

The background of the slide features a network diagram composed of numerous circles (nodes) connected by thin lines. The nodes are colored in shades of green and yellow, with some being solid and others hollow. The network is dense in the upper right and becomes sparser towards the bottom right. The ANIT logo, consisting of the word "ANIT" in a bold, black, sans-serif font, is positioned on the left side of the slide. To the right of the text is a stylized graphic element made of two overlapping, curved shapes in shades of green and yellow, resembling a stylized 'N' or a leaf.

ANIT

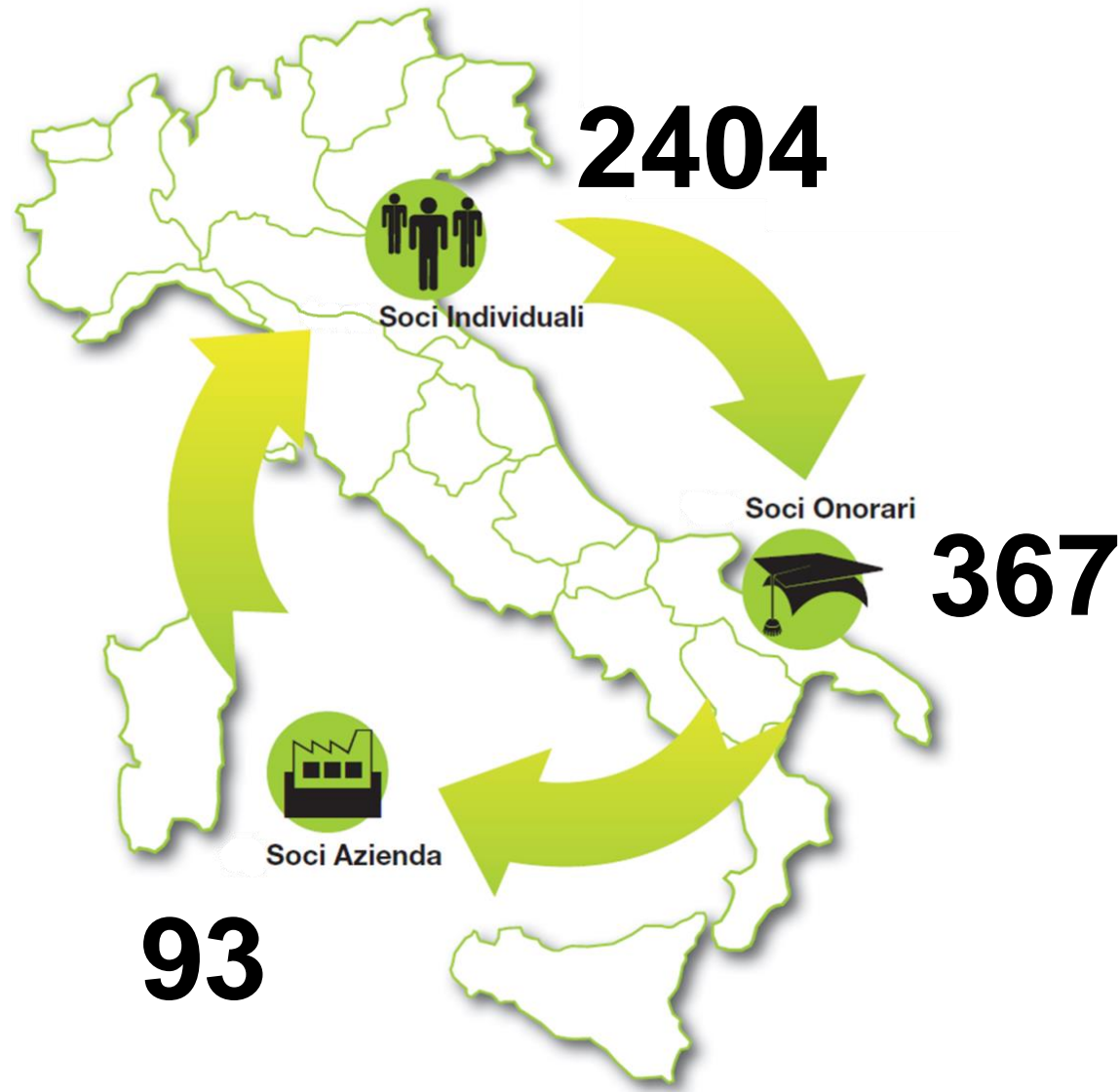
Diagnosi igrotermica degli edifici esistenti

4 maggio 2020

Ing. Giorgio Galbusera

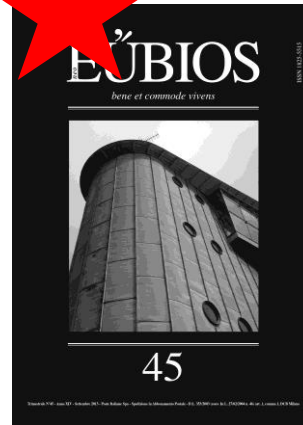
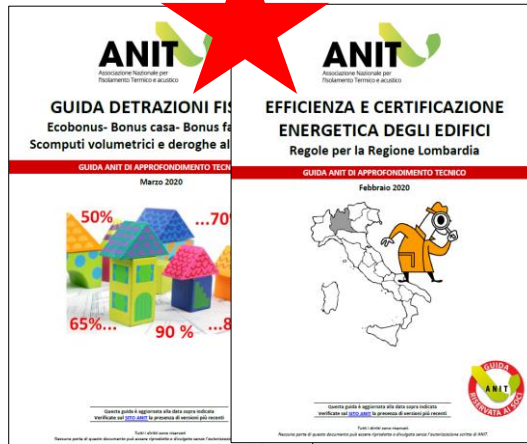
Diritti d'autore: la presentazione è proprietà intellettuale dell'autore e/o della società da esso rappresentata.
Nessuna parte può essere riprodotta senza l'autorizzazione dell'autore.

I SOCI ANIT

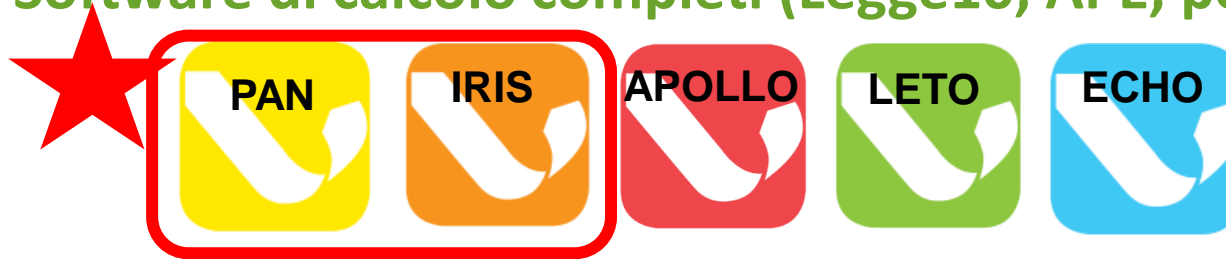


I SERVIZI INCLUSI NELL'ASSOCIAZIONE

Guide, manuali, rivista, chiarimenti telefonici



Software di calcolo completi (Legge10, APE, ponti termici, acustica)



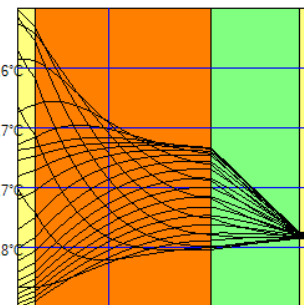
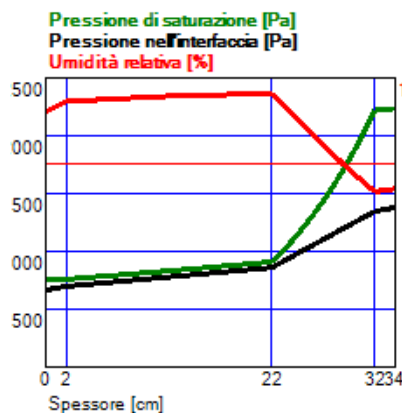
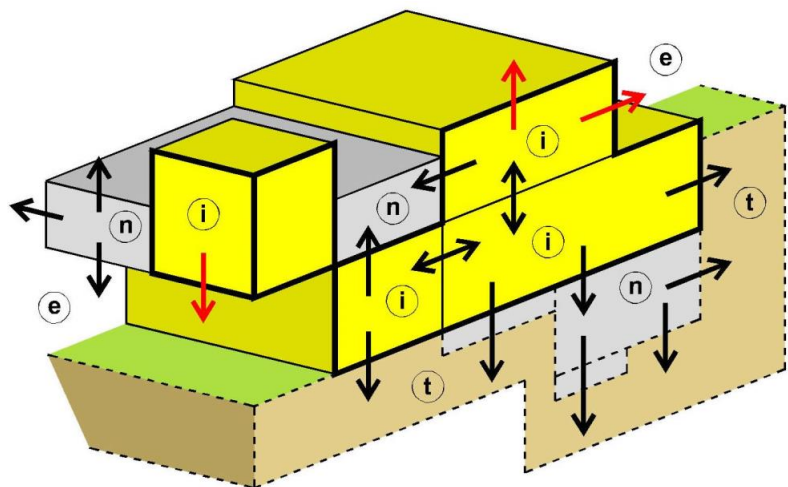
Servizi validi per 12 mesi
120€+IVA

 **Diagnosi igrotermica**

SOFTWARE PER I SOCI ANIT



Verifiche sulle strutture opache



SOFTWARE PER I SOCI ANIT

SUITE ANIT
 Aggiorna scadenza software
 Giorni rimanenti: 298
 Codice macchina: -862267272

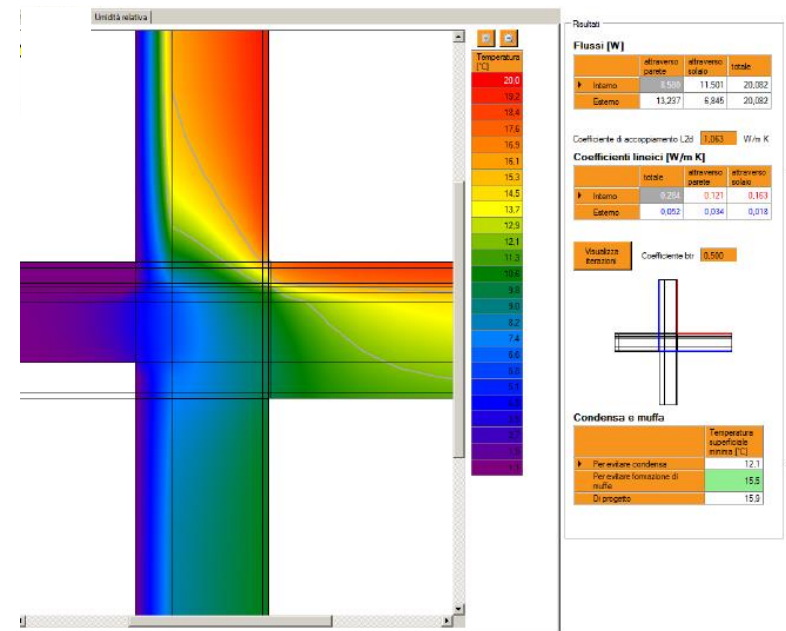
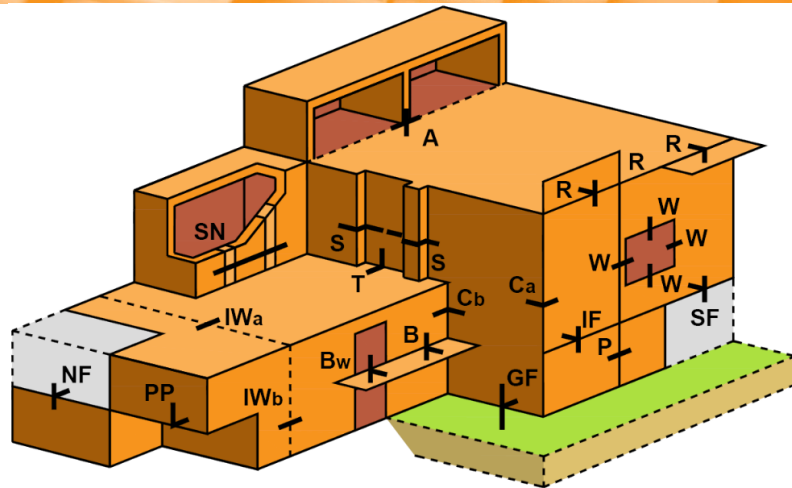
Software ANIT
 Sviluppato da TEP s.r.l.

IRIS 5.0

Simulazione dei ponti termici agli elementi finiti secondo UNI EN ISO 10211.

L'uso del presente software e dei relativi risultati sono di esclusiva competenza e responsabilità dell'utente. Tutti i diritti riservati. Qualsiasi riproduzione non autorizzata è vietata.
 Maggiori informazioni e contatti: www.anit.it - software@anit.it
 Versione 5.0.0.15
 Ultimo aggiornamento 24/04/2020

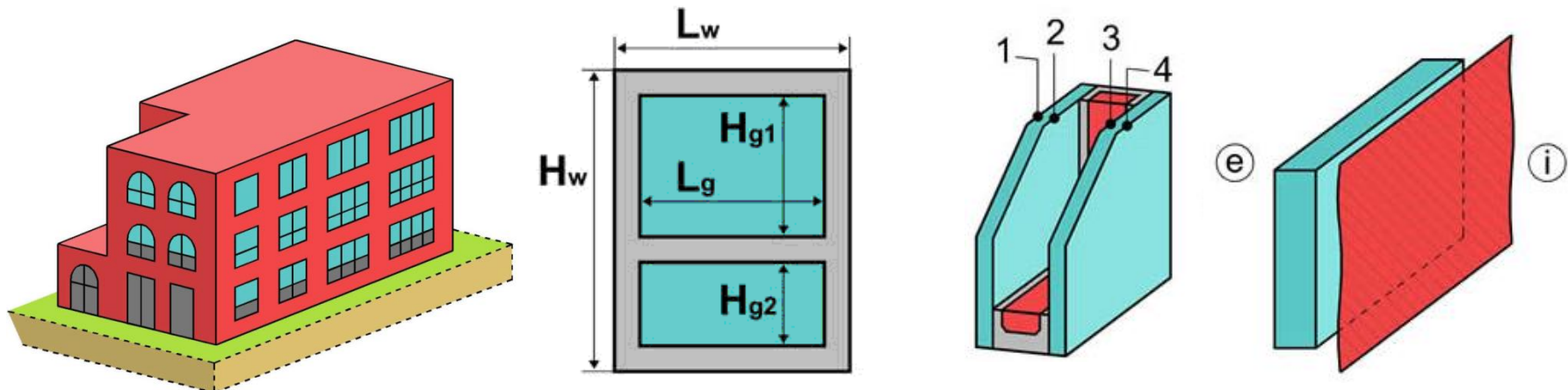
Inizia



SOFTWARE PER I SOCI ANIT



Prestazioni dei serramenti e delle schermature



SOFTWARE PER I SOCI ANIT

Software certificato

N. 80

GARANZIA DI CONFORMITÀ
AL D.M. 26/06/2015

Tep S.r.l.
Ver. 1.02.5

Data di rilascio:
3 luglio 2017

SUITE ANIT

Aggiorna scadenza software

Giorni rimanenti: 298
Codice macchina: -862267272

Software ANIT

Sviluppato da TEP s.r.l.

LETO 4.1

Analisi del fabbisogno energetico degli edifici secondo UNI/TS 11300 parte 1, 2, 3, 4, 5 e 6

Versione 4.1.1.8 Ultimo aggiornamento: 02/03/2020

L'uso del presente software e dei relativi risultati sono di esclusiva competenza e responsabilità dell'utente. Tutti i diritti riservati. Qualsiasi riproduzione non autorizzata è vietata.

Maggiori informazioni e contatti: www.anit.it - software@anit.it

Inizia

Coefficiente di trasmissione delle strutture opache

260,31 W/K (63,5%)

Coefficiente di trasmissione delle strutture trasparenti

103,60 W/K (25,3%)

Coefficiente di trasmissione dei ponti termici

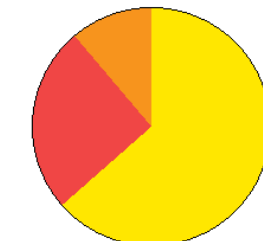
45,80 W/K (11,2%)

Coefficiente di trasmissione totale

HD 409,72 W/K

Coefficiente di trasmissione edificio di riferimento

HDref 239,59 W/K



Visualizza apporti solari

Calcolo dei fabbisogni energetici
Protocollo di conformità rilasciato dal CTI n. 85/2016

S	602,62	m²	(misure esterne)
V	890,1	m³	
S/V	0,68	1/m	
HT	0,51	W/m²K	
HT massimo nuovi edifici	0,55	W/m²K	
HT massimo ristrutturazioni	0,65	W/m²K	
Asol.est	19,98	m²	
Area utile	212,80	m²	
Rapporto Asol.est/area	0,094		
Valore massimo del rapporto	0,030		

	EP H.nd [kWh/m²]	EP C.nd [kWh/m²]	EPgl.nren [kWh/m²]	EPgl.tot [kWh/m²]
Edificio di progetto	56,47	43,93	77,27	90,93
Edificio rf. requisiti minimi	40,17	47,22	68,15	79,37
Edificio rf. classificazione	40,17	47,22	82,01	82,01

	Classi	EPgl.nren [kWh/m²]
A+	0,0 - 32,8	
A	32,8 - 49,2	
A2	49,2 - 65,6	
A1	65,6 - 82,0	77,27
B	82,0 - 98,4	
C	98,4 - 123,0	
D	123,0 - 164,0	
E	164,0 - 213,2	
F	213,2 - 287,0	
G	287,0 -	

EP H.nd	56,47	kWh/m²	EP H.nd.rf/19/21 < EP H.nd <= 1,7
EP H.nd.rf/19/21	40,17	kWh/m²	
Prestazione invernale	☹		
Yie	0,010	W/m²K	<= 0,14
Rapporto Asol.est/area	0,094		> 0,03
Prestazione estiva	☹		
Edificio a energia quasi zero	✗		

SOFTWARE PER I SOCI ANIT

SUITE ANIT PIU'

Aggiorna scadenza software Giorni rimanenti: 298
Codice macchina: -862267272

Software ANIT Sviluppato da TEP s.r.l.

ICARO 1.0

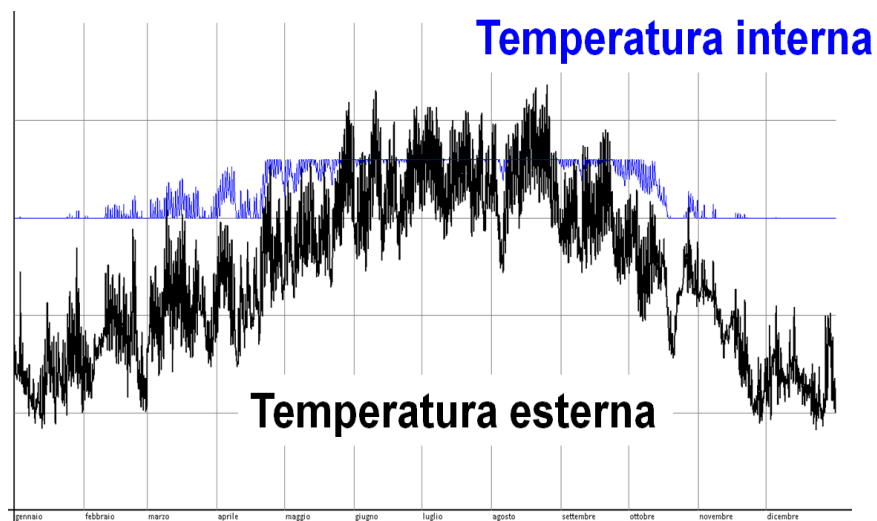
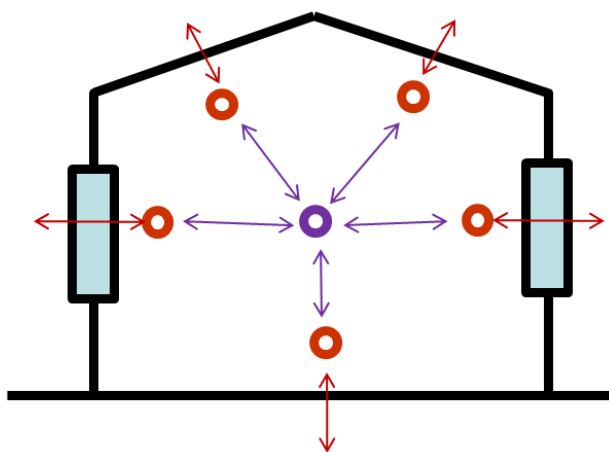
Simulazione dinamica oraria degli edifici secondo UNI EN ISO 52016-1:2018

L'uso del presente software e dei relativi risultati sono di esclusiva competenza e responsabilità dell'utente. Tutti i diritti riservati. Qualsiasi riproduzione non autorizzata è vietata.
Maggiori informazioni e contatti: www.anit.it - software@anit.it

Versione 1.0.2.3 Ultimo aggiornamento: 10/04/2020

Inizia

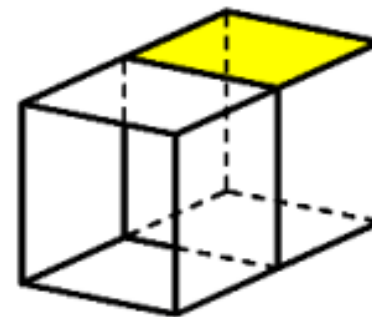
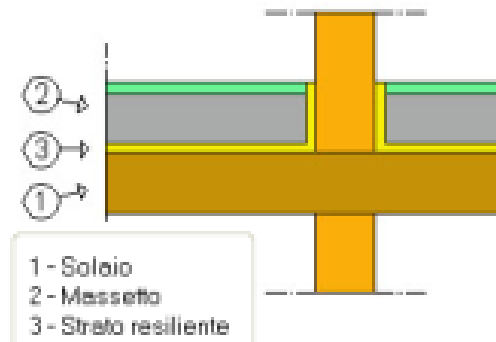
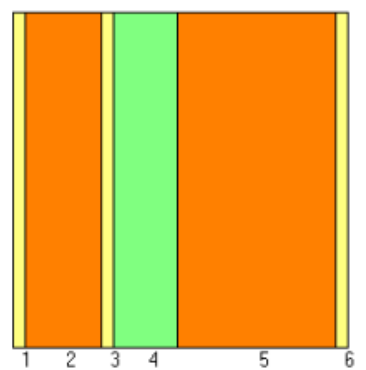
Analisi energetica dinamica secondo UNI EN ISO 52016



SOFTWARE PER I SOCI ANIT



Requisiti acustici passivi e classificazione acustica



QUOTE ASSOCIATIVE

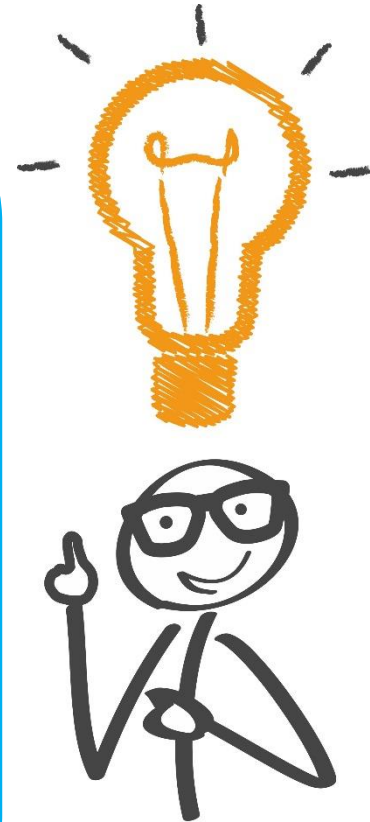
Socio individuale Più

- Software ICARO
- ...

240€+IVA

Socio individuale

- Software PAN, IRIS, APOLLO, ECHO, LETO
- Guide ANIT
- Chiarimenti
- Ecc. **120€+IVA**



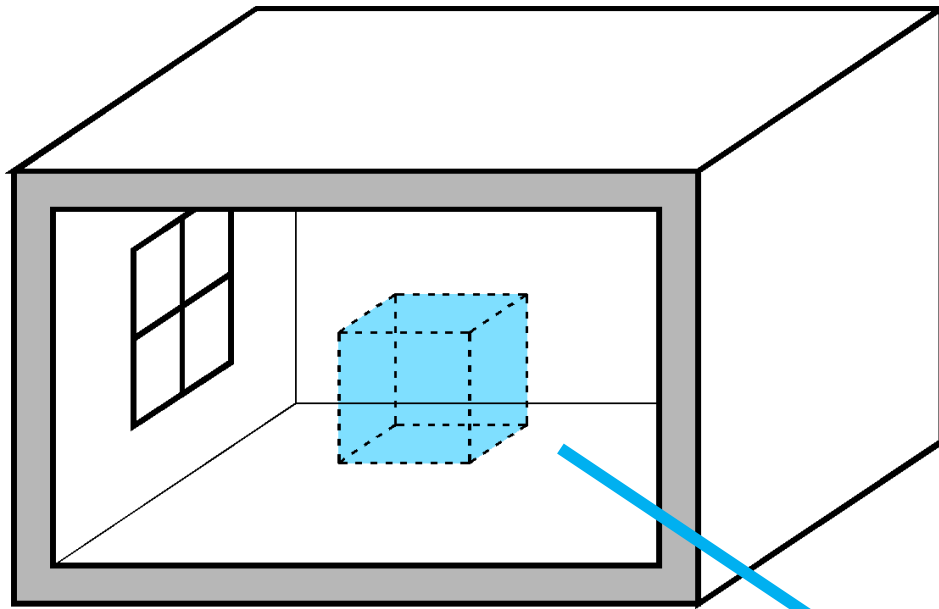
PROGRAMMA

1. Misura igrotermica degli ambienti interni
2. Misura della trasmittanza in opera
3. Indagine termografica
4. Misura dell'umidità nei materiali

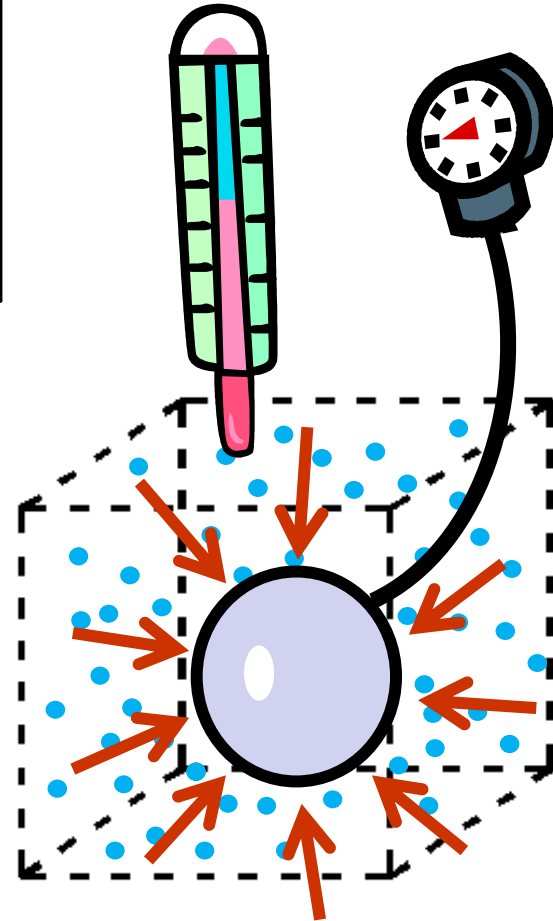
1

Misura igrotermica degli ambienti interni

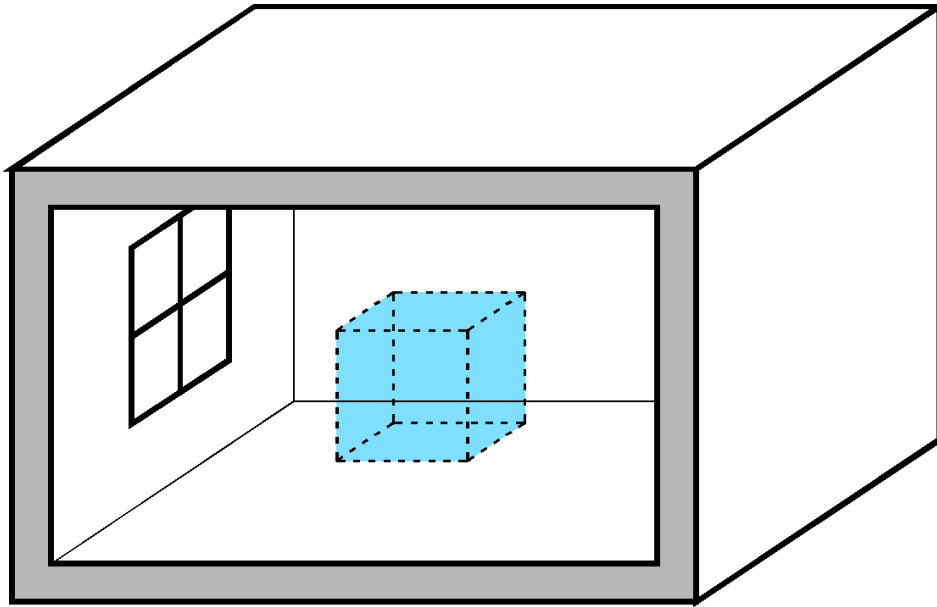
La miscela di gas: aria e vapore



Quantità di vapore UA (g/kg)
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
Pressione vapore (Pa)

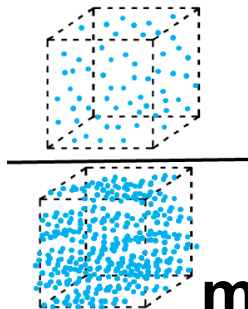


La miscela di gas: aria e vapore



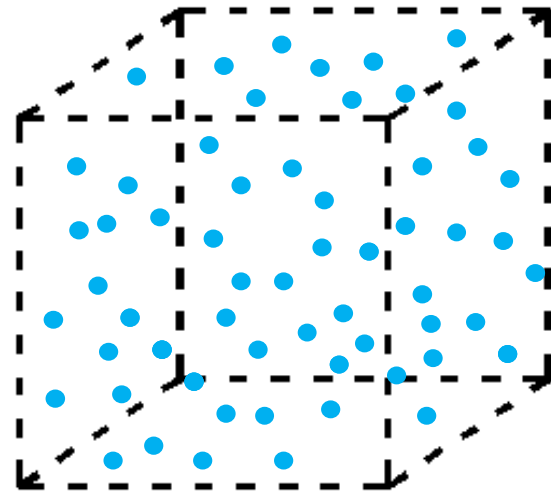
**Quantità possibile di vapore
UR (%)**

**Pressione
saturazione**

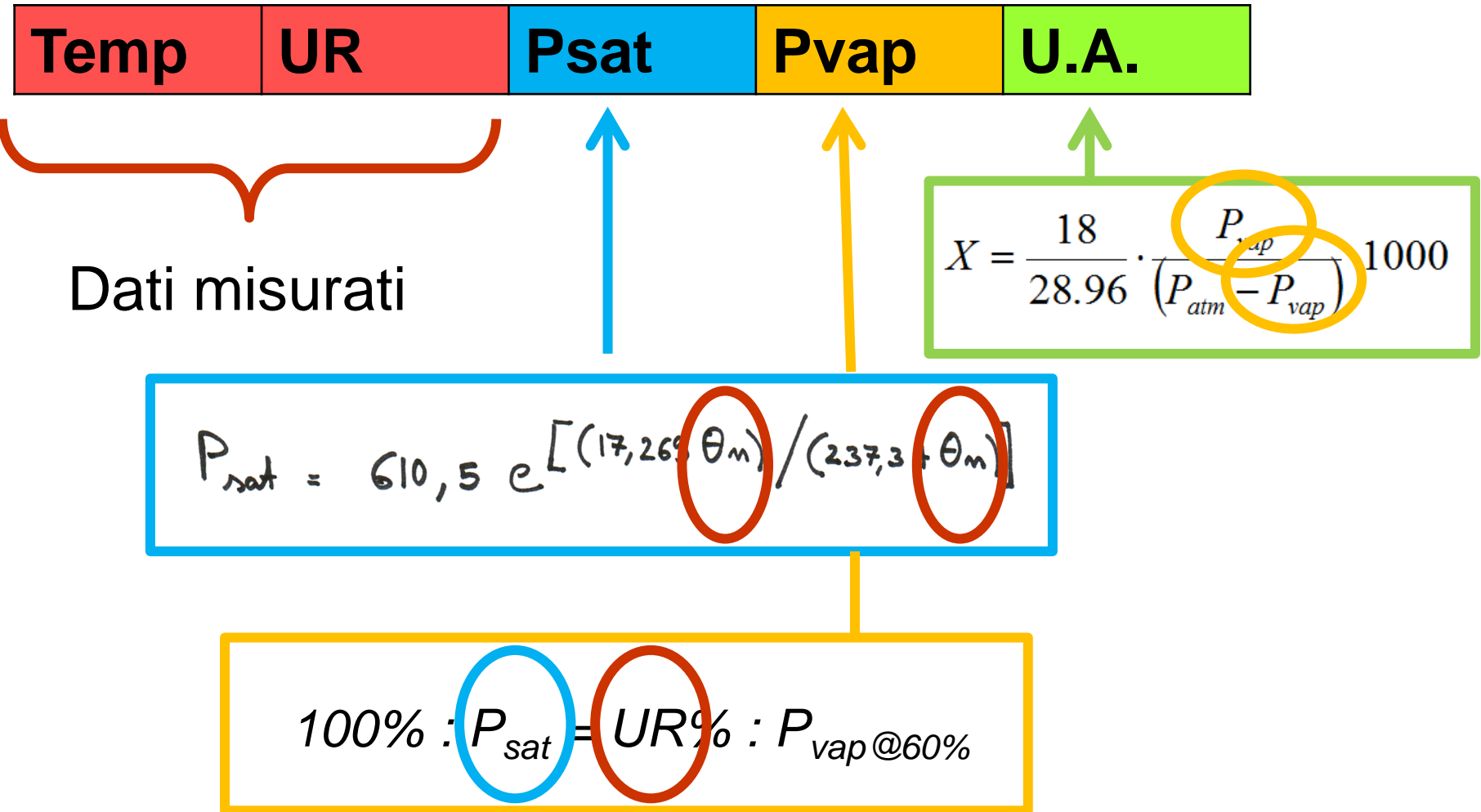


%

max = saturazione



Calcolare l'umidità assoluta



Temperatura e pressione di saturazione

$$P_{sat} = 610,5 e^{[(17,269 \theta_m) / (237,3 + \theta_m)]}$$

1- Quanto vale la pressione di saturazione per l'aria a 20°C?

$$P_{sat} = 2337 \text{ Pa}$$

Questo valore rappresenta la pressione del vapore esercitata a 20°C e UR100% (saturazione)

2- Quanto vale la pressione di vapore a 20°C con UR 60%?

Conosco la pressione di vapore con UR 100% (P_{sat})

La pressione esercitata con UR 60% si calcola in proporzione

$$100\% : P_{sat} = 60\% : P_{vap@60\%}$$

$$P_{vap@60\%} = 1402 \text{ Pa}$$

3- Con 20°C e una pressione di vapore di 1800Pa, quanto vale UR?

$$100\% : P_{sat} = UR : 1800$$

$$UR = 77\%$$

Calcolare l'umidità assoluta

$$X = \frac{18}{28.96} \cdot \frac{P_{vap}}{(P_{atm} - P_{vap})} \cdot 1000$$

*Umidità assoluta
g/kg*

*Rapporto tra il peso
molecolare dell'acqua e
dell'aria secca*

*Pressione parziale di
vapore d'acqua nella
miscela*

*Pressione della miscela pari
alla pressione atmosferica
= 101325 Pa*

4- Qual è il valore dell'umidità assoluta per l'aria a 20°C e UR 60% ?

Sappiamo che $P_{vap@60\%} = 1402 \text{ Pa}$

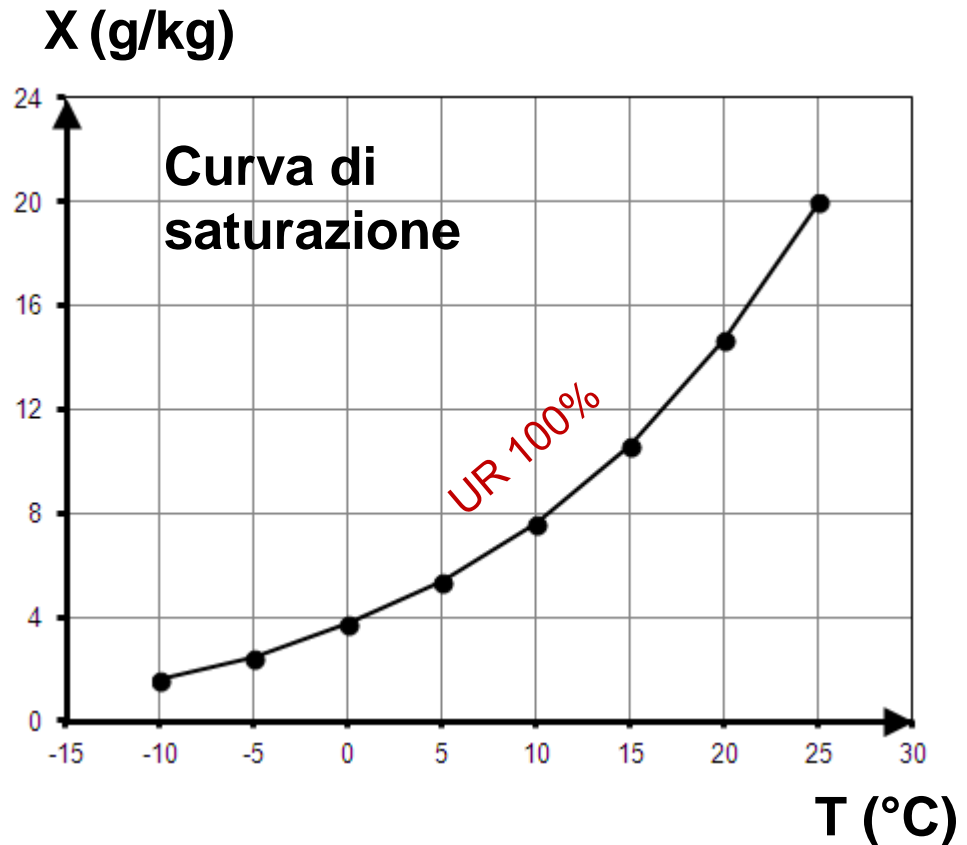
$X = 8.72 \text{ g/kg}$

Temperatura e quantità massima di vapore

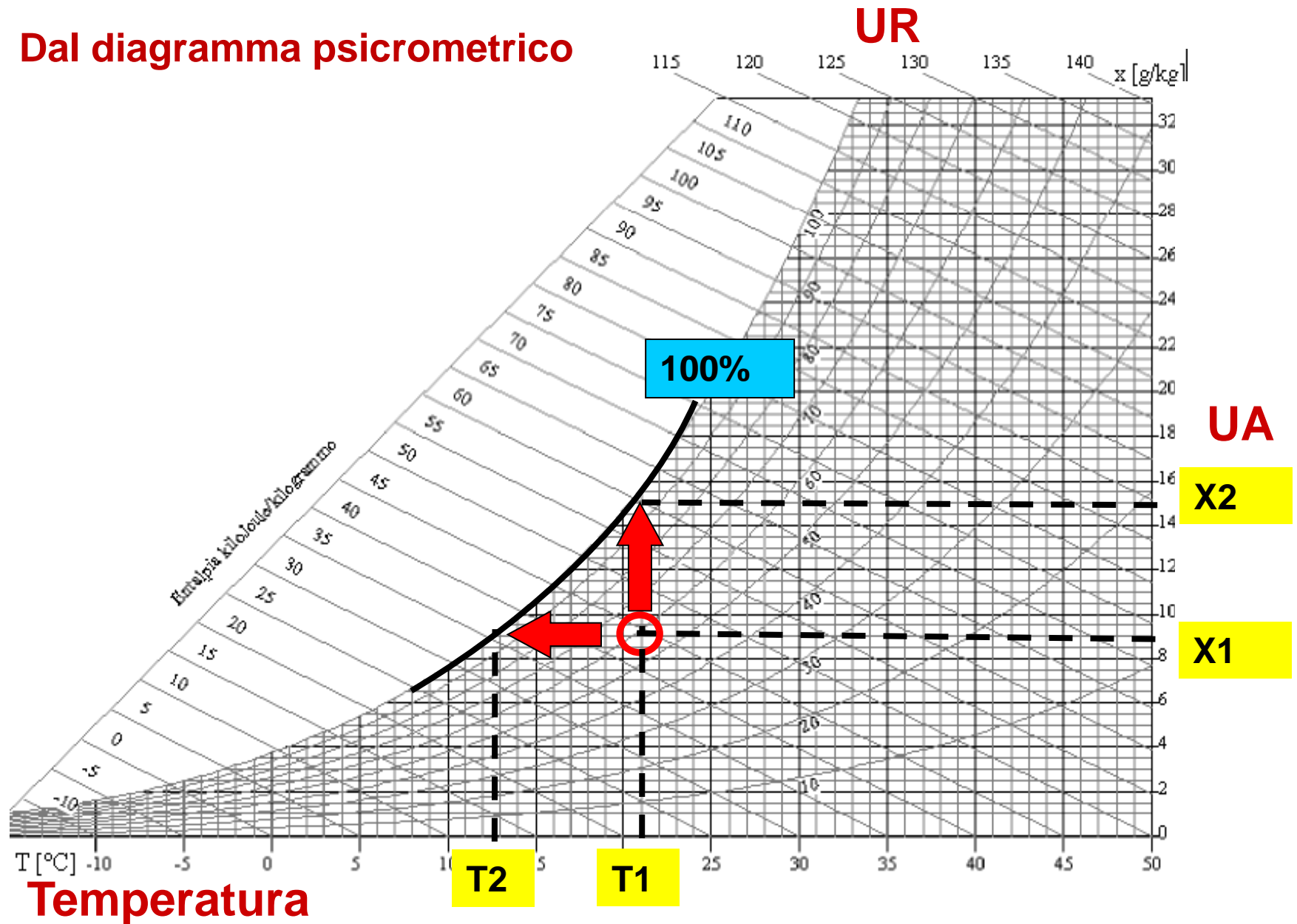
Quantità massima di vapore
contenibile in ogni kg di aria a
differenti temperature

T (°C)	X _{sat} (g/kg)
-10	1.6
-5	2.47
0	3.78
5	5.4
10	7.63
15	10.6
20	14.7
25	20

Rappresenta la curva di
saturazione, pari alla
condizione di UR 100%



Dal diagramma psicrometrico



Un esempio di diagnosi igrotermica I termoigrometri registratori

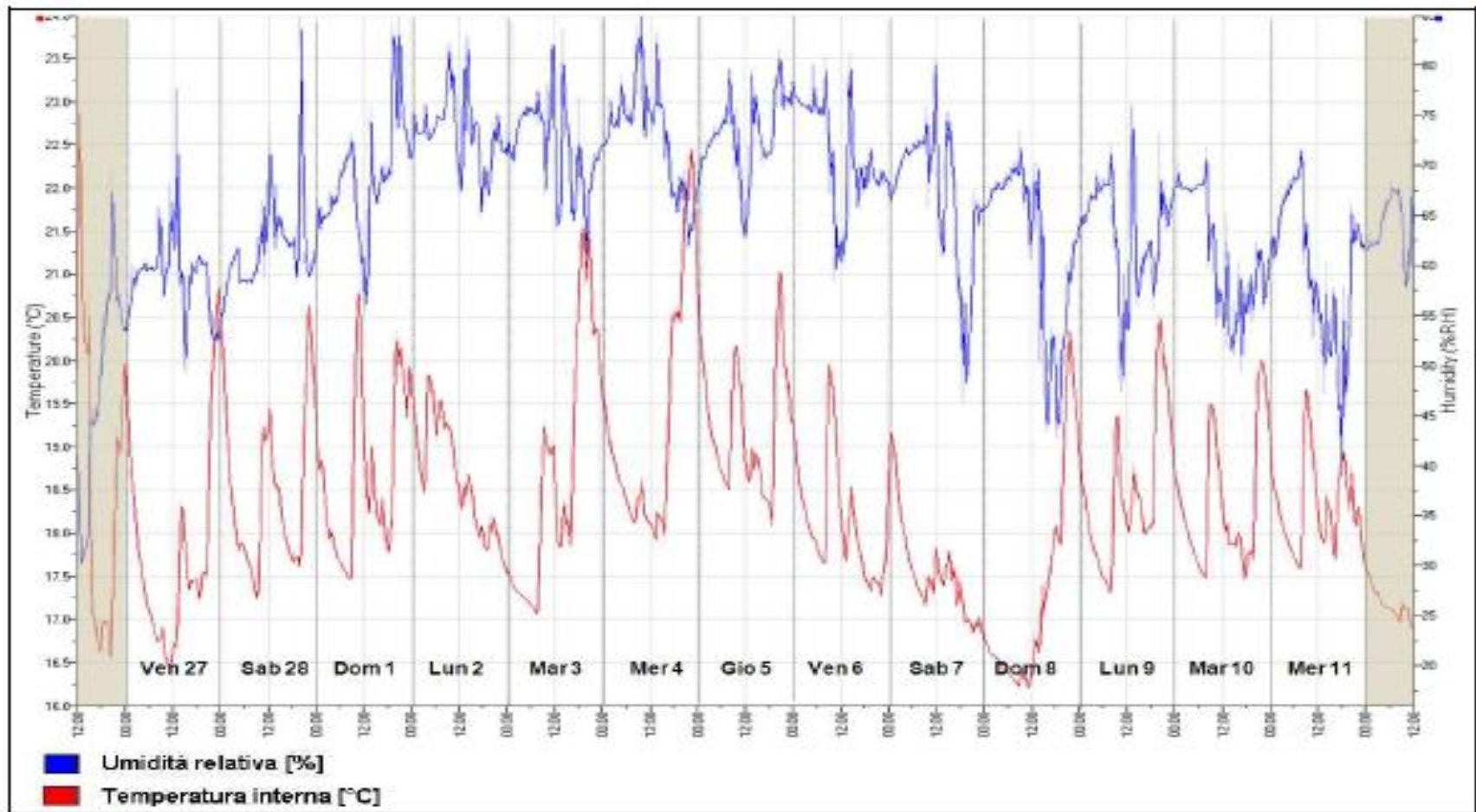
- Si registrano **temperatura dell'aria e umidità relativa interna** ed esterna e si interpreta la gestione dell'ambiente in esame
- Valutazione del comportamento dell'utenza:
ventilazione degli ambienti e accensione e spegnimento degli impianti



Termoigrometri registratori

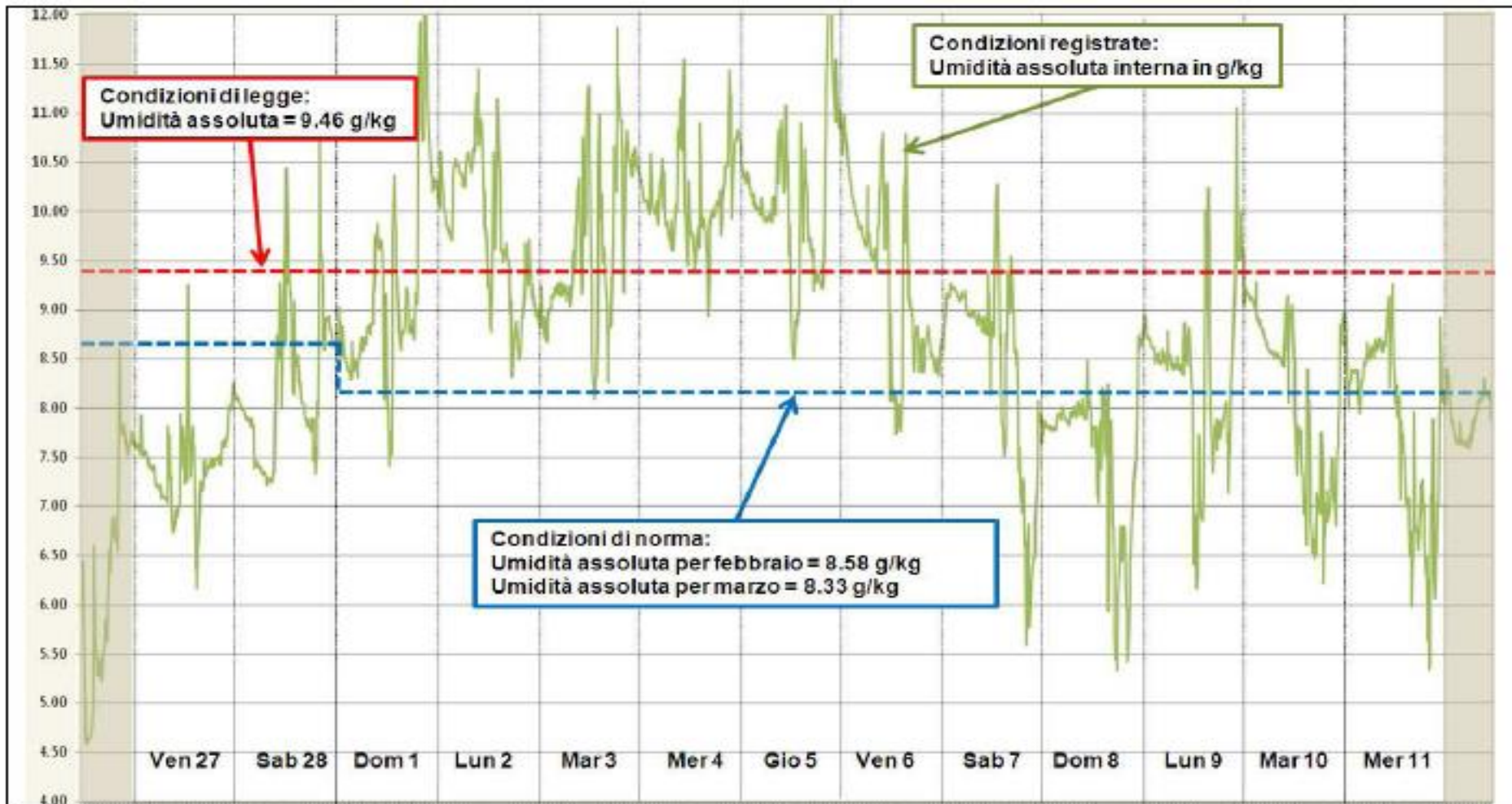
Un esempio di diagnosi igrotermica

La registrazione di T e UR



Un esempio di diagnosi igrotermica

Umidità assoluta e il confronto con valori standard



Le condizioni climatiche interne normate

Condizioni interne caratteristiche UNI EN ISO 13788:2013
Il metodo delle classi di produzione di vapore

Classi di produzione di vapore negli ambienti

Classe di vapore	Edificio
1	Magazzini per stoccaggio di materiale secco, edifici non occupati
2	Uffici, negozi, alloggi con ventilazione meccanica controllata
3	Alloggi senza ventilazione meccanica controllata, edifici con indice di affollamento non noto
4	Palestre, cucine, mense
5	Edifici particolari, per esempio lavanderie, distillerie, piscine

Le classi di produzione di vapore

Edificio residenziale (classe 3)

Pressione esterna = 590 Pa

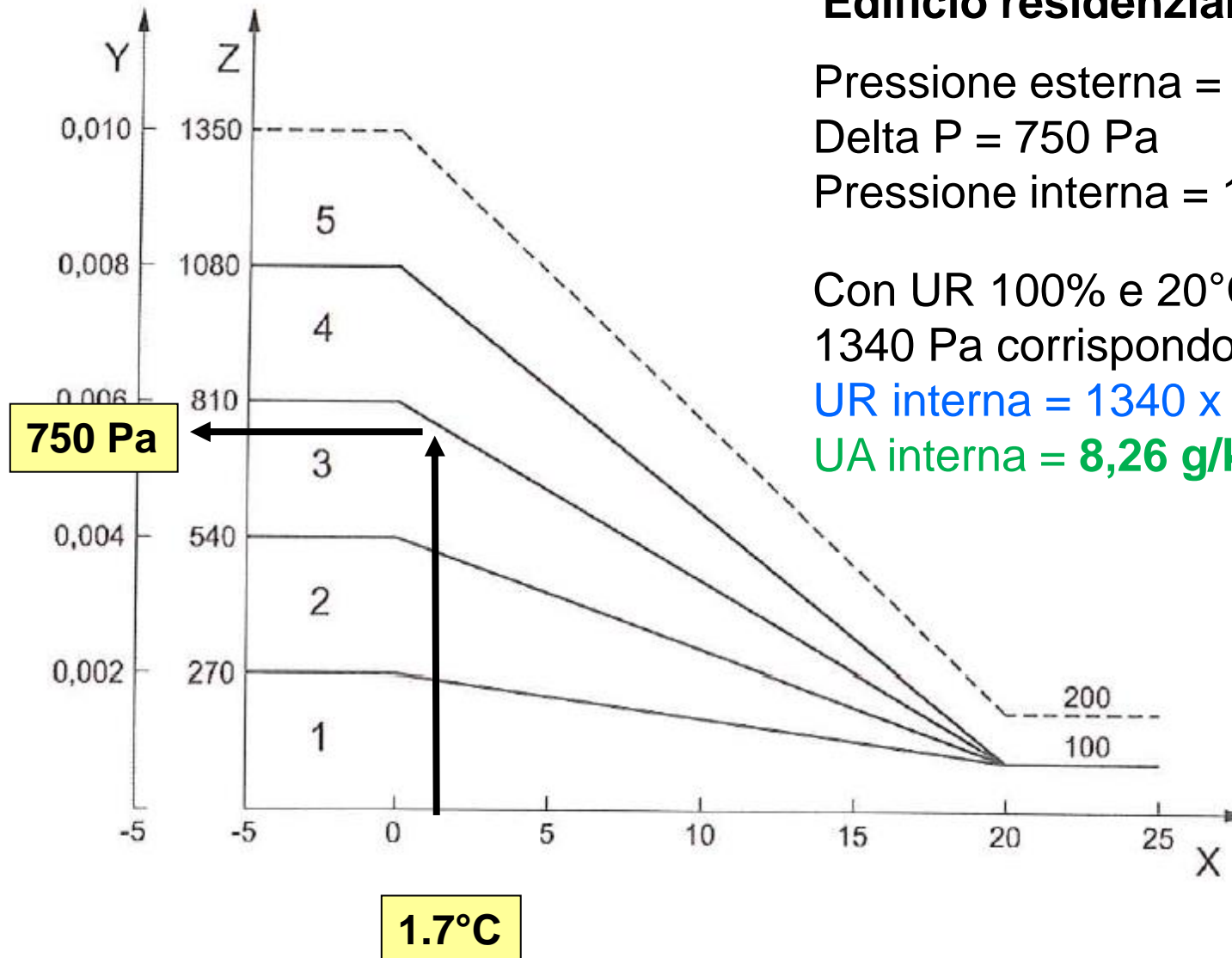
Delta P = 750 Pa

Pressione interna = 1340 Pa

Con UR 100% e 20°C ho P=2334Pa
1340 Pa corrispondono a?

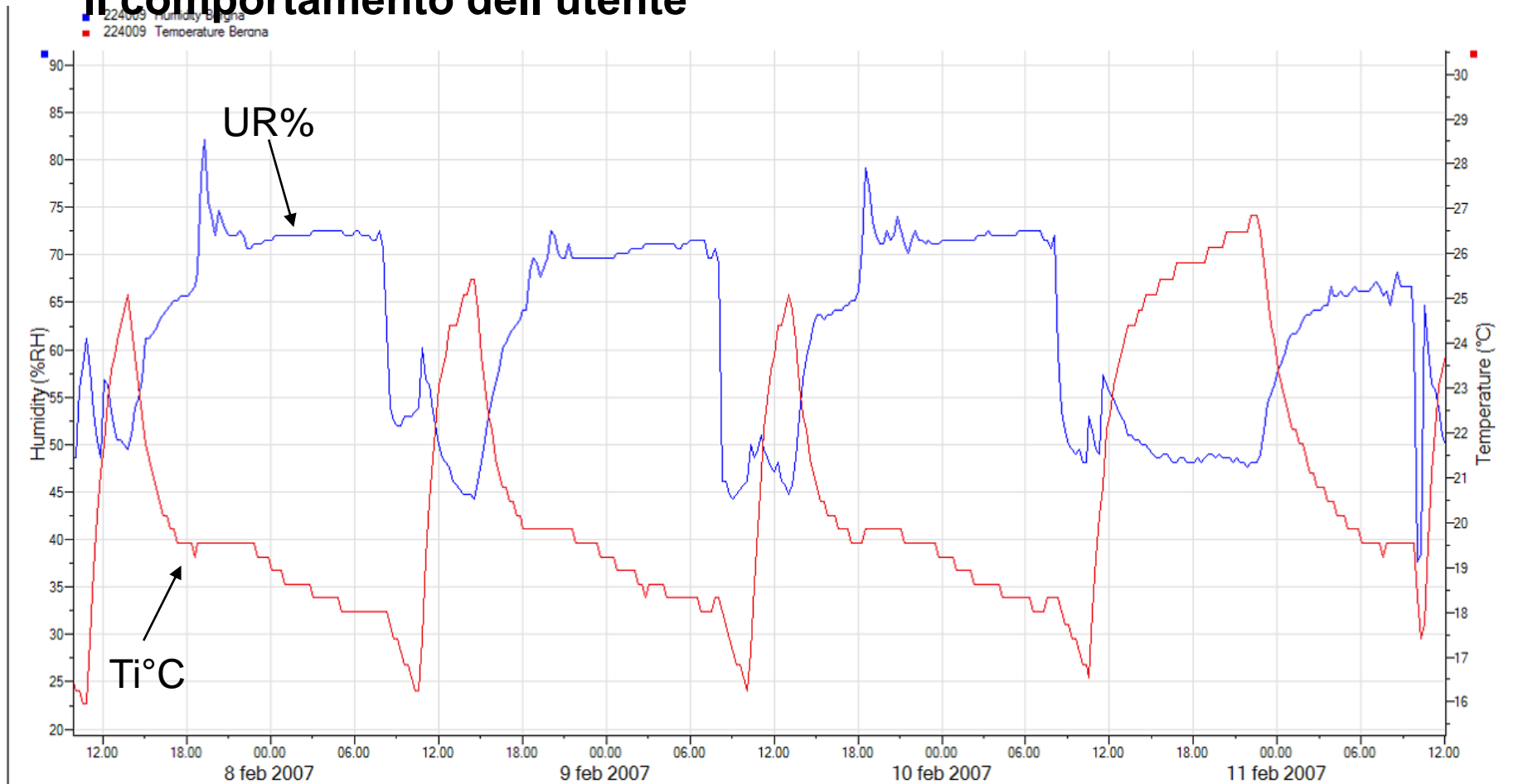
UR interna = $1340 \times 100 / 2337 = 57\%$

UA interna = **8,26 g/kg**



Un esempio di diagnosi igrotermica

Il comportamento dell'utente



1- Ore di apertura dei serramenti

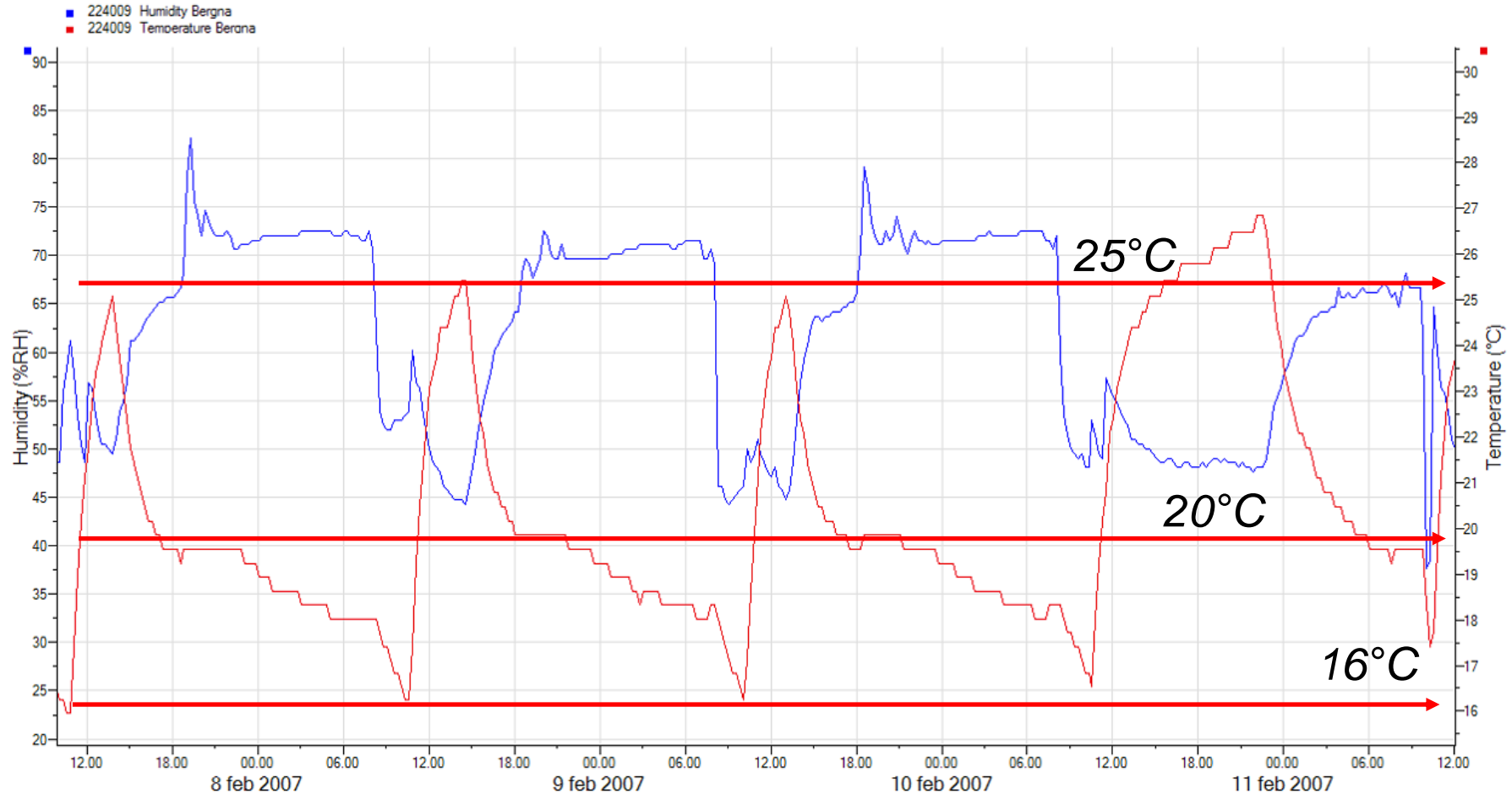
2- Orario di accensione e spegnimento
impianto di riscaldamento

3- Ore di produzione di umidità interna

4- Giorni feriali e giorni festivi

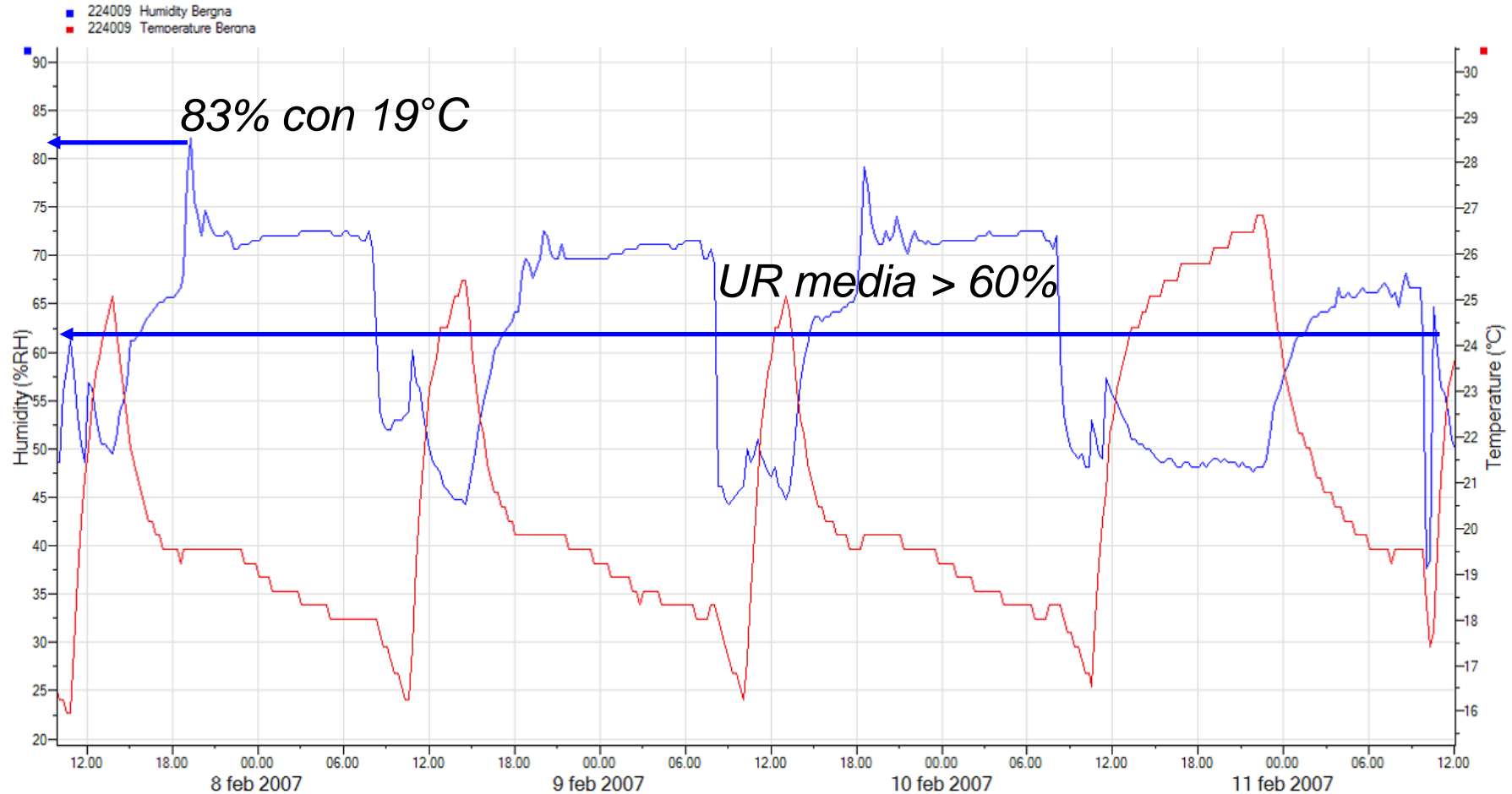
Un esempio di diagnosi igrotermica

Il comportamento dell'utente



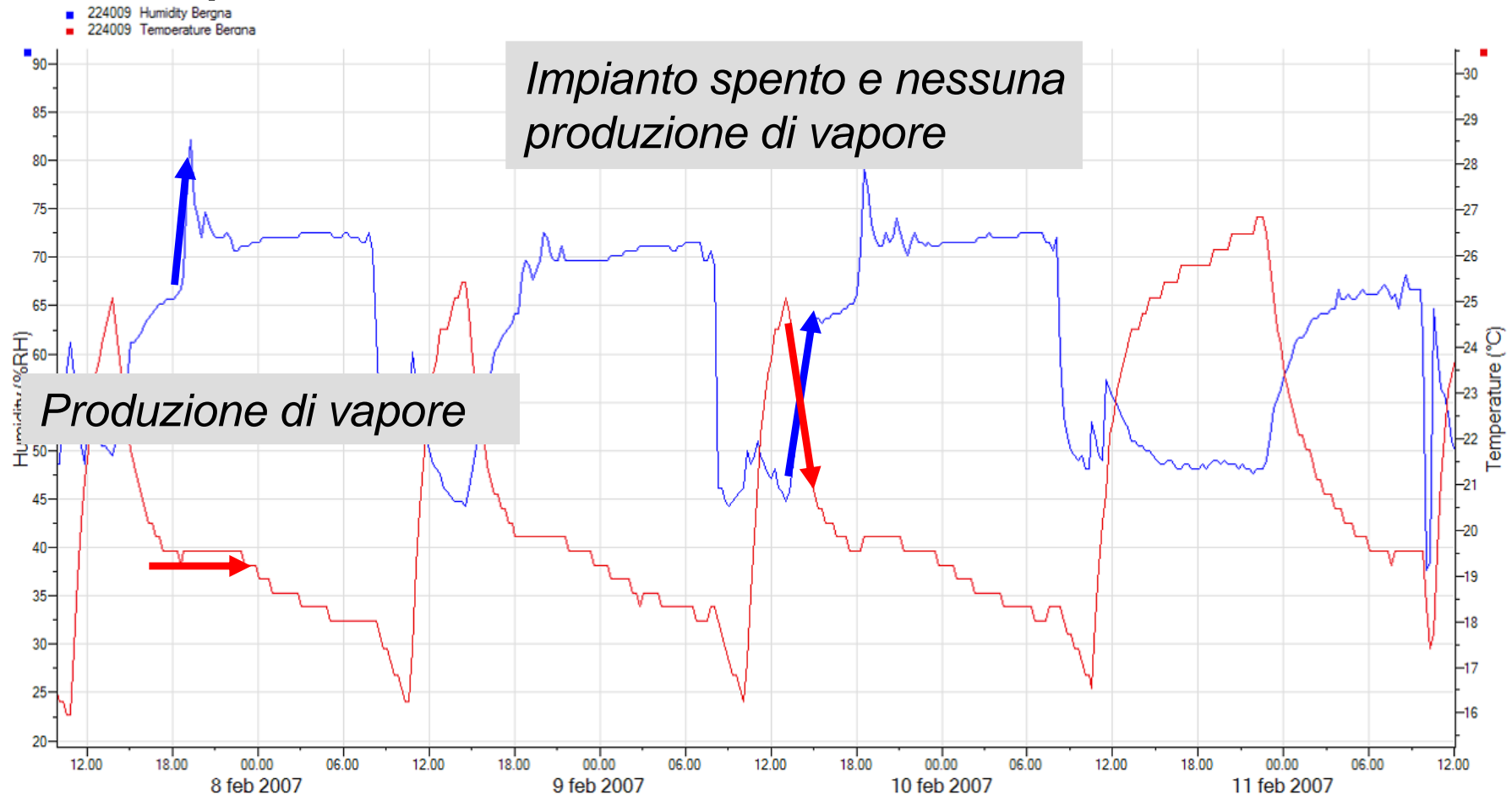
Un esempio di diagnosi igrotermica

Il comportamento dell'utente



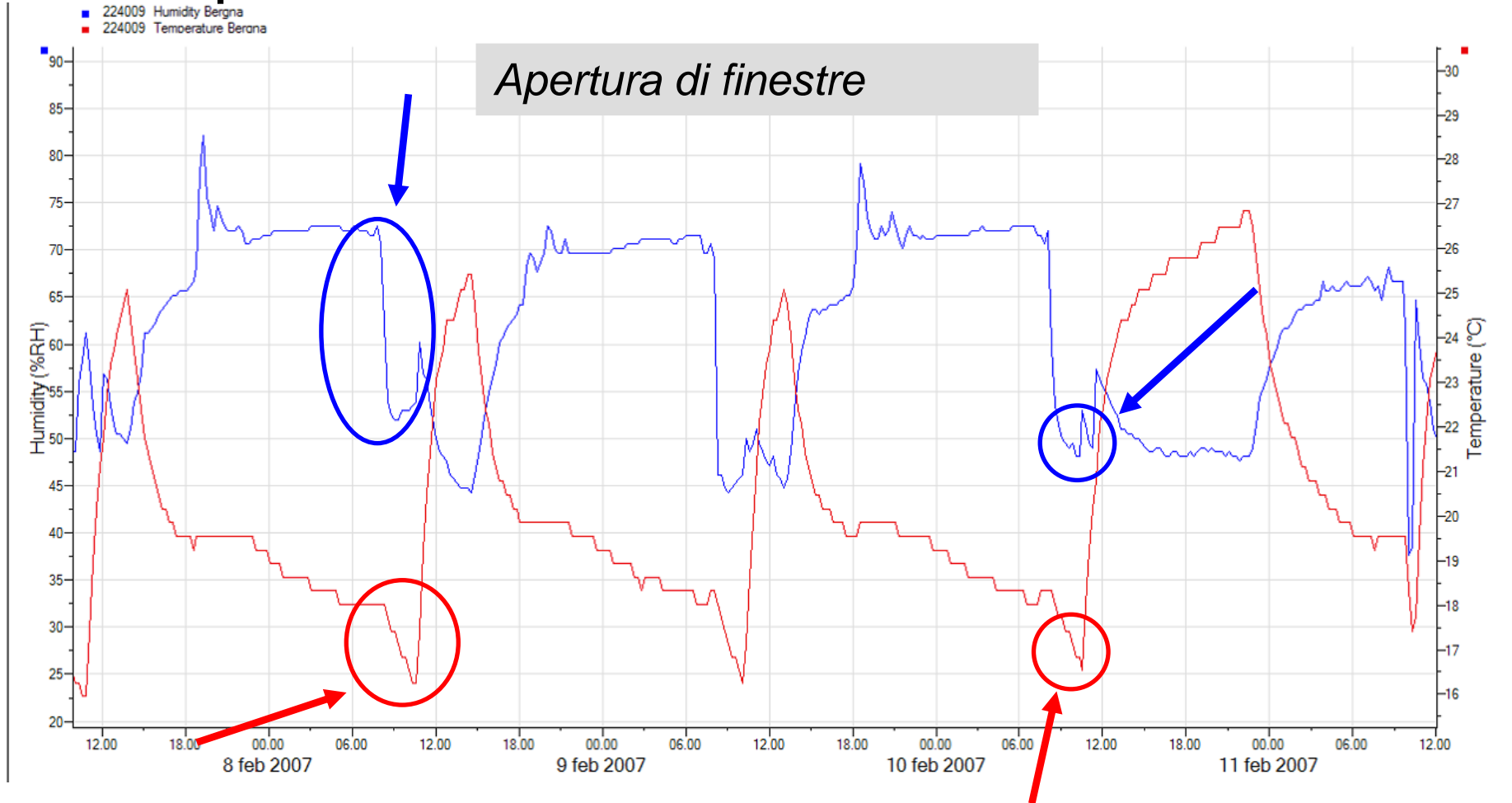
Un esempio di diagnosi igrotermica

Il comportamento dell'utente



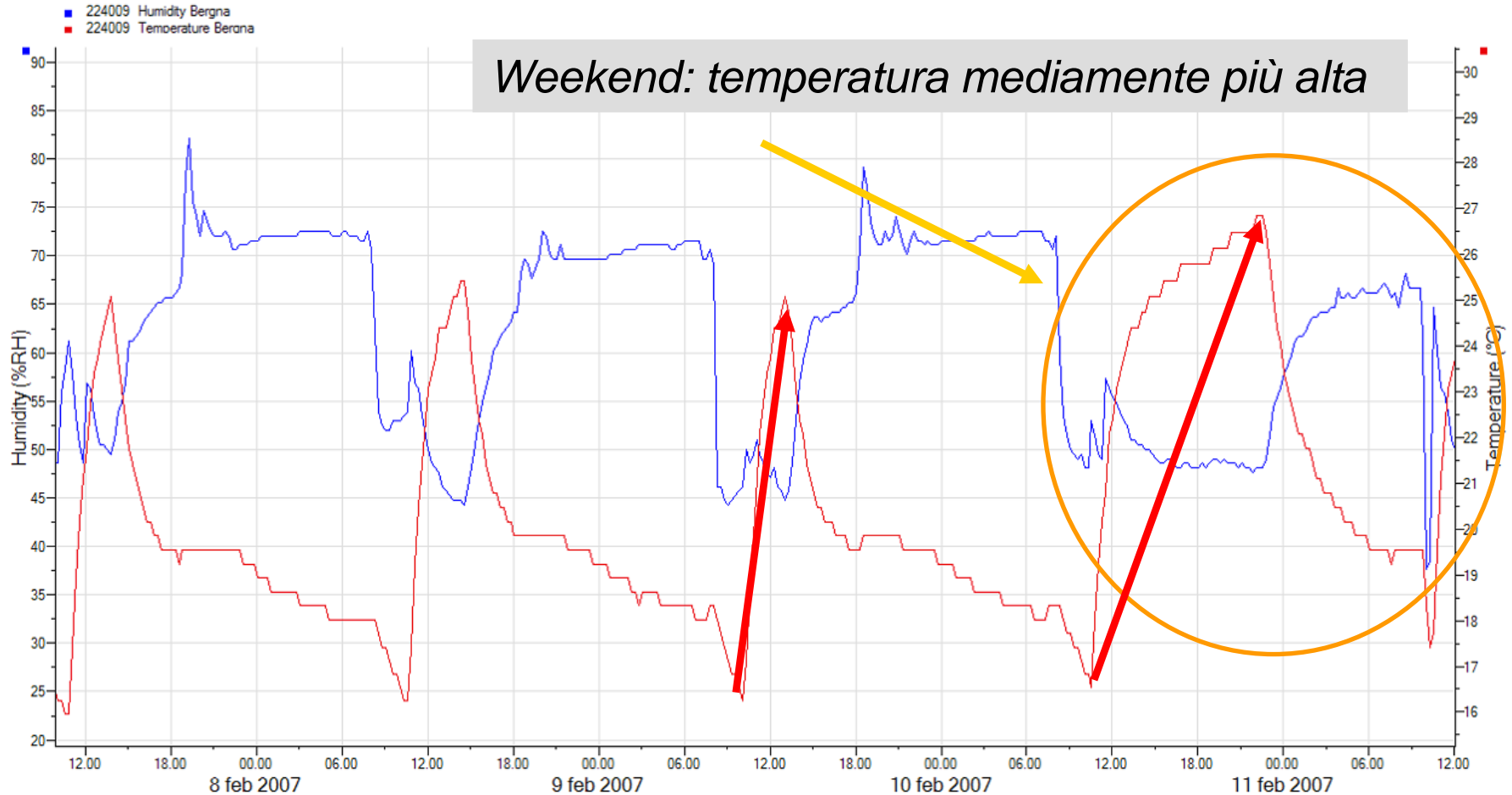
Un esempio di diagnosi igrotermica

Il comportamento dell'utente



Un esempio di diagnosi igrotermica

Il comportamento dell'utente

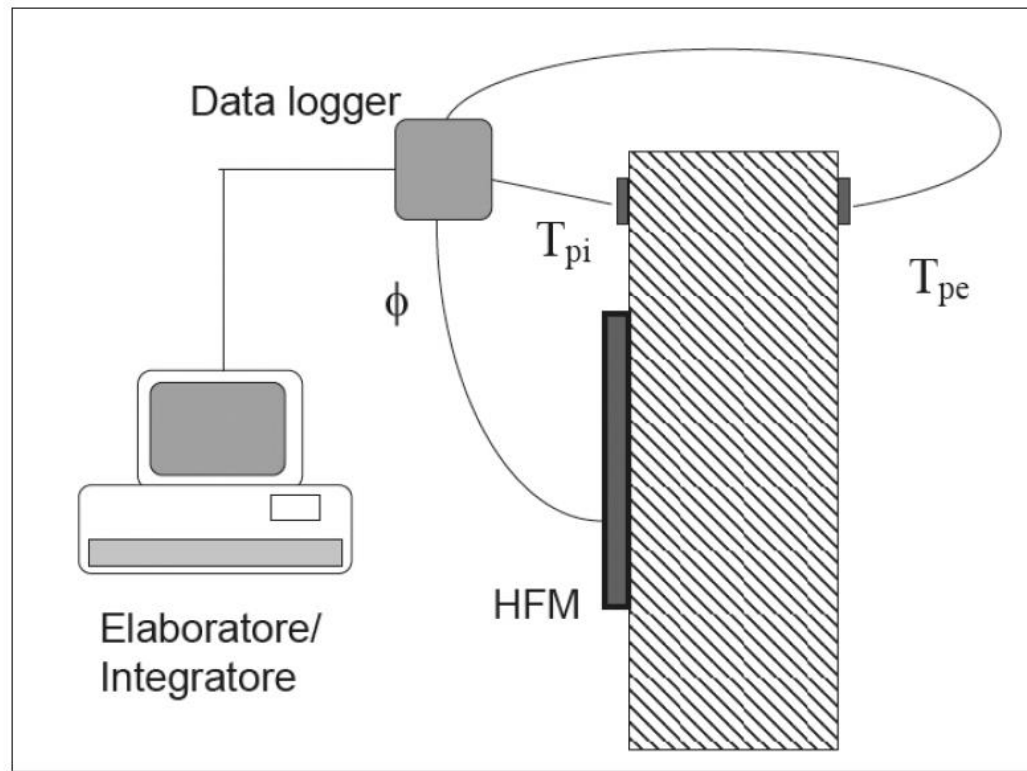


10 feb sabato 11 domenica

2

Misura della trasmittanza in opera

INDAGINE TERMOFLUSSIMETRICA



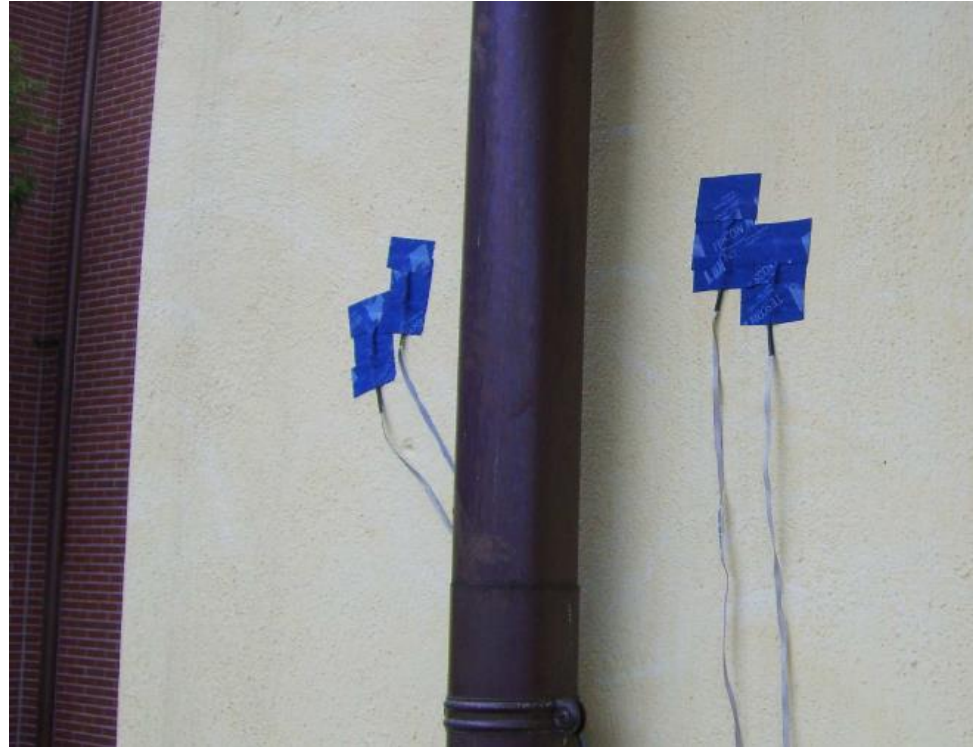
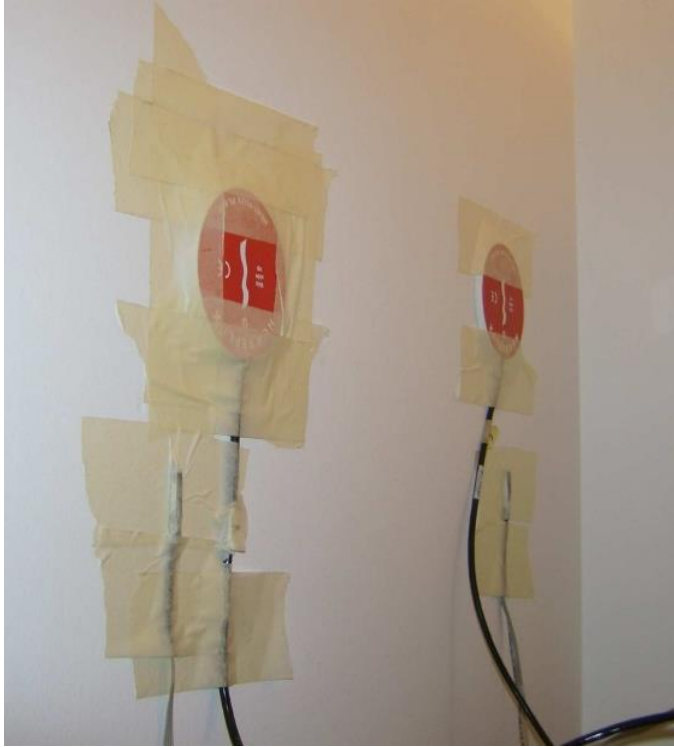
conduttanza= Flux / (T_{si}-T_{se})

**La conduttanza è la trasmittanza
senza le resistenze superficiali**

INDAGINE TERMOFLUSSIMETRICA

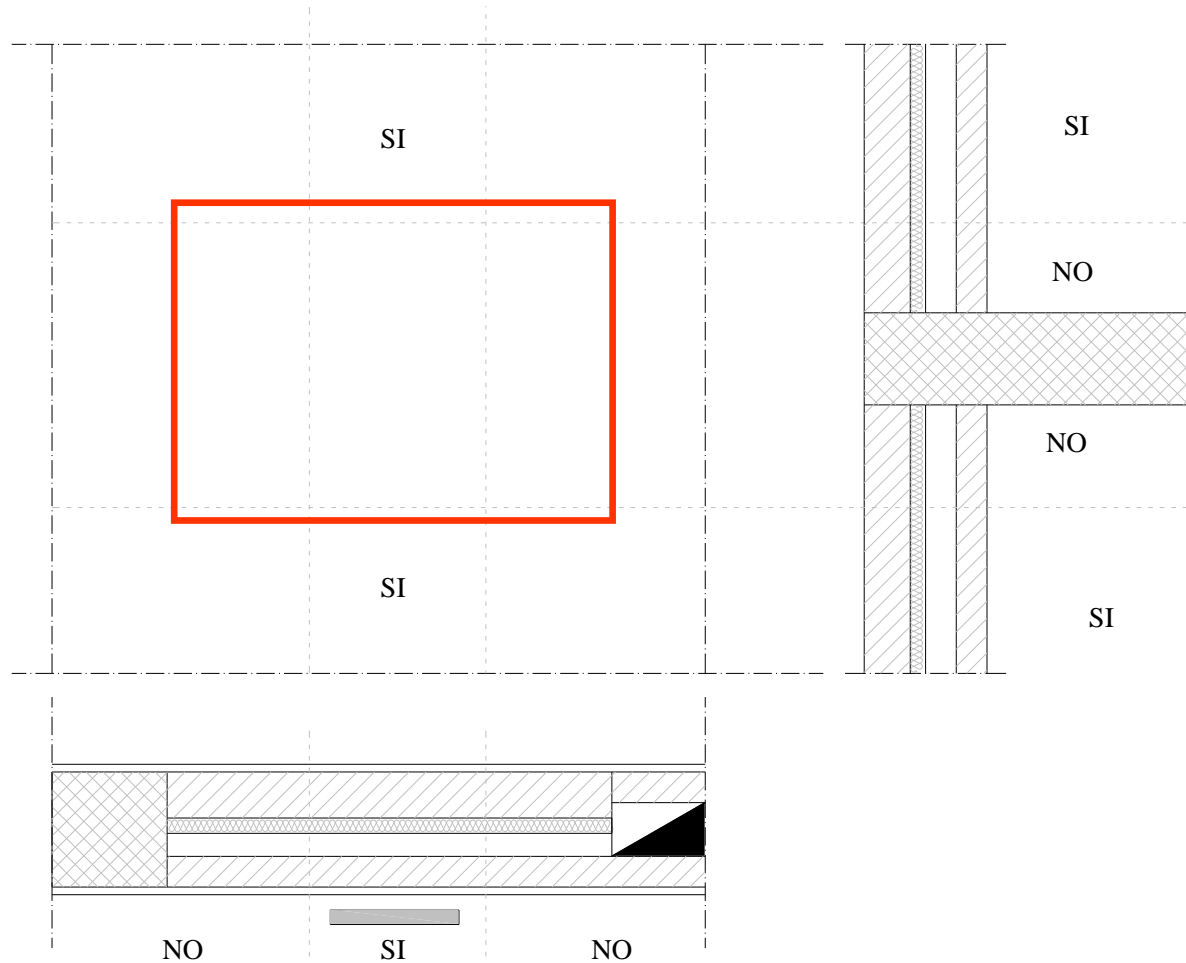
1. *far aderire bene la piastra e i sensori alla parete*
2. *Avere un salto termico interno-esterno di almeno 10°C*
3. *Cercare di mantenere costanti le condizioni interne*
4. *Proteggere le sonde esterne dalla radiazione solare diretta*
5. *Proteggere le sonde interne da elementi disturbanti (spifferi, persone, caloriferi, ecc.)*
6. *Posizionare le sonde interne ed esterne alla stessa altezza e tra loro a una distanza di almeno 30 cm*
7. *Registrazione le informazioni ogni 15 minuti per circa 3 giorni (o comunque in funzione dell'inerzia della struttura)*

INDAGINE TERMOFLUSSIMETRICA



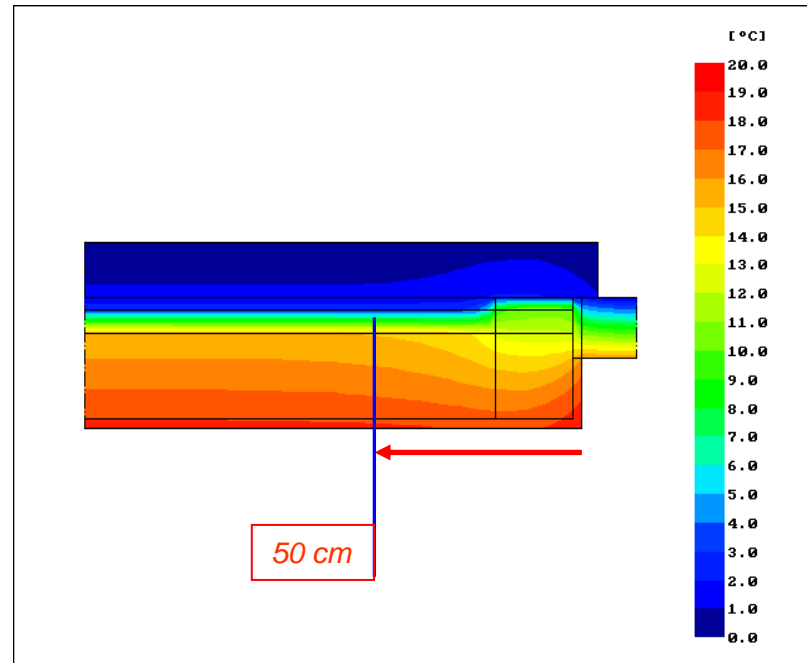
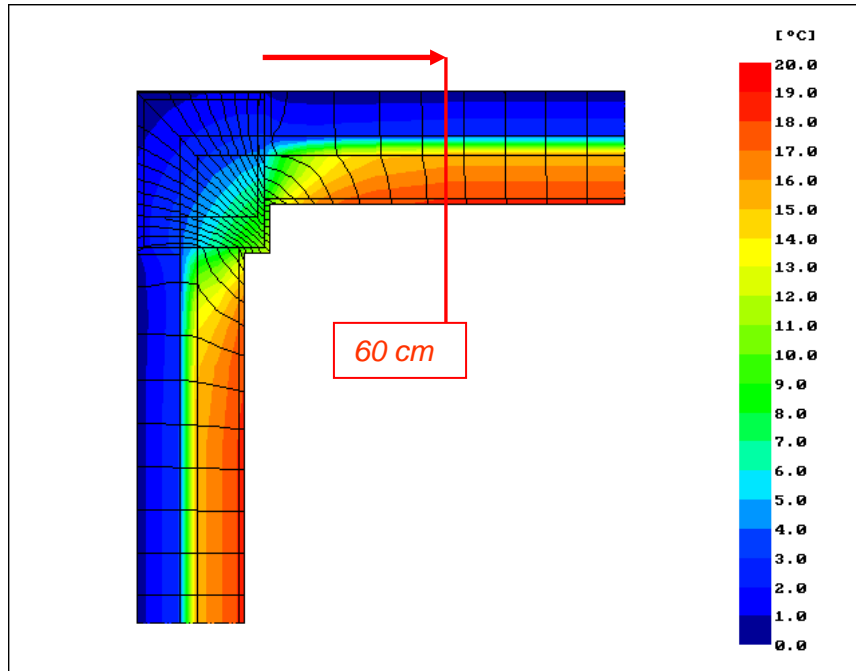
Applicazione della piastra

Distanza minima dai serramenti e da possibili ponti termici:



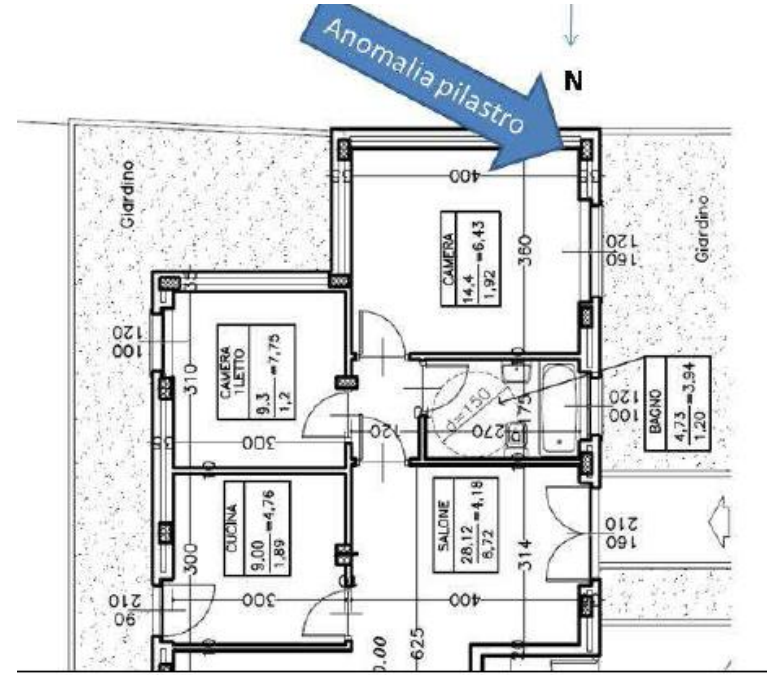
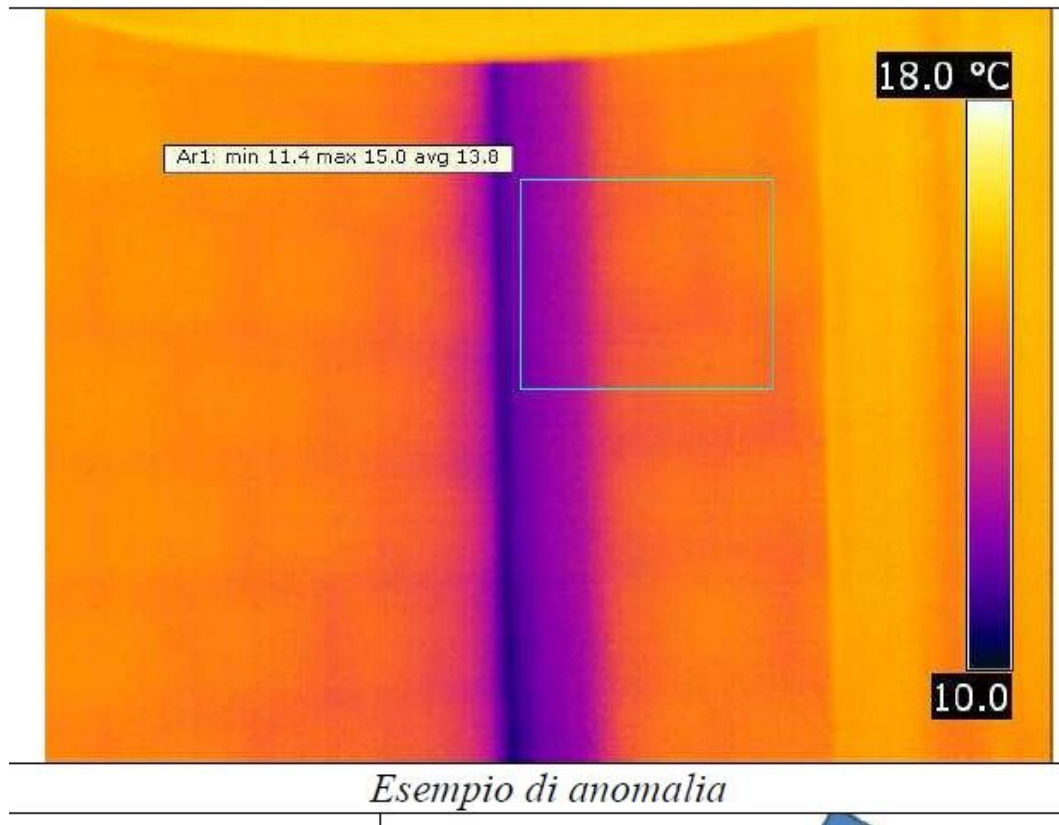
Applicazione della piastra

Alcuni dei casi più frequenti possono essere studiati:



Applicazione della piastra

Esempi di anomalie



Costruzione della media progressiva

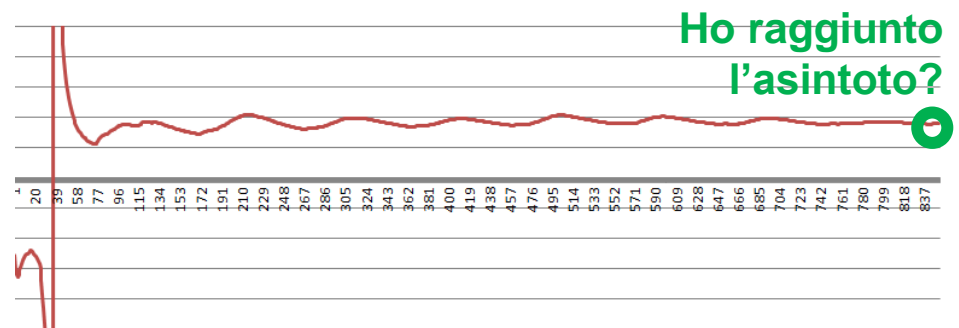
Valori di partenza

16,4
14,2
14,3
16,1
15,2
15,0
13,0
13,1
12,5
12,7
13,1
13,8

Valori medio

16,4
15,3
15,0
15,3
15,2
15,2
14,9
14,7
14,4
14,3
14,1
14,1

Il valore finale coincide con una media semplice dei dati di partenza, ma grazie al grafico delle medie progressive si può capire se si è raggiunto (o meno) un valore asintotico

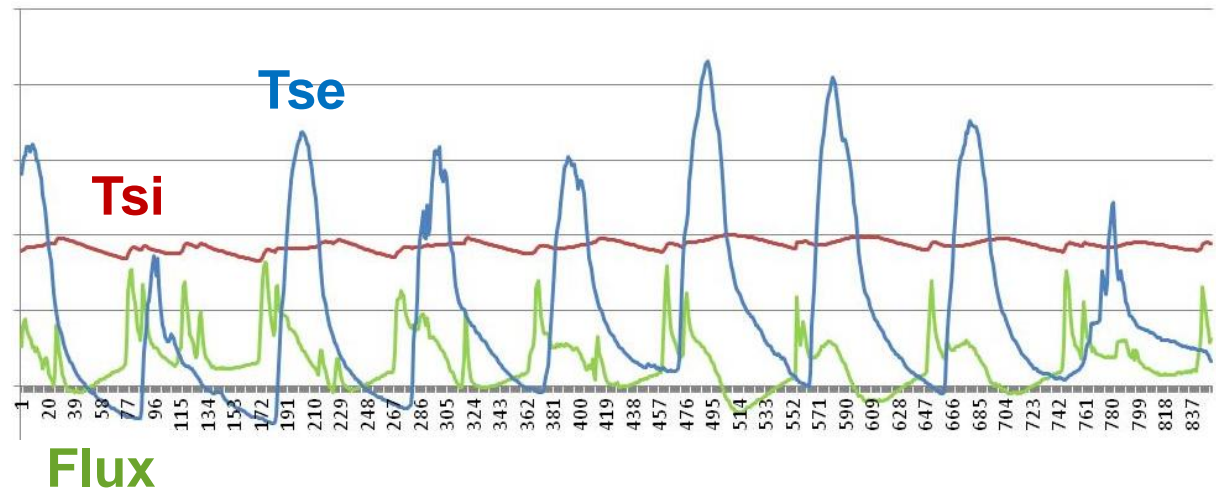


Esempio: passo 1

Valori misurati

Flux [W/m ²]	Tsi [°C]	Tse [°C]
5,3	17,9	28,2
8,0	18,1	29,5
8,5	18,2	30,5
8,9	18,3	30,6
7,6	18,4	31,8
6,6	18,4	31,8
6,3	18,4	31,1
5,7	18,4	31,8
5,1	18,4	32
5,2	18,5	31,6
4,6	18,5	31,2
5,0	18,5	30
4,8	18,6	30
3,8	18,6	28,1
3,4	18,6	27,4
2,2	18,6	25,4
2,8	18,7	24,5
3,5	18,8	23,5
3,8	18,9	21,9
2,9	18,9	20,1
1,6	18,9	18,3
1,0	18,9	16,4
0,6	18,9	14,3
0,0	18,9	12,3
1,7	19,0	11
8,0	19,3	9,9
...

Grafico dei valori istantanei misurati



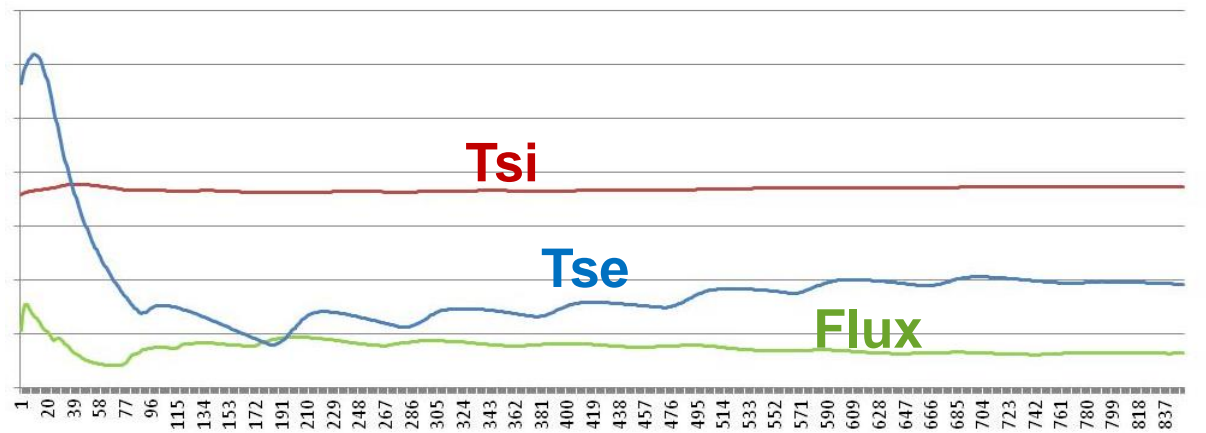
Esempio: passo 2

Medie progressive dei valori misurati

Flux [W/m ²]	Tsi [°C]	Tse [°C]
5,3	17,9	28,2
6,7	18,0	28,9
7,3	18,0	29,4
7,7	18,1	29,7
7,7	18,1	30,1
7,5	18,2	30,4
7,3	18,2	30,5
7,1	18,2	30,7
6,9	18,2	30,8
6,7	18,3	30,9
6,5	18,3	30,9
6,4	18,3	30,8
6,3	18,3	30,8
6,1	18,3	30,6
5,9	18,4	30,4
5,7	18,4	30,1
5,5	18,4	29,7
5,4	18,4	29,4
5,3	18,4	29,0
5,2	18,5	28,6
5,0	18,5	28,1
4,8	18,5	27,5
4,7	18,5	27,0
4,5	18,5	26,3
4,4	18,5	25,7
4,5	18,6	25,1
...

Grafico dei valori medi progressivi

Il calcolo si esegue per smorzare eventuali anomalie della registrazione



Esempio: passo 3

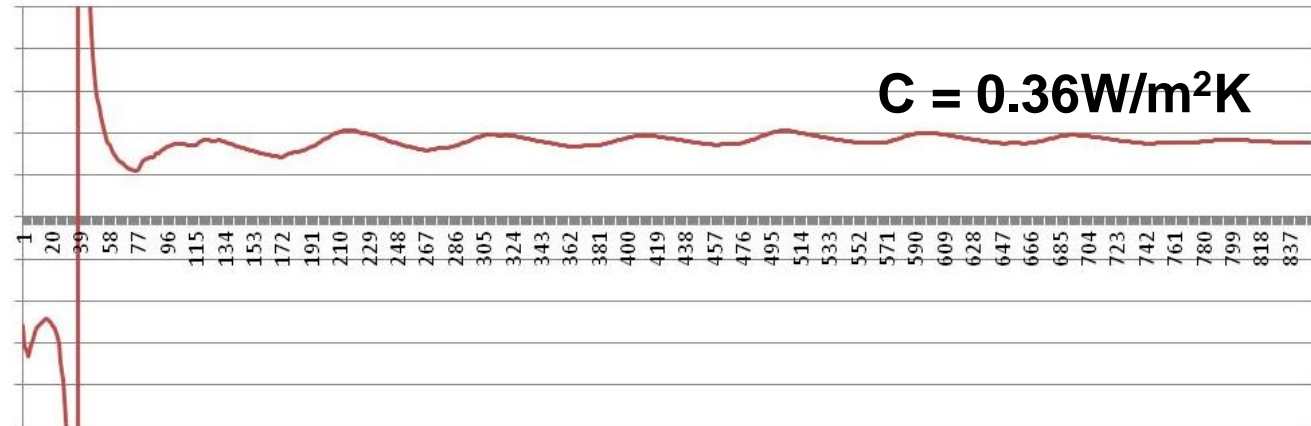
Conduttanza ricavata dai valori medi progressivi



C [W/m²K]
-0,51
-0,61
-0,64
-0,66
-0,64
-0,61
-0,59
-0,57
-0,55
-0,53
-0,52
-0,51
-0,50
-0,50
-0,49
-0,49
-0,49
-0,49
-0,50
-0,51
-0,52
-0,54
-0,55
-0,57
-0,61
-0,69
...

= Flux / (T_{si}-T_{se})

Grafico della conduttanza



Dalla conduttanza alla trasmittanza

$$C = 0.36 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R_c = 1/C = 2.78 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Resistenze superficiali = 0.17 m²K/W (valore tabellato)

$$R_{\text{tot}} = R_c + R_{\text{sup}} = 2.95 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/R_{\text{tot}} = \mathbf{0.34 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

3

Indagine termografica

MODALITÀ DI TRASMISSIONE DEL CALORE

L'irraggiamento

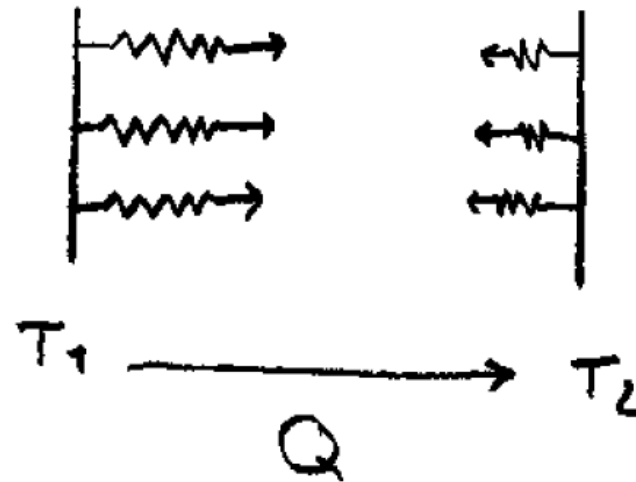
È la modalità di trasmissione del calore **per mezzo di onde elettromagnetiche**. Ogni corpo con una temperatura superiore a 0 K (lo zero assoluto) emette calore per irraggiamento; l'intensità dell'irraggiamento emesso dipende dalla temperatura del corpo stesso e dalla natura della sua superficie.

La quantità di calore emessa da un corpo a temperatura T , per unità di superficie e di tempo è descritta dalla **legge di Stefan- Boltzman**:

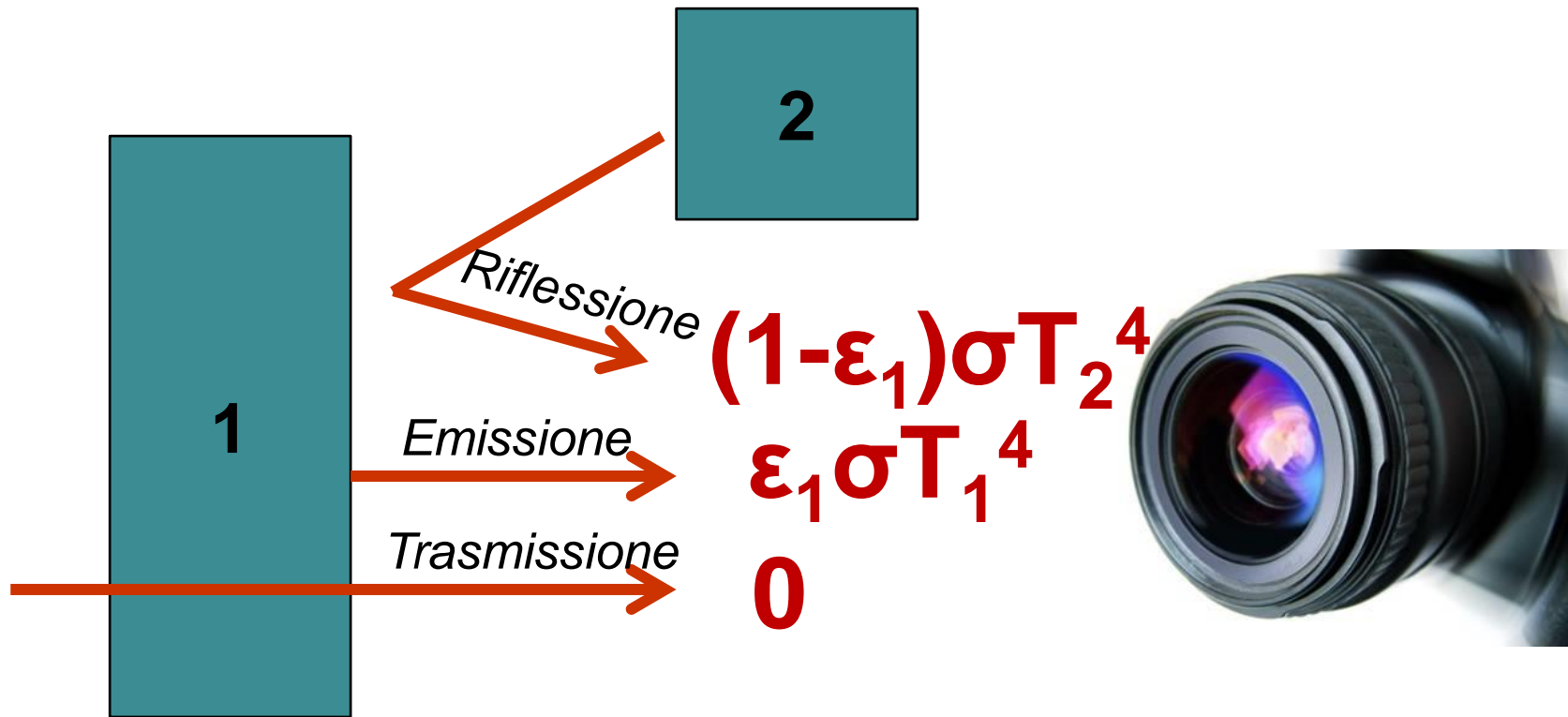
$$Q(T) = \varepsilon(T) \cdot \sigma \cdot T^4$$

↓
Emissività

↓
Costante di Stefan-Boltzman
 $5,6 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$



IL BILANCIO DELL'IRRAGGIAMENTO



Attenzione a:

- Individuare correttamente la radiazione di T1
- Evitare l'influenza di T2
- Definire il valore dell'emissività del corpo

ESEMPIO – Edilizia, studio dei ponti termici



Angolo SE - SO

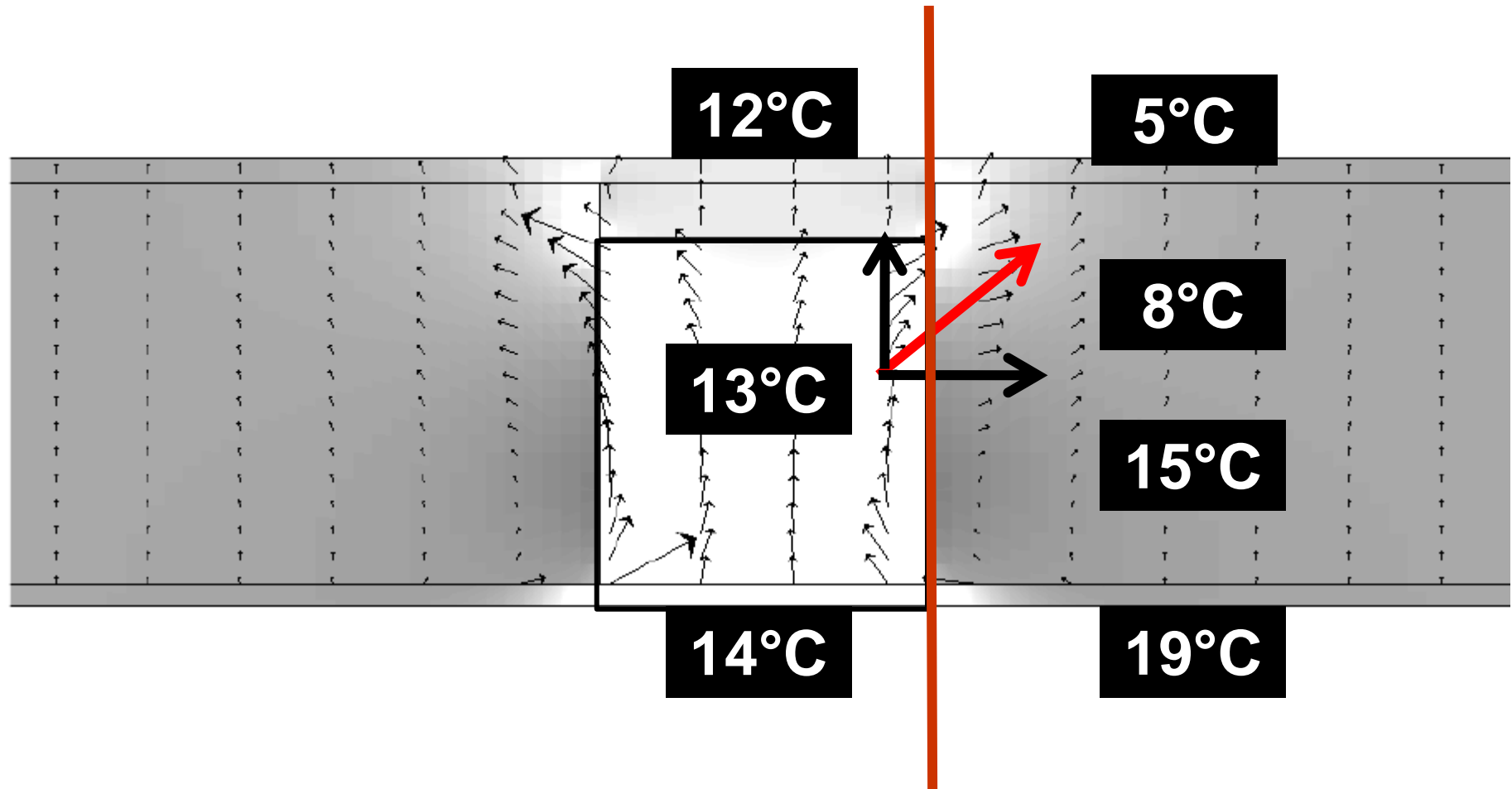


Immagini 3791-3792

Fonte: Tep srl

Ing. Giorgio Galbusera

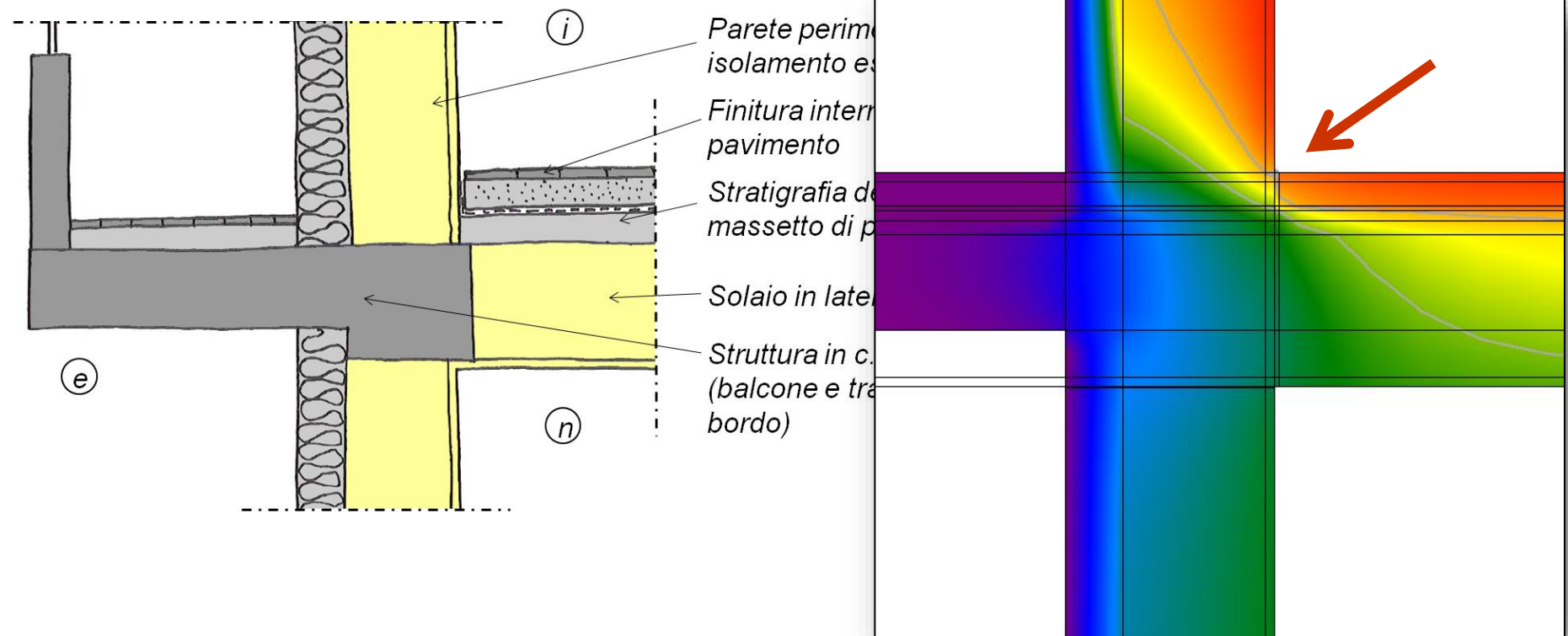
ESEMPIO – Edilizia, studio dei ponti termici



Fonte: Tep srl

Ing. Giorgio Galbusera

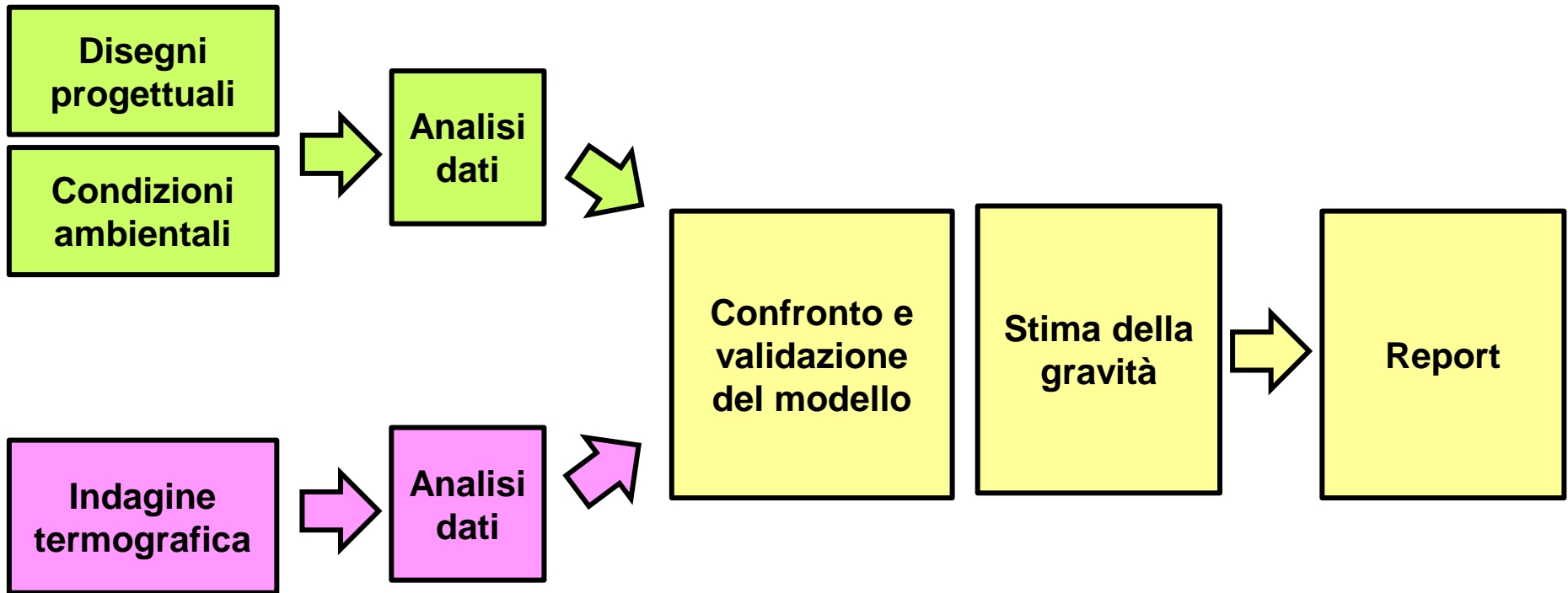
ESEMPIO – Edilizia, studio dei ponti termici



Fonte: Tep srl

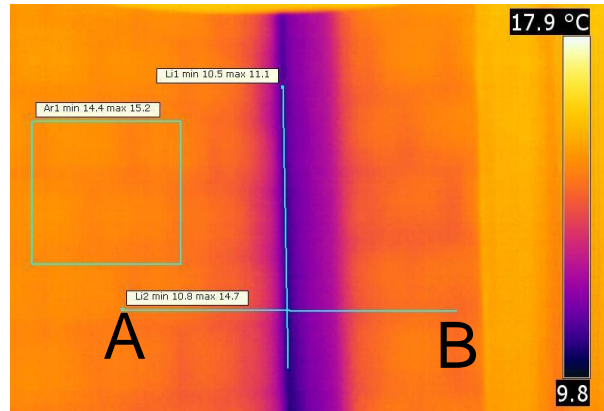
Ing. Giorgio Galbusera

ESEMPIO – Edilizia, studio dei ponti termici

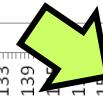
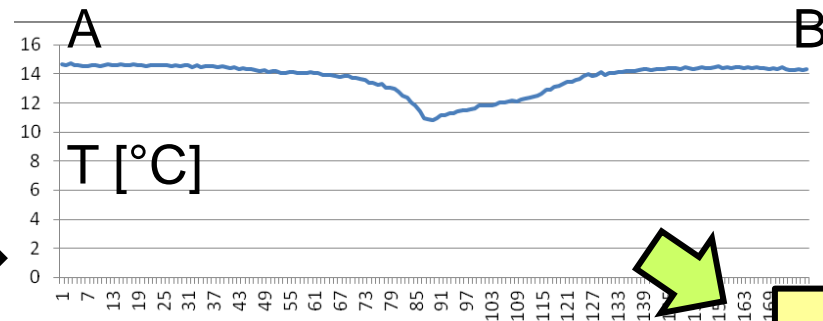


Fonte: Tep srl

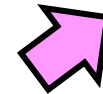
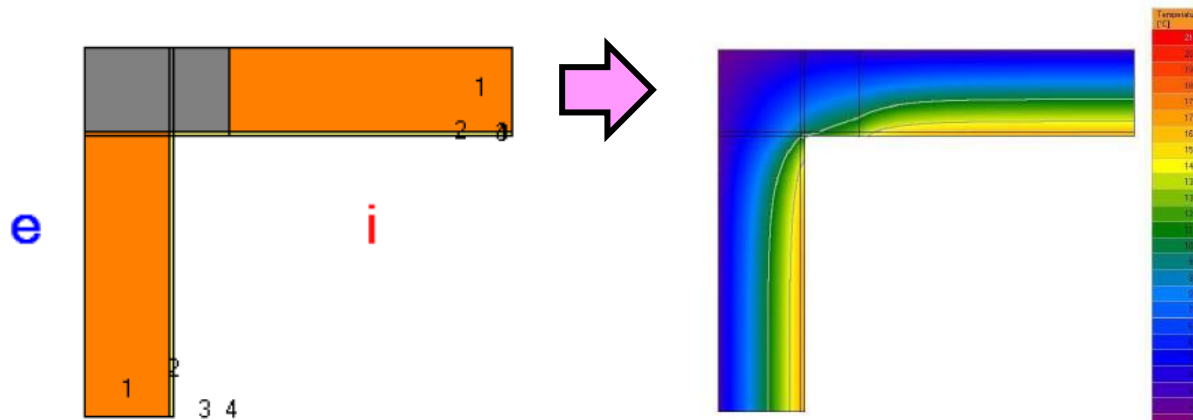
ESEMPIO – Edilizia, studio dei ponti termici



Andamento delle temperature lungo la linea A-B



**Confronto e
validazione
del modello**

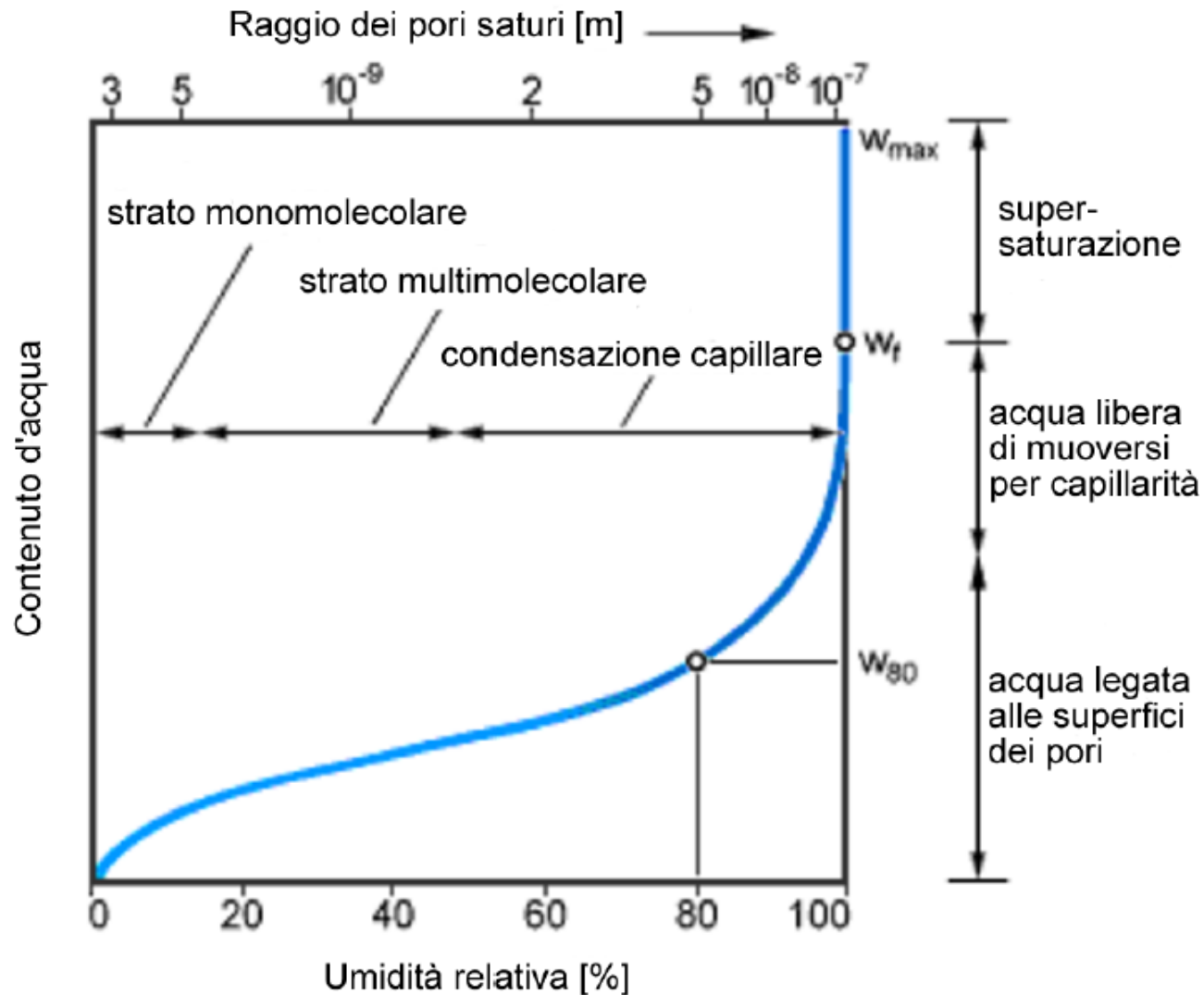


Fonte: Tep srl

4

Misura dell'umidità nei materiali

Curva di equilibrio igroscopico di un materiale



Umidità di equilibrio

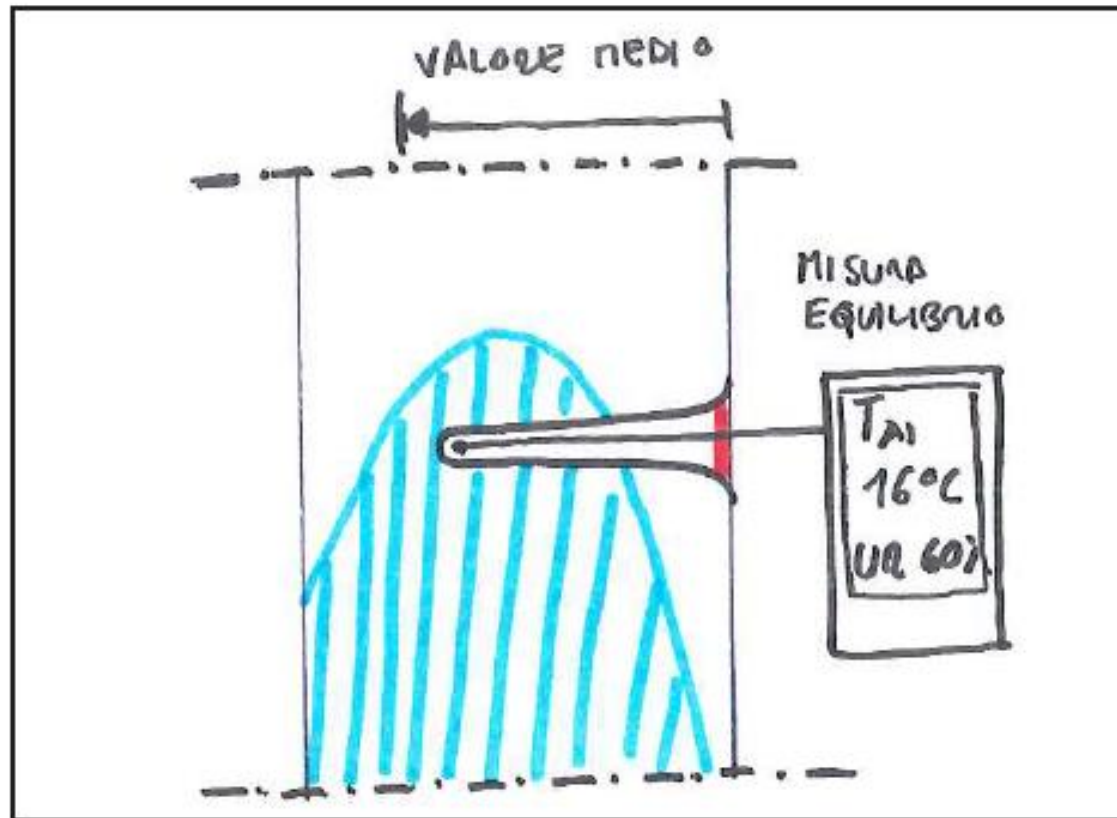


Immagine 2: misura dell'umidità di equilibrio

ANALISI PONDERALE DELL'UMIDITÀ NEI MATERIALI

L'indagine

L'analisi ponderale in accordo con UNI 11085 presuppone di verificare la quantità di umidità presente in un campione di materiale della parete (ovvero in una certa posizione e in una certa profondità) di massimo 50g.

Il contenuto d'acqua

Il dato che si ottiene si esprime generalmente come “contenuto di acqua” C_a espresso in termini % come rapporto dato da:

$$C_a = \frac{(M_u - M_s)}{M_s} \cdot 100 \quad \mathbf{M\%}$$

Dove:

- M_u è la massa del campione estratto
- M_s è la massa del campione dopo l'essiccazione

ANALISI PONDERALE DELL'UMIDITÀ NEI MATERIALI

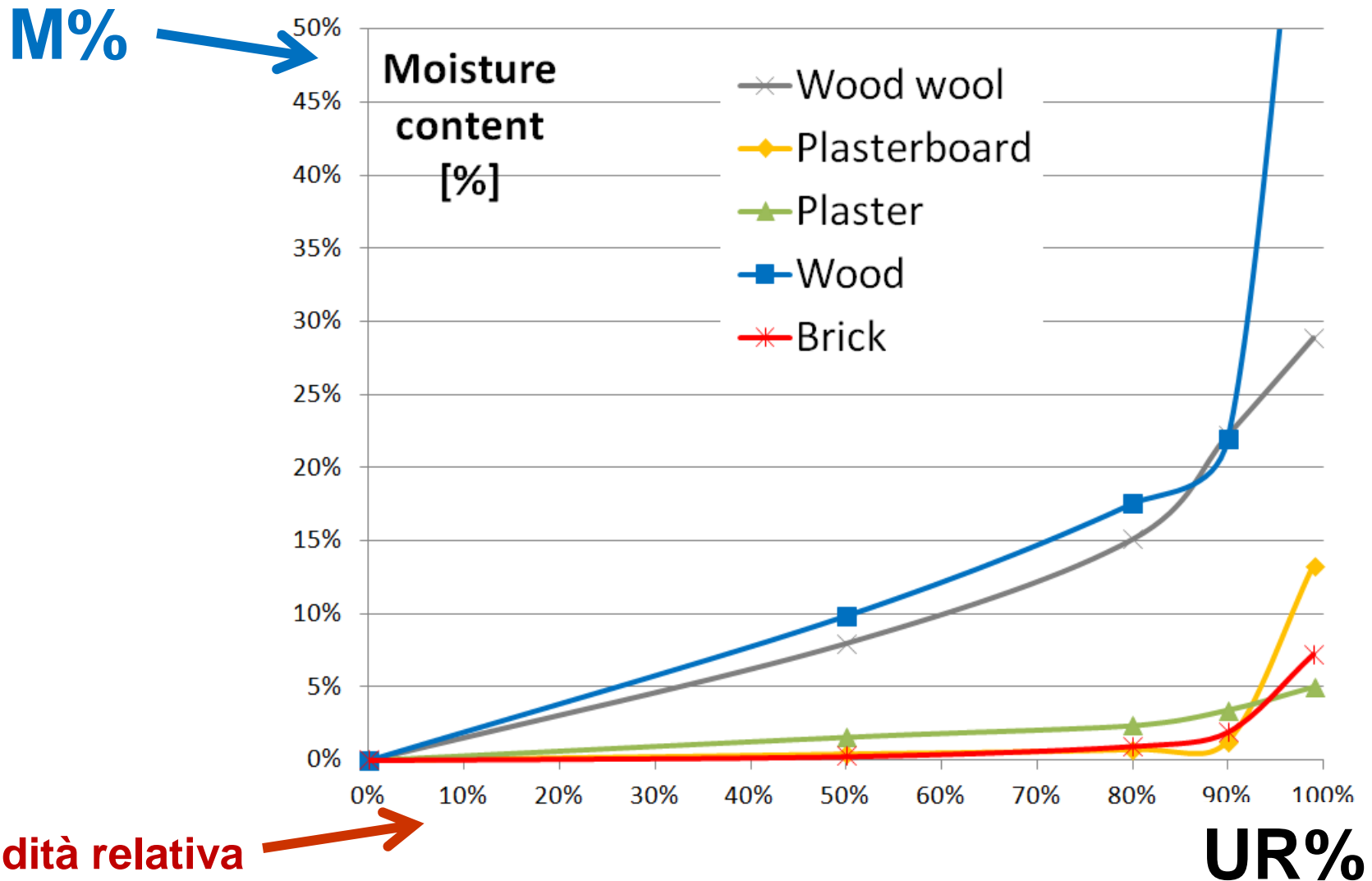


Pesatura del campione

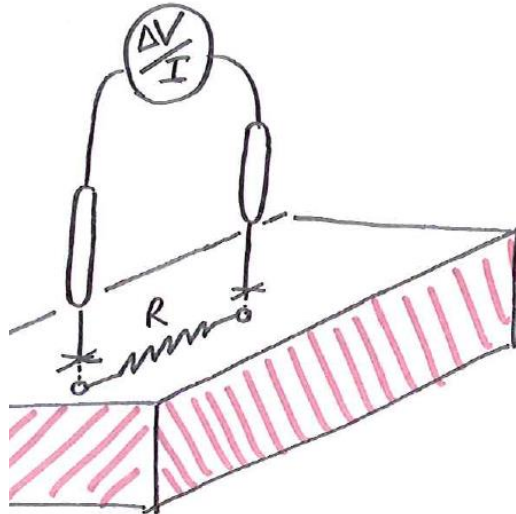


Essiccazione del campione

Absorption and desorption curve (line of the graph)



MISURA PER RESISTENZA ELETTRICA



Gli elettrodi vengono inseriti dentro il materiale, si genera una differenza di potenziale e viene misurata la resistenza opposta dal materiale.

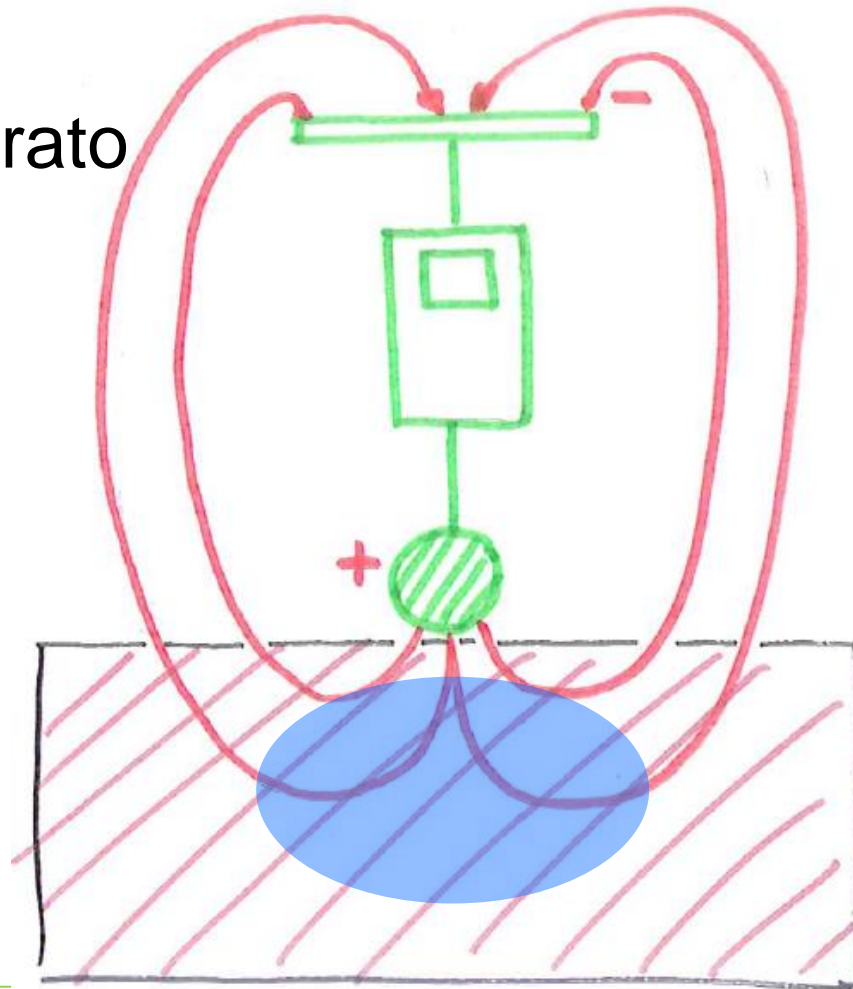
Lo spessore di materiale è costante, ma la quantità di umidità presente dipende dal tipo di materiale.

Pertanto deve essere attribuito il giusto “gruppo”.



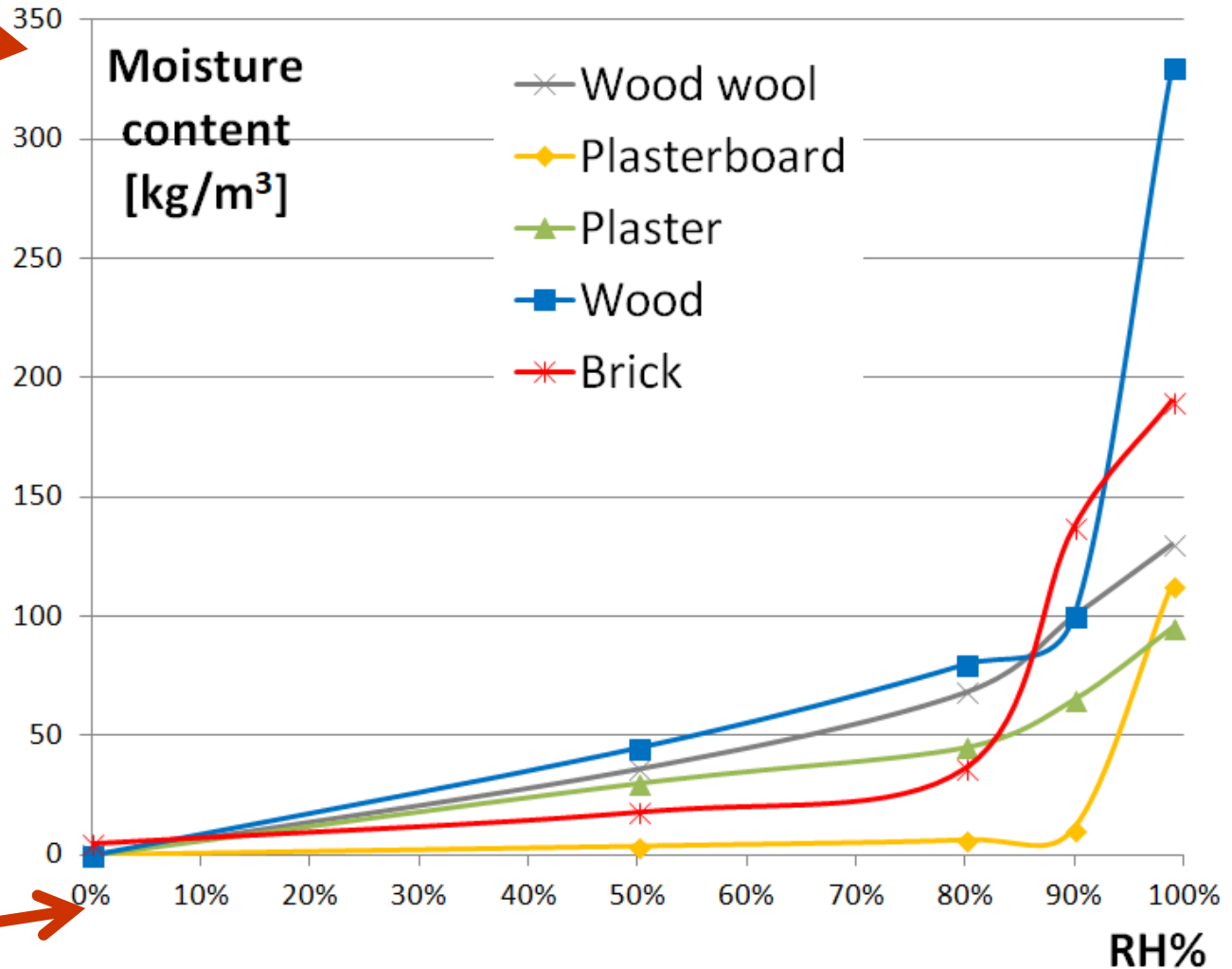
MISURA CAPACITIVA

La presenza di umidità
“disturba”
il campo generato



Absorption and desorption curve (line of the graph)


Moisture
content mass
by volume (of
material)



Environment
Relative
Humidity

Attenzione alla scala utilizzata dallo strumento

Test eseguito sullo stesso campione con diversi strumenti



	GANN Hydromette		Trotec T 2000/TS 350		Trotec T 650		Protimeter MMS	
Nr. Misura	Dato strumento	Giudizio	Dato strumento	Giudizio	Dato strumento	Giudizio	Dato strumento	Giudizio
1	38	asciutto	30	asciutto	30	asciutto	146	asciutto
2	42	umido	54	umido	54	umido	165	asciutto
3	54	umido	80	umido	77	umido	170	umido
4	60	umido	105	bagnato	100	bagnato	190	umido
5	80	umido	130	bagnato	138	bagnato	230	umido
6	85	umido	127	bagnato	125	bagnato	270	bagnato
7	100	bagnato	140	bagnato	145	bagnato	950	bagnato
8	130	bagnato	150	bagnato	155	bagnato	1000	bagnato
9	150	bagnato	154	bagnato	156	bagnato	1000	bagnato

Scale di misura
differenti



Giudizi differenti

ESEMPI CON I SOFTWARE ANIT

SUITE ANIT

Aggiorna scadenza software

Giorni rimanenti: 298
Codice macchina: -862267272

Software ANIT

Sviluppato da TEP s.r.l.

PAN 7.0

Analisi termica, igrometrica e dinamica dell'involucro opaco.

L'uso del presente software e dei relativi risultati sono di esclusiva competenza e responsabilità dell'utente. Tutti i diritti riservati. Qualsiasi riproduzione non autorizzata è vietata.
Maggiori informazioni e contatti: www.anit.it - software@anit.it
Versione 7.0.0.7 Ultimo aggiornamento 01/04/2016

SUITE ANIT

Aggiorna scadenza software

Giorni rimanenti: 298
Codice macchina: -862267272

Software ANIT

Sviluppato da TEP s.r.l.

IRIS 5.0

Simulazione dei ponti termici agli elementi finiti secondo UNI EN ISO 10211.

L'uso del presente software e dei relativi risultati sono di esclusiva competenza e responsabilità dell'utente. Tutti i diritti riservati. Qualsiasi riproduzione non autorizzata è vietata.
Maggiori informazioni e contatti: www.anit.it - software@anit.it
Versione 5.0.0.15 Ultimo aggiornamento 24/04/2020

Inizia

PER APPROFONDIRE

CORSO ON-LINE

- 13 maggio** Migrazione del vapore in regime dinamico
- 22 maggio** Guida alla diagnosi energetica del condominio
- 11 e 18 giugno** Studio dei ponti termici elementi finiti
- 17 giugno** Termografia, come impostare una diagnosi



Grazie per l'attenzione!



A stylized graphic element consisting of two overlapping, curved shapes. The top shape is a light yellow-green, and the bottom shape is a slightly darker green. They are positioned to the right of the word 'ANIT'.

ANIT

Associazione Nazionale per
l'Isolamento Termico e acustico

www.anit.it

