

Poiché non risulta facile inglobare particelle di aria all'interno della struttura del materiale, una via alternativa è quella di giocare sulla geometria del pannello pieno al fine di modellarlo e creare zone che intrappolano aria. Una prima idea è quella di creare pannelli multistrato tramite l'accoppiamento di più spessori dal fondo irregolare o forati, per ottenere celle d'aria interne e simulare quanto accade nei pannelli alveolari. Tuttavia tali accoppiamenti, oltre a necessitare di sostanze collanti aggiuntive, potrebbero creare punti di debolezza all'interno del pannello e causare distacchi durante i test di trazione. Per evitare il problema si è scelta una seconda soluzione: inserire dei tubi metallici all'interno dello stampo per creare in un unico blocco il pannello finale ed ottenere dei fori passanti trasversali con una facile rimozione degli inserti.

I campioni realizzati al termine di ogni prova sono stati misurati e pesati al fine di poterli paragonare. Riguardo ai risultati ottenuti si possono trarre le seguenti conclusioni:

- il processo di liofilizzazione da buoni risultati e permette di ottenere un pannello leggero e al tempo stesso resistente, si ottiene una riduzione del 50% rispetto alla densità del materiale composito non lavorato;
- fra gli agenti lievitanti il Bicarbonato di Sodio ha un effetto positivo nell'alleggerire ed aumentare il volume del campione, si ottiene una riduzione del 20% rispetto alla densità del materiale composito non lievitato;
- l'utilizzo dei fiocchi permette di ottenere un pannello voluminoso e leggero ma con scarse proprietà di resistenza meccanica e di lavorazione, si ottiene una riduzione del 70% rispetto alla densità del materiale composito non lavorato;
- la creazione di una struttura internamente cava permette di mantenere la resistenza e la lavorabilità necessarie ma influisce poco sul peso del prodotto, la cui densità rimane analoga a quella di un pannello non lavorato.

Allo scopo di rendere il nuovo materiale composito idoneo ad un'applicazione edilizia, sono stati utilizzati degli additivi ignifughi e idrofobi in grado di migliorare la resistenza del pannello, e la loro efficacia è stata validata tramite opportuni test, come la prova di immersione totale e parziale in acqua per breve periodo e la prova qualitativa di infiammabilità. Sono state così identificate le opportune quantità di sostanze efficaci: 15% di additivi anti-umidità e 30% di additivi antifiamma.

Basandosi sui dati raccolti durante lo sviluppo del progetto, è stato possibile fornire un'indicazione riguardo al costo dei materiali necessari allo sviluppo di un pannello. I campioni sono stati pertanto paragonati nelle loro proprietà ai materiali attualmente utilizzati in campo edilizio. Tutti gli aspetti evidenziati mostrano la possibilità di ottenere un materiale innovativo e sostenibile: tramite l'aggiunta di additivi nel processo di riciclo del cartone è stato possibile migliorare le performance del materiale dal punto di vista dell'isolamento termico, del peso, della resistenza a flessione, al fuoco e all'umidità. I materiali sviluppati possiedono i requisiti necessari non solo per essere utilizzati come isolanti all'interno di un involucro edilizio, ma soprattutto per essere sostenibili dal punto di vista ambientale e quindi rappresentano una valida alternativa al polistirene espanso.

<i>Materiale</i>	<i>Densità</i>	<i>Conducibilità termica</i>	<i>Resistenza a flessione</i>	<i>Costo</i>
	<i>in kg/m³</i>	<i>in W/(m K)</i>	<i>in KPa</i>	<i>in €/m³</i>
<i>50% carta da macero e 50% PCM</i>	<i>215</i>	<i>0,063</i>	<i>390,25</i>	<i>210 - 810</i>
<i>pannello forato con 50% carta da macero e 50% PCM</i>	<i>215</i>	<i>0,055</i>	<i>375,80</i>	<i>210 - 810</i>
<i>30% carta da macero, 30% PCM e 30% di Bicarbonato</i>	<i>180</i>	<i>0,052</i>	<i>170,75</i>	<i>156 - 516</i>
<i>Pannello in fiocchi e PCM</i>	<i>62</i>	<i>non calcolate per la difficoltà di ottenere pannelli in grandi dimensioni</i>		
<i>Pannello liofilizzato</i>	<i>105</i>			
<i>Perlite espansa</i>	<i>260</i>	<i>0,06</i>	<i>650,50</i>	<i>320</i>
<i>Perlite espansa e fibre di cellulosa</i>	<i>145</i>	<i>0,05</i>	<i>282,95</i>	<i>120</i>
<i>Polistirene espanso e grafite</i>	<i>20</i>	<i>0,031</i>	<i>158,8</i>	<i>66</i>