

## **REQUISITI ACUSTICI PASSIVI: ANALISI TEORICA E SPERIMENTALE DELLE PRESTAZIONI DI QUATTRO DIFFERENTI MATERIALI RESILIENTI PER LA RIDUZIONE DEL RUMORE DA CALPESTIO**

Alberto Piffer (1), Elena Resenterra (2)

- 1) Libero professionista, Trento, [alberto.piffer@gmail.com](mailto:alberto.piffer@gmail.com)
- 2) Libera professionista, Belluno, [elena.resenterra@gmail.com](mailto:elena.resenterra@gmail.com)

### **1. Premessa**

Il presente studio analizza le prestazioni di 4 differenti soluzioni commerciali proposte per la riduzione del rumore da calpestio. Il confronto si basa sia sulle caratteristiche dei materiali, stimate mediante un software di calcolo previsionale, sia sui risultati delle prove in opera eseguite all'interno di un unico cantiere. L'accessibilità e la vicinanza del cantiere "pilota" ha permesso di seguire e partecipare in prima persona alle fasi costruttive salienti, quali: la realizzazione del sottofondo per gli impianti, la posa degli strati resilienti e delle fasce perimetrali, la realizzazione del massetto e la posa di pavimenti e zoccolotti. Oltre a garantire la corretta posa in opera, l'esperienza è servita a mettere in luce gli aspetti critici delle varie fasi di cantiere, spesso date per scontate dal consulente acustico. Il confronto fra le quattro soluzioni testate è stato condotto oltre che dal punto di vista prestazionale, anche per aspetti pratici (resistenza del materiale e facilità di posa) ed economici.

### **2. Inquadramento generale dell'esperienza**

La personale esperienza degli autori, maturata grazie ad oltre 400 verifiche in opera su strutture edili di recente realizzazione, evidenzia come l'aspetto "calpestio" rappresenti un punto di forte criticità dal momento che, su circa 100 solai testati, circa il 40% non risulta conforme rispetto ai parametri minimi richiesti dal DPCM 05.12.97 [1]. Al di là delle statistiche, la sensazione è che non vi sia ancora un'adeguata consapevolezza e conoscenza delle regole fondamentali per la realizzazione acusticamente corretta delle abitazioni. Più di una volta è capitato di sentirsi dire dalle imprese che i limiti normativi italiani per il rumore da calpestio sono troppo stringenti o addirittura inarrivabili... Ma come ben sappiamo la realtà è decisamente differente.

L'occasione di effettuare una prova da "ignorante" si è concretizzata durante i lavori di sopraelevazione e ristrutturazione del sottotetto di un'abitazione di familiari. La disponibilità dei proprietari ha permesso di testare 4 differenti soluzioni per la riduzione

del rumore da calpestio. I materiali sono stati scelti in maniera “casuale”, ovvero con differenti caratteristiche, ma tutti comunemente reperibili presso i magazzini edili della zona di Trento.

Dal punto di vista operativo sono state effettuate le verifiche in opera ad ogni stato di avanzamento significativo. Solo al termine dei lavori si è proceduto al calcolo previsionale delle prestazioni di isolamento da calpestio per verificare la corrispondenza con i dati sperimentali. Tale procedura è stata volutamente “capovolta” per mettersi nelle condizioni in cui spesso si trova un’impresa di costruzioni che:

- dispone di una relazione acustica “generica” che con ogni probabilità non è stata nemmeno letta;
- si fa consigliare i prodotti direttamente dai venditori di materiali edili;
- richiede un’analisi dettagliata dei risultati e dei problemi da parte di uno specialista solo ad opere ultimate (e dopo le prime lamentele).

### 3. Descrizione della struttura – solaio

Il solaio è del tipo a pignatte 16+4 intonacato all’intradosso con 1,5 cm di intonaco. Nella figura 1 si riporta la stratigrafia tipo delle quattro zone interessate. Occorre precisare che per problemi legati all’altezza dei locali, è stato necessario ridurre al minimo gli spessori dei vari strati.

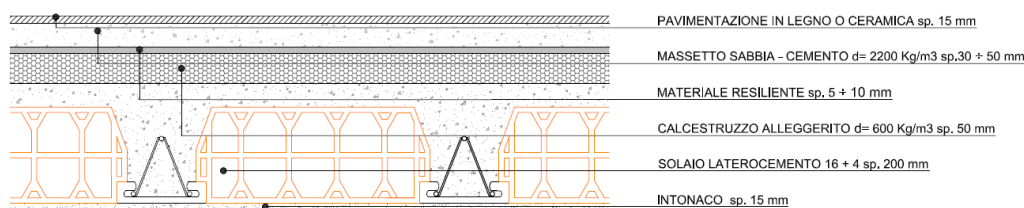


Figura 1 – Stratigrafia del solaio

### 4. Caratteristiche dei materiali resilienti

Nella tabella 1 si riportano le principali caratteristiche dei materiali scelti. I dati riportati sono stati approssimati per rendere quanto più “anonimo” possibile il confronto.

Tabella 1 – Caratteristiche dei materiali resilienti

Tipo	Descrizione composizione del materiale	Ambiente di posa	Spessore [mm]	Rigidità dinamica $S'$ [ $MN/m^3$ ]	Massa [ $kg/m^2$ ]	$\Delta L'_{nw}$ dichiarato [dB]
1	Fibra di poliestere / elastomero / tessuto	1	7.5	~ 20	~ 1.5	28
2	Foam espanso / elastomero / tessuto	2	7.0	~ 50	~ 4.0	N.D.
3 doppio	Polietilene espanso reticolato	3	5.0+5.0	~ 30	~ 0.30	28
3 singolo	Polietilene espanso reticolato	4	5.0	~ 60	~ 0.15	25

La possibilità di posare i vari materiali ha permesso anche di fare un confronto sulle caratteristiche di lavorabilità e resistenza dei prodotti. Nella tabella 2 si riporta un prospetto riassuntivo. Oltre ai suddetti parametri operativi è stato indicizzato anche il fattore economico legato all’acquisto del materiale.

Tabella 2 – Caratteristiche di lavorabilità e resistenza dei prodotti

<i>Tipo</i>	<i>Posa</i>	<i>Taglio/sagomatura</i>	<i>Resistenza</i>	<i>Costo</i>
1	buono	medio	buono	medio
2	medio	scarso	buono	elevato
3 doppio	scarso	buono	medio	medio
3 singolo	scarso	buono	scarso	economico

### 5. Considerazioni pratiche relative alla posa dei materiali

Nel seguente paragrafo si riportano alcune considerazioni / osservazioni pratiche emerse durante la fase di realizzazione dei vari elementi costituenti il solaio. La fase operativa è stata supervisionata ed in parte realizzata in prima persona. Per fare ciò sono state considerate le normali regole di buona pratica comunemente riportate nei manuali tecnici dei produttori e nei convegni di settore.

- **Sottofondo per gli impianti:** il sottofondo è stato realizzato con una miscela di calcestruzzo e polistirolo. La densità del materiale è pari a circa  $600 \text{ kg/m}^3$ . Visto l'esiguo spessore a disposizione (5 cm), non è stato possibile coprire completamente le tubazioni degli scarichi a causa della loro pendenza. Lo stesso problema si è verificato sui sormonti degli impianti idrico / elettrico. Inoltre, in corrispondenza delle porte finestre, il solaio originario era stato scarnificato per realizzare gli ancoraggi per i due poggiali realizzati in occasione della sopraelevazione dell'edificio. In tali aree (locali 1 e 2), lo spessore del solaio grezzo risultava già superiore al livello raggiunto dallo strato di alleggerito. Lo strato resiliente è quindi stato posato direttamente sul solaio portante sormontando le canaline impiantistiche presenti. Un altro problema che si è verificato è la fessurazione ed il parziale sollevamento di alcune porzioni dello strato di alleggerito rispetto al solaio.
- **Strato in materiale resiliente:** la posa è stata effettuata dallo scrivente. Lo scopo è stato quello di verificare le difficoltà ed i tempi per la stesa dei materiali nel modo più corretto possibile secondo le classiche indicazioni di buona pratica. Le difficoltà incontrate hanno riguardato in particolare:
  - posa: tutte le tipologie dei materiali impiegati sono commercializzate in rotoli. Vista la grande variabilità di peso (da 4 a  $0.15 \text{ kg/m}^2$ ) anche la facilità di movimentazione dei rotoli ed il posizionamento delle strisce risulta molto variabile. Il tipo 3, essendo molto leggero, è comodo da movimentare e da tagliare (cutter o normali forbici) ma non riesce ad adattarsi perfettamente alla superficie del solaio. Per questo motivo risulta più laborioso da posare e va fissato ai bordi per evitare che si muova accidentalmente. Il tipo 2, al contrario, grazie alla sua massa si stende comodamente senza problemi di spostamenti accidentali durante l'accostamento delle strisce successive. Per contro, la movimentazione dei rotoli interi necessita di due persone e il taglio dei pezzi, specie se sagomati, richiede una certa energia, vista la resistenza del materiale elastico. Da segnalare inoltre come la presenza di un collante particolarmente viscoso tra i due componenti tenda ad "impastare" le lame delle forbici, rendendo ancora più difficoltosa l'operazione. Il tipo 1 rappresenta un buon compromesso tra leggerezza ed efficienza di posa, dato che le strisce si adattano bene al piano di appoggio ed il taglio può essere comodamente effettuato con delle comuni forbici o cutter.
  - sagomatura del materiale per seguire perfettamente il perimetro dei locali: La presenza di scansi, rientri e superfici curve, ha comportato un notevole dispendio di tempo: circa 8 ore per una persona per la stesa di  $60 \text{ m}^2$  (esclusa la fascia). Le strisce sono state posate con la maggior precisione possibile, facendo molta at-

tenzione agli angoli e nastrandolo tutte le giunzioni con del comune nastro adesivo da pacco.

- posizionamento fascia laterale: sono state impiegate 2 tipologie commerciali di fascia. In entrambi i casi si trattava di polietilene reticolato espanso. La differenza nel materiale non è stata considerata significativa ai fini dell'esito finale della prova. La fascia è stata posata su tutto il perimetro di ciascun locale, andando a realizzare la separazione dei vari massetti. La striscia è stata rifilata solo dopo la posa del pavimento. Le difficoltà di posa riguardano essenzialmente la sagomatura degli angoli, dove spesso è venuto a crearsi un vuoto di qualche centimetro tra la striscia ed il muro. Un altro punto critico è rappresentato dal raccordo pavimento / telaio delle portefinestre: per mantenere staccati i due elementi è stata lasciata la fascia perimetrale, nascosta successivamente da un profilo in alluminio applicato tramite del silicone. L'unica nota distintiva fra i due prodotti riguarda la tenacità del collante. La rimozione della parte eccedente di una delle due tipologie di fasce ha causato non poche difficoltà. In alcune zone ha provocato il distacco dello strato di intonaco superficiale, mentre su altre sono rimasti dei residui che hanno richiesto diverso tempo per essere rimossi completamente.
  - resistenza del materiale: le tipologie 1 e 2 sono composte da uno strato cedevole inferiore ed uno strato pesante e resistente nella parte superiore. Una volta posate non hanno mostrato nessun segno di deterioramento anche dopo ripetuti passaggi e carichi. Al contrario il tipo 3 ha mostrato la propria fragilità ed ha reso necessaria l'adozione di alcuni accorgimenti per preservarne l'integrità. È stato sufficiente un singolo passaggio con le scarpe per lacerare l'intero spessore (5 mm) del materiale. Per ovviare a tale rischio sono quindi stati posti dei pannelli in legno sulle zone di passaggio e progressivamente ritirati man mano che si procedeva con il getto del massetto.
- **Massetto**: il massetto è stato realizzato con sabbia e cemento (densità 2.200 kg/m<sup>3</sup>) ed è stato livellato a mano. Visti i limiti di spessore per il rispetto dell'altezza minima, lo spessore varia dai 3.0 ai 5.0 cm. Il massetto, oltre ad essere armato con una rete elettrosaldata, è stato rinforzato anche con delle fibre sintetiche. Durante la sua realizzazione è stata posta la massima cura per evitare il danneggiamento e/o lo scostamento delle strisce resilienti.
  - **Pavimento**: gli ambienti 1, 2 e 3 sono stati finiti con dei listoni in legno prefinito posato a secco mentre nell'ambiente 4 (bagno) sono state posate piastrelle in gres porcellanato. La posa del legno è stata effettuata lasciando almeno 10 mm di spazio dalle pareti. Le piastrelle sono state incollate lasciando la fascia perimetrale. L'unico punto critico ha riguardato la posa del piatto doccia che, per una serie di problemi dimensionali, è stato accostato direttamente alla parete senza alcuno strato elastico di separazione.
  - **Battiscopa**: nei tre locali pavimentati in legno, il battiscopa è stato posato senza distanziarlo dal pavimento. Tale scelta è legata al fatto che il pavimento presentava piccole variazioni di livello. Il battiscopa risulta quindi a contatto diretto nei punti in cui il pavimento è più alto, mentre nelle altre zone è rimasto uno spazio variabile da 0 a 2 mm, che è stato riempito di silicone. Per quanto riguarda il bagno (locale 4) le pareti laterali sono state rivestite con piastrelle in gres. Tra il piano orizzontale e quello verticale è stata lasciata una fuga di 2 mm successivamente riempita di silicone.

## 6. Risultati delle prove

Le verifiche sono state condotte nelle 4 condizioni sotto elencate e sono state finalizzate alla determinazione dell'indice del livello normalizzato di calpestio  $L'_{nw}$  su:

A) Solaio grezzo; B) Solaio con massetto; C) Solaio con massetto e pavimento (senza battiscopa); D) Solaio completo di pavimento e battiscopa (finito).

Tutte le prove sono state effettuate in accordo con le norme UNI 140/7 [2] e 717/2 [3].

I risultati ottenuti sono riassunti nella tabella 3 e nei grafici che seguono:

Tabella 3 – Risultati delle prove effettuate –  $L'_{nw}$  [dB]

Ambiente	<u>A – grezzo</u>	<u>B – massetto</u>	<u>C – pavimento</u>	<u>D – battiscopa</u>
1	88	55	52	53
2	89	62	55	56
3	89	55	52	53
4*	87	60	62	59

\* Nell'ambiente 4 (bagno) la prova C è stata effettuata una volta posati tutti i rivestimenti ceramici (pavimento e pareti). La prova D è stata eseguita a distanza di qualche mese, dopo la posa di un breve tratto di battiscopa ceramico. La diminuzione dell'indice  $L'_{nw}$  tra la fase C e D è probabilmente dovuta alla fessurazione dello stucco al perimetro del piatto doccia verificatasi dopo il primo periodo di utilizzo del locale.

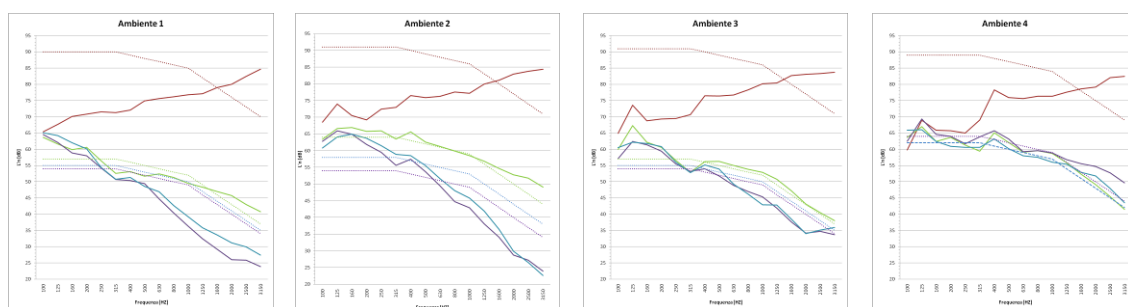


Figura 2 – Grafici relativi all'andamento di  $L'_{nw}$  nelle 4 condizioni relativamente ai 4 ambienti

## 7. Confronto con le prestazioni teoriche

I pacchetti sottoposti a indagine sono stati infine oggetto della verifica teorica delle loro prestazioni. I calcoli sono stati effettuati secondo i criteri riportati nella norma UNI EN 12354/2 [4]. Le condizioni prese in considerazione sono la A (solaio grezzo) e la D (solaio finito). Il confronto con i dati sperimentali è riportato nella tabella 4.

Tabella 4 – Risultati del confronto sperimentale - teorico

Ambiente	A – solaio grezzo			D – solaio finito		
	$L'_{nw}$ misurato [dB]	$L'_{nw}$ teorico [dB]	Scarto [dB]	$L'_{nw}$ misurato [dB]	$L'_{nw}$ teorico [dB]	Scarto [dB]
1	88	83	5	53	53	0
2	89	83	6	56	59	3
3	89	84	5	53	56	3
4	87	84	3	59	60	1

## 8. Conclusioni

L'esperienza qui descritta, di per sé piuttosto semplice, ha dato agli autori notevoli spunti di riflessione su aspetti che spesso si danno per scontati. Spesso infatti le informazioni che vengono date alle imprese sono influenzate da aspetti economici (da parte di chi vende) o eccessivamente teorici (da parte di noi acustici). I risultati dimostrano che ottenere prestazioni sufficienti o buone è un'impresa alla portata di tutti anche usando materiali con caratteristiche profondamente differenti. Tutti i pacchetti testati hanno evidenziato, allo stato finito, il pieno rispetto dei limiti previsti dal DPCM 5.12.97 per le abitazioni. Se confrontati con i valori previsti dalla norma UNI 11367 [5] di va dalla classe III del locale 4 alla classe I per gli ambienti 1 e 3.

Si osserva quindi che:

- non è stata necessaria una base teorica e una conoscenza dei dati dei materiali particolarmente approfondita;
- non è stato particolarmente redditizio ricorrere ai materiali più complessi e costosi;
- è stata fondamentale l'accurata stesa e nastratura dei materiali resilienti e la posa della fascia perimetrale;
- l'impiego del pavimento in legno flottante ha contribuito in maniera tanto maggiore quanto minore è risultata la prestazione del solaio su cui è stato posato;
- l'uso dei modelli previsionali avrebbe consentito di calcolare il valore  $L'_{nw}$  sottostimando la prestazione in opera al massimo di 3 dB.

Nonostante tutte le attenzioni del caso, occorre sottolineare che non è stato comunque possibile evitare gli errori di realizzazione descritti nel paragrafo 5. Tuttavia si torna a ribadire che tali imperfezioni non hanno generato ponti acustici tali da determinare il superamento del limite normativo. La non perfetta separazione tra pavimento e pareti dovuta al battiscopa, ad esempio, ha portato un peggioramento di un solo decibel.

In definitiva si ritiene che, laddove vengono riscontrati valori di  $L'_{nw}$  elevati, vi sono probabilmente degli errori di posa macroscopici legati all'assoluta mancanza delle conoscenze delle regole di base per la realizzazione di un pavimento galleggiante. Gli errori che pesano in maniera maggiore sono:

- Posa di battiscopa e piastrelle in aderenza alle pareti senza la realizzazione di un giunto elastico;
- Mancata o errata posa della fascia perimetrale;
- Mancata nastratura delle strisce di materiale resiliente;
- Danneggiamento dello strato resiliente durante le fasi di getto.

Tali aspetti di criticità devono essere migliorati con un'adeguata formazione degli operatori, dal momento che è evidente che la direzione lavori non è in grado di monitorare costantemente tali fasi di lavoro, particolarmente critiche ma di breve durata.

## 9. Bibliografia

- [1] Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997, Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici;
- [2] UNI EN ISO 140/7, Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio;
- [3] UNI EN ISO 717/2, Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Isolamento del rumore di calpestio;
- [4] UNI EN 12354/2, Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento acustico al calpestio.
- [5] UNI 11367, Acustica edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari.