



*Con il contributo incondizionato di*



## **SUPERBONUS 110% - SOLUZIONI CON SISTEMI COSTRUTTIVI IN CALCESTRUZZO AERATO AUTOCLAVATO (CAA)**

*Conformi al Decreto C.A.M. e resistenti al fuoco*

**- CASI STUDIO -**

**Relatore:**

Ing. COLACI-DE VITIS Giuseppe

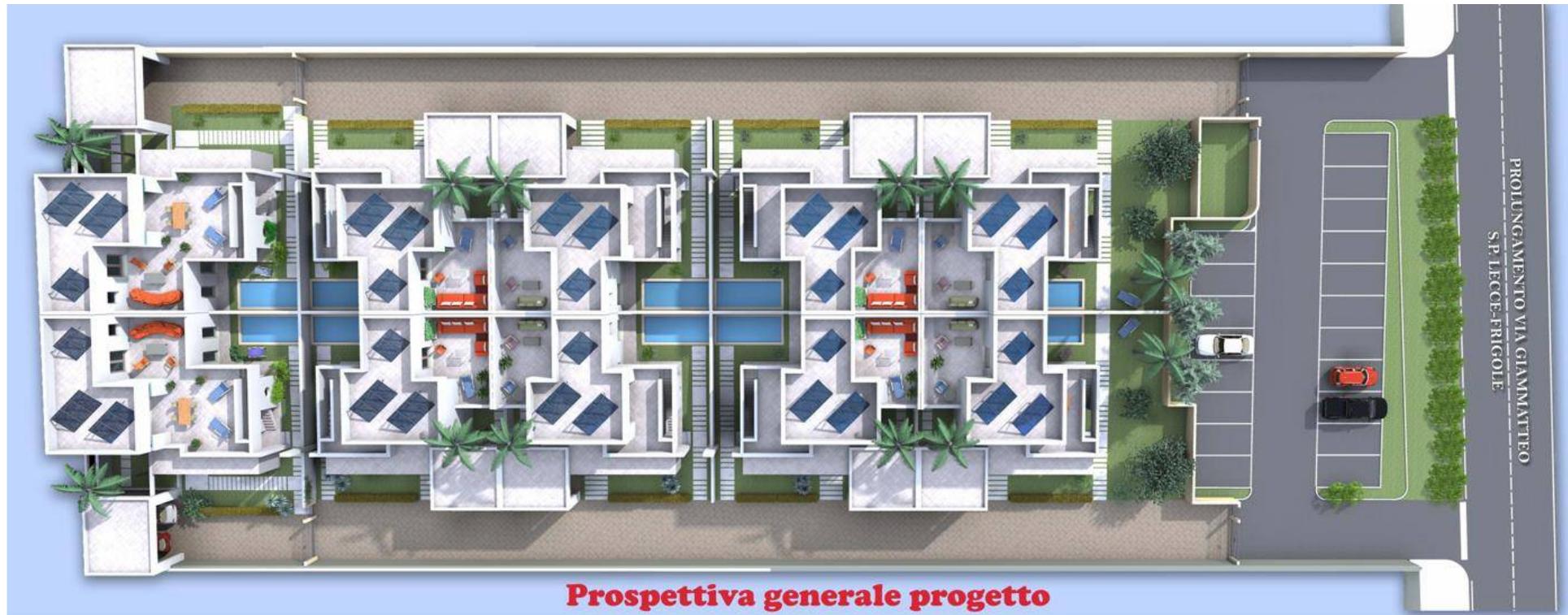
## Complesso di 10 ville 'CasaClima Gold'



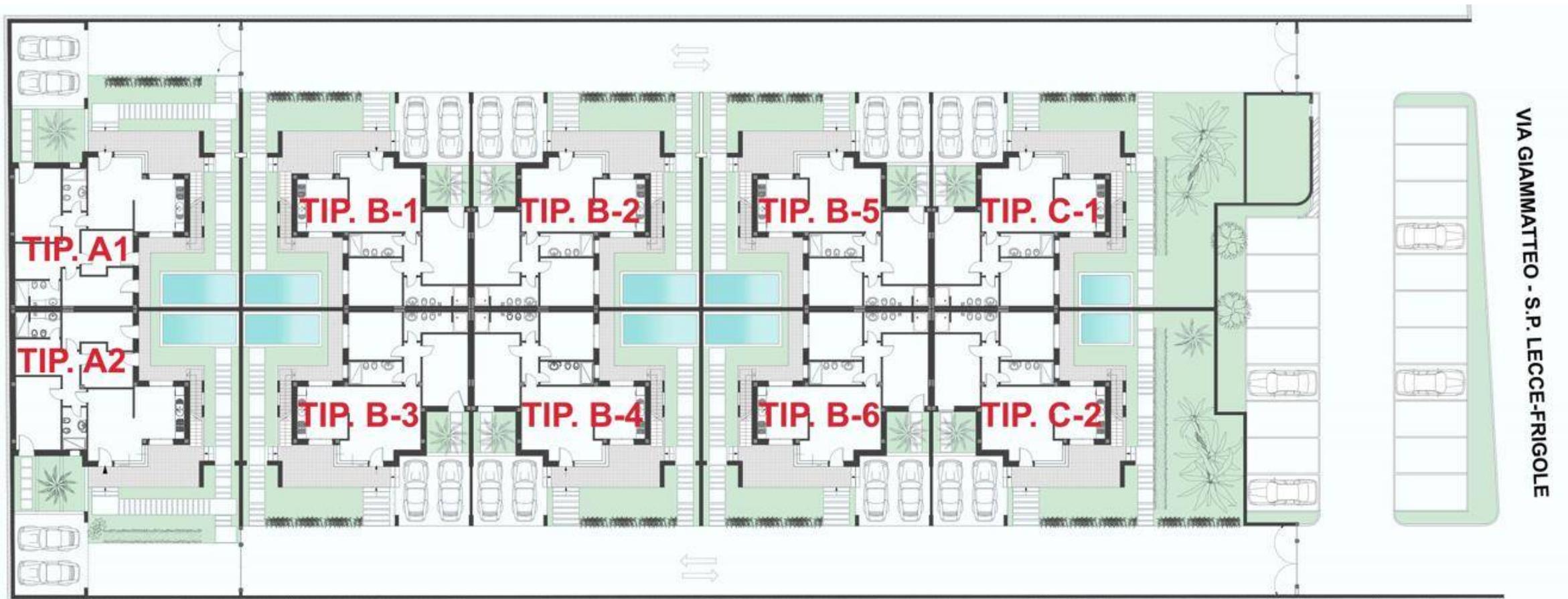
## Localizzazione



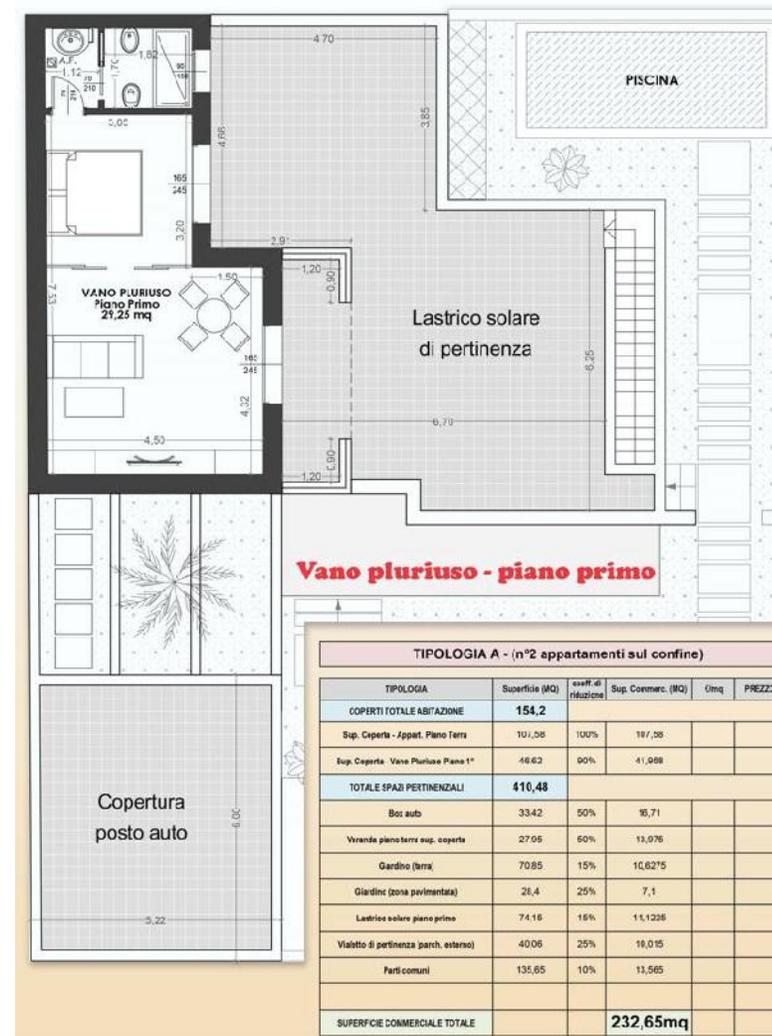
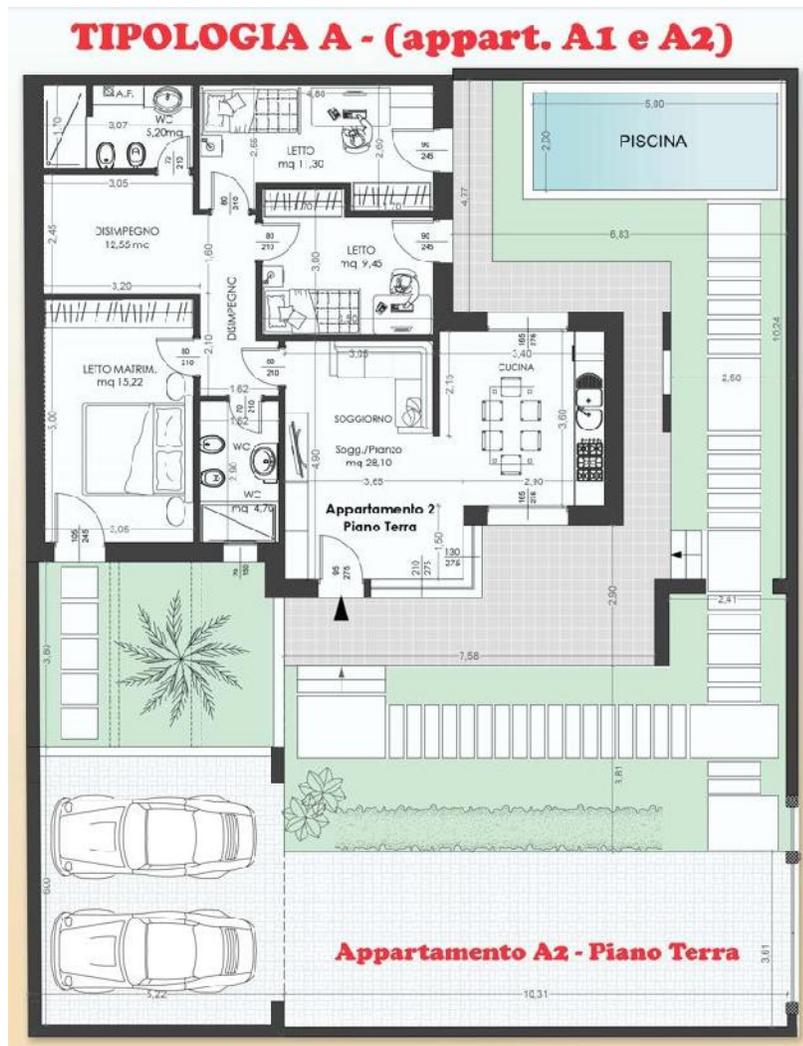
## Il Progetto



## Il Progetto



## Il Progetto



## Obiettivi del progetto: **Progettare e costruire edifici classificabili CasaClima Gold**

La classe CasaClima è definita dalla classe meno efficiente tra la classe di efficienza energetica dell'involucro e la classe di efficienza energetica complessiva come definito nella tabella seguente (edifici residenziali).



Classe CasaClima (*)	Efficienza Energetica Involucro  $EIN_{RES}$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	Fabbisogno Energia Primaria equiv. senza Raffrescamento  $EPSR_{RES}$ [kg CO <sub>2</sub> eqv /m <sup>2</sup> a]	Fabbisogno Energia Primaria equiv. di Raffrescamento (**)  $EPR_{RES}^{**}$ [kg CO <sub>2</sub> eqv /m <sup>2</sup> a]	Efficienza energetica complessiva con Raffrescamento  $EEC_{RES}$ (= $EPSR_{RES} + EPR_{RES}$ ) [kg CO <sub>2</sub> eqv /m <sup>2</sup> a]
Gold*	≤ 10	≤ 10	≤ 5	≤ 15
A*	≤ 30	≤ 20	≤ 10	≤ 30
B	≤ 50	≤ 35	≤ 15	≤ 50
C	≤ 70	≤ 50	≤ 20	≤ 70
D	≤ 90	≤ 65	≤ 25	≤ 90
E	≤ 120	≤ 90	≤ 30	≤ 120
F	≤ 160	≤ 120	≤ 40	≤ 160
G	> 160	> 120	> 40	> 160

Note:

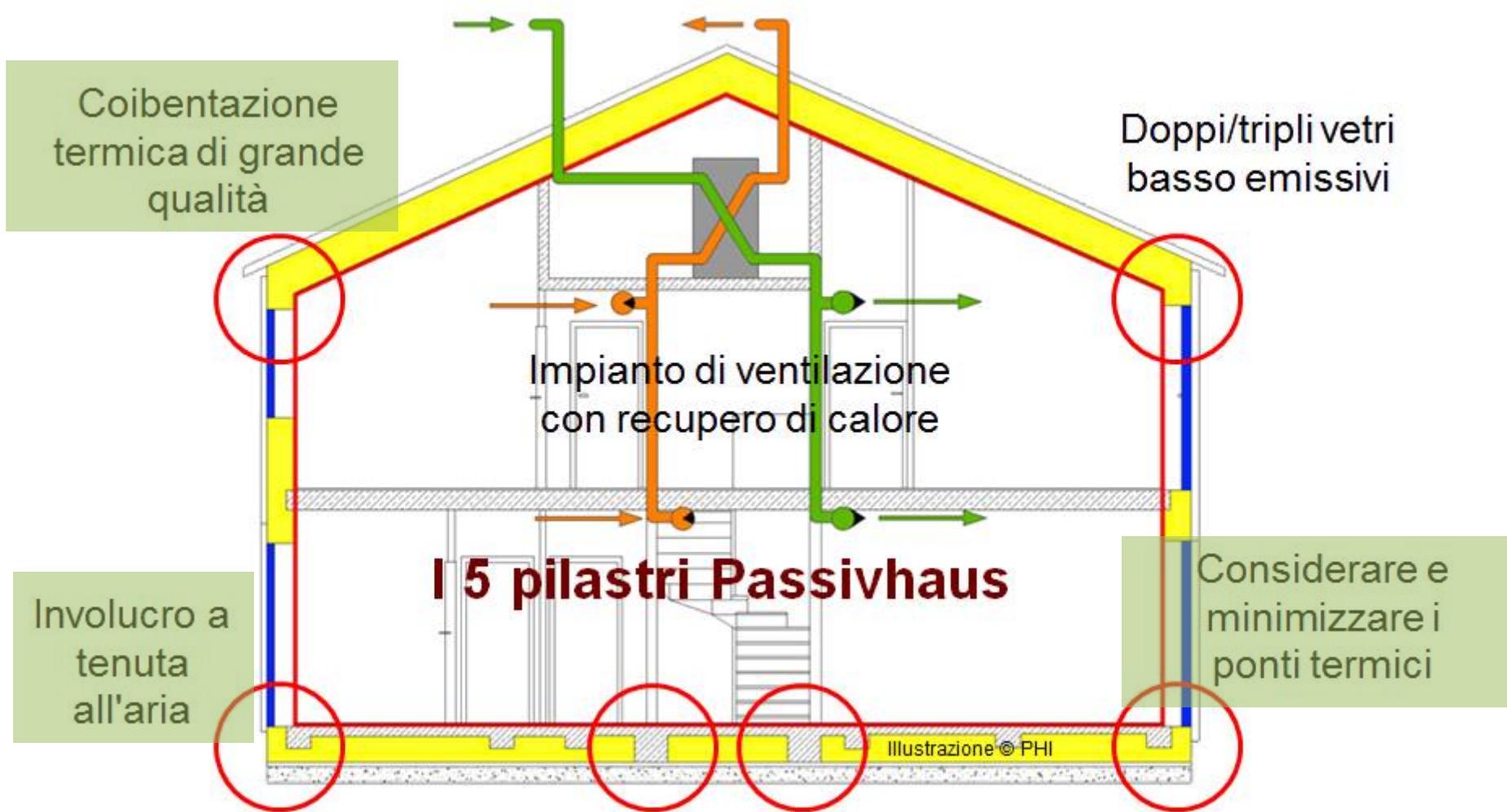
\* Un edificio della classe CasaClima A o Gold (efficienza energetica dell'involucro ed efficienza energetica complessiva) corrisponde alla definizione di „edificio ad energia quasi zero - nZEB“, ai sensi della Direttiva Europea 31/2010/UE Art.2, comma 2.

\*\* I limiti per il "fabbisogno Energia Primaria equivalente con raffrescamento" sono uguale a zero in assenza di un impianto di raffrescamento.

Simboli:

- $EIN_{RES}$  = Efficienza Energetica Involucro RESidenziale
- $EIN_{NRES}$  = Efficienza Energetica Involucro Non RESidenziale
- $EPSR_{RES}$  = Fabbisogno Energia Primaria Equivalente Senza Raffrescamento RESidenziale
- $EPR_{RES}$  = Fabbisogno Energia Primaria Equivalente Raffrescamento RESidenziale
- $EEC_{RES}$  = Efficienza Energetica Complessiva ( $EPSR_{RES} + EPR_{RES}$ ) Residenziale riferita al capoluogo di Provincia
- $EEC_{RES,UBI}$  = Efficienza Energetica Complessiva ( $EPSR_{RES} + EPR_{RES}$ ) RESidenziale riferita all'ubicazione
- $EEC_{NRES}$  = Efficienza Energetica Complessiva ( $EPSR_{RES} + EPR_{RES}$ ) Non RESidenziale riferita al capoluogo di Provincia
- $EEC_{NRES,UBI}$  = Efficienza Energetica Complessiva ( $EPSR_{RES} + EPR_{RES}$ ) Non RESidenziale riferita all'ubicazione

Obiettivi del progetto: **Progettare e costruire edifici classificabili CasaClima Gold**





## Obiettivi del progetto: **Progettare e costruire edifici classificabili CasaClima Gold**

Per gli elementi strutturali opachi esposti all'irraggiamento solare diretto (pareti esterne e coperture) con valore  $U \geq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  per il rispetto della prestazione estiva valgono i seguenti limiti



ZONA CLIMATICA	SFASAMENTO	FATTORE DI ATTENUAZIONE (24h)
<b>A, B, C, D</b>	$\geq 12 \text{ h}$	$\leq 0,30$
<b>E, F</b> ( $\leq 4000 \text{ GG}$ )	$\geq 9 \text{ h}$	-
<b>F</b> ( $> 4000 \text{ GG}$ )	-	-

**Per il comportamento estivo interno, esclusivamente per le zone climatiche A, B, C, D, si richiede un'ammettenza interna  $Y_{11} \geq 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ . In caso di non rispetto di tale limite è richiesta l'installazione di un sistema di climatizzazione estiva.**

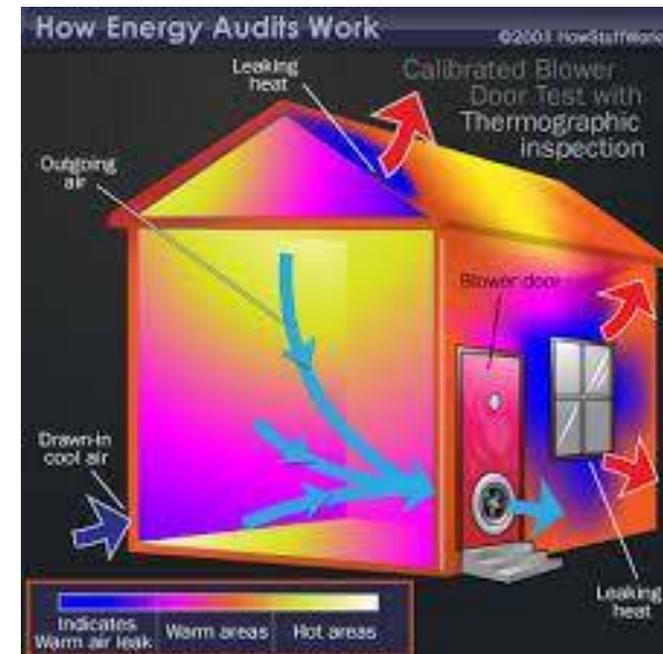
## Obiettivi del progetto: **Progettare e costruire edifici classificabili CasaClima Gold**

### Tenuta all'aria dell'involucro edilizio

Con il Blower-Door-Test viene misurata la tenuta all'aria dell'involucro edilizio, ovvero la permeabilità all'aria. Il requisito è richiesto per i soli edifici residenziali

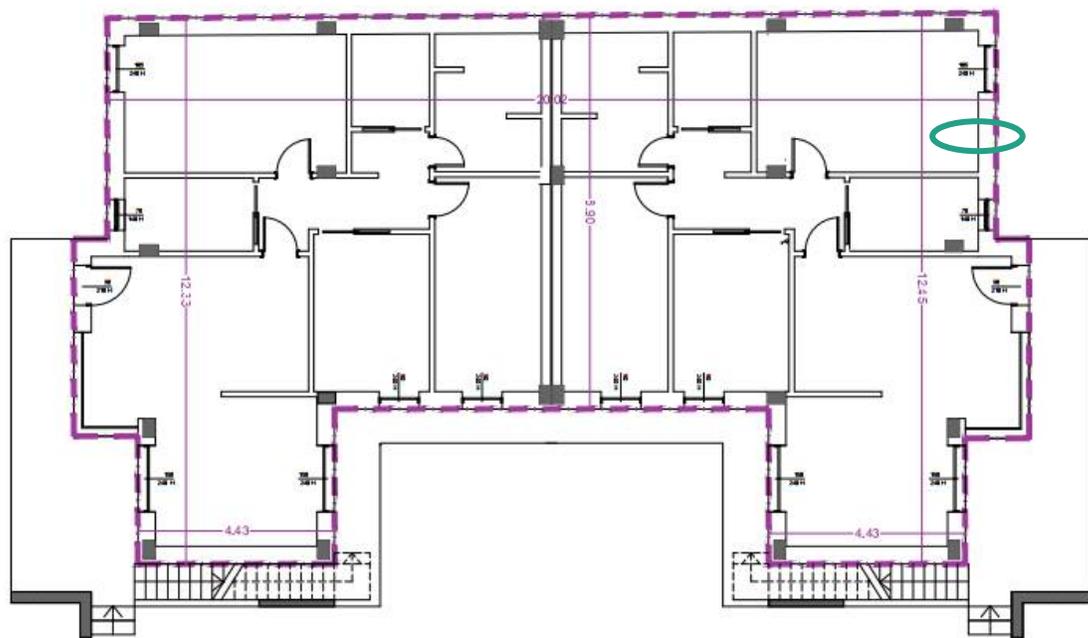
### Limiti da rispettare

Nel caso di edifici plurifamiliari il valore limite  $n_{50}$  finale dell'intero edificio deve essere calcolato come media dei valori ottenuti sulle singole unità abitative.

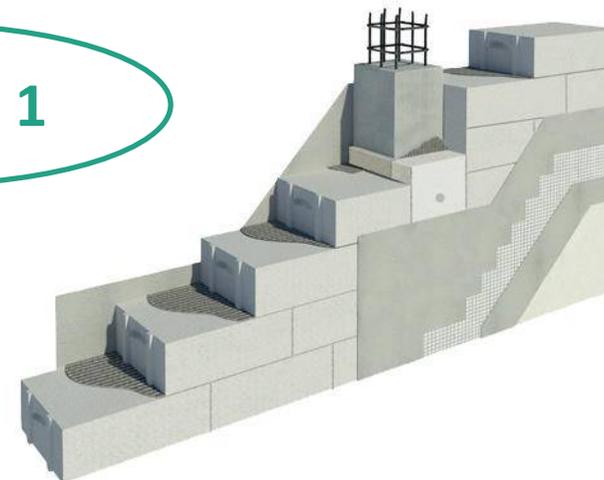


CLASSE EFFICENZA ENERGETICA DELL'INVOLUCRO	VALORI LIMITE
A e B	$n_{50,lim} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$
Gold	$n_{50,lim} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$

Opzioni: **Progettare e costruire edifici classificabili CasaClima Gold**



Opzione 1



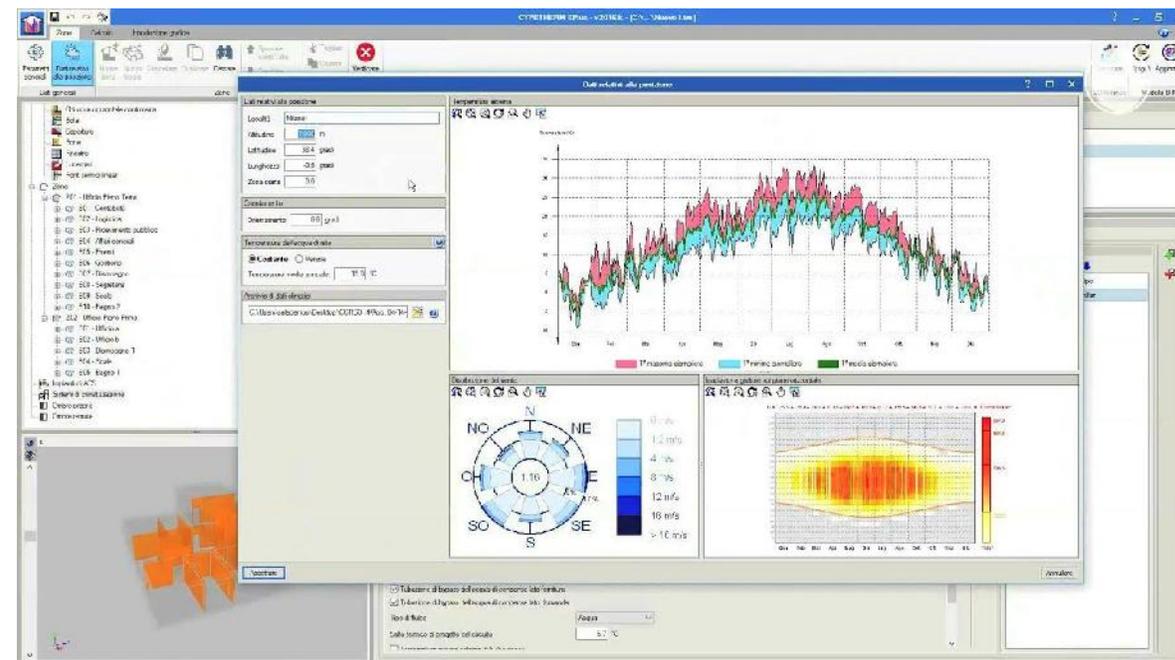
Opzione 2



## Parametri di scelta

- a) Trasmittanza termica **U**
- b) Trasmittanza termica Periodica **Y<sub>ie</sub>**
- c) Attenuazione **fa**
- d) Sfasamento  $\varphi$
- e) Energia interna (Energia trasmessa dalla struttura in regime estivo **E<sub>i</sub>**)

## Calcolo in Regime Dinamico



## Ricordiamo...

potenza termica entrante + potenza termica generata da sorgenti interne = potenza termica uscente + variazione dell'energia interna nell'unità di tempo

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + q'_g = c\rho \frac{\partial T}{\partial \tau}$$

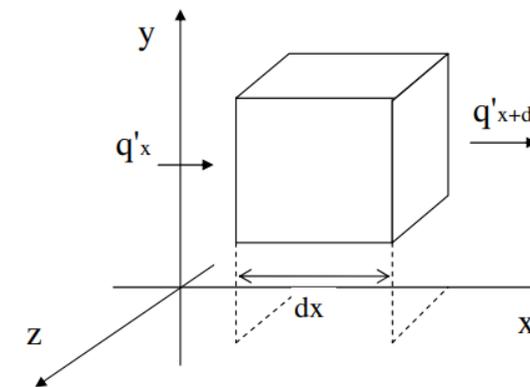
Con K uniforme e senza produzione di energia interna

Nel caso non si abbia generazione di calore interna al materiale (materiali non radioattivi), l'equazione generale della conduzione termica (dovuta a *Fourier* - 1822) per un materiale omogeneo ( $\lambda$  costante nelle 3 direzioni dello spazio) diventa:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\rho} \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad [\text{kelvin/secondo}]$$

- $c$ , calore termico specifico [J/kg·K]
- $\rho$ , densità di massa [kg/m<sup>3</sup>]

$\lambda$ ,  $c$  e  $\rho$  sono parametri fisici, caratteristici di ogni materiale.



## Ricordiamo...

$\lambda$  → **Conducibilità termica:**  
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

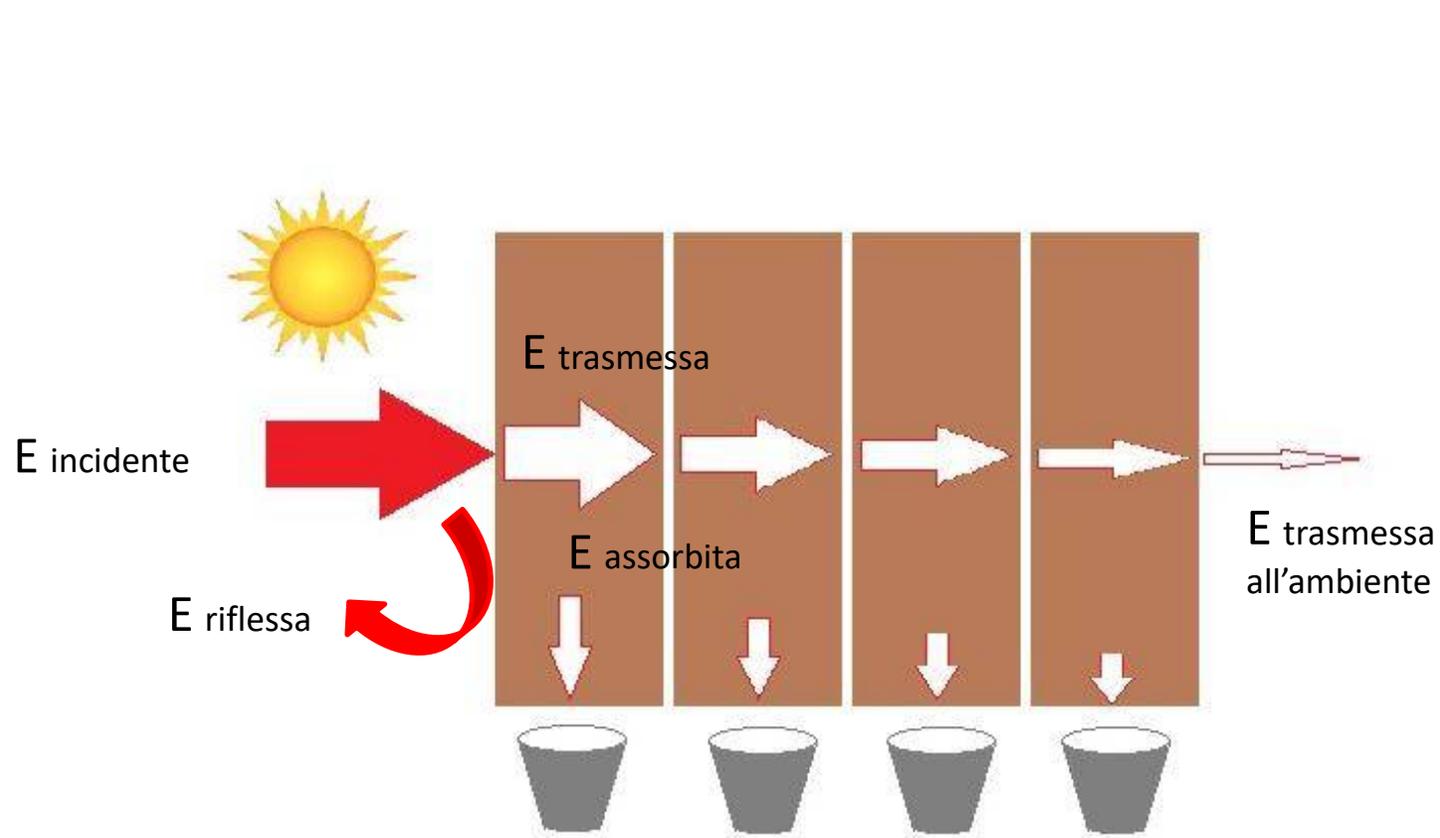
$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho c_p} = \frac{\text{calore trasmesso per conduzione}}{\text{calore immagazzinato}} = \text{diffusività termica}$$

**Diffusività termica** [m<sup>2</sup>/s]:

Un alto valore di diffusività termica indica una veloce propagazione del calore, mentre un valore basso indica che il calore è prevalentemente accumulato.

La diffusività termica è importante nello studio della conduzione termica in regime variabile nel tempo.

## Ricordiamo...



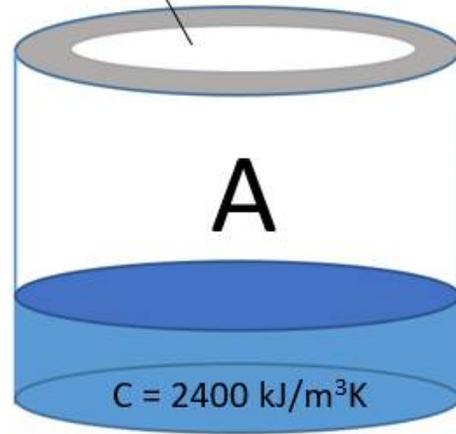
$$C = \rho * c$$

Ricordiamo...



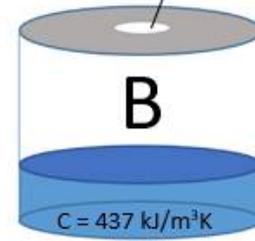
$$\alpha = 0,24 \text{ Ms}$$

$$\lambda = 2,16 \text{ W/mK}$$



Calcestruzzo

$$\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$$



Sughero Bruno

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



Materiale	Densità kg/m <sup>3</sup>	Calore Specifico J/kgK	Conduttività termica W/mK	Diffusività Termica m <sup>2</sup> /Ms
Calcestruzzo	2400	1000	2,16	0,90
Sughero Bruno	262	1670	0,04	0,09
EPS	18	1450	0,032	1,22



## Ricordiamo...

Purtroppo non è possibile trovare una soluzione esatta di questa equazione in una forma semplice del tipo:

$$t = t_0 + f(x, y, z, \tau)$$

e si può risolvere solo con metodi numerici approssimati che generalmente richiedono un calcolatore.

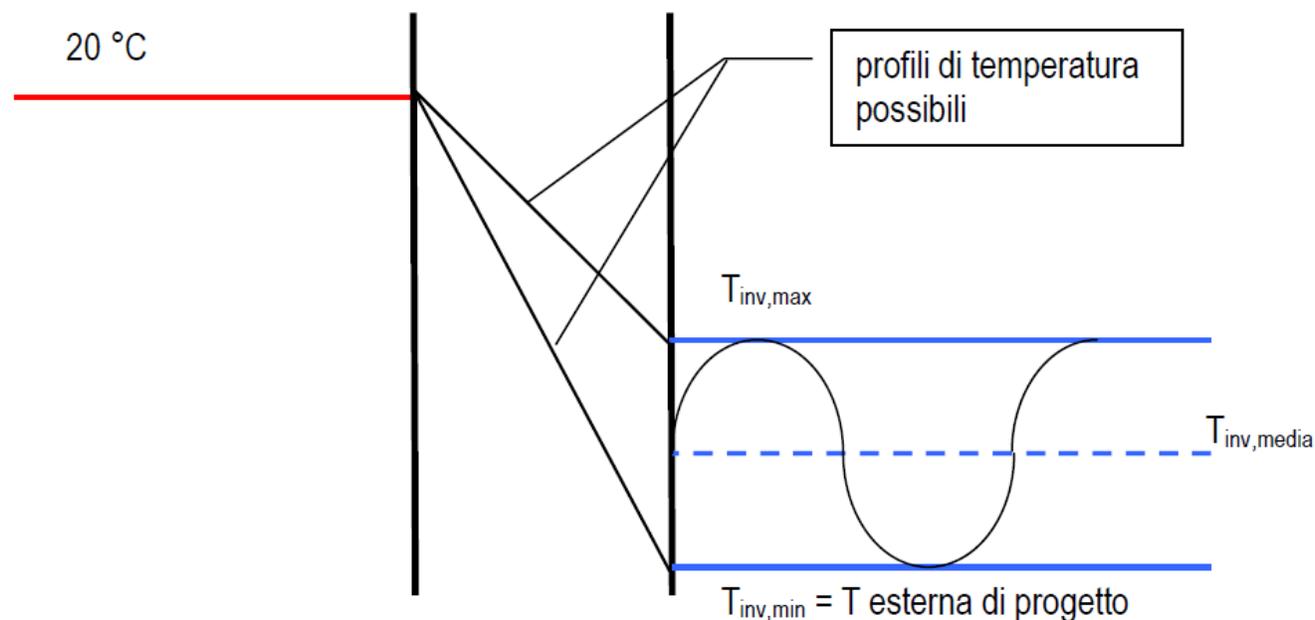
Si può però semplificare, nel caso siano verificate le seguenti ipotesi:

- 1) nel caso di “regime stazionario”, cioè di variazioni di temperatura non percettibili nell’unità di tempo, il primo membro dell’equazione si può trascurare in favore di sicurezza; tale situazione si verifica solo durante la stagione invernale nella quale la temperatura esterna è sempre inferiore della temperatura interna, facendo riferimento ad una temperatura esterna ipotizzata costante nei due casi:



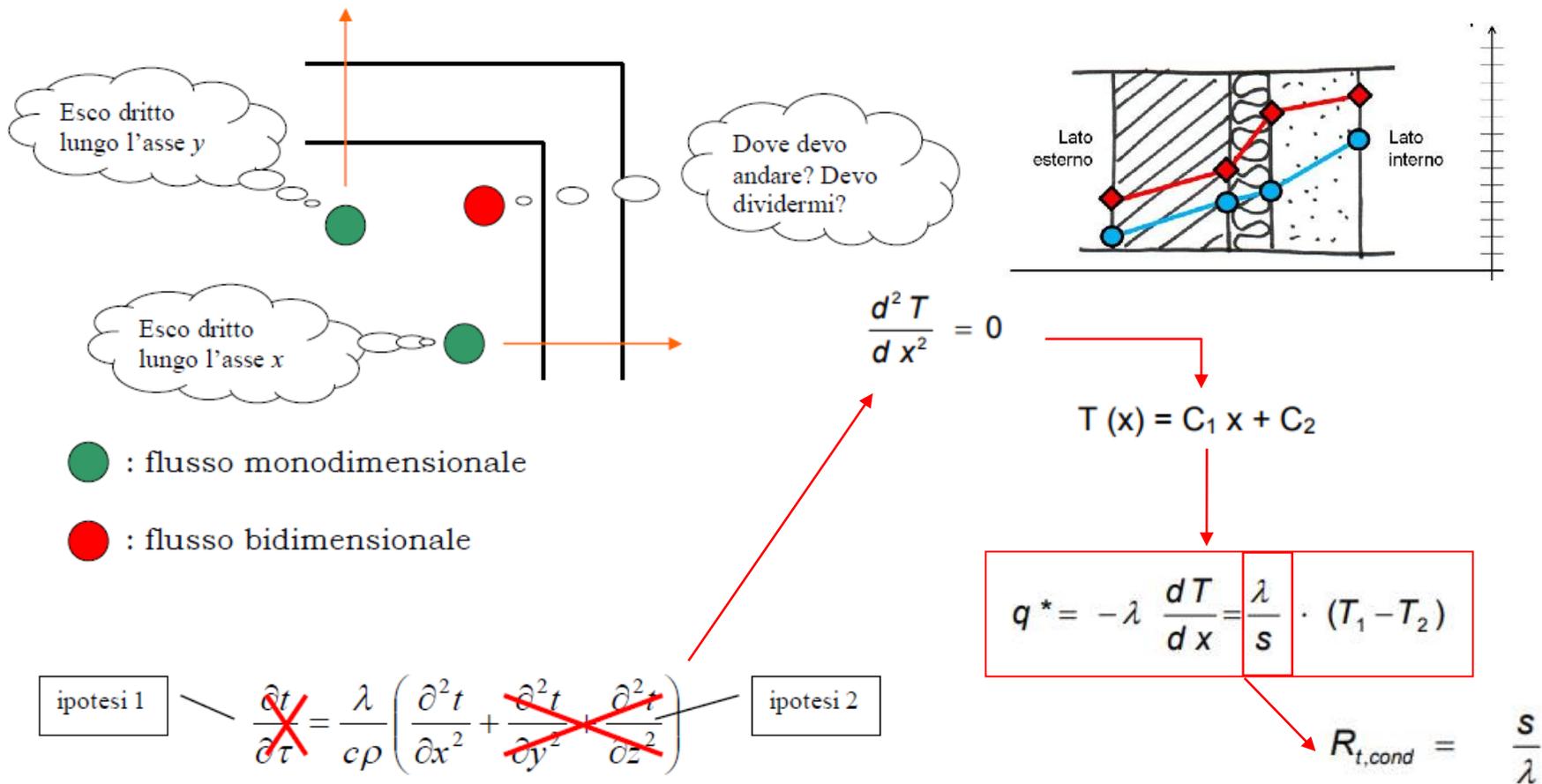
## Ricordiamo...

- temperatura invernale media (calcolabile grazie all'Allegato A del DPR 412/1993 e s.m.i.), per calcolare la globale energia impiegata per riscaldamento;
- temperatura esterna di progetto (da norme UNI 5364 e UNI EN 12831), per calcolare la massima potenza termica disperdibile dalla struttura.



## Ricordiamo...

- 2) nel caso di “flusso monodimensionale”, cioè di variazioni di temperatura in una sola direzione dello spazio, si annullano le due derivate rispetto agli assi  $y$  e  $z$ .



## Ricordiamo...

La trasmittanza termica risulta così definita:

Flusso di calore [W/m<sup>2</sup>K] che passa attraverso una struttura di 1 m<sup>2</sup> di superficie e con una differenza di temperatura tra i lati della struttura stessa pari ad 1K.



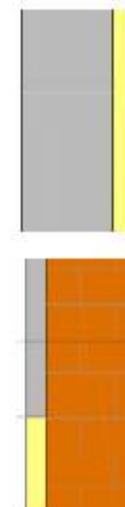
$$U = \frac{1}{R_T}$$

Strati omogenei

$$R_T = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

Strati omogenei ed eterogenei

$$R_T = \frac{R_T^I + R_T^{II}}{2}$$



Ricordiamo...

potenza termica entrante + potenza termica generata da sorgenti interne = potenza termica uscente + variazione dell'energia interna nell'unità di tempo

$$\frac{\partial}{\partial x}(\lambda \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\lambda \frac{\partial T}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(\lambda \frac{\partial T}{\partial z}) + H = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial \tau}$$



Con  $\lambda$  uniforme e senza produzione di energia interna

ipotesi 1  $\rightarrow$   ~~$\frac{\partial}{\partial x}(\lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}) + \frac{\partial}{\partial y}(\lambda \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}) + \frac{\partial}{\partial z}(\lambda \frac{\partial^2 T}{\partial z^2})$~~   $\rightarrow$  ipotesi 2

$$\frac{\partial T(x, t)}{\partial t} = \frac{\lambda}{\rho c} \frac{\partial^2 T(x, t)}{\partial x^2}$$

Distribuzione della temperatura

$\alpha$  Diffusività

$$q(x, t) = -\lambda \frac{\partial T(x, t)}{\partial x}$$

Flusso termico specifico

## Ricordiamo...

La distribuzione della temperatura all'interno di uno strato di materiale omogeneo soggetto ad un flusso termico monodimensionale è data dalla soluzione dell'equazione differenziale della diffusione di energia termica:



$$\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} = \frac{\rho \cdot c}{\lambda} \frac{\partial \vartheta}{\partial t}$$

dove:

$\vartheta$	Temperatura
$x$	Direzione di propagazione del flusso termico
$t$	Tempo

Per uno strato finito e con condizioni al contorno di **temperatura e flusso termico varianti col tempo secondo una legge armonica**, il flusso termico areico scambiato  $q_2$  e la temperatura  $\theta_2$  in corrispondenza ad una superficie possono essere correlati con il flusso scambiato  $q_1$  e con la temperatura  $\theta_1$  in corrispondenza della superficie opposta attraverso la seguente relazione matriciale

$$\begin{bmatrix} \hat{\vartheta}_2 \\ \hat{q}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \hat{\vartheta}_1 \\ \hat{q}_1 \end{bmatrix}$$

dove la matrice quadrata viene detta  
**“matrice di trasmissione o di trasferimento”**

Ricordiamo...

$$\begin{bmatrix} \hat{g}_2 \\ \hat{q}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \hat{g}_1 \\ \hat{q}_1 \end{bmatrix}$$

Gli elementi della matrice sono numeri complessi così calcolati:

$$Z_{11} = Z_{22} = \cosh(z)$$

$$Z_{12} = -\frac{d \cdot \sinh(z)}{\lambda \cdot z}$$

$$Z_{21} = \frac{\lambda \cdot z \cdot \sinh(z)}{d}$$

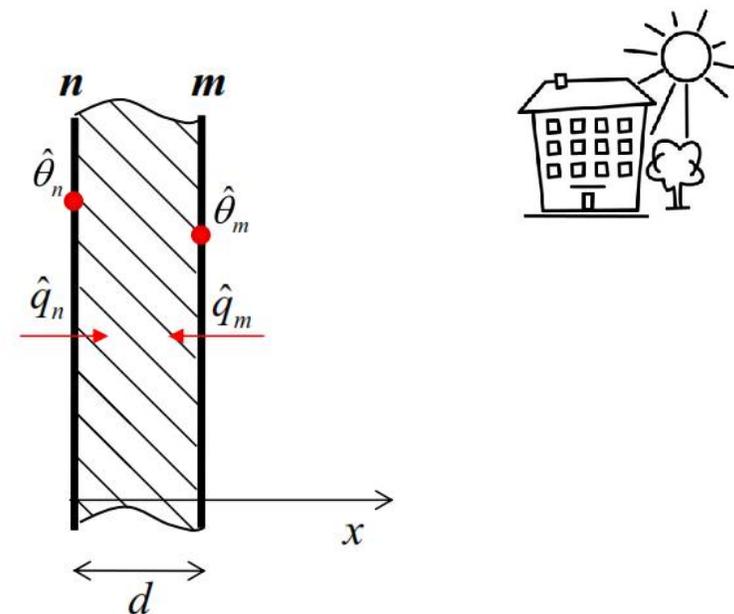
dove:

$$z = \xi + i\xi \text{ dove } i = \sqrt{-1} \text{ è l'unità immaginaria}$$

$$\xi = \frac{d}{\delta}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\lambda \cdot T}{\pi \cdot \rho \cdot c}}$$

Profondità di penetrazione periodica (profondità alla quale l'ampiezza della variazione di temperatura si riduce di un fattore e)



LEGENDA

d	[m]	Spessore dello strato
$\lambda$	[W/mK]	Conducibilità termica del materiale
c	[J/kg·K]	Capacità termica specifica
$\rho$	[kg/m³]	Densità
$\delta$	[m]	Profondità di penetrazione periodica di un'onda termica in un materiale
$\xi$	[-]	Rapporto tra lo spessore dello strato e la profondità di penetrazione
R	[m²K/W]	Resistenza termica dei singoli strati
$\chi$	[J/(m²·K)]	Capacità termica areica
$Y_{tra}$	[W/(m²·K)]	Ammettenza termica dinamica
$Z_{mn}$		Elemento della matrice di trasmissione del calore
$\Gamma$		Fattore di decremento
U	[W/(m²·K)]	Trasmittanza termica in regime stazionario
T	[s]	Periodo delle variazioni

## Ricordiamo...

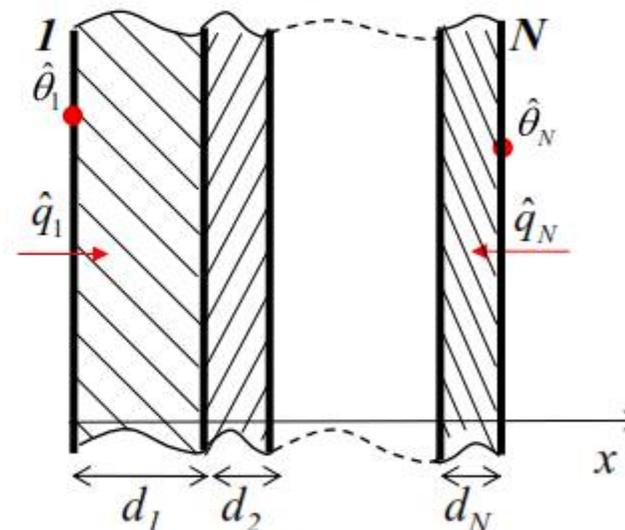
La matrice di trasferimento del componente edilizio da superficie a superficie è la seguente:

$$Z = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} = Z_N Z_{N-1} \dots Z_3 Z_2 Z_1$$

dove  $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_N$  sono le matrici di trasferimento dei vari strati del componente edilizio, a cominciare dallo strato 1. Per convenzione lo strato 1 di componenti dell'involucro edilizio è rappresentato dallo strato più interno.



- *Giacché il prodotto tra matrici non è commutabile, la disposizione degli strati influenza il comportamento globale della parete in regime transitorio!!!*  $[A][B] \neq [B][A]$



Strato d'intercapedine

$$Z_a = \begin{pmatrix} 1 & -R_a \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Resistenze superficiali

$$Z_s = \begin{pmatrix} 1 & -R_s \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

La resistenza termica dello strato di aria deve essere calcolata in accordo con la EN ISO 6946

dove  $R_s$  rappresenta la resistenza superficiale dello strato periferico, comprendente gli effetti di convezione e irraggiamento, in accordo con la EN ISO 6946.

## Ricordiamo...

**Trasmittanza termica periodica  $Y_{mn}$  ( $Y_{mn}$ ):** è un numero complesso definito come l'ampiezza del flusso termico attraverso la superficie del componente prospiciente la zona  $m$  ( $n$ ) rispetto all'ampiezza della variazione di temperatura nella zona  $n$  ( $m$ ), quando la temperatura nella zona  $m$  ( $n$ ) è mantenuta costante.

$$Y_{mn} = \frac{\hat{q}_n}{\hat{\theta}_m} \Big|_{\hat{\theta}_n=0} \quad Y_{12} = \frac{\hat{q}_2}{\hat{\theta}_1} \Big|_{\hat{\theta}_2=0} = -\frac{1}{Z_{12}}; \quad \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right)$$

$$Y_{nm} = \frac{\hat{q}_m}{\hat{\theta}_n} \Big|_{\hat{\theta}_m=0} \quad Y_{21} = \frac{\hat{q}_1}{\hat{\theta}_2} \Big|_{\hat{\theta}_1=0} = -\frac{1}{Z_{12}}; \quad \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right)$$

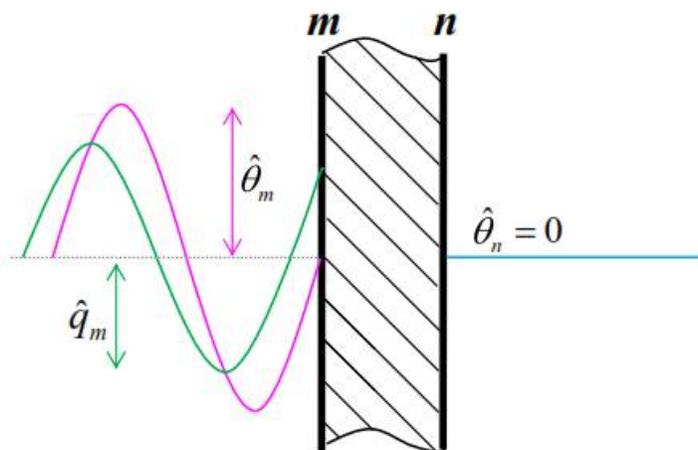
N.B.

Per definizione:

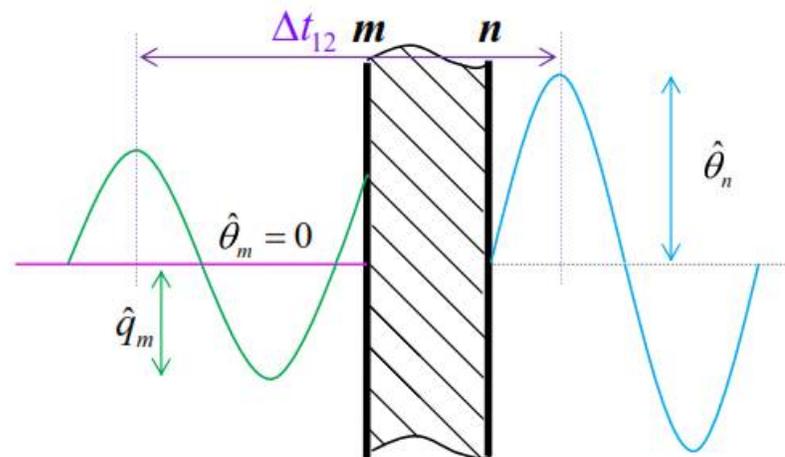
- $Y_{12} = Y_{21}$
- $Y_{11} \neq Y_{22}$



Ammettenza termica  $Y_{mm}$



Trasmittanza termica periodica  $Y_{mn}$



$$Y_{ie} = |Y_{12}| = 1/|Z_{12}|$$

## Ricordiamo...

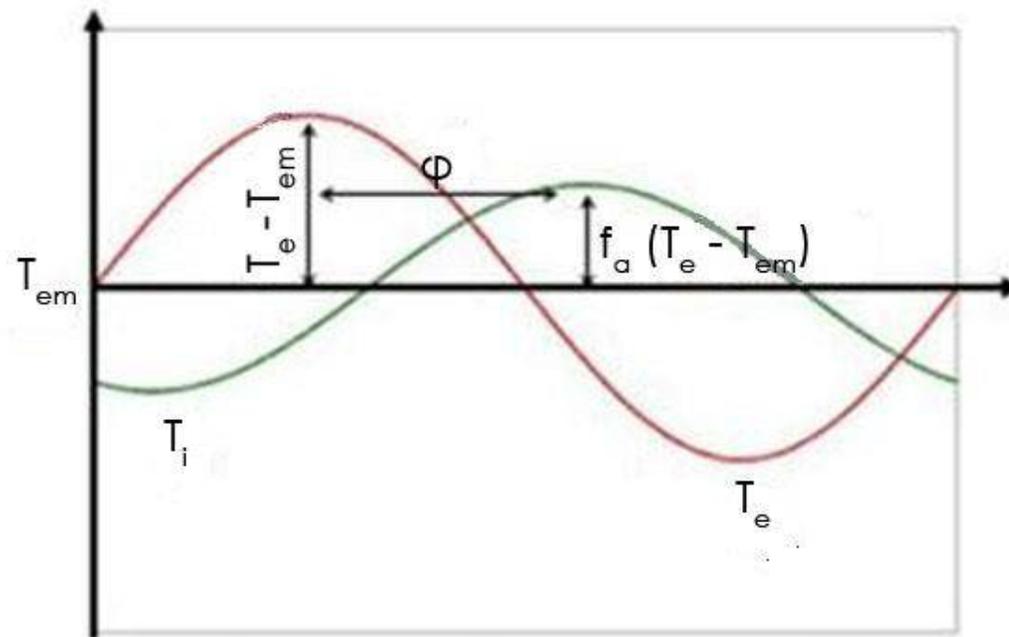
Il termine  $Y_{12}$  è un numero complesso : il **modulo** rappresenta la variazione dell'ampiezza rispetto alla forzante e l'argomento ne indica il ritardo. Da  $Y_{12}$  si ricavano Attenuazione e sfasamento.

Attenuazione:

$$fa = \frac{Y_{ie}}{U} \Rightarrow Y_{ie} = fa \times U$$

Sfasamento:

$$\varphi = \frac{P}{2\pi} \arg(Y_{ie})$$



Linea rossa - temperatura superficiale esterna estiva

Linea verde- temperatura superficiale interna estiva

$\varphi$  sfasamento dell'onda termica

$f_a$  - fattore di attenuazione dell'onda termica



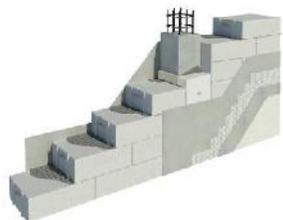
## Non dobbiamo guardare la foto ma il film



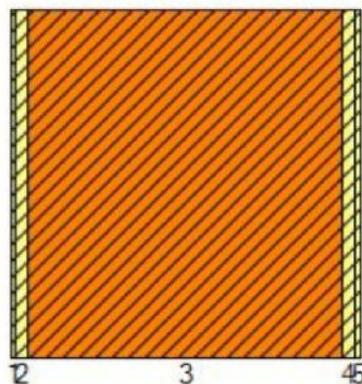
**Regime Stazionario Vs Regime Dinamico**



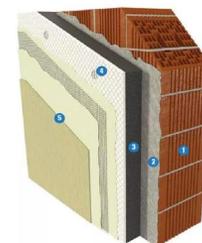
## Verifiche a confronto



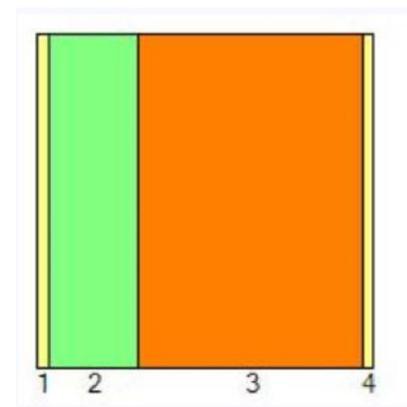
Opzione 1



Descrizione	Spessore s [m]	Densità ρ [kg/m³]	Conducibilità λ [W/mK]	Calore specifico c <sub>p</sub> [J/kgK]	Fattore resistenza vapore μ	Massa superficiale m <sub>s</sub> [kg/m²]	Resistenza invernale R <sub>i</sub> [m²K/W]	Resistenza estiva R <sub>e</sub> [m²K/W]	Spessore equivalente aria S <sub>d</sub> [m]	Diffusività α [m²/Me]
Superficie esterna							0,04	0,074		
Finitura armata per esterni Ytong WF100	0,004	1200	0,33	1000	25	4,8	0,012	0,012	0,1	0,275
Intonaco di fondo per interni/esterni Ytong LP120	0,015	1200	0,33	1000	20	18	0,045	0,045	0,3	0,275
Calcestruzzo aerato autoclavato Climagold 300 kg/m³	0,36	300	0,072	1000	7	108	5	5	2,52	0,24
Intonaco di fondo per interni/esterni Ytong LP120	0,015	1200	0,33	1000	20	18	0,045	0,045	0,3	0,275
Rasante per interni Ytong RY50	0,006	1400	0,47	1000	20	8,4	0,013	0,013	0,12	0,336
Superficie interna							0,13	0,125		

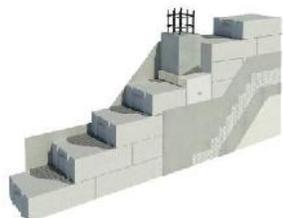


Opzione 2



Descrizione	Spessore s [m]	Densità ρ [kg/m³]	Conducibilità λ [W/mK]	Calore specifico c <sub>p</sub> [J/kgK]	Fattore resistenza vapore μ	Massa superficiale m <sub>s</sub> [kg/m²]	Resistenza invernale R <sub>i</sub> [m²K/W]	Resistenza estiva R <sub>e</sub> [m²K/W]	Spessore equivalente aria S <sub>d</sub> [m]	Diffusività α [m²/Me]
Superficie esterna							0,04	0,074		
Intonaco esterno	0,015	1800	0,9	1000	10	27	0,017	0,017	0,15	0,5
Polistirene espanso sinterizzato - EPS 80 - densità 14 - 16 kg/m³ a conducibilità termica migliorata	0,12	15	0,031	1450	60	1,8	3,871	3,871	7,2	1,425
Struttura in blocchi forati termici a fori vert. Rettif. sp.parete 30cm	0,3	693	0,319	1000	10	207,9	0,94	0,94	3	0,461
Intonaco di calce e gesso	0,012	1400	0,7	1000	10	16,8	0,017	0,017	0,12	0,5
Superficie interna							0,13	0,125		
Superficie interna							0,13	0,125		

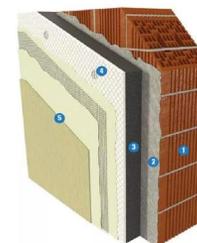
## Verifiche a confronto



**Opzione 1**

	Risultati
► Spessore s [m]	0,400
Massa superficiale $m_s$ [kg/m <sup>2</sup> ]	157,20
Massa superficiale esclusi intonaci [kg/m <sup>2</sup> ]	108,00
Resistenza R [m <sup>2</sup> K/W]	5,29
Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K]	0,189
Capacità termica totale $\kappa$ [kJ/m <sup>2</sup> K]	157,2

	Valori invernali	Valori estivi
► Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K]	0,189	0,188
Trasmittanza periodica $Y_{ie}$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,022	0,021
Attenuazione $f_a$	0,115	0,112
Sfasamento $\phi$	16h 7'	16h 22'
Capacità termica periodica interna $\kappa_i$ [kJ/m <sup>2</sup> K]	32,60	32,82
Capacità termica periodica esterna $\kappa_e$ [kJ/m <sup>2</sup> K]	33,69	32,33
Ammettenza interna $Y_{ii}$ [W/m <sup>2</sup> K]	2,379	2,397
Ammettenza esterna $Y_{ee}$ [W/m <sup>2</sup> K]	2,462	2,363



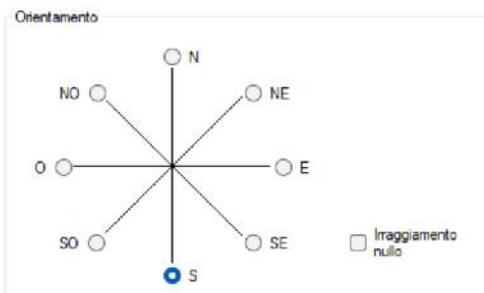
**Opzione 2**

	Risultati
► Spessore s [m]	0,447
Massa superficiale $m_s$ [kg/m <sup>2</sup> ]	253,50
Massa superficiale esclusi intonaci [kg/m <sup>2</sup> ]	209,70
Resistenza R [m <sup>2</sup> K/W]	5,01
Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K]	0,199
Capacità termica totale $\kappa$ [kJ/m <sup>2</sup> K]	254,3

	Valori invernali	Valori estivi
► Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K]	0,199	0,198
Trasmittanza periodica $Y_{ie}$ [W/m <sup>2</sup> K]	0,022	0,022
Attenuazione $f_a$	0,109	0,109
Sfasamento $\phi$	12h 25'	12h 38'
Capacità termica periodica interna $\kappa_i$ [kJ/m <sup>2</sup> K]	44,55	45,15
Capacità termica periodica esterna $\kappa_e$ [kJ/m <sup>2</sup> K]	27,81	27,35
Ammettenza interna $Y_{ii}$ [W/m <sup>2</sup> K]	3,223	3,267
Ammettenza esterna $Y_{ee}$ [W/m <sup>2</sup> K]	2,020	1,987

# Verifiche a confronto

## Opzione 1



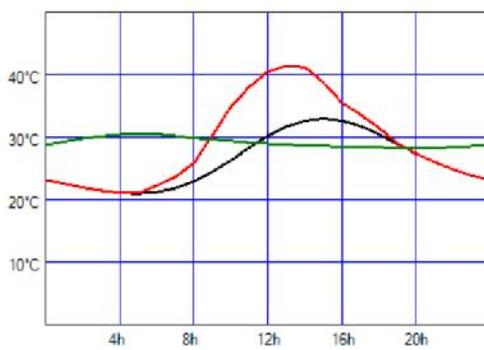
Superficie esterna

Colore:  chiaro  medio  scuro

$\alpha$  Fattore di assorbimento solare:

	Temperatura aria esterna [°C]	Irradianza [W/m²]	Temperatura superficiale esterna [°C]	Temperatura attenuata [°C]
1	22,56	0,0	22,56	29,28
2	21,96	0,0	21,96	29,79
3	21,48	0,0	21,48	30,15
4	21,12	0,0	21,12	30,42
5	21,00	2,4	21,05	30,53
6	21,24	45,4	22,25	30,50
7	21,84	82,2	23,67	30,23
8	22,92	129,4	25,79	29,87
9	24,48	260,1	30,26	29,66
10	26,28	385,1	34,84	29,42
11	28,32	437,9	38,05	29,14
12	30,24	462,1	40,51	28,96
13	31,68	437,9	41,41	28,81
14	32,64	385,1	41,20	28,68
15	33,00	260,1	38,78	28,57
16	32,64	129,4	35,51	28,49
17	31,80	82,2	33,63	28,42
18	30,48	45,4	31,49	28,36
19	28,92	2,4	28,97	28,30
20	27,36	0,0	27,36	28,26
21	26,04	0,0	26,04	28,25
22	24,84	0,0	24,84	28,39
23	23,88	0,0	23,88	28,55
24	23,16	0,0	23,16	28,78

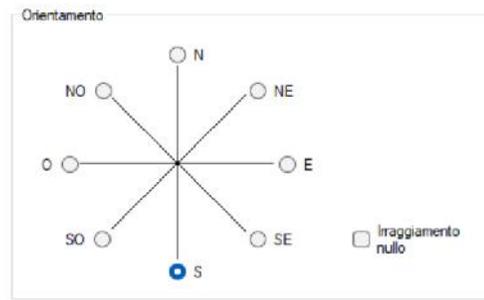
### Effetti di attenuazione e sfasamento



— Temperatura dell'aria esterna [°C]  
 — Temperatura superficiale esterna [°C]  
 — Temperatura attenuata [°C]

Analisi dinamica

## Opzione 2



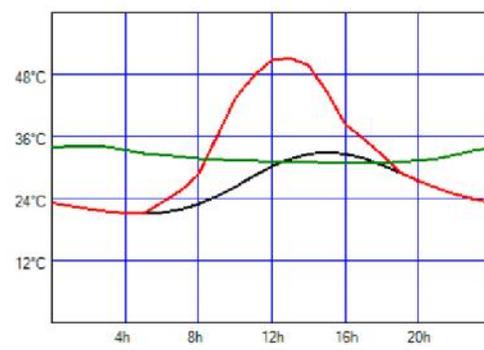
Superficie esterna

Colore:  chiaro  medio  scuro

$\alpha$  Fattore di assorbimento solare:

	Temperatura aria esterna [°C]	Irradianza [W/m²]	Temperatura superficiale esterna [°C]	Temperatura attenuata [°C]
1	22,56	0,0	22,56	34,11
2	21,96	0,0	21,96	34,15
3	21,48	0,0	21,48	34,00
4	21,12	0,0	21,12	33,43
5	21,00	2,4	21,10	32,76
6	21,24	45,4	23,26	32,44
7	21,84	82,2	25,49	32,12
8	22,92	129,4	28,67	31,74
9	24,48	260,1	36,04	31,56
10	26,28	385,1	43,39	31,41
11	28,32	437,9	47,78	31,28
12	30,24	462,1	50,78	31,18
13	31,68	437,9	51,14	31,10
14	32,64	385,1	49,75	31,04
15	33,00	260,1	44,56	30,97
16	32,64	129,4	38,39	30,92
17	31,80	82,2	35,45	30,88
18	30,48	45,4	32,50	30,88
19	28,92	2,4	29,02	31,11
20	27,36	0,0	27,36	31,36
21	26,04	0,0	26,04	31,70
22	24,84	0,0	24,84	32,50
23	23,88	0,0	23,88	33,31
24	23,16	0,0	23,16	33,78

### Effetti di attenuazione e sfasamento

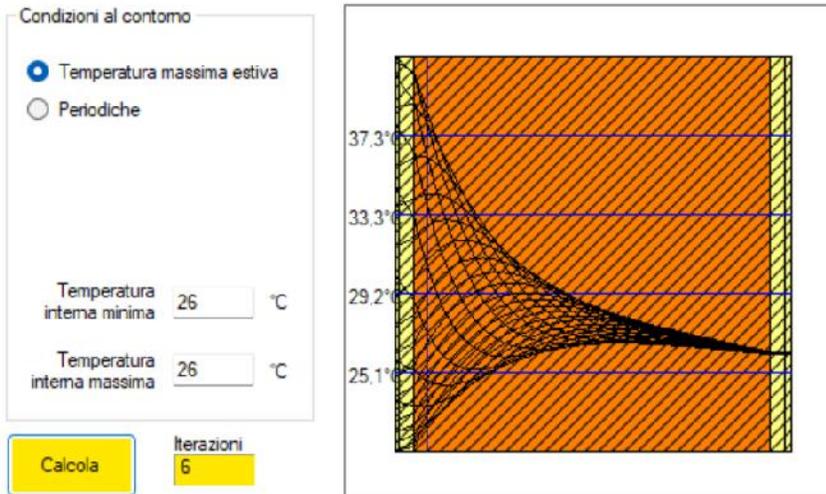


— Temperatura dell'aria esterna [°C]  
 — Temperatura superficiale esterna [°C]  
 — Temperatura attenuata [°C]

Analisi dinamica

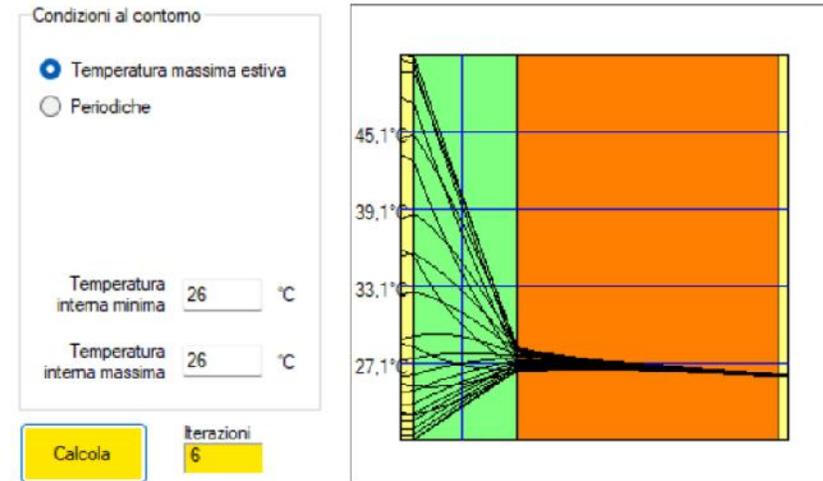
## Verifiche a confronto

### Opzione 1



Tsupl/TsupE	0,0027
PhiI/PhiE	0,0064
Energia esterna	51,4 kJ/m²
Energia interna	52,0 kJ/m²
Profondità di penetrazione	0,0316 m

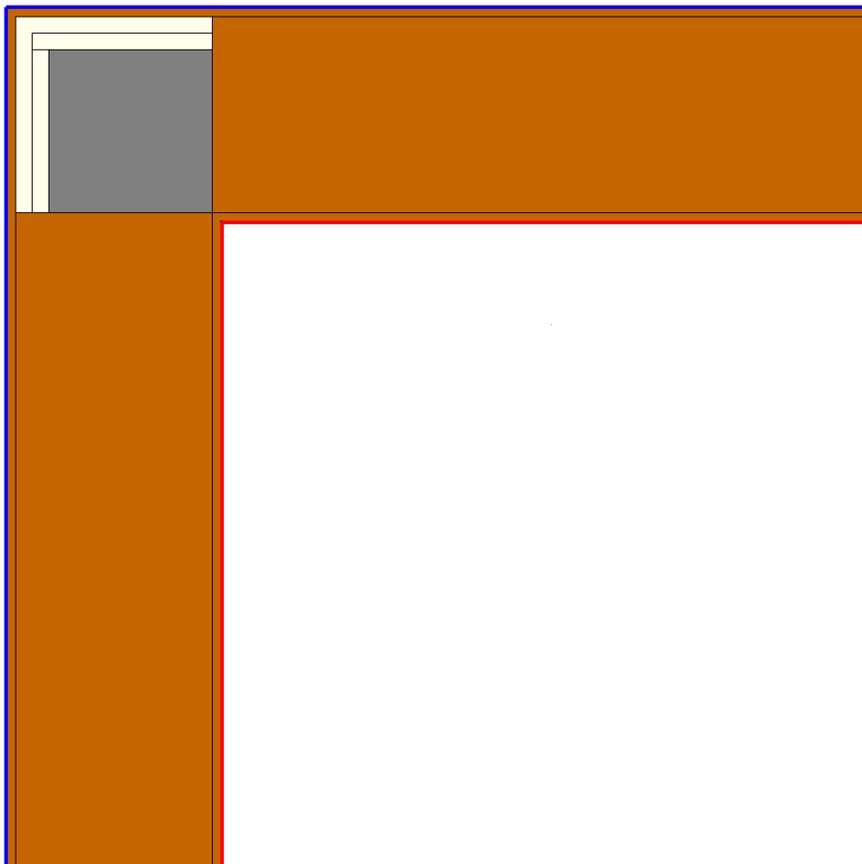
### Opzione 2



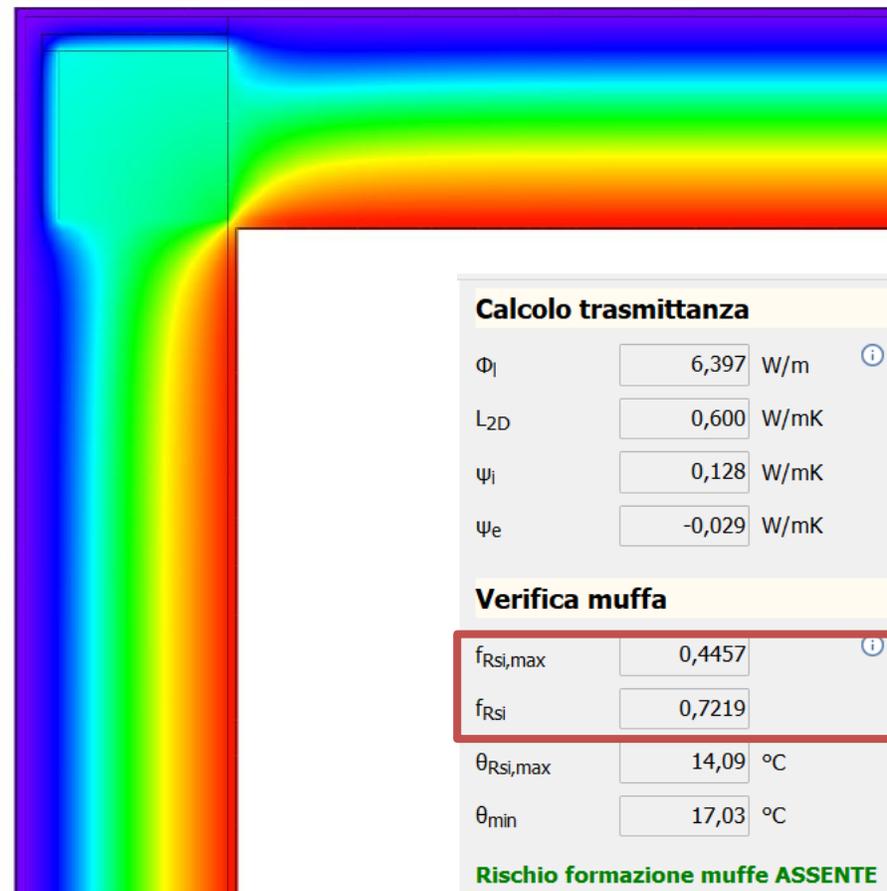
Tsupl/TsupE	0,0026
PhiI/PhiE	0,0057
Energia esterna	105,2 kJ/m²
Energia interna	104,5 kJ/m²
Profondità di penetrazione	0,0708 m



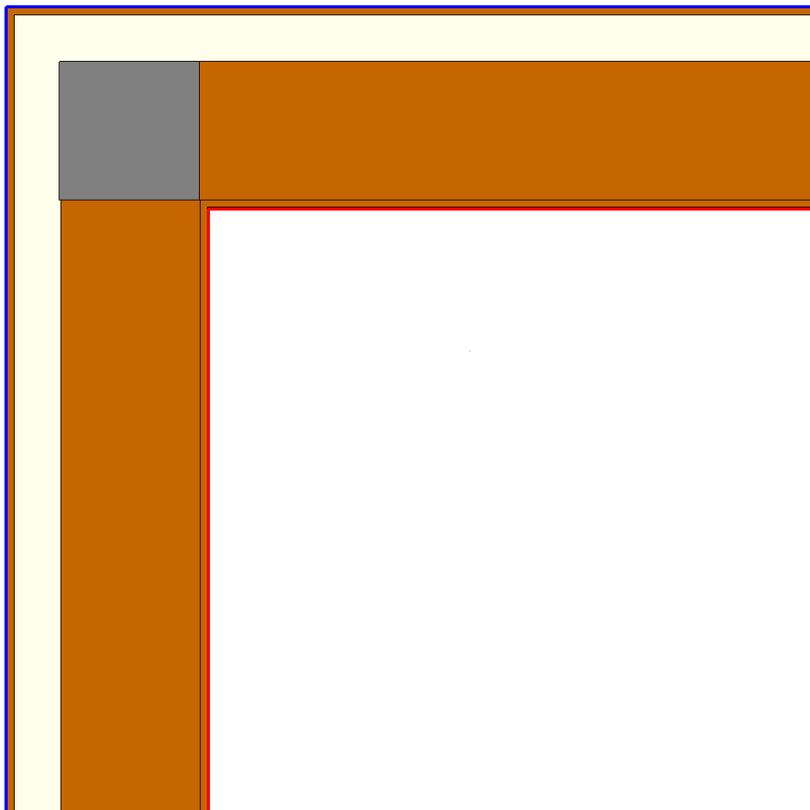
## Verifiche a confronto



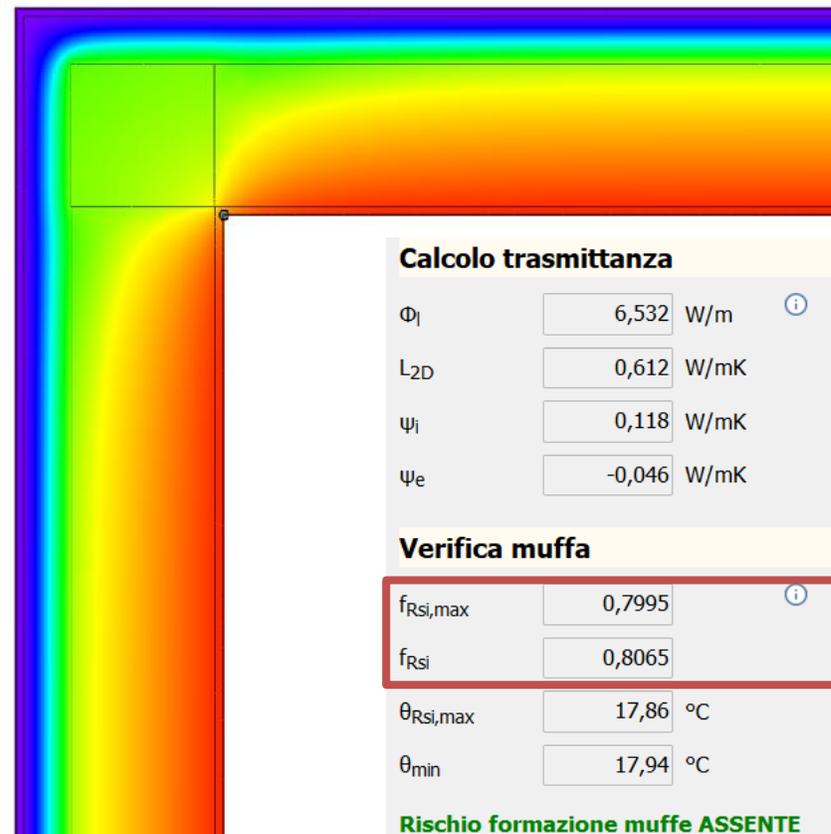
Opzione 1



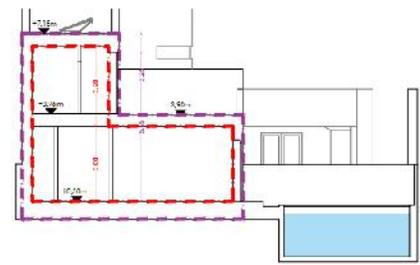
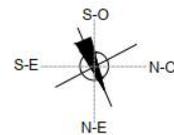
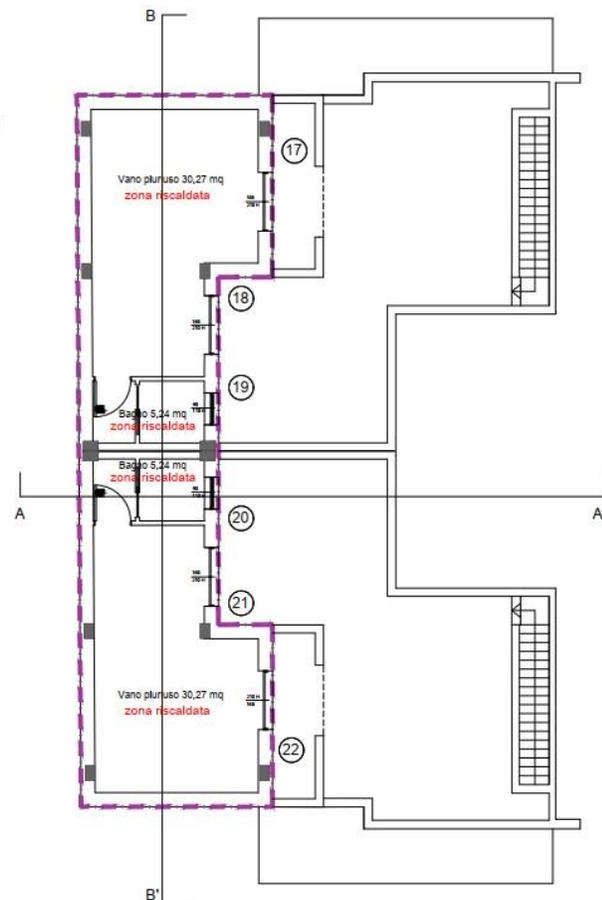
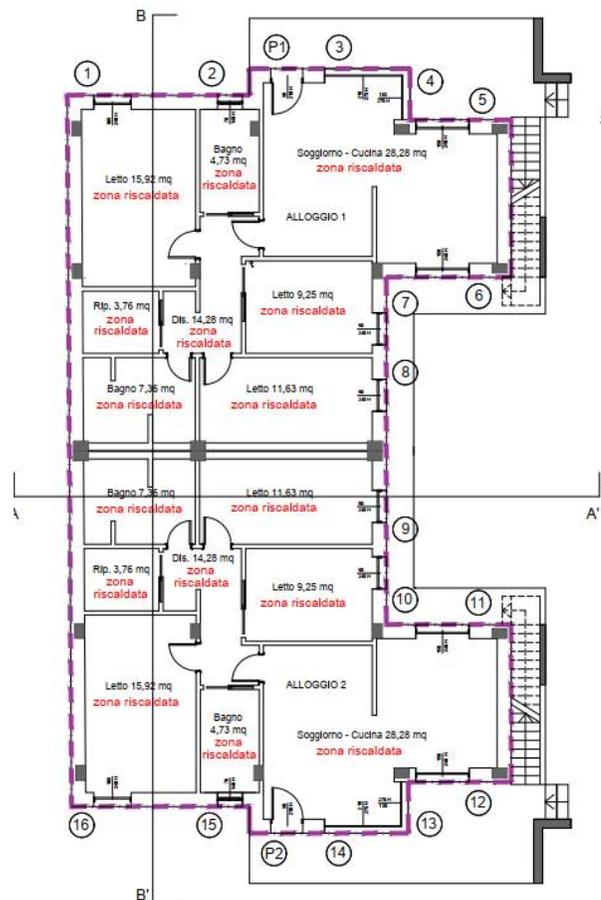
## Verifiche a confronto



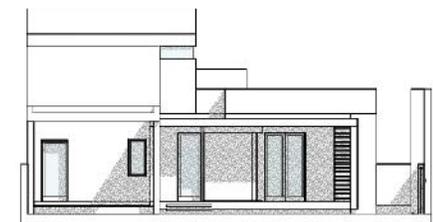
Opzione 2



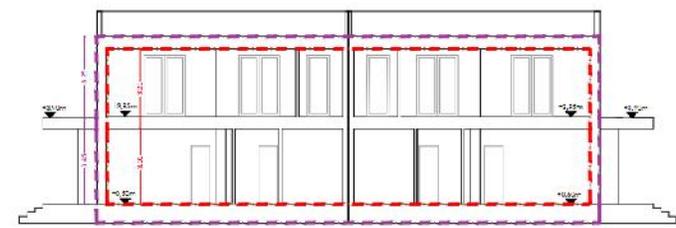
# Particolari costruttivi: Individuazione Involucro Termico



SEZIONE A-A'



PROSPETTIVE



SEZIONE B-B'

TOTALE VOLUME LORDO RISCALDATO: (901,18 + 305,27) = 1206,45 mc

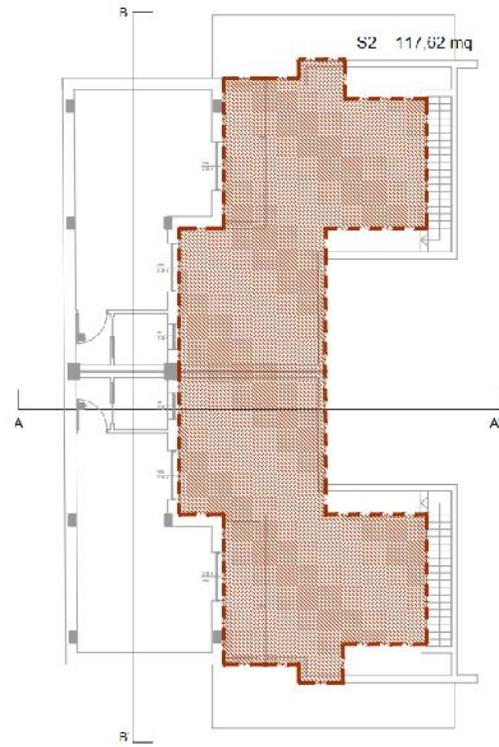
PIANO TERRA - VOLUME LORDO RISCALDATO: 216,63 mq x 4,16 m = 901,18 mc

PIANO PRIMO - VOLUME LORDO RISCALDATO: 93,93 mq x 3,25 m = 305,27 mc

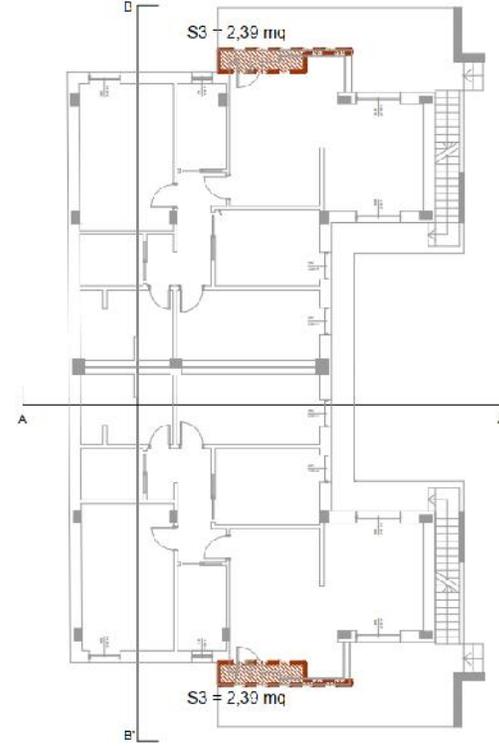
## Particolari costruttivi: Individuazione Involucro Termico



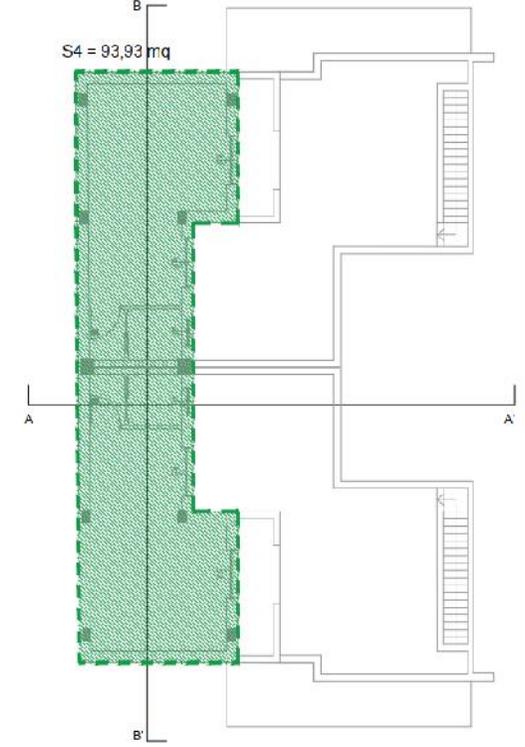
PIANO TERRA - PAVIMENTO VERSO TERRA = 216,63 mq



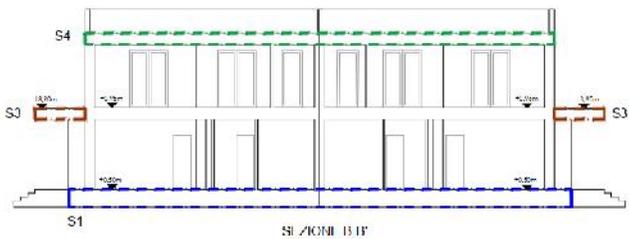
PIANO TERRA - SOFFITTO VERSO ESTERNO (TERRAZZO) = 117,62 mq



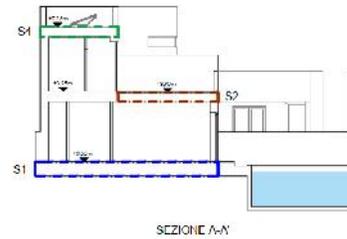
PIANO TERRA - SOFFITTO VERSO ESTERNO (PENSILINA) = 4,78 mq



PIANO PRIMO - SOFFITTO VERSO ESTERNO (COPERTURA) = 93,93 mq



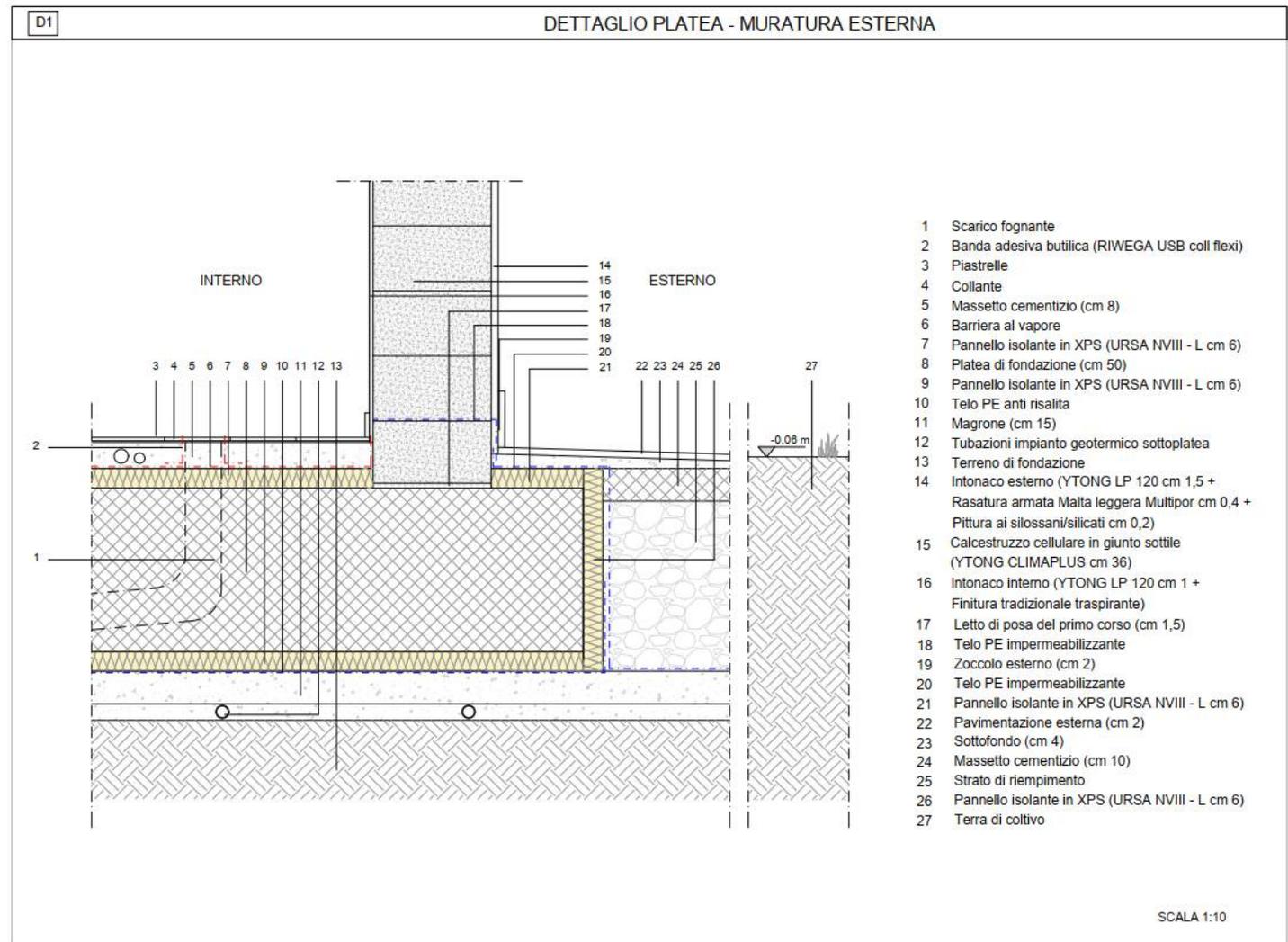
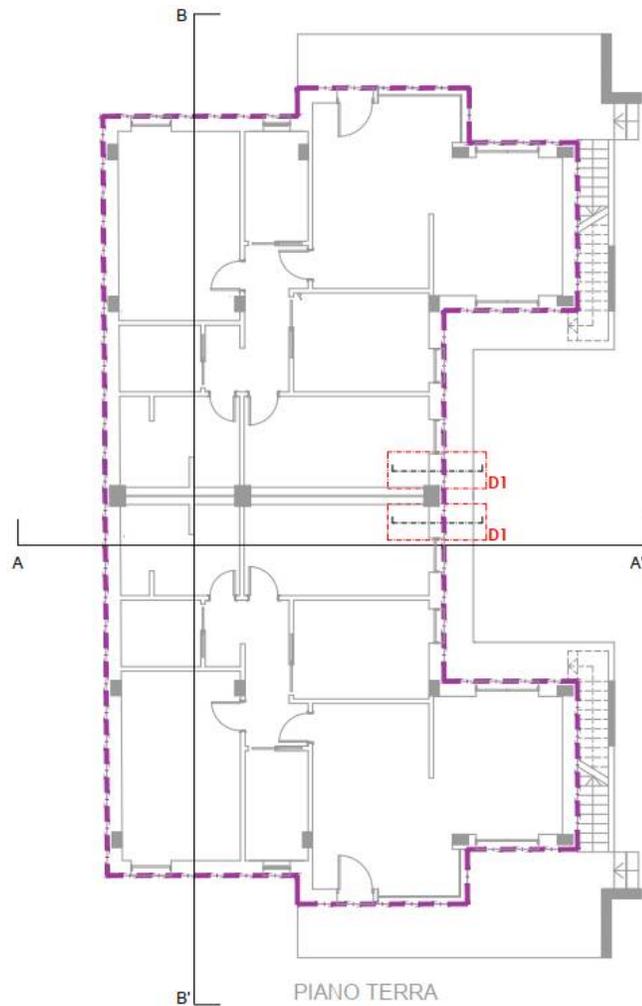
SEZIONI B-B'



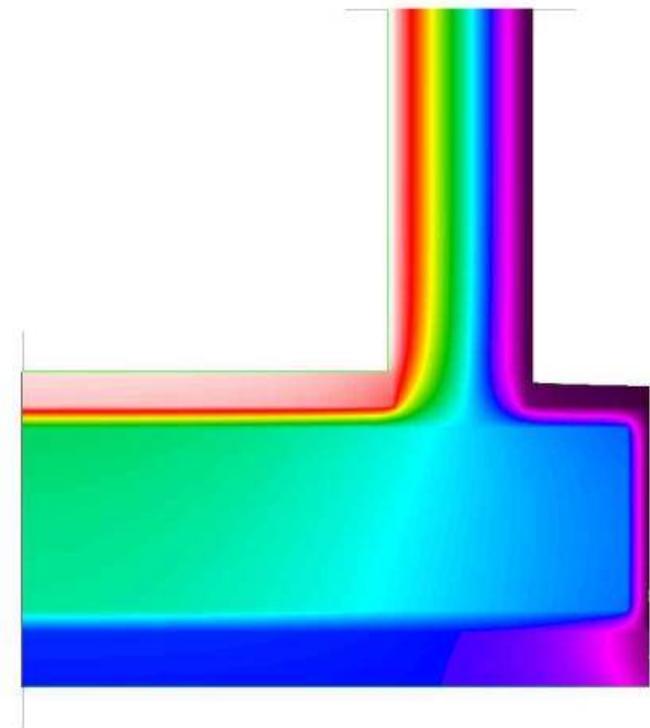
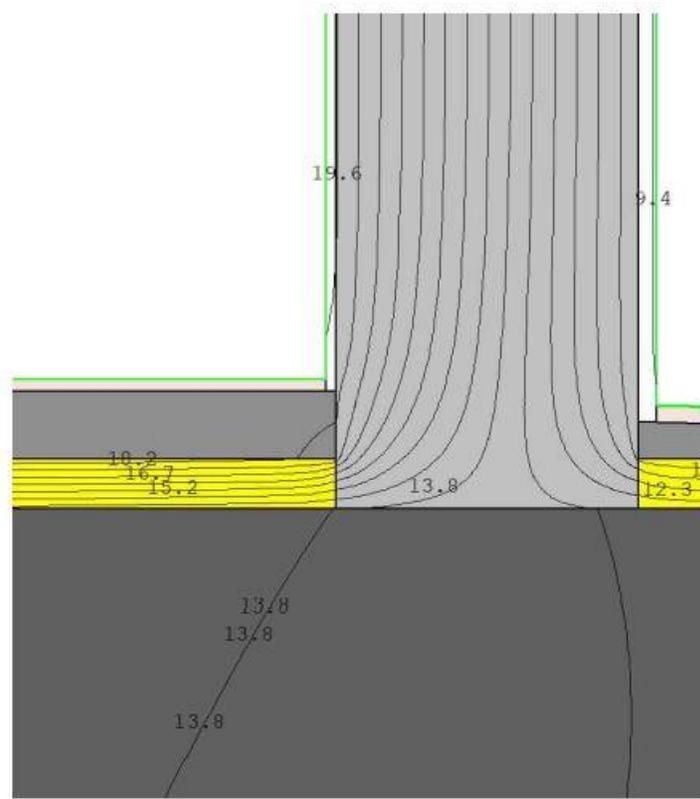
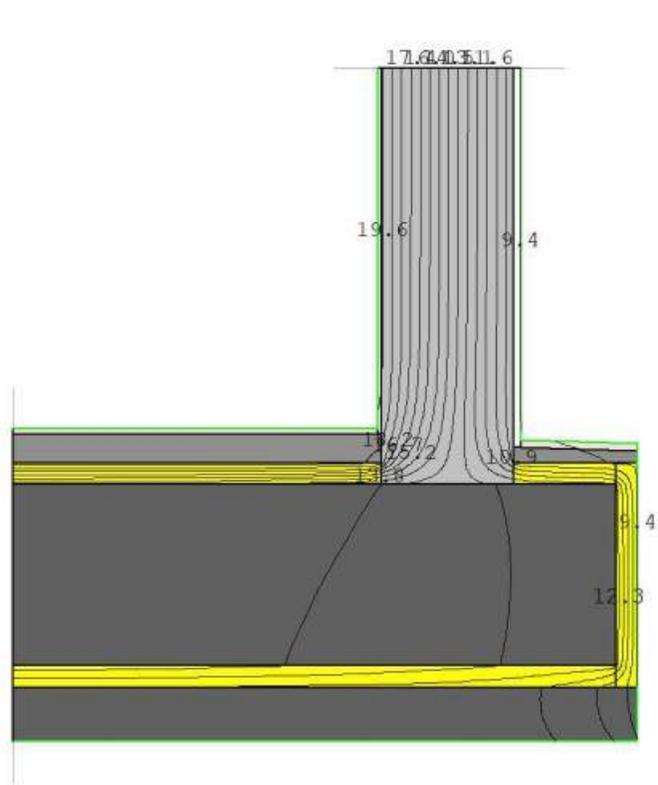
SEZIONE A-A'

TOTALE SOLAI DISPERDENTI - ESTERNI	
	S2 - Soffitto verso esterno (TERRAZZO - scheda 3): 117,62 mq
	S3 - Soffitto verso esterno (Pensilina - scheda 5): 4,78 mq
	S4 - Soffitto verso esterno (Copertura - scheda 4): 93,93 mq
TOTALE SOLAI DISPERDENTI - VERSO VANI NON RISCALDATI	
	S1 - Pavimento verso terra (scheda 2): 216,63 mq

## Particolari costruttivi: Ponti Termici



## Particolari costruttivi: Ponti Termici



## Particolari costruttivi: Ponti Termici

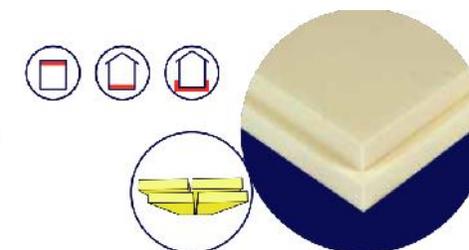


### URSA XPS NVII-L

#### Scheda tecnica di prodotto

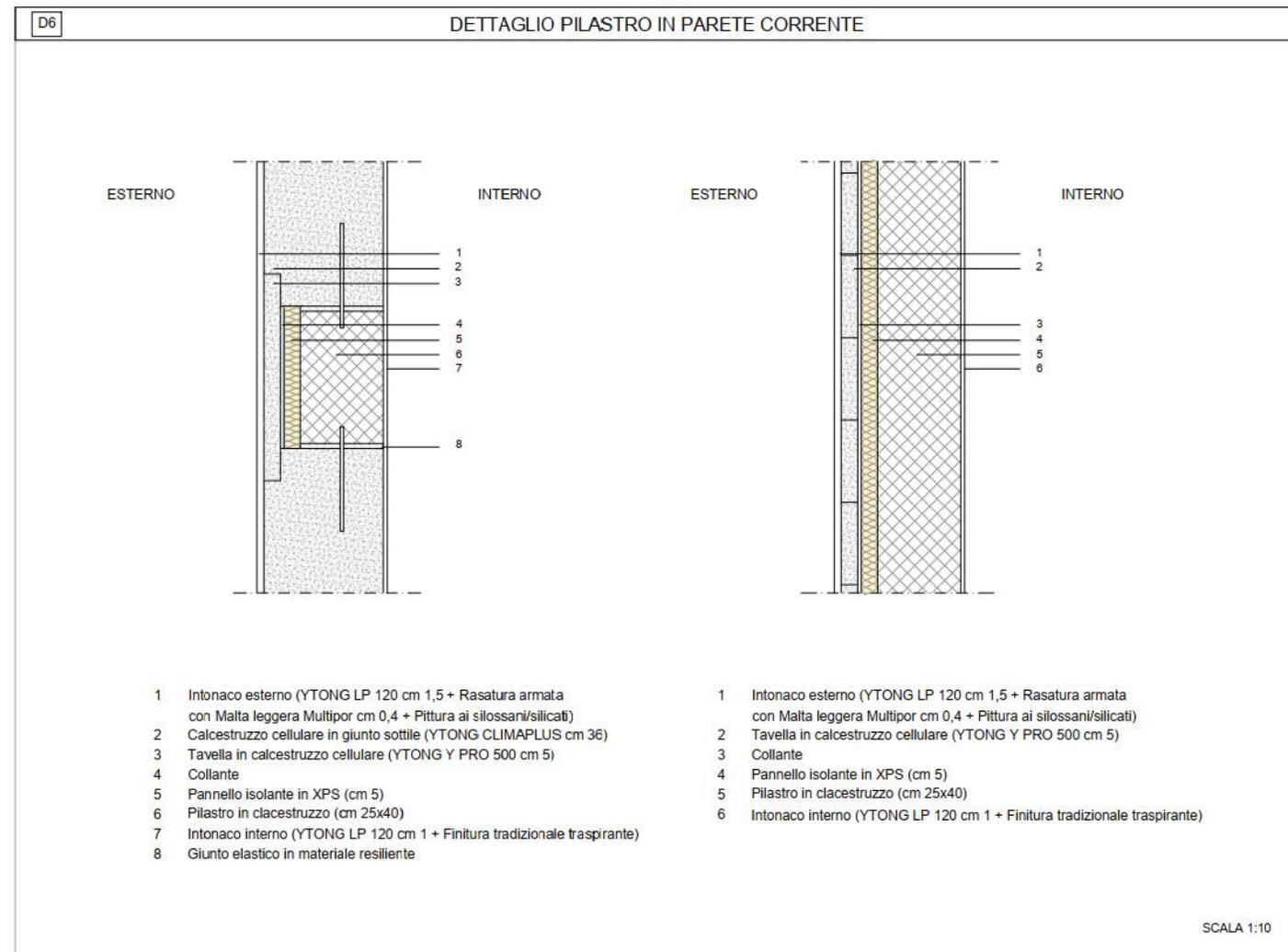
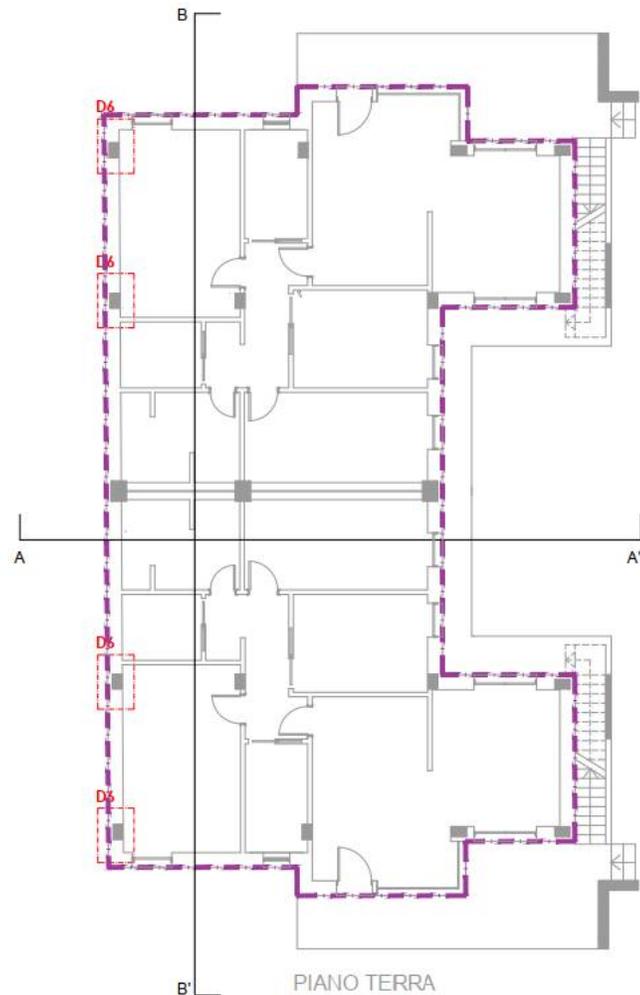
Pannello di polistirene estruso URSA XPS, superfici lisce e bordi laterali a battente.

Impieghi preferenziali:  
tetto piano rovescio carrabile, a giardino;  
isolamento sotto pavimento industriale;  
sottofondazione.

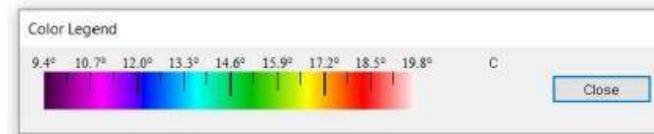
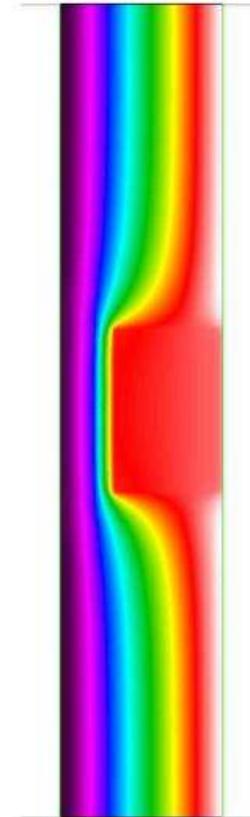
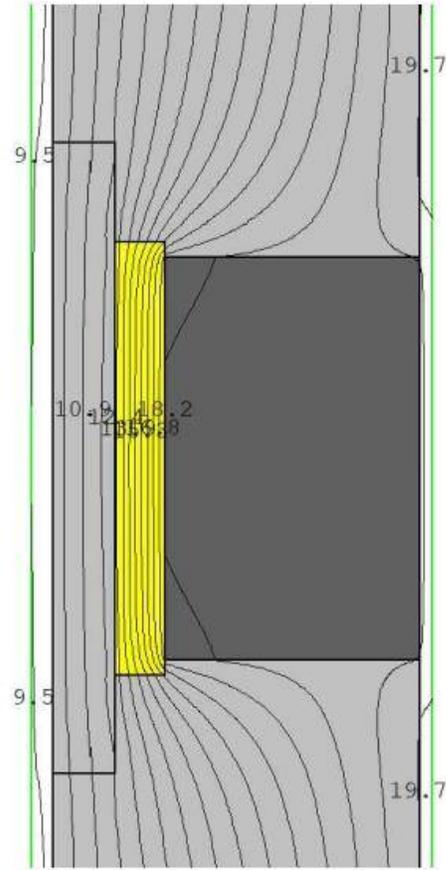
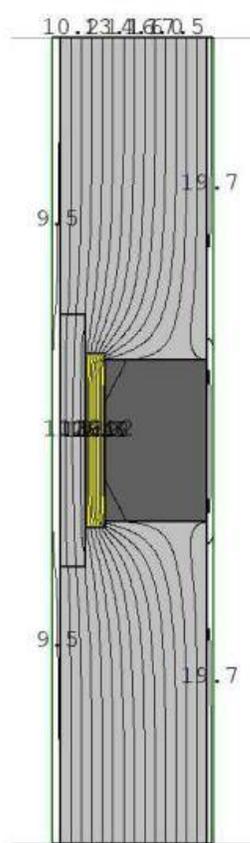


Proprietà	Valore	Unità di misura	Codice di designazione	Norma
Tipologia bordi	Battente su tutti i lati	-	-	-
Finitura superficiale	Liscia (con pelle)	-	-	-
Larghezza pannello	0,60	m	-	-
Lunghezza pannello	1,25	m	-	-
Reazione al fuoco	Euroclasse E	-	E	EN 13501-1
Conducibilità termica $\lambda_0$ alla $t_m=10^\circ\text{C}$	$\lambda_0$	W/mK	-	EN 12667
Resistenza termica $R_e$ alla $t_m=10^\circ\text{C}$	$R_e$	m <sup>2</sup> /KW	-	-

## Particolari costruttivi: Ponti Termici



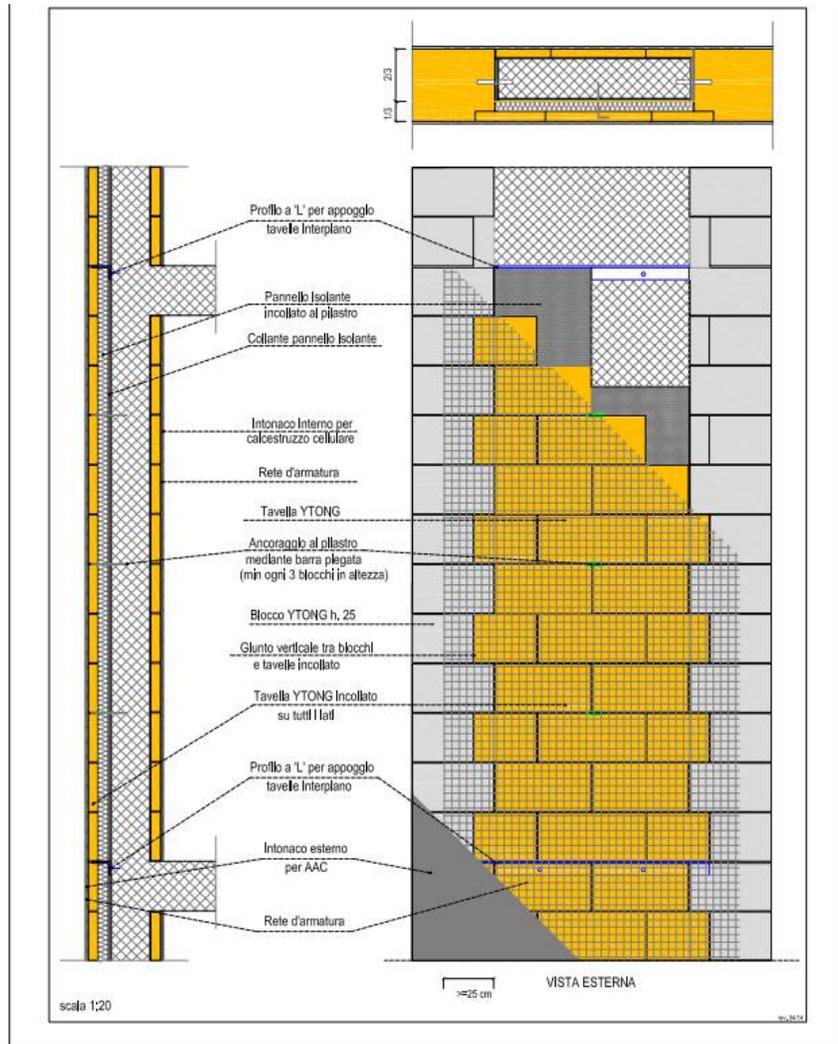
## Particolari costruttivi: Ponti Termici



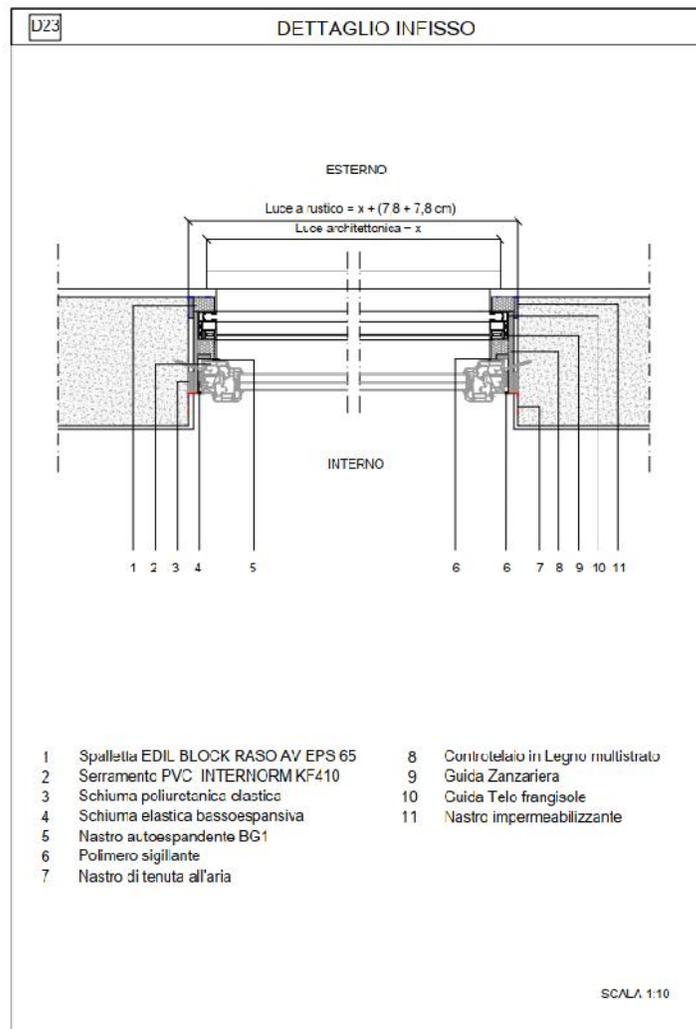
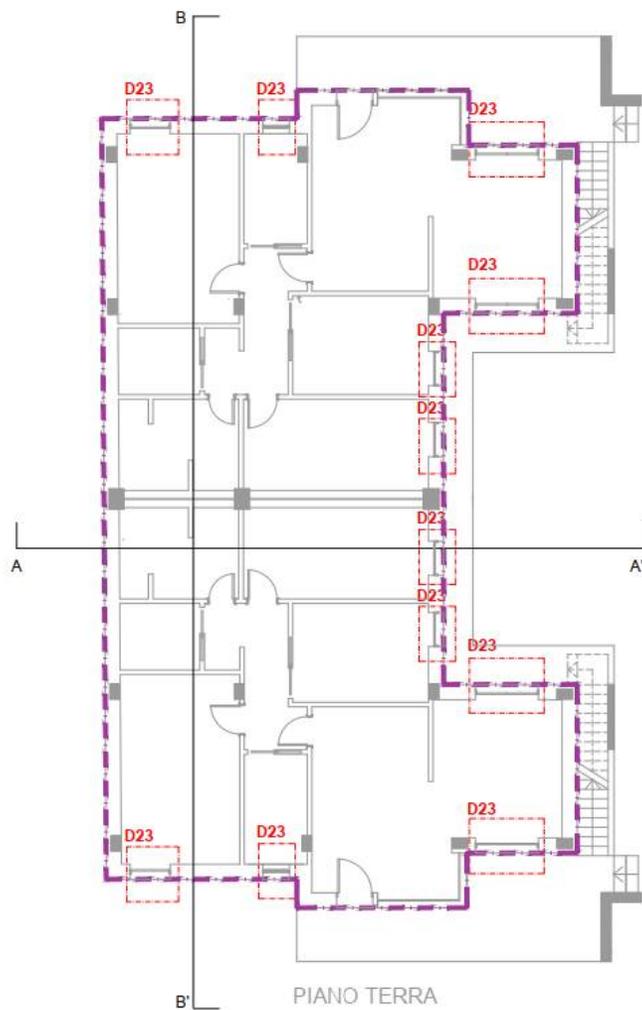
## Particolari costruttivi: Ponti Termici



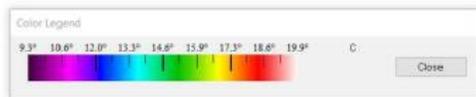
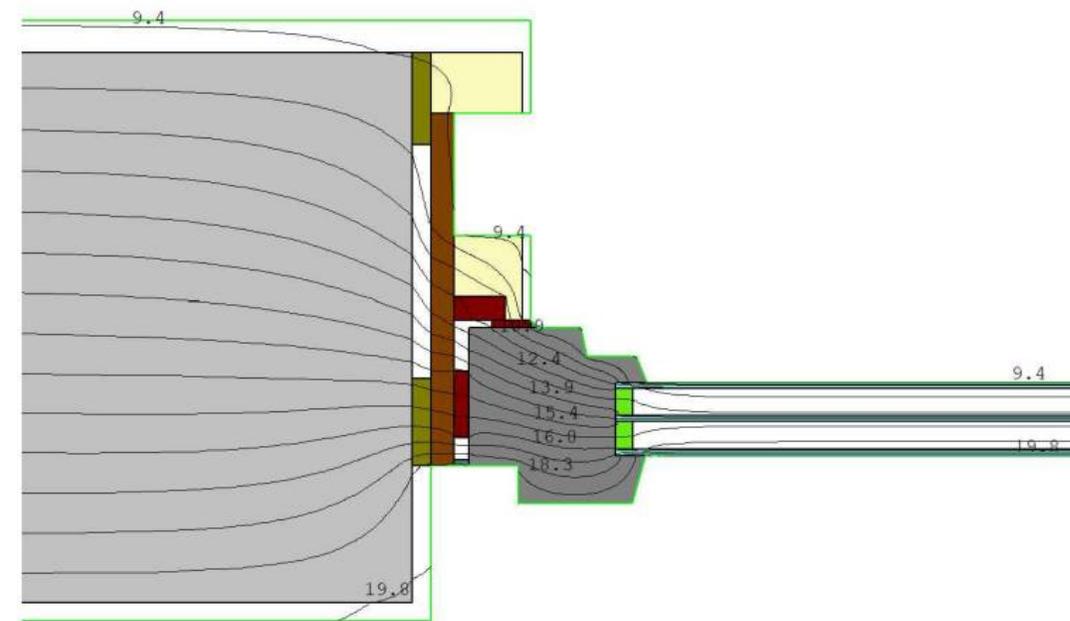
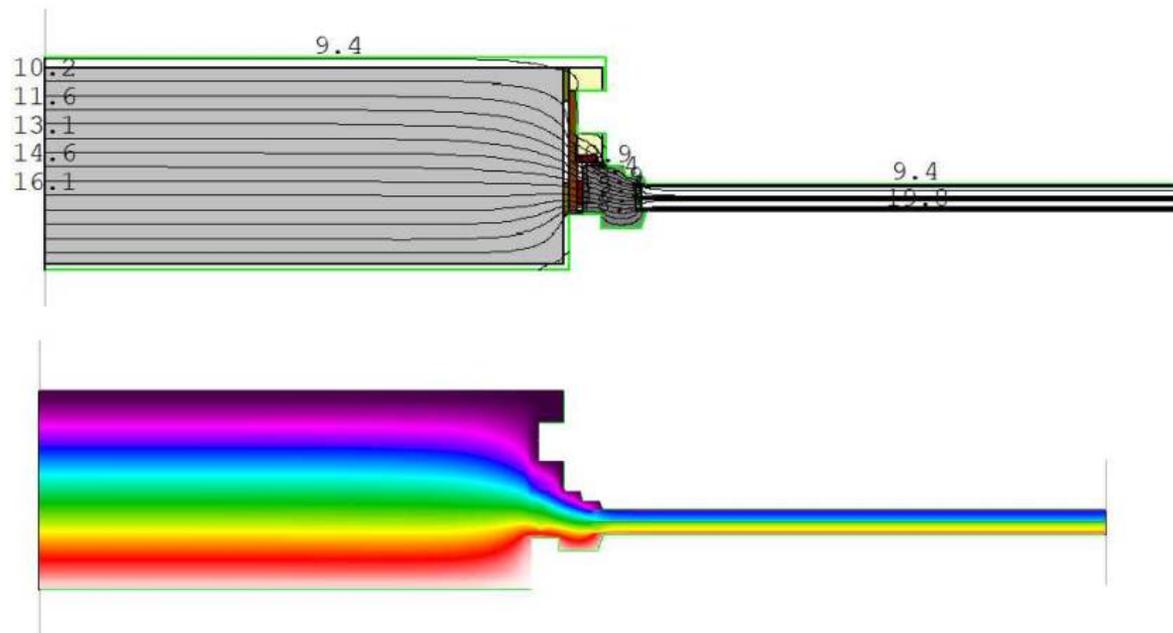
## Particolari costruttivi: Ponti Termici



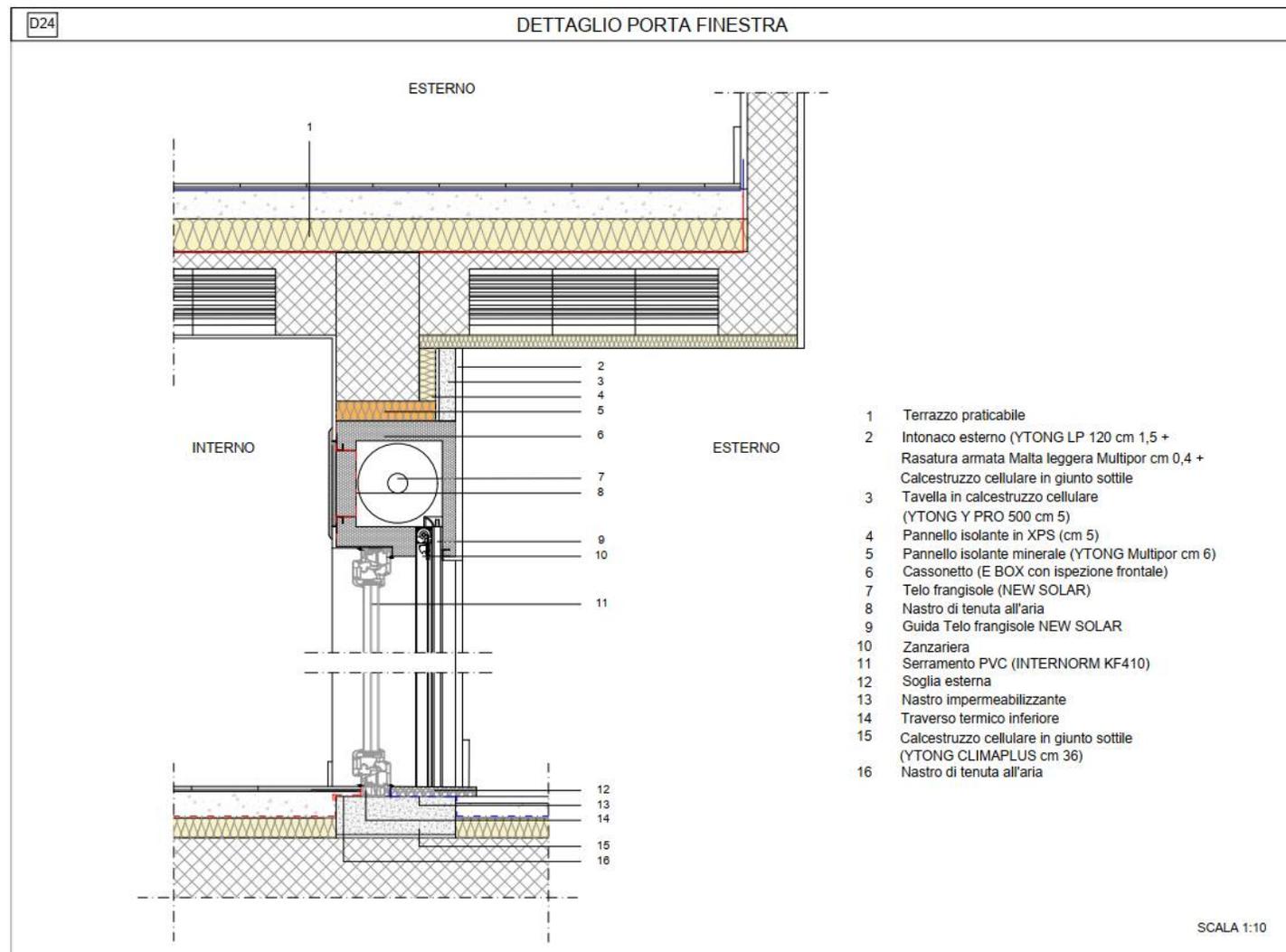
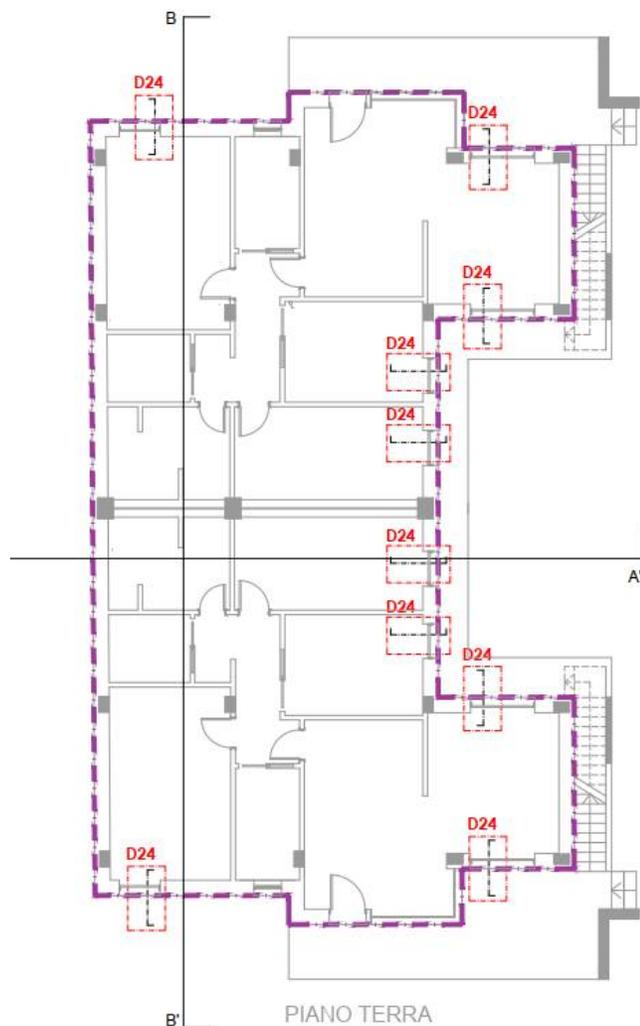
## Particolari costruttivi: Ponti Termici



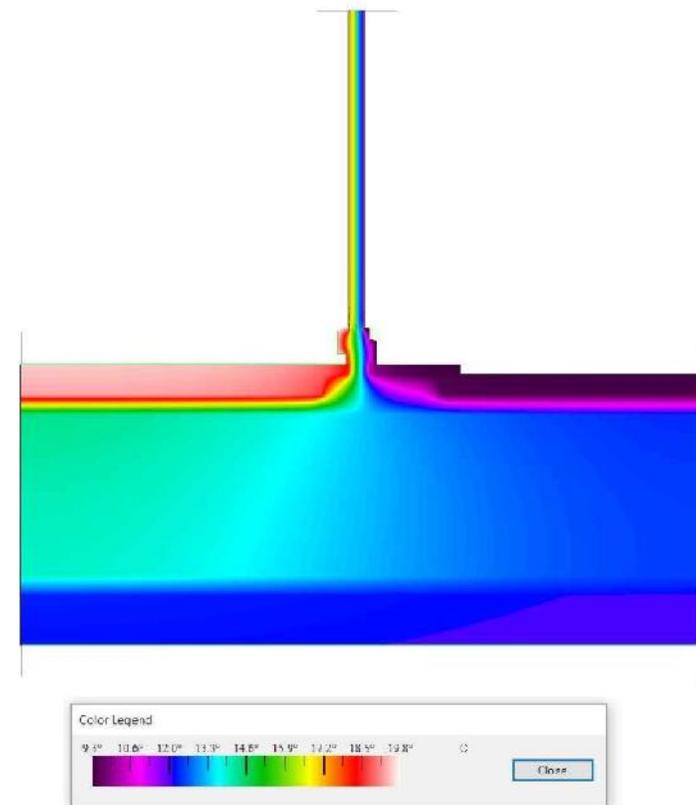
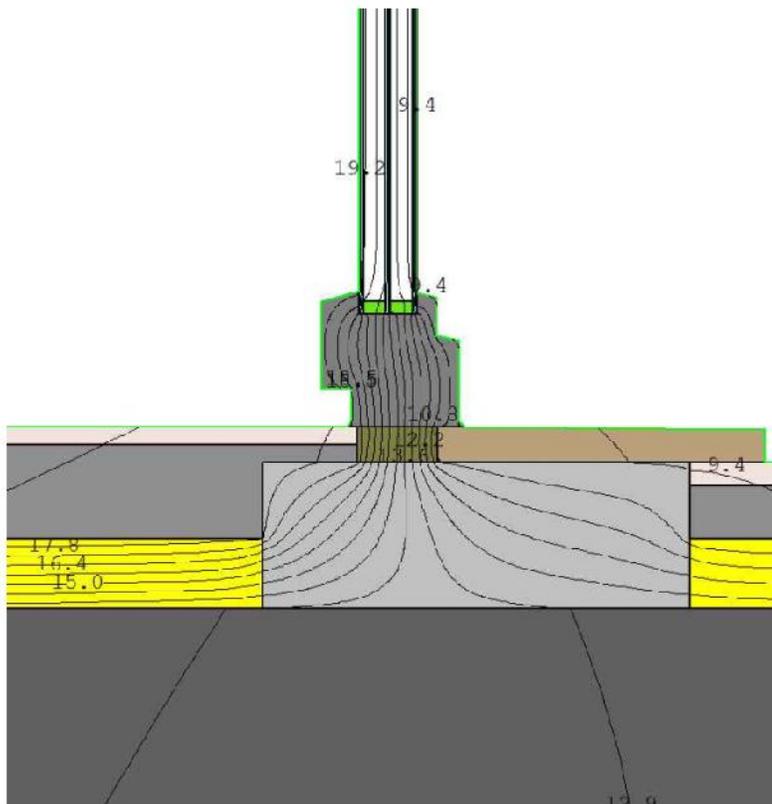
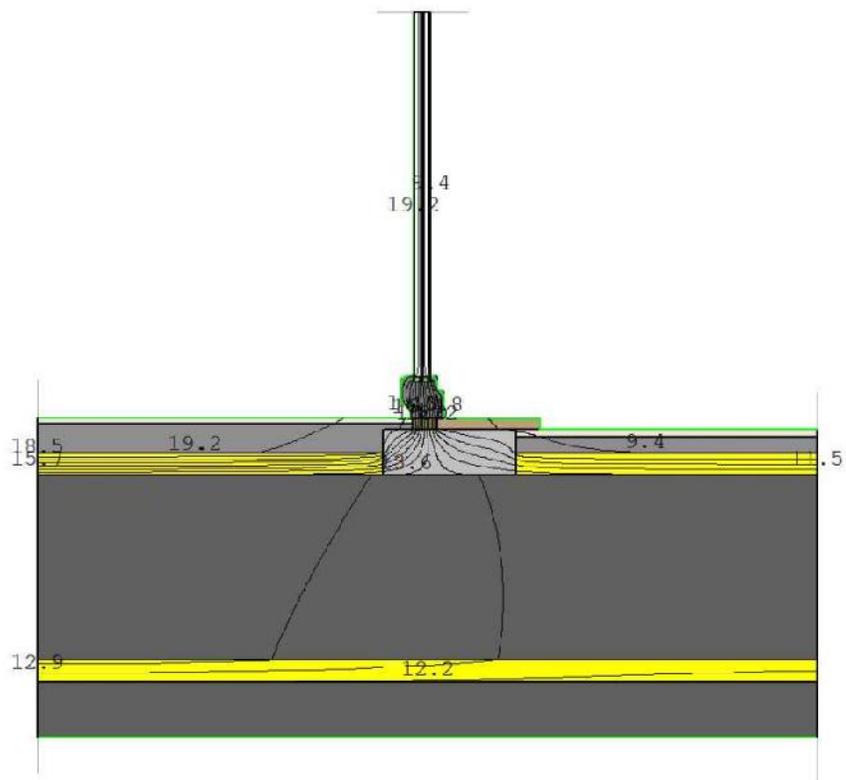
# Particolari costruttivi: Ponti Termici



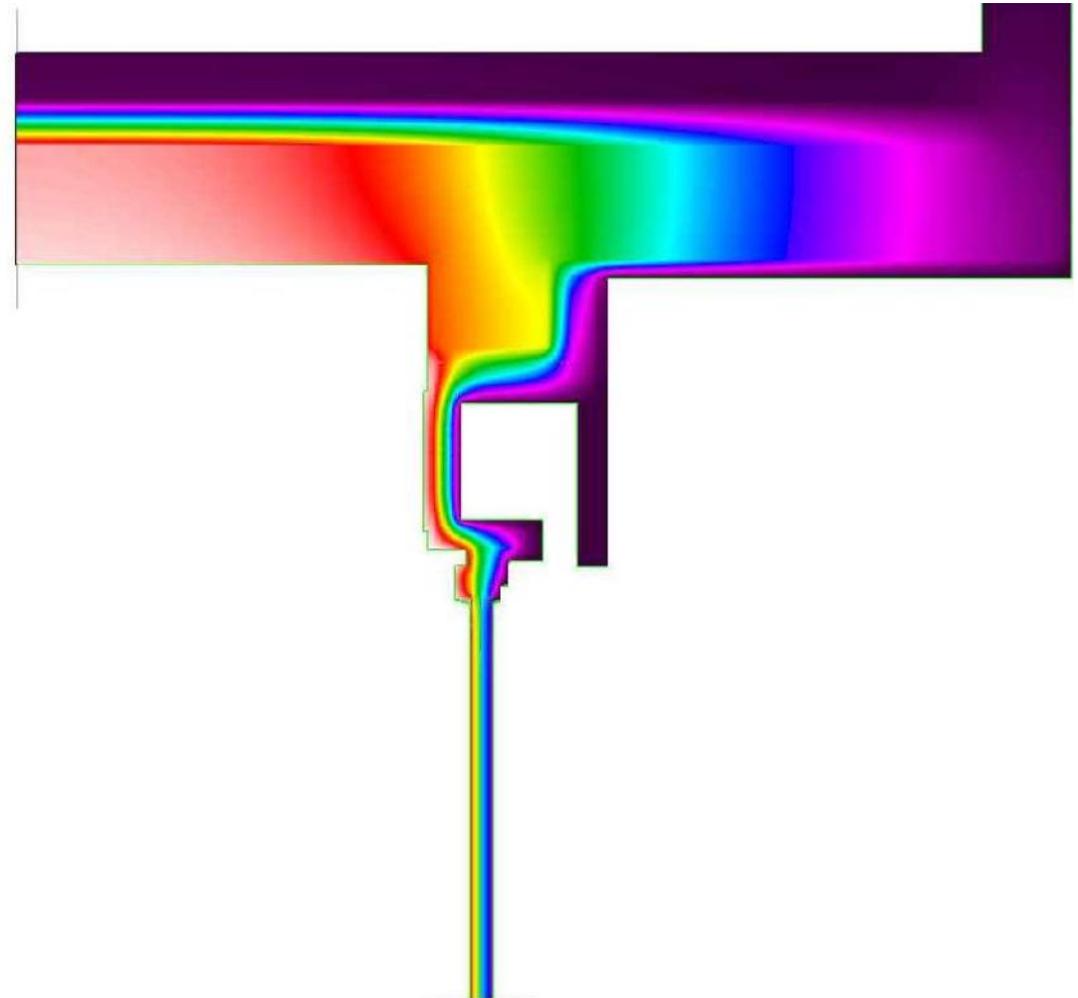
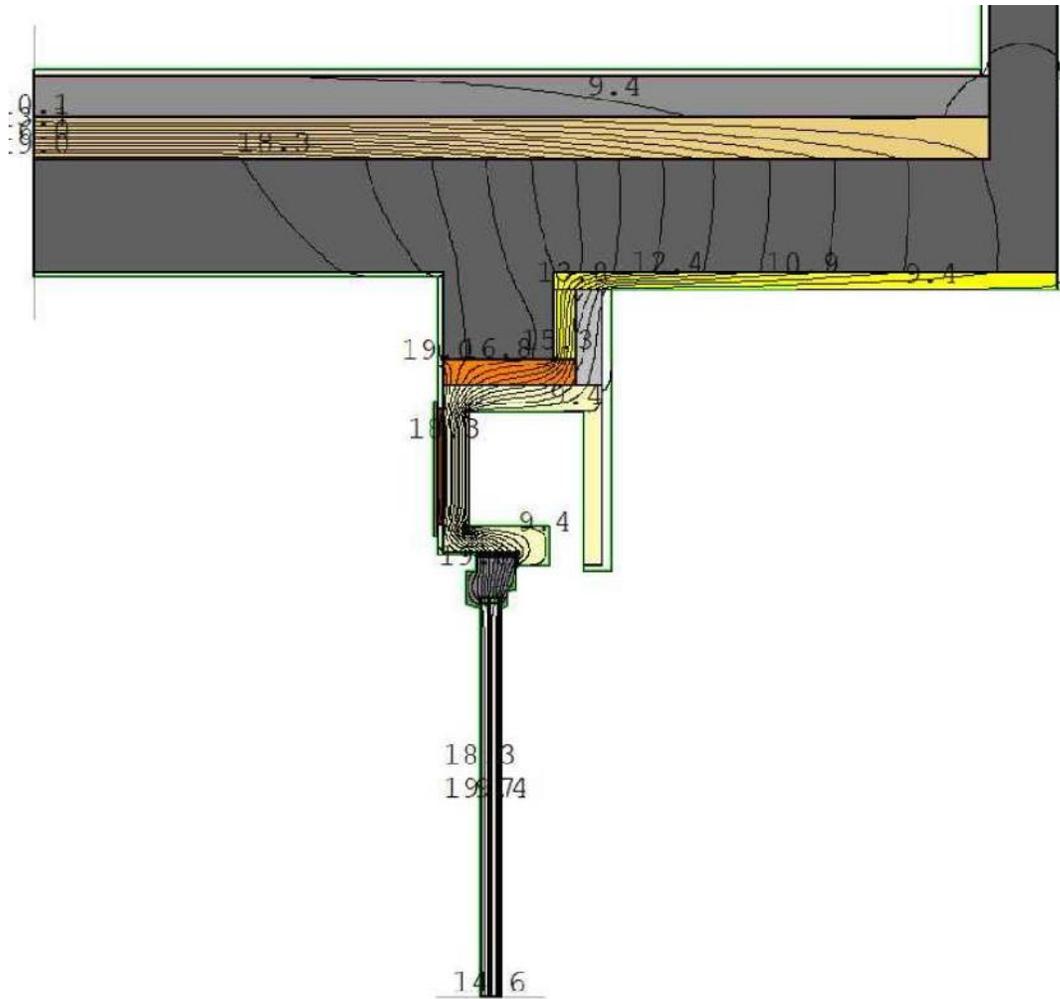
## Particolari costruttivi: Ponti Termici



# Particolari costruttivi: Ponti Termici



## Particolari costruttivi: Ponti Termici



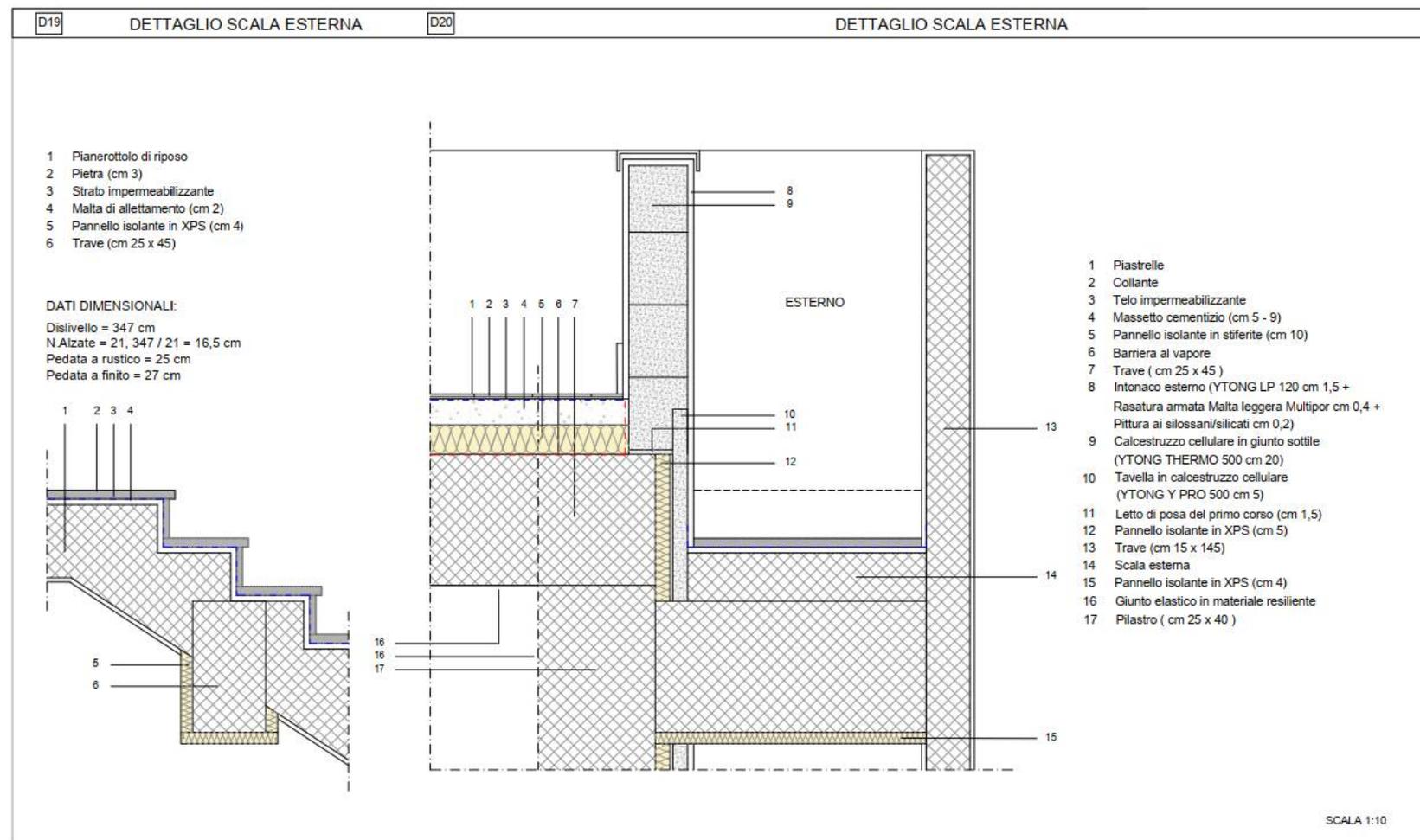
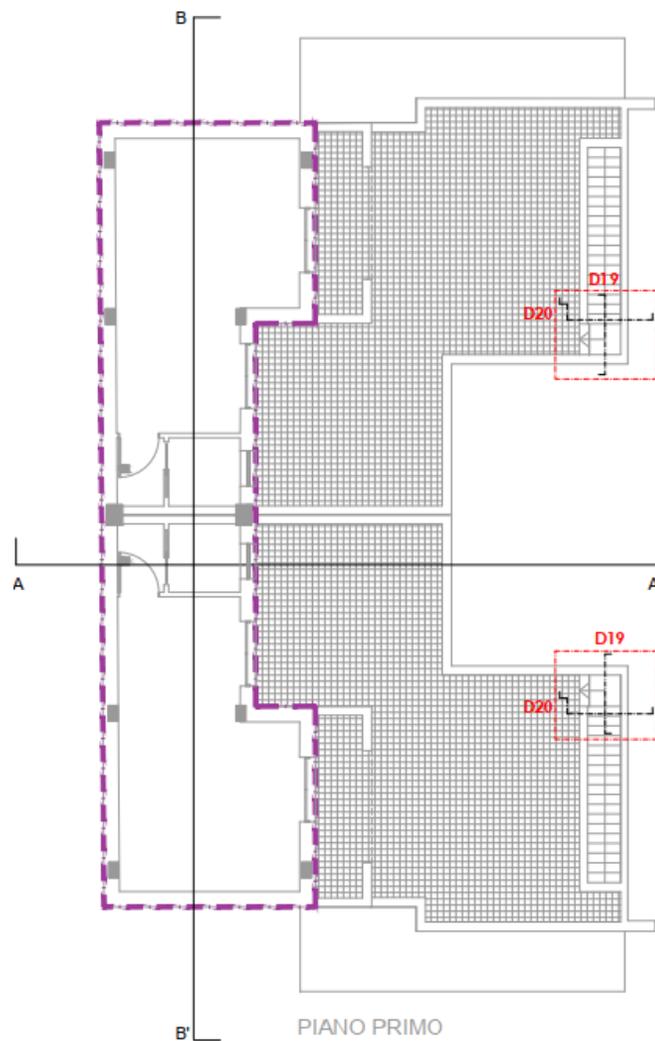
## Particolari costruttivi: Ponti Termici



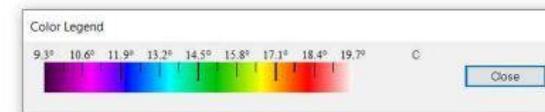
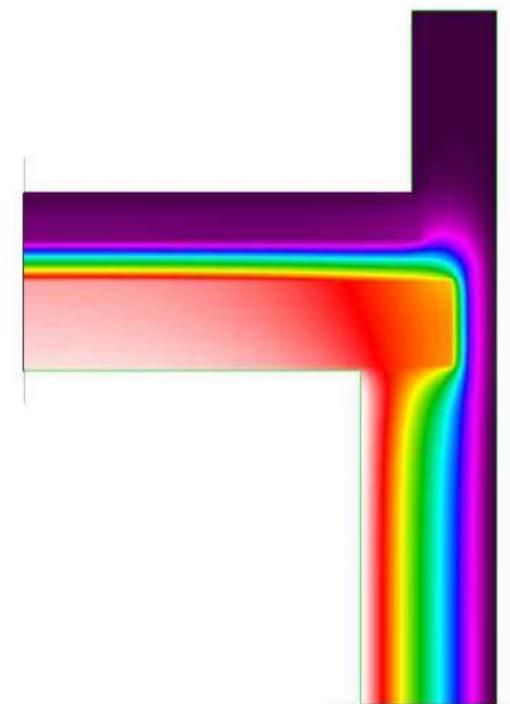
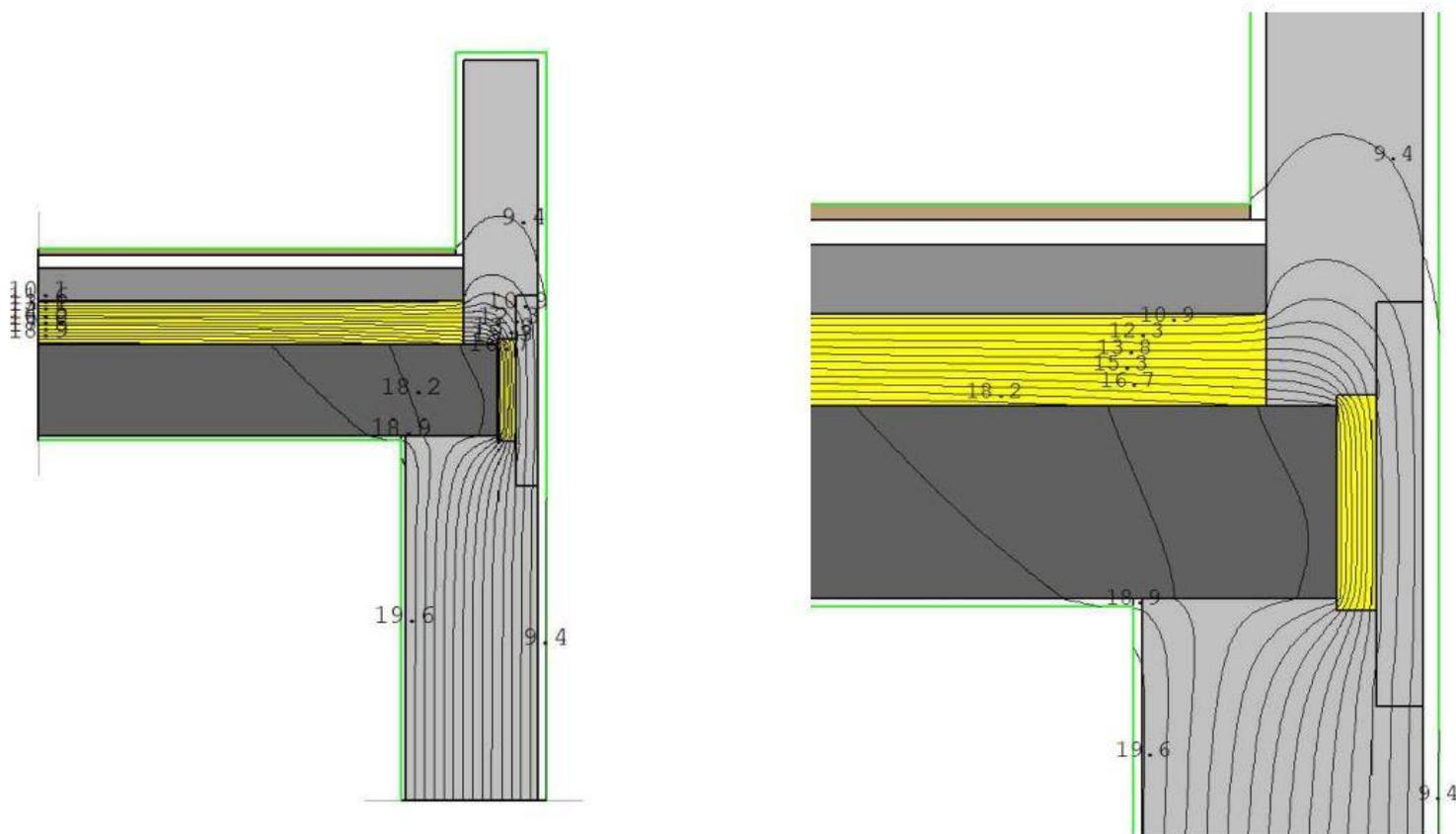
## Particolari costruttivi: Ponti Termici



## Particolari costruttivi: Ponti Termici



## Particolari costruttivi: Ponti Termici



## Particolari costruttivi: Ponti Termici



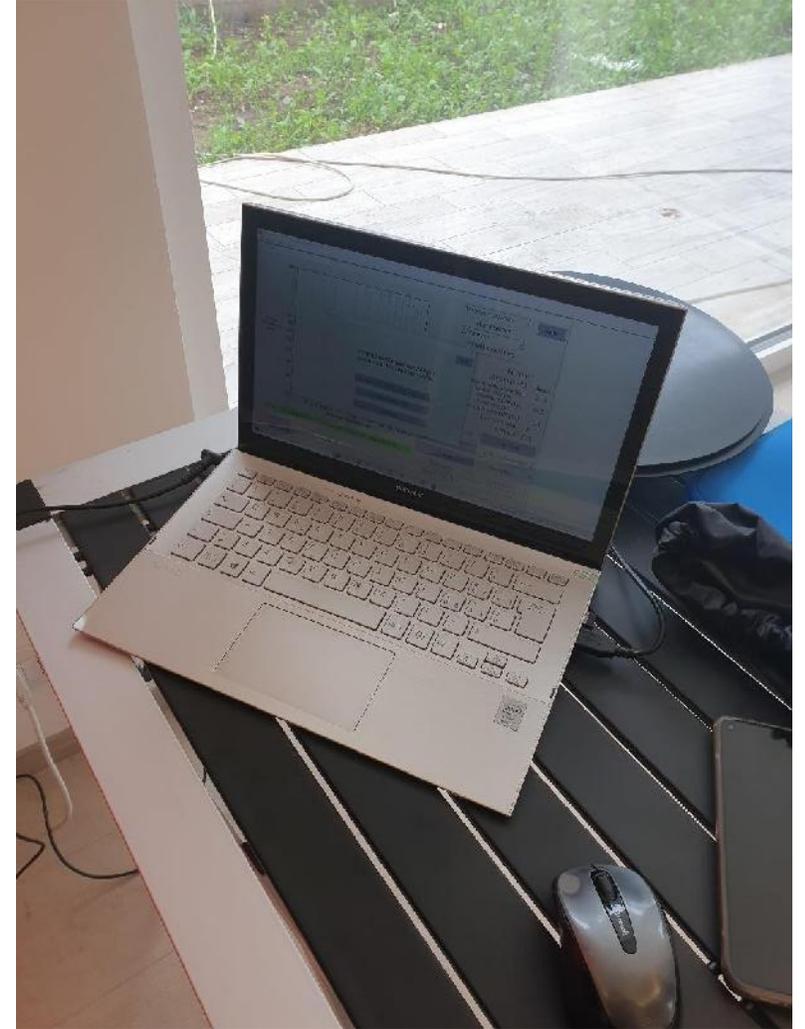
## Particolari costruttivi: Il Blower Door Test



## Particolari costruttivi: Il Blower Door Test



## Particolari costruttivi: Il Blower Door Test



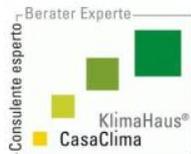
## Particolari costruttivi: Il Blower Door Test



## Particolari costruttivi: Il Blower Door Test

1

Relazione finale sui del Test di Permeabilità all'Aria BDT metodo A eseguiti nelle due giornate sulle tipologie edilizie A e B



Data dei Test: 15 e 16/11/2021

Tecnico: Arch. Ph.D Teresa Cervino

5

Risultati del Test di Permeabilità all'Aria BDT: metodo A Tipologia edilizia A

### Informazioni Edificio

Volume interno, V (m <sup>3</sup> )(secondo ISO)	362.31
Area calpestabile netta, AF (m <sup>2</sup> ) (secondo ISO)	112.5
Superficie involucro, AE (m <sup>2</sup> ) (secondo ISO)	408.24
Altitudine (m)	40
Incertezza delle dimensioni (%)	5
Anno di Costruzione	2021
Tipo di Impianto di Riscaldamento	Impianto ad aria NILAN EXRG
Tipo di Impianto di Raffrescamento	Impianto ad aria NILAN EXRG
Tipo di Impianto di Ventilazione	VMC TERMODINAMICA NILAN
Esposizione al Vento Edificio	Edificio Parzialmente Esposto
Classi di vento	Bava di vento

## Dichiarazione risultati Blower door test

### Dati dell'edificio

Nome committente: Beni Immobili s.r.l. Ing. Guagnano Pierpaolo

Indirizzo dell'edificio: Strada Lecce Frigole – LECCE

Unità abitativa oggetto della misura: Edificio TIPOLOGIA B

Standard energetico CasaClima – valore limite:

- Gold (≤0,6 h<sup>-1</sup>)
- A (≤1,5 h<sup>-1</sup>)
- CasaClima R (≤3 h<sup>-1</sup>)

Data della prova: 16/11/2021

### Valore misurato:

- Depressione: **n50 0.9 h<sup>-1</sup>**
- Pressione: **n50 0.2 h<sup>-1</sup>**
- Media: n50 0,5 h<sup>-1</sup> prova A (edificio in uso)**



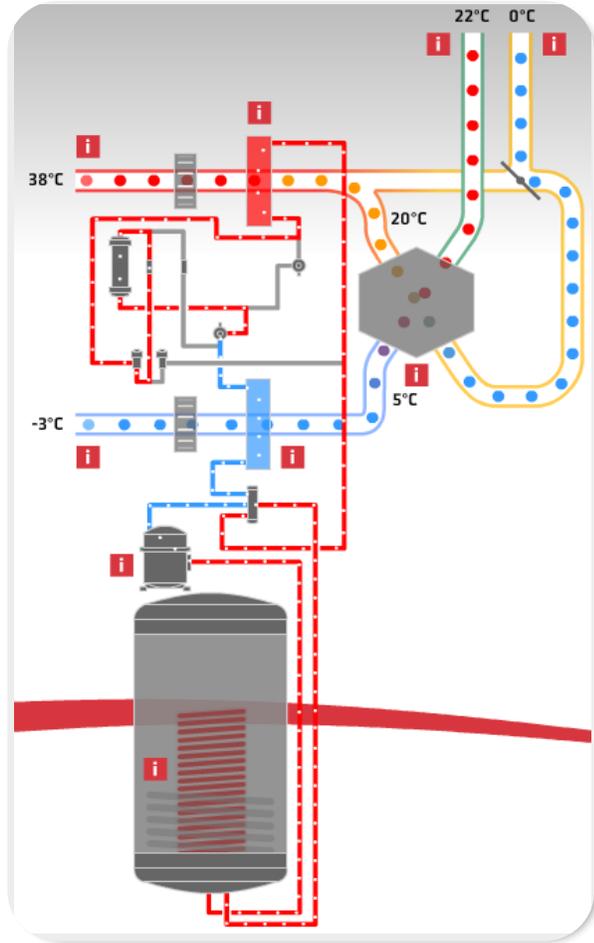
## Gli Impianti...



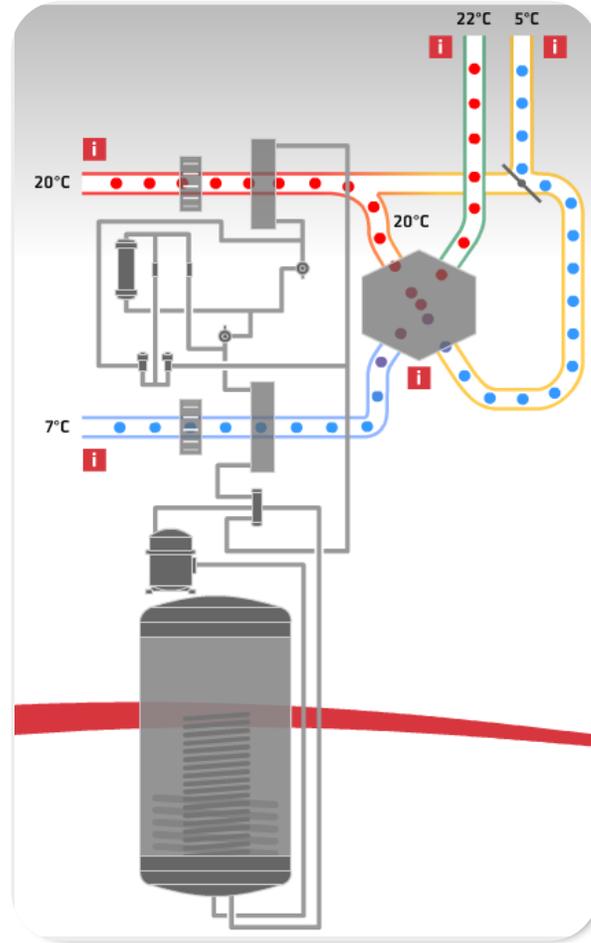
Portata aria	up to 420 m <sup>3</sup> /h
Superficie edificio	up to 230 m <sup>2</sup>
Potenza termica <sup>1</sup>	≈ 1,9 kW
Potenza frigorifera <sup>2</sup>	≈ 1,9 kW
Efficienza termica <sup>2</sup>	86 %
Volume serbatoio acs	180 L
COP	
Air/air <sup>3</sup>	4.6
Air/water <sup>4</sup>	3.9

## Gli Impianti...

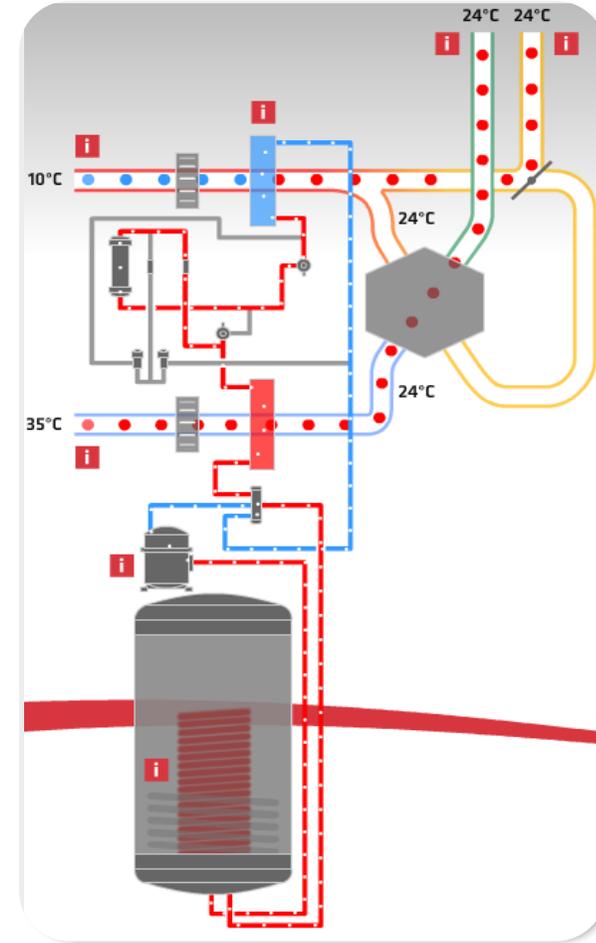
### Riscaldamento attivo



### Recupero passivo del calore

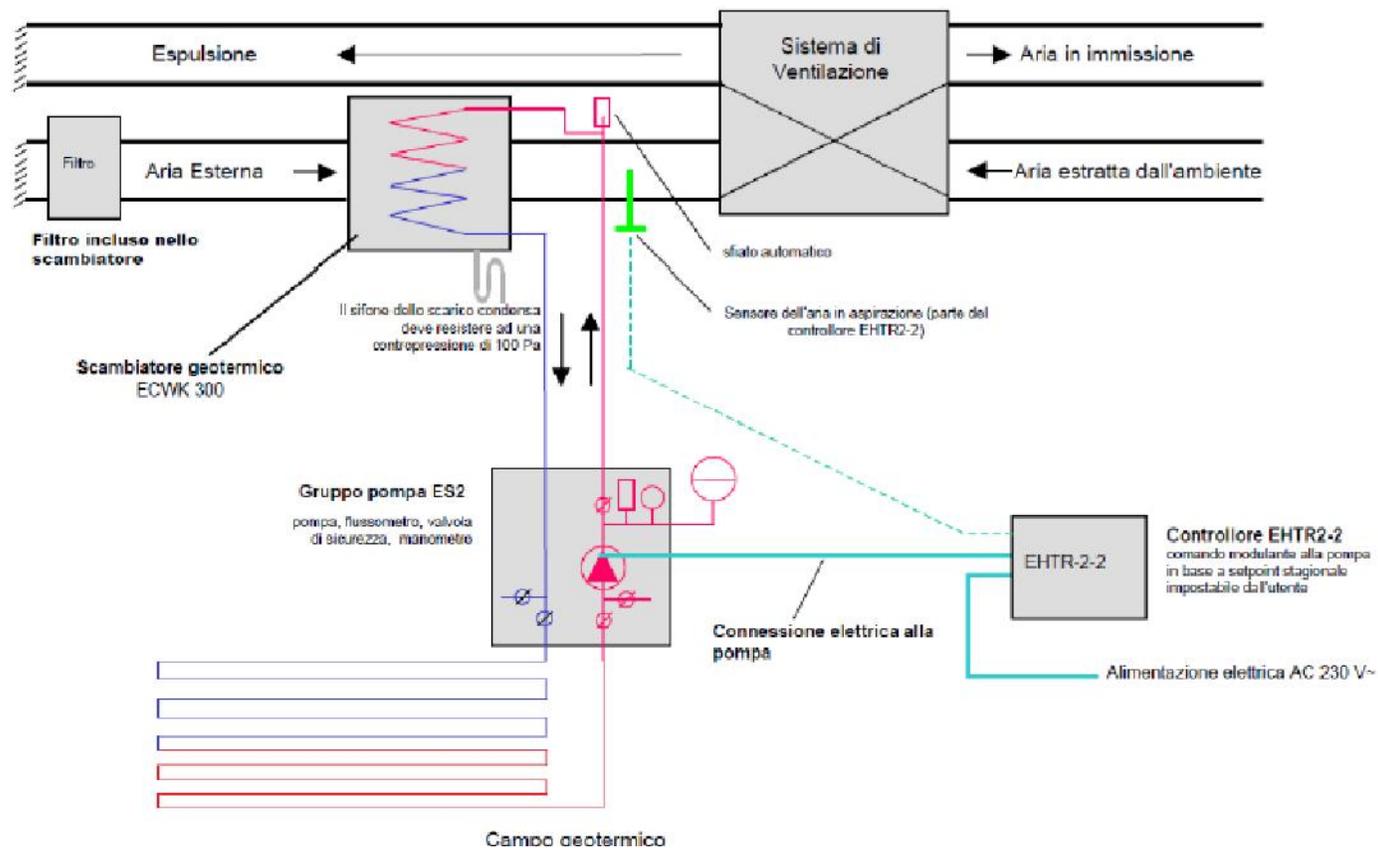
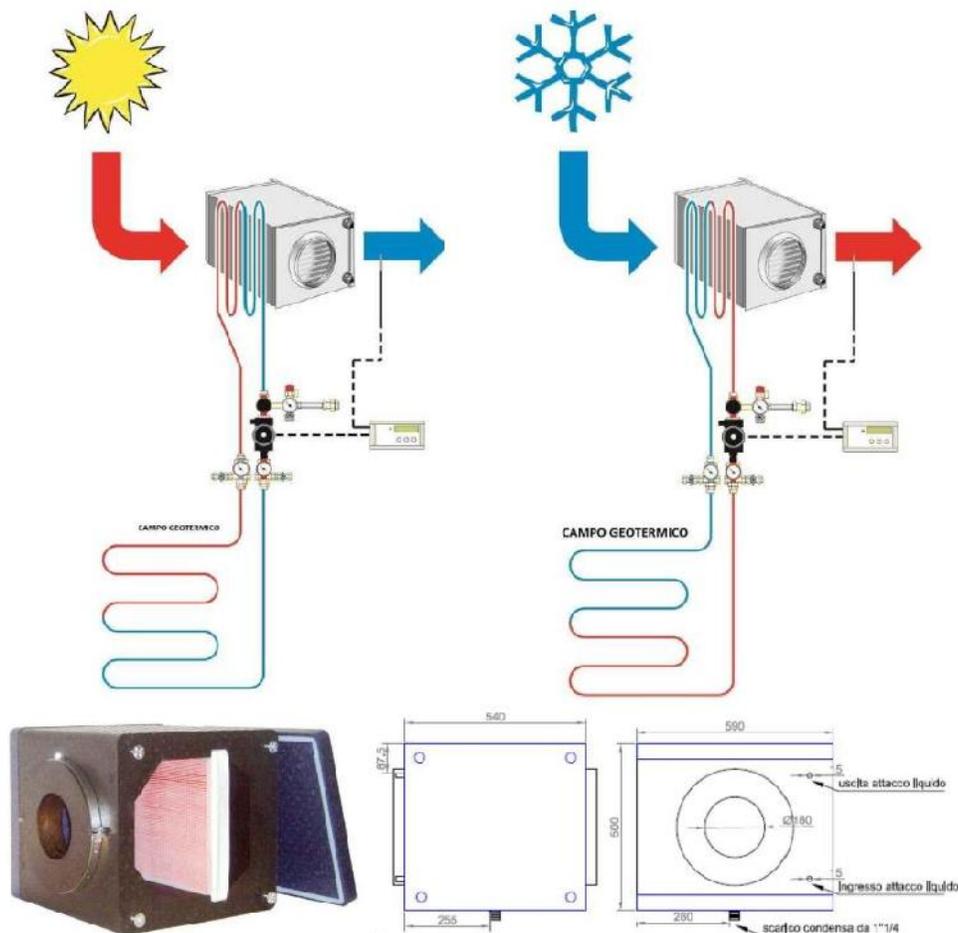


### Raffrescamento attivo

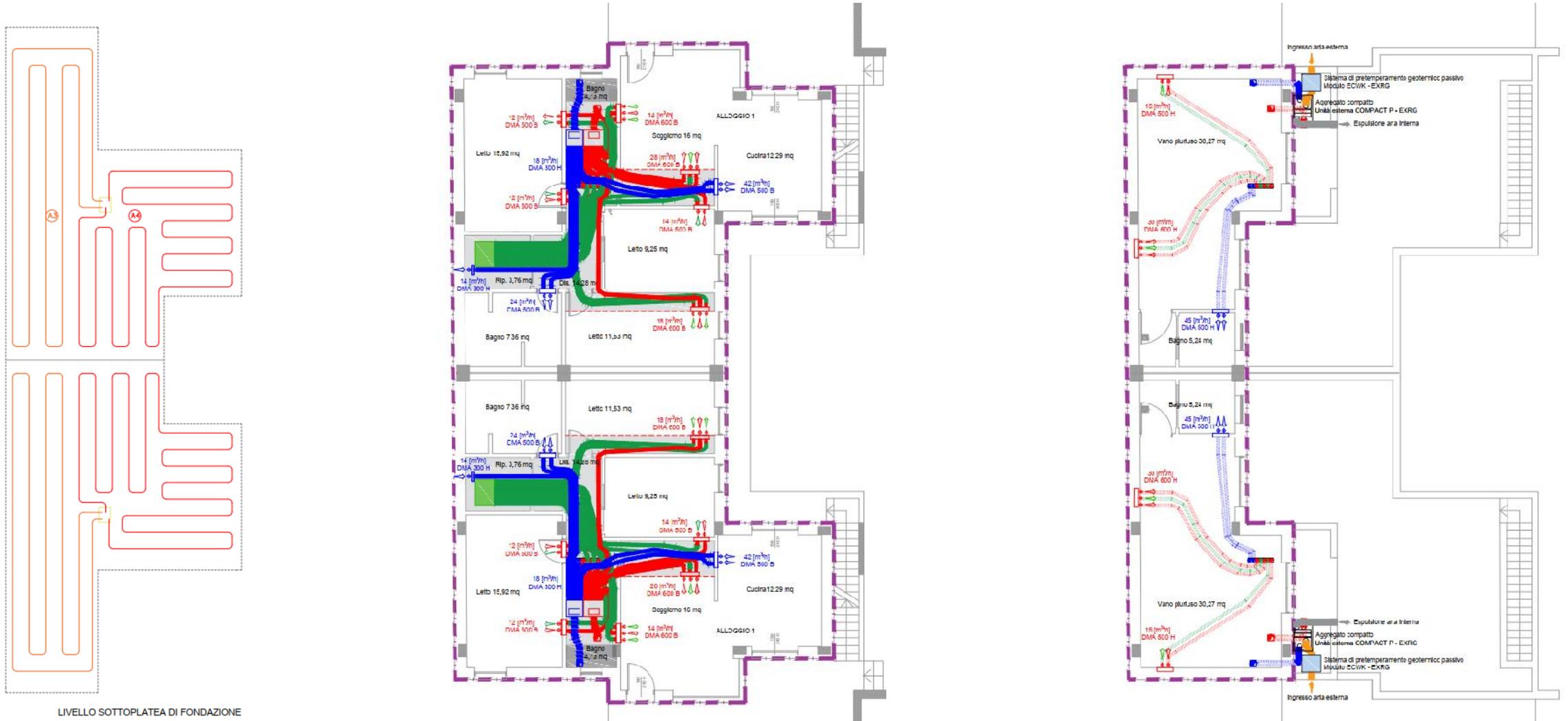


## Gli Impianti...

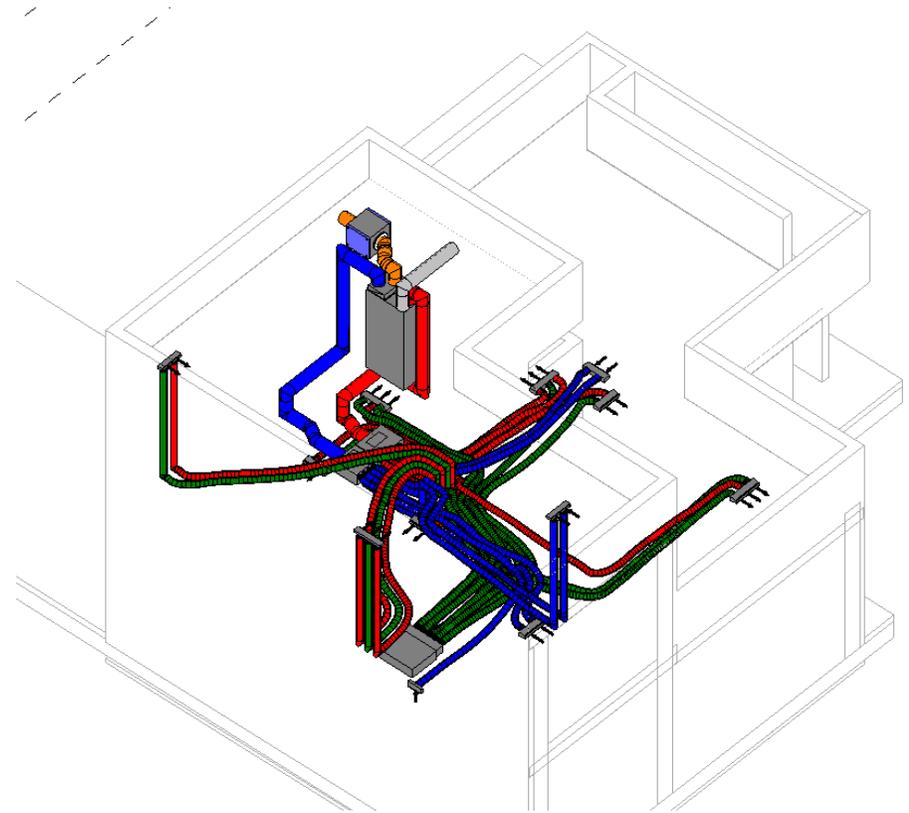
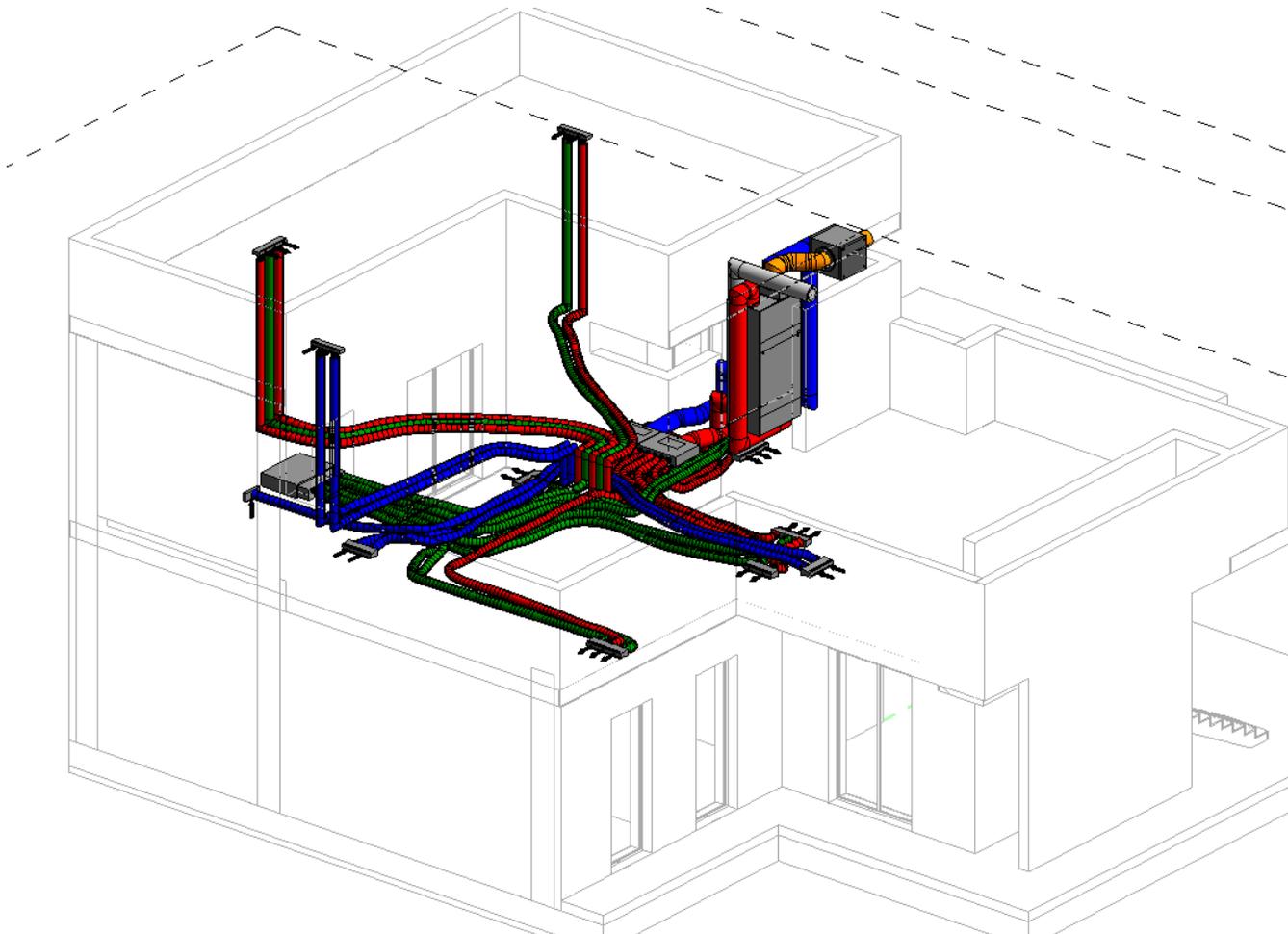
### SISTEMA DI PRETEMPERAMENTO GEOTERMICO - ECWK



## Gli Impianti...



## Gli Impianti...



## Gli Impianti...



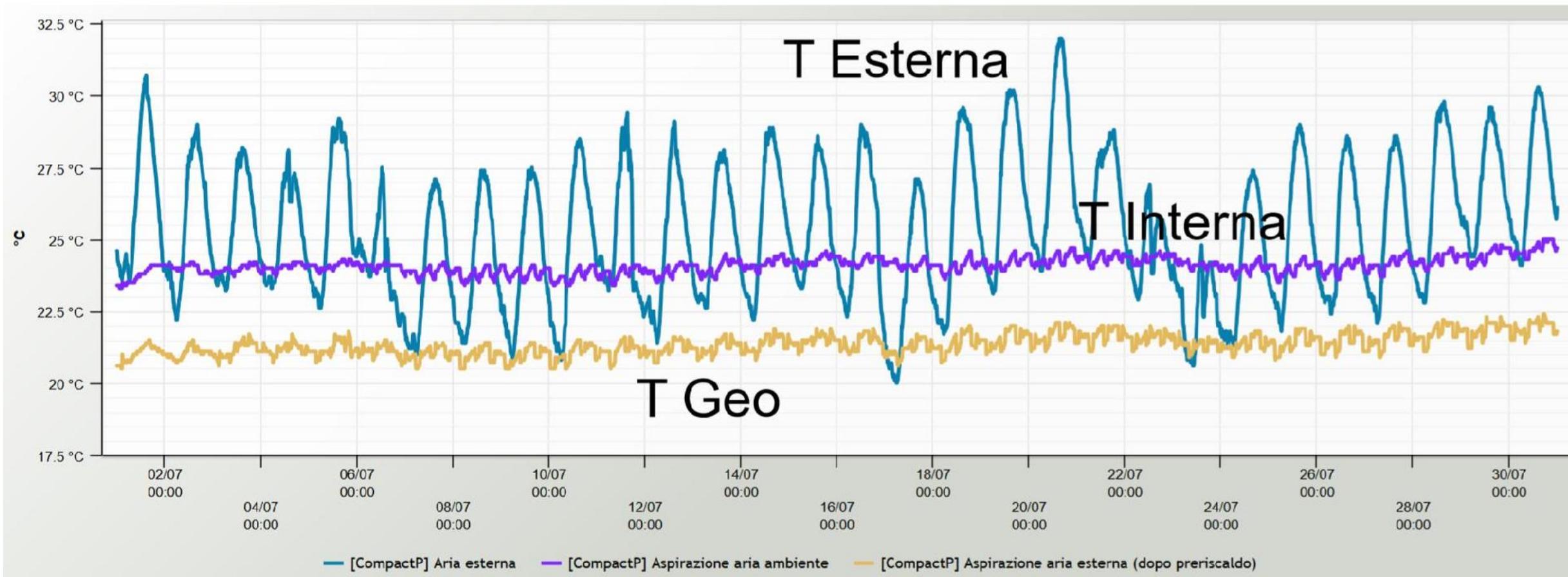
## Gli Impianti...



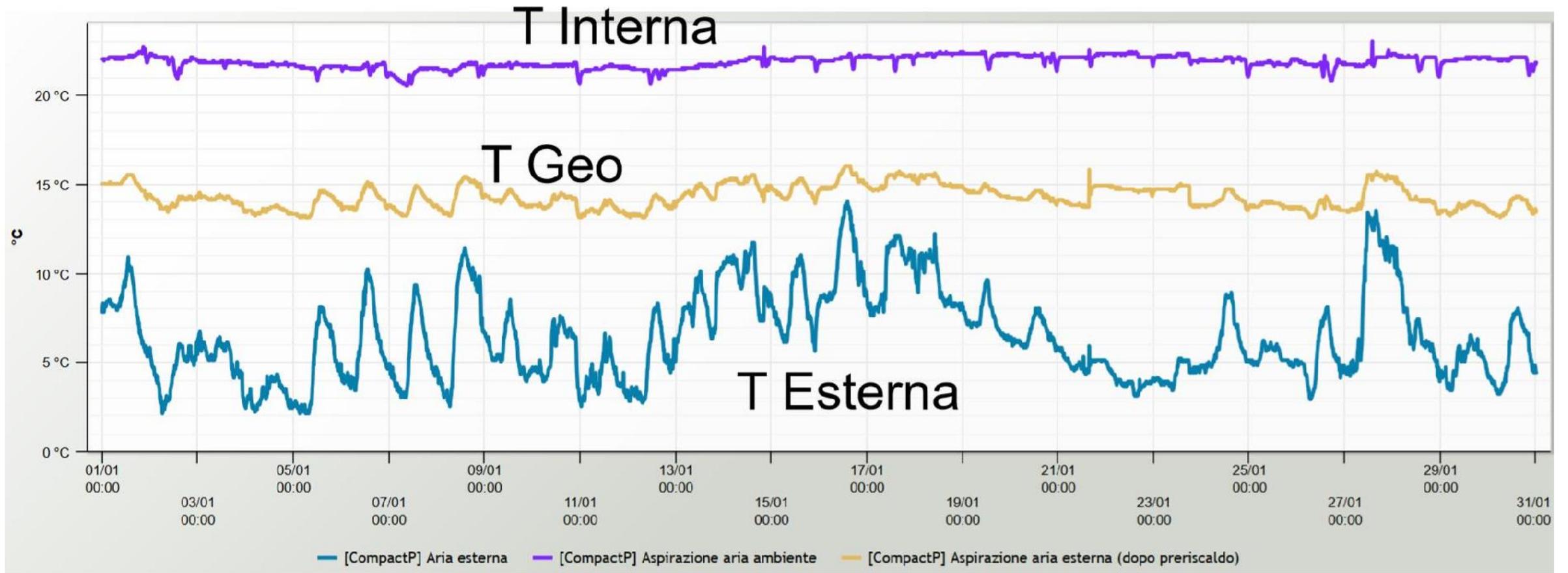
## Gli Impianti...



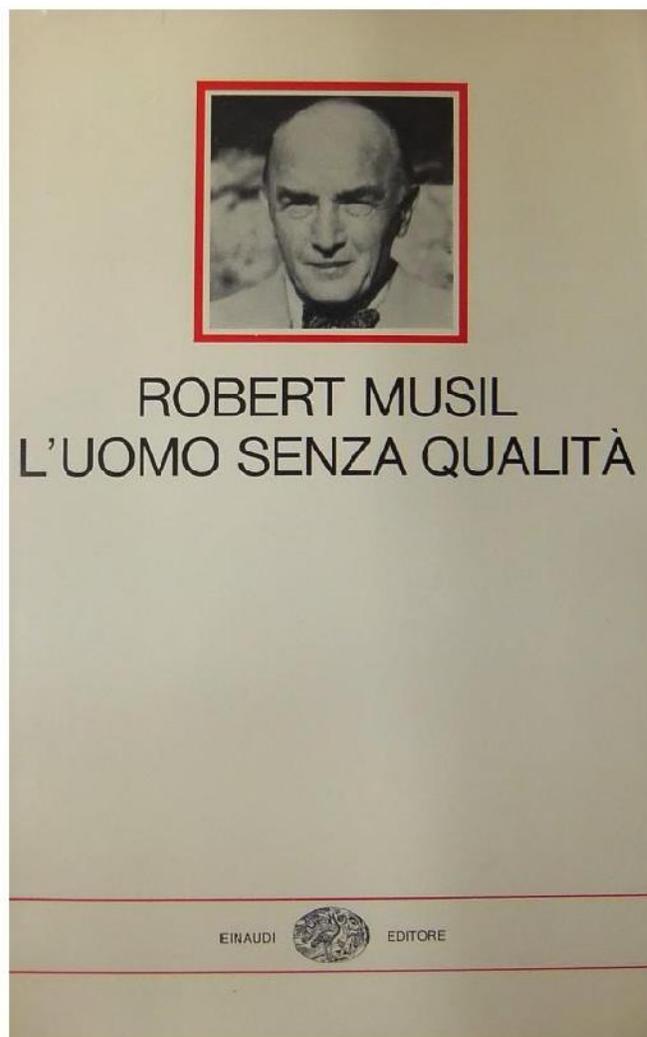
## Gli Impianti...



## Gli Impianti...



## Per salutarci



### Capitolo I

*Dal quale, eccezionalmente, non si ricava nulla*

Sull'Atlantico un minimo barometrico avanzava in direzione orientale incontro ad un massimo incombente sulla Russia, e non mostrava per il momento alcuna tendenza a schivarlo spostandosi verso nord. Le isoterme e le isotere si comportavano a dovere. La temperatura dell'aria era in rapporto normale con la temperatura media annua, con la temperatura del mese più caldo come con quella del mese più freddo, e con l'oscillazione mensile aperiodica. Il sorgere e il tramontare del sole e della luna, le fasi della luna, di Venere, dell'anello di Saturno e di molti altri importanti fenomeni si succedevano conformi alle previsioni degli annuari astronomici. Il vapore acqueo nell'aria aveva la tensione massima, e l'umidità atmosferica era scarsa.

Insomma, con una frase che quantunque un po' antiquata riassume benissimo i fatti: era una bella giornata d'agosto dell'anno 1913.

R. Musil *"L'uomo senza qualità"*

*Grazie*



**ake**  
ARCHITECTURE & KLIMA ENGINEERING