



---

# **Processo di risanamento di un edificio: diagnosi, progetto e realizzazione. Indagini strumentali per l'efficacia e la durabilità del sistema a cappotto**

Ing. Alessandro Panzeri

## DEFINIZIONE DI DIAGNOSI

Def.1: ispezione sistematica ed analisi degli usi e **consumi di energia** di un sito, un sistema o di una organizzazione finalizzata ad identificare i flussi energetici ed il potenziale **per il miglioramento dell'efficienza energetica** ed a riferire in merito ai risultati – UNI CEI EN 16247-1

Def. 2: procedura sistematica finalizzata a ottenere un'adeguata conoscenza del profilo di **consumo energetico** di un edificio o gruppo di edifici, di un'attività o impianto industriale o commerciale o di servizi pubblici o privati, a individuare e quantificare **le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici** e a riferire in merito ai risultati. DLgs 102 e s.m.i.

## NORME DI RIFERIMENTO

UNI CEI EN 16247-1 e 2, norme quadro diagnosi



UNI TR 11775 (marzo 2020), linee guida di applicazione della norma quadro



UNI CEI EN 16247-5  
Competenze auditor energetica



UNI TS 11300  
UNI EN ISO 52016  
Modello di calcolo previsionale

## SOGGETTO CHE REALIZZA LE DIAGNOSI

Il soggetto è «l'auditor energetico» che **realizza** la diagnosi.

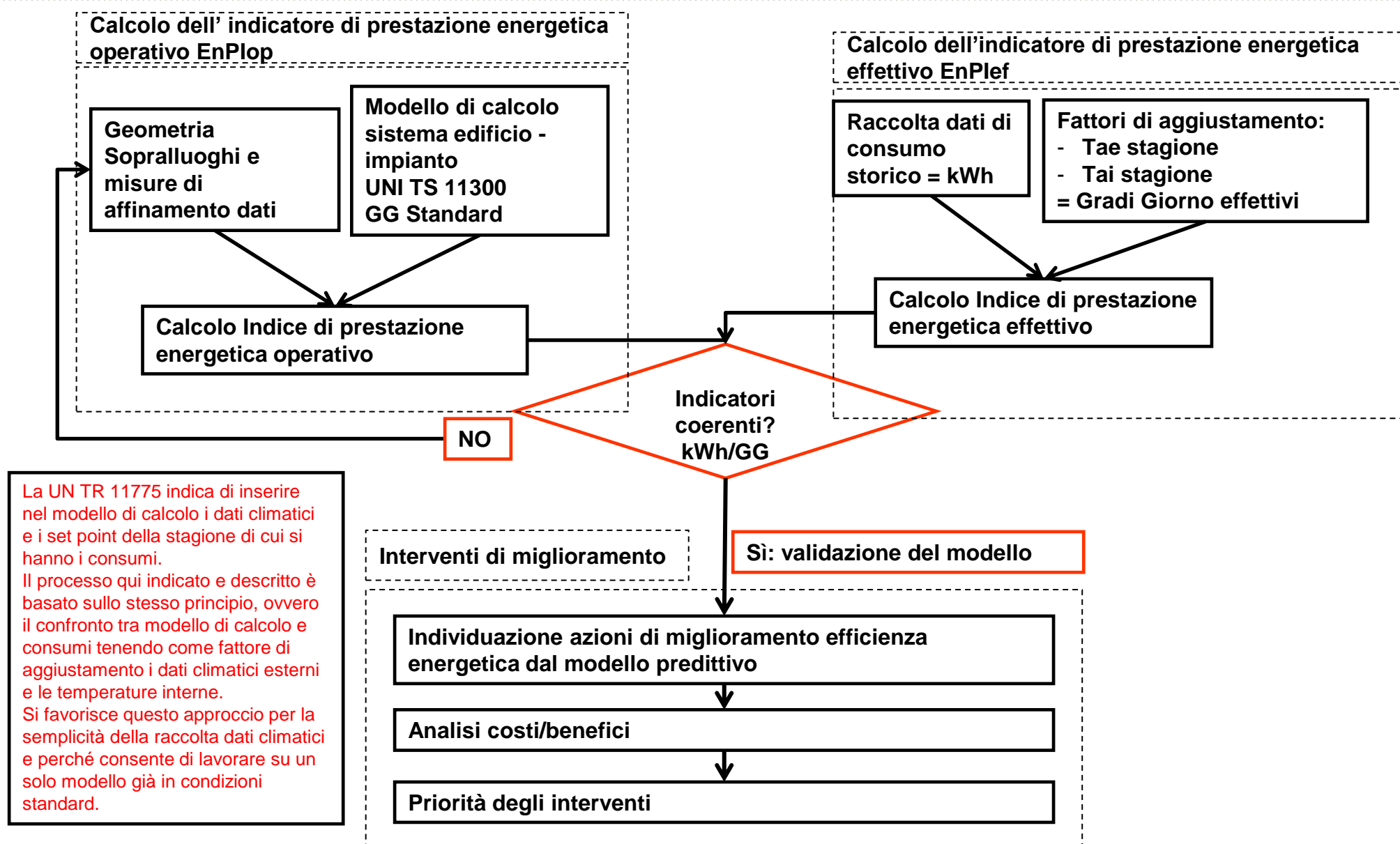
Per le UNI TR 11775 il soggetto è il **ReDE**, referente della diagnosi: professionista (libero o associato, società di servizi (pubbliche o private – anche società di ingegneria) e enti pubblici indipendenti.

Competenze: UNI CEI EN 16247-5

Esistono schemi di certificazione volontaria per la figura di auditor energetico in accordo con UNI CEI EN 16247-5 realizzati da enti di certificazione privati.

L'EGE, esperto in gestione energia, è un «gestore dell'energia» e può essere anche auditor energetico.





La UN TR 11775 indica di inserire nel modello di calcolo i dati climatici e i set point della stagione di cui si hanno i consumi. Il processo qui indicato e descritto è basato sullo stesso principio, ovvero il confronto tra modello di calcolo e consumi tenendo come fattore di aggiustamento i dati climatici esterni e le temperature interne. Si favorisce questo approccio per la semplicità della raccolta dati climatici e perché consente di lavorare su un solo modello già in condizioni standard.

# NORME DI RIFERIMENTO

## Modello di calcolo UNI TS 11300 – dati in ingresso

Le UNI TS 11300 possono essere impiegate per “stimare l’effetto di possibili interventi di risparmio energetico su un edificio esistente, calcolando il fabbisogno di energia prima e dopo ciascun intervento”.

Tipo di valutazione		Dati in ingresso		
		Uso	Clima	Edificio
A1	Sul progetto	Standard	Standard	Progetto
A2	Standard	Standard	Standard	Reale
A3	Adattata all’utenza	In funzione dello scopo	In funzione dello scopo	Reale

Lo scopo di una diagnosi per condomini nell’attuale contesto è definito dai criteri:

- adeguatezza, completezza, rappresentatività, utilità e verificabilità
- + poter eventualmente indicare la bozza di APE
- + poter eventualmente indicare il rispetto di limiti legislativi

Per interventi su edifici esistenti è una valutazione mista A1 e A2 prevista dalle UNI TS 11300

## DATI IN INGRESSO IN A2 o A3

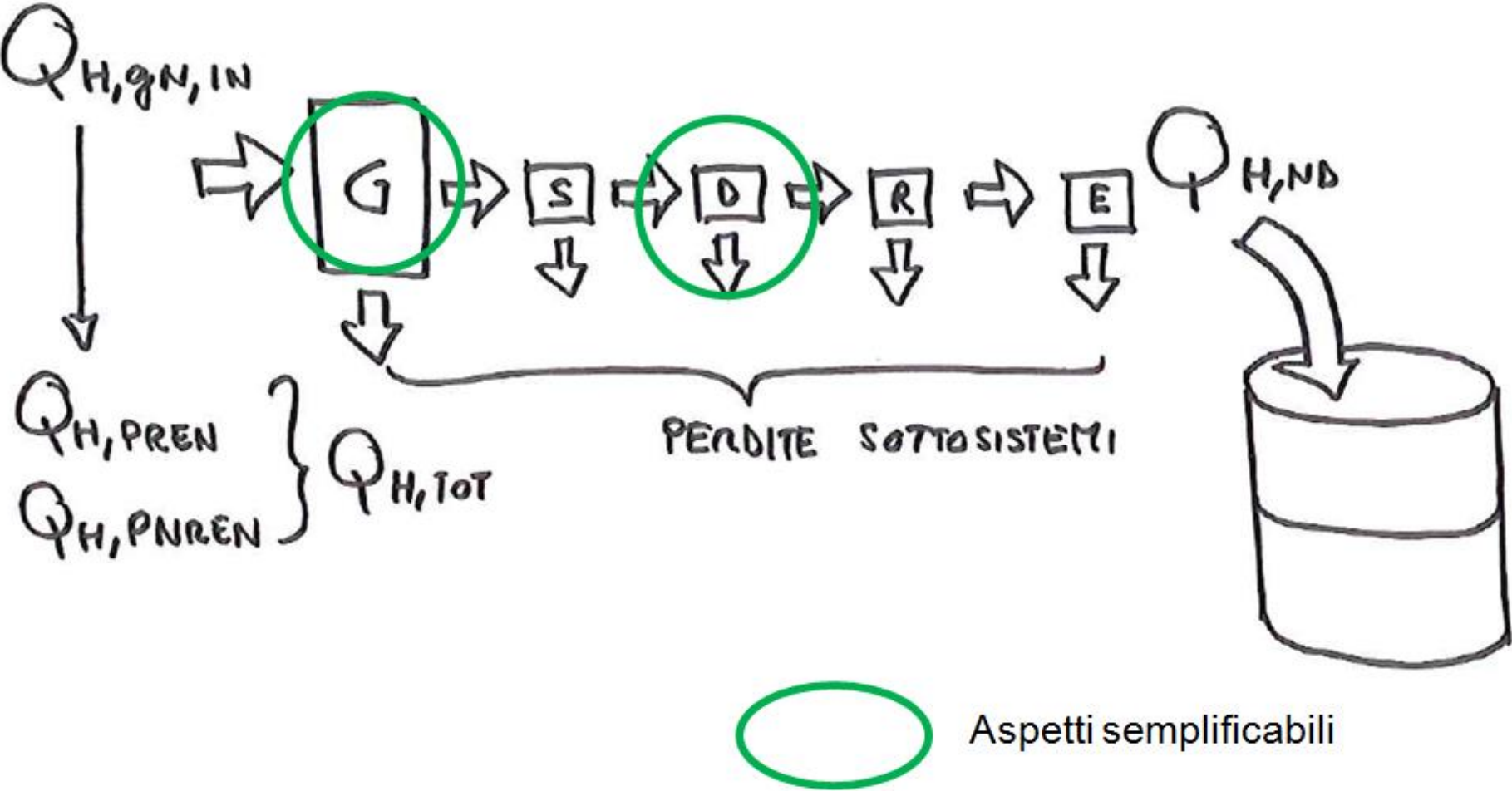
Tipo di dato		Valutazione progetto A1	Valutazione standard A2	Valutazione adattata all'utenza A3
Uso	Temperatura interna	20 °C per le principali destinazioni d'uso		Come A1/A2, oppure in funzione ai profili di utilizzo dell'edificio
Clima	Temperatura e irraggiamento solare	In accordo con UNI 10349		-
Edificio	Trasmittanza dei componenti opachi	Stabiliti in accordo con UNI EN ISO 6946	Come A1, oppure per edifici esistenti possono essere ricavati da UNI/TR 11552, o letteratura tecnica	
Edificio	Trasmittanza dei componenti trasparenti	Calcolo in accordo con UNI EN ISO 10077-1 o valore del fabbricante UNI EN 14351-1 oppure in mancanza di dati in accordo con prospetto B.1 e B.2		
Edificio	Ponti termici	Valutazioni in accordo con calcolo numerico UNI EN ISO 10211 e atlanti ponti termici conformi alla UNI EN ISO 14683	Come A1, oppure per edifici esistenti metodi di calcolo manuali conformi alla UNI EN ISO 14683. Sempre escluso uso abaco delle UNI EN ISO 14683	
Edificio	Scambio termico verso ambiente non climatizzato	Calcolo analitico del coefficiente $b_{tr,U}$ in accordo con paragrafo 11.2	Come A1, oppure per edifici esistenti tabelle con valori precalcolati di $b_{tr,U}$ (prospetto 7)	

## DATI IN INGRESSO IN A2 o A3

Tipo di dato		Valutazione progetto A1	Valutazione standard A2	Valutazione adattata all'utenza A3
Edificio	Scambio termico verso il terreno	Calcolo analitico delle dispersioni in accordo con UNI EN ISO 13370	Come A1, oppure per edifici esistenti tabelle con valori precalcolati di $b_{tr,U}$ (prospetto 7)	
Uso	Ricambi orari	Valutazioni standard basate sulla presenza o meno di impianti e sulle portate minime e medie di ventilazione		Come A1/A2, oppure è possibile eseguire valutazioni più accurate
Uso	Apporti interni	Valutazione progetto e standard in funzione della destinazione d'uso		Come A1/A2, oppure dati diversi e più accurati con profili di carico
Edificio	Capacità termica	Calcolo analitico delle singole capacità termiche interne delle strutture in accordo UNI EN ISO 13786	Come A1, oppure per edifici esistenti con valore tabellare medio (prospetto 22)	
Uso	Attenuazione	Valutazione con funzionamento dell'impianto continuo		Valutazione in riferimento al punto 13.2 della UNI EN ISO 13790 con alcuni casi in appendice G



# FABBISOGNO ENERGETICO



## FABBISOGNO ENERGETICO E INDICI

Importanza di saper distinguere tra:

$Q_{H,gn,out}$  = teleriscaldamento

**$Q_{H,gn,in}$  = dato per la diagnosi**

$Q_{H,pren}$  = dato utile al rispetto del DLgs 28/2011

$Q_{H,pnren}$  = dato che certifica l'edificio

$Q_{H,tot}$  = dato che contribuisce al rispetto della legge

$Q_{gl,tot}$  = dato per il limite di legge



---

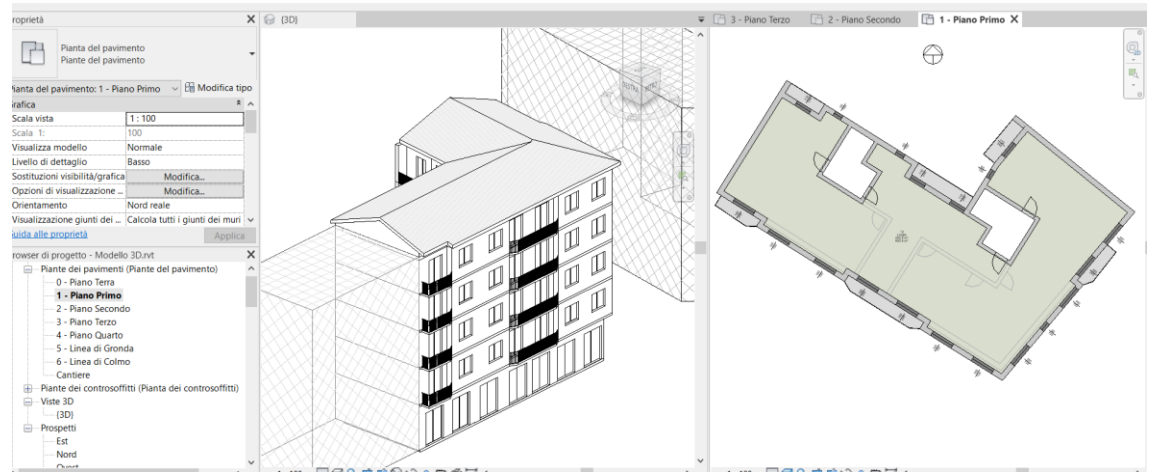
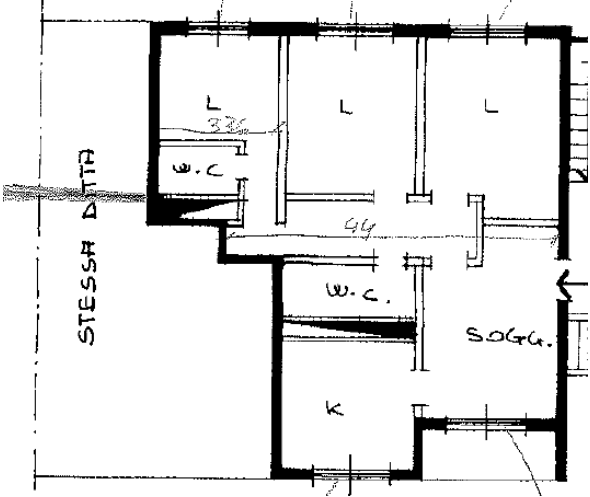
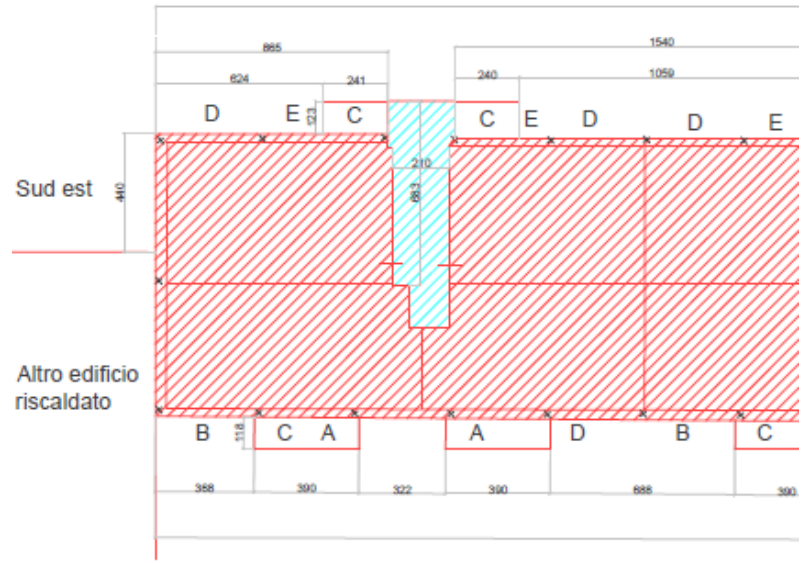
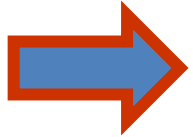
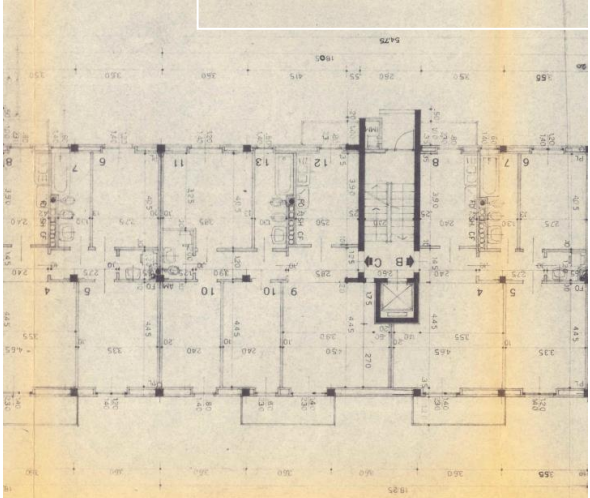
## RACCOLTA DOCUMENTAZIONE TECNICA

Planimetrie, abachi serramenti, prospetti, sezioni, ecc.

Scopo:

- avere un input rilevante con poca incertezza
- la geometria influenzerà anche la valutazione degli interventi proposti sia come dato energetico, di risparmio e di costo
- la geometria influenza pesantemente i requisiti di accesso all'Eco-bonus e il rispetto della legislazione vigente
  - valutazione Umedia (ponti termici lineari e superfici disperdenti)
  - valutazione della superficie complessiva disperdente (riqualificazione energetica o ristrutturazione secondo livello?) e 65% o 70%?

# LA REALTA'



# GEOMETRIA – STRUTTURE OPACHE VS EDIFICIO RIF.

Nome	Livello	Edificio	Altezza Netta	Area Netta	Volume Netto	Altezza Lorda	Area Lorda	Volume Lordo	Tipo di Zona	Subalterno
Sottotetto	secondo	1	1.10	80.0	40	1.20	110.0	50	ZNR	2
Serra	terra	1	2.79	13.0	36	3.09	14.2	44	ZNR	2
Piano terra	terra	1	2.79	87.0	243	3.09	116.1	359	ZR	2
Piano primo	primo	1	3.48	80.0	278	3.71	110.0	408	ZR	2

Edificio	Appartamento	Tipo	Area	Orientamento	Trasmittanza	Capacità Termica Periodica	Emissività	Fattore Assorbimento Solare	Trasmittanza Periodica
1	Piano terra	Parete	21,2	NE	1.49	66.07	0.9	0.6	0.161
1	Piano terra	Parete	32,6	SE	1.49	66.07	0.9	0.6	0.161
1	Piano terra	Parete	12	SO	1.49	66.07	0.9	0.6	0.161
1	Piano terra	Parete	33	NO	1.49	66.07	0.9	0.6	0.161
1	Piano terra	Parete	17,5	Serra	1.49	66.07	0.9	0.6	0.161
Piano terra			116,22						
1	Piano primo	Parete	30,7	NE	1.49	66.07	0.9	0.6	0.161
1	Piano primo	Parete	39,8	SE	1.49	66.07	0.9	0.6	0.161
1	Piano primo	Parete	27,6	SO	1.49	66.07	0.9	0.6	0.161
1	Piano primo	Parete	41	NO	1.49	66.07	0.9	0.6	0.161
1	Piano primo	Porta	2,8	SO	2,5	2	0.9	0.6	2

Edificio	Appartamento	Tipo	Area	Perimetro	Orientamento	Trasmittanza	Capacità Termica Periodica	Emissività	Fattore Assorbimento Solare	Trasmittanza Periodica
1	Piano terra	Solaio terreno	116	45	terreno	2.13	65.95	0.9	0.6	0.738
1	Piano terra	Solaio interpiano	116	45	orizz	2.45	89.91	0.9	0.6	1.36
1	Piano terra	Solaio terrazza	5,43	10,5	orizz	3.60	82.34	0.9	0.6	1.52
1	Piano primo	Solaio interpiano	110	45	orizz	2.45	89.91	0.9	0.6	1.36
1	Piano primo	Solaio sottotetto	110	45	Sottotetto	0.73	91.1	0.9	0.6	0.206

## CONTRIBUTI DEL BILANCIO per SERVIZIO H – senza impianti

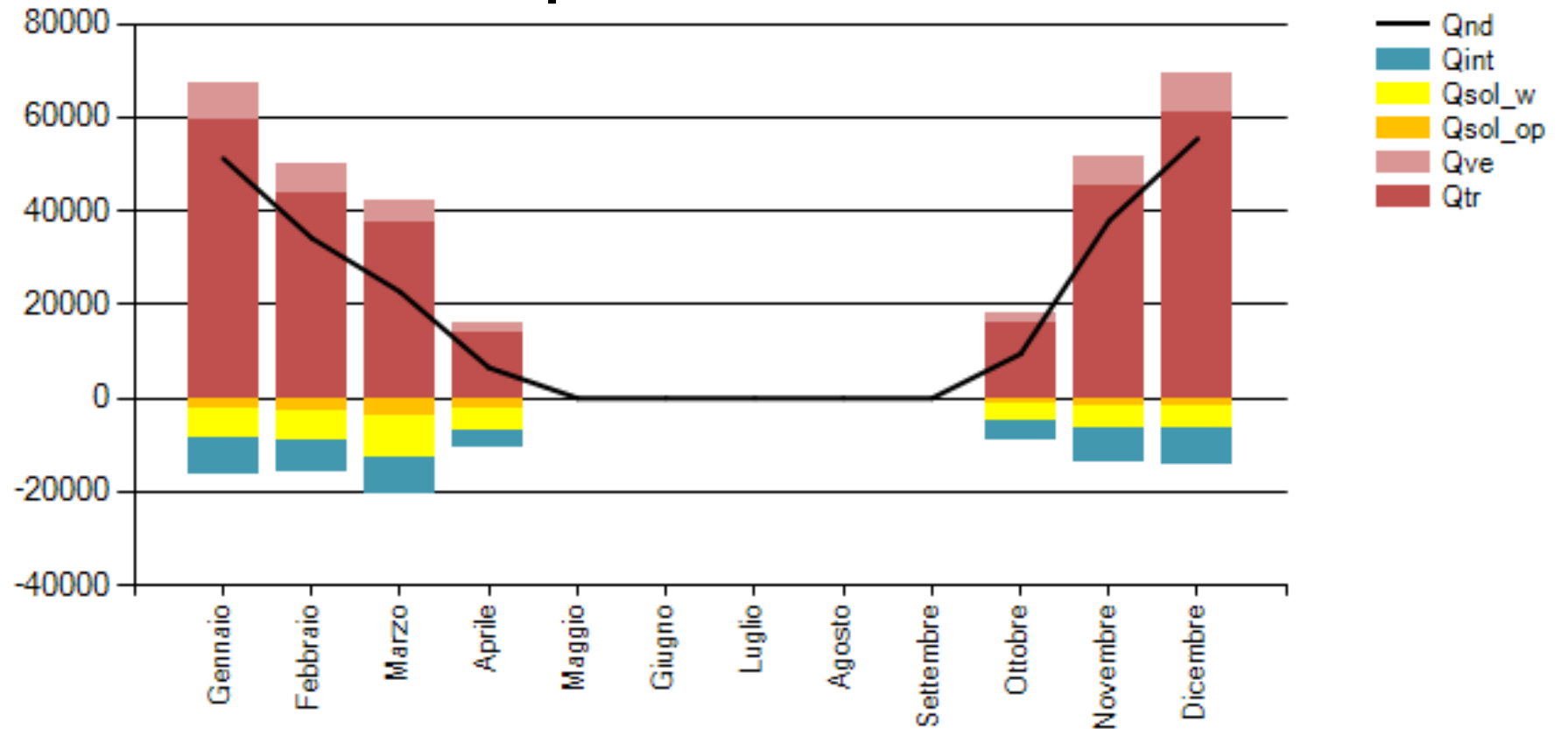
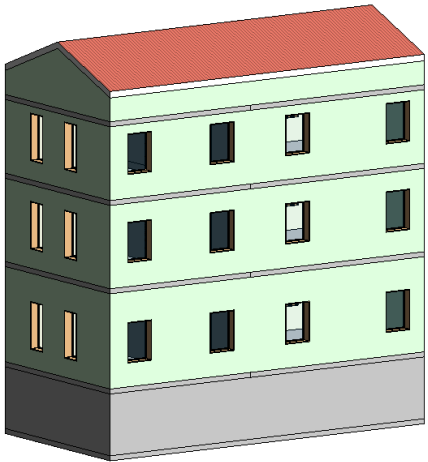
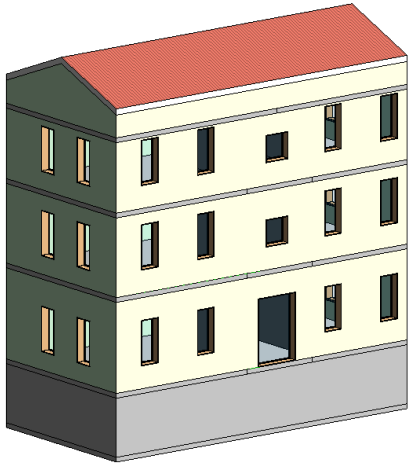
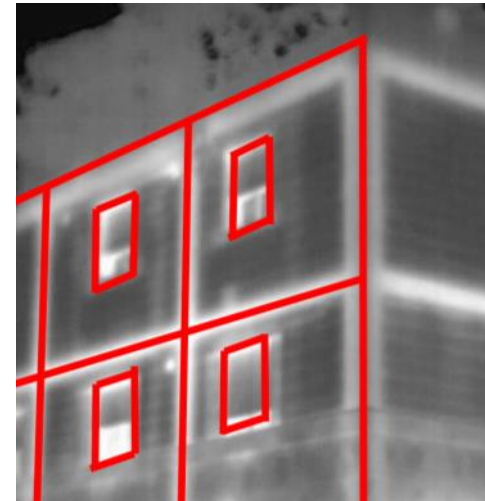
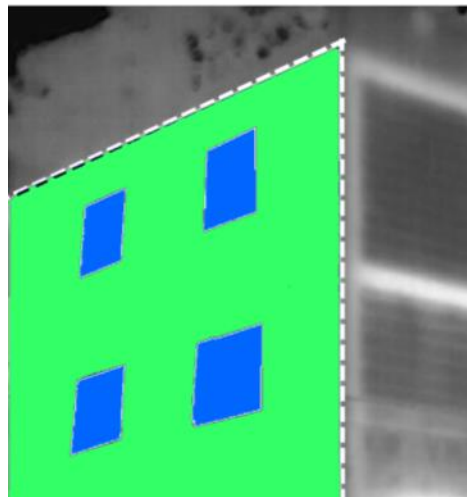
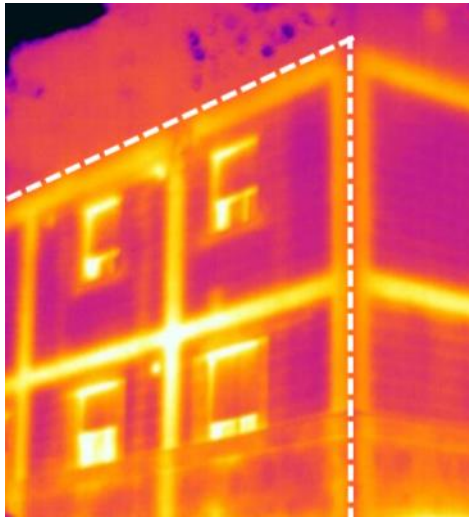


Grafico presente nei risultati di calcolo del software LETO distribuito agli associati ANIT

# PONTI TERMICI: UNI TS 11300-1 e UNI EN ISO 14683

$$H = \sum_i U_i A_i + \sum_k \psi_k l_k + \sum_j \chi_j$$

Red arrows point from the terms of the equation to the corresponding images below:  $H$  to the thermal image,  $\sum_i U_i A_i$  to the segmented image, and  $\sum_k \psi_k l_k + \sum_j \chi_j$  to the outlined image.





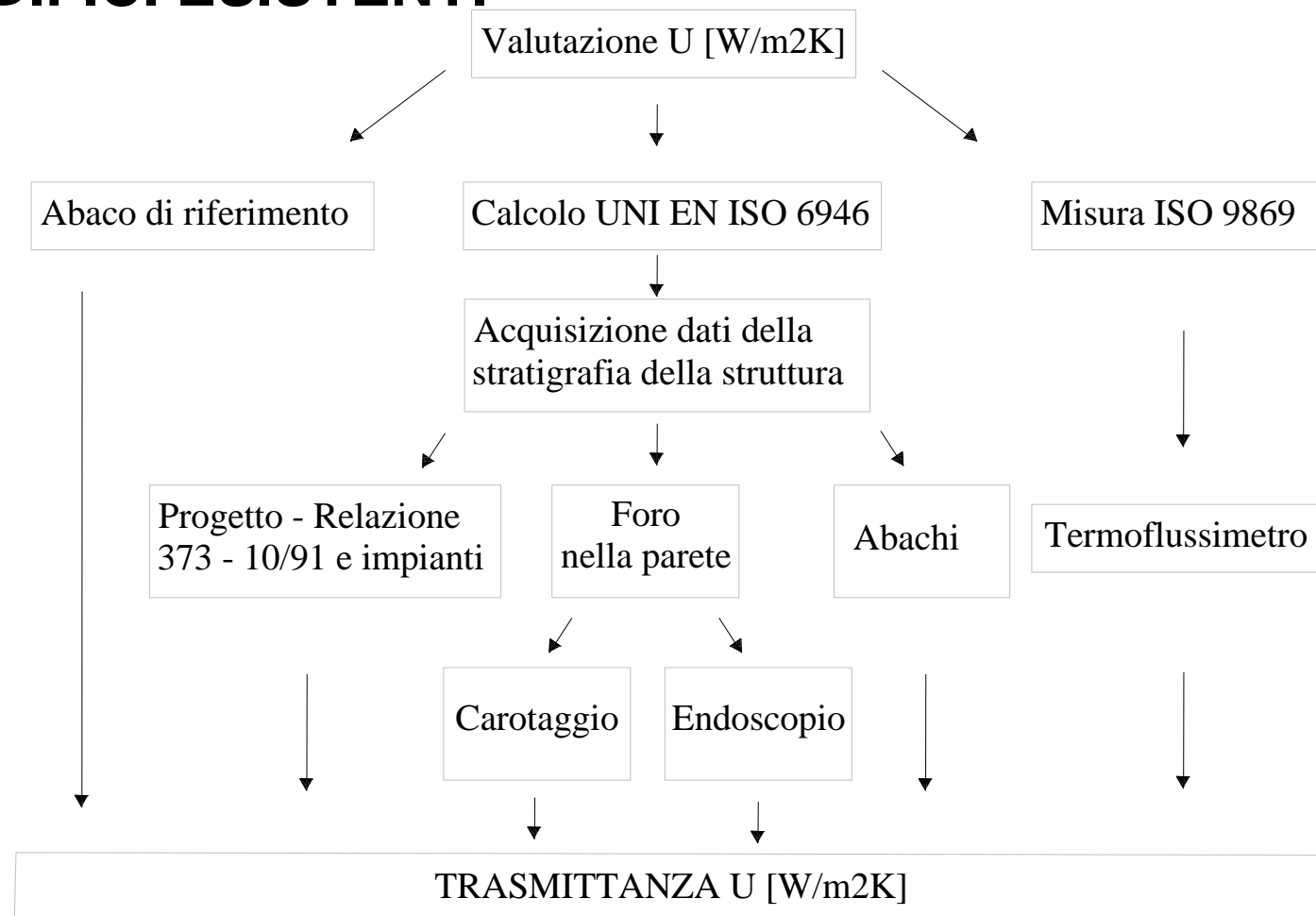
# LA VALUTAZIONE DELLA TRASMITTANZA TERMICA IN EDIFICI ESISTENTI

UNI TR 11775 (marzo 2020)

6.5 attività in campo

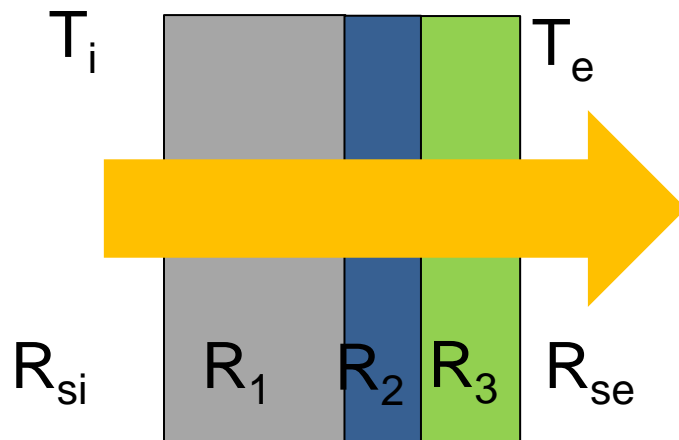
*L'attività in campo consiste in sopralluoghi, durante i quali il REDE è tenuto a verificare la rispondenza dei dati ricevuti ed integrare quelli mancanti, **attraverso rilievi** ed interviste agli occupanti.*

*...l'attività potrà includere misure **in campo con apposita strumentazione** (es. termocamera, termoflussimetro, ecc...)*



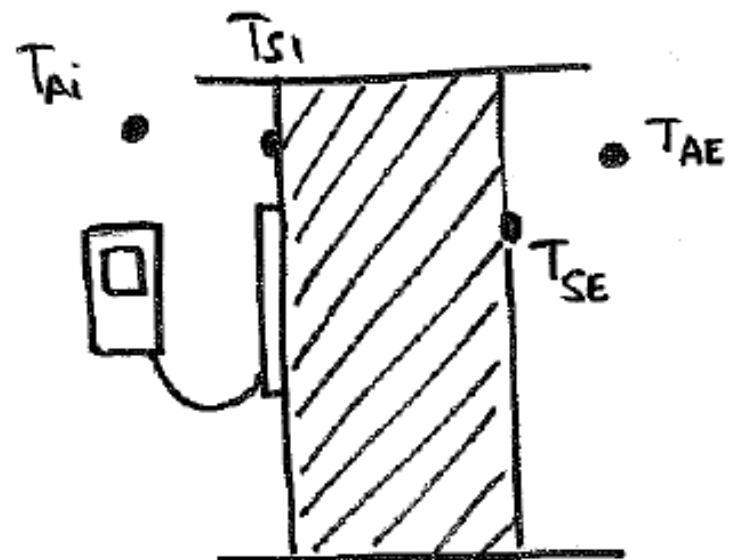
## LA VALUTAZIONE DELLA U IN EDIFICI ESISTENTI

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



Quante tipologie di strati possono essere presenti?

- Resistenze superficiali
- Resistenze di strati omogenei
- Resistenze di strati non omogenei
- Resistenze di intercapedini d'aria

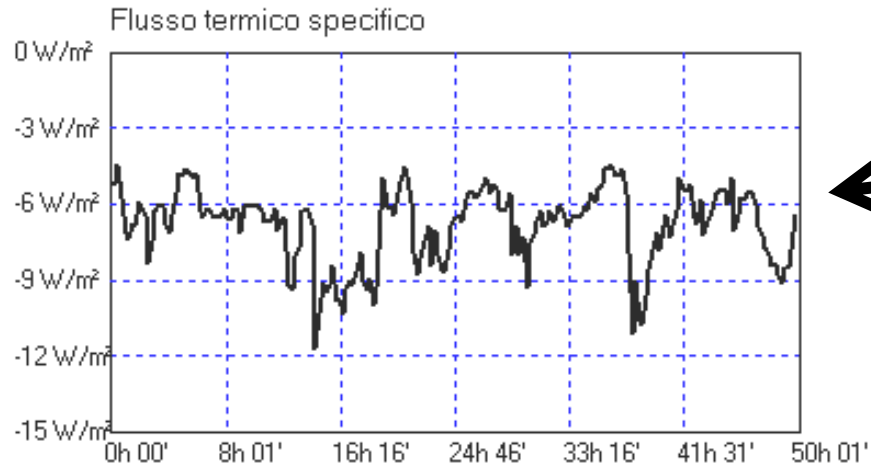


Misura in opera **UNI ISO 9869-1**

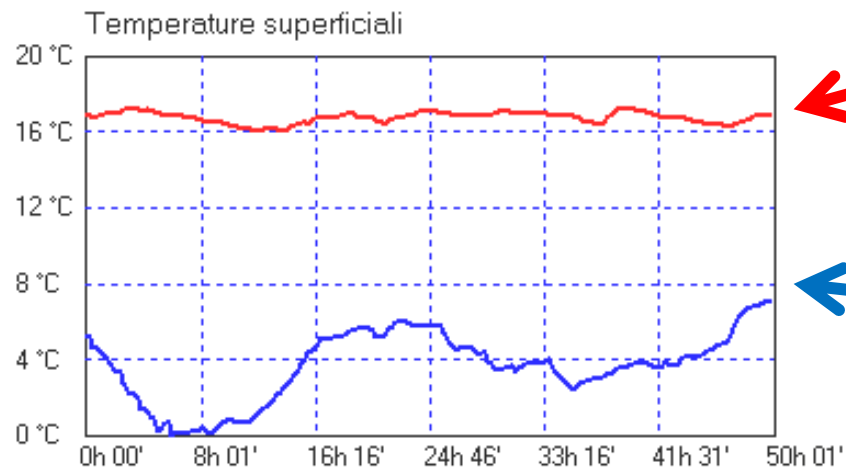
Cosa serve?

- piastra termoflussimetrica
- sensori di temperatura
- acquirettore dati

# MISURA NEL TEMPO



W/m<sup>2</sup> flusso termico specifico



°C Temperatura superficiale  
interna

°C Temperatura superficiale  
esterna

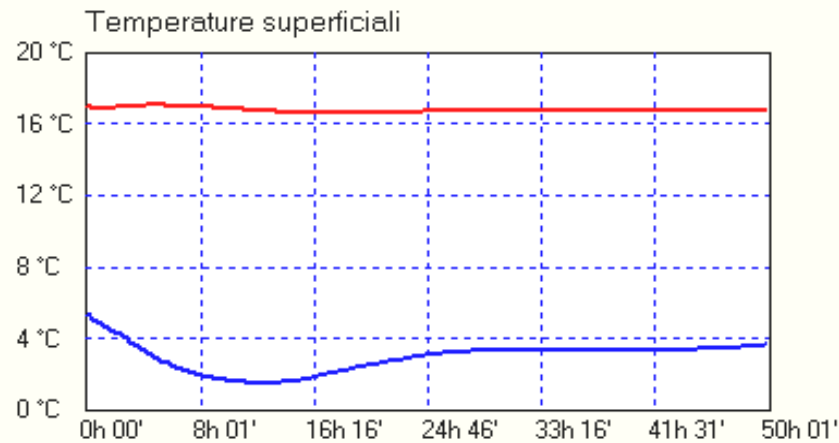
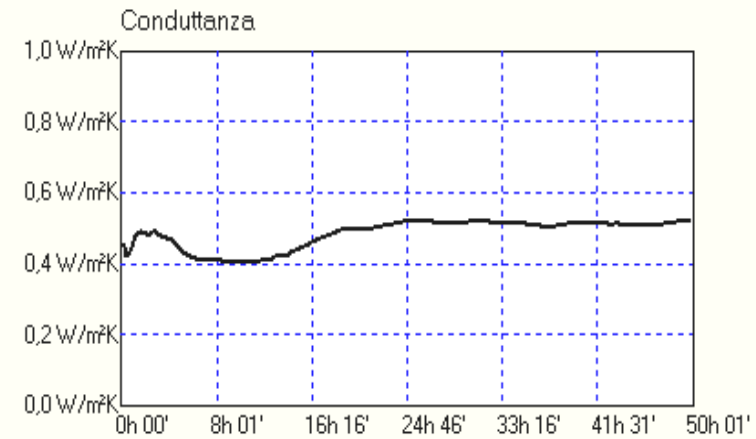
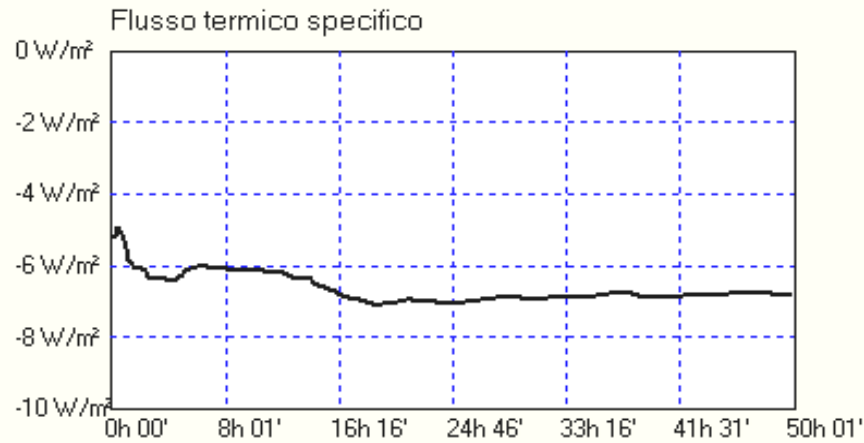
## MISURA NEL TEMPO



**C = 0.85 W/m²K  
ovvero parete  
non isolata**

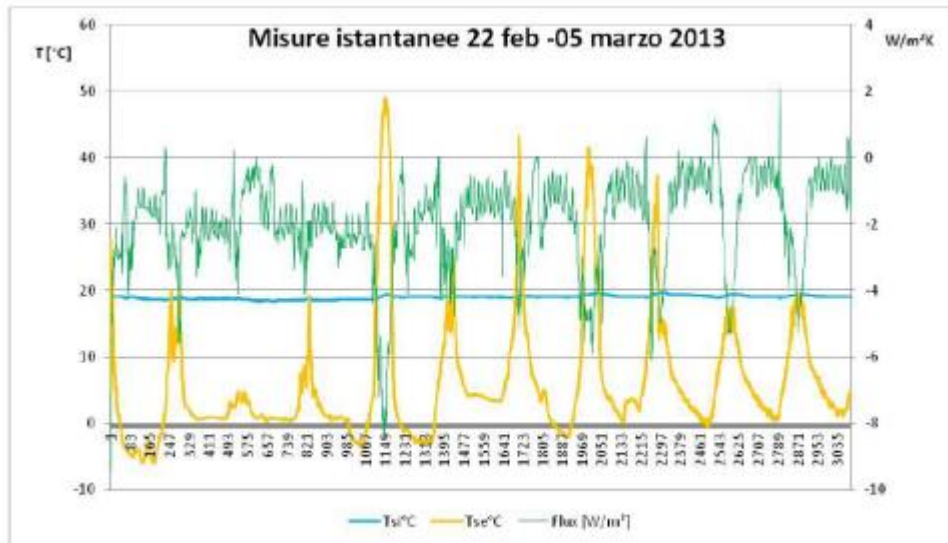
**C = 0.30 W/m²K ovvero  
parete isolata**

# MISURA NEL TEMPO

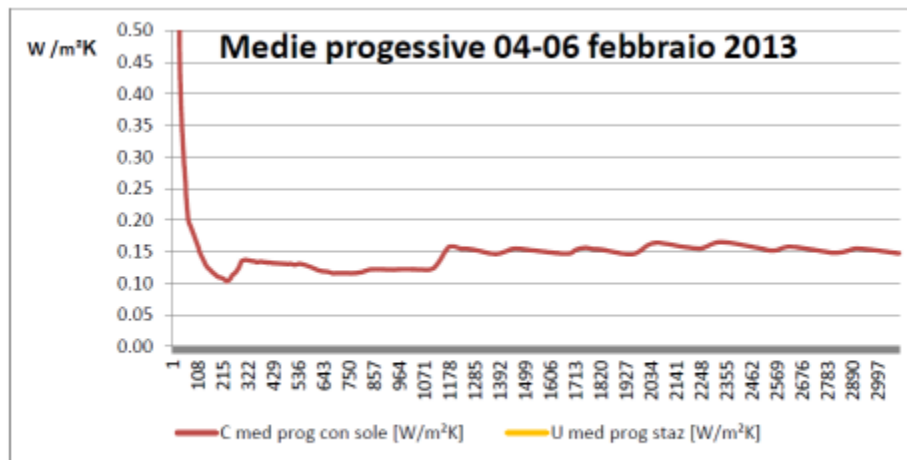


Valutazione:  
 **$C = 0.52 \text{ W/m}^2\text{K}$**

# ESEMPIO DI MISURA

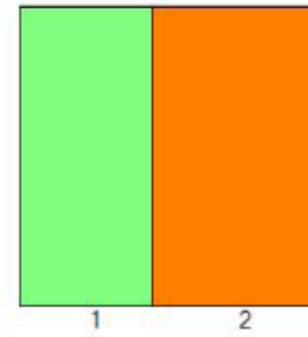


Misure con passo temporale di 10 min per 10 giorni



Misure con passo temporale di 10 min per 40 giorni – influenza irraggiamento solare dalla misura 1178.

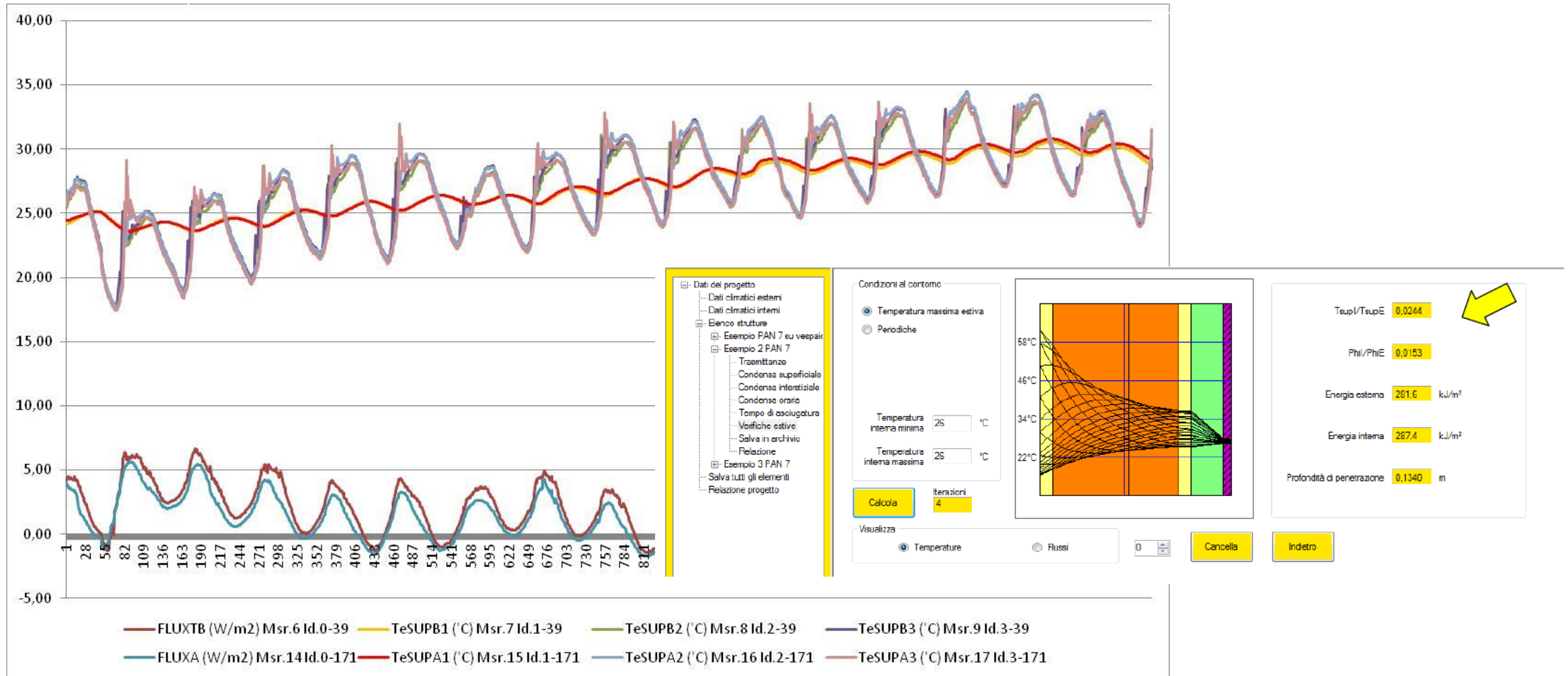
$$U_{\text{calcolo}} = 0.14 \text{ W/m}^2\text{K}$$



$$U_{\text{misurata}} = 0.13 - 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\phi' = (20 - 0) \cdot 0.145 = 3 \text{ W}$$

# MISURA IN ESTATE



## UN PO' DI MISURE SU PARETI ESISTENTI SENZA ISOLANTE

	struttura	Tipologia costruttiva	U [W/m <sup>2</sup> K]
Primi 1900	Condominio a Milano	Mattoni pieni di 55 cm	<b>0.93</b>
anni '60	Condominio a Milano	Doppio tavolato non isolato di 45 cm	<b>0.98</b>
anni '60	Condominio a Milano	Doppio tavolato con intercapedine d'aria	<b>1.01</b>
1967	Condominio a Torino	Doppio tavolato con mattoni forati faccia a vista	<b>1.10</b>
anni '70	Condominio a Milano	Doppio tavolato con intercapedine d'aria	<b>0.85</b>
anni '70	Condominio a Milano	Doppio tavolato con intercapedine d'aria	<b>1.00</b>
anni '70	Condominio a Novara	Doppio tavolato con intercapedine d'aria	<b>1.31</b>
anni '70	Condominio a Milano	Doppio tavolato con intercapedine d'aria	<b>0.88</b>
anni '70	Condominio a Novara	Doppio tavolato con intercapedine d'aria	<b>0.88</b>
anni '70	Scuola a Milano	Doppio tavolato con mattoni forati non isolato di 30 cm	<b>0.98</b>



## UN PO' DI MISURE SU STRUTTURE ESISTENTI CON ISOLANTE

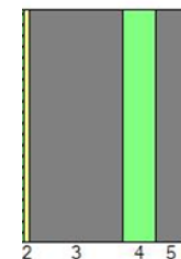
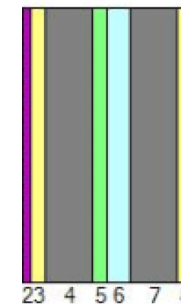
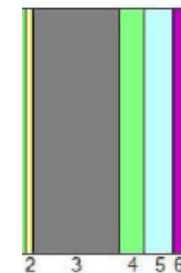
	struttura	Tipologia costruttiva	U [W/m²K]
anni '80	Condominio a Milano	Doppio tavolato con isolante in intercapedine	<b>0.52</b>
anni '90	Condominio in prov. Milano	Doppio tavolato con intercapedine d'aria e isolante	<b>0.70</b>
anni '90	Condominio in prov. Milano	Doppio tavolato con intercapedine d'aria senza isolante	<b>0.98</b>
anni '90	Villa a Cremona	Laterizio alveolato da 32 cm	<b>0.77</b>
DLgs 192 dal 2005	Condominio a Milano	Copertura piana latero-cementizia con isolante da 6-8 cm	<b>0.51</b>
DLgs 192 dal 2005	Condominio a Milano	Solaio di pavimento latero-cementizio senza isolamento	<b>1.11</b>
DLgs 311 dal 2007	Condominio in prov. Milano	Copertura in legno con isolante termico sopra perlinato	<b>0.32</b>
DLgs 311 dal 2007	Villa a Brescia	Doppio tavolato in mattoni forati con isolante in intercapedine	<b>0.46</b>
DPR 59 dal 2009	Condominio in prov. Milano	Copertura in legno con isolante termico sopra perlinato	<b>0.37</b>

## UN PO' DI MISURE SU PARETI CON ISOLANTE

	struttura	Tipologia costruttiva	U [W/m <sup>2</sup> K]
DPR 59 dal 2009	Copertura villette a schiera -	Copertura leggera in perlinato con pannello in isolamento termico	<b>0.20</b>
DM requisiti minimi dal 2015	Scuola in provincia di Milano	Doppio tavolato con mattoni forati isolato con 12 cm di isolante all'esterno	<b>0.28</b>
Classe A 2009	Villetta in prov. Varese	Parete in blocchi di cemento con 22 cm di isolamento esterno	<b>0.14</b>
Classe B 2014	Condominio a Milano	Doppio tavolato con materiale isolante insufflato di 12-24 cm	<b>0.13</b>

# UN PO' DI MISURE SU STRUTTURE DIFFICILMENTE VALUTABILI

	struttura	Tipologia costruttiva	U [W/m <sup>2</sup> K]
anni '70	Condominio in prov. Milano	Pannelli prefabbricati con controparete interna in gesso rivestito e pannello isolante in aderenza	<b>0.90</b>
anni '70	Condominio in prov. Milano	Pannelli prefabbricati con isolante di alleggerimento all'interno del pannello	<b>1.07</b>
anni '90	Condominio in prov. Milano	Pannelli prefabbricati con isolante nel pannello	<b>0.65</b>
anni 2000	Centro commerciale in zona E	Pannelli prefabbricati con pannelli a taglio termico e isolante	<b>0.44</b>

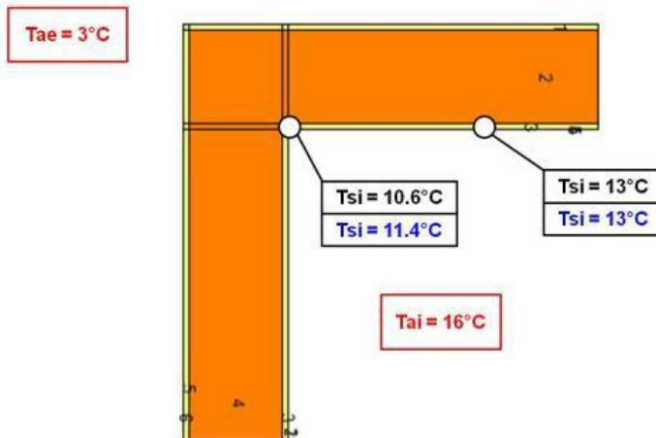
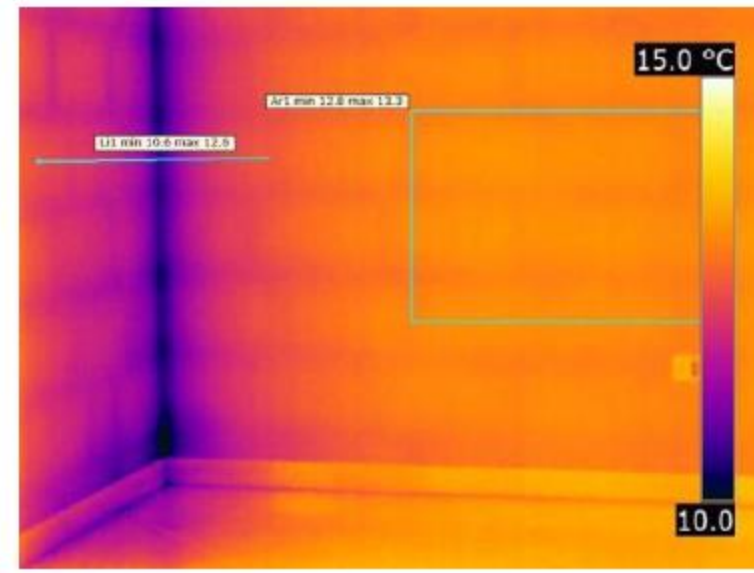


# NORMA UNI EN 16714:2016

Principi generali per l'applicazione della termografia nelle prove non distruttive.

Procedura	Eccitazione	
	Attiva	Passiva
Qualitativa	Esame dei modelli termici (distribuzione delle radiazioni)	
Comparativa	Grandezze differenziali ( $\Delta T$ )	Grandezze differenziali ( $\Delta T$ )
Quantitativa	Grandezze assolute (T)	Grandezze assolute (T)

# PONTI TERMICI: VALIDAZIONE MODELLO EL. FINITI



Procedura quantitativa con  
eccitazione passiva

# IL PONTE TERMICO DI TRAVI E PILASTRI NON ISOLATI

Edificio con travi e pilastri non isolati e tamponamenti isolati (3 cm di isolante)



Edificio in regime legge 10/91 progettato prima del 2005



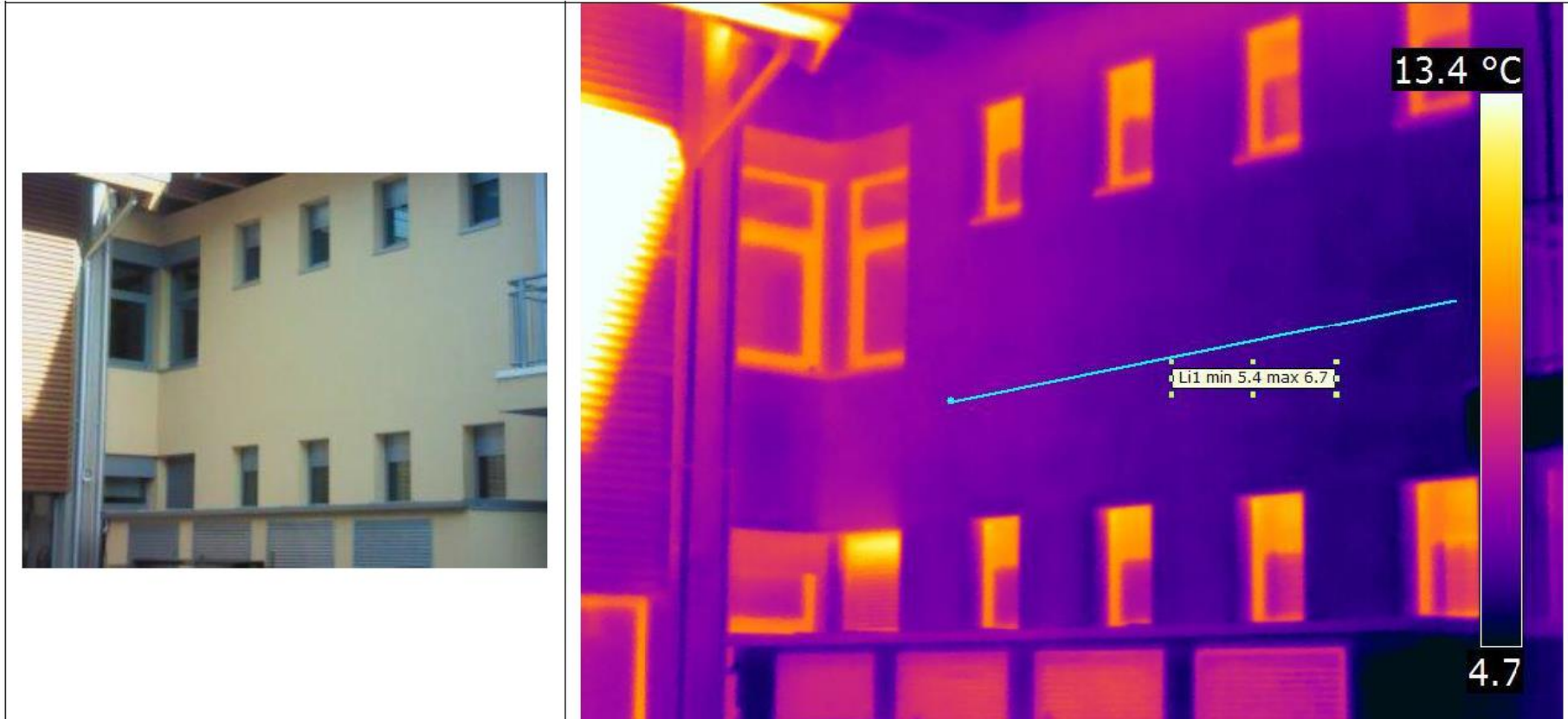
Procedura qualitativa con eccitazione passiva

# IL PONTE TERMICO DI TRAVI E PILASTRI ISOLATI



Procedura qualitativa con eccitazione passiva

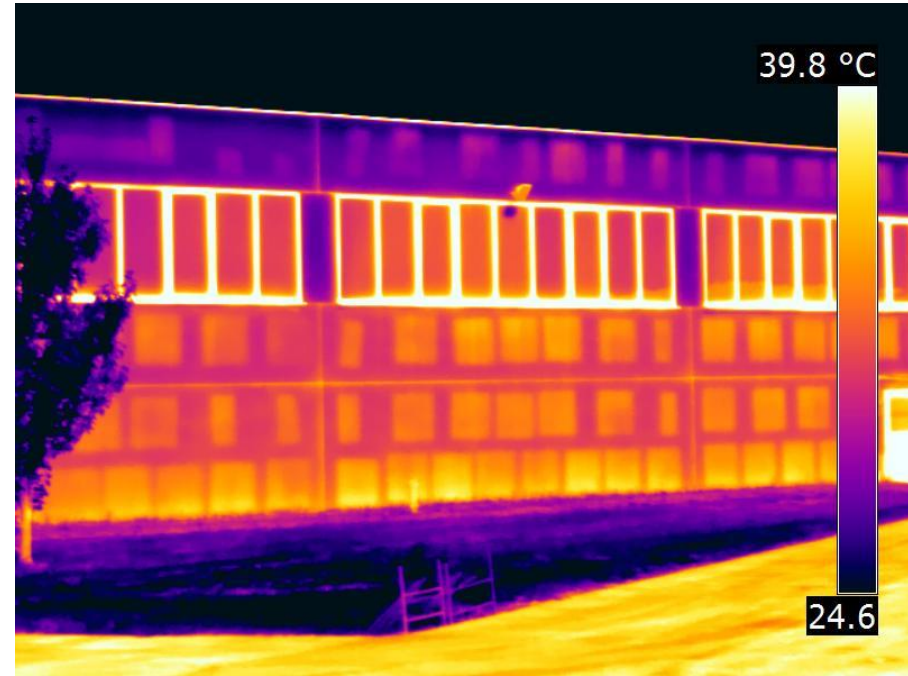
# SISTEMI A CAPPOTTO



Procedura qualitativa con eccitazione passiva



# TRAVI E PILASTRI, PANNELLI

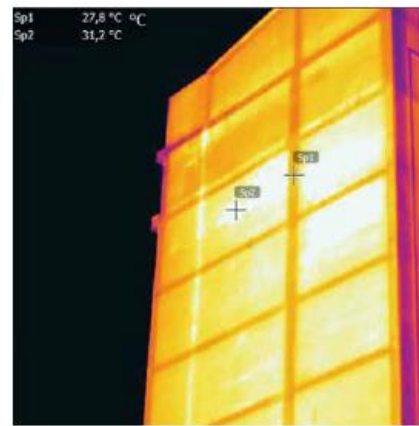


Scuola esistente: laterizio  
alveolato e palestra

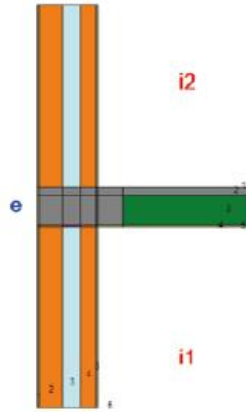


Procedura qualitativa con eccitazione attiva

# EDIFICI ESISTENTI – INDAGINI CON IL SOLE



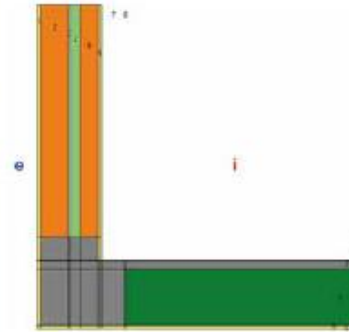
Facciata di edificio,  $\Delta T = 3.4 \text{ }^\circ\text{C}$   
marzo, esposizione sud-ovest, pomeriggio



Ponte termico della trave di bordo  
con muratura in doppio tavolato e  
intercapedine d'aria



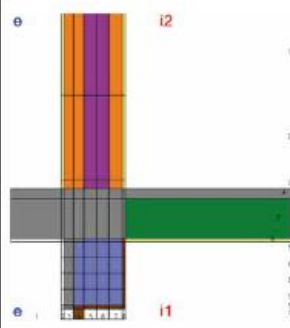
Facciata di edificio,  $\Delta T = 2.3 \text{ }^\circ\text{C}$   
maggio, esposizione nord-ovest, pomeriggio



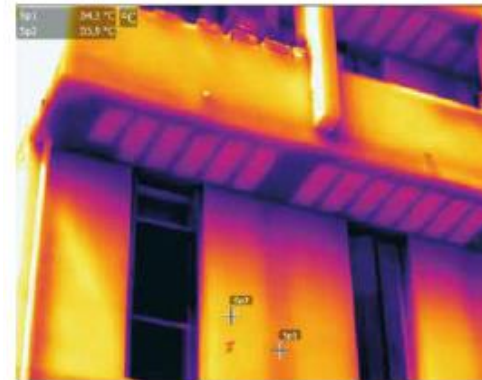
Ponte termico del solaio in aggetto  
con doppio tavolato e isolante in  
intercapedine



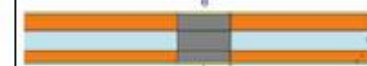
Facciata di edificio,  $\Delta T = 3.3 \text{ }^\circ\text{C}$   
giugno, esposizione sud, ora di pranzo



Ponte termico del balcone con  
muratura in doppio tavolato  
e cassonetto



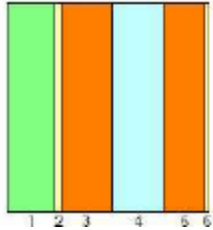
Facciata di edificio,  $\Delta T = 1.6 \text{ }^\circ\text{C}$   
giugno, esposizione nord-est, pranzo



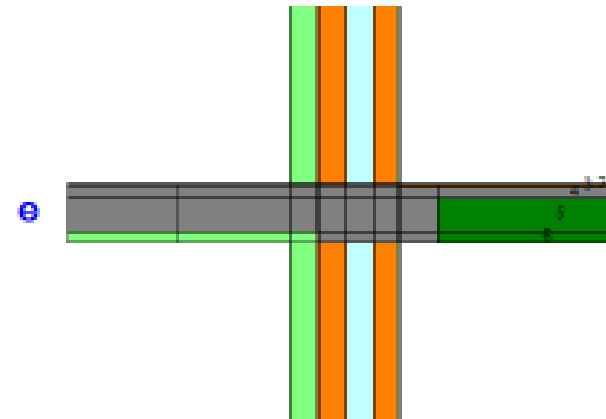
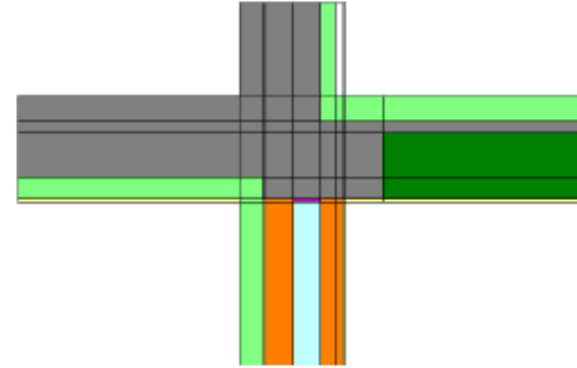
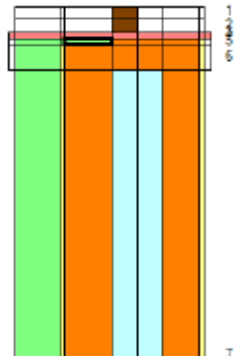
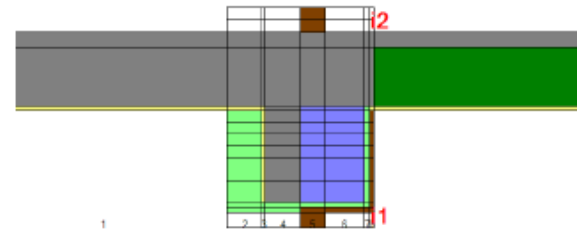
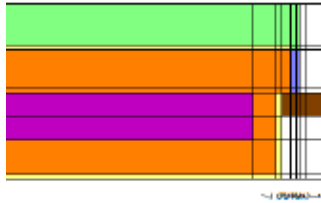
Ponte termico del pilastro in parete

Procedura qualitativa con eccitazione attiva

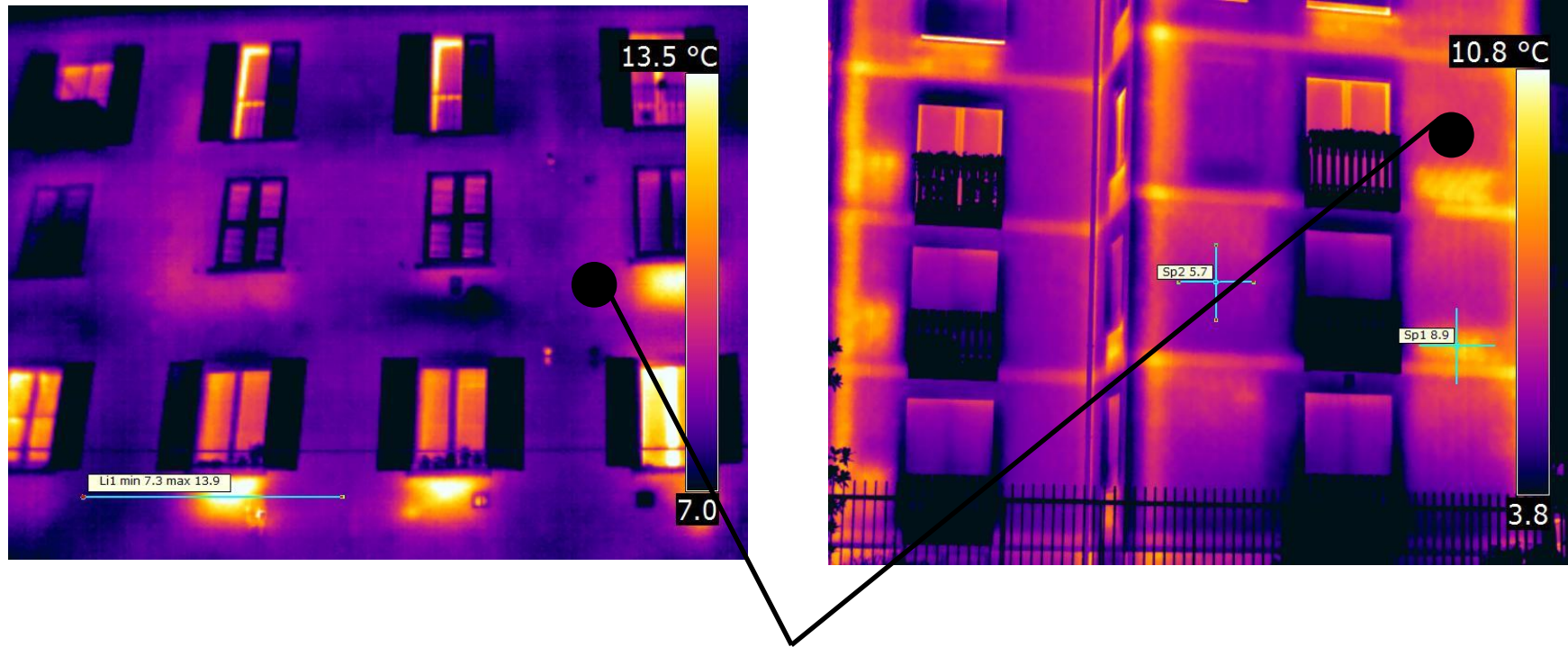
# VALIDATO MODELLO - PROGETTAZIONE



1	ISO	Isolante
2	INT	Cemento, sabbia
3	MUR	Laterizi forati sp. 15 cm.rif.1.1.11
4	INA	Camera non ventilata
5	MUR	Laterizi forati sp. 12 cm.rif.1.1.21
6	INT	Intonaco interno

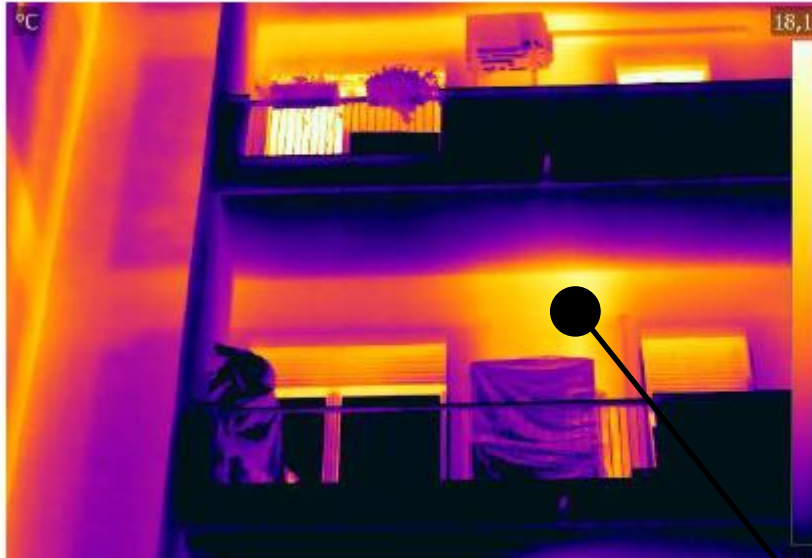


# PERDITE DI EMISSIONE - MIGLIORAMENTO



Radiatore ad alta temperatura su parete esterna non isolata

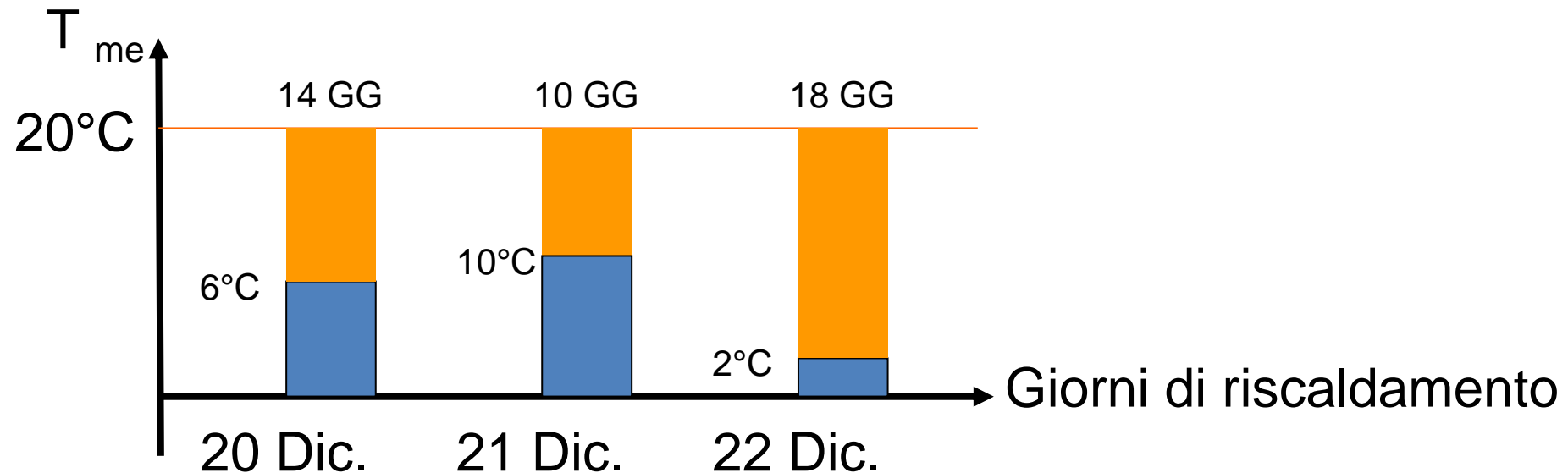
# PERDITE DI DISTRIBUZIONE



Colonne del fluido termovettore

## IL SIGNIFICATO DEI GRADI GIORNO

I gradi giorno rappresentano la sommatoria delle differenze fra temperatura esterna media giornaliera e i 20°C di temperatura di progetto interna, estesa per il periodo di riscaldamento



# CALCOLO STANDARD E VALUTAZIONE CONSUMI

Due variabili: temperatura mensile aria esterna e temperatura dell'ambiente interno

Gradi giorno calcolo predittivo	
Con dati climatici di	UNI 10349: 2016

	Tset point [°C]	Tae [°C]	nr. giorni	Gradi Giorno GG
01-giu				
01-lug				
01-ago				
01-set				
01-ott	20	14,1	16	94
01-nov	20	7,5	30	375
01-dic	20	3,5	31	512
01-gen	20	4	31	496
01-feb	20	7,2	28	361
01-mar	20	10,6	31	291
01-apr	20	13,4	16	106
01-mag				
				2.235

Influenza il fabbisogno di calcolo

Gradi giorno consumi	
Con dati climatici	Milano - Brera 14/15

	Tset point [°C]	Tae [°C]	nr. giorni	Gradi Giorno [°C]
giu-14				
lug-14				
ago-14				
set-14				
ott-14	21	16,5	16	72
nov-14	21	12,1	30	267
dic-14	21	7	31	434
gen-15	21	6,7	31	443
feb-15	21	6,7	28	400
mar-15	21	11,3	31	285
apr-15	21	15,3	16	91
mag-15				
				1.993

Influenza il consumo della stazione 14/15

## SCOSTAMENTO CONCESSO ALLA VALIDAZIONE

$$-0.05 \leq \frac{C_o - C_e}{C_e} \leq 0.05$$

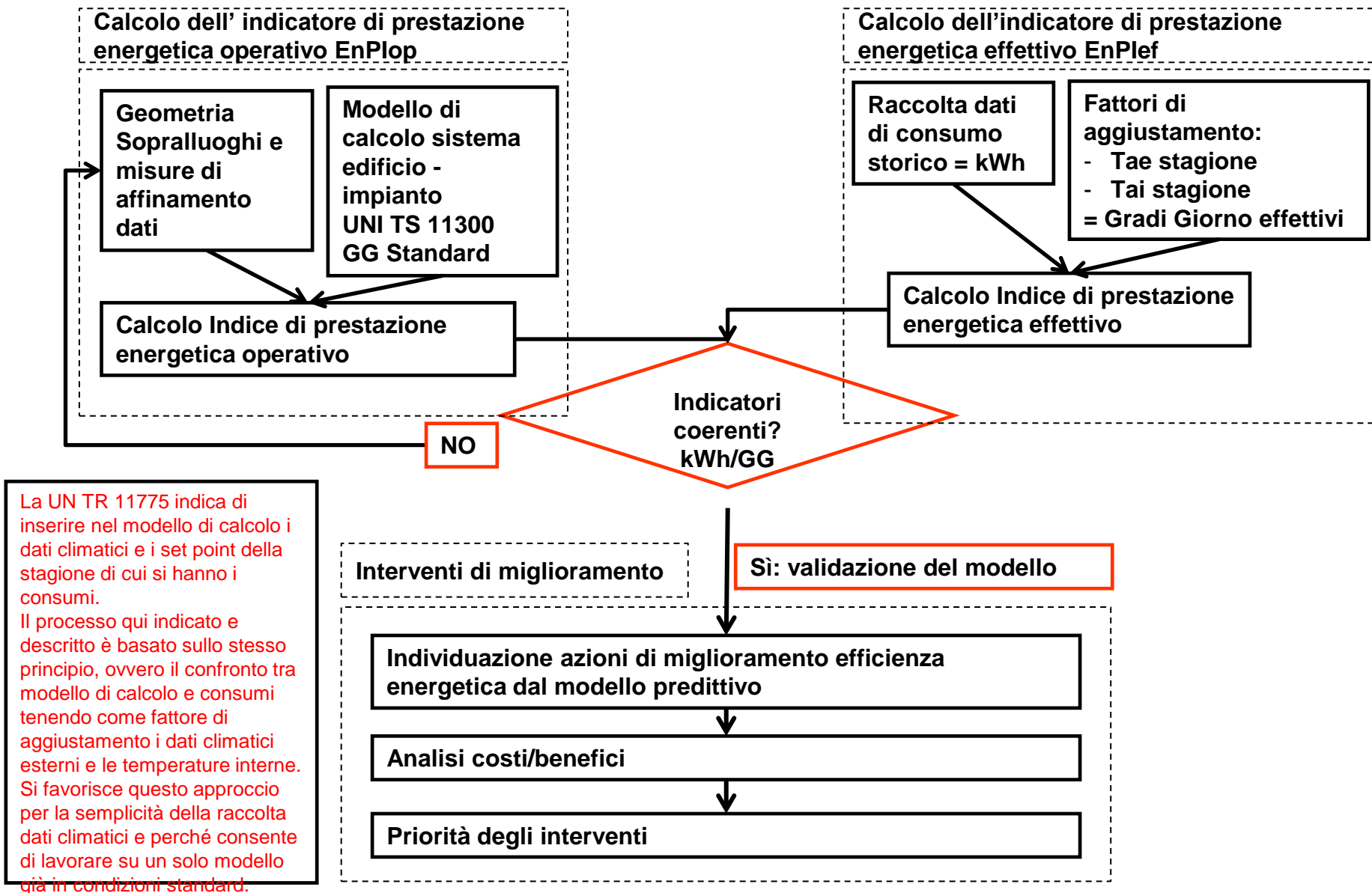
$C_o$  = consumi operativi in kWh o Indicatori EnPlop

$C_e$  = consumi effettivi in kWh o Indicatori EnPlef

Scostamento che può arrivare al 10% in condizioni in cui la caratterizzazione si basi su dati non certi.

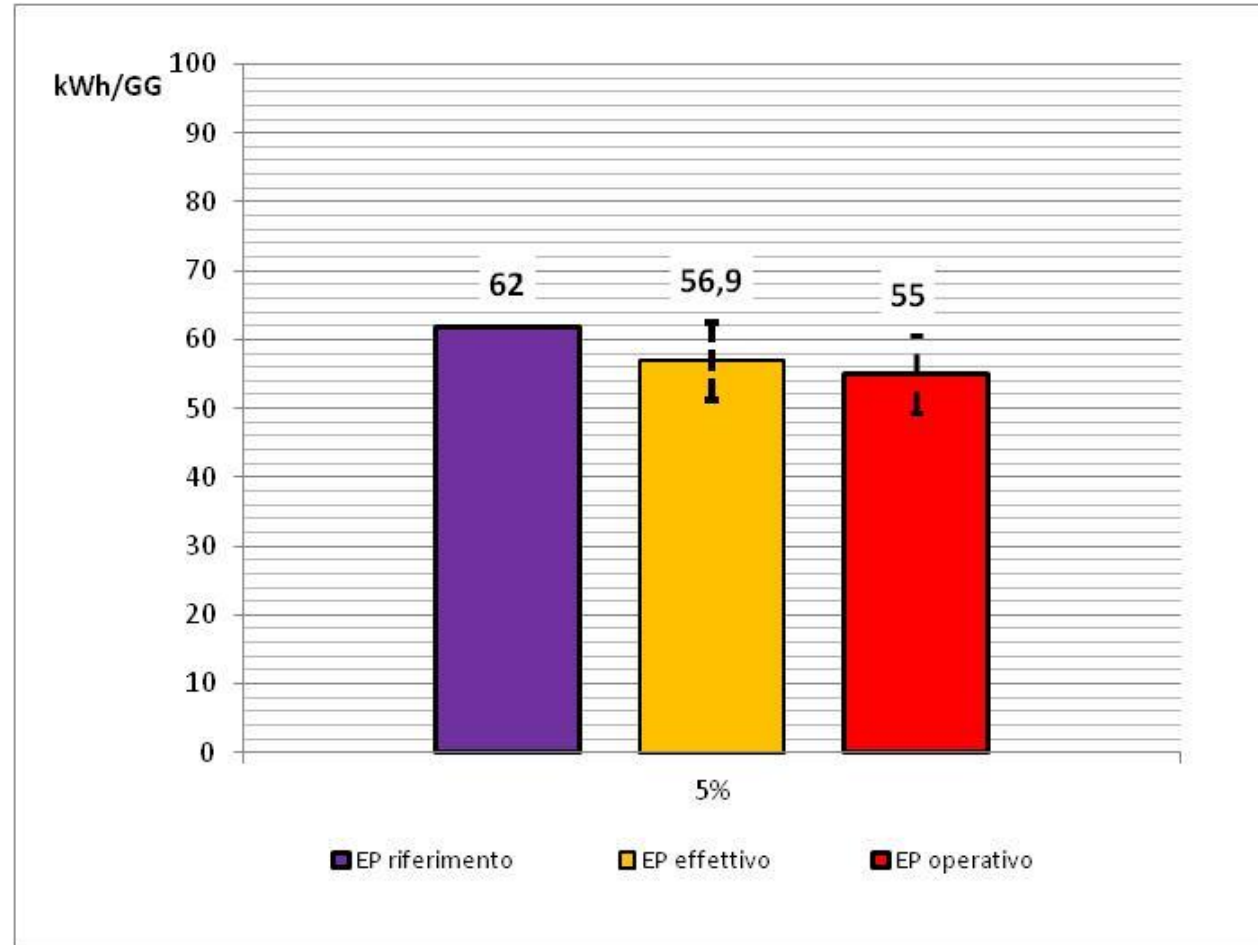
Da ricordare che i software commerciali hanno un'incertezza del 5% sui risultati.





La UN TR 11775 indica di inserire nel modello di calcolo i dati climatici e i set point della stagione di cui si hanno i consumi. Il processo qui indicato e descritto è basato sullo stesso principio, ovvero il confronto tra modello di calcolo e consumi tenendo come fattore di aggiustamento i dati climatici esterni e le temperature interne. Si favorisce questo approccio per la semplicità della raccolta dati climatici e perché consente di lavorare su un solo modello già in condizioni standard.

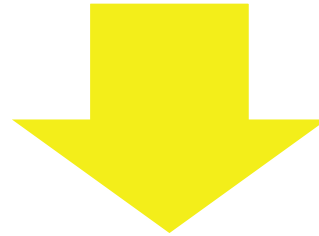
# CONFRONTO INDICI DI PRESTAZIONE



Validazione del modello – errore < 5-10%

## INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO: REQUISITI

- individuazione delle possibilità tecnologiche
- opportunità delle tipologie di intervento: detrazioni fiscali 50, 65, 70...%
- cedibilità credito imposta
- vincoli legislazione ( $U_{media}$ ,  $H'_T...$ )



- requisiti minimi ( $U$ ,  $EP_{H,nd}$  superficie interventi...)
- vincoli su edifici e soggetti ammessi
- tempi



ASSOCIAZIONE NAZIONALE  
PER L'ISOLAMENTO TERMICO E ACUSTICO

**Grazie per l'attenzione**