

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Edile - Architettura
Corso di laurea magistrale in Ingegneria dei Sistemi Edilizi



**Analisi critica della norma UNI 11367 per la
classificazione acustica delle unità immobiliari**

Relatore Prof. Ing. Livio Mazzarella

Tesi di laurea di:

MARTINA GRAFFEO

Matr. 754982

STEFANO BALDOLI

Matr. 752215

Anno Accademico 2011 - 2012

Sommario

| | |
|--|----|
| 1) Abstract | 5 |
| 2) Introduzione | 6 |
| 3) Il panorama normativo italiano | 8 |
| 3.1) C.M. n°1769 del 30/aprile/1966..... | 8 |
| 3.2) D.M. SANITÀ del 5/luglio/1975 | 13 |
| 3.3) D.M. del 18/dicembre/1975 | 13 |
| 3.4) D.P.C.M . del 01/marzo/1991..... | 15 |
| 3.5) Legge n°447 del 26/ottobre/1995 | 19 |
| 3.6) D.P.C.M. del 14/novembre/1997 | 26 |
| 3.7) D.P.C.M. del 05/dicembre/1997..... | 30 |
| 3.8) Legge n°88 del 07/luglio/2009 | 39 |
| 3.9) Legge n°96 del 12/maggio/2010 | 40 |
| 3.10) Legge n°70 del 13/maggio/2011 | 41 |
| 3.11) Lo stato dell'arte..... | 42 |
| 4) La normativa tecnica | 45 |
| 4.1) Norme tecniche di prodotto..... | 45 |
| 4.2) Norme tecniche di progettazione..... | 46 |
| 4.3) Norme tecniche di collaudo | 51 |
| 5) Classificazione acustica..... | 53 |
| 5.1) UNI 11367 | 53 |
| 5.2) Confronto Europeo | 66 |
| 5.3) Possibili sviluppi..... | 72 |
| 6) Criticità della norma UNI 11367 | 74 |
| 6.1) Taratura classi acustiche..... | 74 |
| 6.2) Coefficiente di peso Z | 75 |
| 6.3) Clima acustico..... | 75 |
| 6.4) Variabilità sorgenti acustiche | 78 |
| 6.5) Media logaritmica..... | 78 |
| 6.6) Valore unico per rappresentare la classe acustica globale | 79 |
| 6.7) Campionamento | 79 |
| 6.8) Deroghe al tecnico acustico..... | 80 |

| | | |
|------|--|-----|
| 6.9) | Costi classificazione | 80 |
| 7) | Classificazione acustica di una unità immobiliare di un edificio esistente..... | 84 |
| 7.1) | Modello di calcolo | 84 |
| 7.2) | Unità abitativa scelta | 98 |
| 7.3) | Strutture | 101 |
| 7.4) | Risultati..... | 106 |
| 7.5) | Interventi migliorativi | 109 |
| 7.6) | Valutazioni economiche | 114 |
| 8) | Classificazione acustica di una unità immobiliare di un edificio di nuova costruzione..... | 117 |
| 8.1) | Strutture | 117 |
| 8.2) | Risultati..... | 127 |
| 8.3) | Valutazioni economiche | 131 |
| 9) | Confronto tra modelli di calcolo previsionale | 135 |
| 10) | Conclusioni | 147 |
| 11) | Bibliografia..... | 149 |
| 12) | Indice delle figure | 152 |
| 13) | Indice delle tabelle | 154 |
| 14) | Indice dei grafici | 159 |
| 15) | Allegati..... | 161 |

1) Abstract

La finalità del presente elaborato è quella di operare un'analisi critica e valutare l'applicabilità nel contesto attuale, della norma UNI 11367 "Acustica in edilizia – Classificazione acustica delle unità immobiliari – Procedura di valutazione e verifica in opera", entrata a far parte del corpo normativo nazionale nel luglio 2010, ma non ancora recepita da alcun documento legislativo.

Il lavoro si apre con un inquadramento del panorama normativo nazionale in materia di acustica facendone emergere contraddizioni e carenze che hanno stimolato la stesura della norma oggetto di studio.

Dopo aver proposto un confronto con quei paesi europei che già da tempo hanno adottato un sistema di classificazione acustica, si approfondiscono le problematiche che affiorano da una lettura analitica del testo normativo.

Per meglio valutare alcuni punti di discussione, è stata scelta una unità immobiliare alla quale sono state applicate diverse tecnologie costruttive e per la quale è stato utilizzato il modello di calcolo proposto dalla serie di norme UNI EN 12354, per stimare il valore dei requisiti acustici. L'unità immobiliare è stata poi classificata secondo la procedura indicata dalla UNI 11367, per ciascuno dei casi di studio valutati. Dai risultati ottenuti è stato possibile effettuare delle considerazioni sulle prestazioni acustiche di edifici di nuova e vecchia costruzione rispetto ai nuovi limiti introdotti dalla classificazione.

Alla luce di quanto studiato si è giunti alla conclusione che sarebbe opportuno adottare un sistema di classificazione acustica per stimolare il mercato immobiliare e un meccanismo di miglioramento continuo della produzione edilizia, oltre a fornire all'utente finale un quadro più completo delle prestazioni e del comfort di cui potranno godere.

Tuttavia numerose sono le problematiche che rendono difficile una immediata adozione del modello di classificazione presentato. Si citino ad esempio le difficoltà progettuali dovute ad uno modello di calcolo non adeguato, le difficoltà tecniche di garantire in opera le prestazioni previste e i costi elevati delle prove in situ necessarie alla classificazione.

2) Introduzione

Nell'elaborato di tesi che verrà presentato nel seguito si analizza la possibilità ventilata dalla UNI (Ente di Unificazione Italiano), su richiesta del Ministero dell'ambiente, di introdurre una classificazione acustica delle unità immobiliari sul modello di quella energetica, già operativa sul territorio italiano. Entrambi i sistemi di classificazioni nascono con l'idea di definire le prestazioni degli edifici residenziali e non, oltre che rendere consapevoli gli utenti del prodotto edilizio che stanno per acquistare o che già possiedono, tuttavia differiscono per la loro finalità. La classificazione energetica è nata con l'esigenza di limitare gli eccessivi consumi di fonti energetiche primarie al fine di perseguire uno sviluppo sostenibile della società attraverso la responsabilizzazione dell'utente. La classificazione acustica invece, viene concepita con l'unica finalità di migliorare il comfort dello spazio abitato così da incrementare la qualità della vita degli utenti. Il problema acustico, sebbene sia ritenuto meno rilevante rispetto ad altre forme di inquinamento, non deve essere sottovalutato poiché esiste una stretta correlazione tra la qualità dell'ambiente abitato e la salute di chi lo abita.

Uno studio pubblicato in agosto sull'*"American journal of public health"*, ad esempio, ha analizzato la quantità di rumore a cui sono esposti ogni giorno i cittadini newyorchesi che utilizzano i mezzi pubblici. I ricercatori della University of Washington e della Columbia University hanno così constatato che il picco di rumorosità si raggiungeva all'interno della metropolitana, dove si registrano in media valori di 80 decibel con picchi di 100, equivalenti a quelli prodotti da una sega elettrica. *"La maggior parte della gente – commenta Robyn Gershon, che ha coordinato la ricerca – sottovaluta gli effetti di queste continue stimolazioni, non solo sull'udito, ma anche sulla pressione arteriosa e sul cuore, sul rilascio di ormoni dello stress e sui disturbi del sonno, per non parlare delle difficoltà di apprendimento dei bambini, che sono state correlate a un ambiente rumoroso"*.

Una ricerca realizzata in Germania dal Ministero dell'ambiente su più di mille ragazzi dai 10 ai 14 anni ha dimostrato nel 12,8 % di loro la presenza di un deficit uditivo di una certa entità correlato al fatto di dormire in stanze rumorose. Quanto riportato assume connotazioni ancor più gravi, mostrando una situazione generalizzata, se si considerano i dati pubblicati nel *"Libro verde"*¹ della Commissione Europea del 1996. Questi mostrano come circa il 20% della popolazione dell'Unione Europea (80.000.000 di persone) è esposto costantemente a livelli di pressione sonora diurni superiori a 65 dB e altri 170.000.000 di persone risiedono in aree con livelli compresi tra 55 e 65 dB. Per tali motivazioni l'Oms (Organismo Mondiale della Sanità) lo scorso ottobre è scesa in campo, pubblicando le *Linee guida sul rumore notturno*, dove si fissa a 40 decibel il limite di esposizione nelle unità abitative.

Di contro però è importante evidenziare la complessità del problema acustico e le difficoltà oggettive di chi progetta e costruisce. Innanzitutto la percezione del rumore è un aspetto fisiologico fortemente soggettivo che varia, tra l'altro, in funzione del clima acustico in cui si vive e dell'attività che si sta svolgendo. I suoni poi mostrano caratteristiche variabili in funzione della frequenza con cui si presentano rendendo necessaria un'analisi su banda di ottava. E ancora, la maggior parte dei prodotti per l'edilizia, presenti oggi sul mercato, anche se

¹ Documento di riflessione su un tema politico specifico pubblicato dalla Commissione Europea.

accoppiati tra loro, evidenziano difficoltà nell'isolare le vibrazioni alle basse frequenze, motivo per il quale è molto difficile con spessori di elementi tecnici contenuti e costi sostenibili soddisfare determinati requisiti. Inoltre esistono moltissime sorgenti all'interno di un'unità abitativa e controllarle tutte è compito arduo, allo stesso tempo trascurarne anche solo una comprometterebbe il risultato finale. Infine la problematica più complessa è senza dubbio la difficoltà tecnica di eseguire in opera il prodotto edilizio garantendo che questo soddisfi le esigenze per il quale è stato progettato.

3) Il panorama normativo italiano

Si riporta in seguito una carrellata delle principali norme emanate in Italia con lo scopo di regolamentare la materia acustica nella sua interezza. In particolare si analizzano gli aspetti che riguardano l'inquinamento acustico connesso al relativo isolamento acustico a cui far riferimento per la progettazione degli edifici. Ciascun documento è analizzato in modo critico al fine di farne emergere i contenuti principali e le problematiche di applicabilità al processo edilizio.

3.1) C.M. n°1769 del 30/aprile/1966

“Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici nelle costruzioni edilizie”

Si tratta della prima disposizione ministeriale a livello nazionale sui requisiti acustici delle costruzioni. L'evoluzione dell'edilizia verso nuovi sistemi costruttivi e l'avvertita necessità che le costruzioni presentino determinati requisiti acustici, termici, igrometrici, e di tenuta all'aria comporta la necessità di fissare delle norme per la definizione e la misura di detti requisiti, perché siano poi prescritti in sede contrattuale e verificati in sede di collaudo.

PARTE I - Norme generali

1 – Introduzione

1.1. - *Le presenti norme hanno lo scopo di stabilire le modalità per la valutazione quantitativa della protezione contro i rumori in un edificio. Verranno prese in considerazione le modalità di misura, l'elaborazione e la presentazione dei risultati e si stabiliranno criteri di classificazione e di collaudo nei rispetti della protezione contro i rumori. Non verranno invece specificati gli accorgimenti e i procedimenti tecnici atti a conseguire questa protezione. Le presenti norme dovranno essere richiamate nei capitolati di appalto.*

[...]

1.3. - *Il comportamento acustico di un immobile è un problema da risolvere in sede di progetto, ricorrendo ad una oculata scelta di materiali e curandone la messa in opera e le modalità di sistemazione. E' raccomandabile che la scelta di materiali e strutture sia fatta tenendo conto delle proprietà acustiche determinate con prove di laboratorio e specificate secondo le modalità prescritte dalle norme.*

[...]

1.5. - *Le condizioni di silenzio di un edificio dipendono non solo dalle modalità di costruzione, ma anche dalla zona di ubicazione: rurale, suburbana, residenziale, urbana, semi-industriale, industriale.*

[...]

2 - Principio di misura delle caratteristiche acustiche di un edificio

2.1. - L'isolamento acustico per via aerea tra due ambienti viene determinato dalla differenza fra il livello di pressione sonora misurato nell'ambiente disturbante e il livello di pressione sonora misurato nell'ambiente disturbato; i livelli di pressione sonora devono essere misurati per bande di ottava.

2.2. - Il livello di rumore di calpestio viene determinato dalla misura per bande di ottava del livello di pressione sonora nell'ambiente sottostante quando sul pavimento del vano superiore agisce la macchina normalizzata generatrice di calpestio.

[...]

2.5. - La rumorosità di un servizio viene determinata dal livello di rumore rilevato con un misuratore di livello sonoro normalizzato. Si specificano i servizi da esaminare:

- impianti di riscaldamento;

- scarichi idraulici, bagni, gabinetti, rubinetterie;

- verranno specificati altri servizi di cui si richiederà eventualmente la misura di rumorosità (ad esempio impianti di condizionamento, ascensori, ecc.).

[...]

2.7. - Le grandezze da misurare possono essere le seguenti:

- isolamento acustico per via aerea di pareti divisorie interne e fra determinati ambienti;

- isolamento acustico per via aerea di solai;

- isolamento acustico per via aerea di pareti esterne;

- livello di rumore di calpestio di solai;

- rumorosità provocata da servizi e da impianti fissi;

- rumorosità provocata da agenti atmosferici;

- coefficiente di assorbimento acustico;

- tempo di riverberazione.

2.8. - Nelle costruzioni di edilizia di civile abitazione la determinazione in opera dell'isolamento acustico per via aerea di pareti divisorie interne è limitata alle pareti che circoscrivono un alloggio. La determinazione della rumorosità provocata dai servizi e dagli impianti fissi è limitata agli ambienti residenziali. Per quanto riguarda i disturbi provenienti dall'impianto idraulico, il livello di rumore va misurato in un appartamento diverso da quello nel quale viene utilizzato il servizio.

[...]

4 - Collaudo e classificazione degli edifici dal punto di vista acustico

[...]

4.2. - Il collaudo dovrà specificare se l'edificio risponde o no alle richieste di capitolato. Se si richiede una classificazione, ad ogni edificio o parte di esso potrà attribuirsi una qualifica che riassume il comportamento acustico, qualifica che si propone di specificare attraverso una graduatoria se un edificio potrà considerarsi acusticamente isolato. Gli edifici qualificati acusticamente isolati potranno esserlo di grado "normale" o di grado "superiore".

4.3. - Quando si considerano in una stessa località gruppi di edifici costruiti in serie e con lo stesso sistema si può ammettere sufficiente un collaudo per campioni da eseguirsi nella misura di uno almeno ogni venti edifici costruiti.

4.4. - In un edificio non è necessario eseguire la stessa misura (ad es. quella di livello di rumore di calpestio) in tutti i casi possibili; si limiteranno le determinazioni per ogni tipo costruttivamente distinto di struttura.

[...]

11 - Valutazione dei risultati

11.1. - Il progetto di raccomandazione ISO (TC 43/362) descrive un metodo che consente di valutare l'isolamento di un locale contro i rumori aerei ed i rumori di calpestio, riunendo i risultati delle misure in un indice di qualità unico, che definisce le prescrizioni sull'isolamento acustico. Le prescrizioni sono definite da una curva limite per l'isolamento via aerea e da una curva limite per il livello del rumore di calpestio. Queste due curve sono riportate nelle figure 1 e 2; esse sono caratterizzate dal valore in dB che assumono per la frequenza di 500 Hz, valore che è definito indice di valutazione.

In ogni capitolato d'appalto è pertanto sufficiente specificare gli indici di valutazione richiesti per l'isolamento acustico e per il livello del rumore di calpestio.

11.2. - Per stabilire l'accettabilità dell'isolamento acustico e del rumore di calpestio si tracciano le relative curve ISO, caratterizzate dal valore in dB dell'ordinata a 500 Hz, quindi relative a determinati indici di valutazione, come stabilito nel successivo punto 12.4. Nel caso si debba procedere ad una classificazione si tratteranno due curve limite, relative a due indici di valutazione.

11.3. - Come criterio di accettabilità per l'isolamento acustico, si verificherà che i punti sperimentali siano al di sopra della curva limite, a meno della seguente tolleranza: la somma delle differenze di livello fra la curva limite e i punti del diagramma sperimentale che stanno al di sotto di essa non deve superare 12 dB; lo scarto massimo per una frequenza qualsiasi, non deve superare 5 dB.

[...]

11.5. - Come criterio di accettabilità per il livello di calpestio si verificherà che i punti sperimentali siano al di sotto della curva limite, a meno della seguente tolleranza: la somma

delle differenze di livello fra i punti sperimentali che stanno al di sopra della curva limite e la curva limite stessa non deve superare 12 dB; lo scarto massimo per una frequenza qualsiasi non deve superare 7 dB.

[...]

11.7. - Come criterio di accettabilità per la rumorosità dei servizi (determinata dal massimo livello sonoro rilevato) si stabiliscono i limiti che non devono essere superati (vedi punto 12.4.).

12 - Esecuzione delle misure e presentazione definitiva dei dati

[...]

12.2. Per ogni tipo di costruzione, nel quale vengono richiesti requisiti acustici, si stabiliscono le misure in laboratorio ed in opera da richiedere, i valori numerici atti a stabilire l'accertabilità ed eventualmente la classificazione. I risultati delle misure dovranno essere riassunti nella tabella indicata nel punto 12.4. (o in parte di essa a seconda delle richieste dei capitolati e dei disciplinari di gara). In base a questi dati risulteranno o no soddisfatte le condizioni di accertabilità e potrà essere stabilita la classificazione.

[...]

PARTE II - Norme per l'edilizia civile sovvenzionata

[...]

2 - Misure di laboratorio

2.1.- Dati di laboratorio su strutture possono essere richiesti dai capitolati o dai disciplinari di gara: devono essere misurati in laboratori autorizzati e presentati nella forma prescritta nelle presenti norme. I rilievi di laboratorio consentono di specificare alcune proprietà, esposte in un certificato di prova, che vengono determinate in modo quantitativo attraverso misure dirette. Si dovrà specificare se la struttura risponde o no alle prescrizioni richieste.

2.2. - Requisiti di capitolato o di accertabilità per costruzioni di edilizia civile sovvenzionata, da determinarsi con misure di laboratorio.

| Requisiti (misure di laboratorio) | Isolamento normale | Isolamento superiore |
|---|-------------------------------|---------------------------------|
| Potere fonoisolante su strutture verticali esterne Indice di valutazione | 40 dB | 47 dB |
| Potere fonoisolante di strutture divisorie interne Indice di valutazione | 40 dB | 47 dB |
| Potere fonoisolante di strutture orizzontali Indice di valutazione | 40 dB | 47 dB |
| Livello di rumore di calpestio normalizzato Indice di valutazione | 71 dB | 66 dB |

Tabella 3.1 Requisiti di capitolato o di accertabilità per costruzioni di edilizia civile sovvenzionata da determinarsi con misure in laboratorio, secondo la circolare ministeriale n°1769 del 30/04/1966.

3 - Misure in opera

3.1. - Il collaudo e la classificazione consentono di riassumere un complesso di proprietà esposte in un certificato di prova, che vengono determinate in modo quantitativo attraverso misure dirette: devono risultare da una determinazione sull'edificio stesso ed essere eventualmente integrate da dati di progetto e da rilievi di laboratorio. Tutte le misure saranno eseguite a locali vuoti cioè non arredati.

3.2. - Requisiti di capitolato o di accertabilità per le costruzioni di edilizia civile sovvenzionata, da determinarsi con misure in opera:

| Requisiti (misure in opera) | Isolamento normale | Isolamento superiore |
|---|-----------------------|-------------------------|
| Isolamento acustico di strutture divisorie interne Indice di valutazione | 36 dB | 42 dB |
| Isolamento acustico di strutture orizzontali Indice di valutazione | 36 dB | 42 dB |
| Livello di rumore di calpestio Indice di valutazione | 74 dB | 68 dB |
| Livello di rumore di impianti di riscaldamento Indice di valutazione | 36 dB (A) | 33 dB (A) |
| Livello di rumore di scarichi idraulici, bagni, ecc. Indice di valutazione | 40 dB (A) | 36 dB (A) |

Tabella 3.2 Requisiti di capitolato o di accertabilità per costruzioni di edilizia civile sovvenzionata da determinarsi con misure in opera, secondo la circolare ministeriale n°1769 del 30/04/1966.

Nel caso di classificazione, se sono soddisfatti tutti i dati qualitativamente inferiori, l'edificio è classificato acusticamente "isolato di grado normale"; se sono soddisfatti tutti i dati qualitativamente superiori, l'edificio è classificato acusticamente "isolato di grado superiore".

La circolare fissa dei limiti per la sola edilizia sovvenzionata² anche se pone le prime basi per le attuali leggi in tema di isolamento acustico dell'edificio. Si da definizione, per la prima volta in ambito legislativo, dell'isolamento acustico per via aerea, del livello di rumore da calpestio e del livello di rumore da impianto. Si introduce l'obbligo di collaudo atto a soddisfare le prestazioni di capitolato e si introduce la possibilità di campionamento di elementi edilizi simili. Viene inoltre introdotto l'indice di valutazione per definire le prescrizioni sull'isolamento acustico e il corrispondente confronto con le curve ISO. Si parla per la prima volta di una possibile classificazione dell'edificio per attribuirgli una qualifica che ne riassume il comportamento acustico e che si proponga di specificare attraverso una graduatoria se l'edificio stesso può considerarsi acusticamente isolato (edificio acusticamente isolato o edificio isolato di grado superiore).

² Per edilizia sovvenzionata si intende quella realizzata a totale carico dello Stato attraverso le Regioni e gli enti locali. Si realizza mediante intervento diretto del comune. Un tempo erano meglio conosciute come edilizia residenziale pubblica o "case popolari".

3.2)D.M. SANITÀ del 5/luglio/1975

"Modifica alle istruzioni ministeriali 20/giugno/1896 relativamente all'altezza minima ed ai requisiti igienico sanitari principali dei locali d'abitazione"

Art. 8

I materiali utilizzati per le costruzioni di alloggi e la loro messa in opera debbono garantire un'adeguata protezione acustica agli ambienti per quanto concerne i rumori da calpestio, rumori da traffico, rumori da impianti o apparecchi comunque installati nel fabbricato, rumori o suoni aerei provenienti da alloggi contigui e da locali o spazi destinati a servizi comuni.

All'uopo per una completa osservanza di quanto sopra disposto occorre far riferimento ai lavori ed agli standards consigliati dal Ministero dei lavori pubblici o da altri qualificati organi pubblici.

Il decreto introduce di fatto l'obbligo di rispettare dei requisiti minimi contro i rumori senza però fissare dei valori numerici precisi. Naturalmente un articolo così formulato è per sua natura vago e non è in grado di fare chiarezza su quali debbano essere le prescrizioni minime da rispettare in ambito acustico per l'edilizia civile.

3.3)D.M. del 18/dicembre/1975

"Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica"

Tale decreto, come si evince dal titolo, è rivolto all'edilizia scolastica; tuttavia introduce parametri acustici che saranno successivamente ripresi dal D.P.C.M. 5/12/1997 per l'edilizia civile residenziale.

PARTE IV - Norme relative alle condizioni di abitabilità

5.1. - Condizioni acustiche

5.1.1.- Introduzione

[...]

ii) Si dovranno eseguire misure in opera e in laboratorio, al fine di verificare i requisiti richiesti.

iii) Le misure in opera devono essere eseguite su tutti i tipi di spazi adibiti ad uso didattico presentanti caratteristiche diverse.

[...]

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.;

[...]

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 e orizzontali, $I = 40$ dB;
- potere fonoisolante di infissi verso l'esterno, $I = 25$ dB; superiore di 10 dB a quella di infissi esterni;
- potere fonoisolante di chiusure esterne opache:
- 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.

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.

Le grandezze da sottoporre a misura in opera sono:

- l'isolamento acustico (D) per via aerea fra ambienti ad uso didattico adiacenti e sovrastanti (isolamento acustico tra pareti divisorie e di solaio);
- il livello di rumore di calpestio tra due spazi sovrapposti con la macchina normalizzata generatrice di calpestio;
- la rumorosità provocata da servizi ed impianti fissi;
- il tempo di riverberazione.

Per quanto concerne gli impianti dovranno essere eseguite misure su:

- impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento centralizzato;
- scarichi idraulici, bagni, servizi igienici, rubinetterie.

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, I = 42 dB;*

- *livello di rumore di calpestio fra due ambienti, I = 68 dB.*

vi) *Requisiti di accettabilità:*

- *Il potere fonoisolante delle pareti divisorie (R) e l'isolamento acustico (D) per via aerea soddisfino alla curva di riferimento stabilita quando i punti sperimentali siano al disopra della curva limite relativa: al valore dell'indice I fissato nei punti ii), iii) e v) con la seguente tolleranza: la somma delle differenze di livello tra la curva di riferimento ed i punti del diagramma sperimentale, che stanno al disotto di essa, non deve superare i 12 dB (in ogni banda di ottava lo scarto non deve superare 5 dB).*

- *Il livello di rumore di calpestio soddisfi alle curve di riferimento stabilite quando i punti sperimentali siano al disotto delle curve limite (v. fig. 3) relative al valore indice I fissato nei punti iii) e v) con la seguente tolleranza: la somma delle differenze di livello tra la curva di riferimento ed i punti del diagramma sperimentale che stanno al disopra di essa non superi i 12 dB (in ogni banda di ottava lo scarto non deve superare 7 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)

Il decreto prescrive che vengano rispettati requisiti minimi sia sui singoli elementi tecnici provati in laboratorio, sia sulle strutture in opera valutati con un collaudo acustico.

3.4) D.P.C.M. del 01/marzo/1991

“Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno”

Il decreto si propone di fissare limiti massimi di accettabilità di emissioni sonore relativamente all'ambiente esterno e all'ambiente abitativo al fine di salvaguardare la qualità ambientale e l'esposizione dell'uomo al rumore. Viene posto in primo piano il ruolo fondamentale della qualità della vita che deve essere presente all'interno di un'unità immobiliare. Infine la norma detta alcune definizioni che saranno poi alla base delle future normative acustiche.

[...]

Art. 2.

1. - 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.

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.

[...]

Art. 4.

1. - Al fine di consentire l'adeguamento ai limiti di zona previsti dal presente decreto, le regioni provvedono entro un anno dall'entrata in vigore del decreto stesso ad emanare direttive per la predisposizione da parte dei comuni di piani di risanamento.

2. - I piani devono contenere:

a) l'individuazione della tipologia ed entità dei rumori presenti, incluse le sorgenti mobili, nelle zone da risanare;

b) i soggetti a cui compete l'intervento;

c) le modalità ed i tempi per il risanamento ambientale;

d) la stima degli oneri finanziari ed i mezzi necessari;

e) le eventuali misure cautelari a carattere d'urgenza per la tutela dell'ambiente e della salute pubblica.

[...]

Art. 6.

1. - In attesa della suddivisione del territorio comunale nelle zone di cui alla tabella 1 (tabella 2.3), si applicano per le sorgenti sonore fisse i seguenti limiti di accettabilità:

| Zonizzazione | Limite diurno Leq (A) | Limite notturno Leq (A) |
|--|--------------------------|----------------------------|
| Tutto il territorio nazionale | 70 | 60 |
| Zona A (decreto ministeriale n. 1444/68) | 65 | 55 |
| Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68) | 60 | 50 |
| Zona esclusivamente industriale | 70 | 70 |

Tabella 3.3 Limiti per le sorgenti sonore fisse secondo il DPCM del 01/03/1991.

ALLEGATO A – Definizioni

1. Ambiente Abitativo: ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane: vengono esclusi gli ambienti di lavoro salvo quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti esterne o interne non connesse con attività lavorativa.

2. Rumore: qualunque emissione sonora che provochi sull'uomo effetti indesiderati, disturbanti o dannosi o che determini un qualsiasi deterioramento qualitativo dell'ambiente.

3. Livello di rumore residuo – L_r : è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A" che si rileva quando si escludono le specifiche sorgenti disturbanti. Esso deve essere misurato con le identiche modalità impiegate per la misura del rumore ambientale.

4. Livello di rumore ambientale – L_a : è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A" prodotto da tutte le sorgenti di rumore esistenti in un dato luogo e durante un determinato tempo. Il rumore ambientale è costituito dall'insieme del rumore residuo (come definito al punto 3) e da quello prodotto dalle specifiche sorgenti disturbanti.

5. Sorgente Sonora: qualsiasi oggetto, dispositivo, macchina o impianto o essere vivente idoneo a produrre emissioni sonore.

6. Sorgente specifica: sorgente sonora selettivamente identificabile che costituisce la causa del disturbo.

7. Livello di pressione Sonora: esprime il valore della pressione acustica di un fenomeno sonoro mediante la scala logaritmica dei decibel (dB) ed è dato dalla relazione seguente

$$L_p = 10 \log \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 \text{ dB}$$

p valore efficace della pressione sonora misurata in Pascal (Pa) e p_0 è la pressione di riferimento che si assume uguale a 20 micropascal in condizioni standard.

8. Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A": è il parametro fisico adottato per la misura del rumore, definito dalla relazione analitica seguente

$$L_{eq(A),T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^t \frac{p_a^2(t)}{p_0^2} \right] \text{ dB (A)}$$

$p_a(t)$ valore istantaneo della pressione sonora ponderata secondo la curva A;

p_0 valore della pressione sonora di riferimento già citato al punto 7;

T intervallo di tempo di integrazione;

$L_{eq(A),T}$ livello energetico medio del rumore ponderato in curva A, nell'intervallo di tempo considerato.

9. Livello differenziale del rumore: differenza tra il livello L_{eq} (A) di rumore ambientale e quello del rumore residuo.

10. Rumore con componenti impulsive: emissione sonora nella quale siano chiaramente udibili e strumentalmente rilevabili eventi sonori di durata inferiore ad un secondo.

11. Tempo di riferimento – T_r : è il parametro che rappresenta la collocazione del fenomeno acustico nell'arco delle 24 ore: si individuano il periodo diurno e notturno. Il periodo diurno è di norma, quello relativo all'intervallo di tempo compreso tra le h 6,00 e le h 22,00. Il periodo notturno è quello relativo all'intervallo di tempo compreso tra le h 22,00 e le h 6,00.

12. Rumori con componenti tonali: emissioni sonore all'interno delle quali siano evidenziabili suoni corrispondenti ad un tono puro o contenuti entro 1/3 di ottava e che siano chiaramente udibili e strumentalmente rilevabili.

13. Tempo di osservazione – T_o : è un periodo di tempo, compreso entro uno dei tempi di riferimento, durante il quale l'operatore effettua il controllo e la verifica delle condizioni di rumorosità.

14. Tempo di misura – T_m : è il periodo di tempo, compreso entro il tempo di osservazione, durante il quale vengono effettuate le misure di rumore.

[...]

ALLEGATO B – Strumentazione e modalità di misurazione del rumore

[...]

3.2. Per misure all'interno di ambienti abitativi.

La differenza fra rumore ambientale e rumore residuo verrà confrontata con i limiti massimi differenziali di cui al presente decreto. Qualora il livello del rumore ambientale misurato a finestre chiuse sia inferiore a 40dB(A) durante il periodo diurno e 30 dB(A) durante il periodo notturno, ogni effetto di disturbo del rumore è ritenuto trascurabile e, quindi, il livello del rumore ambientale rilevato deve considerarsi accettabile.

[...]

| | |
|--|---|
| Classe I: Aree particolarmente protette | Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione; aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc. |
| Classe II: Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale | Rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali ed artigianali. |

| | |
|---|--|
| Classe III: Aree di tipo misto | <i>Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.</i> |
| Classe IV: Aree di intensa attività umana | <i>Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali; le aree con limitata presenza di piccole industrie.</i> |
| Classe V: Aree prevalentemente industriali | <i>Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.</i> |
| Classe VI: Aree esclusivamente industriali | <i>Rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.</i> |

Tabella 3.4 Classificazione del territorio comunale secondo il D.P.C.M. 01/03/91.

| Classi di destinazione d'uso del territorio | Tempi di riferimento | |
|---|----------------------|----------|
| | Diurno | Notturmo |
| I Aree particolarmente protette | 50 | 40 |
| II Aree prevalentemente residenziali | 55 | 45 |
| III Aree di tipo misto | 60 | 50 |
| IV Aree di intensa attività umana | 65 | 55 |
| V Aree prevalentemente industriali | 70 | 60 |
| VI Aree esclusivamente industriali | 70 | 70 |

Tabella 3.5 Valori dei limiti massimi de livello sonoro equivalente $L_{eq(A)}$ relativi alle classi di destinazione d'uso del territorio di riferimento (D.P.C.M. 01/03/91).

I limiti massimi individuati dalle norme sono di due tipi: assoluti, ottenuti come media su tutta la giornata o la nottata e differenziali, ottenuti come differenza tra il rumore ambientale, quando la sorgente disturbante funziona, e il rumore residuo, quando la sorgente disturbante è spenta. Entrambi i rumori, ambientali e residui, sono misurati come livello equivalente, cioè come media logaritmica.

3.5) Legge n°447 del 26/ottobre/1995

“Legge quadro sull’isolamento acustico”

La norma in questione si pone l’obiettivo di fare da linea guida per i futuri decreti attuativi finalizzati a regolamentare gli aspetti legati all’inquinamento acustico; nel fare ciò stabilisce i principi generali per il benessere acustico, sia nell’ambiente esterno, sia nell’ambiente abitativo. Nello specifico vengono introdotte una serie di definizioni integrando quelle già presenti nel D.P.C.M. 01/marzo/1991 così da completare la terminologia da adottare in

ambito acustico. Infine il decreto espleta le competenze affidate agli enti statali, regionali, provinciali e comunali.

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 o dell'ambiente esterno o tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi;*

[...]

*c) **sorgenti sonore fisse:** gli impianti tecnici degli edifici e le altre installazioni unite agli immobili anche in via transitoria il cui uso produca emissioni sonore; le infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali, marittime, industriali, artigianali, commerciali ed agricole; i parcheggi; le aree adibite a stabilimenti di movimentazione merci; i depositi dei mezzi di trasporto di persone e merci; le aree adibite ad attività sportive e ricreative;*

*d) **sorgenti sonore mobili:** tutte le sorgenti sonore non comprese nella lettera c);*

*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.*

2. - I valori di cui al comma 1, lettere e), f), g) e h), sono determinati in funzione della tipologia della sorgente, del periodo della giornata e della destinazione d'uso della zona da proteggere.

3. - I valori limite di immissione sono distinti in:

- a) valori limite assoluti, determinati con riferimento al livello equivalente di rumore ambientale;
- b) valori limite differenziali, determinati con riferimento alla differenza tra il livello equivalente di rumore ambientale ed il rumore residuo.

4. - Restano ferme le altre definizioni di cui all'allegato A al decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 1° marzo 1991, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 57 dell'8 marzo 1991.

[...]

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.

8. Le attività di cui al comma 6 possono essere svolte altresì da coloro che, in possesso del diploma di scuola media superiore, siano in servizio presso le strutture pubbliche territoriali e vi svolgano la propria attività nel campo dell'acustica ambientale, alla data di entrata in vigore della presente legge.

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 [...];

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 ai sensi della L. 8 luglio 1986, n. 349, e successive modificazioni, e dell'attività di raccolta, di elaborazione e di diffusione dei dati. Al coordinamento provvede il Ministro dell'ambiente, avvalendosi a tal fine

anche dell'Istituto superiore di sanità, del Consiglio nazionale delle ricerche (CNR), dell'Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente (ENEA), dell'Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente (ANPA), dell'Istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza del lavoro (ISPESL), del Centro superiore ricerche e prove autoveicoli e dispositivi (CSRPAD) del Ministero dei trasporti e della navigazione, nonché degli istituti e dei dipartimenti universitari;

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 [...];

[...]

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 di cui all'articolo 2, comma 1, lettera h), 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;

[...]

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;

[...]

h) le competenze delle province in materia di inquinamento 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 [...];

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 [...];

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 [...];

e) l'adozione di regolamenti per l'attuazione della disciplina statale e regionale per la tutela dall'inquinamento acustico;

f) la rilevazione e il controllo delle emissioni sonore [...];

Art. 7. Piani di risanamento acustico.

Nel caso di superamento dei valori di attenzione [...] i comuni provvedono all'adozione di piani di risanamento acustico [...].

2. - I piani di risanamento acustico devono contenere:

a) l'individuazione della tipologia ed entità dei rumori presenti, incluse le sorgenti mobili, nelle zone da risanare [...];

b) l'individuazione dei soggetti a cui compete l'intervento;

c) l'indicazione delle priorità, delle modalità e dei tempi per il risanamento;

d) la stima degli oneri finanziari e dei mezzi necessari;

[...]

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 (14), 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.*

[...]

Il decreto, nella sezione sulle competenze statali, prescrive la determinazione dei requisiti acustici delle sorgenti sonore e dei requisiti acustici passivi degli edifici, (Art.3, comma 1, lettera e); nel 1997 verranno emanati due decreti in attuazione a tale richiesta (vedi in seguito). La stessa legge poi prescrive l'indicazione dei criteri per la progettazione, l'esecuzione e la ristrutturazione delle costruzioni edilizie e delle infrastrutture dei trasporti, (Art.3, comma 1, lettera f); a tutt'ora, in merito a tale punto, non è stato emanato nessun decreto.

Dall'art.8, comma 3, si evince l'obbligo di produrre una valutazione previsionale del clima acustico, delle aree interessate alla realizzazione di nuovi insediamenti residenziali prossimi a strade di tipo A, B, C, D, E, F (per valutazione previsionale si intende la misurazione del rumore

presente nelle aree dei futuri insediamenti). Siccome tutti gli insediamenti residenziali sorgono in prossimità di strade, per essi la valutazione del clima acustico è sempre necessaria.

L'art.8, comma 4, introduce anche l'obbligo di previsione di impatto acustico per impianti e infrastrutture adibiti ad attività produttive, sportive e ricreative. Questo consiste nella valutazione comparativa tra lo scenario con l'attività in esame e quello in assenza dell'attività (rumore residuo).

In accordo a quanto richiesto dalla Legge n°447/1995 molte regioni hanno legiferato in tema di inquinamento acustico. Le leggi regionali si soffermano, in particolare, su aspetti inerenti la classificazione acustica del territorio e la pianificazione urbanistica, regolamentando il traffico stradale e aereo, sui piani di risanamento per le infrastrutture di trasporto, sull'obbligo della previsione di impatto acustico e clima acustico oltre che sui requisiti acustici degli edifici.

Si riportano in seguito le prime norme regionali che regolamentano l'attività:

| | |
|-----------------------|--|
| Friuli Venezia Giulia | Legge regionale n°16 del 18/giugno/2007 – <i>“Norme in tutela dell'inquinamento acustico”</i> |
| Trentino Alto Adige | L. Provinciale Trento n°6 del 18/marzo/1991 – <i>“Provvedimenti per la prevenzione ed il risanamento ambientale in materia di inquinamento acustico”</i> |
| Veneto | L.R. n°21 del 10/maggio/1999 – <i>“Norme in materia di inquinamento acustico”</i> |
| Lombardia | L.R. n°13 del 10/agosto/2001 – <i>“Norme in materia di isolamento acustico”</i> D.G.R. n°7/8313 del 08/marzo/2002 – <i>“Modalità e criteri di redazione della documentazione di previsione di impatto acustico e di valutazione previsionale di clima acustico”</i> |
| Piemonte | L.R. n°52 del 20/ottobre/2000 – <i>“Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento acustico”</i> |
| Valle d'Aosta | L.R. n°9 del 29/marzo/2006 – <i>“Disposizioni in materia di tutela dall'inquinamento acustico”</i> |
| Liguria | L.R. n°31 del 04/luglio/1994 – <i>“Indirizzi per il contenimento e la riduzione dell'inquinamento acustico”</i> L.R. n°12 del 20/marzo/1998 – <i>“Disposizioni in materia di inquinamento acustico”</i> |
| Emilia Romagna | L.R. n°89 del 01/dicembre/1998 – <i>“Norme in materia di inquinamento acustico”</i> L.R. n°15 del 9/ottobre/2001 – <i>“Norme per la tutela della salute e la salvaguardia dell'ambiente esterno ed abitativo dalle sorgenti sonore”</i> |
| Toscana | L.R. n°89 del 1/dicembre/1998 – <i>“Norme in materia di inquinamento acustico”</i> |
| Marche | L.R. n°28 del 14/novembre/2001 – <i>“Norme per la tutela</i> |

| | |
|------------|---|
| | <i>dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico"</i> |
| Lazio | L.R. n°18 del 3/agosto/2001 – <i>"Disposizioni in materia di inquinamento acustico per la pianificazione ed il risanamento del territorio – modifiche alla legge regionale 6 agosto 1999, n.14"</i> |
| Umbria | L.R. n°8 del 6/giugno/2002; - <i>"Disposizioni per il contenimento e la riduzione dell'inquinamento acustico"</i> |
| Abruzzo | L.R. n°23 del 17/luglio/2007 – <i>"Disposizioni per il contenimento e la riduzione dell'inquinamento acustico nell'ambiente esterno e nell'ambiente abitativo"</i> |
| Campania | Delibera n°2436 del 01/agosto/2003 – <i>"Linee guida zonizzazione acustica dei comuni"</i> |
| Basilicata | L.R. n°8 del 27/aprile/2004 – <i>"Modifiche ed integrazioni alle leggi regionali 4 novembre 1986 n°23"</i> |
| Puglia | L.R. n°3 del 12/febbraio/2002 – <i>"Norme in materia di inquinamento acustico"</i> |
| Sicilia | D.D.L. n°457 del 23/maggio/1997 – <i>"Norme per la tutela dell'ambiente abitativo e dell'ambiente esterno dall'inquinamento acustico"</i> |
| Sardegna | Deliberazione della Giunta Regionale n°30/9 del 08/luglio/2005 – <i>"Criteri e linee guida sull'inquinamento acustico"</i> |

Successivamente a questa prima tranche normativa le regioni hanno legiferato ulteriormente concentrando le loro attenzioni in particolar modo sulla zonizzazione acustica e sulla classificazione del territorio, seguendo le indicazioni che verranno riportate nel D.P.C.M. del 14/novembre/1997 oltre che sulla definizione di tecnico competente in acustica ambientale. Si può notare come la regione Trentino Alto Adige, in particolare, e la regione Liguria avessero già legiferato prima dell'emanazione della Legge n°447/1995 anticipando tutte le altre regioni italiane. Al contrario, esistono regioni quali la Calabria e il Molise che ancora non hanno una legislatura specifica sul tema acustico.

Alla Legge n°447/1995 fanno seguito due decreti attuativi a completamento della stessa (in accordo con Art.3 *"Competenze dello stato"*, comma 1, lettera e); ovvero il D.P.C.M. 14/novembre/1997 e il D.P.C.M. 5/dicembre/1997. Tali decreti possono essere confusi tra loro visto la vicinanza nella data di pubblicazione tuttavia presentano contenuti fortemente differenti.

3.6)D.P.C.M. del 14/novembre/1997

"Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"

La norma regola, a livello amministrativo, le immissioni di rumore nelle abitazioni dall'esterno e anche dall'interno dello stesso complesso abitativo fissando limiti massimi ammissibili di rumore immesso dalle diverse possibili sorgenti sonore. La norma si pone anche

l'obiettivo di armonizzare i provvedimenti in materia di limitazione di emissioni sonore alle indicazioni fornite dall'Unione Europea.

Art. 1. - Campo di applicazione.

1. - Il presente decreto, in attuazione dell'art. 3, comma 1, lettera a), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, determina i valori limite di emissione, i valori limite di immissione, i valori di attenzione ed i valori di qualità, di cui all'art. 2, comma 1, lettere e), f), g) ed h); comma 2; comma 3, lettere a) e b), della stessa legge. 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 [...], 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.

[...]

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.

[...]

Art. 4. - Valori limite differenziali di immissione.

1. - I valori limite differenziali di immissione [...] sono: 5 dB per il periodo diurno e 3 dB per il periodo notturno, all'interno degli ambienti abitativi. Tali valori non si applicano nelle aree classificate nella classe VI della tabella A allegata al presente decreto.

2. - Le disposizioni di cui al comma precedente non si applicano nei seguenti casi, in quanto ogni effetto del rumore e' da ritenersi trascurabile:

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 (T L) 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 T L , multiplo intero del periodo di riferimento, e' un periodo di tempo prestabilito riguardante i periodi che consentono la valutazione di realta' specifiche locali].

[...]

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.

[...]

ALLEGATO

| | |
|-----------------|--|
| Classe I | Aree particolarmente protette: rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc. |
|-----------------|--|

| | |
|-------------------|---|
| Classe II | <i>Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale: rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali e artigianali.</i> |
| Classe III | <i>Aree di tipo misto: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici</i> |
| Classe IV | <i>Aree di intensa attività umana: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie.</i> |
| Classe V | <i>Aree prevalentemente industriali: rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.</i> |
| Classe VI | <i>Aree esclusivamente industriali: rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.</i> |

Tabella 3.6 Classificazione del territorio comunale secondo il D.P.C.M. 14/11/1997.

| Classi di destinazione d'uso del territorio | Tempi di riferimento | |
|---|---------------------------|-----------------------------|
| | Diurno (06.00 – 22.00) | Notturmo (22.00 – 06.00) |
| I aree particolarmente protette | 45 | 35 |
| II aree prevalentemente residenziali | 50 | 40 |
| III aree di tipo misto | 55 | 45 |
| IV aree di intensa attività umana | 60 | 50 |
| V aree prevalentemente industriali | 65 | 55 |
| VI aree esclusivamente industriali | 65 | 65 |

Tabella 3.7 Valori limite di emissione Leq in dB (A) (D.P.C.M. 14/11/1997).

| Classi di destinazione d'uso del territorio | Tempi di riferimento | |
|---|---------------------------|-----------------------------|
| | Diurno (06.00 – 22.00) | Notturmo (22.00 – 06.00) |
| I aree particolarmente protette | 50 | 40 |
| II aree prevalentemente residenziali | 55 | 45 |
| III aree di tipo misto | 60 | 50 |
| IV aree di intensa attività umana | 65 | 55 |
| V aree prevalentemente industriali | 70 | 60 |
| VI aree esclusivamente industriali | 70 | 70 |

Tabella 3.8 Valori limite assoluti di immissione Leq in dB (A) (D.P.C.M. 14/11/1997).

| Classi di destinazione d'uso del territorio | Tempi di riferimento | |
|---|---------------------------|-----------------------------|
| | Diurno (06.00 – 22.00) | Notturmo (22.00 – 06.00) |
| I aree particolarmente protette | 47 | 37 |
| II aree prevalentemente residenziali | 52 | 42 |
| III aree di tipo misto | 57 | 47 |
| IV aree di intensa attività umana | 62 | 52 |
| V aree prevalentemente industriali | 67 | 57 |
| VI aree esclusivamente industriali | 70 | 70 |

Tabella 3.9 Valori di qualità Leq in dB (A) (D.P.C.M. 14/11/1997).

Il D.P.C.M. riporta la classificazione del territorio comunale alla quale i comuni devono adattarsi, così come esplicitamente richiesto nella Legge n°447/1995. Ciò serve più in generale a regolamentare gli insediamenti rumorosi e nello specifico a effettuare eventuali bonifiche acustiche di aree eccessivamente rumorose. Anche in tale norma è confermata la validità del “criterio differenziale” che permette di tutelare maggiormente gli ambienti abitati con limiti di 5 dB di giorno e 3 dB di notte.

3.7) D.P.C.M. del 05/dicembre/1997

“Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”

Il decreto regola i requisiti acustici degli edifici, ovvero l’isolamento acustico in opera di facciate, muri, solette e impianti prescrivendo limiti che le nuove costruzioni devono rispettare in base alla propria destinazione d’uso. Tutto ciò è finalizzato a fissare criteri e metodologie per il contenimento dell’inquinamento da rumore all’interno degli ambienti abitativi. Le tipologie di disturbo che tratta il D.P.C.M. sono tutte quelle che è possibile riscontrare in una unità abitativa, ovvero:

- a. rumori aerei provenienti dall’esterno;
- b. rumori aerei provenienti da ambienti confinati;
- c. rumori da calpestio;
- d. rumori da impianti a funzionamento continuo e discontinuo.

Il decreto è condensato in tre pagine, strutturato in quattro articoli e un allegato.

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.

[...]

Art. 2. - Definizioni.

1. - *Ai fini dell'applicazione del presente decreto gli ambienti abitativi [...] 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.*

[...]

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

- a. *il tempo di riverberazione (T), definito dalla norma ISO 3382: 1975;*
- b. *il potere fonoisolante apparente di elementi di separazione fra ambienti (R), definito dalla norma EN ISO 140-5: 1996;*
- c. *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 gradi 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:*

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

(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 dell'ambiente; in ogni caso, il valore minimo di n è cinque);

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

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

- d. il livello di rumore di calpestio di solai normalizzato (L_n) definito dalla norma EN ISO 140-6:1996;
- e. $L_{A\text{Smax}}$: livello massimo di pressione sonora ponderata A con costante di tempo slow;
- f. 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;
- 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;

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

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

| | |
|--------------------|---|
| 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 3.10 Classificazione degli ambienti abitativi (D.P.C.M. 05/12/1997).

| | Parametri (dB) | | | | |
|-------------------|----------------|---------------|------------|-------------|-----------|
| | R'_w (*) | $D_{2m,nT,w}$ | $L'_{n,w}$ | L_{ASmax} | L_{Aeq} |
| 1. D | 55 | 45 | 58 | 35 | 25 |
| 2. A, C | 50 | 40 | 63 | 35 | 35 |
| 3. E | 50 | 48 | 58 | 35 | 25 |
| 4. B, F, G | 50 | 42 | 55 | 35 | 35 |

(*) Valori di R'_w riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

Tabella 3.11 Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici.

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.

Prima di elencare le numerose problematiche e controversie che accompagnano il decreto, è utile sottolineare l'effetto positivo che tale norma ha introdotto nel mercato edilizio. Infatti, dal 1998 ad oggi, i produttori di componenti edilizi e di materiali hanno arricchito i propri prodotti con una serie di tecnologie innovative atte a soddisfare le nuove esigenze normative, correlate alle indicazioni per la corretta posa in opera. Allo stesso modo per progettisti e costruttori, si è reso necessario cominciare ad integrare alla progettazione architettonica, strutturale, energetica e impiantistica anche quella acustica contribuendo così a definire un prodotto edilizio di migliore qualità. Il D.P.C.M., fissando per la prima volta in maniera univoca dei limiti massimi da rispettare, può dunque considerarsi un documento di stimolo per il progresso del mercato immobiliare oltre che un primo passo per regolamentare la materia acustica in ambito civile.

Il testo, tuttavia, a causa della sua sinteticità, risulta in molte parti carente o incompleto, in particolar modo nella descrizione dei parametri acustici in gioco. A completamento del decreto si specificano e chiariscono alcuni simboli, indici ed abbreviazioni:

- la lettera "R" indica la *riduzione* del rumore trasmesso attraverso una muratura o un solaio, da non confondere con l'isolamento acustico della facciata;
- il pedice "w" (dall'inglese weighed = pesato) rappresenta l'*indice di valutazione*³ o valore unico per tutte le frequenze;
- l'apice " ' " significa *apparente* cioè comprensivo delle trasmissioni laterali che riducono il valore teorico di R della parete piuttosto che aumentano quello di L per il solaio (cioè senza trasmissioni laterali); in generale $R' \leq R$ e $L' \geq L$;
- il pedice "nT" significa *normalizzato* rispetto al tempo di riverberazione T, per tenere conto dell'effetto acustico dell'arredo che è estraneo al requisito dell'isolamento della facciata ma che è in grado di modificarne il comportamento. E' noto che un locale arredato con materiali fonoassorbenti (ad esempio tendaggi, poltrone, tappeti ecc..) è in grado di aumentare il valore dell'isolamento misurato in opera; al contrario lo stesso locale svuotato dal mobilio riduce l'isolamento. Normalizzando rispetto al tempo di riverberazione è possibile bypassare il problema, depurando la misurazione dell'isolamento dal diverso effetto dell'assorbimento;
- nella definizione del livello sonoro di calpestio dei solai $L_{n,w}$, il termine *normalizzato* significa che il livello sonoro L è prodotto dalla "macchina del calpestio"⁴ sul pavimento del locale sovrastante. Il pedice "n", invece, significa normalizzato rispetto all'assorbimento acustico (diverso dal tempo di riverberazione T), per tenere conto

³ Consultare norme UNI EN ISO 717-1 e 717-2 per definizione e determinazione dell'indice di valutazione.

⁴ Strumento in grado di produrre un rumore standardizzato tramite dei pesi, martelletti, da 0,5 Kg ciascuno che vengono lasciati cadere con frequenza di dieci colpi al secondo all'estradosso del solaio superiore all'ambiente in analisi.

- dell'effetto acustico dell'arredo che è estraneo al requisito del rumore di calpestio del solaio; con il pedice n è così possibile riferirsi ad un assorbimento acustico standard;
- il livello di pressione sonora per impianti a funzionamento discontinuo presenta tre pedici: "A", "S", "max". Il primo pedice indica la pesatura "A" di tutte le componenti nel campo delle frequenze, per tenere conto della diversa sensibilità dell'udito umano alle diverse frequenze, il pedice "S" deriva dalla costante di tempo "slow" cioè "lenta", infine il pedice "max" indica il valore massimo di livello sonoro presente nell'ambiente;
 - il livello di pressione sonora per impianti a funzionamento continuo presenta, oltre al pedice "A", il pedice "eq" che rappresenta il livello equivalente, cioè medio - logaritmico o medio - energetico.

I limiti di R'_w e $D_{2m,nT,w}$ sono minimi, al di sotto dei quali l'isolamento è insufficiente, mentre i limiti di $L'_{n,w}$, $L_{S_{max}}$ e L_{Aeq} sono massimi, al di sopra dei quali si è costruito in maniera errata.

Il decreto fa riferimento ad alcune normative per la definizione e la misurazione dei parametri che definiscono i requisiti acustici. Tali riferimenti sono risultati a loro volta incompleti o errati e ad oggi non più aggiornati. Si riporta in seguito la tabella con indicati i corretti riferimenti normative ai quali fare testo:

| Grandezze | Riferimenti normativi dati dal decreto | Riferimenti normativi corretti e aggiornati |
|--|--|---|
| Tempo di riverberazione T | ISO 3382 del 1975 | ISO 3382 – 1997 e UNI ISO 354 - 1989 |
| Potere fonoisolante apparente R' | EN ISO 140 – 5 del 1996 | UNI EN ISO 140 – 4 : 2000 |
| Isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT}$ | Nessun rifer. norm. | UNI EN ISO 140 – 5 : 2000 |
| Livello normalizzato di rumore di calpestio L'_n | EN ISO 140 – 6 del 1996 | UNI EN ISO 140 – 7 : 2000 |
| Indice di valutazione R'_w | UNI 8270 – 7 del 1987 | UNI EN ISO 717 – 1 : 1997 |
| Indice di valutazione $D_{2m,nT,w}$ | Nessun rifer. norm. | UNI EN ISO 717 – 1 : 1997 |
| Indice di valutazione $L'_{n,w}$ | UNI 8270 – 7 del 1987 | UNI EN ISO 717 – 2 : 1997 |

Tabella 3.12 Riferimenti normativi relativi alla definizione dei requisiti acustici.

Oltre ad aspetti formali di incompletezza o imprecisione, il decreto presenta anche una serie di carenze e criticità da un punto di vista strutturale e applicativo.

Innanzitutto è necessario chiarire il titolo del decreto, "requisiti acustici passivi", in cui l'aggettivo "passivo" è improprio e fuorviante. Il controllo del rumore, in generale, può essere attivo o passivo. Il controllo passivo è quello tradizionale che consiste o nell'assorbire le onde sonore con materiali fonoassorbenti (per es. fibre di vetro, lana di roccia ecc..) oppure nel riflettere verso la sorgente con materiali fonoisolanti (come pareti doppie con intercapedine e in generale sistemi monostrato o multistrato massivi). Esistono anche materiali vibroassorbenti, come i fogli ardesiati antirombo per lamiera, o vibro-isolanti come le gomme, in particolare il neoprene, oppure le tradizionali molle. Il controllo passivo viene realizzato anche nel campo impiantistico come, nel caso di impianti di ventilazione, in cui si realizzano

silenziatori formati da materiali fonoassorbenti che ricoprono le superfici interne delle canalizzazioni oppure formano setti paralleli nelle canalizzazioni stesse. Tutti i sistemi finora elencati sono molto efficaci alle alte frequenze e perdono di prestazione alle basse frequenze e ciò che li caratterizza è il fatto che nessuno di essi introduce energia sonora nel sistema.

Per controllo attivo si intende quel processo atto ad elidere un suono non desiderato sovrapponendogli un'altro suono con forma d'onda opposta, cioè in contrapposizione di fase. Al contrario del caso precedente, l'aggettivo attivo deriva dal fatto che si introduce direttamente energia nel sistema, e tutto ciò funziona molto bene alle basse frequenze. Questo processo è spesso utilizzato negli aereoplani dove, la scarsa massa del velivolo spesso non riesce ad intercettare i suoni in bassa frequenza provocati dai reattori e quindi si riduce il livello sonoro interno producendo onde acustiche in controfase.

Da quanto detto si evince che risulta improprio utilizzare il termine "passivo" nel D.P.C.M. in quanto gli impianti di scarico, l'impianto idrico-sanitario, l'impianto di elevazione ecc., per loro natura producono rumore introducendo energia sonora; così facendo si comportano da sorgenti sonore presentando un comportamento acustico "attivo".

Sempre per quanto riguarda gli impianti, all'interno del decreto, il limite per il livello continuo equivalente di pressione sonora L_{Aeq} viene indicato, nella tabella B dell'allegato A, come variabile in funzione della destinazione d'uso dell'edificio, e può arrivare fino al valore di 35 dB, successivamente, in un passaggio del testo della norma, viene specificato che il limite massimo è in ogni caso di 25 dB. In merito a tale punto sono stati pubblicati tre chiarimenti ministeriali⁵ che risultano essere in contraddizione tra di loro e fissano rispettivamente i seguenti valori limite:

- 25 dB, secondo il chiarimento ministeriale del 1999;
- 35 dB, secondo il chiarimento ministeriale del 2004;
- 25 dB, secondo il chiarimento ministeriale del 2010;

In attesa di un chiarimento definitivo su tale aspetto, è compito degli enti locali, nella definizione dei regolamenti edilizi comunali, laddove siano presenti, interpretare la norma e scegliere il criterio più corretto da adottare.

Un'altra considerazione riguardante gli impianti tecnici nel D.P.C.M. è la mancanza di una specifica su come si debbano effettuare le misurazioni in opera. Anche su questo punto sono stati emanati dei chiarimenti ministeriali in disaccordo tra loro anche se quello che si evince è che, in linea di massima, i criteri del decreto, in merito agli impianti, non si applicano a locali adiacenti appartenenti alla stessa unità immobiliare, in quanto le disposizioni si intendono riferite a unità immobiliari differenti.

L'ultima considerazione relativa alla verifica degli impianti riguarda il fatto che i parametri descrittivi dei livelli di rumore non tengono in conto del tempo di riverberazione dei locali oggetto di indagine. Come è stato spiegato in precedenza tale aspetto non è trascurabile poiché è in grado di modificare nettamente i valori finali.

⁵ Per i chiarimenti consultare il sito: www.ingegneriale.com nella sezione "chiarimenti ministeriali".

Esistono poi elementi critici inerenti alle grandezze di riferimento per la valutazione dei requisiti acustici dei componenti edilizi.

Per quanto riguarda il potere fonoisolante R'_w il D.P.C.M., nell'allegato A, indica debba essere calcolato tra unità immobiliari distinte; tuttavia tale precisazione non è sempre sufficiente a chiarire l'ambito di applicazione del decreto anche perché diversa può essere l'interpretazione sul significato di unità immobiliare. Il D.M. n°28 del 02/gennaio/1998 Art.2 definisce: *"L'unità immobiliare è costituita da una porzione di fabbricato, o da un insieme di fabbricati ovvero da un'area che, nello stato in cui si trova e secondo l'uso locale, presenta potenzialità di autonomia funzionale e reddituale"*. Quanto detto escluderebbe dunque le pareti divisorie tra appartamenti e vano scala oppure tra camere adiacenti di ospedali o tra aule scolastiche.

Per il requisito dell'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$ la criticità è ancora più marcata. Nel calcolo di tale parametro non viene preso in considerazione dalla normativa il clima acustico nel quale si inserisce il costruito. E' intuibile che, realizzare un edificio su una tangenziale piuttosto che in mezzo a una campagna, da un punto di vista del disturbo acustico, è fortemente differente. Ragione per cui il decreto avrebbe potuto richiedere livelli di isolamento di facciata differenti a seconda della localizzazione dell'immobile considerando la classificazione del territorio così come riportata l'allegato del D.P.C.M. 14/novembre /1997.

Il testo della norma risulta poco convincente anche nel trattare il rumore di calpestio nei solai, $L_{n,w}$, in quanto richiede prestazioni migliori per gli uffici o per le attività commerciali, che sono potenzialmente più disturbate rispetto a scuole, ospedali, strutture alberghiere o residenze. Inoltre il D.P.C.M. non specifica se il solaio che deve rispettare il requisito limite è solo tra unità abitative distinte oppure anche nella stessa residenza. Infine non sono regolamentati alcuni casi specifici come terrazzi su zone abitate, coperture calpestabili piane e ancora il caso di rumore proveniente dalle parti comuni nelle residenze multiple.

Altre criticità del D.P.C.M. sono inerenti al campo di applicabilità del decreto stesso; il problema è sia per gli edifici nuovi che per le ristrutturazioni avvenute dopo l'entrata in vigore della legge. Nel caso di nuovi immobili, la legge richiede il rispetto dei requisiti in opera senza dettare obblighi di verifica in fase progettuale (di tale aspetto se ne sarebbe dovuto occupare un decreto ad hoc così come prescritto dalla già citata Legge n°447/1995 Art.3, comma 1, lettera f, e che non è mai stato emanato). Ragione per cui il D.P.C.M. e le sue prescrizioni possono essere definite sostanziali e non formali. Il decreto non obbliga nemmeno a svolgere le prove acustiche di collaudo in opera, però la legge italiana, tramite il testo unico sull'edilizia, richiede che, a lavori ultimati, il direttore lavori e l'impresa esecutrice dichiarino il rispetto dell'edificio agli obblighi di legge per ottenere il certificato di agibilità, e quindi anche il rispetto del D.P.C.M. Si capisce così come il collaudo acustico dei requisiti prescritti dal decreto, pur non essendo obbligatorio, è necessario al direttore lavori per essere certo di aver adempiuto agli obblighi di legge; non è infatti possibile, senza aver effettuato le opportune verifiche, sapere con certezza di aver raggiunto i livelli di isolamento richiesti a causa dell'elevata aleatorietà legata al difficilissimo controllo della corretta esecuzione del manufatto edilizio. Nonostante ciò, ad oggi, molte imprese non effettuano le prove in opera a fine lavori affidandosi ai valori previsti in fase di progettazione. Questo è il motivo per cui, gran parte del

patrimonio edilizio, dal 1998 ad oggi non rispetta i requisiti del decreto. Qualora invece si effettuassero le prove di collaudo è bene specificare che la verifica dei requisiti acustici effettuata in un locale non è valida per gli altri locali non testati e non ha dunque validità legale. Per questo motivo la verifica in opera andrebbe svolta su tutti gli elementi tecnici per avere la garanzia di rispettare le richieste del D.P.C.M. ed essere nel giusto qualora avvenisse qualche controversia tra costruttore e acquirente; in tal modo però il numero di prove da effettuare diventerebbe molto elevato causando costi eccessivi, per il solo collaudo acustico, forse poco sostenibili per l'impresa costruttrice.

Nel caso di ristrutturazioni edilizie vi è ancora più confusione nel mercato immobiliare. Il decreto, come si è potuto constatare non specifica nulla, ragione per cui anche su tale tema sono stati emanati dei chiarimenti ministeriali. In particolare quello inviato al comune di Genova⁵ il 09/marzo/1999 specifica che il D.P.C.M. si applica solo in casi di ristrutturazione totale e per l'installazione di nuovi impianti tecnologici.

Anche in questo caso le regioni o i comuni possono legiferare per fare chiarezza sull'argomento; la regione Lombardia, per esempio, con la legge regionale n°13 del 2001 Art.7, stabilisce che gli interventi su abitazioni esistenti devono essere corredate dalla dichiarazione del progettista che attesti il rispetto del D.P.C.M. quando gli interventi ne modifichino le caratteristiche acustiche (per esempio nel caso di rifacimento di pavimentazioni con demolizione del sottofondo, oppure per la sostituzione dei serramenti ecc..). Rimangono in ogni caso dubbi da parte dei professionisti sul tema dell'applicabilità del decreto in caso di ristrutturazioni a causa della mancata emanazione della legge inerente alla progettazione, l'esecuzione e la ristrutturazione delle costruzioni edilizie ai fini della tutela dell'inquinamento acustico così come richiesto dalla Legge n°447/1995.

Nella normativa non viene fatta nessuna osservazione sull'incertezza delle misurazioni in opera e sulle tolleranze che potrebbero alterare i risultati finali. Questo tema risulta comunque di difficile gestione poiché è molto complicato avere un controllo di tutti i parametri durante le misurazioni; per questo motivo non è sufficiente un decreto come il D.P.C.M. per affrontare il problema. Esistono diverse tipologie di errori: quelli effettuati da tecnici, durante le misure, che sono poco prevedibili e difficilmente controllabili, quelli causati da imprecise tarature delle apparecchiature⁶ stesse (ogni strumento ha almeno un grado di regolazione e una tolleranza su ciascuna misura rilevata) e infine le numerosissime variabilità di condizioni in opera. Per esempio, la semplice variazione della percentuale di umidità o del grado di temperatura tra una misura e un'altra potrebbero far variare, sebbene di poco, i risultati finali. Il decreto non introduce alcun margine sui valori limite di legge, tuttavia nella maggior parte dei casi le misurazioni sono molto prossime a tale valore limite, così che un errore qualsiasi di quelli elencati potrebbe invalidare la verifica di un componente edilizio.

Un altro aspetto controverso è il recepimento del D.P.C.M. da parte dei diversi organismi statali. Il primo ente che dovrebbe recepire il decreto, tramite lo strumento dei regolamenti

⁶ Il Decreto del Ministero dell'Ambiente del 16/marzo/1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico", riprendendo la classificazione degli strumenti di misura fissata dalle normative europee (EN 60651/1994 e EN 60804/1994) su una scala da 0 a 3, stabilisce che tutte le rilevazioni acustiche devono essere effettuate con strumenti in classe 1, che rappresenta la classe più precisa per gli strumenti portatili. Tale prescrizione è finalizzata a rendere univoci i rilevamenti.

edilizi, è il comune. Spesso accade che i comuni più piccoli, e in Italia sono molti quelli con meno di mille abitanti, non sono in grado di gestire l'elaborazione di tali documenti e per questo motivo le provincie e soprattutto le regioni dovrebbero occuparsi di redigere i regolamenti-tipo edilizi e d'igiene con indicato, fra l'altro, il recepimento del D.P.C.M. Le regioni, anche su questo tema, non si sono uniformate e hanno adottato differenti soluzioni. Le regioni più virtuose come l'Emilia Romagna, nel regolamento edilizio comunale tipo hanno

inserito i requisiti di qualità acustica, altre come l'Umbria e le Marche si sono limitate a richiamare l'obbligo dei requisiti del D.P.C.M., altre ancora, meno virtuose, non hanno alcun richiamo ai requisiti acustici. In ogni caso il progettista deve sempre avere a mente che una legge nazionale prevale sui regolamenti regionali e comunali motivo per cui è sempre a tali testi che occorre fare riferimento. Tuttavia è possibile, anche in questa circostanza, constatare come differenti enti, in grado di legiferare autonomamente, possano creare situazione di confusione. E' infatti possibile trovare comuni i cui regolamenti edilizi sono meno restrittivi del D.P.C.M. fissando valori meno severi da rispettare, per esempio il comune di Corbetta (MI), che stabilisce valori più permissive sulle pareti esterne e introduce l'obbligo di isolamenti minimi sui divisori interni alle unità abitative, oppure casi in cui i comuni sono più restrittivi, come il comune di Bresso (MI), che richiede di ridurre i limiti del D.P.C.M. del 5%. In ogni caso, è bene ricordare che le regioni e gli enti locali, per il rilascio del permesso di costruire, possono prescrivere limiti più severi del D.P.C.M. ma non possono accettare limiti più permissivi.

La norma in analisi è molto evasiva anche nella definizione delle competenze professionali. In particolare, non obbligando a effettuare le prove in opera, non specifica nemmeno chi le debba eseguire. Per risolvere questo aspetto si fa riferimento alla solita legge 447/1995 che negli articoli 6, 7 e 8 definisce la figura del tecnico competente in acustica ambientale e ne individua ruolo e qualifica.

Il decreto non fa nessun riferimento a possibili sanzioni alle quali potrebbero incorrere progettisti, costruttori e direttore lavori nel momento in cui venisse rilevato il mancato adempimento normativo. Come si può intuire l'argomento è molto delicato poiché, qualora si effettuassero le prove a fine lavori e queste non tornassero, non è chiaro come si dovrebbe comportare il costruttore. Vero è che la responsabilità è dell'impresa costruttrice stessa, oltre che del direttore lavori e del committente, però, come già detto, la supervisione completa delle lavorazioni in opera è una variabile di difficilissimo controllo e gestione. Sicuro è che, una volta attestato il non rispetto dei requisiti, l'immobile perde di valore sul mercato perché non in grado di rispettare i requisiti minimi di comfort interni. Sarebbe da valutare l'ipotesi che la norma, riscontrata l'irregolarità, obblighi il costruttore a mettere di nuovo mano al manufatto edilizio. Tuttavia nella maggior parte dei casi è molto difficile, se non impossibile con costi ragionevoli, intervenire sull'edificio a lavori ultimati per correggerne i difetti acustici.

Per tutte le motivazioni elencate dopo l'entrata in vigore del D.P.C.M. i controlli sugli edifici non son in buona sostanza mai avvenuti e tutto è rimasto tacito fino a che, nel 2007, a seguito di una sentenza⁷ del tribunale di Torino, che ha obbligato il costruttore a indennizzare

⁷ Sentenza n°2715/07

l'acquirente per un difetto di progettazione e/o costruzione in merito al livello da calpestio della soletta del piano superiore, si sono aperte una lunga serie di cause tra venditori di immobili e acquirenti per mancato rispetto del D.P.C.M. stesso.

E' superfluo fare notare l'esigenza di una corposa integrazione al D.P.C.M. per chiarire le controversie riportate in precedenza e per definire tutti gli aspetti legali correlati a possibili disattese dei requisiti acustici passivi.

3.8) Legge n°88 del 07/luglio/2009

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

Si tratta di una legge attuativa della direttiva europea che fa recepire all'Italia alcuni obblighi comunitari su molteplici temi. Nell'articolo 11, in particolare, si affronta il tema dell'inquinamento acustico introducendo delle novità che hanno contribuito a incrementare confusione tra i professionisti del settore edilizio.

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 [...] 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, [...].

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, [...].

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, [...].

[...]

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.

[...]

Un primo aspetto da sottolineare è il fatto che la Legge n°88/2009 non abroga in alcun modo il D.P.C.M. che quindi è ancora vigente ed è l'unico testo normativo a cui fare riferimento per la progettazione e l'esecuzione dell'opera fino alla sua esplicita abrogazione o sostituzione. Quanto detto è vero anche nel momento in cui la Legge n°88 specifica che *“la disciplina non trova applicazione nei rapporti tra privati”* oltre al fatto che restano in vigore i rapporti tra costruttore e pubblica amministrazione. Infatti i Comuni e le Regioni, nei regolamenti edilizi, devono sempre richiedere il rispetto dei limiti del D.P.C.M. per il rilascio del permesso di costruire o del certificato di agibilità. Quello che si limita a fare la norma è escludere la responsabilità dei costruttori, venditori di immobili e dei professionisti che non hanno rispettato la normative dei requisiti acustici. Ad ogni modo la non applicazione del D.P.C.M. nei rapporti tra privati è temporanea sino all'emanazione dei decreti legislativi che il governo su delega del parlamento dovrà emanare, con termine massimo previsto di sei mesi. Inoltre la legge non è retroattiva in quanto specifica che l'articolo 5 è valido successivamente alla data di entrata in vigore della legge stessa. Infine si sottolinea che il termine *“sorti”* deve verosimilmente riferirsi ai rapporti tra costruttori-venditori e gli acquirenti e non si riferisce agli immobili; sarebbe infatti complicato stabilire con precisione quando è sorto l'immobile in questione. Va comunque evidenziato come la norma in esame, nonostante abbia la nobile finalità di rivedere e aggiornare l'attuale legislazione nazionale sui temi di inquinamento acustico, abbia incrementato la confusione nel campo dei requisiti acustici degli edifici per il periodo di transizione, fino all'emanazione di nuovi decreti.

3.9) Legge n°96 del 12/maggio/2010

“Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee – Legge comunitaria 2009”

Successivamente alla Legge n°88 del 2009 è stata emanata la Legge n°96 che ha sempre la finalità di adempire ad obblighi fissati dalla comunità europea. Nell'articolo 15 viene trattato nuovamente il tema dell'inquinamento acustico con un tentativo di chiarimento e interpretazione della Legge n°88/2009.

Art.15. – Modifiche dell'articolo 1 della Legge 7 luglio 2009, n°88, in materia di inquinamento acustico.

1. – All'articolo 11 della legge 7 luglio 2009, n°88, sono apportate le seguenti modifiche:
a) al comma 1, le parole: *“sei mesi”* sono sostituite dalle seguenti: *“dodici mesi”*; b) al comma 2, lettera b), le parole: *“progettazione, esecuzione e ristrutturazione delle costruzioni edilizie e delle infrastrutture dei trasporti nonché”* sono soppresse; c) il comma 5 è sostituito dal seguente: *“5. In attesa dell'emanazione dei decreti legislativi di cui al comma 1, l'articolo3, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n°447, si interpreta nel senso che la disciplina relativa ai requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti non trova applicazione nei rapporti tra privati e, in particolare, nei rapporti tra costruttori-venditori e acquirenti di alloggi, fermi restando gli effetti derivanti da procedure giudiziali passate in giudicato e la corretta esecuzione dei lavori a regola d'arte asseverata da un tecnico abilitato”*;

[...]

La legge innanzitutto proroga il termine massimo per emanare il decreto legislativo, atto a regolamentare la materia acustica, di altri sei mesi, ovvero fino al luglio 2010, in quanto a distanza di un anno dal precedente decreto non era ancora stato emanato nessun riordine. In secondo luogo, con la soppressione dei termini “*progettazione, esecuzione e ristrutturazione delle costruzioni edilizie*” significa che, ancora una volta si è evitato di affrontare il problema della regolamentazione delle metodologie progettuali ed esecutive per ottenere i requisiti acustici in opera, così come richiesto in modo esplicito dalla Legge n°447/1995, Art.3, comma 1, lettera f. La correzione del comma 5, infine, invece che chiarire quanto introdotto dalla Legge n°88/2009 complica ulteriormente il problema poiché introduce la variabile della corretta esecuzione secondo la “regola dell’arte”. Infatti la norma non specifica cosa debba intendersi con riferimento ai requisiti acustici passivi, per “regola dell’arte”. Non esiste ad oggi una definizione normativa specifica di tale tematica; tuttavia nella tecnica è da intendersi come l’insieme di modalità operative attinenti a prassi e prescrizioni (diligenza, prudenza, perizia e osservanza di leggi, regolamenti, ordini o discipline) o soluzioni tecniche che soddisfano in termini di economicità accettabile lo “stato dell’arte” (confronta capitolo successivo).

Nonostante sia stato prolungato di altri sei mesi il termine ultimo per l’emanazione di una legge atta a regolamentare l’attività, ad oggi nulla è stato fatto. Pertanto essendo scaduto il termine, eventuali futuri decreti sarebbero viziati da eccesso di delega⁸ e come tali suscettibili di valutazioni da parte della Corte Costituzionale per la loro inefficacia. Non essendo ragionevole una sospensione senza termine e non essendo possibile oggi una legittima emanazione dei decreti legislativi, per quanto detto sopra, si deve concludere che il comma 1 e 5 dell’art.11 della Legge n°88/2009 non dovrebbero avere più forza cogente nel nostro sistema giuridico. In aggiunta, nell’ipotesi di una attuale validità del comma 5, come ad oggi modificato, è bene chiedersi quali potrebbero essere gli effetti sulle cause già pendenti tese a far accertare la responsabilità dei venditori-costruttori per non aver rispettato i requisiti fissati dal D.P.C.M. Il giudice, in attesa dell’emanazione di questi futuri decreti legislativi dovrebbe sospendere la causa a tempo indeterminato, violando così i diritti del cittadino ad un processo che duri un lasso temporale ragionevole?

3.10) Legge n°70 del 13/maggio/2011

“Prime disposizioni urgenti per l’economia”

Art.5. – Costruzioni private.

1. – All’articolo 11 della legge 7 luglio 2009, n°88, sono apportate le seguenti modifiche:

⁸ L’eccesso di delega è un vizio di incostituzionalità dei decreti legislativi. L’art.76 della costituzione prevede che il governo possa emanare questi decreti su delega del parlamento. Spesso capita che il governo non si attenga ai principi e criteri direttivi previsti dalla legge di delegazione: si verifica il così detto eccesso di delega e la norma emanata dal governo è affetta da illegittimità costituzionale.

[...]

e) per gli edifici adibiti a civile abitazione l' "autocertificazione" asseverata da un tecnico abilitato sostituisce la cosiddetta relazione "acustica";

[...]

5.- *Per semplificare il procedimento per il rilascio del permesso di costruire relativamente agli edifici adibiti a civile abitazione, alla Legge 26 ottobre 1995, n. 447, all'articolo 8, dopo il comma 3, e' aggiunto il seguente:*

"3-bis. Nei comuni che hanno proceduto al coordinamento degli strumenti urbanistici di cui alla lettera b), comma 1, dell'articolo 6, per gli edifici adibiti a civile abitazione, ai fini dell'esercizio dell'attività edilizia ovvero del rilascio del permesso di costruire, la relazione acustica e' sostituita da una autocertificazione del tecnico abilitato che attesti il rispetto dei requisiti di protezione acustica in relazione alla zonizzazione acustica di riferimento".

[...]

La disposizione di legge non è chiara perché non si capisce cosa si intenda per "autocertificazione", e neppure per "relazione acustica". Tuttavia è possibile interpretare l'autocertificazione come la relazione del tecnico competente redatta dallo stesso senza effettuare le indagini fonometriche in opera. Anche se non è chiaro come il tecnico, senza le opportune verifiche strumentali, possa sottoscrivere il rispetto di taluni limiti che lo potrebbero esporre a critiche. Per relazione acustica è plausibile intendere la relazione di clima acustico in quanto si fa esplicito riferimento alla Legge n°447/1995 art.8 che tratta appunto il clima acustico e che consiste nell'effettuare le misurazioni fonometriche nel luogo in esame per poi confrontarle con i limiti di zona della classificazione acustica municipale. Con la definizione di tecnico abilitato, infine, si intende il consueto "tecnico competente in acustica ambientale", poiché dovendo effettuare la valutazione del clima acustico, dovrà averne i requisiti fissati dalla solita Legge n°447/1995.

3.11) Lo stato dell'arte

Come osservato in precedenza, la Legge n°26 del 12/maggio/2010 art.15 introduce in modo diretto, nel settore dell'acustica, il concetto di "corretta esecuzione dei lavori secondo la regola dell'arte"; ma a cosa ci si riferisce quando si cita questo aspetto? Ovvero cos'è la "regola dell'arte"? E come si giudica se un lavoro è eseguito secondo la "regola dell'arte" o meno? Tale definizione risale al tempo delle Corporazioni⁹ che elaboravano regolamenti molto dettagliati su come eseguire una lavorazione, al fine di garantire la qualità del prodotto o del servizio finale. In particolare, il termine "Arte" era utilizzato in riferimento alla categoria professionale cui apparteneva il soggetto che doveva osservare la "regola". Ad oggi non esistono specifiche definizioni normative atte a definirne il significato poiché tale definizione non conduce a

⁹ Le Corporazioni delle arti e dei mestieri nate a partire dal XII secolo in Italia e in Europa per regolamentare e tutelare le attività degli appartenenti ad una stessa categoria professionale.

nessun parametro tecnico e operativo oggettivo bensì la sua valenza è particolarmente soggettiva. Da un punto di vista tecnico-legale la definizione di regola dell'arte è spesso utilizzata dai giudici. Esistono infatti delle sentenze della Cassazione Civile che si sono pronunciate su questo tema, in particolare in una sentenza del 1956¹⁰ si specifica che: “[...] *Rientrano nel concetto di buona esecuzione dell'opera, cioè di esecuzione a regola d'arte, non solo i criteri generali della tecnica per il dato genere di lavoro, bensì quei pregi di estetica e di forma che sono stati presi in considerazione nel contratto o che si desumono dagli scopi cui normalmente l'opera serve o deve servire. Le regole dell'arte non vanno intese in modo assoluto e con portata invariabile. Esse devono adeguarsi alle esigenze e agli scopi cui l'opera è destinata secondo la sua funzione tipica, o a quegli altri risultati che siano stati menzionati e posti nel contratto come elementi rilevanti [...]*”.

La pronuncia della Cassazione che *“le regole d'arte non vanno intese in modo assoluto e con portata invariabile”* rivela il fatto che le regole d'arte sono in continua evoluzione con il progresso dello “stato dell'arte” basato sullo sviluppo di tecnologie e materiali con la finalità di adattarsi alle richieste sociali e culturali della società. Ovvero la regola dell'arte può intendersi come l'insieme delle scelte adottate per la realizzazione del manufatto edilizio riconducibili allo stato dell'arte.

A questo punto ci si chiede cosa sia lo “stato dell'arte” e per darne una definizione appropriata si fa riferimento alla norma UNI CEI EN 45020 del 2006 *“Normazione e attività connesse - vocabolario generale”* che al punto 1.4 identifica lo stato dell'arte come: *“lo stadio dello sviluppo raggiunto in un determinato momento dalle capacità tecniche relative ai prodotti, processi o servizi basato su scoperte scientifiche, tecnologiche e sperimentali pertinenti”*.

Tramite specifiche tecniche, norme e regole tecniche, delle quali esistono definizioni ben precise, è possibile individuare, in un determinato momento, la massima espressione della disciplina in analisi ovvero lo stato dell'arte. Per specifica tecnica si intende il documento atto a specificare le modalità mediante le quali sia possibile accertare se i requisiti prescritti sono stati soddisfatti; per esempio la specifica tecnica deve essere indicata nei capitolati, tra le parti che stipulano un contratto, così da prescrivere i requisiti che gli elementi costruttivi devono possedere. Le norme tecniche sono approvate da un organismo riconosciuto e si basano su comprovati risultati scientifici. Il loro compito è quello di fornire regole, linee guida e caratteristiche principali relativamente a specifiche attività così da ottenere il miglior risultato in un determinato contesto (in acustica sono diverse, a partire dalla serie UNI EN ISO 140 per le procedure di misurazione in opera, alle UNI EN 12354 e UNI/TR 11175 per la progettazione, fino alla nuova UNI 11367 per la classificazione acustica degli edifici). Le regole tecniche, infine, sono emanate da autorità come il Parlamento, il Governo, le Regioni o i Comuni, che hanno potere legislativo, e fanno rimando direttamente, o tramite riferimenti, a specifiche tecniche e a norme riconosciute. La loro osservanza è dunque obbligatoria. Come visto in precedenza, nell'acustica edilizia italiana la regola tecnica è principalmente costituita dai decreti attuativi della Legge n°447/1995, in particolare il D.P.C.M. del 5/dicembre/1997 per ottenere dal

¹⁰ Sentenza della Cassazione Civile, sezione 1^a, 6/marzo/1956.

Comune il permesso di costruire prima e l'agibilità poi, al termine dei lavori. Le regole tecniche utilizzate come riferimento possono essere diverse oltre a quelle italiane. Nello specifico si può fare riferimento alla letteratura tecnica di altri paesi che presentano uno stato dell'arte più avanzato. Questo complica il quadro generale poiché, in sede giudiziaria, possono nascere controversie relativamente alla legittimità del riferimento a una regola tecnica piuttosto che a un'altra.

In una sentenza della Cassazione Civile del 2006¹¹ si aggiunge, inoltre, alla definizione di regola dell'arte che: *“In tema di contratto di appalto, l'appaltatore è tenuto a realizzare l'opera a regola dell'arte [...] nell'adeguato sforzo tecnico [...] volto all'adempimento della prestazione dovuta ed al soddisfacimento dell'interesse creditorio, nonché ad evitare possibili eventi dannosi”*. Tramite ciò si richiede all'impresa costruttrice la realizzazione di un manufatto edilizio esente da vizi e difetti che possono arrecare danno all'acquirente in quanto non gli garantiscono i minimi standard acustici.

In conclusione, per realizzare un'opera a regola d'arte, è necessario eseguire una qualsiasi lavorazione secondo lo stato dell'arte più aggiornato, rispettando come minimo le regole tecniche, vigenti in Italia o nella Comunità Europea, che richiamano le norme e soddisfano tutte le specifiche tecniche presenti nei capitolati che devono essere i più chiari e dettagliati possibili.

¹¹ Sentenza della Cassazione Civile, sezione 3^a, 31/maggio/2006 n°12995.

4) La normativa tecnica

Si riporta lo schema con le principali norme tecniche atte a regolamentare il tema acustico in edilizia. Si nota come il corpo normativo è molto complesso e per cercare di rendere più semplice la lettura si suddividono le norme per i prodotti, da quelle per la progettazione e quelle per il collaudo in opera come segue:

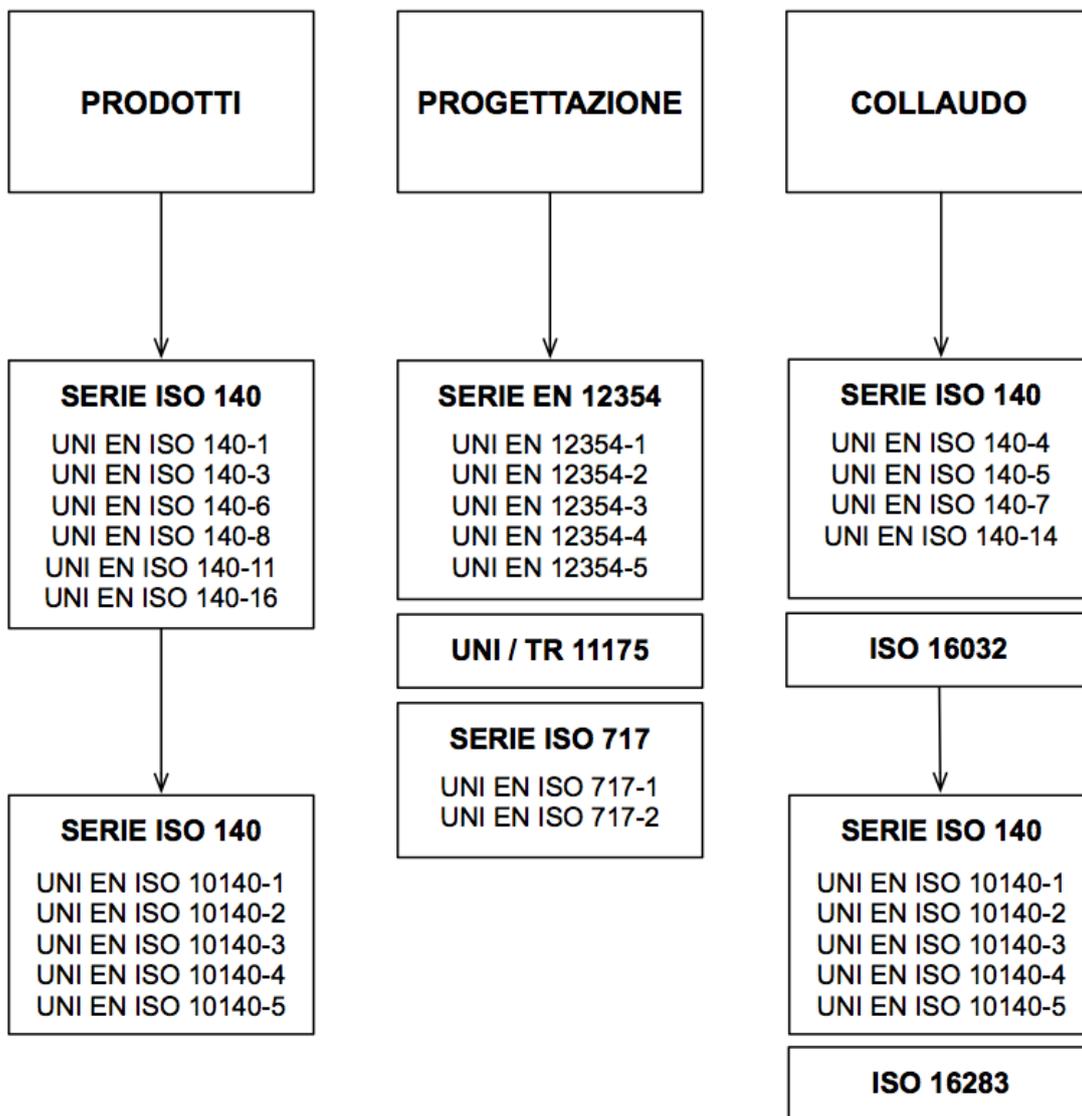


Figura 4.1 Quadro riassuntivo norme tecniche in materia di acustica.

4.1) Norme tecniche di prodotto

La serie ISO 140 è intitolata “Misurazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edifici”; le parti 1, 3, 6, 8, recepite dall’ente di unificazione italiano, trattano le misurazioni in laboratorio. In particolare:

- a. UNI EN ISO 140 – 1: Etichette e dichiarazioni ambientali;
- b. UNI EN ISO 140 – 3: Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio;
- c. UNI EN ISO 140 – 6: Misurazione in laboratorio dell'isolamento dai rumori di calpestio di solai;
- d. UNI EN ISO 140 – 8: Misurazione in laboratorio della riduzione del rumore di calpestio trasmesso da rivestimenti di pavimentazioni su un solaio pesante normalizzato;
- e. UNI EN ISO 140 – 11: Misurazione in laboratorio della riduzione del rumore di calpestio trasmesso da rivestimenti di pavimentazioni su un solaio leggero normalizzato;
- f. UNI EN ISO 140 – 16: Misurazione in laboratorio dell'incremento del potere fonoisolante mediante rivestimento aggiuntivo.

Queste norme sono state ritirate dal mercato, sostituite dalla serie ISO 10140; le parti 1, 2, 3, 4, 5 sono state recepite dalla UNI:

- g. UNI EN ISO 10140 – 1: Regole di applicazione per prodotti particolari;
- h. UNI EN ISO 10140 – 2: Misurazione dell'isolamento acustico per via aerea;
- i. UNI EN ISO 10140 – 3: Misurazione dell'isolamento del rumore da calpestio;
- j. UNI EN ISO 10140 – 4: Procedure e requisiti di misurazione;
- k. UNI EN ISO 10140 – 5: Requisiti per le apparecchiature e le strutture di prova.

Le nuove norme sui prodotti, entrate in vigore il 21 ottobre 2010, sono nate con l'intento di risolvere i conflitti e le contraddizioni interne sui requisiti e le procedure di prova e sulle caratteristiche dei laboratori (dimensioni degli ambienti di prova e tolleranze dimensionali, caratteristiche dell'apertura di montaggio, ecc.), il tutto finalizzato a una maggiore chiarezza nei rapporti di prova e nella documentazione tecnica dei produttori di elementi edilizi. Le nuove norme tengono conto dell'evoluzione in campo metrologico¹² e dell'innovazione nelle tecniche di misura. Il metodo di prova indicato in questa serie di norme è identico al precedente e di conseguenza i dati ottenuti con le vecchie procedure sono ancora validi.

4.2) Norme tecniche di progettazione

La serie di norme a cui fare riferimento in fase di progettazione è la UNI EN 12354 "Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti". La serie è in vigore dal 2000 ed è suddivisa in:

- a. UNI EN 12354 – 1: Isolamento al rumore per via aerea tra ambienti;
- b. UNI EN 12354 – 2: Isolamento acustico al calpestio tra ambienti;
- c. UNI EN 12354 – 3: Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea;
- d. UNI EN 12354 – 4: Trasmissione del rumore dall'interno all'esterno;
- e. UNI EN 12354 – 5: Livelli sonori dovuti agli impianti tecnici.

Innanzitutto, per quanto riguarda l'applicabilità del modello di calcolo, è necessario tenere conto che l'ipotesi di base della teoria è quella dell'analisi energetico - statistica per cui si ipotizza la distribuzione uniforme dell'energia sonora nei due ambienti interessati. Dunque il

¹² La metrologia è quella scienza che si occupa delle misurazioni e delle sue applicazioni considerando le possibili incertezze di misura.

modello di calcolo è verosimile per ambienti di dimensione non eccessiva come quelli tipici dell'edilizia residenziale.

Le norme sulla progettazione trattano al loro interno due metodi di previsione acustica differenti. Il modello "dettagliato" che effettua la simulazione con i valori dei parametri descrittivi in bande di frequenza (bande in terzo di ottava o di ottava), e un modello "semplificato" che calcola le prestazioni degli edifici attraverso gli indici di valutazione (ottenuti in accordo con le norme UNI EN ISO 717). Il modello semplificato, di più semplice applicazione, ha il difetto che, rappresentando tutti i valori in un unico termine ponderato, è poco rappresentativo rispetto a un modello che effettua un'analisi spettrale poiché rischia di nascondere possibili debolezze di un elemento tecnico a determinate frequenze. Eloquentemente è il caso riportato in seguito.

Parete a cassa vuota composta da un doppio corso di tramezze in laterizio ($F/A=63\%$) sp. 8 cm ciascuno e con intercapedine di sp. 5 cm completamente riempita da isolante in pannelli di lana di roccia con densità pari a 40 Kg/m^3 , intonacata sui due lati, con strato di rinzafo interno.

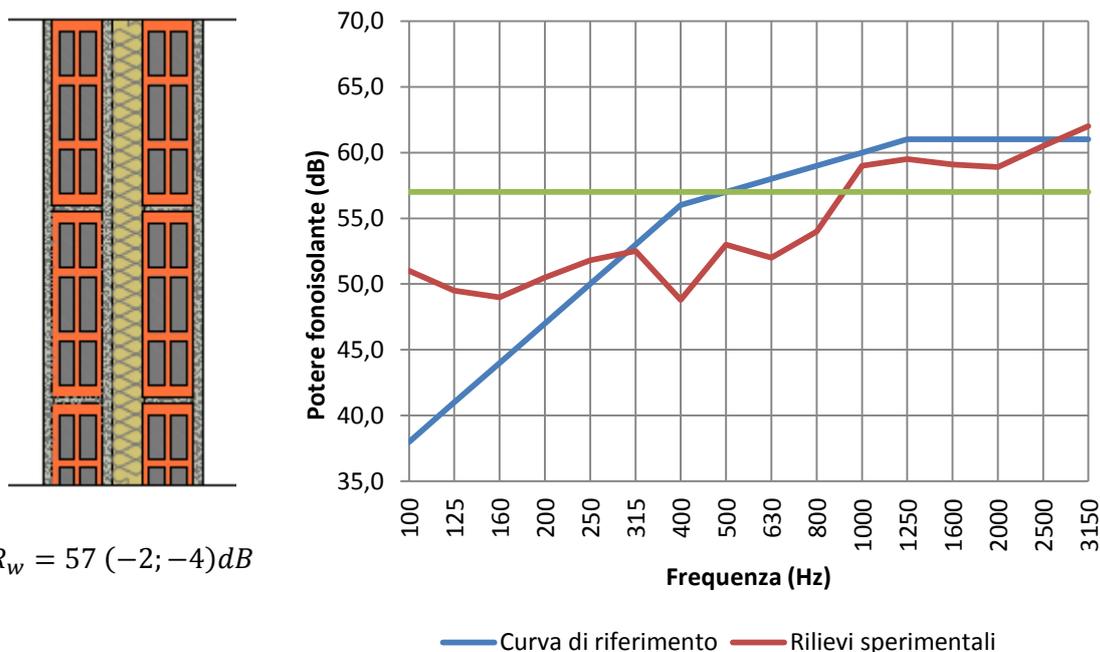


Figura 4.2 Esempio di spettro di potere fonoisolante parete in laterizio.

Dal grafico delle distribuzioni spettrali è possibile osservare come la parete, nonostante abbia un indice di valutazione del potere fonoisolante elevato, per le frequenze da 100 fino a 900 Hz circa sia ampiamente al di sotto dei 57 dB. Quindi, nel momento in cui, nell'appartamento, si presentano vibrazioni in questo campo di frequenze, la parete presenta un comportamento scarsamente performante, fino a 10 dB in meno del valore medio ponderato (circa 48 dB a 160 e 400 Hz).

Alla luce di quanto osservato si può affermare che sarebbe opportuno abbandonare il modello di calcolo semplificato e adottare esclusivamente il modello dettagliato; a tal proposito si

rende necessario una più maggiore reperibilità di documentazione tecnica adeguata di supporto alla progettazione. Per motivi pratici è comunque necessario arrivare a definire un valore univoco per la descrizione delle caratteristiche acustiche di un materiale o elemento tecnico. Si potrebbe ipotizzare un indice alternativo maggiormente rappresentativo di quello proposto attualmente dalla serie UNI EN ISO 717 come ad esempio l'integrale dello spettro. Inoltre lavorare con gli indici di valutazione invece che con lo spettro presenta ulteriori problematiche nel momento in cui si valuta il comportamento di più elementi in parallelo tra loro (è il caso tipico della definizione del potere fonoisolante di una parete in parallelo con un serramento o una porta). Infatti può accadere che le frequenze critiche dei diversi componenti non coincidano e questo fa sì che, utilizzando il metodo semplificato, il valore totale di R sia piuttosto elevato mentre utilizzando i valori in frequenza si ottiene una prestazione complessiva peggiore.

Entrambi i modelli presentano delle criticità e dei vizi di forma che possono provocare uno scostamento tra i valori di progetto e quelli misurati al momento del collaudo dell'opera. Si elencano in seguito le criticità più rilevanti, valide per entrambi i metodi:

- i modelli, in quanto tali, non sempre sono rappresentativi della reale situazione in opera poiché tendono a semplificare il problema; è possibile dunque in alcuni casi una mancata corrispondenza tra la situazione reale e il modello di calcolo. È il caso, per esempio, dei giunti tra elementi tecnici, dove la norma (UNI EN 12354 – 1, appendice E) introduce un abaco che fornisce dei valori di indice di riduzione delle vibrazioni K_{ij} valido per i giunti nei quali gli elementi che costituiscono il giunto stesso abbiano una massa omogenea per unità di area. Il modello si discosta meno dal caso reale, soprattutto per il metodo semplificato, quando vengono trattate strutture pesanti omogenee connesse con giunti rigidi, ovvero pareti monostrato (è il caso di pareti in blocchi di calcestruzzo e in blocchi di laterizio), solai omogenei (tipicamente solai in cemento armato) che hanno approssimativamente le medesime caratteristiche di radiazione acustica su entrambi i lati. Al contrario, quando si utilizzano strutture leggere e giunti elastici il grado di incertezza del metodo è maggiore.

- La normativa introduce un modello analitico e dettagliato per il calcolo delle trasmissioni di fiancheggiamento, questo ha senso solo nel momento in cui i percorsi laterali assumono un peso rilevante portando a un significativo peggioramento del potere fonoisolante di un elemento in opera piuttosto che in laboratorio. È il caso, ad esempio, dell'edilizia tradizionale nord europea caratterizzata da pareti di separazione fortemente isolate e unite, con giunti elastici, a pareti perimetrali leggere (tipicamente pareti in cartongesso o in legno). Operando invece in un contesto come quello italiano, dove sono maggiormente diffuse pareti massicce collegate rigidamente tra loro, il contributo delle trasmissioni laterali può assumere valori minori e più facilmente stimabili con un approccio meno analitico di quello riportato nella norma UNI EN 12354.

- Possibilità di disomogeneità e anisotropie intrinseche nei materiali stessi che nel modello di calcolo vengono per forza di cose trascurati.

- La norma non tratta il problema dei “ponti acustici” , ovvero delle discontinuità strutturali, e non propone nessun modello di calcolo (per esempio i cassonetti per i serramenti o le tracce impiantistiche nelle murature, cavedii impiantistici che collegano direttamente unità abitative diverse). Anche la presenza di pilastri e travi in cemento armato o in acciaio (strutture intelaiate) crea discontinuità importanti nelle strutture che dividono gli ambienti. Se si effettua il calcolo per tali situazioni, è importante distinguere il caso in cui il pilastro è inserito nel nodo tra la parete di separazione e quelle laterali da quello in cui il pilastro è inserito in una delle strutture laterali o di separazione. Nel primo caso i pilastri e le travi dovrebbero ridurre la trasmissione delle vibrazioni attraverso il giunto e quindi anche la trasmissione sonora di fiancheggiamento. Nel secondo caso si viene a creare una discontinuità nella struttura della parete (se si tratta di pilastro) o del solaio (se di trave). Se la discontinuità è nella parete di separazione, non vi sono grossi limiti all’applicabilità del metodo, a parte il fatto che difficilmente si avranno a disposizione dati sperimentali che ben rappresentano tale condizione (a causa del diverso comportamento dinamico della parete che modifica il valore di R). In aggiunta, nel nodo tra partizione e pilastro, vi possono essere problemi di continuità della malta cementizia che lega i blocchi, per cui si possono creare dei percorsi preferenziali di trasmissione sonora. Quando invece la discontinuità riguarda una delle strutture laterali è bene considerare solo la parte di struttura in adiacenza all’elemento di separazione.

- Difficoltà nel reperimento dei dati inerenti alle caratteristiche acustiche degli elementi tecnici coinvolti. Il progettista, tipicamente nel caso di una parete o di un solaio progettato ad hoc per soddisfare determinati requisiti, potrebbe non disporre dei dati acustici necessari e dovrebbe pertanto ricorrere a prove di laboratorio affrontando costi in genere non previsti in fase contrattuale. Nel mercato edilizio esistono innumerevoli quantità di prodotti che possono essere accoppiati in infiniti modi ed è dunque frequente imbattersi in una struttura della quale non si ha nessun dato di prestazione acustica (per esempio in una stratigrafia è sufficiente variare lo spessore di isolante o la densità per ottenere valori differenti). In alternativa, il progettista si può affidare a correlazioni specifiche o a relazioni generali che devono essere utilizzate con cautela e solo a uno scopo di verifica preliminare dei componenti edilizi. Oltre alla scarsa disponibilità dei dati di potere fonoisolante e livello di calpestio, in molti casi è difficile anche reperire i dati necessari al calcolo dei tempi di riverberazione strutturale per tutte le strutture e gli incrementi ΔR , ΔL per gli strati addizionali che dipendono fortemente dalle caratteristiche dell’elemento di base su cui viene applicato il rivestimento. Il comportamento dello strato di rivestimento, infatti, è dominato dal fenomeno della risonanza che dipende dalle caratteristiche elastiche del prodotto isolante ma anche dalla massa superficiale dei due strati (rivestimento e base). Inoltre, il contributo di un rivestimento è generalmente differente a seconda che sia impiegato nella partizione tra i due ambienti (trasmissione diretta) o in una struttura laterale (trasmissione di “fiancheggiamento”). I dati riportati dai produttori sono quasi sempre riferiti esclusivamente alla trasmissione diretta e, allo stato attuale, non vi sono metodi per derivare da questi il valore dell’incremento per trasmissione laterale.

- Vi è sempre la concreta possibilità di una mancata corrispondenza tra le caratteristiche degli elementi tecnici in fase di collaudo, e quelli installati in laboratorio per il recepimento dei dati

di input necessari alla progettazione. Infatti è sufficiente una variazione della percentuale di umidità tra il provino in laboratorio e il campione in opera per rendere inefficace il modello previsionale. In generale le condizioni al contorno in opera e in laboratorio non sono quasi mai le stesse. Inoltre:

- il campione di laboratorio normalmente non presenta disomogeneità dovute a componenti strutturali o a impianti;
- il campione di laboratorio normalmente non è soggetto agli stessi periodi di stagionatura del cantiere;
- i rapporti di miscela delle malte utilizzate per realizzare il campione difficilmente sono uguali a quelli utilizzati per realizzare la struttura in situ.

- Possibilità che i dati forniti dai produttori siano errati, imprecisi oppure generici. Questo aspetto può portare a un disaccordo con i dati finali ottenuti in opera anche alla luce del fatto che non si è a conoscenza con precisione di come si propaga l'errore.

- Affidabilità del metodo a fronte di un contesto che presenta notevoli margini di incertezza. Il modello previsionale premette come ipotesi iniziale che tutte le strutture in opera siano realizzate secondo la "regola dell'arte" ed esenti da difetti (per esempio nella realizzazione di un tavolato interno si può verificare un mancato accostamento dei pannelli di isolante o la realizzazione poco omogenea dei giunti di malta tra mattoni ecc...). Il problema della posa in opera è però di difficile controllo.

La UNI EN 12354-5 tratta l'analisi previsionale della rumorosità generata dagli impianti tecnici inseriti all'interno degli edifici. Questa però risulta di difficile applicabilità a causa della sistematica carenza di dati tecnici sui vari componenti oltre che alla mancata conoscenza, in fase di progettazione, delle caratteristiche delle varie apparecchiature e della loro connessione con le strutture dell'edificio. Allo stato attuale il controllo sulla riduzione del rumore originato dagli impianti è praticabile attraverso un approccio empirico basato sulle conoscenze teoriche e operative di buona pratica.

La UNI, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, ha rilasciato nel novembre 2005 una norma utile come guida alla serie EN 12354: UNI / TR 11175: *"Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici. Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale"*. La norma si presenta come un rapporto tecnico basato sui modelli di calcolo semplificati e si presta all'utilizzo di appartamenti in edifici multipiano o a situazioni a esso riconducibili. All'interno della norma è presente un repertorio di dati acustici basati su soluzioni tecnologiche tipiche dell'edilizia Italiana. La UNI/TR 11175 è attualmente in fase di revisione. Gli obiettivi che sta perseguendo l'UNI sono quelli di migliorare i metodi di calcolo, implementare nuove relazioni per la valutazione delle prestazioni acustiche degli elementi non omogenei e aggiornare la raccolta dati delle prestazioni acustiche degli elementi edilizi.

L'ultima serie di norme alla quale fare riferimento in fase di progettazione è la ISO 717 "Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio", in vigore dal 1996. La serie è composta da due norme:

- f. UNI EN ISO 717 – 1: Isolamento acustico per via aerea;
- g. UNI EN ISO 717 – 2: Isolamento del rumore di calpestio.

Le norme definiscono gli indici di valutazione delle grandezze per l'isolamento acustico per via aerea e per l'isolamento del rumore di calpestio partendo dagli spettri sonori in frequenza delle grandezze citate. Tali spettri, in bande di terzi di ottava o in bande di ottava, vengono confrontati con una curva standardizzata che è traslata, con passi di 1 dB, al fine di minimizzare gli scarti con i valori dell'elemento tecnico in analisi. Da ultimo si legge il valore corrispondente a 500 Hz. Per tamponare il problema dell'eccessiva semplificazione che si ottiene lavorando con gli indici di valutazione piuttosto che con i singoli valori in frequenza, la norma introduce i termini di adattamento allo spettro. Si tratta di valori peggiorativi in decibel, per tenere conto delle caratteristiche degli spettri sonori più particolari. Le sorgenti di rumore più critiche sono il "rumore rosa"¹³ le cui componenti a alta frequenza hanno potenza maggiore (generati tipicamente da sorgenti quali le ferrovie) e il "rumore da traffico stradale" dominate da componenti a bassa frequenza. Quest'ultime sono le più temibili per la natura intrinseca dei materiali da costruzione i quali hanno un comportamento generalmente peggiore alle basse frequenze. Al rumore rosa viene associato il termine di adattamento spettrale C, mentre al rumore da traffico stradale viene associato il termine di adattamento spettrale C_{tr}. Questi termini correttivi vengono prevalentemente impiegati per descrivere il comportamento delle pareti, per i solai a travetti di legno o nudi in calcestruzzo, la norma prevede, relativamente al livello di calpestio, il calcolo di C_i, per tenere in considerazione i picchi alle basse frequenze. Va sottolineato che tali parametri correttivi non vengono citati all'interno dei modelli di calcolo proposti dalla serie UNI EN 12354, pertanto non è chiaro in che modo debbano essere considerati.

Si citano anche le seguenti norme di supporto alla progettazione acustica:

- h. UNI EN ISO 29052: Determinazione della rigidità dinamica; materiali utilizzati sotto i pavimenti galleggianti negli edifici residenziali;
- i. UNI EN 29053: Materiali per applicazioni acustiche. Determinazione della resistenza al flusso dell'aria;
- j. UNI EN ISO 1654: Assorbitori acustici per l'edilizia. Valutazione dell'assorbimento acustico.

4.3) Norme tecniche di collaudo

Per quanto riguarda la fase del collaudo la serie di norme ancora in vigore è la UNI EN ISO 140 "Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edifici". Tale serie, come visto, si occupava anche delle misure in laboratorio ma le parti inerenti a queste sono già state

¹³ A queste si oppone il "rumore bianco" che presenta la stessa potenza a tutte le frequenze.

ritirate. A breve anche la parte di norme riguardanti il collaudo verrà ritirato e sostituito con la serie ISO 16283 *“Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements”* al fine di garantire un riordino della materia e una maggiore armonizzazione con tutti i paesi dell’Unione Europea. I capitoli che si occupano di collaudo sono nello specifico:

- a. UNI EN ISO 140 – 4: Misurazione in opera dell’isolamento acustico per via aerea tra ambienti;
- b. UNI EN ISO 140 – 5: Requisiti per le apparecchiature e le strutture di prova;
- c. UNI EN ISO 140 – 7: Misurazione in opera dell’isolamento dal rumore di calpestio di solai;
- d. UNI EN ISO 140 – 14: Linee guida per situazioni particolari in opera.

Per quanto riguarda il collaudo della componente impiantistica è possibile fare riferimento alla norma UNI EN ISO 16032 *“Misurazione del livello di pressione sonora di impianti tecnici in edifici. Metodo tecnico progettuale”*.

Si cita per completezza anche la norma seguente a cui fare riferimento in fase di collaudo dell’opera:

- e. UNI EN 20140 – 2: Misura dell’isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio. Determinazione, verifica e applicazione della precisione dei dati.

5) *Classificazione acustica*

5.1) UNI 11367

I problemi di applicazione del provvedimento di legge sui requisiti acustici passivi degli edifici (DPCM 05/12/1997) hanno reso necessario un intervento normativo.

La legge n. 97 dell'08/giugno/2010 (che prorogava la legge n. 88 del 07/luglio/2009), scaduta il 28/luglio/10, nel suo articolo 15 diceva: *“La disciplina relativa ai requisiti acustici passivi degli edifici non trova applicazione nei rapporti tra privati e, in particolare, nei rapporti tra costruttori – venditori e acquirenti di alloggi, fermi restando gli effetti derivanti dalle pronunce giudiziali passate in giudicato e la corretta esecuzione dei lavori a regola d’arte asseverata da un tecnico abilitato.”* Pertanto attualmente rimane in vigore il DPCM 05/dicembre/1997 ma non sono chiare le sue modalità applicative come già evidenziato nei capitoli precedenti.

Con l'intento di fare chiarezza nell'attuale quadro normativo, è stato quindi affidato al gruppo di lavoro 'Classificazione acustica degli edifici' il compito di redigere la norma UNI 11367 'Classificazione acustica delle unità immobiliari – Procedura di valutazione e verifica in opera'.

Alcuni punti controversi emersi nell'analisi precedentemente effettuata del D.P.C.M. 05/dicembre/1997, sono stati chiariti con la presente norma. Ad esempio, vengono chiarite in un'appendice le modalità di individuazione degli ambienti in cui verificare il livello sonoro immesso dagli impianti e le condizioni che devono essere garantite durante l'effettuazione delle prove; viene inoltre specificato, a differenza che nel D.P.C.M., che il livello di calpestio deve essere verificato solo tra unità immobiliari distinte e si chiarisce che la determinazione del livello di calpestio deve avvenire seguendo un ordine preferenziale secondo la direzione di propagazione predominante. A differenza del D.P.C.M. che non prende in considerazione le incertezze delle misurazioni in opera, la norma UNI introduce un valore utile che si ottiene correggendo il valore misurato con un coefficiente che rappresenta l'incertezza di misura.

Tuttavia sono ancora numerose le criticità e i punti di discussione legati al testo normativo in esame, che verranno approfonditi nei capitoli successivi dopo avere presentato la norma.

Scopo e campo di applicazione della norma

La norma definisce criteri di misurazione e valutazione di alcuni requisiti acustici prestazionali degli edifici sulla cui base viene stabilita una classificazione acustica di ogni singola unità immobiliare. La norma si applica a tutte le destinazioni d'uso escluse quelle agricole, artigianali e industriali.

Termini e definizioni

Ambiente abitativo: porzione di unità immobiliare completamente delimitata destinata al soggiorno e alla permanenza di persone per lo svolgimento di attività e funzioni caratterizzanti la destinazione d'uso.

Ambiente verificabile acusticamente: ambiente abitativo di dimensioni sufficienti a consentire l'allestimento di misurazioni in conformità ai procedimenti di prova e valutazione descritti nelle pertinenti parti della serie UNI EN ISO 140 per la determinazione dei livelli prestazionali acustici in opera.

Condizioni di riproducibilità: condizioni nelle quali i risultati di prova si ottengono con lo stesso metodo su entità di prova identiche, in laboratori differenti, da operatori diversi e utilizzando apparecchiature diverse.

Edificio: sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito, dalle strutture interne che ripartiscono detto volume e da tutti gli impianti, dispositivi tecnologici ed arredi che si trovino al suo interno; la superficie esterna che delimita un edificio può confinare con tutti o alcuni di questi elementi: l'ambiente esterno, il terreno, altri edifici.

Elemento tecnico: elemento costruttivo considerato nella presente norma per la valutazione dei requisiti acustici; in particolare sono assunti i seguenti elementi tecnici: le partizioni interne verticali, le partizioni interne orizzontali, le facciate, che delimitano e conformano gli ambienti interni all'edificio, gli elementi di impianto a funzionamento continuo o discontinuo che servono gli ambienti interni.

Facciata: chiusura di un ambiente che delimita lo spazio interno da quello esterno; può essere orizzontale, verticale o inclinata e può essere caratterizzata dalla compresenza di elementi opachi e trasparenti, con o senza elementi per impianti e sistemi di oscuramento, ventilazione, sicurezza, controllo o altre attrezzature esterne.

Fattore di copertura: fattore numerico usato come moltiplicatore dell'incertezza tipo composta per ottenere un'incertezza estesa.

Incertezza: parametro, associato al risultato di una misurazione, che caratterizza la dispersione dei valori ragionevolmente attribuibili al misurando.

Incertezza estesa: grandezza definita come un intervallo attorno al risultato di una misurazione che ci si aspetta comprendere una frazione rilevante della distribuzione di valori ragionevolmente attribuibili al misurando.

Incertezza tipo: incertezza del risultato di una misurazione espressa come scarto tipo.

Indice di valutazione dell'isolamento acustico per via aerea negli edifici: numero unico di valutazione della grandezza descrittiva dell'isolamento acustico per via aerea negli edifici. Questa grandezza è determinata in conformità alla UNI EN ISO 717-1.

Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio negli edifici: numero unico di valutazione della grandezza descrittiva del livello di rumore di calpestio negli edifici. Questa grandezza è determinata in conformità alla UNI EN ISO 717-2.

Isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, D_{nT} : differenza tra le medie spazio-temporali dei livelli di pressione sonora prodotti in due ambienti da una sorgente

posta in uno degli stessi, normalizzato rispetto al valore di riferimento del tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente. Questa grandezza è determinata in conformità alla UNI EN ISO 140-4.

Isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{2m,nT}$: differenza tra il livello di pressione sonora all'esterno alla distanza di 2 m dalla facciata e la media spazio-temporale del livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente, normalizzato rispetto al valore del tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente. Questa grandezza è determinata in conformità alla UNI EN ISO 140-5.

Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, L'_n : livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'area di assorbimento acustico equivalente di riferimento nell'ambiente ricevente. Questa grandezza è determinata in conformità alla UNI EN ISO 140-7.

Livello di rumore corretto degli impianti a funzionamento continuo L_{ic} : livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A corretto per il tempo di riverberazione e per il rumore residuo. Grandezza rilevata in conformità al metodo indicato in appendice D.

Livello di rumore corretto degli impianti a funzionamento discontinuo, L_{id} : massimo valore del livello di pressione sonora ponderato A, acquisito con costante di tempo "slow", corretto per il tempo di riverberazione. Grandezza rilevata in conformità al metodo indicato in appendice D.

Partizione: insieme degli elementi tecnici orizzontali e verticali del sistema edilizio aventi funzione di dividere ed articolare gli spazi interni del sistema edilizio stesso delimitando le diverse unità immobiliari e gli ambienti accessori e di servizio di uso comune o collettivo.

Potere fonoisolante apparente, R' : dieci volte il logaritmo in base dieci del rapporto tra la potenza sonora W_1 , incidente su un elemento tecnico sottoposto a prova, e la potenza sonora totale trasmessa nell'ambiente ricevente qualora, in aggiunta alla potenza sonora W_2 trasmessa attraverso l'elemento di separazione, risulti significativa anche la potenza sonora W_3 , trasmessa dagli elementi laterali o da altri componenti. Questa grandezza è determinata in conformità alla UNI EN ISO 140-4.

Risultato di una misurazione: valore attribuito al misurando ottenuto seguendo l'insieme completo di istruzioni dato in una procedura di misurazione.

Scarto tipo di riproducibilità: scarto tipo dei risultati di prova ottenuti in condizioni di riproducibilità.

Sistema edilizio: insieme strutturato di unità ambientali e di unità tecnologiche.

Tempo di riverberazione, T : t , espresso in secondi, necessario affinché il livello di pressione sonora diminuisca di 60 dB, dopo che la sorgente di rumore è stata disattivata. Questa grandezza è determinata in conformità alle UNI EN ISO 140, alle due parti della UNI EN ISO 3382 e alla UNI EN ISO 18233.

Unità immobiliare, UI: porzione di fabbricato, o un fabbricato, o un insieme di fabbricati ovvero un'area che, nello stato in cui si trova e secondo l'utilizzo locale, presenta potenzialità di autonomia funzionale e reddituale.

Valore utile: risultato di una misurazione corretto con l'incertezza di misura. Tale valore differisce dal "valore misurato" in conformità a quanto indicato in appendice F.

Verifica acustica: verifica strumentale delle prestazioni acustiche degli elementi tecnici di un edificio, da eseguire in opera, nel rispetto delle vigenti normative tecniche, negli ambienti verificabili acusticamente delle varie unità immobiliari dell'edificio stesso.

Descrittori della qualità acustica degli edifici

I requisiti che descrivono la qualità acustica e che concorrono a definire la classe acustica di un'unità immobiliare sono gli stessi presi in considerazione dal DPCM 05/12/1997, ovvero:

- *Indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{2m,nT,w}$* è il descrittore per l'isolamento acustico di facciata. Il metodo di valutazione è definito nelle UNI EN ISO 140-5, UNI EN ISO 717-1, UNI EN ISO 18233 e ISO 15186-2. Si esclude l'utilizzo del rumore da traffico aeronautico e ferroviario.
- L'isolamento ai rumori aerei di partizioni è descritto dalle seguenti grandezze: *indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_w , indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione $D_{nT,w}$* . Il metodo di misurazione e di valutazione dei due indici è definito dalle UNI EN IO 140-4, UNI EN ISO 140-14, UNI EN ISO 18233, ISO 15186-2 e UNI EN ISO 717-1.
- Il livello di rumore da calpestio di partizioni orizzontali è descritto dall'*indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, $L'_{n,w}$* . Il metodo di valutazione di $L'_{n,w}$ è definito nelle UNI EN ISO 140-7, UNI EN ISO 140-14, UNI EN ISO 18233 e UNI EN ISO 717-2.
- Il livello sonoro immesso da impianti a funzionamento continuo è descritto dal livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A del rumore indotto dall'impianto, corretto per tener conto della differenza tra il livello del rumore ambientale indotto dall'impianto ed il livello del rumore residuo e del tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente. Questo parametro viene determinato attraverso il procedimento descritto nell'appendice D della norma.
- Il livello massimo di pressione sonora ponderato A rilevato con costante di tempo "slow" del rumore indotto dall'impianto è il descrittore del livello sonoro immesso da impianti a funzionamento discontinuo. Tale livello viene corretto per tenere conto del tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente. È determinato secondo il metodo descritto in appendice D.

Criteri di base della classificazione acustica

La classificazione acustica viene fatta per edifici con la seguente destinazione d'uso:

- residenziale
- direzionale ed ufficio
- ricettiva (alberghi, pensioni e simili)
- ricreativa
- di culto
- commerciali

Sono invece escluse dalla classificazione:

- Unità immobiliari destinate ad attività ricreative o di culto in cui la qualità acustica sia una caratteristica fondamentale da valutare con una progettazione accurata e criteri specifici.
- Le unità immobiliari di edifici ad esclusivo uso commerciale destinate a ristoranti, bar, negozi con accesso diretto dall'esterno, centri commerciali, autofficine e simili.

Le classi acustiche, definite in base ai requisiti riportati in precedenza sono riportate nel prospetto 1 della norma:

| Classe | Indici di valutazione | | | | |
|--------|---|---|--|--|---|
| | a) Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ dB | b) Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti di differenti unità immobiliari R'_{w} dB | c) Descrittore del 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 |

Figura 5.1 Valori dei parametri descrittivi delle caratteristiche prestazionali degli elementi edilizi da utilizzare ai fini della classificazione acustica di unità immobiliari.

Qualora per un requisito si riscontrino prestazioni peggiori di quelle individuate dalla classe IV, esso viene considerato non classificabile e viene caratterizzato con l'acronimo NC.

I requisiti riportati nel prospetto vengono valutati secondo i seguenti criteri:

- Il requisito a) è riferito alle facciate degli ambienti abitativi ed è valido anche per le falde dei tetti nei sottotetti abitabili. In caso di presenza di sistemi oscuranti si considerano aperti.
- Il requisito b) si applica a partizioni orizzontali e verticali che separano unità abitative distinte e si riferisce inoltre alle partizioni orizzontali e verticali che separano unità immobiliari da ambienti destinati ad autorimessa, box, garage e alle partizioni (non

dotate di aperture) che separano ambienti abitativi da parti comuni¹⁴.

- Il requisito c) è riferito al rumore da calpestio percepito in un ambiente abitativo e generato in unità immobiliari differenti.
- Il requisito d) è riferito al livello di rumore degli impianti a funzionamento continuo (come definito in appendice D).
- Il requisito e) è riferito al livello di rumore degli impianti a funzionamento discontinuo (come definito in appendice D).

Per le unità immobiliari che hanno destinazione d'uso ricettiva la classificazione è estesa ad altri due requisiti:

- f) Indice di isolamento acustico normalizzato di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$
- g) Indice del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato tra ambienti sovrapposti o affiancati della stessa unità immobiliare L'_{nw} .

| Classe | Indici di valutazione | |
|--------|--|---|
| | g) Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$ dB | g) Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti della stessa unità immobiliare L'_{nw} dB |
| I | ≥ 56 | ≤ 53 |
| II | ≥ 53 | ≤ 58 |
| III | ≥ 50 | ≤ 63 |
| IV | ≥ 45 | ≤ 68 |

Figura 5.2 Classificazione acustica di unità immobiliari in funzione di ulteriori requisiti prestazionali da applicare in caso di destinazione d'uso ricettiva.

Le unità immobiliari aventi le seguenti destinazioni d'uso non sono soggette a classificazione acustica:

- ospedali, cliniche e case di cura
- scuole.

Tuttavia in appendice A sono comunque riportati i requisiti che gli ambienti appartenenti a unità immobiliari di questo tipo devono rispettare.

Modalità di valutazione dei requisiti oggetto di classificazione

La determinazione del valore di ogni requisito acustico di un'unità immobiliare si fonda sulla verifica acustica eseguita in opera effettuando, per tutti gli elementi tecnici di ambienti verificabili acusticamente, misure in conformità alle norme tecniche applicabili. È responsabilità del tecnico applicare correttamente e integralmente la seguente norma e nel

¹⁴ Per gli ambienti collegati mediante aperture ad ambienti comuni il requisito acustico da rispettare è riportato in appendice B.

caso in cui ritenga di dover derogare rispetto a qualche specifico punto della procedura, egli deve dichiarare esplicitamente gli oggetti di tale difformità e le motivazioni della scelta.

A ogni requisito misurato viene associato un valore utile che viene corretto con l'incertezza di misura, come indicato in appendice F.

Per ottenere il valore complessivo dei descrittori della qualità acustica degli edifici si procede nel modo seguente:

- a) *Isolamento acustico di facciata*: applico la seguente formula ai valori utili relativi ai singoli elementi tecnici di facciata dell'unità immobiliare

$$X_r = -10 \log \frac{\sum_{i=1}^n 10^{-\frac{x_i}{10}}}{n}$$

x_i valore utile di un determinato requisito r espresso attraverso un livello di isolamento acustico relativamente all'elemento tecnico i -esimo.

In caso il singolo elemento tecnico di facciata, appartenente allo stesso ambiente, sia costituito da più di un affaccio il valore dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata si ottiene mediando i valori ottenuti con ciascuna combinazione affaccio/sorgente.

- b) *Potere fonoisolante apparente*: il valore complessivo del descrittore del potere fonoisolante apparente si determina eseguendo la media energetica tra i valori utili delle partizioni verticali utilizzando la formula del punto precedente, eseguendo la media energetica tra i valori utili delle partizioni orizzontali e mediando ulteriormente i due risultati così ottenuti utilizzando la medesima formula.

- c) *Livello di pressione sonora di calpestio*: si ottiene applicando la seguente formula ai valori utili degli indici di valutazione dei livelli di calpestio delle singole partizioni orizzontali

$$Y_r = 10 \log \frac{\sum_{i=1}^n 10^{\frac{y_i}{10}}}{n}$$

y_i valore utile di un determinato requisito r espresso attraverso un livello sonoro immesso relativamente all'elemento tecnico i – esimo.

La determinazione del livello di calpestio deve avvenire secondo un ordine preferenziale secondo la direzione di propagazione predominante:

- 1) dall'alto verso il basso (ambiente ricevente sottostante);
 - 2) tra ambienti acusticamente verificabili adiacenti;
 - 3) dal basso verso l'alto (ambiente ricevente sovrastante).
- d) *Livello sonoro immesso da impianti a funzionamento continuo*: si applica la formula 2 ai valori utili delle diverse determinazioni dei livelli corretti immessi dagli impianti a

funzionamento continuo.

- e) *Livello sonoro immesso da impianti a funzionamento discontinuo*: si applica la formula 2 ai valori utili delle diverse determinazioni dei livelli corretti immessi dagli impianti a funzionamento discontinuo.

I valori degli indici di isolamento di facciata, potere fonoisolante apparente, livello di calpestio vengono arrotondati all'intero mentre i livelli sonori immessi dagli impianti sono arrotondati alla prima cifra decimale.

Per ogni requisito viene quindi stabilita una classe come riportato in figura 5.3 e successivamente si definisce la corrispondenza tra la classe di prestazione acustica e un 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 |

Figura 5.3 Corrispondenza tra classe acustica per requisito e per unità immobiliare e coefficiente di peso Z.

Si determina un coefficiente di peso Z_{UI} relativo all'intera unità abitativa con la seguente espressione:

$$Z_{UI} = \frac{\sum_{r=1}^P Z_r}{P}$$

P numero di requisiti r considerati per unità immobiliare

Z_r valore del coefficiente di peso relativo all' r -esimo requisito.

Utilizzando ancora il prospetto 5.3 si determina la classe acustica globale dell'unità immobiliare C_{UI} , espressa col numero romano corrispondente al valore Z_{UI} arrotondato all'intero. Nel caso in cui Z_{UI} risultasse maggiore di IV l'unità immobiliare risulterebbe non classificabile.

Un esempio dello schema con cui deve essere rappresentata la classe di una unità immobiliare e dei singoli requisiti è riportato in figura 5.4:

| Unità immobiliare UI nn | | | | | |
|---|---------------|--------|-----------|----------|----------|
| Classe C_{UI} | $D_{2m,nT,w}$ | R'_w | $L_{n,w}$ | L_{ic} | L_{id} |
| | 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. | | | | | |

Figura 5.4 Classificazione acustica dell'unità immobiliare attraverso un unico indice nel caso di misurazione di tutti gli elementi tecnici pertinenti¹⁵.

¹⁵ Per la destinazione d'uso ricettiva sono presenti anche le colonne relative ai coefficienti f) e g).

Appendici

- APPENDICE A (normativa): *valori di riferimento per i requisiti acustici di ospedali e scuole.*

Per ospedali, case di cura e scuole non è prevista classificazione, ma dato che queste destinazioni d'uso richiedono esigenze di protezione dal rumore più rigorose, la norma fornisce specifici valori di riferimento come indicato nel prospetto seguente:

| | Prestazione di base | Prestazione superiore |
|--|---------------------|-----------------------|
| Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$ [dB] | 38 | 43 |
| Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, R'_w [dB] | 50 | 56 |
| Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, L'_{nw} [dB] | 63 | 53 |
| Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo, L_{ic} in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)] | 32 | 28 |
| Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo, L_{id} in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)] | 39 | 34 |
| Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB] | 50 | 55 |
| Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni <i>i</i> fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB] | 45 | 50 |
| Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, L'_{nw} [dB] | 63 | 53 |

Figura 5.5 Requisiti acustici scuole, ospedali, cliniche, case di cura.

- APPENDICE B (informativa): *criteri di misurazione e di valutazione dell'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.*

L'isolamento acustico per via aerea di ambienti abitativi nei confronti di ambienti di uso comune o collettivo mediante aperture, è determinato in termini di indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dell'ambiente abitativo ($D_{nT,w}$). I valori di riferimento sono i seguenti:

| Livello prestazionale | Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi $D_{nT,w}$ (dB) | |
|-----------------------|---|--------------------------|
| | Ospedali e scuole | Altre destinazioni d'uso |
| Prestazione ottima | ≥34 | ≥40 |
| Prestazione buona | ≥30 | ≥36 |
| Prestazione di base | ≥27 | ≥32 |
| Prestazione modesta | ≥23 | ≥28 |

Figura 5.6 Requisiti per $D_{nT,w}$ rispetto ad ambienti di uso comune collegati mediante accessi ad ambienti abitativi.

- APPENDICE C (informativa): *indicazioni per la valutazione delle caratteristiche acustiche interne degli ambienti.*

L'appendice indica alcuni specifici parametri che sarebbe opportuno valutare in particolari ambienti in cui il comfort acustico, l'intelligibilità del parlato (ad esempio aule scolastiche, ambienti espositivi, sale da conferenza), e il controllo dell'assorbimento acustico risultino essere di particolare importanza (ad esempio palestre, piscine, ambienti per lo sport in genere). Nello specifico sarebbe utile valutare i parametri C_{50} (chiarezza), STI (speech transmission index) e il tempo di riverberazione T per valutare le caratteristiche acustiche interne di un ambiente.

- APPENDICE D (normativa): *valutazione del rumore indotto da impianti a funzionamento continuo e discontinuo.*

L'appendice descrive il metodo di misurazione del rumore indotto in una unità immobiliare dagli impianti a servizio di unità immobiliari diverse o dell'intero sistema edilizio.

Gli impianti a funzionamento continuo sono caratterizzati da emissione sonora con carattere essenzialmente stazionario, ovvero quelli il cui livello di pressione sonora rilevato subisce oscillazioni non maggiori di 5 dB per tutta la durata del funzionamento (ad esempio impianti di riscaldamento, raffrescamento, climatizzazione, ventilazione meccanica).

Gli impianti a funzionamento discontinuo sono quelli caratterizzati da emissione di livello sonoro con variazioni fluttuanti o intermittenti e da brevi periodi di funzionamento rispetto al tempo di inattività durante l'arco della giornata, ovvero quelli il cui livello di pressione sonora varia con oscillazioni maggiori di 5 dB (ad esempio impianti sanitari, di scarico, ascensori, montacarichi).

Le grandezze da misurare sono le seguenti:

- L_{Aeq} Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A, per il rumore stazionario prodotto dagli impianti a funzionamento continuo.
- L_{ASmax} Livello massimo di pressione sonora ponderato A, rilevato con caratteristica dinamica slow, per il rumore generato dagli impianti a funzionamento discontinuo e per fasi non stazionarie del rumore prodotto dagli impianti a funzionamento continuo.

L'appendice suggerisce di valutare il livello sonoro immesso dagli impianti che presentano la maggiore potenzialità di generazione e propagazione di rumore all'interno del sistema edilizio.

Vengono inoltre indicate le modalità di individuazione degli ambienti in cui valutare la rumorosità degli impianti.

Le misurazioni del livello di pressione sonora devono essere eseguite in condizioni riproducibili e vanno effettuate in almeno tre posizioni che l'appendice indica.

Il livello del rumore ambientale indotto dagli impianti deve essere rilevato in periodi in cui il rumore residuo è più basso possibile. I valori misurati del livello di pressione

sonora vengono ponderati con media energetica per ottenere il livello di rumore immesso che viene poi corretto con dei fattori che tengono conto del rumore residuo e al tempo di riverberazione.

- APPENDICE E (informativa): *criteri di misurazione e di valutazione dell'isolamento acustico per via aerea fra ambienti nelle situazioni in cui non è possibile valutare il potere fonoisolante apparente o non è chiaramente definito l'elemento di separazione.*

Il potere fonoisolante apparente può non essere misurabile in alcune situazioni:

- ambienti riceventi non regolari;
- ambienti caratterizzati da un elevato e non omogeneo assorbimento acustico;
- superficie comune tra due ambienti adiacenti non ben definita o assente.

Nell'impossibilità di determinare il potere fonoisolante apparente di un elemento edilizio si può ricorrere all'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione D_{nT} . Le informazioni ottenute con questa metodologia non sono considerati nella valutazione della classificazione acustica ma possono integrare i risultati della classificazione qualora questo risulti significativo per una completa descrizione di alcuni ambienti dell'unità immobiliare.

Nel caso in cui si voglia ottenere un valore da confrontare con i requisiti è possibile utilizzare delle relazioni indicate nella presente appendice che permettono di stimare il potere fonoisolante apparente a partire dalla valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione.

- APPENDICE F (normativa): *incertezza del metodo di misura.*

Per ogni requisito acustico misurato si valuta l'incertezza di misura s_m intesa come scarto tipo di riproducibilità dell'indice di valutazione delle misure. L'incertezza estesa si calcola con la seguente formula:

$$U_m = s_m \times k$$

K fattore di copertura a cui si assegna valore 1 corrispondente a un livello di fiducia pari all'84%.

I valori da attribuire all'incertezza estesa di misura sono arrotondati all'intero quando si applicano agli indici di valutazione delle grandezze acustiche, alla prima cifra decimale quando si applicano ai livelli di rumore degli impianti.

| | $D_{2m,nT,w}$ dB | R'_w dB | L'_{nw} dB | L_{ic} dB(A) | L_{id} dB(A) |
|-------|------------------|-----------|--------------|----------------|----------------|
| U_m | 1 | 1 | 1 | 1,1 | 2,4 |

Figura 5.7 Incertezza estesa di misure in situ espresse con numero unico.

Il valore utile del requisito acustico si ottiene sommando l'incertezza al valore misurato dell'indice di isolamento acustico e sottraendola dal valore misurato dell'indice del rumore di calpestio e del livello di rumore degli impianti.

- APPENDICE G (informativa): *campionamento di elementi tecnici nominalmente identici di edifici con tipologia seriale a fini dell'effettuazione delle prove.*

Nei sistemi edilizi caratterizzati da tipologie seriali è possibile adottare dei criteri di campionamento per la definizione della classe acustica al fine di contenere il numero complessivo di determinazioni sperimentali necessarie per la valutazione della classe acustica delle unità immobiliari.

Il campionamento degli elementi tecnici si basa sull'individuazione di insiemi omogenei da cui ricavare le prestazioni acustiche rappresentatrici dell'intero gruppo ed estendibile a tutti gli elementi tecnici del sistema edilizio in esame aventi le stesse caratteristiche.

Un insieme di elementi viene considerato omogeneo se tra questi si verifica l'identità delle seguenti caratteristiche:

- dimensioni dell'elemento;
- dimensioni degli ambienti acusticamente misurabili;
- uguale metodologia di prova
- stratigrafia, materiali e massa superficiale;
- condizioni di vincolo;
- attraversamenti impiantistici;
- tecniche di posa.

Dopo aver individuato tutti gli elementi tecnici del sistema edilizio è possibile raggrupparli per caratteristiche e funzione; per ciascun insieme di elementi tecnici omogenei devono essere effettuate misurazioni su almeno il 10% degli elementi appartenenti al gruppo e comunque su almeno tre elementi.

Nella presente appendice vengono poi specificati i criteri per definire gruppi omogenei rispetto ad ogni requisito acustico.

- APPENDICE H (informativa): *metodo per l'elaborazione dei dati derivanti da campionamento e per il calcolo dell'incertezza di campionamento.*

Per ogni requisito richiesto si individua il numero di elementi tecnici misurabili che possono essere associabili a gruppi omogenei oppure singoli.

$$N = \sum_{h=1}^g M_h + Q$$

M_h numero totale di elementi tecnici misurabili per ogni gruppo omogeneo G_h ;

Q numero di elementi tecnici misurabili singoli.

Per ogni gruppo omogeneo G_h relativo ad un requisito r , si dispone di un numero di elementi tecnici misurabili M_h , da cui si estrae un campione composto da C_h elementi tecnici pari almeno al 10% di M_h e comunque non inferiore a tre.

Per ognuno dei gruppi omogenei riferiti al requisiti r è necessario calcolare l'incertezza di campionamento. Si procede quindi calcolando una media aritmetica dei C_h valori utili e successivamente lo scarto tipo di campionamento s_{sh} con le formule indicate nell'appendice. Per ogni gruppo omogeneo relativo ad un requisito r si calcola poi l'incertezza estesa di campionamento con la seguente espressione:

$$U_{sh} = s_{sh} \times k$$

k fattore di copertura che dipende dal numero C_h di prove effettuate e dal livello di fiducia scelto. È suggerito un livello di fiducia tra il 70 e l'80% e deve essere dichiarato esplicitamente nella classificazione acustica.

Il valore rappresentativo relativo al requisito r per il singolo gruppo omogeneo di ottiene correggendo il valore utile, ottenuto come media aritmetica dei valori utili $C_{h,r}$, con l'incertezza estesa di campionamento.

Per calcolare un valore rappresentativo dell'intera unità immobiliare si esegue, per ogni requisito r una media energetica ponderata tenendo conto sia dei singoli elementi tecnici che dei gruppi omogenei pertinenti per la j -esima unità immobiliare in esame.

- APPENDICE I (informativa): *esempi di determinazione della classe acustica.*

Quest'appendice illustra tre esempi di classificazione acustica riferita ai seguenti casi:

- singola unità immobiliare ad uso residenziale;
- unità immobiliare con destinazione d'uso ricettiva – albergo;
- campionamento di edificio multipiano avente destinazione d'uso mista: residenziale e commerciale.

- APPENDICE L (informativa): *relazione tra classificazione acustica e qualità acustica attesa all'interno degli edifici.*

La classificazione acustica è determinata in funzione delle caratteristiche intrinseche degli elementi tecnici e degli ambienti delle unità immobiliari oggetto di classificazione. Pertanto, ad una determinata classe acustica di un'unità immobiliare non sempre corrisponde la stessa qualità acustica percepita da arte degli occupanti di detta unità immobiliare. La qualità acustica percepita dipende da:

- tipo di sorgente disturbante;
- prestazione acustica degli elementi di chiusura e separazione;
- sensibilità al rumore della persona.

Per quanto riguarda l'isolamento acustico ai rumori provenienti dall'interno dell'edificio, si possono assumere corrispondenze tra classi acustiche degli elementi tecnici e qualità acustica percepita dagli occupanti, ipotizzando livelli sonori disturbanti di media intensità.

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

Figura 5.8 Relazione tra classi acustiche di isolamento ai rumori interni e prestazioni acustiche attese da parte di occupanti con normale sensibilità al rumore.

Per quanto attiene l'isolamento dai rumori provenienti dall'esterno bisogna tenere conto della variabilità del clima acustico del contesto in cui può essere collocato

l'edificio. 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.

| Tipologia area | Classe acustica di isolamento acustico di facciata ($D_{2m,nT,w}$) | | | |
|----------------------------|--|---------|-------------|-------------|
| | 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 |

Figura 5.9 Relazione tra classi acustiche della facciata, livello sonoro esterno e prestazioni acustiche attese da parte di occupanti con normale sensibilità al rumore.

5.2) Confronto Europeo

Esistono diversi schemi di classificazione acustica che si sono diffusi nelle normative di vari Paesi europei a partire dagli anni '90. In tabella 4.10 sono riportati i risultati di uno studio comparativo condotto da Brigit Rasmussen¹⁶ in cui si evidenziano il numero di classi acustiche previste dalle varie normative, il valore limite stabilito dalla legislazione nazionale (dB) e l'anno di pubblicazione della norma sulla classificazione. I parametri utilizzati per descrivere la qualità prestazionale sono differenti così come le classi di qualità acustica che variano da 2 a 5, mentre l'intervallo che separa due classi varia da 3 a 7 dB.

| Paese | Standard | Anno | Classi | Limite di legge |
|-----------|------------------|------|--------------------|-------------------|
| Finlandia | SFS 5907 | 2004 | 4 (A, B, C, D) | C |
| Norvegia | NS 8175 | 2005 | 4 (A, B, C, D) | C |
| Svezia | SS 02 5267 | 2004 | 4 (A, B, C, D) | C |
| Islanda | IST 45 | 2003 | 4 (A, B, C, D) | Limiti differenti |
| Lituania | STR 2.01.07 | 2004 | 5 (A, B, C, D, E) | C |
| Germania | VDI 4100 | 1994 | 3 (I, II, III) | I |
| Olanda | NEN 1070 | 1999 | 5 (1, 2, 3, 4, 5) | Limiti differenti |
| Francia | Méthode Qualitel | 2000 | 2 (CQ, CQCA) | Limiti differenti |
| Danimarca | DS 490 | 2001 | 4 (A, B, C, D) | C |
| Italia | UNI 11367 | 2010 | 4 (I, II, III, IV) | III (?) |

Tabella 5.1 Quadro generale della classificazione acustica in Europa.

Si riportano gli esempi di alcune nazioni per poter effettuare un confronto con il quadro italiano che verrebbe definito con l'attuazione della UNI 11367.

¹⁶ B. Rasmussen, Sound Classification of dwellings. Overview schemes in Europe and interaction with legislation, in Atti Convention nazionale del GAE, Ferrara 11 – 12 marzo 2009.

- *Francia*: il sistema di classificazione acustica francese per edifici residenziali prevede un livello base (LABEL QUALITEL) e un livello superiore (LABEL QUALITEL CONFORT ACOUSTIQUE). I limiti di isolamento acustico normalizzato D_{nAT} e del livello di pressione sonora di calpestio standardizzato L_{nAT} , per le due classi è riportato nella tabella seguente:

| | LABEL QUALITEL | LABEL QUALITEL CONFORT ACOUSTIQUE | |
|----------------|----------------|-----------------------------------|----|
| D_{nAT} (dB) | 54 | Edifici multipiano | 56 |
| | | Edifici a schiera | 59 |
| L_{nAT} (dB) | 61 | 58 | |

Tabella 5.2 Limiti classificazione acustica francese.

- *Danimarca*: la prima ipotesi di classificazione acustica è stata fornita dalla norma INSTA STANDARD, realizzata da tutti i paesi scandinavi, e poi recepita dai singoli stati con norme nazionali. La norma di riferimento in Danimarca è la DS 490 che fornisce i valori di riferimento per i parametri di isolamento acustico tra distinte unità immobiliari, del tempo di riverbero e dei livelli di rumorosità interna dovuti sia agli impianti che ai rumori esterni. La norma prevede quattro classi acustiche:

- A garantisce maggiore tranquillità
- B i residenti sono limitatamente disturbati da eventi rumorosi
- C isolamento acustico di base
- D edifici con scarso isolamento acustico.

I limiti per ciascuna classe sono riportati nel prospetto seguente:

| Classe | R'_w (dB) | L'_{nw} (dB) | L_{den} (dB) | $L_{Aeq,T}$ (dB) |
|--------|-------------|----------------|----------------|------------------|
| A | 63 | 43 | 20 | 20 |
| B | 58 | 48 | 25 | 25 |
| C | 55 | 53 | 30 | 30 |
| D | 50 | 58 | 35 | 35 |

Tabella 5.3 Limiti classificazione acustica Danese secondo la DS 490 'Lydklassifikation af boliger'.

La finalità della norma è quella di garantire al fruitore delle unità abitative il soddisfacimento dell'isolamento acustico, partendo da una corretta pianificazione progettuale, attraverso controlli e collaudi finali. Le stesse condizioni devono essere applicate ad edifici con destinazione d'uso collettiva quali alberghi scuole ecc.. L'applicazione della norma è stata affiancata dall'emanazione di un Regolamento Edilizio che delega alle amministrazioni comunali il controllo e che prevede che siano effettuati i collaudi acustici a edificio ultimato che attestino la conformità ai requisiti acustici passivi previsti dalla classe C della DS 490.

- *Svezia*: la norma di riferimento per edifici residenziali è la SS25267:2004 mentre per altre destinazioni d'uso p la SS25268:2007. Sono previste quattro classi acustiche:
 - A ottima condizione acustica
 - B i residenti sono limitatamente disturbati da eventi rumorosi
 - C isolamento acustico di base
 - D edifici con scarso isolamento acustico

I limiti della classe C sono anche i limiti di legge.

| Classe | $R'_w + C_{50-3150}$ | $L'_{nw} + C_{1,50-3150}$ e L'_{nw} | L_{den} Livello interno | $L_{Aeq,T}$ |
|--------|----------------------|--|------------------------------|-------------|
| A | 61 | 48 | 22 | 20 |
| B | 57 | 52 | 26 | 25 |
| C | 53 | 56 | 30 | 30 |
| D | $R'_w \geq 49$ | 60 | 34 | 35 |

Tabella 5.4 Limiti classificazione acustica Svedese.

L'applicazione della norma è stata poi affiancata dall'emanazione di un regolamento edilizio che delega alle amministrazioni provinciali il controllo e stabilisce come limite di legge la classe C. Il regolamento stabilisce inoltre che bisogna prevedere collaudi in corso d'opera e ad edificio ultimato. I collaudi in corso d'opera dovranno essere eseguiti a cantiere completamente fermo e in assenza di porte e finestre si dovranno utilizzare elementi pesanti per la chiusura delle stesse.

- *Norvegia*: la prima classificazione risale al 1997 mentre l'attuale norma di riferimento è la NS 8175:2008. Le norme forniscono i valori di riferimento per i diversi parametri di isolamento acustico per destinazioni d'uso residenziale, direzionale, scuole, ospedali, cliniche, ristoranti e alberghi. L'applicazione della norma è stata affiancata dall'emanazione di un regolamento edilizio che assegna alla classe C i valori limite.

Isolamento ai rumori aerei:

| Ambienti | Classe A | Classe B | Classe C | Classe D |
|---|-------------------------|-------------------------|----------|----------|
| | $R'_w + C_{50-5000}$ dB | $R'_w + C_{50-5000}$ dB | R'_w | R'_w |
| Tra abitazioni, tra abitazioni e spazi comuni. | 63 | 58 | 55 | 50 |
| Tra abitazioni e portici o scale esterne. | 53 | 48 | 45 | 40 |
| Tra abitazioni e attività, locali servizi, parcheggi. | 68 | 63 | 60 | 55 |
| Tra ambienti della medesima unità abitativa. | 48 | 43 | - | - |

Tabella 5.5 Classificazione dell'isolamento ai rumori aerei secondo la normativa Norvegese.

Isolamento al calpestio:

| Parametro | Classe A | Classe B | Classe C | Classe D |
|-------------------------|----------|----------|----------|----------|
| L'_{nw} | 43 | 48 | 53 | 58 |
| $L'_{nw} + I_{50-2500}$ | 43 | 48 | 53 | - |

Tabella 5.6 Classificazione dell'isolamento al calpestio secondo la normativa Norvegese.

È prevista una mappatura acustica del territorio che viene suddiviso principalmente in tre zone, bianca, gialla e rossa, delle quali la rossa è la più 'rumorosa' e vanno quindi evitate destinazioni d'uso sensibili al rumore (abitazioni, ospedali, scuole ecc.). L'isolamento di facciata deve essere determinato in funzione del clima acustico esterno determinato da mappe acustiche.

- *Germania*: le norme di riferimento tedesche per i requisiti acustici passivi degli edifici sono la DIN 4109, la VDI 4100 e la DIN 18041. Nelle prime due sono definiti i limiti di isolamento acustico da utilizzarsi tra distinte unità abitative e una classificazione acustica che prevede tre classi I, II, III identificando nella I la classe di legge. Le classi II e III sono raramente applicate in quanto richiedono strutture notevoli con un conseguente impegno economico particolarmente rilevante. Gli ambiti di applicazione si estendono anche ad ambienti lavorativi, alberghi scuole, ospedali, ambienti ad uso collettivo, edifici nuovi e in ristrutturazione.

Nel residenziale i parametri che descrivono l'isolamento acustico si identificano in R'_w sia per l'isolamento ai rumori aerei tra unità che per le facciate, ed in L'_{nw} l'isolamento acustico ai rumori impattivi. L'isolamento acustico di facciata è legato all'ambiente esterno, ovvero ai livelli generati dalle diverse sorgenti presenti all'esterno.

| Sorgente in ambiente esterno | Livello esterno | R'_w necessario |
|--|--------------------|-------------------|
| Rumore aereo, traffico veicolare e ferroviario | LA_{eq} 55-60 dB | 30 dB |
| | LA_{eq} 61-65 dB | 35 dB |
| | LA_{eq} 66-70 dB | 40 dB |
| | LA_{eq} 71-75 dB | 45 dB |
| | LA_{eq} 76-80 dB | 50 dB |

Tabella 5.7 Limite di isolamento acustico in funzione del livello generato all'esterno.

I limiti di legge degli altri parametri definiti dalle DIN 4109 e SSTI sono riportati nella tabella seguente:

| | | Grandezze acustiche | Limiti |
|--|-------------|---------------------|--------|
| Isolamento acustico ai rumori aerei tra distinte unità | Orizzontale | R'_w | 53 |
| | Verticale | R'_w | 54 |
| Isolamento acustico ai rumori aerei tra unità e scale – corridoi | | R'_w | 52 |
| Isolamento acustico ai rumori impattivi tra distinte unità | | L'_{nw} | 53 |
| Isolamento acustico ai rumori impattivi tra unità e scale – corridoi | | L'_{nw} | 58 |
| Rumorosità degli impianti idrici | | L_{ln} | 30 |
| Rumorosità di altri impianti tecnici | | LAF_{max} | 30 |
| Rumori provenienti da attività | | L_r | 35 |

Tabella 5.8 Limite di legge per i requisiti acustici definiti dalle DIN 4109 e SSTI.

Per quanto concerne alberghi, ostelli, ospedali si prevede anche l'isolamento tra singole stanze e tra stanze e spazi comuni. In ambito residenziale i parametri previsti per le tre classi della DIN 4109 si differenziano per tipologia di edificio: condomini e ville a schiera.

Dopo aver illustrato i principi di classificazione in alcuni stati europei è interessante confrontare tra loro i valori limite definiti per legge in ogni stato dei requisiti acustici e valutare

a che punto si colloca l'Italia con i valori proposti dalla UNI 11367.

- Isolamento acustico tra unità immobiliari distinte, R'_w :

| Paese | Standard | Livello Sufficiente (dB) | Livello Buono (dB) |
|-----------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Danimarca | DS 490 | Classe C: $R'_w + C_{50-3150} = 55$ | Classe C: $R'_w + C_{50-3150} = 58$ |
| Finlandia | SFS 5907 | Classe C: $R'_w = 55$ | Classe C: $R'_w = 58$ |
| Norvegia | NS 8175 | Classe C: $R'_w = 55$ | Classe C: $R'_w = 58$ |
| Svezia | SS 02 5267 | Classe C: $R'_w + C_{50-3150} = 53$ | Classe C: $R'_w + C_{50-3150} = 58$ |
| Germania | VDI 4100 | Classe I: $R'_w + C_{50-5000} = 53$ | Classe I: $R'_w + C_{50-5000} = 56$ |
| Olanda | NEN 1070 | Classe III: $D_{nT,w} + C = 52$ | Classe III: $D_{nT,w} + C = 57$ |
| Francia | Méthode Qualitel | CQ: $D_{nT,A} = 53$ | CQ: $D_{nT,A} = 55$ |
| Belgio | NBN S01-400-1 | NAC: $D_{nT,w} = 58$ | NAC: $D_{nT,w} = 62$ |
| Austria | ONORM B 8115 | Standard: $D_{nT,w} = 55$ | Standard: $D_{nT,w} = 58$ |
| Svizzera | SIA 181 | Low: $D_{nT,w} + C = 49$ | Low: $D_{nT,w} + C = 54$ |

Tabella 5.9 Confronto tra i livelli limite dell'isolamento acustico tra unità immobiliari in alcuni Paesi europei.

Le ipotesi¹⁷ che sono state prese in considerazione per poter effettuare il confronto sono le seguenti:

$$D_{nT,w} = R'_w + 1$$

$$C_{50-3150} = -2; \quad C_{50-5000} = -2$$

$$C = -1; \quad C_t = -4$$

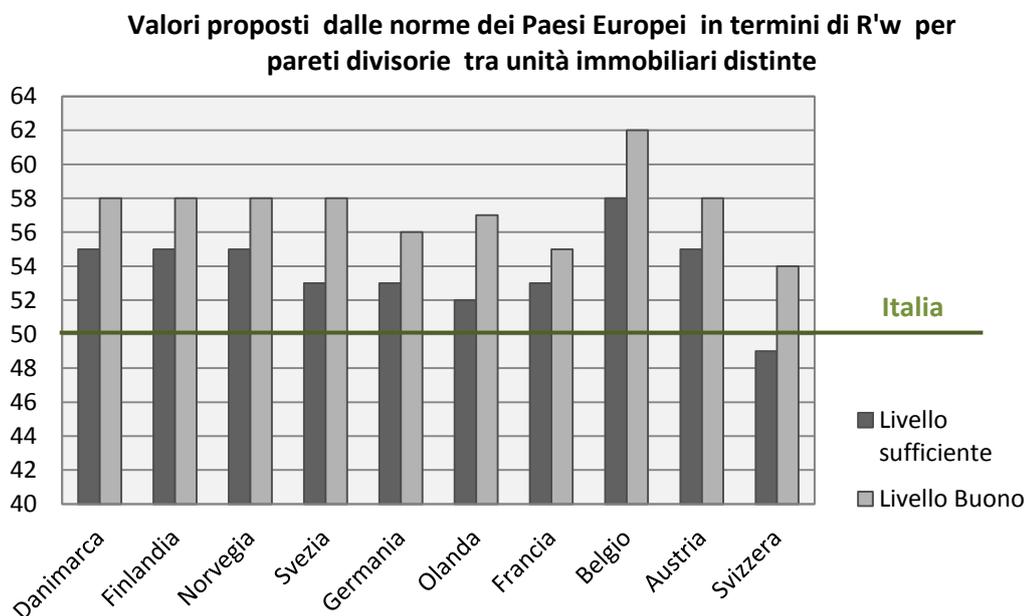


Grafico 5.1 Confronto tra i valori limite europei di R'_w tra pareti divisorie tra unità immobiliari.

¹⁷ G. Cellai, P. Fausti, E. Nannipieri, S. Secchi, Il contesto costruttivo italiano rispetto ai sistemi europei di classificazione acustica: analisi di risultati sperimentali in edifici residenziali; atti del 35° Convegno Nazionale di Acustica, Milano, 11-13 giugno 2008.

- Isolamento acustico al rumore impattivo tra unità immobiliari distinte, $L'_{n,w}$

| Paese | Standard | Livello Sufficiente (dB) | Livello Buono (dB) |
|-----------|------------------|------------------------------------|---|
| Danimarca | DS 490 | Classe C: $L'_{n,w} = 53$ | Classe C: $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} = 48$ |
| Finlandia | SFS 5907 | Classe C: $L'_{n,w} = 53$ | Classe C: $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} = 49$ |
| Norvegia | NS 8175 | Classe C: $L'_{n,w} = 53$ | Classe C: $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} = 48$ |
| Svezia | SS 02 5267 | Classe C: $L'_{n,w} = 56$ | Classe C: $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} = 52$ |
| Germania | VDI 4100 | Classe I: $L'_{n,w} = 53$ | Classe I: $L'_{n,w} = 48$ |
| Olanda | NEN 1070 | Classe III: $L'_{nT,w} + C_1 = 53$ | Classe III: $L'_{nT,w} + C_1 = 48$ |
| Francia | Méthode Qualitel | CQ: $L'_{nT,w} = 58$ | CQ: $L'_{nT,w} = 52$ |
| Belgio | NBN S01-400-1 | NAC: $L'_{nT,w} = 54$ | NAC: $L'_{nT,w} = 50$ |
| Austria | ONORM B 8115 | Standard: $L'_{nT,w} = 48$ | Standard: $L'_{nT,w} = 45$ |
| Svizzera | SIA 181 | Low: $L'_{nT,w} + C_1 = 55$ | Low: $L'_{nT,w} + C_1 = 50$ |

Tabella 5.10 Confronto tra i livelli limite del livello di calpestio tra unità immobiliari in alcuni Paesi europei.

Confronto tra i valori proposti dalle norme dei Paesi Europei in termini di $L'_{n,w}$ per solai tra unità immobiliari distinte

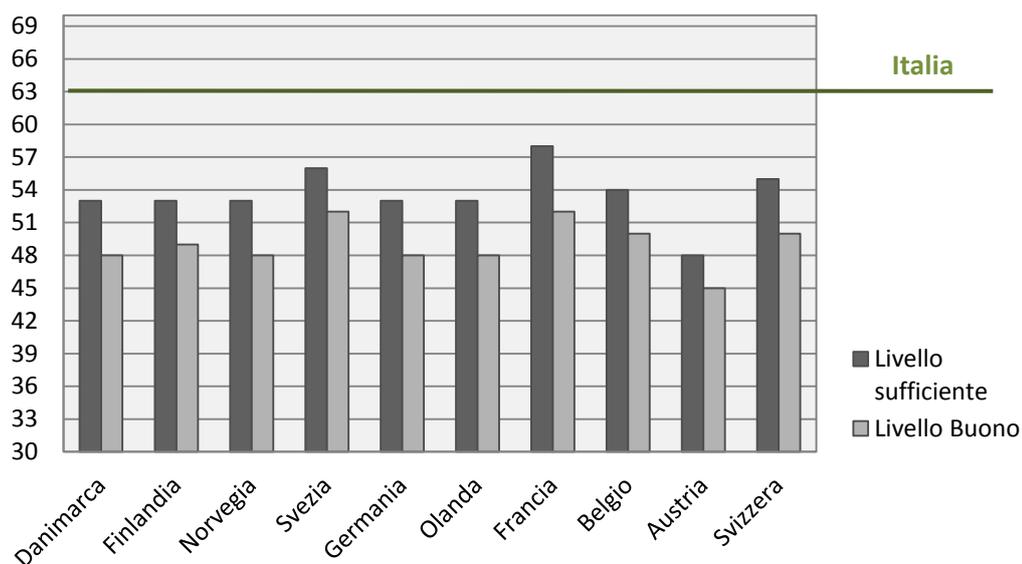


Grafico 5.2 Confronto tra valori limite europei di $L'_{n,w}$ per solai tra unità immobiliari distinte.

Le ipotesi¹⁷ più sopra prese in considerazione per il confronto sono le seguenti:

$$L'_{nT,w} = L'_{n,w}$$

$$C_{150-2500} = 0 \text{ dB}$$

$$C_1 = -3 \text{ dB}$$

Come si può notare immediatamente il quadro che emerge è molto vario in quanto per descrivere gli stessi requisiti vengono adottati descrittori diversi con i relativi coefficienti di adattamento spettrale.

| Descrittore secondo le ISO 717 | Indici valutazione isolamento acustico per via aerea negli edifici (ISO 717 – 1) | Indici di valutazione dell'isolamento acustico di facciata (ISO 717 – 1) | Indici di valutazione dell'isolamento acustico dal rumore di calpestio (ISO 717 – 2) |
|---------------------------------------|--|--|--|
| Descrittore di base | R'_w $D_{n,w}$ $D_{nT,w}$ | R'_w $D_{n,w}$ $D_{nT,w}$ | $L'_{n,w}$ $L'_{nT,w}$ |
| Coefficiente di adattamento spettrale | Nessuno C $C_{50-3150}$ $C_{100-5000}$ $C_{50-5000}$ | Nessuno C C $C_{50-3150}$ $C_{tr,50-3150}$ $C_{100-5000}$ $C_{tr,100-5000}$ $C_{100-5000}$ $C_{tr100-5000}$ | Nessuno C_i $C_{i,50-250}$ |

Tabella 5.11 Descrittori dei requisiti acustici secondo le ISO 717.

In molti Paesi dell'Europa del Nord in particolare si utilizza un coefficiente di adattamento spettrale che serve a tener conto del comportamento delle pareti a basse frequenze. Questo è giustificato dal fatto che in questi Paesi sono diffuse tecnologie edilizie basate su soluzioni leggere da montare a secco che, proprio alle basse frequenze, presentano spesso prestazioni piuttosto scadenti.

Confrontando i valori limite italiani (sono stati presi in considerazione i valori relativi alla classe III anche se non c'è ancora un decreto legislativo che lo imponga) con quelli degli altri Paesi europei emerge come i primi siano molto meno restrittivi. Questo si può spiegare con il fatto che nei Paesi del Nord Europa si utilizzano tecnologie diverse da quelle italiane per soddisfare requisiti di comfort termico. Nel primo caso si prediligono componenti edilizi leggeri e ben coibentati, che consentono di raggiungere prestazioni acustiche migliori, nel secondo caso è necessario adottare soluzioni massive. A tal proposito si sottolinea che nessun Paese dell'Unione Europea, appartenente alla fascia mediterranea, ha adottato ad oggi un sistema di classificazione acustica.

5.3) Possibili sviluppi

Tra gli obiettivi che possono muovere alla definizione di una classificazione acustica degli edifici c'è senz'altro quello di fare chiarezza all'interno di un quadro normativo confuso e carente che genera spesso contenziosi tra acquirenti e costruttori/progettisti. Sarebbe inoltre utile a fornire una chiave di lettura più semplice agli utenti finali che avrebbero in questo modo un quadro chiaro e più completo delle prestazioni acustiche, così come avviene per quelle energetiche, che l'edificio in questione può garantire loro. Questo aspetto potrebbe avere un'influenza sul mercato immobiliare che innescherebbe un meccanismo di miglioramento continuo in termini di qualità della produzione edilizia edilizia.

Ci sono pertanto diversi argomenti di discussione per un possibile nuovo testo legislativo; alcuni dei punti più importanti sono elencati di seguito:

- stabilire se rendere o meno obbligatoria la certificazione acustica;
- richiedere una classificazione acustica solo per edifici di nuova costruzione o estenderla anche a quelli esistenti;
- stabilire una classe minima della norma UNI da rispettare per legge;
- stabilire se necessario dare dei valori limite anche per i singoli descrittori delle prestazioni acustiche;
- decidere se subordinare l'abitabilità/agibilità al rilascio della certificazione acustica;
- stabilire eventuali sanzioni nel caso di inadempimento dei limiti di legge.

6) Criticità della norma UNI 11367

Si evidenziano e sviluppano alcune considerazioni in merito ai contenuti della norma UNI 11367, appena presentata, evidenziando i possibili elementi di debolezza che hanno sollevato critiche e discussioni tra i differenti organismi coinvolti nel processo edilizio.

6.1) Taratura classi acustiche

Il primo elemento sensibile è rappresentato dai valori dei descrittori acustici che rappresentano i limiti delle classi per le unità immobiliari riportati nel prospetto 1 della norma. Innanzitutto si osserva come i valori di soglia riferiti alla classe III corrispondano, salvo la correzione per l'incertezza di misura, ai limiti del D.P.C.M. 5/12/1997 tranne che per il parametro descrittore dell'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$ che risulta inferiore di 3 dB. Questo comporta che, se come è prevedibile, si assumerà la classe III quale la minima per le nuove costruzioni, si effettuerà un passo indietro rispetto ai requisiti acustici passivi per quanto riguarda l'isolamento di facciata (che è inoltre un parametro molto sensibile se pensato in riferimento al clima acustico).

Un primo quesito che ci si pone osservando i limiti proposti dalla norma è quello di capire in quale classe si collocherebbe un edificio esistente, se sottoposto a classificazione, e quale classe è possibile raggiungere con un edificio di nuova costruzione, accertando così che la taratura delle classi acustiche sia ragionevole nel contesto attuale.

Dato che fino ad ora, all'interno del processo edilizio, il problema acustico è stato trascurato è prevedibile che, edifici costruiti fino all'entrata in vigore del D.P.C.M. 5/12/1997, risultino non classificabili per la UNI 11367; tuttavia potrebbe essere interessante capire se, con interventi mirati ed economicamente sostenibili, sia possibile riqualificare acusticamente una unità immobiliare per migliorarne il comfort e per valorizzarla sul mercato. Questo punto potrebbe innescare un meccanismo di incentivo alla ristrutturazione positivo contro l'immobilismo del mercato edile attuale.

Tuttavia non è facile intervenire in questo senso e in particolar modo per alcuni requisiti acustici. Si pensi ad esempio al livello di pressione sonora di calpestio, se questo dovesse risultare molto elevato le principali possibilità di intervento potrebbero essere due: inserire un controsoffitto o intervenire con la realizzazione di un pavimento galleggiante. La prima proposta non è realizzabile in tutti i casi in cui l'altezza netta interna sia pari a 2,70 m, la seconda comporterebbe un intervento particolarmente invasivo nell'unità immobiliare adiacente o sovrastante.

Il problema si pone anche in caso di rumore provocato da impianti tecnici in quanto, dove possibile, risulta comunque oneroso intervenire comportando la necessità di opere murarie e come visto in precedenza, spesso il disagio è causato dall'impianto di altra proprietà.

Infine esistono tipologie edilizie tutelate dalla sovrintendenza per i beni architettonici o comunque ubicati in aree storiche per i quali non è possibile effettuare nessun intervento a priori.

Alla luce di quanto detto si capisce come molto spesso sia difficile migliorare le performance acustiche di una unità abitativa esistente, così che cadrebbe il discorso dell'incentivo alla ristrutturazione ma al contrario si rischierebbe di introdurre una pesante svalutazione

economica per tutti quegli edifici in cui non fosse possibile operare correzioni acustiche concrete.

Per gli edifici di nuova costruzione è necessario appurare se sia possibile raggiungere la classe massima e con quale impegno economico per garantire che imprenditori edili e costruttori a fronte di una richiesta da parte del committente delle prestazioni migliori possano soddisfarle.

Alcuni degli aspetti evidenziati vengono sviluppati e approfonditi nei capitoli successivi (Capitolo 7, Capitolo 8) attraverso esempi di calcolo.

6.2) Coefficiente di peso Z

Un secondo elemento da evidenziare è rappresentato dalla corrispondenza tra la classe acustica e il coefficiente di peso Z (prospetto 3 della norma).

| 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 |

Figura 5.3 Corrispondenza tra classe acustica per requisito e per unità immobiliare e coefficiente di peso Z.

Nel momento in cui si supera di più di 5 dB la classe IV la norma attribuisce un coefficiente di peso di 10 punti (rispetto ai cinque attribuiti ai valori fino a 5 dB superiori al limite della classe IV).

Questa forte penalizzazione può essere giustificata dal fatto che, se almeno uno dei requisiti acustici è molto al di sotto delle prestazioni minime richieste, ne risente il benessere acustico complessivo di una unità immobiliare che non può quindi risultare classificabile. Inoltre questo aspetto può essere visto come un incentivo al miglioramento soprattutto per edifici esistenti che presentano un descrittore fortemente insufficiente, intervenendo sul quale si garantirebbe un risultato globale che permetta all'unità immobiliare di rientrare almeno in classe minima.

Questa osservazione non vale in assoluto, in quanto, se il descrittore a cui si attribuiscono 10 punti è ad esempio, il livello di pressione sonora di calpestio, la possibilità di migliorarlo è molto limitata, come abbiamo visto nel punto precedente, pertanto la prestazione complessiva dell'unità immobiliare non potrà mai essere classificabile. Nel capitolo 7 verrà illustrata questa situazione con degli esempi di calcolo.

Non dovrebbero ritrovarsi in questa situazione gli edifici costruiti dopo il 1997, per i quali vige l'obbligo di rispettare il D.P.C.M. 5/dicembre/1997 che pone dei limiti per i singoli requisiti passivi i cui valori sono molto vicini a quelli della classe III della UNI 11367.

Bensì è molto probabile che ricadano in questo caso edifici realizzati prima del 1997 dove è frequente imbattersi in costruzioni che presentano requisiti caratterizzati da valori ben al di sotto di quelli minimi.

6.3) Clima acustico

Un altro elemento di notevole criticità, già emerso dall'analisi delle normative nazionali precedenti (soprattutto il D.P.C.M. 5/12/1997) è la totale indipendenza delle classi della UNI, in

quanto i requisiti acustici dipendono soltanto da proprietà intrinseche dell'edificio, dal clima acustico nel quale si insedia il fabbricato. Esiste però all'interno della norma l'appendice L che evidenzia come ad una classe non sempre corrisponda la prestazione acustica attesa (correlazione tra classe acustica e giudizio qualitativo dell'utente). È possibile che un edificio ubicato in un'area mediamente rumorosa, come è la gran parte dei centri abitati italiani, nonostante rientri nella classe II di isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$ presenti prestazioni acustiche "modeste" o "di base" (il parametro maggiormente influenzato dal clima acustico è proprio l'isolamento di facciata anche se poi indirettamente ne risentono tutti gli altri parametri descrittivi). Il fatto che la norma inserisca un'appendice su tale aspetto evidenzia che la problematica esiste ma non viene affrontata.

Diverse sarebbero le possibili modalità di intervenire per tener conto di questo aspetto nella valutazione acustica di un edificio. Ad esempio si potrebbero differenziare i valori limite che stabiliscono le classi proposte dalla norma in funzione del contesto urbano in cui si insedia il costruito. In alternativa si potrebbe fissare una classe minima da rispettare differente per le diverse zone in cui si effettuano le valutazioni. Un'ipotesi di più facile attuazione è quella invece di intervenire secondo la logica che verrà ora illustrata.

Si parte dal presupposto che il descrittore maggiormente influenzato dal clima acustico esterno sia l'isolamento di facciata e si ipotizza che la taratura dei valori che definiscono le classi della norma sia stata effettuata collocando un ipotetico edificio in una zona in cui il livello immesso dalle sorgenti esterne sia il massimo possibile. A tale riguardo ci si può riferire ai valori limite proposti dal D.P.C.M. 14/novembre/1997 che suddivide il territorio in zone a ciascuna delle quali corrisponde un valore limite di immissione per il periodo diurno e notturno.

| Classi di destinazione d'uso del territorio | Tempi di riferimento | |
|---|---------------------------|-----------------------------|
| | Diurno (06.00 – 22.00) | Notturno (22.00 – 06.00) |
| I aree particolarmente protette | 50 | 40 |
| II aree prevalentemente residenziali | 55 | 45 |
| III aree di tipo misto | 60 | 50 |
| IV aree di intensa attività umana | 65 | 55 |
| V aree prevalentemente industriali | 70 | 60 |
| VI aree esclusivamente industriali | 70 | 70 |

Tabella 3.8 Valori limite assoluti di immissione L_{eq} in dB (A) (D.P.C.M. 14/11/1997).

Ponendo di trovarci in zona VI, il livello equivalente di immissione sonora è di 70 dB per il periodo diurno, quindi per garantire le prestazioni di isolamento di una classe I il livello interno dovrebbe essere $70 - 43 = 27$ dB. Ipotizzando ora di trovarci in zona IV per garantire lo stesso livello interno l'isolamento dovrebbe essere (sempre per rientrare in classe I): $65 - 27 = 38$ dB, ovvero 5 dB in meno rispetto al limite imposto dalla norma. Lo stesso procedimento può essere riproposto per tutte le zone:

$$\text{ZONA III} \quad 60 - 27 = 33 \text{ dB} \rightarrow +10 \text{ dB}$$

$$\begin{aligned} \text{ZONA II} & \quad 55 - 27 = 28 \text{ dB} \rightarrow +15 \text{ dB} \\ \text{ZONA I} & \quad 50 - 27 = 23 \text{ dB} \rightarrow +20 \text{ dB} \end{aligned}$$

Il tutto può essere esteso ad ogni classe:

| | Classe | | | | ΔD_D |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|
| | I | II | III | IV | |
| | 43 | 40 | 37 | 32 | |
| Livello interno | 27 | 30 | 33 | 38 | |
| Zona I | $50 - 27 = \mathbf{23}$ | $50 - 30 = \mathbf{20}$ | $50 - 33 = \mathbf{17}$ | $50 - 38 = \mathbf{12}$ | + 20 |
| Zona II | $55 - 27 = \mathbf{28}$ | $55 - 30 = \mathbf{25}$ | $55 - 33 = \mathbf{22}$ | $55 - 38 = \mathbf{17}$ | + 15 |
| Zona III | $60 - 27 = \mathbf{33}$ | $60 - 30 = \mathbf{30}$ | $60 - 33 = \mathbf{27}$ | $60 - 38 = \mathbf{22}$ | + 10 |
| Zona IV | $65 - 27 = \mathbf{38}$ | $65 - 30 = \mathbf{35}$ | $65 - 33 = \mathbf{32}$ | $65 - 38 = \mathbf{27}$ | + 5 |
| Zona V | $70 - 27 = \mathbf{43}$ | $70 - 30 = \mathbf{40}$ | $70 - 33 = \mathbf{37}$ | $70 - 38 = \mathbf{32}$ | + 0 |
| Zona VI | $70 - 27 = \mathbf{43}$ | $70 - 30 = \mathbf{40}$ | $70 - 33 = \mathbf{37}$ | $70 - 38 = \mathbf{32}$ | + 0 |

Tabella 6.1 Valore di isolamento di facciata richiesto nelle diverse zone in funzione del massimo livello sonoro interno.

I valori evidenziati in grassetto rappresentano l'isolamento che bisognerebbe garantire in ciascuna zona per avere lo stesso livello interno che si avrebbe, a parità di classe, nella zona più rumorosa. Nell'ultima colonna a destra sono invece indicati i dB di differenza tra i valori di isolamento indicati dalla norma e quelli da noi calcolati per ciascuna classe. Tale differenza, in funzione della zona in cui è collocato l'edificio da classificare, potrebbe essere sommata al valore misurato in opera, relativo al requisito di isolamento di facciata e con questo nuovo valore sarebbe possibile stabilire in quale classe rientrerebbe il descrittore $D_{2m,n,T}$, attraverso il prospetto riportato in figura 5.1 (prospetto 1 della norma).

Se si volesse tenere conto anche dei livelli limite di immissione notturni bisognerebbe ripetere lo stesso ragionamento utilizzando tali limiti, si andrebbe poi a correggere il valore in opera con un nuovo ΔD e infine si potrebbe applicare ai due valori di isolamento acustico, diurno e notturno, una media ponderata rispetto alle durate dei due periodi:

$$D^*_{2m,n,T} = \frac{D_{2m,n,T,D} \cdot n_D + D_{2m,n,T,N} \cdot n_N}{n_D + n_N}$$

Con:

$$D_{2m,n,T,D} = D_{2m,n,T} + \Delta D_D$$

$$D_{2m,n,T,N} = D_{2m,n,T} + \Delta D_N$$

Dove:

$D^*_{2m,n,T}$ isolamento acustico normalizzato, corretto rispetto al clima acustico, in dB;

$D_{2m,n,T,D}$ isolamento acustico normalizzato corretto rispetto al clima acustico diurno, in dB;

| | |
|----------------|---|
| $D_{2m,n,T,N}$ | isolamento acustico normalizzato corretto rispetto al clima acustico notturno, in dB; |
| ΔD_D | valore correttivo diurno dell'isolamento acustico, in dB; |
| ΔD_N | valore correttivo notturno dell'isolamento acustico, in dB; |
| n_D | durata del periodo diurno, 16 h; |
| n_N | durata del periodo notturno, 8 h. |

Come detto in precedenza il clima acustico esterno influisce anche sui parametri descrittivi interni (potere fonoisolante, livello di calpestio) in quanto al diminuire del livello di pressione sonora esterno all'edificio e conseguentemente di quello interno si ha una maggiore sensibilità da parte del ricettore alla percezione dei suoni provocati da sorgenti interne al fabbricato. Questo aspetto verrebbe meno nel caso in cui si intervenisse in un modo simile a quello appena proposto, sull'isolamento acustico normalizzato di facciata; agendo in tal modo si garantirebbe infatti, a parità di classe, lo stesso livello sonoro interno, indipendentemente dalla rumorosità della zona. In questo modo, pur trovandosi in un contesto diverso, sempre a parità di classe, anche la percezione del rumore provocato da sorgenti interne all'edificio sarebbe la stessa.

6.4) Variabilità sorgenti acustiche

Ulteriore punto di discussione è quello che la UNI 11367 classificando l'edificio non tiene conto della natura della sorgenti sonore e della probabilità di accadimento di un evento. Ovvero viene trascurato il fatto che una sorgente sonora cambia le proprie caratteristiche (in termini di livello di pressione sonora) e la frequenza con cui si verifica in funzione dei diversi intervalli temporali di una giornata (day, evening e night). Per conoscere le possibilità di verificarsi di un evento è necessario effettuare delle indagini statistiche. In linea di principio, durante il periodo notturno, la frequenza con la quale si verificano determinati episodi (come l'utilizzo di impianti tecnici a funzionamento discontinuo, disturbo provocato dal calpestio, rumori aerei provocati dal parlato o da apparecchi elettronici...) è minore rispetto al periodo diurno. Allo stesso modo però la tolleranza media da parte degli utenti è minore durante la notte e maggiore durante la giornata mentre si svolgono diverse attività. Tali valutazioni hanno una valenza del tutto generica poichè sono strettamente correlate al livello di percezione del rumore della singola persona e al grado di tolleranza della stessa ai differenti disturbi che possono palesarsi e quindi variano sensibilmente da utente a utente. Questo aspetto risulta quindi delicato da affrontare e, senza la possibilità di effettuare indagini che abbiano lo scopo di disegnare un quadro delle esigenze e dei disagi percepiti mediamente dagli utenti, non siamo in grado di proporre soluzioni che prendano in considerazione tale aspetto.

6.5) Media logaritmica

Un altro aspetto degno di nota è l'utilizzo da parte della UNI 11367 della media energetica (media logaritmica) per determinare, a partire dai singoli valori utili, il valore complessivo X_r , Y_r ,

di un determinato requisito per una unità abitativa¹⁸. Con un tale metodo di ponderazione è sufficiente che un elemento tecnico, anche se di superficie ridotta, sia meno performante degli altri per svalutare l'intero sistema costruttivo e per ottenere un declassamento dell'immobile in taluni casi importante. Questa scelta può essere stata fatta a scopo cautelativo così da penalizzare le soluzioni che presentano anche un solo elemento poco performante rispetto a tutti gli altri. Nella fisica acustica di fatto, tale situazione è verosimile poichè all'interno di una abitazione che presenta buone prestazioni acustiche, la presenza di un elemento più debole riduce notevolmente il comfort acustico interno e provoca spesso situazioni di malessere per l'utente. La soluzione alternativa a questo metodo, onde penalizzare in modo minore la classificazione di un'unità abitativa, potrebbe essere l'utilizzo di una media pesata sulle superfici così che un elemento tecnico poco valido acusticamente, peggiori le caratteristiche del sistema proporzionalmente alla superficie che ricopre.

6.6) Valore unico per rappresentare la classe acustica globale

La UNI 11367 introduce un valore univoco per rappresentare la classe acustica globale dell'unità immobiliare. Tale valore si ottiene come media aritmetica dei punteggi attribuiti ai singoli parametri descrittivi in relazione alla classe in cui rientrano, con risultato arrotondato all'intero più vicino. È quindi possibile che alcuni tra i descrittori rientrino in una classe inferiore rispetto a quella globale dell'unità immobiliare. Ad esempio nel caso di un'unità abitativa con potere fonoisolante in classe IV, con tutti gli altri requisiti in classe III e uno in classe II, la classe globale sarebbe la III ($(2+3+3+3+4)/5=3$). Ovvero un utente si troverebbe ad abitare in un edificio caratterizzato da potere fonoisolante pari a un valore anche di 45 dB, ben 5 dB meno del limite previsto attualmente dal D.P.C.M. 5/12/1997, nonostante il suo edificio risulti in classe III. Questo meccanismo potrebbe rivelarsi un vantaggio per gli imprenditori edili che riuscirebbero più facilmente a rispettare i limiti richiesti viste le difficoltà tecniche nel garantire prestazioni acustiche in opera, per tutti gli elementi tecnici, in linea con quelle previste. Si ricorda comunque che, nel prospetto finale della classificazione il valore della classe globale è accompagnato dal valore della classe riferita ai singoli requisiti. Sarebbe tuttavia necessario valutare la possibilità di introdurre dei requisiti minimi da rispettare per il singolo elemento tecnico oltre alla classe complessiva dell'unità immobiliare.

6.7) Campionamento

La norma, nell'appendice G e H, introduce la possibilità di effettuare il campionamento per tutti quegli elementi che si ripetono in modo seriale in un edificio (tipicamente è il caso di alberghi o ospedali). È importante sottolineare che la UNI lascia libero il tecnico competente in acustica di decidere quanti campioni sottoporre a prova, comunque in numero non minore del 10% degli elementi per ciascun gruppo omogeneo e per almeno tre elementi nominalmente uguali. Sempre al tecnico che effettua le prove spetta la scelta del fattore di copertura da utilizzare nel calcolo dell'incertezza di campionamento che dipende dal livello di fiducia che si vuole ottenere. Naturalmente, assumendo un livello di fiducia più basso, pari al 70%, per

¹⁸ Vedi UNI 11367, paragrafo 6.3.2, formule 2 e 3.

esempio, si otterrebbe un valore finale migliore, ma meno affidabile, per il requisito acustico in analisi. Al contrario, adottando livelli di fiducia elevati, ovvero attorno al 95%, si otterrebbero valori finali del parametro descrittore meno performanti ma molto più attendibili. Questo grado di libertà consente di ottenere classi acustiche diverse per un determinato requisito prestazionale. Ora, dal momento in cui il livello di fiducia è stabilito dal committente, potrebbe essere verosimile, che questo si limiti ai livelli di fiducia più bassi. Quanto detto dimostra come il campionamento sia un elemento di scarsa oggettività e un fattore variabile da committente a committente. In ogni caso la norma prevede che il livello di fiducia debba essere dichiarato esplicitamente nella classificazione acustica della unità immobiliare. A scanso di equivoci, è auspicabile che la norma prescriva un solo livello di fiducia univoco e affidabile, verosimilmente il più elevato.

6.8) Deroghe al tecnico acustico

Un altro grado di libertà lasciato al tecnico competente in acustica è legato alla possibilità dello stesso di derogare rispetto a qualche specifico punto della norma in analisi (cfr. Paragrafo 6.2 UNI 11367). Anche in questo caso è facile comprendere come l'eccessiva libertà e la mancanza di chiarezza e univocità possa portare a risultati finali differenti. La norma aggiunge anche che eventuali scelte del tecnico non devono comportare errori nella valutazione della classificazione e che devono chiaramente esplicitare gli oggetti di tali difformità. Tuttavia, benché il tecnico dichiari ciò, non è chiaro come possa dimostrare, in qualsiasi situazione, che le sue scelte non abbiano variato il risultato finale. Esistono alcune casistiche particolari, che possono palesarsi in taluni collaudi acustici, che necessiterebbero di un chiarimento normativo come ad esempio soppalchi, pareti curve, solai su terrazzi o logge ecc.

6.9) Costi classificazione

Dalla data di pubblicazione della UNI 11367 una delle criticità maggiormente discusse è stata quella relativa ad eventuali costi di classificazione per le unità immobiliari giudicati eccessivi. Il numero delle misurazioni da effettuare per classificare un immobile è elevato e non può essere svolto internamente allo studio di progettazione bensì richiede l'aiuto di un tecnico competente in acustica estraneo al processo di progettazione e costruzione dell'immobile stesso (così come specificato dalla Legge n°447/1995). Si è cercato di quantificare i costi di una classificazione acustica, così come voluta dalla UNI 11367, effettuando un'analisi su edifici residenziali con diverse tipologie abitative (monolocali, bilocali, trilocali e quadrilocali), quattro per ogni tipologia, sia di nuova costruzione che esistenti, ubicate in differenti aree della città di Milano (centro città, area urbana residenziale, periferia). Per i costi delle prove ci si è riferiti al *Tariffario professionale per l'acustica e le vibrazioni* dell'Ordine degli ingegneri della provincia di Roma che individua i compensi per le prestazioni di collaudo da parte di tecnici qualificati in funzione del numero di strutture e impianti da collaudare. Si premette che, per effettuare una reale indagine di mercato, è necessario eseguire un elevato numero di rilevazioni analizzando con attenzione tutti i possibili scenari urbani di una città e contestualizzandoli da un punto di vista sociale ed economico. L'indagine esposta nel seguito si propone semplicemente di

determinare i costi medi di una eventuale classificazione, oltre che definire per sommi capi l'incidenza media della stessa sul valore totale dell'immobile.

Si riporta il grafico con indicati i costi totali della classificazione acustica per un unità immobiliare in funzione della tipologia abitativa:

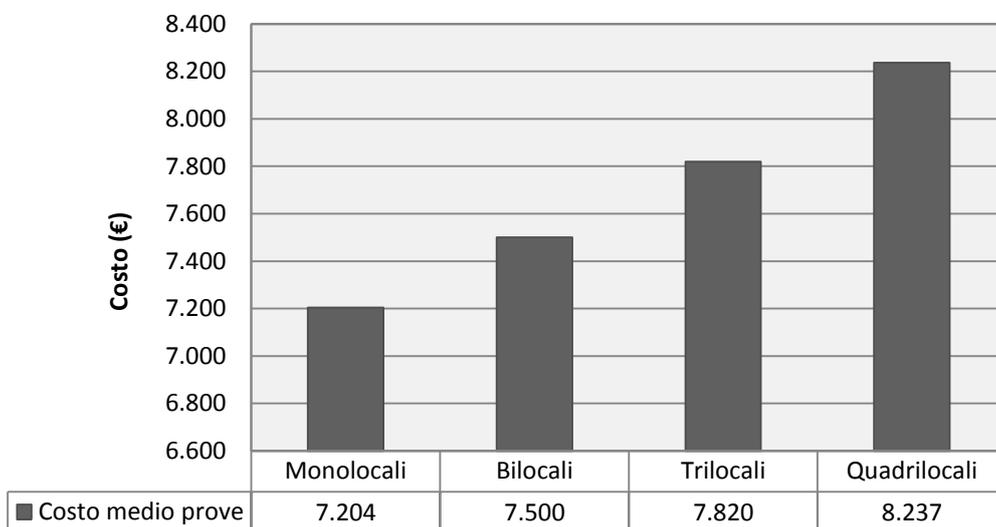


Grafico 6.1 Costo medio prove acustiche su unità abitative campione.

Si osserva come, da previsione, il costo aumenti all'aumentare del numero di locali dell'unità abitativa a causa del maggior numero di elementi tecnici da sottoporre a prova. I costi minimi per classificare un edificio comunque si aggirano attorno ai 7.000/8.000 Euro.

Si riportano in un grafico i costi al metro quadro delle prove acustiche da effettuare per un unità immobiliare in funzione della tipologia abitativa:

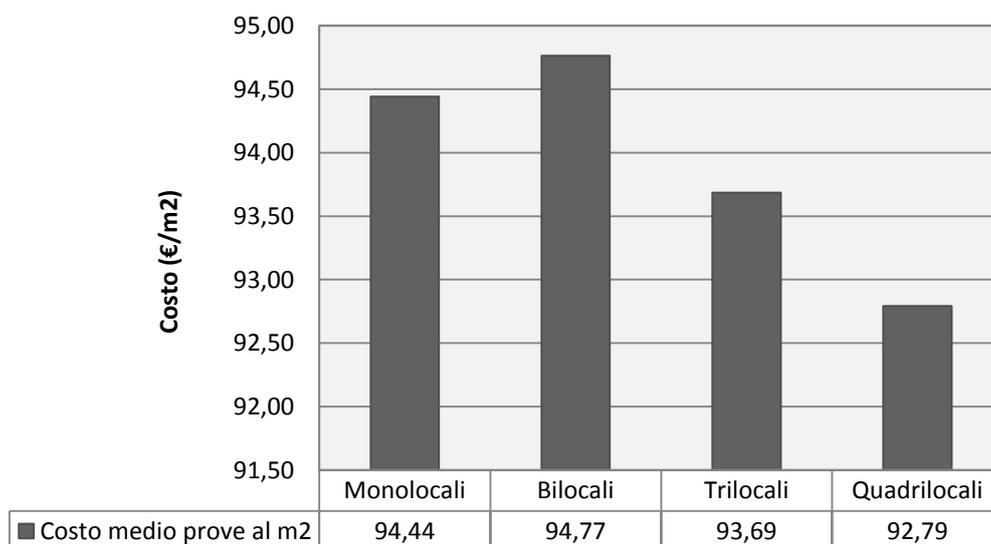


Grafico 6.2 Costo medio prove acustiche al m² su unità abitative campione.

La tendenza che si riscontra è quella di un'incidenza maggiore al metro quadro per unità immobiliari con una superficie minore. Tuttavia i costi si aggirano, per tutte le tipologie abitative, attorno ai 90 €/m².

Si riportano poi i valori di incidenza percentuale dei costi della classificazione rispetto al valore complessivo dell'unità immobiliare. I prezzi degli immobili utilizzati nell'analisi sono stati reperiti da listini di agenzie immobiliari, e rappresentano il prezzo finale proposto all'acquirente.

Nuova costruzione:

Incidenza % costo prove acustiche sul prezzo dell'unità immobiliare

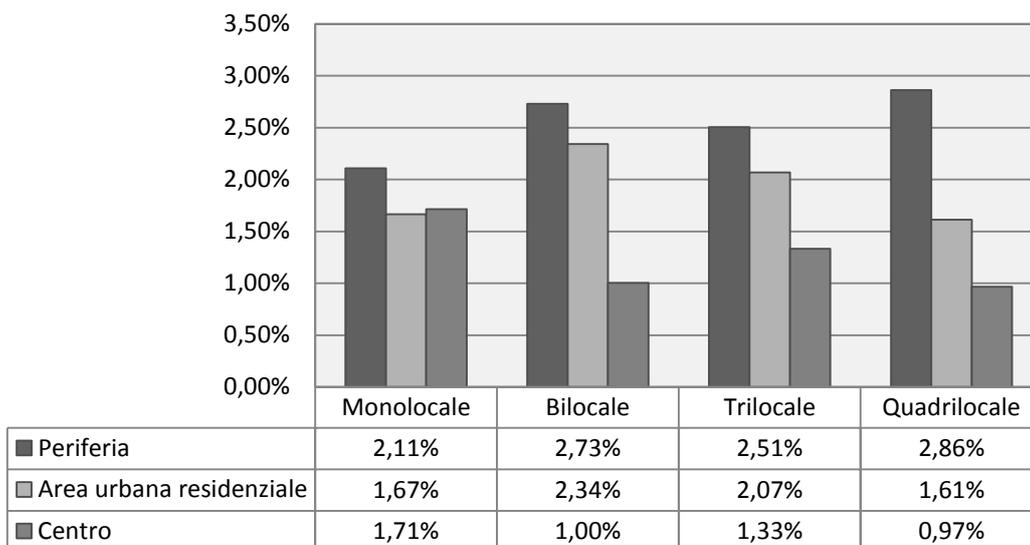


Grafico 6.3 Incidenza % del costo delle prove acustiche sul prezzo dell'unità immobiliare per edifici di nuova costruzione.

Edifici esistenti:

Incidenza % costo prove acustiche sul prezzo dell'unità immobiliare

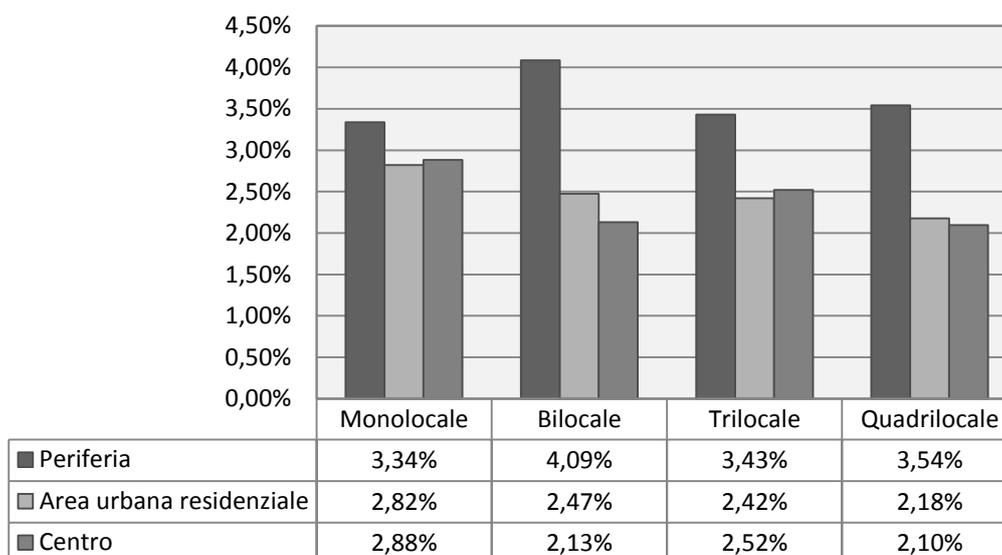


Grafico 6.4 Incidenza % del costo delle prove acustiche sul prezzo dell'unità immobiliare per edifici esistenti.

In entrambe le tipologie si osserva come l'incidenza percentuale del costo delle prove acustiche sull'unità immobiliare sia nettamente maggiore per gli stabili ubicati in aree periferiche (pari a circa il 2,50% per edifici nuovi e a 3/4% per edifici esistenti) i quali, a parità di metri quadri, possiedono un valore economico inferiore. In generale, all'aumentare del valore dell'appartamento diminuisce l'incidenza percentuale del costo delle prove acustiche.

Il quesito che rimane da porsi è a carico di chi saranno tali costi nel momento in cui si renderà obbligatoria la UNI 11367. Ovvero tale spesa inizialmente sarà sostenuta dai costruttori ma è prevedibile che alla fine questi li riverseranno sui futuri acquirenti incrementando ulteriormente il prezzo finale dell'unità immobiliare. In un periodo di forte crisi edilizia, come è quello attuale, è bene effettuare delle valutazioni prima di agire in questa direzione.

7) *Classificazione acustica di una unità immobiliare di un edificio esistente*

Uno dei punti critici emersi in precedenza nell'analizzare il testo della norma UNI 11367 è quello relativo alla valutazione acustica di edifici esistenti. È interessante capire dove si colloca, all'interno della classificazione acustica proposta dalla norma, un edificio esistente e, se è possibile migliorare le sue prestazioni acustiche, in modo da poter garantire maggior comfort agli utenti e da aumentare il suo valore di mercato.

L'obiettivo di questo capitolo è quello di classificare un'unità abitativa i cui elementi tecnici vengono scelti in modo che questa rappresenti un caso tipo di edilizia residenziale degli anni '60 – '90. In una seconda fase verranno analizzati alcuni possibili interventi migliorativi, i loro effetti sul risultato finale della classificazione e, per completare il quadro, verrà effettuata una valutazione economica di tali interventi.

È necessario premettere innanzi tutto che la norma prevede che la classificazione venga fatta utilizzando i valori degli indici dei requisiti acustici misurati in situ mentre nella nostra trattazione viene utilizzato il metodo di calcolo dettagliato proposto dalla serie UNI EN 12354. Come già in parte emerso notevoli possono essere le differenze nei risultati ottenuti attraverso modelli di calcolo, utilizzati solitamente in fase di progettazione, e prove in situ.

7.1) **Modello di calcolo**

I calcoli relativi ai singoli descrittori della qualità acustica ($D_{2m,nT,w}$, R'_w , L'_{nw}) sono stati eseguiti secondo il metodo di calcolo dettagliato indicato dalle UNI EN 12354 – 1, UNI EN 12354 – 2, UNI EN 12354 – 3. Si premette che sono stati trascurati nei calcoli e in tutti i ragionamenti successivi i requisiti relativi agli impianti $L_{ic}(A)$ e $L_{id}(A)$.

Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti: UNI EN 12354 – 1

Per calcolare la potenza sonora in un ambiente ricevente si utilizza la seguente relazione:

$$R' = -10 \log \tau' \text{ dB}$$

In cui τ è il fattore di trasmissione totale che si può esprimere come somma dei seguenti termini:

$$\tau' = \tau_d + \sum_{f=1}^n \tau_f + \sum_{e=1}^m \tau_e + \sum_{s=1}^k \tau_s$$

τ' è il fattore di trasmissione definito come rapporto tra la potenza sonora totale irradiata nell'ambiente ricevente e la potenza sonora incidente sulla parte in comune dell'elemento di separazione;

τ_d è il fattore di trasmissione definito come rapporto tra la potenza sonora irradiata dalla parte in comune dell'elemento di separazione e la potenza sonora incidente sulla parte in comune dell'elemento di separazione. Comprende i percorsi Dd e Fd illustrati nella figura 7.1;

- τ_f è il fattore di trasmissione definito come rapporto tra la potenza sonora irradiata dall'elemento laterale f nell'ambiente ricevente e la potenza sonora incidente sulla parte in comune dell'elemento di separazione. Comprende i percorsi Fd e Df illustrati nella figura 7.1;
- τ_e è il fattore di trasmissione definito come rapporto tra la potenza sonora irradiata nell'ambiente ricevente da un elemento nell'elemento di separazione, dovuta alla trasmissione diretta per via aerea del rumore incidente su questo elemento, e la potenza sonora incidente sulla parte in comune dell'elemento di separazione;
- τ_s è il fattore di trasmissione definito come rapporto tra la potenza sonora irradiata nell'ambiente ricevente da un sistema s , dovuta alla trasmissione indiretta per via aerea del rumore incidente su questo sistema di trasmissione, e la potenza sonora incidente sulla parte in comune dell'elemento di separazione;
- n è il numero degli elementi laterali; nel caso in esame 4;
- m è il numero degli elementi con trasmissione diretta per via aerea;
- k è il numero dei sistemi con trasmissione indiretta per via aerea.

Nei casi di studio trattati sono stati trascurati i termini τ_e e τ_s .
 Per ogni elemento strutturale vengono considerati diversi percorsi di trasmissione sonora, ogni percorso è identificato dall'elemento i su cui incide il suono nell'ambiente emittente e dall'elemento radiante j nell'ambiente ricevente. I diversi percorsi considerati sono quelli rappresentati in figura:

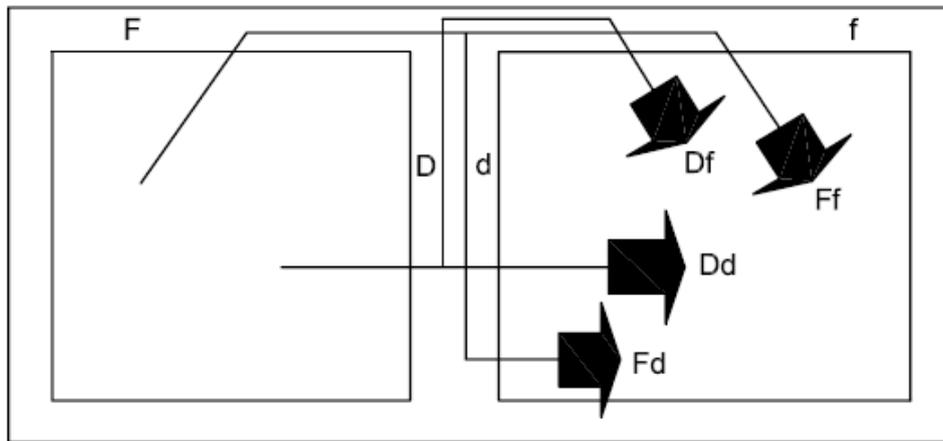


Figura 7.1 Definizione dei percorsi di trasmissione sonora ij tra due ambienti.

Il fattore di trasmissione per l'elemento di separazione è composto dalla trasmissione diretta e dagli n percorsi di trasmissione laterale:

$$\tau_d = \tau_{Dd} + \sum_{F=1}^n \tau_{Fd}$$

Il fattore di trasmissione per gli n elementi laterali si compone dei contributi di due percorsi di trasmissione laterale:

$$\tau_d = \tau_{Df} + \tau_{Ff}$$

La relazione tra i fattori di trasmissione e il potere fonoisolante per trasmissione diretta e laterale è la seguente:

$$\tau_d = 10^{-\frac{R_{Dd}}{10}}$$

$$\tau_{ij} = 10^{-\frac{R_{ij}}{10}}$$

I dati di ingresso necessari al calcolo sono i seguenti:

- potere fonoisolante dell'elemento di separazione R_s
- potere fonoisolante dell'elemento i nell'ambiente emittente: R_i ;
- potere fonoisolante dell'elemento j nell'ambiente ricevente: R_j ;
- incremento del potere fonoisolante mediante strati aggiuntivi per l'elemento di separazione nell'ambiente emittente e/o nell'ambiente ricevente: $\Delta R_D, \Delta R_d$;
- incremento del potere fonoisolante mediante strati aggiuntivi per l'elemento i nell'ambiente emittente e/o l'elemento j nell'ambiente ricevente: $\Delta R_i, \Delta R_j$;
- tempo di riverberazione strutturale per un elemento in laboratorio: $T_{s,lab}$;
- indice di riduzione delle vibrazioni per ogni percorso di trasmissione dall'elemento i all'elemento j: K_{ij} ;
- area dell'elemento di separazione: S_s ;
- area dell'elemento i nell'ambiente emittente: S_i ;
- area dell'elemento j nell'ambiente ricevente: S_j ;
- lunghezza di accoppiamento tra l'elemento i e l'elemento j misurata da una superficie all'altra: l_{ij} .

Per quanto riguarda i dati relativi al potere fonoisolante e agli incrementi di potere fonoisolante dei diversi elementi, sono stati reperiti da certificati di prova acustici (vedi allegati) o da banche dati di software per i calcoli acustici; le aree degli elementi e le lunghezze di accoppiamento dei giunti sono state ricavate dalla geometria del problema mentre tutti gli altri dati di ingresso sono stati calcolati secondo la procedura di calcolo.

Trasformazione dei dati di ingresso in valori in opera

- Il potere fonoisolante R_{situ} di ciascun elemento viene ottenuto da:

$$R_{situ} = R - 10 \log \frac{T_{s,situ}}{T_{s,lab}} \text{ dB}$$

$T_{s,situ}$ tempo di riverberazione strutturale dell'elemento in opera, in secondi;

$T_{s,lab}$ tempo di riverberazione strutturale dell'elemento in laboratorio, in secondi.

Per calcolare i due tempi di riverberazione è stata utilizzata l'appendice C della presente norma.

Per i seguenti elementi di edificio, il tempo di riverberazione strutturale $T_{s,situ}$ deve essere considerato uguale a $T_{s,lab}$, comportando un termine di correzione di 0 dB:

- elementi a pareti doppie leggere, quali tramezzi con intelaiatura di legno o metallo;
- elementi che abbiano un fattore di smorzamento interno maggiore di 0,03;
- elementi molto più leggeri rispetto agli elementi strutturali circostanti (con un rapporto di almeno 1 a 3);
- elementi che non sono raccordati in modo rigido agli elementi strutturali circostanti.

In questo caso rientrano le pareti leggere in cartongesso che sono state utilizzate in uno dei casi studiati.

- Per gli strati addizionali, il valore di laboratorio può essere usato come un'approssimazione del valore in opera dell'incremento ΔR_{situ}

$$\Delta R_{situ} = \Delta R \text{ dB}$$

- Per i giunti, la trasmissione in opera si ottiene mediante la seguente relazione:

$$\overline{D_{v,lj,situ}} = K_{ij} - 10 \log \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_{i,situ} a_{j,situ}}} \text{ dB}; \overline{D_{v,lj,situ}} \geq 0 \text{ dB}$$

con

$$a_{i,situ} = \frac{2,2\pi^2 S_i}{c_0 T_{s,i,situ}} \sqrt{\frac{f_{ref}}{f}}$$

$$a_{j,situ} = \frac{2,2\pi^2 S_j}{c_0 T_{s,j,situ}} \sqrt{\frac{f_{ref}}{f}}$$

$a_{i,situ}$ lunghezza di assorbimento equivalente dell'elemento i in opera, in metri;

$a_{j,situ}$ lunghezza di assorbimento equivalente dell'elemento j in opera, in metri;

f frequenza della banda centrale, in Hertz;

f_{ref} frequenza di riferimento; $f_{ref} = 1000 \text{ Hz}$;

c_0 velocità del suono nell'aria, 340 m/s;

l_{ij} lunghezza di accoppiamento del giunto tra gli elementi i e j, in metri;

S_i area dell'elemento i, in metri quadri;

S_j area dell'elemento j, in metri quadri;

$T_{s,situ}$ tempo di riverberazione strutturale dell'elemento in opera, in secondi;

$T_{s,lab}$ tempo di riverberazione strutturale dell'elemento in laboratorio, in secondi.

Determinazione della trasmissione diretta e laterale in opera

Il potere fonoisolante per la trasmissione diretta è calcolato secondo la seguente relazione:

$$R_{Dd} = R_{s,situ} + \Delta R_{D,situ} + \Delta R_{d,situ} \text{ dB}$$

Mentre il potere fonoisolante per trasmissione laterale si calcola come segue, con $ij = Ff, Fd$ e Df :

$$R_{ij} = \frac{R_{i,situ}}{2} + \Delta R_{i,situ} + \frac{R_{j,situ}}{2} + \Delta R_{j,situ} + \overline{D_{v,lj,situ}} + 10 \log \frac{S_s}{\sqrt{S_i S_j}} \text{ dB}$$

Interpretazione per diversi tipi di elementi

- Per gli elementi laterali costituiti da diverse parti, si è tenuto conto della parte più grande collegata direttamente con l'elemento di separazione. Nel caso della presenza di serramenti nelle chiusure perimetrali verticali si prende comunque in considerazione per la trasmissione laterale la stratigrafia della chiusura opaca.
- Con strati addizionali, quali rivestimenti murali o pavimenti galleggianti, il potere fonoisolante e l'indice di riduzione delle vibrazioni del giunto è in relazione con l'elemento strutturale di base, considerando separatamente l'effetto dello strato addizionale mediante ΔR .
- Con elementi laterali ad intercapedine, nel calcolo della trasmissione laterale in opera viene considerato il potere fonoisolante del solo strato interno.
- In caso di ambienti a livello non uniforme (cioè a gradini) o spostato in senso orizzontale (cioè sfalsato), la continuazione della costruzione di separazione viene trattata come un elemento laterale.

Appendice C: tempo di riverberazione strutturale

Il tempo di riverberazione strutturale può essere valutato come segue:

$$T_s = \frac{2,2}{f\eta_{tot}}$$

$$\eta_{tot} = \eta_{int} + \frac{2\rho_0 c_0 \sigma}{2\pi f m'} + \frac{c_0}{\pi^2 S \sqrt{f f_c}} \sum_{k=1}^4 l_k \alpha_k$$

η_{tot} fattore di smorzamento totale, per i comuni materiali da costruzione è di circa 0,01;

f frequenza di banda centrale, in Hertz;

η_{int} fattore di smorzamento interno del materiale;

m' massa per unità di area in kg/m^2 ;

σ fattore flessionali per le onde flessionali libere (trascurato);

f_c frequenza critica ($= c_0^2/1,8c_{lt}$), in Hertz;

S area dell'elemento, in m^2 ;

α_k coefficiente di assorbimento per le onde flessionali al giunto k ;

l_k lunghezza del giunto k , in m ;

c_0 velocità del suono nell'aria, 340 m/s ;

ρ_0 massa volumica dell'aria in kg/m^3 .

Per la situazione in opera il coefficiente di assorbimento si calcola come segue:

$$\alpha_k = \sum_{j=1}^3 \sqrt{\frac{f_{c,j}}{f_{ref}}} 10^{-\frac{k_{ij}}{10}}$$

f_c frequenza critica, in Hertz;

f_{ref} frequenza di riferimento, 1000 Hz;

j indica gli elementi che sono collegati all'elemento considerato i al giunto k .

Per la situazione di laboratorio invece:

$$\alpha_k = \alpha(1 - 0,9999\alpha)$$

$$\alpha = \frac{1}{3} \left[\frac{\sqrt[2]{X\Psi}(1+X)(1+\Psi)}{X(1+\Psi)^2 + 2\Psi(1+X^2)} \right]^2$$

$$X = \sqrt{\frac{31,1}{f_c}} \quad \Psi = 44,3 \frac{f_c}{m'}$$

Appendice E: indice di riduzione delle vibrazioni per giunti

L'indice di riduzione delle vibrazioni K_{ij} è definito in relazione all'isolamento di vibrazione del giunto, tenendo conto, se rilevante, del tempo di riverberazione strutturale degli elementi interessati.

Nell'appendice sono forniti dati empirici di K_{ij} per i comuni tipi di giunto in funzione della massa per unità di area degli elementi connessi al giunto, m_1 m_2 . Le relazioni per K_{ij} sono fornite in funzione di M :

$$M^{19} = \log \frac{m'_{\perp i}}{m'_i}$$

$m'_{\perp i}$ massa per unità di area dell'elemento i nel percorso di trasmissione ij , in kg/m^2 ;

m_i massa per unità di area dell'altro elemento (perpendicolare) che costituisce il giunto, in kg/m^2 .

Per i casi di studio considerati sono state utilizzate le seguenti tipologie di giunto:

- Giunto rigido a croce e a T

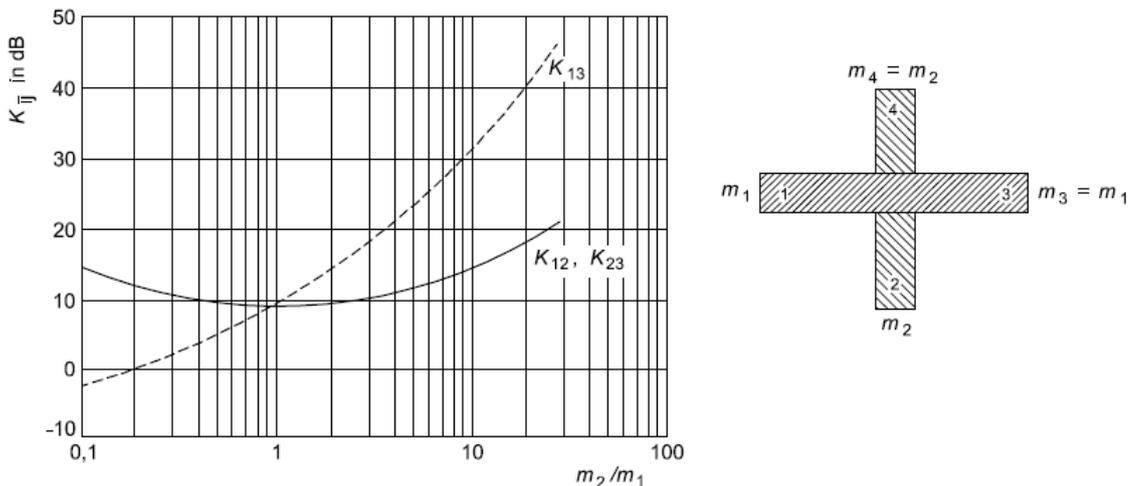


Figura 7.2 Indice riduzione vibrazioni per giunti rigidi a croce.

¹⁹ La scelta del rapporto di massa per M è arbitraria per la trasmissione attorno all'angolo; dato che l'indice di riduzione delle vibrazioni è l'inverso del risultato per la trasmissione attorno all'angolo, lo stesso vale per $M = \lg m_1/m_2$ o $M = \lg m_2/m_1$.

$$K_{13} = 8,7 + 17,1M + 5,7M^2 \text{ dB}$$

$$K_{12} = 8,7 + 5,7M^2 (= K_{23}) \text{ dB}$$

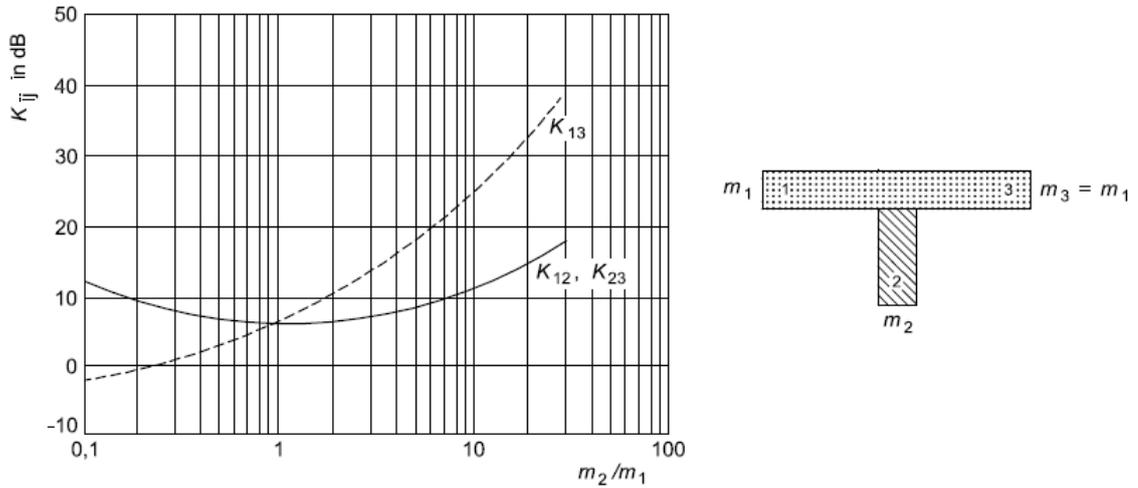


Figura 7.3 Indice riduzione vibrazioni per giunti rigidi a T.

$$K_{13} = 5,7 + 14,1M + 5,7M^2 \text{ dB}$$

$$K_{12} = 5,7 + 5,7M^2 (= K_{23}) \text{ dB}$$

Questo relazioni sono state utilizzate in tutti i tipi di giunto studiati a parte quelli in cui almeno uno dei due elementi fosse leggero.

- Giunto di una parete leggera a doppio strato e di elementi omogenei: sono state utilizzate queste relazioni per il caso di pareti in cartongesso collegate a strutture con massa elevata.

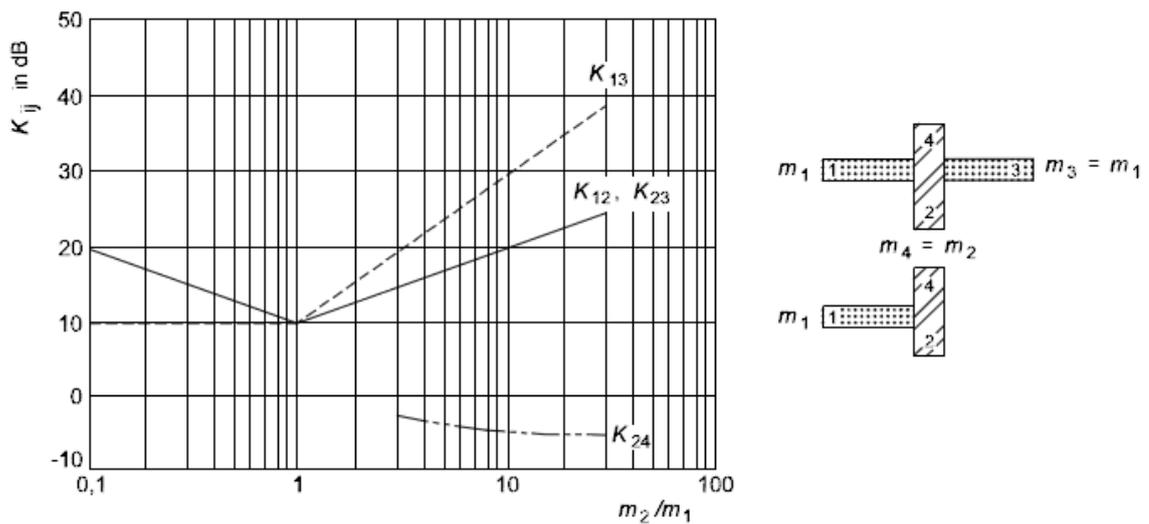


Figura 7.4 Indice riduzione vibrazioni per giunti di una parete leggera a doppio strato e di elementi omogenei.

$$K_{13} = 10 + 20M - 3,3 \log \frac{f}{f_k} \text{ dB e minimo } 10 \text{ dB}$$

$$K_{24} = 3 - 14,1M + 5,7M^2 \text{ dB}$$

$$K_{12} = 10 + 10|M| + 3,3 \log \frac{f}{f_k} \text{ dB } (= K_{23})$$

$$f_k = 500 \text{ Hz} \quad a_{\text{muro leggero, situ}} = S_{\text{muro leggero}}/l_0$$

- Giunto di muri leggeri a doppio strato accoppiati: sono stati utilizzati per l'indice di riduzione delle vibrazioni di giunti tra pareti in cartongesso.

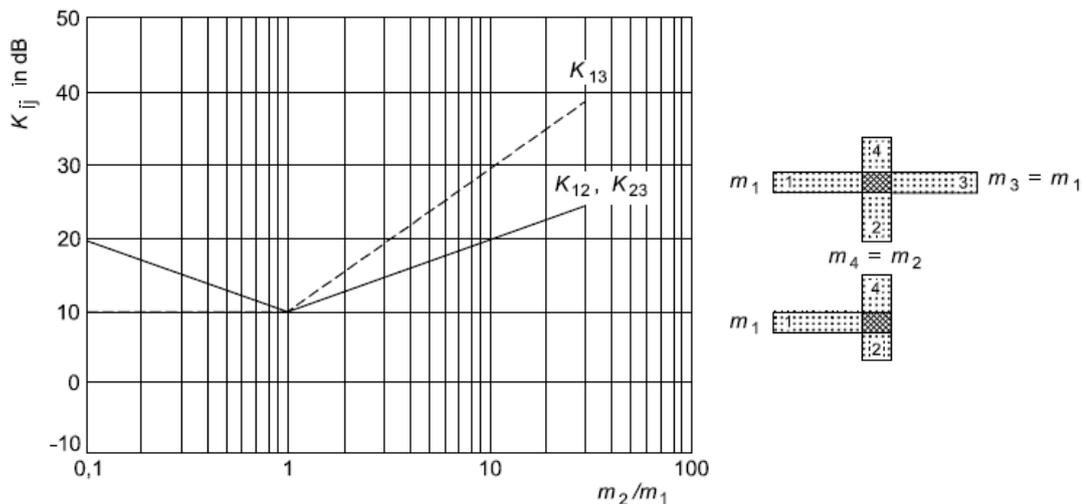


Figura 7.5 Indice riduzione vibrazioni per giunti di muri leggeri a doppio strato accoppiati.

$$K_{13} = 10 + 20M - 3,3 \log \frac{f}{f_k} \text{ dB e minimo } 10 \text{ dB}$$

$$K_{12} = 10 + 10|M| + 3,3 \log \frac{f}{f_k} \text{ dB } (= K_{23})$$

$$f_k = 500 \text{ Hz} \quad a_{\text{situ}} = S/l_0$$

Appendice D: incremento del potere fonoisolante di strati addizionali

L'incremento del potere fonoisolante mediante uno strato addizionale quale rivestimento murario, pavimento galleggiante, controsoffitto, è diverso per la trasmissione diretta e per quella laterale e dipende dall'elemento strutturale di base al quale è applicato. Attualmente non sono disponibili metodi di misura normalizzati pertanto risulta difficile reperire tutti dati necessari e si è reso necessario utilizzare, per il ΔR dovuto al pavimento galleggiante, i valori relativi alla trasmissione diretta anche per quella laterale (come consentito dalla presente appendice nel paragrafo D.1.2).

Isolamento acustico al calpestio tra ambienti: UNI EN 12354 – 2

Per gli ambienti sovrapposti il livello totale della pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, $L'_{n,r}$, nell'ambiente ricevente è determinato mediante:

$$L'_n = 10 \log \left(10^{\frac{L_{n,d}}{10}} + \sum_{j=1}^n 10^{\frac{L_{n,ij}}{10}} \right) \text{dB}$$

- $L_{n,d}$ livello di pressione sonora di calpestio normalizzato per trasmissione diretta, in dB;
- $L_{n,ij}$ livello di pressione sonora di calpestio normalizzato per trasmissione laterale, in decibel;
- n numero degli elementi.

Le vie di trasmissione da considerare nel calcolo di ambienti sovrapposti o adiacenti sono mostrate in figura 7.6; nei casi di studio sono state calcolate solo ambienti sovrapposti.

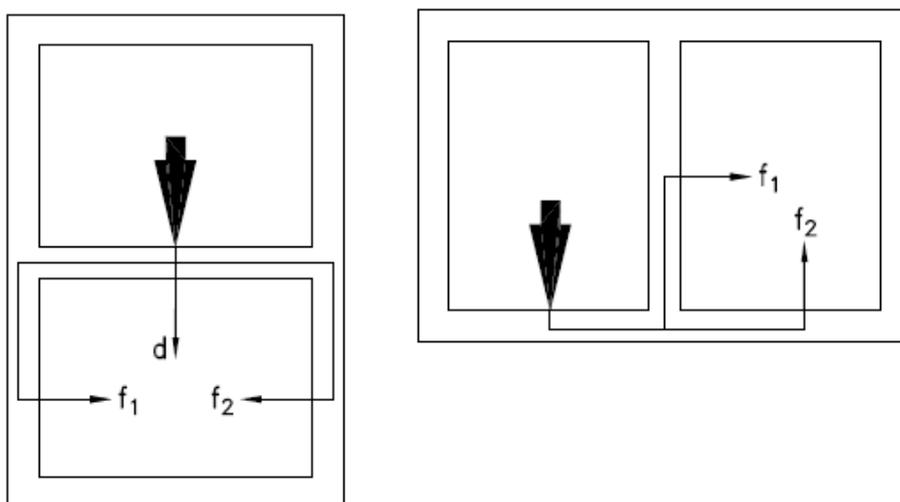


Figura 7.6 Definizione delle diverse vie di trasmissione sonora tra due ambienti, rispettivamente sovrapposti e adiacenti.

Applicando il modello dettagliato si calcolano le prestazioni acustiche in bande di terzo d'ottava.

Dati d'ingresso

Per ciascuna delle vie, la trasmissione può essere determinata a partire dai seguenti elementi:

- livello di pressione sonora di calpestio normalizzato del pavimento: L_n ;
- attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio dovuto al rivestimento di pavimentazione: ΔL ;
- attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio dovuto a rivestimenti supplementari sul lato ricevente dell'elemento i divisorio (pavimento): ΔL_d ;
- potere fonoisolante dell'elemento eccitato (pavimento): R_i ;
- potere fonoisolante per trasmissione diretta dell'elemento laterale j nell'ambiente ricevente: R_j ;
- incremento del poter fonoisolante dovuto ai rivestimenti interni dell'elemento laterale j nell'ambiente ricevente: ΔR_j ;
- tempo di riverberazione strutturale di un elemento in laboratorio: $T_{s,lab}$;

- indice di riduzione delle vibrazioni per ciascuna via di trasmissione tra l'elemento i (pavimento) e l'elemento j: K_{ij} ;
- area dell'elemento divisorio (pavimento): S_i ;
- area dell'elemento laterale j nell'ambiente ricevente: S_j ;
- lunghezza del giunto tra l'elemento i (pavimento) e l'elemento laterale j: l_{ij} .

I valori di L_n , ΔL , ΔL_d , R_i , R_j , ΔR_j , sono stati reperiti attraverso certificati di prove acustiche svolte in laboratorio o dati forniti dalla norma; $T_{s,lab}$ e K_{ij} sono stati calcolati seguendo la procedura di calcolo e infine S_i , S_j e l_{ij} sono dati di progetto.

Trasformazione dei dati di ingresso in valori in opera

- I valori in opera del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato $L_{n,situ}$ e del potere fonoisolante R_{situ} , per gli elementi sono dedotti da:

$$L_{n,situ} = L_n + 10 \log \frac{T_{s,situ}}{T_{s,lab}} \text{ dB}$$

$$R_{situ} = R - 10 \log \frac{T_{s,situ}}{T_{s,lab}} \text{ dB}$$

$T_{s,situ}$ ²⁰ tempo di riverberazione strutturale dell'elemento in opera, in secondi;

$T_{s,lab}$ ²⁰ tempo di riverberazione strutturale dell'elemento in laboratorio, in secondi.

- Per quanto riguarda gli strati addizionali i valori in opera possono essere considerati approssimativamente uguali ai valori di laboratorio.

$$\Delta R_{situ} = \Delta R \text{ dB}$$

$$\Delta L_{situ} = \Delta L \text{ dB}$$

$$\Delta L_{d,situ} = \Delta L_d \text{ dB}$$

- Per i giunti la trasmissione in opera è caratterizzata dalla seguente relazione:

$$\overline{D_{v,lj,situ}} = K_{ij} - 10 \log \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_{i,situ} a_{j,situ}}} \text{ dB}; \overline{D_{v,lj,situ}} \geq 0 \text{ dB}$$

con

$$a_{i,situ} = \frac{2,2\pi^2 S_i}{c_0 T_{s,i,situ}} \sqrt{\frac{f_{ref}}{f}}$$

$$a_{j,situ} = \frac{2,2\pi^2 S_j}{c_0 T_{s,j,situ}} \sqrt{\frac{f_{ref}}{f}}$$

$a_{i,situ}$ lunghezza di assorbimento equivalente dell'elemento i in opera, in metri;

$a_{j,situ}$ lunghezza di assorbimento equivalente dell'elemento j in opera, in metri;

f frequenza della banda centrale, in Hertz;

²⁰ Per il calcolo ci si riferisce all'appendice C della UNI EN 12354 - 1

| | |
|--------------|---|
| f_{ref} | frequenza di riferimento; $f_{ref} = 1000$ Hz; |
| c_0 | velocità del suono nell'aria, 340 m/s; |
| l_{ij} | lunghezza di accoppiamento del giunto tra gli elementi i e j, in metri; |
| S_i | area dell'elemento i, in metri quadri; |
| S_j | area dell'elemento j, in metri quadri; |
| $T_{s,situ}$ | tempo di riverberazione strutturale dell'elemento in opera, in secondi; |
| $T_{s,lab}$ | tempo di riverberazione strutturale dell'elemento in laboratorio, in secondi. |

Determinazione della trasmissione diretta e laterale

Il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato per trasmissione diretta è determinato a partire dai dati d'ingresso adattati, come segue:

$$L_{n,d} = L_{n,situ} - \Delta L_{situ} - \Delta L_{d,situ} \text{ dB}$$

Mentre il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato per trasmissione laterale dall'elemento divisorio i (pavimento), all'elemento laterale j si calcola come segue:

$$L_{n,ij} = L_{n,situ} - \Delta L_{situ} + \frac{R_{i,situ} - R_{j,situ}}{2} - \Delta R_{j,situ} - \overline{D_{v,ij,situ}} - 10 \log \sqrt{\frac{S_i}{S_j}} \text{ dB}$$

Per l'interpretazione di elementi particolari e per la determinazione del coefficiente di riduzione delle vibrazioni K_{ij} si rimanda alla UNI EN 12354 - 1.

Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea: UNI EN 12354-3

Con il termine facciata si intende la totalità di superficie esterna di un ambiente composta da diversi elementi (finestra, parete, porta ecc.). Il potere fonoisolante apparente, R' di una facciata per un campo sonoro incidente diffuso viene calcolato sommando la potenza sonora trasmessa in modo diretto da ciascuno degli elementi e la potenza sonora trasmessa mediante la trasmissione laterale.

$$R' = -10 \log \left(\sum_{i=1}^n \tau_{e,i} + \sum_{f=1}^m \tau_f \right) \text{ dB}$$

Dove:

$\tau_{e,i}$ fattore di trasmissione della potenza sonora irradiato da un elemento i di facciata, dovuto alla trasmissione diretta del suono incidente su tale elemento, e la potenza sonora incidente sull'intera facciata;

τ_f fattore di trasmissione della potenza sonora irradiato da una facciata o da un elemento laterale f nell'ambiente ricevente, dovuta alla trasmissione laterale, e la potenza sonora incidente sull'intera facciata;

n numero di elemento di facciata per trasmissione diretta;

m numero degli elementi laterali della facciata.

Per la trasmissione diretta, il fattore di trasmissione può essere determinato per ciascun elemento a partire dai dati acustici di quell'elemento.

L'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dipende dal potere fonoisolante della facciata vista dall'interno, dall'influenza della forma esterna della facciata e dalle dimensioni degli ambienti:

$$D_{2m,nT} = R' + \Delta L_{fs} + 10 \log \frac{V}{6T_0S} \text{ dB}$$

Dove:

V volume dell'ambiente ricevente in m³;

S area totale della facciata vista dall'interno in m²;

ΔL_{fs} differenza del livello di pressione sonora per la forma della facciata, in dB.

Il modello viene utilizzato per calcolare le prestazioni di un edificio in bande di frequenza, a partire dai dati acustici in bande di frequenza degli elementi dell'edificio.

Determinazione della trasmissione diretta a partire dai dati acustici degli elementi

Nel calcolo si devono comprendere tutti gli elementi di facciata:

- *Piccoli elementi:*

$$\tau_{e,i} = \frac{A_0}{S} 10^{-\frac{D_{n,e,i}}{10}} \quad A_0 = 10 \text{ m}^2$$

Dove:

$D_{n,e,i}$ isolamento acustico normalizzato di un piccolo elemento i, in dB;

S l'area totale della facciata, vista dall'interno (cioè la somma delle aree di tutti gli elementi), in m².

- *Altri elementi:*

$$\tau_{e,i} = \frac{S_i}{S} 10^{-\frac{R_i}{10}}$$

Dove:

R_i potere fonoisolante dell'elemento, in dB;

S_i area dell'elemento i, in m².

Per i dati acustici degli elementi considerati nel calcolo sono state utilizzate misure normalizzate in laboratorio.

Determinazione della trasmissione laterale

Il contributo della trasmissione laterale è solitamente trascurabile, tuttavia se elementi rigidi sono collegati ad altri elementi rigidi all'interno dell'ambiente ricevente, come pavimenti o pareti divisorie, la trasmissione laterale può contribuire alla trasmissione sonora totale. Nel caso in esame non è stato calcolato il contributo della trasmissione laterale ma è stato

incorporato globalmente peggiorando di 2 dB il potere fonoisolante di elementi di facciata rigidi e pesanti (come prevede la presente norma).

Appendice C: influenza della forma di facciata

Nella valutazione dell'isolamento di facciata va presa in considerazione la forma della facciata che può fornire un contributo positivo o negativo. L'effetto positivo è dovuto alla schermatura totale o parziale del piano della facciata per mezzo di balconi o altri oggetti; l'effetto negativo è dovuto alle riflessioni supplementari e a un campo sonoro riverberante che si può creare quando un balcone forma una chiusura attorno al piano della facciata.

In figura 7.7 sono rappresentati diversi casi di isolamento acustico dovuto alla forma della facciata, ΔL_{fS} , che dipende inoltre dall'assorbimento della parte inferiore di un balcone e dalla direzione generale del rumore incidente.

Per determinare l'influenza di tali parametri si fa riferimento alla figura riportata di seguito:

Legenda

- 1 Assorbimento
- 2 Altezza dell'orizzonte visivo
- 3 Piano della facciata
- 4 Sorgente sonora

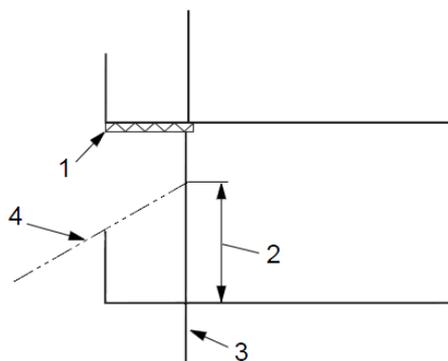


Figura 7.7 Illustrazione dei parametri rilevanti per l'isolamento acustico dovuto alla forma della facciata.

I dati in figura 7.8 rappresentano una media ponderata in funzione della frequenza e possono essere utilizzati come stima preliminare anche per bande di frequenza. Per il nostro caso di studio è stato considerato l'elemento evidenziato.

| ΔL_{fs} dB | 1 facciata piana | 2 ballatoio | | | 3 ballatoio | | | 4 ballatoio | | | 5 ballatoio | | | | |
|---|------------------|-----------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-----------------|------------|------------|-----|------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Assorbimento del tetto (α_w) \Rightarrow | Non applicabile | $\leq 0,3$ | 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 | $\geq 0,9$ | | |
| Orizzonte visivo sulla facciata <1,5 m | 0 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 1 | Non applicabile | | | | |
| (1,5 - 2,5) m | 0 | Non applicabile | | | -1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 3 | | | | | |
| >2,5 m | 0 | | | | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 6 | | |
| | 6 balcone | 7 balcone | | | 8 balcone | | | 9 terrazza | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Assorbimento del tetto (α_w) \Rightarrow | $\leq 0,3$ | 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 | $\geq 0,9$ | $\leq 0,3$ | 0,6 | $\geq 0,9$ |
| Orizzonte visivo sulla facciata <1,5 m | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| (1,5 - 2,5) m | -1 | 1 | 3 | 0 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| >2,5 m | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 |

Figura 7.8 Isolamento acustico dovuto alla forma della facciata per diverse forme di facciata ed orientamenti della sorgente sonora.

Appendice D: potere fonoisolante degli elementi

La presente appendice è stata utilizzata per il calcolo del potere fonoisolante di piccoli elementi nei casi di studio su edifici esistenti per i quali non sono stati previsti silenziatori di facciata in corrispondenza delle prese d'aria.

L'isolamento acustico di una presa d'aria non insonorizzata può essere valutato come segue:

$$D_{n,e} = -10 \log \frac{S_{open}}{10}$$

Dove

S_{open} area dell'apertura in m^2 .

È possibile tenere conto, con alcune correzioni, della posizione dell'elemento rispetto alla facciata.

7.2) Unità abitativa scelta

Per le nostre valutazioni è stata scelta una unità abitativa appartenente ad un complesso residenziale composto da due stabili. L'edificio in analisi è suddiviso in quattro piani fuori terra che presentano le stesse caratteristiche distributive, ciascuno costituito da tre unità abitative. Il caso di studio è quello evidenziato nelle figure 7.9, 7.10, 7.11, mentre le strutture per i quali sono stati calcolati i descrittori di qualità acustica (con riferimento alla figura 7.12) sono le seguenti:

- Isolamento acustico di facciata:
 - Chiusura verticale perimetrale CVP1
 - Chiusura verticale perimetrale CVP2
 - Chiusura verticale perimetrale CVP3
- Potere fonoisolante:
 - Partizione verticale interna PVI1
 - Partizione verticale interna PVI2
 - Partizione orizzontale interna POI1
 - Partizione orizzontale interna POI2
 - Partizione orizzontale interna POI3
 - Partizione orizzontale interna POI4
- Livello di calpestio
 - Partizione orizzontale interna POI1
 - Partizione orizzontale interna POI2

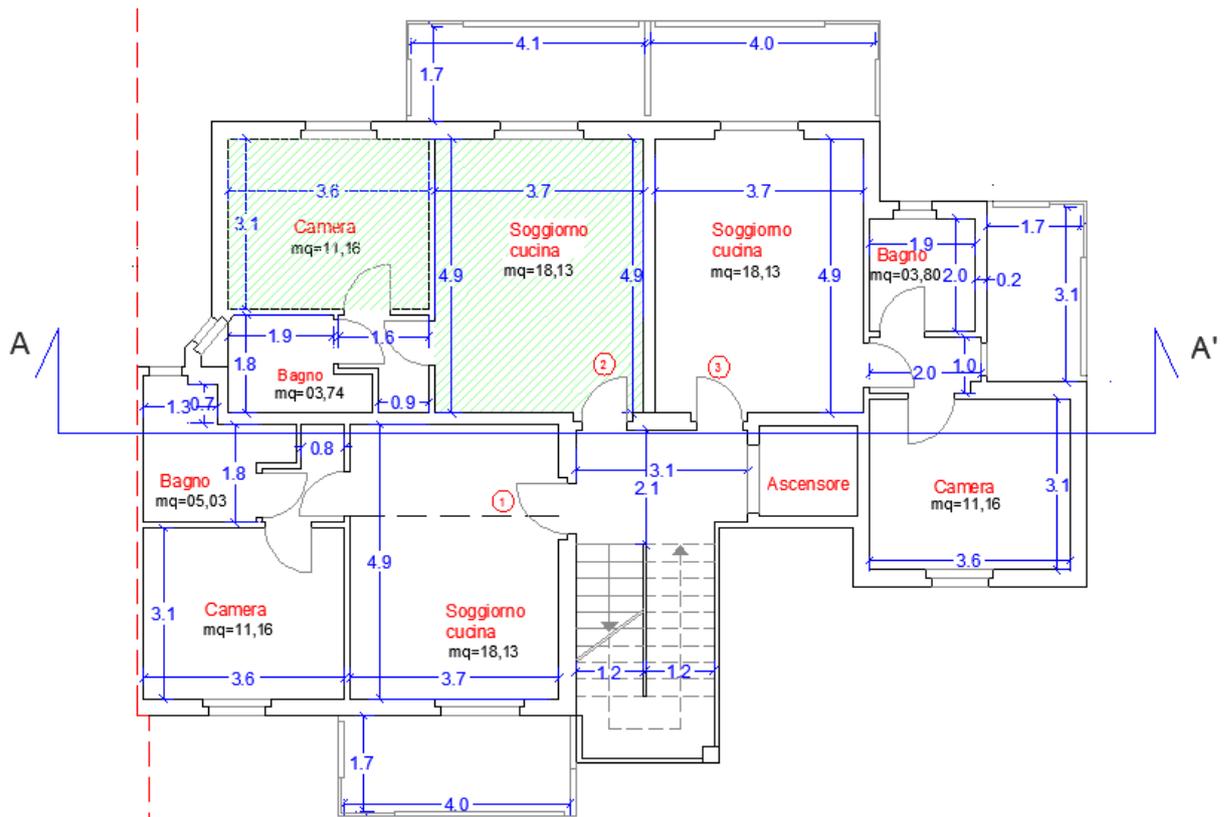


Figura 7.9 Pianta piano tipo dell'edificio oggetto di studio con individuazione unità immobiliare.



Figura 7.10 Sezione A - A' dell'edificio oggetto di studio.

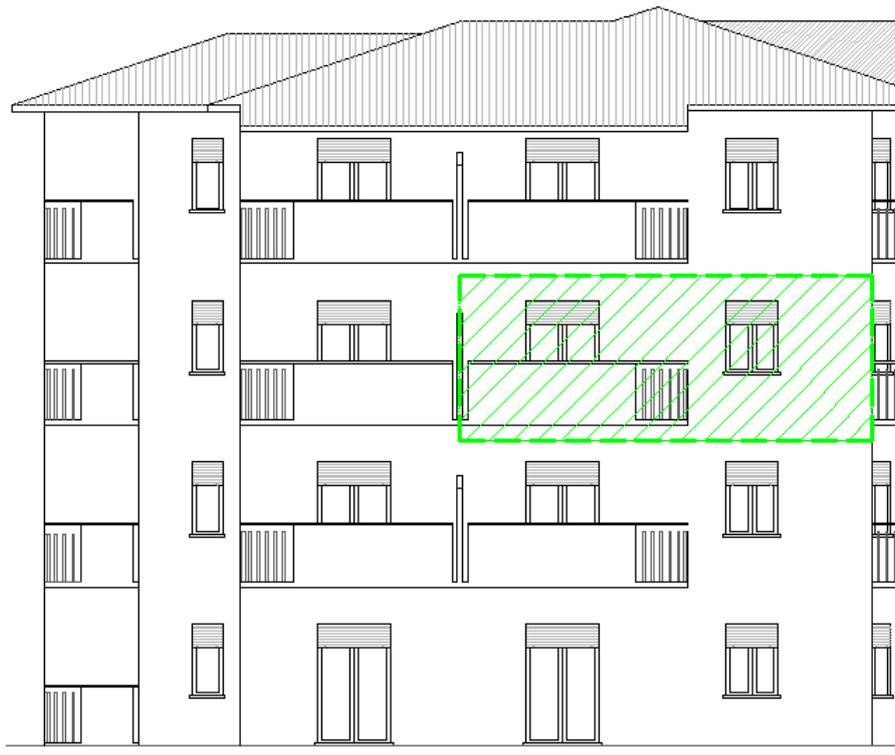
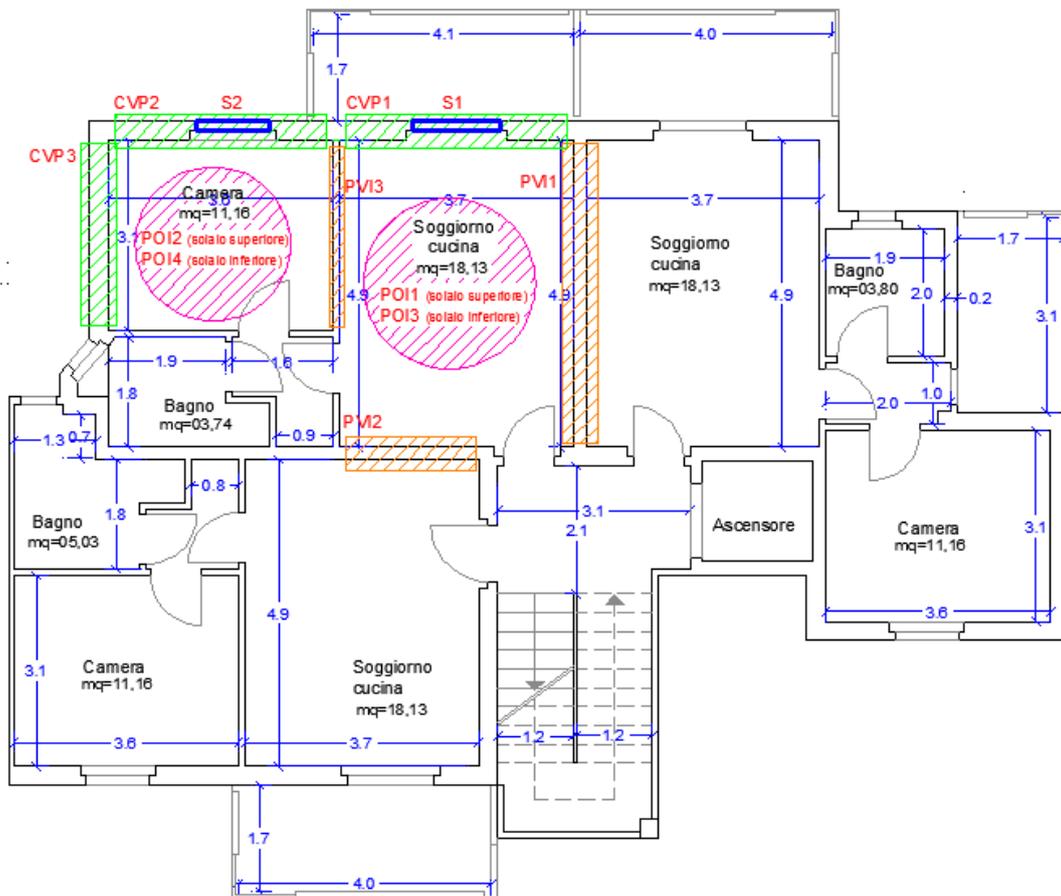


Figura 7.11 Prospetto edificio oggetto di studio.



Vengono escluse dal calcolo la porzione di parete divisoria PVI2 che separa l'appartamento dal vano scala in quanto la UNI 11367 indica che sono soggette alla valutazione del potere fonoisolante solo le partizioni non dotate di aperture che separano ambienti abitativi da parti comuni²¹, e la partizione verticale che divide il bagno dell'unità abitativa in esame da quella adiacente.

Da sottolineare due elementi che rientreranno nei calcoli: la presenza di un foro di aerazione nella parete perimetrale CVP1 che separa la zona giorno dall'esterno e la presenza di un aggetto, ovvero un balcone in corrispondenza sempre della chiusura verticale CVP1.

7.3) Strutture

Per quanto riguarda le strutture utilizzate nei calcoli sono state scelte diverse tecnologie che potessero rappresentare degli esempi di edilizia residenziale diffusa negli edifici costruiti negli anni '60 – '90. Di seguito vengono riportate le stratigrafie scelte e le relative informazioni tecniche che sono state utilizzate per il calcolo.

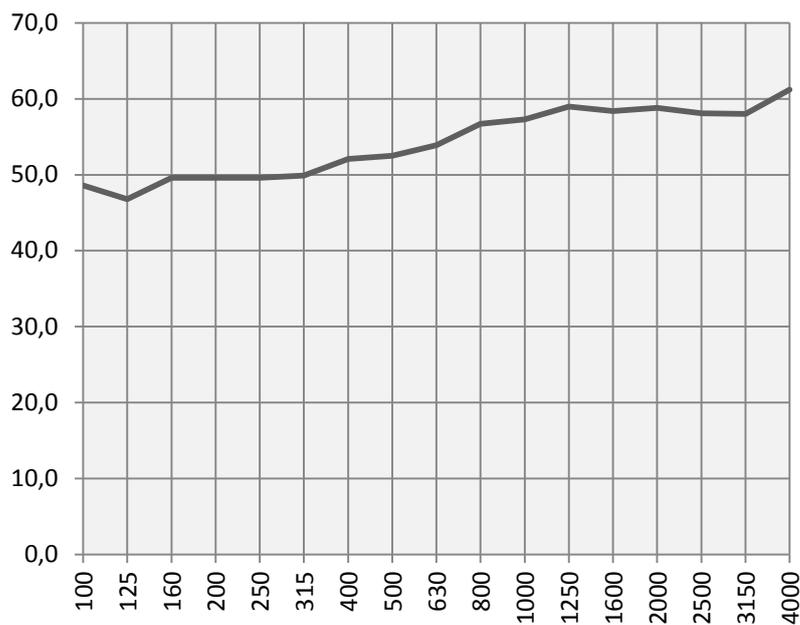
- CVP1/CVP2/CVP3

Per le chiusure perimetrali si è scelto di utilizzare due tecnologie: una parete monostrato realizzata con blocchi Leca ed intonaco tradizionale interno ed esterno nel primo caso, una parete pluristrato a cassa vuota realizzata con doppio tavolato in forati da 8 cm, intercapedine di 2 cm e intonaco esterno e interno nel secondo. Di seguito viene riportata la descrizione delle stratigrafie scelte e lo spettro del potere fonoisolante.

| Parete lecablocchi | | | |
|--------------------|--------------------------|---------------|-----------------------------------|
| | Strato | Spessore (mm) | Massa areica (kg/m ²) |
| | 1. Intonaco tradizionale | 15 | 29 |
| | 2. Lecablocchi | 300 | 420 |
| | 3. Intonaco tradizionale | 15 | 29 |
| | Totale | 330 | 478 |

Tabella 7.1 Descrizione stratigrafia parete con lecablocchi.

²¹ Vedi paragrafo 6.1, UNI 11367.



| freq. (Hz) | R ²² (dB) |
|------------|----------------------|
| 100 | 48,6 |
| 125 | 46,8 |
| 160 | 49,6 |
| 200 | 49,6 |
| 250 | 49,6 |
| 315 | 49,9 |
| 400 | 52,1 |
| 500 | 52,5 |
| 630 | 53,9 |
| 800 | 56,7 |
| 1000 | 57,3 |
| 1250 | 59,0 |
| 1600 | 58,4 |
| 2000 | 58,8 |
| 2500 | 58,1 |
| 3150 | 58,0 |
| 4000 | 61,2 |

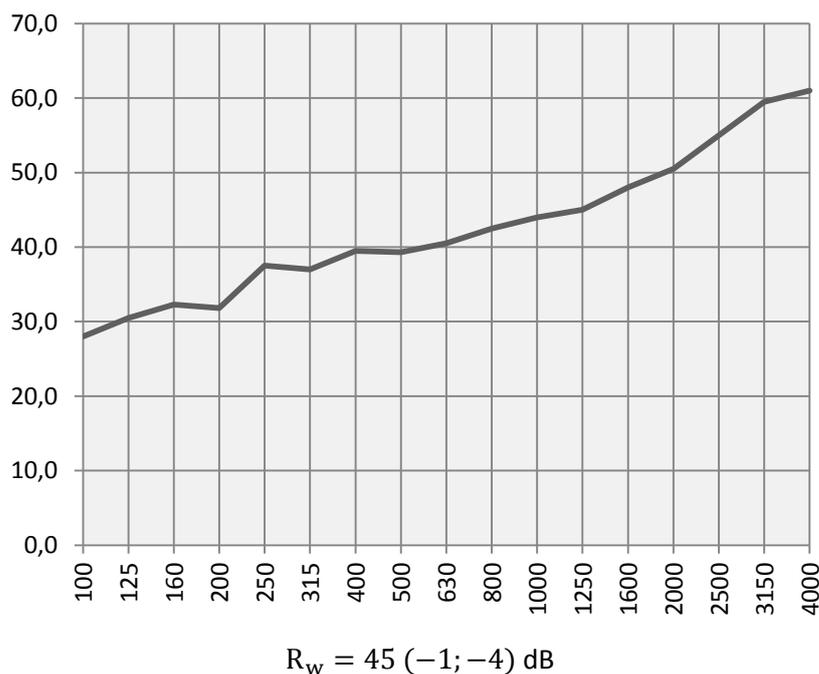
$R_w = 57 (0; -2) \text{ dB}$

Grafico 7.1 Spettro R parete con lecablocchi.

| Parete cassavuota | | | |
|-------------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------------|
| | Strato | Spessore (mm) | Massa areica (kg/m ²) |
| | 1. Malta di calce e cemento | 10 | 13 |
| | 2. Laterizi forati | 80 | 62 |
| | 3. Intercapedine d'aria | 20 | - |
| | 4. Laterizi forati | 80 | 62 |
| | 5. Malta di calce e cemento | 10 | 13 |
| | Totale | 200 | 150 |

Tabella 7.2 Descrizione stratigrafia parete cassavuota.

²² Dati presi da banca dati potere fonoisolante dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris.



| freq. (Hz) | R ²² (dB) |
|------------|----------------------|
| 100 | 28,0 |
| 125 | 30,5 |
| 160 | 32,3 |
| 200 | 31,8 |
| 250 | 37,5 |
| 315 | 37,0 |
| 400 | 39,5 |
| 500 | 39,3 |
| 630 | 40,5 |
| 800 | 42,5 |
| 1000 | 44,0 |
| 1250 | 45,0 |
| 1600 | 48,0 |
| 2000 | 50,5 |
| 2500 | 55,0 |
| 3150 | 59,5 |
| 4000 | 61,0 |

Grafico 7.2 Spettro R parete con cassavuota.

- PVI1/PVI2

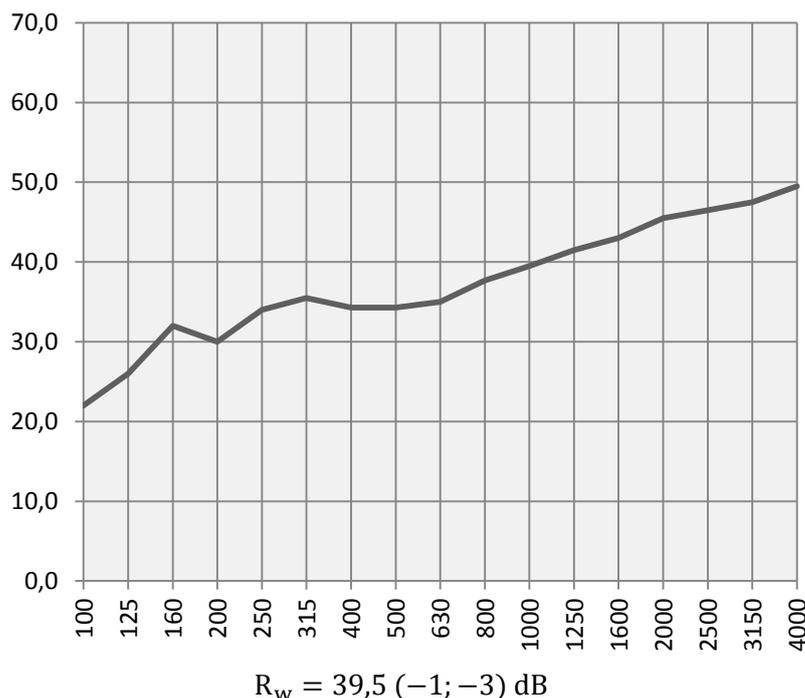
Le partizioni interne PVI1 e PVI2 separano due unità abitative e come stratigrafia è stata ipotizzata la stessa utilizzata per le chiusure perimetrali. Sono stati quindi analizzate le due tecnologie descritte in precedenza realizzate con blocchi Leca in un caso e cassa vuota nell'altro.

- PVI3

La partizione PVI3 è interna alla stessa unità abitativa e in tutti i casi di studio è stato utilizzato un tavolato realizzato con laterizio forato di 8 cm e intonaco in malta di calce e cemento su entrambi i lati.

| Tavolato interno | | | |
|------------------|------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| | Strato | Spessore (mm) | Massa areica (kg/m ²) |
| | 1. Intonaco in malta e gesso | 10 | 24 |
| | 2. Laterizio | 80 | 62 |
| | 3. Intonaco in malta e gesso | 10 | 24 |
| | Totale | 100 | 110 |

Tabella 7.3 Descrizione stratigrafia tavolato in laterizio.



| freq. (Hz) | R ²² (dB) |
|------------|----------------------|
| 100 | 22,0 |
| 125 | 26,0 |
| 160 | 32,0 |
| 200 | 30,0 |
| 250 | 34,0 |
| 315 | 35,5 |
| 400 | 34,3 |
| 500 | 34,3 |
| 630 | 35,0 |
| 800 | 37,5 |
| 1000 | 39,5 |
| 1250 | 41,5 |
| 1600 | 43,0 |
| 2000 | 45,5 |
| 2500 | 46,5 |
| 3150 | 47,5 |
| 4000 | 49,5 |

Grafico 7.3 Spettro R tavolato in laterizio.

- POI1/POI2/POI3/POI4

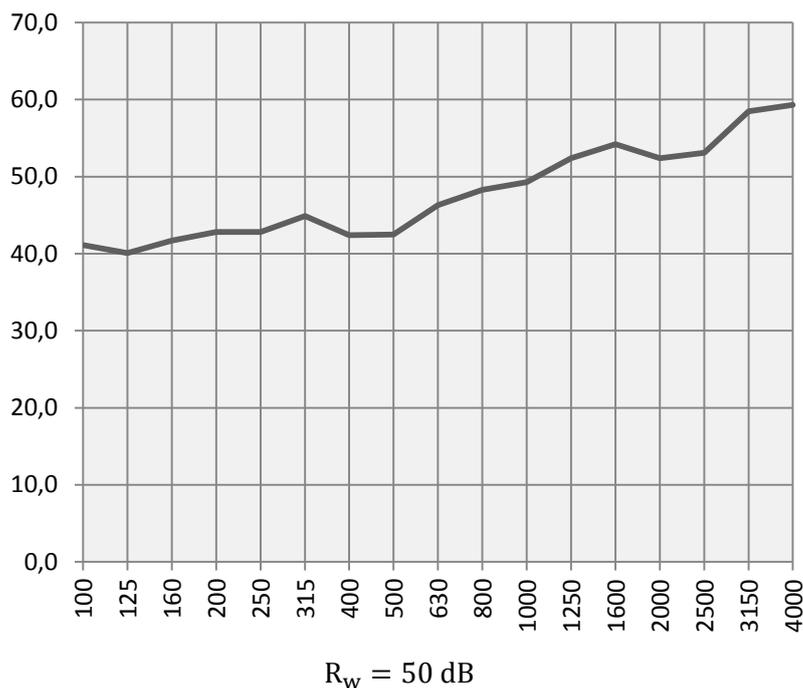
Per i solai è stata scelta una tecnologia tradizionale in laterocemento con travetti gettati in opera su fondelli prefabbricati in laterizio e pignatte, spessore 20 + 4 cm. A causa della difficoltà nel reperire i dati, non sono stati presi in considerazione ai fini del calcolo, gli strati aggiuntivi rispetto alla soletta strutturale. Questa approssimazione porta a sottostimare il potere fonoisolante del solaio di un valore intorno ai 3 dB secondo calcoli sperimentali. I dati relativi al potere fonoisolante sono stati forniti dal programma "SuoNus – Acca Software" mentre quelli relativi al livello di calpestio sono stati ricavati con la seguente relazione:

$$R + L_n = 38 + 30 \log \frac{f}{[1 \text{ Hz}]} \text{ dB}^{23}$$

| Solaio | | | |
|--------|---|---------------|-----------------------------------|
| | Strato | Spessore (mm) | Massa areica (kg/m ²) |
| 2 | 1. Intonaco in malta di calce e cemento | 15 | 27 |
| | 2. Solaio in laterocemento | 240 | 313 |
| 1 | Totale | 255 | 340 |

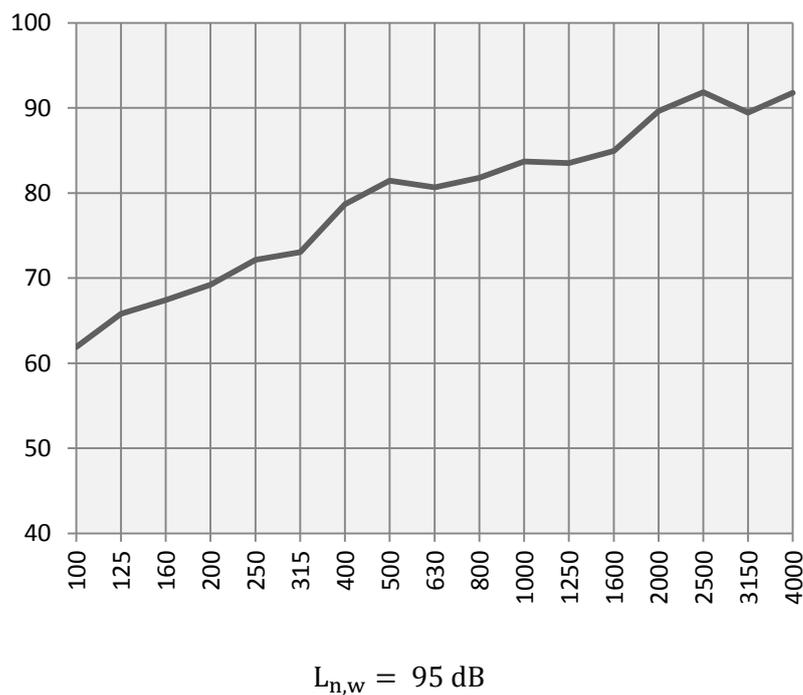
Tabella 7.4 Descrizione stratigrafia solaio in laterocemento.

²³ Relazione B.4 della UNI EN 12354 – 2, valida per i calcoli in banda di terzo d'ottava.



| freq. (Hz) | R (dB) |
|------------|--------|
| 100 | 41,1 |
| 125 | 40,1 |
| 160 | 41,7 |
| 200 | 42,8 |
| 250 | 42,8 |
| 315 | 44,9 |
| 400 | 42,4 |
| 500 | 42,5 |
| 630 | 46,3 |
| 800 | 48,3 |
| 1000 | 49,3 |
| 1250 | 52,4 |
| 1600 | 54,2 |
| 2000 | 52,4 |
| 2500 | 53,1 |
| 3150 | 58,5 |
| 4000 | 59,3 |

Grafico 7.4 Spettro R solaio in laterocemento.



| freq. (Hz) | L (dB) |
|------------|--------|
| 100 | 61,9 |
| 125 | 65,8 |
| 160 | 67,4 |
| 200 | 69,2 |
| 250 | 72,1 |
| 315 | 73,0 |
| 400 | 78,7 |
| 500 | 81,5 |
| 630 | 80,7 |
| 800 | 81,8 |
| 1000 | 83,7 |
| 1250 | 83,5 |
| 1600 | 84,9 |
| 2000 | 89,6 |
| 2500 | 91,8 |
| 3150 | 89,4 |
| 4000 | 91,8 |

Grafico 7.5 Spettro L_n solaio in laterocemento.

- S1/S2

I serramenti presenti nell'unità abitativa in esame sono di due tipi: una porta finestra di dimensioni 1,35 x 2,25 m e una finestra di dimensioni 1,15 x 1,35 m. Come prima ipotesi sono stati utilizzati dei serramenti con telaio in legno e vetrocamera 5/34/4

con intercapedine riempita d'aria. Date le prestazioni poco performanti uno degli interventi migliorativi riguarderà proprio questo elemento.

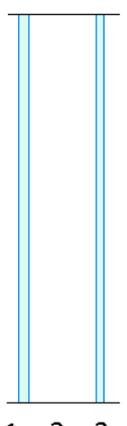
| Serramento | | | |
|---|-------------------------|----------------------|--|
|  | Strato | Spessore (mm) | Massa areica (kg/m²) |
| | 1. Vetro | 5 | - |
| | 2. Intercapedine d'aria | 34 | - |
| | 3. Vetro | 4 | - |
| | Totale | 43 | - |

Tabella 7.5 Descrizione serramento con telaio in legno e Doppio vetro.

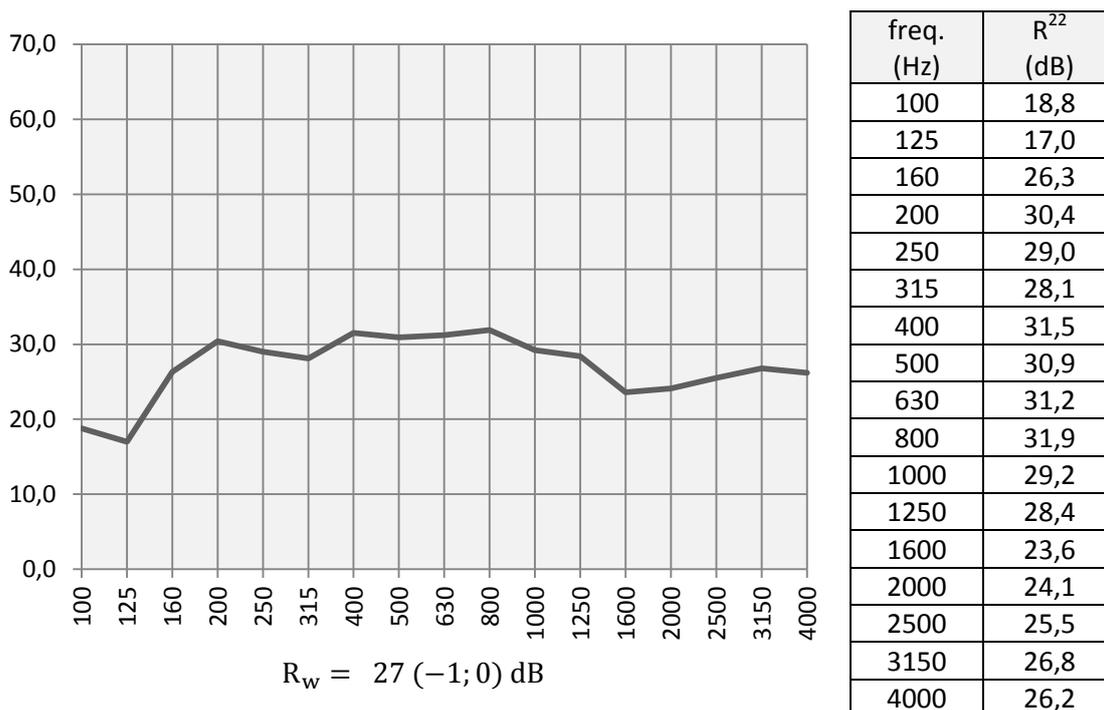


Grafico 7.6 Spettro R serramento con telaio in legno e doppio vetro.

7.4) Risultati

Prima di mostrare i risultati ottenuti dal calcolo si riporta il prospetto della norma UNI 11367 che indica i valori limite dei descrittori di qualità acustica per ogni classe esclusi gli impianti.

| Classe | Indici di valutazione | | |
|--------|---|---|--|
| | a) Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ dB | b) Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti di differenti unità immobiliari R'_w dB | c) Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari L'_{nw} dB |
| I | ≥ 43 | ≥ 56 | ≤ 53 |
| II | ≥ 40 | ≥ 53 | ≤ 58 |
| III | ≥ 37 | ≥ 50 | ≤ 63 |
| IV | ≥ 32 | ≥ 45 | ≤ 68 |

Figura 5.1 Valori dei parametri descrittori delle caratteristiche prestazionali degli elementi edilizi da utilizzare ai fini della classificazione acustica di unità immobiliari.

Nei risultati vengono riportati i valori in decibel degli indici di ogni descrittore per ogni elemento tecnico calcolato e successivamente si illustrano attraverso una tabella i valori mediati attraverso le formule²⁴ 2 e 3 per ogni descrittore con le rispettive classi e infine la classe complessiva per l'unità immobiliare. I casi analizzati sono due:

- nel primo caso le pareti perimetrali e i divisori tra appartamenti sono realizzati con blocchi Leca;
- nel secondo caso si sostituiscono le pareti in blocchi Leca con pareti a cassavuota.

Tutti gli altri elementi tecnici vengono mantenuti uguali in entrambi i casi.

CASO A

| Elemento tecnico | $D_{2m,nT,w}$ dB | R'_w dB | L'_{nw} dB |
|------------------|------------------|-----------|--------------|
| CVP1 | 32 | - | - |
| CVP2 | 36 | - | - |
| CVP3 | 57 | - | - |
| PVI1 | - | 54 | - |
| PVI2 | - | 51 | - |
| POI1 | - | 50 | - |
| POI2 | - | 47 | - |
| POI3 | - | 50 | 89 |
| POI4 | - | 47 | 91 |

Tabella 7.6 Indici dei parametri descrittori per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio a).

| Classe C_{UI} : N.C. | $D_{2m,nT,w}$ dB | R'_w dB | L'_{nw} dB |
|------------------------|------------------|-----------|--------------|
| Valore | 35 | 50 | 90 |
| Classe | IV | III | NC (+ 22 dB) |
| Coefficiente z | 4 | 3 | 10 |

Tabella 7.7 Classificazione del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio a).

Come si può facilmente osservare dai risultati ottenuti il valore peggiore è rappresentato dal descrittore del livello di pressione sonora di calpestio relativo ai solai. Il valore mediato risulta

²⁴ Paragrafo 6.3.2: $X_r = -10 \log \frac{\sum_{i=1}^n 10^{\frac{X_i}{10}}}{n}$; $Y_r = 10 \log \frac{\sum_{i=1}^n 10^{\frac{Y_i}{10}}}{n}$

più di 5 dB superiore al limite della classe IV, pertanto il coefficiente z associato vale 10 e incide notevolmente sulla classificazione finale dell'unità immobiliare (come già discusso nel capitolo 5). Il potere fonoisolante risulta invece il requisito che raggiunge la classe maggiore grazie al buon comportamento delle pareti che bilancia le prestazioni meno performanti dei solai che risultano comunque migliori rispetto a quelle relative al livello di calpestio. Per quanto riguarda l'isolamento acustico di facciata si nota come la presenza o meno di un serramento influenzi il comportamento dell'intera parete, in modo particolare nel caso in esame in cui il serramento scelto offre prestazioni acustiche molto al di sotto dei requisiti richiesti. Un altro elemento che penalizza in particolar modo l'elemento CVP1 è la presenza di un foro di aerazione.

Complessivamente l'unità immobiliare risulta non classificabile e, come si vedrà in seguito, sarà difficile anche con interventi migliorativi poter farla rientrare in una delle classi proposte dalla norma.

CASO B

| Elemento tecnico | $D_{2m,nT,w}$ dB | R'_w dB | L'_{nw} dB |
|------------------|------------------|-----------|--------------|
| CVP1 | 32 | - | - |
| CVP2 | 35 | - | - |
| CVP3 | 45 | - | - |
| PVI1 | - | 45 | - |
| PVI2 | - | 44 | - |
| POI1 | - | 51 | - |
| POI2 | - | 45 | - |
| POI3 | - | 51 | 88 |
| POI4 | - | 45 | 92 |

Tabella 7.8 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio b).

| Classe C_{UI} : N.C. | $D_{2m,nT,w}$ dB | R'_w dB | L'_{nw} dB |
|------------------------|------------------|-----------|--------------|
| Valore | 35 | 46 | 90 |
| Classe | IV | IV | NC (+22 dB) |
| Coefficiente z | 4 | 4 | 10 |

Tabella 7.9 Classificazione del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio b).

In questo secondo caso emerge con evidenza che, come in precedenza, il descrittore che più incide negativamente sul risultato finale è il livello di pressione sonora di calpestio avendo mantenuto la stessa tipologia di solaio. Il potere fonoisolante è peggiore in questo caso avendo utilizzato una parete a cassa vuota con massa inferiore a quella utilizzata in precedenza. L'isolamento di facciata risulta invariato in quanto il comportamento di due elementi su tre (CVP1, CVP2) risente fortemente della presenza di serramenti e non viene modificato dal cambiamento nella tecnologia della chiusura opaca.

Il risultato complessivo è lo stesso che nel primo caso: l'unità immobiliare è non classificabile con scarse probabilità di rientrare in una classe anche a seguito di interventi.

7.5) Interventi migliorativi

Come è emerso con evidenza dai risultati, i casi di studio presi come esempio per il calcolo, forniscono prestazioni acustiche che non permettono all'unità immobiliare di collocarsi in una delle classi individuate dalla UNI 11367 ma ampiamente al di sotto. Si è scelto quindi di ipotizzare dei possibili interventi migliorativi per valutare l'eventualità di classificare l'unità immobiliare, anche se in fascia minima, nell'ottica di poterne migliorare le prestazioni acustiche e di poter conferire maggior valore nell'ambito del mercato immobiliare.

Il requisito che si è rivelato meno rispettato è il livello sonoro di calpestio, che ha inciso pesantemente sul risultato finale ampiamente negativo. Dovendo decidere su cosa intervenire, il primo elemento tecnico da valutare sarebbe il solaio. Si potrebbe operare in due modi: il primo è quello di inserire un controsoffitto, all'interno del quale posizionare eventualmente materiale fonoassorbente, ma per intervenire in questo senso sarebbe necessaria un'altezza interna superiore a 2,70 m che nella gran parte dei casi non è disponibile; l'alternativa sarebbe quella di realizzare un pavimento galleggiante che comporterebbe un disagio non tollerabile all'interno di un'unità abitativa adiacente alla propria. Questo rende molto difficile nella realtà un intervento che migliori il livello di pressione sonora di calpestio nel proprio appartamento. Si prende dunque in considerazione l'isolamento di facciata, che è risultato migliore del livello di pressione di calpestio ma comunque peggiore del potere fonoisolante. Per rendere più performanti le chiusure perimetrale una ipotesi plausibile è quella di sostituire i serramenti dato che quelli utilizzati nell'esempio di calcolo presentano caratteristiche di isolamento acustico poco performanti. Infine si è deciso di provare a intervenire, nel caso di pareti a cassa vuota, sui divisori tra unità immobiliari inserendo una controparete interna per incrementarne il potere fonoisolante. Come alternativa alla controparete sarebbe possibile intervenire riempiendo l'intercapedine con diversi materiali tra cui, ad esempio, la fibra di cellulosa, benché nel caso di studio non sia quantificabile il vantaggio che ne deriverebbe a causa della carenza di dati.

CASO A

Nel caso a) l'unico intervento valutato è quello di sostituzione del serramento le cui caratteristiche vengono di seguito riportate:

- telaio fisso e mobile in legno di pino lamellare;
- vetrocamera tipo 44.1a/9/4, spessore nominale totale 21,38 mm tenuta in posizione con fermavetro in legno di pino e sigillatura interna ed esterna in silicone;
- 1 guarnizione in PVC.

| Serramento | | | |
|------------|--|----------------------|--|
| | Strato | Spessore (mm) | Massa areica (kg/m²) |
| | 1. Vetrata stratificata formata da due lastre vetro float con interposto film in PVB | 8,38 | - |
| | 2. Intercapedine d'aria | 9 | - |
| | 3. Vetro float | 4 | - |
| | Totale | 21,38 | - |

Tabella 7.10 Descrizione serramento con telaio in legno e doppio vetro di cui uno stratificato.

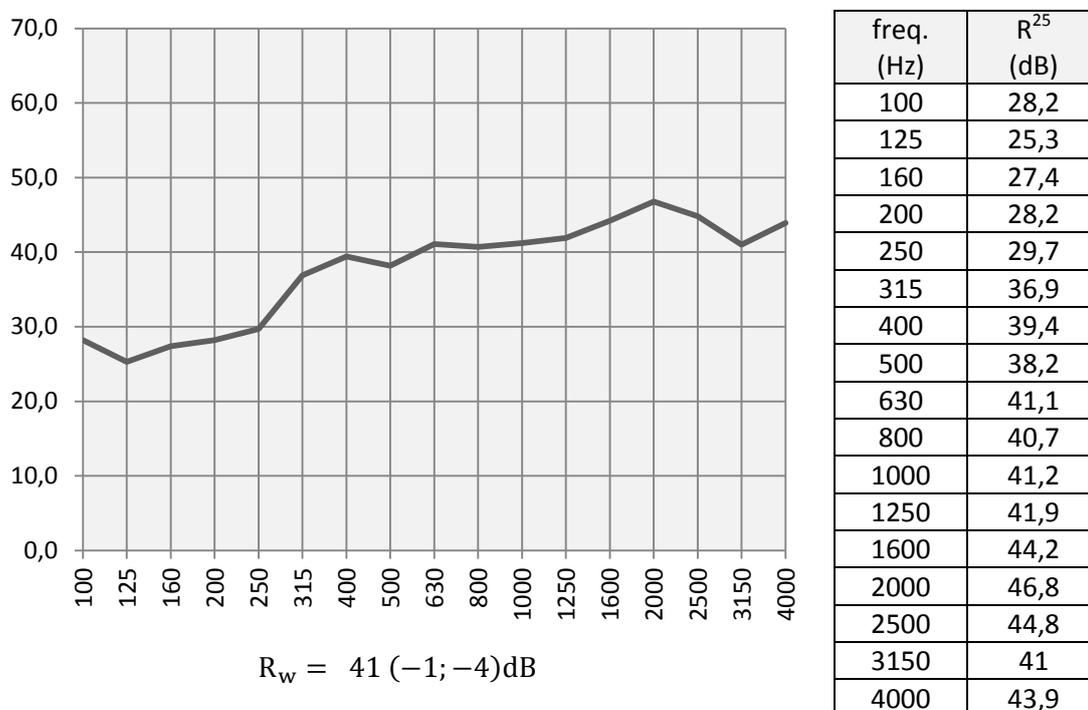


Grafico 7.7 Spettro R serramento con telaio in legno e doppio vetro, di cui uno stratificato.

Con la sostituzione del serramento l'unico descrittore che viene modificato è l'isolamento di facciata $D_{2m,nT,w}$ nel prospetto seguente si mettono a confronto i valori di tale requisito prima e dopo l'intervento.

²⁵ I dati relativi al potere fonoisolante del serramento sono stati reperiti dal rapporto di prova, riportato in allegato, emesso dall'Istituto Giordano. Si sottolinea che le dimensioni del campione di prova non coincidono con quelle del caso di studio; è ipotizzabile quindi che i valori reali si discostino da quelli misurati in laboratorio.

| | D_{2m,nT,w} dB Prima dell'intervento | D_{2m,nT,w} dB Dopo l'intervento |
|-------------|---|---|
| CVP1 | 32 | 35 |
| CVP2 | 36 | 48 |
| CVP3 | 57 | 57 |

Tabella 7.11 Confronto tra gli indici di $D_{2m,nT}$ prima e dopo la sostituzione del serramento, caso a).

Per quanto riguarda la classificazione dei singoli descrittori e dell'intera unità immobiliare il nuovo risultato è riportato nel prospetto sottostante:

| Classe C_{UI}: N.C. | D_{2m,nT,w} dB | R'_w dB | L'_{nw} dB |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Valore | 40 | 50 | 90 |
| Classe | II | III | NC (+22 dB) |
| Coefficiente z | 2 | 3 | 10 |

Tabella 7.12 Classificazione del singolo descrittore e dell'unità immobiliare dopo la sostituzione del serramento, caso a).

Nonostante con la sostituzione del serramento si sia riusciti a passare dalla classe IV alla classe II per l'isolamento di facciata, il risultato complessivo per l'unità immobiliare rimane lo stesso in quanto il requisito di livello di pressione da calpestio risulta fortemente penalizzante. Sarebbe pertanto poco utile intervenire ulteriormente sugli altri descrittori in quanto, anche a fronte di un notevole impegno economico, la prestazione dell'unità immobiliare risulterebbe insufficiente a garantire le adeguate condizioni di comfort acustico.

CASO B

b.1) Sostituzione serramento

Il serramento scelto in questo secondo caso è lo stesso utilizzato nel caso di pareti realizzate con blocchi Leca, per la descrizione delle sue proprietà si rimanda quindi al punto precedente e si passa alla presentazione dei risultati.

| | D_{2m,nT,w} dB Prima dell'intervento | D_{2m,nT,w} dB Dopo l'intervento |
|-------------|---|---|
| CVP1 | 32 | 34 |
| CVP2 | 35 | 43 |
| CVP3 | 45 | 45 |

Tabella 7.13 Confronto tra gli indici di $D_{2m,nT}$ prima e dopo la sostituzione del serramento, caso b).

La classificazione complessiva risulta:

| Classe C_{UI}: N.C. | D_{2m,nT,w} dB | R'_w dB | L'_{nw} dB |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Valore | 38 | 44 | 90 |
| Classe | III | IV | NC (+22 dB) |
| Coefficiente z | 3 | 4 | 10 |

Tabella 7.14 Classificazione del singolo descrittore e dell'unità immobiliare dopo la sostituzione del serramento, caso b).

Anche in questo caso valgono le considerazioni fatte precedentemente sul risultato globale, il miglioramento di una classe per il descrittore di isolamento di facciata non incide sulla classificazione dell'unità immobiliare. Tuttavia nel caso in esame, anche il requisito di potere fonoisolante si colloca nella classe più bassa, è pertanto ipotizzabile un intervento che abbia lo scopo di migliorare tali prestazioni.

b.2) Controparete

Dopo aver sostituito il serramento con uno più performante si ipotizza di migliorare il potere fonoisolante aggiungendo alle pareti divisorie tra unità immobiliari una controparete realizzata con una doppia lastra di cartongesso rivestito dello spessore di 12,5 mm ciascuna, sostenute da montanti in alluminio, e uno strato in lana di vetro, spessore 45 mm. I dati relativi all'incremento del potere fonoisolante ΔR sono stati reperiti da un rapporto di prova dell'istituto Giordano nel quale sono riportati i valori in spettro di frequenza del potere fonoisolante di una parete realizzata con dei blocchi forati in laterizio dello spessore di 300 mm. Una prima approssimazione riguarda il fatto che il supporto murario in laboratorio è differente da quello ipotizzato per i calcoli, inoltre i ΔR così ottenuti sono relativi al percorso di trasmissione diretta ma verranno utilizzati anche per i percorsi laterali²⁶.

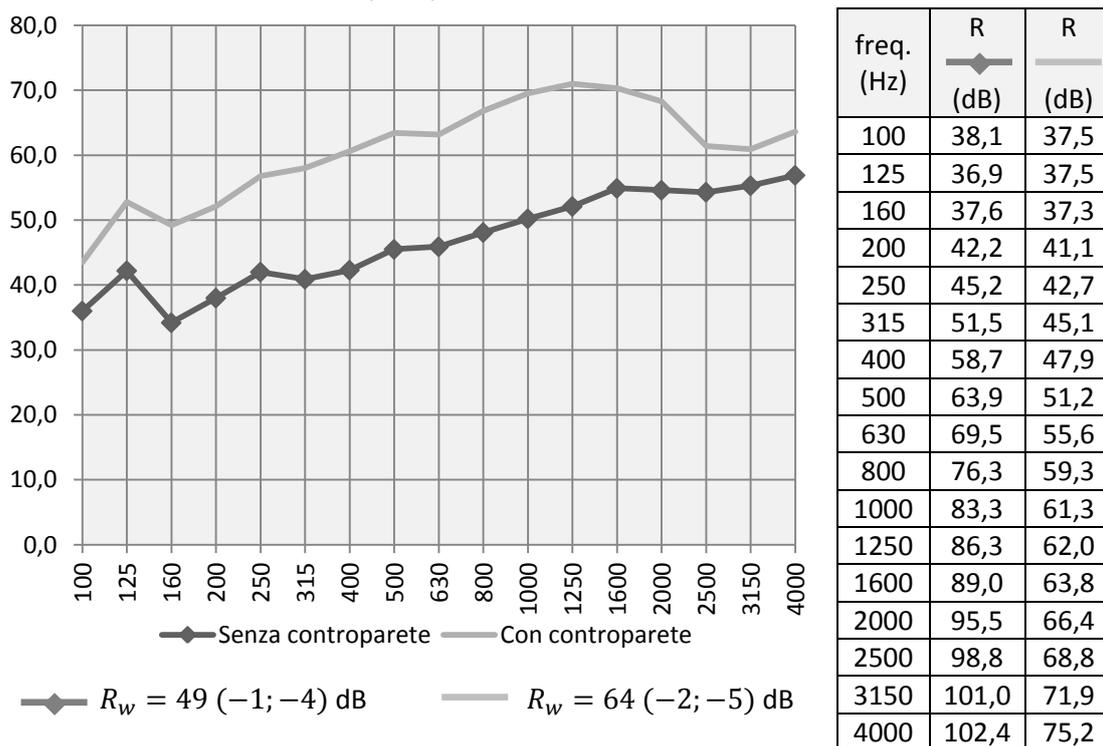


Grafico 7.8 Spettro del potere fonoisolante di una parete in blocchi forati prima e dopo l'applicazione di controparete.

Per valutare il vantaggio che deriva dall'aggiunta di una controparete si confrontano i valori del descrittore R'_w prima e dopo l'intervento.

²⁶ Nel paragrafo D.1.2 dell'appendice D norma UNI EN 12354 – 1 si dice: “[...] per una ragionevole valutazione, si può considerare che l'incremento del potere fonoisolante per la trasmissione laterale sia uguale all'incremento per la trasmissione diretta.”

| Elemento tecnico | R'_w dB | |
|------------------|-----------------------|-------------------|
| | Prima dell'intervento | Dopo l'intervento |
| PVI1 | 45 | 51 |
| PVI2 | 44 | 47 |
| POI1 | 51 | 51 |
| POI2 | 45 | 45 |
| POI3 | 51 | 51 |
| POI4 | 45 | 45 |

Tabella 7.15 Confronto tra gli indici di R'_w per ogni elemento tecnico prima e dopo la realizzazione di contropareti, caso b).

| Media partizioni orizzontali e verticali | R'_w dB | |
|--|-----------------------|-------------------|
| | Prima dell'intervento | Dopo l'intervento |
| | 46 | 48 |

Tabella 7.16 Confronto tra gli indici di R'_w prima e dopo la realizzazione di contropareti, caso b).

| Classe C_{UI} : N.C. | $D_{2m,nT,w}$ dB | R'_w dB | L'_{nw} dB |
|------------------------|------------------|-----------|--------------|
| Valore | 38 | 48 | 90 |
| Classe | III | IV | NC (+22 dB) |
| Coefficiente z | 3 | 4 | 10 |

Tabella 7.17 Classificazione del singolo descrittore e dell'unità immobiliare dopo la realizzazione di contropareti, caso b).

Come emerge dai risultati l'incremento del potere fonoisolante per i divisori tra unità immobiliari non permette al descrittore R'_w (che tiene conto anche dei solai) di rientrare in una classe più alta, dato che questo migliora di due soli decibel. Tuttavia, come si può notare, il miglioramento sulle singole partizioni verticali è significativo (per i solai l'effetto di una controparete rientra nei percorsi di trasmissione laterali ed è quindi meno marcato), soprattutto per la parete PVI1 (da 45 a 51 dB). Pertanto benché ai fini della classificazione acustica questo tipo di intervento non porta un guadagno, permette comunque di migliorare il comfort interno per quanto riguarda l'isolamento dai rumori aerei tra unità immobiliari adiacenti.

b.3) Riempimento intercapedine

In generale questo tipo di intervento nasce con lo scopo di isolare termicamente, ma il vantaggio che ne deriva è anche acustico. Se applicato a pareti perimetrali contribuisce al miglioramento dell'isolamento di facciata, se utilizzato per le pareti divisorie incide sul potere fonoisolante. Un materiale che viene spesso impiegato nella riqualificazione di edifici è la fibra di cellulosa la cui posa, che avviene tramite insufflaggio, consiste nel riempimento di spazi vuoti. Lo strato che si realizza all'interno di intercapedine può avere la densità desiderata. Per il prodotto *Climacell*, a base di fiocchi di cellulosa, sono state effettuate delle prove acustiche su una parete doppia con intercapedine, prima e dopo la coibentazione. Le prove si riferiscono al divisorio tra due appartamenti di una villa bifamiliare. Dalle misure effettuate sono state ricavate le curve standard prima e

dopo la coibentazione e si è notata una diminuzione del livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente. È stata stimato da un'analisi matematica che l'incremento di potere fonoisolante associato a questo materiale è di qualche decibel.

Non avendo a disposizione dati più precisi derivanti da prove di laboratorio non è stato possibile applicare questo tipo di intervento al nostro caso di studio, rimane tuttavia un'ipotesi interessante da prendere in considerazione nel caso di riqualificazione termica e acustica di un edificio.

In conclusione si può affermare che edifici esistenti con caratteristiche simili a quelli studiati, il cui periodo di costruzione può essere collocato tra gli anni '60 – '90, non rientrano mediamente nella classificazione così come proposta dalla UNI 11367. L'elemento più penalizzante è risultato essere il solaio, non tanto per il suo potere fonoisolante, quanto per il livello di pressione sonora di calpestio. Questo aspetto rende ancora più arduo migliorare le prestazioni globali di una abitazione in quanto il solaio risulta l'elemento tecnico su cui si può intervenire con maggiore difficoltà.

Per quanto riguarda gli altri descrittori, quello su cui si può più facilmente intervenire è l'isolamento di facciata dato che l'elemento meno performante dal punto di vista acustico è il serramento sul quale si può intervenire per migliorare le prestazioni dell'intera facciata. Altro elemento su cui si può agire, in caso sia presente, incrementando le prestazioni globali della parete è la bocchetta di aerazione delle cucine che normalmente rappresenta un importante ponte acustico. È possibile installare infatti dei silenziatori di facciata che permettono di isolare i fori di aerazione, previa necessità di opere murarie. Infine si è potuto constatare che anche il potere fonoisolante non è facilmente migliorabile con degli interventi su edifici esistenti e il valore finale del descrittore sarà in genere più alto quanto più sarà alta la massa superficiale degli elementi tecnici presenti.

7.6) Valutazioni economiche

Si valutano in questo paragrafo i costi che indicativamente si andrebbero ad affrontare nel caso si operasse uno degli interventi volti al miglioramento del comfort acustico studiati in precedenza. La stima è stata svolta sull'unità immobiliare studiata. Va ricordato che nessuno degli interventi permette di classificare l'unità immobiliare in una delle classi proposte dalla norma, pertanto non porterebbero a una rivalutazione sul mercato ma solo un vantaggio in termini di benessere.

- **Edifici esistenti**

- **Caso a):** sostituzione serramenti

Per questa tipologia edilizia l'unico intervento proposto è stata la sostituzione dei serramenti. In particolare si sono proposti serramenti, sempre il legno, da $R_w=41$ dB e $U_w=2,0$ w/m^2K per un costo totale pari a 1575,56 € (circa 340 €/m²). Questo intervento, oltre al miglioramento acustico, comporta una riduzione delle dispersioni termiche rispetto al caso iniziale riducendo anche i consumi energetici. Per questo motivo per tale intervento, se si soddisfano i limiti richiesti per legge, è possibile usufruire di incentivi statali per riqualificazione energetica in edilizia.

| Descrizione | Prezzo unitario ²⁷ €/m ² | Quantità | Unità di misura | Importo totale € |
|--|---|----------|-----------------|---------------------|
| Opere di sostituzione serramenti | | | | |
| Serramento in legno con vetrocamera e vetri stratificati: | | | | |
| Finestra (S2) | 607,60 | 1 | - | 607,60 |
| Portafinestra (S1) | 967,96 | 1 | - | 967,96 |
| Totale | | | | 1.575,56 |

Tabella 7.18 Computo metrico estimativo sostituzione serramenti.

- **Caso b)**

Nel caso di edificio esistente con cassa vuota le opere di ristrutturazione previste per adeguare acusticamente l'edificio sono state la sostituzione dei serramenti con nuovi sempre in legno da $R_w=41$ dB e $U_w=2,0$ w/m²K e la realizzazione di contropareti in cartongesso sulle pareti divisorie tra unità abitative. Il costo totale per i due interventi, riferito al caso di studio in analisi, è pari a circa 2658,77 € suddivise in 1083,21 € per le contropareti e 1575,56 € per i serramenti. Un terzo intervento ipotizzato è quello di isolare termicamente le pareti in intercapedine, migliorando anche le prestazioni acustiche, tramite l'insufflazione di fiocchi di cellulosa. Il costo di tale operazione sarebbe pari a 585,70 € per le pareti perimetrali e 551,48 per i divisori tra unità immobiliari. Si osserva come attraverso una spesa non eccessiva sia possibile migliorare le prestazioni acustiche dell'unità abitativa, oltre che quelle termiche, e conseguentemente il comfort interno per l'utente riducendo i consumi energetici finali.

Caso b.1): sostituzione serramenti (vedi punto precedente)

Caso b.2): realizzazione controparete

| Descrizione | Prezzo unitario ²⁷ €/m ² | Quantità | Unità di misura | Importo totale € |
|--|---|----------|-----------------|---------------------|
| Opere di realizzazione controparete | | | | |
| Controparete in cartongesso: | | | | |
| Controparete costituita da armatura metallica da 6/10 zincata, con montanti posati ad interasse di 60 cm ed inseriti in guide fissate con chiodi a sparo o tasselli a espansione a pavimento e a soffitto. Giunti a vista totalmente rasati: | | | | |
| con due lastre standard da 13 mm | 42,45 | 23,22 | m ² | 985,69 |
| aggiunta di materassino isolante 50 mm di lana di vetro. | 4,20 | 23,22 | m ² | 97,52 |
| Totale | | | | 1.083,21 |

Tabella 7.19 Computo metrico estimativo realizzazione contropareti.

²⁷ "Prezzi informativi delle opere edili in Milano – I° Quadrimestre 2011" Camera di commercio Milano

- **Caso b.3):** riempimento intercapedine

Si stima²⁸ il costo dell'intervento per le pareti perimetrali, per le quali il vantaggio sarebbe sia dal punto di vista del comfort termico che di quello acustico, e per i divisori tra appartamenti per i quali il miglioramento riguarderebbe il potere fonoisolante. Va sottolineato che per la parete in analisi, avendo un'intercapedine di soli due centimetri, la trasmittanza passa da 1,2 W/m²K a 0,9 W/m²K, dunque un vantaggio consistente in termini energetici si avrebbe con spessori di intercapedini superiori (ad esempio: U = 0,32 W/m²K per spessori di 10 cm).

| Descrizione | Prezzo unitario ²⁹ €/m ² | Quantità | Unità di misura | Importo totale € |
|--|---|----------|-----------------|---------------------|
| Opere di realizzazione isolamento in intercapedine | | | | |
| Coibentazione pareti: | | | | |
| Muratura perimetrale fiocco di cellulosa isofloc fornitura e posa isolante in fiocco di cellulosa isofloc nell'intercapedine della muratura (spessore 8 – 12 cm) con densità minima garantita 55 kg/m ³ : | | | | |
| PV11 - PV2 | 23,75 | 23,22 | m ² | 551,48 |
| CVP1 - CVP2 - CVP3 | 23,75 | 24,66 | m ² | 585,70 |
| Totale | | | | 1.137,17 |

Tabella 7.20 Computo metrico estimativo isolamento in intercapedine.

²⁸ Si premette che le valutazioni economiche relative a questo intervento potrebbero essere carenti di qualche lavorazione da concordare con il fornitore.

²⁹ Dal sito www.isolarecasa.it

8) Classificazione acustica di una unità immobiliare di un edificio di nuova costruzione

Ci si propone in questo capitolo di ripercorrere i ragionamenti affrontati nel precedente applicandoli ad una unità immobiliare che presenti le caratteristiche tecnologiche/costruttive di un edificio di nuova costruzione. Lo scopo è sempre quello di provare a capire in quale classe si colloca mediamente un edificio costruito al giorno d'oggi valutando delle alternative per cercare di farlo rientrare in classe massima considerando contemporaneamente l'aspetto economico. Si studiano quindi due casi che differiscono per la tipologia di divisori interni: pareti in laterizio e pareti leggere in cartongesso.

I calcoli vengono fatti sempre seguendo il modello dettagliato delle UNI EN 12354 -1, UNI EN 12354 -2, UNI EN 12354 – 3 come descritto nel paragrafo 4.1 e l'unità immobiliare è la stessa descritta (7.2) e trattata in precedenza alla quale vengono applicate nuove tecnologie.

8.1) Strutture

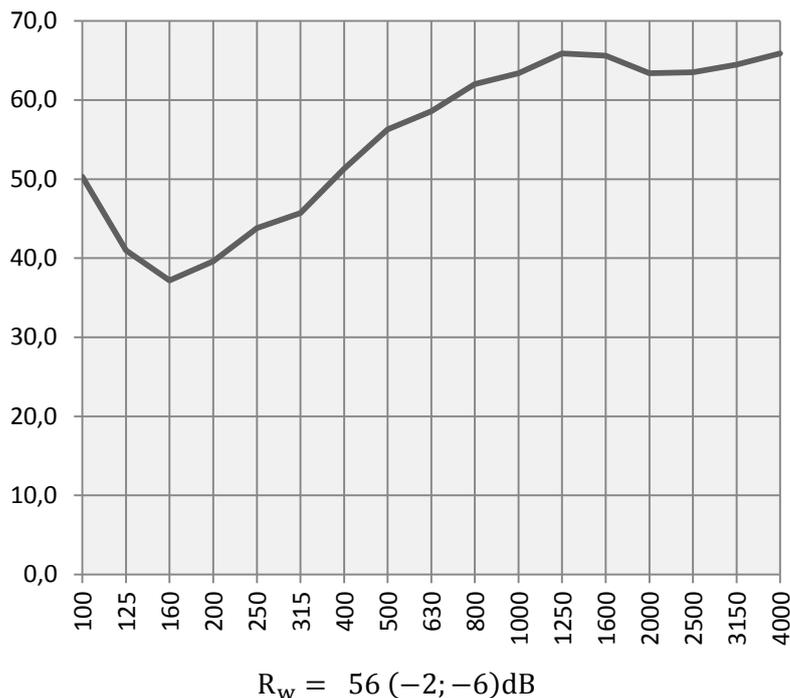
Si riportano ora tutte le tecnologie e gli accorgimenti costruttivi che sono stati utilizzati applicati agli elementi tecnici dell'unità abitativa.

- CVP1/CVP2/CVP3

Per le murature perimetrali si è scelto di utilizzare un cappotto realizzato con blocchi Alveolater di spessore 35 cm posati con asse dei fori verticale legati con malta tradizionale e strato isolante di 6 cm in polistirene espanso.

| Cappotto | | | |
|----------|---|---------------|-----------------------------------|
| | Strato | Spessore (mm) | Massa areica (kg/m ²) |
| | 1. Intonaco tradizionale a base di malta cementizia | 15 | 27 |
| | 2. Blocchi Alveolater a setti sottili | 350 | 242 |
| | 3. Pannello in polistirene espanso | 60 | 0,90 |
| | 4. Rasatura armata realizzata con intonaco sottile + strato di finitura | 5 | 0,46 |
| | Totale | 430 | 270,36 |

Tabella 8.1 Descrizione stratigrafia parete a cappotto.



| freq. (Hz) | R ³⁰ (dB) |
|------------|----------------------|
| 100 | 50,3 |
| 125 | 41,0 |
| 160 | 37,2 |
| 200 | 39,6 |
| 250 | 43,8 |
| 315 | 45,7 |
| 400 | 51,3 |
| 500 | 56,3 |
| 630 | 58,6 |
| 800 | 62,0 |
| 1000 | 63,4 |
| 1250 | 65,9 |
| 1600 | 65,6 |
| 2000 | 63,4 |
| 2500 | 63,5 |
| 3150 | 64,5 |
| 4000 | 65,9 |

Grafico 8.1 Spettro R parete a cappotto.

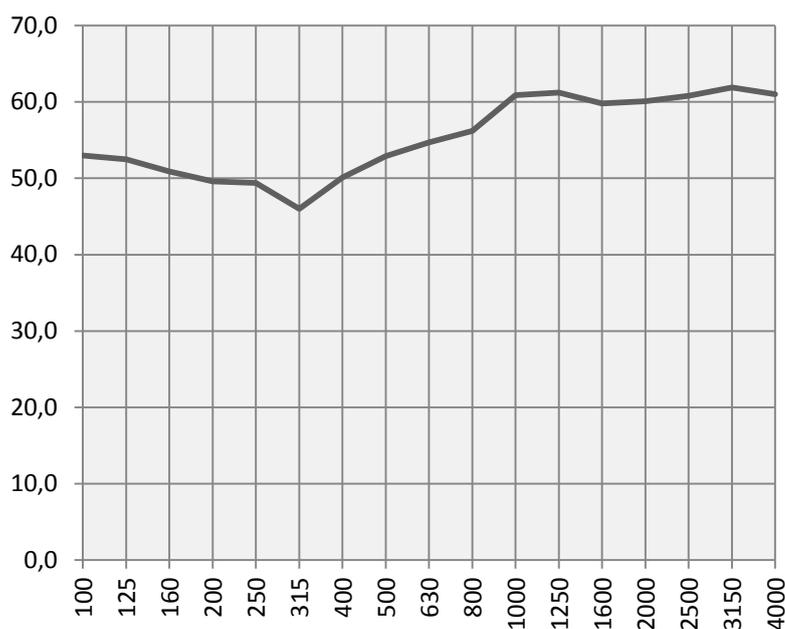
- PVI1/PVI2

Come divisorio tra due appartamenti è stata scelta per il primo caso una parete doppia in muratura realizzata con tramezze in laterizio di spessore 8 e 12 cm a fori verticali, con interposto materiale isolante in lana di roccia, spessore 5 cm. Per il secondo caso di studio si è scelta una parete in cartongesso con due strati in lana di vetro dello spessore di 7 cm ciascuno.

| Parete doppia | | | |
|---------------|---|--------------|-----------------------------------|
| | Strato | Spessore (m) | Massa areica (kg/m ²) |
| | 1. Intonaco tradizionale a base di malta cementizia | 15 | 27 |
| | 2. Parete in tramezze in laterizio 8 x 45 x 25 | 80 | 74 |
| | 3. Intonaco tradizionale a base di malta cementizia | 15 | 27 |
| | 4. Pannelli in lana di roccia | 50 | 4 |
| | 5. Parete in tramezze in laterizio 12 x 45 x 25 | 15 | 105 |
| | 6. Intonaco tradizionale a base di malta cementizia | 12 | 27 |
| | Totale | 187 | 264 |

Tabella 8.2 Descrizione stratigrafia parete doppia in laterizio.

³⁰ Dati reperiti da rapporto di prova emanato dall'Istituto Giordano.



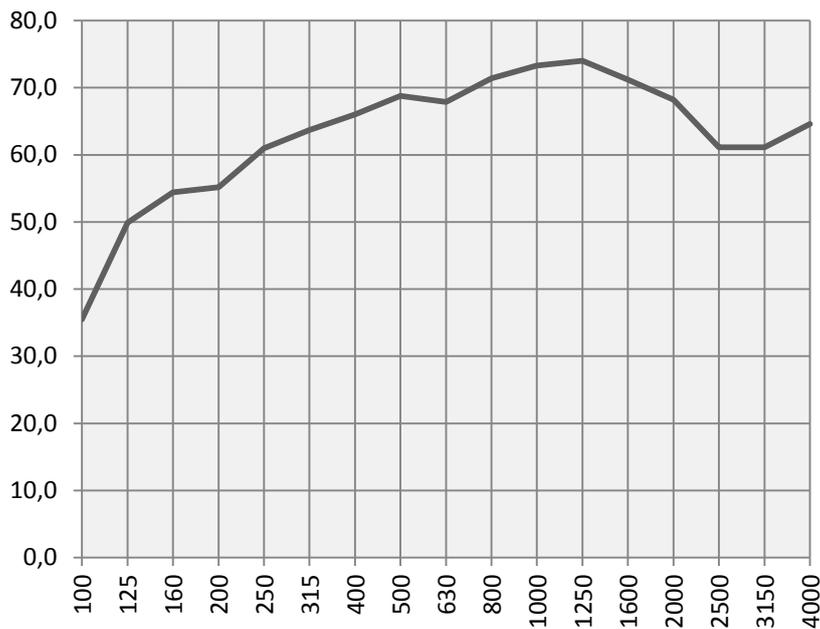
$R_w = 57 (-1; -3) \text{dB}$

| freq. (Hz) | R^{30} (dB) |
|------------|---------------|
| 100 | 53,0 |
| 125 | 52,5 |
| 160 | 50,9 |
| 200 | 49,6 |
| 250 | 49,4 |
| 315 | 46,0 |
| 400 | 50,1 |
| 500 | 52,9 |
| 630 | 54,7 |
| 800 | 56,2 |
| 1000 | 60,9 |
| 1250 | 61,2 |
| 1600 | 59,8 |
| 2000 | 60,1 |
| 2500 | 60,8 |
| 3150 | 61,9 |
| 4000 | 62,0 |

Grafico 8.2 Spettro R parete doppia in laterizio.

| Parete cartongesso 5 lastre | | | |
|-----------------------------|---|---------------|-----------------------------------|
| | Strato | Spessore (mm) | Massa areica (kg/m ²) |
| | 1. Doppio strato di lastre in gesso rivestito | 25,0 | 10,2 |
| | 2. Isolante in lana di vetro in lastre | 70,0 | 0,8 |
| | 3. Lastra singola do gesso fibrato | 12,5 | 15,0 |
| | 4. Isolante in lana di vetro in lastre | 70,0 | 0,8 |
| | 5. Doppio strato di lastre in gesso rivestito | 12,5 | 10,2 |
| | Totale | 190 | 37,0 |

Tabella 8.3 Descrizione stratigrafia parete doppia in cartongesso.



$$R_w = 66 (-4; -11) \text{dB}$$

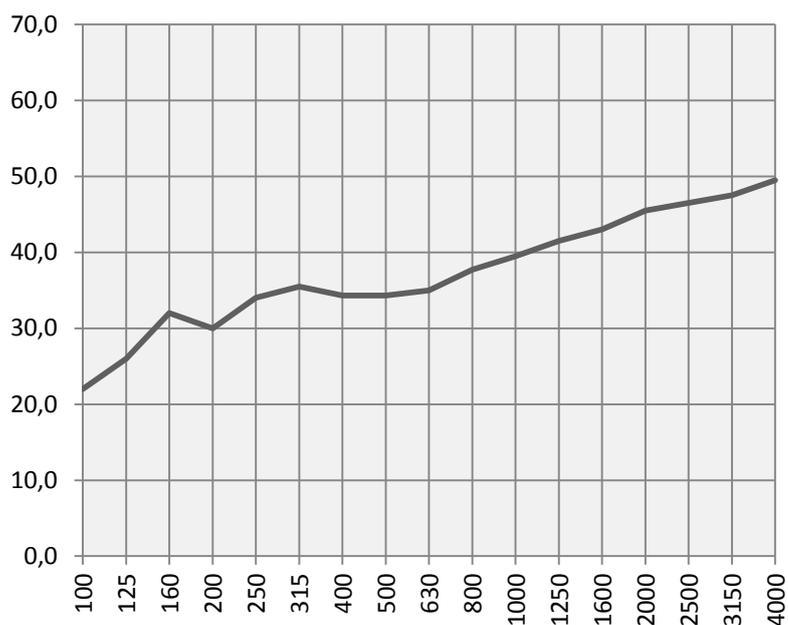
Grafico 8.3 Spettro R parete doppia in cartongesso.

- PVI3

Il tavolato interno utilizzato nel primo caso di studio di edificio di nuova costruzione è lo stesso scelto nel caso di edificio esistente mentre per il secondo caso si è optato per un tavolato in cartongesso costituito da due doppie lastre in gesso con interposto isolante in lana di vetro. Quest'ultimo elemento permette di migliorare il comfort acustico tra un locale e l'altro all'interno della stessa unità abitativa, anche se la classificazione proposta dalla norma non valuta tale aspetto.

| Tavolato interno | | | |
|------------------|---|---------------|-----------------------------------|
| | Strato | Spessore (mm) | Massa areica (kg/m ²) |
| | 1. Intonaco in malta di calce e cemento | 10 | 24 |
| | 2. Laterizio | 80 | 62 |
| | 3. Intonaco in malta di calce e cemento | 10 | 24 |
| | Totale | 100 | 110 |

Tabella 7.3 Descrizione stratigrafia tavolato in laterizio.



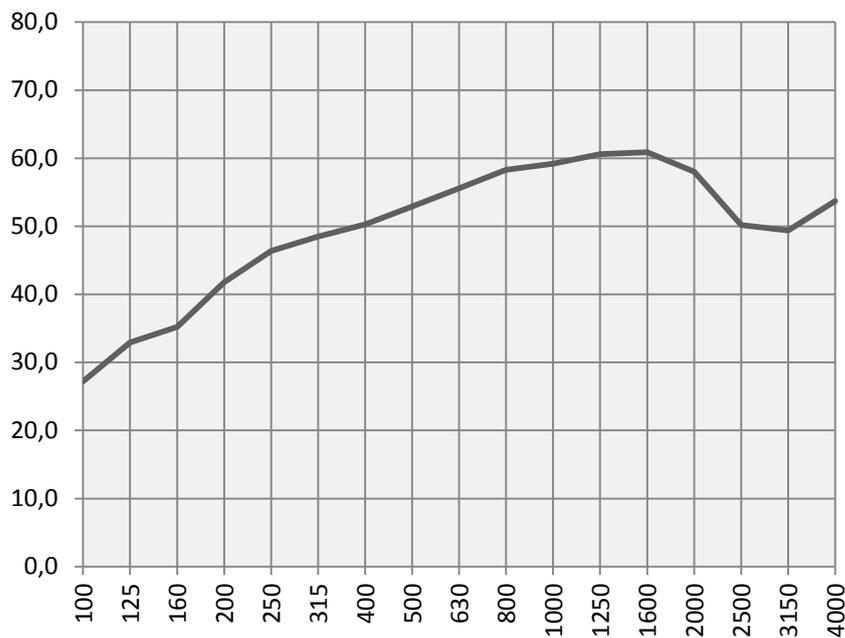
$R_w = 40 (-1; -4)$ dB

| freq. (Hz) | R ²² (dB) |
|------------|----------------------|
| 100 | 22,0 |
| 125 | 26,0 |
| 160 | 32,0 |
| 200 | 30,0 |
| 250 | 34,0 |
| 315 | 35,5 |
| 400 | 34,3 |
| 500 | 34,3 |
| 630 | 35,0 |
| 800 | 37,5 |
| 1000 | 39,5 |
| 1250 | 41,5 |
| 1600 | 43,0 |
| 2000 | 45,5 |
| 2500 | 46,5 |
| 3150 | 47,5 |
| 4000 | 49,5 |

Grafico 7.3 Spettro R tavolato in laterizio.

| Parete cartongesso 5 lastre | | | |
|-----------------------------|---|---------------|-----------------------------------|
| | Strato | Spessore (mm) | Massa areica (kg/m ²) |
| | 1. Doppio strato di lastre in gesso rivestito | 25,0 | 10,2 |
| | 2. Isolante in lana di vetro in lastre | 45,0 | 0,6 |
| | 3. Doppio strato di lastre in gesso rivestito | 25,0 | 10,2 |
| | Totale | 95,0 | 21,0 |

Tabella 8.4 Descrizione parete divisoria in cartongesso.



| freq. (Hz) | R ³¹ (dB) |
|------------|----------------------|
| 100 | 27,2 |
| 125 | 32,9 |
| 160 | 35,2 |
| 200 | 41,8 |
| 250 | 46,4 |
| 315 | 48,5 |
| 400 | 50,3 |
| 500 | 52,9 |
| 630 | 55,6 |
| 800 | 58,3 |
| 1000 | 59,2 |
| 1250 | 60,6 |
| 1600 | 60,9 |
| 2000 | 58,0 |
| 2500 | 50,2 |
| 3150 | 49,4 |
| 4000 | 53,7 |

$$R_w = 53 (-2; -7) \text{ dB}$$

Grafico 8.4 Spettro R parete divisoria in cartongesso.

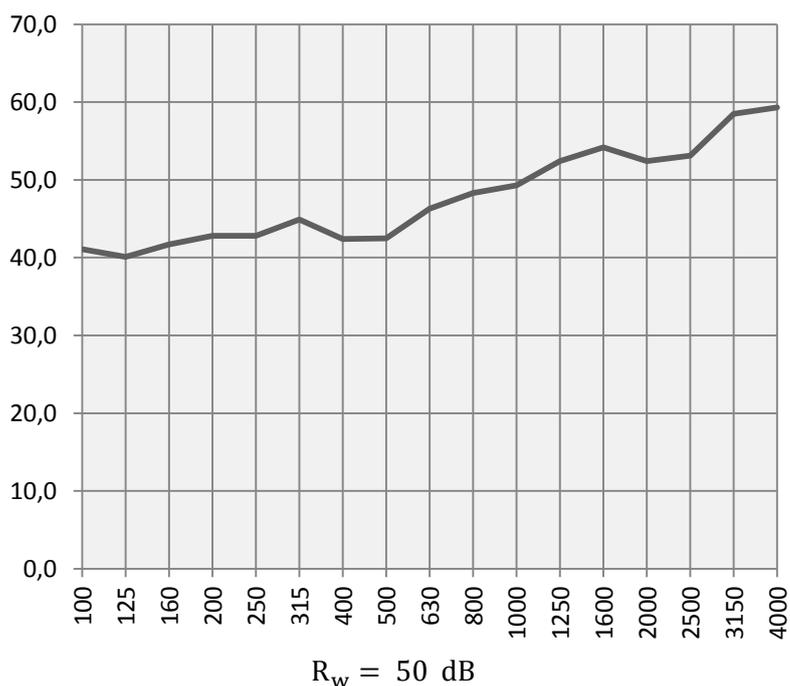
- POI1/POI2/POI3/POI4

Per i solai è stata scelta la soluzione adottata in precedenza per la struttura di base, ovvero una struttura tradizionale in laterocemento, di seguito si riportano i dati.

| Solaio | | | |
|--------|---|---------------|-----------------------------------|
| | Strato | Spessore (mm) | Massa areica (kg/m ²) |
| | 1. Intonaco in malta di calce e cemento | 15 | 27 |
| | 2. Solaio in laterocemento | 240 | 313 |
| | Totale | 255 | 340 |

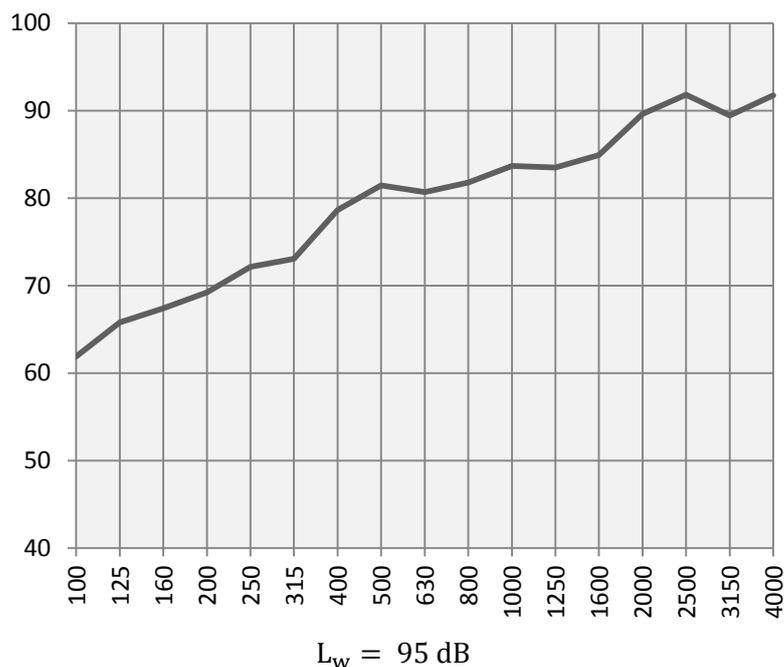
Tabella 7.4 Descrizione stratigrafia solaio in laterocemento.

³¹ Dati reperiti da rapporto di prova emanato da Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris.



| freq. (Hz) | R ³² (dB) |
|------------|----------------------|
| 100 | 41,1 |
| 125 | 40,1 |
| 160 | 41,7 |
| 200 | 42,8 |
| 250 | 42,8 |
| 315 | 44,9 |
| 400 | 42,4 |
| 500 | 42,5 |
| 630 | 46,3 |
| 800 | 48,3 |
| 1000 | 49,3 |
| 1250 | 52,4 |
| 1600 | 54,2 |
| 2000 | 52,4 |
| 2500 | 53,1 |
| 3150 | 58,5 |
| 4000 | 59,3 |

Grafico 7.4 Spettro R solaio in laterocemento.



| freq. (Hz) | L ³³ (dB) |
|------------|----------------------|
| 100 | 61,9 |
| 125 | 65,8 |
| 160 | 67,4 |
| 200 | 69,2 |
| 250 | 72,1 |
| 315 | 73,0 |
| 400 | 78,7 |
| 500 | 81,5 |
| 630 | 80,7 |
| 800 | 81,8 |
| 1000 | 83,7 |
| 1250 | 83,5 |
| 1600 | 84,9 |
| 2000 | 89,6 |
| 2500 | 91,8 |
| 3150 | 89,4 |
| 4000 | 91,8 |

Grafico 7.5 Spettro L_n solaio in laterocemento.

A differenza del caso precedente, si ipotizza di realizzare un pavimento galleggiante che consiste nella posa di un materassino elastico, sul quale viene gettato un massetto, che separa la soletta strutturale dal pavimento. Per un corretto funzionamento del pavimento

³² Dati reperiti dal Software Suonus.

³³ Dati calcolati a partire dai valori di potere fonoisolante secondo la relazione B.4 della norma UNI EN 12354 – 2.

galleggiante è indispensabile curare con attenzione la fase di posa in opera e scegliere adeguatamente il materiale dello strato elastico in funzione del carico e della propria rigidità dinamica. Il vantaggio che si ottiene con l'opportuna realizzazione di un pavimento galleggiante è quello di ridurre il livello di pressione sonora di calpestio nell'ambiente ricevente e di aumentare l'isolamento del solaio ai rumori aerei. Per il caso in esame è stato scelto il materassino della linea Roll, R4 TB di Isolgomma, in gomma riciclata SBR, con uno spessore di 4 mm, rigidità dinamica 29 MN/m^3 e densità di 400 kg/m^3 . Vengono riportati i valori di ΔL ³⁴ in frequenza e lo spettro dei valori di R misurati prima sulla sola soletta strutturale e poi sul solaio completo di materassino elastico e massetto.

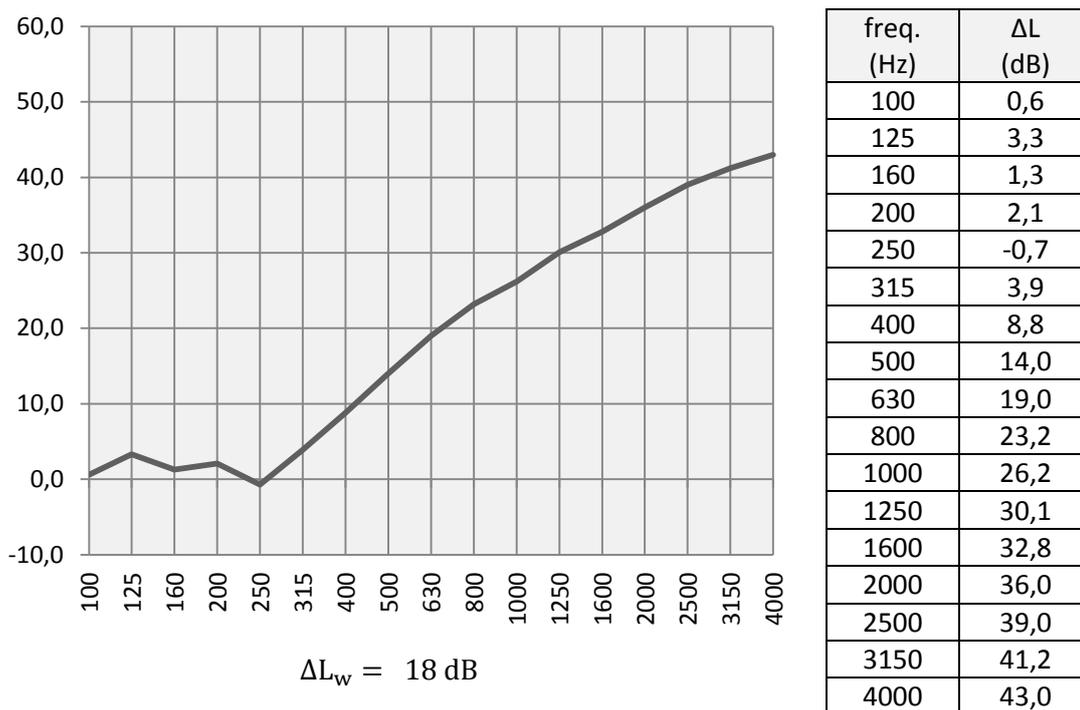
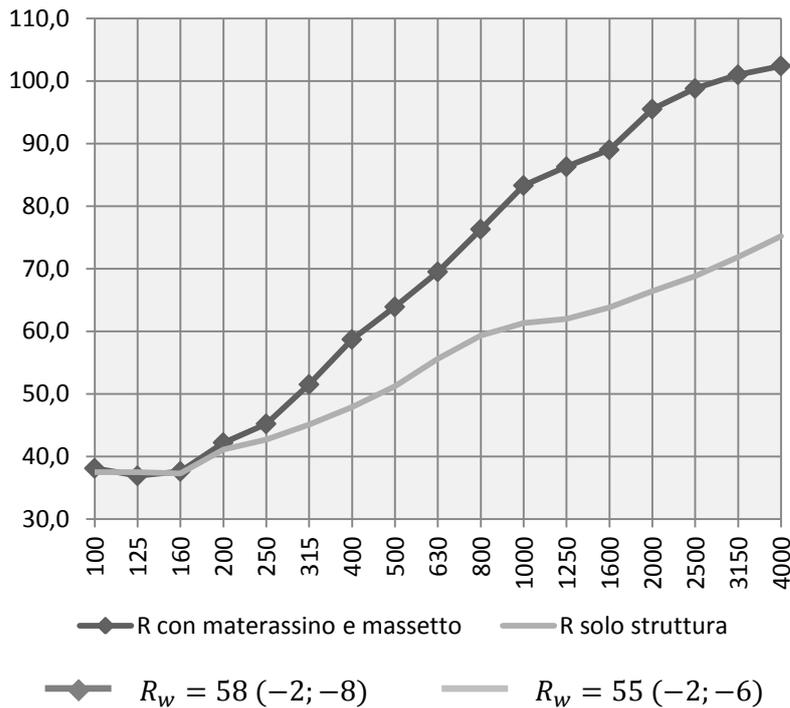


Grafico 8.5 Attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio dovuto al pavimento galleggiante.

³⁴ I valori di ΔL e di R si riferiscono a un rapporto di prova realizzato su soletta strutturale in cemento armato a differenza del caso in esame in cui il solaio è in laterocemento. I dati sono stati reperiti da rapporto di prova dell'istituto CSTB.



| freq. (Hz) | R (dB) | R (dB) |
|------------|--------|--------|
| 100 | 38,1 | 37,5 |
| 125 | 36,9 | 37,5 |
| 160 | 37,6 | 37,3 |
| 200 | 42,2 | 41,1 |
| 250 | 45,2 | 42,7 |
| 315 | 51,5 | 45,1 |
| 400 | 58,7 | 47,9 |
| 500 | 63,9 | 51,2 |
| 630 | 69,5 | 55,6 |
| 800 | 76,3 | 59,3 |
| 1000 | 83,3 | 61,3 |
| 1250 | 86,3 | 62,0 |
| 1600 | 89,0 | 63,8 |
| 2000 | 95,5 | 66,4 |
| 2500 | 98,8 | 68,8 |
| 3150 | 101,0 | 71,9 |
| 4000 | 102,4 | 75,2 |

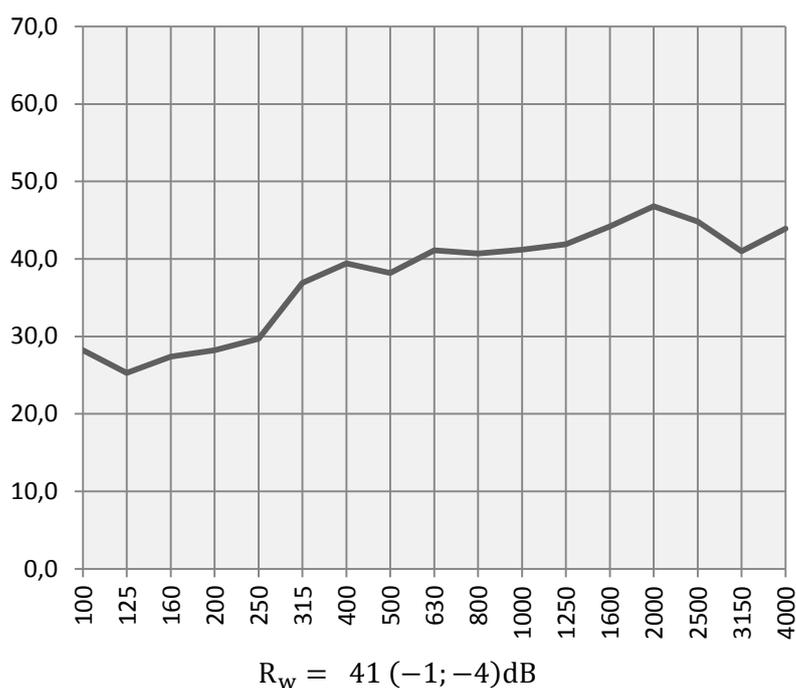
Grafico 8.6 Spettro del potere fonoisolante del solaio con e senza pavimento galleggiante.

- S1/S2

Per i due serramenti presenti nell'unità immobiliare si è scelto di utilizzare lo stesso scelto in precedenza per gli interventi migliorativi, ovvero un serramento con telaio in legno e doppio vetro, uno dei quali stratificato.

| Serramento | | | |
|------------|--|---------------|-----------------------------------|
| | Strato | Spessore (mm) | Massa areica (kg/m ²) |
| | 1. Vetrata stratificata formata da due lastre vetro float con interposto film in PVB | 8,38 | - |
| | 2. Intercapedine d'aria | 9 | - |
| | 3. Vetro float | 4 | - |
| | Totale | 21,38 | - |

Tabella 7.10 Descrizione serramento con telaio in legno e doppio vetro di cui uno stratificato.

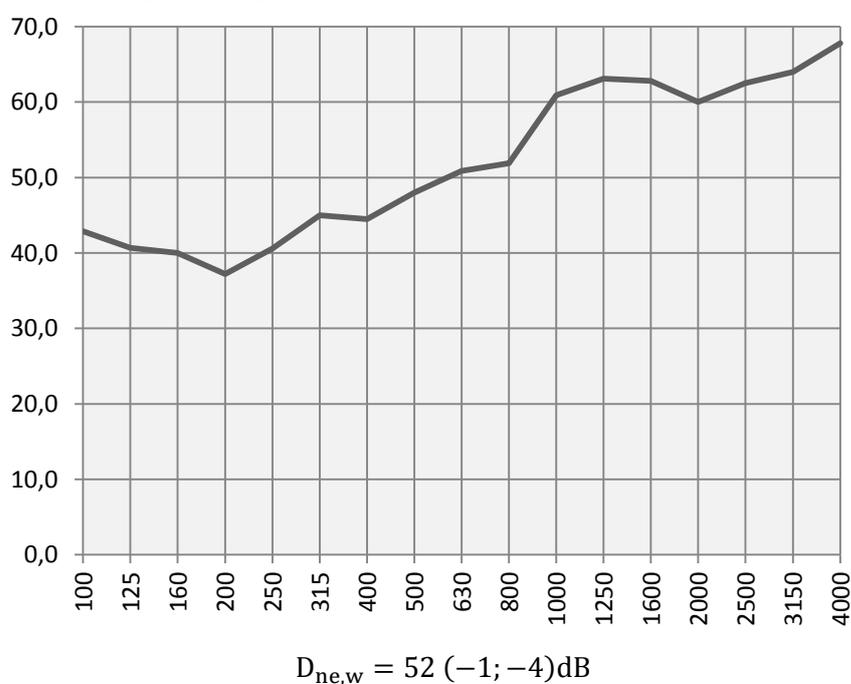


| freq. (Hz) | R^{25} (dB) |
|------------|---------------|
| 100 | 28,2 |
| 125 | 25,3 |
| 160 | 27,4 |
| 200 | 28,2 |
| 250 | 29,7 |
| 315 | 36,9 |
| 400 | 39,4 |
| 500 | 38,2 |
| 630 | 41,1 |
| 800 | 40,7 |
| 1000 | 41,2 |
| 1250 | 41,9 |
| 1600 | 44,2 |
| 2000 | 46,8 |
| 2500 | 44,8 |
| 3150 | 41 |
| 4000 | 43,9 |

Grafico 7.7 Spettro R serramento con telaio in legno e doppio vetro, di cui uno stratificato.

- Silenziatore di facciata

Per la presa di aerazione prevista nella chiusura CVP1 è stato previsto di installare un isolante acustico per fori di ventilazione costituito da una cassetta rettangolare con guscio in polipropilene espanso e canalizzazione interna contenente fibra di poliestere. Di seguito vengono riportati i dati necessari al calcolo dell'isolamento di facciata.



| freq. (Hz) | D^{35} (dB) |
|------------|---------------|
| 100 | 28,2 |
| 125 | 25,3 |
| 160 | 27,4 |
| 200 | 28,2 |
| 250 | 29,7 |
| 315 | 36,9 |
| 400 | 39,4 |
| 500 | 38,2 |
| 630 | 41,1 |
| 800 | 40,7 |
| 1000 | 41,2 |
| 1250 | 41,9 |
| 1600 | 44,2 |
| 2000 | 46,8 |
| 2500 | 44,8 |
| 3150 | 41 |
| 4000 | 43,9 |

Grafico 8.7 Spettro del valore di isolamento acustico del silenziatore di facciata.

³⁵ Risultati sperimentali del silenziatore "Sylencer" di Isolgomma.

8.2) Risultati

Si riportano i risultati ottenuti dal calcolo: in primo luogo si riassumono i valori in decibel degli incidi di ogni descrittore per ogni elemento tecnico, in secondo luogo vengono presentati i risultati mediati con le formule²⁴ 2 e 3 della UNI 11367 per ogni descrittore con l'indicazione della classe corrispondente e la classe complessiva dell'unità immobiliare. I risultati vengono riportati per i due casi studiati:

- a) Partizioni verticali in laterizio;
- b) Partizioni verticali in cartongesso.

CASO A

| Elemento tecnico | $D_{2m,nT,w}$ dB | R'_w dB | L'_{nw} dB |
|------------------|------------------|-----------|--------------|
| CVP1 | 43 | - | - |
| CVP2 | 48 | - | - |
| CVP3 | 57 | - | - |
| PVI1 | - | 52 | - |
| PVI2 | - | 54 | - |
| POI1 | - | 59 | - |
| POI2 | - | 56 | - |
| POI3 | - | 59 | 58 |
| POI4 | - | 56 | 63 |

Tabella 8.5 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio a), nuova costruzione.

| Classe C_{UI} : II | $D_{2m,nT,w}$ dB | R'_w dB | L'_{nw} dB |
|----------------------|------------------|-----------|--------------|
| Valore | 46 | 55 | 61 |
| Classe | I | II | III |
| Coefficiente z | 1 | 2 | 3 |

Tabella 8.6 Classificazione del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio a), nuova costruzione.

CASO B

| Elemento tecnico | $D_{2m,nT,w}$ dB | R'_w dB | L'_{nw} dB |
|------------------|------------------|-----------|--------------|
| CPV1 | 42 | - | - |
| CPV2 | 48 | - | - |
| CPV3 | 56 | - | - |
| PVI1 | - | 60 | - |
| PVI2 | - | 66 | - |
| POI1 | - | 57 | - |
| POI2 | - | 56 | - |
| POI3 | - | 57 | 61 |
| POI4 | - | 56 | 62 |

Tabella 8.7 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio b), nuova costruzione.

| Classe C_{UI} : II | $D_{2m,nT,w}$ dB | R'_w dB | L'_{nw} dB |
|----------------------|------------------|-----------|--------------|
| Valore | 46 | 58 | 62 |
| Classe | I | I | III |
| Coefficiente z | 1 | 1 | 3 |

Tabella 8.8 Classificazione del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio b), nuova costruzione.

Come si può osservare dai calcoli effettuati su un unità immobiliari che presenta tecnologie di un edificio di nuova costruzione, la classe che si riesce a raggiungere complessivamente è la II. Dai risultati ottenuti si evince che il descrittore ancora una volta più penalizzante è il livello di pressione sonora di calpestio che si colloca in classe III a differenza degli altri due che riescono a raggiungere in almeno uno dei due casi la classe I.

Per quanto riguarda l'isolamento di facciata, in entrambi i casi il risultato ottenuto è molto buono, ne consegue che con un comune cappotto e un serramento che fornisca buone prestazioni (elementi indispensabili anche per il comfort igrotermico), è possibile raggiungere livelli ampiamente soddisfacenti.

Per quanto riguarda l'isolamento tra unità immobiliari l'impiego di divisori in cartongesso permette al descrittore R'_w di rientrare in classe I, mentre con l'utilizzo oggi ancora ampiamente più diffuso, di divisori in laterizio si riesce a raggiungere al massimo la II classe.

Riguardo invece al livello di pressione di calpestio è più difficile ipotizzare soluzioni che possano migliorare la situazione rilevata nel caso di studio. Il solaio scelto presenta già di base uno spettro di L'_n con valori molto elevati soprattutto alle alte frequenze, con l'utilizzo di un pavimento galleggiante i valori di partenza vengono poi corretti ma conteggiando tutti i percorsi di trasmissione laterali (fiancheggiamenti) il risultato finale risulta non pienamente soddisfacente. Tre sono gli aspetti da cui dipende la prestazione finale:

- solaio strutturale: partendo da una struttura che garantisce prestazioni migliori, anche il comportamento finale in opera è più performante. Tuttavia attualmente è ancora ampiamente diffuso l'impiego di solai in laterocemento ed è inoltre difficile il reperimento dati acustici relativi ad altre tecnologie costruttive.
- Pavimento galleggiante: è possibile ipotizzare l'utilizzo di materassini elastici di materiale diverso che possano portare a incrementi ΔL maggiori. Il materassino deve avere rigidità dinamica più bassa possibile ma contemporaneamente deve presentare bassa cedevolezza per evitare di deformarsi plasticamente e non garantire più il corretto funzionamento. Tuttavia attualmente sul mercato non ci sono prodotti che mediamente garantiscano prestazioni di molto migliori rispetto a quello scelto per i calcoli. Altro elemento che costituisce il pavimento galleggiante è il massetto che si realizza sopra lo strato resiliente; questo ha solitamente spessori attorno ai 4 – 5 cm ma sarebbe possibile raggiungere spessori più elevati per cercare di aumentare il suo effetto dissipativo. Tuttavia comporterebbe dei carichi aggiuntivi da non trascurare, sia per quanto riguarda i calcoli strutturali, che per la scelta del materassino elastico che sottoposto a un carico eccessivo potrebbe deformarsi plasticamente. Inoltre

l'incremento di spessore del massetto farebbe aumentare anche quello complessivo del solaio facendo riemergere il problema delle altezze nette interne.

- Fiancheggiamenti: altro aspetto che incide sul comportamento in opera è la realizzazione dei giunti tra gli elementi strutturali da cui dipendono le trasmissioni laterali. Attualmente si utilizzano in edilizia fasce sottoparete, ovvero delle bande in gomma dello spessore di qualche millimetro che vengono posate solitamente sotto le partizioni interne per disaccoppiare la parete dal solaio. Questo accorgimento dovrebbe garantire un maggiore smorzamento delle vibrazioni che si trasmettono attraverso i giunti migliorando l'isolamento acustico e riducendo il calpestio.

Tuttavia applicando il modello di calcolo dettagliato proposto dalla UNI EN 12354 -1 sono emersi alcuni dubbi in relazione a questo punto. Innanzi tutto quando si calcola il potere fonoisolante di una partizione verticale in opera, come visto in precedenza, si vanno a considerare tre tipi di fiancheggiamento come illustrato nell'immagine presa dalla norma:

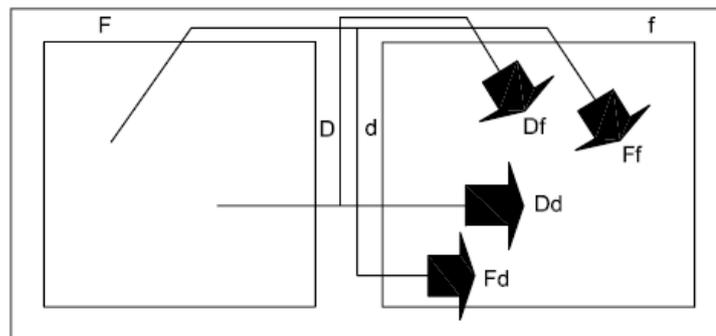
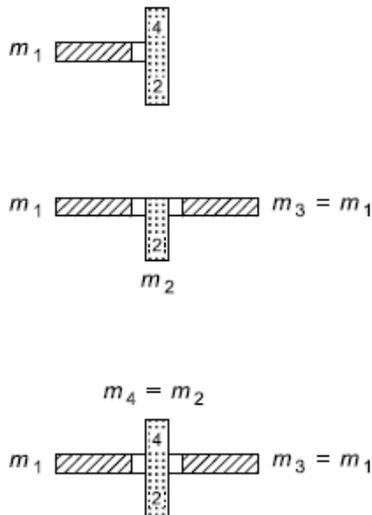


Figura 7.1 Definizione dei percorsi di trasmissione sonora ij tra due ambienti.



Nella situazione in cui si utilizzino delle fasce sottoparete l'indice di riduzione delle vibrazioni tra i due elementi che costituiscono il giunto parete - solaio k_{ij} viene calcolato attraverso le relazioni sotto riportate.

$$K_{13} = 5,7 + 14,1M + 5,7M^2 + 2\Delta_1 \text{ dB}$$

$$K_{24} = 3,7 + 14,1M + 5,7M^2 \text{ dB}; 0 \leq K_{24} \leq -4 \text{ dB}$$

$$K_{12} = 5,7 + 5,7M^2 + \Delta_1 (= K_{23}) \text{ dB}$$

$$\Delta_1 = 10 \log \frac{f}{f_1} \text{ dB per } f > f_1$$

$$f = 125 \text{ Hz se } \frac{E_1}{t_1} \approx 100 \frac{\text{MN}}{\text{m}^3}$$

Questo implica che i fiancheggiamenti Df e Fd

Figura 8.1 Indice riduzione delle vibrazioni per giunti di parete con strati intermedi flessibili.

risultino quasi trascurabili dato che l'indice di riduzione delle vibrazioni (k_{12}) assume valori elevati.

Al contrario il fiancheggiamento Ff il cui indice delle vibrazioni è k_{24} incide maggiormente sul risultato finale rispetto al caso di giunti rigidi. Il risultato complessivo per la parete può quindi essere peggiore nel caso di giunti elastici piuttosto che in quello di giunti rigidi.

Per quanto riguarda il calcolo del livello di calpestio per ambienti sovrapposti, oltre alla trasmissione diretta ho un unico fiancheggiamento che coinvolge il giunto tra il solaio e le pareti dell'ambiente sottostante. In tale giunto non sono presenti elementi elastici in quanto vengono posati soltanto sotto la parete, pertanto non risulta nessun vantaggio ai fini del calcolo del calpestio nella presenza di tali elementi. Per migliorare questo dettaglio costruttivo si possono impiegare malte cementizie apposite che riducono l'adesione tra muratura e solaio (ad esempio malta cementizia elastica vibro smorzante bicomponente a base di elastomeri "Fonoplast" di Index Spa).

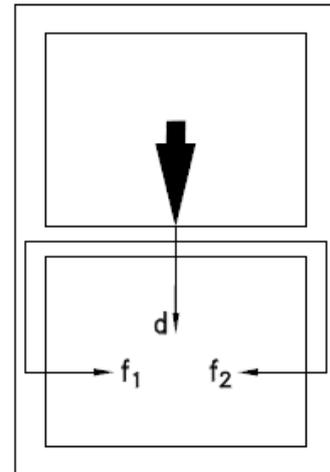


Figura 8.2 Vie di trasmissione sonora tra due ambienti sovrapposti.

Come si è visto nel caso di studio considerato è difficile intervenire sul risultato finale di $L'_{n,r}$, tuttavia possiamo provare ad ipotizzare una soluzione alternativa che possa incrementare le prestazioni del solaio. Come abbiamo già detto in precedenza un elemento che porterebbe a un miglioramento sarebbe il controsoffitto che presenta però il problema di aumentare lo spessore del pacchetto tecnologico del solaio e di conseguenza l'interpiano medio. Se prendessimo in considerazione l'ipotesi di utilizzare una tecnologia diversa per la struttura del solaio che ci permettesse di ridurre lo spessore questo ci garantirebbe di guadagnare i centimetri necessari all'inserimento di un controsoffitto. È il caso ad esempio del solaio in calcestruzzo pieno, ora poco utilizzato, in quanto presenta lo svantaggio di un peso proprio più elevato rispetto a un solaio alleggerito che comporta carichi superiori e un aumento delle dimensioni delle strutture portanti, con conseguenti possibili problemi architettonici. Un solaio in calcestruzzo presenta uno spessore ridotto, a parità di prestazioni acustiche, di uno in laterocemento e ci permette di realizzare una stratigrafia come ad esempio quella riportata di seguito.

| Solaio | | | |
|--------|--|--------------|-----------------------------------|
| | Strato | Spessore (m) | Massa areica (kg/m ²) |
| 6 | 1. Controsoffitto in cartongesso con accoppiato strato lana di vetro | 90 | 11 |
| 5 | 2. Pannello lana di vetro | 30 | 0,6 |
| 4 | 3. Soletta in c.a. | 160 | 304 |
| 3 | 4. Sottofondo alleggerito per impianti | 100 | 80 |
| 2 | 5. Massetto galleggiante | 40 | 90 |
| 1 | 6. Pavimentazione | 20 | 15 |
| | Totale | 440 | 500,6 |

Tabella 8.9 Proposta di stratigrafia solaio con controsoffitto.

Per il solaio in cemento armato si propongono due possibili soluzioni:

- soletta a lastra tralicciata mono o bidirezionale integrata con getto di completamento: questa soluzione garantisce una rapidità di messa in opera grazie alla presenza della lastra armata tralicciata prefabbricata di 4-5cm che funge anche da cassero per il getto. Gli spessori totali della soletta strutturale si aggirano intorno ai 16 cm per carichi portati tradizionali dell'edilizia residenziale con luci inferiori ai 5m;
- soletta a piastra o monodirezionale completamente gettata in opera su casseforme prefabbricate (del tipo "Sky Deck" della ditta Peri): Anche tale soluzione garantisce una rapidità di messa in opera grazie all'utilizzo di casseri prefabbricati. E' possibile inserire le armature in entrambe le direzioni in modo da realizzare una piastra e ottimizzare così il quantitativo di ferri eliminando le travi. Gli spessori medi si aggirano sempre intorno ai 16 cm.

8.3) Valutazioni economiche

Dal punto di vista acustico, come è emerso dai calcoli, le prestazioni risultano migliori nel caso si realizzino pareti interne in cartongesso rispetto a quelle in laterizio. Si cerca ora di valutare quale tra le due tecnologie sia più vantaggiosa economicamente computando i costi per la realizzazione di entrambe.

| Descrizione | Prezzo unitario ²⁷ €/m ² | Quantità | Unità di misura | Importo totale € |
|--|---|----------|-----------------|---------------------|
| Opere di realizzazione pareti divisorie tra U.I. | | | | |
| Parete cassavuota | | | | |
| Muratura a cassa vuota per chiusure perimetrali, costituita da doppia parete di laterizio e camera d'aria, compresa formazione mazzette, squarci, voltini, ponteggio esterno ed interno: | | | | |
| paramento esterno in tavolato di mattoni forati del n. 160), spessore una testa 12 cm e paramento interno in tavolato di mattoni forati del n. 165), di quarto 8 cm. | 69,60 | 33,20 | m ² | 2.310,72 |
| Sola posa in opera di pannello in lana di roccia del n. 771, di dimensioni 100x60 cm, spessore da 2 a 5 cm per applicazioni a parete verticale con plotte di collante, escluso ponteggi. | 6,65 | 33,20 | m ² | 220,78 |

| | | | | |
|---|-------|-------|----------------|-----------------|
| Pannello in lana di roccia dimensioni 100x60 cm, conforme alla norma UNI EN 13162: densità 80 kg/m ³ conducibilità termica 0,035 W/mK. | 1,58 | 33,20 | m ² | 52,46 |
| Intonaco rustico su pareti verticali tirato in piano a frattazzo per interni, compresi gli occorrenti ponteggi, fino a 4 m di altezza dei locali: malta di calce idrata, di cemento o bastarda. | 15,20 | 33,20 | m ² | 504,64 |
| Intonaco completo a civile per interni su pareti verticali in piano, compresi gli occorrenti ponteggi, fino a m 4 di altezza dei locali: intonaco rustico in malta di calce eminentemente idraulica o bastarda ed arricciatura in stabilitura di calce idrata. | 25,00 | 66,40 | m ² | 1.660,00 |
| Totale | | | | 4.748,60 |

| Opere di realizzazione tavolati interni | | | | |
|--|-------|-------|----------------|-----------------|
| Parete singola in mattoni: | | | | |
| Tavolato interno di mattoni forati 8x12x24, spessore 8 cm (di quarto), compresi ponteggi c.s.: | | | | |
| malta fine di calce idrata, di cemento o bastarda per arricciatura | 29,90 | 29,72 | m ² | 888,63 |
| Intonaco completo a civile per interni su pareti verticali in piano, compresi gli occorrenti ponteggi, fino a m 4 di altezza dei locali: | | | | |
| rustico in malta di calce eminentemente idraulica o bastarda ed arricciatura in stabilitura di calce idrata | 25,00 | 59,44 | m ² | 1.486,00 |
| Totale | | | | 2.374,63 |
| Totale pareti divisorie + tavolati interni | | | | 7.123,22 |

Tabella 8.10 Computo metrico estimativo realizzazione pareti interne in laterizio.

| Descrizione | Prezzo unitario ²⁷ €/m ² | Quantità | Unità di misura | Importo totale € |
|---|---|----------|-----------------|---------------------|
| Opere di realizzazione pareti divisorie tra U.I. | | | | |
| Parete doppia in cartongesso | | | | |
| Divisorio interno costituito da armatura metallica da 6/10 zincata, con montanti posati ad interasse di 60 cm ed inseriti in guide fissate con chiodi a sparo o tasselli a espansione a pavimento e a soffitto. Giunti a vista totalmente rasati: | | | | |
| con due lastre standard da 13 mm per ogni faccia; | 50,00 | 33,20 | m ² | 1660,00 |
| aggiunta di materassino isolante 70 mm di lana di roccia. | 4,9 | 66,40 | m ² | 325,36 |
| Lastre standard di gesso rivestito sulle due facce di cartone speciale. Dimensione 120x200-240-250-260-270-280-300-320-360 cm: | | | | |
| spessore 13 mm | 4,40 | 33,20 | m ² | 146,08 |
| Totale | | | | 2.131,44 |

| | | | | |
|---|-------|-------|----------------|----------------|
| Opere di realizzazione pareti divisorie tra U.I. | | | | |
| Parete singola in cartongesso | | | | |
| Divisorio interno costituito da armatura metallica da 6/10 zincata, con montanti posati ad interasse di 60 cm ed inseriti in guide fissate con chiodi a sparo o tasselli a espansione a pavimento e a soffitto. Giunti a vista totalmente rasati: | | | | |
| con due lastre standard da 13 mm per ogni faccia; | 50,00 | 29,72 | m ² | 1486,00 |
| aggiunta di materassino isolante 50 mm di lana di roccia. | 4,9 | 29,72 | m ² | 145,63 |
| Totale | | | | 1631,63 |

| | | | | |
|---|--|--|--|----------------|
| Totale pareti divisorie + tavolati interni | | | | 3909,15 |
|---|--|--|--|----------------|

Tabella 8.11 Computo metrico estimativo pareti interne in cartongesso.

La realizzazione di pareti interne in laterizio è stata stimata attorno ai 113,21 €/m² mentre per le pareti in cartongesso si raggiunge la cifra di 62,13 €/m². Come emerge da tale analisi oltre ad un vantaggio prestazionale la tecnologia del cartongesso comporta anche un vantaggio economico; tuttavia risulta oggi poco diffusa per motivi culturali dato che pareti con una massa

così inferiore rispetto allo standard costruttivo attuale dà agli utenti una sensazione di scarsa resistenza e stabilità. Sarebbe opportuno diffondere una maggiore sensibilità alle problematiche illustrate e una maggiore conoscenza riguardo ai vantaggi di una tecnologia ancora poco utilizzata.

9) Confronto tra modelli di calcolo previsionale

Per classificare una unità immobiliare la nuova norma UNI 11367, come già detto nei capitoli precedenti, richiede di effettuare le prove in opera su ciascun elemento tecnico. Tuttavia, nel caso di nuove costruzioni, per realizzare edifici che soddisfino i requisiti acustici, ovvero gli standard qualitativi in termini di comfort acustico, e che siano poi in grado di rientrare nella nuova classificazione della UNI 11367 è fondamentale una corretta progettazione. A questa poi dovrà far seguito una corretta esecuzione nelle successive fasi del processo edilizio che possono condizionare fortemente le prestazioni finali dell'opera compiuta rendendole anche difformi da quanto previsto in fase progettuale.

Nell'ottica di una possibile futura classificazione acustica obbligatoria, data la complessità del problema, già nelle prime fasi del processo, è auspicabile affrontare tale questione cercando di stimare il più verosimilmente possibile le prestazioni che l'edificio dovrà garantire. Ad oggi l'unico strumento³⁶ di progettazione a disposizione del professionista è la serie di norme UNI EN 12354. Per tale motivo ci si interroga sull'affidabilità di tale strumento e ci si chiede quanto la scelta di un modello di calcolo (dettagliato o semplificato) piuttosto che l'altro possa influire sui risultati finali e quindi sulle scelte del progettista. Infatti scostamenti eccessivi tra i modelli potrebbero portare a valori finali differenti che farebbero classificare l'edificio in modi discordanti.

Per il confronto si utilizza l'unità abitativa campione riportata in precedenza e si comparano gli indici di valutazione dei parametri descrittivi ($D_{2m,nT,w}$, R'_{w} , L'_{nw}) ottenuti con i due modelli di calcolo. Tutto ciò è effettuato per la casistica di tecnologie esaminate.

- **Edifici esistenti**

a) Lecablocco

Modello dettagliato

| Elemento tecnico | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | $R'_{w,PV}$ (dB) | R'_{wPV} ³⁷ (dB) | $R'_{w,PO}$ (dB) | $R'_{w,mPO}$ ³⁸ (dB) | L'_{nw} (dB) |
|------------------|--------------------|------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------------|----------------|
| CVP1 | 32 | - | 52 | - | 48 | - |
| CVP2 | 36 | - | | - | | |
| CVP3 | 57 | - | | - | | |
| PVI1 | - | 54 | | - | | |
| PVI2 | - | 51 | | - | | |
| POI1 | - | - | | 50 | | |
| POI2 | - | - | | 47 | | |
| POI3 | - | - | | 50 | | |
| POI4 | - | - | 47 | 89 | | |
| | | | | | | 91 |

Tabella 9.1 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio a), modello dettagliato.

³⁶ Insieme alla norma UNI 11175 "Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici".

³⁷ Valore medio degli indici R'_{w} degli elementi tecnici verticali.

³⁸ Valore medio degli indici R'_{w} degli elementi tecnici orizzontali.

Modello semplificato

| Elemento tecnico | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | $R'_{w,PV}$ (dB) | $R'_{w,PV}^{37}$ (dB) | $R'_{w,PO}$ (dB) | $R'_{w,mPO}^{38}$ (dB) | L'_{nw} (dB) |
|------------------|--------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------------|----------------|
| CVP1 | 30 | - | 53 | - | 48 | - |
| CVP2 | 33 | - | | - | | - |
| CVP3 | 56 | - | | - | | - |
| PVI1 | - | 54 | | - | | - |
| PVI2 | - | 52 | | - | | - |
| POI1 | - | - | | 49 | | - |
| POI2 | - | - | | 48 | | - |
| POI3 | - | - | | 49 | | 76 |
| POI4 | - | - | | 48 | | 76 |

Tabella 9.2 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio a), modello semplificato.

| Elemento tecnico | $\Delta D_{2m,nT,w}$ (dB) | $\Delta R'_{w,PV}$ (dB) | $\Delta R'_{w,PV}^{37}$ (dB) | $\Delta R'_{w,PO}$ (dB) | $\Delta R'_{w,mPO}^{38}$ (dB) | $\Delta L'_{nw}$ (dB) |
|------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| CVP1 | +2 | - | -1 | - | 0 | - |
| CVP2 | +3 | - | | - | | - |
| CVP3 | +1 | - | | - | | - |
| PVI1 | - | 0 | | - | | - |
| PVI2 | - | -1 | | - | | - |
| POI1 | - | - | | +1 | | - |
| POI2 | - | - | | -1 | | - |
| POI3 | - | - | | +1 | | +13 |
| POI4 | - | - | | -1 | | +13 |

Tabella 9.3 Differenza tra i requisiti calcolati con il modello dettagliato e semplificato, caso di studio a).

| Classe C_{UI} dettagliato: N.C. | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | | R'_w (dB) | | L'_{nw} (dB) | |
|---------------------------------------|--------------------|--------------|-------------|--------------|----------------|--------------|
| | Dettagliato | Semplificato | Dettagliato | Semplificato | Dettagliato | Semplificato |
| Classe C_{UI} semplificato: N.C. | | | | | | |
| Valore | 35 | 33 | 50 | 50 | 90 | 76 |
| Classe | IV | IV | III | III | NC (+ 22 dB) | NC (+8 dB) |

Tabella 9.4 Confronto classificazione modello dettagliato/semplificato del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio a).

Si osserva come i valori delle classi finali siano gli stessi (rispettivamente IV, III, NC) e si riscontra l'unica differenza marcata nel parametro $L'_{n,w}$ che in un caso è di 90 dB e nell'altro di 76 dB. Il motivo di questa disomogeneità è rintracciabile analizzando lo spettro in frequenza (bande di terzo d'ottava) del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato del solaio in analisi:

| Frequenza | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 |
|-------------|------|------|------|------|------|
| L'_n (dB) | 65,8 | 72,1 | 81,5 | 83,7 | 89,6 |

Tabella 9.5 Spettro in bande di terzo d'ottava del livello di pressione sonora di calpestio del solaio.

Si sottolinea che tale spettro, a causa dell'assenza di dati sperimentali, è stato ricavato partendo dai valori di R_w del solaio (così come consentito dalla UNI EN 12354-2, appendice B, formula B.3). L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio secondo la UNI 717-2 per tale spettro sarebbe stato pari a 91 dB. Tuttavia l' $L_{n,w}$ utilizzato per i calcoli con il modello semplificato è invece pari a $L_{n,w} = 75$ dB (questo dato è stato ricavato dalla medesima appendice della citata norma UNI tramite la formula B.5). Se si fosse utilizzato nel metodo semplificato il valore di $L_{n,w} = 91$ dB non si avrebbe avuto questa forbice di risultati ma i valori finali di pressione sonora di calpestio sarebbero stati confrontabili. Si fa notare che questa peculiarità sarà presente in tutti i casi di edifici esistenti (e per questo motivo non verrà ripetuto ogni volta nei commenti). Si vedrà in seguito, per il caso di edifici di nuova realizzazione, che tale differenza risulta meno marcata se non addirittura nulla. Quanto detto mostra l'ennesima debolezza nei modelli di calcolo previsionali capaci di fuorviare l'utente delle norme stesse. Da ultimo si nota che nell'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$ per i singoli elementi tecnici, la differenza tra i due metodi arriva fino a valori di 3 dB.

b) Cassavuota

Modello dettagliato

| Elemento tecnico | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | $R'_{w,PV}$ (dB) | $R'_{w,PV}^{37}$ (dB) | $R'_{w,PO}$ (dB) | $R'_{w,mPO}^{38}$ (dB) | L'_{nw} (dB) |
|------------------|--------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------------|----------------|
| CVP1 | 32 | - | 44 | - | 47 | - |
| CVP2 | 35 | - | | - | | - |
| CVP3 | 45 | - | | - | | - |
| PVI1 | - | 45 | | - | | - |
| PVI2 | - | 44 | | - | | - |
| POI1 | - | - | | 51 | | - |
| POI2 | - | - | | 45 | | - |
| POI3 | - | - | | 51 | | 88 |
| POI4 | - | - | | 45 | | 92 |

Tabella 9.6 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio b), modello dettagliato.

Modello semplificato

| Elemento tecnico | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | $R'_{w,PV}$ (dB) | $R'_{w,PV}^{37}$ (dB) | $R'_{w,PO}$ (dB) | $R'_{w,mPO}^{38}$ (dB) | L'_{nw} (dB) |
|------------------|--------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------------|----------------|
| CVP1 | 30 | - | 43 | - | 48 | - |
| CVP2 | 33 | - | | - | | - |
| CVP3 | 44 | - | | - | | - |
| PVI1 | - | 42 | | - | | - |
| PVI2 | - | 43 | | - | | - |
| POI1 | - | - | | 48 | | - |
| POI2 | - | - | | 47 | | - |
| POI3 | - | - | | 48 | | 77 |
| POI4 | - | - | | 47 | | 77 |

Tabella 9.7 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio b), modello semplificato.

| Elemento tecnico | $\Delta D_{2m,nT,w}$ (dB) | $\Delta R'_{w,PV}$ (dB) | $\Delta R'_{w,PV}$ ³⁷ (dB) | $\Delta R'_{w,PO}$ (dB) | $\Delta R'_{w,mPO}$ ³⁸ (dB) | $\Delta L'_{nw}$ (dB) |
|------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|--|-----------------------|
| CVP1 | +2 | - | +1 | - | -1 | - |
| CVP2 | +2 | - | | - | | - |
| CVP3 | +1 | - | | - | | - |
| PVI1 | - | +3 | | - | | - |
| PVI2 | - | +1 | | - | | - |
| POI1 | - | - | | +3 | | - |
| POI2 | - | - | | -2 | | - |
| POI3 | - | - | | +3 | | +11 |
| POI4 | - | - | | -2 | | +15 |

Tabella 9.8 Differenza tra i requisiti calcolati con il modello dettagliato e semplificato, caso di studio b).

| Classe C_{UI} dettagliato: N.C. | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | | R'_w (dB) | | L'_{nw} (dB) | |
|---------------------------------------|--------------------|--------------|-------------|--------------|----------------|--------------|
| | Dettagliato | Semplificato | Dettagliato | Semplificato | Dettagliato | Semplificato |
| Classe C_{UI} semplificato: N.C. | | | | | | |
| Valore | 35 | 33 | 46 | 44 | 90 | 77 |
| Classe | IV | IV | IV | NC (+1 dB) | NC (+ 22 dB) | NC (+9 dB) |

Tabella 9.9 Confronto classificazione modello dettagliato/semplificato del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio b).

Si osserva che le classi finali dei descrittori sono tutte uguali tranne R'_w che varia di 2 dB sufficienti, per il modello semplificato, a non far classificare il potere fonoisolante apparente. Gli R'_w e i $D_{2m,nT,w}$, per i singoli elementi tecnici, si differenziano al massimo di 3 dB. Infine si nota che, per quanto concerne il potere fonoisolante apparente di solai, nel metodo semplificato la differenza tra gli indici tra i due elementi tecnici è di solo 1 dB, mentre nel modello dettagliato la variazione tra gli indici è di ben 6 dB, anche se alla fine i valori mediati si compensano (rispettivamente 48 e 47). La forbice di valori nel modello dettagliato, per tale parametro, è dovuta all'incidenza dei fiancheggiamenti che sono differenti tra i due ambienti presi in analisi, in quanto variano le masse degli elementi tecnici in gioco. Questo fenomeno è meno influente nel modello semplificato in quanto vengono trascurati alcuni parametri fisici (su tutti il tempo di riverberazione strutturale³⁹).

³⁹ Rappresenta il modo di vibrare di un elemento tecnico. Si veda l'appendice C della UNI EN 12354-1.

Edificio esistente – interventi migliorativi

a) Lecablocco - sostituzione serramenti

Modello dettagliato

| Elemento tecnico | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | $R'_{w,PV}$ (dB) | $R'_{w,PV}^{37}$ (dB) | $R'_{w,PO}$ (dB) | $R'_{w,mPO}^{38}$ (dB) | L'_{nw} (dB) |
|------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------|
| CVP1 | 35 | - | 52 | - | 48 | - |
| CVP2 | 48 | - | | - | | |
| CVP3 | 57 | - | | - | | |
| PVI1 | - | 54 | | - | | |
| PVI2 | - | 51 | | - | | |
| POI1 | - | - | | 50 | | |
| POI2 | - | - | | 47 | | |
| POI3 | - | - | | 50 | | |
| POI4 | - | - | | 47 | | |
| | | | | | | 89 |
| | | | | | | 91 |

Tabella 9.10 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio a) dopo la sostituzione dei serramento, modello dettagliato.

Modello semplificato

| Elemento tecnico | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | $R'_{w,PV}$ (dB) | $R'_{w,PV}^{37}$ (dB) | $R'_{w,PO}$ (dB) | $R'_{w,mPO}^{38}$ (dB) | L'_{nw} (dB) |
|------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------|
| CVP1 | 32 | - | 53 | - | 48 | - |
| CVP2 | 46 | - | | - | | |
| CVP3 | 56 | - | | - | | |
| PVI1 | - | 54 | | - | | |
| PVI2 | - | 52 | | - | | |
| POI1 | - | - | | 49 | | |
| POI2 | - | - | | 48 | | |
| POI3 | - | - | | 49 | | |
| POI4 | - | - | | 48 | | |
| | | | | | | 76 |
| | | | | | | 76 |

Tabella 9.11 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio a), dopo la sostituzione del serramento, modello semplificato.

| Elemento tecnico | $\Delta D_{2m,nT,w}$ (dB) | $\Delta R'_{w,PV}$ (dB) | $\Delta R'_{w,PV}^{37}$ (dB) | $\Delta R'_{w,PO}$ (dB) | $\Delta R'_{w,mPO}^{38}$ (dB) | $\Delta L'_{nw}$ (dB) |
|------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| CVP1 | +3 | - | +1 | - | 0 | - |
| CVP2 | +2 | - | | - | | |
| CVP3 | +1 | - | | - | | |
| PVI1 | - | 0 | | - | | |
| PVI2 | - | -1 | | - | | |
| POI1 | - | - | | +1 | | |
| POI2 | - | - | | -1 | | |
| POI3 | - | - | | +1 | | |
| POI4 | - | - | | -1 | | |
| | | | | | | +13 |
| | | | | | | +15 |

Tabella 9.12 Differenza tra i requisiti calcolati con il modello dettagliato e semplificato, caso di studio a), sostituzione serramento.

| Classe C_{UI} dettagliato: N.C. | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | | R'_w (dB) | | L'_{nw} (dB) | |
|---------------------------------------|-----------------------|--------------|----------------|--------------|-------------------|--------------|
| Classe C_{UI} semplificato: N.C. | Dettagliato | Semplificato | Dettagliato | Semplificato | Dettagliato | Semplificato |
| Valore | 40 | 37 | 50 | 50 | 90 | 76 |
| Classe | II | III | III | III | NC (+ 22 dB) | NC (+8 dB) |

Tabella 9.13 Confronto classificazione modello dettagliato/semplicato del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio a), sostituzione serramento.

Attraverso la sostituzione dei serramenti, con entrambi i metodi, l'isolamento di facciata migliora la propria classe. Nel modello semplificato si passa dalla classe IV alla III mentre nel modello dettagliato si fa un salto di ben due classi dalla IV alla II.

b) Cassavuota – sostituzione serramenti + realizzazione contropareti

Modello dettagliato

| Elemento tecnico | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | $R'_{w,PV}$ (dB) | $R'_{w,PV}^{37}$ (dB) | $R'_{w,PO}$ (dB) | $R'_{w,mPO}^{38}$ (dB) | L'_{nw} (dB) |
|------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------|
| CVP1 | 34 | - | 49 | - | 47 | - |
| CVP2 | 43 | - | | - | | - |
| CVP3 | 45 | - | | - | | - |
| PVI1 | - | 51 | | - | | - |
| PVI2 | - | 47 | | - | | - |
| POI1 | - | - | | 51 | | - |
| POI2 | - | - | | 45 | | - |
| POI3 | - | - | | 51 | | 88 |
| POI4 | - | - | 45 | 92 | | |

Tabella 9.14 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio b), dopo realizzazione contropareti e sostituzione serramento, modello dettagliato.

Modello semplificato

| Elemento tecnico | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | $R'_{w,PV}$ (dB) | $R'_{w,PV}^{37}$ (dB) | $R'_{w,PO}$ (dB) | $R'_{w,mPO}^{38}$ (dB) | L'_{nw} (dB) |
|------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------|
| CVP1 | 32 | - | 48 | - | 48 | - |
| CVP2 | 42 | - | | - | | - |
| CVP3 | 44 | - | | - | | - |
| PVI1 | - | 47 | | - | | - |
| PVI2 | - | 48 | | - | | - |
| POI1 | - | - | | 48 | | - |
| POI2 | - | - | | 47 | | - |
| POI3 | - | - | | 48 | | 77 |
| POI4 | - | - | 47 | 77 | | |

Tabella 9.15 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio b), dopo realizzazione contropareti e sostituzione serramento, modello semplificato.

| Elemento tecnico | $\Delta D_{2m,nT,w}$ (dB) | $\Delta R'_{w,PV}$ (dB) | $\Delta R'_{w,PV}$ ³⁷ (dB) | $\Delta R'_{w,PO}$ (dB) | $\Delta R'_{w,mPO}$ ³⁸ (dB) | $\Delta L'_{nw}$ (dB) |
|------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|--|-----------------------|
| CVP1 | +2 | - | +1 | - | -1 | - |
| CVP2 | +1 | - | | - | | - |
| CVP3 | +1 | - | | - | | - |
| PVI1 | - | +4 | | - | | - |
| PVI2 | - | -1 | | - | | - |
| POI1 | - | - | | +3 | | - |
| POI2 | - | - | | -2 | | - |
| POI3 | - | - | | +3 | | +11 |
| POI4 | - | - | | -2 | | +15 |

Tabella 9.16 Differenza tra i requisiti calcolati con il modello dettagliato e semplificato, caso di studio b), contropareti e serramento.

| Classe C_{UI} dettagliato: N.C. | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | | R'_w (dB) | | L'_{nw} (dB) | |
|------------------------------------|--------------------|--------------|-------------|--------------|----------------|--------------|
| Classe C_{UI} semplificato: N.C. | Dettagliato | Semplificato | Dettagliato | Semplificato | Dettagliato | Semplificato |
| Valore | 38 | 36 | 48 | 48 | 90 | 77 |
| Classe | III | IV | IV | IV | NC (+ 22 dB) | NC (+9 dB) |

Tabella 9.17 Confronto classificazione modello dettagliato/semplificato del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio b), sostituzione serramento e realizzazione contropareti.

Con la sostituzione dei serramenti, nel modello dettagliato, per $D_{2m,nT,w}$ è possibile guadagnare una classe, posizionandosi dalla IV alla III, mentre ciò non avviene per il metodo semplificato dove, per un solo punto, si permane nella classe IV. La differenza sul valore complessivo di $D_{2m,nT,w}$ tra i due modelli rimane di 2 dB. Al contrario, tramite la realizzazione di contropareti in cartongesso sui divisori tra le unità abitative, per il modello dettagliato il descrittore R'_w permane in classe IV mentre per il metodo semplificato passa da non classificato a classe IV.

Edificio nuova costruzione

a) Cappotto e divisori in laterizio

Modello dettagliato

| Elemento tecnico | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | $R'_{w,PV}$ (dB) | $R'_{w,PV}$ ³⁷ (dB) | $R'_{w,PO}$ (dB) | $R'_{w,mPO}$ ³⁸ (dB) | L'_{nw} (dB) |
|------------------|--------------------|------------------|--------------------------------|------------------|---------------------------------|----------------|
| CVP1 | 43 | - | 53 | - | 57 | - |
| CVP2 | 48 | - | | - | | - |
| CVP3 | 58 | - | | - | | - |
| PVI1 | - | 52 | | - | | - |
| PVI2 | - | 54 | | - | | - |
| POI1 | - | - | | 59 | | - |
| POI2 | - | - | | 56 | | - |
| POI3 | - | - | | 59 | | 58 |
| POI4 | - | - | | 56 | | 63 |

Tabella 9.18 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio a), nuova costruzione, metodo dettagliato.

Modello semplificato

| Elemento tecnico | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | $R'_{w,PV}$ (dB) | $R'_{w,PV}^{37}$ (dB) | $R'_{w,PO}$ (dB) | $R'_{w,mPO}^{38}$ (dB) | L'_{nw} (dB) |
|------------------|--------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------------|----------------|
| CVP1 | 47 | - | 50 | - | 51 | - |
| CVP2 | 46 | - | | - | | - |
| CVP3 | 55 | - | | - | | - |
| PVI1 | - | 49 | | - | | - |
| PVI2 | - | 51 | | - | | - |
| POI1 | - | - | | 51 | | - |
| POI2 | - | - | | 50 | | - |
| POI3 | - | - | | 51 | | 58 |
| POI4 | - | - | | 50 | | 58 |

Tabella 9.19 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio a), nuova costruzione, metodo semplificato.

| Elemento tecnico | $\Delta D_{2m,nT,w}$ (dB) | $\Delta R'_{w,PV}$ (dB) | $\Delta R'_{w,PV}^{37}$ (dB) | $\Delta R'_{w,PO}$ (dB) | $\Delta R'_{w,mPO}^{38}$ (dB) | $\Delta L'_{nw}$ (dB) |
|------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| CVP1 | -4 | - | +3 | - | +6 | - |
| CVP2 | +2 | - | | - | | - |
| CVP3 | +3 | - | | - | | - |
| PVI1 | - | +3 | | - | | - |
| PVI2 | - | +3 | | - | | - |
| POI1 | - | - | | +8 | | - |
| POI2 | - | - | | +6 | | - |
| POI3 | - | - | | +8 | | 0 |
| POI4 | - | - | | +6 | | +5 |

Tabella 9.20 Differenza tra i requisiti calcolati con il modello dettagliato e semplificato, caso di studio a), nuova costruzione.

| Classe C_{UI} | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | | R'_w (dB) | | L'_{nw} (dB) | |
|----------------------------------|--------------------|--------------|-------------|--------------|----------------|--------------|
| | Dettagliato | Semplificato | Dettagliato | Semplificato | Dettagliato | Semplificato |
| Classe C_{UI} dettagliato: II | | | | | | |
| Classe C_{UI} semplificato: II | | | | | | |
| Valore | 46 | 48 | 55 | 51 | 61 | 58 |
| Classe | I | I | II | III | III | II |

Tabella 9.21 Confronto classificazione modello dettagliato/semplicito del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio a), nuova costruzione.

Nel caso di edificio di nuova costruzione emergono differenze tra i due modelli di calcolo ma nonostante ciò il valore finale con il quale si classifica l'unità immobiliare rimane ancora lo stesso. Se la classe di isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$ non varia, essendo in classe I per entrambe i metodi, così non è per il potere fonoisolante e per il livello di pressione sonora di calpestio. Il valore di R'_w nei due modelli si discosta di ben 4 dB raggiungendo in un caso la classe II e nell'altro la classe III, mentre L'_{nw} differisce di 3 dB classificandosi in un caso in classe III e nell'altro in classe II, senza però raggiungere le marcate differenze che si avevano nella casistica degli edifici esistenti. Infatti, se come indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio per il solaio nudo, nel modello semplificato, si fosse assunto 91 dB anziché

75, nel calcolo degli edifici di nuova costruzione si sarebbero ottenuti valori poco confrontabili tra i due modelli. In linea generale gli indici per i parametri descrittivi dei singoli elementi tecnici, nei due modelli di calcolo, variano di 3-4 dB con punte di 8 dB per il potere fonoisolante apparente dei solai. In questo caso si fa notare come, nei due modelli di calcolo, oltre alla diversa incidenza dei fiancheggiamenti per R' dei solai, ha grande rilevanza il fatto di utilizzare l'indice $\Delta R'_w$ del pavimento galleggiante rispetto ai valori in frequenza:

| Frequenza | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 |
|--------------------|------|-----|------|------|------|
| $\Delta R'$ (dB) | -0,6 | 2,5 | 12,7 | 22 | 29,1 |
| $\Delta R'_w$ (dB) | 3 | | | | |

Tabella 9.22 Confronto tra spettro e indice dei valori di $\Delta R'$ del pavimento galleggiante.

Si osserva infine che $L'_{n,w}$, per i singoli elementi tecnici nel modello dettagliato, mostra variazioni di 5 dB giustificabili ancora con la diversa incidenza dei fiancheggiamenti per i due ambienti presi in analisi, in quanto, come visto in precedenza, variano le masse degli elementi tecnici in gioco.

b) Cappotto e divisori in cartongesso

Modello dettagliato

| Elemento tecnico | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | $R'_{w,PV}$ (dB) | $R'_{w,PV}^{37}$ (dB) | $R'_{w,PO}$ (dB) | $R'_{w,mPO}^{38}$ (dB) | L'_{nw} (dB) |
|------------------|--------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------------|----------------|
| CVP1 | 42 | - | 62 | - | 56 | - |
| CVP2 | 48 | - | | - | | |
| CVP3 | 58 | - | | - | | |
| PVI1 | - | 60 | | - | | |
| PVI2 | - | 66 | | - | | |
| POI1 | - | - | | 57 | | |
| POI2 | - | - | | 56 | | |
| POI3 | - | - | | 57 | | |
| POI4 | - | - | | 56 | | |
| | | | | | | |
| | | | | | 62 | |

Tabella 9.23 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio b), nuova costruzione, metodo dettagliato.

Modello semplificato

| Elemento tecnico | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | $R'_{w,PV}$ (dB) | $R'_{w,PV}^{37}$ (dB) | $R'_{w,PO}$ (dB) | $R'_{w,mPO}^{38}$ (dB) | L'_{nw} (dB) |
|------------------|--------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------------|----------------|
| CVP1 | 47 | - | 63 | - | 52 | - |
| CVP2 | 46 | - | | - | | |
| CVP3 | 55 | - | | - | | |
| PVI1 | - | 63 | | - | | |
| PVI2 | - | 62 | | - | | |
| POI1 | - | - | | 53 | | |
| POI2 | - | - | | 52 | | |
| POI3 | - | - | | 53 | | |
| POI4 | - | - | | 52 | | |
| | | | | | | |
| | | | | | 58 | |

Tabella 9.24 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio b), nuova costruzione, metodo semplificato.

| Elemento tecnico | $\Delta D_{2m,nT,w}$ (dB) | $\Delta R'_{w,PV}$ (dB) | $\Delta R'_{w,PV}$ ³⁷ (dB) | $\Delta R'_{w,PO}$ (dB) | $\Delta R'_{w,mPO}$ ³⁸ (dB) | $\Delta L'_{nw}$ (dB) |
|------------------|------------------------------|----------------------------|--|----------------------------|---|--------------------------|
| CVP1 | -5 | - | +1 | - | +4 | - |
| CVP2 | +2 | - | | - | | - |
| CVP3 | +3 | - | | - | | - |
| PVI1 | - | -3 | | - | | - |
| PVI2 | - | +4 | | - | | - |
| POI1 | - | - | | +4 | | - |
| POI2 | - | - | | +4 | | - |
| POI3 | - | - | | +4 | | +3 |
| POI4 | - | - | | +4 | | +4 |

Tabella 9.25 Differenza tra i requisiti calcolati con il modello dettagliato e semplificato, caso di studio b), nuova costruzione.

| Classe C_{UI} dettagliato: II | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | | R'_w (dB) | | L'_{nw} (dB) | |
|-------------------------------------|-----------------------|--------------|----------------|--------------|-------------------|--------------|
| | Dettagliato | Semplificato | Dettagliato | Semplificato | Dettagliato | Semplificato |
| Classe C_{UI} semplificato: II | | | | | | |
| Valore | 46 | 48 | 58 | 55 | 62 | 58 |
| Classe | I | I | I | II | III | II |

Tabella 9.26 Confronto classificazione modello dettagliato/semplificato del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio b), nuova costruzione.

Rispetto al caso precedente, l'installazione di pareti divisorie in cartongesso tra unità abitative e all'interno delle stesse permette, per entrambe i modelli, di guadagnare per il descrittore R'_w una classe passando dalla II alla I per il metodo dettagliato e dalla III alla II per il metodo semplificato.

Per avere un quadro complessivo del confronto tra i risultati ottenuti con i due procedimenti di calcolo, si propongono dei grafici in cui vengono riportati i valori degli indici ottenuti con i due metodi per ogni descrittore, di tutti i casi esaminati.

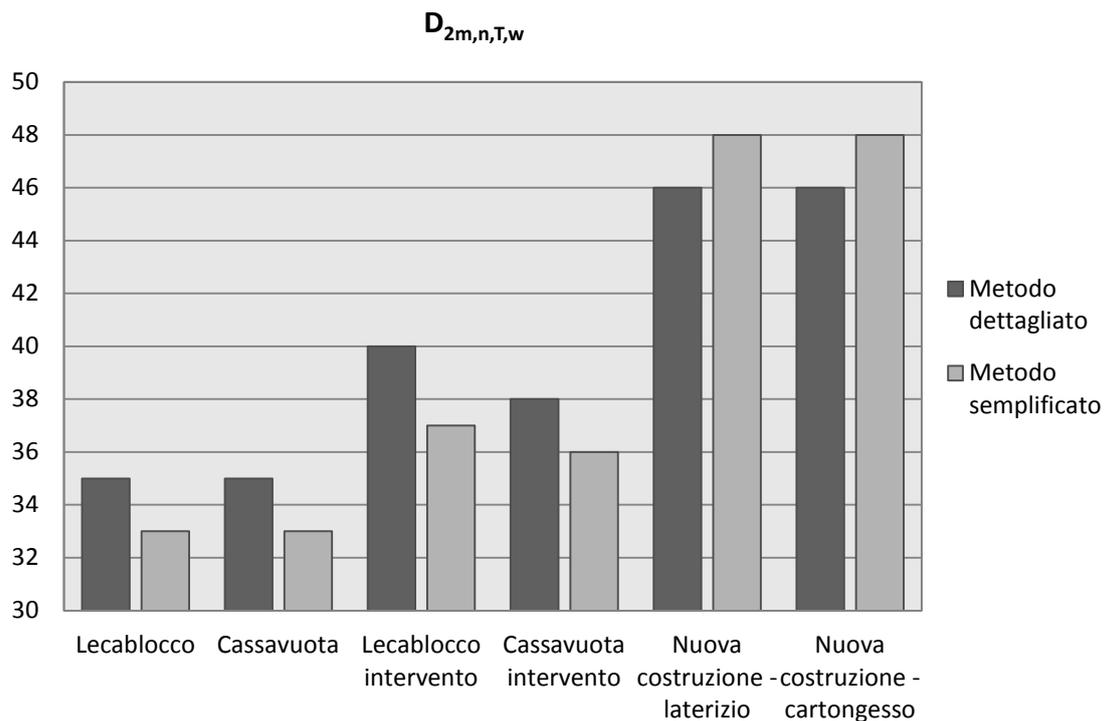


Grafico 9.1 Comparazione dell'indice $D_{2m,n,T,w}$ calcolato con i due modelli di calcolo per ogni caso di studio.

Per edifici esistenti il metodo dettagliato prevede valori di $D_{2m,n,T,w}$ superiori, la tendenza si inverte nei due casi di edificio di nuova costruzione.

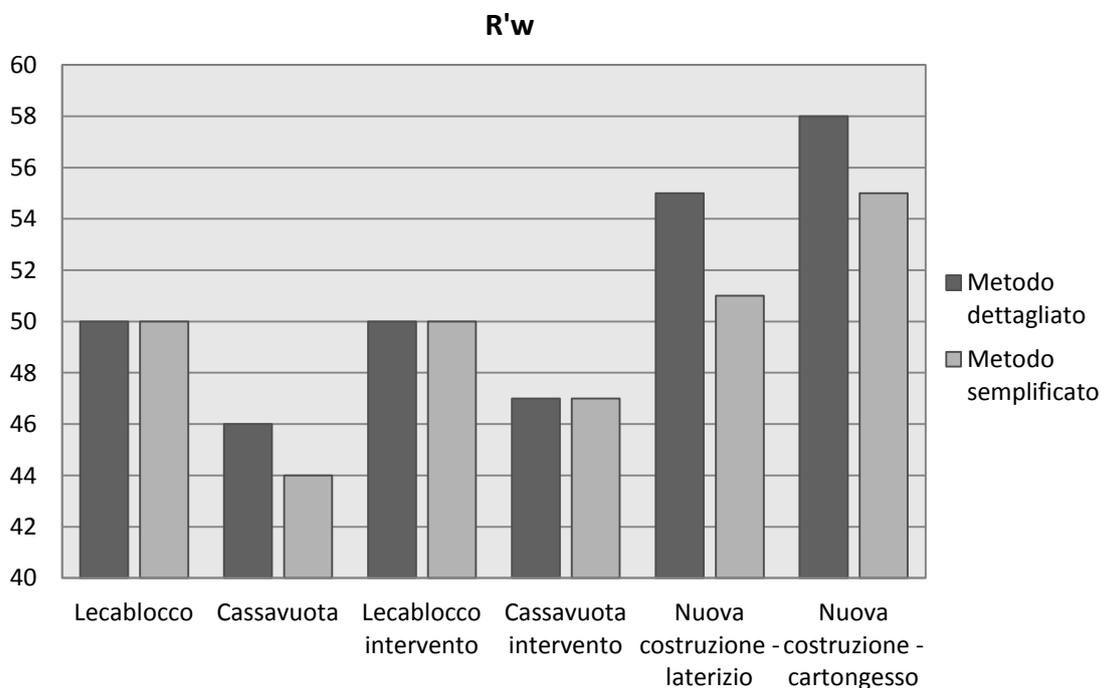


Grafico 9.2 Comparazione dell'indice R'_w calcolato con i due modelli di calcolo per ogni caso di studio.

Nel caso di R'_w i calcoli previsionali svolti con il metodo semplificato stimano valori sempre meno performanti che nel caso dettagliato o al più uguali.

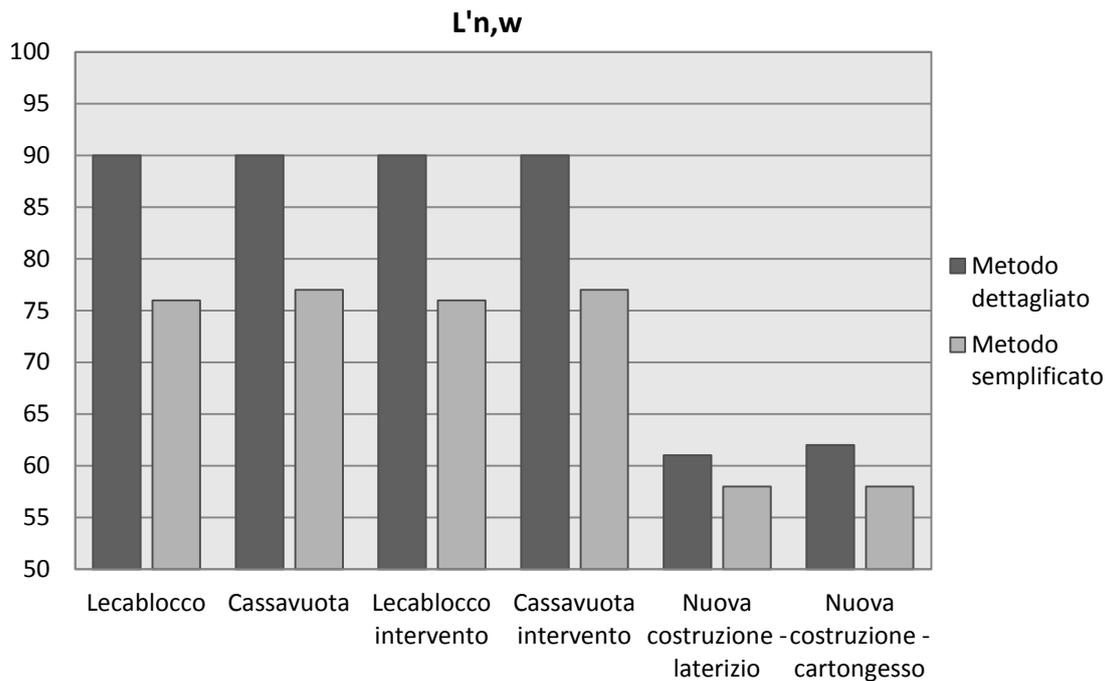


Grafico 9.3 Comparazione dell'indice $L'_{n,w}$ calcolato con i due modelli di calcolo per ogni caso di studio.

Per questo requisito le differenze tra i due modelli di calcolo è notevole soprattutto a causa della scelta dell'indice $L'_{n,w}$ del solaio, come già spiegato in precedenza.

Non è possibile, analizzando i casi studiati, capire l'andamento generale delle differenze tra i due metodi. In linea di massima si osserva che per $D_{2m,n,Tw}$ e R'_w il modello semplificato risulta più restrittivo ma la tendenza si ribalta per il terzo requisito $L_{n,w}$.

Dopo aver confrontato tutti i risultati emerge che la classe finale in cui si colloca l'unità immobiliare risulta sempre la stessa utilizzando i due metodi di calcolo. Tuttavia i valori dei singoli descrittori e di conseguenza la classe in cui rientrano non coincidono sempre nei due casi. Per questo motivo è molto probabile che, estendendo il confronto tra i modelli a più casistiche, si possano ottenere anche delle differenze nel risultato finale della classificazione.

Questo risulta un punto molto importante in quanto in fase di progettazione al giorno d'oggi, si utilizza più frequentemente il modello semplificato data la difficoltà nel reperire i dati acustici in frequenza necessari per il modello dettagliato benché quest'ultimo sia più affidabile. Sarebbe opportuno, soprattutto nell'ipotesi di mantenere i limite di legge su ogni elemento tecnico, oltre a fissare una classe minima, imporre l'utilizzo del metodo di calcolo dettagliato.

10) Conclusioni

Attualmente in Italia il documento legislativo che impone dei limiti sui requisiti acustici è il D.P.C.M. 05/Dicembre/1997. Tale decreto, come abbiamo visto, presenta tuttavia alcuni errori e punti di scarsa chiarezza, nasce quindi l'esigenza di un nuovo testo legislativo. Con lo scopo di essere un riferimento per la stesura del nuovo decreto, viene concepita la UNI 11367, pubblicata nel luglio 2010. A tale norma non ha ancora avuto seguito alcun documento legislativo, pertanto al momento, rimane volontaria.

Con la presente trattazione abbiamo cercato di valutare l'applicabilità della norma e di capire in quali termini questa possa essere recepita da un decreto legislativo, giungendo alle seguenti conclusioni.

Ci si chiede innanzi tutto se abbia un senso introdurre l'obbligo di classificare edifici esistenti nel caso ad esempio di compravendita o affitto di una unità immobiliare, come succede oggi con la certificazione energetica. Alla luce dei calcoli svolti nel presente elaborato, è emerso che risulta molto difficile, soprattutto per edifici sorti prima del 1997, raggiungere almeno la classe minima proposta dalla norma, anche con interventi mirati al miglioramento del benessere acustico. Cade quindi l'idea che una classificazione acustica possa essere un incentivo al miglioramento, nell'ottica, soprattutto, di una rivalutazione sul mercato. Una finalità alternativa di estendere la classificazione a tutti gli edifici esistenti, può essere quella di realizzare una mappatura della realtà costruttiva italiana fino al giorno d'oggi e sensibilizzare al problema gli utenti che avrebbero in questo modo un quadro più completo delle prestazioni che il prodotto che vanno ad acquistare, può offrire loro. Tuttavia, visti i costi eccessivi (a differenza dei costi di una certificazione energetica) che si devono affrontare per effettuare prove acustiche, indispensabili per la classificazione, non è opportuno, a nostro parere, introdurre un obbligo, essendo consapevoli oltretutto del risultato che si otterrebbe nella grande maggioranza dei casi. Nonostante tutto, se un utente dovesse riscontrare una situazione di disagio causata da un forte disturbo acustico, alcuni interventi di riqualificazione sui singoli elementi tecnici potrebbero migliorare il comfort dell'ambiente, benché non comportino il raggiungimento di una classe.

Ci si pone la stessa domanda, ovvero se sia opportuno fissare dei limiti di legge legati alla classificazione acustica e in quali termini, per edifici di nuova costruzione. Si parta dal presupposto che al giorno d'oggi dei limiti da rispettare ci sono già, ovvero quelli imposti dal D.P.C.M., tuttavia con il recepimento della UNI 11367 diventerebbe obbligatorio effettuare prove acustiche, a edificio ultimato, per determinare la classe di appartenenza stabilendo o meno l'effettivo rispetto dei requisiti minimi.

A nostro parere sarebbe auspicabile stabilire una classe minima da rispettare (che sarebbe con grande probabilità la III), anche sulla base di quanto emerso dai calcoli svolti, che dimostrano come, utilizzando tecnologie diffuse attualmente, sia possibile raggiungere e superare i limiti per la classe III. Siamo consapevoli che le prestazioni attese in fase previsionale, non sempre sono in linea con i risultati ottenuti in opera, per una serie di fattori che sono stati evidenziati nel corso della trattazione. Fino ad oggi, benché il problema acustico sia stato affrontato in fase di progettazione dopo l'entrata in vigore del D.P.C.M., non sono state effettuate prove in

opera da imprenditori edili e costruttori, se non in caso di contenziosi. Pertanto sarebbe opportuno, a nostro parere, introdurre un periodo di transizione, prima di fissare un limite obbligatorio per legge, all'interno del quale, ciascun soggetto interessato, possa valutare volontariamente la relazione tra quanto previsto in fase progettuale e quanto realizzato ed eventualmente operare delle correzioni all'interno del processo edilizio in interventi futuri, volte al raggiungimento dei requisiti minimi.

Durante questo periodo sarebbe interessante monitorare i risultati che si riuscirebbero ad ottenere, nell'ottica poi di fissare eventualmente dei limiti sui singoli elementi tecnici se si riscontrasse la possibilità di raggiungerli senza eccessive difficoltà. Come si è già detto infatti, ponendo un limite solo sulla classe, potrebbe verificarsi la situazione in cui un'unità immobiliare rispetti complessivamente il limite ma questo non succeda per il singolo elemento. Questo punto sarebbe un passo indietro rispetto al D.P.C.M. ma può essere visto come un modo per andare in contro a chi costruisce, almeno in una prima fase.

Se da un lato, dai risultati delle nostre analisi è emerso che le classi III (probabile limite di legge) e II sono raggiungibili per unità immobiliari di nuova costruzione che presentino tecnologie attualmente diffuse, risulta invece difficile, già in fase previsionale, rientrare nei limiti della classe massima. Sarebbe quindi da valutare la possibilità di tarare in modo differente i limiti della UNI 11367.

Un secondo aspetto da valutare nel momento in cui venissero imposti dei limiti di legge sarebbe quello di stabilire in che modo intervenire nel caso non si riuscisse a raggiungerli. Con il D.P.C.M. 05/Dicembre/1997 questo problema non è stato affrontato ed eventuali sanzioni sono state stabilite da sentenze giuridiche. Il tema rimane difficile da affrontare in quanto, in caso di mancato raggiungimento dei requisiti minimi, le uniche soluzioni plausibili sarebbero un tentativo di intervento migliorativo sul costruito o un deprezzamento dell'unità immobiliare. La prima ipotesi in molti casi risulta di difficile attuazione e può comunque non garantire il risultato atteso; la seconda rischierebbe di penalizzare eccessivamente gli imprenditori edili annullandone il guadagno o provocandone danni economici maggiori. Questo punto rimane dunque il più critico da affrontare.

Altra questione rilevante è quella dei costi legati alla classificazione, che, come abbiamo visto, possono arrivare ad incidere fino a circa il 3% sul prezzo dell'unità immobiliare di nuova costruzione. Si ipotizza che tali costi andrebbero a gravare sugli acquirenti e, in un momento di immobilismo del mercato e di crisi finanziaria, non sarebbe responsabile agire in questa direzione. Nell'ipotesi proposta in precedenza, di un periodo di transizione, questo problema verrebbe posticipato di un arco temporale durante il quale è auspicabile una ripresa dell'economia globale. In questo lasso di tempo le prove acustiche potrebbero rimanere a carico dell'impresa che dovrebbe sfruttare questa fase, in ottica futura, per formarsi un'idea della qualità acustica che può raggiungere con le tecnologie usate e con le modalità costruttive adottate.

11) Bibliografia

GARAI M., SECCHI S., SEMPRINI G., *Prestazioni acustiche degli edifici. Calcolo a partire dalle prestazioni dei componenti secondo le nuove disposizioni legislative e normative*, Maggioli Editore, 2000.

KUTTRUFF H., *Acoustic, an introduction*, Taylor and Francis publication, 2007, pp. 283-308.

BRIGANTI A., *Il controllo del rumore negli impianti di climatizzazione e negli edifici*, Tecniche Nuove editore, Como 2008.

BARUFFA R., BRUSCHI A., *Acustica nei componenti edilizi*, Dario Flaccovio editore s.r.l., Febbraio 2010.

CAMPOLONGO G., CHIARAVALLOTTI R., PINONI M., *La svalutazione dell'immobile per difetto dei requisiti acustici*, Maggioli editore, Repubblica di S.Marino 2011.

RDB, *Manualetto guida per la progettazione e la costruzione edilizia*, edizioni FAG Milano, Novembre 2007.

FARINA A., RAFFELLINI G., *Potere fonoisolante di murature in laterizio: verifiche sperimentali di laboratorio e considerazioni applicative*, in "Costruire in laterizio", 23, 1991, pp. 378-385.

COCCHI A., FARINA A., POMPOLI R., SEMPRINI G., *Prestazioni acustiche dei solai in laterizio*, in "Costruire in laterizio", 38, 1994, pp. 156-163.

FAUSTI P., POMPOLI R., *Isolamento acustico di strutture divisorie in laterizio*, in "Costruire in laterizio", 52-52, 1996, pp. 214-221.

POMPOLI R., SECCHI S., *Prestazione acustica e confronto tra pareti in laterizio e pareti in lastre di gesso rivestito*, in "Costruire in laterizio", 66, 1998, pp. 448-452.

CELLAI G., FAUSTI P., NANNIPIERI E., SECCHI S., *Il contesto costruttivo italiano rispetto ai sistemi europei di classificazione acustica*, in "Neo Eubios", 25, Settembre 2008, pp. 11-17.

NANNIPIERI E., SECCHI S., *Classificazione acustica degli edifici*, in "Costruire in laterizio", 137, 2010, pp. 58-64.

NANNIPIERI E., SECCHI S., *Qualità acustica di pareti in laterizio in edifici esistenti*, in "Costruire in laterizio", 141, 2011, pp. 56-61.

BORGHI M., *UNI 11367 vs DPCM 5-12-1997 Confronto tra Classi acustiche e limiti di legge*, in "Neo Eubios", 39, Marzo 2012.

GARAI M., SECCHI S., *Metodi di previsione delle prestazioni acustiche degli edifici: isolamento all'interno degli edifici*, Convegno Nazionale "Edilizia e Ambiente", Trento, 18-20 Febbraio 1998.

RASMUSSEN B., *Sound Classification of dwellings. Overview schemes in Europe and interaction with legislation*, Convegno Nazionale del GAE, Ferrara, 11-12 Marzo 2009.

AA.VV., *Verifica in laboratorio ed in opera dell'isolamento acustico di pareti interne in laterizio: misure sperimentali e metodi di previsione*, Ricerca svolta in collaborazione tra ANDIL-Assolaterizi, Università di Ferrara, Università di Padova e Università di Trento, 2000.

CALLEGARI A., FRANCHINI A., *Rassegna degli effetti derivanti dall'esposizione al rumore*, Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA), Gennaio 2004.

AA.VV. *Criteri e parametri acustici per le nuove costruzioni e per le ristrutturazioni degli edifici esistenti*, Rapporto finale, Istituto Regionale di Ricerca della Lombardia (IRER), Milano, Ottobre 2009.

Prezziario informativo delle opere edili in Milano, Camera di Commercio di Milano, Milano, I°quadrimestre 2011.

UNI EN ISO 717-1, Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio, parte 1: Isolamento acustico per via aerea, Dicembre 1997.

UNI EN ISO 717-2, Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio, parte 2: Isolamento del rumore di calpestio, Dicembre 1997.

UNI EN 12354-1, Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti, parte 1: Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti, Novembre 2002.

UNI EN 12354-2, Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti, parte 2: Isolamento acustico al calpestio tra ambienti, Novembre 2002.

UNI EN 12354-3, Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti, parte 3: Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea, Novembre 2002.

UNI 11367, Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera, Luglio 2010.

Legge 26 Ottobre 1995 n°447, Legge quadro sull'inquinamento acustico, in Gazzetta Ufficiale del 30 Ottobre 1995, n°254.

D.P.C.M. 14 Novembre 1997, Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore, in Gazzetta Ufficiale del 1 Dicembre 1997, n°280.

D.P.C.M. 5 Dicembre 1997, Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici, in Gazzetta Ufficiale del 22 Dicembre 1997, n°297.

Acustica in Edilizia, Dicembre 2004, dal sito <http://www.rockwool.it/acustica/acustica+in+edilizia>

<http://www.associazioneitalianadiacustica.it>
<http://www.assoacustici.it>
<http://www.rumoreincasa.it>
<http://www.ingegnerialeale.com>
<http://www.inquinamentoacustico.it>
<http://www.assovetro.it>
<http://www.anit.it>
<http://www.uni.com>
<http://www.giordano.it>
<http://www.itc.cnr.it>
<http://www.rockwool.it>
<http://www.laterizio.it>
<http://www.alveolater.com>
<http://www.isolgomma.com>
<http://www.bglegno.it>
<http://www.isover.it>
<http://www.climacell.it>
<http://www.isofloc.it>
<http://www.isolarecasa.it>
<http://www.tecnocasa.it>
<http://www.immobiliare.it/Milano>
<http://www.nuovecostruzioni.it/Milano>

12) Indice delle figure

| | |
|--|----|
| Figura 4.1 Quadro riassuntivo norme tecniche in materia di acustica. | 45 |
| Figura 4.2 Esempio di spettro di potere fonoisolante parete in laterizio. | 47 |
| Figura 5.1 Valori dei parametri descrittivi delle caratteristiche prestazionali degli elementi edilizi da utilizzare ai fini della classificazione acustica di unità immobiliari. | 57 |
| Figura 5.2 Classificazione acustica di unità immobiliari in funzione di ulteriori requisiti prestazionali da applicare in caso di destinazione d'uso ricettiva. | 58 |
| Figura 5.3 Corrispondenza tra classe acustica per requisito e per unità immobiliare e coefficiente di peso Z. | 60 |
| Figura 5.4 Classificazione acustica dell'unità immobiliare attraverso un unico indice nel caso di misurazione di tutti gli elementi tecnici pertinenti. | 60 |
| Figura 5.5 Requisiti acustici scuole, ospedali, cliniche, case di cura. | 61 |
| Figura 5.6 Requisiti per $D_{nT,w}$ rispetto ad ambienti di uso comune collegati mediante accessi ad ambienti abitativi. | 61 |
| Figura 5.7 Incertezza estesa di misure in situ espresse con numero unico. | 63 |
| Figura 5.8 Relazione tra classi acustiche di isolamento ai rumori interni e prestazioni acustiche attese da parte di occupanti con normale sensibilità al rumore. | 65 |
| Figura 5.9 Relazione tra classi acustiche della facciata, livello sonoro esterno e prestazioni acustiche attese da parte di occupanti con normale sensibilità al rumore. | 66 |
| Figura 6.1 Corrispondenza tra classe acustica per requisito e per unità immobiliare e coefficiente di peso Z. | 75 |
| Figura 7.1 Definizione dei percorsi di trasmissione sonora ij tra due ambienti. | 85 |
| Figura 7.2 Indice riduzione vibrazioni per giunti rigidi a croce. | 89 |
| Figura 7.3 Indice riduzione vibrazioni per giunti rigidi a T. | 90 |
| Figura 7.4 Indice riduzione vibrazioni per giunti di una parete leggera a doppio strato e di elementi omogenei. | 90 |
| Figura 7.5 Indice riduzione vibrazioni per giunti di muri leggeri a doppio strato accoppiati. | 91 |
| Figura 7.6 Definizione delle diverse vie di trasmissione sonora tra due ambienti, rispettivamente sovrapposti e adiacenti. | 92 |

| | |
|---|-----|
| Figura 7.7 Illustrazione dei parametri rilevanti per l'isolamento acustico dovuto alla forma della facciata. | 96 |
| Figura 7.8 Isolamento acustico dovuto alla forma della facciata per diverse forme di facciata ed orientamenti | 97 |
| Figura 7.9 Pianta piano tipo dell'edificio oggetto di studio con individuazione unità immobiliare. | 99 |
| Figura 7.10 Sezione A - A' dell'edificio oggetto di studio. | 99 |
| Figura 7.11 Prospetto edificio oggetto di studio. | 100 |
| Figura 7.12 Individuazione elementi tecnici dell'unità immobiliare studiata. | 100 |
| Figura 8.1 Indice riduzione delle vibrazioni per giunti di parete con strati intermedi flessibili. | 129 |
| Figura 8.2 Vie di trasmissione sonora tra due ambienti sovrapposti. | 130 |

13) Indice delle tabelle

| | |
|--|----|
| Tabella 3.1 Requisiti di capitolato o di accertabilità per costruzioni di edilizia civile sovvenzionata da determinarsi con misure in laboratorio, secondo la circolare ministeriale n°1769 del 30/04/1966. | 11 |
| Tabella 3.2 Requisiti di capitolato o di accertabilità per costruzioni di edilizia civile sovvenzionata da determinarsi con misure in opera, secondo la circolare ministeriale n°1769 del 30/04/1966..... | 12 |
| Tabella 3.3 Limiti per le sorgenti sonore fisse secondo il DPCM del 01/03/1991..... | 16 |
| Tabella 3.4 Classificazione del territorio comunale secondo il D.P.C.M. 01/03/91. | 19 |
| Tabella 3.5 Valori dei limiti massimi de livello sonoro equivalente $L_{eq(A)}$ relativi alle classi di destinazione d'uso del territorio di riferimento (D.P.C.M. 01/03/91). | 19 |
| Tabella 3.6 Classificazione del territorio comunale secondo il D.P.C.M. 14/11/1997. | 29 |
| Tabella 3.7 Valori limite di emissione Leq in dB (A) (D.P.C.M. 14/11/1997)..... | 29 |
| Tabella 3.8 Valori limite assoluti di immissione Leq in dB (A) (D.P.C.M. 14/11/1997). | 29 |
| Tabella 3.9 Valori di qualità Leq in dB (A) (D.P.C.M. 14/11/1997)..... | 30 |
| Tabella 3.10 Classificazione degli ambienti abitativi (D.P.C.M. 05/12/1997). | 32 |
| Tabella 3.11 Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici. | 32 |
| Tabella 3.12 Riferimenti normativi relativi alla definizione dei requisiti acustici. | 34 |
| Tabella 5.1 Quadro generale della classificazione acustica in Europa. | 66 |
| Tabella 5.2 Limiti classificazione acustica francese..... | 67 |
| Tabella 5.3 Limiti classificazione acustica Danese secondo la DS 490 'Lydklassifikation af boliger'. | 67 |
| Tabella 5.4 Limiti classificazione acustica Svedese. | 68 |
| Tabella 5.5 Classificazione dell'isolamento ai rumori aerei secondo la normativa Norvegese. . | 68 |
| Tabella 5.6 Classificazione dell'isolamento al calpestio secondo la normativa Norvegese..... | 68 |
| Tabella 5.7 Limite di isolamento acustico in funzione del livello generato all'esterno. | 69 |

| | |
|---|-----|
| Tabella 5.8 Limite di legge per i requisiti acustici definiti dalle DIN 4109 e SSTI. | 69 |
| Tabella 5.9 Confronto tra i livelli limite dell'isolamento acustico tra unità immobiliari in alcuni Paesi europei..... | 70 |
| Tabella 5.10 Confronto tra i livelli limite del livello di calpestio tra unità immobiliari in alcuni Paesi europei..... | 71 |
| Tabella 5.11 Descrittori dei requisiti acustici secondo le ISO 717. | 72 |
| Tabella 6.1 Valore di isolamento di facciata richiesto nelle diverse zone in funzione del massimo livello sonoro interno..... | 77 |
| Tabella 7.1 Descrizione stratigrafia parete con lecablocchi..... | 101 |
| Tabella 7.2 Descrizione stratigrafia parete cassavuota..... | 102 |
| Tabella 7.3 Descrizione stratigrafia tavolato in laterizio..... | 103 |
| Tabella 7.4 Descrizione stratigrafia solaio in laterocemento..... | 104 |
| Tabella 7.5 Descrizione serramento con telaio in legno e Doppio vetro. | 106 |
| Tabella 7.6 Indici dei parametri descrittori per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio a)..... | 107 |
| Tabella 7.7 Classificazione del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio a)..... | 107 |
| Tabella 7.8 Indici dei parametri descrittori per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio b). | 108 |
| Tabella 7.9 Classificazione del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio b). | 108 |
| Tabella 7.10 Descrizione serramento con telaio in legno e doppio vetro di cui uno stratificato. | 110 |
| Tabella 7.11 Confronto tra gli indici di $D_{2m,nT}$ prima e dopo la sostituzione del serramento, caso a)..... | 111 |
| Tabella 7.12 Classificazione del singolo descrittore e dell'unità immobiliare dopo la sostituzione del serramento, caso a)..... | 111 |
| Tabella 7.13 Confronto tra gli indici di $D_{2m,nT}$ prima e dopo la sostituzione del serramento, caso b). | 111 |

| | |
|---|-----|
| Tabella 7.14 Classificazione del singolo descrittore e dell'unità immobiliare dopo la sostituzione del serramento, caso b)..... | 111 |
| Tabella 7.15 Confronto tra gli indici di R'_w per ogni elemento tecnico prima e dopo la realizzazione di contropareti, caso b). | 113 |
| Tabella 7.16 Confronto tra gli indici di R'_w prima e dopo la realizzazione di contropareti, caso b). | 113 |
| Tabella 7.17 Classificazione del singolo descrittore e dell'unità immobiliare dopo la realizzazione di contropareti, caso b). | 113 |
| Tabella 7.18 Computo metrico estimativo sostituzione serramenti..... | 115 |
| Tabella 7.19 Computo metrico estimativo realizzazione contropareti..... | 115 |
| Tabella 7.20 Computo metrico estimativo isolamento in intercapedine. | 116 |
| Tabella 8.1 Descrizione stratigrafia parete a cappotto. | 117 |
| Tabella 8.2 Descrizione stratigrafia parete doppia in laterizio. | 118 |
| Tabella 8.3 Descrizione stratigrafia parete doppia in cartongesso..... | 119 |
| Tabella 8.4 Descrizione parete divisoria in cartongesso. | 121 |
| Tabella 8.5 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio a), nuova costruzione. | 127 |
| Tabella 8.6 Classificazione del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio a), nuova costruzione..... | 127 |
| Tabella 8.7 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio b), nuova costruzione..... | 127 |
| Tabella 8.8 Classificazione del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio b), nuova costruzione..... | 128 |
| Tabella 8.9 Proposta di stratigrafia solaio con controsoffitto..... | 130 |
| Tabella 8.10 Computo metrico estimativo realizzazione pareti interne in laterizio..... | 132 |
| Tabella 8.11 Computo metrico estimativo pareti interne in cartongesso. | 133 |
| Tabella 9.1 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio a), modello dettagliato..... | 135 |

| | |
|---|-----|
| Tabella 9.2 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio a), modello semplificato..... | 136 |
| Tabella 9.3 Differenza tra i requisiti calcolati con il modello dettagliato e semplificato, caso di studio a)..... | 136 |
| Tabella 9.4 Confronto classificazione modello dettagliato/semplificato del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio a)..... | 136 |
| Tabella 9.5 Spettro in bande di terzo d'ottava del livello di pressione sonora di calpestio del solaio. | 136 |
| Tabella 9.6 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio b), modello dettagliato..... | 137 |
| Tabella 9.7 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio b), modello semplificato. | 137 |
| Tabella 9.8 Differenza tra i requisiti calcolati con il modello dettagliato e semplificato, caso di studio b). | 138 |
| Tabella 9.9 Confronto classificazione modello dettagliato/semplificato del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio b)..... | 138 |
| Tabella 9.10 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio a) dopo la sostituzione dei serramento, modello dettagliato..... | 139 |
| Tabella 9.11 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio a),dopo la sostituzione del serramento, modello semplificato. | 139 |
| Tabella 9.12 Differenza tra i requisiti calcolati con il modello dettagliato e semplificato, caso di studio a), sostituzione serramento. | 139 |
| Tabella 9.13 Confronto classificazione modello dettagliato/semplificato del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio a), sostituzione serramento..... | 140 |
| Tabella 9.14 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio b), dopo realizzazione contropareti e sostituzione serramento, modello dettagliato. | 140 |
| Tabella 9.15 Indici dei parametri descrittivi per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio b), dopo realizzazione contropareti e sostituzione serramento, modello semplificato. | 140 |
| Tabella 9.16 Differenza tra i requisiti calcolati con il modello dettagliato e semplificato, caso di studio b), contropareti e serramento. | 141 |

| | |
|---|-----|
| Tabella 9.17 Confronto classificazione modello dettagliato/semplificato del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio b), sostituzione serramento e realizzazione contropareti. | 141 |
| Tabella 9.18 Indici dei parametri descrittori per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio a), nuova costruzione, metodo dettagliato..... | 141 |
| Tabella 9.19 Indici dei parametri descrittori per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio a), nuova costruzione, metodo semplificato..... | 142 |
| Tabella 9.20 Differenza tra i requisiti calcolati con il modello dettagliato e semplificato, caso di studio a), nuova costruzione. | 142 |
| Tabella 9.21 Confronto classificazione modello dettagliato/semplificato del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio a), nuova costruzione. | 142 |
| Tabella 9.22 Confronto tra spettro e indice dei valori di $\Delta R'$ del pavimento galleggiante. | 143 |
| Tabella 9.23 Indici dei parametri descrittori per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio b), nuova costruzione, metodo dettagliato. | 143 |
| Tabella 9.24 Indici dei parametri descrittori per ciascun elemento tecnico calcolato nel caso di studio b), nuova costruzione, metodo semplificato. | 143 |
| Tabella 9.25 Differenza tra i requisiti calcolati con il modello dettagliato e semplificato, caso di studio b), nuova costruzione..... | 144 |
| Tabella 9.26 Confronto classificazione modello dettagliato/semplificato del singolo descrittore e dell'unità immobiliare per il caso di studio b), nuova costruzione. | 144 |

14) Indice dei grafici

| | |
|--|-----|
| Grafico 5.1 Confronto tra i valori limite europei di R'_w tra pareti divisorie tra unità immobiliari. | 70 |
| Grafico 5.2 Confronto tra valori limite europei di $L'_{n,W}$ per solai tra unità immobiliari distinte. | 71 |
| Grafico 6.1 Costo medio prove acustiche su unità abitative campione..... | 81 |
| Grafico 6.2 Costo medio prove acustiche al m^2 su unità abitative campione..... | 81 |
| Grafico 6.3 Incidenza % del costo delle prove acustiche sul prezzo dell'unità immobiliare per edifici di nuova costruzione. | 82 |
| Grafico 6.4 Incidenza % del costo delle prove acustiche sul prezzo dell'unità immobiliare per edifici esistenti. | 82 |
| Grafico 7.1 Spettro R parete con lecablocchi..... | 102 |
| Grafico 7.2 Spettro R parete con cassavuota..... | 103 |
| Grafico 7.3 Spettro R tavolato in laterizio..... | 104 |
| Grafico 7.4 Spettro R solaio in laterocemento..... | 105 |
| Grafico 7.5 Spettro L_n solaio in laterocemento..... | 105 |
| Grafico 7.6 Spettro R serramento con telaio in legno e doppio vetro..... | 106 |
| Grafico 7.7 Spettro R serramento con telaio in legno e doppio vetro, di cui uno stratificato.. | 110 |
| Grafico 7.8 Spettro del potere fonoisolante di una parete in blocchi forati prima e dopo l'applicazione di controparete. | 112 |
| Grafico 8.1 Spettro R parete a cappotto..... | 118 |
| Grafico 8.2 Spettro R parete doppia in laterizio. | 119 |
| Grafico 8.3 Spettro R parete doppia in cartongesso..... | 120 |
| Grafico 8.4 Spettro R parete divisoria in cartongesso. | 122 |
| Grafico 8.5 Attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio dovuto al pavimento galleggiante..... | 124 |
| Grafico 8.6 Spettro del potere fonoisolante del solaio con e senza pavimento galleggiante. . | 125 |
| Grafico 8.7 Spettro del valore di isolamento acustico del silenziatore di facciata. | 126 |

| | |
|---|-----|
| Grafico 9.1 Comparazione dell'indice $D_{2m,n,T,w}$ calcolato con i due modelli di calcolo per ogni caso di studio..... | 145 |
| Grafico 9.2 Comparazione dell'indice $R'_{,w}$ calcolato con i due modelli di calcolo per ogni caso di studio..... | 145 |
| Grafico 9.3 Comparazione dell'indice $L'_{n, ,w}$ calcolato con i due modelli di calcolo per ogni caso di studio..... | 146 |

15) Allegati

Si allegano di seguito alcuni stralci dei certificati di prova dei prodotti o elementi tecnici utilizzati per i calcoli.

ISTITUTO
GIORDANO**Risultati della prova.**

| | |
|--|---------------------|
| Volume della camera ricevente "V" | 68,2 m ³ |
| Superficie utile di misura del campione in prova "S" | 1,88 m ² |

| Frequenza [Hz] | L ₁ [dB] | L ₂ [dB] | T [s] | R [dB] | R _{rif} [dB] | v _{eff} | k | U [dB] |
|-------------------|------------------------|------------------------|----------|-----------|--------------------------|------------------|------|-----------|
| 100 | 98,1 | 64,7 | 1,74 | 28,2 | 22,0 | 6 | 2,45 | 2,7 |
| 125 | 98,9 | 67,1 | 1,29 | 25,3 | 25,0 | 6 | 2,45 | 2,2 |
| 160 | 99,5 | 66,1 | 1,47 | 27,4 | 28,0 | 12 | 2,00 | 1,0 |
| 200 | 98,9 | 64,2 | 1,31 | 28,2 | 31,0 | 10 | 2,23 | 1,0 |
| 250 | 99,0 | 62,9 | 1,34 | 29,7 | 34,0 | 10 | 2,23 | 0,9 |
| 315 | 97,8 | 54,0 | 1,18 | 36,9 | 37,0 | 12 | 2,00 | 0,6 |
| 400 | 97,2 | 51,6 | 1,38 | 39,4 | 40,0 | 16 | 2,00 | 0,5 |
| 500 | 96,9 | 52,4 | 1,35 | 38,2 | 41,0 | 18 | 2,00 | 0,5 |
| 630 | 96,2 | 48,4 | 1,32 | 41,4 | 42,0 | 16 | 2,00 | 0,5 |
| 800 | 97,4 | 50,0 | 1,24 | 40,7 | 43,0 | 15 | 2,00 | 0,4 |
| 1000 | 97,8 | 49,8 | 1,22 | 41,2 | 44,0 | 15 | 2,00 | 0,4 |
| 1250 | 98,0 | 49,3 | 1,22 | 41,9 | 45,0 | 16 | 2,00 | 0,4 |
| 1600 | 97,2 | 46,1 | 1,19 | 44,2 | 45,0 | 15 | 2,00 | 0,4 |
| 2000 | 97,8 | 44,2 | 1,21 | 46,8 | 45,0 | 16 | 2,00 | 0,4 |
| 2500 | 97,8 | 46,0 | 1,15 | 44,8 | 45,0 | 16 | 2,00 | 0,4 |
| 3150 | 98,4 | 50,3 | 1,12 | 41,0 | 45,0 | 16 | 2,00 | 0,4 |
| 4000 | 99,2 | 47,7 | 1,01 | 43,9 | // | 17 | 2,00 | 0,4 |
| 5000 | 97,8 | 41,1 | 0,97 | 48,9 | // | 16 | 2,00 | 0,4 |

Note: //



ISTITUTO
GIORDANO



Superficie utile di misura del campione:

1,88 m²

Volume della camera emittente:

57,0 m³

Volume della camera ricevente:

68,2 m³

Esito della prova*:

Indice di valutazione a 500 Hz nella banda di frequenze comprese fra 100 Hz e 3150 Hz:

R_w = 41 dB**

Termini di correzione:

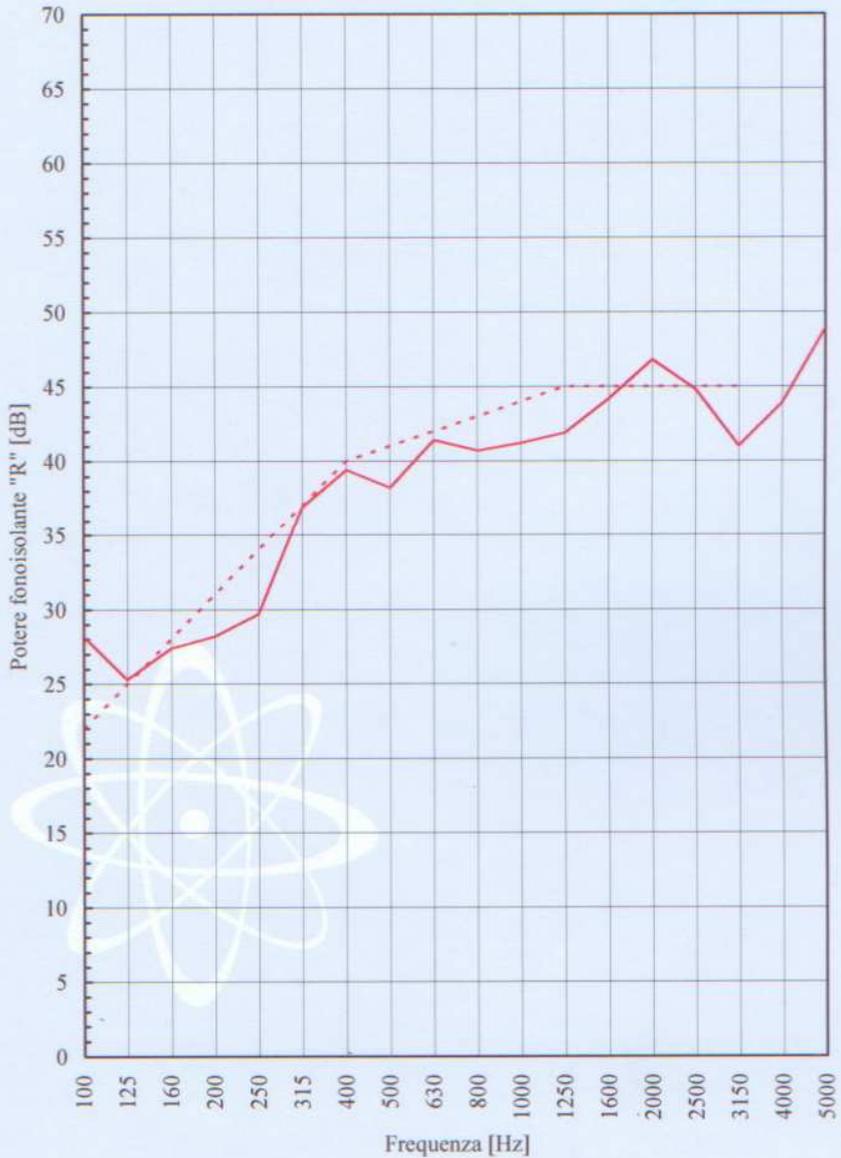
C = -1 dB

C_{tr} = -4 dB

(*) Valutazione basata su risultati di misurazioni di laboratorio ottenuti mediante un metodo tecnico.

(**) Indice di valutazione del potere fonoisolante elaborato procedendo a passi di 0,1 dB:

41,5 dB



— Rilievi sperimentali
- - - Curva di riferimento

Il Direttore Tecnico della sezione CPD (Dott. Ing. Giuseppe Persano Adorno) Il Direttore della Certificazione (Dott. Arch. Villiam Giorgetti)

Giuseppe Persano Adorno *Villiam Giorgetti*

Il Responsabile Tecnico di Prova (Geom. Omar Nanni)

Omar Nanni

Il Responsabile del Laboratorio di Acustica e Vibrazioni (Dott. Ing. Roberto Baruffa)

Roberto Baruffa

Il Presidente o l'Amministratore Delegato

Dott. Ing. Vincenzo Iommi

PARETE DIVISORIA "Muro Poroton da 26,5"

| | |
|---|---|
| Volume della camera ricevente "V" | 88,0 m ³ |
| Superficie utile di misura del campione in prova "S" | 10,80 m ² |
| Posizioni microfoniche | Asta rotante con percorso circolare, raggio 1 m |
| Generazione del campo sonoro | Altoparlante mobile con percorso rettilineo, lunghezza 1,6 m × 2 (andata e ritorno) |

| Frequenza | L₁ | L₂[*] | T | R | Curva di riferimento |
|------------------|----------------------|----------------------------------|----------|----------|-----------------------------|
| [Hz] | [dB] | [dB] | [s] | [dB] | [dB] |
| 100 | 100,8 | 66,3 | 1,83 | 36,0 | 30,0 |
| 125 | 103,4 | 61,8 | 1,49 | 42,2 | 33,0 |
| 160 | 103,8 | 69,7 | 1,36 | 34,3 | 36,0 |
| 200 | 103,4 | 65,0 | 1,20 | 38,0 | 39,0 |
| 250 | 102,4 | 60,4 | 1,29 | 42,0 | 42,0 |
| 315 | 101,3 | 60,4 | 1,31 | 40,9 | 45,0 |
| 400 | 101,5 | 59,3 | 1,32 | 42,3 | 48,0 |
| 500 | 101,8 | 56,7 | 1,43 | 45,5 | 49,0 |
| 630 | 100,5 | 54,5 | 1,27 | 45,9 | 50,0 |
| 800 | 102,0 | 53,9 | 1,30 | 48,1 | 51,0 |
| 1000 | 102,1 | 52,0 | 1,33 | 50,2 | 52,0 |
| 1250 | 102,4 | 50,4 | 1,34 | 52,1 | 53,0 |
| 1600 | 101,6 | 46,8 | 1,34 | 54,9 | 53,0 |
| 2000 | 101,5 | 47,2 | 1,41 | 54,6 | 53,0 |
| 2500 | 102,1 | 48,0 | 1,38 | 54,3 | 53,0 |
| 3150 | 100,5 | 45,2 | 1,30 | 55,3 | 53,0 |
| 4000 | 99,9 | 42,7 | 1,22 | 56,9 | // |
| 5000 | 95,5 | 35,1 | 1,09 | 59,6 | // |

(*) Valori non influenzati dalla trasmissione laterale e dal rumore di fondo.



PARETE DIVISORIA "Muro Poroton da 26,5"

Superficie utile di misura del campione:

10,80 m²

Volume della camera emittente:

57,0 m³

Volume della camera ricevente:

88,0 m³

Tipo di rumore:

Rosa

Tipo di filtro:

1/3 d'ottava

Esito della prova:

Indice di valutazione a 500 Hz
nella banda di frequenze comprese fra 100 Hz e 3150 Hz:

R_w = 49 dB*

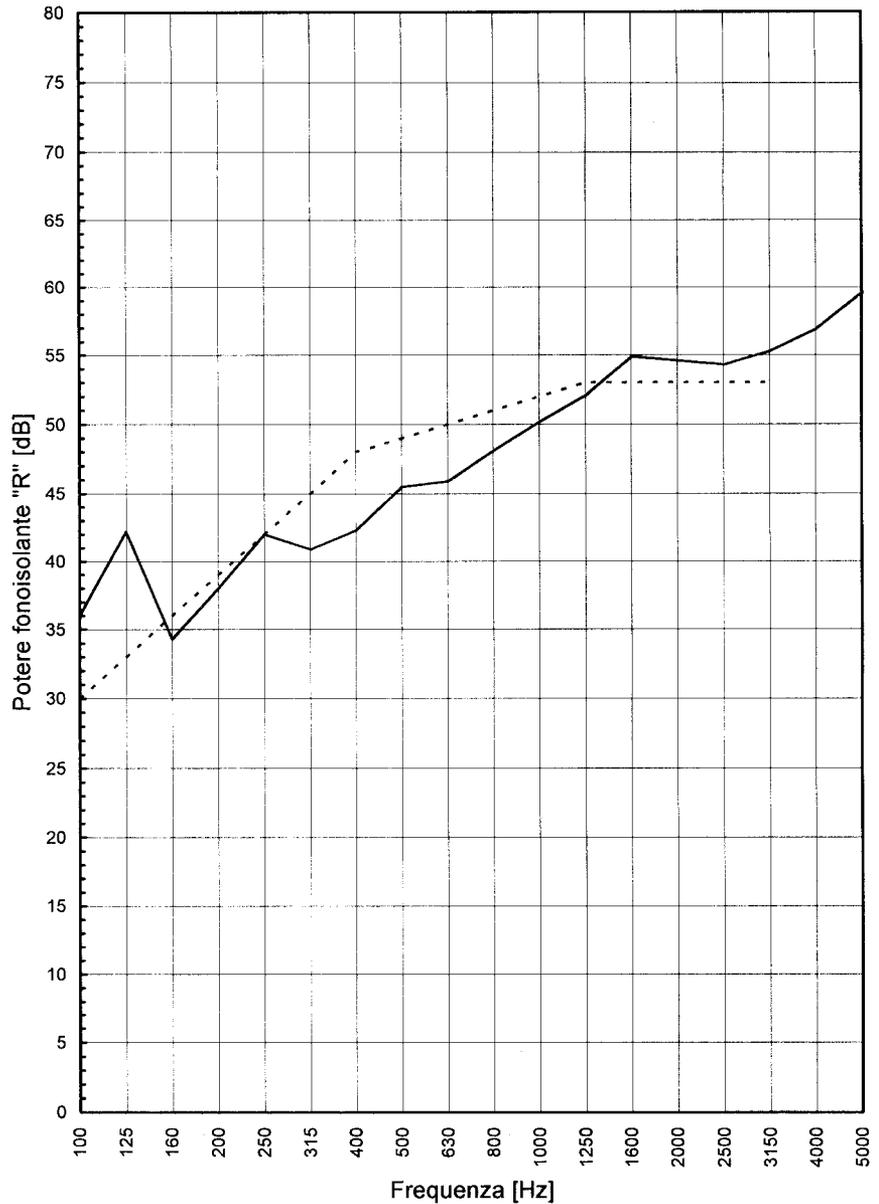
Termini di correzione:

C = -1 dB

C_{ir} = -4 dB

(*) Indice di valutazione del potere fonoisolante elaborato procedendo a passi di 0,1 dB:

49,6 dB



— Rilievi sperimentali
- - - Curva di riferimento



PARETE DIVISORIA
“Controparete su laterizio CP 75/50 L + Sonus 45”

| | |
|---|---|
| Volume della camera ricevente “V” | 88,0 m ³ |
| Superficie utile di misura del campione in prova “S” | 10,80 m ² |
| Posizioni microfoniche | Asta rotante con percorso circolare, raggio 1 m |
| Generazione del campo sonoro | Altoparlante mobile con percorso rettilineo, lunghezza 1,6 m × 2 (andata e ritorno) |

| Frequenza | L₁ | L₂[*] | T | R | Curva di riferimento |
|------------------|----------------------|----------------------------------|----------|----------|-----------------------------|
| [Hz] | [dB] | [dB] | [s] | [dB] | [dB] |
| 100 | 99,5 | 57,4 | 1,78 | 43,5 | 45,0 |
| 125 | 101,9 | 50,6 | 1,83 | 52,8 | 48,0 |
| 160 | 102,5 | 54,1 | 1,55 | 49,2 | 51,0 |
| 200 | 102,3 | 50,1 | 1,26 | 52,1 | 54,0 |
| 250 | 101,2 | 44,6 | 1,37 | 56,8 | 57,0 |
| 315 | 100,1 | 42,0 | 1,26 | 58,0 | 60,0 |
| 400 | 100,2 | 39,1 | 1,16 | 60,6 | 63,0 |
| 500 | 100,6 | 36,9 | 1,23 | 63,4 | 64,0 |
| 630 | 99,3 | 35,6 | 1,15 | 63,2 | 65,0 |
| 800 | 100,7 | 33,6 | 1,21 | 66,8 | 66,0 |
| 1000 | 100,8 | 31,2 | 1,26 | 69,5 | 67,0 |
| 1250 | 101,1 | 30,1 | 1,31 | 71,0 | 68,0 |
| 1600 | 100,3 | 30,2 | 1,37 | 70,3 | 68,0 |
| 2000 | 100,2 | 32,1 | 1,35 | 68,3 | 68,0 |
| 2500 | 100,8 | 39,6 | 1,37 | 61,4 | 68,0 |
| 3150 | 99,1 | 38,2 | 1,29 | 60,9 | 68,0 |
| 4000 | 98,6 | 34,7 | 1,22 | 63,6 | // |
| 5000 | 94,4 | 28,3 | 1,09 | 65,3 | // |

(*) Valori non influenzati dalla trasmissione laterale e dal rumore di fondo.



PARETE DIVISORIA
“Controparete su laterizio CP 75/50 L + Sonus 45”

Superficie utile di misura del campione:

10,80 m²

Volume della camera emittente:

57,0 m³

Volume della camera ricevente:

88,0 m³

Tipo di rumore:

Rosa

Tipo di filtro:

1/3 d'ottava

Esito della prova:

Indice di valutazione a 500 Hz
nella banda di frequenze comprese fra 100 Hz e 3150 Hz:

$R_w = 64 \text{ dB}^*$

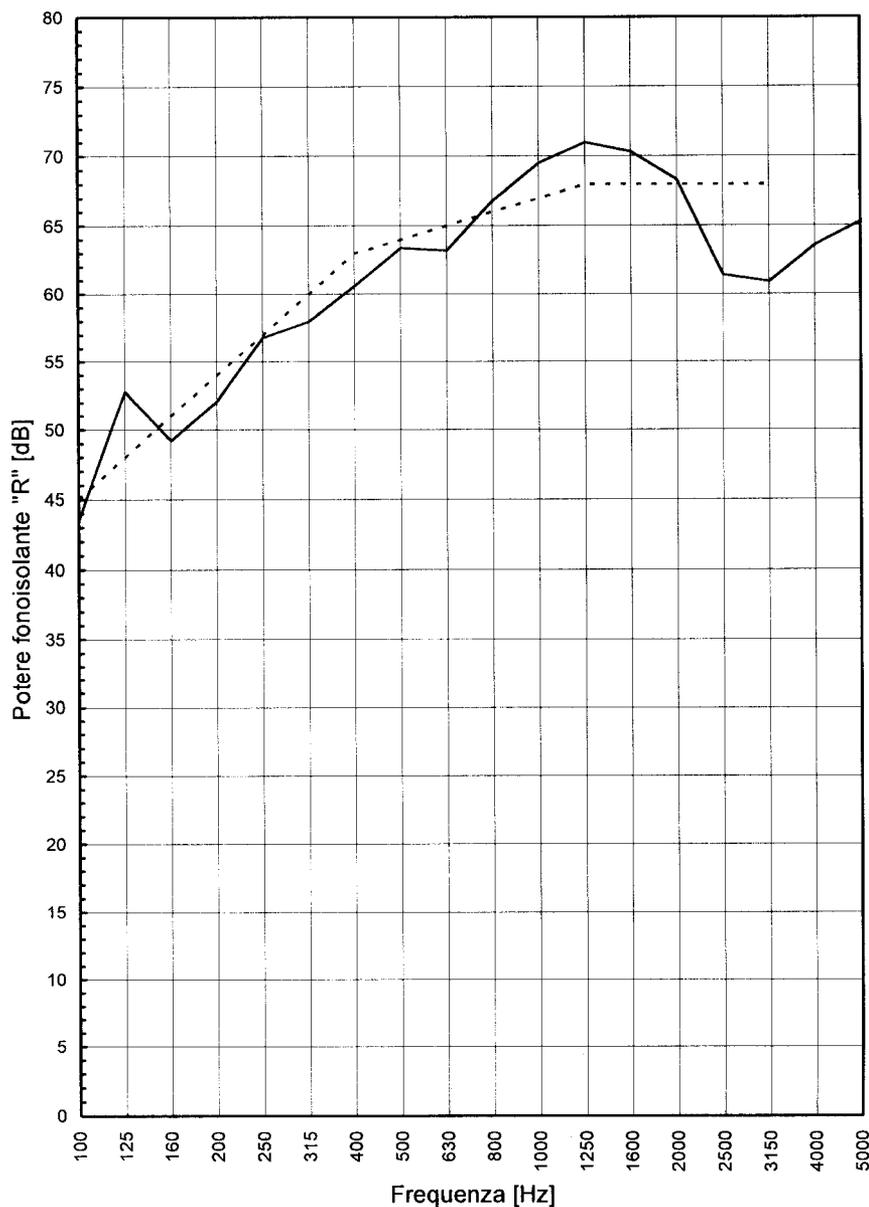
Termini di correzione:

$C = -2 \text{ dB}$

$C_{tr} = -5 \text{ dB}$

(*) Indice di valutazione del potere fonoisolante elaborato procedendo a passi di 0,1 dB:

64,5 dB



— Rilievi sperimentali

- - - - - Curva di riferimento

Il Responsabile
Tecnico di Prova
(Geom. Omar Nanni)

[Signature]



Il Responsabile del Laboratorio
di Acustica e Vibrazioni
(Dott. Ing. Roberto Baruffa)

[Signature]

Il Presidente o
l'Amministratore Delegato
L'AMMINISTRATORE DELEGATO

[Signature]



ISTITUTO GIORDANO



Istituto Giordano S.p.A.
Via Rossini, 2 - 47814 Bellaria (RN) Italy
Tel. +39 0541 343030 - Fax +39 0541 345540
istitutogiordano@giordano.it - www.giordano.it

Cod. Fisc./P.Iva 00 549 540 409 - Cap. Soc. € 880.000 i.v.
R.E.A. c/o C.C.I.A.A. (RN) 156766
Registro Imprese di Rimini n. 00 549 540 409
Organismo Europeo notificato n. 0407
Accreditamenti: SINCERT (057A) - SINAL (0021) - SIT (20)

RICONOSCIMENTI UFFICIALI MINISTERI ITALIANI:

- Legge 1086/71 con D.M. 07/11/62 n. 22913 "Prove sui materiali da costruzione".
- D.M. 09/11/99 "Certificazione CE per le unità da dipinto".
- D.M. 04/08/94 "Certificazione CEE sulle macchine".
- Notifica n. 757890 del 15/12/98 "Certificazione CEE per gli apparecchi a gas".
- D.M. 08/07/93 "Certificazione CEE in materia di recipienti semplici a pressione".
- D.M. 08/07/93 "Certificazione CEE concernente la sicurezza dei giocattoli".
- Incanichi di verifica della sicurezza e conformità dei prodotti nell'ambito della sorveglianza sul mercato e tutela del consumatore.
- D.M. 02/04/98 "Rilascio di attestazioni di conformità delle caratteristiche e prestazioni energetiche dei componenti degli edifici e degli impianti".
- Legge 818/94 e D.M. 26/03/95 con autorizzazione del 21/03/96 "Prove di reazione al fuoco secondo D.M. 26/05/84".
- Legge 818/94 e D.M. 26/03/95 con autorizzazione del 10/07/88 "Prove di resistenza al fuoco secondo Circolare n. 91 del 14/09/81".
- Legge 818/94 e D.M. 26/03/95 con autorizzazione del 03/07/92 "Prove di resistenza al fuoco secondo Circolare n. 7 del 03/04/81 norma CNVVR/CCI UNI 9723".
- Legge 818/94 e D.M. 26/03/95 con autorizzazione del 12/04/88 "Prove su estintori d'incendio portatili secondo D.M. 20/12/82".
- Legge 46/82 con D.M. 09/10/85 "Immissione nell'atto dei laboratori autorizzati a svolgere ricerche di carattere applicativo a favore delle piccole e medie industrie".
- Protocollo n. 116 del 27/03/87 "Iscrizione allo Schedario Anagrafe Nazionale delle ricerche con codice N.E0490V9V".
- Decreto 24/05/02 "Certificazione CE di rispondenza della conformità delle attrezzature a pressione".
- Decreto 14/02/02 "Certificazione CE di conformità in materia di emissione acustica ambientale per macchine e attrezzature".
- Decreto 05/02/03 "Esecuzione delle procedure di valutazione della conformità dell'equipaggiamento marittimo".
- G.U.R.I. n. 236 del 07/10/94 "Certificazione CE sugli ascensori".
- Notifica per le attività di attestazione della conformità alle norme armonizzate della Direttiva 89/106 sui prodotti da costruzione.

ENTI TERZI:

- SINCERT: Accredimento n. 057A del 19/12/00 "Organismo di certificazione di sistemi di gestione per la qualità".
- SINAL: Accredimento n. 0021 del 14/11/91
- SIT: Centro multisede n. 20 (Bellaria - Pomezia) per grandezze termometriche ed elettriche.
- ICI: "Prove di laboratorio nell'ambito degli schemi di Certificazione di Prodotto".
- IMO: "Prove di laboratorio nell'ambito degli schemi di Certificazione di Prodotto per carne fumate".
- UNCSAAL: Riconoscimento del 26/03/85 "Laboratorio per le prove di certificazione UNCSAAL su serramenti e facciate costruite".
- IMO-UNI: "Prove di laboratorio nell'ambito degli schemi di Certificazione di Prodotto per termocammini e legna con fluite a simulazione forzata".
- CSI-UNI: "Prove di laboratorio in ambito degli schemi di Certificazione di Prodotto per serramenti esterni".
- KEYMARK: per isolanti termici. "Misure di conduttività termica per materiali isolanti".
- IT: "Prove di laboratorio e sorveglianza in azienda nell'ambito degli schemi di Certificazione di Prodotto per porte, finestre, chiusure occorrenti (antifurto) e serramenti".
- EPBG: "Prove di laboratorio su coperchi e altri mezzi di custodia".
- AENOR: "Valutazione della conformità ai fini della marcatura CE per alcuni prodotti inerti la direttiva prodotti da costruzione".
- VTT-Finlandia: "Valutazione della conformità ai fini della marcatura CE per alcuni prodotti inerti la direttiva prodotti da costruzione".
- C.C.I.A.A. Rimini: 28/01/04 "Verifica periodica dell'affidabilità metrologica di strumenti metrici in materia di commercio".

PARTECIPAZIONI ASSOCIATIVE:

- AIA: Associazione Italiana di Acustica.
- AICARR: Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria Riscaldamento Refrigerazione.
- AICO: Associazione Italiana per la Qualità.
- AiPnD: Associazione Italiana Prove non Distruttive.
- ALIP: Associazione Laboratori Italiani Fuoco.
- ALPI: Associazione Laboratori di Prove Indipendenti.
- ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and AirConditioning Engineers Inc.
- ASTM: American Society for Testing and Materials.
- ATIG: Associazione Tecnica Italiana del Gas.
- CTE: Collegio dei Tecnici della Industrializzazione Edilizia.
- OTI: Comitato Termotecnico Italiano.
- EARMA: European Association of Research Managers and Administrators.
- EAHTD: European Association of Research and Technology Organisation.
- EGOLF: European Group of Official Laboratories for Fire Testing.
- UNI: Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

CLAUSOLE:

Il presente documento si riferisce solamente al campione o materiale sottoposto a prova.
Il presente documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del laboratorio.

RAPPORTO DI PROVA N. 222944

Luogo e data di emissione: Bellaria, 09/03/2007

Committente: ROCKWOOL ITALIA S.p.A. - Via Londonio, 2 - 20154 MILANO,
CAPAROL ITALIANA GmbH & Co. KG - Largo Caparol, 1 - 20080 VERMEZZO (MI) e CONSORZIO ALVEOLATER - Viale Aldo Moro, 16 - 40127 BOLOGNA

Data della richiesta della prova: 27/11/2006

Numero e data della commessa: 35092, 01/12/2006

Data del ricevimento del campione: dal 09/02/2007 al 12/02/2007

Data dell'esecuzione della prova: 21/02/2007

Oggetto della prova: Determinazione del potere fonoisolante di sistema termoisolante a cappotto su muratura secondo le norme UNI EN ISO 140-3:2006 ed UNI EN ISO 717-1:1997.

Luogo della prova: Istituto Giordano S.p.A. - Blocco 3 - Via Verga, 19 - 47043 Gateo (FC).

Provenienza del campione: fornito dal Committente.

Identificazione del campione in accettazione: n. 2007/0371 e n. 2007/0372.

Denominazione del campione*.

Il campione sottoposto a prova è costituito da sistema termoisolante a cappotto denominato "CAPATECT SYSTEM 600 E" con pannelli in polistirene espanso elasticizzato denominati "CAPATECT DALMATINER E", spessore 60 mm, applicati su parete in laterizi realizzata con blocchi Alveolater a setti sottili tipo "BSS 55", intonacata su un lato.

(*): secondo le dichiarazioni del Committente.

| | | |
|-----------|---|-----------|
| Comp. PB | Il presente rapporto di prova è composto da n. 9 fogli. | Foglio |
| Revis. RB | | n. 1 di 9 |



Risultati della prova.

| | |
|--|---|
| Volume della camera ricevente "V" | 88,0 m ³ |
| Superficie utile di misura del campione in prova "S" | 10,80 m ² |
| Posizioni microfoniche | Asta rotante con percorso circolare, raggio 1 m |
| Generazione del campo sonoro | Altoparlante mobile con percorso rettilineo, lunghezza 1,6 m × 2 (andata e ritorno) |

| Frequenza [Hz] | L ₁ [dB] | L ₂ [*] [dB] | T [s] | R [dB] | Curva di riferimento [dB] |
|-------------------|------------------------|-------------------------------------|----------|-----------|---------------------------------|
| 100 | 101,5 | 53,7 | 2,32 | 50,3 | 37,0 |
| 125 | 102,8 | 63,2 | 1,81 | 41,0 | 40,0 |
| 160 | 104,3 | 68,1 | 1,63 | 37,2 | 43,0 |
| 200 | 100,2 | 60,8 | 1,37 | 39,6 | 46,0 |
| 250 | 97,3 | 54,8 | 1,75 | 43,8 | 49,0 |
| 315 | 95,8 | 50,6 | 1,46 | 45,7 | 52,0 |
| 400 | 96,6 | 45,3 | 1,29 | 51,3 | 55,0 |
| 500 | 97,6 | 41,5 | 1,38 | 56,3 | 56,0 |
| 630 | 97,0 | 38,3 | 1,28 | 58,6 | 57,0 |
| 800 | 97,7 | 36,0 | 1,41 | 62,0 | 58,0 |
| 1000 | 98,3 | 35,2 | 1,39 | 63,4 | 59,0 |
| 1250 | 98,5 | 33,1 | 1,46 | 65,9 | 60,0 |
| 1600 | 97,8 | 32,6 | 1,43 | 65,6 | 60,0 |
| 2000 | 98,0 | 35,1 | 1,45 | 63,4 | 60,0 |
| 2500 | 98,8 | 35,8 | 1,45 | 63,5 | 60,0 |
| 3150 | 97,6 | 33,4 | 1,41 | 64,5 | 60,0 |
| 4000 | 97,8 | 31,8 | 1,27 | 65,9 | // |
| 5000 | 96,6 | 27,4 | 1,14 | 68,6 | // |

(*) Valori non influenzati dalla trasmissione laterale e dal rumore di fondo.





Superficie utile di misura del campione:

10,80 m²

Volume della camera emittente:

57,0 m³

Volume della camera ricevente:

88,0 m³

Tipo di rumore:

Rosa

Tipo di filtro:

1/3 d'ottava

Esito della prova:

Indice di valutazione a 500 Hz nella banda di frequenze comprese fra 100 Hz e 3150 Hz:

$R_w = 56 \text{ dB}^*$

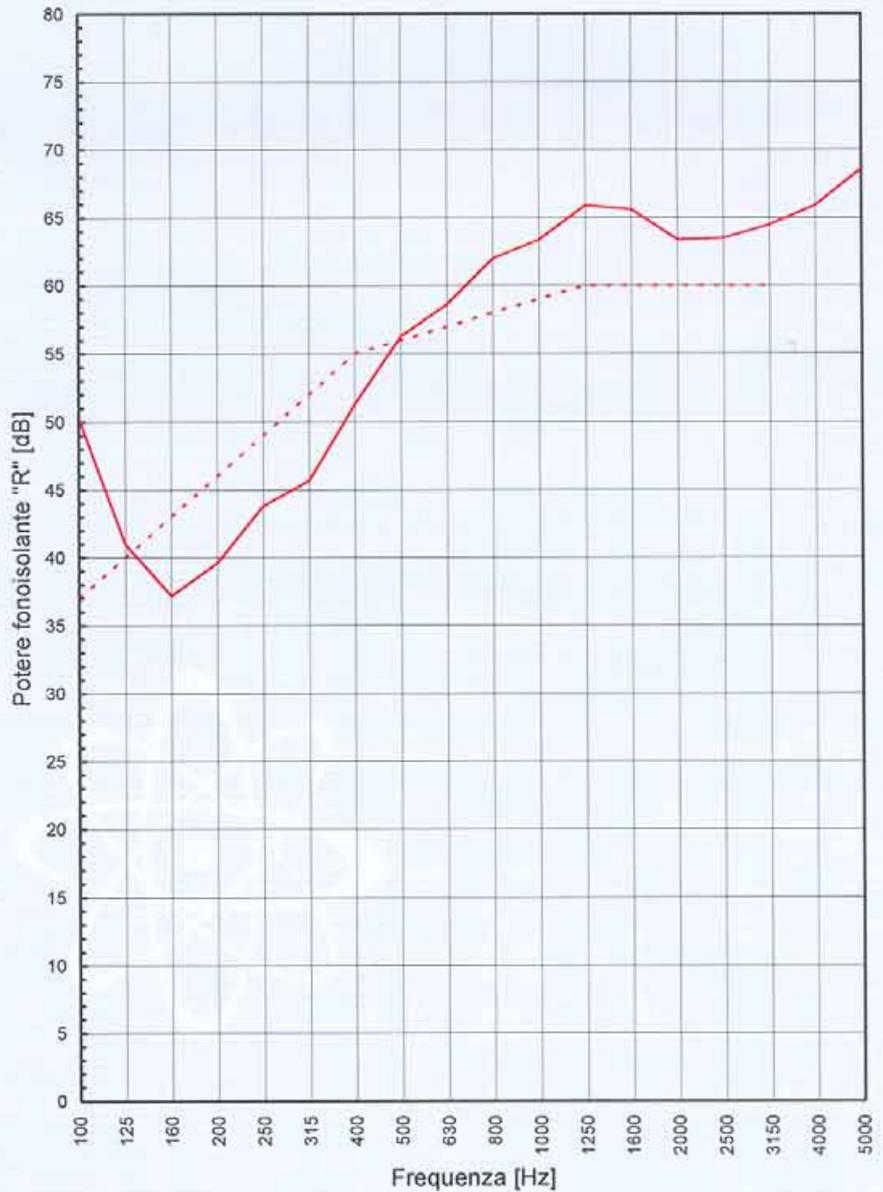
Termini di correzione:

$C = -2 \text{ dB}$

$C_{tr} = -6 \text{ dB}$

(*) Indice di valutazione del potere fonoisolante elaborato procedendo a passi di 0,1 dB:

56,8 dB



— Rilievi sperimentali

..... Curva di riferimento



Il Responsabile
Tecnico di Prova
(Geom. Omar Nanni)

Omar Nanni

Il Responsabile del Laboratorio
di Acustica e Vibrazioni
(Dott. Ing. Roberto Baruffa)

Roberto Baruffa

Il Presidente o
l'Amministratore Delegato
Dott. Ing. Vincenzo Tommi

Vincenzo Tommi



ISTITUTO GIORDANO s.p.a.

CENTRO POLITECNICO DI RICERCHE E CERTIFICAZIONI

Via Fossini, 2
47814 BELLARIA (RN) Italy
Tel. ++39/0541 343030 (10 linee)
Telefax ++39/0541 345540

e-mail: istitutogiordano@giordano.it
web site: www.giordano.it

Cod. Fisc./Part. IVA: 00 549 540 409
R.E.A. c/o C.C.I.A.A. (RN) 156766
Registro Imprese Rimini n. 00549540409
Cap. Soc. € 516.000,00 i.v.

RICONOSCIMENTI UFFICIALI:

- MINISTERO LAVORI PUBBLICI: Legge 1086/71 con D.M. 27/11/82 n. 22913 "Prove sui materiali da costruzione"
- MINISTERO INDUSTRIA COMMERCIO ARTIGIANATO: D.M. 09/11/99 "Certificazione CE per le uscite da dipinto"
- MINISTERO INDUSTRIA COMMERCIO ARTIGIANATO: D.M. 31/10/91 "Certificazione CEE delle emissioni sonore di macchinario da cantiere"
- MINISTERO INDUSTRIA COMMERCIO ARTIGIANATO - D.L. 27/01/92 n. 135 "Certificazione CEE delle emissioni sonore di macchine di movimento terra"
- MINISTERO INDUSTRIA COMMERCIO ARTIGIANATO: D.M. 08/07/93 "Certificazione CEE concernente la sicurezza dei giocattoli"
- MINISTERO INDUSTRIA COMMERCIO ARTIGIANATO: D.M. 30/07/97 "Certificazioni ed attestati di conformità CEE per il rendimento delle caldaie ad acqua calda alimentare con combustibili liquidi e gassosi"
- MINISTERO INDUSTRIA COMMERCIO ARTIGIANATO: Notifica n. 757890 del 15/12/98 "Certificazione CEE per gli apparecchi a gas"
- MINISTERO INDUSTRIA COMMERCIO ARTIGIANATO e MINISTERO LAVORO e PREVIDENZA SOCIALE: D.M. 09/07/93 "Certificazione CEE in materia di recipienti serbatoio a pressione"
- MINISTERO INDUSTRIA COMMERCIO ARTIGIANATO e MINISTERO LAVORO e PREVIDENZA SOCIALE: D.M. 04/08/94 "Certificazione CEE sulle macchine"
- MINISTERO INDUSTRIA COMMERCIO ARTIGIANATO: "Incarichi di verifica della sicurezza e conformità dei prodotti nell'ambito della sorveglianza sul mercato e tutela del consumatore"
- MINISTERO INDUSTRIA COMMERCIO ARTIGIANATO: D.M. 02/04/99 "Rilascio di attestazioni di conformità delle caratteristiche e prestazioni energetiche dei componenti degli edifici e degli impianti"
- MINISTERO INTERNO: Legge 818/84 e D.M. 26/03/85 con autorizzazione del 21/03/86 "Prove di reazione al fuoco secondo D.M. 26/06/84"
- MINISTERO INTERNO: Legge 818/84 e D.M. 26/03/85 con autorizzazione del 10/07/86 "Prove di resistenza al fuoco secondo Circolare n. 91 del 14/03/81"
- MINISTERO INTERNO: Legge 818/84 e D.M. 26/03/85 con autorizzazione del 03/07/82 "Prove di resistenza al fuoco secondo Circolare n. 7 del 02/04/91 e norma CNVVF/ICI UNI 9723"
- MINISTERO INTERNO: Legge 818/84 e D.M. 26/03/85 con autorizzazione del 12/04/88 "Prove su estintori d'incendio portatili secondo D.M. 20/12/82"
- MURST (MINISTERO UNIVERSITÀ E RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA) Legge 46/82 con D.M. 09/10/85 "Immissione nell'elenco dei laboratori autorizzati a svolgere ricerche di carattere applicativo a favore delle piccole e medie industrie"
- MINISTERO PUBBLICA ISTRUZIONE: Protocollo n. 116 del 27/03/67 "Iscrizione allo Schedario Anagrafe Nazionale delle ricerche con codice N. E490793"
- SINCERT (Accreditamento Organismi Certificazioni) Accredittamento n. 057A del 19/12/00 "Organismo di certificazione di sistemi qualità"
- SINAI (Sistema Nazionale per l'Accreditamento di Laboratori) Accredittamento n. 0021 del 14/11/01
- SIT (Servizio di Taratura in Italia) Accredittamento n. 20 "Centre SIT di taratura per grandezze termometriche ed elettriche"
- ICI (Istituto di Certificazione Industriale per la Meccanica): "Prove di laboratorio nell'ambito degli schemi di Certificazione di Prodotto"
- IQI (Istituto per il Marchio Qualità): "Prove di laboratorio nell'ambito degli schemi di Certificazione di Prodotto per carne fumata"
- UNCSAAL (Unione Nazionale Costruttori Serramenti Alluminio Acciaio Leghe): Riconoscimento del 26/03/85 "Laboratorio per le prove di certificazione UNCSAAL su serramenti e facciate continue"
- UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione) - Settore Certificazione: "Prove di laboratorio nell'ambito degli schemi di Certificazione di Prodotto per termocammetti a legna con fluido a circolazione forzata e serramenti esterni"

PARTECIPAZIONI ASSOCIATIVE:

- AIA Associazione Italiana di Acustica
- AICARR Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria Riscaldamento Refrigerazione
- AIQD Associazione Italiana per la Qualità
- AIPND Associazione Italiana Prove non Distruttive
- ALF Associazioni Laboratori Italiani Faccio
- ALPI Associazione Laboratori di Prova Indipendenti
- ASHRAE American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc
- ASSINDUSTRIA Associazione degli industriali di Rimini
- ASTM American Society for Testing and Materials
- ATIG Associazione Tecnica Italiana del Gas
- CTE Collegio dei Tecnici della Industrializzazione Edilizia
- CTF Comitato Termotecnico Italiano
- CARMA European Association of Research Managers and Administrators
- EARTO European Association of Research and Technology Organisation
- EGOLF European Group of Official Laboratories for Fire Testing
- UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione

CLAUSOLE

Il presente documento si riferisce solamente al campione o materiale sottoposto a prova.
"Il presente documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del laboratorio"

RAPPORTO DI PROVA N. 173516

Luogo e data di emissione: Bellaria, 11/07/2003

Committente: CONSORZIO ALVEOLATER - Viale Aldo Moro, 16 - 40127 BOLOGNA (BO) e ROCKWOOL ITALIA S.p.A. - Località Sa Stoia - 09016 IGLESIAS (CA)

Data della richiesta della prova: 08/05/2003

Numero e data della commessa: 22243, 09/05/2003

Data del ricevimento del campione: 20/05/2003 e 21/05/2003

Data dell'esecuzione della prova: 03/06/2003

Oggetto della prova: Determinazione del potere fonoisolante di parete secondo le norme ISO 140 parte 3^a del 1995 e ISO 717 parte 1^a del 1996

Luogo della prova: Istituto Giordano S.p.A. - Blocco 3 - Via Verga, 19 - 47030 Gateo (FC)

Provenienza del campione: fornito dai Committenti

Identificazione del campione in accettazione: n. 2003/0717 e 2003/0718

Denominazione del campione*.

Il campione sottoposto a prova è una parete doppia in muratura, con interposto materiale isolante, realizzata con:

- tramezze in laterizio "ALVEOLATER[®]" formato 8×45×25;
- pannelli in lana di roccia "ROCKWOOL 225", spessore 50 mm e densità 70 kg/m³;



Il presente rapporto di prova è composto da n. 8 fogli.

Foglio
n. 1 di 8

ISTITUTO GIORDANO S.p.A.
RISTAMPA IN ORIGINALE



Risultati della prova.

| | |
|---|---|
| Volume della camera ricevente "V" | 88,0 m ³ |
| Superficie utile di misura del campione in prova "S" | 10,8 m ² |
| Posizioni microfoniche | Asta rotante con percorso circolare, raggio 1 m |
| Generazione del campo sonoro | Altoparlante mobile con percorso rettilineo, lunghezza 1,6 m × 2 (andata e ritorno) |

| Frequenza | L₁ | L₂* | T | R | Curva di riferimento |
|------------------|----------------------|-----------------------|----------|----------|-----------------------------|
| [Hz] | [dB] | [dB] | [s] | [dB] | [dB] |
| 100 | 98,0 | 48,1 | 2,64 | 53,0 | 38,0 |
| 125 | 98,2 | 47,4 | 1,93 | 52,5 | 41,0 |
| 160 | 96,9 | 47,1 | 1,66 | 50,9 | 44,0 |
| 200 | 98,3 | 49,6 | 1,59 | 49,6 | 47,0 |
| 250 | 97,6 | 48,8 | 1,49 | 49,4 | 50,0 |
| 315 | 98,6 | 53,2 | 1,48 | 46,0 | 53,0 |
| 400 | 98,1 | 48,4 | 1,43 | 50,1 | 56,0 |
| 500 | 97,9 | 45,4 | 1,44 | 52,9 | 57,0 |
| 630 | 96,1 | 41,5 | 1,32 | 54,7 | 58,0 |
| 800 | 95,7 | 39,5 | 1,30 | 56,2 | 59,0 |
| 1000 | 95,7 | 34,8 | 1,30 | 60,9 | 60,0 |
| 1250 | 98,8 | 37,7 | 1,32 | 61,2 | 61,0 |
| 1600 | 97,0 | 37,3 | 1,33 | 59,8 | 61,0 |
| 2000 | 96,4 | 36,5 | 1,37 | 60,1 | 61,0 |
| 2500 | 94,8 | 34,3 | 1,39 | 60,8 | 61,0 |
| 3150 | 97,4 | 35,7 | 1,35 | 61,9 | 61,0 |
| 4000 | 96,4 | 34,4 | 1,30 | 62,0 | // |
| 5000 | 95,3 | 31,0 | 1,18 | 63,9 | // |

(*) Valori non influenzati dalla trasmissione laterale e dal rumore di fondo.



AB



Superficie utile di misura del campione:

10,8 m²

Volume della camera emittente:

57,0 m³

Volume della camera ricevente:

88,0 m³

Tipo di rumore:

Rosa

Tipo di filtro:

1/3 d'ottava

Esito della prova:

Indice di valutazione a 500 Hz nella banda di frequenze comprese fra 100 Hz e 3150 Hz:

R_w = 57 dB

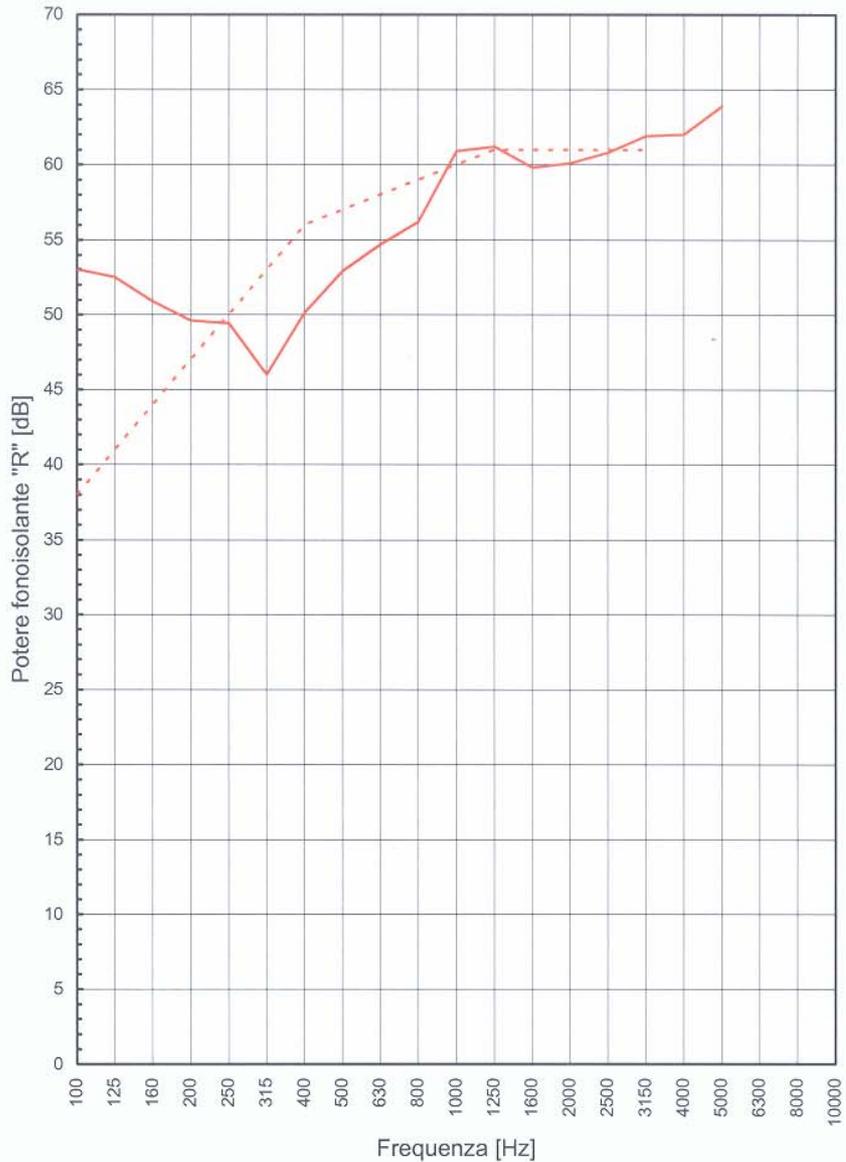
Bande di frequenze con scarto sfavorevole maggiore di 8 dB:

// Hz

Termini di correzione:

C = -1 dB

C_{tr} = -3 dB



— Rilievi sperimentali
- - - Curva di riferimento

**ISTITUTO GIORDANO S.p.A.
RISTAMPA IN ORIGINALE**

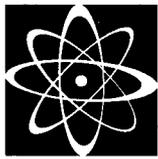
Il Responsabile
Tecnico di Prova
(Geom. Omar Nanni)

Il Responsabile del Laboratorio
di Acustica e Vibrazioni
(Dott. Andrea Bruschi)

ISTITUTO GIORDANO - RICERCHE
LABORATORIO
DI
ACUSTICA

BELLARIA - ITALIA

Il Presidente o
l'Amministratore Delegato
Dott. Ing. Vincenzo Tommi



ISTITUTO GIORDANO



Istituto Giordano S.p.A.
Via Rossini, 2 - 47814 Bellaria (RN) Italy
Tel. +39 0541 343030 - Fax +39 0541 345540
istitutogiordano@giordano.it - www.giordano.it
Cod. Fisc./P.Iva 00 549 540 409 - Cap. Soc. € 880.000 i.v.
R.E.A. c/o C.C.I.A.A. (RN) 156766
Registro Imprese di Rimini n. 00 549 540 409
Organismo Europeo notificato n. 0407
Accreditamenti: SINCERT (057A e 082B) - SIT (20)

RICONOSCIMENTI UFFICIALI MINISTERI ITALIANI:

- Legge 1096/71 con D.M. 27/11/82 n. 21913 "Prove sui materiali da costruzione"
- D.M. 09/11/99 "Certificazione CE per le unità da diporto"
- D.M. 04/08/94 "Certificazione CEE sulle macchine"
- Notifica n. 757890 del 15/12/98 "Certificazione CEE per gli apparecchi a gas"
- D.M. 09/07/93 "Certificazione CEE in materia di recipienti semplici a pressione"
- D.M. 08/07/93 "Certificazione CEE concernente la sicurezza dei giocattoli"
- Incarichi di verifica della sicurezza e conformità dei prodotti nell'ambito della sorveglianza sul mercato e tutela del consumatore.
- D.M. 02/04/98 "Pilastro di attestazioni di conformità delle caratteristiche e prestazioni energetiche dei componenti degli edifici e degli impianti"
- Legge 818/84 e D.M. 26/03/85 con autorizzazione del 21/03/86 "Prove di reazione al fuoco secondo D.M. 26/06/84"
- Legge 818/84 e D.M. 26/03/85 con autorizzazione del 10/07/86 "Prove di resistenza al fuoco secondo Circolare n. 91 del 14/09/61"
- Legge 818/84 e D.M. 26/03/85 con autorizzazione del 03/07/92 "Prove di resistenza al fuoco secondo Circolare n. 7 del 02/04/91 norma CNVVF/CCI UNI 9723"
- Legge 818/84 e D.M. 26/03/85 con autorizzazione del 12/04/88 "Prove sui estintori d'incendio portatili secondo D.M. 20/12/82"
- Legge 46/82 con D.M. 09/10/85 "Immissione nell'albo dei laboratori autorizzati a svolgere ricerche di carattere applicativo a favore delle piccole e medie industrie"
- Protocollo n. 116 del 27/03/87 "Iscrizione allo Schedario Anagrafe Nazionale delle ricerche con codice N.E0490Y9Y"
- Decreto 24/05/02 "Certificazione CE di rispondenza della conformità delle attrezzature a pressione"
- Decreto 14/02/02 "Certificazione CE di conformità in materia di emissioni acustica ambientale per macchine e attrezzature"
- Decreto 05/02/03 "Esecuzione delle procedure di validazione della conformità dell'equipaggiamento marittimo"
- S.U.R.I. n. 236 del 07/10/04 "Certificazione CE sugli ascensori"
- Notifica per le attività di attestazione della conformità alle norme armonizzate della Direttiva 89/106 sui prodotti da costruzione

ENTI TERZI:

- SINCERT "Accreditamenti n. 057A del 19/12/00 "Organismo di certificazione di sistemi di gestione per la qualità" e n. 082B del 12/04/06 "Organismo di certificazione di prodotto"
- SIT "Centro multisede n. 20 (Bellaria - Pomezia) per grandezze termometriche ed elettriche"
- CIM "Prove di laboratorio nell'ambito degli schemi di Certificazione di Prodotto"
- IMC "Prove di laboratorio nell'ambito degli schemi di Certificazione di Prodotto per carne fumate"
- UNCSAAI "Riconoscimento del 26/03/85 "Laboratorio per le prove di certificazione UNCSAAI su serramenti e facciate continue"
- IMO UNI "Prove di laboratorio nell'ambito degli schemi di Certificazione di Prodotto per termocammetti a legna con fluido a circolazione forzata"
- CSI-UNI "Prove di laboratorio in ambito degli schemi di Certificazione di Prodotto per serramenti esterni"
- KEYMARK per isolanti termici "Misure di conduttività termica per materiali isolanti"
- IFT "Prove di laboratorio e sorveglianza in azienda nell'ambito degli schemi di Certificazione di Prodotto per porte, finestre, chiusure oscuranti (antiefrazione) e serramenti"
- EFSG "Prove di laboratorio su cassette e altri mezzi di custodia"
- AENOR "Valutazione della conformità ai fini della marcatura CE per alcuni prodotti inerti alla direttiva prodotti da costruzione"
- TTT Finlandia "Valutazione della conformità ai fini della marcatura CE per alcuni prodotti inerti alla direttiva prodotti da costruzione"
- C.C.I.A.A. Rimini: 28/01/04 "Verifica periodica dell'affidabilità metrologica di strumenti metrici in materia di commercio"

PARTECIPAZIONI ASSOCIATIVE:

- AIA: Associazione Italiana di Acustica
- AICARR: Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria Riscaldamento Refrigerazione
- AICQ: Associazione Italiana per la Qualità
- AIProD: Associazione Italiana Prove non Distruttive
- ALIF: Associazione Laboratori Italiani Fuoco
- ALPI: Associazione Laboratori di Prova Indipendenti
- ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and AirConditioning Engineers Inc.
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- ATIG: Associazione Tecnica Italiana dei Gas
- CIE: Collegio dei Tecnici della Industrializzazione Edilizia
- CTI: Comitato Termotecnico Italiano
- EARMA: European Association of Research Managers and Administrators
- EARTO: European Association of Research and Technology Organisations
- EGOLF: European Group of Official Laboratories for Fire Testing
- UNI: Ente Nazionale Italiano di Unificazione



n° 0021

Il presente Rapporto di Prova è rilasciato in base all'Accreditamento n. 0021 concesso dal SINCERT.
I risultati del presente Rapporto di Prova si riferiscono solamente al campione sottoposto a prova.
Il presente Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del laboratorio.

RAPPORTO DI PROVA N. 239635

Luogo e data di emissione: Bellaria-Igea Marina - Italia, 29/04/2008

Committente: BPB ITALIA S.p.A. - Viale Giacomo Matteotti, 62 - 20092 CINISEL-LO BALSAMO (MI) - Italia

Data della richiesta della prova: 01/04/2008

Numero e data della commessa: 40744, 02/04/2008

Data del ricevimento del campione: 28/03/2008

Data dell'esecuzione della prova: 01/04/2008

Oggetto della prova: Determinazione del potere fonoisolante di parete secondo le norme UNI EN ISO 140-3:2006 ed UNI EN ISO 717-1:2007

Luogo della prova: Istituto Giordano S.p.A. - Blocco 3 - Via Verga, 19 - 47043 Gateo (FC) - Italia

Provenienza del campione: campionato e fornito dal Committente

Identificazione del campione in accettazione: n. 2008/0723

Denominazione del campione*.

Il campione sottoposto a prova è denominato "SAD5 215 RH L e HABITO".

(* secondo le dichiarazioni del Committente.

Comp. MB
Revis. RG

Il presente rapporto di prova è composto da n. 11 fogli.

Foglio
n. 1 di 11

Risultati della prova.

| | |
|---|---------------------|
| Volume della camera ricevente "V" | 83,3 m ³ |
| Superficie utile di misura del campione in prova "S" | 10,8 m ² |

| Frequenza [Hz] | L₁ [dB] | L₂ [dB] | T [s] | R [dB] | R_{ref} [dB] | v_{eff} | k | U [dB] |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|------------------|--------------------------------|------------------------|----------|------------------|
| 100 | 99,1 | 64,9 | 1,67 | 35,5 | 47,0 | 7 | 2,36 | 2,6 |
| 125 | 98,5 | 49,9 | 1,67 | 49,9 | 50,0 | 6 | 2,45 | 1,9 |
| 160 | 98,9 | 45,5 | 1,54 | 54,4 | 53,0 | 8 | 2,31 | 1,1 |
| 200 | 98,7 | 43,8 | 1,31 | 55,2 | 56,0 | 9 | 2,26 | 0,8 |
| 250 | 97,2 | 37,4 | 1,62 | 61,0 | 59,0 | 9 | 2,26 | 0,9 |
| 315 | 98,2 | 34,9 | 1,34 | 63,7 | 62,0 | 13 | 2,00 | 0,8 |
| 400 | 97,4 | 31,1 | 1,16 | 66,0 | 65,0 | 8 | 2,31 | 1,1 |
| 500 | 97,6 | 29,0 | 1,28 | 68,8 | 66,0 | 5 | 2,57 | 2,5 |
| 630 | 97,5 | 29,7 | 1,25 | 67,9 | 67,0 | 6 | 2,45 | 2,4 |
| 800 | 97,3 | 26,2 | 1,31 | 71,4 | 68,0 | 5 | 2,57 | 2,5 |
| 1000 | 97,1 | 24,2 | 1,35 | 73,3 | 69,0 | 5 | 2,57 | 2,4 |
| 1250 | 98,0 | 24,3 | 1,33 | 74,0 | 70,0 | 6 | 2,45 | 1,8 |
| 1600 | 97,4 | 26,7 | 1,40 | 71,2 | 70,0 | 7 | 2,36 | 1,0 |
| 2000 | 98,7 | 31,1 | 1,43 | 68,2 | 70,0 | 14 | 2,00 | 0,5 |
| 2500 | 97,9 | 37,5 | 1,44 | 61,1 | 70,0 | 16 | 2,00 | 0,4 |
| 3150 | 98,5 | 37,8 | 1,36 | 61,1 | 70,0 | 14 | 2,00 | 0,4 |
| 4000 | 99,2 | 34,9 | 1,31 | 64,6 | // | 15 | 2,00 | 0,4 |
| 5000 | 97,9 | 31,1 | 1,13 | 66,4 | // | 9 | 2,26 | 0,7 |

Note: //



Superficie utile di misura del campione:

10,8 m²

Volume della camera emittente:

57,0 m³

Volume della camera ricevente:

83,3 m³

Esito della prova*:

Indice di valutazione a 500 Hz
nella banda di frequenze comprese fra 100 Hz e 3150 Hz:

R_w = 66 dB**

Termini di correzione:

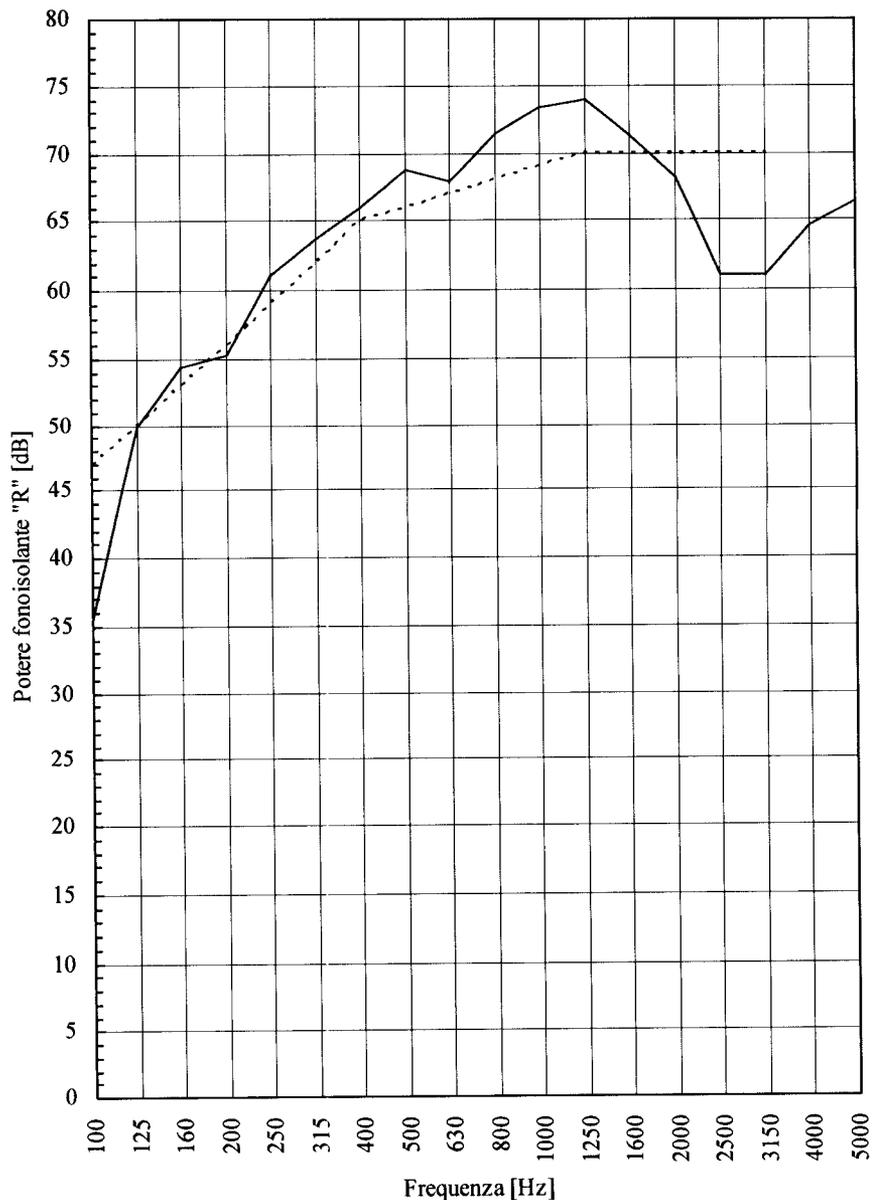
C = -4 dB

C_{tr} = -11 dB

(*) Valutazione basata su risultati di misurazioni di laboratorio ottenuti mediante un metodo tecnico.

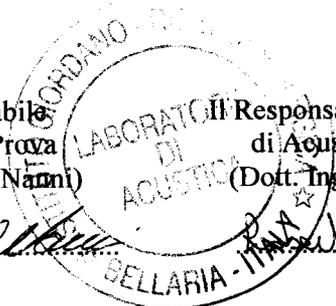
(**) Indice di valutazione del potere fonoisolante elaborato procedendo a passi di 0,1 dB:

66,0 dB



— Rilievi sperimentali
- - - - - Curva di riferimento

Il Responsabile
Tecnico di Prova
(Geom. Omar Nanni)



Il Responsabile del Laboratorio
di Acustica e Vibrazioni
(Dott. Ing. Roberto Baruffa)

Il Presidente o
l'Amministratore Delegato

Dott. Ing. Vincenzo Iommi

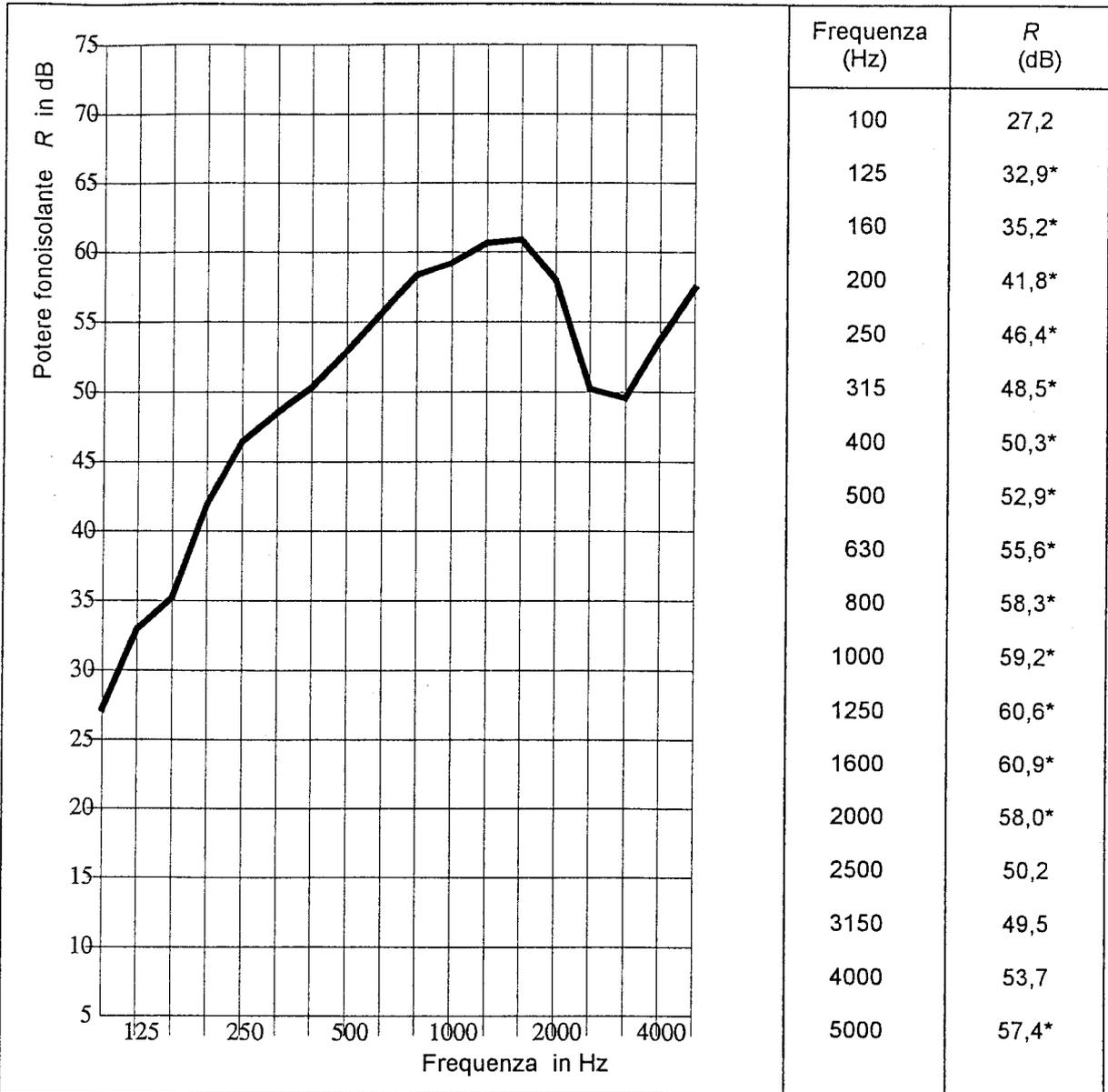
Condizioni climatiche all'atto della prova:

 temperatura dell'aria: $t = 18 \text{ }^\circ\text{C}$
 umidità: $U = 48 \text{ } \%$

Caratteristiche campione:

 area del campione: $S = 10 \text{ m}^2$
 massa per unità di area 43 kg/m^2

Osservazione: la messa in opera della struttura è stata effettuata a cura del Richiedente.


 Indice di valutazione e termini di adattamento: $R_w (C; C_{tr}) = 52,8 (-2; -7) \text{ dB}$

 * La differenza rispetto al massimo potere fonoisolante ottenibile, R'_{max} , nell'ambiente di prova è inferiore a 15 dB.

 Il Responsabile del
 Settore Acustica

**INDICE D'AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE R
D'UN PLANCHER AVEC ET SANS CHAPE FLOTTANTE**

| | |
|-------|----------|
| Essai | 1 & 3 |
| Date | 03/04/01 |
| Poste | DELTA |

| | |
|--------------------|---|
| DEMANDEUR | ISOLGOMMA |
| FABRICANTS | ISOLGOMMA (sous-couche) CSTB (dalle béton - chape flottante) |
| APPELLATION | ISOLGOMMA Type R4 (sous-couche) |

CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

| | |
|--|---------------|
| Dimensions en mm | : 4200 x 3600 |
| Épaisseur totale en mm | : 186 |
| Masse surfacique totale en kg/m ² | : 417 |

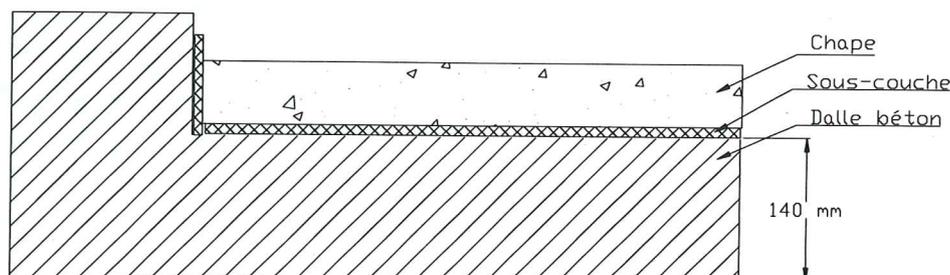
DESCRIPTION (les dimensions sont données en mm) (*)

- * Dalle support :
 - Nature : en béton armé,
 - Épaisseur : 140,
 - Masse surfacique en kg/m² : 325.
- * Sous-couche :
ISOLGOMMA Type R4
 - Nature : Fibres et granulés de caoutchouc recyclés collés avec une résine (latex) sur un papier bitumé,
 - Épaisseur : 4,
 - Masse surfacique en kg/m² : 2,1
 - Présentation : en rouleau de dimensions 1000 x 5000,
 - Raideur dynamique de la sous-couche, sous charge s' en MN/m³ : 36.
(valeur représentative des échantillons testés selon la norme NF EN 29052-1 et une note interne n° 00.466)
- * Chape flottante :
 - Nature : mortier de ciment non armé,
 - Épaisseur : 40,
 - Masse surfacique en kg/m² : 90.

(*) Donnée par le demandeur

MISE EN ŒUVRE

La chape flottante est coulée selon les précautions d'usage avec le produit de sous-couche utilisé en relevés de rives. La sous couche est posée bord à bord sans recouvrement. Un adhésif permet de faire l'étanchéité entre les lés.


REMARQUE

Le plancher est non chargé.

AMÉLIORATION DE L'ISOLATION AU BRUIT DE CHOC ΔL D'UNE CHAPE FLOTTANTE

CD66

| | |
|-------|----------|
| Essai | 2 |
| Date | 03/04/01 |
| Poste | DELTA |

DEMANDEUR ISOLGOMMA
FABRICANTS ISOLGOMMA (sous-couche)
 CSTB (dalle béton - chape flottante)
APPELLATION ISOLGOMMA Type R4 (sous-couche)

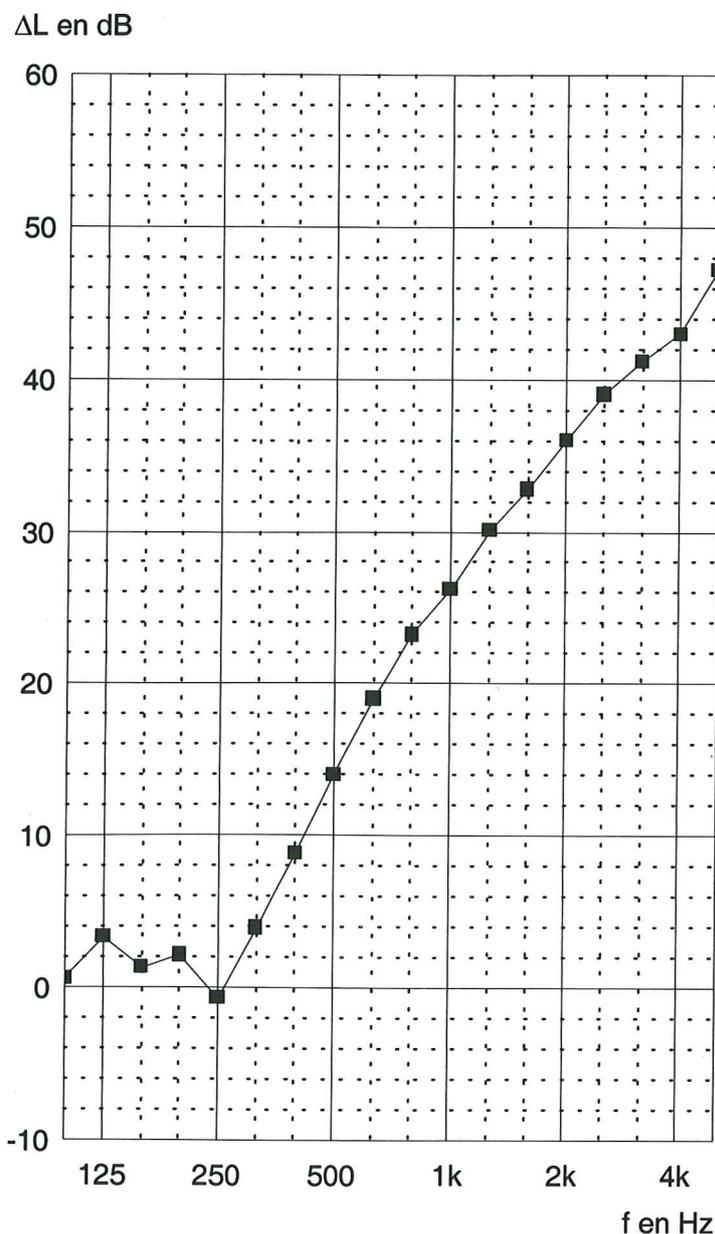
CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

Dimensions en mm : 4200 x 3600
 Épaisseur totale en mm : 186
 Masse surfacique totale en kg/m² : 417

CONDITIONS DE MESURES

Salle émission : Salle réception :
 Température : 20°C Température : 19°C
 Humidité relative : 48 % Humidité relative : 52 %

RÉSULTATS



| f | ΔL |
|------|------------|
| 100 | 0,6 |
| 125 | 3,3 |
| 160 | 1,3 |
| 200 | 2,1 |
| 250 | -0,7 |
| 315 | 3,9 |
| 400 | 8,8 |
| 500 | 14,0 |
| 630 | 19,0 |
| 800 | 23,2 |
| 1000 | 26,2 |
| 1250 | 30,1 |
| 1600 | 32,8 |
| 2000 | 36,0 |
| 2500 | 39,0 |
| 3150 | 41,2 |
| 4000 | 43,0 |
| 5000 | 47,2 |
| Hz | dB |

(*) : valeur corrigée.

(+) : limite de poste.

 $\Delta L_w = 18$ dB

Pour information :

 $C_{i,\Delta} = -11$ dB

 $\Delta L = 17$ dB(A)

INDICE D'AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE R D'UN PLANCHER AVEC ET SANS CHAPE FLOTTANTE

AD43

Essai
Date
Poste
1 & 3
03/04/01
DELTA
DEMANDEUR ISOLGOMMA

FABRICANTS ISOLGOMMA (sous-couche)
CSTB (dalle béton - chape flottante)

APPELLATION ISOLGOMMA Type R4 (sous-couche)

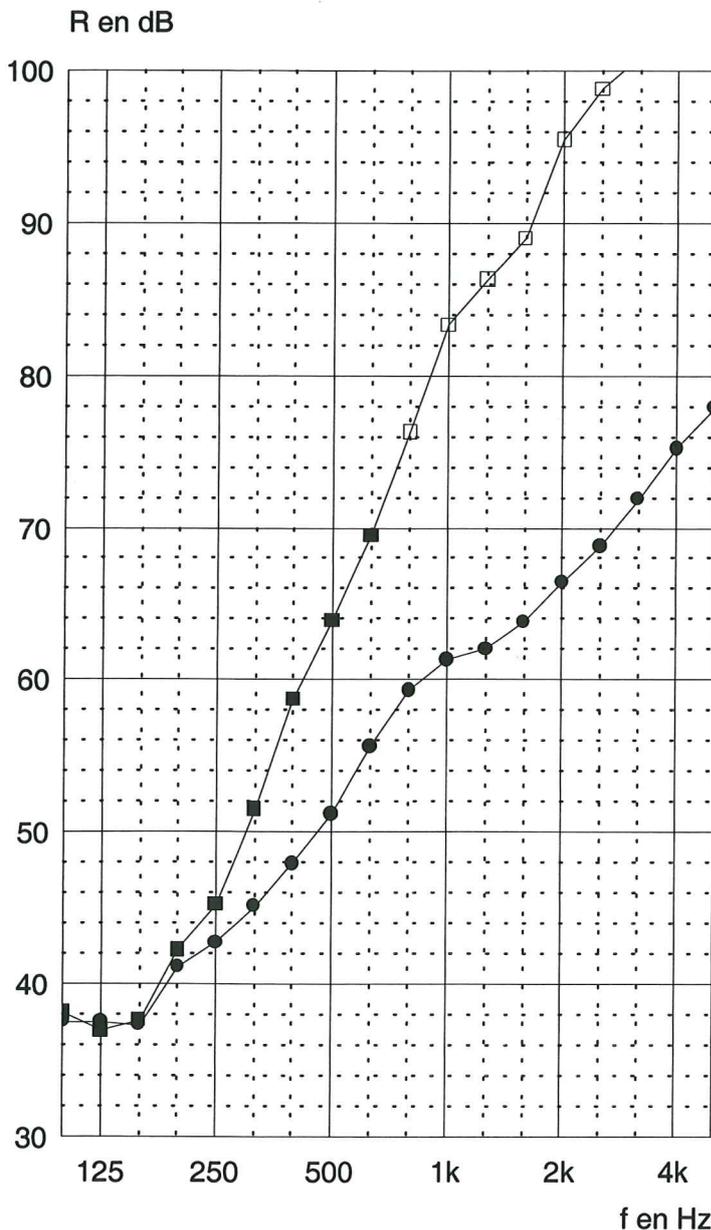
CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

 Dimensions en mm : 4200 x 3600
 Épaisseur totale en mm : 186
 Masse surfacique totale en kg/m² : 417

CONDITIONS DE MESURES
Salle émission : Salle réception :
 Température : 20°C Température : 19°C
 Humidité relative : 48 % Humidité relative : 52 %

RÉSULTATS

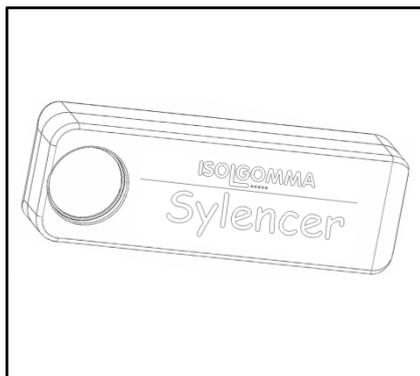
- Essai : Plancher béton + sous-couche + chape
- Essai : Plancher béton seul



| Code | ■ | ● |
|-------|-----------------------------|------|
| f | R | R |
| 100 | 38,1 | 37,5 |
| 125 | 36,9 | 37,5 |
| 160 | 37,6 | 37,3 |
| 200 | 42,2 | 41,1 |
| 250 | 45,2 | 42,7 |
| 315 | 51,5 | 45,1 |
| 400 | 58,7 | 47,9 |
| 500 | 63,9 | 51,2 |
| 630 | 69,5 | 55,6 |
| 800 | 76,3 ⁺ (88,2) | 59,3 |
| 1k | 83,3 ⁺ (92,3) | 61,3 |
| 1,25k | 86,3 ⁺ (97,0) | 62,0 |
| 1,6k | 89,0 ⁺ (102,5) | 63,8 |
| 2k | 95,5 ⁺ (104,7) | 66,4 |
| 2,5k | 98,8 ⁺ (105,6) | 68,8 |
| 3,15k | 101,0 ⁺⁺ (106,5) | 71,9 |
| 4k | 102,4 ⁺⁺ (107,2) | 75,2 |
| 5k | 102,7 ⁺⁺ (106,0) | 77,9 |
| Hz | dB | dB |

(*) : valeur corrigée. (+) : limite de poste.

| | |
|---|--|
| ■ | $R_w (C;C_{tr}) = 58(-2;-8) \text{ dB}$ Pour information : $R_{max} = 57 \text{ dB(A)}$ $R_{min} = 50 \text{ dB(A)}$ |
| ● | $R_w (C;C_{tr}) = 55(-2;-6) \text{ dB}$ Pour information : $R_{max} = 54 \text{ dB(A)}$ $R_{min} = 48 \text{ dB(A)}$ |



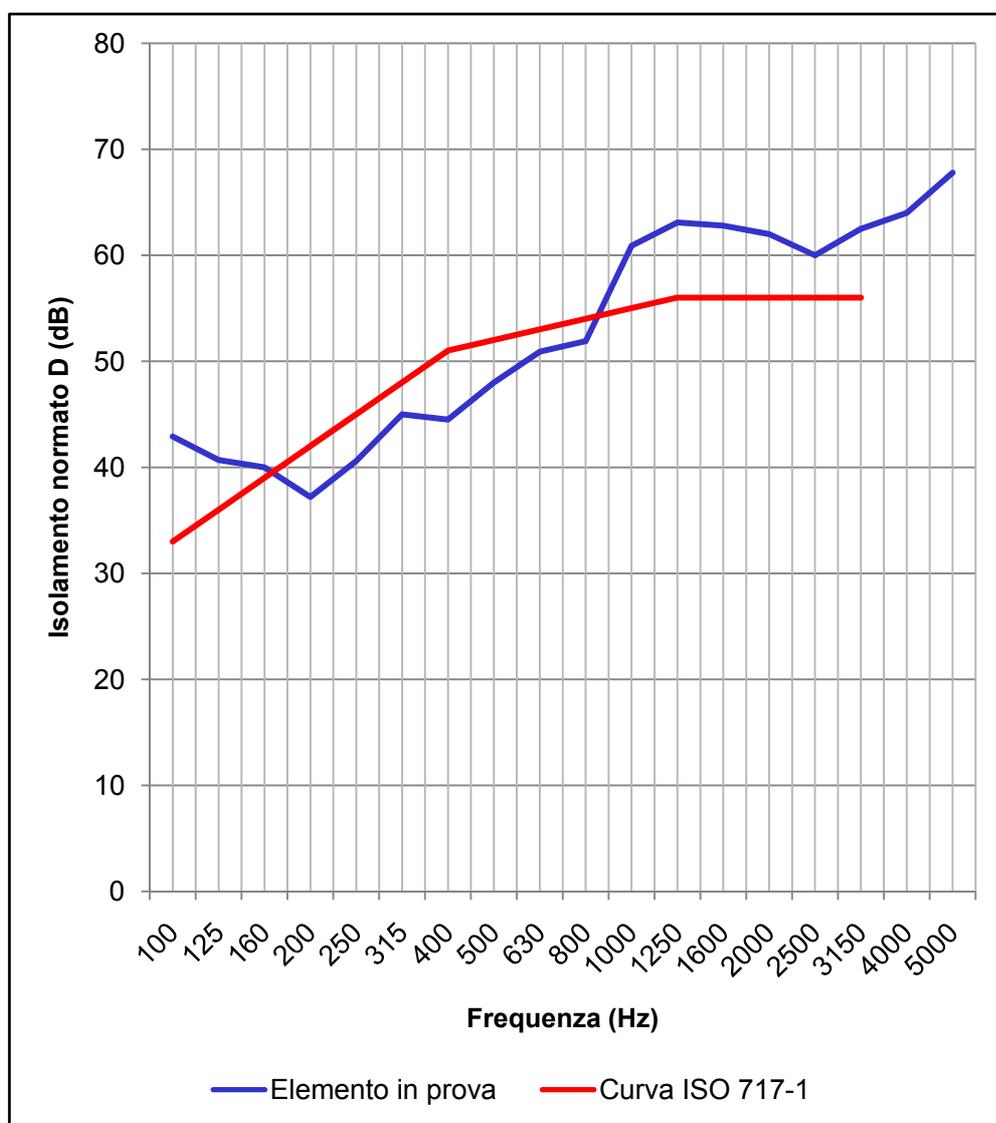
Sylencer

Isolante acustico per fori di ventilazione dei locali adibiti a cucina, da incassare sulla parete di facciata, di forma rettangolare, lunghezza 75 cm, larghezza 15,5 cm e altezza 25 cm; è realizzato con un guscio in polipropilene espanso ad alta densità e canalizzazione interna contenente fibra di poliestere con sezione netta libera superiore a 100 cm².

Risultati sperimentali

| Frequenza (Hz) | D (dB) |
|----------------|--------|
| 100 | 42,9 |
| 125 | 40,7 |
| 160 | 40,0 |
| 200 | 37,2 |
| 250 | 40,6 |
| 315 | 45,0 |
| 400 | 44,5 |
| 500 | 48,0 |
| 630 | 50,9 |
| 800 | 51,9 |
| 1000 | 60,9 |
| 1250 | 63,1 |
| 1600 | 62,8 |
| 2000 | 62,0 |
| 2500 | 60,0 |
| 3150 | 62,5 |
| 4000 | 64,0 |
| 5000 | 67,8 |

$D_{n,e,w} (C, C_{tr}) = 52 (-1; -4) \text{ dB}$



Valutazione secondo ISO 717-1 (nella banda 100÷3150) basata su misurazioni ottenute in laboratorio.