

# Agris

Agenzia regionale  
per la ricerca in agricoltura



REGIONE  
AUTONOMA  
DELLA SARDEGNA

---

*QUADERNI DEL*

*SERVIZIO TECNOLOGIA DEL SUGHERO E DELLE MATERIE PRIME  
FORESTALI*

---

N° 16

**Pannelli destinati all'isolamento termico.  
Abbinamento sughero – lana.  
Secondo contributo**

G. Marzeddu, M. Giua, F. Pampiro

Tempio Pausania  
2019

# **Pannelli destinati all'isolamento termico. Abbinamento sughero-lana.**

## **Secondo contributo**

**G. Marzeddu, M. Giua, F. Pampiro**

*Agris Sardegna – Servizio di Ricerca per la tecnologia del sughero e delle materie prime forestali, via Limbara 9, 07029 Tempio Pausania – Italia.*

*Corresponding author: Gianfranco Marzeddu (gmarzeddu@agrisricerca.it)*

### **Riassunto**

È stato condotto uno studio per valutare l'efficienza dell'abbinamento sughero-lana di pecora sarda nella costruzione di pannelli destinati all'isolamento termo-igrometrico in edilizia.

Il sughero e la lana di pecora sono risorse particolarmente importanti per l'economia della Sardegna e rivestono grande importanza anche sotto l'aspetto ecologico ambientale in quanto risorse rinnovabili.

I risultati ottenuti hanno messo in evidenza che, a parità di spessore, un pannello composito costituito da lana e da sughero registra prestazioni migliori di un pannello *monocomponente di lana o di sughero*. In particolare, tra i pannelli compositi presi in esame, il pannello costituito da uno strato di lana e uno di sughero (*bicomponente*) fa registrare le prestazioni migliori. Infatti, mentre la presenza del sughero conferisce al pannello rigidità e portanza, garantendo anche un buon sfasamento temporale, la presenza della lana alleggerisce il pannello e ne migliora la conduttività termica e l'assorbimento d'acqua per immersione.

**Parole chiave:** pannello, sughero, lana di pecora, isolamento, bioedilizia, conduttività termica, sfasamento termico, assorbimento d'acqua.

### **Abstract**

A study to evaluate the efficiency of matching cork panels and Sardinian sheep's wool in thermohygroscopic insulation was performed.

Cork and sheep's wool are particularly important to the economy of Sardinia as well from the environmental point of view as renewable resources.

Generally, the results obtained have shown that in a uniform thickness, a composite panel made of wool and cork records the best performance both with respect to one-component wool or cork panels as well as two-component panels (made up of a wool layer and one of cork) and three-component (consisting of a layer of cork, one of wool and another cork layer).

In particular, between the composite panels, the two-component one has the best performance.

In the two-component panel, in fact, the presence of the wool guarantees a lightening of the panel, coupled with low water absorption values for long periods and low thermal conductivity values; while the presence of a cork layer ensures better thermal lag and increased panel lift and rigidity.

**Key words:** panel, cork, sheep's wool, insulation, green building, thermal conductivity, thermal lag, water absorption.

## **Introduzione**

Il sughero e la lana di pecora sono risorse importanti per l'economia della Sardegna e rivestono grande interesse anche sotto l'aspetto ecologico ambientale in quanto risorse rinnovabili. Il dato statistico più recente sulla diffusione della quercia da sughero in Sardegna è fornito dall'Inventario Forestale Nazionale del 2005. Secondo questo documento la coltivazione della quercia da sughero si estende nell'isola su una superficie di 139.489 ettari. Il comparto ovino in Sardegna consta di circa 17.000 allevamenti con 3.300.000 capi ovini (PSR 2007-2013). Il 95÷97 % è costituito da pecore di razza Sarda e per il restante 3÷5 % da pecore meticcie; a livello regionale viene stimata una produzione complessiva annua di lana di circa 3.700<sup>1</sup> tonnellate.

Entrambi i materiali trovano già spazi applicativi nella bioedilizia e bioarchitettura per le caratteristiche e per il basso dispendio energetico di produzione (pari al 3÷10 % in meno rispetto al dispendio energetico per la produzione di altri materiali coibenti) e valore negativo per l'effetto serra (CO<sub>2</sub> riduttore). L'applicazione del sughero e della lana nella bioedilizia è legata all'isolamento termo-acustico di intercapedini, sottopavimenti, sottotetti e sottotevole ed all'isolamento a cappotto interno ed esterno degli edifici. Il presente lavoro da seguito ad uno studio precedente (G. Marzeddu, M. Giua, F. Pampiro *Pannelli destinati all'isolamento termico. Abbinamento sughero – lana*, n° 13 Quaderni del DIRSS, 2015) sull'abbinamento sughero-lana per la coibentazione degli edifici e si propone di approfondire le conoscenze sulle caratteristiche termiche e di assorbimento d'acqua nel lungo periodo di pannelli composti costituiti da sughero e da lana diversamente accoppiati.

## **Materiali e metodi**

Sono stati utilizzati pannelli di sughero agglomerato e materassini di lana di pecora sarda disponibili sul mercato. Le caratteristiche nominali di questi materiali sono riportati in tabella 1.

---

<sup>1</sup> Elaborazione e stima approssimativa sulla base di dati forniti dalla BDN dell'anagrafe zootecnica istituita dal Ministero della Salute presso il CSN dell'IZS Abruzzo e Molise e sulla base degli standard produttivi per razza forniti dall'Asso.Na.Pa. (2009-2011).

Tabella 1. Caratteristiche nominali dei materiali utilizzati per la sperimentazione.

MATERIALE	MASSA VOLUMICA (kg/m <sup>3</sup> )	SPESSORE NOMINALE (mm)
Sughero	160	20
Lana	50	30

Questi materiali sono stati accoppiati diversamente in campioni definiti *monocomponente*, *bicomponente* e *tricomponente*. I campioni *monocomponente*, realizzati con un solo materiale assemblato in più strati per ottenere lo spessore desiderato, sono stati caratterizzati sotto il profilo termo igrometrico. I risultati ottenuti sono stati utilizzati come riferimento nella valutazione delle prestazioni di campioni dello stesso spessore, ottenuti accoppiando sughero e lana. I campioni *bicomponente* e *tricomponente* sono stati realizzati accoppiando il sughero e la lana in modi diversi.

Gli spessori dei campioni da sottoporre a prova sono stati scelti in funzione degli spessori dei materiali sughero e lana reperibili sul mercato. In tabella 2 sono elencati i campioni realizzati per la sperimentazione.

Tabella 2. Campioni realizzati per la sperimentazione: identificazione, materiali costituenti e spessori nominali.

IDENTIFICAZIONE	MATERIALI COSTITUENTI	SPESSORE NOMINALE
Monocomponente Sughero	2 strati di sughero da 20 mm	40 mm
Monocomponente Sughero	3 strati di sughero da 20 mm	60 mm
Monocomponente Lana	2 strati di lana da 30 mm	60 mm
Monocomponente Lana	3 strati di lana da 30 mm	90 mm
Bicomponente Sughero-Lana	strato di sughero da 20 mm + strato di lana da 30 mm	50 mm
Tricomponente Sughero-Lana-Sughero	strato di sughero da 20 mm + strato di lana da 30 mm + strato di sughero da 20 mm	70 mm

Il campione *bicomponente sughero-lana* è stato testato in due diverse giaciture: giacitura lato esterno sughero e giacitura lato esterno lana.

Tutti i pannelli sono stati caratterizzati attraverso l'esecuzione delle prove riassunte in tabella 3. Ogni prova è stata eseguita su 10 provini. Per lo studio sono stati realizzati, complessivamente, 300 componenti per 120 provini totali. Al fine di consentire il confronto tra pannelli diversi a parità di spessore, al termine delle prove, i risultati delle misure sperimentali sono stati estrapolati per gli spessori di 40 mm e di 60 mm. Sono stati presi in considerazione questi spessori in quanto ritenuti tra quelli più comunemente utilizzati per i materiali isolanti. In particolare, lo spessore dei singoli componenti è stato quantificato in modo proporzionale rispetto a quello dei campioni realmente analizzati, mentre per i valori di massa volumica e di conduttività termica sono stati assunti i valori medi dei risultati ottenuti sperimentalmente. Sono stati, quindi, calcolati i valori delle prestazioni termiche (norma UNI EN 12667: 2002) e dello sfasamento termico compreso il fattore di attenuazione (norma UNI EN ISO 13786:2008). L'estrapolazione non è stata eseguita sui risultati della prova "Determinazione dell'assorbimento d'acqua per immersione per lungo periodo". Infatti, come prescritto dalla norma UNI EN 12087:1999, i risultati di questa prova *non possono essere estrapolati a spessori diversi da quelli testati*.

Tabella 3. Prove eseguite per la caratterizzazione dei pannelli allo studio.

PROVA	CARATTERI MISURATI E/O CALCOLATI
Controllo della massa volumica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dimensioni</li> <li>- Spessore</li> <li>- Massa</li> <li>- Massa volumica</li> </ul>
Determinazione dell'assorbimento d'acqua per immersione per lungo periodo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variazione della massa</li> <li>- Assorbimento d'acqua</li> </ul>
Prestazione termica dei materiali	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conduttività termica</li> <li>- Resistenza termica</li> <li>- Trasmittanza termica</li> <li>- Gradiente termico</li> <li>- Flusso termico medio</li> </ul>
Determinazione dello sfasamento termico e del fattore di attenuazione	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sfasamento termico</li> <li>- Fattore di attenuazione (smorzamento)</li> </ul>

#### *Determinazione della massa volumica.*

La massa volumica è stata determinata in conformità della norma UNI ISO 2189:1989.

#### *Determinazione dell'assorbimento d'acqua per immersione per lungo periodo.*

La prova è stata eseguita in conformità alla norma UNI EN 12087:1999 con l'applicazione del metodo "Assorbimento d'acqua per immersione totale per lungo periodo" (metodo 2A - sgocciolamento).

#### *Determinazione delle prestazioni termiche.*

La prestazione termica dei pannelli è stata determinata mediante l'applicazione del metodo UNI EN 12667: 2002 La prova è stata eseguita alla temperatura media di 10 °C con  $\Delta T$  di 20 °C.

La *conduttività termica* è il flusso di calore che attraversa una superficie unitaria di spessore unitario sottoposta ad un gradiente termico di un grado Kelvin (o Celsius). La *trasmissione termica* è il flusso di calore che attraversa una superficie unitaria sottoposta a differenza di temperatura pari ad un grado Kelvin (o Celsius).

#### *Determinazione dello sfasamento termico e del fattore di attenuazione.*

Lo *sfasamento termico* o *sfasamento temporale* è il tempo necessario affinché il picco massimo della temperatura esterna attraversi completamente il componente edilizio producendo un picco massimo della temperatura interna. Lo sfasamento termico ed il fattore di attenuazione (smorzamento) sono state determinate in conformità alla norma UNI EN ISO 13786:2008.

### **Analisi dei risultati**

I risultati sperimentali delle prove eseguite sui campioni *monocomponenti di lana e di sughero* per determinarne le prestazioni termiche, sono riassunti in tabella 4. L'analisi di questi risultati evidenzia che i campioni *monocomponenti di sughero* presentano valori di massa volumica, di conduttività termica e di sfasamento termico più alti rispetto ai campioni *monocomponenti di lana*.

Più precisamente si può evidenziare che, per uno spessore nominale di 60 mm, il *monocomponente di lana* presenta una migliore conduttività termica con un valore di 0,0332 W/m·k, contro il valore di 0,0465 W/m·k registrato dal *monocomponente di sughero*. Per contro, il *monocomponente di sughero*, grazie alla sua maggiore massa volumica, ha un migliore comportamento termodinamico con uno sfasamento termico pari a 72 minuti (fattore di attenuazione 0,980), rispetto ai 30 min e 36 secondi (fattore di attenuazione 0,996) del *monocomponente di lana*. Per ottenere nel *monocomponente di lana* lo stesso sfasamento termico del *monocomponente di sughero* sarebbe necessario avere campioni di lana con spessori maggiori di 94 mm.

Tabella 4. Schema riassuntivo dei risultati, espressi come valori medi, dei controlli eseguiti sui pannelli monocomponenti di sughero e di lana in esame.

	MONOCOMPENENTE SUGHERO		MONOCOMPENENTE LANA	
Spessore nominale	40 mm	60 mm	60 mm	90 mm
Spessore misurato	40 mm	59 mm	61 mm	94 mm
Massa volumica apparente	163 kg/m <sup>3</sup>	164 kg/m <sup>3</sup>	48 kg/m <sup>3</sup>	45 kg/m <sup>3</sup>
Umidità	3,6 %	5,1 %	8,9 %	9,7 %
Conduktività termica <i>Prova effettuata a <math>T_m = 10\text{ °C}</math> e <math>\Delta T = 20\text{ °C}</math>.</i>	0,0459 W/m·K	0,0465 W/m·K	0,0332 W/m·K	0,0337 W/m·K
Resistenza termica <i>Prova effettuata a <math>T_m = 10\text{ °C}</math> e <math>\Delta T = 20\text{ °C}</math>.</i>	0,868 m <sup>2</sup> K/W	1,270 m <sup>2</sup> K/W	1,852 m <sup>2</sup> K/W	2,795 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza termica <i>Prova effettuata a <math>T_m = 10\text{ °C}</math> e <math>\Delta T = 20\text{ °C}</math>.</i>	1,152 W/m <sup>2</sup> ·K	0,788 W/m <sup>2</sup> ·K	0,540 W/m <sup>2</sup> ·K	0,358 W/m <sup>2</sup> ·K
Gradiente termico <i>Prova effettuata a <math>T_m = 10\text{ °C}</math> e <math>\Delta T = 20\text{ °C}</math>.</i>	499,54 K/m	338,69 K/m	327,73 K/m	215,24 K/m
Flusso termico medio <i>Prova effettuata a <math>T_m = 10\text{ °C}</math> e <math>\Delta T = 20\text{ °C}</math>.</i>	22,92 K/m <sup>2</sup>	15,74 K/m <sup>2</sup>	10,87 K/m <sup>2</sup>	7,26 W/m <sup>2</sup>
Sfasamento Termico	36 minuti	72 minuti	30 minuti 36 sec	63 minuti
Fattore di attenuazione	0,995	0,980	0,996	0,985



Il confronto fra le prestazioni termiche dei pannelli *bicomponente* e *tricomponente* è riportato in tabella 5. Nel valutare le prestazioni del pannello *bicomponente* sono state testate sia la giacitura lato esterno sughero sia la giacitura lato esterno lana a seconda che i pannelli vengano messi in opera con il *componente di sughero* rivolto verso l'ambiente esterno o viceversa. Queste due condizioni hanno influenzato solo lo sfasamento termico che è risultato maggiore nella giacitura lato esterno lana con valori di 39 minuti (fattore di attenuazione 0,994) rispetto alla giacitura lato esterno sughero con valori di 35 minuti e 24 secondi (fattore di attenuazione 0,995). Il confronto fra il pannello *bicomponente* e il pannello *tricomponente* mette in evidenza valori di conduttività termica migliori per il *bicomponente* con un valore medio di 0,0337 W/m·K rispetto al valore di 0,0403 registrato dal *tricomponente*. Si registra altresì, un migliore comportamento dinamico del *tricomponente* con uno sfasamento termico di oltre 68 minuti contro il valore del *bicomponente* pari a 39 minuti (giacitura lato esterno lana).

I risultati sperimentali delle prove di Assorbimento d'acqua per immersione per lungo periodo sono riportati in tabella 6. I campioni *monocomponente di lana* presentano le migliori prestazioni con valori compresi tra il 14,5% ed il 16,4%; mentre i pannelli *monocomponente di sughero* registrano i valori più alti, compresi tra il 25,6% ed il 26,6%. I campioni *bi e tricomponente* hanno fatto registrare valori di assorbimento intermedi.

Tabella 5 Schema riassuntivo dei risultati, espressi come valori medi, dei controlli eseguiti sui pannelli *bicomponente sughero-lana e tricomponente sughero-lana-sughero*.

	BICOMPONENTE		TRICOMPONENTE
	lato esterno Sughero	-- lato esterno Lana	
Spessore nominale	50 mm		70 mm
Spessore misurato	53 mm		72 mm
Spessore componente	20 mm (Sughero) -- 32 mm (Lana)		20 mm (Sughero) -- 32 mm (Lana)
Massa volumica apparente	88 kg/m <sup>3</sup>		103 kg/m <sup>3</sup>
Massa volumica apparente dei componenti	163 kg/m <sup>3</sup> (Sughero) – 47 kg/m <sup>3</sup> (Lana)		163 kg/m <sup>3</sup> (Sughero) – 47 kg/m <sup>3</sup> (Lana)
Umidità	5,9 %		6,5 %
Conduttività termica <i>Prova effettuata a T<sub>m</sub> = 10 °C e ΔT = 20 °C.</i>	0,0377 W/m·K		0,0403 W/m·K
Resistenza termica <i>Prova effettuata a T<sub>m</sub> = 10 °C e ΔT = 20 °C.</i>	1,394 m <sup>2</sup> ·K/W		1,784 m <sup>2</sup> ·K/W
Trasmittanza termica <i>Prova effettuata a T<sub>m</sub> = 10 °C e ΔT = 20 °C.</i>	0,718 W/m <sup>2</sup> ·K		0,561 W/m <sup>2</sup> ·K
Gradiente termico <i>Prova effettuata a T<sub>m</sub> = 10 °C e ΔT = 20 °C.</i>	361,96 K/m		279,73 K/m
Flusso termico medio <i>Prova effettuata a T<sub>m</sub> = 10 °C e ΔT = 20 °C.</i>	13,64 W/m <sup>2</sup>		11,28 W/m <sup>2</sup>
Sfasamento Termico	35 minuti 24 sec	39 minuti	68 minuti 24 sec
Fattore di attenuazione	0,995	0,994	0,985

Tabella 6 Schema riassuntivo dei risultati, espressi come valori medi, dei controlli di Assorbimento d'acqua per immersione per lungo periodo eseguiti sui pannelli *monocomponente, bicomponente e tricomponente*.

	MONOCOMPONENTE SUGHERO		MONOCOMPONENTE LANA		BICOMPONENTE	TRICOMPONENTE
Spessore nominale	40 mm	60 mm	60 mm	90 mm	50 mm	70 mm
Spessore misurato	39 mm	61 mm	65 mm	103 mm	52 mm	72 mm
Spessore componente	===	===	===	===	20 mm (Sughero) - 32 mm (Lana)	20 mm (Sughero) - 32 mm (Lana)
Massa volumica apparente	159 kg/m <sup>3</sup>	155 kg/m <sup>3</sup>	52 kg/m <sup>3</sup>	49 kg/m <sup>3</sup>	94 kg/m <sup>3</sup>	109 kg/m <sup>3</sup>
Assorbimento d'acqua per immersione per lungo periodo.	26,6 %	25,6 %	16,4 %	14,5 %	15,7 %	17,7 %

Al fine di valutare la possibilità di migliorare le prestazioni termiche di pannelli realizzati dall'accoppiamento sughero-lana, si è ricorsi ad una procedura di estrapolazione per ricavare dalle misure sperimentali i risultati che si otterrebbero al variare degli spessori. In particolare, sono stati calcolati i valori di trasmittanza termica, sfasamento termico e fattore di attenuazione di pannelli *bicomponente* e *tricomponente* aventi spessore di 40 e 60 mm. I risultati sono riportati in tabella 7. Il confronto fra il *bicomponente* e *tricomponente* di 40 mm di spessore evidenzia che le migliori prestazioni sarebbero registrate dal pannello *bicomponente*. Questo pannello, infatti, in giacitura lato esterno lana, avrebbe una migliore conducibilità e trasmittanza termica con valori, rispettivamente di 0,0377 W/m·K e 0,943 W/m<sup>2</sup>·K rispetto ai valori previsti per il *tricomponente* di 0,0403 W/m·K per la conduttività termica e di 1,008 W/m<sup>2</sup>·K per la trasmittanza termica. Questo pannello *bicomponente*, inoltre, avrebbe un migliore sfasamento termico con un valore di 33 minuti (fattore di attenuazione 0,995) contro il valore di 24 minuti e 36 secondi (fattore di attenuazione 0,998) del *tricomponente* di uguale spessore.

Il confronto fra il *bicomponente* e *tricomponente* di 60 mm di spessore evidenzia che le migliori prestazioni sarebbero registrate, anche in questo caso, dal pannello *bicomponente*. Questo pannello, infatti, in giacitura lato esterno lana, avrebbe una migliore conducibilità e trasmittanza termica con valori, rispettivamente di 0,0377 W/m·K e 0,628 W/m<sup>2</sup>·K rispetto ai valori previsti per il *tricomponente* di 0,0403 W/m·K per la conduttività termica e di 0,672 W/m<sup>2</sup>·K per la trasmittanza termica.

Anche per questo spessore, il pannello *bicomponente* avrebbe un migliore sfasamento termico con un valore di 67 minuti e 48 secondi (fattore di attenuazione 0,980) contro il valore di 49 minuti e 48 secondi (fattore di attenuazione 0,982) registrato dal *tricomponente* di uguale spessore.

Tabella 7. Schema riassuntivo dei risultati estrapolati, espressi come valori medi, dei controlli effettuati sui pannelli *bicomponente sughero-lana* e *tricomponente sughero-lana-sughero* in esame per spessore pari a 40 e 60 mm.

	BICOMPONENTE				TRICOMPONENTE	
	lato esterno Sughero	lato esterno Lana	lato esterno Sughero	lato esterno Lana		
Spessore	40 mm		60 mm		40 mm	60 mm
Spessore componente	24 mm (Sughero) – 16 mm (Lana)		37 mm (Sugh.) – 23 mm (Lana)		11 mm (Sughero) – 19 mm (Lana)	17 mm (Sugh.) – 26 mm (Lana)
Massa volumica apparente del pannello	88 kg/m <sup>3</sup>		88 kg/m <sup>3</sup>		103 kg/m <sup>3</sup>	103 kg/m <sup>3</sup>
Massa volumica apparente dei componenti	163 kg/m <sup>3</sup> (Sughero) – 47 kg/m <sup>3</sup> (Lana)		163 kg/m <sup>3</sup> (Sughero) – 47 kg/m <sup>3</sup> (Lana)		163 kg/m <sup>3</sup> (Sughero) – 47 kg/m <sup>3</sup> (Lana)	163 kg/m <sup>3</sup> (Sughero) – 47 kg/m <sup>3</sup> (Lana)
Conduktività termica <i>Prova effettuata a T<sub>m</sub> = 10 °C e ΔT = 20 °C.</i>	0,0377 W/m·K		0,0377 W/m·K		0,0403 W/m·K	0,0403 W/m·K
Trasmittanza termica <i>Prova effettuata a T<sub>m</sub> = 10 °C e ΔT = 20 °C.</i>	0,943 W/m <sup>2</sup> ·K		0,628 W/m <sup>2</sup> ·K		1,008 W/m <sup>2</sup> ·K	0,672 W/m <sup>2</sup> ·K
Sfasamento Termico	30 minuti 36 sec	33 minuti	60 minuti	67 minuti 48 sec	24 minuti 36 sec	49 minuti 48 sec
Fattore di attenuazione	0,996	0,995	0,982	0,980	0,998	0,982

## Conclusioni

Come già evidenziato dal precedente contributo (G. Marzeddu, M. Giua, F. Pampiro *Pannelli destinati all'isolamento termico. Abbinamento sughero – lana*, n° 13 Quaderni del DIRSS, 2015), questo studio conferma che il pannello *monocomponente di lana* registra la conduttività termica migliore e lo sfasamento termico peggiore; mentre il pannello *monocomponente di sughero* rileva la conduttività termica peggiore e lo sfasamento termico migliore.

I pannelli compositi evidenziano caratteristiche intermedie per entrambi i caratteri.

L'accoppiamento sughero-lana in un pannello destinato all'isolamento termico presenta alcuni vantaggi: migliora la conduttività termica rispetto all'utilizzo di solo sughero e ne aumenta lo sfasamento termico rispetto all'utilizzo di sola lana.

Nelle diverse combinazioni testate i migliori risultati sono stati ottenuti nella combinazione *bicomponente* con il componente di lana rivolto verso l'esterno (giacitura lato esterno lana), sia per spessori di 40 mm che per spessori di 60 mm. In questo pannello passando da uno spessore di 40 mm a quello di 60 mm (incremento pari al 50 %), la conducibilità termica resta invariata, mentre lo sfasamento termico ed il fattore di attenuazione incrementano fino a raddoppiare (incremento pari al 100 %).

Riguardo le masse volumiche dei pannelli presi in esame, si osserva che, mentre per i *monocomponenti* la massa volumica più elevata è associata alla più elevata conducibilità termica ed allo sfasamento termico maggiore, nei pannelli *bi e tricomponente* accade il contrario; a masse volumiche inferiori, corrispondono conduttività termiche inferiori (migliore comportamento isolante) e sfasamenti termici superiori (miglior comportamento termodinamico).

Relativamente all'assorbimento d'acqua, i pannelli *monocomponente di lana* evidenziano i risultati migliori. Tra i campioni compositi, il valore di assorbimento migliore è stato registrato dal *bicomponente*.

Dunque, anche per questo carattere, l'abbinamento sughero-lana risulta vantaggioso.

In tutte le combinazioni, la presenza della lana determina inoltre, l'alleggerimento del pannello dovuto alla diminuzione della massa volumica del materiale composito, mentre

la presenza di uno strato di sughero garantisce una maggiore rigidità e portanza del pannello.

### **Ringraziamenti**

Ha partecipato al progetto il Tecnico di laboratorio Roberta Manuedda che si ringrazia per la fattiva collaborazione nello svolgimento delle attività di competenza.

### **Riferimenti Bibliografici**

L. Agnoletto, P. Brunello, N. Torbol, R. Zecchin (1980). *Metodo semplificato per la valutazione del comportamento termico degli edifici in regime periodico stabilizzato, Risparmio di energia nel riscaldamento degli edifici*, n° 3, C.N.R. – PEG, 1980.

L. De Santoli(1999). *Fisica Tecnica Ambientale* Vol. 2, CEA, Milano.

ISO 9869:1994 “*Thermal insulation – Building elements - In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance*”.

G. Marzeddu, M. Giua, F. Pampiro (2015). *Pannelli destinati all’isolamento termico. Abbinamento sughero – lana*. Quaderni del DIRSS n° 13.

UNI ISO 2189:1989. *Agglomerati puri espansi di sughero - Determinazione della Massa Volumica Apparente*.

UNI EN ISO 6946:2008. *Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo*.

UNI EN 12086:1999. *Isolanti termici per edilizia – Determinazione delle proprietà di trasmissione del vapore acqueo*.

UNI EN 12087:1999. *Isolanti termici per edilizia – Determinazione dell’assorbimento d’acqua per immersione per lungo periodo*.

UNI EN 12667:2002. *Prestazione termica dei materiali e dei prodotti per edilizia. Determinazione della resistenza termica con il metodo della piastra calda con anello di guardia e con il metodo del termoflussimetro. Prodotti con alta e media resistenza termica*.

UNI EN ISO 13786:2008. *Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo*.

UNI EN 15603:2008. *Prestazione energetica degli edifici - Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica*.

[www.mygreenbuildings.org](http://www.mygreenbuildings.org). Foglio di calcolo *UNI-EN-ISO-13786\_Andrea\_Ursini\_Casalena-mygreenbuildings.org\_V2-2.xls*.