

INVOLUCRO EDILIZIO: SCAMBI TERMICI E RAFFRESCAMENTO PASSIVO

FABRIZIO ASCIONE

Dipartimento di Ingegneria Industriale |
Università degli Studi di Napoli Federico II

Evoluzione legislativa: dalla legge 10/91 al Nearly Zero-Energy Building

PRESCRIZIONI PRESENTI (Edificio di Riferimento)

Confronto con **l'edificio di riferimento**, identico in termini di geometria, orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno e avente caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati"

IMMEDIATO FUTURO (Nearly Zero-Energy Building). D.L. 63/2013, convertito dalla L. 90/2013 e attuato dai DM 26.06.2015, si stabilisce che:

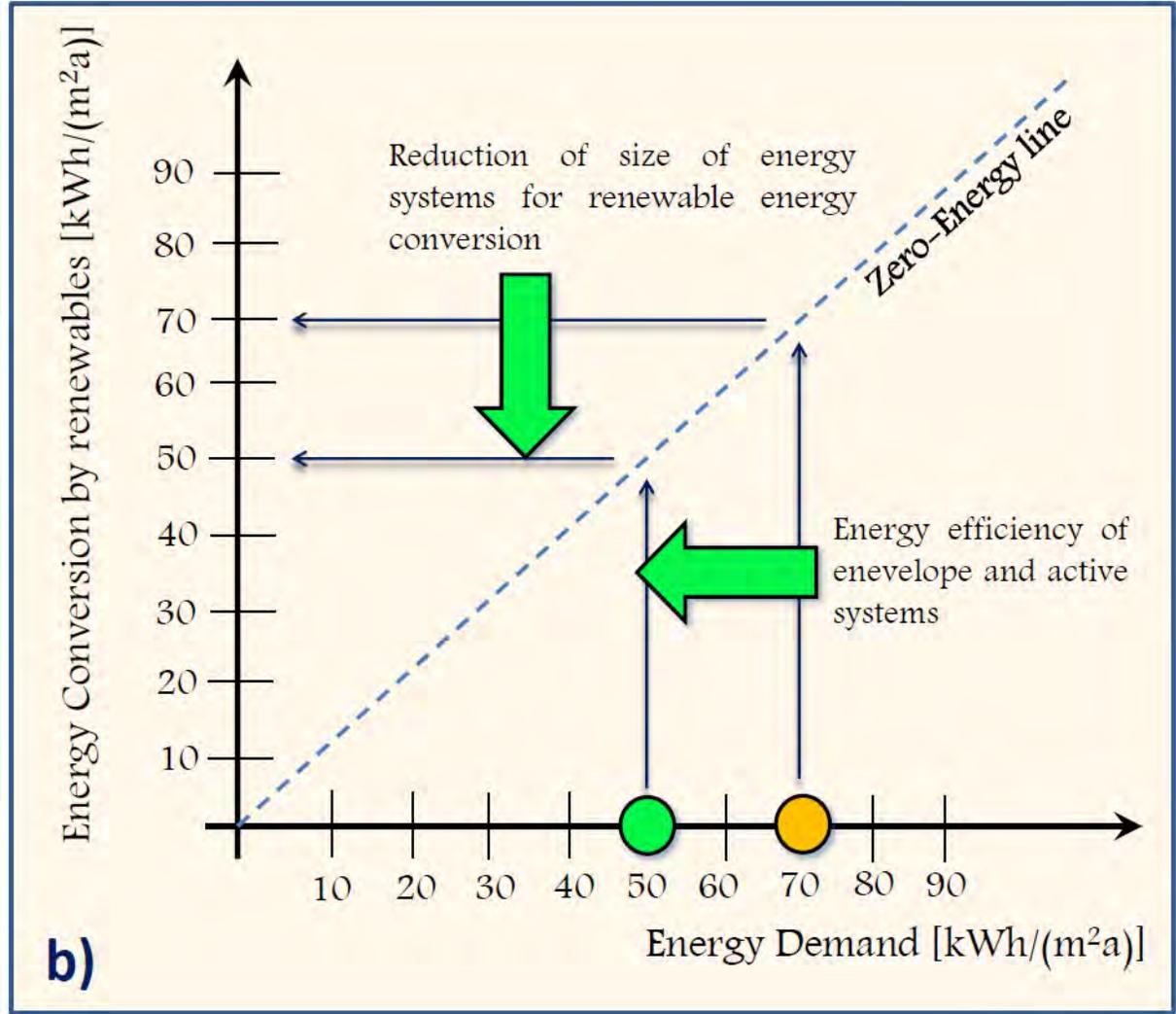
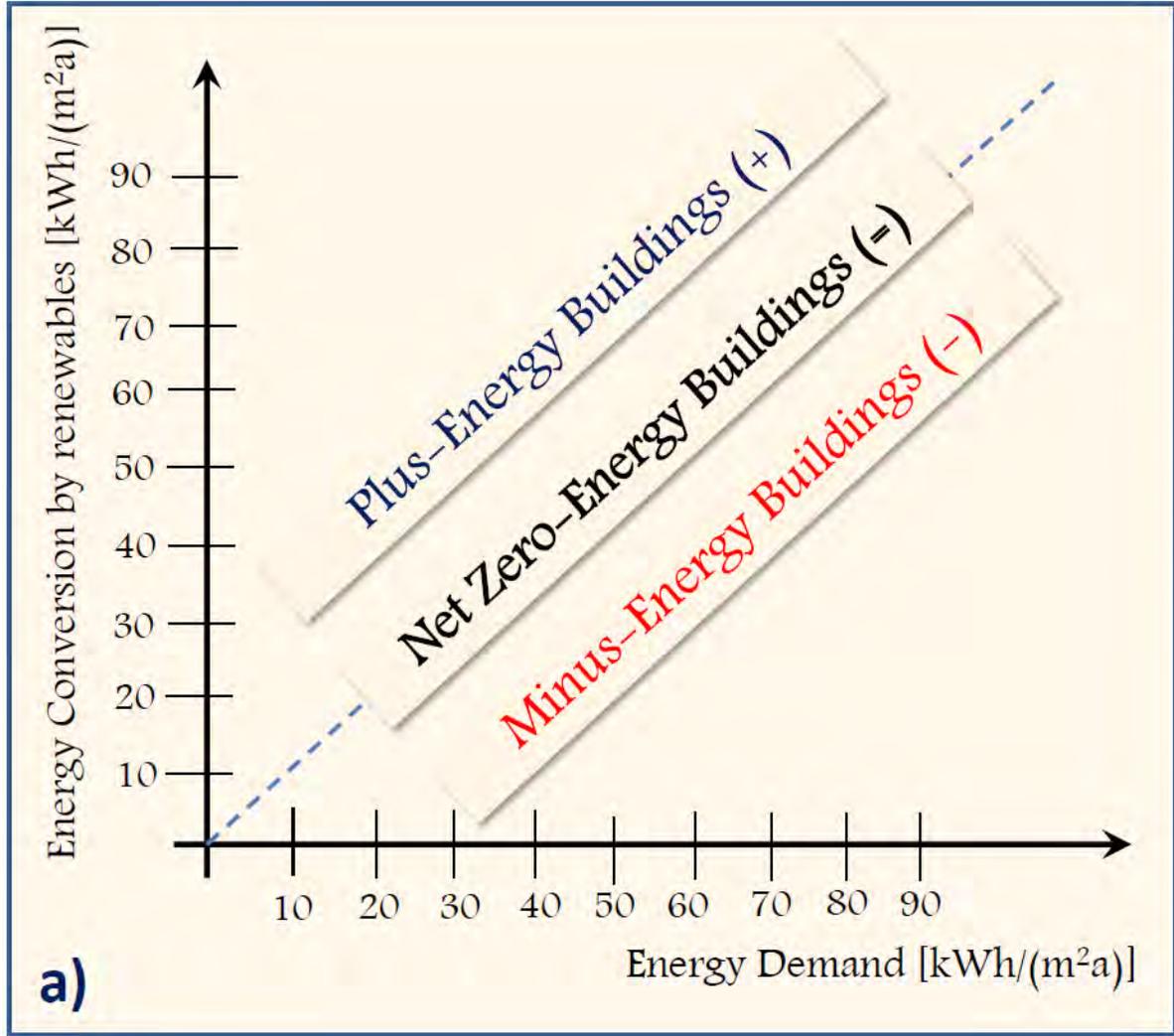
- a. dal 1 Gennaio 2021 tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a energia quasi zero;
- b. la data è anticipata di due anni per gli edifici pubblici o a uso pubblico

Nearly Zero Energy Building (nZEB). Un edificio che presenta una richiesta energetica estremamente bassa, coperta in gran parte dall'uso di fonti energetiche rinnovabili disponibili in loco o nelle vicinanze.

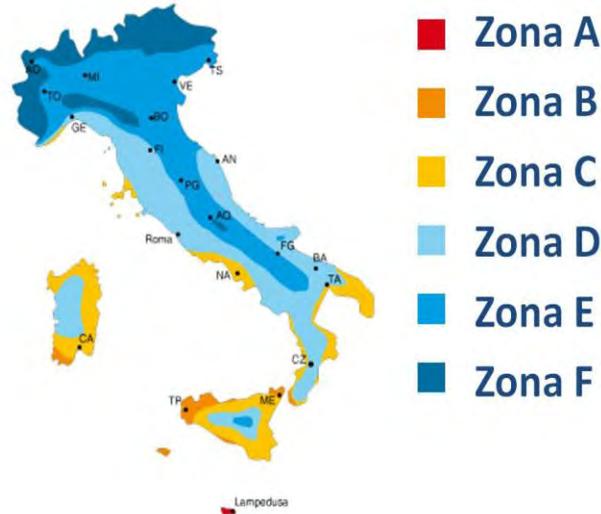
FUTURO PROSSIMO (Net Zero-Energy Building)

Net Zero Energy Building (ZEB): edificio che è connesso ad una infrastruttura energetica territoriale (rete elettrica, rete gas, teleriscaldamento.....) e che, nell'arco temporale di un anno solare, presenta una somma algebrica dei flussi energetici in ingresso e in uscita di valore pari a zero.

Net Zero-Energy Building: agire su tutte le leve dell'efficienza energetica

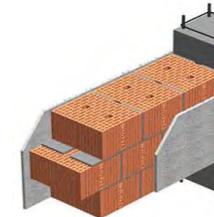


Evoluzione legislativa: dalla legge 10/91 al Nearly Zero-Energy Building



Napoli

- Zona Climatica C
- 1034 Gradi Giorno (HDD)
- T esterna di progetto invernale: 2 °C
- T esterna di progetto estiva: 26 °C

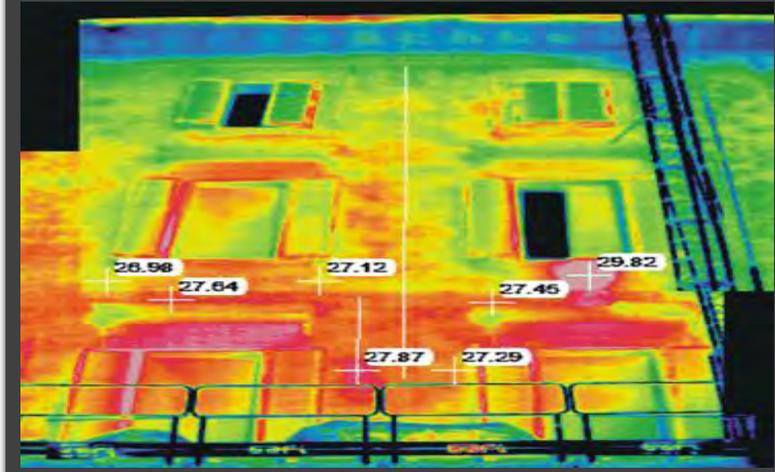
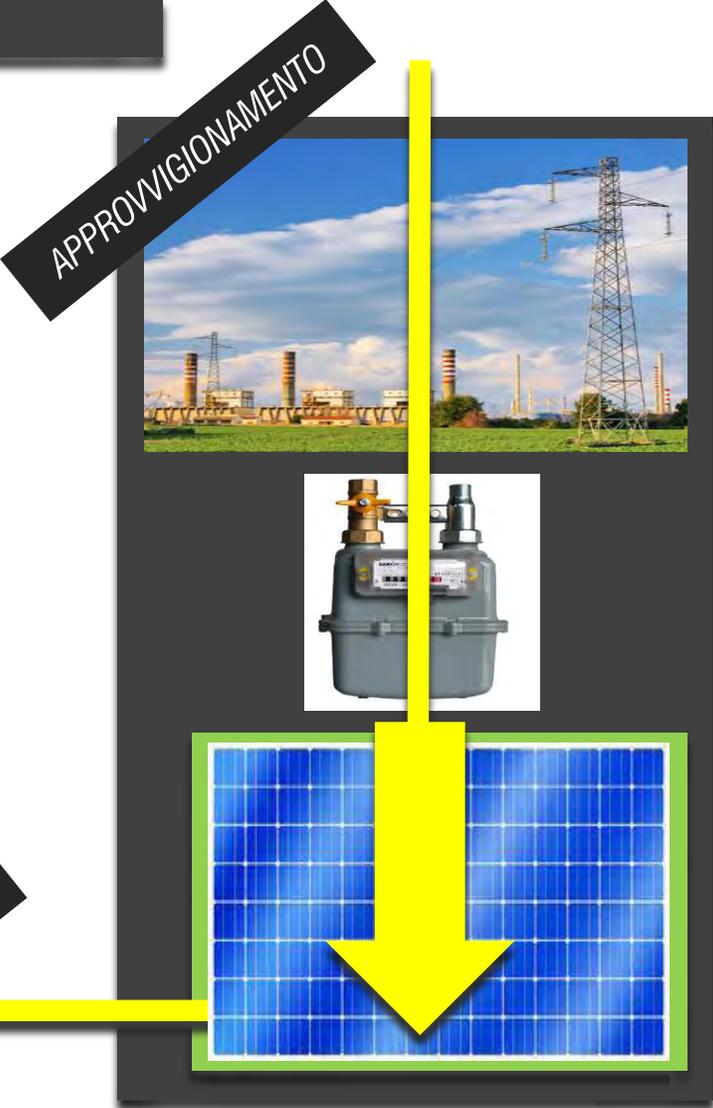
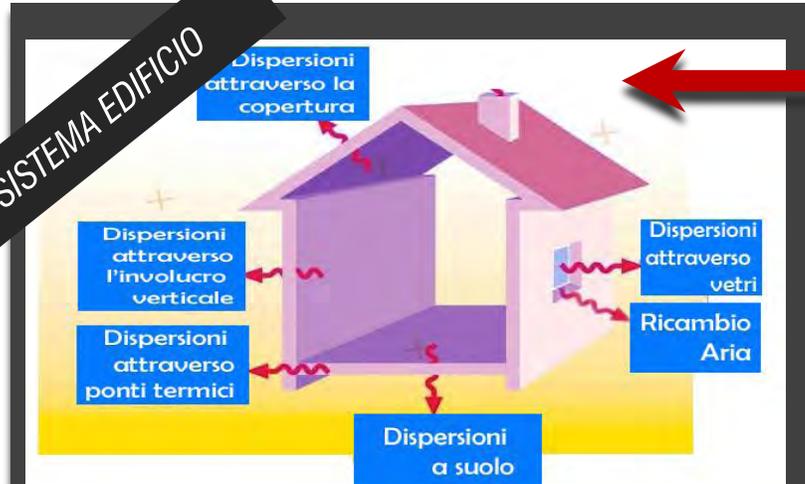


	2006	2008	2010	2015	2019/2021
U_{WALL} (W/m ² K)	0.57	0.46	0.4	0.38	0.34
% DECREASE (%)		19%	30%	33%	40%



	2006	2008	2010	2015	2019/2021
$U_{WINDOWS}$ (W/m ² K)	3.3	3	2.6	2.4	2.2
% DECREASE (%)		9%	21%	27%	33%

Evoluzione legislativa: dalla legge 10/91 al Nearly Zero-Energy Building



INVOLUCRO EDILIZIO: SCAMBI TERMICI

Efficienza energetica degli edifici: interazioni tra ambiente, edificio, impianti

Il **bilancio energetico** di un edificio, sia nel regime invernale che estivo, **non è** sempre verosimilmente rappresentabile mediante calcoli in regime stazionario.

Questo perché la **variabilità delle condizioni ambientali** (interne ed esterne) rende gli scambi termici tra edificio-ambiente tali da verificarsi sempre in condizioni di transitorio continuo.

La prima causa di ciò è l'irraggiamento solare.

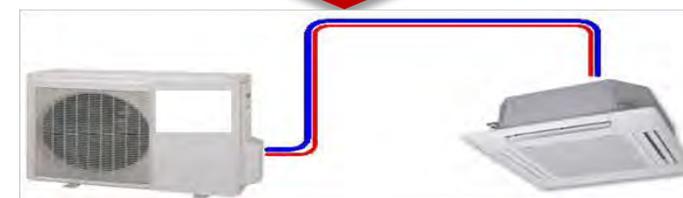
Infatti, la temperatura dell'aria esterna varia con lentezza e gradualità, al contrario della radiazione, che rappresenta, soprattutto in estate, il fattore maggiormente incidente sull'andamento della temperatura interna dell'edificio e sulla richiesta energetica per la climatizzazione.

Pertanto, non è corretto un calcolo stazionario che non tenga conto dell'**ACCUMULO** e dell'inerzia delle strutture dell'edificio.

BILANCIO DI POTENZA

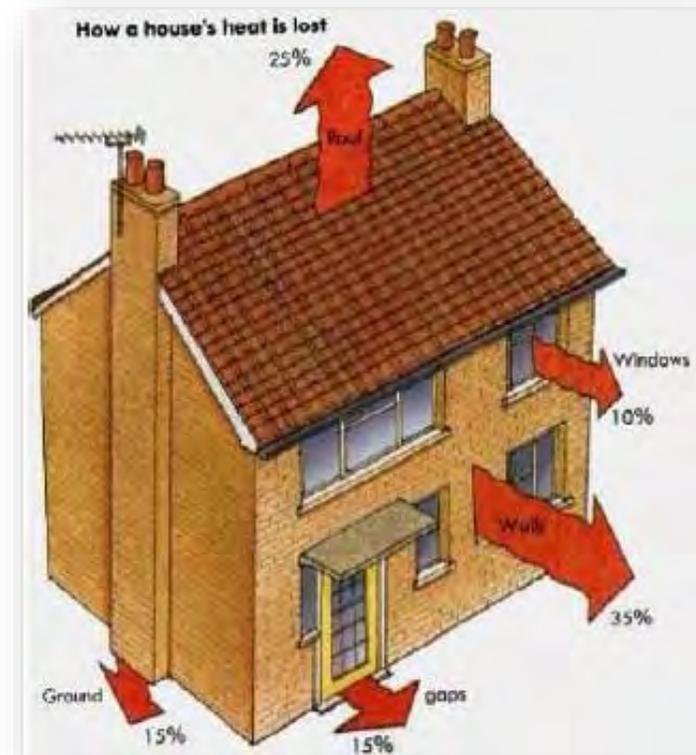
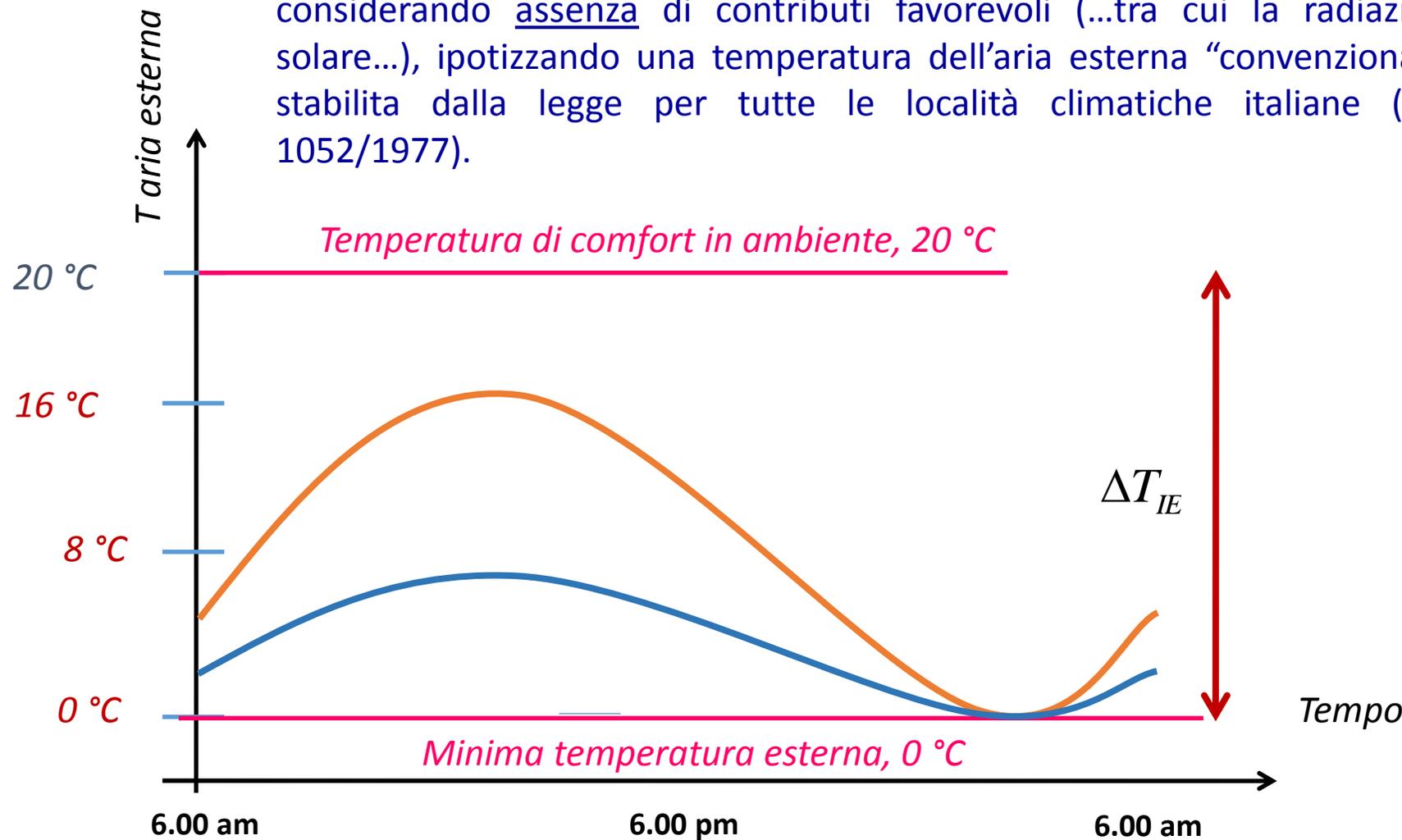
REGIME INVERNALE. Il calcolo è effettuato in **regime stazionario**. Le condizioni interne ed esterne di progetto sono quindi **quelle nominali**. Si assume una temperatura interna di **20°C**, una temperatura esterna nominale (**DPR 1052**). Questa non è la più gravosa in assoluto per la specifica città considerata, ma quella statisticamente congrua ad **evitare inutili sovradimensionamenti**. Sono trascurati tutti gli apporti gratuiti. Il risultato è la taglia **dell'impianto** di riscaldamento (kW)

REGIME ESTIVO. Il calcolo è effettuato in regime stazionario, **contemplando però i fenomeni di accumulo**. Si assume una differenza equivalente di temperatura tra interno ed esterno (**CLTD**), tale da considerare anche i fattori di attenuazione e sfasamento indotti dalla capacità termica delle murature. Sono considerate tutte le altre rientrate termiche (endogene e solari). Il risultato è la taglia **dell'impianto** di raffrescamento (kW)



BILANCIO DI POTENZA NELLA STAGIONE INVERNALE

Il carico termico invernale, **in condizioni cautelative**, si calcola considerando assenza di contributi favorevoli (...tra cui la radiazione solare...), ipotizzando una temperatura dell'aria esterna "convenzionale", stabilita dalla legge per tutte le località climatiche italiane (DPR 1052/1977).



BILANCIO DI POTENZA NELLA STAGIONE ESTIVA

E' necessario evidenziare subito tre aspetti:

1. in genere, la **radiazione solare incide** sul carico termico estivo più della differenza tra la temperatura esterna e quella interna. Pertanto, invece del livello termico dell'aria esterna si è soliti considerare la temperatura sole-aria;
2. per locali senza una massiccia presenza di persone e con buona percentuale di superfici trasparenti, il carico è quasi totalmente imputabile alla **radiazione solare**;
3. per locali con limitata superficie trasparente ma con una significativa presenza di persone e potenze installate (lampade, macchinari), il carico termico è imputabile quasi totalmente alle **fonti endogene**.

Il carico termico di un ambiente o edificio, e quindi la potenza termica dell'impianto di condizionamento, è valutato considerando la somma di diverse potenze termiche entranti nell'ambiente climatizzato.

BILANCIO DI POTENZA NELLA STAGIONE ESTIVA

Ancora, in estate ipotizzare che la differenza tra le temperature, all'esterno e all'interno dell'edificio, sia costante nel tempo **non è ammissibile**.

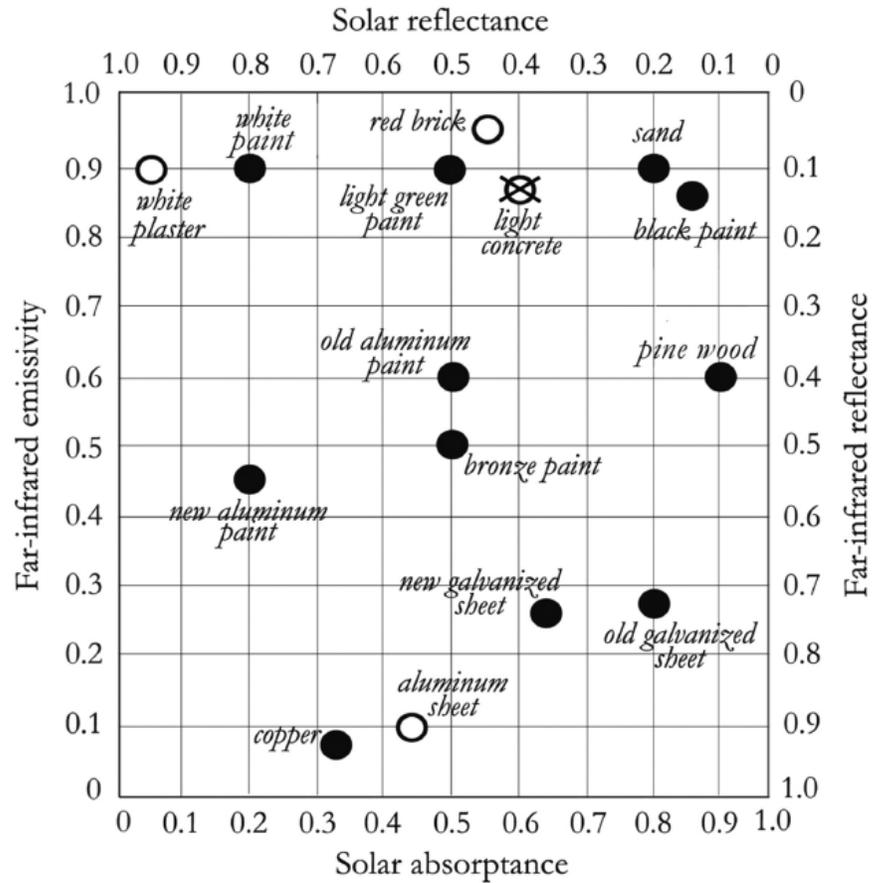
Durante l'arco della giornata la temperatura esterna e quella interna **variano** secondo determinate leggi che normalmente si possono approssimare a SINUSOIDI.

Per valutazioni estese alla intera stagione estiva, questa variazione assume una portata molto più significativa rispetto a quella invernale e pertanto, per un'analisi corretta, sono **necessarie valutazioni dinamiche**.

Nella valutazione in regime dinamico entrano in gioco diversi parametri che nel regime stazionario, diversamente, sono completamente trascurati.

Ad esempio, si attribuisce alla sola **resistenza termica** l'effetto di attenuazione della trasmissione del calore, trascurando la **capacità termica dell'involucro esterno**, dovuta alla diversa disposizione dei materiali e più in generale a **conducibilità, spessori e calori specifici dei materiali**.

BILANCIO DI POTENZA NELLA STAGIONE ESTIVA



Complicazione 2

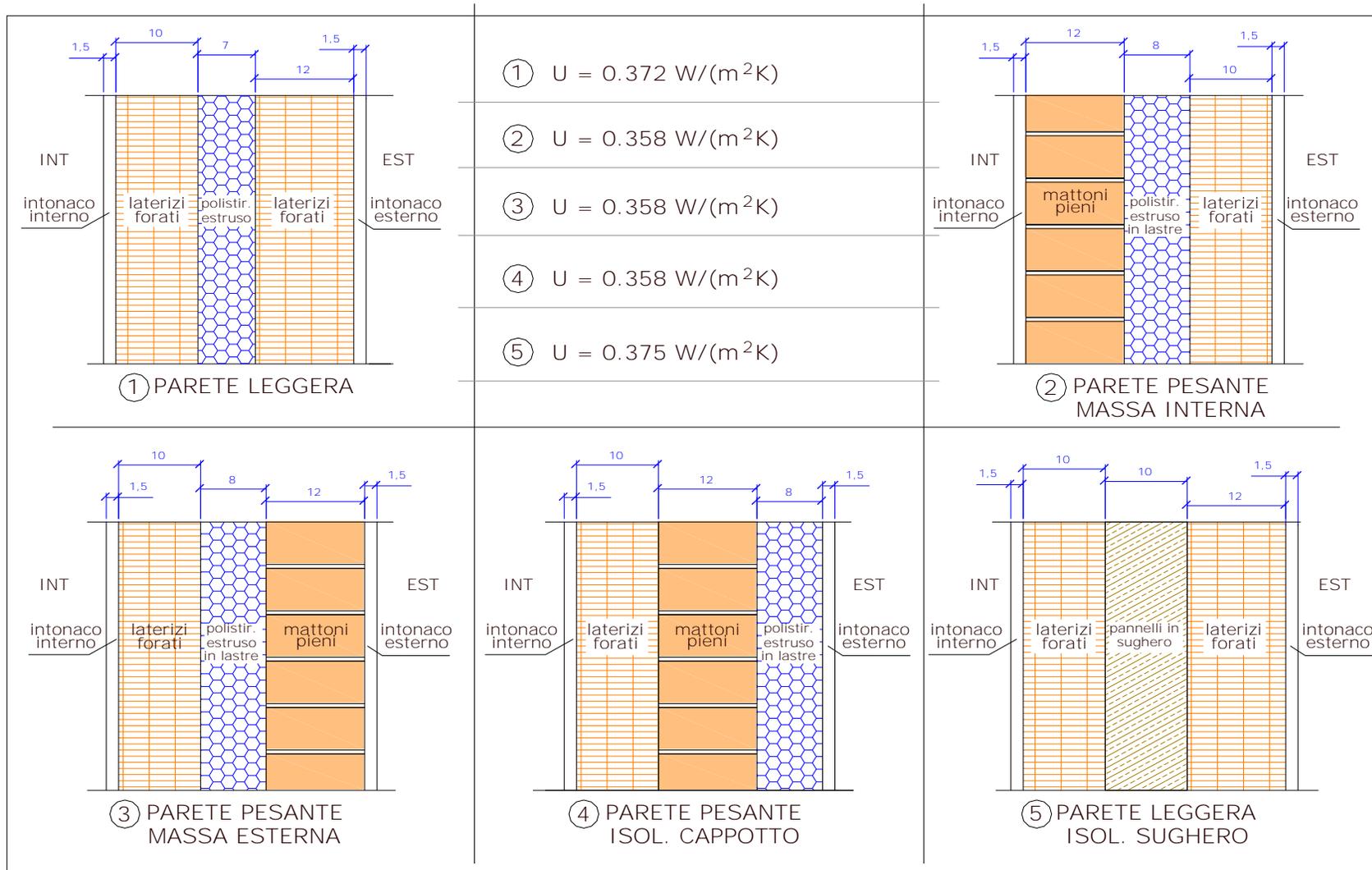


Complicazione 4

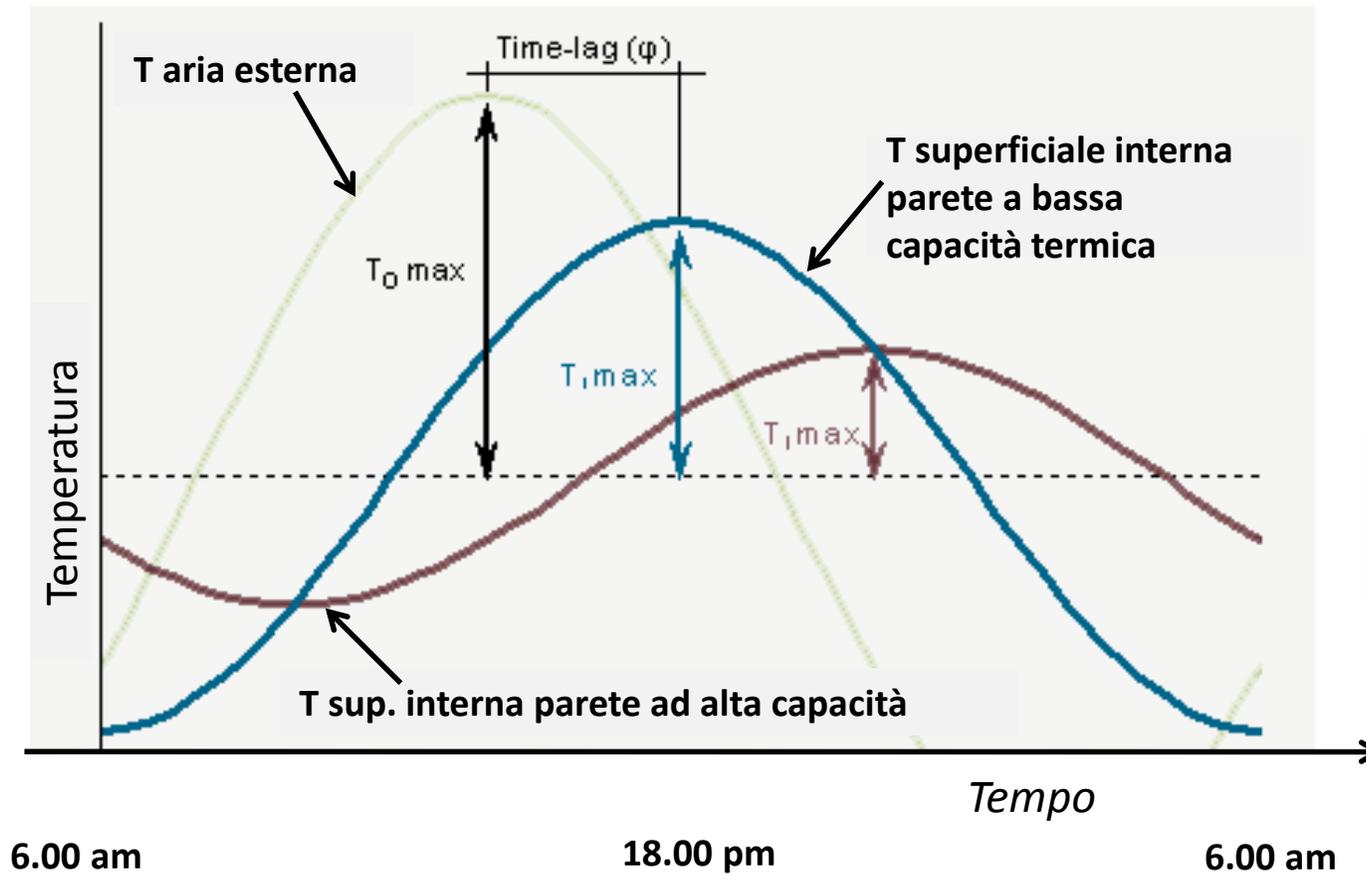


Complicazione 3

BILANCIO DI POTENZA NELLA STAGIONE ESTIVA: generalità



BILANCIO DI POTENZA NELLA STAGIONE ESTIVA: generalità



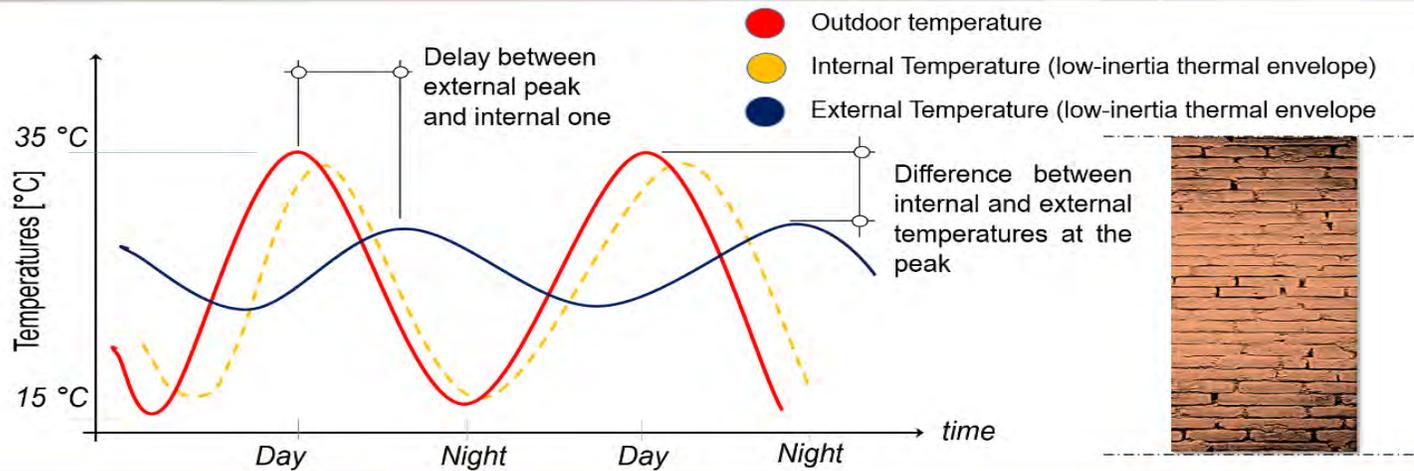
Le 2 pareti hanno la stessa U

BILANCIO DI POTENZA NELLA STAGIONE ESTIVA: generalità

Il **comportamento inerziale delle strutture** che definiscono l'ambiente in esame può essere verificato attraverso la valutazione di due parametri:

- il **fattore di attenuazione f_a**
- il **coefficiente di sfasamento Φ** .

Il riferimento normativo per il calcolo di questi fattori è la UNI EN ISO 13786:2001.



- Il **fattore di attenuazione (f_a)** è uguale al rapporto fra il massimo flusso della parete capacitiva ed il massimo flusso della parete a massa termica nulla; esso dunque qualifica la riduzione di ampiezza dell'onda termica nel passaggio dall'esterno all'interno dell'ambiente attraverso la struttura in esame.

- Il **coefficiente di sfasamento Φ** (espresso in ore) rappresenta il ritardo temporale del picco di flusso termico della parete capacitiva rispetto a quello istantaneo, nel passaggio dall'esterno all'interno dell'ambiente attraverso la struttura in esame.

BILANCIO DI POTENZA NELLA STAGIONE ESTIVA: metodi di valutazione in semi-stazionario

Tab. 18 - Differenze di temperatura equivalenti⁽¹⁾ Δt_{eq} [°C] per pareti opache verticali, in funzione dell'esposizione, della massa frontale m_f [kg/m²] e dell'ora del giorno⁽²⁾.

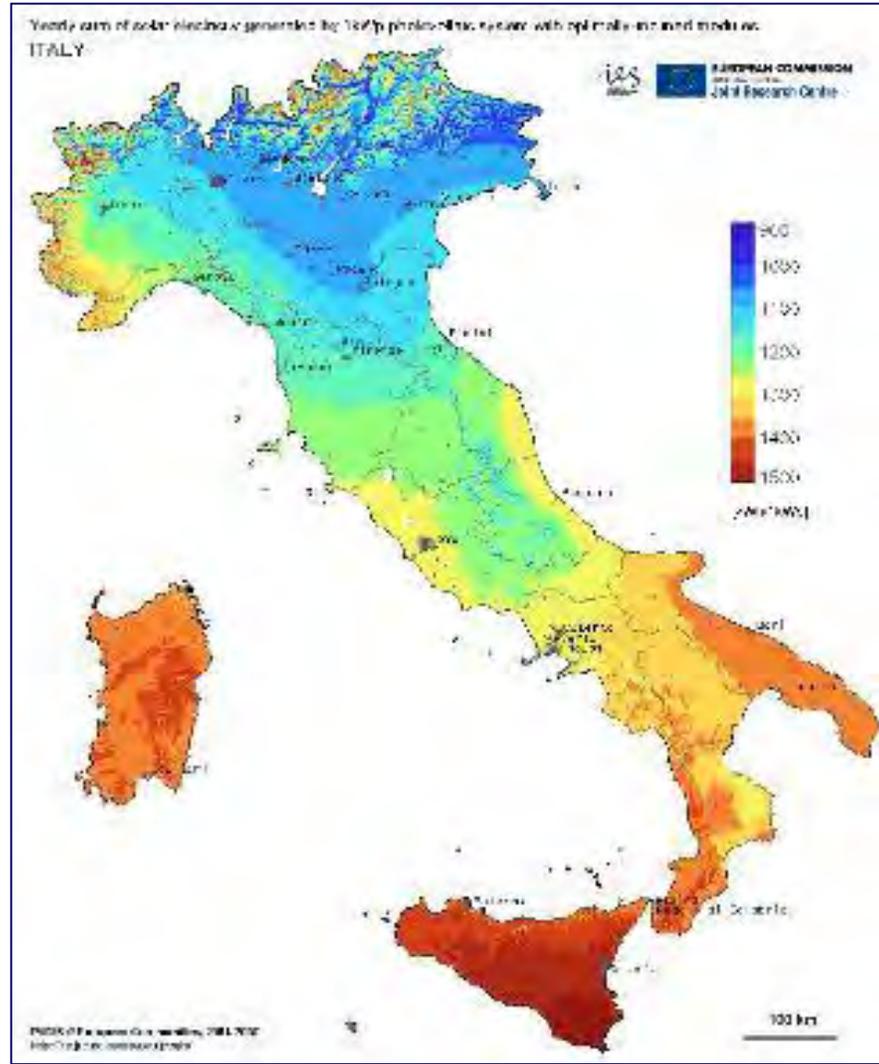
m_f		Ora solare											
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5
NE	100	2,5	8,1	11,9	12,5	13,1	10,2	7,4	6,9	6,4	6,9	7,4	7,4
		7,4	6,4	5,3	4,2	3,0	1,9	0,8	-0,3	-1,4	-1,9	-2,5	-1,4
	300	-0,8	-1,4	-1,4	2,5	13,1	11,9	10,8	8,1	5,3	5,8	6,4	6,9
		7,4	6,9	6,4	5,8	5,3	4,2	3,0	1,9	0,8	0,2	-0,3	-0,8
500		1,9	1,3	1,9	1,9	1,9	5,3	8,5	8,1	7,4	6,4	5,3	5,8
		6,4	6,4	6,4	5,8	5,3	4,7	4,2	3,6	3,	3,0	2,5	2,5
	700	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	5,3	7,4	8,5	7,4	6,4
		5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	4,7	4,7	4,2	3,6	3,6
E	100	0,2	9,2	16,4	18,1	19,7	19,2	17,4	10,8	6,4	6,9	7,4	7,4
		7,4	6,4	5,3	4,2	3,0	1,9	0,8	-0,3	-0,8	-1,4	-1,9	-1,9
	300	-0,8	-0,8	-0,3	11,3	16,4	16,9	16,9	10,2	7,4	6,9	6,4	6,9
		7,4	6,9	6,4	5,8	5,3	4,2	2,5	1,9	1,3	0,2	0,2	-0,3
500		2,5	2,5	3,0	4,2	7,4	10,8	13,1	13,6	13,1	10,8	9,7	8,5
		7,4	7,4	7,4	6,9	6,4	5,8	5,3	4,7	4,2	3,6	3,6	3,0
	700	5,8	5,3	5,3	4,7	4,2	4,7	5,3	8,1	9,7	10,2	9,7	9,2
		8,5	7,4	6,4	6,9	7,4	7,4	7,4	6,9	6,9	6,4	6,4	6,4

Note:
(1) Il carico termico q ad un'ora generica, dovuto alla trasmissione del calore per conduzione attraverso i componenti esterni di involucro si determina come segue:

$$q = \sum_{j=1, n} (K S \Delta t_{eqj})$$

dove K è la trasmittanza dell'elemento, S la sua superficie e Δt_{eqj} la differenza di temperatura equivalente della parete relativa all'esposizione ed all'ora considerate.

(2) Valori validi per pareti di colore scuro, temperatura esterna massima di 34 °C, escursione di 11 °C, temperatura interna costante di 26 °C, mese di luglio, 40° Nord. Se la struttura ha colore medio o chiaro si utilizzano, ad ogni ora del giorno, i seguenti valori:

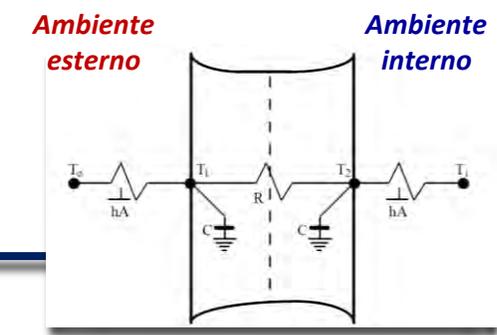


BILANCIO DI POTENZA NELLA STAGIONE ESTIVA: analisi termo-energetiche dinamiche

$$q''_{ki}(t) = -Z_o T_{i,t} - \sum_{j=1}^{nz} Z_j T_{i,t-j\delta} + Y_o T_{o,t} + \sum_{j=1}^{nz} Y_j T_{o,t-j\delta} + \sum_{j=1}^{nq} \Phi_j q''_{ki,t-j\delta}$$

Nelle equazioni sopra proposte, il **flusso termico q''** è correlato:

- a quello omologo, ai time-step precedenti,
- alla temperatura superficiale interna ed esterna,
- alle temperature superficiali interne agli istanti precedenti.



Il problema è determinare i coefficienti X_j , Y_j , Z_j delle funzioni di trasferimento, le temperature ed i flussi termici agli istanti precedenti.

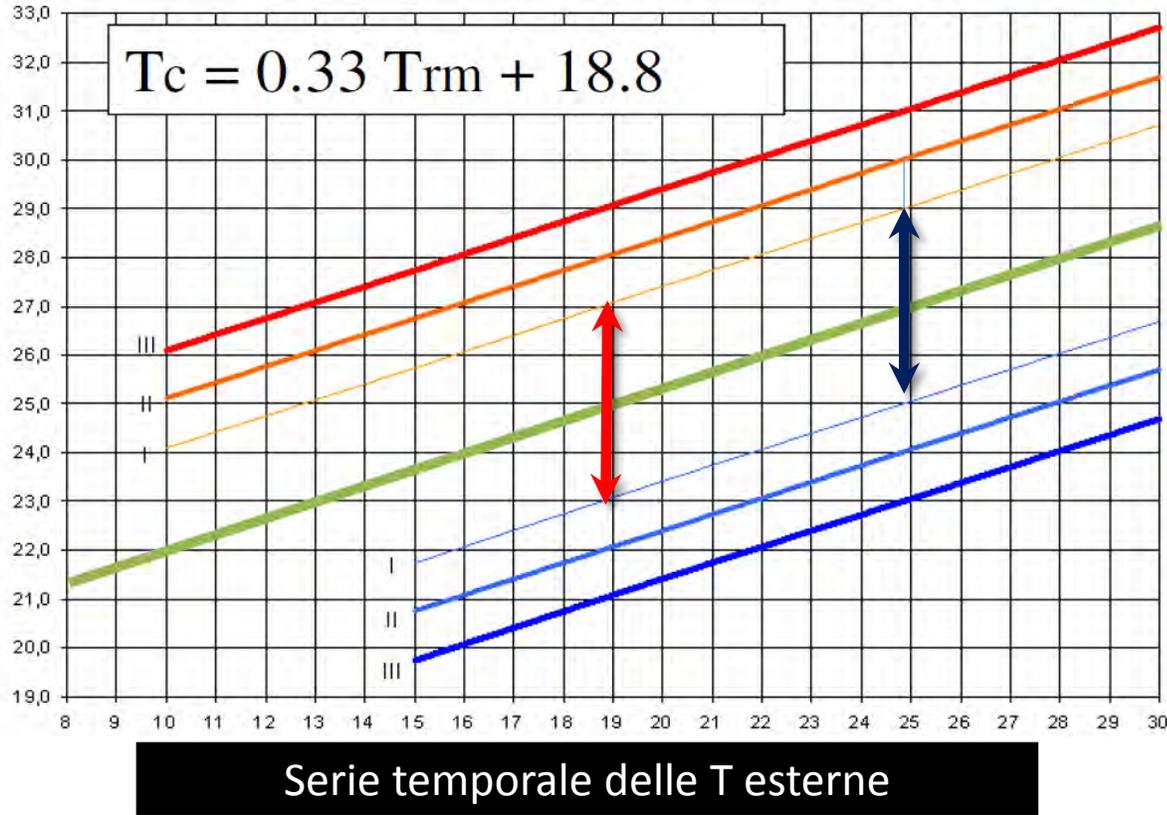
I codici per la simulazione termo-energetica dinamica operano

- Rappresentazione **Stato Spazio a tempo continuo**
- Soluzione mediante **trasformata-antitrasformata di Laplace**

$$\begin{cases} \frac{d[x]}{d\tau} = A[x] + B[u] \\ y = C[x] + D[u] \end{cases}$$

BILANCIO DI POTENZA NELLA STAGIONE ESTIVA: la capacità termica

Temperature operative di comfort (°C)



upper limit = $\theta_{o\max} = 0.33 \times \theta_{rm} + 18.8 + x$

lower limit = $\theta_{o\max} = 0.33 \times \theta_{rm} + 18.8 - x$

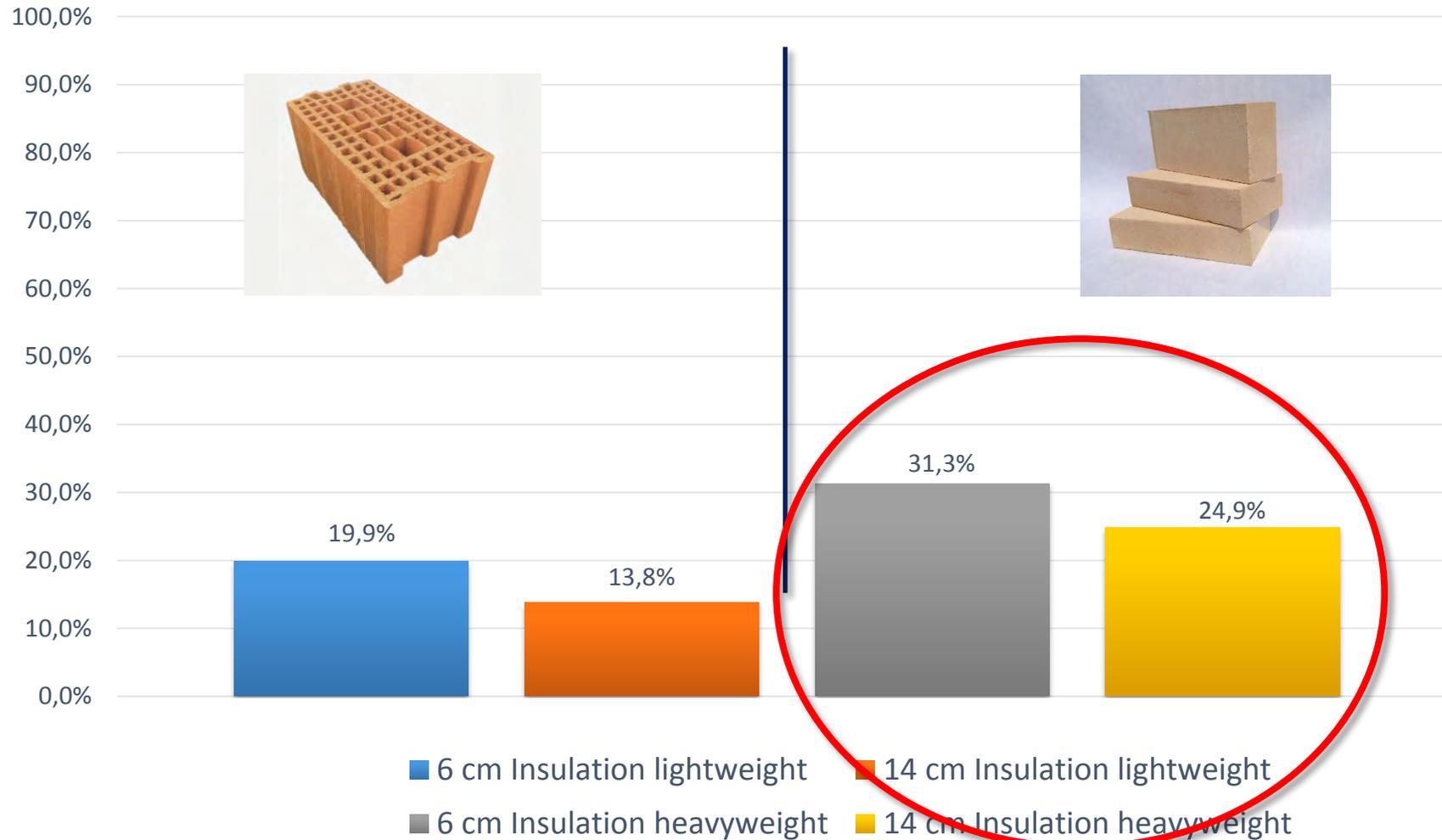
NAPOLI, T_{media} luglio = 25.0 °C		
Comfort Classe A	Comfort Classe B	Comfort Classe C
$x = 2$	$x = 3$	$x = 4$
$T_{max} = 29.1$ °C	$T_{max} = 30.1$ °C	$T_{max} = 31.1$ °C
$T_{min} = 25.1$ °C	$T_{min} = 24.1$ °C	$T_{min} = 23.1$ °C

L'approccio è quello del comfort adattativo in edificio non climatizzati, di cui alla:

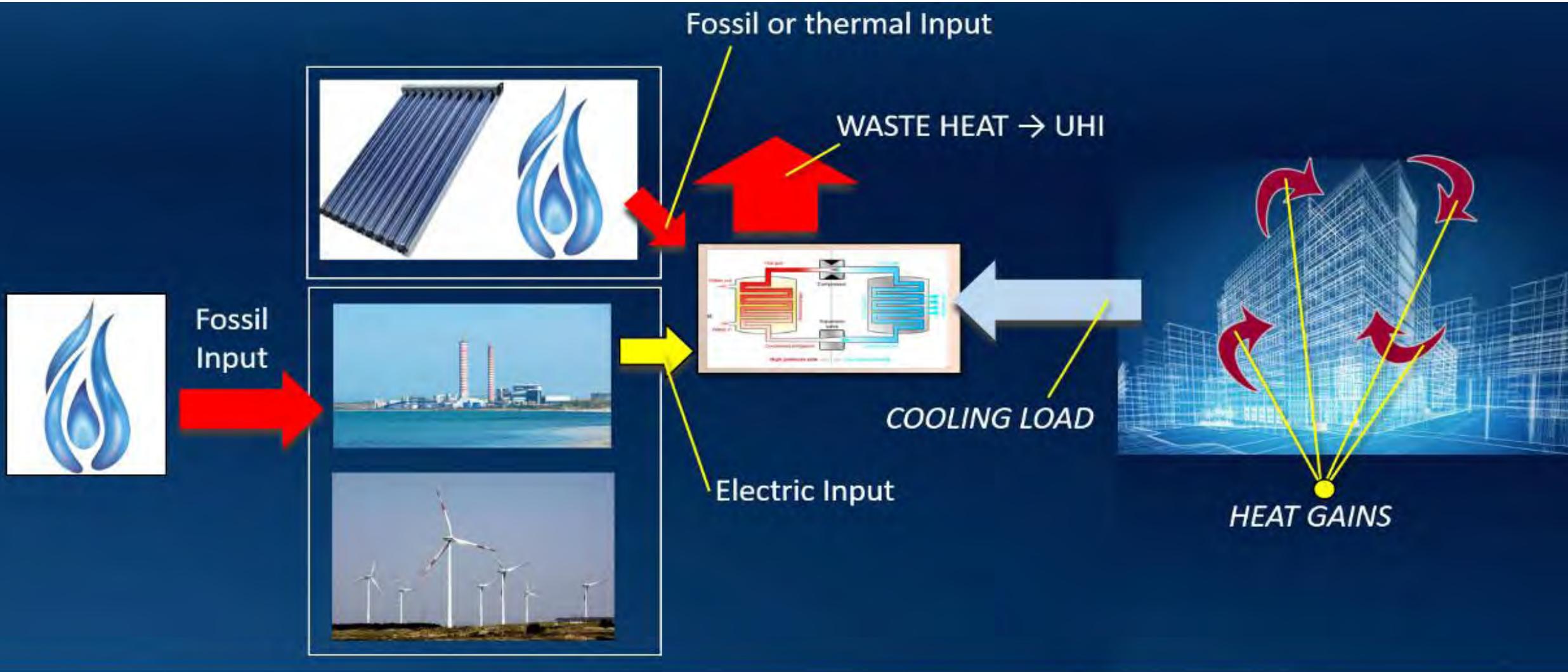
- *UNI 7730 nuova versione*
- *EN ISO 15251/2007*
- *ASHRAE 55-2010*

BILANCIO DI POTENZA NELLA STAGIONE ESTIVA: la capacità termica

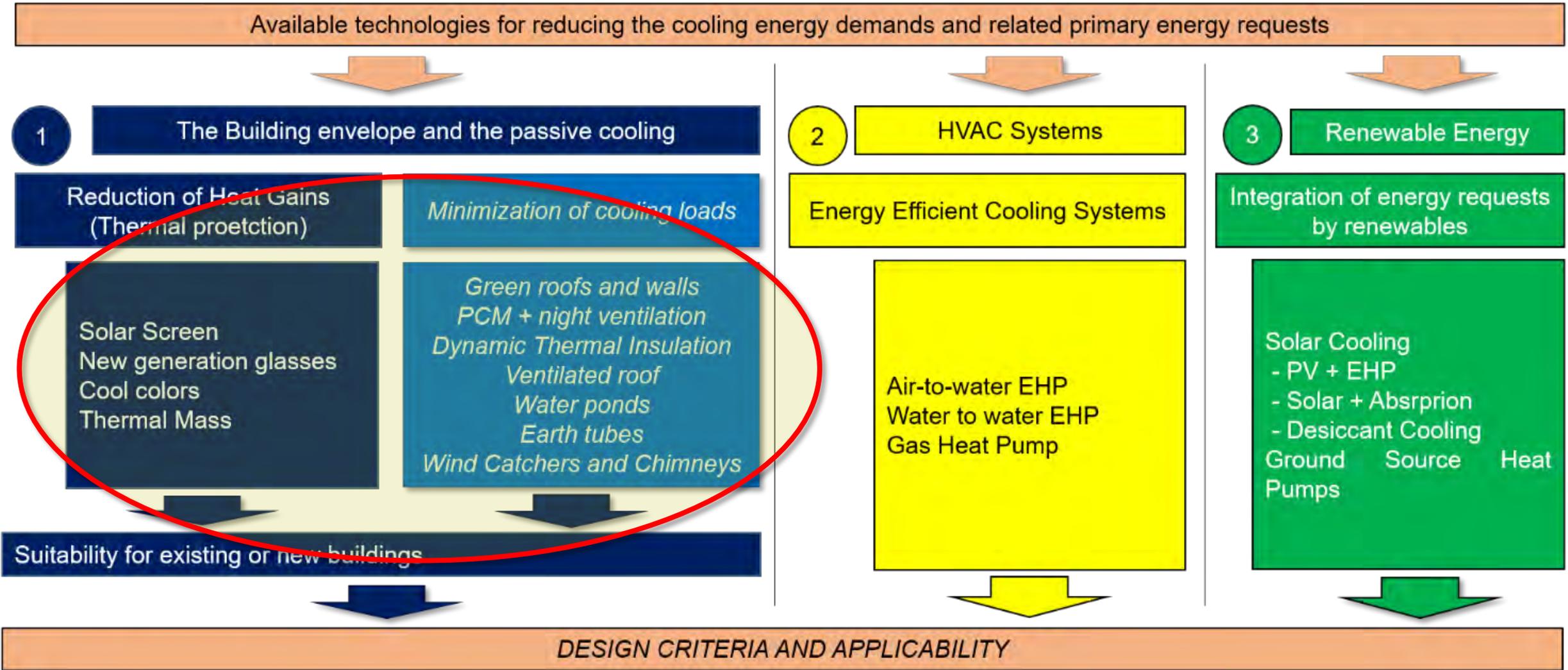
Hours of thermal Comfort



STAGIONE ESTIVA: il perché del raffrescamento passivo



BILANCIO DI POTENZA NELLA STAGIONE ESTIVA: dove intervenire



INVOLUCRO EDILIZIO: RAFFRESCAMENTO PASSIVO

RAFFRESCAMENTO PASSIVO: **SCHERMI SOLARI**

Resi obbligatori già dal D.P.R. 59/2009 che dai decreti di recepimento ed attuazione della Legge 90/2013, ed in particolare dai cosiddetti **Decreti Requisiti Minimi** del 26.06.2015.

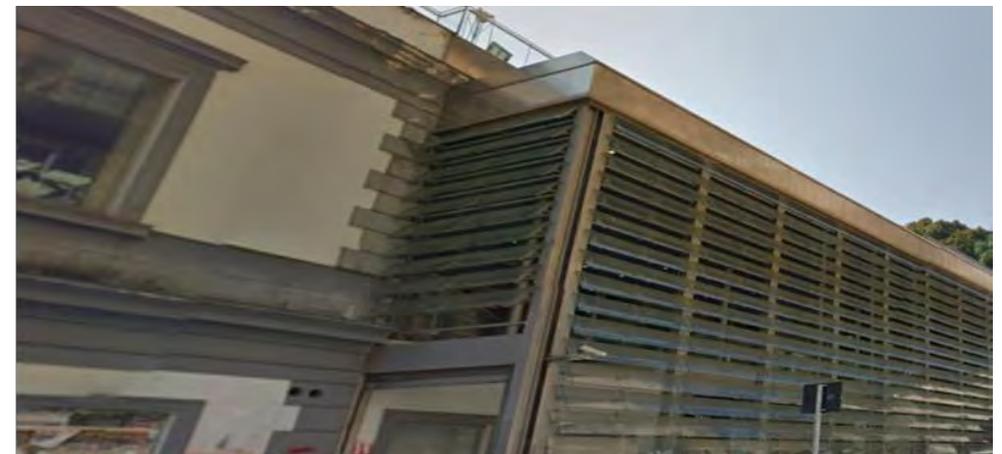
Oltre all'adozione di sistemi schermanti esterni, la normativa vigente, in taluni casi ammette l'utilizzo di **pellicole da applicare sulle vetrate o vetri con basso fattore di trasmissione solare**.



Criticità progettuali concernono:

- La tipologia (fissi o mobili)
- La posizione (interni, esterni, integrati)
- La valenza architettonica, energetica, di controllo di luce e abbagliamento.

Oltre ad una scelta appropriata della tecnologia, risulta necessaria anche un'opportuna gestione della schermatura, tra cui possibili controlli domotici che attivano i sistemi di schermatura: a) sulla base di piranometri, temperatura esterna, temperatura interna, attivazione impianti raffrescamento, etc..



RAFFRESCAMENTO PASSIVO: NEW GENERATION GLAZING

Rappresentano una soluzione a ottimale in regime estivo.

Tali sistemi hanno un **fattore** variabile. In genere, comportano un aumento dei costi di riscaldamento in inverno. Ne esistono di statici e dinamici:

- **VETRI FOTOCROMICI** variano le proprie caratteristiche ottiche in funzione della loro esposizione ai raggi ultravioletti solari: **maggiore è tale radiazione e più diventano scuri.**
- **VETRI TERMOCROMICI** che si opacizzano all'aumentare della temperatura.
- **VETRI A CRISTALLI LIQUIDI.** I vetri a cristalli liquidi vedono cambiare l'orientamento dei cristalli tra gli elettrodi del sistema, in funzione della differenza di potenziale applicata.
- **VETRI ELETTROCROMICI.** Quando viene applicata una tensione elettrica, avviene una reazione elettrochimica che causa la migrazione di ioni all'elettrodo e dall'elettrodo cromo genico, provocando una variazione del colore del componente.



Criticità progettuali concernono La scelta del miglior trattamento (ad esempio, se basso-emissivo per ridurre le dispersioni invernali, se riflettente per ridurre le rientrate solari estive).

Doppi trattamenti sono possibili, e quindi, ad esempio, trattamento riflettente in faccia 2 e trattamento basso-emissivo in faccia tre.

Pilkington K Glass™

Lastra interna e/o esterna	Parametri luminosi (%)		Parametri energetici (%)				Coefficiente di Shading			Valore U _g (W/m²K)
	Trasmissione	Riflessione	Trasmissione diretta	Riflessione	Absorbimento	Fattore Solare	Lunghezza d'onda corta	Lunghezza d'onda lunga	Totale	Riempimento con Argon
Composizione vetrocamera (4 mm Pilkington Optifloat™ Clear – 16 mm Argon – 4 mm lastra interna)										
Pilkington K Glass™	75	18	60	16	24	72	0,69	0,14	0,83	1,5
Pilkington Optitherm™ S3	80	13	54	26	20	61	0,62	0,08	0,70	1,1
Pilkington Optitherm™ S1	70	21	42	38	20	48	0,48	0,07	0,55	1,0
Composizione vetrocamera triplo (4 mm lastra esterna – 12 mm Argon – 4 mm Pilkington Optifloat™ Clear – 12 mm Argon – 4 mm lastra interna)										
Pilkington Optitherm™ S3	71	18	42	33	25	50	0,48	0,09	0,57	0,7
Composizione vetrocamera (6 mm lastra esterna – 16 mm Argon – 4 mm Pilkington Optifloat™ Clear)										
Pilkington Solar-E™	54	11	39	10	51	45	0,45	0,07	0,52	1,5
Pilkington Suncool™ Clear	65	22	40	32	28	43	0,46	0,03	0,49	1,1
Pilkington Suncool™ 70/40	71	10	39	28	33	43	0,45	0,04	0,49	1,1
Pilkington Suncool™ 70/35	70	16	35	35	30	37	0,40	0,03	0,43	1,0

RAFFRESCAMENTO PASSIVO: MATERIALI A CAMBIAMENTO DI FASE

La ricerca, per quanto concerne l'involucro edilizio, si concentra prettamente sull'efficacia in regime estivo, **mantengono la propria temperatura a livello del punto di fusione** durante la fase di accumulo energia in forma di calore latente, fino a quando non si completa il passaggio di fase.

Per un'efficace prestazione, sono necessari materiali che possiedono una temperatura di fusione vicina a quella desiderata in ambiente, mantenuta costante, all'aumentare della T esterna, **durante il passaggio di fase.**

Per T di fusione da 20 a 28° circa si sono imposti, due gruppi di materiali: gli **idrati di sale** e la **paraffina**, integrati in:

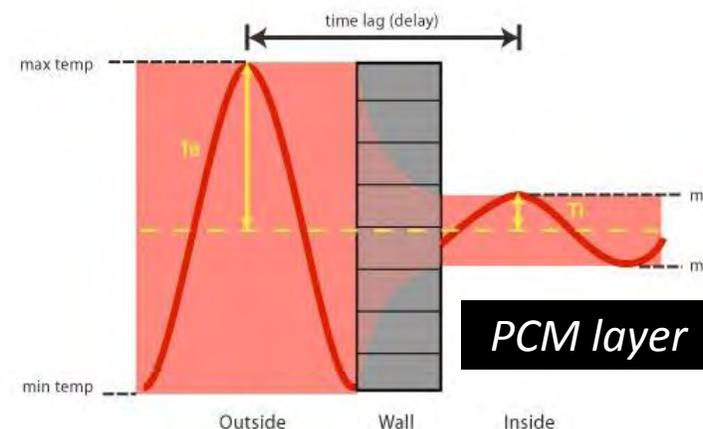
- **INTONACI**
- **IMPASTO DI BLOCCHI DI CALCESTRUZZO AUTOCLAVATO**
- **A RIEMPIMENTO FORI DI BLOCCHI DA TAMPONATURA**

In particolare, l'utilizzo di PCM può consentire:

- *incremento della capacità di accumulo delle pareti, senza ricorrere a materiali dall'elevata densità o elevato calore specifico (materiale di derivazione legnosa),*
- *riduzione dei carichi di picco e ampiezza dell'onda termica.*



Pertanto, la priorità deve essere data alla scelta idonea della "**Melting Temperature**", al fine di garantire la completa transizione di fase, **mentre molto meno pressante risulta la necessità di velocità del processo di scioglimento.**



RAFFRESCAMENTO PASSIVO: PARETI VENTILATE OPACHE

Una facciata ventilata opaca, **naturalmente ventilata**, è generalmente costituita (dall'esterno verso l'interno) da:

1. **Paramento murario esterno (in gres, pannelli plastici, metallici, pietra, etc).**
2. **Sottostruttura di ancoraggio ed intercapedine.**
3. **Isolante termico.**
4. **Paramento murario interno.**

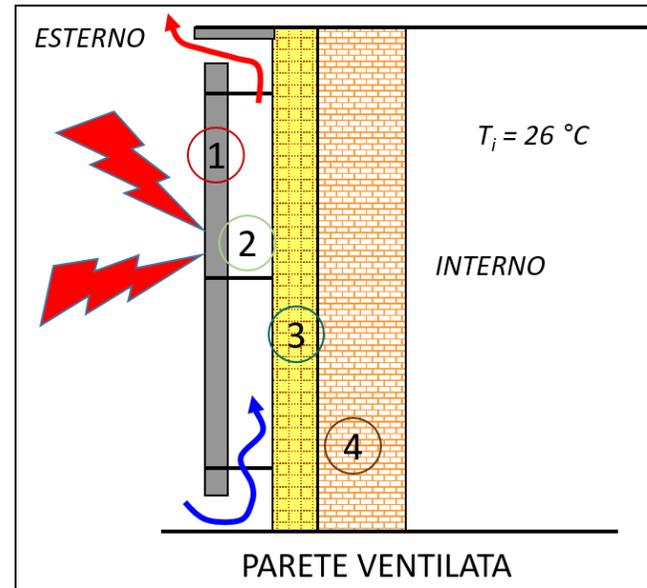
Il **moto ascendente** dell'aria nell'intercapedine è dovuto **all'effetto camino** che si genera all'interno della camera d'aria.

In particolare, il riscaldamento dell'intercapedine determina il **moto convettivo** dell'aria, che si riscalda all'interno della cavità e si sposta verso la parte alta.

Oltre ai benefici estivi (pareti est ed ovest), ci sono vantaggi invernali, quali isolante asciutto, valore architettonico. Costi a partire da circa 180 - 200 €/m²



FONTE: TECNOSUGHERI.IT

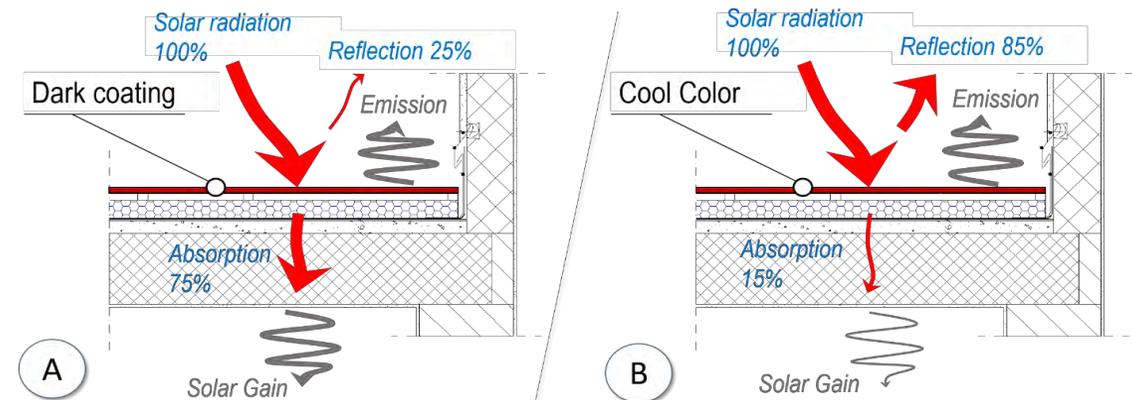
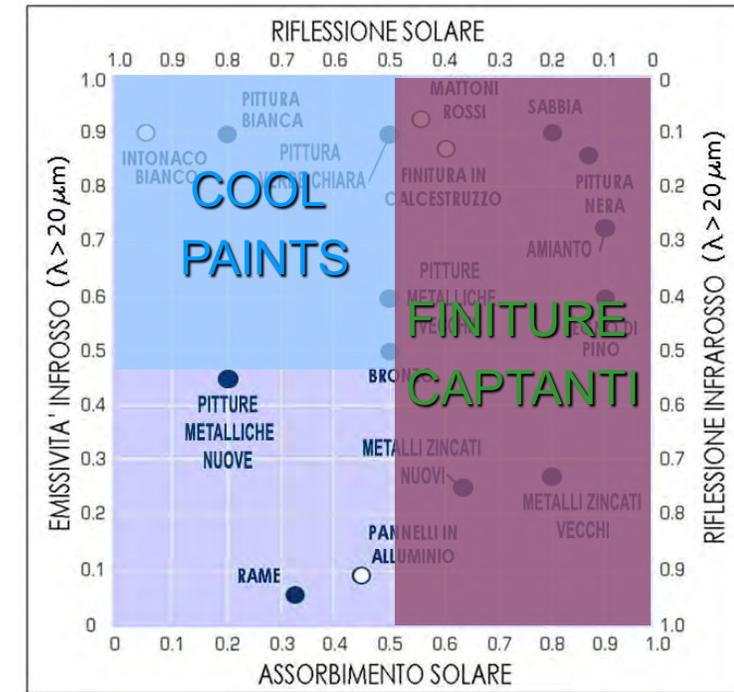


RAFFRESCAMENTO PASSIVO: COOL ROOFS

Ancora non contemplati dalla legge nazionale, ma inseriti in diversi piani energetici locali e regolamenti edilizi, i COOL – COATINGS consentono riduzione significativa delle rientrate termiche solari in regime estivo. In particolare, in edilizia risultano influenti i fattori di assorbimento/riflessione solare ed emissività nell'infrarosso.

$$T_{\text{SOLE-ARIA}} = T_{\text{ESTERNA}} + \left(\alpha_{\text{SOLARE}} \cdot I / h_{\text{LIM-ESTERNA}} \right) - \left(\epsilon_{\text{INFRAROSSO}} \cdot \Delta R / h_{\text{LIM-ESTERNA}} \right)$$

In regime invernale, sono significativi i guadagni termici gratuiti che competono agli involucri edilizi con finiture esterne (basso-riflettenti e/o basso-emissive) captanti la radiazione solare. Diversamente, le finiture esterne chiare ("cool paints"), caratterizzate da elevata emissività alle lunghezze d'onda ricadenti nell'infrarosso e alto fattore di riflessione rispetto all'intero spettro solare, offrono ottime prestazioni nella riduzione del fabbisogno energetico estivo.



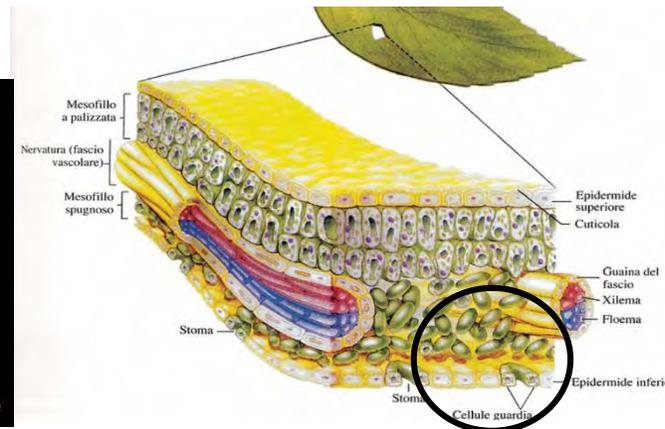
RAFFRESCAMENTO PASSIVO: GREEN ROOFS

Il tetto verde è un sistema tecnologico complesso, in cui lo strato vegetale è parte integrante della copertura. Una corretta progettazione consente numerosi vantaggi energetici ed ambientali:

1. in riferimento al microclima interno al singolo edificio ed al risparmio energetico.
2. per quanto concerne problematiche di più larga scala, quali ad esempio l'impatto benefico sulla riduzione delle isole di calore urbane, la qualità dell'aria, il sostegno al sistema di smaltimento acque reflue.

SEBBENE ALCUNI VANTAGGI VI SIANO ANCHE NELLA STAGIONE INVERNALE, IL CORRETTO FUNZIONAMENTO ESTIVO RICHIEDE OCSTI DI IRRIGAZIONE

$$W_{\text{traspirazione}} = \frac{(C_{\text{WATER(FOGLIA)}} - C_{\text{WATER(ARIA)}})}{r_s + r_b}$$



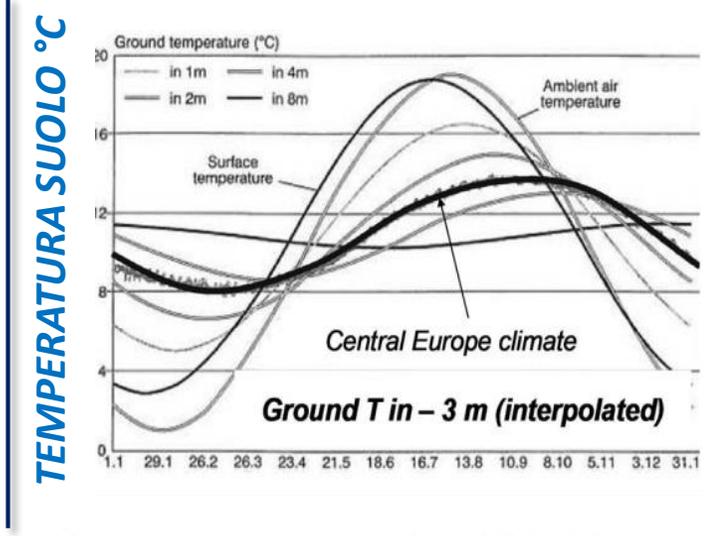
1. Inverdimento
2. Miscela di substrato
3. Telo di filtraggio
4. Strato drenante
5. Feltro di protezione meccanica, Membrana impermeabilizzante, Separazione con geotessile
6. Isolamento termico
7. Barriera al vapore
8. Soletta in calcestruzzo su solaio strutturale

RAFFRESCAMENTO PASSIVO: GROUND COOLING

Gli **scambiatori di calore interrati** consistono in uno o più tubi posti alcuni metri sotto il piano di campagna, con lo scopo di **pre-riscaldare** (in inverno) e, principalmente, **raffreddare** (in estate) l'aria di ventilazione. Il **principio fisico** è semplice: la temperatura del terreno, sotto i 4 – 5 metri, rimane quasi costante durante le stagioni, rendendo conveniente l'utilizzo di scambiatori geotermici superficiali.

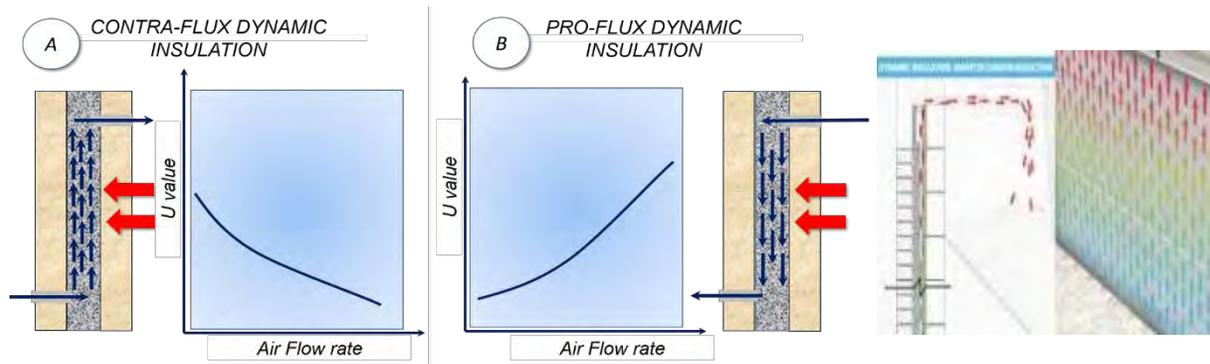
Il profilo della temperatura del terreno dipende da molteplici fattori, tra cui le sue proprietà chimico-fisiche, il clima e le condizioni di cielo.

- **REGIME INVERNALE.** In climi freddi, pre-riscaldamento aria di ventilazione.
- **REGIME ESTIVO.** Raffrescamento aria ventilazione, come pre-trattamento in ingresso UTA o direttamente con VMC.



RAFFRESCAMENTO PASSIVO: LE NUOVE FRONTIERE

ISOLAMENTO TERMICO DINAMICO



Uso di mezzi porosi come tamponature, con funzioni di isolamento variabile, filtrazione, gestione carichi



WIND CATCHERS

Ventilazione naturale e/o meccanica, attraverso captazione venti dominanti, raffrescati attraverso massa muraria o mediante umidificazione adiabatica



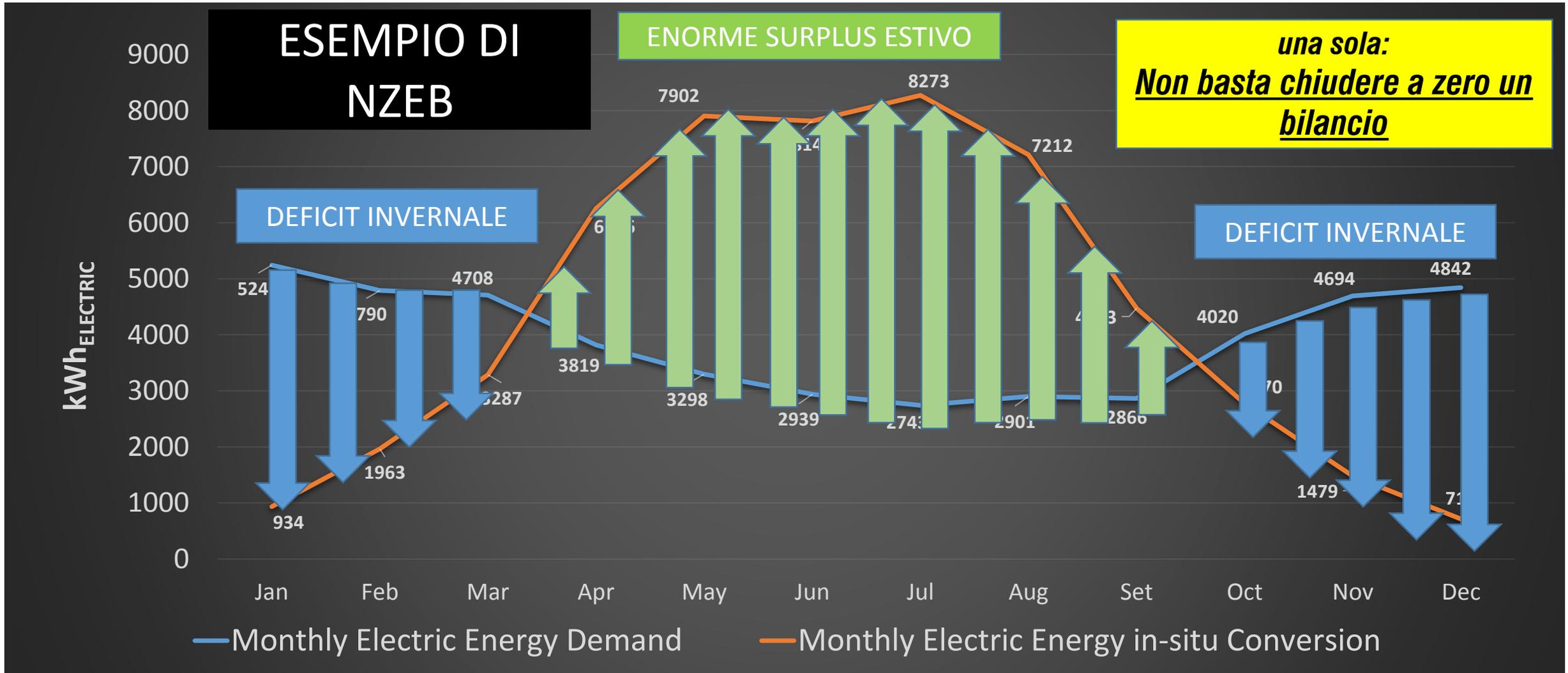
FACCIAE RESPONSIVE

Sono componenti dinamici di involucro edilizio, in grado di regolare automaticamente i flussi energetici in ingresso/uscita.

Esempi sono:

1. la trasparenza / traslucenza variabile in funzione dell'intensità della radiazione solare.
2. La movimentazione pannelli per schermatura dinamica parti di involucro trasparente.
3. La creazione percorsi d'aria per la gestione della ventilazione) variando con continuità le proprie proprietà fisiche.

Conclusioni



INVOLUCRO EDILIZIO: SCAMBI TERMICI E RAFFRESCAMENTO PASSIVO

FABRIZIO ASCIONE

Dipartimento di Ingegneria Industriale |
Università degli Studi di Napoli Federico II

GRUPPO DI RICERCA

FILIPPO DE ROSSI Università del Sannio in Benevento

NICOLA BIANCO Università di Napoli Federico II

GIUSEPPE PETER VANOLI Università del Sannio in Benevento

FABRIZIO ASCIONE Università di Napoli Federico II

ROSA F. DE MASI Università del Sannio in Benevento

CLAUDIO DE STASIO Università di Napoli Federico II

GERARDO MARIA MAURO Università di Napoli Federico II

