



ORDINE DEGLI  
ARCHITETTI  
PIANIFICATORI  
PAESAGGISTI E CONSERVATORI  
DI ROMA E PROVINCIA

ROMA



in collaborazione con



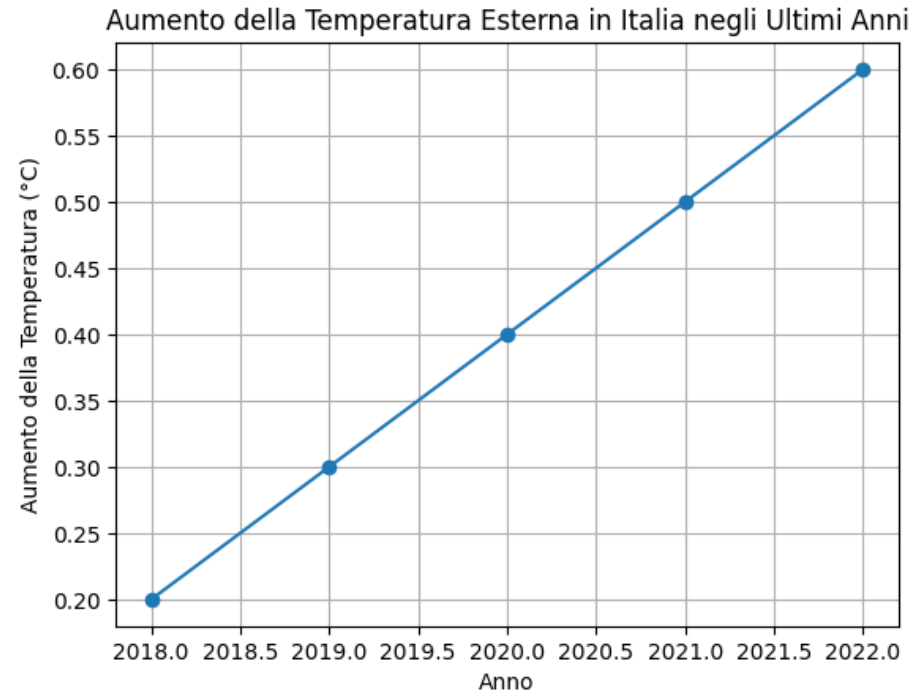
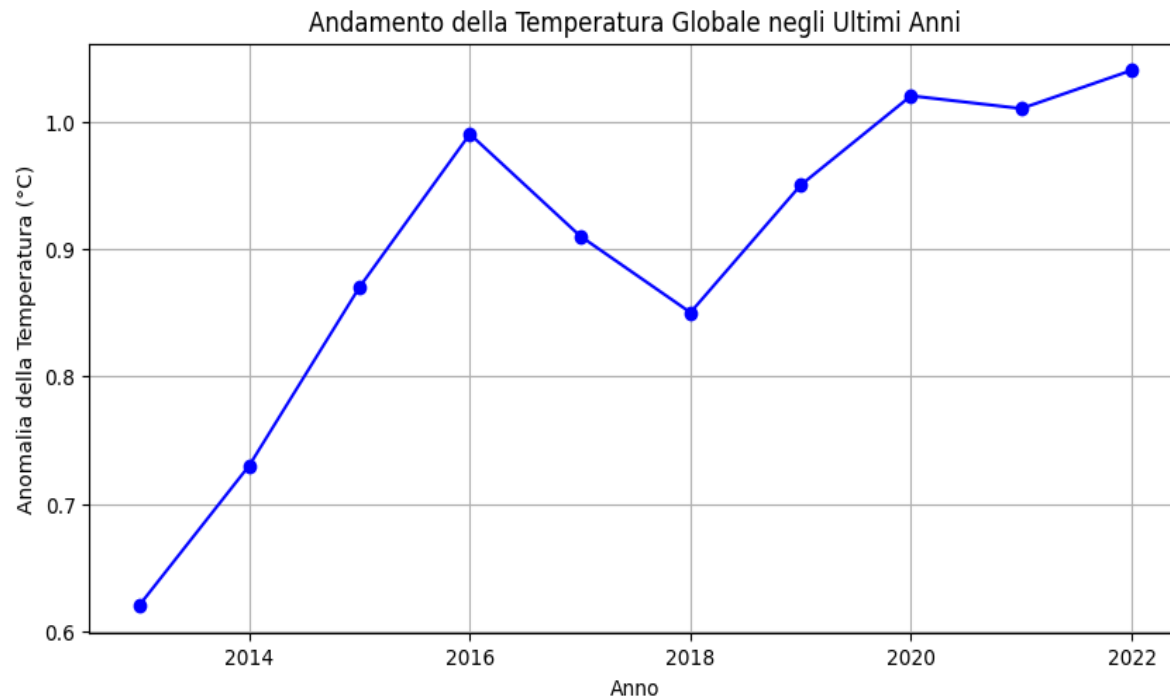
CONFINDUSTRIA CERAMICA  
Raggruppamento Laterizi

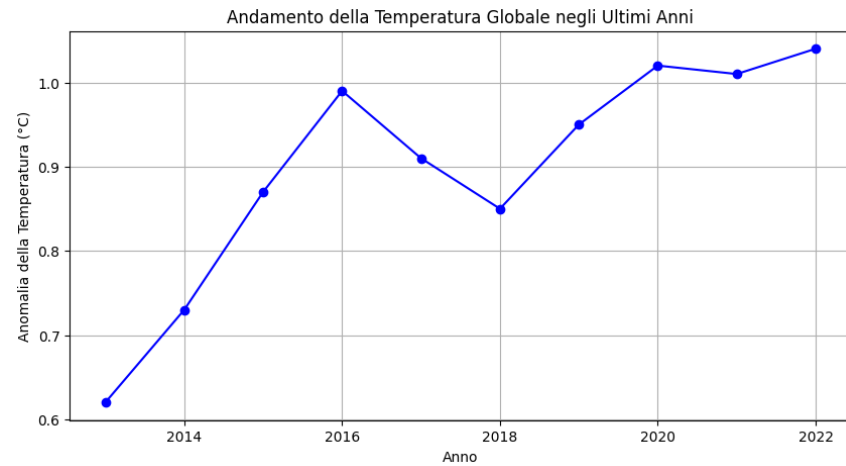
**LATERIZIO**  
*Italiano*

# Prestazione energetica e comfort termico degli edifici: il ruolo della massa

Prof.Ing. Costanzo Di Perna, Università Politecnica delle Marche  
c.diperna@univpm.it

Aumento costante delle temperature,  
con anomalie che superano 1°C rispetto ai livelli preindustriali negli ultimi anni





incideranno in modo sempre più crescente sul comfort termo-igrometrico estivo all'interno degli edifici

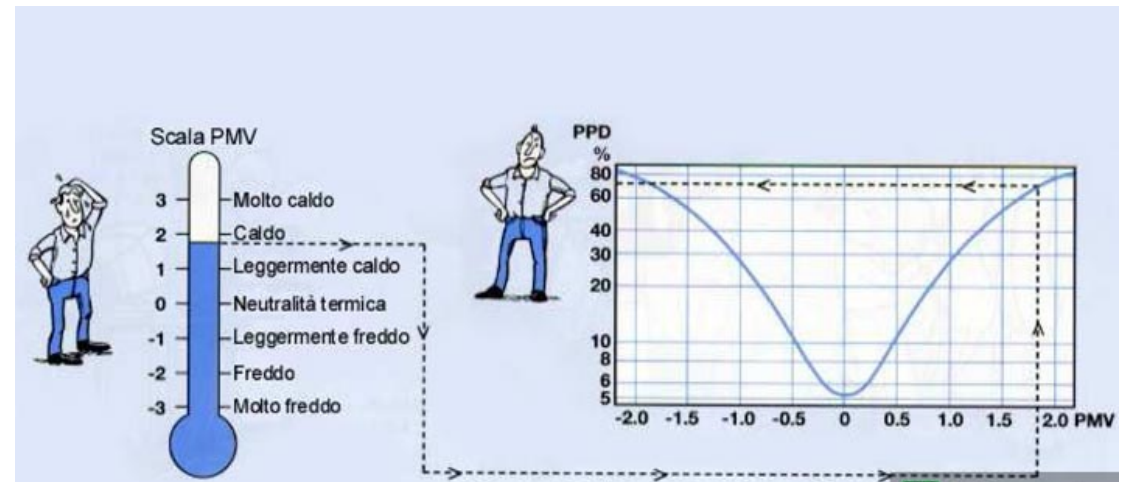
Aumento dei consumi estivi per il raffrescamento degli edifici

# il ruolo della massa

Prestazione energetica



Comfort termoigrometrico



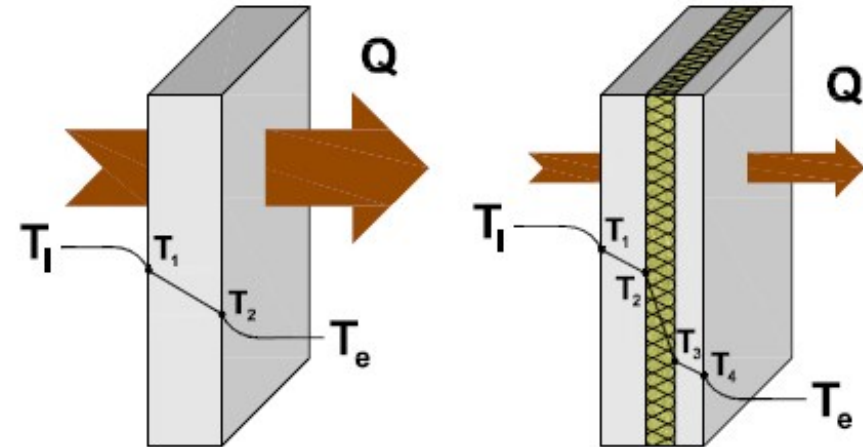
## Parametri che influenzano il raffrescamento e riscaldamento degli edifici (3)

$U$  → **Trasmittanza termica** [W/(m<sup>2</sup>·K)]:  
Parametro più importante.

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + \sum_{i=1}^n \frac{s_n}{\lambda_n} + R_{se}}$$

$R_{si}$ : Resistenza superficiale interna

$R_{se}$ : Resistenza superficiale esterna

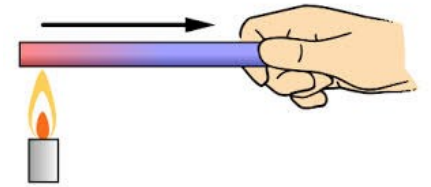


## Parametri che influenzano il raffrescamento e riscaldamento degli edifici (1)

 $\lambda$ 

**Conducibilità termica** [W/(m·K)]:

Esprime l'attitudine di un materiale a condurre il calore.

 $\rho c_p$ 

**Capacità termica specifica:**

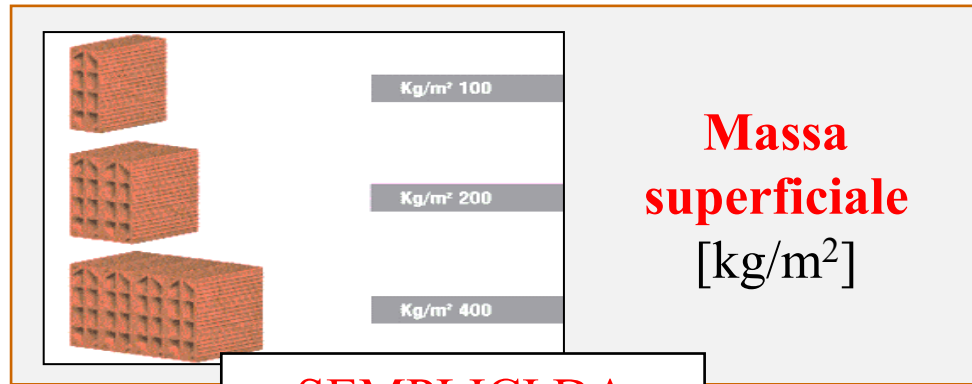
Esprime l'attitudine di un materiale ad accumulare energia termica.

$c_p$  [J/(kg·K)] la esprime per unità di massa;

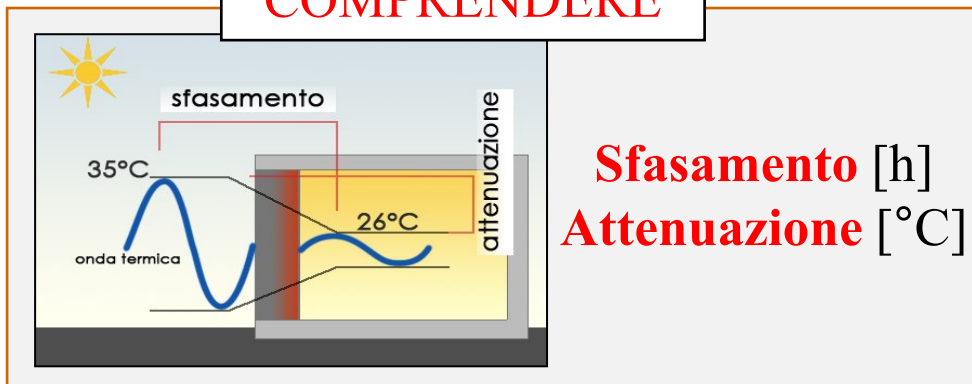
$\rho c_p$  [J/(m<sup>3</sup>·K)] la esprime per unità di volume.



## Parametri che influenzano il raffrescamento e riscaldamento degli edifici (4)



**SEMPLICI DA  
COMPRENDERE**



**Trasmittanza termica periodica**  
[W/m<sup>2</sup>K]

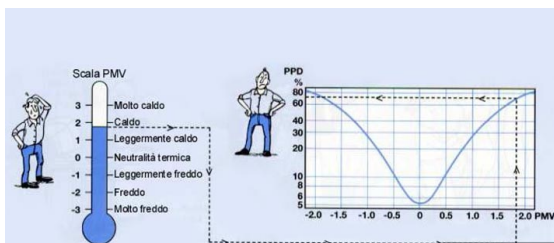
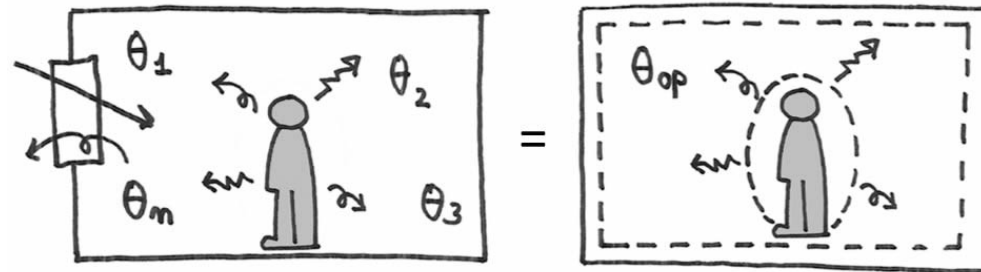
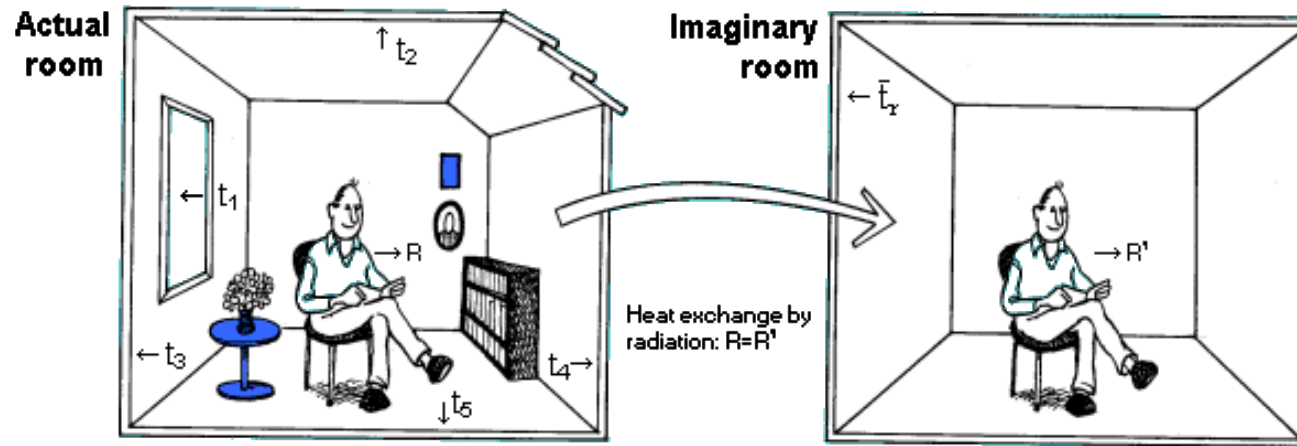
DIFFICILE DA ANALIZZARE

BUONI RISULTATI DA UN PUNTO DI  
VISTA DEL FABBISOGNO

**MA PER IL COMFORT?**

# TEMPERATURA MEDIA RADIANTE

$T_r$  = temperatura media radiante, ovvero temperatura di un ambiente fittizio termicamente uniforme che scambierebbe con il corpo umano la stessa potenza termica radiante scambiata nell'ambiente reale.



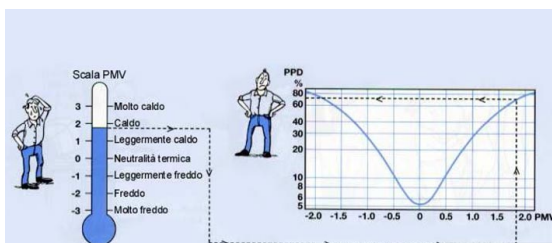
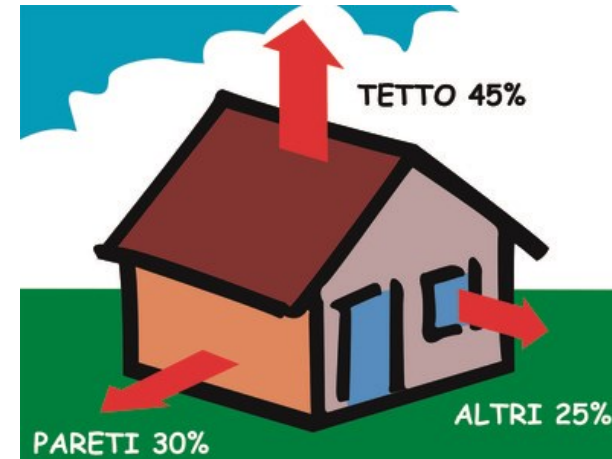


## La temperatura operativa

Temperatura dell'aria  
interna

Temperatura media  
radiante

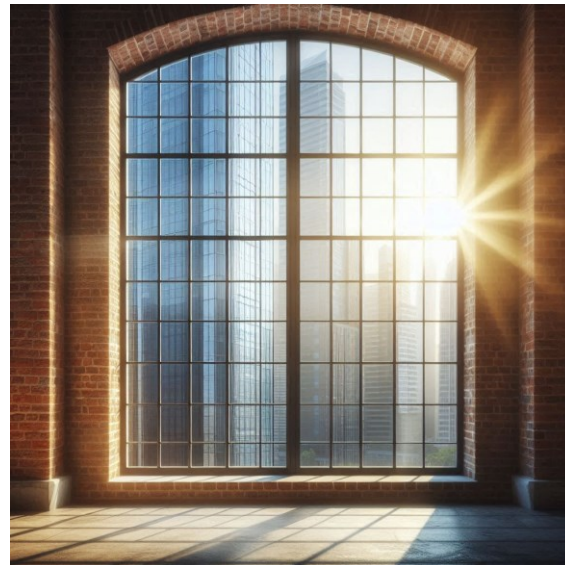
$$\theta_{int;op;ztc;t} = \frac{\theta_{int;a;ztc;t} + \theta_{int;r::mn;ztc;t}}{2}$$



Valutazione normativa e legislazione dei parametri di prestazione energetica e comfort termico:

## PARAMETRI PRESCRITTIVI

- trasmittanza termica;
- trasmittanza termica periodica;



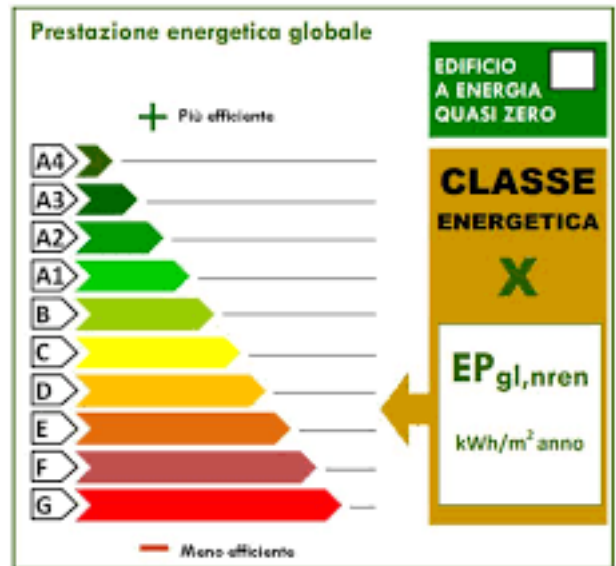
Valutazione normativa e legislazione dei parametri di prestazione energetica e comfort termico:

**Metodi numerici**

**Analisi sperimentali**

# Metodi numerici

Metodo di calcolo mensile proposto dalla norma tecnica UNI/TS 11300-1



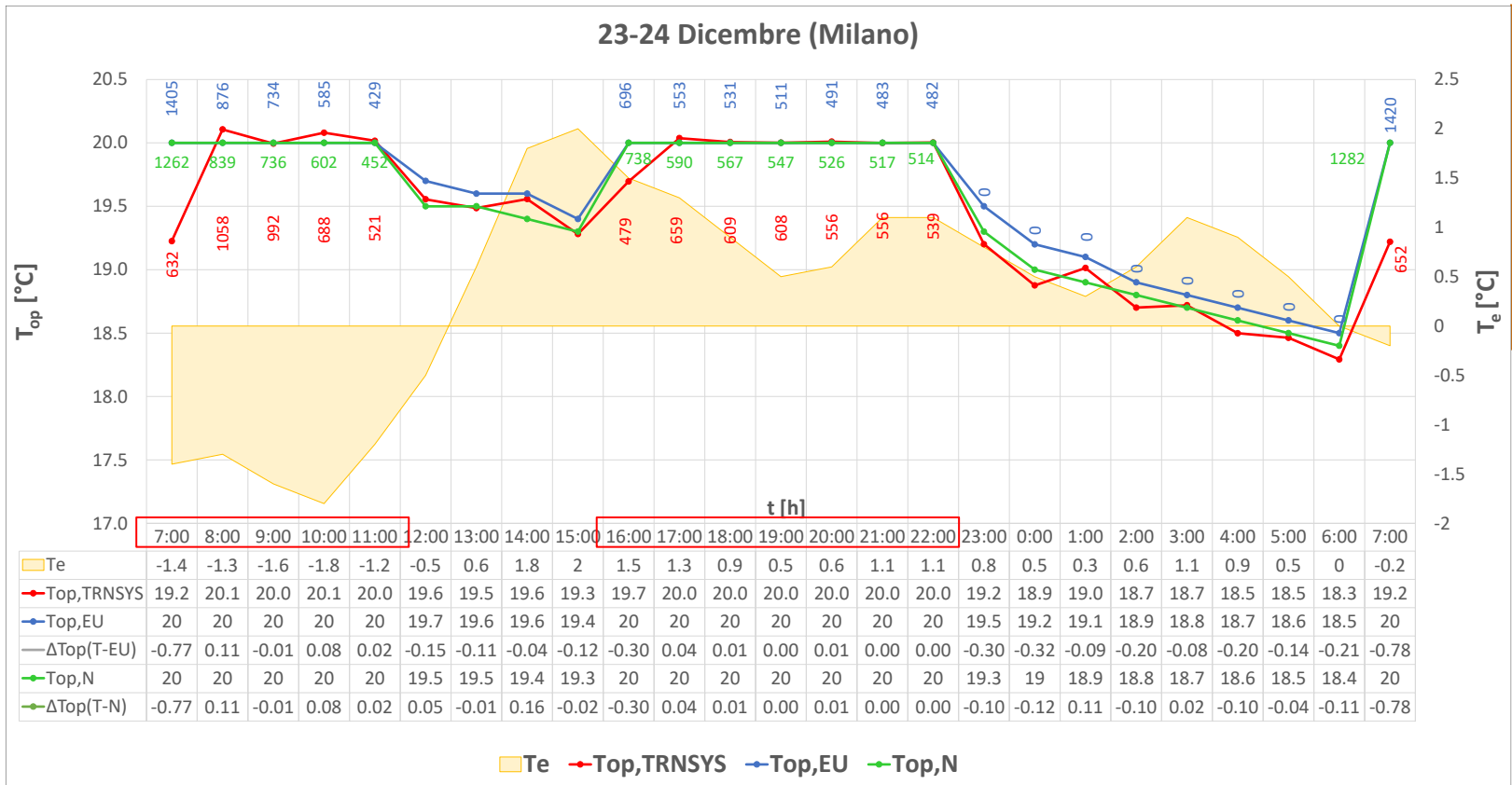
## Metodi numerici

SIMULAZIONE DINAMICA (BES: Building Energy Simulation)



# Metodi numerici

## Metodi Dinamici: Valutazione della Temperatura Operativa



- Metodi di calcolo utilizzati:
1. TRNSYS
  2. UNI EN ISO 52016-1 Allegato Europeo
  3. UNI EN ISO 52016-1 Allegato Nazionale

- Ora di accensione dell'impianto
- Tempo di caduta della temperatura ad impianto spento
- Tempo di ripresa della temperatura
- Potenza necessaria all'impianto a mantenere il set-point

## Metodi numerici

### Metodi Dinamici: Valutazione della Temperatura Operativa

Dai risultati ottenuti, si è osservato che la variazione delle temperature tra le due tipologie di strutture non risulta essere significativa, soprattutto nel caso di TRNSYS.

Questi risultati trovano conferma in un altro studio, dove si è analizzato come i fabbisogni di energia, calcolati con i modelli utilizzati (TRNSYS e UNI EN ISO 52016-1), sono influenzati dai parametri termo-fisici dell'involucro edilizio.

Si è osservato come il parametro termo-fisico con il maggior peso sui fabbisogni di energia risulti essere la trasmittanza termica, lasciando un ruolo marginale a tutti gli altri parametri, tra cui massa superficiale e capacità termica interna.

Metodi di calcolo utilizzati:

1. TRNSYS
2. UNI EN ISO 52016-1  
Allegato Europeo
3. UNI EN ISO 52016-1  
Allegato Nazionale

**I metodi dinamici (dai più ai meno complessi) descrivono perfettamente la realtà?**

**No!**



**La maggiore problematica dei metodi dinamici è che vanno in CRISI  
per edifici con elevata INERZIA TERMICA**



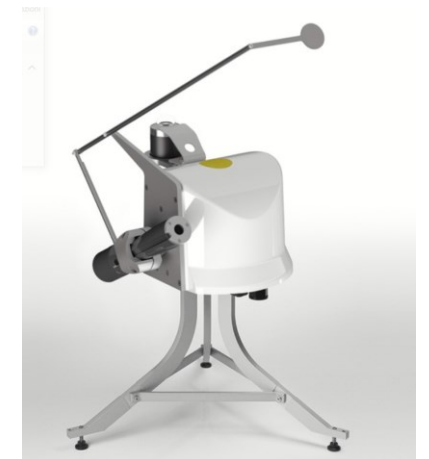
# ATTIVITA' SPERIMENTALE

## Lotto oggetto di sperimentazione (Ancona, Centro Italia)



## Centralina climatica

- Temp. esterna
- Umidità relativa
- Velocità del vento
- Direzione del vento
- Rad. solare diffusa
- Rad. solare diretta
- Rad. solare globale

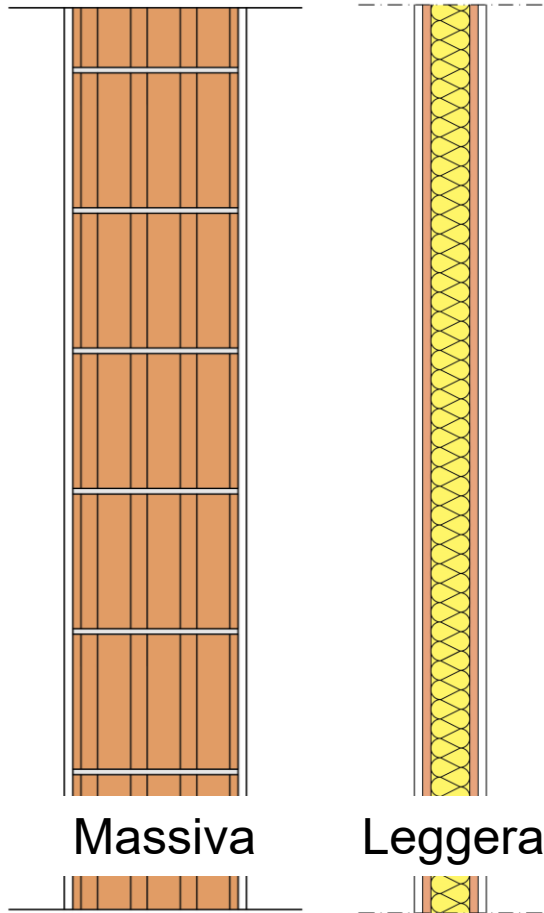


# ATTIVITA' SPERIMENTALE

## Box oggetto di sperimentazione



## Pareti Esterne Utilizzate



Struttura	Spessore	U	M <sub>s</sub>	Y <sub>IE</sub>	f <sub>a</sub>	φ	k <sub>i</sub>
[-]	[m]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[-]	[-]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
Massiva	0.49	0.192	445.50	0.001	0.004	31.08	45.43
Leggera	0.30	0.144	85.10	0.072	0.503	9.48	25.85



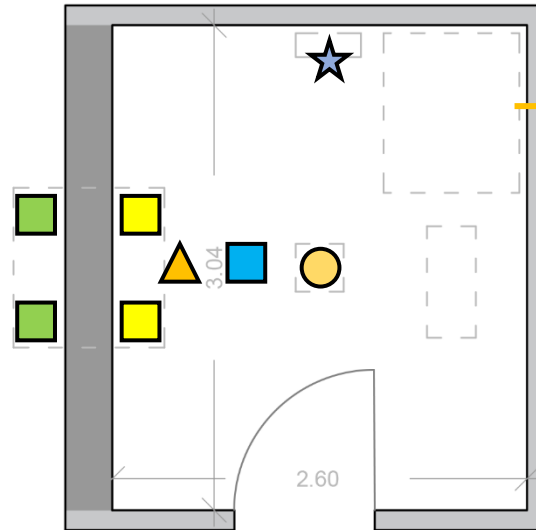
# ATTIVITA' SPERIMENTALE



DataTaker DT 500



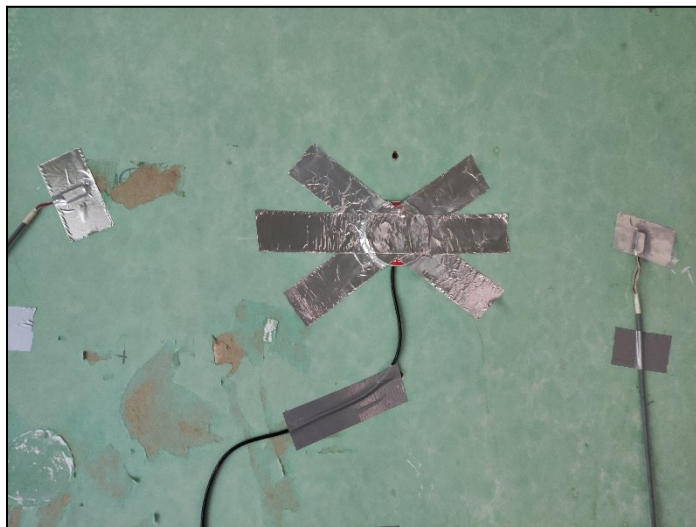
Sistema di acquisizione



Postazione Computer



Termoresistenze superficiali interne  
Termoflussimetro



Termoresistenza superficiale (temp. pavimento)



Termoresistenze superficiali esterne



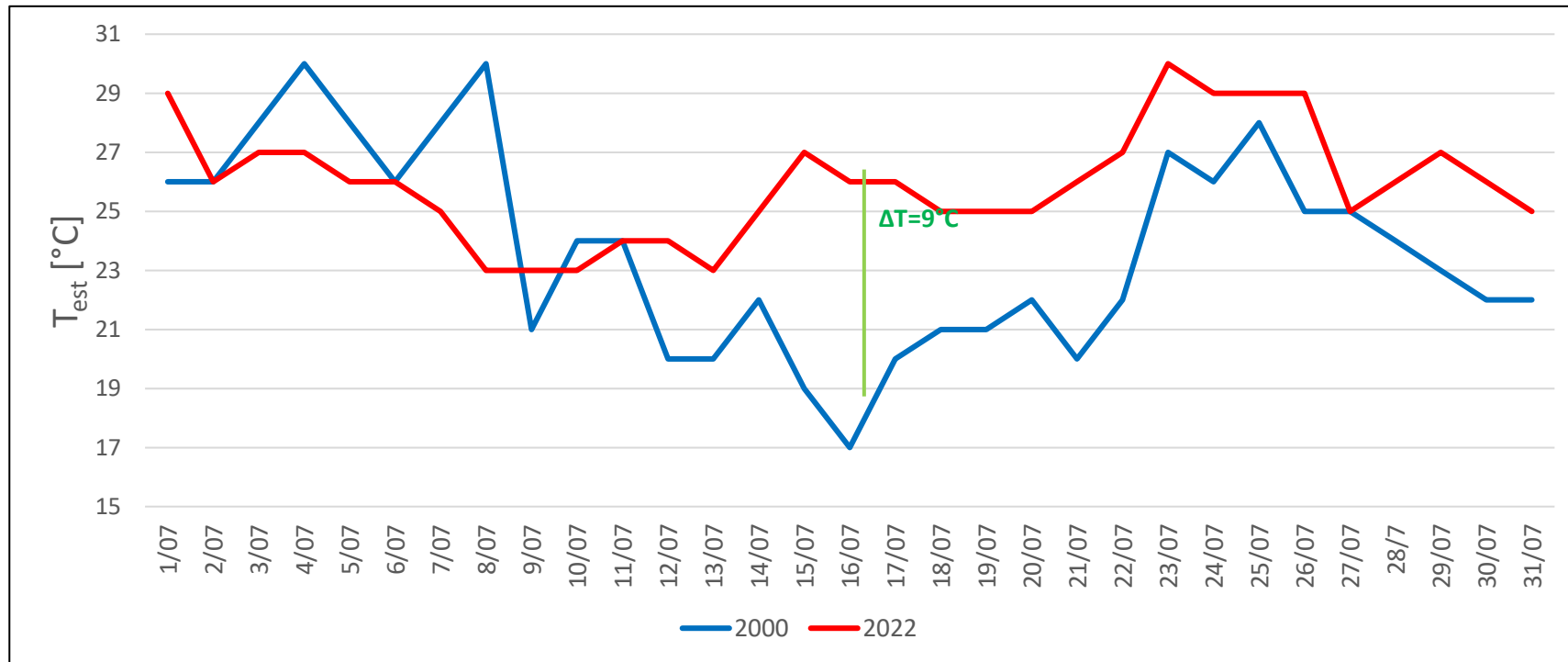
Termoresistenza (temperatura dell'aria)



# Vantaggi delle Strutture Massive sul Comfort Termico in Fase Estiva

## Una sperimentazione condotta nell'estate caldissima 2022

Studio  
sperimentale

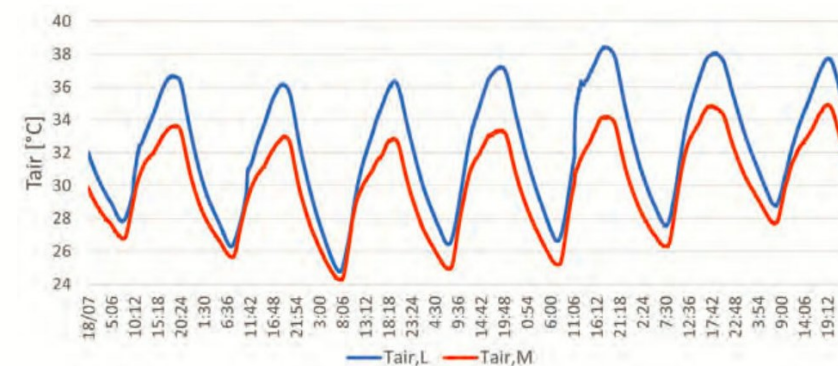
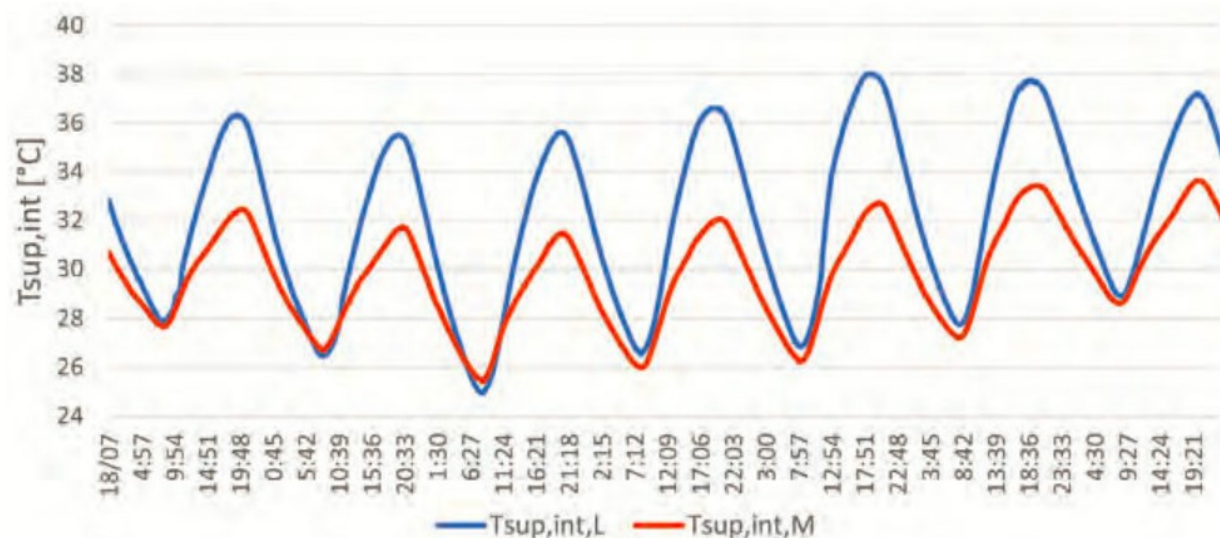


Andamento della temperatura media esterna registrata nell'anno  
2000 e 2022

la figura riporta gli andamenti della temperatura superficiale interna delle due pareti analizzate. Osservando la figura è possibile notare come la temperatura superficiale interna risulti essere sempre superiore nella struttura leggera durante il periodo oggetto di valutazione, a

	$T_{sup,int,L}$	$T_{sup,int,M}$
Media	32.07	29.76
Max	38.01	33.63
Min	24.95	25.48

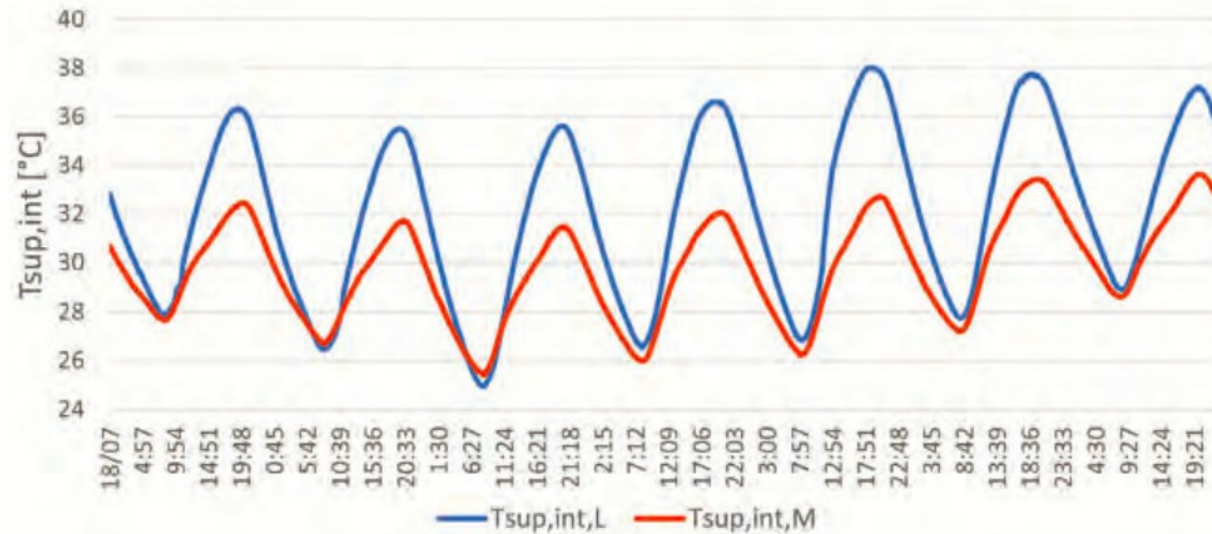
Tabella 2. Valore medio, massimo e minimo della temperatura superficiale interna delle due strutture analizzate.



7. Andamento della temperatura dell'aria interna del box con struttura leggera (L) e del box con struttura massiva (M).

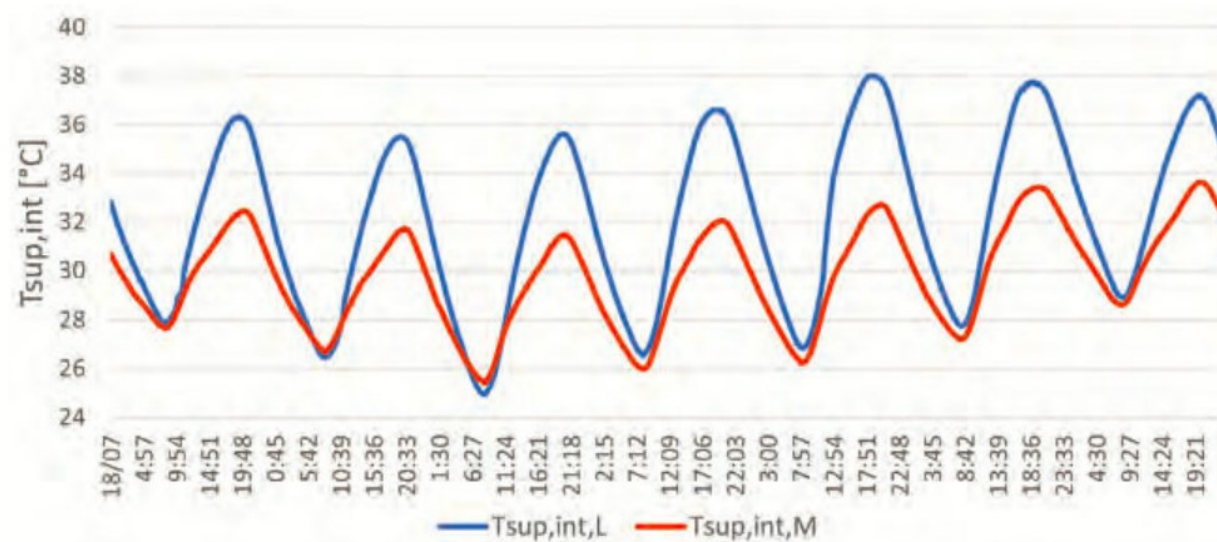
6. Andamento della temperatura superficiale interna della struttura leggera (L) e della struttura massiva (M).

Con l'arrivo della radiazione solare sulla parete, la temperatura della struttura leggera sale molto più velocemente rispetto alla temperatura della struttura massiva



6. Andamento della temperatura superficiale interna della struttura leggera (L) e della struttura massiva (M).

Un'altra importante osservazione riguarda il valore di trasmittanza termica delle due strutture. Come visto, secondo i metodi di calcolo dei fabbisogni di energia, il parametro più influente è la trasmittanza termica. Su questa base la struttura massiva, avente trasmittanza più elevata della struttura leggera (0,192 W/m<sup>2</sup> contro 0,144 W/m<sup>2</sup>K, tabella 1), dovrebbe comportarsi in modo peggiore, a prescindere dall'inerzia termica. Invece, pur avendo una trasmittanza superiore, la struttura massiva ha un comportamento migliore rispetto alla struttura leggera



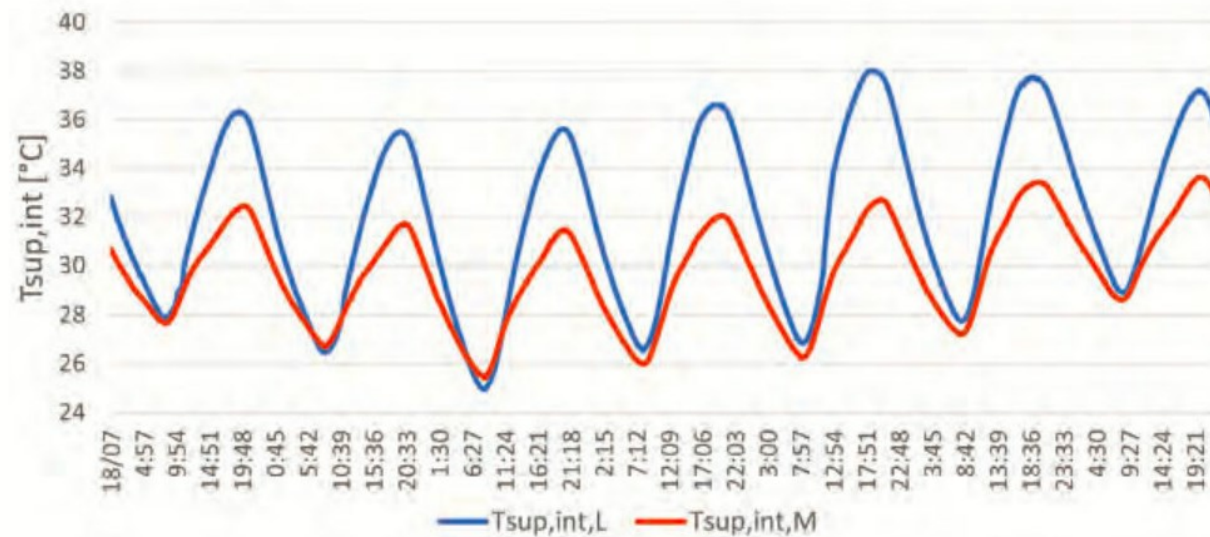
6. Andamento della temperatura superficiale interna della struttura leggera (L) e della struttura massiva (M).



## Ruolo della massa

**Regolazione Termica:** La massa termica aiuta a stabilizzare la temperatura interna

**Comfort Abitativo:** La capacità di un edificio di mantenere una temperatura interna stabile contribuisce a un ambiente più confortevole per gli occupanti



6. Andamento della temperatura superficiale interna della struttura leggera (L) e della struttura massiva (M).

## Evoluzione normativa 2024

- Nuova direttiva Case Green (EPBD4)
- Revisione D.M. 26 giugno 2015 (Requisiti Minimi) -Criteri generali e requisiti delle prestazioni energetiche degli edifici
- Revisione CAM (Criteri Ambientali Minimi) Edilizia

## Nuova EPBD – EPBD IV – Direttiva «Case Green»

(70)

Negli ultimi anni si osserva una crescente proliferazione degli impianti di condizionamento d'aria nei paesi europei.

Ciò pone gravi problemi di carico massimo, che comportano un aumento del costo dell'energia elettrica e uno squilibrio del bilancio energetico.

Dovrebbe essere accordata priorità alle strategie che contribuiscono a migliorare la prestazione termica degli edifici durante il periodo estivo.

A tal fine occorrerebbe concentrarsi sulle misure che evitano il surriscaldamento, come **l'ombreggiamento e una sufficiente capacità termica dell'opera edilizia**, nonché sull'ulteriore sviluppo e applicazione delle tecniche di raffrescamento passivo, soprattutto quelle che contribuiscono a migliorare la qualità degli ambienti interni, il microclima intorno agli edifici e l'effetto «isola di calore urbano».

# ALLEGATO I

## *QUADRO COMUNE GENERALE PER IL CALCOLO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI*

1.

Gli Stati membri possono utilizzare il consumo di energia misurato in condizioni di esercizio tipiche per verificare la correttezza del consumo di energia calcolato e consentire il raffronto tra le prestazioni calcolate e quelle effettive. Il consumo di energia misurato ai fini della verifica e del raffronto può basarsi su letture mensili.

La prestazione energetica di un edificio è espressa in kWh/(m<sup>2</sup>a) da un indicatore numerico del consumo di energia primaria per unità di superficie di riferimento all'anno, ai fini della certificazione della prestazione energetica e della conformità ai requisiti minimi di prestazione energetica. La metodologia per la determinazione della prestazione energetica di un edificio è trasparente e aperta all'innovazione.

Gli Stati membri descrivono la metodologia nazionale di calcolo sulla base dell'allegato A delle norme europee fondamentali sulla prestazione energetica degli edifici, ossia (EN) ISO 52000-1, (EN) ISO 52003-1, (EN) ISO 52010-1, (EN) ISO 52016-1, (EN) ISO 52018-1, (EN) ISO 52120-1, EN 16798-1 e EN 17423 o i documenti che le sostituiscono.

Questa disposizione non costituisce una codificazione giuridica di tali norme.

Gli Stati membri adottano le misure necessarie per garantire che, qualora gli edifici siano alimentati da sistemi di teleriscaldamento o teleraffrescamento, i benefici di tale fornitura siano riconosciuti e presi in considerazione nella metodologia di calcolo, in particolare la quota di energia rinnovabile, mediante fattori di energia primaria certificati o riconosciuti individualmente.

# ALLEGATO I

## *QUADRO COMUNE GENERALE PER IL CALCOLO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI*

4.

Ai fini della determinazione della metodologia di calcolo si deve tenere conto almeno degli aspetti seguenti:

a) le seguenti caratteristiche termiche effettive dell'edificio, comprese le sue divisioni interne:

i) capacità termica;

ii) isolamento;

iii) riscaldamento passivo;

iv) elementi di raffrescamento;

v) ponti termici;

b) impianto di riscaldamento e di produzione di acqua calda per uso domestico, comprese le relative caratteristiche di isolamento;

c) capacità di produzione di energia rinnovabile e di stoccaggio di energia in loco;

d) impianti di condizionamento d'aria;

e) ventilazione naturale e meccanica, compresa eventualmente l'ermeticità all'aria e il recupero del calore;

f) impianto di illuminazione integrato (principalmente per il settore non residenziale);

g) progettazione, posizione e orientamento dell'edificio, compreso il clima esterno;

**Grazie.....**