

# Le coltri vegetali per l'efficienza energetica degli edifici: risultati attività ENEA

Scuola delle energie - ENEA Casaccia  
11-12 ottobre 2018

## Le coltri vegetali per ridurre le dispersioni negli edifici

Ing. Luciano Consorti



**C.I.R.P.S. centro interuniversitario di ricerca  
per lo sviluppo sostenibile**

## COLTRI VEGETALI COLLOCATE IN VERTICALE

La parete di un edificio avente una faccia esposta direttamente al sole assorbe energia radiante solare che **non** dipende dalla temperatura dell'aria esterna.

In condizioni di regime stazionario, la quantità di calore totale ( $Q_{\text{tot}}$ ) che entra in un ambiente attraverso una parete irraggiata dal sole è data da:

1. quella che si trasmetterebbe se la parete non fosse sottoposta ad irraggiamento, *contributo convettivo* ( $q_1$ );
2. la parte dovuta all'irraggiamento, *contributo raggiante* ( $q_2$ ).

Si può scrivere pertanto

$$Q_{tot} = q_1 + q_2 = \textit{flusso termico totale [W/m}^2\textit{]}$$

poiché:

$$q_1 = U(T_{ae} - T_{ai}) \quad ; \quad q_2 = U \left( \frac{a \cdot I}{h_e} \right)$$

si ottiene:

## FLUSSO TERMICO TOTALE

$$Q_{\text{tot}} = U(T_{\text{ae}} - T_{\text{ai}}) + U \cdot \left( \frac{a \cdot I}{h_e} \right)$$

$U$  = trasmittanza  $[W/m^2 K]$ ;

$a$  = assorbimento (UNI TS 11300-1/2014);

$a = 0,3$  pareti chiare;

$a = 0,6$  pareti medie;

$a = 0,9$  pareti scure;

$T_{ae}$  = temperatura aria esterna;

$T_{ai}$  = temperatura aria interna;

$l$  = irraggiamento,  $[W]$ ;

$h_e$  = fattore di adduzione,  $[W/m^2 K]$ ;

# DIFFERENZA DI TEMPERATURA EQUIVALENTE

$$\Delta t_e$$

Rappresenta la differenza di temperatura tra l'aria esterna e l'aria interna che si avrebbe in assenza di irraggiamento solare affinché, si trasmetta attraverso la parete lo stesso flusso termico che si trasmette quando essa è irraggiata:

$$Q_{tot} = U \cdot \Delta t_e$$

dove:  $\Delta t_e = (T_{aef} - T_{ai})$  ;

$T_{aef}$  = Temperatura aria esterna fittizia ;

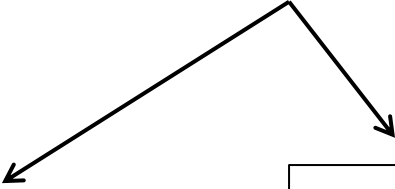
$T_{ai}$  = Temperatura aria interna;

da cui:

$$Q_{tot} = U \cdot (T_{aef} - T_{ai})$$



# ESPRESSIONI DEL FLUSSO TERMICO TOTALE


$$Q_{\text{tot}} = U \cdot (T_{\text{aef}} - T_{\text{ai}})$$

$$Q_{\text{tot}} = U(T_{\text{ae}} - T_{\text{ai}}) + U \cdot \left( \frac{a \cdot I}{h_e} \right)$$

Trascurando il contributo convettivo  $q_1$  in quanto, in prima approssimazione, non significativo ai fini del calcolo del contributo calorico totale ( $Q_{tot}$ ), abbiamo, in presenza di una coltre vegetale, che il contributo in calore dato dalla radiazione solare ( $q_2$ ) risulta proporzionale al fattore  $K_v$  (ENEA, 2018). Pertanto, indicando con  $\Delta Q$  la variazione di flusso termico che attraversa la coltre vegetale rispetto alla parete nuda, possiamo scrivere:

$$\Delta Q = U \cdot K_v \cdot \left( \frac{a \cdot I}{h_e} \right)$$

La differenza di flusso termico, avendo definito la costante verde  $K_v$ , può essere espresso:

$$\Delta Q_{\text{tot}} = U \cdot (T_{\text{aef}} - T_{\text{ai}})$$

imponendo la condizione:

$$T_{\text{aef}} = T_{\text{pn}}$$

si ha:

$$\Delta Q_{\text{tot}} = U \cdot K_v \cdot (T_{\text{aef}} - T_{\text{ae}})$$

La superficie esterna dell'involucro si riscaldereà (o si raffredderà) come risultato di scambio di calore di tipo convettivo (con l'aria circostante) e per irraggiamento (con le superfici dei corpi circostanti e con il sole nelle ore diurne) poiché l'ambiente interno dell'edificio risentirà del trasferimento di calore per effetto conduttivo (dalla superficie esterna dell'involucro a quella interna o viceversa) e per irraggiamento (dalla superficie interna all'ambiente interno).

	1	Riflessione della radiazione visibile nella banda del verde.
	2	Assorbimento della radiazione solare nella banda blu-violetto e in quella del rosso impiegata nei processi di evapotraspirazione.
	3	Riduzione della radiazione infrarossa (e quindi riduzione di calore).

Figura 11 – Flussi termici attraverso una parete schermata da coltre vegetale.

## COSTANTE VERDE - $K_v$

L'effetto di schermatura della radiazione solare incidente da parte della coltre vegetale è caratterizzato da un indicatore adimensionale « $K_v$ » definito:

$$K_v = \frac{T_{pn} - T_{pp}}{T_{pn} - T_{ae}}$$

$$T_{pn} - T_{pp} = K_v(T_{pn} - T_{ae})$$

$T_{pp}$  = Temperatura parete schermata dalla coltre vegetale;

$T_{pn}$  = Temperatura parete non schermata dalla coltre vegetale;

$T_{ae}$  = Temperatura aria esterna

$$T_{pn} = T_{pp}$$

$K_v = 0$ ; la coltre non esercita alcuna schermatura, pertanto, in condizioni estive, la temperatura della faccia esterna ( $T_{pe}$ ), che assorbe completamente la radiazione solare, risulta essere uguale alla ( $T_{pn}$ ), ovvero maggiore sia della temperatura dell'aria esterna ( $T_{ae}$ ) che della temperatura dell'aria interna ( $T_{ai}$ );

$$T_{pp} = T_{ae}$$

$K_v = 1$ ; la coltre esercita completa schermatura, quindi in condizioni estive, la temperatura della faccia esterna ( $T_{pp}$ ), risulta uguale alla temperatura dell'aria esterna ( $T_{ae}$ ).



$$\Delta Q = U \cdot K_v \cdot \left( \frac{a \cdot I}{h_e} \right)$$

$K_v = 0$  abbiamo  $\Delta Q = 0$

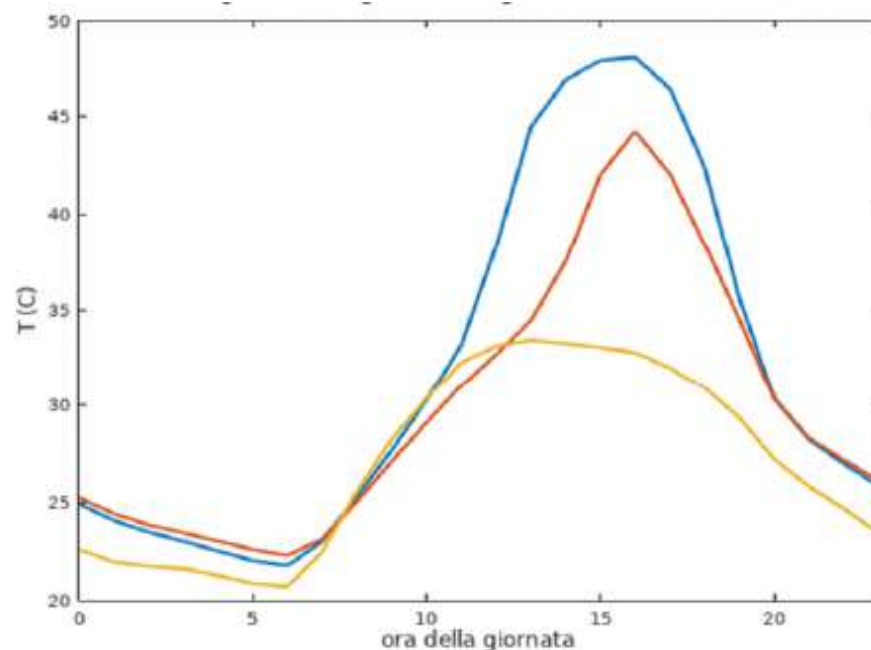
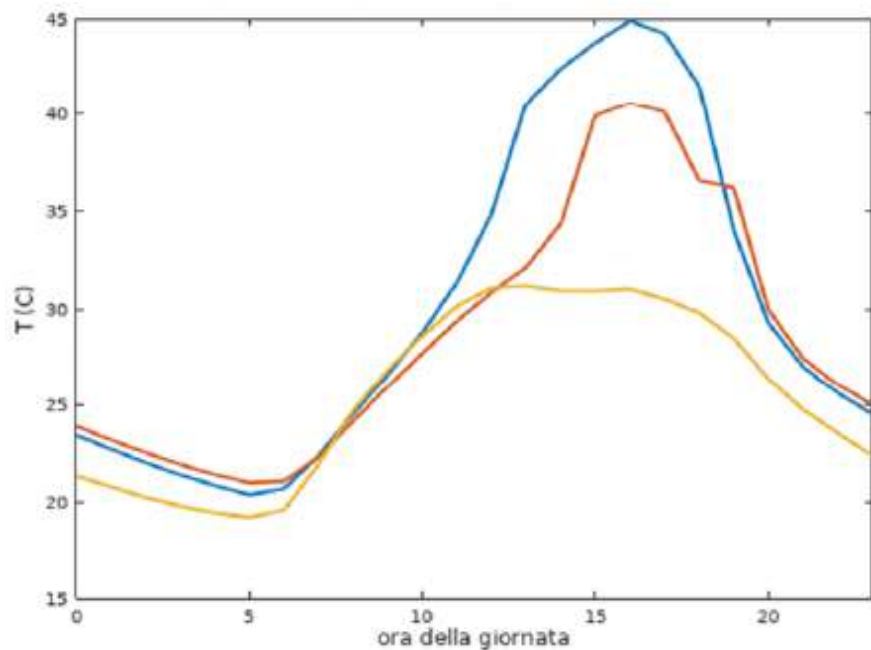
*Non vi è effetto di riduzione del flusso termico entrante.*

$K_v = 1$  abbiamo  $\Delta Q = U \left( \frac{a \cdot I}{h_e} \right)$

*La riduzione del flusso termico entrante è massima.*

La tabella sotto riportata, mostra i valori della costante verde  $K_v$  per alcune essenze vegetali, derivanti da esperienze di misura effettuate dall'ENEA, in collaborazione con le Università di Bari e di Pisa.

Essenza vegetale	$K_v$
Pandorea jasminoides variegata	0,95
Partenocissus quinquefolia	0,85
Hedera helix	0,83
Lonicera hall prolific	0,81
Rhyncospermum jasminoides	0,81



### Dati raccolti sull'edificio dimostrativo del Centro Casaccia

Temperatura media della parete Sud Ovest nei mesi di luglio (a sinistra) e agosto (a destra),

*Blu*: temperatura della zona esposta al sole;

*Rosso*: temperatura della zona protetta dalla coltre verde;

*Giallo*: temperatura dell'aria.

In prima approssimazione, come valore ottenibile in fase stazionaria, la riduzione del flusso termico dovuta alla coltre vegetale ( $K_v$ ) è pari a circa il 40% del flusso termico entrante nell'edificio. Si sottolinea che i risultati si riferiscono a situazioni di tipo puntuale ossia non riferibili all'intero periodo estivo. I risultati confermano i benefici della coltre vegetale che, in ultima analisi, migliora la sostenibilità ambientale ed energetica degli edifici.