

CELENIT

COMFORT ESTIVO

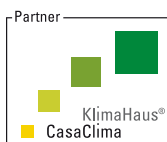


SOLUZIONI PER IL BENESSERE ABITATIVO

CELENIT
ISOLANTI NATURALI

SOMMARIO COMFORT ESTIVO

3	LA LEGISLAZIONE NAZIONALE E REGIONALE Le leggi regionali Le linee guida nazionali e la valutazione qualitativa estiva
6	LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO
9	IL COMFORT E I CONSUMI ESTIVI Il benessere ambientale Non solo migliore comfort, ma anche riduzione dei consumi!
11	SOLUZIONI CELENIT TETTI BIOECOLOGICI AD ELEVATO COMFORT Soluzione 2 - Isolamento sopra le travi di legno con Celenit CG/F o celenit GF a vista Soluzione 3 - Isolamento sopra le travi di legno con Celenit AB a vista Soluzione 4 - Isolamento sopra le travi di legno con tavolato di legno a vista
14	SOLUZIONI COPERTURE LEGGERE CON ISOLANTI LEGGERI AD ELEVATO COMFORT



Il logo ANAB è riferito ai prodotti: Celenit AB, Celenit ABE, Celenit N, Celenit NB, Celenit R, Celenit S, Biosilenzio.

Il logo PEFC è riferito solo ai pannelli di lana di legno.

La legislazione nazionale ha imposto limiti estivi alle prestazioni delle strutture opache ai fini della riduzione del surriscaldamento degli ambienti a partire dall'emanazione del DLgs 192/05, integrato e coordinato dal DLgs 311/06 e poi con il DPR 59/09. Lo scopo dei limiti imposti è la riduzione del flusso energetico immesso negli ambienti per effetto dell'irraggiamento solare e di conseguenza il contenimento dei valori di temperatura superficiale interna della struttura oggetto di irraggiamento.

La legislazione (DLgs 192 allegato I, comma 9) impone quindi, per le località con valore medio mensile di irradianza del mese di massima insolazione $I_{m,s} > 290 \text{ W/m}^2$ (valutato in accordo con la norma sui dati climatici nazionali UNI 10349), per le strutture opache orizzontali e verticali due verifiche alternative:

- 1) Un valore minimo di massa superficiale $M_s > 230 \text{ kg/m}^2$ (massa superficiale valutata senza intonaci esterno e interno come da indicazioni presenti nelle definizioni);
- 2) Soluzioni equivalenti al comportamento estivo di una struttura di $M_s = 230 \text{ kg/m}^2$.

È possibile valutare il rispetto del limite con una soluzione equivalente per mezzo del metodo di calcolo delle caratteristiche dinamiche delle strutture opache presente nella norma UNI EN 13786. Tale norma descrive come calcolare sulla base delle caratteristiche dei materiali (conducibilità termica, calore specifico, densità e spessore) e della stratigrafia di una struttura le caratteristiche termiche dinamiche delle strutture opache:

- lo sfasamento temporale ϕ (h e min);
- il fattore di attenuazione dell'onda termica f_a (-);
- la trasmittanza termica periodica Y_{ie} ($\text{W/m}^2\text{K}$).

Il vuoto legislativo relativo all'assenza di limiti numerici da rispettare per la "soluzione equivalente" è stato colmato dal decreto attuativo DPR 59 entrato in vigore il 25 giugno 2009.

In relazione alle località oggetto di prescrizioni estive sulle strutture opache (e comunque escludendo tutte le località in zona F) i limiti da rispettare sono:

DPR 59, regioni prive di legislazione energetica		
	Trasmittanza termica periodica Y_{ie} [$\text{W/m}^2\text{K}$]	oppure Massa superficiale minima (esclusi intonaci) M_s [kg/m^2]
Struttura orizzontale	< 0.20	-
Struttura verticale	< 0.12	> 230

Le strutture verticali non oggetto di irraggiamento solare consistente (quadrante nord, nord-est e nord-ovest) sono escluse dal rispetto di tali limiti.

Rimane aperta la possibilità, producendo una relazione tecnica adeguata, di dimostrare l'equivalente comportamento di strutture che impieghino tecniche e materiali, anche innovativi, ai fini del contenimento delle oscillazioni di temperatura superficiale interna.

Il DPR 59 ha introdotto inoltre un limite anche sul fabbisogno energetico estivo del solo involucro in funzione della zona climatica. Il calcolo di tale parametro tiene conto degli apporti solari sulle superfici trasparenti e opache, della temperatura dell'aria esterna, delle sorgenti interne, della ventilazione e delle caratteristiche termiche delle strutture. La norma per poter effettuare i calcoli è la UNITS 11300-1: Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.

LA LEGISLAZIONE NAZIONALE E REGIONALE

Le leggi regionali

Le prescrizioni legislative nazionali sono valide per tutte le regioni che non hanno recepito autonomamente la direttiva europea 02/91/CE. Ad oggi Lombardia ed Emilia Romagna hanno propri limiti imposti da leggi regionali in accordo con le prescrizioni nazionali DLgs 192, DLgs 311 e DPR 59 e con la direttiva europea 02/91/CE sull'efficienza energetica in edilizia.

Per la regione Lombardia valgono i limiti introdotti dal DPR 59:

Regione Lombardia (per i comuni oggetto di prescrizione)	
	Trasmittanza termica periodica Y_{ie} [W/m ² K]
Struttura orizzontale	< 0.20
Struttura verticale	< 0.12

La regione Emilia Romagna ha introdotto una classificazione delle caratteristiche termiche inerziali estive basandosi sul fattore di attenuazione e sullo sfasamento termico. Dal punto di vista prescrittivo la struttura deve essere valutata almeno come sufficiente ovvero con uno sfasamento termico di almeno 8 h e un'attenuazione almeno di 0.4.

Regione Emilia Romagna			
Sfasamento (ore)	Attenuazione	Prestazione	Classe prestazionale
$S > 12$	$f_a < 0.15$	ottima	I
$12 > S > 10$	$0.15 < f_a < 0.3$	buona	II
$10 > S > 8$	$0.3 < f_a < 0.4$	sufficiente	III
$8 > S > 6$	$0.4 < f_a < 0.6$	mediocre	IV
$6 > S$	$0.6 < f_a$	cattiva	V

Per la regione Piemonte valgono i limiti introdotti dalla delibera regionale DGR 46-11968/09 attuativa della legge regionale LR13 di recepimento della direttiva europea 02/91/CE:

Regione Piemonte (ad esclusione dei comuni in zona F)	
	Trasmittanza termica periodica Y_{ie} [W/m ² K]
Struttura orizzontale	< 0.12
Struttura verticale	< 0.12

Le strutture verticali non oggetto di irraggiamento solare consistente (quadrante nord, nord-est e nord-ovest) sono escluse dal rispetto di tali limiti.

Le linee guida nazionali e la valutazione qualitativa estiva

In data 10 luglio 2009 è stato pubblicato in Gazzetta Ufficiale il decreto ministeriale 26/06/09 contenente le "linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici" (G.U. n. 158). Nell'attestato di certificazione energetica degli edifici deve essere indicata la qualità dell'involucro edilizio nei confronti del contenimento del fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva.

La classificazione della qualità estiva dell'involucro avviene secondo lo schema in figura:

Qualità involucro (raffrescamento)	I	II	III	IV	V
---	---	----	-----	----	---

Vi sono due alternative alla valutazione della classe della qualità dell'involucro:

1) Calcolo completo del fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva dell'involucro in accordo con i metodi di calcolo delle norme UNI TS 11300 o del metodo Docet (strumento semplificato di simulazione a bilanci mensili degli edifici residenziali esistenti e per gli appartamenti):

EP _e invol (kWh/m ² anno)	Prestazioni	Qualità involucro
EP _e invol < 10	Ottime	I
10 < EP _e invol < 20	Buone	II
20 < EP _e invol < 30	Medie	III
30 < EP _e invol < 40	Sufficienti	IV
40 < EP _e invol	Mediocri	V

2) Valutazione delle caratteristiche dinamiche delle strutture dell'edificio: sfasamento e attenuazione.

Sfasamento (ore)	Attenuazione	Prestazioni	Qualità involucro
$\varphi > 12$	$f_a < 0.15$	Ottime	I
$12 > \varphi > 10$	$0.15 < f_a < 0.30$	Buone	II
$10 > \varphi > 8$	$0.30 < f_a < 0.40$	Medie	III
$8 > \varphi > 6$	$0.40 < f_a < 0.60$	Sufficienti	IV
$6 > \varphi$	$0.60 < f_a$	Mediocri	V

Indicare la qualità dell'involucro edilizio nei confronti del contenimento del fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva è obbligatorio nella certificazione energetica di tutti gli edifici di nuova costruzione. Per gli edifici esistenti l'indicazione è facoltativa se l'unità immobiliare ha una superficie utile $S_u < 200 \text{ m}^2$ e i calcoli del fabbisogno energetico primario vengono realizzati con procedura semplificata; in tal caso l'edificio viene classificato di livello V.

Per le pareti opache verticali con limite di legge $Y_{ie} < 0.12 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ la valutazione del legislatore è generalmente superiore al livello III (prestazioni medie). Rispettare il limite imposto per le coperture $Y_{ie} < 0.20 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ invece può portare le strutture ad essere valutate come mediocri, ovvero di livello V. Nei paragrafi successivi verrà evidenziata la relazione tra trasmittanza termica periodica, attenuazione e sfasamento.

LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I parametri per la valutazione del comportamento attenuante estivo delle strutture opache sono:

- La trasmittanza termica periodica Y_{ie} [W/m^2K];
- Il fattore di attenuazione dell'onda termica fa [-];
- Lo sfasamento temporale dell'onda termica ϕ [h].

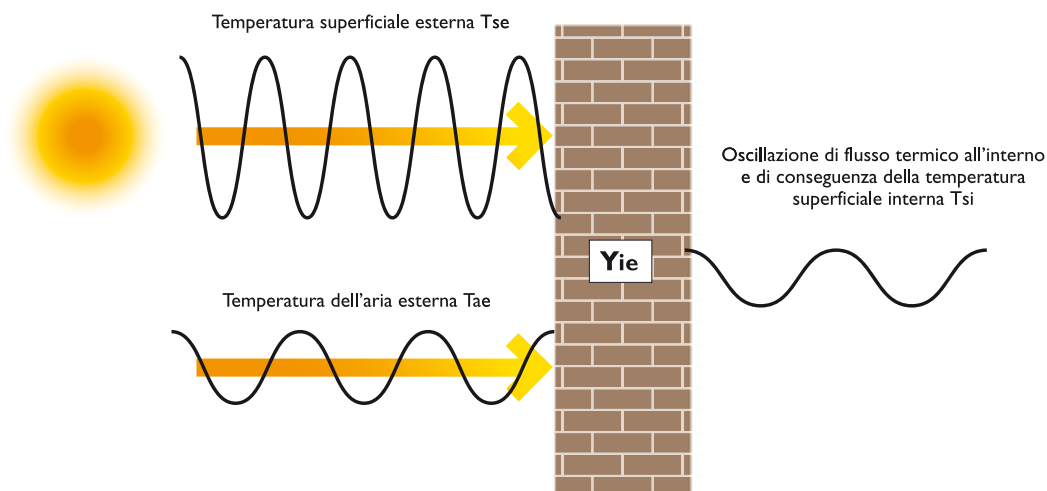
Lo sfasamento ϕ si esprime in ore [h], maggiore il numero di ore, maggiore l'intervallo di tempo che passa affinché la struttura avverta i cambiamenti climatici che si verificano al contorno.

Dal coefficiente di attenuazione fa dipende invece la distribuzione oraria di energia che attraversa la struttura; fa è influenzato sia dal grado di isolamento della parete e sia dalla sua capacità di accumulare calore; minore è il suo valore, maggiore sarà l'attenuazione del flusso energetico. La trasmittanza termica periodica riassume in un unico parametro il comportamento di una struttura in termini di riduzione dell'onda termica entrante.

In generale i tre parametri sono interdipendenti e sono legati alle caratteristiche termofisiche dei materiali che compongono la stratigrafia di una struttura.

Il metodo di calcolo dei parametri, contenuto nella norma di riferimento UNI EN 13786 revisionata nel 2008, è caratterizzato dall'impiego di numeri complessi (adatti alla modellizzazione periodica estiva) e da calcoli matriciali. Per l'approfondimento dei calcoli si rimanda alla norma.

Una struttura che ben si comporta dal punto di vista estivo con adeguati valori di trasmittanza termica periodica, sfasamento e attenuazione, riesce a contenere gli effetti derivanti dall'oscillazione di temperatura superficiale esterna causate dall'irraggiamento solare e dalla temperatura dell'aria esterna:



Oscillazione di temperatura delle strutture opache

Ai fini dell'ottenimento di strutture opache che abbiano un buon comportamento estivo, i parametri da considerare per ogni strato della struttura e in particolare per gli strati isolanti sono:

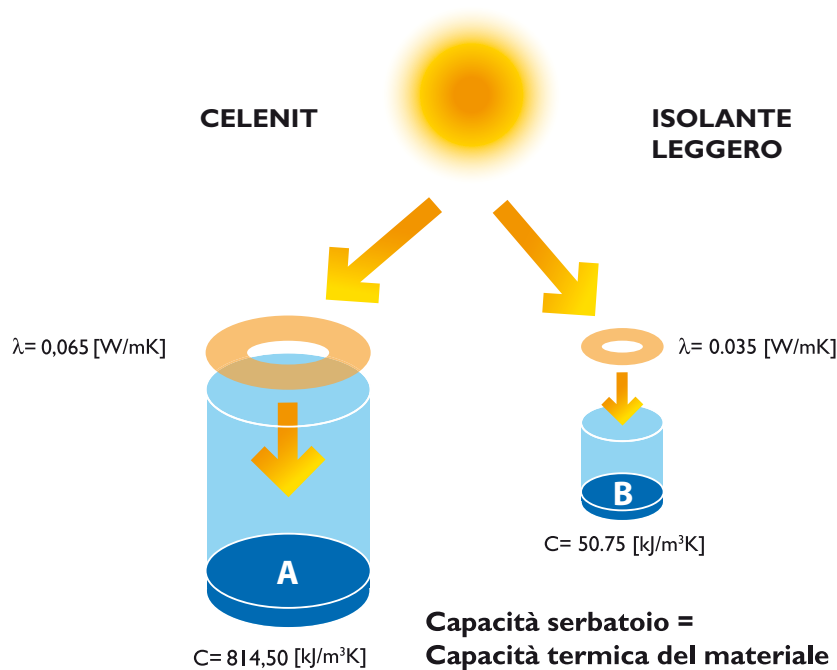
Densità	ρ	[kg/m^3]
Spessore	s	[m]
Calore specifico	c	[J/kgK]
Conduktività	λ	[W/mK]

L'idoneità di un materiale a svolgere funzioni di attenuazione e sfasamento dell'onda termica nel periodo estivo è data dal parametro di diffusività termica α [m^2/s] valutato come:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho \cdot c_p} \quad [m^2/s]$$

Minore è il valore di diffusività, migliore è il comportamento ai fini del rispetto dei requisiti estivi delle strutture; il materiale infatti ha buone capacità isolanti (ridotti valori di conducibilità termica) e buona possibilità di accumulare calore, ovvero elevati valori di calore specifico e di densità.

L'esempio spiega l'attitudine o meno di un materiale a dare un buon contributo estivo alle prestazioni di una struttura. Nell'immagine vi sono due serbatoi la cui capacità dipende dal calore specifico e dalla densità: il serbatoio A rappresenta la capacità di accumulo energetico del pannello in lana di legno Celenit di densità $450 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ e di calore specifico $c = 1.81^* \text{ [kJ/kgK]}$; il serbatoio B invece rappresenta un materiale isolante leggero di densità $35 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ e di calore specifico $c_p = 1.45^{**} \text{ [kJ/kgK]}$; tra i due serbatoi è evidente che la lana di legno può accumulare molta più energia: la capacità del serbatoio A, $C = 814.50 \text{ [kJ/m}^3\text{K]}$, è pari infatti a più di 16 serbatoi B di capacità $C = 50.75 \text{ [kJ/m}^3\text{K]}$.



Analogia idraulica: maggiore il serbatoio, maggiore la capacità termica del materiale impiegato

La quantità di energia accumulabile non è però la sola e principale caratteristica che contraddistingue il comportamento estivo, ad essa infatti si aggiunge l'attitudine a frenare l'energia derivante dall'irraggiamento termico solare, ovvero la conducibilità termica λ [W/mK] del materiale.

Il serbatoio A ha un'ottima capacità termica e un buon comportamento rispetto all'ingresso di energia: il flusso energetico entrante dipende infatti dalla conducibilità termica ($\lambda = 0.065 \text{ W/mK}$). Il serbatoio B è maggiormente isolante ($\lambda = 0.035 \text{ W/mK}$) ma ha una capacità termica molto ridotta. Quindi il materiale del serbatoio B frena maggiormente il flusso energetico ma si riempie molto più rapidamente.

* rapporto di prova N. 809 del 07/05/09 - LEBSC Università di Bologna

** valore in accordo con la norma UNI EN ISO 10456:2008 - Materiali e prodotti per l'edilizia - Proprietà igrometriche

LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'esempio dei serbatoi spiega il significato della diffusività α che sintetizza in unico parametro le caratteristiche di accumulo di calore e di isolamento termico di un materiale ai fini del comportamento estivo: α è la velocità di diffusione del calore nel materiale; se la velocità è ridotta il serbatoio si riempie molto lentamente, come accade al serbatoio A dell'esempio; se un materiale ha una velocità di diffusione del calore molto elevata, il riempimento del serbatoio è più rapido e quindi il materiale non è adeguato ai fini della riduzione dell'onda termica entrante.

Minore quindi il valore della diffusività termica, maggiore sarà il contributo del materiale nell'attenuare e sfasare l'onda termica entrante: il materiale con un valore ridotto di diffusività, ad esempio il Celenit, ha infatti una velocità di propagazione del calore molto bassa.

La tabella seguente riassume le caratteristiche di alcuni materiali isolanti impiegati nell'isolamento delle coperture a falda e in particolare i valori di diffusività termica:

Materiali isolanti	Densità* [kg/m ³]	Calore specifico* [J/kgK]	Conducibilità termica*** [W/mK]	Diffusività termica [m ² /s] 10 ⁻⁶
Celenit - Lana di legno	450	1811**	0.065	0,079
Fibre di legno	150	2000	0.040	0,133
Lana di roccia	100	1030	0.035	0,340
Lana di vetro	80	1030	0.035	0,425
Polistirene espanso estruso	35	1450	0.035	0,690
Polistirene espanso sinterizzato	25	1450	0.036	0,993
Polistirene espanso sinterizzato contenente particelle di grafite	30	1450	0,031	0,713
Poliuretano espanso rigido	35	1400	0.028	0,571
Sughero espanso	110	1560	0.040	0,233
Vetro cellulare	150	1000	0.055	0,367
Perlite espansa	150	900	0.066	0,489

* valori in accordo con la norma UNI EN ISO 10456:2008 - Materiali e prodotti per l'edilizia - Proprietà igrometriche

** rapporto di prova N. 809 del 07/05/09 - LEBSC Università di Bologna

*** dati rilevati dal mercato

Il benessere ambientale

La normativa tecnica nazionale ed internazionale è esaustiva sull'argomento del comfort estivo.

La norma UNI EN 13792 descrive dettagliatamente il modello di calcolo per poter valutare la temperatura operante all'interno di un ambiente non condizionato; sono da valutare infatti i diversi contributi estivi caratterizzanti l'oscillazione di temperatura interna:

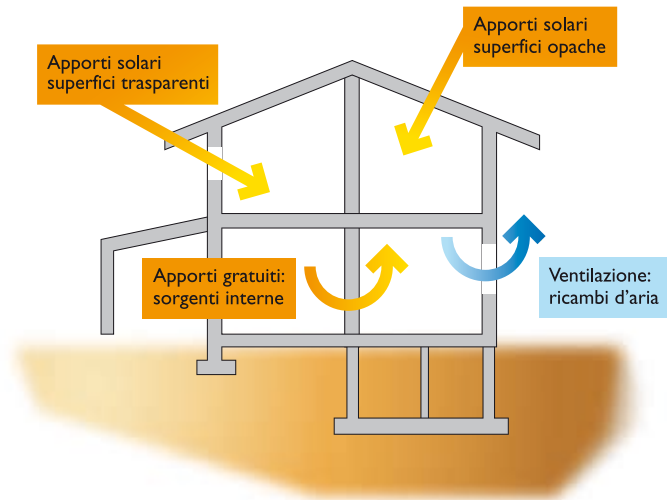
- la temperatura media radiante delle superfici dell'involucro;
- il contributo dell'irraggiamento solare attraverso le superfici trasparenti;
- i ricambi d'aria e la ventilazione;
- le sorgenti interne.

La temperatura media radiante delle superfici che racchiudono l'ambiente ha un ruolo decisivo per il comfort; se infatti la temperatura superficiale interna T_{si} è troppo elevata, si ha una percezione di malessere derivante dall'irraggiamento termico di superfici troppo calde.

Scegliere il materiale isolante di una copertura leggera in modo che abbia adeguate caratteristiche estive è quindi fondamentale per il corretto funzionamento della stessa, ma quali sono i valori di trasmittanza termica periodica Y_{ie} tali da garantire il comfort?

Una copertura con trasmittanza termica periodica $Y_{ie} = 0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$, nel rispetto delle prescrizioni nazionali, assicura condizioni di comfort migliori del valore minimo di legge $Y_{ie} = 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Seguono esempi di approfondimento.



I contributi estivi per il comfort ambientale:
la temperatura operante

IL COMFORT E I CONSUMI ESTIVI

I tre esempi spiegano come, per la progettazione estiva delle coperture, sia opportuno seguire un approccio indirizzato al comfort ambientale interno e alla riduzione dei consumi piuttosto che al semplice rispetto dei requisiti minimi imposti da legge. Il legislatore ha infatti imposto il valore minimo di trasmittanza termica periodica a $0.20 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ per il contenimento delle oscillazioni di temperatura radiante delle coperture, ma con questo valore non si garantisce un comfort interno ottimale.

Copertura A laterocemento con 10 cm di isolante leggero	Copertura B leggera in legno soluzione CELENIT ad elevato comfort	Copertura C leggera in legno con isolante leggero rispetto dei limiti del DPR 59
Yie $[\text{W/m}^2\text{K}]$ 0.059	Yie $[\text{W/m}^2\text{K}]$ 0.083	Yie $[\text{W/m}^2\text{K}]$ 0.190
Sfasamento 8 h 29'	Sfasamento 11 h 30'	Sfasamento 5h 35'
Attenuazione 0.21	Attenuazione 0.30	Attenuazione 0.73
U $[\text{W/m}^2\text{K}]$ 0.28	U $[\text{W/m}^2\text{K}]$ 0.28	U $[\text{W/m}^2\text{K}]$ 0.28
Prestazioni medie	Prestazioni buone	Prestazioni mediocri
Qualità involucro III	Qualità involucro II	Qualità involucro V

Le tre coperture A, B e C sono caratterizzate da tre differenti valori di trasmittanza termica periodica Yie $[\text{W/m}^2\text{K}]$ a parità di trasmittanza termica invernale U $[\text{W/m}^2\text{K}]$ che rispetta i limiti del DLgs 311 integrato dal DPR 59. Ai fini del rispetto dei requisiti di legge le strutture sono quindi verificate. Ma il comfort?

Le condizioni di comfort che si sviluppano in un ambiente delimitato dalle tre diverse coperture sono molto diverse. Se è stata scelta una stratigrafia studiata per contenere l'onda termica, ovvero con valore di trasmittanza termica periodica $Yie < 0.12 \text{ [W/m}^2\text{K}]$, come la copertura leggera B, soluzione Celenit ad elevato comfort, si hanno due benefici relativi al comfort:

- 1) **la temperatura superficiale interna è mediamente contenuta** grazie all'adeguata attenuazione ($f_a = 0.30$);
- 2) i maggiori valori di temperatura superficiale interna si verificano, grazie all'adeguato sfasamento temporale ($\varphi = 11 \text{ h } 30'$), **durante le ore serali** quando è possibile raffrescare gli ambienti con aria esterna ($T_{ae} = 23 \text{ }^\circ\text{C}$).

Se invece è stata scelta una copertura solo per il rispetto del limite di legge di $Yie < 0.20 \text{ [W/m}^2\text{K}]$, come la copertura leggera C, con isolante leggero, si hanno le seguenti problematiche:

- 1) **la temperatura superficiale interna è mediamente più elevata** a causa dell'inadeguato fattore di attenuazione ($f_a = 0.73$);
- 2) i maggiori valori di temperatura superficiale interna si verificano, a causa dell'inadeguato sfasamento temporale ($\varphi = 5 \text{ h } 35'$), **durante le ore in cui la temperatura dell'aria esterna è ancora elevata** ($T_{ae} = 27,6 \text{ }^\circ\text{C}$).

Secondo le indicazioni delle linee guida nazionali per la certificazione energetica infatti, la copertura A, di laterocemento con isolante leggero, è di livello III, ovvero di "medie prestazioni", la copertura leggera B, soluzione Celenit ad elevato comfort, è di livello II, ovvero di "buone prestazioni", mentre la copertura C leggera, con isolante leggero, è di livello V ovvero "mediocre".

Non solo migliore comfort, ma anche riduzione dei consumi!

Scegliere una struttura con caratteristiche "mediocri" per il comfort estivo interno (una copertura con $Yie = 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ ad esempio), comporta anche un aumento dei consumi se l'ambiente è condizionato.

Se si ipotizza infatti che un apparecchio di condizionamento sia in funzione in un ambiente caratterizzato dalle tre coperture precedentemente studiate, quando la temperatura dell'aria esterna T_{ae} supera i $26 \text{ }^\circ\text{C}$, ovvero quando non è possibile raffrescare l'ambiente interno con aria esterna si possono evidenziare tali valutazioni:

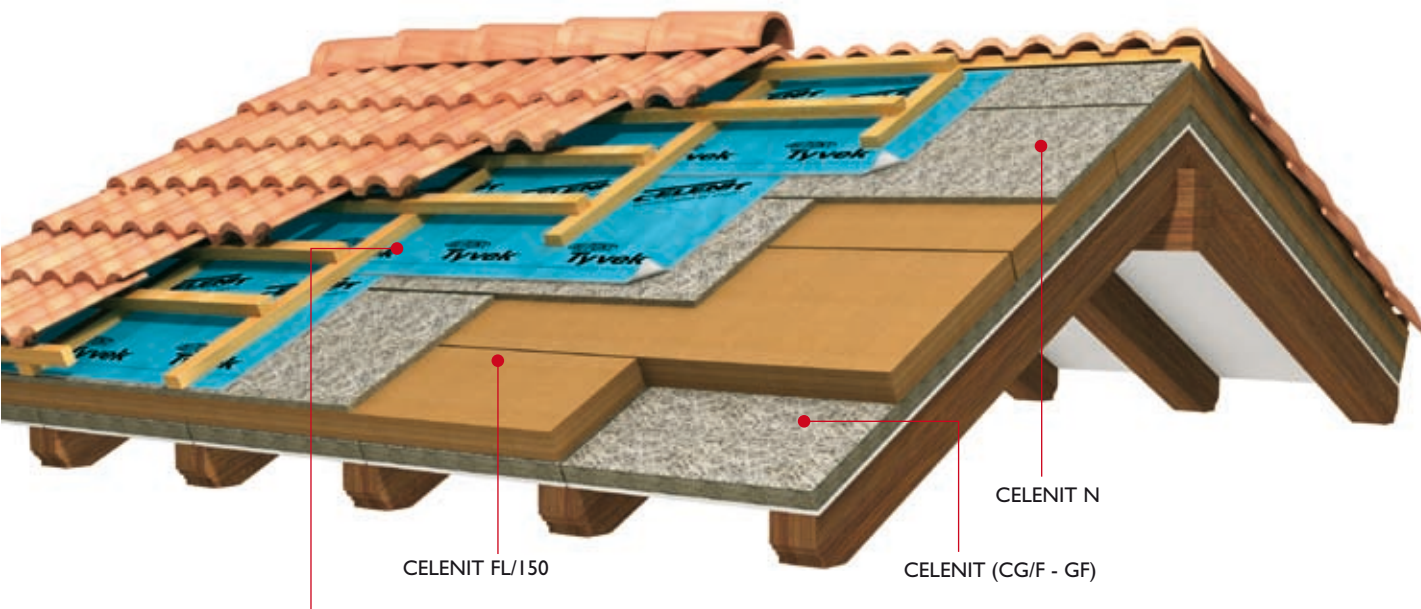
- la copertura leggera con materiale isolante leggero con $Yie = 0.19 \text{ [W/m}^2\text{K}]$, che rispetta le prescrizioni minime di legge, irradia quantità di energia maggiore durante le ore di condizionamento rispetto alle altre due soluzioni con $Yie < 0.12 \text{ [W/m}^2\text{K}]$;

- oltre ai maggiori problemi di comfort, la maggiore quantità di energia entrante ha come conseguenza un aumento dei consumi derivanti dal condizionamento estivo.

SOLUZIONI CELENIT TETTI BIOECOLOGICI AD ELEVATO COMFORT

Qui di seguito vengono riportati alcuni esempi delle soluzioni del catalogo **Celenit tetti bioecologici**.

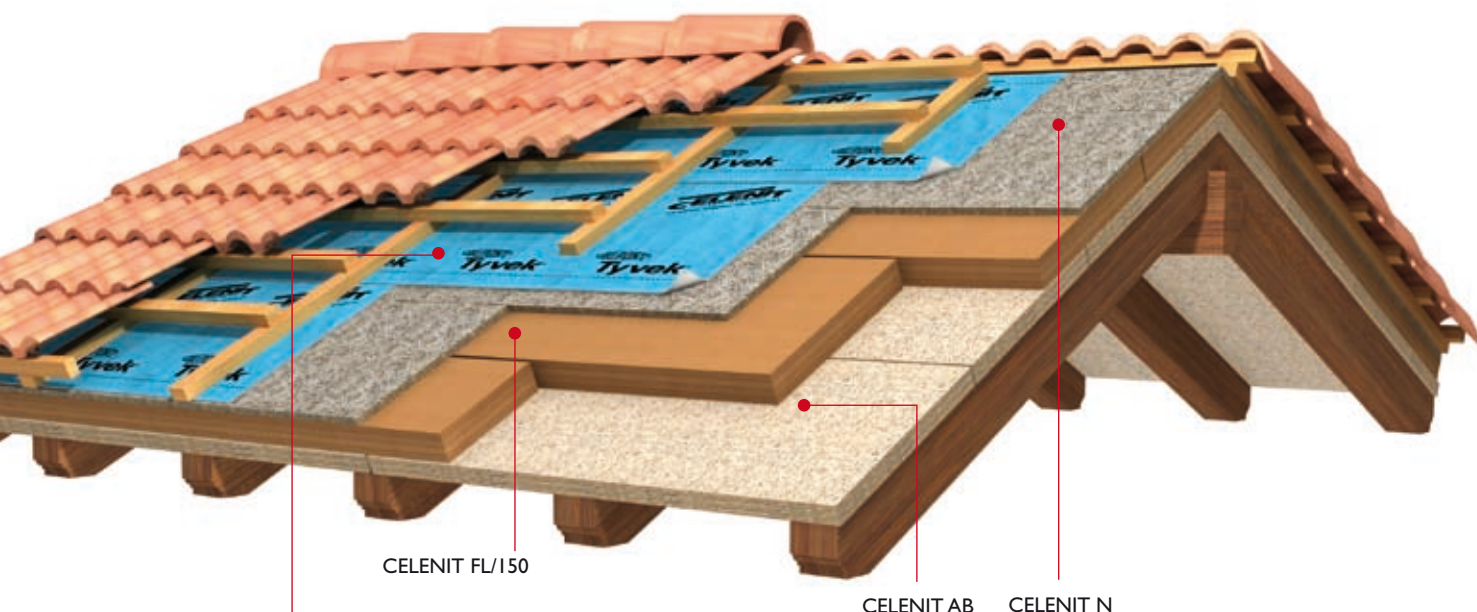
SOLUZIONE 2 - ISOLAMENTO SOPRA LE TRAVI DI LEGNO CON CELENIT CG/F O CELENIT GF A VISTA



DuPont™ Tyvek® (Universal Primo - Enercor® Roof)

Tipo	Pacchetto	Trasmittanza termica invernale [W/m²K]	Trasmittanza termica periodica [W/m²K]	Sfasamento [h e min]	Attenuazione sfasamento [-]	Prestazioni	Qualità involucro
2/I	DuPont™ Tyvek® Universal Primo + N sp. 20 mm + FL/150 sp. 80 mm + CG/F sp. 62,5 mm / GF sp. 60 mm	0,30	0,088	11h 14'	0,303	Buone	II
2/IE	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N sp. 20 mm + FL/150 sp. 80 mm + CG/F sp. 62,5 mm / GF sp. 60 mm	0,27	0,065	12h 9'	0,244	Buone	II
2/LE	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N sp. 20 mm + FL/150 sp. 60 mm + CG/F sp. 62,5 mm / GF sp. 60 mm	0,31	0,092	10h 51'	0,300	Buone	II

SOLUZIONE 3 - ISOLAMENTO SOPRA LE TRAVI DI LEGNO CON CELENIT AB A VISTA



DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof

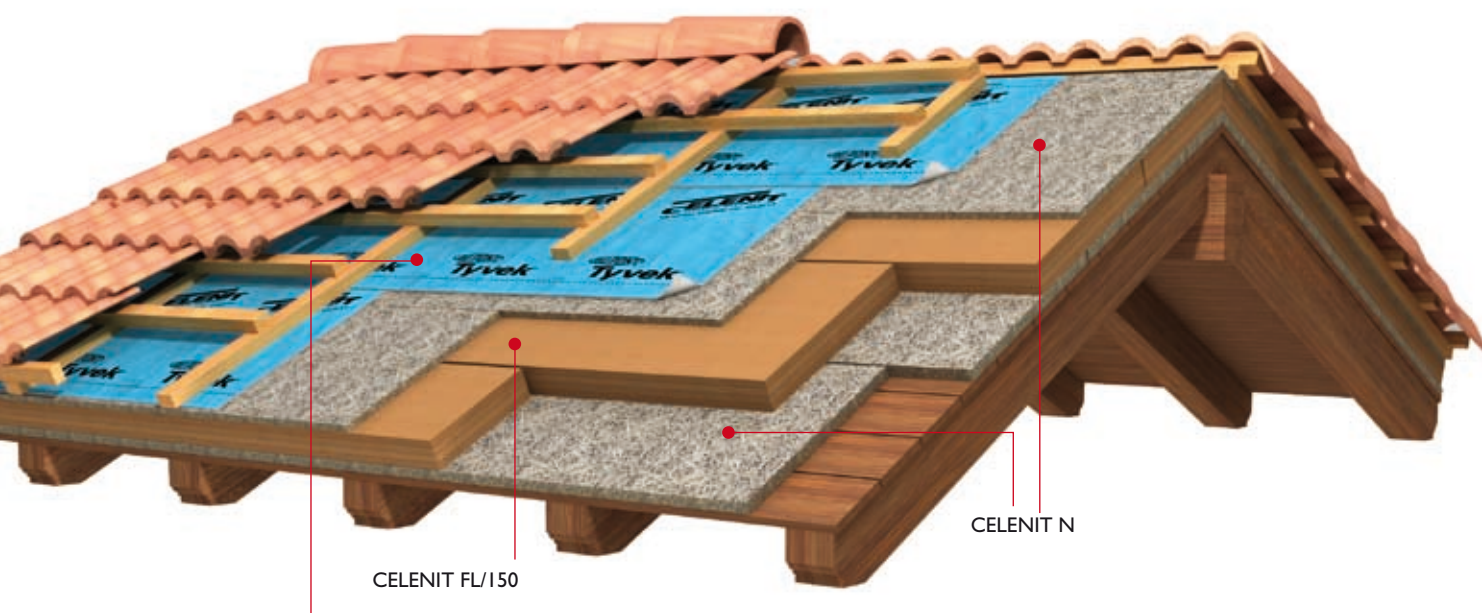
CELENIT FL/150

CELENIT AB

CELENIT N

Tipo	Pacchetto	Trasmittanza termica invernale [W/m ² K]	Trasmittanza termica periodica [W/m ² K]	Sfasamento [h e min]	Attenuazione sfasamento [-]	Prestazioni	Qualità involucro
3/IE	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N sp. 20 mm + FL/150 sp. 100 mm + AB sp. 50 mm	0,24	0,059	12h 24'	0,247	Buone	II
3/LE	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N sp. 20 mm + FL/150 sp. 80 mm + AB sp. 50 mm	0,28	0,084	11h 4'	0,304	Buone	II

SOLUZIONE 4 - ISOLAMENTO SOPRA LE TRAVI DI LEGNO CON TAVOLATO DI LEGNO A VISTA



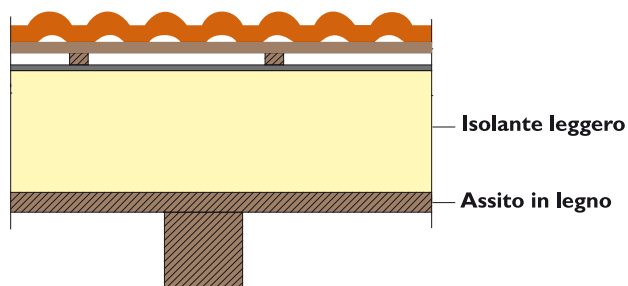
Dupont™ Tyvek® (Universal Primo - Enercor® Roof)

Tipo	Pacchetto	Trasmittanza termica invernale [W/m²K]	Trasmittanza termica periodica [W/m²K]	Sfasamento [h e min]	Attenuazione sfasamento [-]	Prestazioni	Qualità involucro
4/I	DuPont™ Tyvek® Universal Primo + N sp. 20 mm + FL/150 sp. 100 mm + N sp. 30 mm	0,27	0,079	11h 54'	0,304	Buone	II
4/IE	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N sp. 20 mm + FL/150 sp. 100 mm + N sp. 30 mm	0,25	0,058	12h 49'	0,240	Buone	II
4/LE	DuPont™ Tyvek® Enercor® Roof + N sp. 20 mm + FL/150 sp. 80 mm + N sp. 30 mm	0,28	0,082	11h 30'	0,299	Buone	II

SOLUZIONI COPERTURE LEGGERE CON ISOLANTI LEGGERI AD ELEVATO COMFORT

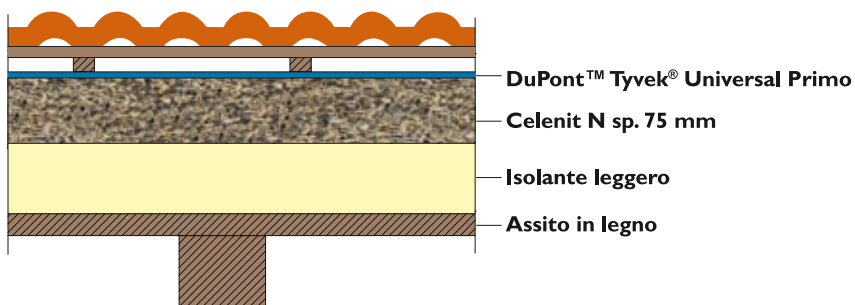
Seguono indicazioni sull'impiego dei pannelli isolanti Celenit N in lana di legno nelle coperture leggere con materiali isolanti leggeri per poter ottenere le adeguate condizioni di comfort ($\Upsilon_{ie} < 0.12$ [W/m²K]). I calcoli e le valutazioni sono stati condotti in accordo con le caratteristiche presenti a pagina 8.

Soluzione di copertura leggera con isolanti leggeri che rispetta il limite di legge $\Upsilon_{ie} < 0.20$ [W/m²K]:



Materiali	φ	f_a	Υ_{ie}
Polistirene espanso sinterizzato sp. 160 mm	2h 59'	0,9091	0,1910
Polistirene espanso estruso sp. 140 mm	3h 45'	0,8780	0,1930
Lana di roccia sp. 140 mm	3h 47'	0,8768	0,1927
Poliuretano espanso rigido sp. 130 mm	3h 40'	0,8825	0,1913

Integrando le precedenti soluzioni con Celenit N sp. 75 mm si migliora notevolmente il comfort interno dell'ambiente:



Materiali	φ	f_a	Υ_{ie}	
Polistirene espanso sinterizzato sp. 90 mm	+ CELENIT N sp. 75mm	7h 59'	0,408	0,100
Polistirene espanso estruso sp. 80 mm		8h 18'	0,402	0,101
Lana di roccia sp. 80 mm		8h 18'	0,402	0,101
Poliuretano espanso rigido sp. 70 mm		8h 11'	0,408	0,105



CELENIT SPA - PANNELLI ISOLANTI TERMICI ED ACUSTICI PER L'EDILIZIA

35019 Onara di Tombolo (PD) - Via Bellinghiera, 17

Tel. +39 049.5993544 - Fax +39.049.5993598 - E. mail: info@celenit.com - www.celenit.com