

SVILUPPO DI PANNELLI FONOASSORBENTI SOSTENIBILI IN FIBRA DI JUTA

Francesco Pompoli (1), Peter Dagø (2), Cristina Marescotti (3), Andrea Santoni (4), Patrizio Fausti (5)

- 1) Dipartimento di Ingegneria – Università di Ferrara, Ferrara, francesco.pompoli@unife.it
 2) Hubhub ApS, Copenhagen, pda@remixednature.com
 3) Dipartimento di Ingegneria – Università di Ferrara, Ferrara, cristina.marescotti@unife.it
 4) Dipartimento di Ingegneria – Università di Ferrara, Ferrara, andrea.santoni@unife.it
 5) Dipartimento di Ingegneria – Università di Ferrara, Ferrara, patrizio.fausti@unife.it

SOMMARIO

Nel presente articolo verrà illustrato uno studio di ottimizzazione di pannelli fonoassorbenti sostenibili in fibra di juta, sviluppati per due applicazioni differenti: la prima, con uno spessore di 40 mm, ottimizza le prestazioni per un posizionamento a parete, mentre la seconda prevede un pannello di spessore 20 mm ed un utilizzo per controsoffitti con intercapedine d'aria. La progettazione è partita dallo studio sperimentale delle prestazioni acustiche delle fibre di juta sciolte ed ha avuto come obiettivo il raggiungimento di una prestazione di Classe A ($\alpha_w \geq 0,90$) secondo la ISO 11654. Lo studio è stato condotto in collaborazione con l'azienda danese Hubhub ApS.

1. Introduzione

Negli ultimi anni lo sviluppo di materiali fonoassorbenti sostenibili ha avuto una notevole intensificazione grazie agli obiettivi di riduzione delle emissioni globali di CO₂. Ampia bibliografia è ad oggi disponibile per materiali fibrosi realizzati con materiali di origine vegetale, come ad esempio canapa, fibre di legno e fibre di cocco.

Negli ultimi anni anche la legislazione, attraverso i CAM (Requisiti ambientali minimi) sta spingendo all'utilizzo di materiali sostenibili. Il progetto in esame nasce dalla volontà di Hubhub ApS di sviluppare pannelli fonoassorbenti per interni integralmente naturali, a partire dalle fibre che li costituiscono, passando per il legante che conferisce compattezza e per il rivestimento estetico.

2. Materiali e metodi

Lo studio ha avuto come obiettivo lo sviluppo di due pannelli fonoassorbenti in fibra di juta per ambienti interni: un pannello più spesso per applicazioni a parete (40 mm) ed un pannello più sottile (20 mm) per impiego in controsoffitti con intercapedine d'aria. I pannelli sono stati realizzati in India utilizzando fibre di juta e lattice naturale come legante. Le fibre di juta sono ricavate senza utilizzo di sostanze chimiche dalle piante del genere *Corchorus Capsularis*, appartenente alla famiglia delle *Malvaceae*, presenti in grandi quantità nelle regioni monsoniche dell'Oriente. Il processo di produzione, che impiega lattice naturale come legante, permette di avere un pannello 100% biodegradabile.

Lo studio di progettazione acustica dei due pannelli è iniziato con una caratterizzazione sperimentale di un piccolo quantitativo di fibre sciolte, utilizzando un tubo ad onde piane e misurando l'assorbimento acustico del materiale progressivamente compresso (figura 1). Dalle misure acustiche ottenute per diverse combinazioni di densità e spessore, attraverso un procedimento analitico descritto in [1], è stato possibile ricavare i parametri caratteristici fisici ed acustici per qualsiasi densità delle fibre. Da questi ultimi, utilizzando l'ipotesi di campo diffuso e la correzione per dimensione finita di Rhazi *et al.* [2], si sono calcolati analiticamente i potenziali risultati ottenibili in camera riverberante per diverse combinazioni di spessore, densità ed eventuale intercapedine. Obiettivo della ottimizzazione, su richiesta di Hubhub ApS, è stato quello di sviluppare due pannelli

con prestazione Classe A ($\alpha_w \geq 0,90$) secondo la norma ISO 11654. L'intera procedura è stata verificata alla fine del progetto su 10,8 m² di pannelli in camera riverberante (ISO 354).



Figura 1 – Fibre sciolte di juta e loro installazione nel tubo ad onde piane

3. Risultati sperimentali

Le misure sperimentali sulle fibre sciolte hanno fornito l'assorbimento acustico ad incidenza normale per diverse combinazioni di densità e spessore (figura 2).

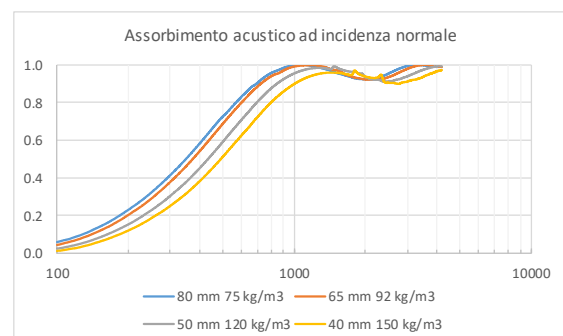


Figura 2 – Misure sperimentali sulle fibre sciolte per diverse combinazioni di spessore e densità

Da tali misure, con una procedura analitica di inversione descritta dettagliatamente in [1], sono stati ricavati i parametri fisici del modello di fluido dissipativo equivalente di Johnson-Champoux-Allard per le diverse densità testate e successivamente è stata calcolata una relazione analitica tra i vari parametri e la densità del materiale ρ . A titolo di esempio, si riportano in tabella 1 i valori dei parametri fisici calcolati per le densità comprese tra 120 e 240 kg/m³: porosità ϕ , resistività al flusso d'aria

σ , tortuosità α_{∞} , grandezze caratteristiche viscosa Λ e termica Λ' .

Tabella 1 – Valori dei parametri fisici ricavati dalle misure sulle fibre sciolte in funzione della densità.

ρ [kg/m ³]	ϕ [-]	σ [kNs/m ²]	α_{∞} [-]	Λ [μ m]	Λ' [μ m]
120	0.91	15.9	1.10	65	133
140	0.89	21.1	1.12	50	123
160	0.88	27.3	1.13	39	115
180	0.86	34.8	1.15	32	108
200	0.85	43.7	1.17	27	102
220	0.83	54.3	1.19	23	97
240	0.82	66.8	1.22	19	93

In Tabella 2 sono riportati i risultati finali del calcolo analitico; fissato dal Cliente lo spessore desiderato del pannello (esigenze commerciali e produttive), si è ricercata la densità ottimale che consente di raggiungere $\alpha_w \geq 0,90$.

Tabella 2 – Valori calcolati di α_w in funzione della densità dei pannelli per configurazione a parete e controsoffitto

ρ [kg/m ³]	160	180	200	220	240
Pannello 40 mm	0.80	0.85	0.85	0.90	0.90
ρ [kg/m ³]	120	140	160	180	200
Pannello 20 mm + intercapedine 200 mm	0.80	0.85	0.90	0.90	0.90

Come si può notare, per la soluzione a parete da 40 mm è necessaria una densità minima di 220 kg/m³ per raggiungere la classe A, mentre per il pannello da 20 mm con intercapedine di 200 mm è necessaria una densità minima di 160 kg/m³. A titolo di esempio per il pannello da 40 mm si riportano in figura 3 i valori di assorbimento acustico ad incidenza diffusa calcolati dal modello in ottave e la procedura di calcolo di α_w con la curva di riferimento prevista dalla ISO 11652 al variare della densità del pannello.

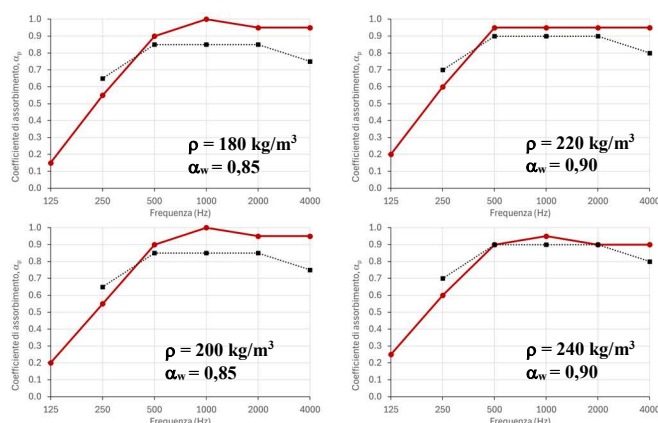


Figura 3 – Procedura di calcolo di α_w per pannelli di 40 mm di diverse densità (assorbimento acustico calcolato con modello analitico)

Per il materiale in esame a tutte le densità analizzate il coefficiente α_w è determinato dallo scarto negativo presente alla frequenza inferiore di 250 Hz; per questo motivo l'incremento di densità del pannello a parità di spessore, in grado di migliorare l'assorbimento a bassa frequenza, consente di raggiungere un valore di α_w superiore a 0,90. Sulla base di questi risultati, le densità scelte per sviluppare i pannelli sono state di 220 kg/m³

per la soluzione a parete (40 mm) e 160 kg/m³ per la soluzione con controsoffitto (20 mm + 200 mm di intercapedine d'aria).

I pannelli realizzati secondo queste specifiche sono infine stati testati in camera riverberante; i risultati sperimentali in termini di assorbimento acustico per incidenza diffusa (terzi di ottava) sono riportati in figura 4 e confrontati con il risultato ottenuto dal calcolo analitico.

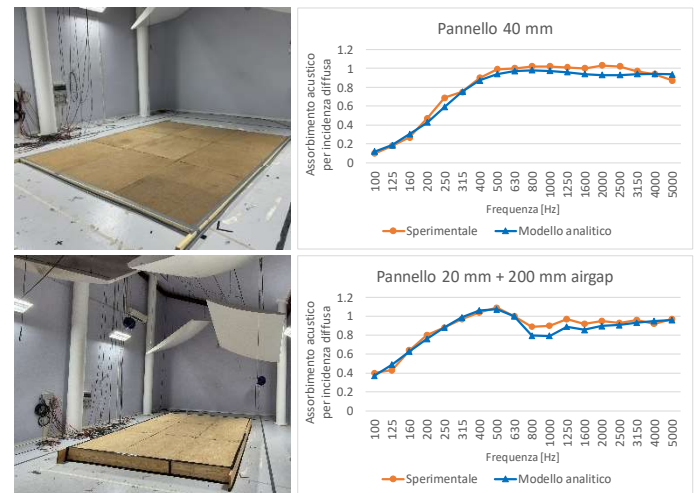


Figura 4 – Confronto tra i risultati sperimentali e quelli calcolati analiticamente per i pannelli da 40 mm (soluzione a parete, densità 220 kg/m³) e 20 mm (soluzione con intercapedine da 200 mm, densità 160 kg/m³)

Come si può osservare per entrambe le soluzioni il procedimento analitico/sperimentale ha consentito di calcolare con ottima approssimazione le prestazioni finali dei pannelli, e di prevedere il valore di α_w con un errore pari a 0,05. Entrambe le soluzioni sono effettivamente risultate in Classe A in conformità alla norma ISO 11654 con valori di $\alpha_w = 0,95$.

4. Conclusioni

Nel progetto oggetto di questo articolo è stato sono stati sviluppati due pannelli fonoassorbenti in fibra di juta, completamente biodegradabili grazie alla natura vegetale delle fibre e alla presenza di un legante naturale come il lattice. Il processo di ottimizzazione acustica impiegato ha consentito di ottenere due pannelli in Classe A ($\alpha_w = 0,95$) sia per la soluzione a parete (spessore 40 mm) che per quella a controsoffitto (20 mm).

La procedura proposta ha mostrato una elevata affidabilità, e consente di minimizzare le attività sperimentali, che vengono effettuate su una piccola quantità di fibre con una apparecchiatura molto diffusa come il tubo ad onde piane. A queste si affianca una elaborazione analitica molto rapida, implementata in Matlab, che consente di calcolare i parametri caratteristici fisici ed acustici del materiale fibroso al variare della sua densità. L'adozione di tale procedura limita al minimo la prototipazione di pannelli riducendo costi e tempi di sviluppo.

I pannelli saranno a breve commercializzati, una volta terminata la fase di certificazione della resistenza al fuoco, ottenuta tramite ritardanti naturali, e prevedono la possibilità di rivestimenti colorati realizzati in lana di pecora.

5. Bibliografia

- [1] Santoni, A., Pompoli, F., Marescotti, C., Fausti, P., *Characterization of fibrous media transport parameters from multi-compression ratio measurements of normal incidence sound absorption*, J. Acoust. Soc. Am. 157 (2), 2025, pp. 1185–1201, <https://doi.org/10.1121/10.0035847>.
- [2] Rhazi, D., and Atalla, N., *A Simple Method to Account for Size Effects in the Transfer Matrix Method*, J. Acoust. Soc. Am., 127(2), 2010, pp. EL30–EL36, <https://doi.org/10.1121/1.3280237>.