

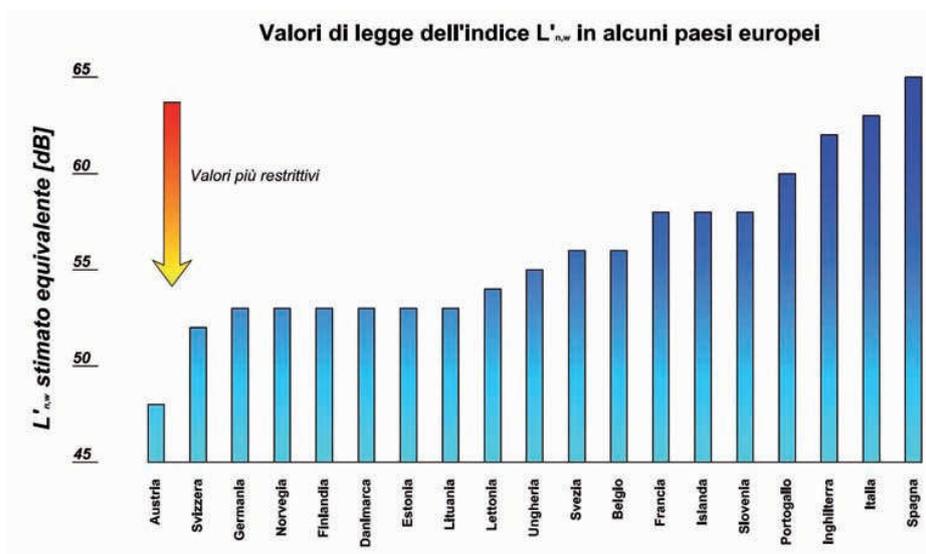


## PAVIMENTI GALLEGGIANTI

vs rumore da calpestio:  
una soluzione adeguata alle  
normative a breve cogenti  
giocata sui ... *pads*

MARCELLO BRUGOLA, ENRICO SERGIO MAZZUCHELLI

Il controllo della riduzione del rumore da calpestio negli appartamenti di civile abitazione è senz'altro uno degli elementi in grado di fare la differenza, sia a livello qualitativo che di comfort ambientale, tra le varie realizzazioni edili. Purtroppo, a causa della scarsa preparazione tecnica nel settore delle vibrazioni acustiche (a cui si dovrebbe sempre riferire in questi casi, come in seguito si vedrà in dettaglio), non è mai stata fatta sufficiente chiarezza sul motivo per cui alcuni materiali siano adatti in certe situazioni, mentre in altre non siano in grado di raggiungere nemmeno lontanamente i valori di norma, già elevati se comparati agli standard di altri paesi europei. Ciò è inevitabilmente fonte di cause civili, derivanti dal mancato raggiungimento dei valori prestazionali richiesti dalla normativa da parte di soluzioni che, nella maggior parte dei casi, prevedono semplicemente l'uso di tradizionali materassini, utilizzati al fine di ridurre gli effetti provocati dal calpestio. Il mercato europeo propone tuttavia già oggi materiali e soluzioni alternative a quelle tradizionalmente utilizzate ed in grado di offrire delle prestazioni particolarmente elevate a costi assolutamente competitivi.



Valori di legge dell'indice  $L'_{n,w}$  in alcuni paesi europei

### MODULO PAROLE CHIAVE

PAVIMENTI GALLEGGIANTI – EFFICIENZA ACUSTICA – PADS – SOSTENIBILITA' - COSTRUZIONI A SECCO

## Ambiguità dei test e superficialità progettuale evidenziano la discordanza prestazionale tra comportamento teorico e rendimento in opera delle soluzioni di pavimento tradizionali

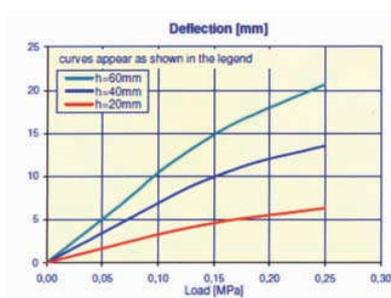
I materassini elastomerici, di qualunque materiale essi siano, si dovrebbero comportare come delle molle, cioè dovrebbero avere un comportamento di tipo lineare. Ciò significa che ad un dato carico corrisponde una data deformazione. In realtà questo comportamento è solo teorico, in quanto tutti i materiali presentano una cedevolezza variabile in funzione dei parametri fisici che li caratterizzano e che, a differenza del comportamento delle molle, non è mai lineare. Pertanto, ad esempio, deformazione e risonanza del sistema dipenderanno dal carico e dal materiale stesso, non solamente dallo schiacciamento. Ogni materiale andrebbe quindi caratterizzato utilizzando più campioni di spessore variabile, ad esempio partendo da un valore minimo di 5 mm, che andrebbero caricati di volta in volta con pesi crescenti, in modo da rilevare, per ciascun valore di carico, la corrispondente frequenza di risonanza e il relativo schiacciamento. Prove così condotte restituirebbero delle curve estremamente variabili, dove solo a volte, e in un determinato intervallo di carico, il materiale si comporta in modo quasi lineare (e spesso purtroppo nemmeno in quello).

Solo poche aziende in Europa, dotate di propri laboratori e disposte ad investire nella ricerca e nello sviluppo di materiali e soluzioni tecniche (considerando questo investimento indispensabile e produttivo), eseguono questi complessi e laboriosi test. Si riportano, a titolo esemplificativo, i diagrammi di risonanza e deformazione in funzione del carico di due prodotti estremamente validi, scarsamente utilizzati in edilizia a causa del loro costo elevato (la qualità si paga, sempre, ed i materiali poco costosi sono nella maggior parte dei casi poco efficienti), ma molto impiegati, ad esempio, nel settore navale.

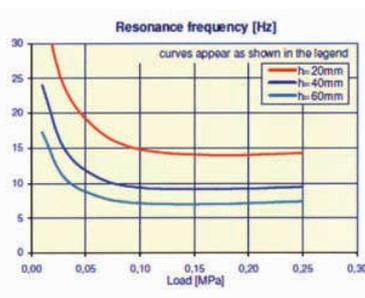
Al di là dei differenti modi di riassumere e riportare graficamente i valori di deformazione e frequenza di risonanza, è possibile notare che il comportamento varia in modo significativo sia in funzione del carico (espresso in MPa: MegaPascal, ovvero in N/mm<sup>2</sup>, sia in funzione dello spessore del materiale.

Il comportamento dei materassini rispetto a quello delle molle appare quindi assai differente, e si stanno considerando già due ottimi prodotti: come si comportano gli altri?

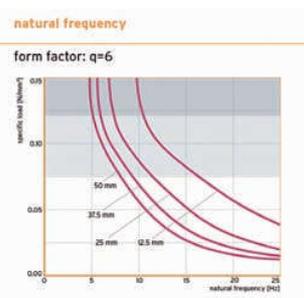
Un elemento che è bene chiarire dal principio è l'unità di misura con cui i carichi sono presentati, cioè i MegaPascal (MPa). Un carico di 1MPa indica che si ha una forza agente di 1N (1 Newton= 0.102 Kg) per mm<sup>2</sup> di prodotto, e quindi, rapportato su 1 m<sup>2</sup> di superficie, si ottiene una forza di 1.000.000 N, pari a



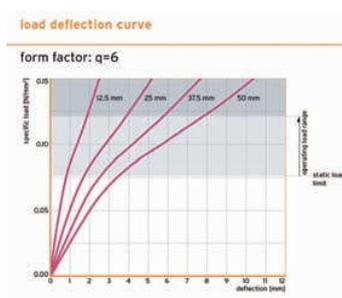
Esempio di grafico carico-deformazione per differenti spessori di materiale. Fonte: CDM SA



Esempio di grafico carico-frequenza di risonanza per differenti spessori di materiale. Fonte: CDM SA



Esempio di grafico carico-frequenza di risonanza per differenti spessori di materiale. Fonte: GMBH



Esempio di grafico carico-deformazione per differenti spessori di materiale. Fonte: Getzner SA

102.000 kg (che possono essere arrotondati a 100.000 kg per semplicità) agente su  $1.000 \times 1.000 = 1.000.000$  mm<sup>2</sup> di superficie.

Se si considera che solitamente, per un solaio standard di civile abitazione, si ha un carico statico di circa 80-100 Kg/m<sup>2</sup> per la presenza di massetto di sottofondo e pavimentazione, oltre a 200 Kg/m<sup>2</sup> teorici di sovraccarico accidentale, abbiamo al massimo un carico di circa 300 Kg al m<sup>2</sup>, ovvero circa 2.950 N al m<sup>2</sup> (circa 0.003MPa). Appare quindi evidente come sia necessario adeguare il valore di carico dei test ai carichi standardizzati o che solitamente si ritrovano in situazioni normali.

Le cose cambiano ancora se pensiamo che per eseguire i test in opera il massetto non viene caricato, bensì ci si limita ad appoggiare ed azionare la macchina generatrice standardizzata (del peso di circa 12 Kg) sopra lo stesso e ad azionare il sistema. In pratica il materassino anticalpestio sarà caricato solamente da circa 0.001 MPa.

Se si considerano i grafici dei prodotti (molto morbidi, ShoreHardness 15-25 A) sopra riportati, è possibile notare che entrambi aumentano notevolmente la loro Frequenza di Risonanza (abbreviata con Fris) al diminuire del carico e, nonostante si parli di materassini aventi spessori di ben 20 o 25 mm (e non di 3,4 o 5 mm, come si usano normalmente in edilizia), la stessa Frispassa da 15 a più di 30 Hz in un range minore di 0.05 MPa (che sono comunque 5.000 kg/m<sup>2</sup>).

La domanda che è lecito porsi è, quindi, come sia possibile che materassini di spessore nell'ordine di 3-5 mm, di cui non si conosce nemmeno la frequenza di risonanza sotto carico, siano in grado di attenuare in modo efficace i rumori da calpestio. Spesso la risposta che si dà a tale domanda non è legata ad una accurata valutazione del problema, ma solamente alla speranza che il materiale utilizzato sia in grado di garantire quanto indicato nelle schede tecniche di prodotto.

Un ulteriore aspetto critico riguarda i test sperimentali eseguiti sui prodotti in commercio. Anziché effettuare test complessi e costosi (ma assolutamente esaustivi) come quelli precedentemente descritti, spesso si ricorre ad un semplice test in laboratorio secondo le norme UNI ISO 140/6 e UNI EN ISO 712/2. Inoltre spesso la maggior parte dei test non possono considerarsi nemmeno a norma, dal momento che vengono effettuati su un campione di 1 m<sup>2</sup> anziché su 10 m<sup>2</sup>, come invece precisano le norme stesse.

Ciò comporta che, sebbene il test sia effettuato secondo le norme sopracitate, esso presenti delle "deviazioni dai metodi di prova" (dicitura solitamente riportata nelle prime righe dei test di laboratorio) che, di fatto, lo rendono assai poco significativo e caratterizzante il materiale che si è testato.

La cosa è però paradossale, in quanto la maggior parte dei tecnici (soprattutto se non particolarmente esperti in materia), guardano e utilizzano solo il valore riportato a fine tabella, tralasciando che occorrerebbe invece fare un semplice calcolo logaritmico per ricavare che, in questo modo, il valore reale è di ben 10 dB inferiore rispetto al valore indicato (in aggiunta alle ben note tolleranze del passaggio da prova in laboratorio a prova in opera). Questo fatto comporta inevitabilmente una serie di gravi inconvenienti, una volta che il materiale viene messo in opera.

Altri produttori si affidano invece ad una semplice verifica della rigidità dinamica del materassino, test effettuabile in pochi minuti. In realtà ciò non facilita le cose, dal momento che in pratica si effettua una prova simile a quella precedente, ma considerando un unico anziché differenti carichi statici, come andrebbe invece fatto per caratterizzare il materiale. Molti, poi, esprimono semplicemente il valore della rigidità apparente e non di quella reale, trascurando che l'aria intrappolata nel materiale, se presente (com'è nella maggior parte dei prodotti di fascia bassa), è quella che fa la differenza (in positivo), e tralasciando anche il fatto che, in realtà, l'aria non rimane intrappolata a lungo nei pori del materiale. Inoltre, i test vengono eseguiti sempre con il tipico carico accidentale di 200 Kg/m<sup>2</sup> (riportando il peso all'unità di superficie utilizzata, in questo caso 200x200 mm), mentre i test in opera vengono eseguiti, come si è detto, con un carico non superiore a 80-100 Kg/m<sup>2</sup>.

In questo modo alcuni prodotti raggiungono valori prestazionali inimmaginabili, ad esempio rigidità dinamiche dell'ordine di 7 MN/m<sup>3</sup> con cui, teoricamente, si potrebbe raggiungere la frequenza di risonanza di 50 Hz del sistema con soli 5 mm di materiale e 80 Kg/m<sup>2</sup> di carico distribuito. Peccato che poi, alla prova dei fatti, si ottengano frequenze di risonanza intorno ai 250 Hz, con conseguente mancato raggiungimento dei valori di norma. Tutto questo può sfociare in una causa civile per il mancato rispetto dei valori di legge e, quando sarà introdotta la nuova normativa, basata sulla norma UNI 11367, farà inserire buona parte delle abitazioni in classe IV o III.

## *Pads* e materiali elastomerici consentono il galleggiamento dei pavimenti: una soluzione semplice performante e flessibile, nata dall'audacia nella sperimentazione

**G**li investimenti in ricerca e sperimentazione di alcune aziende europee hanno portato allo sviluppo di un sistema ad appoggi discreti in grado di controllare sempre la propria deformazione in funzione del carico, e quindi la reale rigidità dinamica e la conseguente frequenza di risonanza. Si tratta quindi di un vero e proprio pavimento galleggiante e non di un semplice pavimento appoggiato su un supporto resiliente. Il sistema è di semplicità assoluta: si utilizzano dei supporti (*pads*) di dimensione variabile, solitamente compresi tra i 40 ed i 100 mm di larghezza e di altezza non inferiore a 30 mm, che vengono disposti ad un interasse calcolato in funzione della rigidità statica del materiale e dei carichi di progetto (figure da n. 06 a 09). Sopra i *pads* viene posizionato un elemento (generalmente un pannello di legno, oppure una lamiera) che funge da cassero a perdere e/o come supporto del pacchetto di completamento. Tra soletta e cassero si viene a creare uno strato vuoto di oltre 40 mm di spessore, che può essere convenientemente sfruttato per la distribuzione impiantistica, mentre sopra è possibile realizzare il tradizionale massetto in calcestruzzo oppure un sottofondo con elementi assemblati a secco. Tale soluzione consente pertanto di evitare il getto dello strato di distribuzione impiantistica. Il sistema offre innumerevoli vantaggi: riduzione dei carichi in misura non indifferente, risparmio di materiale, facilità e flessibilità di installazione delle reti impiantistiche, ma soprattutto una efficienza acustica praticamente irraggiungibile con i sistemi tradizionali.

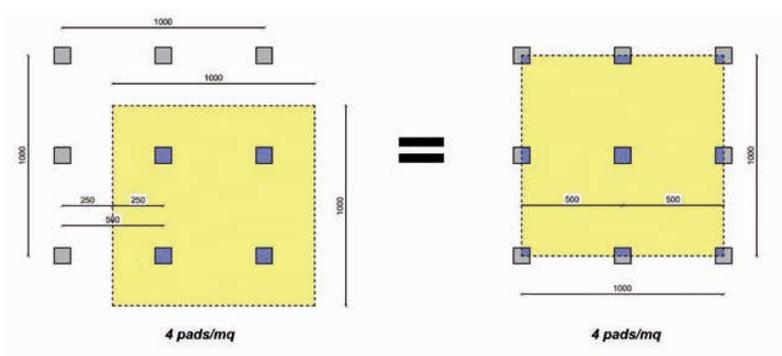
Infatti, con spessori medi di materiale elastomerico pari a 40 mm, dalle curve dei test sopra riportate si può notare come la *Fris* si abbassi, con carichi adeguati, al di sotto dei 10 Hz. Tali valori possono essere raggiunti senza particolari problemi in quanto è possibile definire esattamente tutti i parametri a cui il materiale dovrà lavorare. Ad esempio, utilizzando una miscela che può sopportare carichi da 0.01 a 0.15 MPa, è possibile decidere di quanto la si potrà caricare in funzione del carico permanente e di quello accidentale. Qualora si decidesse di farla lavorare a 0.01MPa come valore minimo, ed a 0.1 MPa come valore massimo, si dovrà fare in modo che gli 80-100 Kg/m<sup>2</sup> di carico permanente e i 200 Kg/m<sup>2</sup> di sovraccarico esercitino sulla superficie dei *pads* all'incirca quella pressione. Sarà sicuramente più importante fare in modo che non si scenda al di sotto del valore minimo piuttosto che sfiorare al di



Pads di piccola dimensione, il colore indica densità differenti e quindi differenti capacità di carico (per cortese concessione di Consonica).



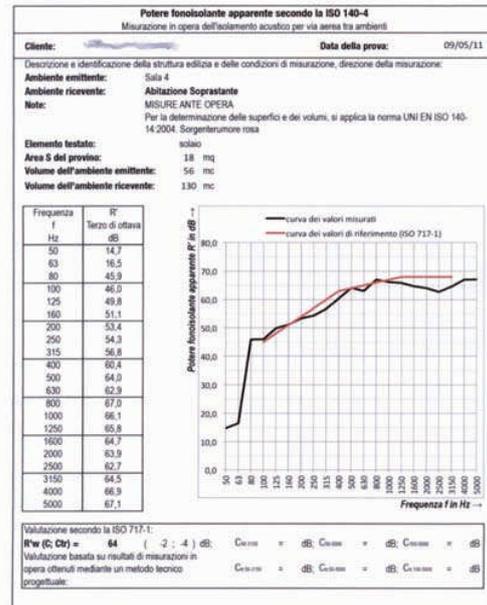
Supporti di grande dimensione (da 80 a 120 mm) per applicazioni speciali con mescole differenti. Alcuni di questi sistemi sono utilizzati normalmente per studi televisivi o di registrazione musicale grazie alla loro grandissima efficienza. (per cortese concessione di Acoustics&Engineering)



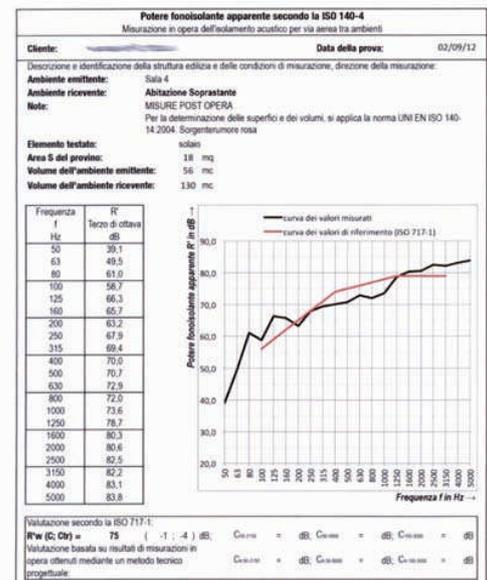
Esempio di posizionamento dei *pads* con interasse di 500 mm.

sopra del valore massimo, come si illustrerà in seguito. Dividendo, ad esempio, un carico di 2.800 N per la pressione massima ammissibile, si ricava una superficie complessiva dei supporti elastici di 28.000 mm<sup>2</sup>, che potrà essere suddivisa su più elementi in base alle specifiche esigenze. Ad esempio, se, per questioni di flessione del cassero a perdere, si dovrà utilizzare un interasse non superiore a 50 cm (valore nella pratica assai comune e che non è consigliabile superare), si avranno almeno 4 pads al m<sup>2</sup>, ed ogni supporto dovrà avere un'impronta pari a 7.000 mm<sup>2</sup>, ovvero una dimensione di circa 85x85 mm. Nella pratica, su un interasse di 50 x 50 cm, potrebbe sembrare che ci siano 9 punti di appoggio, ma in realtà, considerando i supporti laterali sulla mezzera, i punti di appoggio per metro quadro sono esattamente quattro (immagine a destra).

Se si considera il valore minimo di carico (80 Kg/m<sup>2</sup>), e lo si divide per la superficie totale dei pads, si otterrà un valore di circa 0.02 MPa e quindi superiore al valore minimo previsto: qualora fossero necessarie delle modifiche, basterebbe cambiare la dimensione dei pads o l'interasse dei profili e aumentare o diminuire il carico. Considerando il carico totale si avrà, invece, una pressione di 0.1 MPa, e quindi anche il valore massimo sarà rispettato. Il sistema è quindi assolutamente flessibile e consente, con semplici calcoli, di raggiungere sempre il valore ottimale per l'elastomero impiegato, il che significa arrivare sicuramente alla Fris desiderata, frequenza che si colloca almeno 3 ottave al di sotto di quelle raggiungibili con il miglior materassino disponibile. Tramite la formula empirica (40 Log (F1/F2)) è possibile calcolare che il guadagno, in termini di isolamento relativo, è pari a 19 dB, ovvero quasi 100 volte più efficiente rispetto ai sistemi tradizionalmente impiegati. I grafici a fianco sono relativi ad un intervento di ristrutturazione, in uno studio che lamentava problemi di scarso fonoisolamento. A parità di pacchetto di finitura superiore (costituito da una pavimentazione posata su tre lastre di cartongesso incrociate), l'impiego di una soluzione su supporti elastomerici discreti anziché su lana minerale ad alta densità ha portato ad un incremento di 11 dB di isolamento R'w e, soprattutto, di 16 dB a 100 Hz. È opportuno inoltre ricordare che i materiali elastomerici di buona qualità sopportano carichi di overload anche pari al doppio del loro valore di funzionamento. Ciò significa che, con un valore di carico massimo di 0.25 MPa, il supporto resiste anche qualora sia caricato accidentalmente fino a 0.5 MPa. Se il sistema è adeguatamente calcolato non ci sono quindi problemi di rottura neanche in presenza di sovraccarichi significativi. Il sistema, oltre che performante e flessibile, è estremamente semplice e rapido da posare. È infatti possibile posizionare i supporti con una maglia regolare tramite una semplice goccia di silicone (sistema poco costoso ma più laborioso e complesso); si possono utilizzare sistemi già combinati a dei listelli di legno (la posa è in tal caso rapidissima ma gli elementi da posare sono più costosi); oppure ancora è possibile inserire supporti della larghezza adatta nei comuni profili metallici da cartongesso (anche questo sistema è di rapida posa ma comporta un costo più elevato per il materiale impiegato). La realizzazione del sistema è estremamente semplice anche sulle fasce perimetrali, in corrispondenza dei muri. È sufficiente infatti inserire una striscia di materiale elastico da 4-6 mm, con una finitura liscia che consenta lo scorrimento verticale del sistema, per fare in modo che il getto sia completamente disconnesso meccanicamente dalla struttura perimetrali. In ogni caso è garantita la massima flessibilità, dal momento che è possibile definire in fase di progetto sia l'interasse sia le dimensioni dei supporti.



Valore del potere fonoisolante del solaio prima dell'intervento.



Valore del potere fonoisolante del solaio dopo l'intervento.

## L'innovazione edilizia passa dall'ottimizzazione dei costi, incentivando l'uso di soluzioni efficienti: i pavimenti galleggianti non fanno compromessi sulla qualità, a fronte della sostenibilità economica

L'aspetto dei costi è ovviamente un punto fondamentale e che spesso guida la scelta di una soluzione rispetto ad un'altra, senza purtroppo considerare che una soluzione ben progettata e realizzata ridurrebbe o annullerebbe i rischi di eventuali cause civili di risarcimento. Inoltre, solo l'innovazione e la qualità permettono di sopravvivere in un mercato ancora in crisi e stagnante.

Ebbene, in realtà il sistema con appoggi discreti sopra descritto è poco più costoso di un sistema tradizionale con materassino anticalpestio. Considerando che un materassino di buona qualità costa mediamente 6 €/m<sup>2</sup> per spessori di 4 mm, si ottiene un costo di 1.500 €/m<sup>3</sup> per un buon materiale (solitamente derivante da un processo di riciclo di altri prodotti). In rapporto, invece, ai materiali presi in considerazione all'inizio dell'articolo (sicuramente tra i migliori in commercio, ma che costano almeno 5 volte di più, e cioè circa 7.000 €/m<sup>3</sup>), il costo di 4 pad di dimensione 80x80x40 mm sarà di 1.8 €/pad, quindi 7.2 € al m<sup>2</sup>, che, con il taglio e il supporto, arriva a circa 2.2 € cadauno.

Un primo aspetto che è opportuno sottolineare è la riduzione di materiale elastomerico utilizzato per m<sup>2</sup>: circa ¼ del materiale rispetto ad un materassino tradizionale, e questo comporta già un notevole guadagno in termini energetici.

Al costo del sistema si deve sommare il costo del cassero a perdere. Solitamente, se gli spessori del massetto di sottofondo non sono elevati e non si hanno necessità particolari, si può utilizzare un semplice pannello multistrato o di tipo OSB da 15 mm, che può costare in media 12-16 €/m<sup>2</sup>, per un costo complessivo di circa 21-25 €/m<sup>2</sup>, a cui vanno aggiunti circa 5 €/m<sup>2</sup> per la posa del cassero stesso (più è grande e regolare l'ambiente, più veloce è la posa).

In questo caso, però non è necessario gettare il massetto di alloggiamento e copertura delle reti impiantistiche, il cui costo può essere stimato a circa 12-16€ al m<sup>2</sup> (con un sovrapprezzo di circa 1 €/m<sup>2</sup> per ogni cm di spessore aggiuntivo), e non si avrebbe la spesa del materassino di desolidarizzazione (del costo di 6 €/m<sup>2</sup>), per cui si avrebbe un risparmio di 18-22 €/m<sup>2</sup> in totale.

Dal momento che i costi del getto del massetto finale sono identici (e quindi non vengono conteggiati), la soluzione con appoggi discreti avrà un costo di circa 8 €/m<sup>2</sup> in più (26 €/m<sup>2</sup> rispetto a 18 €/m<sup>2</sup>), a fronte però dei seguenti vantaggi:

- Altissima efficienza del sistema, con attenuazioni (reali) del livello di calpestio nell'ordine dei 30 dB (valore praticamente irraggiungibile in opera con un sistema tradizionale);
- formazione di una vera e propria intercapedine per l'installazione delle reti impiantistiche e massima flessibilità nella loro posa;
- possibilità di sfruttare tale intercapedine anche per il posizionamento di un materassino termoisolante,

riducendo in tal modo lo spessore complessivo del pacchetto di solaio qualora si volesse realizzare un sistema di riscaldamento radiante;

- risparmio di materiale (gomma e massetto di protezione impianti), riduzione del carico complessivo che grava sul solaio e dello spessore della soletta portante. In definitiva, a fronte di una spesa contenuta, si ha un indubbio vantaggio in termini di prestazione, qualità, flessibilità e rapidità di posa. Si tenga presente inoltre che questo sistema è l'unico in grado

Pads accoppiati a profili metallici  
(Fonte: [www.cdm.eu](http://www.cdm.eu)).



di garantire prestazioni idonee su strutture leggere (ad esempio di tipo ligneo), in cui i carichi devono essere forzatamente ridotti. A tal riguardo il sistema si presenta particolarmente vantaggioso in caso di ristrutturazioni o nuove costruzioni di case a basso impatto ambientale, poiché è in grado di garantire risultati certi.

In caso di costruzioni con sistemi leggeri assemblati a secco, i vantaggi ottenibili sarebbero ancora più significativi, in quanto si potrebbe dapprima realizzare il pacchetto di pavimentazione, appoggiando poi le pareti divisorie interne sulla pavimentazione stessa.



Esempio di cassero a perdere in lamiera  
Fonte: [www.cdm.eu](http://www.cdm.eu)

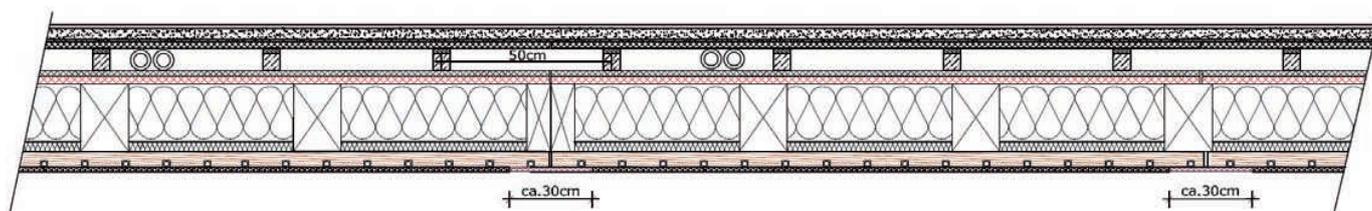
L'impiego di tale soluzione permette pertanto una riduzione dei tempi di esecuzione delle lavorazioni in cantiere (è possibile gettare il massetto di sottofondo in una sola volta inserendo dei semplici pannelli di polistirolo nelle zone dedicate alle pareti), il contenimento degli spessori (in 12 cm di altezza complessivamente si è risolto il problema del passaggio degli impianti e della realizzazione del pavimento galleggiante), ed è possibile ottenere risultati eccellenti a livello di isolamento sia orizzontale che verticale (il valore di  $L'_{n,w}$  è risultato in talune applicazioni pari a 38 dB).

Le tecniche edilizie sono quelle che si sviluppano più lentamente rispetto ad altri settori, sia per la diffidenza verso le novità da parte degli imprenditori, sia per il fatto che in molti preferiscono ancora oggi, per risparmiare, rivolgersi unicamente a rappresentanti anziché a professionisti specializzati, che propongono ovviamente soluzioni da loro sponsorizzate senza alcuna verifica analitica, oltre che carenti di una progettazione specifica.

Al giorno d'oggi, con la previsione di un mercato che si baserà soprattutto sulle ristrutturazioni di edifici esistenti, o comunque in cui la qualità farà la differenza (esattamente come oggi si vendono solo case in classe energetica A) e con la previsione che a breve uscirà il nuovo regolamento che stabilirà anche per l'efficienza acustica la suddivisione in classi, risulta necessario e indispensabile fare delle scelte alternative, per lo meno per quanto concerne la realizzazione di partizioni divisorie interne verticali e orizzontali. Esse infatti dovranno garantire efficienze molto più elevate di quelle attuali e l'unica soluzione sarà quella di utilizzare sistemi costruttivi a secco per le pareti verticali e pavimenti realmente galleggianti per quelle orizzontali.

I sistemi utilizzabili per la realizzazione di queste soluzioni esistono già, si tratta di comunicare e far comprendere agli operatori edili che tali soluzioni sono semplici ed altamente efficienti, a fronte di un incremento di costo che, se rapportato alle soluzioni convenzionali, è assai contenuto. Solo le aziende e le imprese che saranno in grado di fare innovazione riusciranno a rimanere sul mercato, esattamente come le società che sviluppano elementi tecnologici avanzati e che promuovono la ricerca. I sistemi esistono, si tratta di imparare ad utilizzarli ed apprezzarli.

*Marcello Brugola, Enrico Sergio Mazzucchelli.*



Esempio di soluzione di solai in legno con sistema su pads in materiale elastomerico. Si noti l'intercapedine sottopavimento utilizzabile per la distribuzione impiantistica.