



ASSOCIAZIONE NAZIONALE
PER L'ISOLAMENTO TERMICO E ACUSTICO

Il convegno inizierà alle **ore 15.00**



Il convegno inizierà alle **ore 15.00**

Prestazioni estive degli edifici Materiali, stratigrafie e comfort



ASSOCIAZIONE NAZIONALE
PER L'ISOLAMENTO TERMICO E ACUSTICO

Dal **1984** diffonde, promuove e sviluppa l'efficienza energetica e il comfort acustico come mezzi per salvaguardare l'ambiente e il benessere delle persone



soci individuali

2800



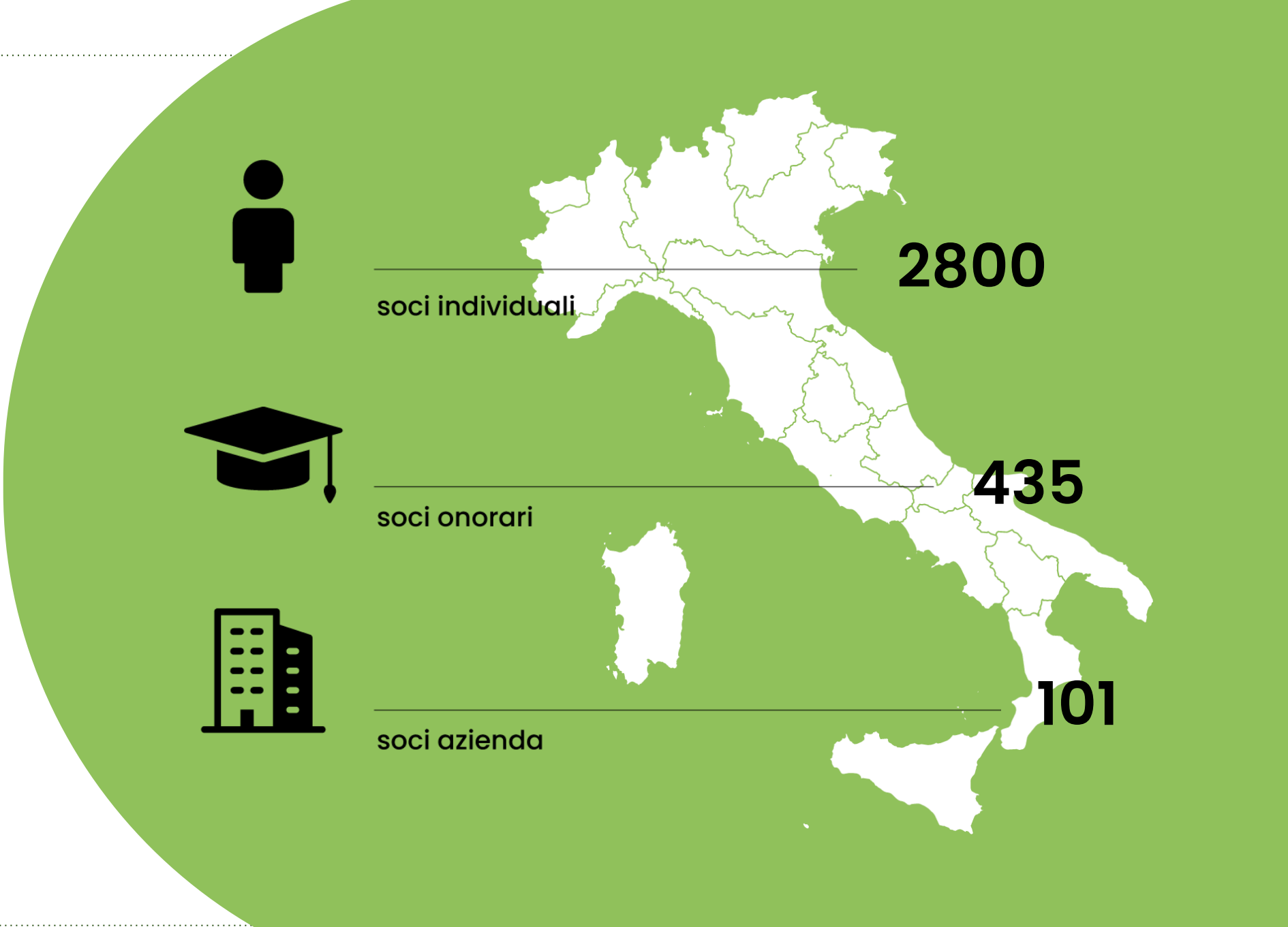
soci onorari

435



soci azienda

101





Strumenti per i
soci individuali



1. Guide tecniche
2. Software
3. Chiarimenti dedicati



Abbonamento di 12 mesi: **150€+IVA**

Crediti formativi

INGEGNERI **2 CFP** accreditato dal CNI (codice 26p75922)

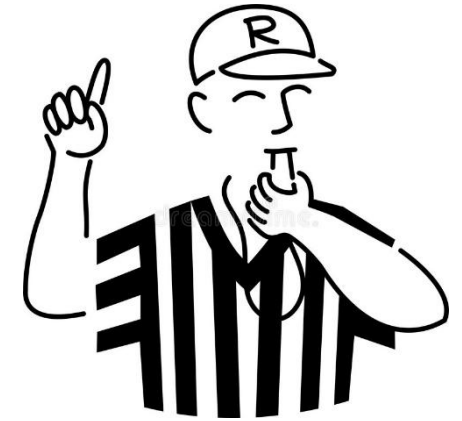
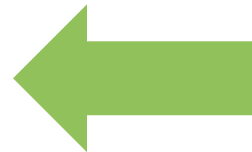
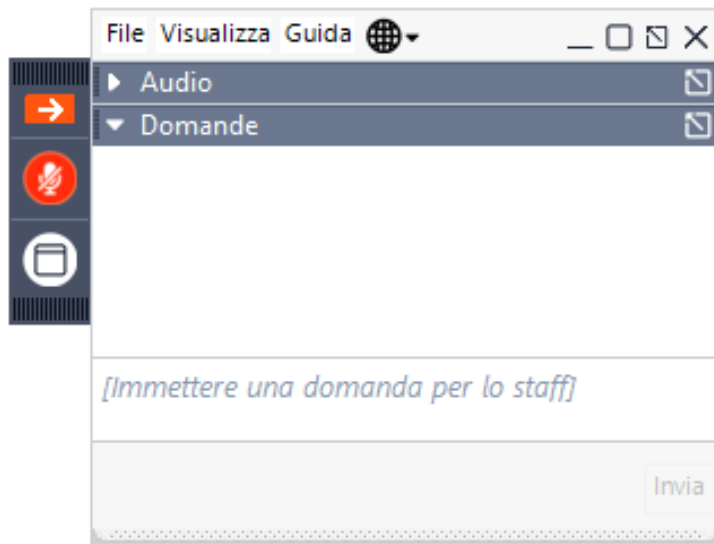
ARCHITETTI **2 CFP** accreditato dall'Ordine di Bergamo

GEOMETRI **2 CFP** accreditato dal Collegio di Cremona

I CFP sono riconosciuti solo per la presenza all'intero evento formativo

Regole di interazione

- Audio: disattivato
- Condivisione schermo: solo del relatore
- Domande: via chat
- Non è possibile registrare l'evento



10.00 INTRODUZIONE NORMATIVA

Ing. Giorgio Galbusera – ANIT

- Le prestazioni estive dell'involucro opaco
- Requisiti minimi estivi e CAM
- Dai materiali alla stratigrafia: principi per la progettazione estiva
- Il concetto del comfort e l'analisi estiva di una zona termica



Sondaggio



11.00 TECNOLOGIE PER L'ISOLAMENTO ESTIVO

Dott. Fabio Raggiotto – Stiferite

- Isolamento dell'involucro
- Esempi di stratigrafie per il contenimento dei consumi invernali ed estivi
- Casi di applicazione e soluzioni tecnologiche

stiferite[®]
l'isolante termico

12.00 Risposte alle domande dei partecipanti

12.15 Chiusura lavori



Le prestazioni estive dell'involucro opaco

Analisi energetica stazionaria e dinamica

Ing. Giorgio Galbusera

Diritti d'autore: la presentazione è proprietà intellettuale dell'autore e/o della società da esso rappresentata. Nessuna parte può essere riprodotta senza l'autorizzazione dell'autore.

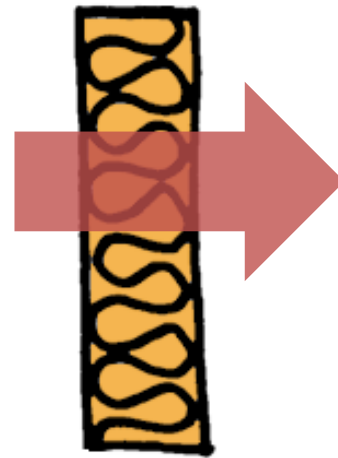
MATERIALI

- densità, ρ [kg/m³]
- spessore, s [m]
- calore specifico, c [J/kgK]
- conduttività, λ [W/mK]

↓
 λ_D

Test in laboratorio a condizioni fisse

20°C

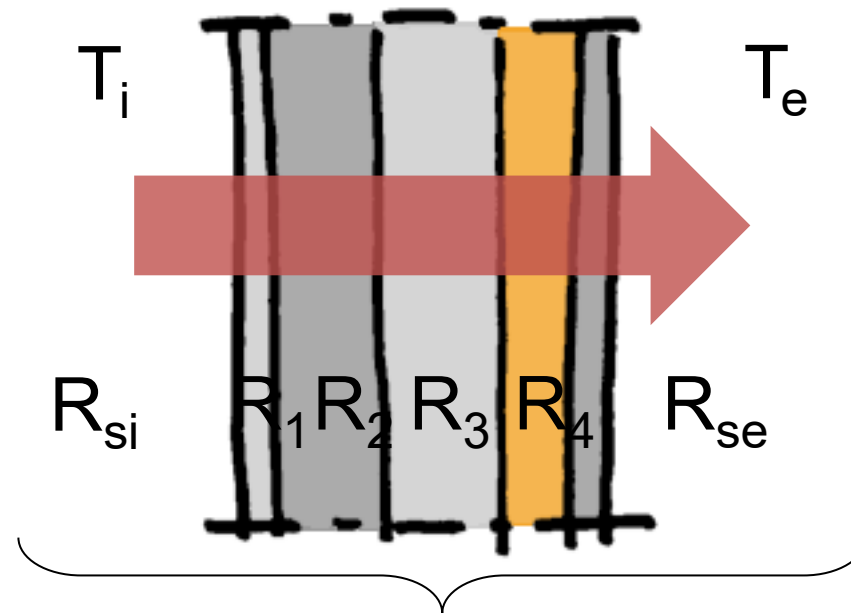


0°C

STRATIGRAFIA

- Trasmittanza termica, U [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
- Resistenza termica, R [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]

$$U = \frac{1}{R_{\text{tot}}}$$

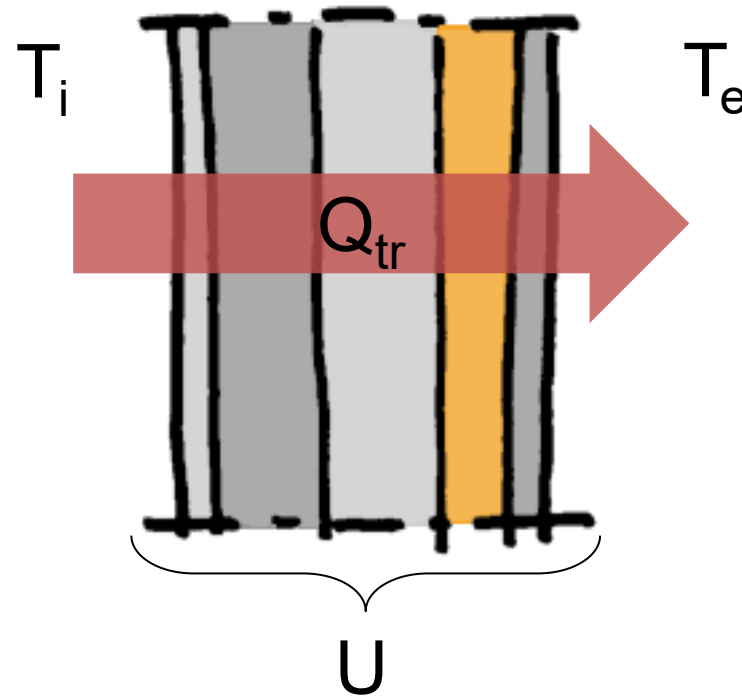


$$R_{\text{tot}} = R_{si} + R_1 + R_2 + R_n + R_{se}$$

DISPERSIONI PER TRASMISSIONE

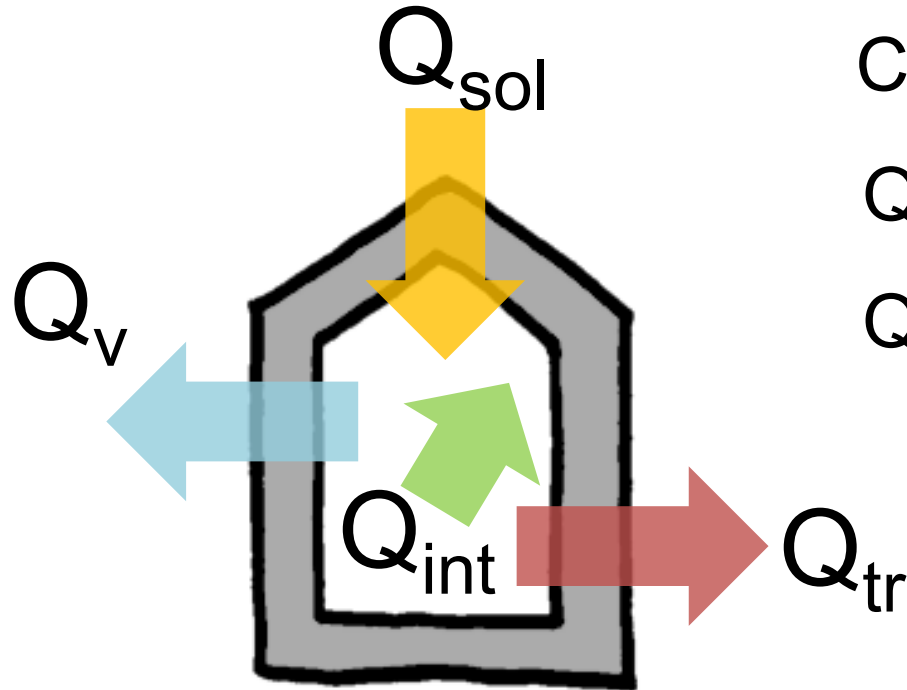
- Dispersioni per trasmissione Q_{tr} [kWh]

$$Q_{tr} = U \cdot A \cdot \Delta T \cdot t$$



BILANCIO DELLA ZONA TERMICA

- Fab. en. d'involucro per il servizio di riscaldamento $Q_{H,nd}$ [kWh]
- Fab. en. d'involucro per il servizio di raffrescamento $Q_{C,nd}$ [kWh]



Calcolo medio mensile:

$$Q_{H,nd} = (Q_{tr} + Q_v) - \eta(Q_{sol} + Q_{int})$$

$$Q_{C,nd} = (Q_{sol} + Q_{int}) - \eta(Q_{tr} + Q_v)$$

REQUISITI MINIMI

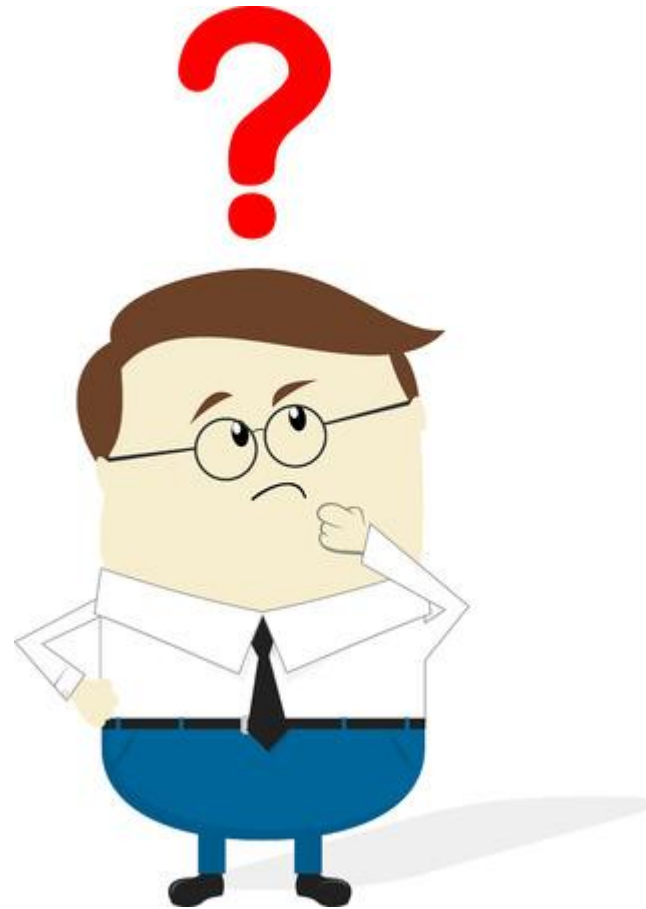
Impongono il controllo su:

- Trasmittanza termica media U_m [W/m²K]
- Coefficiente medio globale di scambio termico H'_T [W/m²K]
- Indici energetici $EP_{H,nd}$ ed $EP_{C,nd}$ [KWh/m²]



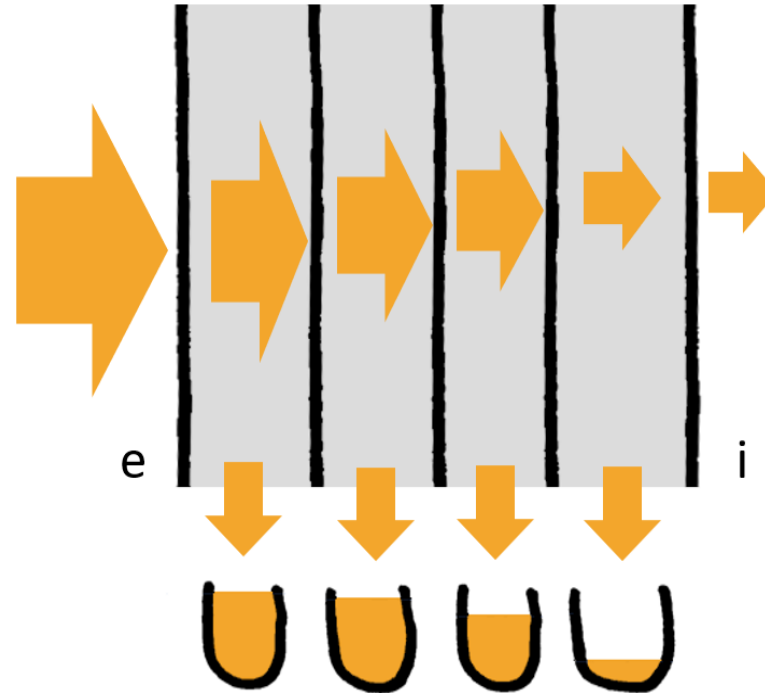
REQUISITI MINIMI (ESTIVI)

Gli indicatori invernali valgono anche come indicatori estivi?



COSA CAMBIA CON L'ANALISI DINAMICA? MATERIALI

L'effetto dell'inerzia:



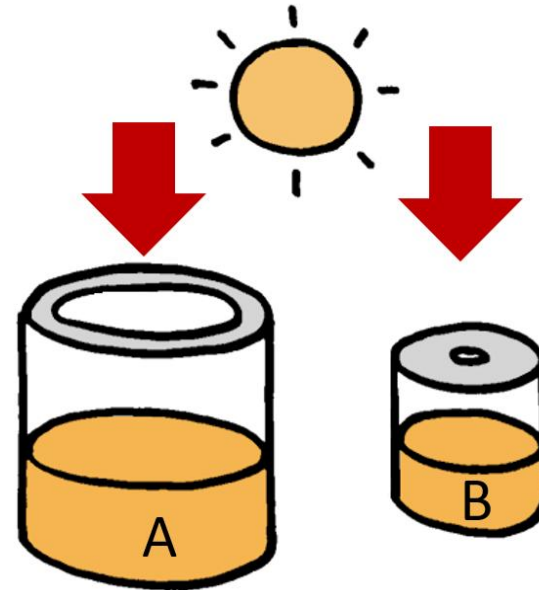
COSA CAMBIA CON L'ANALISI DINAMICA? MATERIALI

- la diffusività termica α [m²/s],
- la capacità termica C volumica [kJ/m³K] o areica [kJ/m²K];

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho \cdot c}$$

$$C = \rho \cdot c$$

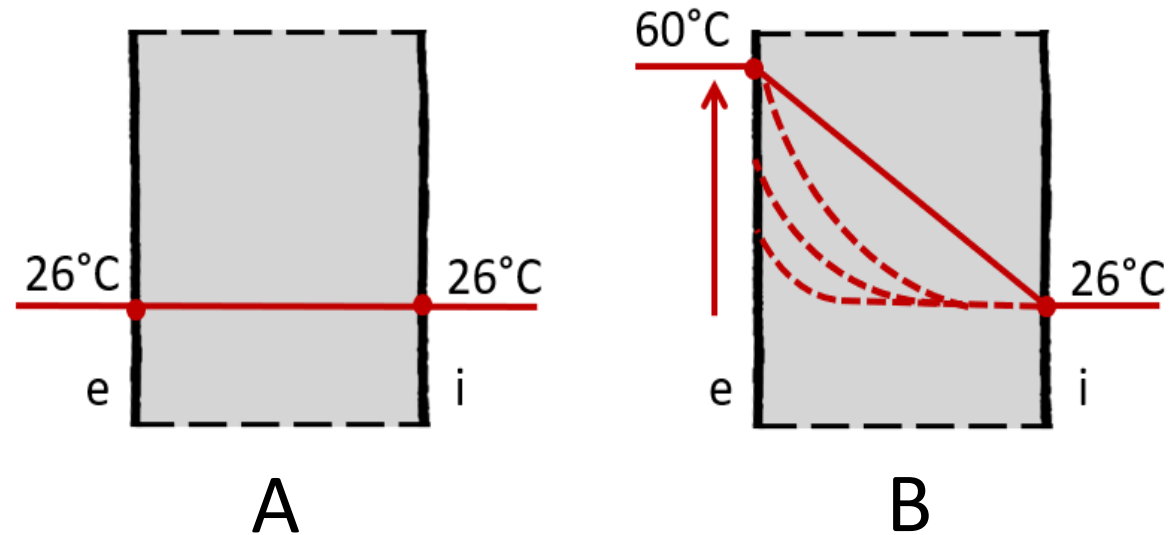
$$C = \rho \cdot c \cdot s$$



Materiali isolanti con un buon comportamento estivo hanno una diffusività termica $\alpha < 0,15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

COSA CAMBIA CON L'ANALISI DINAMICA? STRATIGRAFIA

Immaginiamo di passare rapidamente dalla condizione A alla condizione B:



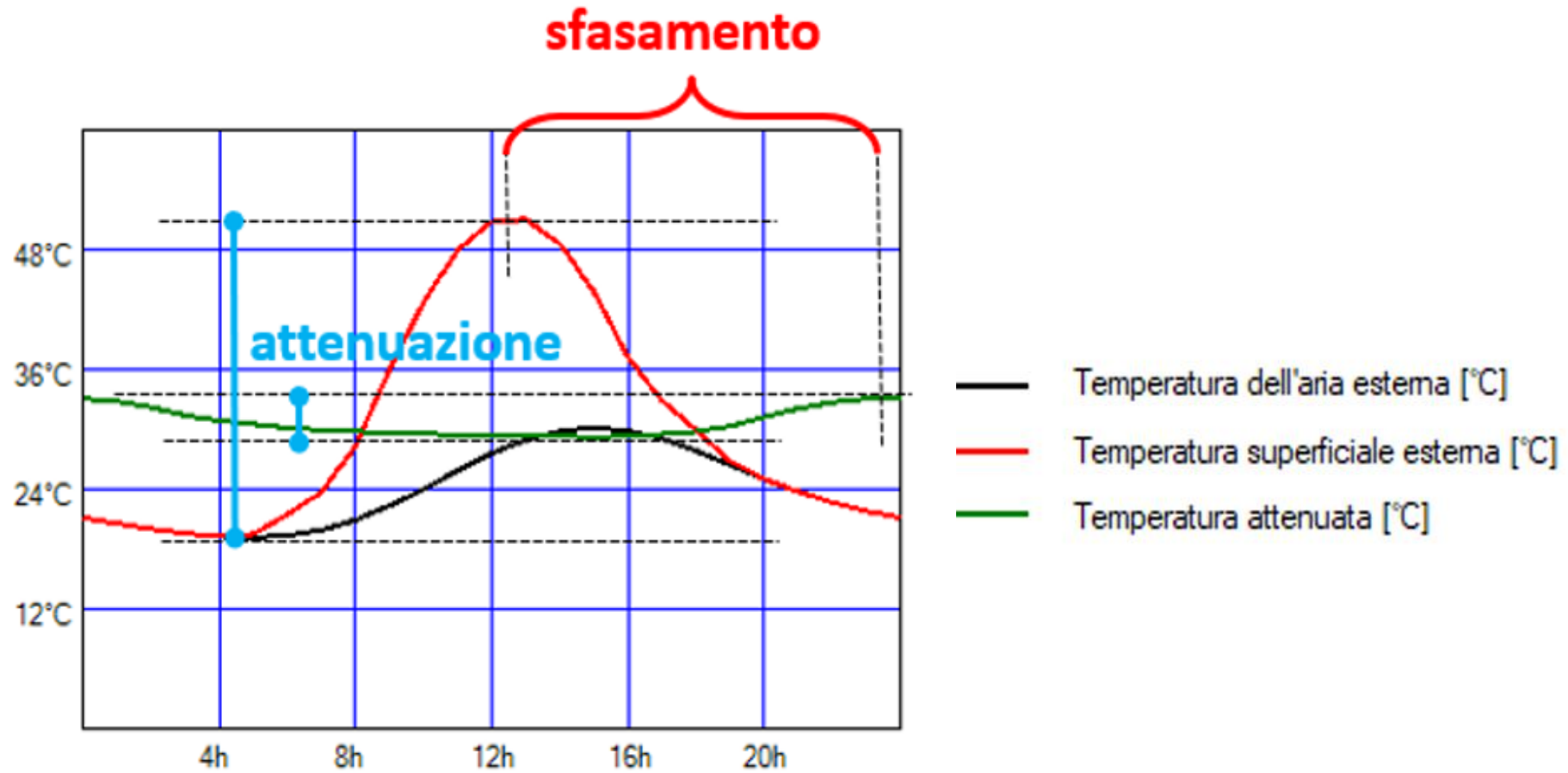
COSA CAMBIA CON L'ANALISI DINAMICA? STRATIGRAFIA

È interessante analizzare le modalità di reazione di una stratigrafia ora per ora rispetto a una sollecitazione esterna variabile (non costante).

I parametri studiati dalla norma UNI EN ISO 13786 sono:

- trasmittanza termica periodica (Y_{ie})
- sfasamento (ϕ) e attenuazione (f_a)
- capacità termica areica periodica (interna ed esterna) (C_{ip})
- ammettenza (interna ed esterna) (Y_{ii} e Y_{ee})
- profondità di penetrazione periodica (δ)

COSA CAMBIA CON L'ANALISI DINAMICA? STRATIGRAFIA



REQUISITI MINIMI (ESTIVI)

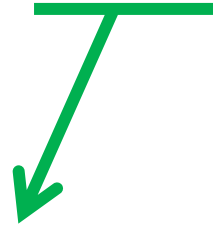
Impongono il controllo su:

- Trasm. termica periodica Y_{ie} [W/m²K] o massa sup. M_s [kg/m²]
- Fattore solare dei vetri g_{tot} [-]
- Caratteristiche della copertura
- Area solare equivalente estiva A_{sol} [-]

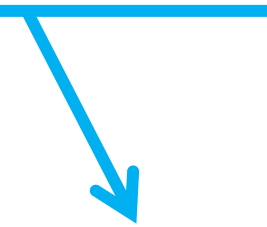


**COSA CAMBIA CON L'ANALISI DINAMICA?
BILANCIO DELLA ZONA TERMICA**

Calcolo orario in regime dinamico



Passo di calcolo ridotto

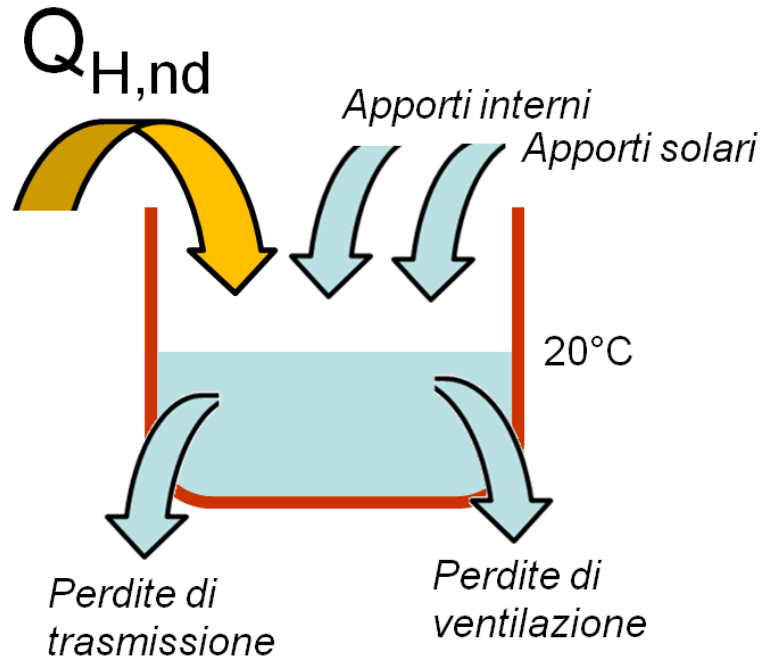


Si analizza l'effetto
dei fenomeni nel
tempo

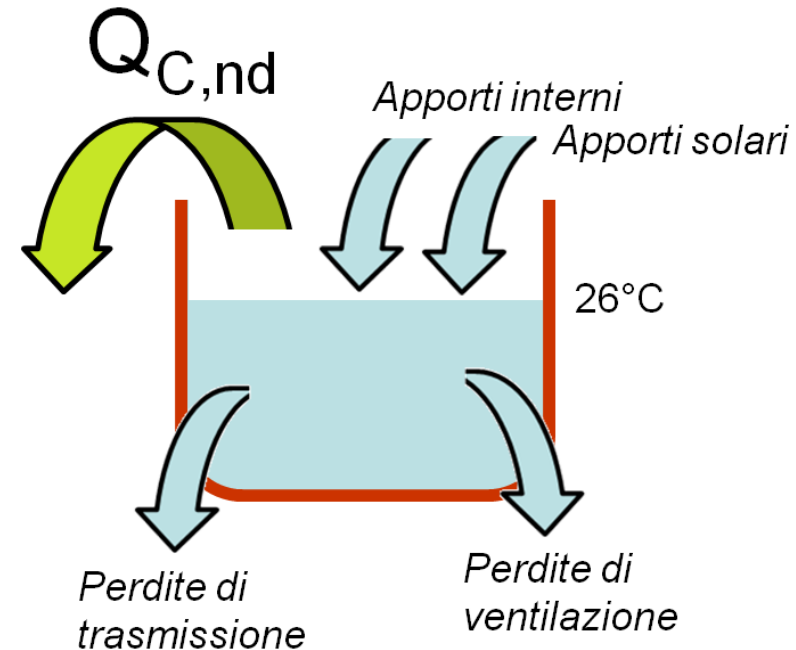
CALCOLO MENSILE SEMI-STAZIONARIO

Il bilancio energetico in accordo con le UNI/TS 11300

Servizio di riscaldamento



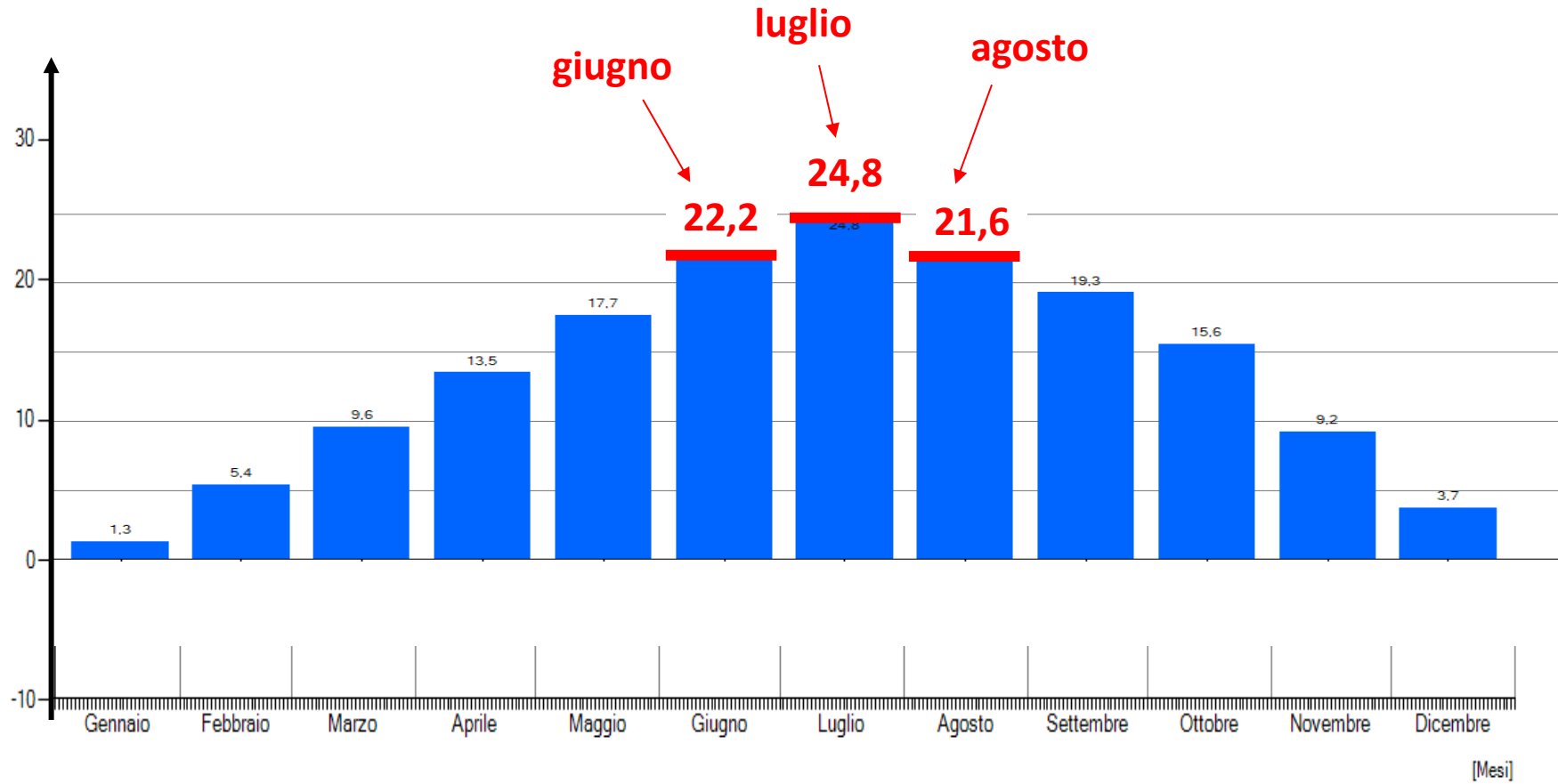
Servizio di raffrescamento



ESEMPIO: DATI CLIMATICI DI BOLOGNA (UNI 10349/2016)

Valori medi mensili

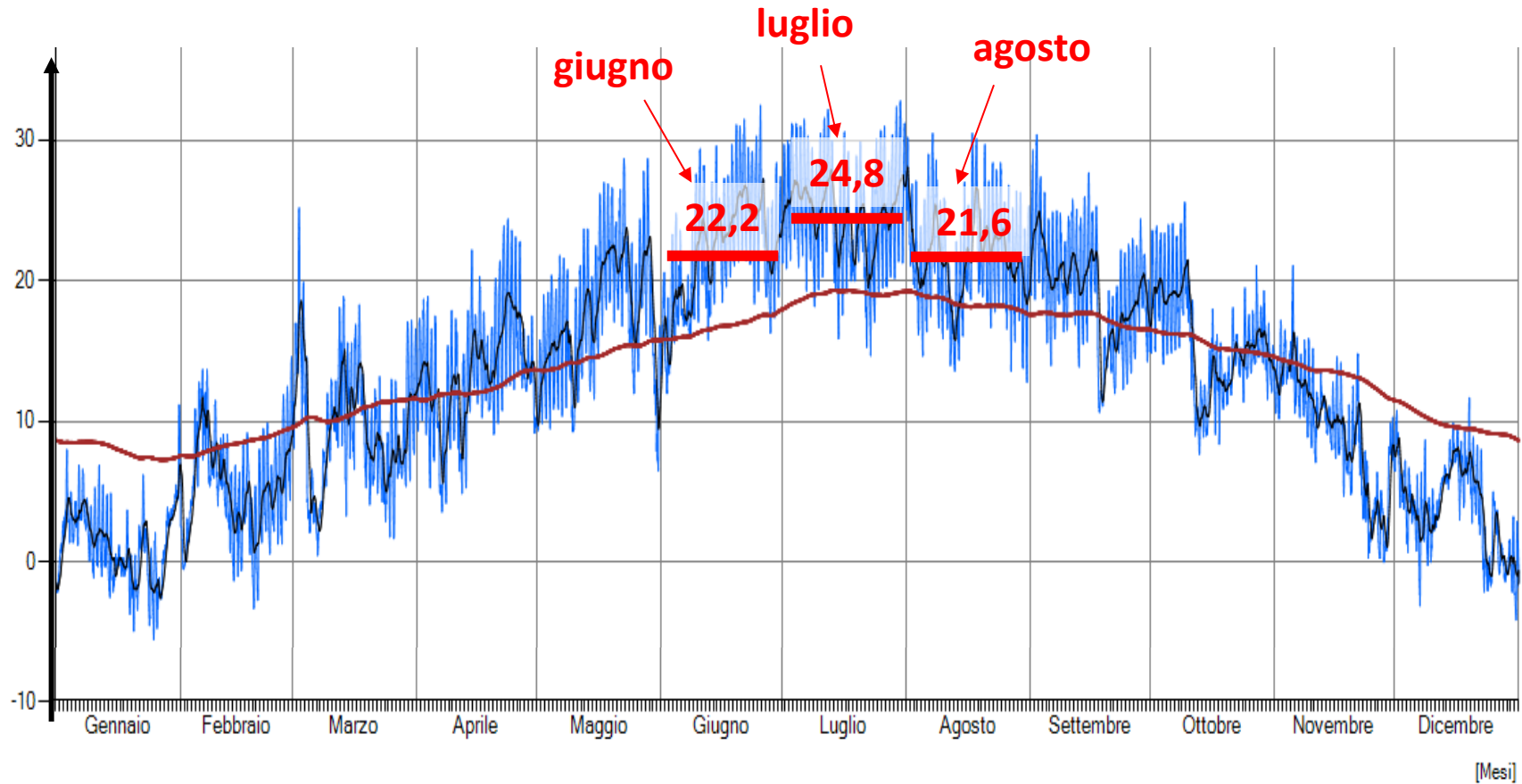
Temp.
aria esterna
[°C]



ESEMPIO: DATI CLIMATICI DI BOLOGNA (UNI 10349/2016)

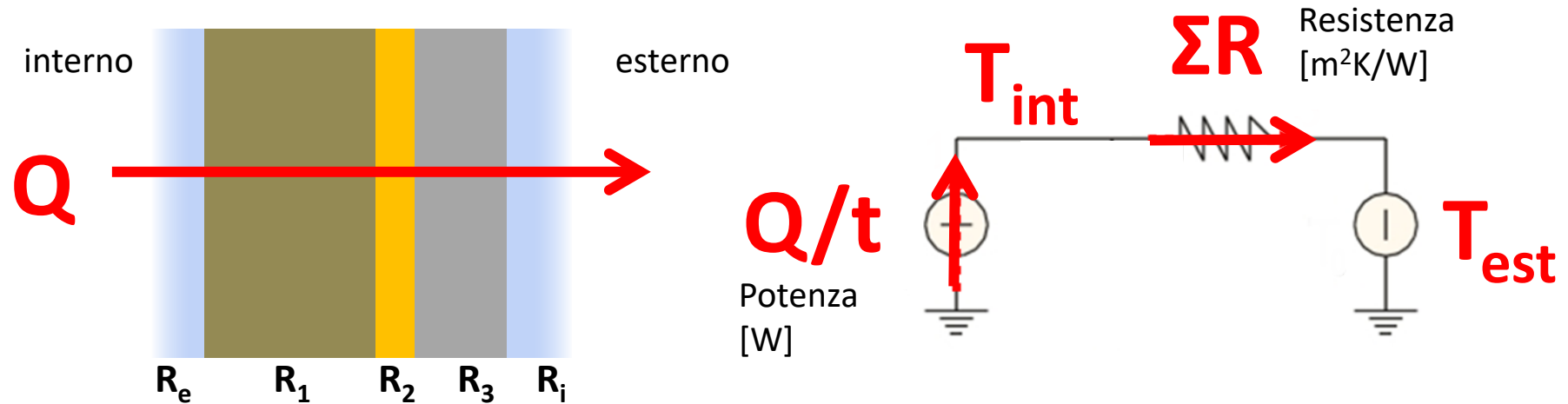
Valori orari

Temp.
aria esterna
[°C]



IL BILANCIO ENERGETICO DELLE STRUTTURE

In regime stazionario



$$Q = U \cdot A \cdot (\Delta T) \cdot t$$

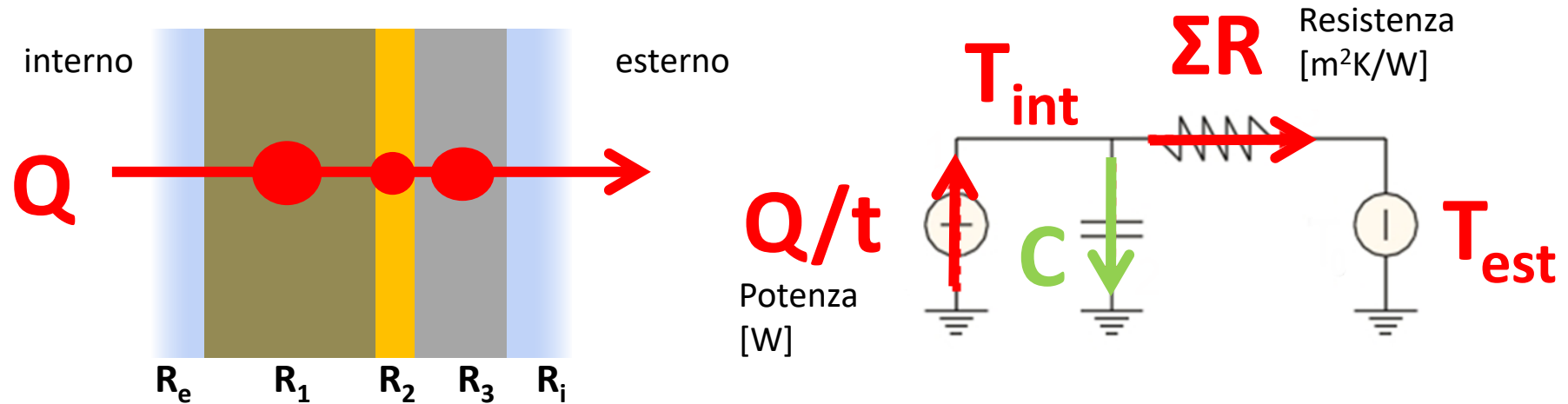
$$Q/t = (A/\Sigma R) \cdot (\Delta T)$$

Potenza
[W]

Resistenze termiche
[m²K/W]

IL BILANCIO ENERGETICO DELLE STRUTTURE

In regime dinamico

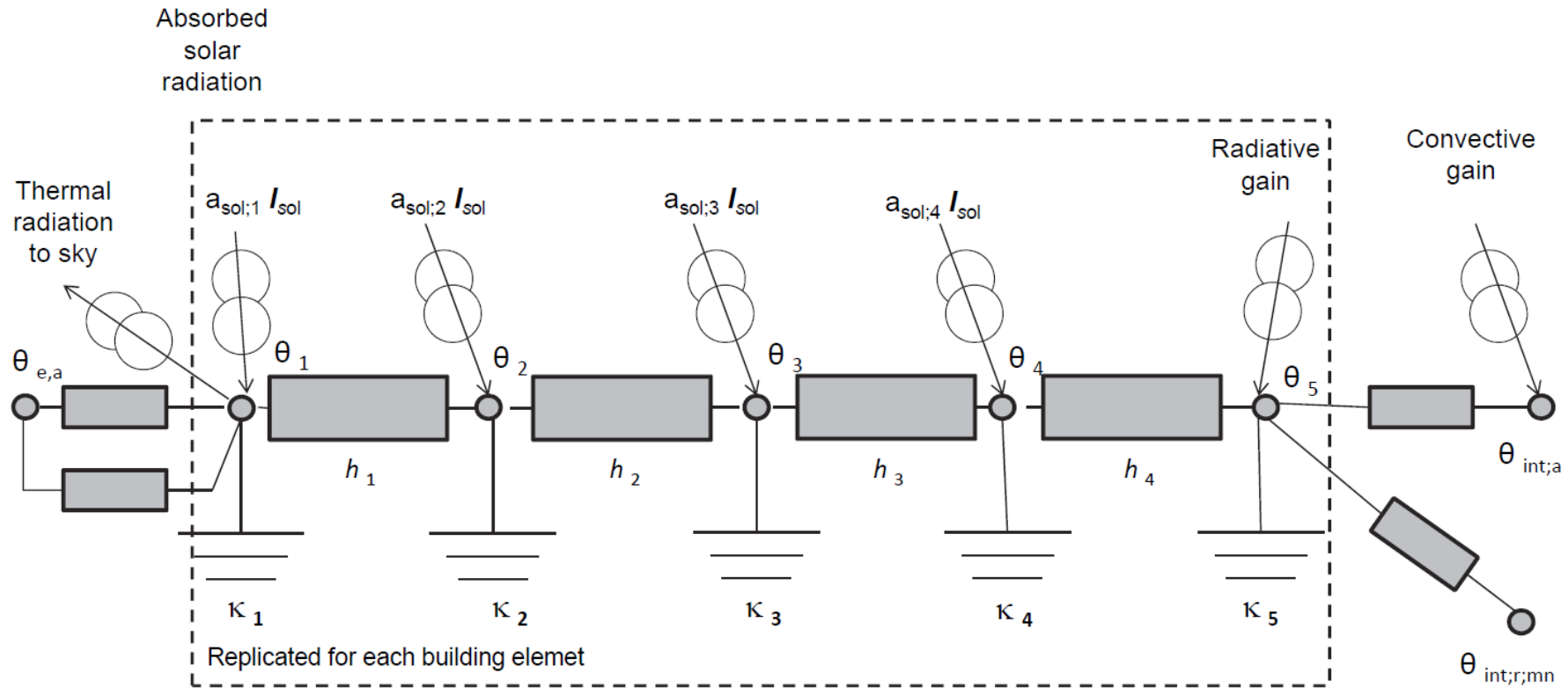


$$Q/t = (A/\Sigma R) \cdot (\Delta T) + m \cdot c \cdot \dot{T}$$

Potenza [W] Resistenze termiche [m^2K/W] Capacità termica [J/kgK] Variazione della temperatura nel tempo [K]

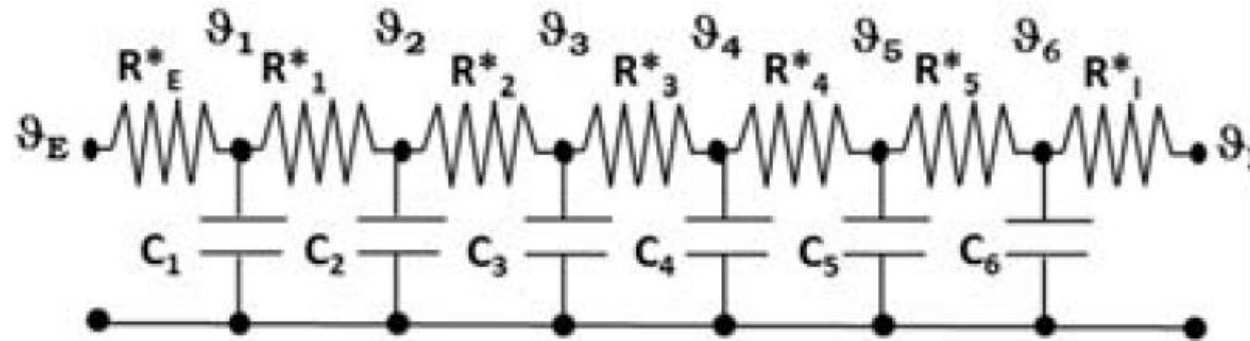
IL BILANCIO ENERGETICO DELLE STRUTTURE

EN ISO 52016 – Schema RC a 5 nodi per le strutture opache



IL BILANCIO ENERGETICO DELLE STRUTTURE

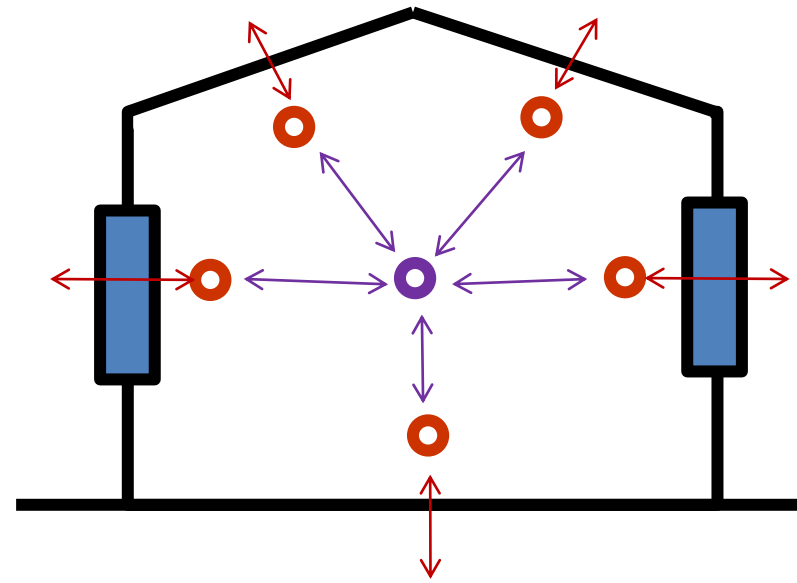
UNI EN ISO 52016 – Schema RC a n nodi per le strutture opache



- Uno o più nodi capacitivi per ciascuno strato
- Due resistenze ogni nodo capacitivo
- Numero di Fourier fissato a 0,5 per definire i nodi di ogni singolo strato

CALCOLO ORARIO IN REGIME DINAMICO

Risoluzione di un sistema lineare
a punti concentrati RC (resistenze-condensatori)



Bilancio tra i nodi e l'ambiente interno
(profilo ventilazione, carichi interni, apporti
solari attraverso le finestre)

Il concetto del comfort e l'analisi dinamica

PREVEDERE IL COMFORT

Come si fa a prevedere in fase progettuale se un edificio sarà confortevole?

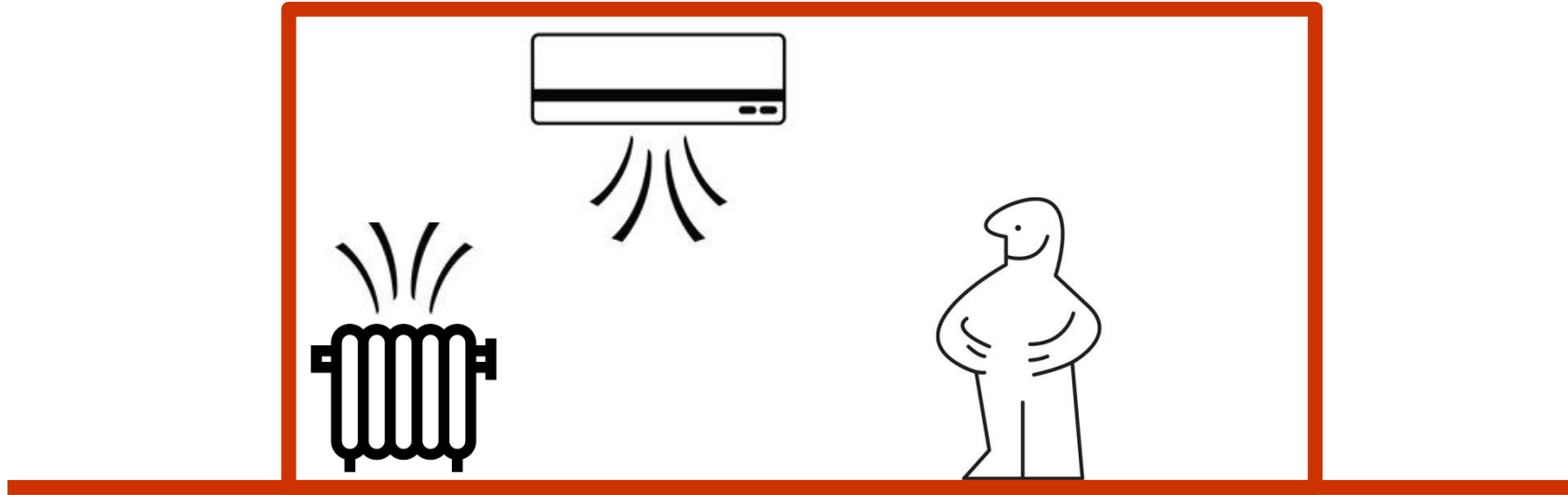


UNI EN 16798-1:2019

**Previsione in ambienti
in condizioni controllate**

**Previsione in condizioni
non controllate
*free running***

IL COMFORT IN UN AMBIENTE CONTROLLATO



IL COMFORT IN UN AMBIENTE CONTROLLATO

PMV

Voto Medio Previsto
(Predicted Mean Vote)

PMV – Scala di sensazione termica a sette punti	
+3	Molto caldo
+2	Caldo
+1	Abbastanza caldo
0	Né caldo né freddo
-1	Abbastanza freddo
-2	Freddo
-3	Molto freddo

IL COMFORT IN UN AMBIENTE CONTROLLATO

PPD

Previsione Percentuale di Insoddisfatti
(Predicted Percentage of Dissatisfied)

Category	Thermal state of the body as a whole	
	Predicted Percentage of Dissatisfied PPD %	Predicted Mean Vote PMV
I	< 6	$-0,2 < PMV < + 0,2$
II	< 10	$-0,5 < PMV < + 0,5$
III	< 15	$-0,7 < PMV < + 0,7$
IV	< 25	$-1,0 < PMV < + 1,0$



Livello di comfort

IL COMFORT IN UN AMBIENTE CONTROLLATO

CBE Thermal Comfort Tool

ASHRAE-55

EN-15251

Compare

Ranges

Upload

Select method: PMV method

Air temperature: 27 °C

Mean radiant temperature: 27 °C

Air speed: 0.6 m/s

Humidity: 20 %

Metabolic rate: 1.2 met

Clothing level: 0.5 clo

Use operative temperature

Local air speed control

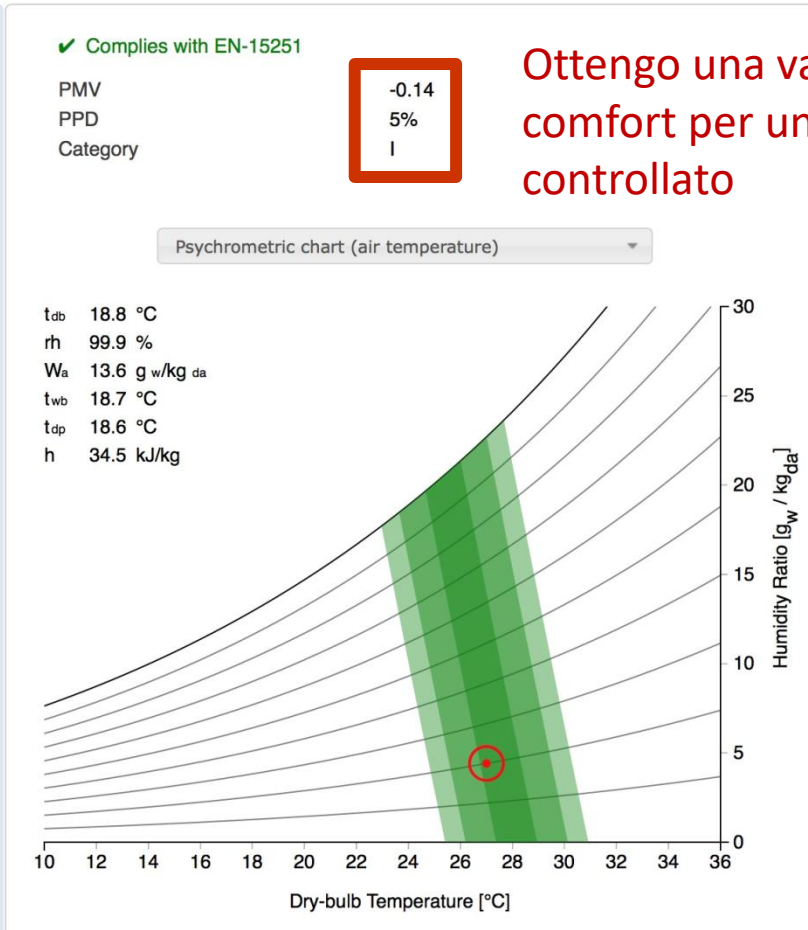
Relative humidity

Standing, relaxed: 1.2

Typical summer indoor

Ipotizzo le condizioni ambientali e personali

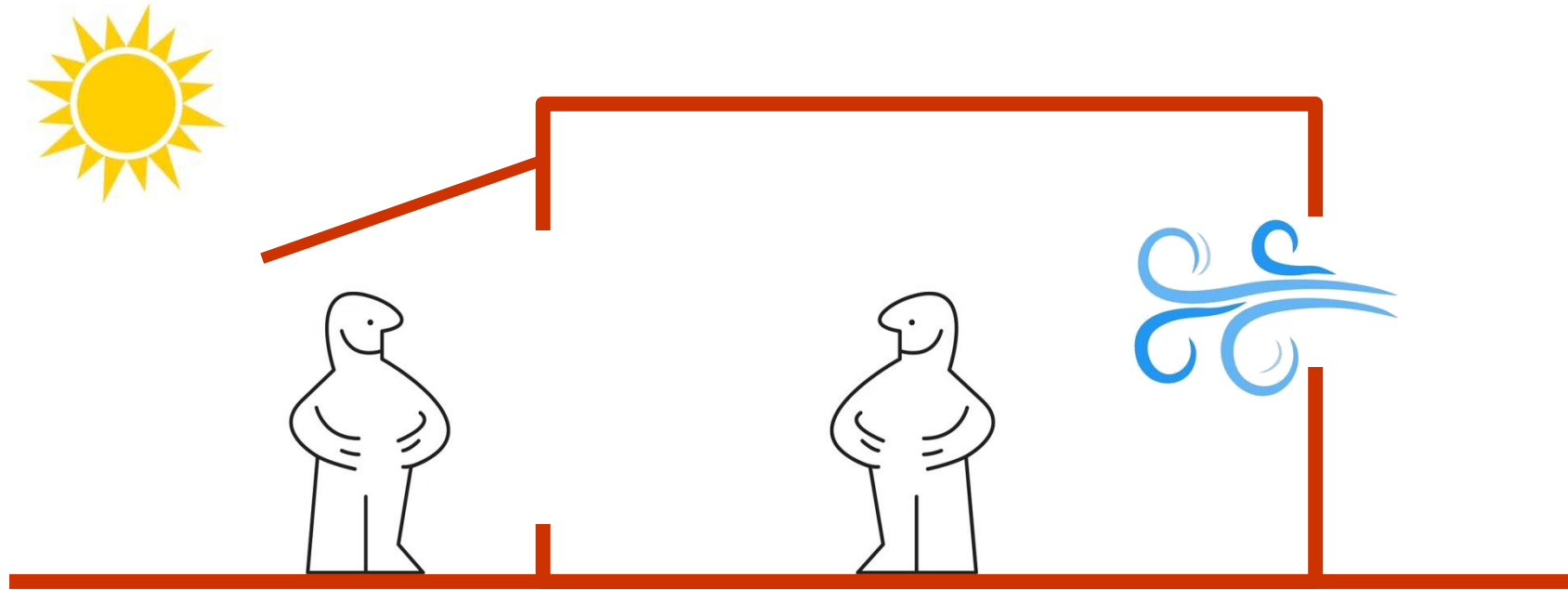
<https://comfort.cbe.berkeley.edu/>



Ottego una valutazione del comfort per un ambiente controllato

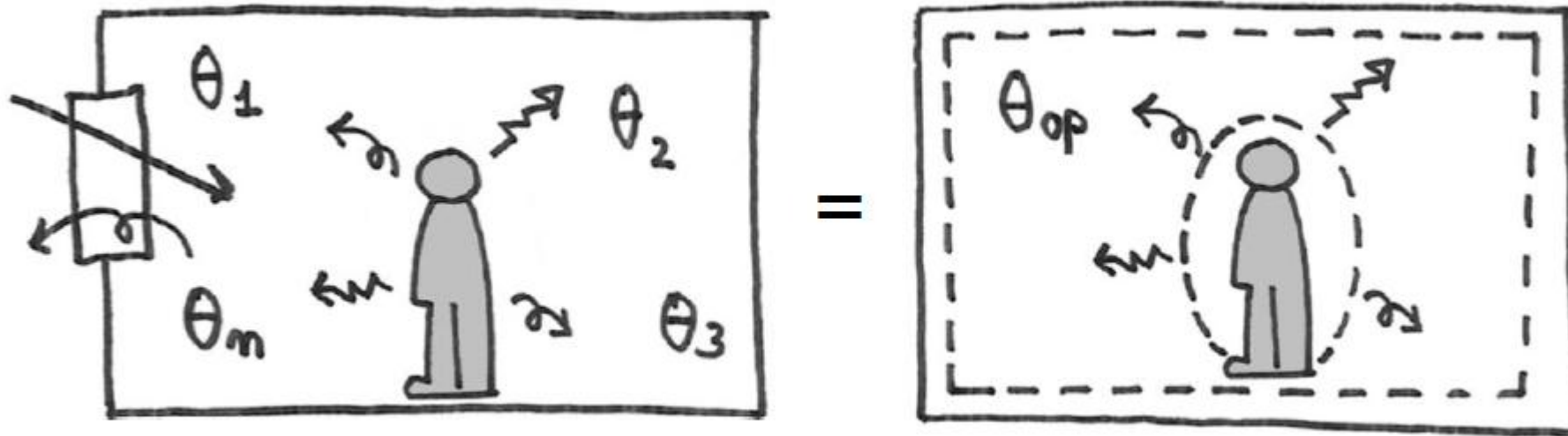
IL COMFORT IN UN AMBIENTE NON CONTROLLATO

Il modello del comfort adattivo



IL COMFORT ADATTIVO

La temperatura percepita = temperatura operante (UNI EN ISO 52016)



Definizione:

la temperatura operante è un parametro fittizio rappresentativo di un ambiente uniforme nel quale un soggetto scambierebbe la stessa potenza termica di un ambiente reale non uniforme.

IL COMFORT ADATTIVO

temperatura operante all'ora t [°C];

$$\theta_{op,t} = \frac{\theta_{ai,t} + \theta_{mr,t}}{2}$$

temperatura dell'aria interna all'ora t [°C];

temperatura media radiante all'ora t [°C].



Il calcolo di queste grandezze si esegue in regime dinamico, con passo orario e in assenza di impianti.

IL COMFORT ADATTIVO

Modelli previsionali del comfort interno di una stanza in condizioni non controllate (free running)

UNI EN 16798-1:2019



$$\theta_c = 0,33\theta_{rm} + 18,8$$

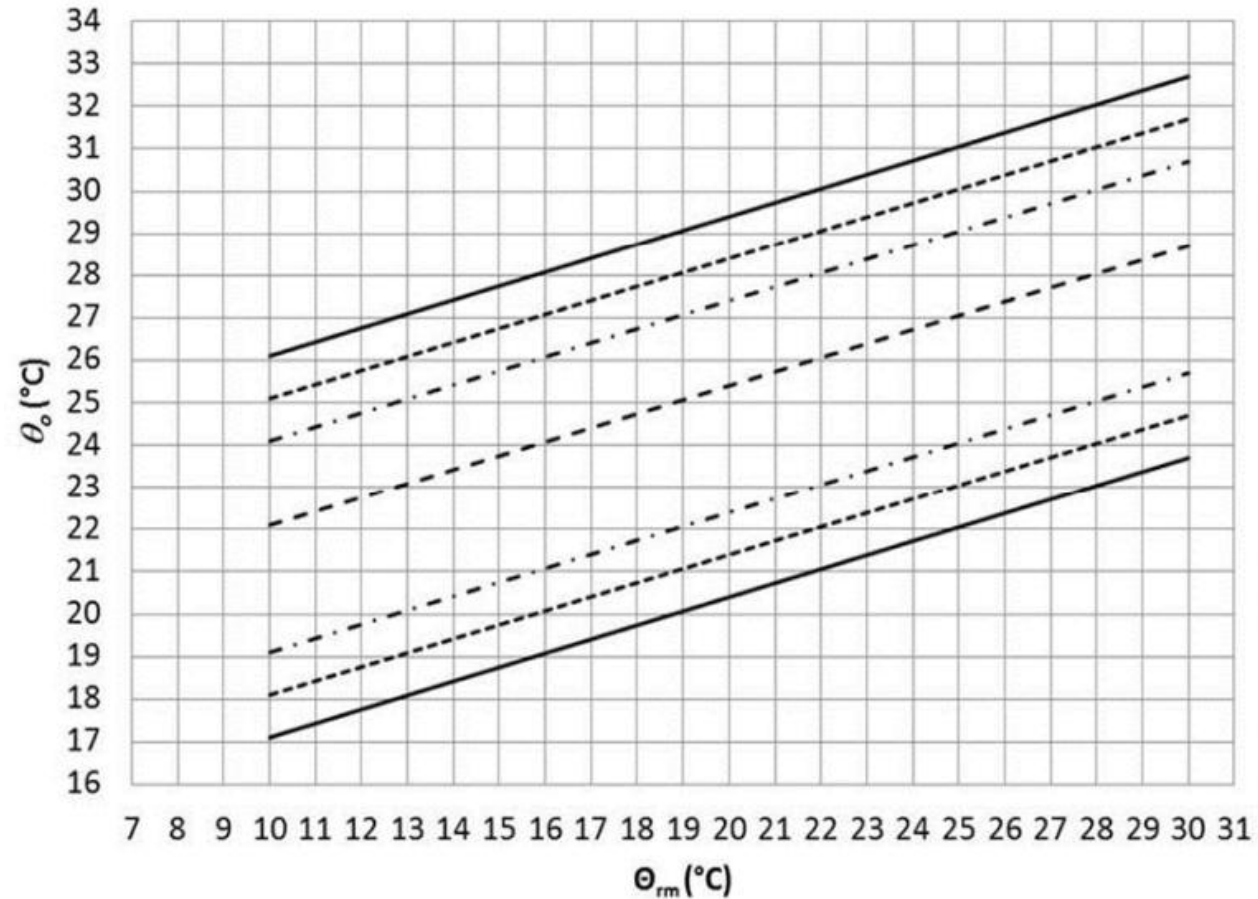
Category I	upper limit:	$\theta_o = 0,33 \theta_{rm} + 18,8 + 2$
	lower limit:	$\theta_o = 0,33 \theta_{rm} + 18,8 - 3$
Category II	upper limit:	$\theta_o = 0,33 \theta_{rm} + 18,8 + 3$
	lower limit:	$\theta_o = 0,33 \theta_{rm} + 18,8 - 4$
Category III	upper limit:	$\theta_o = 0,33 \theta_{rm} + 18,8 + 4$
	lower limit:	$\theta_o = 0,33 \theta_{rm} + 18,8 - 5$

θ_o = indoor operative temperature, °C

θ_{rm} = running mean outdoor temperature, °C

θ_c = Optimal operative temperature, °C

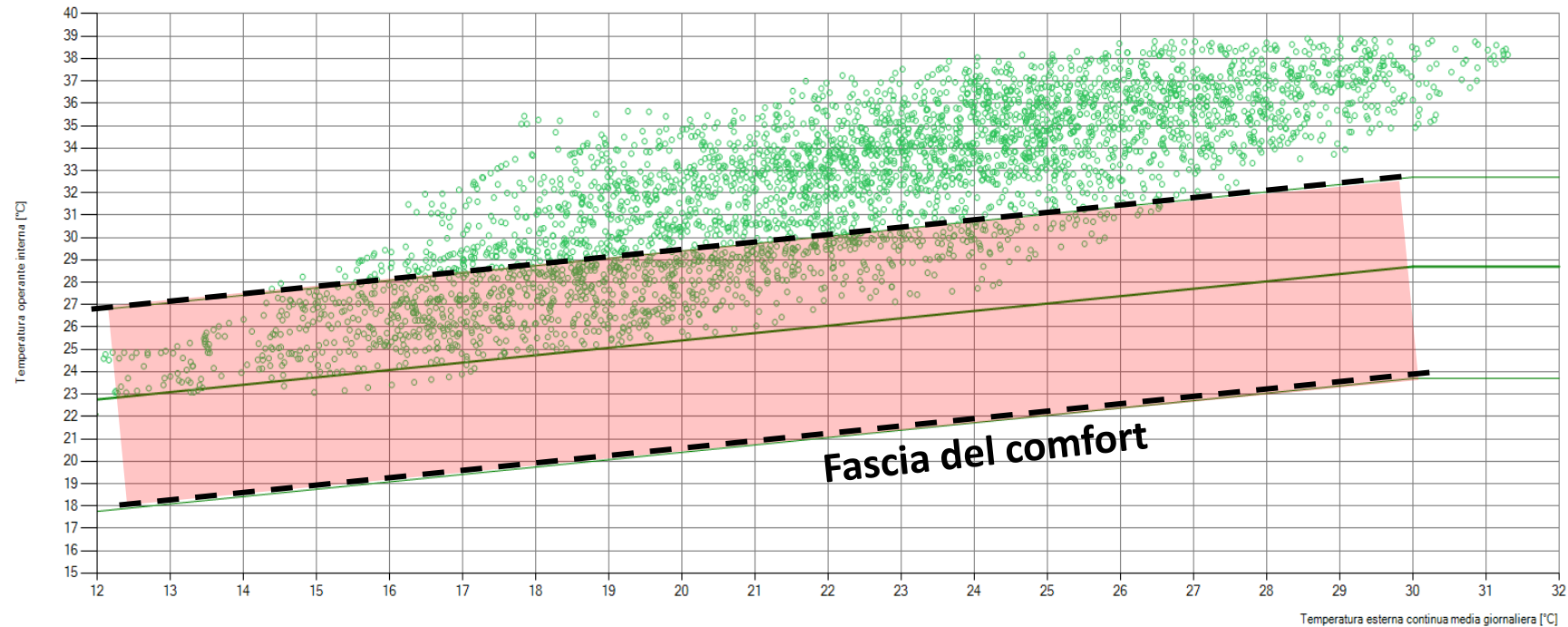
IL COMFORT ADATTIVO



Il modello europeo. Nel grafico sono visualizzati i confini delle categorie di comfort I, II e III secondo la norma UNI EN 16798-1:2019

IL COMFORT ADATTIVO

— Temperatura di comfort secondo
UNI EN 16798-1



Il grafico propone la diffusione dei valori di temperatura operante ricavata da una simulazione dinamica rispetto alla temperatura climatica esterna. La condizione di benessere è verificata se il risultato cade all'intero della fascia tratteggiata. Simulazione eseguita con il software ICARO

Criteri Ambientali Minimi e prestazione energetica in fase estiva

CRITERI AMBIENTALI MINIMI

CAM EDILIZIA - Decreto 24 novembre 2025 in vigore dal 1° febbraio 2026

2.3.2 Prestazione energetica in fase estiva

[...] Questo criterio riguarda la prestazione in fase estiva e adotta un metodo dinamico orario che permette di valutare con maggior precisione e coerenza con gli altri criteri, la prestazione dell'edificio [...]

Criterio

Il progetto di intervento di nuova costruzione, di demolizione e ricostruzione, di ristrutturazione importante di primo livello, deve garantire la prestazione energetica in fase estiva e le relative adeguate condizioni di benessere termico negli ambienti interni tramite la verifica per ciascun ambiente dell'edificio destinato alla permanenza delle persone che il numero di ore di occupazione del locale, in cui la differenza in **valore assoluto tra la temperatura operativa**, in assenza di impianto di raffrescamento, e la temperatura di riferimento, è inferiore a 4°C, risulti superiore all'85% delle ore di occupazione del locale tra il 20 giugno e il 21 settembre.

[...]

CRITERI AMBIENTALI MINIMI

CAM EDILIZIA - Decreto 24 novembre 2025 in vigore dal 1° febbraio 2026

Verifica

[...] La verifica dinamica oraria del benessere termico estivo si effettua calcolando la temperatura operativa estiva ($\theta_{o,t}$) secondo la procedura descritta dalla **UNI EN ISO 52016-1** con riferimento alla stagione estiva (20 giugno – 21 settembre) in tutti gli ambienti principali intesi come ambienti regolarmente occupati destinati alla permanenza di persone.

La verifica deve garantire quanto segue:

$|\theta_{o,t} - \theta_{rif}| < 4^{\circ}\text{C}$ con un numero di ore di benessere $> 85\%$

dove: $\theta_{rif} = (0.33 \theta_{rm}) + 18.8$

dove:

θ_{rm} = temperatura esterna media mobile giornaliera secondo UNI EN 16798-1.

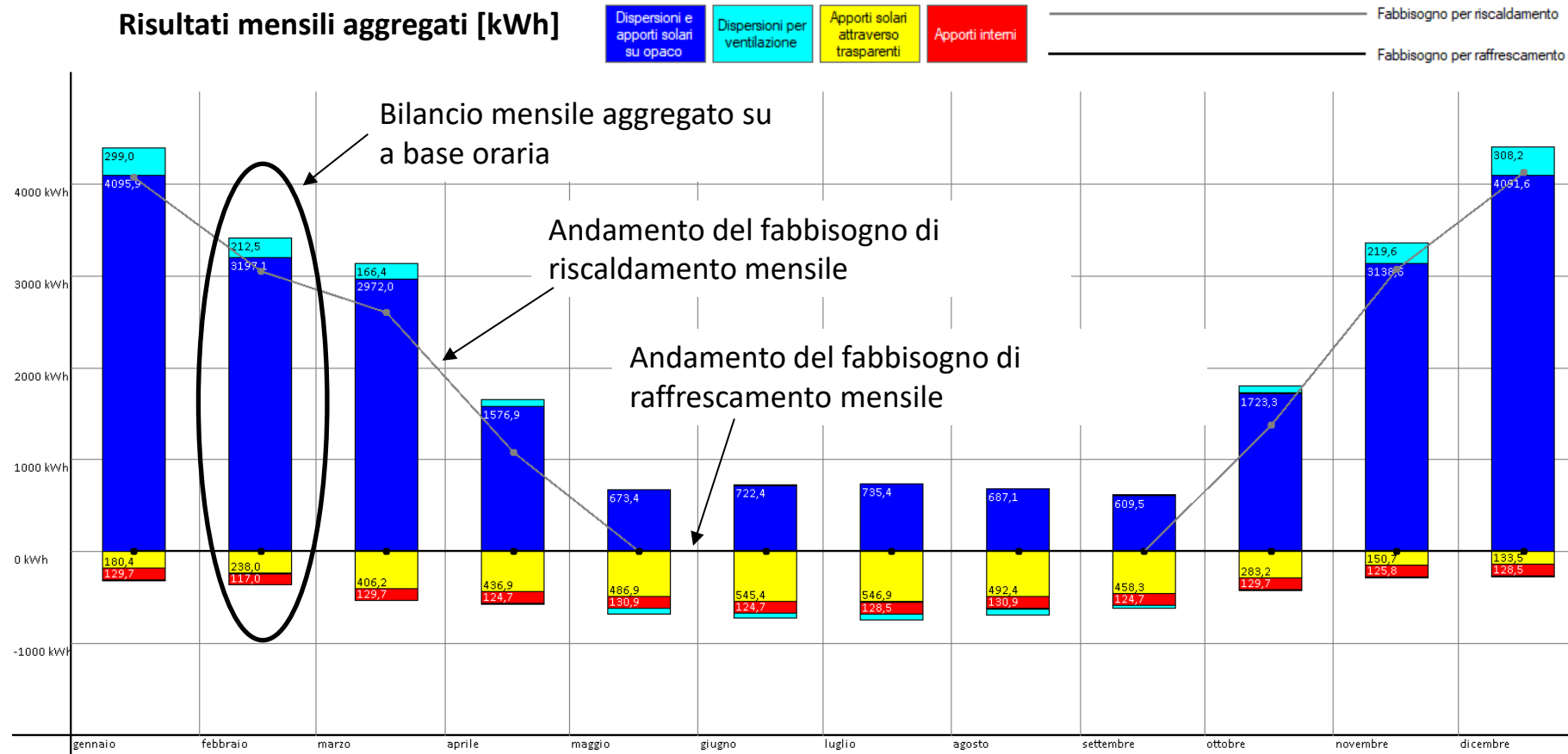
La stessa relazione include la relazione tecnica di cui al decreto interministeriale 26 giugno 2015 prima citato e una **relazione relativa alla verifica dinamica estiva**.

**Simulazione dinamica:
quali dati possiamo
analizzare**



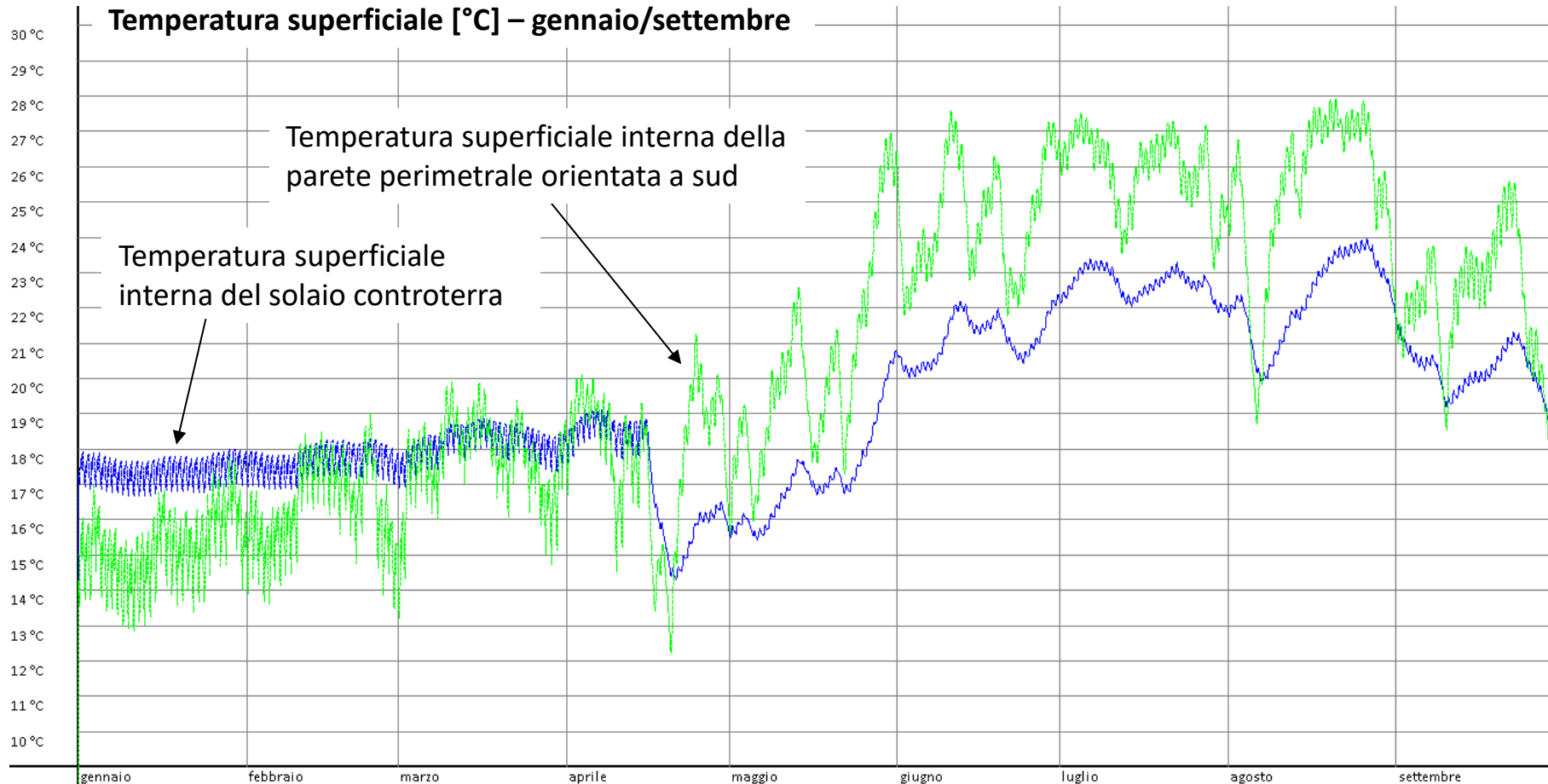
<https://www.anit.it/icaro/>

ANALISI DIANIMICA – fabbisogni mensili aggregati



<https://www.anit.it/icaro/>

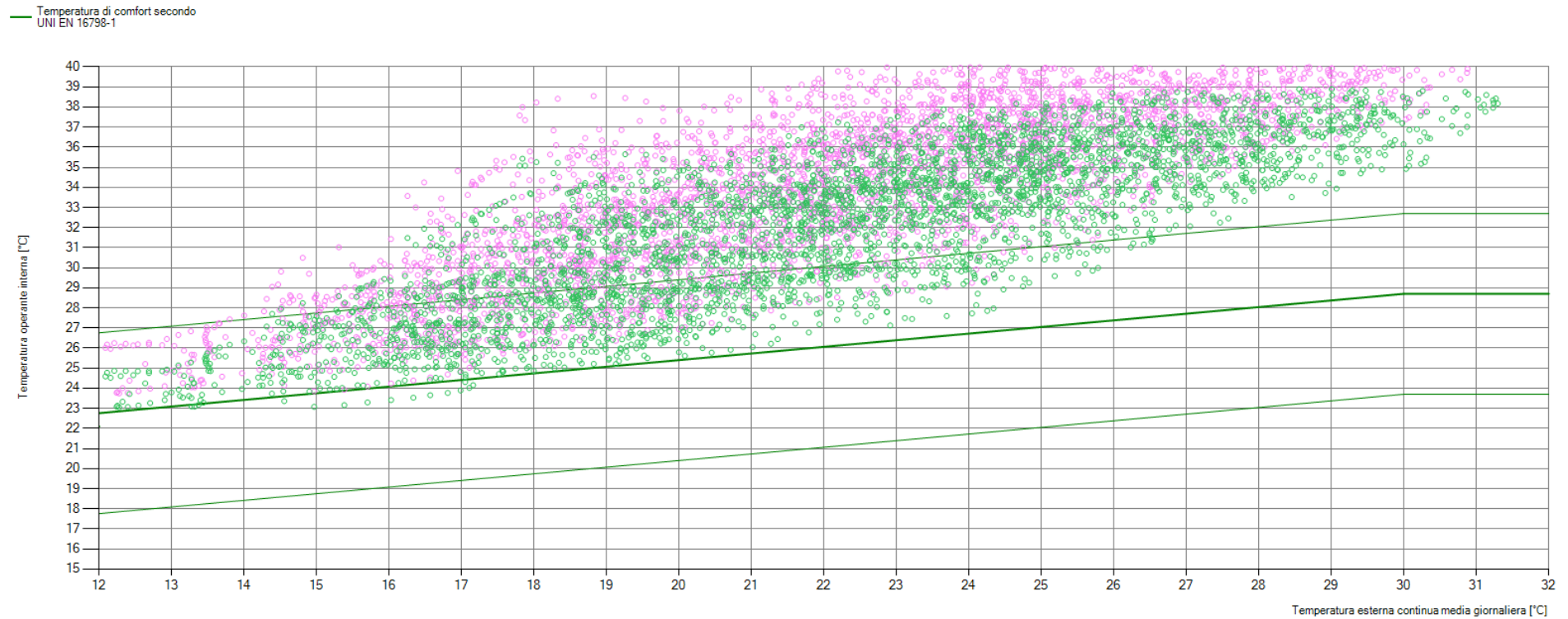
ANALISI DIANIMICA – andamento orario delle temperature



<https://www.anit.it/icaro/>

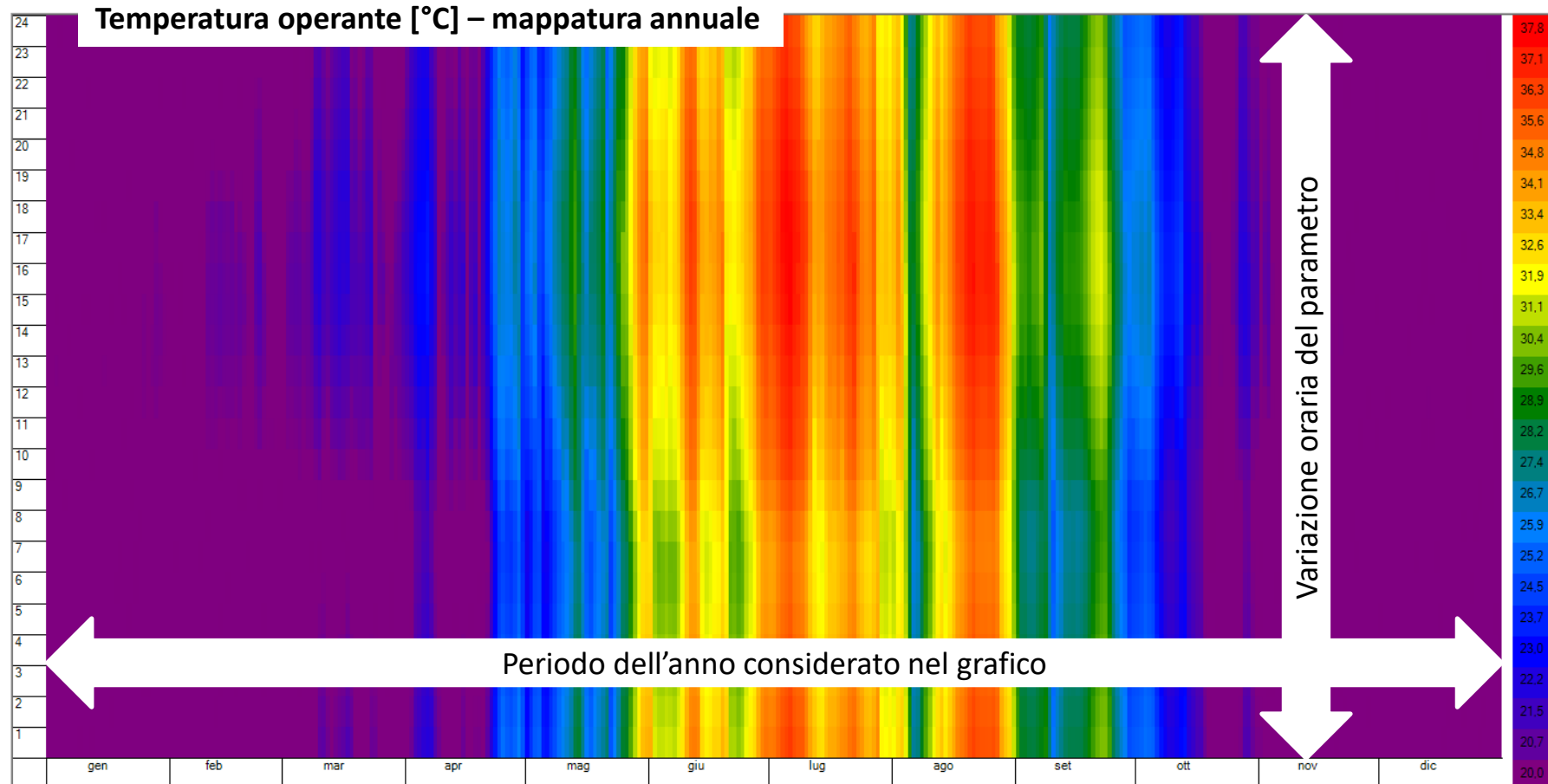
ANALISI DIANIMICA – Analisi del comfort adattivo (CAM)

Analisi del comfort adattivo



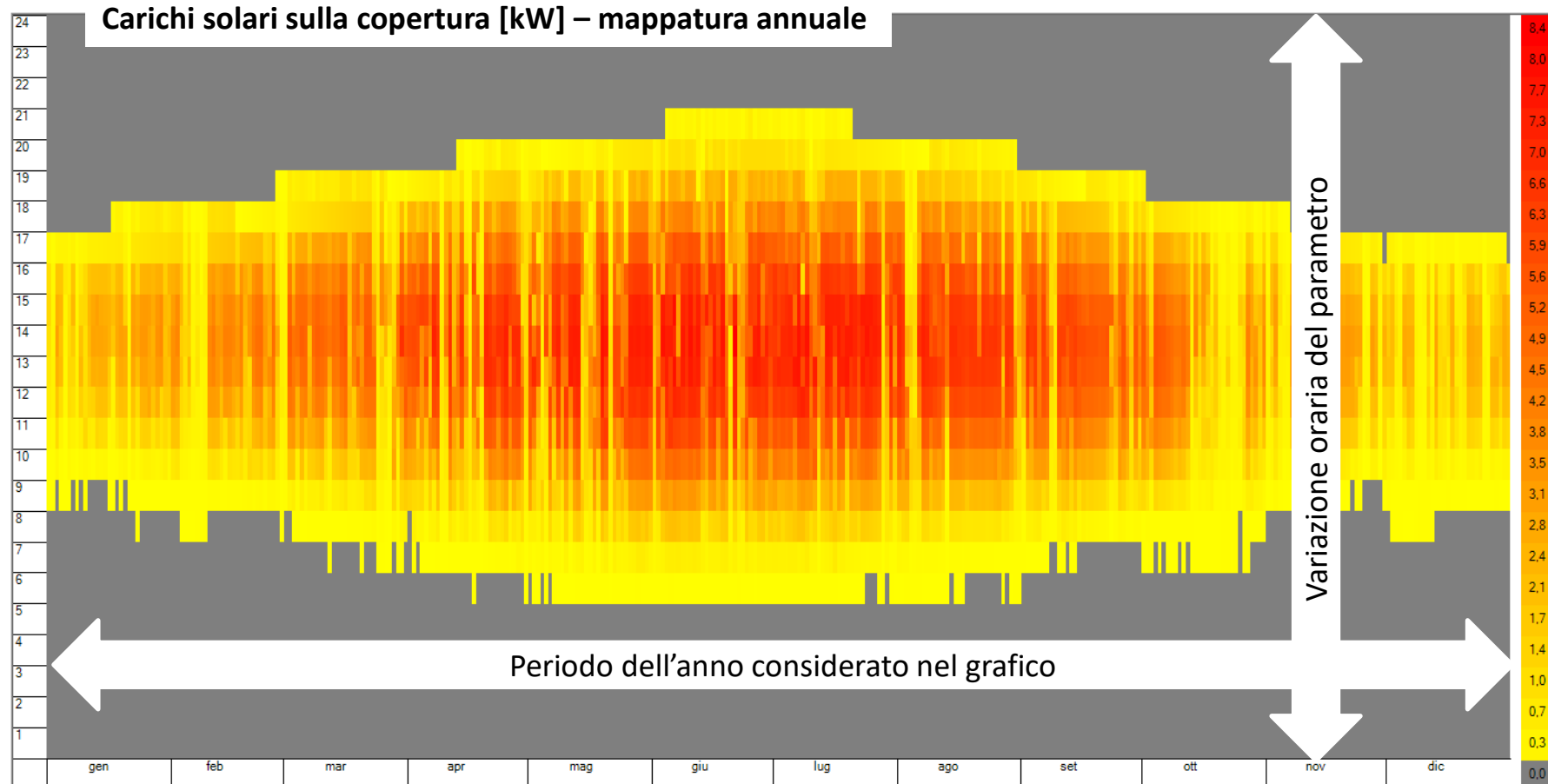
<https://www.anit.it/icaro/>

ANALISI DIANIMICA – Studio delle mappe annuali di temperatura



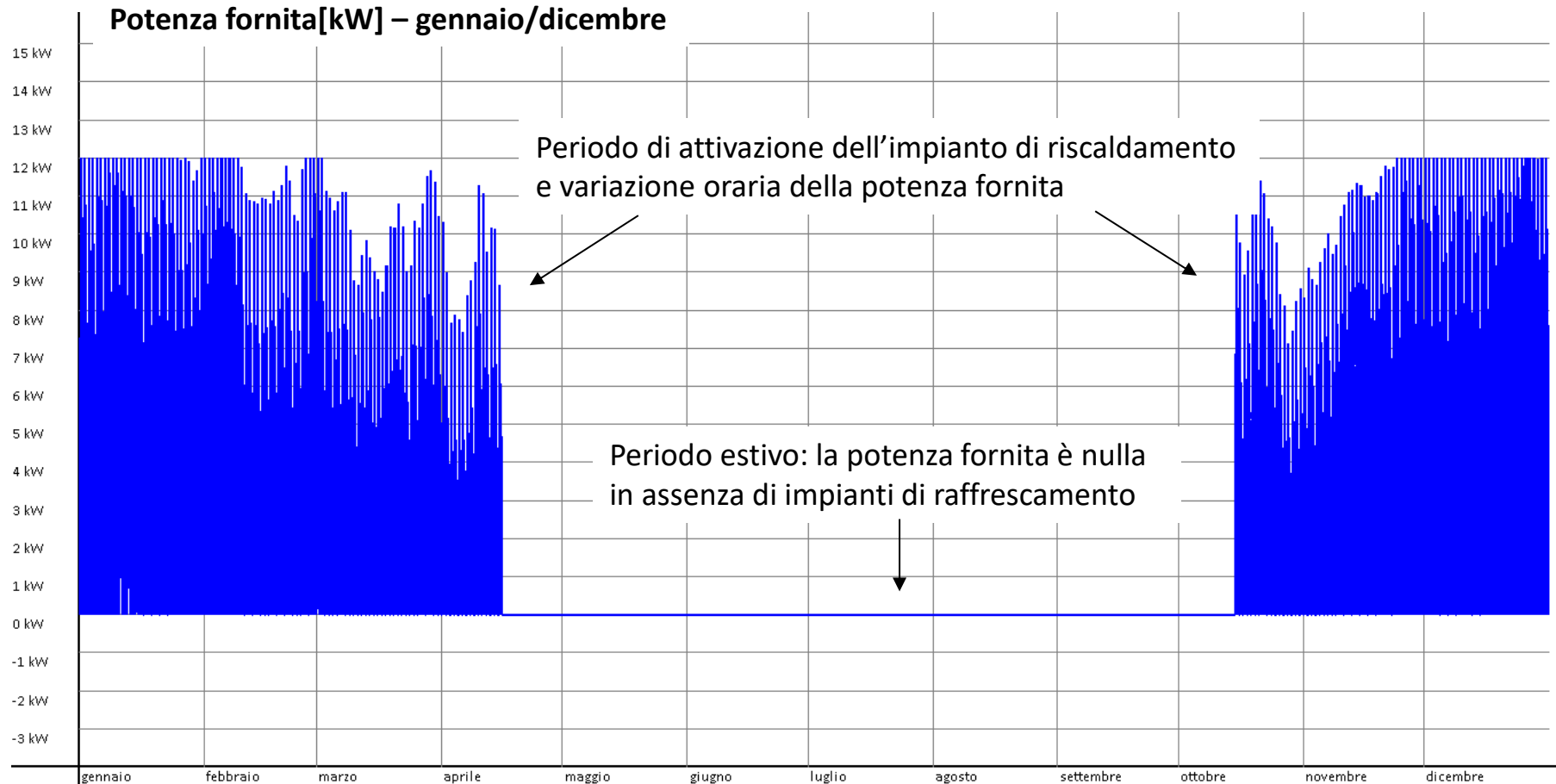
<https://www.anit.it/icaro/>

ANALISI DIANIMICA – Studio delle mappe annuali dei carichi solari



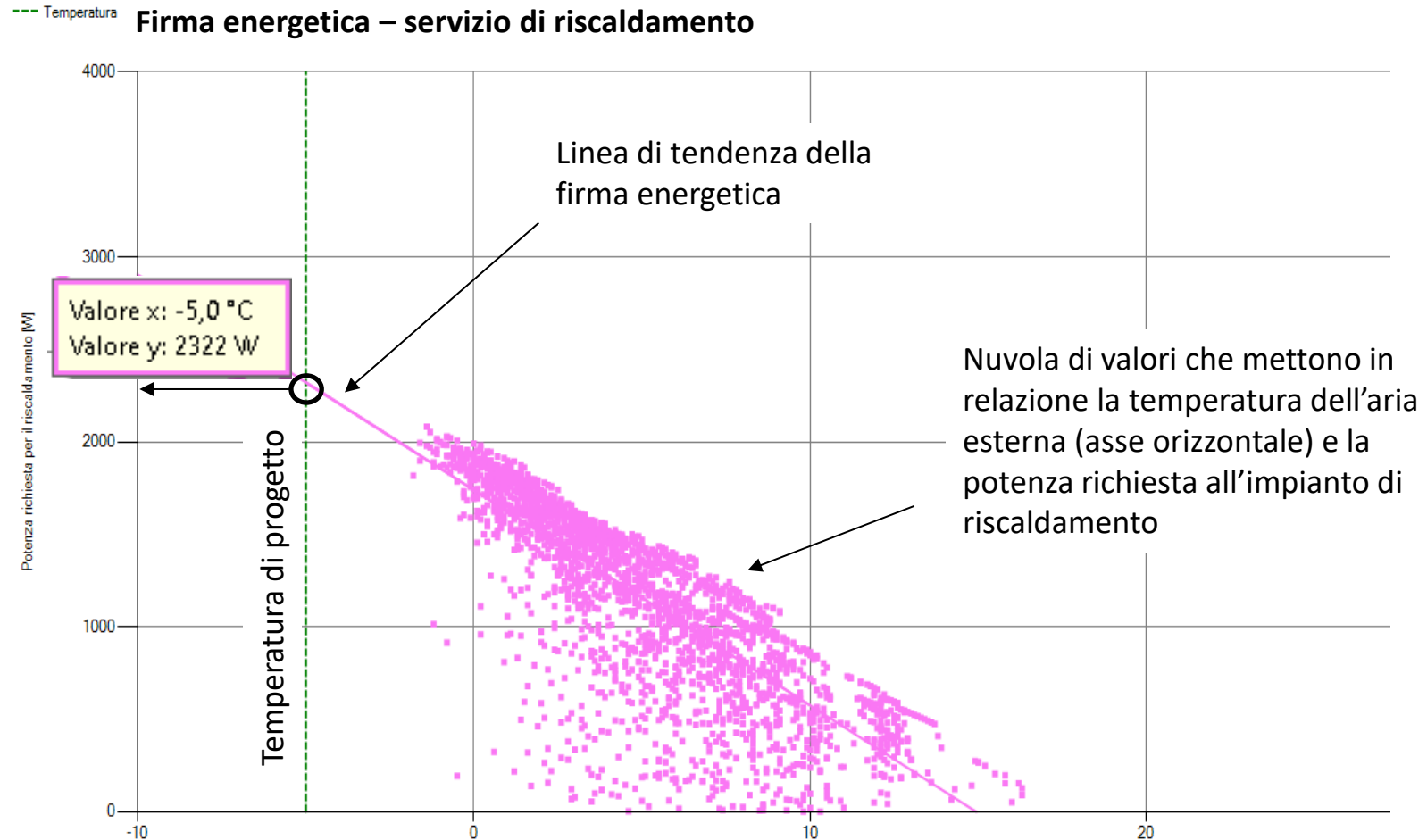
<https://www.anit.it/icaro/>

ANALISI DIANIMICA – Analisi della potenza richiesta



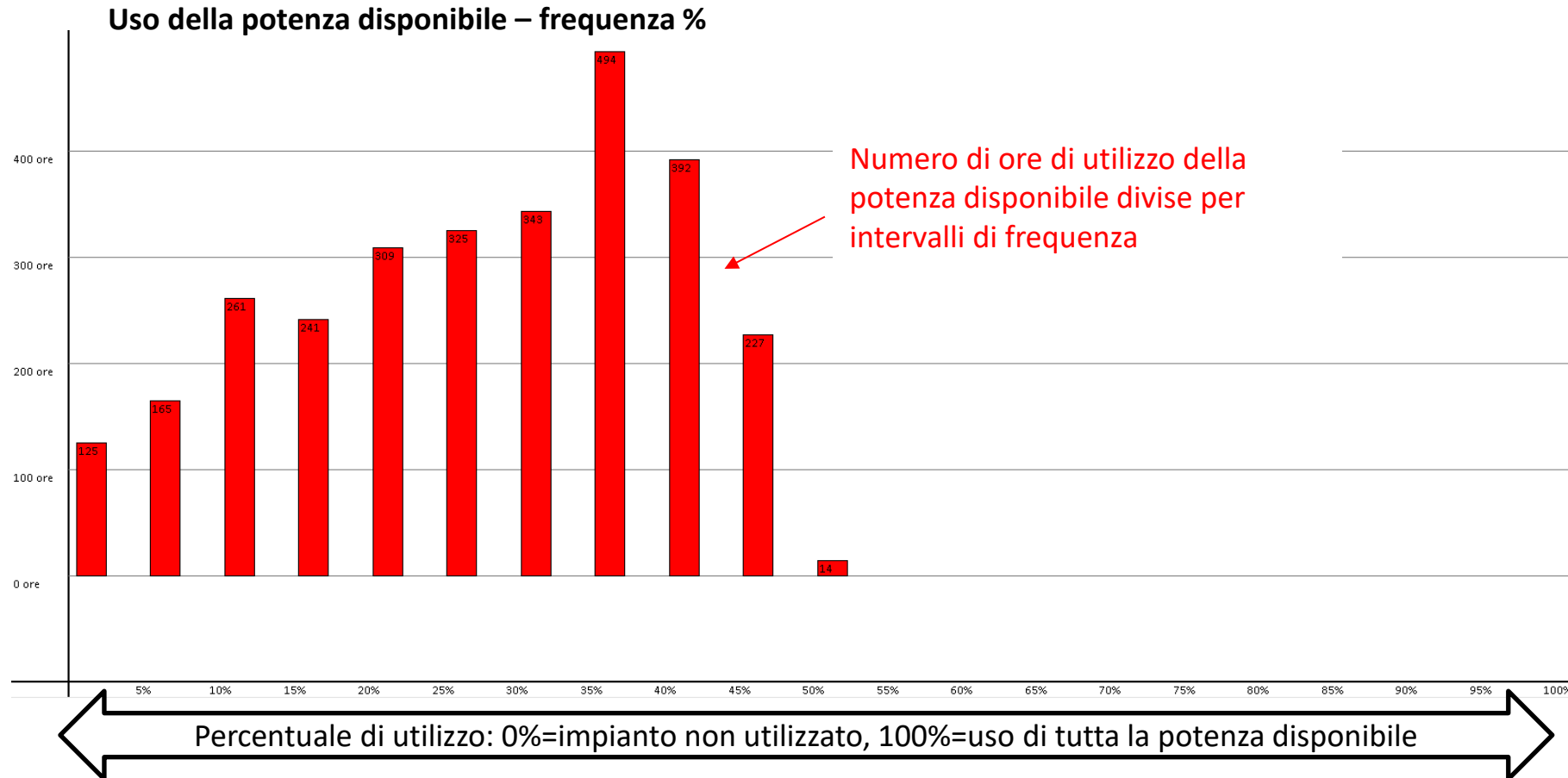
<https://www.anit.it/icaro/>

ANALISI DIANIMICA – Analisi della firma energetica



<https://www.anit.it/icaro/>

ANALISI DIANIMICA – Valutazione dell'utilizzo della potenza



<https://www.anit.it/icaro/>

10.00 INTRODUZIONE NORMATIVA

Ing. Giorgio Galbusera – ANIT

- Le prestazioni estive dell'involucro opaco
- Requisiti minimi estivi e CAM
- Dai materiali alla stratigrafia: principi per la progettazione estiva
- Il concetto del comfort e l'analisi estiva di una zona termica



Sondaggio



11.00 TECNOLOGIE PER L'ISOLAMENTO ESTIVO

Dott. Fabio Raggiotto – Stiferite

- Isolamento dell'involucro
- Esempi di stratigrafie per il contenimento dei consumi invernali ed estivi
- Casi di applicazione e soluzioni tecnologiche

stiferite[®]
l'isolante termico

12.00 Risposte alle domande dei partecipanti

12.15 Chiusura lavori



ASSOCIAZIONE NAZIONALE
PER L'ISOLAMENTO TERMICO E ACUSTICO

Grazie per l'attenzione

www.anit.it