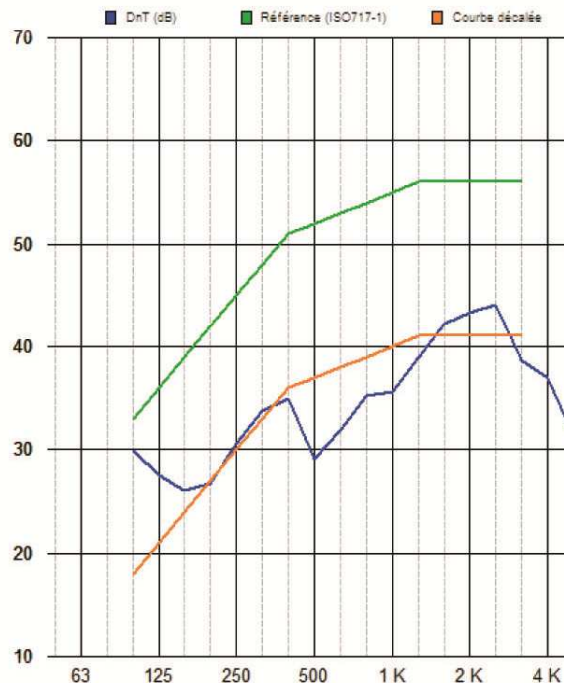
Cient :

Date de l'essai : 10/04/09

Description et identification du bâtiment et du montage d'essai, direction de mesurage :
Isolamento Facciata App. C14 finestra registrata ANTE APERTE

Volume de la salle d'émission (m³) :
Volume de la salle de réception (m³) :

Fréquence f _i (Hz)	Dn,T (1/3-octave), (dB)
50	---
63	---
80	---
100	29,9
125	27,5
160	26,1
200	26,7
250	30,6
315	33,8
400	34,9
500	29,1
630	31,9
800	35,2
1000	35,6
1250	38,9
1600	42,2
2000	43,3
2500	44,1
3150	38,7
4000	37,0
5000	31,4



Evaluation selon l'ISO 717-1 de Dn,T,w (C ; Ctr) (dB) : (C ; Ctr) = 37 (-1 ; -3)
Evaluation fondée sur des résultats de mesure in situ obtenus par une méthode d'expertise

N° Rapport :

Organisme d'essai :

Date : 10/04/2009

Signature :

Fig. 41 Risultati di test su facciata (rilevazioni effettuate dall'ing. G. Majandi)

Le misurazioni dello stesso ambiente relative alle fig. 40 e 41 e con le ante chiuse dimostrano un leggero cambiamento spettrale alle alte frequenze, con un modesto guadagno di 1dB ulteriore, con un isolamento complessivo di 38dB. Questo esempio dimostra che, nonostante la registrazione delle ante, il serramento non migliora significativamente, rivela quindi problemi dovuti alle proprie prestazioni oppure al sistema di posa non adatto o non corretto.

**Isolement acoustique standardisé conformément à l'ISO 140-4
Mesurage in situ de l'isolement aux bruits aériens entre les pièces**

Client :

Date de l'essai : 10/04/09

Description et identification du bâtiment et du montage d'essai, direction de mesurage :
Isolamento Facciata App. C14 finestra registrata ANTE CHIUSE

Volume de la salle d'émission (m³) :
Volume de la salle de réception (m³) :

Fréquence f, (Hz)	Dn,T (1/3-octave), (dB)
50	---
63	---
80	---
100	29,1
125	28,0
160	26,8
200	27,4
250	29,6
315	33,6
400	36,3
500	30,1
630	34,1
800	38,2
1000	36,2
1250	40,3
1600	44,0
2000	43,5
2500	46,6
3150	44,6
4000	43,6
5000	32,6



Evaluation selon l'ISO 717-1 de Dn,T,w (C ; Ctr) (dB) : (C ; Ctr) = 38 (-1 ; -3)
Evaluation fondée sur des résultats de mesure in situ obtenus par une méthode d'expertise

N° Rapport :

Organisme d'essai :

Date : 10/04/2009

Signature :

Fig. 42 Risultati di test su facciata (rilevazioni effettuate dall'ing. G. Majandi)

Elementi Secondari di Facciata (piccoli elementi). Sono quegli elementi, ad eccezione di porte e finestre, con superficie minore di 1m^2 . Non è possibile generalizzarne il comportamento a causa dell'enorme diversità esistente tra essi. Si considerano tali le bocchette di ventilazione, le prese d'aria e i cassonetti per i dispositivi oscuranti. Ecco alcuni esempi di dispositivi di aerazione a ventilazione naturale in relazione alla loro portata d'aria.

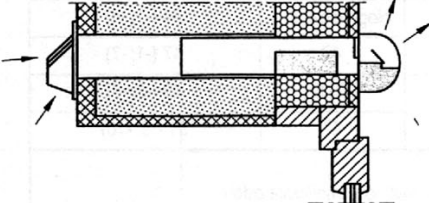
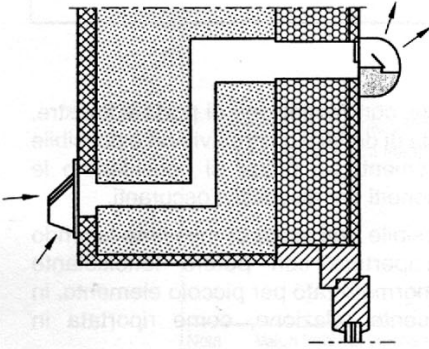
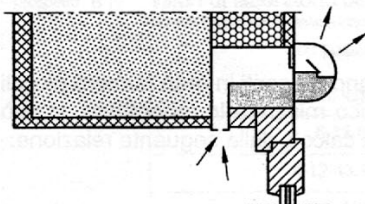
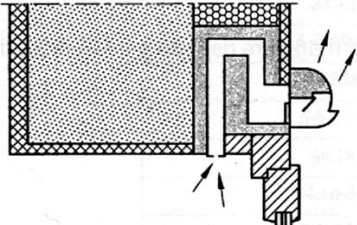
Configurazione: ingressi aria autoregolabili	Tipologia montaggio	Portata d'aria m^3/h	$D_{n,e,w}$ dB
	Montaggio a muro: manicotti dritti	30 22	38 40
	Montaggio a muro: manicotti a labirinto	30 22	48 49
	Montaggio soprafinestra: manicotti dritti	30 22	da 37 a 39 da 39 a 41
	Montaggio soprafinestra: manicotti a labirinto	30 22	42 43

Fig. 43 (Schema tratto da UNI TR 11175)

Un altro elemento critico per quel che riguarda l'acustica di facciata è senz'altro il cassonetto copri rullo. Con l'utilizzo sempre più frequente di soluzioni costruttive indirizzate a migliorare il comfort (termico ed acustico) all'interno delle abitazioni, è necessario che questi elementi siano opportunamente progettati per non compromettere quanto guadagnato con buoni sistemi di muratura e di serramenti. Il cassonetto tradizionale può costituire un ponte acustico (e termico) non indifferente. All'interno di esso, infatti, è presente aria proveniente dall'esterno, separata dall'ambiente interno dai sottili pannelli in legno del cassonetto.

È importante quindi valutare le diverse variabili costruttive per poter rispondere innanzitutto alle diverse esigenze dei progettisti. In laboratorio è possibile analizzare i comportamenti dei diversi cassonetti con calcoli dettagliati (UNI EN ISO 140-3 per l'isolamento acustico). Infatti, modificando le diverse variabili costruttive presenti, è possibile capire in che termini alcuni elementi influenzano il risultato. Le variabili che andremo ad analizzare sono: la tipologia dei materiali costituenti il cassonetto, l'ampiezza delle cavità d'aria presenti nel cassonetto e le modalità d'installazione del cassonetto.

Un aspetto chiaramente fondamentale è quello legato alla tipologia dei materiali che costituiscono e che eventualmente coibentano il cassonetto sulle pareti interne. Il coefficiente di assorbimento acustico influenza notevolmente la prestazione consentendo di ridurre il riverbero del suono all'interno del vano.

Quando le larghezze delle aperture a contatto con l'ambiente esterno sono comprese tra 10 mm e 2 mm, la sede interna del cassonetto copri rullo è considerata come una cavità d'aria parzialmente ventilata. Anche dal punto di vista acustico la variabile è particolarmente significativa. La riduzione dell'apertura attraverso cui il suono entra all'interno del vano cassonetto ha un effetto benefico sulla prestazione del prodotto. Senza dover adottare altre particolari coibentazioni o soluzioni costruttive, riducendo lo spazio di ingresso del suono da 15 mm a 8 mm la prestazione del prodotto può migliorare di circa 2 dB complessivi. Tutto questo mostra chiaramente come le prestazioni termoacustiche del cassonetto siano strettamente legate alla modalità della posa in opera, alla modalità d'installazione dell'avvolgibile ed al corretto rapporto "dimensionale" tra lo spessore dell'avvolgibile e lo spazio disponibile per il suo

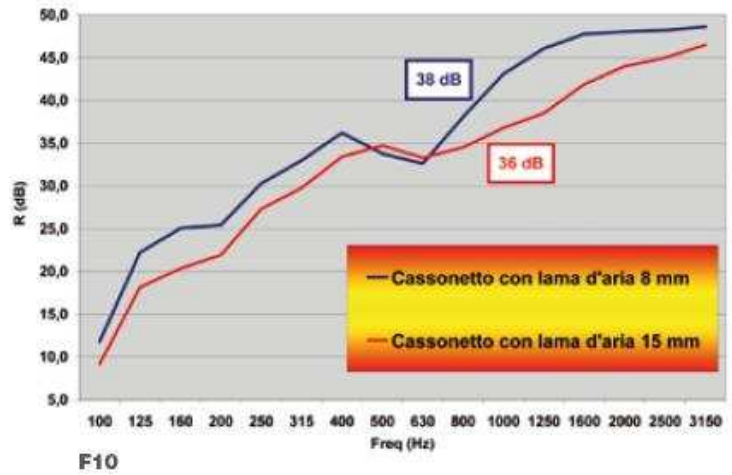
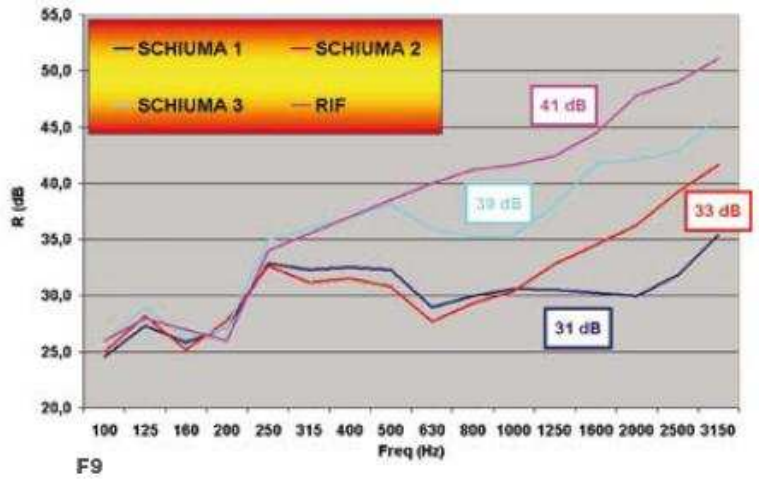
passaggio. È evidente che, a tal fine, il produttore deve specificare in maniera chiara le modalità di posa del prodotto e il tipo di avvolgibile da inserire. La prestazione calcolata e/o misurata è quindi ottenibile solo se sono chiaramente rispettate le modalità d'installazione previste.

La variabile presa in considerazione dal montaggio è significativa dal punto di vista dell'isolamento acustico quando non è presente una veletta esterna ed il cassonetto va ad occupare tutto lo spessore della parete. In questo caso la presenza di materiali massivi sulle pareti del prodotto è altamente consigliata per evitare che il rumore penetri significativamente attraverso il cassonetto in questione. Come ultima variabile, consideriamo il giunto di raccordo tra cassonetto e serramento. A livello acustico può incidere in maniera molto evidente e, se il giunto non è adeguatamente preso in considerazione in fase di progetto, può trasformare un prodotto potenzialmente molto prestante in un prodotto con prestazioni molto scarse. La distanza tra il serramento ed il cassonetto, il tipo di sigillatura, il materiale di riempimento del giunto e le sue capacità di "aggrappaggio" alle pareti circostanti, sono aspetti che incidono fortemente sulla prestazione del prodotto quando questo è accoppiato ad un serramento. Un prodotto potenzialmente ad elevate prestazioni può rivelarsi un "ponte acustico" a tutti gli effetti se il riempimento del giunto è eseguito con il sigillante o la schiuma sbagliata. Va ricordato che ad oggi non esiste alcuna regolamentazione che imponga dei parametri prestazionali acustici specifici al cassonetto. Questo però, chiaramente, non significa che il cassonetto sia un elemento della facciata tranquillamente trascurabile per determinare una potenziale "classe prestazionale" dell'edificio. Essendo un prodotto molto particolare, ogni piccola variabile costruttiva o ogni ipotesi di progetto (installazione, ipotetico avvolgibile montato, coibentazione interna) ne condizionano inequivocabilmente le prestazioni e proprio per questo, a livello tecnico e progettuale, l'interesse di costruttori e progettisti dovrebbe concentrarsi anche su questi elementi.

Importante sarebbe anche la scelta della tipologia di ispezione del cassonetto, oggi ne esistono in commercio alcuni che prevedono la totale posa di questo esterna al serramento, con apertura per ispezione verso il basso. Questa soluzione permette di eliminare in toto il problema del ponte acustico dovuto al

cassonetto, avendo il collegamento superiore diretto tra serramento e muratura. Il tutto si riduce ad un solo problema estetico e compositivo riguardo alla facciata dell'immobile, annullando dall'isolamento acustico di facciata la variabile (sempre negativa) dovuta al cassonetto.

Fig. 44 Schemi riportanti variazioni di prestazione in base a schiuma utilizzata e dimensioni della lama d'aria (tratto da materiale tecnico LegnoLegno)



2. Applicazione

a. Individuazione dei problemi e semplificazione della fase progettuale

Il problema principale dei vizi acustici negli edifici è imputabile ad una difficoltà di base che deriva dall'inadeguata progettazione acustica, quando non addirittura mancante. C'è da specificare che le variabili nel campo dell'acustica applicata agli edifici non sono poche. L'involucro esterno ha a disposizione una tale varietà di tipologie e materiali che la previsione di come si comporterà ognuno di essi sotto l'aspetto dell'isolamento acustico risulta davvero complessa. L'elemento più sensibile al passaggio del suono è naturalmente il componente più leggero, ovvero il serramento con tutti i suoi accessori, quali cassonetto e guarnizioni. Molto però si è fatto per il miglioramento di quest'ultimi, fino all'ottenimento di prestazioni acustiche analoghe a quelle delle pareti opache, come dimostrato dalla presenza della marcatura CE, la cui norma armonizzata è la EN 1435-1, introdotta in Italia dall'organismo competente UNI (la norma prevede una procedura per definire analiticamente il valore di isolamento acustico attraverso la classe di permeabilità all'aria, il tipo di vetro adottato e il numero di guarnizioni presenti.) Di conseguenza, se di problemi continuano a verificarsene, l'anello più debole della catena non può che identificarsi con il punto di giunzione tra serramento e tamponamento opaco. Ogni punto debole, se non correttamente valutato in fase di progettazione, contribuisce a peggiorare la prestazione della struttura. Le influenze negative, infatti, si sommano comportando perdite significative, fino a vanificare ogni scelta tecnica e di materiale.

Si giunge quindi alla considerazione delle modalità di posa in opera che dimostrano di esercitare una forte influenza sul rendimento dell'involucro edilizio e quindi sulle sue prestazioni acustiche. Materiali, sistemi, fissaggi possono aiutare a risolvere molte problematiche, ma anche esserne la causa. Avendo una grande variabile di margine di errore durante la posa in opera, si potrebbero identificare, in fase progettuale, tutte quelle tipologie di montaggio tali da garantire un minimo di scarto sul risultato finale. Minimizzando le variabili legate alla posa in opera è possibile, già in fase progettuale, col semplice calcolo di R_{comp} (potere fonoisolante composito) avvicinarsi al risultato

finale, con la possibilità di poter effettuare a monte le giuste considerazioni sulla scelta di materiali ed elementi, e relative proprietà, al fine di un giusto dimensionamento che elimini sottostime che non permettono il raggiungimento dei parametri limite, nonché sovradimensionamenti che comporterebbero sprechi economici e di risorse.

L'individuazione di un percorso per avvicinarsi, il più efficientemente possibile a buone scelte progettuali acustiche, che tengano conto quindi di ogni possibile variante, aiuterebbe ad ottenere dei risultati previsionali più simili a quelli in opera.

b. Studio del metodo previsionale e relativa analisi

In questa parte sarà analizzata la fase progettuale finalizzata al calcolo dei requisiti acustici previsti dal D.P.C.M. 5/12/97 partendo dai metodi guida descritti dalle norme EN 12354 parti 1-3, integrati con schemi di riferimento e correzioni, ritenuti necessari per ridurre al minimo gli errori di valutazione ed ottenere quindi un risultato in opera il più vicino possibile alla previsione in oggetto.

I. STUDIO GRAFICO In principio bisognerà riportare gli elaborati grafici sui quali condurre lo studio: una pianta per l'individuazione dell'edificio e dello studio dell'intorno, una pianta col piano oggetto di studio, con l'individuazione dell'unità abitativa e dell'elemento in oggetto, un prospetto e una sezione, riportanti la parete di facciata.

II. RACCOLTA DEGLI ELEMENTI NECESSARI PER IL CALCOLO DELL'INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA Raccolta degli elementi necessari alla risoluzione della formula per il calcolo dell'isolamento di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverbero e successiva applicazione: volume, superficie totale, superficie della parete opaca, superficie finestra, ΔL_{fs} .

III. SCELTA DELLA PARETE DI FACCIATA Va riportata la sezione della parete opaca col relativo certificato di laboratorio coi relativi dati del materiale o della soluzione tecnologica proposta.

IV. SCELTA DELL'INFISSO E DELLA VETRATA Va riportata la sezione del serramento (sia esso una finestra o una portafinestra) e della vetrata, coi relativi certificati di laboratorio indicanti i dati dell'elemento scelto. Al fine della scelta delle vetrate si può consultare la tabella riportata nel prospetto *B.1 Esempi del potere fonoisolante di vetrate* riportata al punto B.2.1. Tuttavia si ottengono stime più precise se si tengono in considerazione i dati dell'elemento completo (infisso e vetrata) dove gli eventuali errori di giunzione sono evitati dai dati derivanti dai test sull'elemento intero, che comprende anche gli

eventuali punti deboli di giunzione tra superficie opaca del serramento e superficie vetrata.

V. SCELTA DELLA PORTA Come il serramento generico, la porta è un elemento che andrebbe scelto in base ai risultati dei dati di laboratorio, tenendo ben presente il punto debole di tali elementi ovvero la soglia. Ove possibile andrebbe prevista una battuta anche per il lato inferiore di tale elemento, senza creare situazioni pericolose per l'utente e senza superare le dimensioni massime richieste dalle normative per il superamento delle barriere architettoniche.

VI. SCELTA DEI PICCOLI ELEMENTI Avendo questi elementi (principalmente prese d'aria e cassonetti) una gran varietà, non è possibile generalizzarne i dati e giungere ad uno studio previsionale. Bisognerà quindi prendere i valori dichiarati dal produttore e inserirli nel calcolo. Si può invece arrivare ad un dato preciso con la formula per le prese d'aria non insonorizzate, come da norma UNI 12354-3 punto D.2.

VII. CALCOLO DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE (DI FACCIATA) Raccolta dei dati necessari per il calcolo di R' , potere fono isolante di parete e infissi, isolamento acustico dei piccoli elementi, superficie della facciata vista dall'interno, con eventuale calcolo dei coefficienti di correzione.

VIII. CALCOLO DELLA DIFFERENZA DI LIVELLO PER FORMA DI FACCIATA Andrà riportata la linea di vista della sorgente di rumore e l'altezza di vista del ricevente, con evidenziato l'eventuale elemento di facciata per calcolare l'assorbimento acustico. Si applicherà quindi il valore correttivo calcolandolo dalla tabella C.2 riportata nella norma UNI 12354-3.

IX. CALCOLO DELL'INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA Disponendo di tutti i dati basterà riportarli nella formula che valuta la correzione dovuta al volume della stanza e al tempo di riverbero, per ottenere il calcolo finalizzato all'indicazione dell'isolamento acustico di facciata che tenga conto di tutti gli elementi e di tutte le variabili.

Altri dati che potrebbe essere utile tenere in considerazione sono l'allargamento dello spettro di frequenza riguardo al fattore correttivo C , C_{tr} . Purtroppo non sono per il momento disponibili informazioni sul calcolo per l'accuratezza di calcolo per bande di frequenza più basse e più alte di quelle attuali (100Hz-3150Hz). Altri dati sono il tipo e la qualità della tenuta a livello di intercapedini e giunti, nonché il calcolo delle trasmissioni laterali. Nella maggior parte dei casi questa trasmissione laterale è trascurabile, tuttavia se ci sono elementi particolarmente rigidi (calcestruzzo) che collegano la facciata ad altri elementi interni all'ambiente (pavimenti, soffitti, pareti...) questo dato può diventare sostanziale al fine di una buona previsione, soprattutto se i requisiti richiesti di isolamento di facciata sono elevati. Spesso, per lasciare un margine di sicurezza senza calcolare il contributo dei giunti rigidi, si calcolano all'interno della facciata come elementi facenti parte del tutto, e sottraendo 2dB dal loro potere fonoisolante.

Assieme al calcolo previsionale, dato che il fine è quello di diminuire il margine tra previsione e realtà, andrebbero sempre previsti scrupolose indicazioni di posa e il controllo diretto in cantiere. Alcuni passaggi, se ben diretti, possono portare ad evitare ricerche posteriori di eventuali imprecisioni, nonché la perdita delle prestazioni acustiche dei singoli elementi e di tutto il sistema di facciata.

c. Applicazione del metodo previsionale

Qui di seguito riportiamo l'applicazione del metodo previsionale ad un caso tipo (tratto dal materiale del corso *Miglioramento delle prestazioni acustiche degli edifici* di Simone Secchi) per il calcolo dei requisiti acustici di facciata secondo i metodi descritti dalle norme EN12354-3.

I. STUDIO GRAFICO

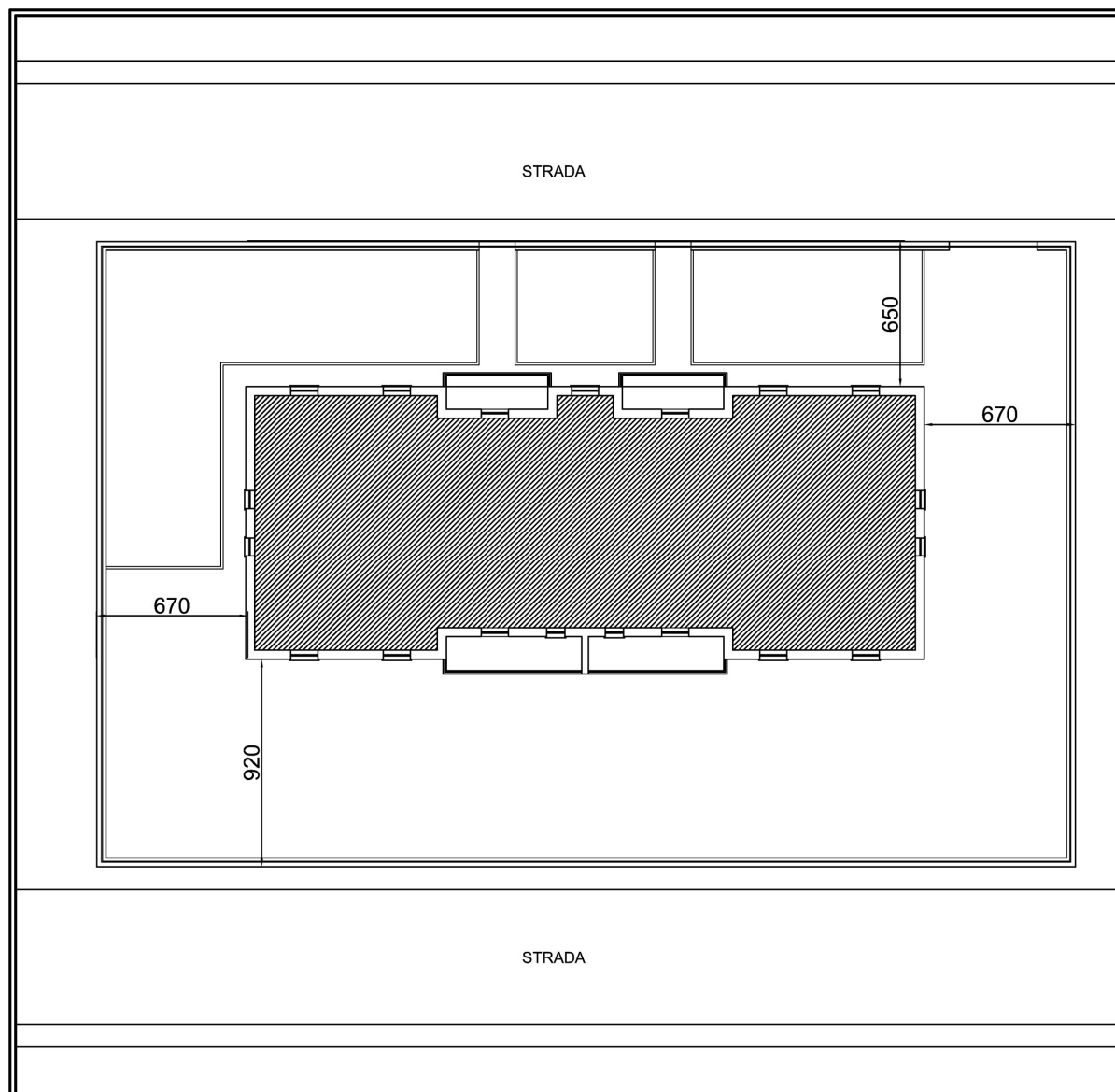


Fig. 45 Individuazione dell'insieme e dell'intorno di cui fa parte l'area oggetto dello studio. La sagoma dell'edificio inserito nella proprietà prevede la presenza di due strade su entrambi i lati.

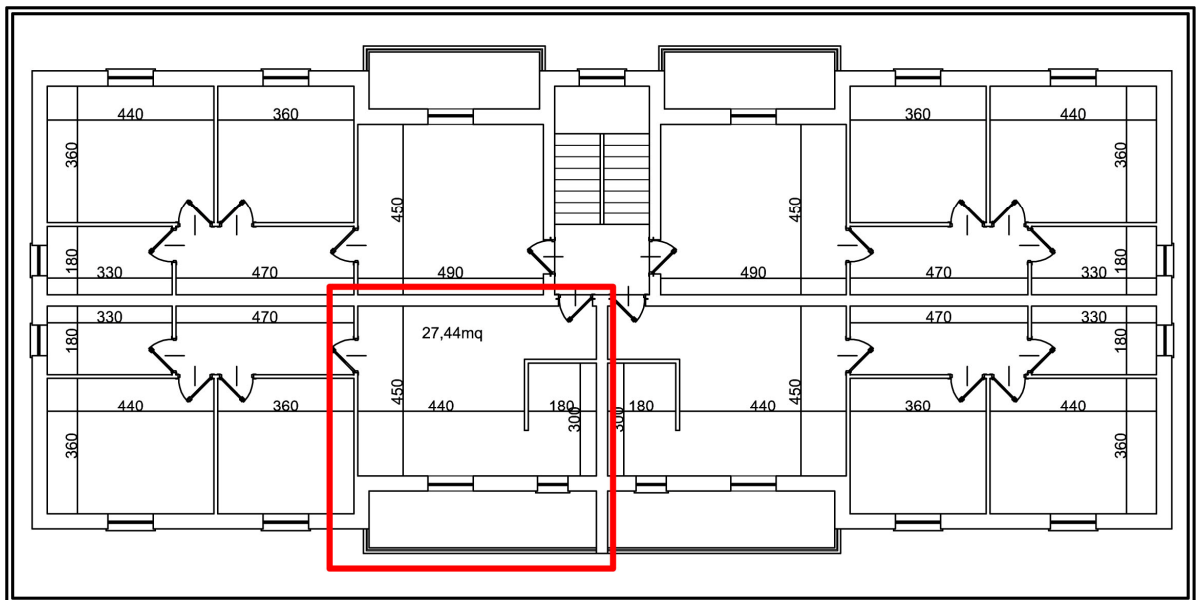


Fig. 46 Individuazione in pianta della facciata e della stanza collegata, oggetti dello studio.

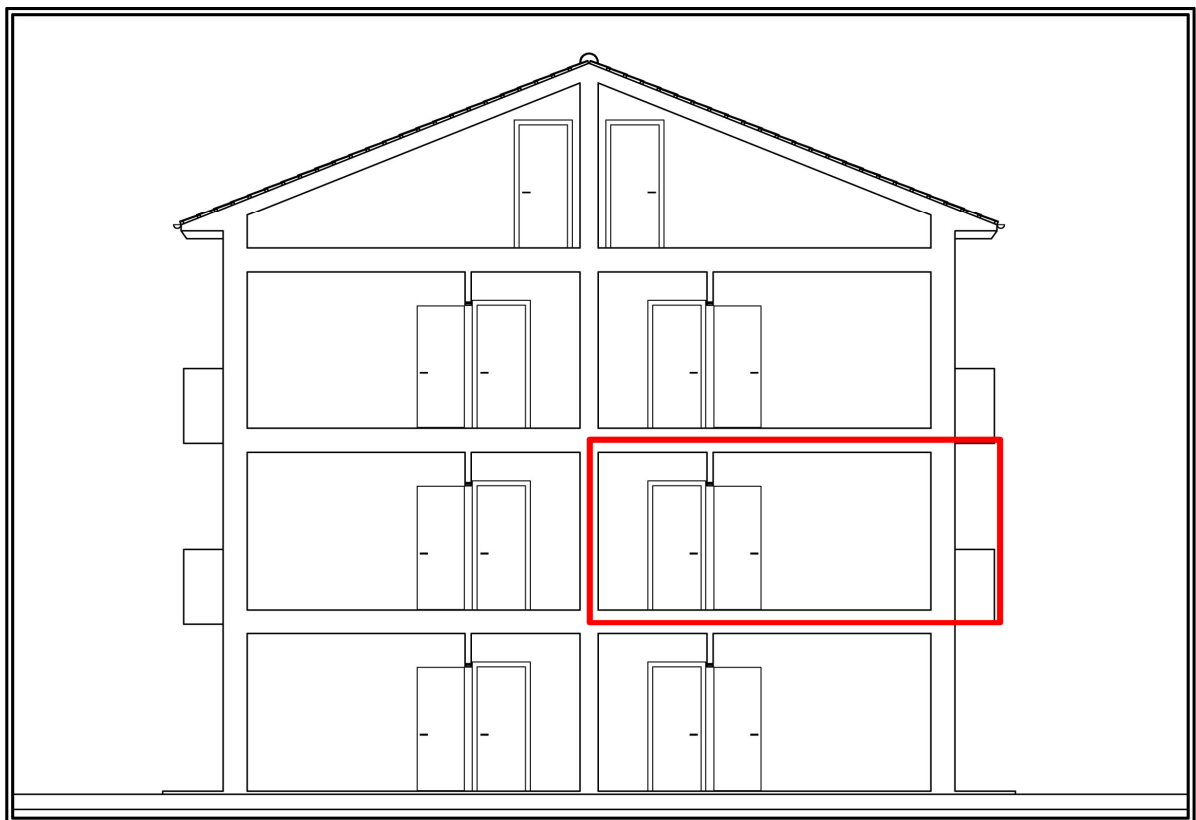


Fig. 47 Individuazione in sezione della facciata e della stanza collegata, oggetti dello studio.

II. RACCOLTA DEGLI ELEMENTI NECESSARI PER IL CALCOLO DELL'INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA

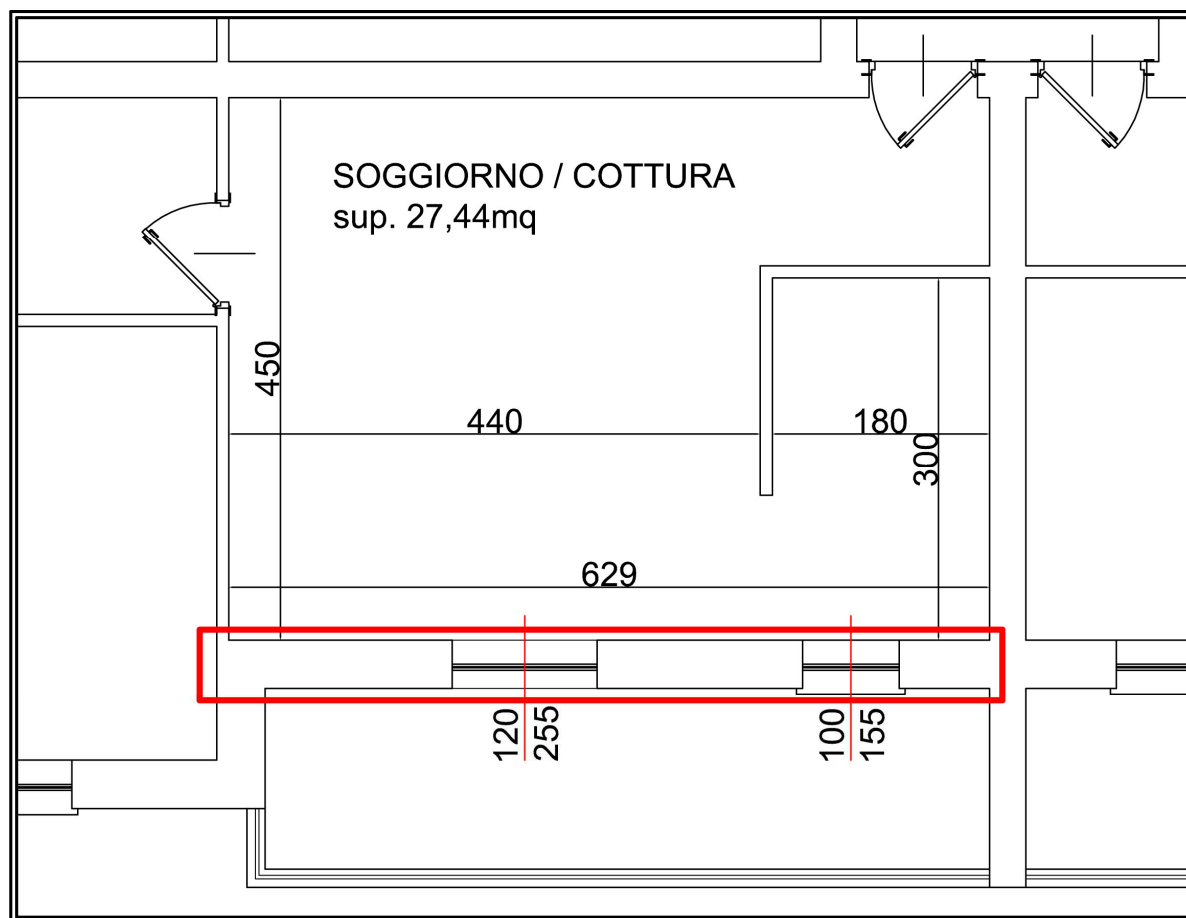


Fig. 48 Individuazione in pianta della porzione di facciata oggetto dello studio e delle informazioni relative alla stanza.

I dati sono arrotondati al primo numero decimale

$$\text{VOLUME} = (27,44 \text{ m}^2 \times 2,70 \text{ m}) = 74,0 \text{ m}^3$$

$$\text{SUPERFICIE DELLA PARETE} = (6,29 \text{ m} \times 2,70 \text{ m}) = 16,9 \text{ m}^2$$

$$\text{SUPERFICIE DEL MURO} = 12,30 \text{ m}^2$$

$$\text{SUPERFICIE FINESTRE} = 4,6 \text{ m}^2$$

$$\Delta L_{fs} = 0$$

III. SCELTA DELLA PARETE DI FACCIATA

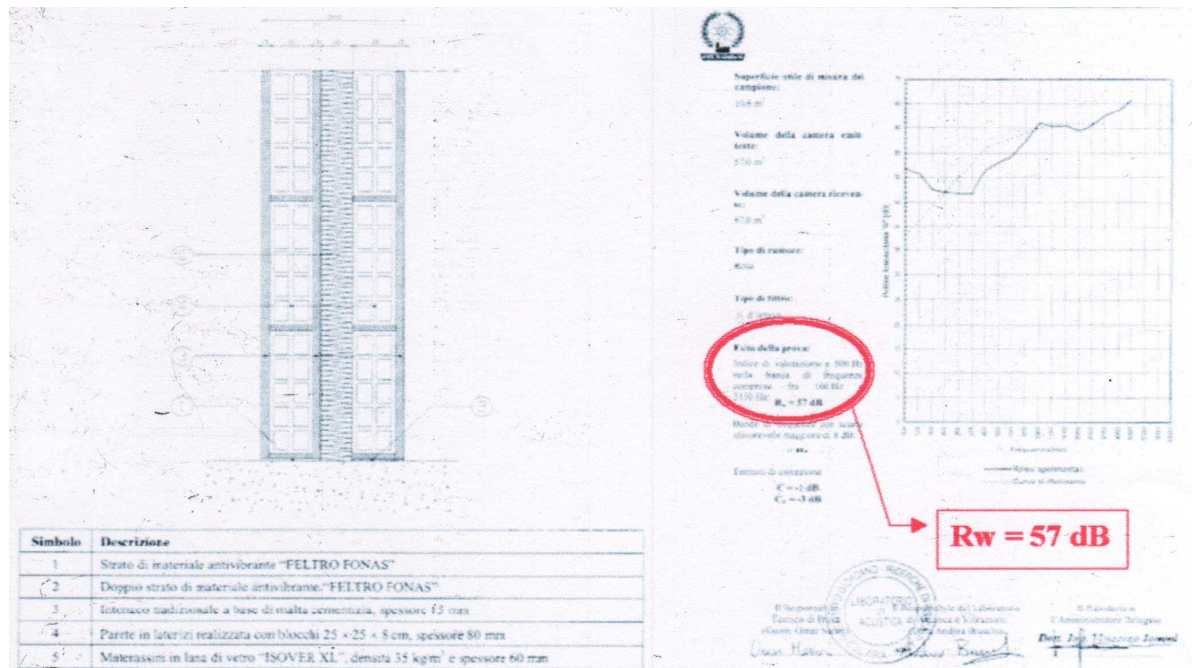


Fig. 49 Stratigrafia della muratura e relativo certificato

IV. SCELTA DELL'INFISSO E DELLA VETRATA

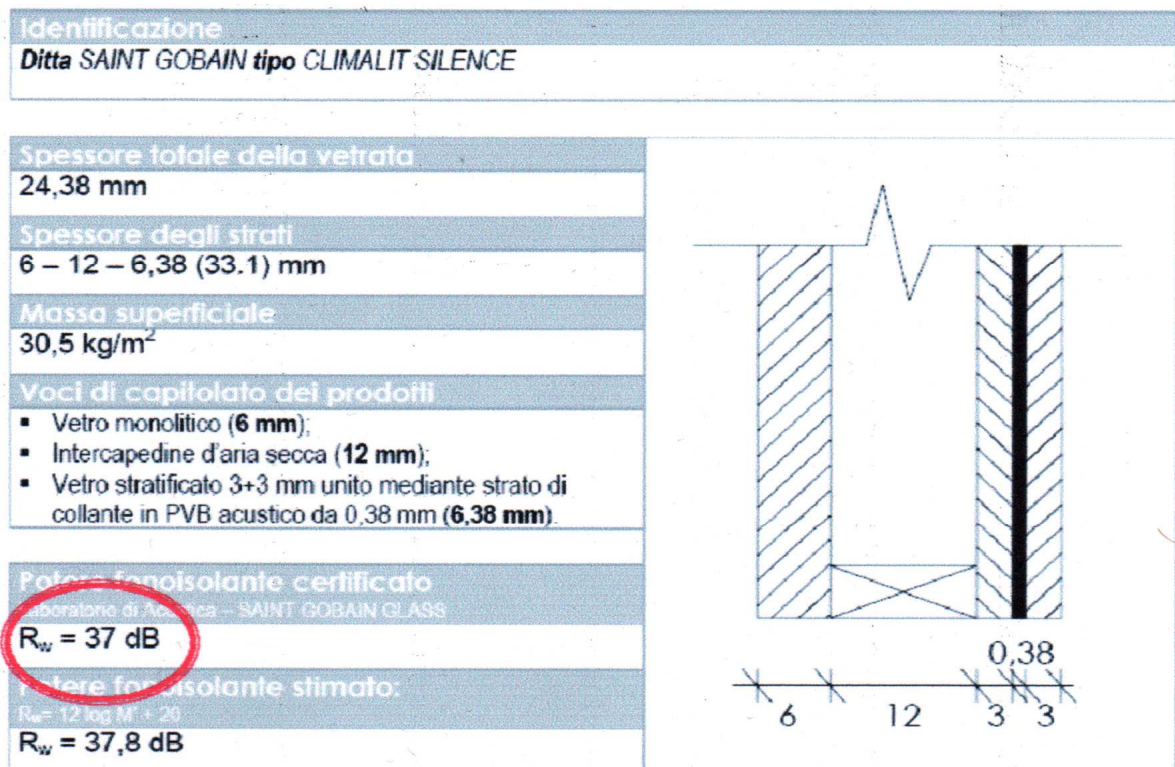


Fig. 50 Stratigrafia e tipologia della vetrata (Schema tratto da catalogo tecnico, Saint-Gobain)

V. SCELTA DELLA PORTA

Non è presente una porta

VI. SCELTA DEI PICCOLI ELEMENTI

La presa d'aria scelta ha un $D_{n,e,w} = 45\text{dB}$ dichiarati dal produttore

VII. CALCOLO DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE (DI FACCIATA)

$$R' = -10 \lg \left(\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} 10^{\frac{-R_i}{10}} + \frac{A_0}{S} \sum_{i=1}^p 10^{\frac{-D_{n,e,i}}{10}} \right)$$

R_i = potere fono isolante degli elementi normali di facciata (dB)

$$R_{\text{parete}} = 54 \text{ dB}$$

$R_{\text{infisso}} = (37-2) = 35 \text{ dB}$ (calcolando l'isolamento del vetro con un fattore correttivo di 2 dB)

$D_{n,e,i}$ = isolamento acustico dei piccoli elementi di facciata = 45 dB

$$R' = -10 \lg \left(\frac{12,3}{16,9} 10^{\frac{-54}{10}} + \frac{4,6}{16,9} 10^{\frac{-35}{10}} + \frac{10}{16,9} 10^{\frac{-45}{10}} \right) = 39,5 \text{ (dB)}$$

VIII. CALCOLO DELLA DIFFERENZA DI LIVELLO PER FORMA DI FACCIATA

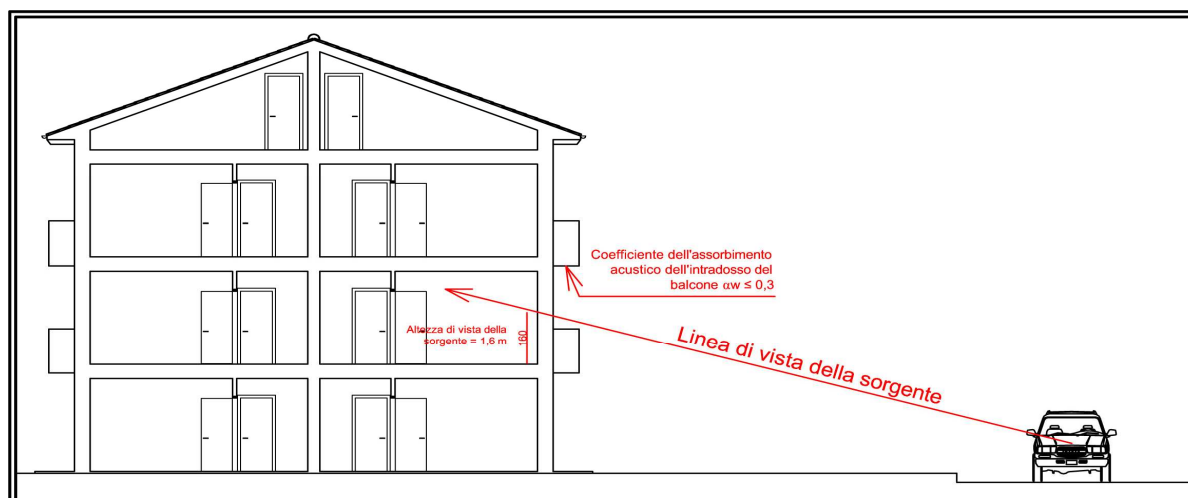


Fig. 51 Schema per il calcolo dell'altezza di vista ricavato dalla linea di vista della sorgente

	Facciata piana	portico 0			portico			portico			portico		
α_w	non si applica	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$
$h < 1,5$ m	0	-1	-1	0	-1	-1	0	0	0	1	non si applica		
$1,5 \leq h \leq 2,5$ m	0	non si applica			-1	0	2	0	1	3	non si applica		
$h > 2,5$ m	0	non si applica			1	1	2	2	2	3	3	4	6

Fig. 52 Tabella per il calcolo del coefficiente di correzione per la forma di facciata (Tratto da UNI EN 12354-3)

IX. CALCOLO DELL'INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA

$$D_{2m,nT,w} = R'_w + \Delta L_{fs} + 10 \lg \left(\frac{V}{6T_0 S} \right) \geq 40 \text{ (dB)}$$

$$D_{2m,nT,w} = 39,5 + 0 + 10 \lg \left(\frac{74}{3 \cdot 16,9} \right) = 41 \text{ (dB)}$$

IV. CONCLUSIONI

1. La Certificazione Acustica, riferimenti e proposte;

Il comfort acustico abitativo è uno dei requisiti che caratterizza la qualità ed il valore di un alloggio. Tale aspetto, ritenuto un tempo marginale da molti costruttori e da molti acquirenti, negli ultimi anni ha iniziato ad essere preso in piena considerazione anche nel nostro Paese.

Il tema è diventato purtroppo di interesse nazionale non tanto in seguito alle richieste da parte degli acquirenti, quanto piuttosto a causa del continuo aumento di contenziosi in tribunale inerenti i requisiti acustici passivi degli edifici.

Il D.P.C.M. 5-12-1997 indica i valori minimi di isolamento dai rumori che gli edifici devono possedere in opera e troppo spesso questi valori non vengono rispettati. Inoltre, in certi casi, i valori minimi di isolamento definiti nel D.P.C.M. non sono garanzia di adeguato benessere acustico abitativo.

È divenuto pertanto necessario definire una procedura per verificare che gli edifici vengano progettati e realizzati di modo da garantire adeguato comfort acustico abitativo ai futuri utilizzatori.

Sulla base dell'esperienza delle procedure messe a punto per la certificazione energetica degli edifici proposte da vari organismi italiani, si parla ormai da anni di definire una procedura per una vera e propria *certificazione acustica degli edifici*.

In questo studio, alla luce delle norme vigenti, analizzata la proposta di certificazione inserita dall'ente UNI nella bozza di legge acustica, abbiamo inoltre tenuto conto della proposta dell'Anit (*Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico ed Acustico*) che già nel 2007 aveva elaborato una proposta molto dettagliata.

La certificazione acustica dell'edificio, affiancata a quella energetica avrebbe indubbi vantaggi per l'utente finalmente, più conscio nell'acquisto, ma anche per il costruttore e l'immobiliarista che potrebbero valorizzare l'immobile venduto e anche meglio tutelarsi nei sempre più frequenti casi di contenzioso.

Come realizzare l'analisi del progetto, quante e quali prove eseguire in opera e come classificare gli edifici sono tutti argomenti ancora oggetto di approfondite discussioni.

Un elevato comfort acustico si può raggiungere innanzitutto rispettando i limiti di isolamento imposti per legge, ma potrebbe non bastare, per questo ci si auspica l'entrata in vigore di una procedura che possa essere verificata sia su singole unità immobiliari sia su complessi abitativi.

Riassumendo gli Obiettivi di questa procedura dovrebbero essere:

- assicurare all'utente finale che gli edifici di nuova costruzione, o gli interventi edilizi su edifici esistenti (ristrutturazioni ecc.), siano stati progettati e realizzati con lo scopo di garantire un adeguato comfort acustico abitativo;
- informare compiutamente i futuri utilizzatori sulle caratteristiche dell'edificio che andranno ad abitare;
- tutelare i vari soggetti che intervengono nel processo edilizio (progettisti, costruttori, direttori lavori ecc.) da possibili successive contestazioni.

La procedura acustica di cui sopra, si dovrebbe articolare in quattro fasi, che conducano alla vera e propria classificazione acustica (quarta fase):

- Redazione della valutazione acustica del progetto;
- Verifica in corso d'opera della corretta posa di materiali e sistemi costruttivi;
- Collaudo dei requisiti acustici passivi;
- Classificazione dell'edificio;

Cerchiamo ora di approfondire ogni singola fase del processo, per capirne meglio l'apporto per il raggiungimento di un elevato benessere acustico.

Valutazione acustica del progetto

La valutazione acustica del progetto è il documento che attesta che la progettazione dell'edificio di nuova costruzione o in ristrutturazione è stata effettuata tenendo in considerazione il comfort acustico abitativo.

La valutazione consiste nel redigere una relazione che determina analiticamente le prestazioni di isolamento dai rumori in opera delle strutture edilizie e i livelli di rumore previsti all'interno degli ambienti abitativi.

Per garantire adeguato comfort acustico abitativo, gli elementi che dovranno essere presi in considerazione per definire le prestazioni acustiche delle strutture e dei sistemi edilizi sono:

- il clima acustico dell'area (considerando anche la classificazione acustica del territorio e le indicazioni riportate nel Piano Regolatore Generale del Comune);
- i requisiti acustici passivi minimi definiti dalla legislazione vigente (D.P.C.M. 5-12-1997 o regolamenti locali maggiormente restrittivi);
- in casi specifici (ad esempio camere d'albergo, aule scolastiche, ecc.) si dovrà considerare l'isolamento dai rumori aerei tra locali della stessa unità presa in considerazione;
- l'isolamento dai rumori aerei e l'isolamento acustico al calpestio provenienti da vani scala comuni, spesso trascurati, nelle normative e nei progetti.
- il tempo di riverberazione massimo in ambienti particolarmente rumorosi, ad es. sale conferenze, ristoranti o locali da ballo).

Sulla base di tali informazioni viene redatta una relazione che definisce le prestazioni di isolamento delle strutture e le caratteristiche dei materiali e dei sistemi da adottare. Per le ristrutturazioni, nel caso non sia tecnicamente possibile rispettare i limiti imposti dalla legislazione vigente, la progettazione dovrà comunque tendere al miglioramento delle caratteristiche acustiche esistenti.

Per la realizzazione delle valutazioni di clima acustico è necessario considerare le prescrizioni indicate nelle leggi regionali, se esistenti, ed eventuali indicazioni riportate nelle norme serie UNI 11143.

Allo stato attuale, i documenti tecnici di riferimento per la progettazione dei requisiti acustici passivi sono le norme serie UNI EN 12354 ed il rapporto tecnico UNI TR 11175.

Sarà eventualmente facoltà del progettista effettuare la previsione anche con metodi descrittivi correlati a progetti esistenti giudicati idonei qualora non si disponga di norme specifiche.

La valutazione acustica del progetto, dovrà contenere almeno:

- Descrizione dell'edificio;
- Identificazione dei limiti di legge da raggiungere in opera in funzione della destinazione d'uso degli ambienti;
- 8. Identificazione di eventuali ulteriori prescrizioni maggiormente restrittive definite in funzione del clima acustico dell'area, delle indicazioni di capitolato o di esigenze di comfort acustico abitativo;
- Metodo di calcolo adottato;
- Analisi delle prestazioni acustiche stimate delle partizioni e dei sistemi edilizi adottati;
- Confronto con i limiti definiti o indicazioni di miglioramento delle prestazioni nei casi di ristrutturazione o recupero;
- Individuazione delle fasi critiche per una corretta posa in opera e programmazione delle modalità di verifica in cantiere ed eventuale formazione del personale.

La valutazione acustica del progetto è redatta da tecnici in possesso delle caratteristiche professionali previste dalla normativa vigente.

In caso di varianti in corso d'opera, significative dal punto di vista acustico, occorre rivedere la valutazione acustica del progetto.

In sostanza, il progetto di valutazione acustica deve fare parte integrante del progetto architettonico e deve essere considerato e valutato in collaborazione tra tecnico Acustico, Progettista, Direttore dei Lavori ed Esecutore, e da questi sottoscritto per accettazione.

Verifica in corso d'opera della corretta posa di materiali e sistemi edilizi

Durante la realizzazione dell'edificio devono essere eseguiti controlli in cantiere per verificare la corretta posa in opera dei materiali e dei sistemi edilizi prescritti nella valutazione acustica del progetto.

Le modalità di verifica in cantiere sono riportate nel documento progettuale *Valutazione acustica del progetto*.

In caso di mancanza di tali indicazioni, è facoltà del tecnico definire il numero di controlli da effettuare, e realizzare, se ritenuto necessario, le misurazioni fonometriche in corso d'opera.

Durante le visite dovranno essere previsti momenti di confronto tra tecnico, maestranze e Direzione Lavori.

Di seguito si riporta un elenco a titolo indicativo di alcune fasi del processo edilizio da verificare, in quanto presentano delle problematiche delicate dal punto di vista acustico:

- Posa pareti verticali interne
- Posa pareti verticali esterne
- Posa dei sistemi per l'isolamento dai rumori di calpestio
- Posa dei serramenti
- Posa degli impianti di scarico
- Posa di impianti potenzialmente rumorosi

Il tecnico dovrà identificare tutti i materiali e i componenti impiegati e verificare la loro conformità al progetto.

A seguito di ogni visita in cantiere il tecnico dovrà redigere una relazione per descrivere le verifiche effettuate, per la quale ovviamente potrà essere utile un rilievo fotografico delle varie fasi, a testimonianza di una corretta esecuzione.

Collaudo dei requisiti acustici passivi dell'edificio

Il collaudo, eseguito al termine dei lavori, avverrà tramite misurazioni eseguite in opera per determinare le caratteristiche di isolamento dai rumori per l'edificio in esame. Vista l'attuale situazione di norme esistenti, ma raramente applicate, questa fase dovrà essere effettuata con una dovizia di documentazione, al fine di evitare situazioni poco chiare.

Pur essendo facoltà del tecnico definire quali e quante prove realizzare, le misure eseguite dovranno caratterizzare compiutamente l'intero edificio. I risultati delle misure saranno poi riportati in una relazione tecnica, la quale dovrà contenere le seguenti informazioni minime:

1. Data delle misurazioni;
2. Tecnici di cantiere presenti;
3. Partizioni e sistemi edilizi esaminati;
4. Metodi di prova adottati;
5. Risultati delle misurazioni e confronto con i limiti indicati nella valutazione acustica del progetto;
6. Considerazioni;
7. Eventuale rilievo fotografico;

I collaudi vengono effettuati sulla base delle indicazioni riportate nelle norme tecniche di riferimento.

Allo stato attuale, i documenti che definiscono le tecniche di misura in opera dei requisiti acustici passivi degli edifici sono le norme serie UNI EN ISO 140. I metodi di calcolo degli indici di valutazione sono riportati nelle norme serie UNI EN ISO 717.

Le misurazioni di livello di pressione sonora all'interno degli ambienti abitativi (L_{aeq}) dovranno essere eseguite a finestre chiuse durante il periodo di tempo corrispondente agli eventi sonori esterni considerati maggiormente disturbanti (ad es. momenti di traffico veicolare elevato ecc.).

L'evento sonoro esterno dovrà essere l'unico disturbo considerato durante la realizzazione della misura. Eventuali rumori provenienti dall'interno dell'edificio dovranno essere eliminati dai dati acquisiti.

Indicazioni operative per la realizzazione delle misure di livello equivalente all'interno degli ambienti abitativi, possono essere ricavate dalla legislazione vigente (D.M. 16/3/1998) o da norme tecniche (ad es. UNI 8199/1998).

Per le misure di isolamento dai rumori aerei, dai rumori di calpestio e dai rumori esterni sono da preferirsi partizioni che delimitano ambienti abitativi destinati al riposo ed al soggiorno delle persone e/o che possono presentare passaggio impianti, discontinuità, ampie superfici finestrate, ecc.

È facoltà del tecnico esaminare solo alcune partizioni e sistemi costruttivi (verifiche a campione). In tal caso il direttore lavori dovrà sottoscrivere una dichiarazione che attesti che tutte le strutture ed i sistemi costruttivi simili a quelli esaminati sono stati realizzati e posati in maniera analoga a quelli analizzati.

Per la misura dell'Isolamento dal rumore da impianti, s'ipotizza di eseguire misurazioni solo negli ambienti caratterizzabili come maggiormente disturbati.

In generale, nel caso siano presenti appartamenti tra loro simili dovrà essere esaminato un campione pari almeno al 10% del totale.

Nel caso vi siano forti difformità tra i risultati delle misure ed i valori previsti nel progetto, per caratterizzare compiutamente l'intero edificio, sarà opportuno eseguire un numero maggiore di misurazioni.

La modalità di scelta della quantità e della tipologia di misurazioni eseguite dovrà essere motivata nella relazione tecnica.

Anche in questo caso, il collaudo dei requisiti acustici passivi dell'edificio è realizzata da tecnici in possesso delle caratteristiche professionali previste dalla normativa vigente.

In particolare si evidenzia che allo stato attuale, ai sensi della Legge 447/1995, la misurazione in opera dei requisiti acustici passivi può essere effettuata solo da tecnici competenti in acustica ambientale.

In caso di varianti successive apportate all'edificio, significative dal punto di vista acustico, (come ad es. la rimozione e modifica della pavimentazione) la determinazione dei requisiti acustici dovrà essere nuovamente realizzata.

La classificazione dell'edificio

Le tre fasi precedentemente descritte, hanno l'ambizione di condurre alla vera e propria certificazione acustica, quale attestato indicativo del comfort acustico abitativo di un edificio.

In riferimento alla procedura sopra descritta, sarà ovviamente possibile classificare anche edifici per i quali non sia stata effettuata la valutazione acustica progettuale o la verifica in corso d'opera della posa dei materiali. Per tali costruzioni però, non avendo controllato la corretta posa dei sistemi edilizi, sarà necessario determinare compiutamente i requisiti acustici passivi eseguendo un numero adeguato di prove in opera. La modalità di scelta della quantità e della tipologia di misurazioni eseguite dovrà essere motivata nella relazione tecnica.

Nel caso di edifici datati, che non rispettino il livello minimo di isolamento previsto dalla normativa, si potrà ricorrere alla sigla NC (non classificabile), o comunque ad una classe base, senza limiti minimi, applicabile solo agli edifici antecedenti all'anno 1997.

Riportiamo di seguito due riferimenti autorevoli, dai quali siamo partiti per formulare un'idea di certificazione acustica in linea con le altre normative europee:

- la proposta dell'ente UNI, analizzata in precedenza, la quale al *Prospetto 1*, definisce 4 classi, più il concetto di NC (non classificabile), con dei limiti però troppo bassi (minori dei limiti fissati dal D.P.C.M. 5-12-1997), ma soprattutto ha il difetto di voler arrivare ad un indice unico, analogo alle classi energetiche, presupponendo di mediare le varie componenti;

Prospetto 1 Classificazione acustica di unità immobiliari in funzione dei requisiti prestazionali

Classe	Indici di valutazione				
	a) Isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{m,nT,w}$ dB	b) Potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti di differenti unità immobiliari R'_w dB	c) Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari L'_{nw} dB	d) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo L_{ic} dB(A)	e) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo L_{id} dB(A)
I	≥ 43	≥ 56	≤ 53	≤ 25	≤ 30
II	≥ 40	≥ 53	≤ 58	≤ 28	≤ 33
III	≥ 37	≥ 50	≤ 63	≤ 32	≤ 37
IV	≥ 32	≥ 45	≤ 68	≤ 37	≤ 42

Qualora per un requisito si riscontrino prestazioni peggiori rispetto a quelle proprie della classe IV, esso si considera non classificabile e viene caratterizzato con l'acronimo NC.

(fonte UNI 20001500, marzo 2010)

- la proposta formulata dell'ANIT (Giugno 2007, pubblicata sul trimestrale Neo-Eubios n° 20) seppur più generica, vuole solamente fornire una linea guida in merito, prevede solamente 3 classi, ma ha l'innegabile pregio d'introdurre il principio inderogabile del "minor valore rilevato" che deve essere considerato per un effettivo comfort acustico;
- infine abbiamo tenuto in considerazione l'approccio delle normative della maggior parte dei paesi del nord europa (Olanda, Svezia, Norvegia, Finlandia, ecc. ecc.), i quali stabiliscono delle classi acustiche, innanzitutto basandosi sull'effettivo livello sonoro d'immissione rilevato all'interno dell'unità immobiliare, in secondo luogo distinguono tra il livello diurno e notturno. La prima scelta serve per tenere in considerazione il "clima acustico" e stabilisce il principio fondamentale che c'è bisogno di un isolamento acustico se c'è rumore.

Isolamento dai rumori esterni		Tab.4
CLASSE	PRESCRIZIONI	
C	Rispetto dei limiti di legge	
B	Rispetto dei limiti di legge e inoltre L _{Aeq} interno agli ambienti di soggiorno e riposo: ≤ 40 dBA periodo diurno (06:00 – 22:00) ≤ 30 dBA periodo notturno (22:00 – 06:00)	
A	Rispetto dei limiti di legge e inoltre L _{Aeq} interno agli ambienti di soggiorno e riposo: ≤ 35 dBA periodo diurno (06:00 – 22:00) ≤ 25 dBA periodo notturno (22:00 – 06:00)	

Isolamento dai rumori interni		Tab.5
CLASSE	PRESCRIZIONI	
C	Rispetto dei limiti di legge	
B	Isolamento dai rumori aerei + 3 dB rispetto ai limiti di L. Livello di rumore di calpestio – 3 dB rispetto ai limiti di L. Livello di rumore di impianti – 3 dB rispetto ai limiti di L.	
A	Isolamento dai rumori aerei + 5 dB rispetto ai limiti di L. Livello di rumore di calpestio – 5 dB rispetto ai limiti di L. Livello di rumore di impianti – 5 dB rispetto ai limiti di L.	

(fonte ANIT, neo-Eubios n° 20, giugno 2007)

Su scala architettonica, se il rumore risulterà concentrato su di un solo lato dell'immobile, sarà possibile e logico realizzare due facciate con caratteristiche diverse: un isolamento più efficace, quindi più costoso ove necessario ed una parete più leggera ove sufficiente, con un utilizzo consapevole e pianificato delle risorse. La distinzione tra rumore diurno e rumore notturno, anche se può sembrare utopistica e soggetta a pericolose interpretazioni, è invece necessaria per far fronte ad eventuali fonti di rumore concentrate in un dato momento della giornata, quali attività lavorative presenti durante il giorno o locali, pub, discoteche che arrecano disturbo la notte.

Di seguito, in tabella, riportiamo a scopo riepilogativo, una nostra ipotesi di classificazione acustica che tenga conto di quanto appena detto: quattro classi più il Non Classificabile, come descritto dalla UNI, ma basate sul valore del livello sonoro d'immissione ed una fondamentale distinzione tra rumore diurno e notturno.

CLASSI	I	II	III	IV	NC
Residenziale ed assimilabili h 8 - 20	<i>Laeq</i> < 25 dB	<i>Laeq</i> < 28 dB	<i>Laeq</i> < 32 dB	<i>Laeq</i> < 37 dB	<i>Laeq</i> > 37 dB
Residenziale ed assimilabili h 20 - 8	<i>Laeq</i> < 20 dB	<i>Laeq</i> < 23 dB	<i>Laeq</i> < 27 dB	<i>Laeq</i> < 32 dB	<i>Laeq</i> > 32 dB
Uffici ed assimilabili h 8 - 20	<i>Laeq</i> < 27 dB	<i>Laeq</i> < 30 dB	<i>Laeq</i> < 34 dB	<i>Laeq</i> < 39 dB	<i>Laeq</i> > 39 dB
Commercio ed assimilabili h 8 - 20	<i>Laeq</i> < 27 dB	<i>Laeq</i> < 30 dB	<i>Laeq</i> < 34 dB	<i>Laeq</i> < 39 dB	<i>Laeq</i> > 39 dB
Ospedali ed assimilabili h 8 - 20	<i>Laeq</i> < 23 dB	<i>Laeq</i> < 26 dB	<i>Laeq</i> < 30 dB	<i>Laeq</i> < 35 dB	<i>Laeq</i> > 35 dB
Ospedali ed assimilabili h 20 - 8	<i>Laeq</i> < 18 dB	<i>Laeq</i> < 21 dB	<i>Laeq</i> < 25 dB	<i>Laeq</i> < 30 dB	<i>Laeq</i> > 30 dB
Scuole ed assimilabili h 8 - 20	<i>Laeq</i> < 25 dB	<i>Laeq</i> < 28 dB	<i>Laeq</i> < 32 dB	<i>Laeq</i> < 37 dB	<i>Laeq</i> > 37 dB
Alberghi ed assimilabili h 8 - 20	<i>Laeq</i> < 23 dB	<i>Laeq</i> < 26 dB	<i>Laeq</i> < 30 dB	<i>Laeq</i> < 35 dB	<i>Laeq</i> > 35 dB
Alberghi ed assimilabili h 20 - 8	<i>Laeq</i> < 20 dB	<i>Laeq</i> < 23 dB	<i>Laeq</i> < 27 dB	<i>Laeq</i> < 32 dB	<i>Laeq</i> > 32 dB

Per certi aspetti questa classificazione potrà sembrare complicata e utopistica, soprattutto alla luce dell'attuale normativa vigente in materia troppo spesso non rispettata, nonostante determini dei limiti ben definiti. Crediamo però che sia importante un approccio rigoroso, per poter classificare la componente acustica, con le sue tante complessità.

Con questo approccio, di tipo europeo, si sposta di fatto l'attenzione sulle misurazioni in opera del livello sonoro a cui saranno soggetti gli utenti finali, considerando quindi il reale benessere delle persone.

L'acustica, soprattutto nei locali al chiuso, permette delle misurazioni complete, anche nell'arco delle 24 ore o di più giornate, sarà quindi compito del progettista acustico prevedere il comportamento degli edifici prima e durante la loro realizzazione, per garantire ai costruttori od ai committenti che l'edificio arrivi a rispettare certi standard. La normativa e la classificazione acustica potranno invece basarsi "semplicemente" sull'effettivo comfort acustico all'interno dell'unità immobiliare, dato principalmente dal clima acustico di partenza e dalle conseguenti componenti d'isolamento acustico: calpestio, rumori aerei, impianti ed ovviamente isolamento di facciata.

Ipotizziamo altresì che la classificazione acustica, seguendo le orme di quella termica, possa essere inizialmente facoltativa, quindi a carico di enti privati (come successo anni orsono per "CasaClima"), quale valore aggiunto per la commercializzazione delle unità immobiliari. Potrebbe quindi entrare nella progettazione italiana gradualmente e diventare infine un requisito necessario per le concessioni edilizie e per gli atti di compravendita, come da poco accade per le certificazioni energetiche.

2. La semplificazione del metodo previsionale di calcolo

Abbiamo visto come il problema principale dei vizi acustici negli edifici è imputabile ad una difficoltà di base che deriva dall'inadeguata progettazione, quando non addirittura mancante. C'è da specificare che le variabili nel campo dell'acustica applicata agli edifici sono tante. L'involucro esterno ha a disposizione una tale varietà di tipologie e materiali che la previsione di come si comporterà ognuno di essi sotto l'aspetto dell'isolamento acustico risulta davvero complessa.

L'elemento più sensibile al passaggio del suono è naturalmente il componente più leggero, ovvero il serramento con tutti i suoi accessori, quali cassonetto e guarnizioni. Molto però si è fatto per il miglioramento di questi ultimi, fino all'ottenimento di prestazioni acustiche analoghe a quelle delle pareti opache, come dimostrato dalla presenza della marcatura CE, la cui norma armonizzata è la EN 1435-1, introdotta in Italia dall'organismo competente UNI (la norma prevede una procedura per definire analiticamente il valore di isolamento acustico attraverso la classe di permeabilità all'aria, il tipo di vetro adottato e il numero di guarnizioni presenti.) Di conseguenza, se di problemi continuano a verificarsene, l'anello più debole della catena non può che identificarsi con il punto di giunzione tra serramento e tamponamento opaco. Ogni punto debole, se non correttamente valutato in fase di progettazione, contribuisce a peggiorare la prestazione della struttura. Le influenze negative, infatti, si sommano comportando perdite significative, fino a vanificare ogni scelta tecnica e di materiale.

Si giunge quindi alla considerazione delle modalità di posa in opera che dimostrano di esercitare una forte influenza sul rendimento dell'involucro edilizio e quindi sulle sue prestazioni acustiche.

Materiali, sistemi, fissaggi possono aiutare a risolvere molte problematiche, ma anche esserne la causa. Avendo una grande variabile di margine di errore durante la posa in opera, si possono identificare, in fase progettuale, tutte quelle tipologie di montaggio tali da garantire un minimo di scarto sul risultato finale. Minimizzando le variabili legate alla posa in opera è possibile, già in fase progettuale, col semplice calcolo di R_{comp} (potere fonoisolante composito)

avvicinarsi al risultato finale, con la possibilità di poter effettuare a monte le giuste considerazioni sulla scelta di materiali ed elementi, e relative proprietà, al fine di un giusto dimensionamento che elimini sottostime che non permettono il raggiungimento dei parametri limite, nonché sovradimensionamenti che comporterebbero sprechi economici e di risorse. La possibile risposta va quindi cercata in una metodologia di progettazione, in base alle variabili architettoniche e tecnologiche e al peso che ciascuna ha nell'intero sistema di facciata, puntando allo sfruttamento di tutti gli elementi che svolgono un ruolo attivo, e all'individuazione e successivo rafforzamento dei punti deboli. Il risultato auspicato è quello di ottenere quindi il minor scarto possibile tra i valori del calcolo previsionale e le prestazioni reali.

3. Le proposte di modifica alla norma uni 20001500 -classificazione acustica delle unità immobiliari-

Commenti alla norma UNI 20001500

-Punto 1 (valori limite bassi nelle classi)

Commento: al punto 6.1 Criteri di base della classificazione acustica i valori limiti riportati nel Prospetto 1 prevedono anche dei valori inferiori a quelli fissati dal D.P.C.M. 5/12/97 quindi prevedono una classificazione (e una differenziazione di classificazione nell'isolamento acustico di facciata e nel livello sonoro per impianti a funzionamento discontinuo) anche in quei casi in cui i limiti base per l'agibilità non sono rispettati. Es. Isolamento di facciata, classe III ≥ 37 dB, classe IV ≥ 32 dB, il che indica che c'è una differenziazione anche per i casi che in realtà dovrebbero essere semplicemente indicati come "non rispondenti ai requisiti minimi".

Proposta: far corrispondere i valori limite con la classe IV di ogni requisito prestazionale, prevedendo una classe migliore per requisiti migliori rispetto al requisito base e riservare la formula proposta di NC (non classificabile) per tutti i risultati che ricadono al di sotto dei valori limite fissati dal D.P.C.M. 5/12/97 o comunque rivedere la ripartizione dei valori nella scala delle classi della classificazione in oggetto.

-Punto 2 (media energetica tra uguali elementi tecnici)

Premessa: con "ambiente che abbia più di un affaccio verso l'esterno" deve intendersi un ambiente con più facciate non complanari, ma opposte o che formano un angolo tale da potersi ritenere "affaccianti su lati diversi".

Commento: al punto 6.2 Modalità di valutazione dei requisiti oggetto di classificazione il procedimento individua il metodo di calcolo per il valore utile del requisito nella media energetica qualora l'elemento tecnico di facciata appartenga ad un ambiente con più di un affaccio verso l'esterno (come previsto dalla UNI EN ISO 140-5), ma questo tipo di calcolo è applicabile per l'ottenimento di una media energetica non consona all'acustica.

Proposta: il valore utile del requisito, in caso di più affacci, deve essere

identificato col valore più sfavorevole misurato tra i vari affacci e non mediato, visto che l'elemento più prestante non migliora il livello di isolamento di quello meno performante.

NB stessa procedura utilizzata per la media tra altri elementi tecnici (es. partizioni tra differenti unità abitative)

-Punto 3 (insensatezza di ottenere una sola classe mettendo assieme 5 aspetti differenti)

Commento: al punto 6.4 Classificazione acustica dell'unità immobiliare si evince dal Prospetto 4 che la classe acustica dell'edificio è determinata dalla media dei vari requisiti (Isolamento acustico normalizzato di facciata, Potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di unità differenti, Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato, Livello sonoro immesso da impianti a funzionamento continuo, Livello sonoro immesso da impianti a funzionamento discontinuo) a loro volta già mediati energeticamente (come al punto 2 dei commenti qui riportati). Questa media, che dà come risultato una classe, non può essere rappresentativa della qualità acustica dell'edificio che la certificazione vuole indicare, perché accomuna valori incompatibili tra loro.

Proposta: non indicare una classe acustica dell'edificio, ma arrestare la classificazione alle singole capacità di ognuno degli elementi tecnici, riportando 5 classificazioni indipendenti (Isolamento acustico normalizzato di facciata, Potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di unità differenti, Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato, Livello sonoro immesso da impianti a funzionamento continuo, Livello sonoro immesso da impianti a funzionamento discontinuo)

-Punto 4 (esclusione degli ambienti accessori dalla media energetica)

Commento: al punto 6.2, al quarto capoverso è riportata la seguente frase "Sono esclusi dalla valutazione gli elementi tecnici costituiti da facciate e partizioni interne che delimitano ambienti accessori o di servizio dell'unità immobiliare". È evidente che, sia riguardo al rumore aereo, che al rumore generato dal calpestio, anche queste porzioni concorrono al comfort acustico

all'interno dell'edificio.

Proposta: eliminare la frase e riportare come oggetto di valutazione anche le porzioni di elementi tecnici che delimitano gli ambienti accessori delle unità.

-Punto 5 (probabile svista)

Commento: al punto I.1.3, al prospetto I.2 il titolo della prima colonna riporta "Prove di isolamento acustico di facciata" nella tabella che dovrebbe calcolare il requisito del potere fonoisolante apparente.

Proposta: correggere la probabile svista con la dicitura Prove del potere fonoisolante apparente tra differenti unità".

-Punto 6 (commento generale)

Commento: Uno dei principali limiti mossi negli anni al D.P.C.M. 5/12/1997 è quello di non rapportare i requisiti d'isolamento acustico al "clima acustico", o per la meno alle zonizzazioni acustiche che, almeno in teoria, i comuni sarebbero tenuti ad individuare. A 14 anni di distanza, in questa norma, si introduce il concetto di classificazione acustica delle unità abitative, senza considerare che il rumore esterno può rendere invivibile un appartamento con un Isolamento di 48 dB ed una baita con un Isolamento di 25 dB può essere in realtà un paradiso acustico.

Proposta: stabilire delle classi di "clima acustico", al variare del quale, si possono innalzare od abbassare proporzionalmente i requisiti minimi d'isolamento.

-Punto 7 (Classificazione acustica di unità immobiliari in funzione dei requisiti prestazionali)

Commento: Le quattro classi identificate dalla Norma ammettono anche valori inferiori ai limiti imposti dal D.P.C.M. 5/12/1997, probabilmente per consentire la classificazione degli edifici costruiti precedentemente all'entrata in vigore del decreto stesso. Gli indici massimi però sono troppo bassi e non permettono una distinzione delle prestazioni agli alti livelli. Soprattutto per quel che riguarda l'Isolamento Acustico Normalizzato di facciata, non si fa distinzione sopra i 43 dB, quando già nel Decreto di riferimento suddetto si poneva, per certe

destinazioni d'uso un limite minimo di 48 dB.

Un "range" di classificazione così basso avrebbe il risultato di condonare al ribasso tutte le unità costruite dal 97 ad oggi, e non stimolerebbe le nuove costruzioni a raggiungere livelli superiori alla classe I.

Proposta: innalzare di 3 dB i livelli minimi delle quattro classi relative all' Isolamento acustico normalizzato di facciata.

-Punto 8 (limiti e tolleranze)

Commento: "I valori degli indici di valutazione dell'isolamento acustico, del potere fonoisolante e del livello di calpestio sono arrotondati all'intero; i valori dei livelli sonori immessi da impianti a funzionamento continuo e discontinuo sono arrotondati alla prima cifra decimale."

Si concorda che un'approssimazione all'intero, quindi con un'incertezza di +- 0,5 dB, possa essere sufficiente ad esprimere l'indice di valutazione dell'isolamento acustico, ma sorge il dubbio del perchè non siano quindi accettabili per le rilevazioni i microfoni in classe 2, con un errore di lettura di solo 0,2 dB/h maggiore di quelli in classe 1 (UNI 60651).

Un taglio netto ai costi dell'attrezzatura di più frequente usura, potrebbe aiutare la diffusione dei rilievi acustici, con evidenti vantaggi per la disciplina.

Proposta: ammettere le rilevazioni effettuate con microfoni in classe 2, mantenendo ovviamente l'obbligo di specificare lo strumento utilizzato e magari ammettendo la ripetizione del rilievo in classe 1, solo nel caso di contenziosi.

V. GLOSSARIO

ANIT. Associazione Nazionale per l'isolamento termico ed acustico.

Assorbimento acustico. È il rapporto tra l'energia acustica assorbita da una superficie e quella incidente; una superficie liscia e dura riflette completamente il suono che la colpisce e nelle sale di grandi dimensioni si forma l'eco mentre una superficie porosa e assorbente riduce la riflessione del rumore all'interno di un locale riducendo il tempo di riverberazione.

Calcolo previsionale. Valutazione percorribile tramite relazioni normate dall'UNI, software, sperimentazioni di laboratorio, collaudi in opera, approntata alla ricerca della corretta stima delle prestazioni isolanti delle partizioni edilizie che verranno poi misurate in opera.

Comprimibilità. Caratteristica di un materiale resiliente di deformarsi elasticamente mantenendo gli spessori e le caratteristiche meccaniche originali. Tale valore può essere stimato da prove di laboratorio seguendo le indicazioni contenute nella Norma UNI 12431.

Controparete. Parete costruita in addossamento ad una parete esistente. Sono definite pesanti, quelle costituite da materiali da costruzione tradizionali, leggere, quelle costituite da lastre di gesso rivestito montate su strutture metalliche o incollate in accoppiamento con pannelli isolanti (placcaggio).

Correzione acustica. Intervento di valutazione, analisi e soluzione di problematiche relative ad una percezione dei suoni non uniforme (problema tipico delle sale conferenze o dei cinema) causata da errate geometrie o errata scelta dei materiali

di rivestimento. La bonifica di tale problema concede in seguito una percezione estremamente fedele delle emissioni sonore all'interno del locale trattato.

Decibel. Unità di misura del livello sonoro, è il logaritmo del rapporto tra la pressione misurata e la pressione minima di 0,00002 Pa corrispondente alla soglia minima di udibilità tenuta come riferimento. Il decibel è un artificio matematico usato in fisica per esprimere anche altre grandezze il cui campo di variabilità è molto ampio.

Questo sistema di misura non consente però di apprezzare linearmente la somma o la differenza di due suoni, se tangibilmente siamo capaci di distinguere una misura di una corda da 10 m come doppia di una da 5 m, per il livello sonoro misurato in decibel ciò non è più possibile perché non si tratta di una misura lineare come il metro ma logaritmica. Ne risulta che due suoni emessi contemporaneamente da due sorgenti adiacenti ed uguali, ad esempio due lavatrici che producono ciascuna un rumore di 60 dB, non danno come risultato un rumore di 120 dB bensì di "soli" 63 dB. Usando come unità di misura la scala logaritmica dei decibel il raddoppio della pressione sonora generato dalle due lavatrici corrisponde ad un incremento di "soli" 3 dB.

Al rovescio si deve intendere che un isolamento che porta una diminuzione di 3 dB non è poca cosa perché comporta un dimezzamento della intensità sonora come si fosse spenta una delle lavatrici! Un'altra "stranezza" del decibel è quella che se le due lavatrici di prima emettono un rumore che differisce una dall'altra di oltre 10 dB il suono risultante è praticamente quello della lavatrice più rumorosa, se una produce un rumore di 50 dB e l'altra di 60 dB il rumore totale sarà di 60 dB.

Densità. Rapporto tra il peso ed il volume di un corpo.

Desolidarizzazione. Azione o tecnica costruttiva (ideale per gli interventi inerenti l'isolamento acustico dei fabbricati) in cui si mantengono isolati, anche introducendo materiali resilienti, elementi il cui contatto consentirebbe la trasmissione delle vibrazioni e quindi del rumore (fasce sotto tramezza, ed isolanti per il calpestio).

Dodecaedro. Sorgente sonora omnidirezionale per la misura dell'isolamento acustico dei rumori aerei.

D.P.C.M.. Decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri.

Fonometro. Strumento di misura del livello di pressione sonora costituito da un microfono in grado di tradurre l'energia della vibrazione acustica in segnale elettrico che opportunamente amplificato esprime il livello del rumore in decibel lineari dB o dBL. Il segnale può essere filtrato e corretto da opportuni filtri che riproducono le "curve di sensibilità" dell'orecchio umano; per diverse intensità sonore, ne vengono usati tre tipi:

- A, quello che imita la sensibilità dell'orecchio per livelli sonori da 0 a 55 dB
- B, per i livelli compresi tra 55 e 85 dB
- C, per i livelli superiori ad 85 dB

ne esiste anche un quarto tipo il D che viene usato per valutare il disturbo causato dai rumori degli aeroplani. Il livello misurato dal fonometro fornito di filtri viene allora espresso non più in dB L ma rispettivamente in dB(A), dB(B) e dB(C) detti decibel ponderali cioè che tengono conto della sensibilità dell'orecchio umano come se al posto del fonometro per misurare il suono si fosse usato l'orecchio. Il D.P.C.M. 5/12/1997 stabilisce che i dB lineari, cioè il fonometro senza filtri di ponderazione,

vengano usati per misurare la prestazione di isolamento di una parete divisoria, di una facciata o di un solaio mentre i dB(A) per apprezzare il disturbo causato dagli impianti.

Frequenza critica. Frequenza del suono alla quale una parete vibra con onde di flessione aventi ritmo (frequenza) eguale a quello del suono incidente su di essa e alla cui frequenza detta "coincidente" si determina una caduta delle capacità isolanti della parete con conseguente elevata trasmissione del rumore.

Ogni parete in funzione del suo peso e rigidità entra in risonanza ad una frequenza critica alla quale si verifica l'effetto coincidenza che è tipica della parete. Alla frequenza critica il potere fonoisolante della parete si scosta dalla legge di massa e si ha un buco di isolamento che si deve evitare che cada nel campo delle frequenze dove l'orecchio è più sensibile. Nel caso di pareti doppie si ha risonanza quando entrambe hanno la stessa frequenza critica e in tal caso il difetto di isolamento è più elevato di quello di una parete singola di pari peso, per questo si consiglia di elevare pareti di diverso peso. Il riempimento dell'intercapedine con isolanti fibrosi dissipando parte dell'energia riduce l'entità della perdita di isolamento alla frequenza critica specialmente quando le pareti sono eguali.

Frequenza di risonanza. Si formano dei fenomeni di risonanza supplementare con caduta del potere fonoisolante a frequenze che dipendono dalle dimensioni della parete. Per pareti pesanti monostrato di dimensione superiore a 10 m² le frequenze di risonanza sono così basse da non essere udibili e si ritengono trascurabili rispetto alla caduta di isolamento che si verifica alla frequenza critica. Nel caso delle vetrate, che hanno dimensioni ridotte, il fenomeno è più importante e sensibile, per cui si considera sia la perdita di isolamento alla frequenza di

risonanza sia la caduta più importante che avviene alla frequenza critica.

Per le pareti doppie rappresentabili dal modello meccanico costituito da due masse, le pareti, separate da una molla, lo strato d'aria racchiuso tra di esse, la perdita di isolamento alla frequenza di risonanza del sistema è più alta di quella di una parete semplice dello stesso peso e pertanto si prevede con il calcolo la distanza ottimale fra le due pareti affinché la frequenza di risonanza resti nel campo delle basse frequenze non udibili.

Anche lo strato d'aria racchiuso dall'intercapedine fra due pareti può essere sede di risonanze dovute al suo volume che vengono ridotte dal riempimento della stessa con materiali fibrosi.

Indice di valutazione (delle prestazioni isolanti delle partizioni). I requisiti acustici imposti dal D.P.C.M. 5/12/1997 per le partizioni edilizie sono indici di valutazione. Si determinano con il calcolo conforme norma UNI EN ISO 717 parte 1 e 2:1997 sia per l'isolamento dei rumori aerei (717-1) che per i rumori di calpestio (717-2) degli edifici e di elementi di edificio, allo scopo di convertire i risultati delle misure dell'isolamento acustico eseguite in funzione della frequenza per bande di terzo di ottava o di ottava (riportate in un grafico chiamato curva sperimentale) in un indice di valutazione che sintetizzi, con un valore singolo in dB, la prestazione isolante della partizione edilizia e consenta un rapido e pratico confronto delle prestazioni di partizioni diverse. Per determinare l'indice, la norma ha stabilito i valori di riferimento in dB per ogni fascia di frequenze che riportati sul grafico decibel/frequenze disegnano una curva di riferimento (curva limite) che ha la forma di una linea spezzata in tre tronconi che poi viene tralata parallelamente a se stessa sul grafico della curva sperimentale fino a che lo scostamento fra valori misurati e

valori di riferimento non rientra nei limiti fissati dalla norma. A quel punto resta individuata una e una sola curva di riferimento che rappresenta la prestazione di isolamento acustico della partizione il cui valore in dB a 500 Hz ne costituisce l'indice.

Inquinamento acustico. Esposizione a livelli di rumorosità dannosi per l'apparato uditivo (livelli elevatissimi per periodi ristretti, livelli elevati per lunghi periodi), derivanti da sorgenti sonore di differente tipo (traffico veicolare 70 dB, macchinari 100-105 dB o altro).

Isolamento acustico standardizzato di facciata (indice): D2m,nTw. Isolamento acustico di facciata di rumori aerei, generati all'esterno dell'edificio, espresso in dB lineari come indice dello stesso, che identificato dal simbolo D2m,nTw rappresenta la differenza di livello sonoro, misurata in opera, che la facciata è in grado di determinare fra l'ambiente esterno dove viene posta una sorgente sonora e un vano interno delimitato dalla facciata stessa.

Se il suono producibile dall'altoparlante usato per la prova è sovrastato dal rumore presente nell'ambiente esterno, la sorgente sonora della misurazione in opera sarà costituita dal rumore del traffico prevalente. Il D.P.C.M. 5/12/1997 ha fissato i valori minimi di D2m,nTw per l'isolamento delle facciate.

Isolamento acustico delle partizioni orizzontali e verticali degli edifici. Riduce la trasmissione del rumore aereo e di calpestio tra ambienti separati da una partizione (pareti e solai) edilizia.

Lamina fonoresiliente. Strato resiliente di forma laminare per la riduzione dei rumori d'urto.

Legge di frequenza. Legge sperimentale usata per valutare il potere fonoisolante dei rumori aerei di

pareti e solai, per la quale l'isolamento della partizione considerata è tanto maggiore quanto è più elevata la frequenza del rumore incidente sulla partizione. La legge stabilisce che a 500 Hz una parete di 100 Kg/m² ad una frequenza di 500 Hz abbia un potere fonoisolante di 40 dB e che ad ogni raddoppio e dimezzamento della frequenza il potere fonoisolante aumenti o diminuisca di 4 dB.

Legge di massa. Legge sperimentale, usata per valutare il potere fonoisolante dei rumori aerei di pareti e solai, in cui l'aumento della massa areica determina un aumento dell'isolamento della partizione considerata. La legge stabilisce che a 500 Hz una parete di 100 Kg/m² abbia un potere fonoisolante di 40 dB e che ad ogni raddoppio e dimezzamento della massa il potere fonoisolante aumenti o diminuisca di 4 dB.

Livello di rumore di calpestio di solai L_n .

- **$L'_{n,w}$** normalizzato (indice): isolamento dei rumori di calpestio fra ambienti misurata in opera su di un solaio finito, completo di pavimentazione ed isolamento, espresso come indice in dB lineari, che rappresenta il rumore, trasmesso per via diretta e per via laterale, che si misura nell'ambiente ricevente (anche vicinore sullo stesso piano) quando sul pavimento del solaio sovrastante è accesa la macchina del calpestio che lo percuote.

Il D.P.C.M. 5/12/1997 ha fissato i valori massimi di $L'_{n,w}$ per i solai di separazione fra unità immobiliari distinte.

- **$L_{n,w,eq}$** equivalente normalizzato (indice): livello dei rumori di calpestio, trasmessi solo per via diretta, da un solaio nudo, privo del pavimento e del massetto galleggiante sul materiale resiliente, espresso come indice in dB lineari, misurato in laboratorio o ricavato con il calcolo, nelle condizioni di prova sopraccitate.

- **ΔL_w** attenuazione del livello dei rumori di calpestio (indice): espressa come indice in dB lineari, caratteristico di un massetto galleggiante di peso definito e del tipo di materiale resiliente considerato, viene misurato in laboratorio od ottenuto per calcolo conoscendo la rigidità dinamica del materiale resiliente.

Rappresenta il contributo di isolamento apportato al solaio nudo dal massetto galleggiante.

Materiali assorbenti. Materiali porosi o fibrosi usati per il rivestimento delle superfici di pareti e soffitti delle sale di ricevimento o spettacolo in grado di assorbire il suono incidente su di essi usati per la correzione acustica delle sale stesse. Alcuni materiali assorbenti vengono usati anche come riempimento delle intercapedini di pareti doppie e dei controsoffitti per migliorarne l'isolamento acustico. Sono materiali di consistenza fibrosa o porosa che attraverso la resistenza imposta al passaggio dell'aria, (r =resistività al flusso d'aria dipendente dalla densità del materiale) impongono all'emissione sonora una perdita di energia dissipata per attrito (calore).

Misura di laboratorio. Procedimento di misura strumentale dell'isolamento acustico delle partizioni orizzontali e verticali e della rumorosità degli impianti eseguita in laboratorio conforme metodi di prova normalizzati i cui risultati sono usati per la previsione progettuale dell'isolamento degli edifici conforme metodi di calcolo normalizzati.

Misura in opera. Procedimento di misura strumentale dell'isolamento acustico delle partizioni orizzontali e verticali e della rumorosità degli impianti eseguita nell'edificio per il collaudo dei requisiti acustici conforme i metodi di prova normalizzati previsti dal D.P.C.M. 5/12/1997.

Pavimento o massetto galleggiante. Tecnica costruttiva, ritenuta allo stato attuale dell'arte la migliore soluzione per il corretto isolamento dai rumori di calpestio negli edifici, dove il pavimento non appoggia direttamente sul solaio ma su di un massetto cementizio di 4÷6 cm, completamente scollegato dalle pareti perimetrali, steso su di uno strato di materiale elastico sottile (4÷20 mm) posato sul solaio.

Percezione uditiva. L'orecchio umano trasforma le variazioni di pressione dell'aria in percezioni uditive che non dipendono unicamente dalla pressione ma anche dalla frequenza con cui avvengono le variazioni di pressione atmosferica. Mentre il microfono dello strumento di misura del livello sonoro misura fedelmente la pressione sonora a qualsiasi frequenza, l'orecchio è uno strumento imperfetto che avverte i suoni che hanno una frequenza compresa fra 20 e 15.000 Hz con una sensibilità più elevata nel campo di frequenze comprese fra 500 e 5.000 Hz. Nella "zona di sensibilità" l'orecchio è più sensibile ai suoni di alta frequenza rispetto quelli di bassa frequenza ed ad esempio percepisce come uguali un suono di 35 dB emesso con una frequenza di 4.000 Hz ed un suono di 90 dB emesso a 20 Hz. La diversa sensibilità dell'orecchio alle varie frequenze è rappresentabile sul grafico intensità/frequenze, definito come audiogramma normale, da delle curve di eguale sensazione (isosensibilità) dette "curve di sensibilità" con differenze più marcate per i suoni di bassa intensità che man mano si annullano per i suoni di intensità superiori ad 85 dB. A 1.000 Hz, una frequenza di buona sensibilità dell'orecchio, il livello sonoro fisiologico percepito dall'orecchio sulle curve di sensibilità coincide esattamente con il livello fisico misurabile con lo strumento. Per lo stesso motivo l'orecchio ha una "soglia di udibilità" del suono che

varia con la frequenza dello stesso e ad esempio è in grado di sentire un suono di 8 dB emesso a 250 Hz ma non sente un suono di 50 dB emesso a 31 Hz. Anche in edilizia nel progettare o nel giudicare l'isolamento acustico di una parete o di un solaio si tiene conto di come l'orecchio umano percepisce il suono. L'orecchio non è in grado di sopportare suoni di intensità più elevata di un livello di 120 dB detto "soglia del dolore" che provocano sensazioni dolorose.

Ponti acustici. Collegamenti rigidi tra elementi facenti parte di un sistema che non ne consentono il completo disaccoppiamento e trasmettono le vibrazioni, a causa di tali difetti costruttivi tutte le prestazioni acustiche degli elementi vengono diminuite.

Potere fonoisolante (indice): R_w e $R'w$. Prestazione dell'isolamento acustico di una partizione (pareti e solai) dei rumori aerei, generati all'interno dell'edificio, espresso in dB lineari come indice dello stesso, se è identificato dal simbolo **R_w** rappresenta la differenza di livello del rumore che la partizione è in grado di determinare in laboratorio fra la camera dove lo si genera e la camera ricevente, completamente scollegate tra loro, quando il rumore passa per sola trasmissione diretta attraverso di essa. Se invece è identificato dal simbolo **$R'w$** rappresenta l'isolamento acustico per via aerea fra ambienti separati dalla partizione considerata cioè la differenza di livello del rumore che la partizione inserita nel contesto edilizio è in grado di determinare in opera fra la camera dove lo si genera e la camera ricevente quando il rumore la attraversa sia per via diretta sia per via laterale attraverso le partizioni confinanti. Vale sempre la relazione **$R_w \geq R'w$** perché la trasmissione laterale del rumore diminuisce la prestazione isolante della partizione quando questa è montata in opera. Il D.P.C.M.

5/12/1997 ha fissato i valori minimi di **R'w** per gli elementi di separazione fra unità immobiliari distinte.

Requisiti acustici passivi degli edifici. Titolo del D.P.C.M. 5/12/97; Decreto attuativo della Legge Quadro sull'inquinamento acustico n. 447 del 1995 che riporta i livelli massimi del rumore degli impianti a funzionamento continuo e discontinuo e del calpestio dei solai e stabilisce le proprietà isolanti minime della muratura di facciata e delle pareti divisorie fra due unità immobiliari distinte, misurati in opera, facenti parte di tutti quegli edifici previsti nella tabella A dell'allegato A dello stesso decreto.

Risonanza. Fenomeno per cui in particolari condizioni l'ampiezza delle vibrazioni di un materiale o di un sistema sollecitato da forze periodiche assume valori particolarmente elevati che determinano una caduta delle capacità di isolamento.

Rumore aereo. Rumore che si genera nell'aria e viene trasmesso attraverso la variazione di pressione dell'aria (*ad esempio il parlato, e rumori di apparecchi televisivi o radiofonici*). Nell'edificio si distinguono quelli provenienti dall'esterno, rumore del traffico ecc., il cui isolamento riguarda la facciata del fabbricato, da quelli che si generano dalle attività svolte all'interno dell'edificio, apparecchi radiotelevisivi, conversazione degli abitanti ecc. il cui isolamento riguarda le partizioni verticali ed orizzontali divisorie delle diverse unità immobiliari dell'edificio.

Rumore di calpestio, da impatto, d'urto. In senso generale con il termine si definiscono i suoni impattivi cioè i rumori causati all'interno dell'edificio da impatto meccanico di un elemento edilizio che viene trasmesso direttamente dalle vibrazioni degli elementi strutturali dell'edificio (*ad esempio: i colpi di*

martello per fissare un chiodo sulla parete, il trascinarsi delle sedie o dei mobili sui pavimenti). La fonte più comune è costituita dal calpestio dei passi sul pavimento dei solai. In senso stretto definisce anche il rumore d'urto generato dalla "macchina del calpestio".

Rumore di fondo. Il livello e lo spettro sonoro presente normalmente in un ambiente interno od esterno caratterizza acusticamente sia la zona considerata che le diverse attività umane ed è definibile come "rumore di fondo". Il livello sonoro causato dal traffico è elevato ed è tipico dei centri urbani lo stesso quello presente in alcuni ambienti industriali che vengono considerati rumorosi mentre definiamo come silenziosa una zona rurale. La considerazione del rumore di fondo è importante anche per l'isolamento acustico delle partizioni edilizie si pensi all'isolamento della facciata in un ambiente di traffico intenso o vicino ad un aeroporto. Il rumore di fondo spesso è variabile nelle ore della giornata, si pensi alla rumorosità inferiore del traffico nelle ore notturne. Il livello del rumore di fondo maschera i suoni di intensità più bassa che contemporaneamente si producono nello stesso ambiente ed è per questo che di giorno non sentiamo il suono della televisione del vicino ma di notte ci disturba perché il livello del rumore di fondo si abbassa al di sotto di quello della televisione del vicino. Il livello del rumore di fondo può essere paragonato al livello dell'acqua di un torrente che nei periodi di piena fa apparire la superficie dell'acqua liscia e regolare mentre nei periodi di magra emergono i massi del fondo del torrente che rappresentano le sorgenti dei rumori che invece non sono diminuiti di intensità. Anche una variazione dello spettro sonoro del rumore di fondo può far emergere un suono disturbante perché l'orecchio umano ha la capacità di individuare qualitativamente un suono specifico di diversa composizione in frequenza anche se questo ha un livello

quantitativamente inferiore. La misura del rumore di fondo è una operazione che viene sempre eseguita nell'ambiente ricevente/ disturbato per valutare la fattibilità delle misure dell'isolamento acustico degli edifici e determinare le correzioni da apportare ai livelli acustici misurati alle varie frequenze. Nella misura dell'isolamento della facciata si esegue anche all'esterno nell'ambiente emittente/ disturbato per stabilire se impiegarlo o meno come sorgente.

Rumore degli impianti. Rumore determinato dal livello sonoro degli impianti a funzionamento continuo (ad esempio il ventilconvettore) ed a funzionamento discontinuo (ad esempio gli scarichi o l'ascensore) il cui disturbo viene misurato in dB(A) ed i cui limiti rispettivamente **LAeq** e **LASmax** sono stati fissati dal D.P.C.M. 5/12/1997 come valori da misurare in opera nell'ambiente maggiormente disturbato purché diverso da quello in cui si origina il rumore.

Sistema massa-molla-massa. Modello di sistema fisico in cui due masse vengono mantenute disaccoppiate attraverso una molla interposta. Nell'isolamento acustico in edilizia esemplifica il comportamento delle pareti doppie (le masse) separate da una lama d'aria (la molla) che può o meno essere riempita da un materiale assorbente, in genere di costituzione fibrosa.

Sistema massa-molla. Modello di sistema fisico in cui una massa (massetto) è caricata su di una molla appoggiata su di un supporto (solaio) considerato rigido. Nell'isolamento acustico in edilizia esemplifica il comportamento del massetto galleggiante sul materiale resiliente dove quest'ultimo rappresenta la molla del sistema.

Strato resiliente. Si definisce strato resiliente uno strato di separazione elastico fra elementi rigidi la cui

caratteristica principale è quella di non permettere la trasmissione delle vibrazioni nella struttura dell'edificio causate da urti (ad esempio: calpestio) sulle partizioni dello stesso.

Suono e rumore. Sensazione dell'organo umano dell'udito sollecitato dalla variazione della pressione dell'aria generata dalla vibrazione di un corpo, laringe umana, altoparlante, lamiera metallica, ecc. di caratteristiche (frequenza e livello) tali da essere udita dall'orecchio umano. Esso è caratterizzato dal livello della pressione, misurato in decibel (dB) e dalla frequenza, numero al secondo, con cui avvengono le variazioni della pressione attorno a quella atmosferica espressa in herz (Hz). L'insieme di suoni di caratteristiche tali da risultare sgradevole all'orecchio umano viene comunemente definito come "rumore", ma specialmente in edilizia è più consono definirlo come "suono indesiderato", non a tutti piace sentire una sinfonia di Beethoven che il vicino ascolta alle una di notte, ma nessuno potrebbe definire una sinfonia come un rumore.

Tempo di riverberazione. Volgarmente detto "effetto eco", misura il tempo necessario affinché un segnale sonoro diminuisca la sua energia di una percentuale considerevole. La verifica del tempo di riverberazione si esegue nei locali di grandi dimensioni dove tempi troppo lunghi impediscono l'intelligibilità della parola o della musica. La misura è obbligatoria per gli edifici scolastici e i limiti sono quelli riportati nella circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 3150 del 22/05/1967.

Trasmissione diretta. Percorso principale del rumore attraverso la partizione.

Trasmissione laterale. Propagazione indiretta del rumore attraverso le connessioni rigide delle partizioni confinanti con la partizione dell'edificio che ne causa una

diminuzione del potenziale isolamento prevedibile o previsto per sola trasmissione diretta.

Ultrasuono, infrasuono. Suoni non udibili dall'uomo perché di frequenza superiore o inferiore alla zona di sensibilità dell'orecchio. Gli animali spesso distinguono sia ultra che infrasuoni che gli umani non avvertono e in alcuni casi sono in grado di emetterli come richiamo o per orientarsi e catturare le prede. Sono definiti ultrasuoni quelli che hanno una frequenza superiore a 15.000 Hz mentre gli infrasuoni sono quelli che hanno una frequenza inferiore a 20 Hz.

Velocità di propagazione del suono. Il suono si diffonde solo attraverso quello che viene definito come il "mezzo di propagazione del suono" che può essere di natura completamente diversa: aria, acqua, metalli, materiali da costruzione, ecc. Se non è presente il mezzo il suono non può diffondersi, nel vuoto ad esempio non si avvertono suoni. La velocità con cui si "muove" il rumore dipende dal mezzo in cui avviene. Nell'aria la velocità di propagazione è ca. 340 m/s, nei materiali da costruzione si arriva anche a 5.000 m/s (5.000 m/s per l'acciaio, 3.000 m/s nei laterizi, molto minore per gli isolanti)

VI. BIBLIOGRAFIA

Testi

- Hoover, K. Anthony, *An appreciation of Acoustics*, Cavanough Tocci Publishing, (1991) edizione italiana a cura di Campolongo Giorgio.
- Piana, Marco, *Serramenti in PVC*, Milano, BE-MA editrice, (2008).
- Scamoni, Porro, Valentini, *Linee guida per l'isolamento acustico degli edifici nell'intorno degli aeroporti*, B.U.R.L. N° 31.

Articoli da riviste

- Borghi Matteo, "D.P.C.M. 5-12-97 Suggerimenti di revisione", EUBIOS, Milano, TEP srl, n° 19, anno IX, (marzo 2007), pp. 4-6.
- Mammi Sergio, Borghi Matteo, "Certificazione acustica degli edifici", EUBIOS, Milano, TEP srl, n° 20, anno IX, (giugno 2007), pp. 19-23.
- Panzeri Alessandro, Borghi Matteo, "Correlazione tra requisiti termici e acustici degli edifici", EUBIOS, Milano, TEP srl, n° 21, anno IX, (settembre 2007), pp. 10-17.
- Cellai Gianfranco, Secchi Simone, Nannipieri Elisa, Fausti Patrizio, "Il contesto costruttivo italiano rispetto ai sistemi europei di classificazione acustica", EUBIOS, Milano, TEP srl, n° 25, anno X, (novembre 2008), pp. 12-17.
- Piana, Marco, "Rumore in facciata -Serramenti e acustica-", CASA&CLIMA, Milano, Quine srl, n°19, anno IV, (maggio-giugno 2009), pp. 80-84.

Materiale proveniente da corsi e convegni

- ANIT (guida), *La legislazione per il risparmio energetico e l'acustica degli edifici*, Ed. 2010-01.
- Mammi, Sergio, *Materiali per l'isolamento acustico*, dal corso "Miglioramento delle prestazioni acustiche degli edifici (ID 365216)", (S.Giuliano Milanese, 22 maggio-26 giugno 2007) tenuto presso ITC-CNR.
- Novo, Mario, *Contenzioso in tribunale*, dal corso "Miglioramento delle prestazioni acustiche degli edifici (ID 365216)", (S.Giuliano Milanese, 22 maggio-26 giugno 2007) tenuto presso ITC-CNR.
- Scamoni, Fabio, *Misure in opera*, dal corso "Miglioramento delle prestazioni acustiche degli edifici (ID 365216)", (S.Giuliano Milanese, 22 maggio-26 giugno 2007) tenuto presso ITC-CNR.
- Secchi, Simone, *L'isolamento acustico delle facciate*, dal corso "Miglioramento delle prestazioni acustiche degli edifici (ID 365216)", (S.Giuliano Milanese, 22 maggio-26 giugno 2007) tenuto presso ITC-CNR.
- Tronchin, Lamberto, Farina, Angelo (collaborazione di), *Propagazione del rumore all'aperto: dalle valutazioni del clima acustico alle previsioni del rumore nell'ambiente esterno*, dal corso "Miglioramento delle prestazioni acustiche degli edifici (ID 365216)", (S.Giuliano Milanese, 22 maggio-26 giugno 2007) tenuto presso ITC-CNR.

Materiale tecnico

- Celenit, *Tetti bioecologici*, Ed. 2009-10.
- Croce, Sergio (a cura di), *Teoria e tecnologia di coperture ad elevate prestazioni*, Rockwool.

- Index Construction System and Products, *Guida all'isolamento acustico a termico dei fabbricati*, Ed. 2010-01.
- Isotex, *Metodo costruttivo in legno-cemento*, Ed. 2008-01.
- Knauf, *L'acustica con Knauf*, Ed. 2006-05.
- Pilkington, *Il vetro per l'isolamento acustico*, Bollettino tecnico.
- Straßer, Guido, *Fenstermontage – Grundlagen*, (München), Febbraio 2008.

Siti internet

- www.anit.it
- www.celenit.it
- www.edilclass.com
- www.index.it
- www.kneer-suedfenster.de
- www.legnolegno.it
- www.maico.com
- www.missionerumore.it
- www.pilkington.com
- www.rumoreincasa.it
- www.saint-gobain.it
- www.poroton.it
- www.provincia.torino.it (sezione "ambiente")

Legislazione

- D.M. del 18 dicembre 1975
« art. 5 Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica » (Gazzetta Ufficiale n. 29 del 2 febbraio 1976)
- il D.P.C.M. del 1 marzo 1991
« Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno »
(Gazzetta Ufficiale n. 57 del 8 marzo 1991)
- legge n° 447 del 26 ottobre 1996
« Legge quadro sull'inquinamento acustico » (Gazzetta Ufficiale n. 254 del 30 ottobre 1995)
- il D.P.C.M. del 14 novembre 1997
« Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore »
(Gazzetta Ufficiale n. 280 del 01 dicembre 1997)
- il D.P.C.M. del 5 dicembre 1997
« Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici »
(Gazzetta Ufficiale n. 297 del 22 dicembre 1997)
- il D.M.A. del 16 marzo 1998
« Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico »
(Gazzetta Ufficiale n. 76 del 1 aprile 1998)
- legge regionale n° 13 del 10 agosto 2001
« art. 7 comma 5 Norme in materia di inquinamento acustico »
(Bollettino Ufficiale n. 33 del 13 agosto 2001)
- legge n° 13 del 27 febbraio 2009
« art. 6/ter Normale tollerabilità delle immissioni acustiche »
(Gazzetta Ufficiale n. 49 del 28 febbraio 2009)
- legge n° 88 del 7 luglio 2009

« art. 11 Delega al Governo per il riordino della disciplina in materia di inquinamento acustico»
(*Gazzetta Ufficiale n. 161 del 14 luglio 2009*)

Normativa Tecnica

- UNI EN ISO 717 1997, Acustica – Valutazione dell’isolamento acustico in edifici e in elementi di edificio – Parte 1: isolamento acustico per via aerea.
- UNI EN ISO 12354-3, Acustica edilizia – Stima delle prestazioni acustiche degli edifici a partire dalle prestazioni dei componenti – Parte 3: isolamento al rumore aereo contro il rumore esterno.
- UNI TR 11175 2005, Guida alle norme della serie EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici. Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale.

