



---

# Analisi Termografiche: le misure per la diagnosi energetica

**Luca Laudi – Testo spa**

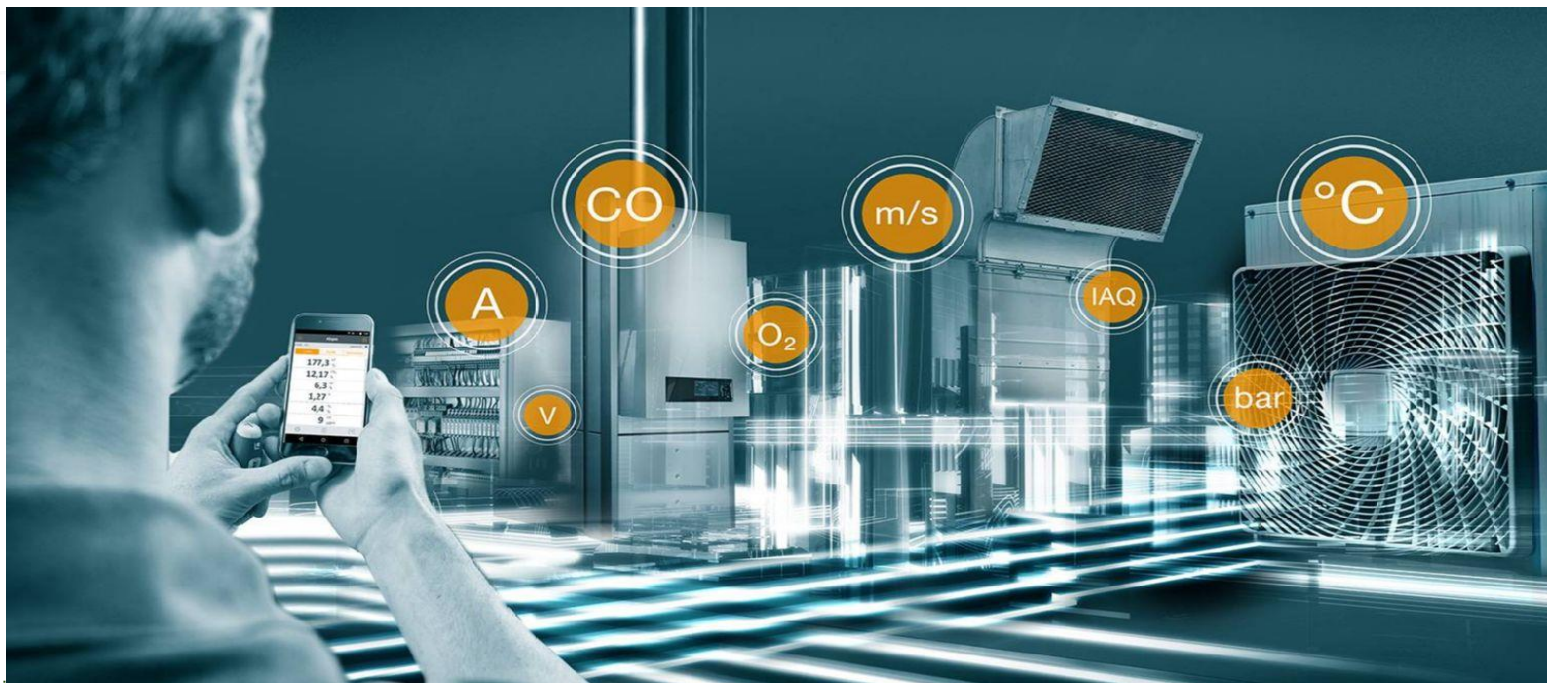
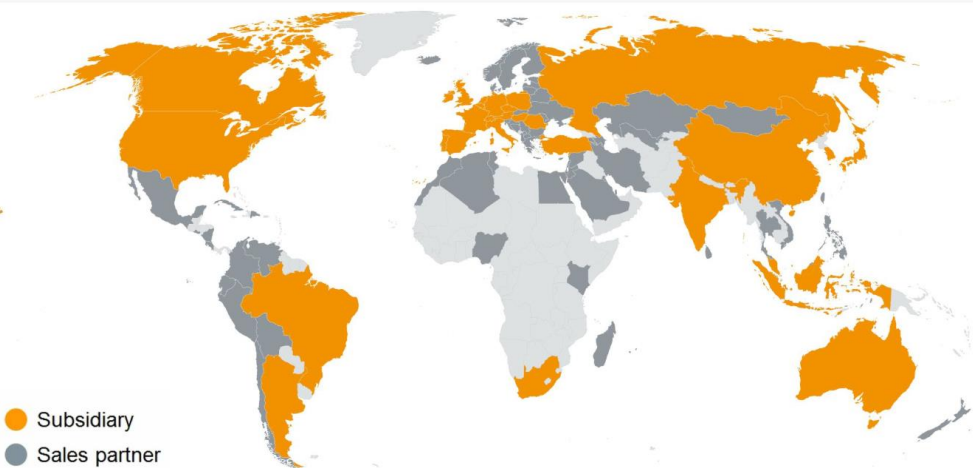
Diritti d'autore: la presentazione è proprietà intellettuale dell'autore e/o della società da esso rappresentata. Nessuna parte può essere riprodotta senza l'autorizzazione dell'autore.

## Leader mondiale nel mercato

della tecnologia di misura.



L'azienda opera nel settore della climatizzazione e delle tecnologie di misura ambientale, l'uso sostenibile delle risorse è parte integrante del progetto. Oltre a sviluppare e produrre strumenti di misura sempre più innovativi che tutelano l'ambiente e la salute, l'impegno è costantemente rivolto a favore di una maggiore sostenibilità ed un uso economico delle risorse.



# Termografia



# La mappatura termica

## Radiazioni infrarosse

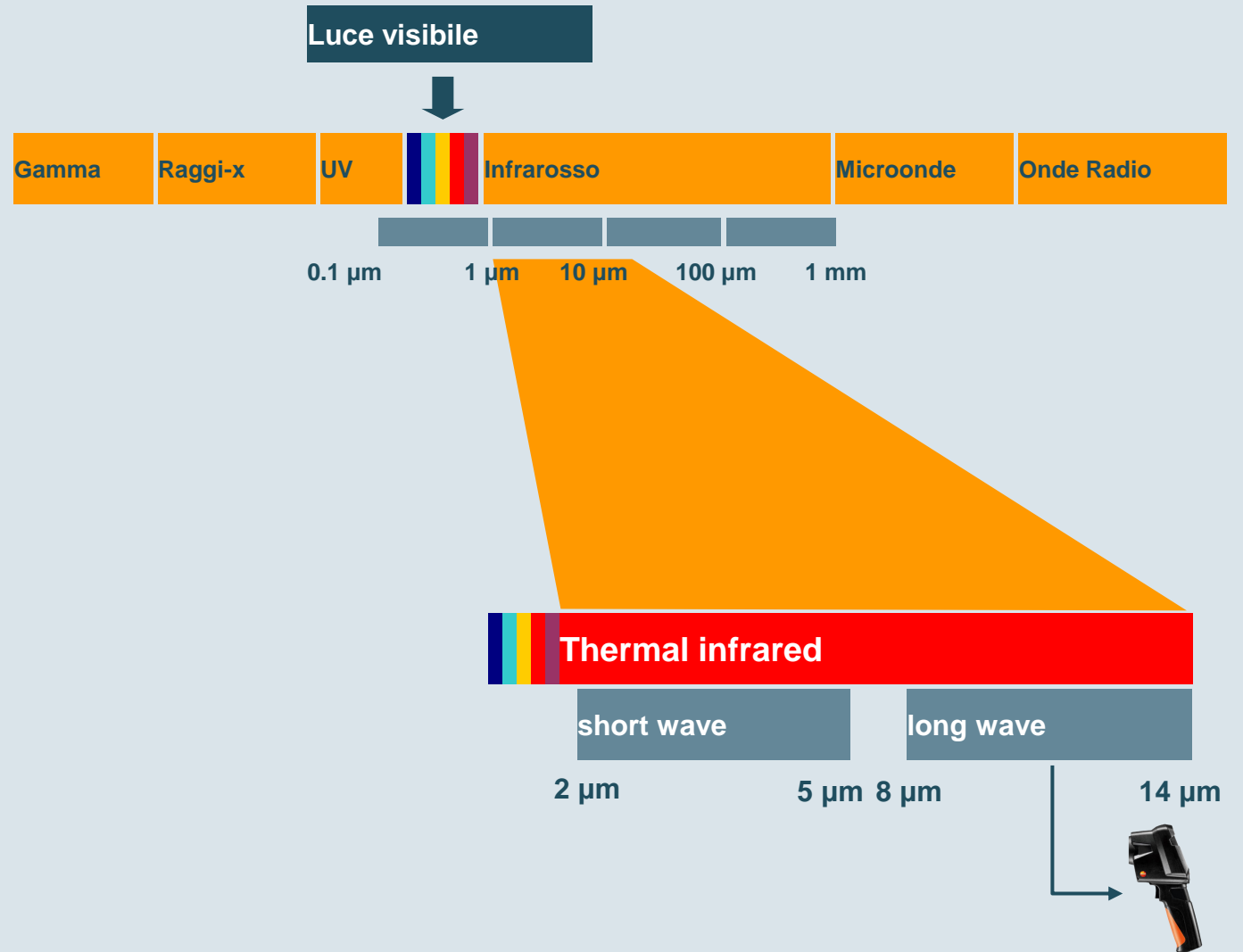
La radiazione infrarossa copre il campo di lunghezza d'onda da 780 nm a 1 mm. Confina con la lunghezza d'onda della luce visibile (0,4 - 0,7  $\mu\text{m}$ ).

Le termocamere Testo misurano la radiazione infrarossa a onde lunghe nell'intervallo da 7,5  $\mu\text{m}$  a 14  $\mu\text{m}$ , poiché l'atmosfera in questo intervallo di lunghezza d'onda è estremamente permeabile alla radiazione infrarossa.

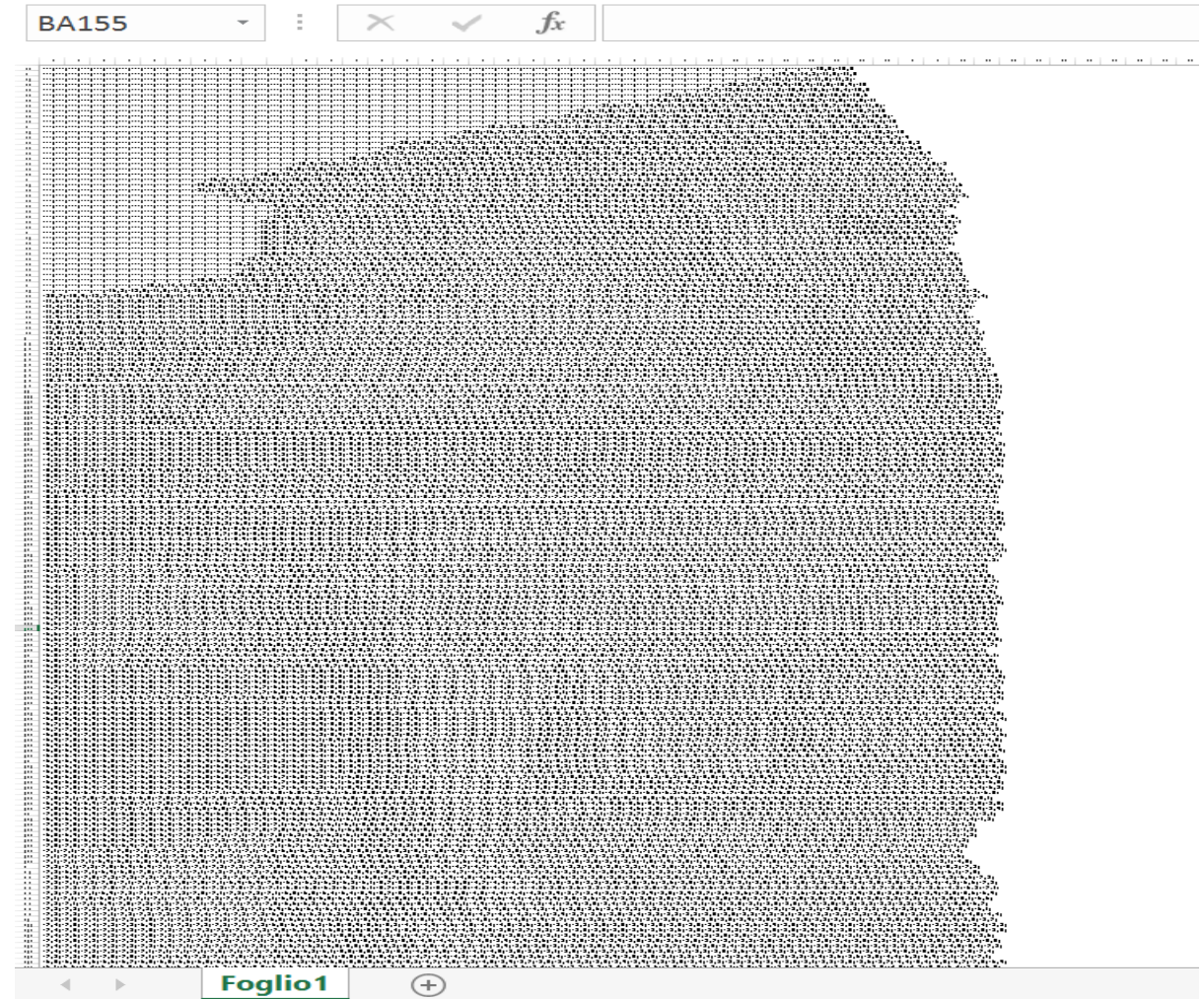
Luce visibile: 0.4 - 0.7  $\mu\text{m}$

Onde corte infrarosso : 2 - 5  $\mu\text{m}$

Onde lunghe : 8 - 14  $\mu\text{m}$

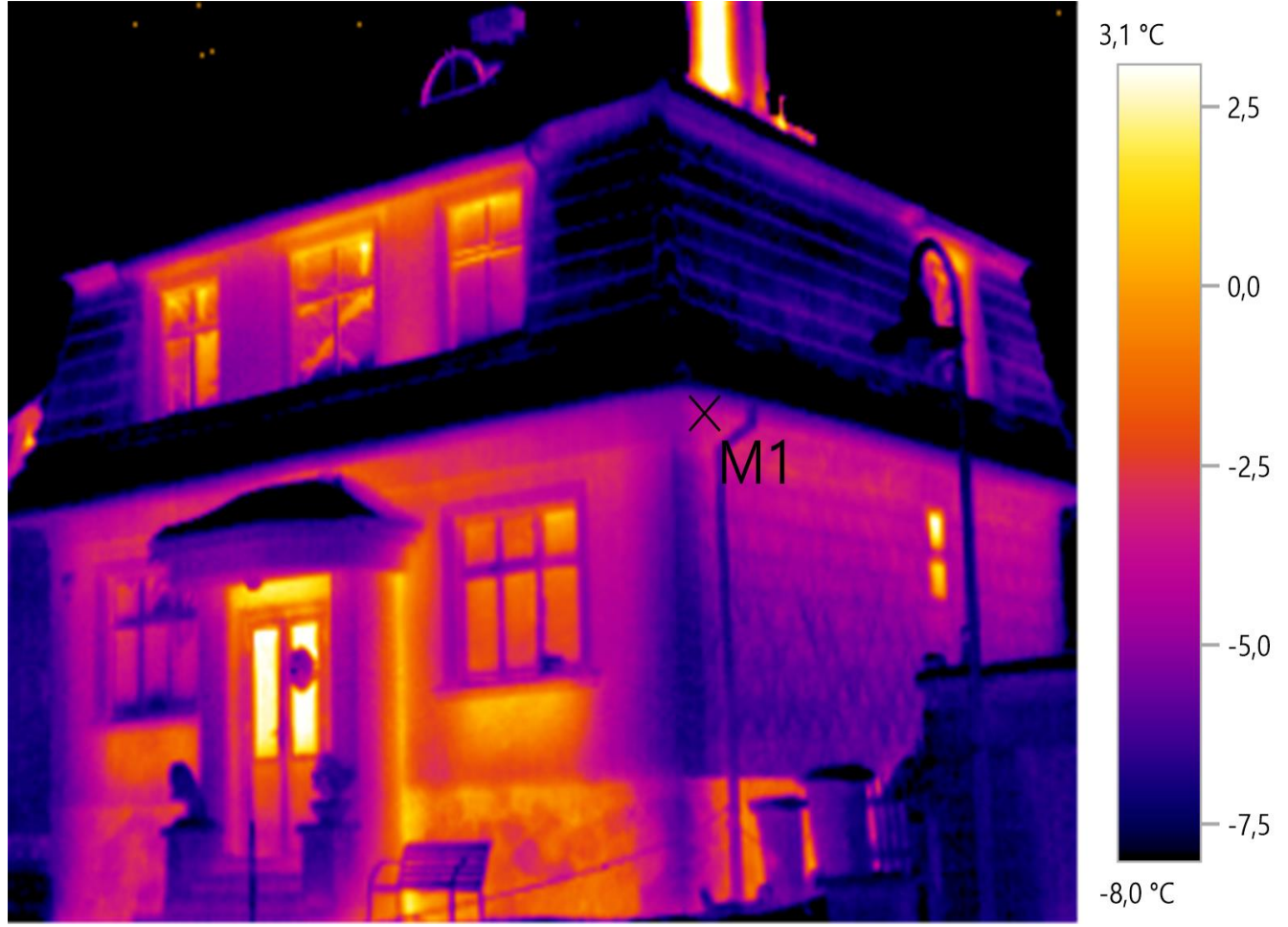


# Cos'è la termografia?



# Cos'è la termografia?

,8;-1,8;-1,3;-1,1;-1,2;-1,3;-1,4;-1,6;-1,5;-1,4;-1,4;-1,3;-1,1;-1,2;-1,4;-1,4;-1,4;-1,5;-1,1;-1,3;-1,0;-6,9;-6,1;-6,5;-6,5;-6,8;-7,7;-7,2;-7,2;-7,3;-7,3;-7,3;-7,5;-7,4;-7,5;-7,4;-7,3;-7,2;-7,3;-7,4;-7,3;-7,2;-7,1;-7,0;-6,9;-6,7;-6,4;-6,4;-6,5;-6,6;-6,8;-7,3;-7,1;-7,2;-7,3;-7,3;-7,3;-7,3;-7,3;-7,4;-7,1;-7,0;-7,0;-7,1;-7,0;-6,7;-6,7;-6,5;-6,5;-6,6;-6,6;-6,8;-6,7;-6,7;-7,0;-7,1;-7,0;-7,0;-7,1;-7,2;-7,2;-7,2;-7,2;-7,1;-6,8;-6,7;-6,7;-6,8;-6,8;-6,8;-7,2;-6,8;-6,8;-7,2;-7,0;-6,9;-6,9;-7,2;-7,3;-7,3;-6,9;-7,0;-7,0;-6,9;-6,8;-6,9;-7,0;-6,8;-6,9;-6,9;-7,1;-7,3;-7,4;-7,5;-7,5;-7,7;-7,3;-7,3;-7,1;-7,1;-7,1;-7,1;-7,3;-7,2;-6,8;-6,8;-6,7;-6,8;-6,9;-7,0;-7,1;-7,5;-7,3;-7,6;-7,3;-7,5;-7,9;-7,9;-7,8;-7,7;-7,6;-7,5;-7,5;-7,3;-7,2;-7,0;-7,2;-7,4;-7,3;-6,9;-7,1;-7,2;-7,3;-7,4;-7,5;-7,7;-7,8;-7,8;-7,8;-7,9;-7,9;-8,0;-8,0;-7,9;-8,0;-7,8;-7,5;-7,3;-7,3;-7,3;-7,2;-7,2;-7,4;-7,4;-6,8;-7,4;-7,6;-7,6;-7,7;-7,9;-8,0;-7,9;-7,7;-7,6;-7,9;-8,1;-8,0;-7,9;-7,8;-8,0;-7,7;-7,4;-7,3;-7,2;-7,0;-6,8;-6,9;-7,1;-7,3;-7,5;-7,6;-7,7;-7,7;-7,7;-7,7;-7,7;-7,7;-7,7;-7,6;-7,5;-7,6;-7,5;-7,4;-7,5;-7,0;-6,9;-6,8;-7,1;-7,1;-7,2;-7,3;-7,4;-7,7;-7,9;-8,2;-7,7;-7,9;-7,8;-7,5;-7,6;-7,5;-7,4;-7,6;-7,5;-7,2;-7,1;-7,2;-7,0;-6,9;-7,3;-7,6;-7,7;-8,0;-7,6;-7,9;-8,2;-8,1;-7,8;-7,8;-8,2;-7,6;-7,8;-7,6;-7,3;-7,3;-7,3;-7,2;-7,3;-7,2;-7,4;-7,7;-8,0;-8,2;-8,0;-8,3;-7,7;-7,9;-8,3;-8,3;-8,2;-8,0;-7,8;-7,8;-7,8;-8,0;-8,3;-7,3;-7,4;-7,6;-7,7;-8,0;-8,2;-8,4;-8,3;-8,4;-8,6;-8,7;-8,7;-8,3;-8,1;-7,9;-7,9;-8,1;-8,2;-8,0;-7,9;-7,8;-7,8;-8,1;-8,5;-8,7;-8,1;-8,4;-8,6;-8,5;-8,8;-8,5;-8,7;-8,5;-8,5;-8,6;-8,7;-8,8;-8,3;-8,1;-8,1;-8,2;-8,2;-8,2;-8,1;-8,0;-7,8;-7,7;-7,8;-7,8;-7,8,6;-8,7;-8,7;-8,7;-8,8;-8,6;-8,7;-8,6;-8,6;-8,5;-8,5;-8,4;-8,4;-8,2;-7,9;-8,0;-8,0;-7,9;-7,8;-7,8;-7,9;-7,9;-7,9;-8,0;-8,1;-8,7;-8,7;-8,6;-8,4;-8,6;-8,6;-8,6;-8,6;-8,4;-8,3;-8,2;-8,3;-8,4;-8,2;-8,2;-8,3;-8,2;-8,3;-8,2;-8,4;-8,7;-8,8;-8,9;-8,9;-8,9;-8,4;-8,4;-8,4;-8,4;-8,4;-8,3;-8,5;-8,4;-8,2;-8,2;-8,5;-8,6;-8,8;-9,0;-9,0;-9,1;-9,0;-9,0;-9,1;-9,1;-9,1;-9,1;-9,2;-9,3;-9,3;-8,2;-8,2;-8,3;-8,5;-8,5;-8,8;-8,7;-8,9;-9,0;-8,9;-9,1;-9,3;-9,3;-9,4;-9,3;-9,3;-9,2;-9,3;-9,3;-9,2;-9,0;-9,0;-9,1;-9,2;-9,0;-

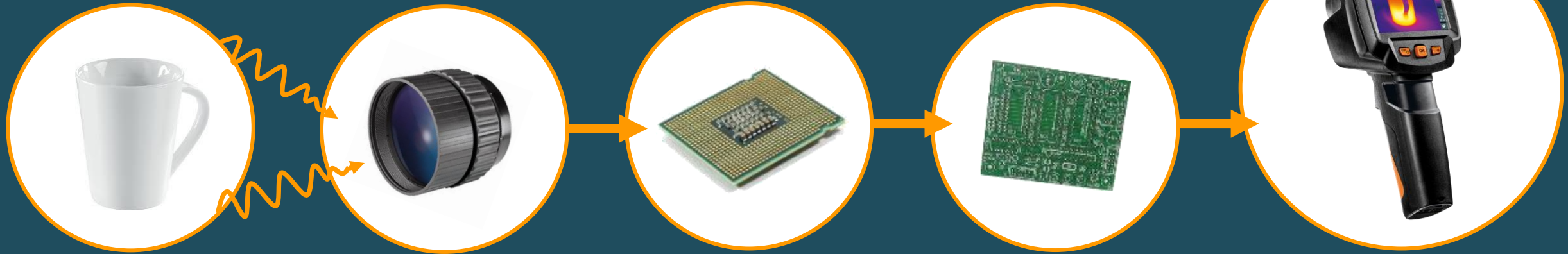


# La mappatura termica

La termocamera individua le differenze di temperatura, questo è il motivo per cui è necessario analizzare le superfici in determinate condizioni, sfruttando le differenze di temperatura fra interno ed esterno o le fasi transitorie di riscaldamento o raffreddamento



# Come funziona una termocamera



Tutti i corpi emettono una radiazione infrarossa

Una lente indirizza le radiazioni IR a un sensore microbolometrico(FPA).

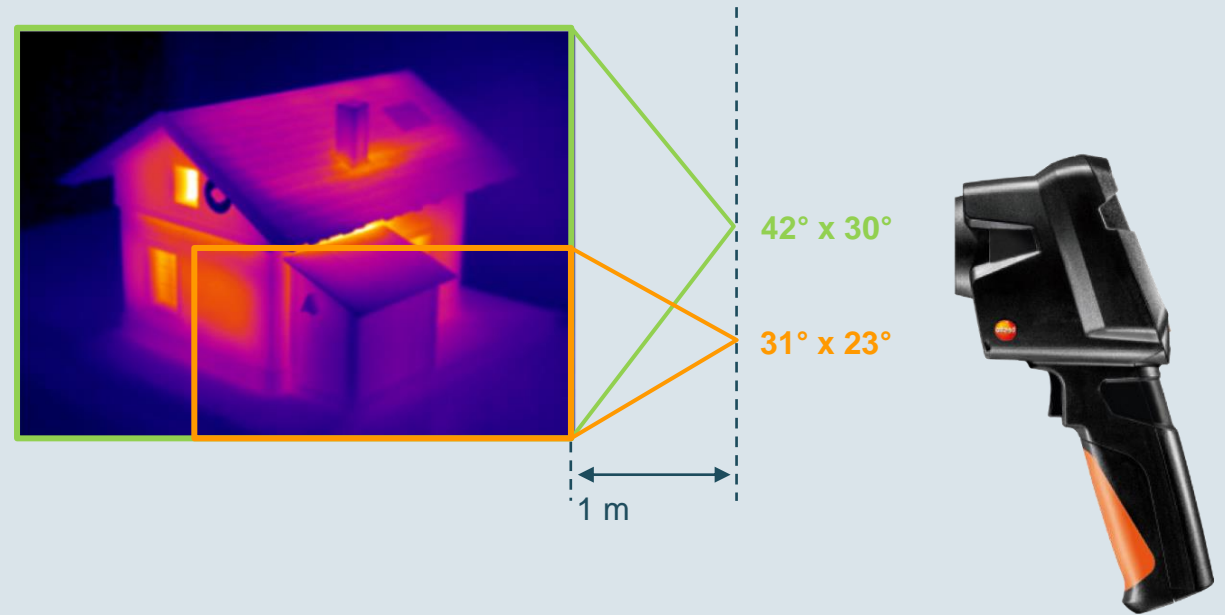
La termocamera trasforma queste informazioni in un'immagine termica.



# Le principali caratteristiche tecniche

## Field of view (FOV) Campo visivo

Il campo visivo (FOV) determina la sezione dell'immagine visibile di una termocamera

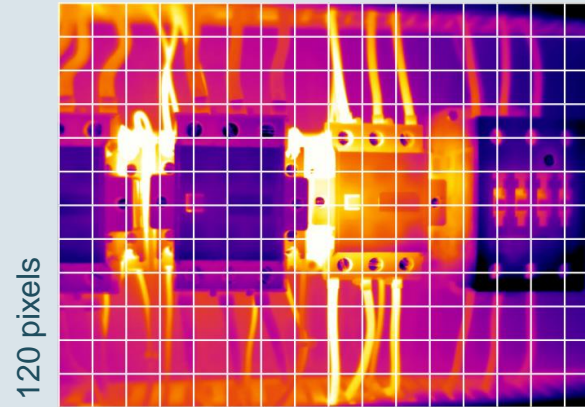


# Le principali caratteristiche tecniche

## Risoluzione dell'infrarosso

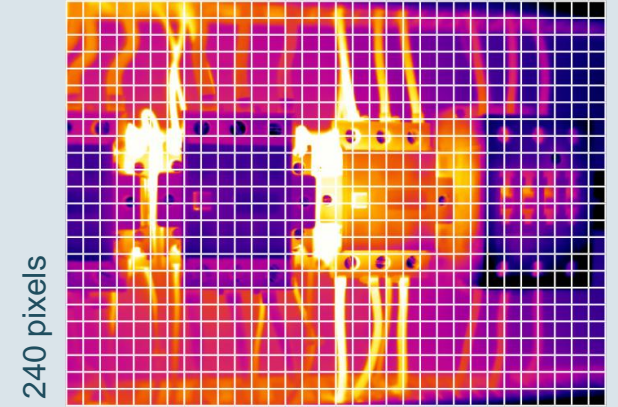
Più alta è la risoluzione, migliore è la capacità di una termocamera di misurare oggetti più piccoli da una distanza maggiore, fornendo comunque immagini nitide.

Detector resolution: 160 x 120



160 pixels

Detector resolution: 320 x 240



240 pixels

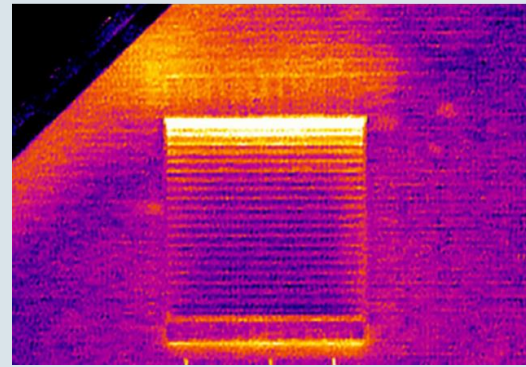
320 pixels

# Le principali caratteristiche tecniche

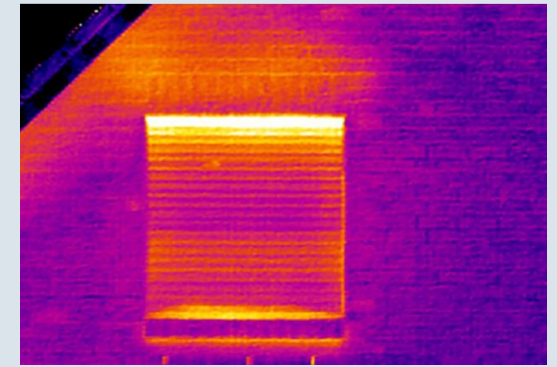
## Sensibilità termica (NETD)

La sensibilità termica (Noise Equivalent Temperature Difference, NETD) indica la più piccola differenza di temperatura possibile che una termocamera può visualizzare tra un pixel e l'altro.

Quindi più piccolo è il valore NETD, migliore è la qualità della misura



NETD 80mK



NETD 50mK

# Le principali caratteristiche tecniche

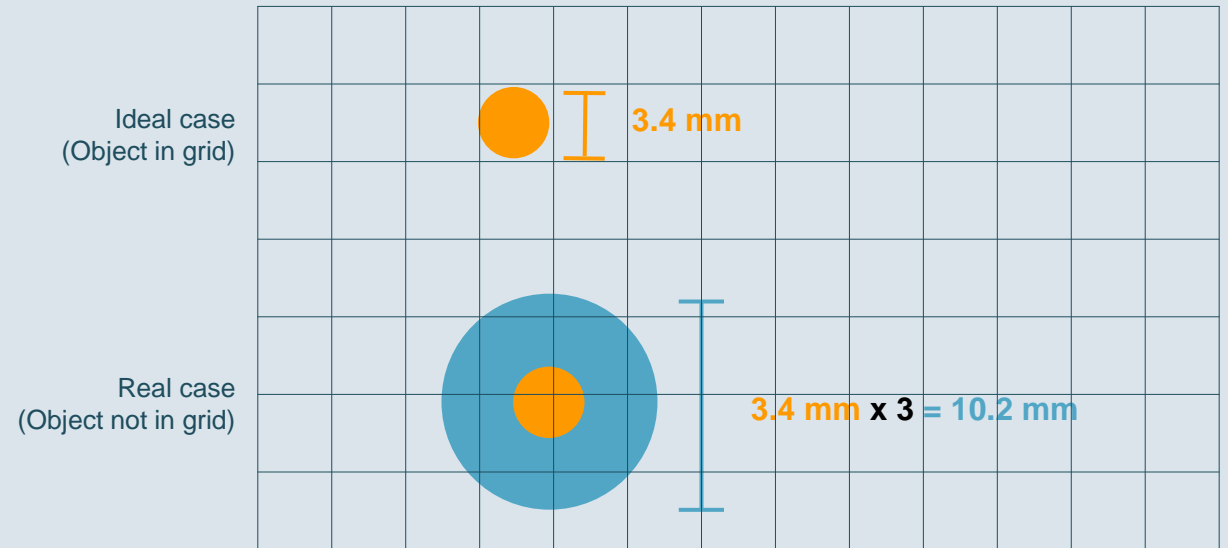
## Risoluzione spaziale (IFOV)

**IFOV<sub>geo</sub>** è dato in milliradiani (mrad) e descrive l'oggetto più piccolo che può ancora essere dimostrato da un pixel nell'immagine termica e mostrato sul display, a seconda della distanza di misura. Che cosa significa? Ad una distanza di 1 m, una risoluzione del rivelatore di 160 x 120 pixel e un FOV di 31°, l'IFOV<sub>geo</sub> è di 3,4 mrad.

Un pixel mostra quindi un punto di misurazione con una lunghezza del bordo di 3,4 mm, che viene visualizzato sul display del riproduttore d'immagini.

L'**IFOV<sub>geo</sub>** è tuttavia solo un valore teorico. Un oggetto da misurare in realtà non rientra nella griglia prescritta dalla risoluzione del riproduttore d'immagini. Questo è il motivo per cui esiste l'IFOV<sub>geo</sub>.

**IFOV<sub>meas</sub>** è il più piccolo oggetto reale misurabile. La regola empirica è:  $\text{IFOV}_{\text{meas}} = \text{IFOV}_{\text{geo}} \times 3$  Esempio:  $3,4 \text{ mrad} \times 3 = 10,2 \text{ mm}$ . Questo significa che: A partire da 1 m di distanza si possono misurare correttamente oggetti fino ad una dimensione di 10,2 mm.



$$\text{IFOV}_{\text{meas}} = \text{IFOV}_{\text{geo}} \times 3$$

# Scala e Paletta di riferimento

La scala di riferimento all'immagine può essere impostata come:

- Automatica
- Manuale



# Verifiche di dispersioni

In autunno/inverno sfruttando le differenze termiche fra la temperatura ambientale esterna e quella riscaldata dell'involucro è possibile mettere in evidenza le dispersioni

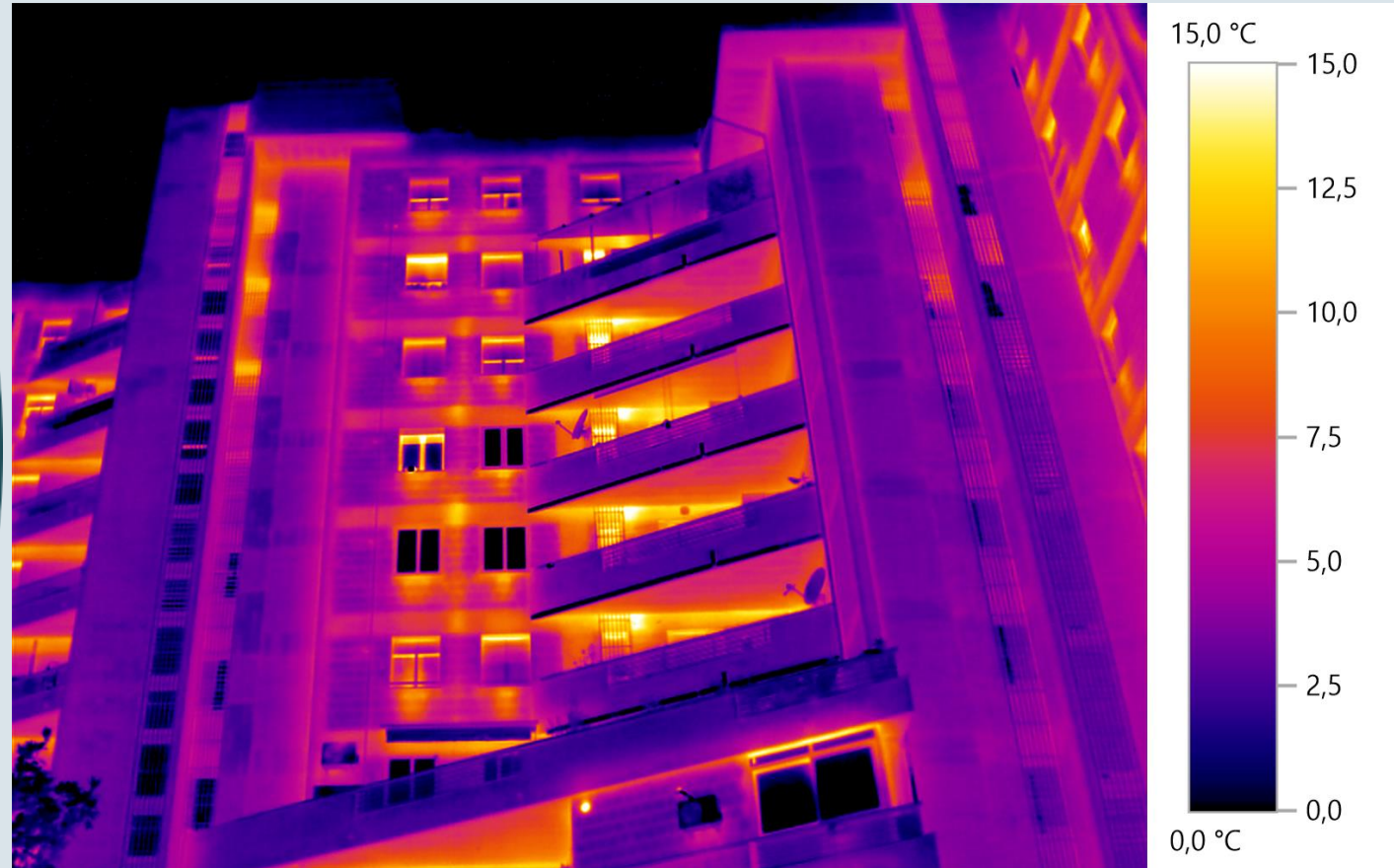
Accertarsi che l'impianto di riscaldamento sia acceso e che tra la  $T_{\text{interna dell'abitazione}}$  e la  $T_{\text{ambientale}}$  ci sia una differenza di almeno  $10^{\circ}\text{C}$  (idealmente  $20^{\circ}\text{C}$ );

Effettuare le analisi o al mattino presto o alla sera tardi, quando le facciate non sono irraggiate dal sole;

Rilevare sempre la  $T_{\text{interna dell'abitazione}}$  e la  $T_{\text{ambientale}}$  e compensare in caso di vento in quota le temperature di facciata;

Prima di iniziare le analisi settare la termocamera con una emissività compresa fra 0.85 e 0.92;

Evitare di effettuare rilevamenti IR in caso di pioggia.



# Verifiche di dispersioni

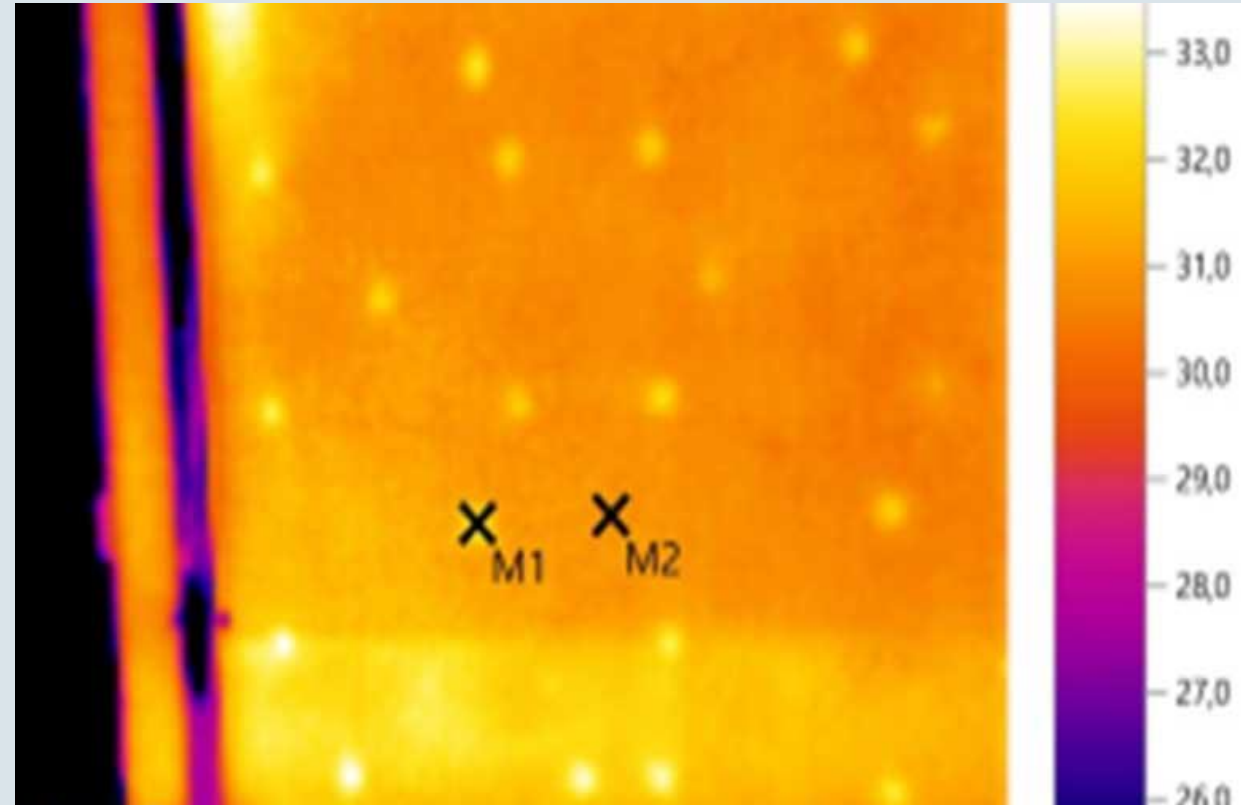
Valutando le dispersioni è possibile analizzare se intervenire con un cappotto termico e verificarne lo stato nel tempo



# Verifiche di posa

**Sfruttando le transizioni termiche è possibile mettere in evidenza tasselli, fori, giunti con malta e valutare lo schema di posa.**

Nell'esempio una fase di scaricamento della superficie ovvero monitorare una struttura che ha accumulato energia e che rilascia energia per effetto dell'ombreggiamento.





# Verifiche sul distaccamento

L'aria in termografia è l'elemento che cambia più rapidamente la sua temperatura, questo permette di mettere in evidenza distaccamenti sfruttando gli stadi transitori della giornata in fase di riscaldamento e raffreddamento.



# Termografia a 360°

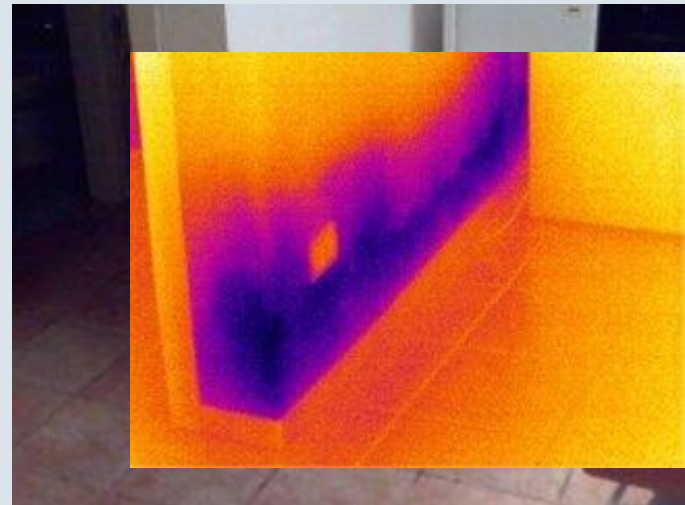
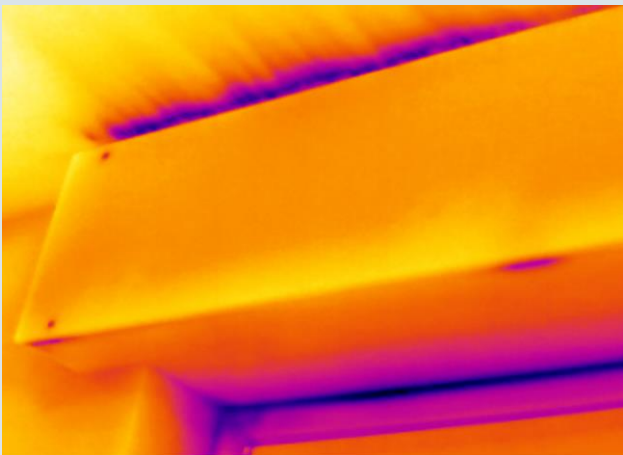
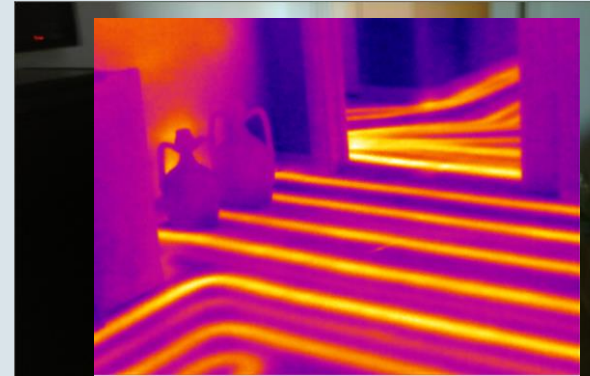
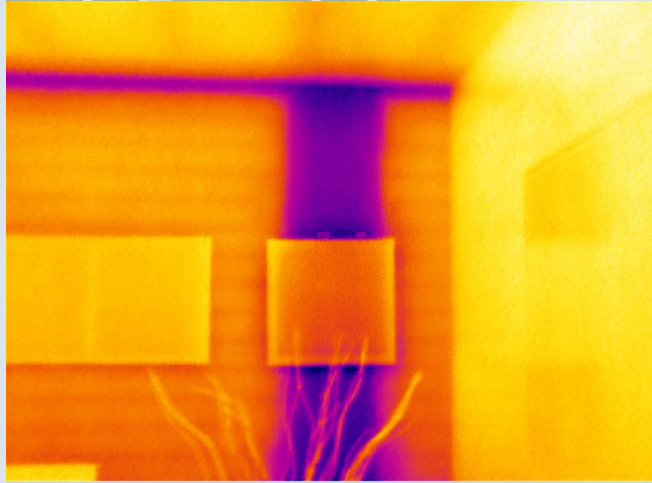
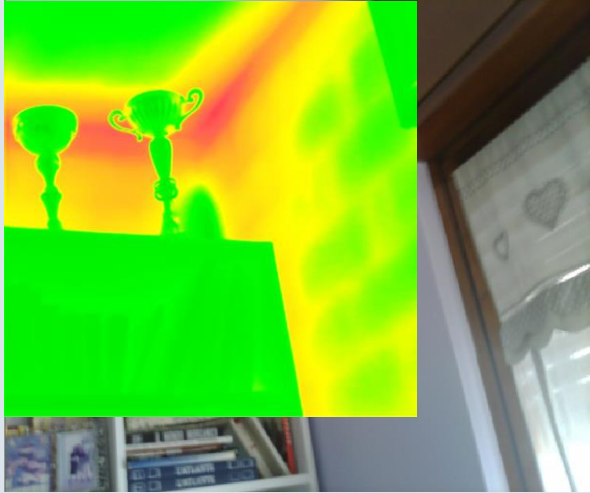
## Nell'ambito dell'efficienza energetica

Per il controllo dell'involucro e dell'impianto la termografia può essere utilizzata per diverse applicazioni:

- Dispersioni
- Ponti termici
- Ricerca umidità di condensa
- Umidità di risalita
- Tenuta all'aria
- Impianti di riscaldamento
- Perdite
- Elettrica
- Fotovoltaico



# Termografia a 360°



# Funzione Scale Assist per le dispersioni

## Contrasto ottimizzato in ogni momento

### La sfida

A seconda della temperatura interna ed esterna, l'immagine termica dello stesso oggetto può avere un aspetto diverso.

### La soluzione

Dopo aver inserito la temperatura interna ed esterna, testo ScaleAssist regola automaticamente la scala al valore ottimale. Questo ha due vantaggi:

1. Immagini oggettivamente comparabili
2. 2. Contrasto ottimale: Tutti gli elementi che sono d'intralcio o non importanti vengono automaticamente sbiaditi. Le interpretazioni errate vengono evitate e i difetti di costruzione vengono visualizzati solo se esistono davvero.

### Come funziona il testo ScaleAssist

A seconda della temperatura interna ed esterna, la distribuzione del colore dell'immagine termica viene regolata automaticamente durante la misurazione.



Scale is set too low:  
It appears that renovation work is required.



Scale is set too high:  
It appears that no renovation work is required



Scale is set correctly.

# Software di acquisizione

## Il software professionale di analisi per PC

### Elaborare e analizzare immagini termiche su PC in modo professionale

- Emissività corrette di materiali diversi per aree di immagine o singoli
- Evidenziare il superamento o la sottoesposizione dei valori limite o dei pixel in un determinato intervallo di temperatura
- Impostare un numero illimitato di punti di misura, determinare i punti caldi e freddi e scrivere commenti
- Creare report o modelli individuali in modo semplice e veloce con i modelli di report

**Il software di analisi testo IRSoft è incluso in ogni termocamera Testo. È gratuito e non richiede una licenza.**



# Applicazione

## Work smart and networked

L'App Termografia testo per testo 868, testo 871, testo 872

**Livestream:** Azionare una termocamera e utilizzare un dispositivo mobile come secondo display allo stesso tempo

**Telecomando:** Controlla il tuo imager termico usando il tuo smartphone/tablet.

**Analisi:** Inserire i punti di misura, stabilire il profilo della temperatura tramite una curva, aggiungere commenti, ecc.

**Documentazione:** Selezionare le immagini, memorizzare i dati rilevanti, vedere un'anteprima e inviare un rapporto al vostro cliente o

Free download for iOS and android:



Available on the  
App Store

GET IT ON  
Google Play



# Panoramica assistita

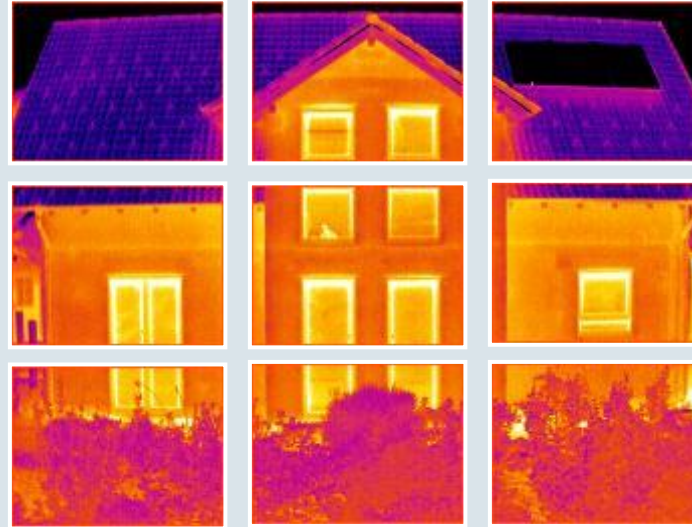
## Visualizzare oggetti di grandi dimensioni su un'immagine in modo accurato e dettagliato

### La sfida

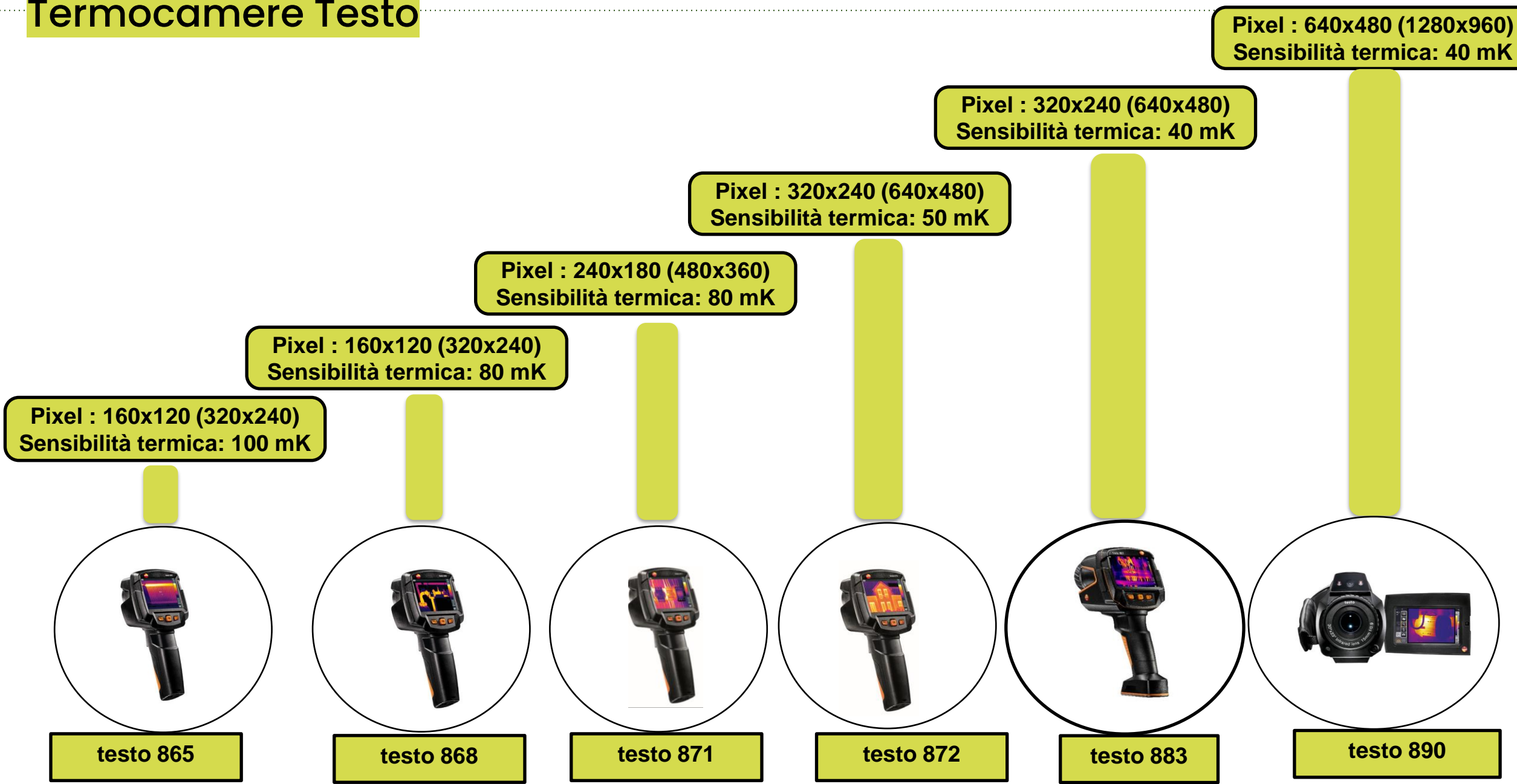
Oggetti di grandi dimensioni come edifici o strutture spesso non possono essere visualizzati completamente attraverso un'immagine termica. Devono essere scattate più immagini, il che aumenta lo sforzo di analisi e documentazione.

### La soluzione

L'assistente di immagini panoramiche di Testo combina fino a 3 x 3 singole immagini in un'unica immagine complessiva ad alta risoluzione, che può essere analizzata e documentata in modo efficiente.



# Termocamere Testo





# Kit termoflussimetrico

## Il Kit è composto:

- **Stumento multifunzione Testo 635**
- **Sonda a piastra termoflussimetrica (interno)**
- **Sonda di temperatura radio (esterno)**

## DESCRIZIONE

La norma ISO9869 descrive come impiegare le piastre termoflussimetriche nel calcolo della trasmittanza termica

## METODO DELLE MEDIE

Si basa sul concetto che con una serie infinita di dati, la media di tutti i valori opportunamente combinata porta asintoticamente al valore vero del valore U.

Per avere un calcolo affidabile la durata della prova deve essere di almeno 48/72 ore.

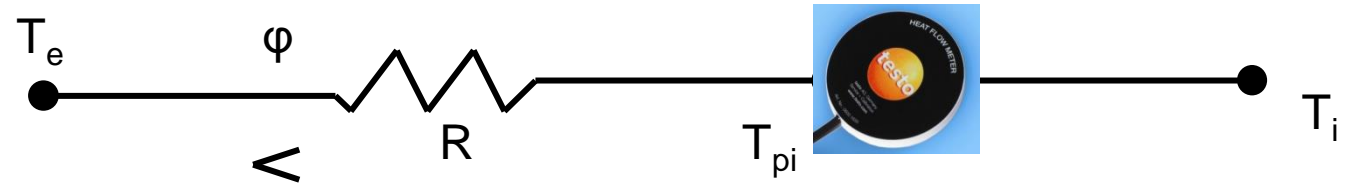


# Metodo della piastra termoflussimetrica

Il flusso viene misurato direttamente dalla piastra termoflussimetrica che utilizza per la misura del flusso l'effetto Seebeck (lo stesso principio fisico delle termocoppie).

La differenza di temperatura tra le due superfici della piastra genera una tensione proporzionale al salto termico e quindi al flusso termico, data la resistenza nota della sonda a piastra

$$\phi \sim (T_i - T_{pi}) = f(\Delta V)$$



Anello di guardia  
(parte nera)



Parte sensibile: 2 serie di giunti caldi e giunti freddi sotto il logo Testo



# Esempio di controllo dati istantanei e medie

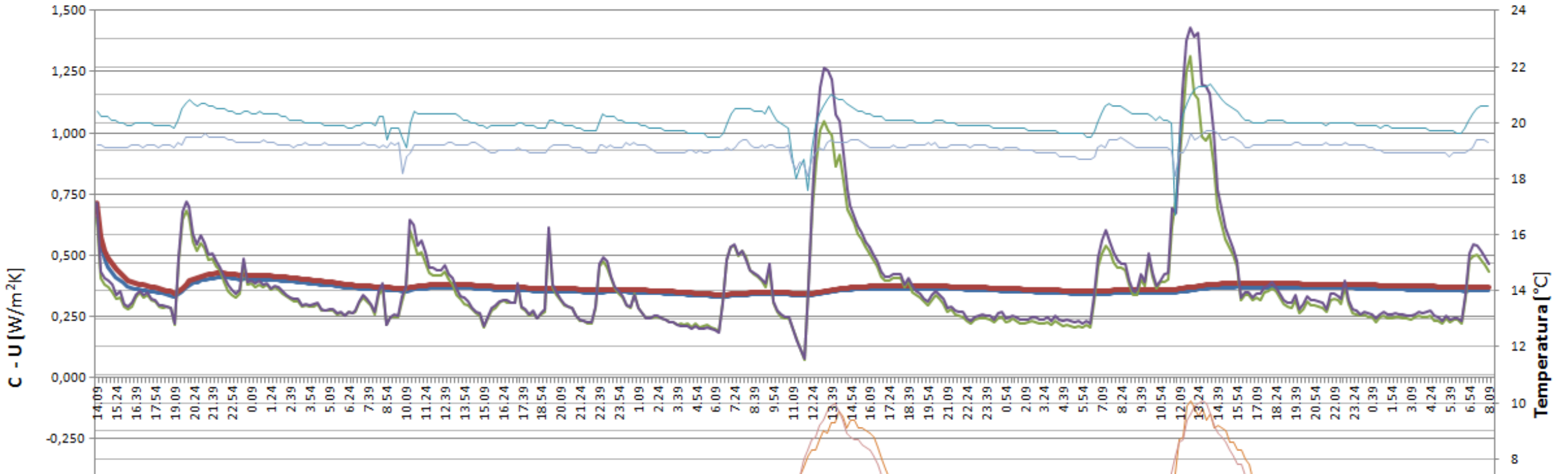
$U_{\text{mis}} = 0,349$  W/m<sup>2</sup>K  
 $U_{\text{prevista}} = 0,260$  W/m<sup>2</sup>K



## Camera da letto - parete nord

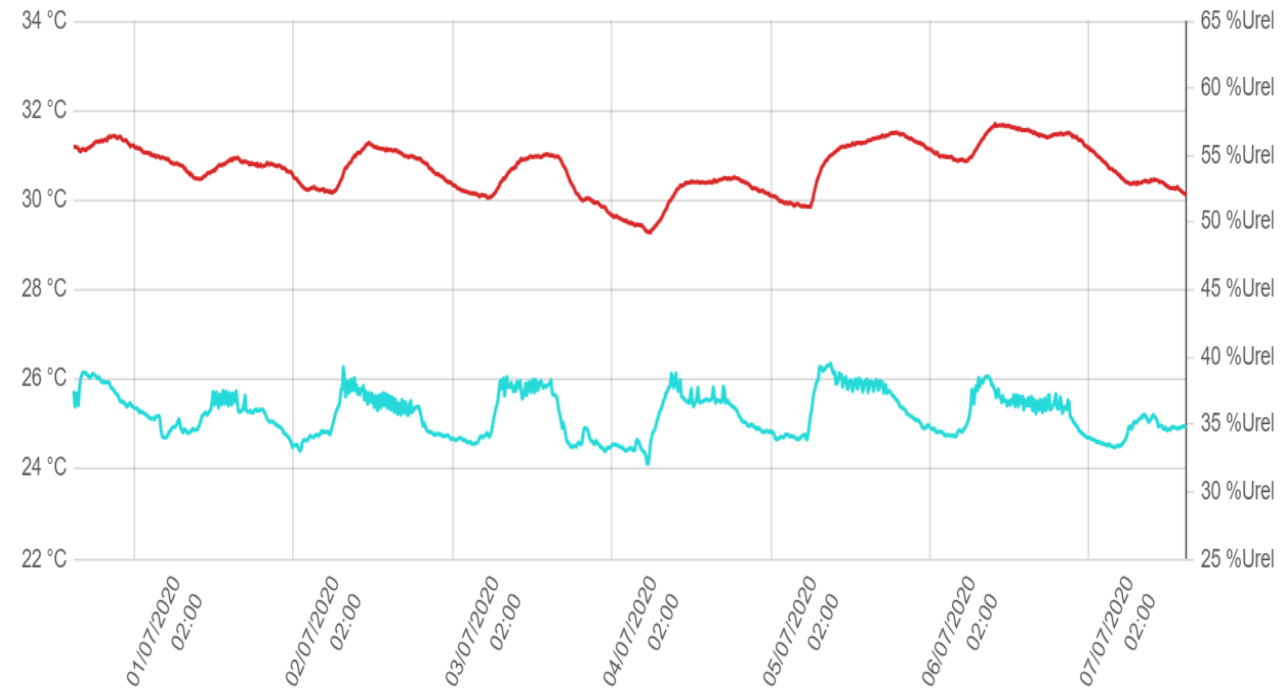
$U_{\text{mis}} = 0,349$  W/m<sup>2</sup>K -  $U_{\text{prevista}} = 0,260$  W/m<sup>2</sup>K

Elaborazione eliminando le singolarità



E' possibile estrapolare I dati dal Comsoft ad esempio su un foglio di calcolo e calcolare il flusso termico con questa formula per ottenere istante per istante la media progressiva dei dati e tracciarne un grafico.

# Sistemi di monitoraggio temperatura e umidità



# Comfort ambientale

## Testo 160 IAQ:

Sistema di monitoraggio WIFI per il comfort ambientale:

- Temperatura
- Umidità
- CO2
- Pressione assoluta



## CONTATTI

Luca Laudi

Email: [luca.laudi@testo.it](mailto:luca.laudi@testo.it)

- Sito web : [www.testo.it](http://www.testo.it)
- Canale youtube: [www.youtube.com/user/testospa](http://www.youtube.com/user/testospa)
- LinkedIn: [www.linkedin.com/company/testo-italia](http://www.linkedin.com/company/testo-italia)



**Grazie per l'attenzione**