

QUADERNI PER LA PROGETTAZIONE

---

# GUIDA ALL'ACUSTICA DEGLI EDIFICI

Casi studio - Misurazioni - Bonifiche  
Materiali - Tenuta all'aria

Con il patrocinio dell'Agenzia CasaClima

di  
MASSIMO ROVERE

# INDICE GENERALE



Prefazione .....	7
Ringraziamenti .....	9

## PRESENTAZIONE .....

11

1.1 Il Sigillo di Qualità CasaClima: criteri chiari, trasparenti e misurabili .....	11
1.2 Certificazioni di sostenibilità .....	13

---

## CAPITOLO 1

### L'INVOLUCRO E L'AMBIENTE .....

17

1.1 Il Tecnico Competente in Acustica .....	29
1.2 D.P.C.M. 5/12/1997 .....	30
1.3 Norma UNI 11367:2010 .....	32

---

## CAPITOLO 2

### IL POTERE FONOISOLANTE DI PARETI MONOLITICHE E DOPPIE .....

35

2.1 Pareti monolitiche singole .....	38
2.2 Pareti doppie .....	42
2.3 Frequenza di risonanza e coincidenza nelle partizioni singole ....	44
2.4 Frequenza di risonanza e coincidenza nelle partizioni doppie ....	45

---

## CAPITOLO 3

### PROGETTAZIONE ACUSTICA PREVISIONALE .....

47

3.1 Il modello della riflessione .....	47
3.2 Il precedente modello previsionale dell'isolamento acustico .....	47
3.3 La normativa tecnica vigente per la previsione dell'isolamento acustico .....	49
3.4 La previsione dell'isolamento di facciata .....	51

3.5	La previsione del potere fonoisolante apparente .....	52
3.6	La previsione del livello di calpestio e recenti innovazioni .....	54

---

## CAPITOLO 4

### LE MISURAZIONI E LE BONIFICHE ACUSTICHE

<b>DELLE PARETI NEGLI EDIFICI .....</b>	<b>57</b>
4.1 Premessa e considerazioni .....	64
4.2 Misurazioni acustiche in un edificio in struttura portante in legno multistrato .....	65
4.2.1 <i>Sintesi del caso studio</i> .....	70
4.3 Misurazioni acustiche e bonifica in un appartamento condominiale .....	70
4.3.1 <i>Sintesi del caso studio</i> .....	76
4.4 Misurazioni acustiche tra un'attività commerciale e un vano adibito a civile abitazione .....	78
4.4.1 <i>Sintesi del caso studio</i> .....	82
4.5 Misurazioni acustiche e bonifica di pareti tra ville a schiera .....	83
4.5.1 <i>La Intensimetria Acustica</i> .....	83
4.5.2 <i>Sintesi del caso studio</i> .....	91
4.6 Misurazioni acustiche e bonifica del vano scale di un edificio bifamiliare .....	91
4.6.1 <i>Sintesi del caso studio</i> .....	101
4.7 Misurazioni acustiche e criticità delle misurazioni nelle pareti di divisione tra vani in edifici di destinazione d'uso ricettiva ...	102
4.7.1 <i>Premessa</i> .....	102
4.7.2 <i>Casi studio degli hotel</i> .....	104
4.7.3 <i>L'indice descrittore <math>D_{nT,w}</math></i> .....	118
4.7.4 <i>Sintesi dei casi studio</i> .....	118

---

## CAPITOLO 5

### LE MISURAZIONI ACUSTICHE DELLE FACCIATE .....

5.1 Premessa e considerazioni .....	121
5.1.1 <i>Vetrate isolanti e piccoli elementi</i> .....	125
5.1.2 <i>Coperture in legno</i> .....	132
5.1.3 <i>Giunti di costruzione nelle coperture in legno</i> .....	136



5.1.4	<i>Tubazioni, camini, sfiati che attraversano verticalmente le coperture in legno</i> .....	139
5.2	Misurazioni acustiche su edifici industriali a pannelli prefabbricati .....	141
5.2.1	<i>Sintesi del caso studio</i> .....	145
5.3	Misurazioni acustiche su case prefabbricate ad uso turistico ed abitativo .....	146

---

## CAPITOLO 6

### LE MISURAZIONI ACUSTICHE E LE BONIFICHE DEI SOLAI

ORIZZONTALI	.....	151
6.1	Premessa, considerazioni, esperienze e casi studio .....	151
6.1.1	<i>Alternative di posa: impianto radiante a pavimento e strato acustico</i> .....	184
6.2	Solai leggeri "particolari" in legno ad alte prestazioni: misurazioni acustiche e prestazioni .....	187
6.2.1	<i>Esperienza di un solaio in legno a travi, cellulosa, fibra di legno e massetto</i> .....	188
6.2.2	<i>Esperienza di un solaio in multistrato, alleggerito in sabbia, polistirolo e massetto</i> .....	190
6.2.3	<i>Solai strutturali portanti in legno</i> .....	196
6.2.4	<i>Solai strutturali portanti in legno multistrato e pacchetto sovrastante composito</i> .....	204
6.3	Solai nelle ristrutturazioni edilizie: casi studio di misurazioni e bonifiche .....	205
6.3.1	<i>Solai in laterocemento con pavimento flottante</i> .....	205
6.3.2	<i>Solai in laterocemento: misurazioni e bonifica con doppio strato acustico comprensivo di pavimento flottante</i> .....	211
6.3.3	<i>Ristrutturazione di un appartamento in una casa plurifamiliare: misurazioni e bonifica del solaio di copertura, del solaio a pavimento e delle pareti verticali interne. Soluzione box in box</i> .....	214

---

## CAPITOLO 7

GLI IMPIANTI	.....	233
7.1	Premessa .....	233

7.2	Impianti a ciclo continuo .....	233
7.3	Impianti a ciclo discontinuo .....	238
7.3.1	<i>I vani ascensore</i> .....	238
7.3.2	<i>Gli impianti di espulsione aria delle cappe delle cucine e impianti di scarico wc</i> .....	246
7.3.3	<i>I servizi igienici e gli scarichi wc: progettazione e misurazioni acustiche di verifica</i> .....	248
7.3.4	<i>Caso studio di una bonifica di una tubazione di scarico wc in un condominio pluripiano</i> .....	256
7.3.5	<i>Sintesi del caso studio</i> .....	264
7.4	Gli impianti elettrici ed idraulici .....	264

---

## CAPITOLO 8

LA TENUTA ALL'ARIA DELL'INVOLUCRO EDILIZIO .....	271
8.1 Premessa .....	271
8.2 Elementi fondamentali per la tenuta all'aria e al vento .....	271
8.3 Sigillanti e nastrature .....	277
8.4 Sigillanti e nastrature dei corpi emergenti .....	281
8.5 Appoggio della copertura sulle pareti .....	282
8.6 Il Blower Door Test .....	283
8.6.1 <i>Individuazione delle fessure</i> .....	284

---

## CAPITOLO 9

LA TENUTA ALL'ARIA DEGLI INFISSI .....	287
9.1 Premessa .....	287
9.2 La tenuta all'aria e al vento del serramento .....	288
9.2.1 <i>La corretta posa in opera dei serramenti</i> .....	289
9.3 La tenuta all'aria del cassonetto e dei portoncini .....	298
9.3.1 <i>La tenuta all'aria del portoncino esterno</i> .....	300
NORMATIVA .....	303
Pubblicazioni dell'autore .....	304

# PREFAZIONE



L'acustica non solo come adempimento cioè mero formalismo e superamento o meno di un limite, ma benessere e comfort all'interno degli edifici.

L'acustica deve andare oltre: la soglia è un vincolo attraverso cui demandare chi deve fare che cosa, ma non certo definire ed analizzare le potenzialità espresse attraverso un ambiente isolato, confortevole, attraverso un sistema di contenimento che permetta di garantire una migliore qualità della vita.

La conoscenza crea economia.

Se non si progredisce non si riesce ad essere motrice di una economia ma solo traino di coda.

Questa esperienza deve essere acquisita e sviluppata.

Il testo nasce appunto dall'esperienza nella progettazione, nelle bonifiche e misurazioni acustiche in opera all'interno e all'esterno degli edifici.

Ci si è concentrati soprattutto sull'acustica edilizia e sui suoi componenti edilizi quali pareti, solai, infissi, facciate, coperture ed impianti, ma nel capitolo introduttivo si è ricordata l'interazione tra acustica ambientale ed involucro, che sovente viene disattesa.

In particolare sono stati esposti esempi e casi studio di misurazioni e miglioramenti che evidenziassero l'evolversi del fenomeno acustico dalla situazione *ante operam* a quella *post operam* così da verificare le dinamiche che abbiano contribuito al risultato finale.

Particolare riguardo è stato offerto ai temi della tenuta all'aria, al vento dell'involucro e degli infissi.

Il continuo evolversi della normativa rende molti testi già obsoleti alla loro pubblicazione.

L'intento è stato di evitare che il volume fosse dipendente solo dalla normativa vigente evidenziando invece le procedure metodologiche delle misurazioni acustiche dello stato di fatto, le conseguenti bonifiche e misurazioni di confronto e collaudo.

Si ritiene quindi importante seguire una strategia che possa guidare il Professionista attraverso un percorso chiaro e affidabile che prediliga sia gli input iniziali che le soluzioni finali.

In ogni presentazione dei casi studio si è proposto, alla fine dei capitoli più

importanti, una sintesi del lavoro eseguito per indicare le scelte delle indagini adottate, in funzione delle finalità prefissate.

Il modo in cui un Tecnico è stato formato determina il suo agire.

L'Autore

Dott. Ing. Massimo Rovere

*suono@euphonica.it*

La riproduzione delle formule contenute nell'opera è stata autorizzata da UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione. L'unica versione che fa fede è quella originale reperibile in versione integrale presso:

UNI, Via Sannio, 2 - 20137 Milano - Tel. 02 70024200 - Fax 02 5515256  
diffusione@uni.com sito - www.uni.com

# RINGRAZIAMENTI

- Dott. Ing. Lorenzo Soligo Tecnico Competente in Acustica - Padova. Fondamentale è stata la sua collaborazione. A lui va la mia massima gratitudine.
- Prof. Ing. Angelo Farina Dip. Ing. Industriale Università degli Studi di Parma.
- Dott. Ing. Thomas Zanutto Direttore Centro Studi Acustica Edilizia Treviso.
- Agenzia CasaClima di Bolzano
- Riwega Egna Bolzano
- Dott. Paolo Ambrosi, Ambrosi - Partner - Trento
- Commissione Acustica dell'ordine degli ingegneri della provincia di Treviso
- Prof.ssa Witfrida Mitterer - Presidente Fondazione Italiana di Bioarchitettura - Bolzano
- Arch. Greti Innerhofer Merano - Bolzano
- Ph. D. Dr. Ing. Ruben Erlacher Chiusa - Bolzano
- Geom. Giuseppe Mosconi - Verona
- Geom. Ivo Lorenzi, Ora - Bolzano
- Arch. Lino Rama Bardolino - Verona
- Modus Architects - Arch. Matteo Scagnol e Arch. Sandy Attia Bressanone - Bolzano
- Ing. Michele Carlini - Bolzano
- Ing. Marco Graiff - Bolzano
- Elena Rama Bardolino - Verona - Geom. Laureata in Architettura e produzione edilizia
- Dott. Silvio Torelli - Mantova
- Dott. Andrea Bruschi - Istituto Giordano - Bellaria - Rimini
- Ing. Roberto Baruffa - Istituto Giordano - Bellaria - Rimini
- Famiglia Viola - Hotel Aqualux Bardolino - Verona
- Fedrigoli Costruzioni s.p.a. San Ambrogio di Valpolicella - Verona
- Atzwanger s.p.a. - Bolzano
- Alufer - Infissi - Peschiera sul Garda - Verona
- STP s.r.l. Taio - Trento
- Raro Haus Val Pusteria, Vandoies - Bolzano





- Metsä Wood Merk GmbH, Aichach (DE)
- Wolf System GmbH Campo di Trens - Bolzano
- Saba Parquet e pavimenti flottanti - Treviso
- Salewa Headquarter - Bolzano
- Energytech - Dott. Ing. Georg Felderer - Bolzano
- Italtblock Manzano Udine
- Pircher Oberland AG - MOVIT® - Made in Pircher Dobbiaco - Bolzano
- ZH General Construction Company AG Campo Tures - Bolzano
- Arch. Roberto Dall'Olio - Migliarino - Ferrara
- Hotel Gitschberg famiglia Peintner Maranza - Bolzano
- Progress AG Thermowand - Bressanone - Bolzano
- Naturalia Bau Merano - Bolzano
- LignoAlp - Damiani - Holz & Ko AG Bressanone e Nova Ponente - Bolzano
- Naturhaus-Lana - Bolzano
- Aetolia VZ s.r.l. - Sesto Fiorentino - Firenze
- Isolmant Tecnasfalti - Carpiano - Milano
- Proxital - Terilex - Motta di Livenza - Treviso
- Roverplastik - Volano (Trento)
- Aesse Misure - Trezzano sul Naviglio

Ringrazio tutti i colleghi Tecnici Competenti in Acustica, i CTU e i legali che ho conosciuto durante gli ATP. Da tutti ho imparato molto.

Mi scuso nel caso avessi dimenticato in buona fede qualche nominativo che abbia contribuito ai lavori indicati nel testo.

Le pubblicazioni dell'autore sono anche a cura di: Ing. Lorenzo Soligo, Ing. Lorenzo Rizzi, Ing. Thomas Zanutto, Prof. Ing. Lamberto Tronchin, Ing. Martina De Mattio, Agenzia CasaClima Bolzano.

L'AUTORE

# PRESENTAZIONE



## I.1 Il Sigillo di Qualità CasaClima: criteri chiari, trasparenti e misurabili

CasaClima è un Marchio Internazionale di Qualità per edifici che garantisce l'efficienza energetica, il comfort termico e di conseguenza un generale benessere abitativo. Il grado di efficienza si esprime in una valutazione complessiva della progettazione e della costruzione, verificata durante tutto il processo di costruzione a partire dalla progettazione con controlli da parte della Agenzia CasaClima ed attestata alla fine dei lavori con il rilascio del Certificato Energetico.

L'Agenzia CasaClima è una struttura pubblica della Provincia Autonoma di Bolzano che si occupa della Certificazione Energetica degli Edifici, ma non solo.

Il termine CasaClima non identifica uno stile architettonico o un sistema costruttivo ma uno standard energetico. La certificazione CasaClima ha saputo diffondere dai primissimi anni 2000 una vera e propria "cultura" dell'efficienza energetica, unitamente all'abitare sano e all'operare con professionalità, concretezza e neutralità.

Con 5000 edifici certificati su tutto il territorio nazionale, CasaClima è una delle realtà più consolidate e riconosciute nel campo della certificazione energetica degli edifici. Molte delle certificazioni sono state ottenute da progetti provenienti dalla Provincia Autonoma di Bolzano, ma l'attività è in espansione anche nel resto dell'Italia.

Una CasaClima è caratterizzata da un fabbisogno energetico molto basso e permette quindi di risparmiare sui costi di riscaldamento e raffrescamento. Grazie all'insieme di accorgimenti che garantiscono l'Efficienza Energetica si acquista una maggiore autonomia rispetto all'andamento dei costi delle fonti di approvvigionamento primario.

**CasaClima Oro** ha la migliore efficienza energetica garantendo un fabbisogno termico inferiore a 10 kWh per metro quadrato annuo. Gli edifici che hanno un fabbisogno energetico fino a 30 kWh per anno e metro quadrato vengono classificate **CasaClima A** cioè "casa da tre litri" perché in un anno hanno la necessità di un fabbisogno massimo di tre litri di gasolio per ogni metro quadrato o in alternativa tre metri cubo di metano. La **CasaClima B** è una "casa da cinque litri" cioè con un fabbisogno massimo 50 kWh per anno e metro quadrato. Gli edifici che si contraddistinguono per un consumo particolarmente basso di energia, oltre al certificato, ricevono la **targhetta CasaCli-**

**ma** che viene applicata vicino al numero civico e che identifica la classe energetica. **CasaClima nature** rappresenta un edificio che viene certificato anche per la sua elevata sostenibilità complessiva.

Il Certificato Energetico CasaClima informa in modo chiaro e trasparente sul comportamento energetico dell'edificio.

Tre sono i dati principali che sono riportati nel Certificato Energetico CasaClima a tutela dei diritti fondamentali degli utenti:

### **L'efficienza dell'involucro**

Esprime principalmente la qualità energetica dei componenti edilizi che delimitano gli ambienti riscaldati dell'edificio.

### **L'efficienza complessiva**

Questo dato riporta la valutazione complessiva della qualità dell'involucro e della qualità delle scelte impiantistiche ed è espresso in fabbisogno di energia primaria ed emissioni di CO<sub>2</sub>.

### **La sostenibilità ambientale**

La certificazione energetica CasaClima può essere integrata con la certificazione Ambientale Nature. Ai requisiti di efficienza energetica CasaClima si aggiungono requisiti di ecocompatibilità dei materiali, di qualità dell'aria interna, di luce naturale, di comfort acustico, di protezione dal gas radon.

I seguenti principi devono trovare applicazione ed esecuzione nella realizzazione di una CasaClima:

- elevata coibentazione;
- involucro possibilmente compatto;
- assenza dei ponti termici;
- tenuta all'aria e al vento;
- ridotte perdite per ventilazione;
- uso passivo dell'energia solare;
- ottimizzazione della produzione del fabbisogno energetico rimanente.

Il Certificato CasaClima introduce un elemento di trasparenza nel mercato immobiliare perché informa il proprietario di un edificio in modo chiaro e credibile sui costi energetici che dovrà sostenere rappresentando quindi una garanzia di qualità.

La Certificazione Energetica CasaClima può essere richiesta per tutte le tipologie costruttive, dalle abitazioni monofamiliari, alle scuole, agli uffici, agli Hotel ecc. Per il calcolo è disponibile un programma online, a cui si affianca una Direttiva Tecnica che definisce in modo preciso le modalità di calcolo di superfici e volumi riscaldati,



le modalità di risoluzione dei ponti termici strutturali, le prestazioni richieste alle strutture in termini di ermeticità all'aria e di protezione termica estiva, le modalità di calcolo dell'efficienza nel recupero di calore delle macchine di ventilazione e altro ancora. Importante ai fini dell'ottenimento del Sigillo di Qualità CasaClima è il raggiungimento di una qualità costruttiva in grado di garantire nel tempo lo standard CasaClima progettato. Non sempre un buon progetto si trasforma necessariamente in una buona costruzione. Per questo è necessario controllare attentamente che tutto ciò che viene dichiarato sia anche correttamente realizzato in cantiere.

L'Agenzia CasaClima, dopo aver vagliato attentamente la documentazione di progetto e di calcolo (compresi i dettagli costruttivi) presentata dai richiedenti, procede alla nomina di un proprio Auditore Autorizzato. Questi effettuerà i controlli in cantiere durante le fasi più significative della costruzione e procederà a stilare un resoconto completo sulla effettiva o mancata corrispondenza con i dati di progetto redigendo anche la sintesi di eventuali criticità. Solo a edificio concluso e con verifica finale positiva, l'Agenzia CasaClima rilascerà il certificato e la targhetta CasaClima che verrà posta vicino all'ingresso dell'edificio per attestare l'effettivo consumo energetico e quindi l'elevata qualità raggiunta.

## 1.2 Certificazioni di sostenibilità

I nuovi Sigilli ClimaHotel, CasaClima Work&Life, CasaClima Habitat, CasaClima Wine e CasaClima Welcome nascono con l'obiettivo di certificare la sostenibilità di precise categorie di edifici. Chi vuole eseguire un'analisi di sostenibilità globale equilibrata, non può affidarsi solo a una valutazione parziale degli effetti, ma deve stabilire un metodo che permetta a tutti i portatori di interessi di intraprendere un percorso in cui vengano introdotte misure praticabili, controllabili e comunicabili, relative a tutti gli ambiti di influenza del progetto.

Per questo motivo le Certificazioni di Sostenibilità non si limitano a considerare solo gli aspetti legati ai consumi energetici, ma introducono criteri di valutazione che interessano tutti gli ambiti della sostenibilità: Natura, Vita, Trasparenza.

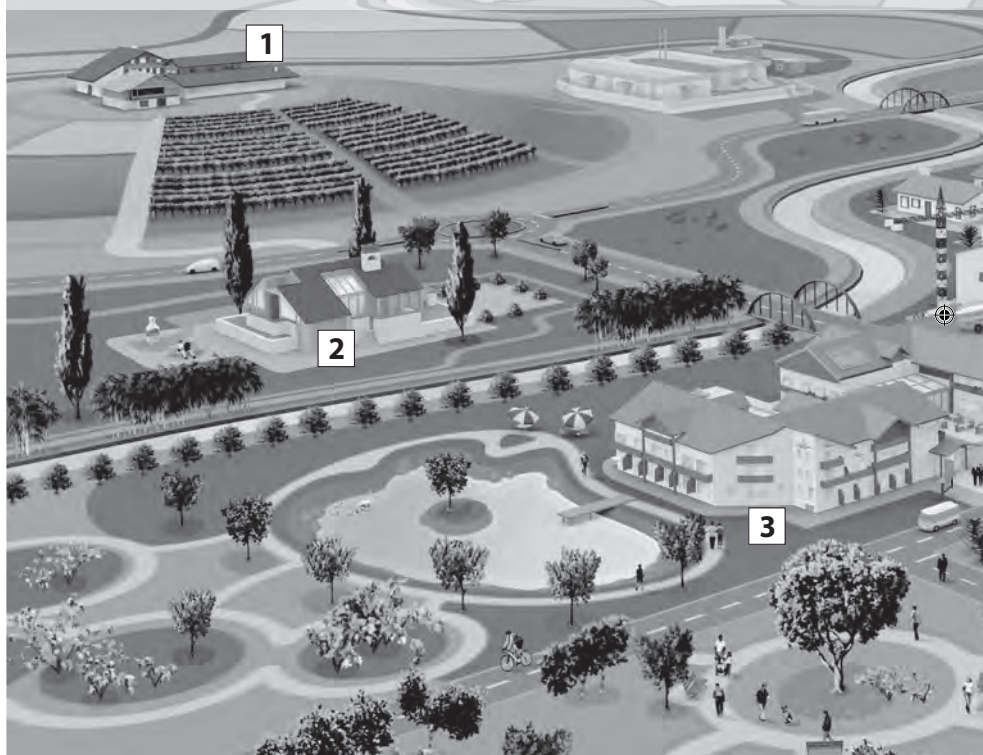
I Sigilli di Qualità ClimaHotel, CasaClima Work&Life, CasaClima Habitat, CasaClima Wine e CasaClima Welcome rappresentano uno strumento di garanzia per l'utente finale e si ottengono dopo una verifica completa dei criteri di valutazione, dalla fase di progettazione a quella di realizzazione compresa la fase gestionale.

La sostenibilità coinvolge aspetti legati all'impatto ambientale dei materiali impiegati, all'efficienza energetica, ai materiali da costruzione, al consumo di acqua, alla qualità di vita degli occupanti, al rapporto tra i costi ed i benefici nel lungo termine.

# CasaClima: la certificazione di qualità

Il certificato energetico con sigillo di qualità CasaClima garantisce ai committenti e agli utenti spazi di vita confortevoli e che risparmiano energia. L'uso intelligente delle risorse contribuisce alla tutela del clima e dell'ambiente.

Le verifiche accurate di ogni progetto e gli audit di controllo durante la fase costruttiva attestano l'elevato livello qualitativo ed il grado di efficienza raggiunto. In quanto organo certificatore pubblico e indipendente, l'Agenzia CasaClima è garanzia di neutralità e trasparenza per i cittadini.



**1** CasaClima Wine

La certificazione CasaClima Wine è il sigillo di qualità di cantine vinicole sostenibili, che oltre a valutare l'impatto ambientale dell'edificio e il benessere dell'uomo che ci lavora o la visita, considera gli aspetti dell'energia e dell'acqua durante tutto il processo di vinificazione.

**2** CasaClima *nature*

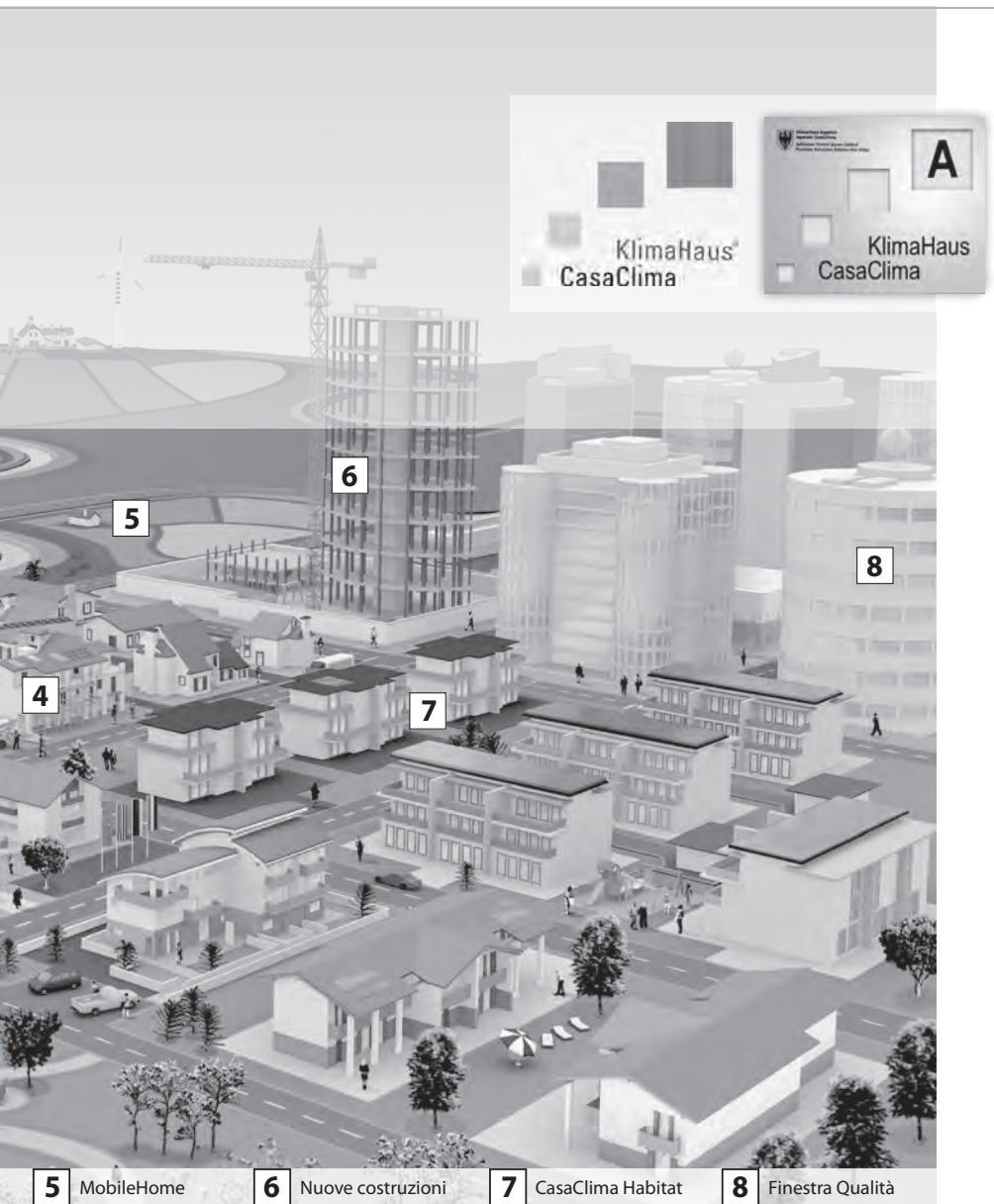
Certifica un edificio non solo dal punto di vista dell'efficienza energetica, ma anche degli impatti sull'ambiente e sulla salute dell'uomo. Per questo ai fini della valutazione è importante l'impiego di materiali da costruzione ecocompatibili e un uso attento delle risorse acqua e suolo.

**3** ClimaHotel

È il sigillo di qualità per un turismo consapevole. Uno strumento per costruire e gestire le strutture alberghiere in modo sostenibile sia dal punto di vista dell'ecologia e dell'economia, sia degli aspetti socio-culturali.

**4** Risanamento

Risanare energeticamente un edificio secondo lo standard CasaClima permette di adeguare la costruzione alle nuove esigenze degli abitanti in termini di spazi e di comfort abitativo. Si ottiene nel contempo un notevole risparmio energetico e un incremento del valore dell'immobile.



**5** MobileHome

È una moderna interpretazione di bungalow, arricchita con design e autosufficienza energetica. Non più edifici in plastica o metallo, simili spesso a baracche nel paesaggio, ma piccole vere CasaClima con prestazioni elevate e altissimo grado di ecologia.

**6** Nuove costruzioni

Una CasaClima si caratterizza per un elevato comfort abitativo e per le ottime prestazioni energetiche. L'attenta realizzazione dell'involucro assicura un basso fabbisogno termico che viene coperto da un impiantistica efficiente sfruttando al massimo le fonti energetiche rinnovabili.

**7** CasaClima Habitat

Valuta la sostenibilità globale di estese aree abitative, certificando le buone pratiche di progettazione e di gestione basate su standard innovativi sia a livello di misure tecniche che strategiche.

**8** Finestra Qualità

Valuta non solo la qualità energetica della finestra con requisiti minimi migliorativi rispetto alle normative nazionali ma controlla anche la formazione e la progettazione della posa in opera a regola d'arte. Offre inoltre una garanzia di 4 anni.

# PROGETTAZIONE ACUSTICA PREVISIONALE (1)



## 3.1 Il modello della riflessione

Per suoni a media e alta frequenza è utilizzata la teoria dei raggi, mutuandola dall'ottica e dalla teoria dell'elettromagnetismo.

Si individuano dalla legge di bilancio dell'energia, che incide e riflette su una parete tre coefficienti, che sono dei numeri puri.

$$1 = r + a + t \quad [3.1]$$

Questi coefficienti definiscono tre componenti energetiche che si creano quando un raggio sonoro incide su una parete: una riflessa nello spazio di provenienza, una assorbita dentro la parete e una trasmessa attraverso la parete stessa.

Per i materiali lisci e rigidi come quelli utilizzati in edilizia solitamente (mura-tura, calcestruzzo, legno, cartongesso) il coefficiente  $r$  è compreso tra l'80 e il 99%,  $a$  è compreso tra l'1% e il 20%, mentre  $t$  è nella maggior parte dei casi inferiore all'1%. Nei materiali spugnosi fono-resistivi (poliuretano espanso, fibre minerali e sintetiche, fibre naturali) il rapporto tra  $r$  ed  $a$  si inverte e si ottiene una riflessione compresa tra l'1 e il 20%, un assorbimento  $a$  compreso tra l'80 e il 99% e un coefficiente  $t$  rimane comunque prossimo o inferiore all'1%.

## 3.2 Il precedente modello previsionale dell'isolamento acustico

La definizione teorica del potere fonoisolante  $R$  di una partizione deriva dal

---

1. A cura dell'ing. Lorenzo Rizzi, Tecnico Competente in Acustica - Lecco.

suddetto coefficiente di trasmissione  $t$ :

$$R = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{t} \right) = -10 \log_{10}(t) \quad [\text{dB}] \quad [3.2]$$

La dichiarazione precedente sul fatto che  $t$  sia quasi sempre inferiore all'1% equivale a dire che gran parte dei materiali, o meglio, dei sistemi di materiali usati in edilizia per isolare acusticamente, abbiano un potere fonoisolante teorico  $R$  maggiore di 20 dB.

Diventa evidente come il valore più noto di  $R = 50$  dB sia traducibile in un valore del coefficiente di trasmissione  $t$  di 10 milionesimi ovvero dello 0,001%. Si comprende meglio la difficoltà tecnica, che cresce esponenzialmente, nell'impedire al suono di trasmettersi.

Utile è introdurre il vecchio metodo previsionale per il calcolo di  $R$  di una parete composta da più elementi, come vedremo in seguito, oggi ampiamente superato.

È interessante ricordare come in questo modello si calcolasse il coefficiente  $t$  complessivo di una parete di superficie  $S$  mediando i coefficienti  $t_i$  dei suoi elementi in funzione della loro superficie  $S_i$ :

$$t = \frac{t_1 S_1 + t_2 S_2 + \dots}{S_{tot}} \quad [3.3]$$

Discutiamo ora un semplice esempio:

(elemento 1) una parete divisoria di dimensioni 5 m x H 2,7 m in mattoni forati da 8 cm ( $R_1 = 40$  dB ovvero  $t_1 = 0,0001$  ovvero lo 0,01%)

con inserita

(elemento 2) una classica porta in tamburato di legno 0,9 m x H 2,1 m ( $R_2 = 20$  dB ovvero  $t_2 = 0,01$ , ovvero l'1%).

►  
Figura 3.1







Calcoliamo le superfici:

$$S_{tot} = 5 \cdot 2,7 = 13,5 \text{ m}^2$$

$$S_2 = 0,9 \cdot 2,1 = 1,89 \text{ m}^2$$

$$S_1 = S_{tot} - S_2 = 11,61 \text{ m}^2$$

$$t = \frac{0,0001 \cdot 11,6 + 0,01 \cdot 1,89}{13,5} = 0,00148$$

che si traduce in:

$$R = 28,3 \text{ dB}$$

Si calcoli il risultato se nell'esempio avessimo inserito una porta da 15 dB, come sono gran parte delle porte che utilizziamo in casa, o se avessimo usato una porta da 28 dB, come alcuni produttori hanno recentemente lanciato sul mercato.

Per lavorare solo in deciBel il modello teorico si traduce con pochi passaggi in:

$$R = -10 \log_{10}((t_1 S_1 + t_2 S_2 + \dots)/S_{tot}) \quad [\text{dB}] \quad [3.4]$$

Ovvero

$$R = -10 \log_{10} \left( (10^{-\frac{R_1}{10}} \cdot S_1 + 10^{-\frac{R_2}{10}} \cdot S_2 + \dots) / S_{tot} \right) \quad [\text{dB}] \quad [3.5]$$

Il modello è importante nella didattica ed è ancora utilizzabile come modello empirico in prime stime con grande incertezza previsionale, quando si hanno a che fare con bassi livelli di isolamento (inferiore a 40 dB).

### 3.3 La normativa tecnica vigente per la previsione dell'isolamento acustico

La normativa tecnica ufficiale in Italia al momento della redazione del libro è il Technical Report UNI 11175 del 2005. Questo ha tradotto per le tecnologie Italiane le prime tre norme della norma europea EN 12354 che sono uscite nel 2002 e che trattano della previsione dei tre parametri principe dei requisiti acustici passivi degli edifici: il potere fonoisolante apparente  $R'_w$ , il livello del rumore di calpestio in opera  $L'_{nw}$  e l'isolamento di facciata  $D_{2m,nT,w}$

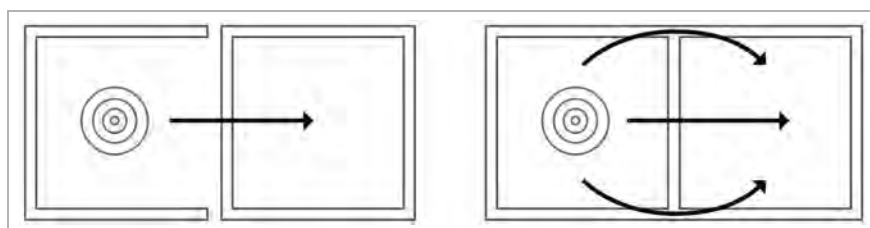
La previsione di isolamento è stata perfezionata negli ultimi decenni del secolo scorso, e si è potuto sviluppare una teoria fisico-matematica che consideri altri fenomeni già conosciuti dalla pratica sperimentale.

Il più noto è che il suono non si trasmette solamente dentro il divisorio su cui si infrange (come nel modello sopra esposto), ma passi anche attraverso gli elementi dell'edificio collegati allo stesso divisorio (se è una parete si tratterà dei solai e delle pareti ad essa perpendicolari che la delimitano). La trasmissione 'laterale' o 'per fiancheggiamento' contribuisce infatti a diminuire il potere fonoisolante effettivo di un qualsiasi divisorio.

La teoria distingue quindi il potere fonoisolante misurabile in laboratorio  $R$  dal potere fonoisolante 'apparente', ovvero misurabile in opera,  $R'$ . In laboratorio si eliminano i percorsi di fiancheggiamento e per questo è sempre vera la seguente affermazione:

$$R \geq R' \quad [3.6]$$

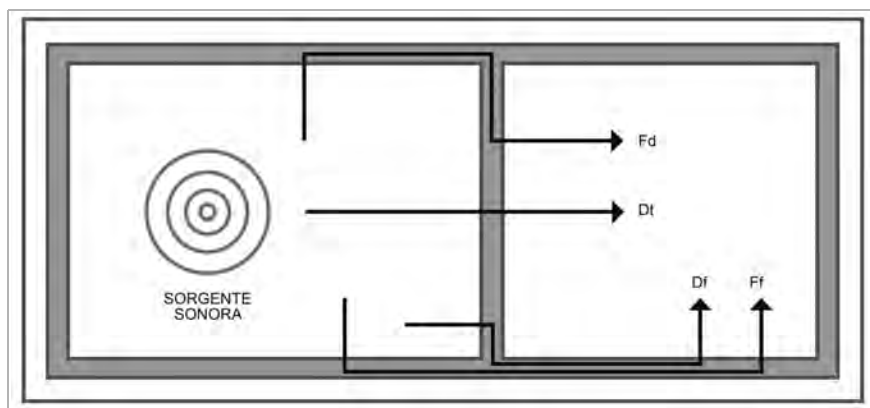
Figura 3.2



Un altro fenomeno già noto, inserito nella norma tecnica, è che si possa attenuare l'effetto delle trasmissioni laterali modificando le caratteristiche materiche dei giunti fra gli elementi dell'edificio.

La norma EN 12354 parte 1, che illustreremo brevemente nel proseguo del capitolo, parte dal presupposto che fra due ambienti separati da un divisorio ci siano 13 percorsi che il suono possa percorrere: uno diretto attraverso il solo divisorio e 12, detti di fiancheggiamento, attraverso due elementi dei suddetti ambienti.

Figura 3.3





Nella figura precedente si individua il percorso diretto (indicato con  $Dt$ ) e le tre tipologie di fiancheggiamento ( $Df$  – indica che il suono entra prima nel divisorio e poi esce da uno degli elementi laterali della stanza ricevente); ognuna di queste tipologie vede 4 possibili percorsi.

La norma UNI TR 11175 dichiara un grado di accuratezza della previsione in edifici con strutture omogenee (in muratura) di 2 dB.

### 3.4 La previsione dell'isolamento di facciata

La parte 3 della norma europea EN 12354 prevede di considerare gli elementi della parete di facciata (pedice  $e$ ) ma anche tutti gli elementi di edificio laterali (pedice  $f$ ) e di calcolare il suo potere fonoisolante  $R'$ .

Estendendo il semplice modello illustrato in precedenza e introducendo il coefficiente  $\tau$ , il fattore di trasmissione della potenza sonora irradiato da un elemento la sommatoria in [3.4] si espande come segue:

$$R' = -10 \log(\sum_{i=1}^n \tau_{e,i} + \sum_{f=1}^m \tau_f) \quad [\text{dB}] \quad [3.7]$$

Dove, nel caso della facciata, i fattori di trasmissione  $\tau$  sono descritti da:

$$\tau_i = \frac{S_i}{S_s} 10^{-\frac{R_i}{10}} \quad [3.8]$$

$$\tau_e = \frac{A_0}{S_s} 10^{-\frac{D_{n,e}}{10}} \quad [3.9]$$

$D_{n,e}$  indica l'isolamento acustico normalizzato relativo a piccoli elementi (prese di ventilazione, tubi solari, griglie di ventilazione).

Per tradurre il valore  $R'$  così calcolato in un valore di isolamento di facciata si richiede poi di considerare la possibile attenuazione o amplificazione data dalla forma della facciata  $\Delta L_{fs}$  e di considerare la geometria dell'ambiente (il suo volume  $V$  e superficie  $S$  della parete di facciata).

$$D_{2m,nT} = R' + \Delta L_{fs} + 10 \log\left(\frac{V}{670S}\right) \quad [\text{dB}] \quad [3.10]$$

Figura 3.4



Il coefficiente  $\Delta L_{fs}$  contribuisce per un termine che dipende anche dall'altezza sul piano stradale e dalla presenza di fonoassorbenti nell'intradosso dei balconi ma è la forma della facciata in sezione a dominare: se sono presenti delle

logge o dei balconi i piani superiori saranno favoriti da una attenuazione per diffrazione, se la facciata è piana non ci sarà nessun vantaggio.

Nelle due foto precedenti è evidente come la presenza di balconi possa difendere meglio le stanze che vi si affacciano, meglio se con la presenza di una loggia.

### 3.5 La previsione del potere fonoisolante apparente

Come già detto la normativa rappresenta, al momento della redazione del testo, lo stato dell'arte della previsione dell'isolamento acustico fra due ambienti.

Dati i tredici percorsi possibili nella trasmissione fra due ambienti limitrofi il modello introdotto in [3.7] viene esteso e dettagliato:

$$R'_w = -10 \log [10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{f=f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Fd,w}/10}] [\text{dB}] \quad [3.11]$$

Ognuno dei 13 percorsi viene calcolato dalla seguente formula:

$$R_{w,ij} = \frac{R_{w,i} + R_{w,j}}{2} + \Delta R_{w,ij} + K_{ij} + 10 \log \left( \frac{S}{l_0 \cdot l_{ij}} \right) [\text{dB}] \quad [3.12]$$

Per il potere fonoisolante imputabile al solo percorso diretto  $R_{Dd}$  la formula si riduce a:

$$R_{w,Dd} = R_{w,D} + \Delta R_{w,Dd} [\text{dB}] \quad [3.13]$$

Ovvero a considerare il potere fonoisolante della partizione stessa sommandogli l'eventuale contributo di un rivestimento, se presente.

Il potere fonoisolante degli altri 12 percorsi di fiancheggiamento  $ij$  diventa quindi la semplice media aritmetica dei poteri fonoisolanti dei due elementi  $i$  e  $j$  a cui vengono sommati dei contributi specifici:

- un valore  $\Delta R_{w,ij}$  imputabile alla presenza di eventuali rivestimenti (p.e. una controparete in cartongesso o un massetto) su uno o entrambi gli elementi;



- un valore  $K_{ij}$  legato alla tipologia di giunto che collega i due elementi  $i$  e  $j$  (se è presente una gomma antivibrante l'isolamento sarà migliorato rispetto a un collegamento rigido);
- un valore legato alla geometria con la dimensione  $S$  del divisorio e la lunghezza del giunto stesso  $l_{ij}$ .

La norma distingue il caso di rivestimenti in cui il resiliente è direttamente a contatto dell'elemento (es: contropareti bollinate o incollate, pavimenti galleggianti) dal caso in cui non c'è un contatto diretto (es: contropareti o controsoffitti con materiale fonoassorbente nell'intercapedine).

In entrambi i casi viene richiesto di calcolare una frequenza di risonanza del sistema struttura di base (con densità superficiale  $m'_1$ ), resiliente, struttura di rivestimento (con densità superficiale  $m'_2$ ).

Quando il contatto è diretto viene chiesto solo la rigidità dinamica  $s'$  del materiale resiliente nel seguente calcolo:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{s' \cdot \left( \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)} \quad [\text{Hz}] \quad [3.14]$$

Quando il rivestimento non è direttamente collegato si utilizza lo spessore della cavità in metri:

$$f_0 = 160 \cdot \sqrt{\frac{0,111}{d} \cdot \left( \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)} \quad [\text{Hz}] \quad [3.15]$$

Si rimanda alle norme sopra citate per studiare la tabella che permette di calcolare  $\Delta R_w$  in funzione di  $f_0$ .

Il modello del contributo del giunto è funzione delle densità di massa dei due elementi che lo compongono.

Tralasciando i dettagli, che si invita a studiare approfonditamente partendo dal testo della norma, si ricorda che vengono distinti i casi in cui il giunto sia rigido o abbia uno strato desolidarizzante, se sia a 'T' o a croce, il caso di una struttura omogenea contro una facciata leggera, il caso in cui ci sia un cambio di spessore, la presenza di una o più strutture leggere o strutture omogenee (per queste solitamente si intende la muratura o le pareti in lastre leggere).

Viene posto un valore limite minimo di  $K_{ij}$  che deve comunque essere superato:

$$K_{ij,\min} = 10 \log \left[ l_f l_0 \left( \frac{1}{s_i} + \frac{1}{s_j} \right) \right] \quad [\text{dB}] \quad [3.16]$$

### 3.6 La previsione del livello di calpestio e recenti innovazioni

Per il livello del rumore di calpestio la norma Europea prevede un modello simile a quello illustrato per il potere fonoisolante in opera, introducendo quindi un percorso diretto e quattro di fiancheggiamento:

$$L'_n = 10 \log(10^{L_{n,d}/10} + \sum_{j=1}^n 10^{L_{n,ij}/10}) \quad [\text{dB}] \quad [3.17]$$

La normativa Italiana ha recepito invece il modello semplificato a numero unico.

Ciò è dovuto soprattutto alla nostra tecnologia che si basa in primis su solai anisotropi: se pensiamo al classico solaio a tavelle in latero-cemento è evidente che questi non si comporta certamente allo stesso modo nelle due direzioni longitudinali.

Ne segue che per prevedere il livello di rumore di calpestio in opera si possa usare un modello semplificato:

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K \quad [\text{dB}] \quad [3.18]$$

Dove il primo termine si riferisce al solo solaio portante:

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \log \frac{m'}{[1 \text{ kg/m}^2]} \quad [\text{dB}] \quad [3.19]$$

Con questa formula viene stimato il livello di rumore di calpestio del solaio portante partendo dalla sua densità superficiale di massa  $m'$  [ $\text{Kg/m}^2$ ].

Il secondo termine viene calcolato in base alla riduzione offerta dal sistema antivibrante posto sopra il solaio, che viene modellizzato come un sistema oscillante del primo ordine massa inerziale (il solaio portante) – molla (lo strato resiliente interposto) – massa più piccola (il massetto):

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{s'}{m'}} \quad [\text{Hz}] \quad [3.20]$$

Si calcola quindi la frequenza di risonanza  $f_0$  del suddetto sistema oscillante, basandosi ancora sulla densità di massa superficiale  $m'$  e sulla rigidità dinamica del materiale resiliente espresso in [ $\text{MN/m}^3$ ].

Si può utilizzare una formula più cautelativa per la stima dell'attenuazione offerta da massetti in calcestruzzo su resiliente:

$$\Delta L = 30 \log \frac{f}{f_0} + 3 \quad [\text{dB}] \quad [3.21]$$



Il parametro di correzione  $K$  per la trasmissione laterale è legato alle masse coinvolte, ovvero quella del solaio di separazione e quella degli elementi laterali omogenei, non ricoperti con rivestimenti supplementari.

Questo modello di previsione appena esposto ha subito critiche e proposte di modifica negli ultimi anni, aprendo un interessante dibattito tecnico presso l'Associazione Italiana di Acustica. Si parla da tempo di una sua revisione.

Gli autori propongono di seguito alcune formule alternative, prese da varie ricerche presentate da colleghi negli ultimi anni ai convegni AIA.

La seguente formula tende a stimare meglio il valore del rumore di calpestio offerto da solai in latero-cemento nudi (Brosio 2005):

$$L_{n,w,eq} = 160 - 30 \log \frac{m'}{[1 \text{ kg/m}^2]} \quad [\text{dB}] \quad [3.22]$$

La stima della curva del livello di rumore di calpestio espresso in frequenza è anch'essa dibattuta, di seguito si portano dei modelli comunque semplificati ottenuti mediando numerose misure.

Le due formule note (Brosio) per i solai in latero-cemento e in cemento armato pieno:

$$L_{n,eq}(f) = 15 \log(f) + 30 \quad [\text{dB}] \quad [3.23]$$

$$L_{n,eq}(f) = 6 \log(f) + 52 \quad [\text{dB}] \quad [3.24]$$

Per i solai in legno con un'interasse fra i travetti portanti compresa tra 40 e 60 cm e un massetto spesso tra 40 e 70 mm esiste uno studio recente (Caniato, 2011) che per frequenze inferiori a 1600 Hz propone:

$$L_{n,eq}(f) = 10,4 \log(f) + 50 \quad [\text{dB}] \quad [3.25]$$

# LE MISURAZIONI E LE BONIFICHE ACUSTICHE DELLE PARETI NEGLI EDIFICI



Il potere fonoisolante di laboratorio descritto nel capitolo 2 è indicato con la lettera  $R$ .

Esso è determinato secondo la norma UNI EN ISO 10140/2.

$R$  diventa  $R_w$  nelle certificazioni di laboratorio cioè l'indice di valutazione calcolato con la norma UNI EN ISO 717/1.

Il potere fonoisolante in laboratorio avviene sottoponendo a prova una parete di circa 11 mq nella apertura che divide due camere riverberanti.

La parete è desolidarizzata totalmente in modo che l'obiettivo sia la determinazione del potere fonoisolante solo attraverso la partizione.

I dati di laboratorio sono importantissimi perché rappresentano la base di partenza per la progettazione acustica previsionale dei requisiti acustici passivi da parte del Tecnico Competente in Acustica.

I calcoli previsionali sono soggetti ad una incertezza ed essa è maggiore quando nella progettazione acustica non si considerano pacchetti certificati da laboratori autorizzati.

Nella realtà del cantiere, quando le pareti vengono costruite, si innescano dei meccanismi trasmissivi che in laboratorio non sono presenti.

Le pareti quindi sono a contatto dei solai di pavimento e di sommità, delle pareti di confine.

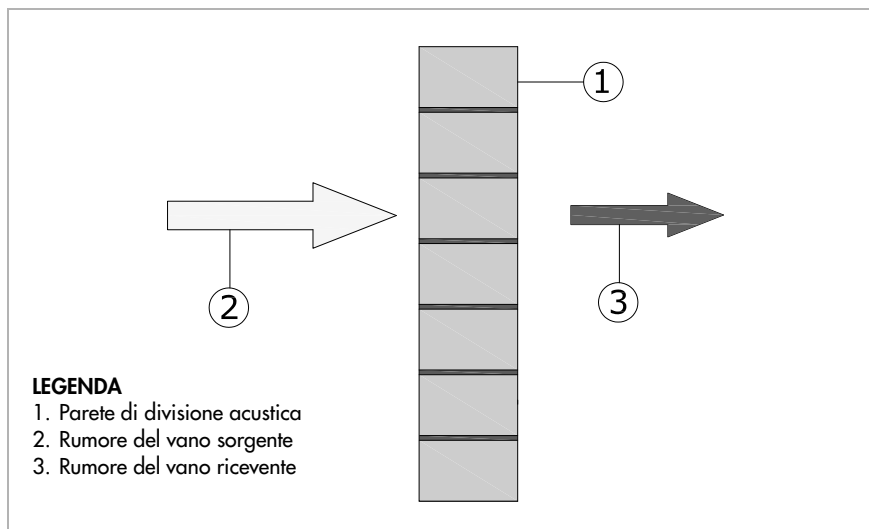
Attraverso tali contatti rigidi avvengono le così dette trasmissioni laterali che rappresentano le perdite acustiche rispetto all'indice di valutazione determinato in laboratorio.

Ecco che il compito del Tecnico in Acustica diventa quello di calcolare, attenuare e prevedere tali fughe acustiche partendo da dati certificati.

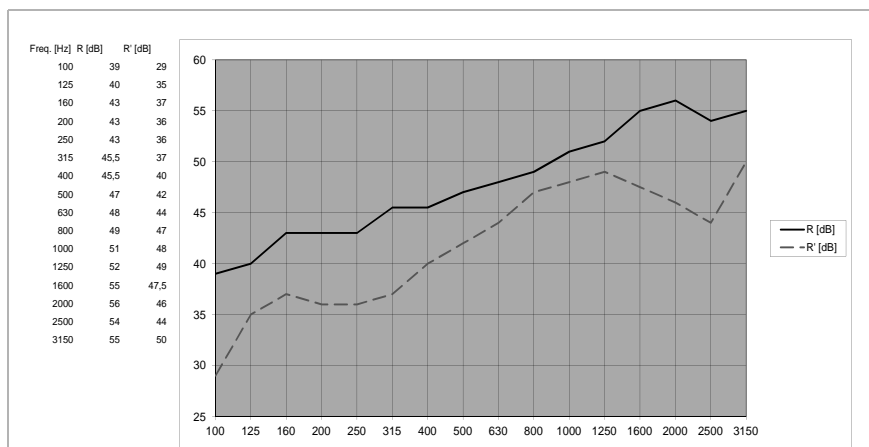
L'indice di valutazione del potere fonoisolante  $R_w$  diventa  $R'_w$  se determinato in opera.



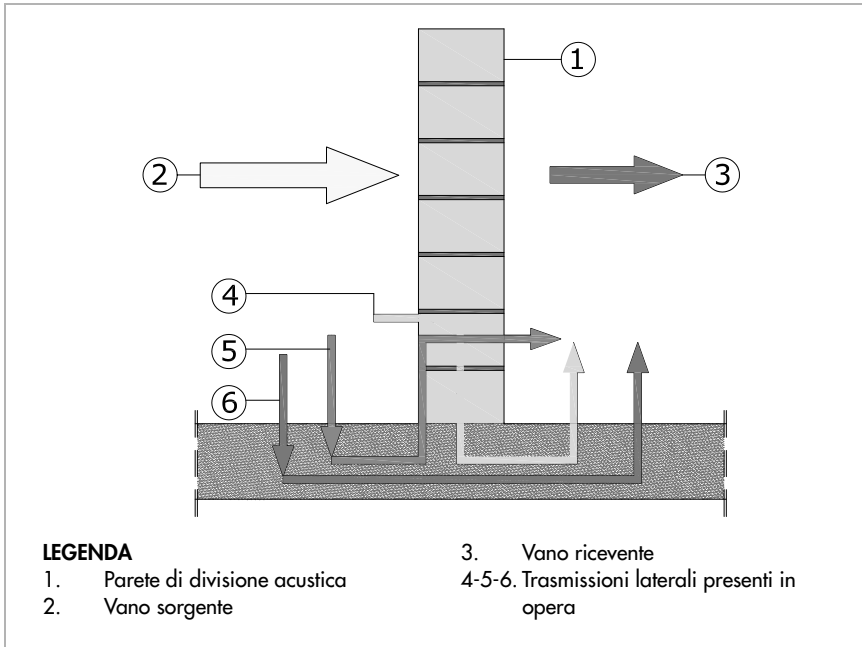
Il pedice significa che la misurazione acustica della partizione acustica avviene in opera cioè all'interno di un edificio a fine lavori.



**Figura 4.1**  
Potere fonoisolante di laboratorio. Il rumore generato attraversa solamente la partizione e non vi sono trasmissioni laterali attraverso i componenti confinanti perché la parete in prova è desolidarizzata nei suoi quattro lati



**Figura 4.2**  
Potere fonoisolante di laboratorio  $R_w$  e in opera  $R'_w$ .  $R_w > R'_w$



**Figura 4.3**  
Potere fonoisolante in opera: comparsa delle trasmissioni laterali 4-5-6

Per eseguire le misurazioni acustiche in opera la catena di misurazione è composta da una cassa dodecaedrica con emissione di rumore rosa, da un amplificatore di potenza, da un fonometro in classe 1 e da un calibratore.

Tali misurazioni avvengono secondo le norme UNI EN ISO 140/4.



**Figura 4.4**  
Attrezzatura per le misurazioni acustiche: la cassa dodecaedrica ed il fonometro di classe 1

Le norme citate prevedono che le misurazioni avvengano sia in un vano sorgente, dove è stata posizionata la cassa dodecaedrica, sia in un vano ricevente.

Scelto il vano sorgente la cassa dodecaedrica viene posta ad una certa altezza e distanza dalle pareti in due posizioni.

Le misurazioni con il fonometro sono in numero di cinque per ogni posizione della cassa.

L'operatore successivamente si sposta nel vano ricevente lasciando la cassa acustica in quello sorgente ed eseguendo 5 misurazioni per ogni posizione della cassa acustica.

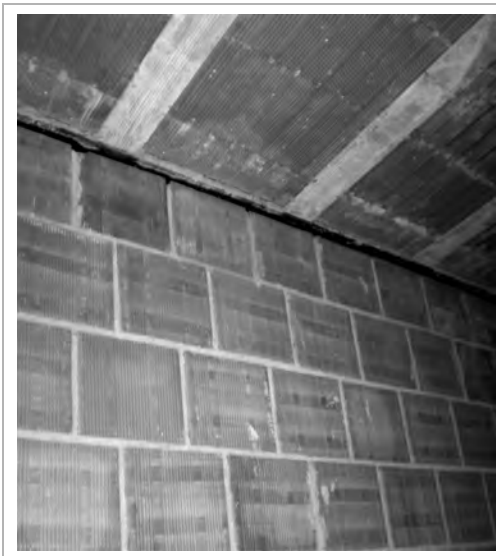
Le posizioni della cassa e il numero delle misurazioni con il fonometro vengono anche eseguite in funzione della geometria e tipologia geometrica dei vani.

Molto spesso il Tecnico Competente in Acustica deve eseguire misurazioni in ambienti arredati e con volumi non ben definiti.

Ecco che la posizione della cassa, il numero delle registrazioni con il microfono e le loro posizioni diventano fondamentali perché in tali vani è difficile ottenere un campo sonoro diffuso.

Il campo sonoro diffuso viene ottenuto con più facilità in vani non arredati e di geometria regolare e definita.

Nella costruzione di pareti di divisione acustica con pacchetti certificati il progettista dovrà verificare e calcolare i 13 percorsi di rumore che attraversano una parete.



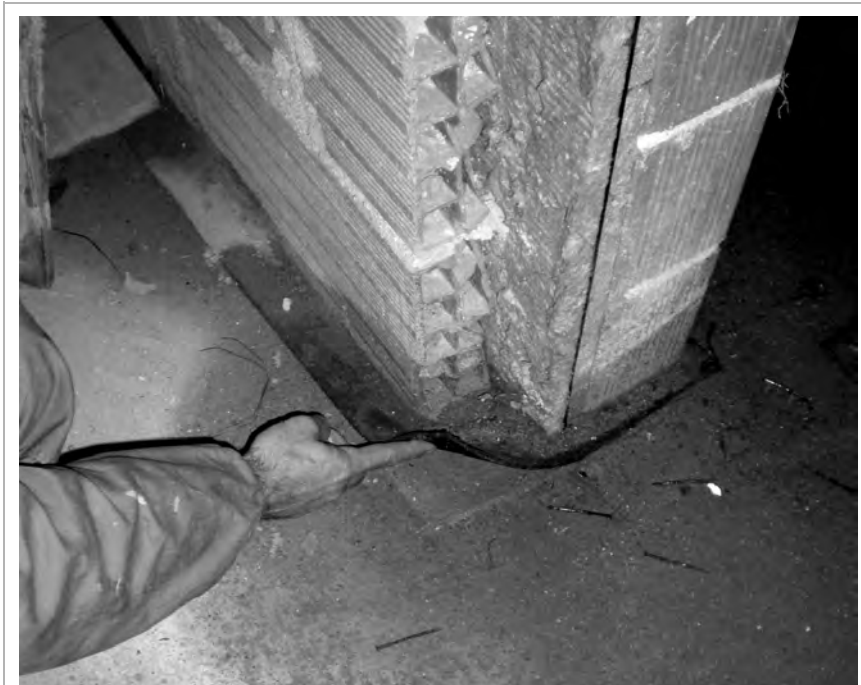
Dodici percorsi riguardano i confinamenti, il tredicesimo riguarda il passaggio del rumore dal vano sorgente al ricevente attraverso la sola partizione.

È necessario quindi attenuare tali perdite acustiche cioè le trasmissioni laterali desolidarizzando la parete acustica dalle pareti e solai confinanti ad essa, compatibilmente con la normativa sismica che richiede invece la unione tra parete e le parti ad essa connesse.

#### Figura 4.5

In sommità della parete va posto uno strato acustico.

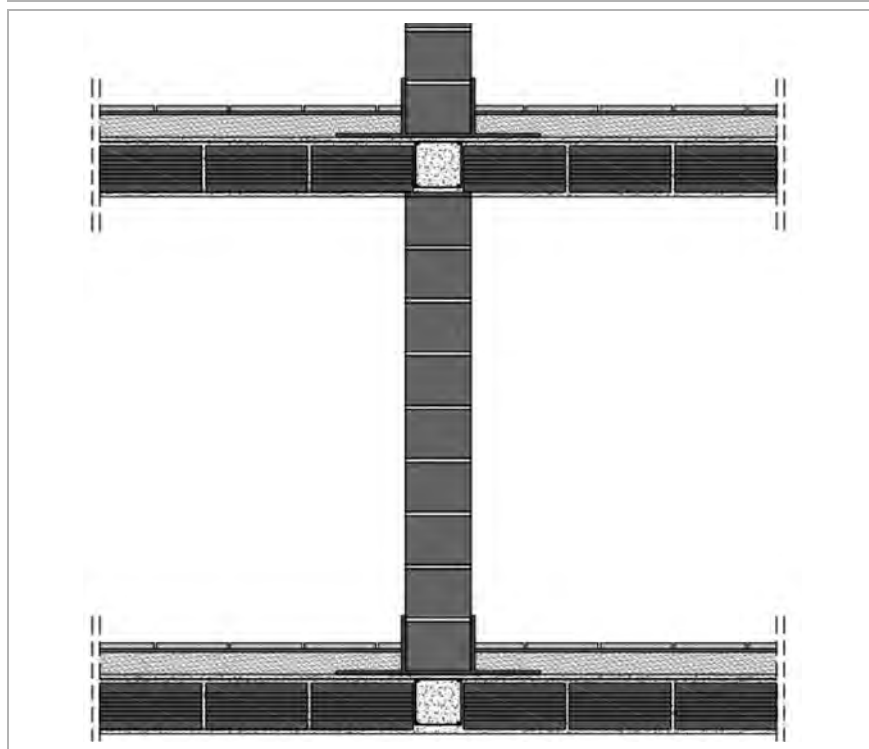
Questo caso riguarda la posa del solaio dopo aver costruito la parete di divisione acustica



QUADERNI  
per la progettazione

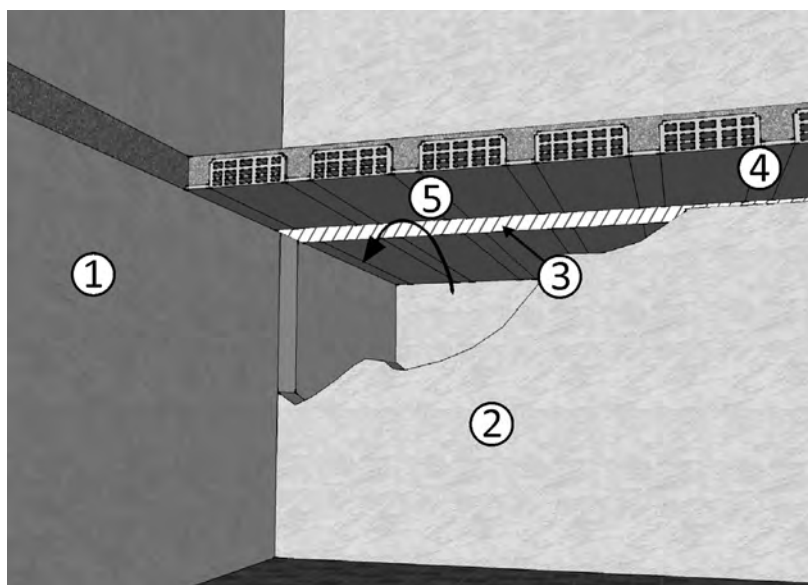


**Figura 4.6**  
Cantiere: strato  
acustico alla base  
delle pareti per  
desolidarizzarle  
dal solaio



**Figura 4.7**  
Prevedere  
in sommità  
e alla base  
delle pareti  
un cordolo  
in modo che  
siano attenuate le  
trasmissioni  
attraverso  
le pignatte  
nel caso di solaio  
in laterocemento

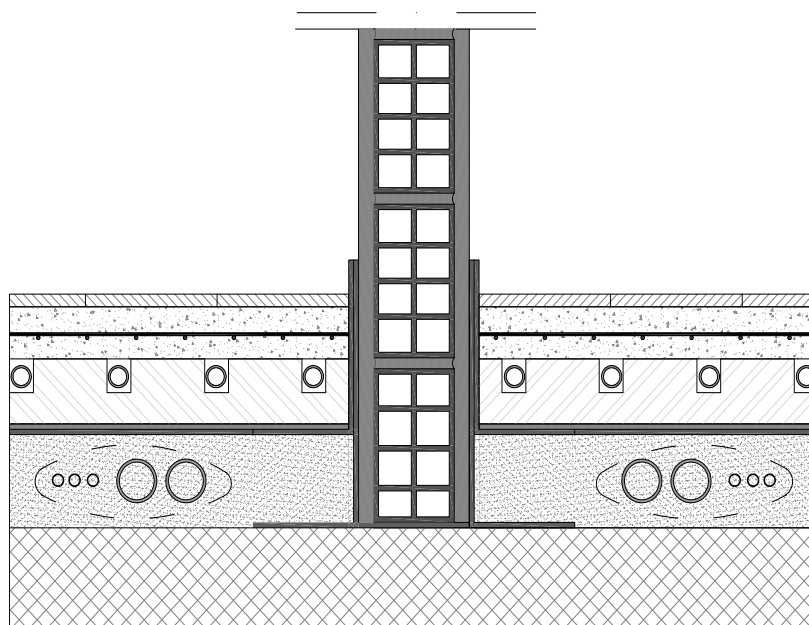
**Figura 4.8**  
Prevedere in sommità e alla base delle pareti un cordolo in modo che siano attenuate le trasmissioni laterali



**LEGENDA**

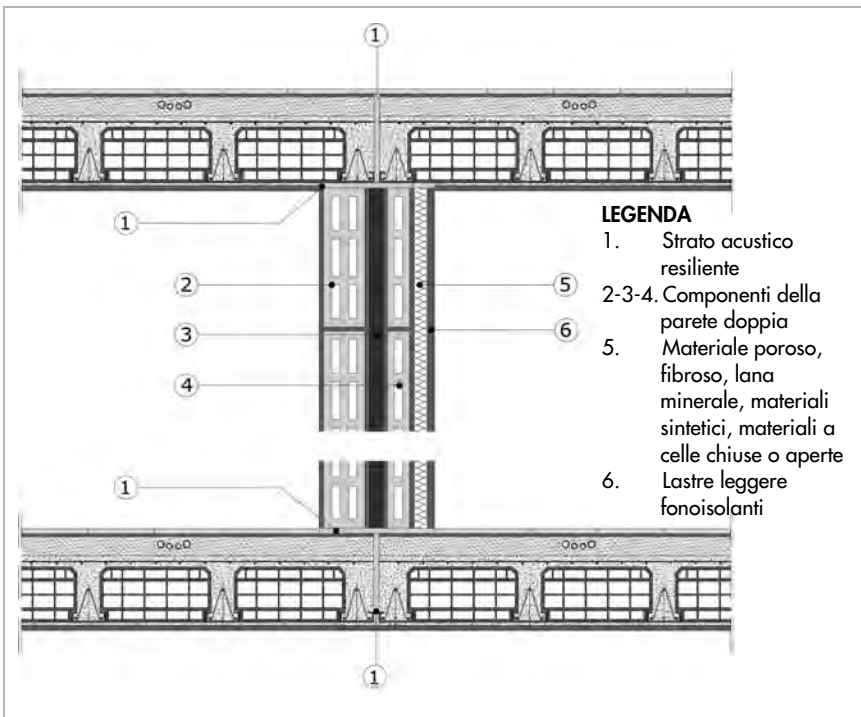
- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 1. parete confinante               | 4. solaio generico (in laterocemento, in legno, in polistirolo) |
| 2. parete di divisione acustica    | 5. trasmissione laterale da evitare                             |
| 3. cordolo orizzontale consigliato |   |

**Figura 4.9**  
Tutte le pareti sia quelle di divisione che quelle interne allo stesso appartamento devono essere desolidarizzate anche nel loro lato verticale a contatto con i massetti del solaio





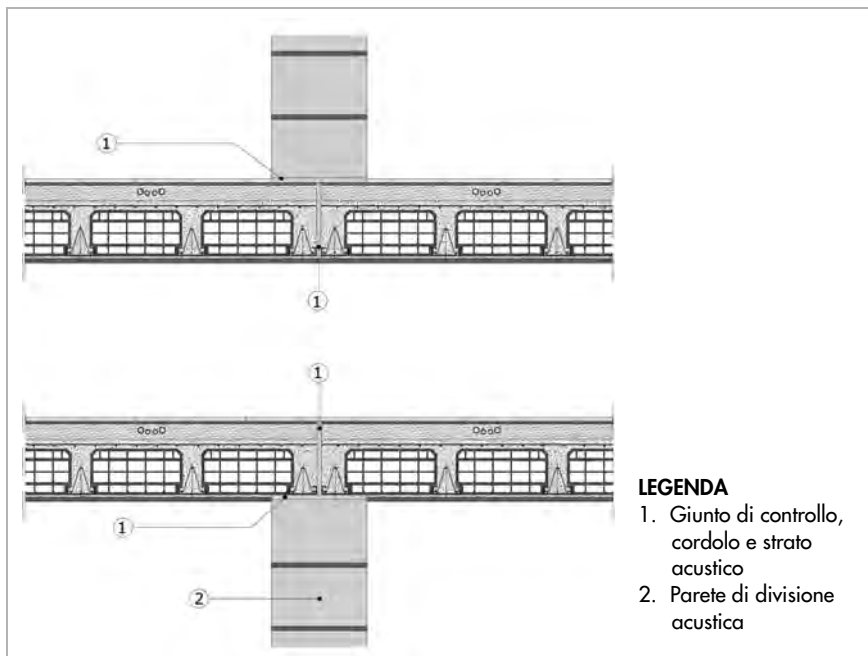
**Figura 4.10**  
Esempio di cordolo a tutto spessore sovrastante la parete di divisione acustica per attenuare le trasmissioni laterali tra solaio vano sorgente e solaio vano ricevente



**Figura 4.11**  
Esempio di parete doppia. Desolidarizzazione della parete e dei solai

**Figura 4.12**

Parete monostrato.  
Desolidarizzazione della parete e dei solai con giunto di controllo e strato acustico sotto parete e nel top parete



## 4.1 Premessa e considerazioni

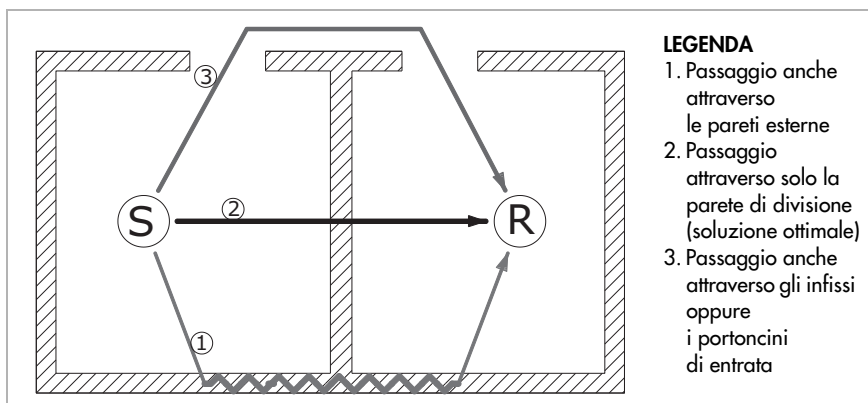
La trasmissione del rumore avviene in opera attraverso tre modalità indicate nella figura 4.13.

- Attraverso la partizione di divisione acustica.
- Attraverso i portoncini di entrata di appartamenti confinanti.
- Attraverso gli infissi e le pareti esterne di appartamenti adiacenti.

Queste tre forme di trasmissione influenzano le misurazioni acustiche in opera.

**Figura 4.13**

I possibili passaggi del rumore da un vano sorgente ad un vano ricevente tra due unità immobiliari confinanti



L'operatore infatti esegue le misurazioni in un vano ricevente registrando il rumore rosa prodotto dalla sorgente campione dodecaedrica.

La situazione ottimale è quella che si attua se il rumore passasse solo attraverso la parete.

Nella realtà non è così perché sovente vi sono perdite acustiche dovute appunto al secondo ed al terzo caso ed anche alle trasmissioni non visibili attraverso i contatti tra i componenti edilizi.

La quantificazione di queste perdite è difficile e spesso fonte di contenzioso in quanto il Tecnico in Acustica non riesce con la tecnica di misurazione standard delle norme UNI EN ISO 140 a scorporarle dalla misurazione globale.

Ecco che a tal riguardo sono utili altre tecniche di misurazione come quella intensimetrica che descriveremo ampiamente con esempi pratici nei capitoli successivi.

Non si descriverà pedissequamente la normativa in vigore cioè il D.P.C.M. 5/12/1997 perché come indicato nella prefazione non si vuole legare il testo ad una specifica normativa.

I limiti prestazionali dei componenti edilizi possono essere diversi in funzione dell'evolversi delle norme ma ciò che si vuole evidenziare sono i metodi di indagine, le loro limitazioni, le alternative tra metodi e i risultati che si possono raggiungere.

Ora descriveremo ed illustreremo alcuni casi studio di misurazioni in opera.

## 4.2 Misurazioni acustiche in un edificio in struttura portante in legno multistrato

Il primo caso riguarda un edificio a struttura portante in legno all'interno del quale sono state eseguite misurazioni acustiche di pareti di divisione acustica tra vani diversi.



Figura 4.14  
Edificio testato



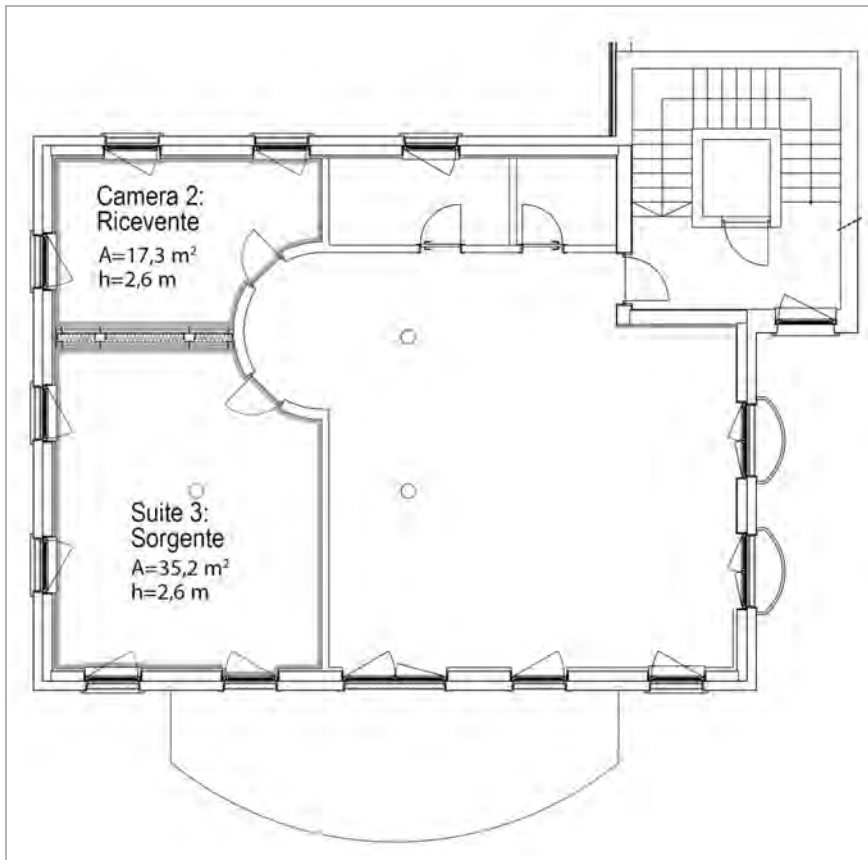
►  
**Figura 4.15**  
Edificio durante  
la costruzione



►  
**Figura 4.16**  
Pareti verticali  
a secco  
di divisione  
acustica durante  
la posa in opera



Le misurazioni sono state eseguite tra due vani diversi indicati nella pianta successiva e separati da una parete di divisione acustica.



**Figura 4.17**  
Pianta delle due  
unità immobiliari  
indagate  
e separate  
dalla divisione  
acustica

La misurazione acustica eseguita secondo UNI EN ISO 140/4 ha subito evidenziato un indice di valutazione molto inferiore alle aspettative della progettazione acustica e cioè  $R'_w=42$  decibel.

La partizione era stata progettata per poter raggiungere un potere fonoisolante in opera  $R'_w > 50$  decibel.

In questi casi vi possono essere due problemi principali di causa.

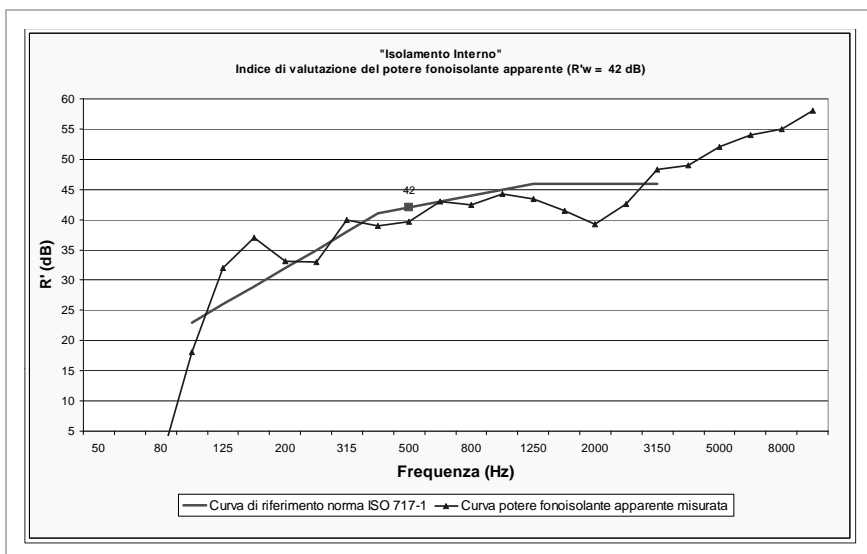
Le fughe acustiche sono intrinseche ai componenti.

Le perdite acustiche sono individuate da componenti edilizi visibili e plausibili.



**Figura 4.18**  
L'attrezzatura  
di misurazione  
acustica: cassa  
dodecaedrica  
e fonometro  
classe 1

**Figura 4.19**  
 Il certificato  
 della misurazione  
 in opera secondo  
 UNI EN ISO  
 140/4  
 con potere  
 fonoisolante pari  
 a  $R'_{w}=42$  decibel



Nel primo caso il Tecnico in Acustica con la sola misurazione secondo ISO 140 poco può capire e quindi vi è la necessità di approfondire il difetto con, per esempio, la intensimetria acustica.

Nel secondo caso, che rappresenta il caso presentato, la perdita acustica è stata previsionalmente indicata dai portoncini di entrata dei due vani adiacenti.

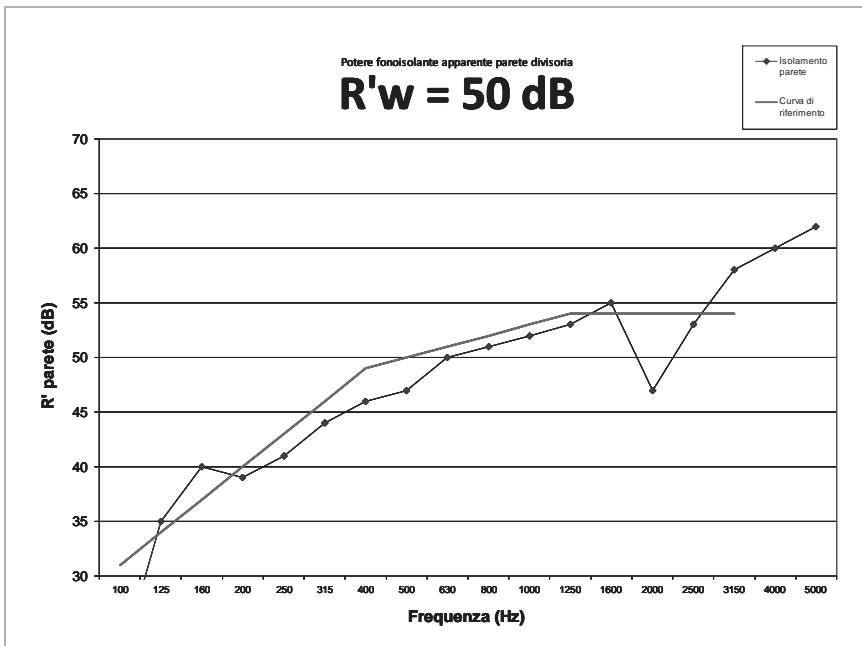
Per poter capire quali fossero i contributi delle fughe acustiche attraverso di essi si è proceduto alla sigillatura degli stessi e al rifacimento delle misurazioni acustiche.

**Figura 4.20**  
 I due portoncini  
 di entrata  
 delle due unità  
 immobiliari  
 confinanti





**Figura 4.21**  
La sigillatura dei portoncini di entrata ai due vani per escludere la perdita acustica eventuale degli stessi



**Figura 4.22**  
Il risultato  $R'w = 50$  decibel della misurazione acustica dopo la chiusura con un rivestimento dei due portoncini di entrata

### 4.2.1 *Sintesi del caso studio*

Dalla tecnica con misurazioni acustiche secondo UNI EN ISO 140/4 si ottiene secondo le norme ISO 717-1, un indice monumerico indicante il risultato del test.

È chiaro che in funzione delle modalità delle prove e del loro numero tale indice è soggetto ad una incertezza che andrebbe indicata nella certificazione per legittimare il risultato.

Il risultato ottenuto durante la prima indagine ( $R'_{w}=42$ ) è in ogni caso un valore molto lontano dalle aspettative dei calcoli previsionali.

Il passo successivo è l'individuazione e la quantificazione delle probabili trasmissioni laterali cioè delle fughe acustiche.

In questo caso il Tecnico ha ritenuto opportuno approfondire l'indagine adottando una strategia che escludesse le problematiche.

Si è cercato infatti di scorporare i componenti ritenuti deboli dalla misurazione globale.

Questo è un caso in cui si è riusciti a quantificare il contributo delle trasmissioni dannose attraverso l'individuazione immediata dei componenti edilizi responsabili.

La parete oggetto dell'eventuale contenzioso si è rivelata invece prestazionalmente efficace.

Ci sono casi, che illustreremo successivamente, nei quali le fughe acustiche non sono individuabili immediatamente attraverso ipotesi che derivano dalla intuizione e dall'esperienza dell'operatore perché trattasi di perdite acustiche intrinseche ai componenti edilizi quali sono quelle attraverso le pareti ed i solai stessi. Sovente questi ponti acustici si rivelano importanti pure nelle zone confinanti ai componenti indagati.