

PRESTAZIONI ACUSTICHE DI FALDE TETTO IN LEGNO: VALUTAZIONI IN LABORATORIO E IN OPERA

L. Parati⁽¹⁾, A. Carrettini⁽¹⁾, C. Scrosati⁽²⁾

⁽¹⁾ Studio di Consulenze e Progettazioni Acustiche, Crema (Cr)

⁽²⁾ Istituto per le Tecnologie della Costruzione, ITC - CNR, Milano

1. Premessa

Lo studio in oggetto analizza metodi e allestimenti di prova per la valutazione delle prestazioni acustiche di falde tetto in legno con diverse stratigrafie, ottenute con materiali sia di uso comune che innovativi. Lo studio è stato incentrato sulla caratterizzazione e ottimizzazione in laboratorio dei pacchetti dal punto di vista acustico, considerando inoltre l'importanza degli spessori dei pacchetti, della densità superficiale, dei costi e delle prestazioni termiche.

2. Procedura di prova

Il lavoro si è svolto presso il laboratorio di misurazione del potere fonoisolante dell'ITC CNR, caratterizzato da una superficie di prova di 10 m²; le specifiche del laboratorio sono quelle definite dalla UNI EN ISO 140-1 [1].

2.1 Allestimento di prova

I campioni in prova sono stati montati nell'apertura di prova (fig. 1) ponendo particolare attenzione a minimizzare le trasmissioni laterali. Tutti i pacchetti isolanti provati sono stati montati sulla stessa struttura di supporto, che è rimasta invariata per tutte le prove eseguite. La struttura di supporto consisteva in un assito in legno montato su un'orditura di travi posizionate verticalmente all'interno dell'apertura di prova, fissate nella parte inferiore della cornice con delle squadrette e tassellate nella parte superiore (vedi fig. 2). In fig. 2 sono riportate delle fotografie dell'allestimento di prova.



Figura 1 – Campione in prova lato sorgente: due fasi di posa del campione.



Figura 2 – Campione in prova camera ricevente. Da sinistra a destra: particolare di posa lato superiore, particolare di posa lato inferiore, vista campione nella camera ricevente.

2.1 Campioni in prova

Sono state analizzate quindici diverse tipologie di coperture in legno, per le quali sono stati utilizzati, come isolanti, materiali sia di uso comune che innovativi, come lana di canapa e fibra di cellulosa, e inoltre sono state utilizzate lastre di gesso rivestito in alternativa o in aggiunta all'assito in legno.

I pacchetti sono stati via via modificati e ottimizzati a seconda dei risultati ottenuti. I campioni in prova sono descritti nella tabella seguente, in cui sono riportati anche i rispettivi indici di valutazione del potere fonoisolante, risultati dalle prove.

Tabella 1 – Campioni in prova

<i>n. Prova</i>	<i>Stratigrafia (Da interno ad esterno)</i>	<i>m'</i> <i>(Kg/mq)</i>	<i>Spessore</i> <i>(cm)</i>	<i>R_w</i> <i>[dB]</i>
P1	Perline in legno - barriera - fibra di legno media densità - fibra di legno alta densità - assito in legno - barriera	46	16	42
P2	Perline in legno - barriera - fibra di legno media densità - fibra di legno alta densità - lastra in gesso rivestito - barriera	46	16	52
P3	Perline in legno - barriera - fibra di legno media densità - fibra di legno alta densità - polistirene - lastra in gesso rivestito - barriera	42	19	49
P4	Perline in legno - barriera - fibra di legno media densità - fibra di legno alta densità - polistirene - OSB2 - barriera	44	20	47
P5	Perline in legno - barriera - fibra di legno media densità - polistirene - OSB2 - barriera	36	16	46
P6	Perline in legno - barriera - lastra in gesso rivestito - fibra di legno media densità - polistirene - OSB2 - barriera	48	17	47
P7	Perline in legno - barriera - fibra di legno media densità - pannelli in fibra di cellulosa - polistirene - OSB2 - barriera	36	17	46
P8	Perline in legno - barriera - fibra di legno media densità - lana di canapa - polistirene - OSB2 - barriera	37	18	45
P9	Perline in legno - barriera - fibra di legno media densità - lana di canapa - polistirene - assito in legno - barriera	35	18	43
P10	Perline in legno - barriera - lastra in gesso rivestito - pannelli semirigidi di lana di vetro - polistirene - lastra in gesso rivestito - barriera	42	20	49
P11	Perline in legno - barriera - lastra in gesso rivestito - pannelli in fibra di cellulosa - polistirene - lastra in gesso rivestito - barriera	41	18	51
P12	Perline in legno - barriera - lastra in gesso rivestito - lana di canapa - polistirene - lastra in gesso rivestito - barriera	43	20	52
P13	Perline in legno - barriera - lastra in gesso rivestito - polistirene - lastra in gesso rivestito - barriera	37	14.5	42
P14	Perline in legno - barriera - pannelli in fibra di cellulosa - polistirene - OSB2 - barriera	31	17	45
P15	Perline in legno - barriera - pannelli in fibra di cellulosa - lana di canapa - OSB2 - barriera	32	18	47

3. Analisi dei risultati

Nei pacchetti tetto precedentemente descritti lo studio è stato incentrato sull'isolamento acustico, affiancato da analisi termiche che consentissero di trovare soluzioni soddisfacenti anche dal punto di vista del risparmio energetico.

Si è tenuto conto anche della densità superficiale, data l'importanza che riveste nel dimensionamento delle strutture e sui costi generali di realizzazione.

Non ultimo si è cercato di ottimizzare anche i costi delle soluzioni proposte.

La scelta dei vari pacchetti è partita da soluzioni ormai consolidate, dove il materiale isolante è composto da sole fibre di legno, a diverse densità, chiuse nella parte superiore da un assito grezzo.

A seguito dei valori degli indici ottenuti, e dell'andamento in frequenza del potere fonoisolante, si sono variati gli spessori, inseriti e sostituiti materiali al fine di poter meglio identificare il comportamento dei diversi materiali e delle diverse combinazioni.

Per le tipologie di falde tetto considerate sono riportati:

- Il valore dell'indice di potere fonoisolante ottenuto per ciascuna delle quindici prove;
- il confronto delle curve del valore del potere fonoisolante in frequenza per ottimizzare i pacchetti alle varie frequenze;
- l'analisi delle prestazioni termiche in funzione del rendimento acustico;
- l'analisi degli spessori in funzione del rendimento acustico;
- l'analisi dei costi in funzione del rendimento acustico;
- l'analisi conclusiva dei pacchetti in funzione di tutti i parametri analizzati.

3.1 Confronto dell'indice del potere fonoisolante dei pacchetti

Dall'analisi dei pacchetti composti prevalentemente di fibre di legno, si può notare come la sola sostituzione dell'elemento a chiusura superiore o lo spessore del materiale utilizzato, comporti un discreto cambiamento nel valore dell'indice di potere fonoisolante. In Figura 1 sono riportati i valori degli indici di potere fonoisolante, con i relativi indici di adattamento spettrale (C ; C_{tr}).

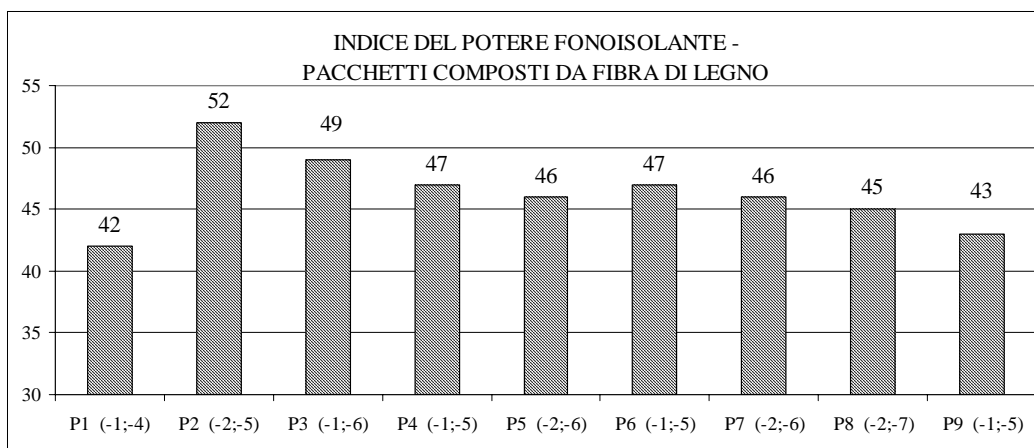


Figura 1: Confronto dell'indice di potere fonoisolante dei pacchetti con materiale isolante in fibra di legno. A fianco del numero del pacchetto sono indicati i relativi indici di adattamento spettrale (C ; C_{tr}).

Le prove P1 e P2 differiscono unicamente per l'elemento di chiusura superiore: assito nel primo caso, lastra di gesso rivestito nel secondo. La sola sostituzione dell'elemento di chiusura ha incrementato l'isolamento acustico di 10 dB, risultato piuttosto soddisfacente. Sebbene i due pacchetti siano acusticamente validi, non lo sono altrettanto dal punto di vista termico, pertanto, si è proseguito cercando di ottimizzarne anche l'isolamento termico.

Nella soluzione P3 si diminuiscono le fibre di legno di un terzo dello spessore precedentemente utilizzato, riducendo così la densità superficiale dell'intero pacchetto, e, grazie all'inserimento di materiali ad elevate prestazioni termiche, la soluzione risulta termi-

camente competitiva, mantenendo comunque un buon valore di indice di isolamento acustico.

Nella soluzione P4 è stato unicamente sostituito l'elemento di chiusura superiore del pacchetto utilizzando pannelli in OSB2. Anche in questo caso l'elemento di chiusura superiore ha influenzato notevolmente il comportamento acustico dell'intero pacchetto. Nella soluzione P5 si è cercato di ottimizzare i materiali utilizzati, in funzione dei costi e della densità superficiale del pacchetto, diminuendo ulteriormente lo spessore delle fibre di legno.

La soluzione P6 prevede la combinazione di una lastra di gesso rivestito, posta a diretto contatto con la perlina interna, e dell'OSB2 a chiusura superiore, mantenendo inalterato il pacchetto isolante della prova precedente. Nonostante l'utilizzo delle lastre di gesso rivestito, non si riscontrano significativi miglioramenti né acustici, né termici, né tanto meno economici.

A questo punto, rimossa la lastra di gesso rivestito, per ottimizzare le prestazioni del pacchetto, sono stati ridotti ulteriormente gli spessori delle fibre di legno, mantenuti gli spessori dell'isolante termico, e inserito un materiale naturale di uso non ancora comune quale la fibra di cellulosa. Il comportamento del pacchetto (prova P7) di densità superficiale 37 kg/m^2 e spessore 17 cm, risulta acusticamente identico alla soluzione P5, di densità superficiale 36 kg/m^2 e spessore 16 cm, ma con un notevole incremento delle prestazioni termiche.

Le soluzioni P8 e P9 prevedono l'inserimento di un altro materiale naturale, la lana di canapa a sostituzione della fibra di cellulosa. La prova P8 presenta lo stesso elemento di chiusura superiore della prova P7 (OSB2), mentre la prova P9 presenta la medesima configurazione della prova P8 modificando solo l'elemento di chiusura superiore.

Il confronto delle prove P7 e P8 consente di affermare che la fibra di cellulosa presenta un comportamento migliore dal punto di vista acustico rispetto al comportamento della lana di canapa. Il confronto delle prove P8 e P9, evidenzia ancora una volta che la sostituzione dell'elemento superiore influenza il comportamento acustico del pacchetto.

Le prove successive, da P10 a P15, prevedono l'impiego di materiali isolanti più leggeri, rispetto alla fibra di legno.

In Figura 2 sono riportati i valori degli indici di potere fonoisolante, con i relativi indici di adattamento spettrale (C ; C_{tr}).

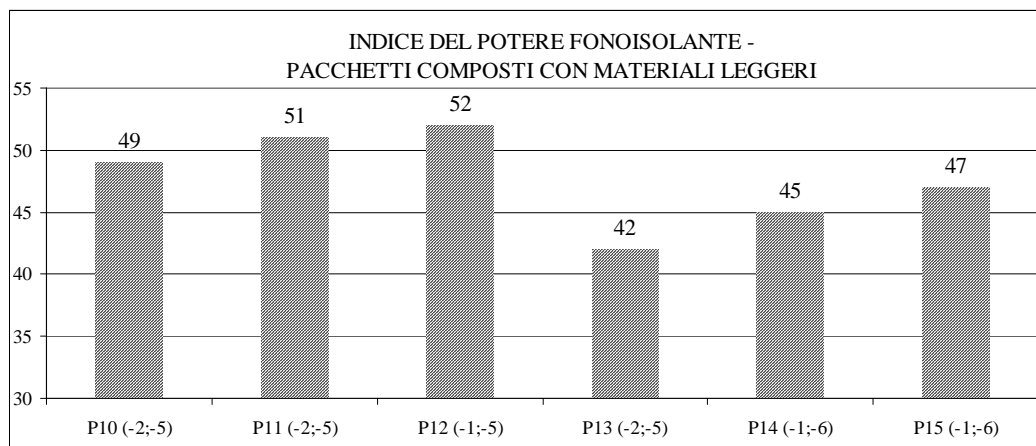


Figura 2: Confronto dell'indice di potere fonoisolante dei pacchetti con materiale isolante leggeri. A fianco del numero del pacchetto sono indicati i relativi indici di adattamento spettrale (C ; C_{tr}).

Le prove P10, P11, P12 e P13 prevedono un sistema che utilizza lastre di gesso rivestito, la prima in aggiunta alle perline all'intradosso, la seconda come elemento di chiusura superiore; all'interno delle lastre sono stati inseriti materiali "leggeri".

La lana di vetro P10, la fibra di cellulosa P11 e la lana di canapa P12, mostrano un buon comportamento acustico e buone prestazioni termiche. L'incremento della massa superficiale del pacchetto è dovuto all'inserimento della seconda lastra di gesso rivestito. La prova P13 prevede all'interno del pacchetto solo un isolante termico di uso molto comune, il polistirene. Tale prova mostra come il materiale, termicamente molto performante, non sia altrettanto performante dal punto di vista acustico.

Nelle ultime due prove, P14 e P15, si è modificato l'intero sistema, rimuovendo la lastra di gesso rivestito a contatto con la perlina interna, e sostituendo la lastra di gesso rivestito utilizzata come chiusura superiore con pannelli in OSB2.

Nelle prove P11 e P14, con fibra di cellulosa, si riscontra una diminuzione rilevante delle prestazioni acustiche (6 dB) legata unicamente al sistema di contenimento del materiale isolante, ovvero le 2 lastre di gesso rivestito nel primo caso e in pannelli in OSB2 nel secondo caso (vedi Figura 3). La prova P15, ove si combinano fibra di cellulosa e lana di canapa, sempre con OSB2 evidenzia un incremento dell'isolamento legato principalmente alla combinazione dei due materiali.

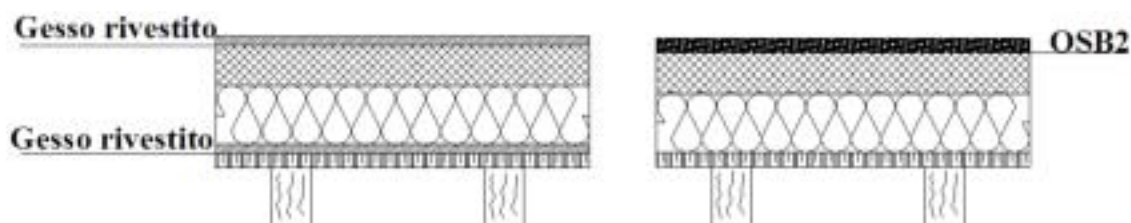


Figura 3: Sistema di contenimento del materiale isolante per le prove P11 a sinistra (2 lastre di gesso rivestito) e P14 a destra (pannelli in OSB2).

3.2 Confronto del comportamento in frequenza per R_w simili

Il confronto dell'andamento in frequenza del potere fonoisolante dei pacchetti analizzati è riportato nei grafici seguenti. Si sono confrontate le curve dei diversi pacchetti con indice di potere fonoisolante R_w simile.

Il confronto dell'andamento in frequenza delle prove P1, P13 e P9, Figura 4, mostra che fino alla frequenza di 250 Hz il valore di R di P1 è superiore a quello degli altri pacchetti. Mentre, a partire da 315 Hz, il pacchetto P9 ha un valore di R superiore di circa 3 dB alle diverse frequenze, inoltre ha una densità superficiale inferiore di circa 10 Kg/m^2 e caratteristiche termiche nettamente migliori rispetto agli altri due pacchetti in esame. Quindi la sostituzione parziale di fibra di legno con lana di canapa migliora le prestazioni del pacchetto alle medio-alte frequenze.

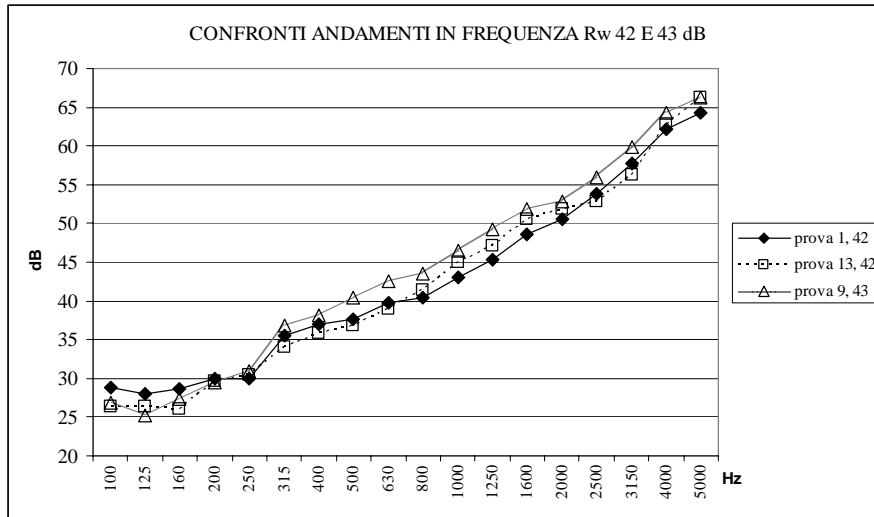


Figura 4: Confronto dell'andamento in frequenza dei pacchetti (P1, P13, P9) con indice di potere fonoisolante 42 e 43 dB.

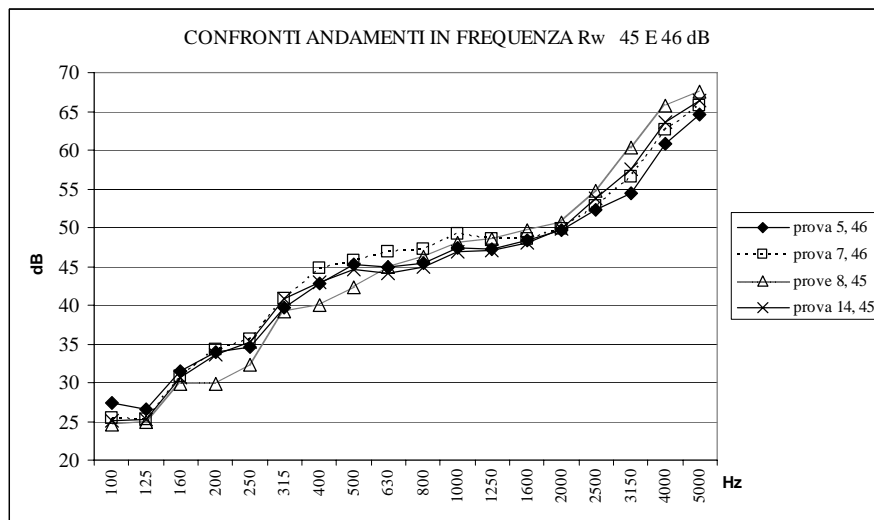


Figura 5: Confronto dell'andamento in frequenza dei pacchetti (P5, P7, P8 e P14) con a indice di potere fonoisolante 45 e 46 dB.

Dai grafici riportati in Figura 5 si nota che fino alla frequenza di 250 Hz i pacchetti P5 e P7 risultano migliori. La combinazione di fibre di legno e fibre di cellulosa (pacchetto P7) lavora meglio alle frequenze centrali (315 ÷ 1250 Hz). Dalla frequenza di 1600 Hz fino in poi, la combinazione di fibra di legno e lana di canapa (pacchetto P8) ha le prestazioni migliori, anche se è la peggiore alle basse frequenze. Inoltre i pacchetti P7 e P8 sono termicamente performanti, e con densità superficiali piuttosto contenute (36 Kg/m²).

Dai grafici riportati in Figura 6 si riscontra che, sebbene i pacchetti presentino lo stesso indice R_w , il loro andamento in frequenza è notevolmente diverso, con differenze anche di 5 dB.

I pacchetti P4 e P6, con fibra di legno, mostrano comportamenti migliori fino ai 250 Hz, tra i 315 Hz e i 630 Hz i 3 diversi pacchetti mostrano il medesimo andamento, ma dalla frequenza di 800 Hz in poi la soluzione P15, con lana di canapa e fibre di cellulosa, ha un comportamento nettamente migliore. Inoltre tale soluzione presenta una densità superficiale di 10 Kg/m² inferiore rispetto agli altri due pacchetti e prestazioni termiche piuttosto elevate.

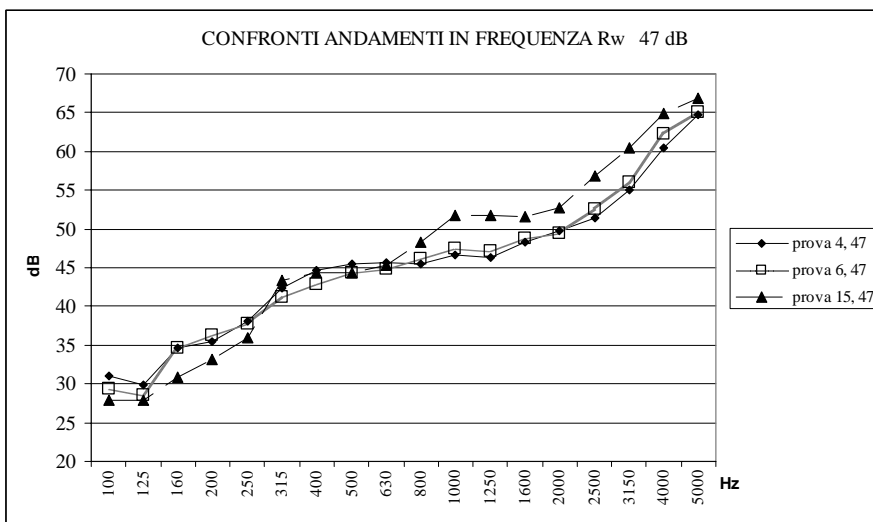


Figura 6: Confronto dell'andamento in frequenza dei pacchetti (P4, P6 e P15) con indice di potere fonoisolante 47 dB.

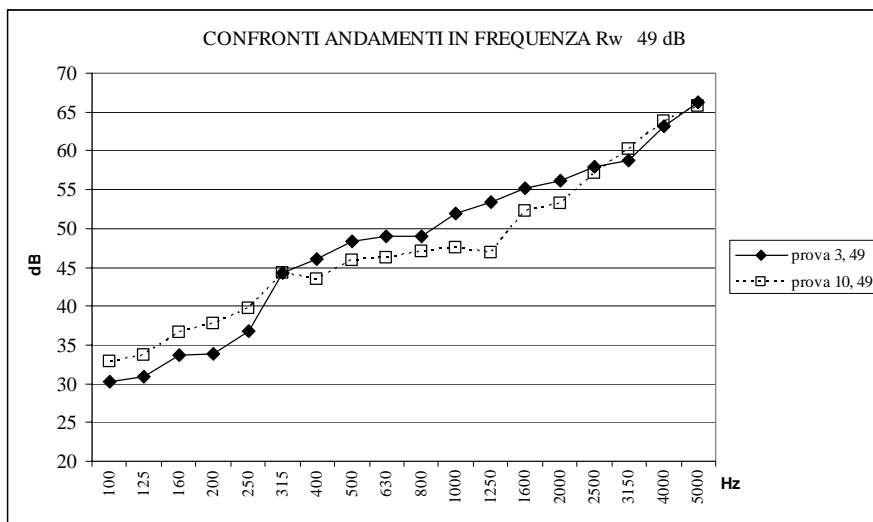


Figura 7: Confronto dell'andamento in frequenza dei pacchetti (P3 e P10) con indice di potere fonoisolante 49 dB.

Dai grafici riportati in Figura 7, si riscontra che, come nel caso precedente, sebbene i pacchetti presentino lo stesso indice, il loro andamento in frequenza è notevolmente diverso, con differenze che oscillano dai 2 ai 6 dB.

Il pacchetto P10, composto da lastre di gesso rivestito con interposta lana di vetro, mostra un isolamento maggiore tra 100 Hz e 315 Hz. Il pacchetto P3, composto preva-

lentamente da fibre di legno, mostra un comportamento migliore da 400 Hz a 2500 Hz, oltre tale frequenza i due pacchetti mostrano lo stesso andamento.

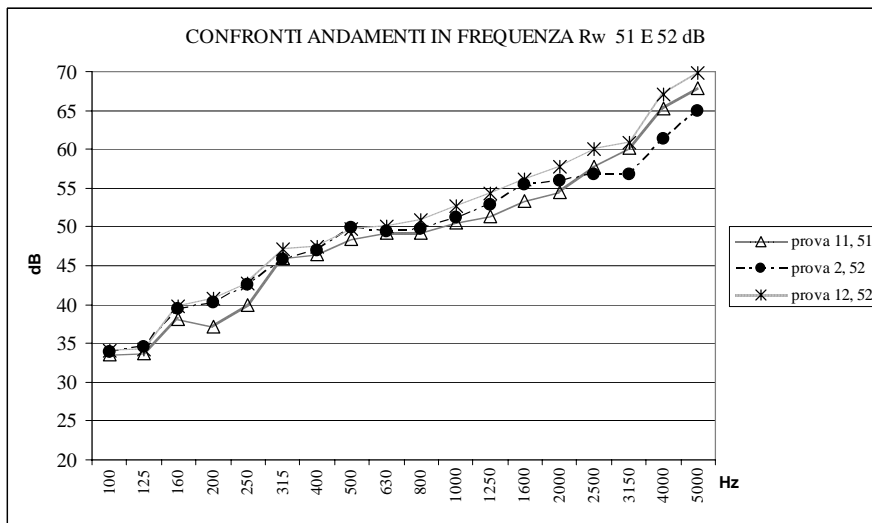


Figura 8: Confronto dell'andamento in frequenza dei pacchetti (P11, P2 e P12) con indice di potere fonoisolante 51 e 52 dB.

Dai grafici riportati in Figura 8, si riscontra che fino alla frequenza di 630 Hz il pacchetto P2 composto da fibre di legno e lastra di gesso rivestito mostra il miglior isolamento. Dalla frequenza di 800 Hz in poi il pacchetto P12, composto da lastre di gesso rivestito con interposta lana di canapa, risulta acusticamente il più performante.

3.3. Confronto dell'andamento in frequenza in funzione del sistema di contenimento dei materiali isolanti

Le diverse prove eseguite hanno evidenziato come, in alcuni casi, l'elemento a chiusura superiore influenzi notevolmente il comportamento di tutto il pacchetto (Figura 9) e come, in altri casi, la stessa modifica mostra variazioni contenute del potere fonoisolante dei pacchetti (Figura 10 e Figura 11).

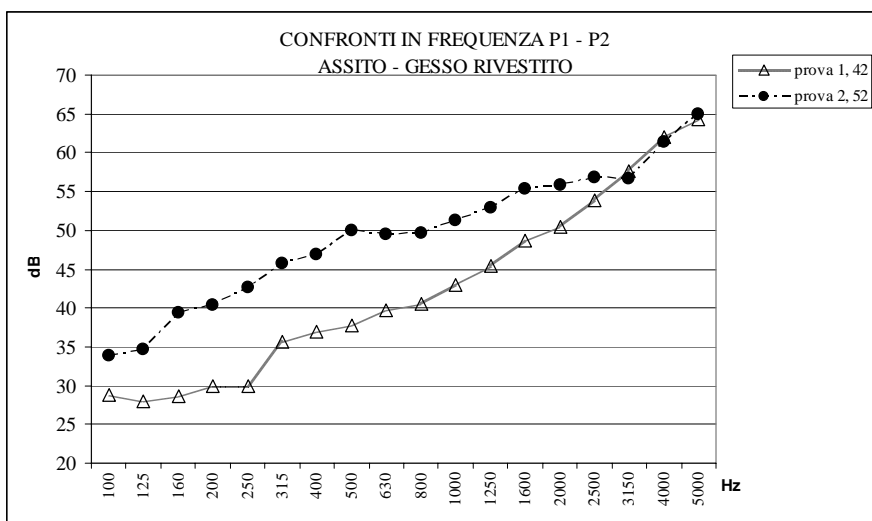


Figura 9: Confronto dell'andamento in frequenza dei pacchetti P1 - P2

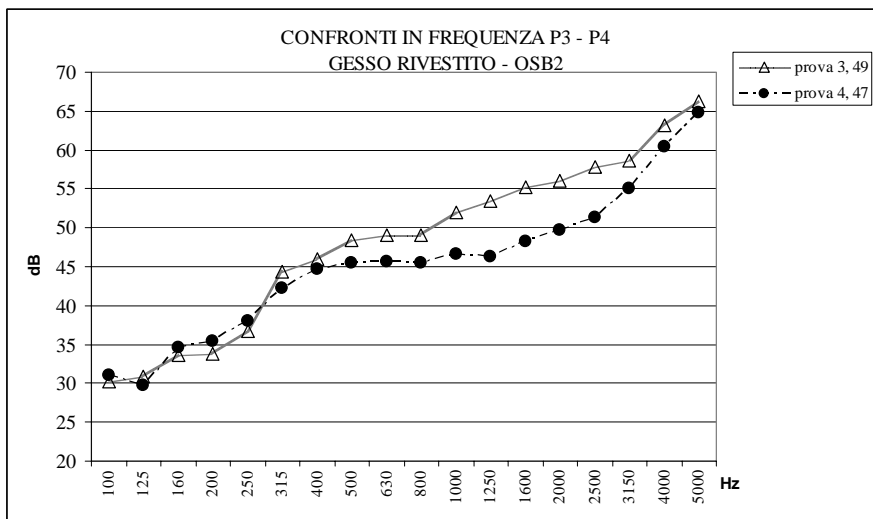


Figura 10: Confronto dell'andamento in frequenza dei pacchetti P3 - P4

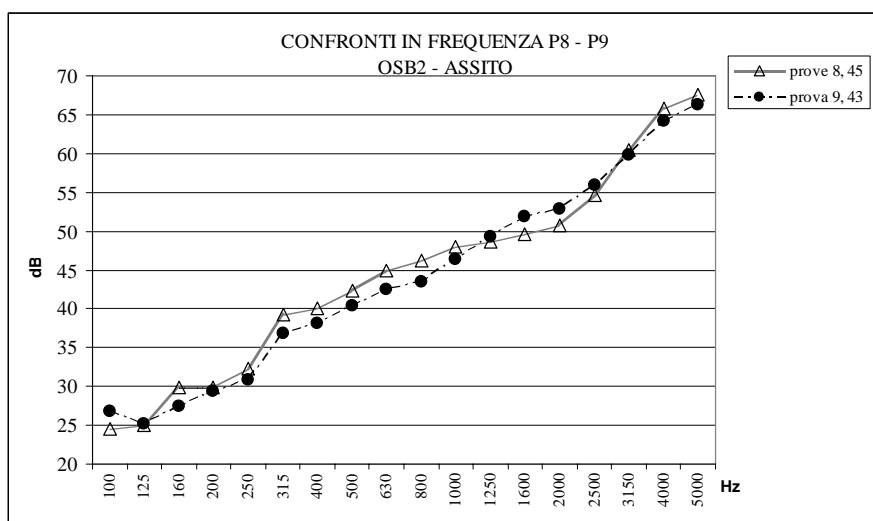


Figura 11: Confronto dell'andamento in frequenza dei pacchetti P8 - P9

3.4 Analisi di tutti i parametri considerati

I pacchetti sono stati valutati considerando diversi fattori che influenzano le scelte della soluzione da adottare, ovvero il costo, lo spessore, la densità superficiale, l'isolamento termico, il tutto in relazione all'indice di potere fonoisolante misurato; tali fattori sono riportati nel grafico di Figura 12.

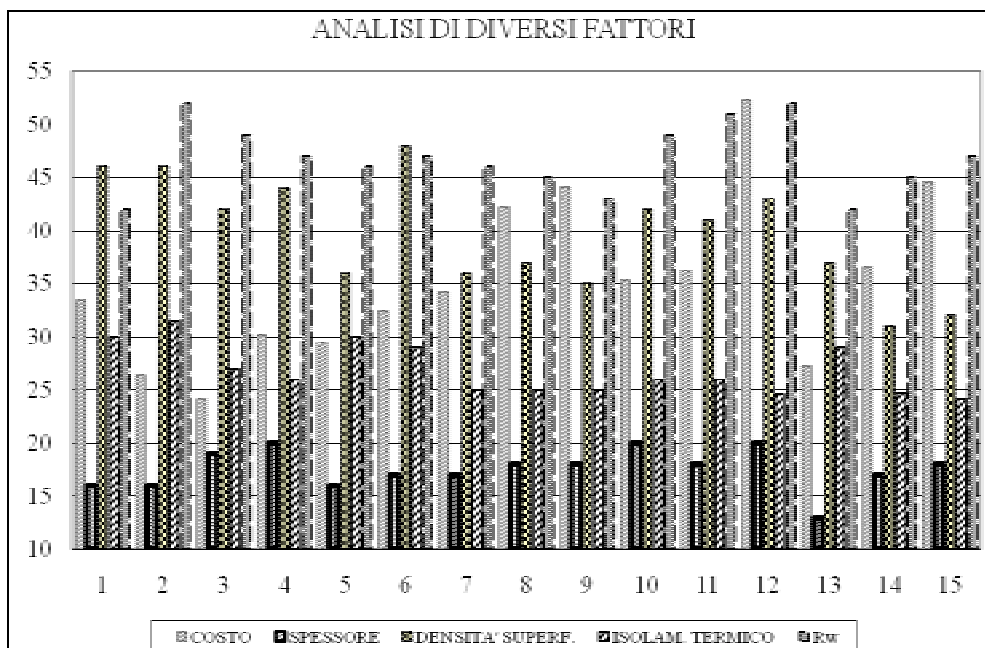


Figura 12: Confronto di costi, spessori, densità superficiali e isolamento termico in funzione di R_w (asse y) di tutte le prove (asse x).

Si evidenzia che in Figura 12 tutti i fattori considerati sono tanto migliori quanto più basso è il loro valore; l'unico parametro che migliora all'aumentare del valore è il potere fonoisolante. I costi qui indicati sono quelli relativi al materiale acquistato per le prove di laboratorio e non sono riferiti ad un'indagine di mercato.

4. Conclusioni

I risultati ottenuti nel presente studio forniscono un utile strumento per la scelta del pacchetto da utilizzare per la realizzazione di falde tetto in legno.

Da quanto sopra analizzato si evince che, come del resto per altri elementi edilizi, non è tanto il comportamento del singolo materiale bensì la combinazione e l'ordine dei diversi elementi che, nel loro insieme, forniscono valori più o meno elevati di isolamento acustico. Inoltre, la scelta della soluzione da adottare, a parità di indice di potere fonoisolante, è da compiersi anche in base alla prestazione in frequenza (cioè è da legarsi al contesto ambientale in cui l'edificio si trova), non solo al fine di rispettare i parametri previsti dal D.P.C.M. 5.12.97 [2], e soprattutto allo scopo di garantire un miglior comfort acustico all'interno delle unità abitative.

Si fa notare anche che, fermo restando il rispetto della normativa vigente dal punto di vista acustico, la scelta definitiva del pacchetto tetto da utilizzare nei diversi cantieri, sarà determinata dall'insieme di tutte le priorità del progetto, quali esigenze di risparmio energetico o esigenze di tipo strutturali (in particolare per le ristrutturazioni), o problematiche relative ai costi (ad esempio lo spessore del pacchetto che si ripercuote sullo spessore della gronda in facciata aumentando i costi) e così via.

Ringraziamenti

Si ringrazia la Baisotti Legnami - Medolago (BG) (www.baisotti.it) per aver supportato il presente progetto di ricerca.

Bibliografia

- [1] UNI EN ISO 140-1:2006 Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Requisiti per le attrezzature di laboratorio con soppressione della trasmissione laterale;
- [2] D.P.C.M. 5 Dicembre 1997 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”.