

Termografia agli Infrarossi nel Settore Civile

Ing. Roberto Callegari

TERMOGRAFIA

Ogni oggetto con temperatura maggiore dello zero assoluto emette energia sotto forma di onde elettromagnetiche; più è alta la temperatura dell'oggetto, maggiore è l'energia emessa.

Con il termine termografia si intende la rilevazione e la misura dell'energia termica emessa da un oggetto sotto forma di immagine termica a falsi colori per mezzo di appositi strumenti (telecamere sensibili all'infrarosso, dette termocamere) che permette di risalire alla sua temperatura.

Le termocamere visualizzano quello che l'occhio umano non può vedere e permettono precise misure di temperatura senza contatto.

Praticamente ogni componente elettrico o meccanico presenta anomalie di comportamento termico in prossimità di un guasto o malfunzionamento, per cui le termocamere possono fornire un ottimo strumento diagnostico in varie applicazioni.

COS'È UNA TERMOCAMERA?

Una termocamera è un dispositivo che visualizza l'energia infrarossa (calore) non a contatto in una determinata banda di frequenza (o lunghezza d'onda) e la converte in un segnale elettrico.

Questo segnale viene poi processato, per produrre un'immagine su un monitor ed ottenere una misura di temperatura.

PERCHÉ MISURARE LA TEMPERATURA?

Spesso la sola visualizzazione dell'immagine termica non è sufficiente ai fini diagnostici.

Le termocamere producono immagini termiche radiometriche che contengono 19.200 pixel (160x120), 76.800 pixel (320x240) o 307.200 pixel (640x480)

Ogni pixel rappresenta una misura di temperatura indipendente

PERCHÉ UTILIZZARE UNA TERMOCAMERA?

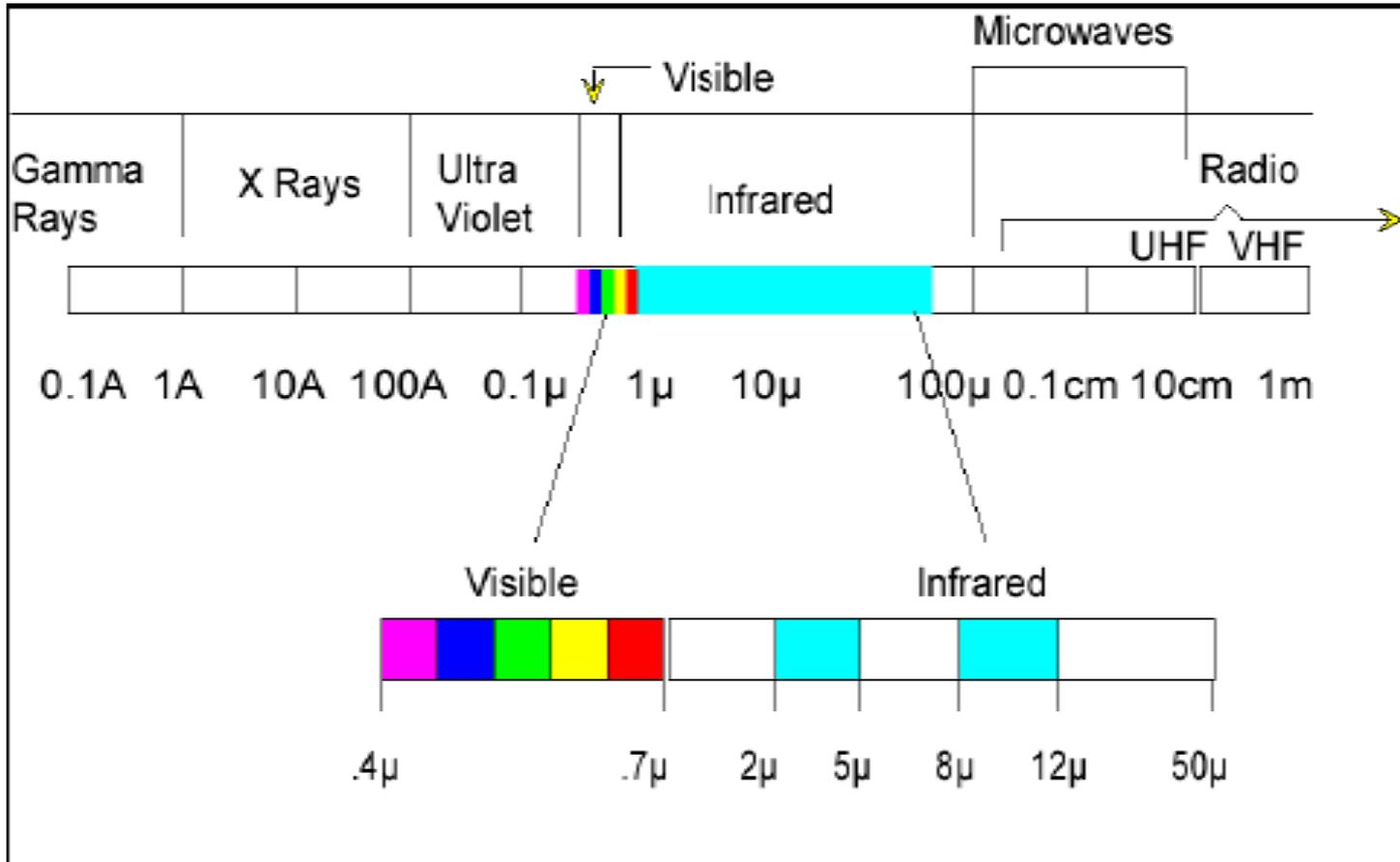
- Per eseguire ispezioni e misurazioni senza perturbare il sistema
- Per ottenere in tempo reale una indicazione dell'energia emessa da un oggetto
- Per misurare la temperatura senza contatto
- Per ottenere una immagine che equivale all'utilizzo contemporaneo di migliaia di termocoppie o pirometri
- Per identificare e localizzare con rapidità un problema
- Per mantenere nel tempo le informazioni e recuperarle durante ispezioni successive
- Per individuare eventuali problemi prima che si manifestino in maniera evidente

SCOPERTA DELL'INFRAROSSO

Se avvicino una mano ad un oggetto caldo avverto una sensazione di calore, ma non vedo nessuna emissione luminosa perché la lunghezza d'onda della radiazione emessa è tanto lunga da non cadere nel visibile ma nell'infrarosso.

L'esistenza di tale radiazione fu provata da W. Herschel nel 1801 e successivamente studiata da M. Melloni che concluse che tutte le leggi che valevano per la radiazione visibile valevano anche per l'IR.

SPETTRO ELETTROMAGNETICO



CORPO NERO IDEALE

Qualsiasi corpo con una temperatura superiore allo zero assoluto emette radiazioni, in quantità e modalità diverse in funzione della temperatura.

Un corpo capace:

1. di assorbire completamente qualsiasi radiazione che lo investe;
2. di emettere la massima quantità possibile di radiazione per quella temperatura;

è detto corpo nero.

Legge di Plank

Descrive l'emissione del corpo nero:

$$W_{BB}(\lambda, T) = \frac{2 \cdot \pi \cdot c^2 \cdot h}{\lambda^5 \left[e^{\frac{h \cdot c}{k \cdot \lambda \cdot T}} - 1 \right]}$$

$W_{BB}(\lambda, T)$ = intensità della radiazione emessa da una superficie piana di un corpo nero in una semisfera per unità di area, alla lunghezza d'onda λ e temperatura T [W/m³].

c = velocità della luce nel vuoto [300000 km/s]

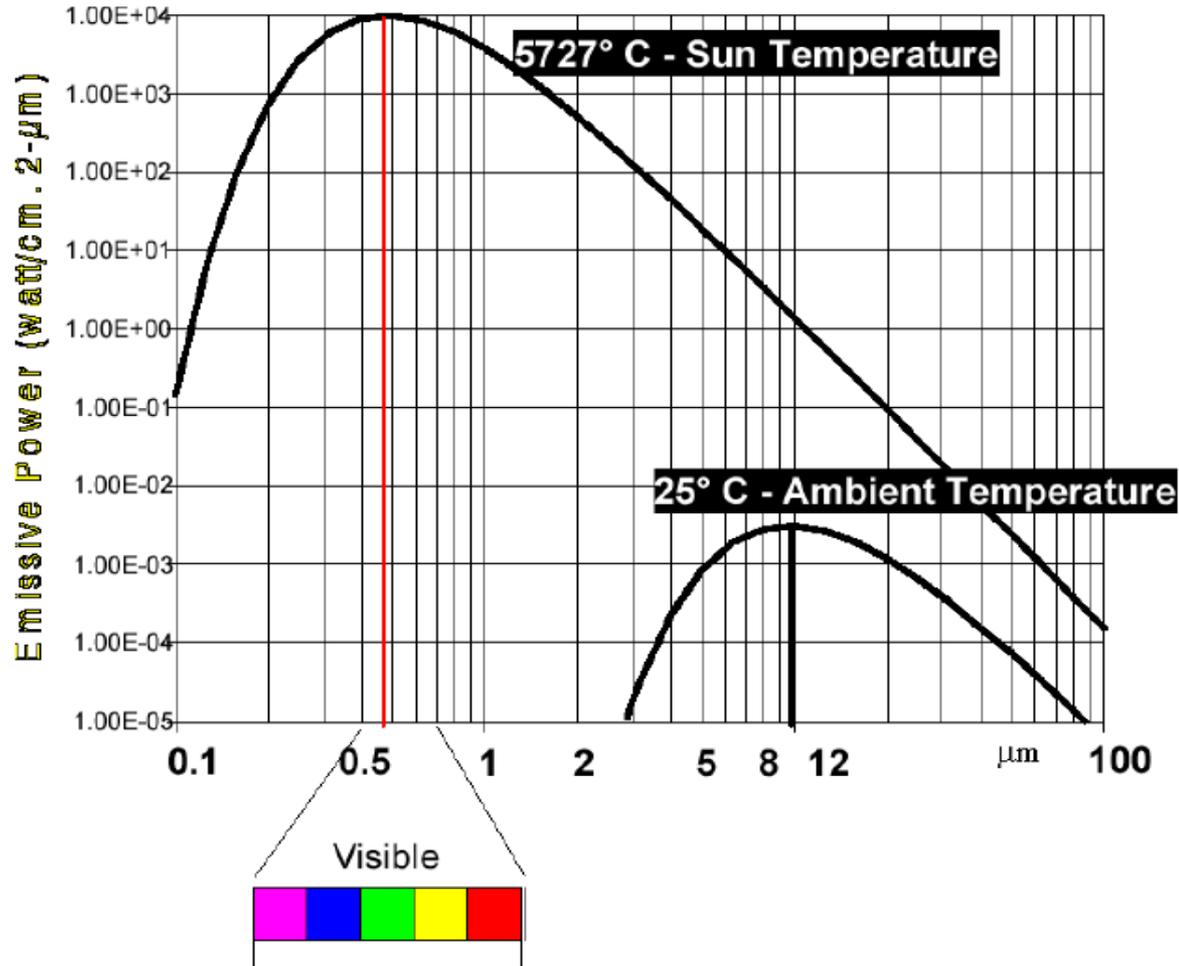
h = costante di Plank [6,625*10⁻³⁴ Js]

λ = lunghezza d'onda della radiazione [m]

k = costante di Boltzman [1,3806505 *10⁻²³ J/K]

T = temperatura assoluta del corpo nero [K]

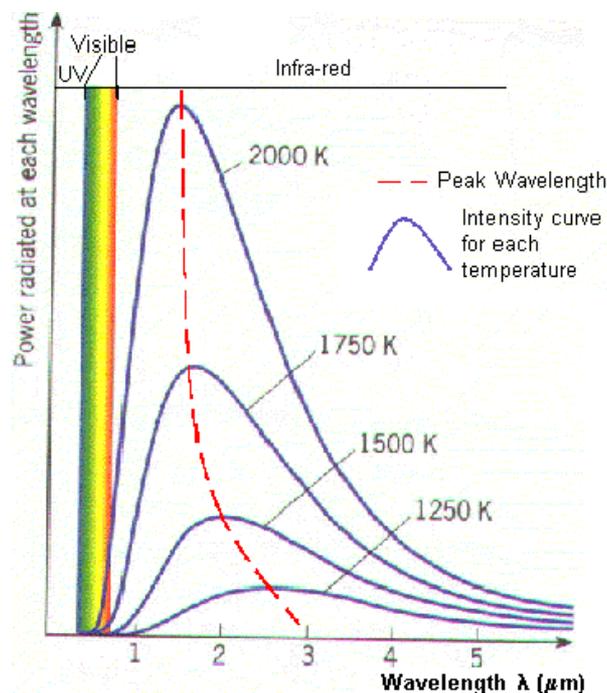
EMISSIONI DEL CORPO NERO



LEGGE DI WIEN

Questa legge stabilisce una corrispondenza semplice tra la temperatura del corpo nero e la lunghezza d'onda in corrispondenza al massimo di emissione:

$$\lambda_{MAX} = \frac{2891}{T} \quad [\mu\text{m}]$$

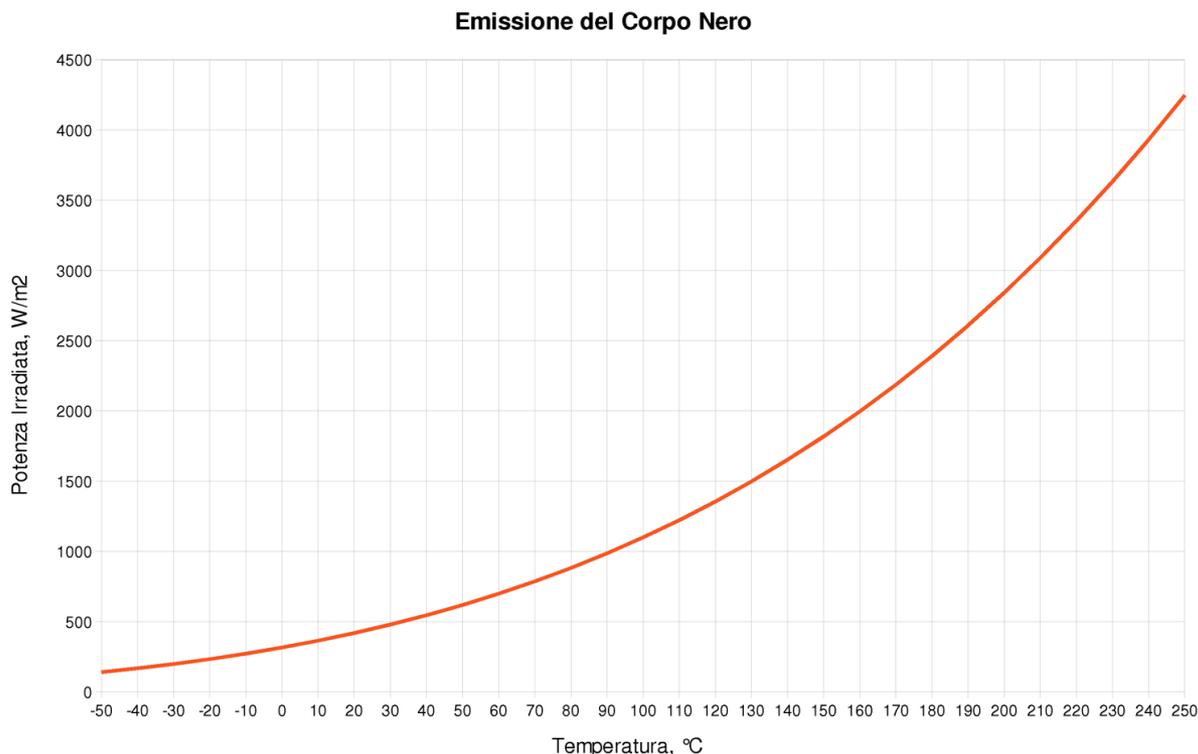


Tale lunghezza d'onda diminuisce all'aumentare della temperatura.

LEGGE DI STEFAN-BOLTZMAN

Questa legge deriva dalla legge di Plank, integrata nella lunghezza d'onda, e permette di ricavare l'energia totale irradiata da un corpo nero in funzione della sua temperatura:

$$W_T = \sigma \cdot T^4 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$



σ è la costante di Stefan-Boltzman [$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$].

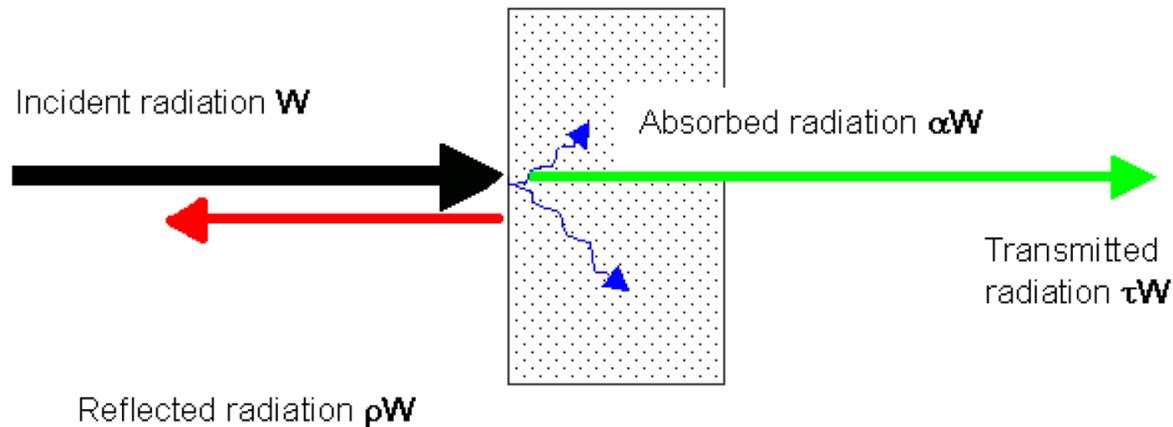
EMISSIVITÀ

- L' emissività di un corpo (ϵ) è la sua capacità di irradiare energia termica, in relazione alla sua temperatura reale.
- È rappresentata da un numero compreso tra 0 e 1, e indica l'efficienza del radiatore con riferimento all'emissione del corpo nero
- Solo il corpo nero ha $\epsilon = 1$
- Il corpo nero è un oggetto ideale e non esiste in realtà; tutti gli oggetti in natura avranno quindi $\epsilon < 1$

CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA

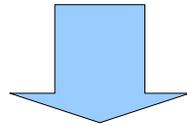
Il principio di conservazione dell'energia ci permette di concludere che l'energia della radiazione incidente è pari alla somma della energia della radiazione riflessa, assorbita e trasmessa:

$$\rho + \tau + \alpha = 1$$

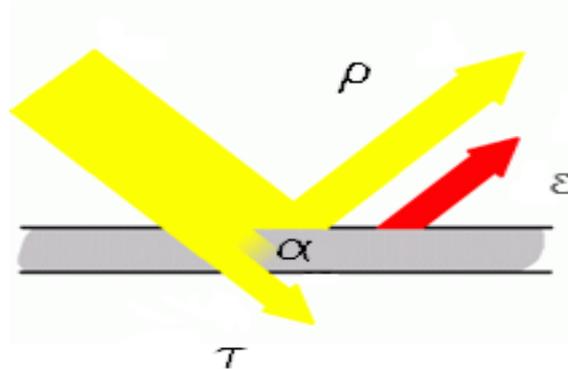


LEGGE DI KIRCHHOFF

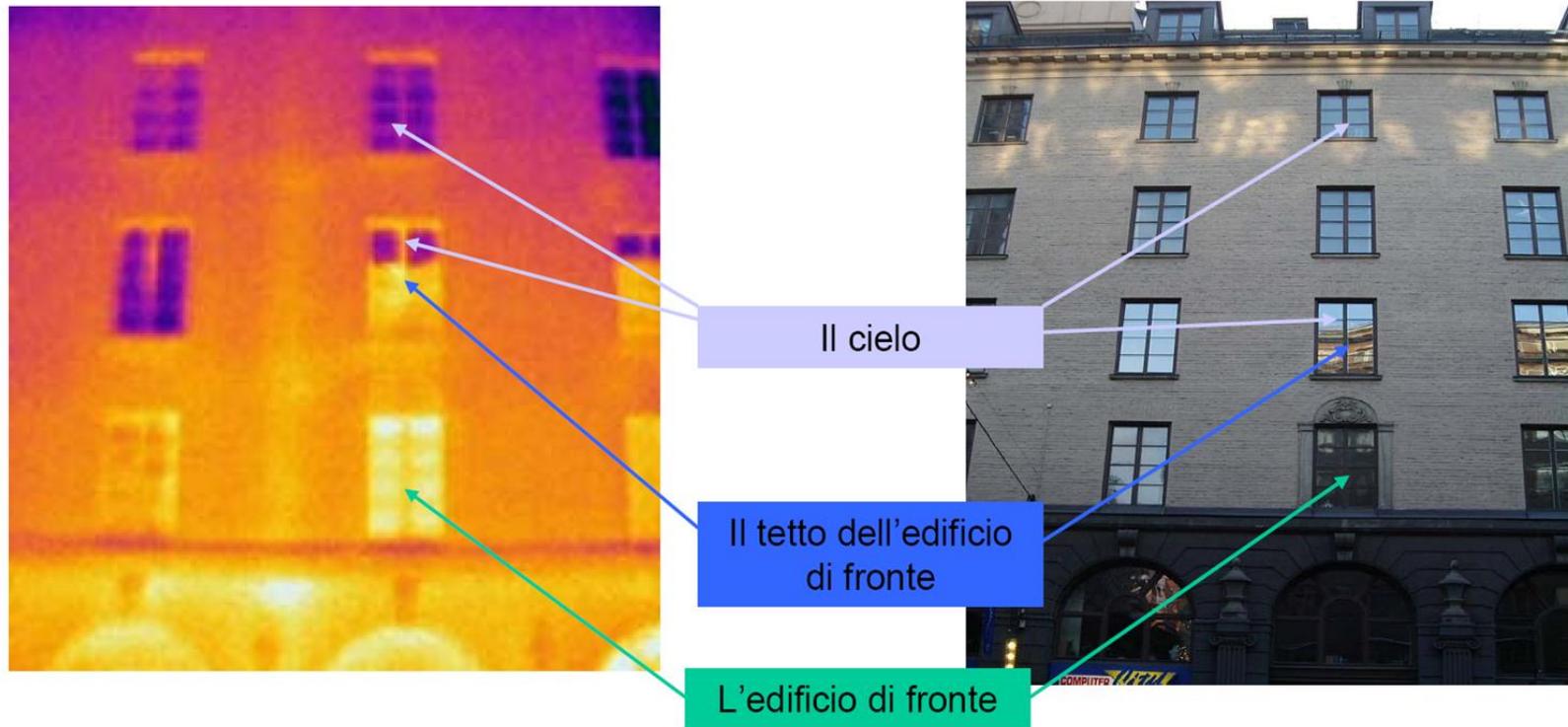
Per ogni sostanza il comportamento rispetto all'emissione e all'assorbimento, a parità di temperature, è il medesimo



Il coefficiente di emissività e quello di assorbimento coincidono



$$\alpha = \epsilon$$



Gli che incontriamo normalmente non sono corpi neri ($\epsilon < 1$) e nella maggior parte dei casi sono opachi (non trasparenti) alle radiazioni IR ($\tau = 0$), pertanto si ottiene:

$$\epsilon + \cancel{\tau} + \rho = 1$$

La termocamera quindi visualizza le radiazioni emesse e riflesse dall'oggetto inquadrato, oltre ad una componente emessa dall'atmosfera che è normalmente trascurabile.

RADIAZIONE INCIDENTE SULLA TERMOCAMERA

La radiazione percepita dal sensore è costituita da tre componenti di cui una sola dipende dalla temperatura del corpo:

radiazione emessa dal corpo

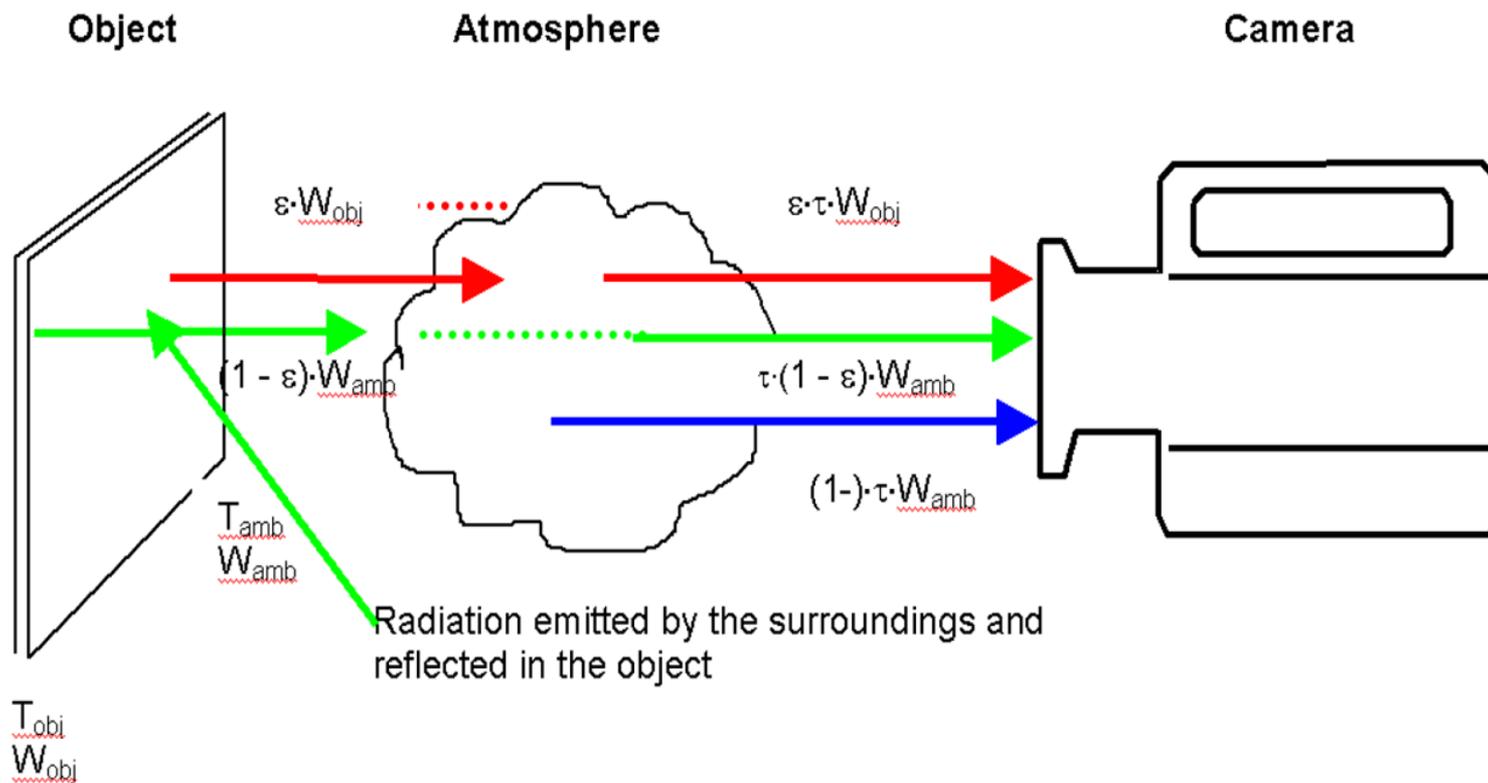
tale radiazione giunge al sensore filtrata dall'atmosfera

radiazione riflessa dal corpo

un corpo generico riflette una parte della radiazione incidente su di esso a sua volta filtrata dall'atmosfera

radiazione emessa dall'atmosfera

l'atmosfera stessa irradia in campo IR e attenua



EMISSIVITÀ

L'emissività di un corpo dipende da più fattori quali:

- .tipo di materiale
- .angolo di vista (quindi la forma)
- .rugosità superficiale (lavorazione)
- .temperatura
- .lunghezza d'onda

EMISSIVITÀ E MATERIALI

Nella tabella qui sotto viene riportato il valore di ϵ di alcuni materiali di utilizzo comune

METALLI	Emissività
acciaio laminato a freddo	0,7 ÷ 0,9
acciaio lamiera molata	0,4 ÷ 0,6
acciaio lucido	0,1
acciaio ossidato	0,7 ÷ 0,9
acciaio inox lucido	0,16
acciaio inox ossidato	0,7 ÷ 0,8
alluminio lucido	0,05
alluminio ossidato	0,2 ÷ 0,4
ghisa ossidata	0,6 ÷ 0,95
ghisa non ossidata	0,2
inconel ossidato	0,7 ÷ 0,95
inconel sabbiato	0,3 ÷ 0,6
molibdeno ossidato	0,2 ÷ 0,6
nickel lucido	0,05
nickel ossidato	0,2 ÷ 0,5
ottone brunito	0,3
ottone ossidato	0,5
rame lucido	0,05
rame ossidato	0,4 ÷ 0,8
titanio ossidato	0,5 ÷ 0,6

NON METALLI	emissività
acqua	0,93
argilla	0,95
asfalto	0,95
basalto	0,7
calcare	0,98
carta	0,95
cemento	0,95
ceramica	0,95
gesso	0,8 ÷ 0,95
ghiaccio	0,98
ghiaia	0,95
gomma	0,95
legno	0,9 ÷ 0,95
neve	0,9
plastica opaca	0,95
sabbia	0,9
suolo	0,9 ÷ 0,98
tessuto	0,95
superfici verniciate (escluso alluminio)	0,8 ÷ 0,95
vetro	0,85

EMISSIVITÀ E TEMPERATURA

Il valore di ε va determinato sull'oggetto della misura, mediante confronto tra misura convenzionale della temperatura e misura dell'irraggiamento (possibilmente con la temperatura dell'oggetto almeno 30 °C superiore a quella ambiente per limitare il disturbo della riflessione ambientale).

L'incertezza su ε è la principale causa di incertezza nelle misure di temperatura per irraggiamento.

Spesso è conveniente ricoprire il corpo di cui si vuole conoscere la temperatura (o una sua piccola superficie) con una pellicola ad emissività nota (nastro adesivo, etichette o vernici ad emissività nota, etc.).

LEGGE DI STEFAN-BOLTZMANN PER I CORPI REALI

È possibile correggere la legge di Boltzman adattandola al generico corpo reale:

$$W = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

ε = fattore di emissività del corpo

$\varepsilon = 1$	per i corpi neri
$0 < \varepsilon < 1$	per un corpo generico
$\varepsilon = 0$	per uno specchio all'infrarosso

COMPONENTI DELL'ENERGIA IRRADIATA - EMISSIVITÀ

Osservate le conseguenze sulla misura di temperatura dello stesso oggetto ripreso con due immagini termiche che hanno un diverso valore impostato di emissività, a parità di tutte le altre impostazioni (temp. riflessa, obiettivo, distanza ecc).



Foto visiva del particolare

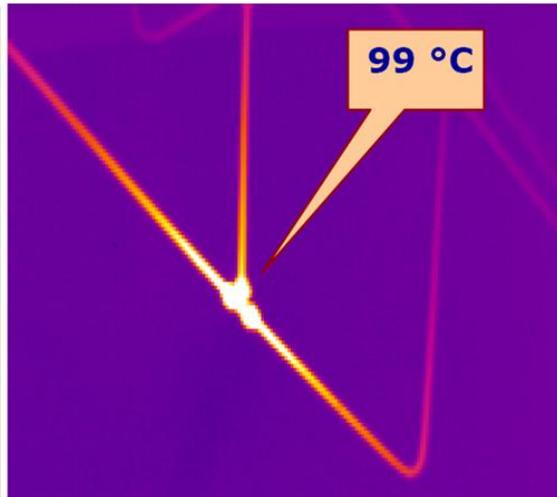


Foto termica 1:
Emissività = 0,50

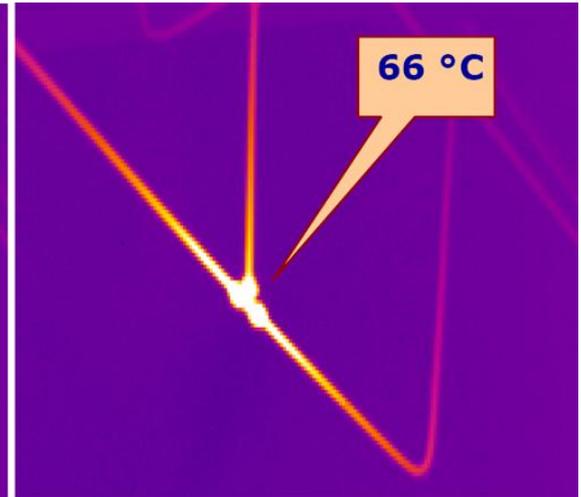
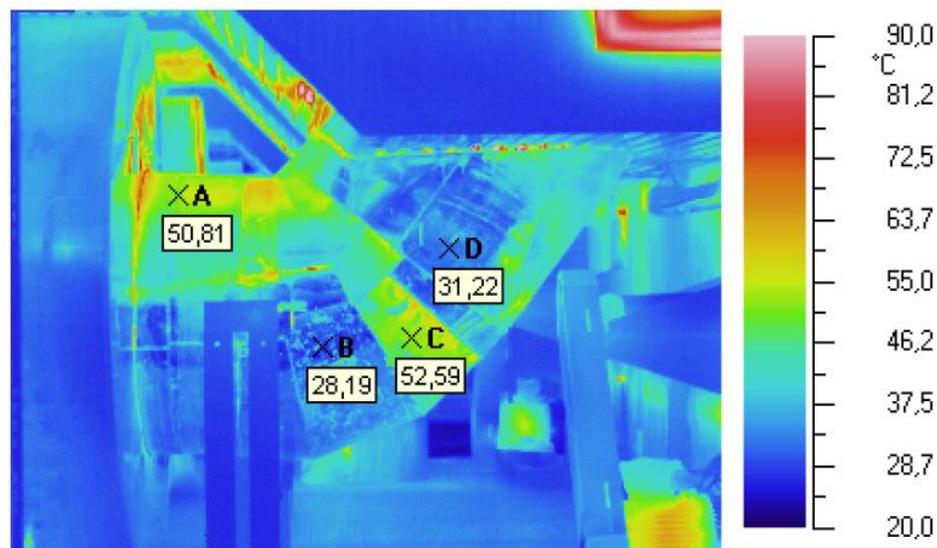
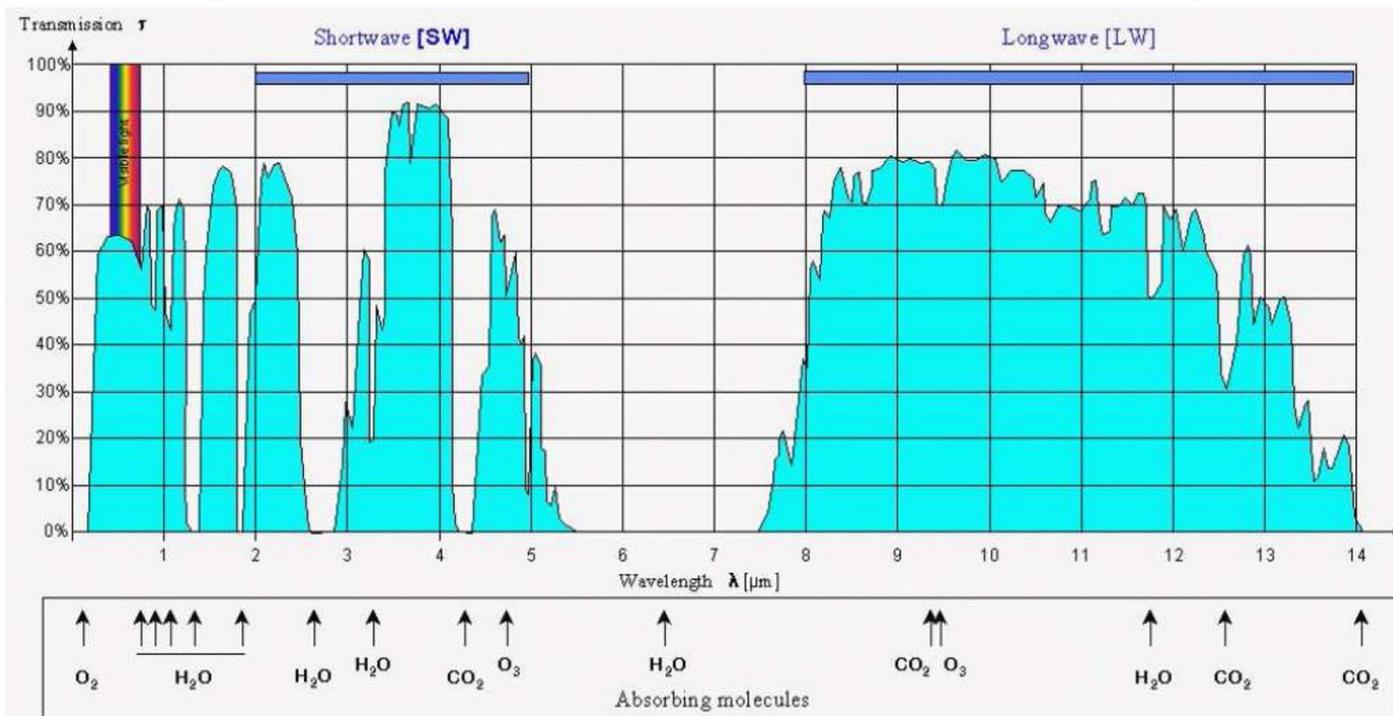


Foto termica 2
Emissività = 0,90

ESEMPIO DI UN SUPERFICI CON DIFFERENTE EMISSIVITÀ

In questa condotta uscita fumi viene misurata sulla superficie lucida la temperatura di 28,19°C mentre sulla superficie opaca si misurano 52,59°C. Tale differenza di misura è dovuta alla differente emissività delle due superfici.

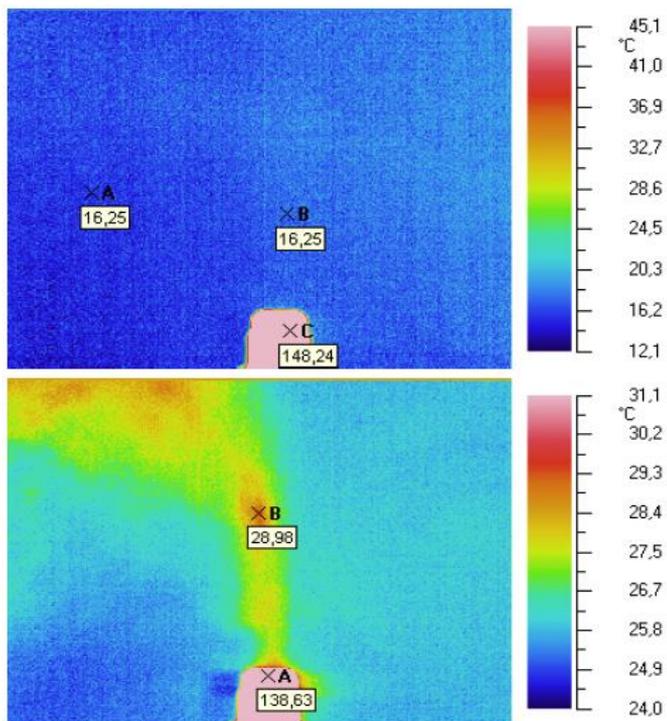




Trasmittanza dell'atmosfera valutata alla distanza di un miglio nautico (1852 m) con indicazione dei componenti dell'aria maggiori responsabili dell'assorbimento della radiazione nei punti indicati.

L'ARIA È TRASPARENTE ALL'INFRAROSSO

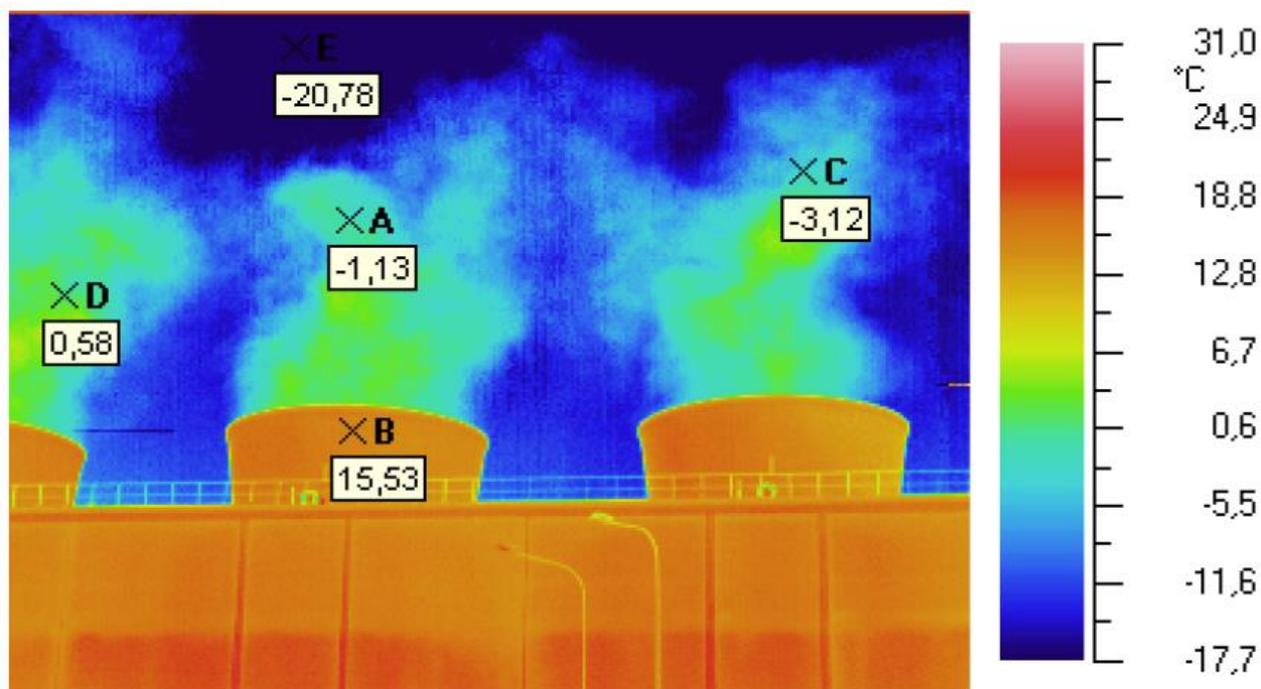
Nell'immagine termica sopra riprodotta si vede che l'aria calda in uscita dal riscaldatore non è visualizzabile, l'unico modo per la visualizzazione è di utilizzare dei traccianti (es. borotalco).

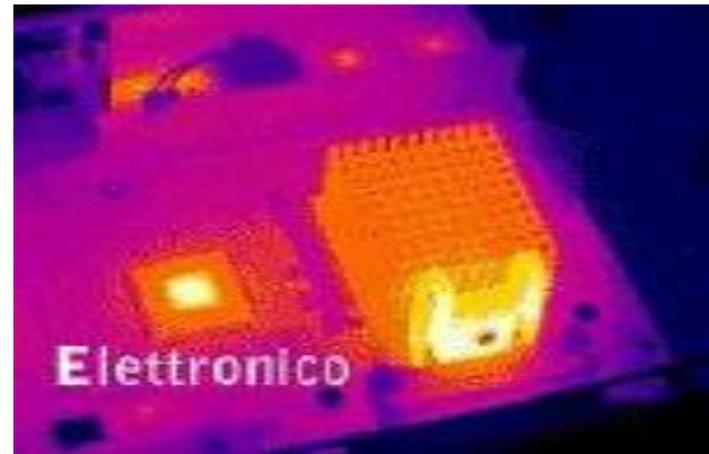
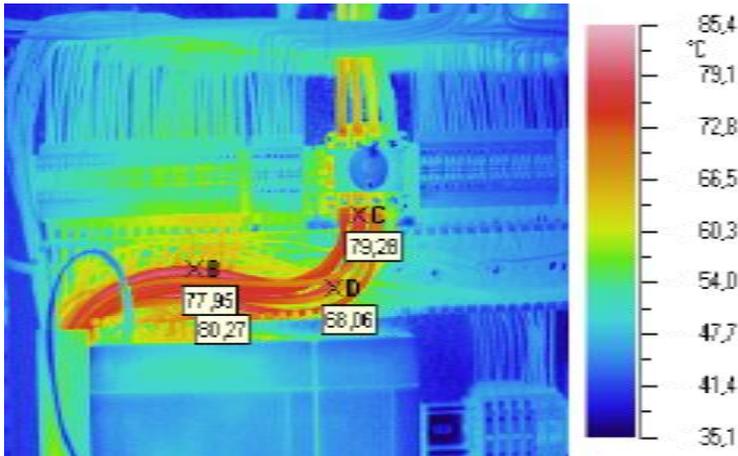
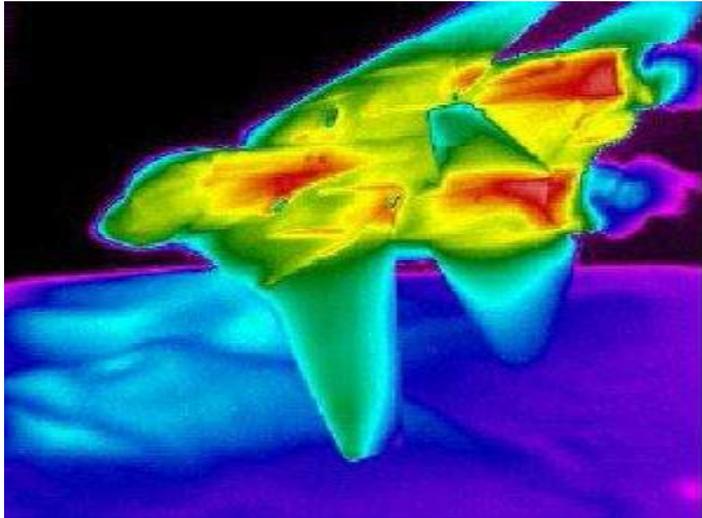


IMPOSSIBILITÀ DELLA MISURA DI TEMPERATURA DEL VAPORE

Il vapore è semitrasparente all'infrarosso.

E' impossibile misurarne la temperatura poiché ha valori differenti di τ ed ϵ in funzione della densità e miscelazione con l'aria.





SPECIFICHE TECNICHE FONDAMENTALI PER UNA TERMOCAMERA

- .Tipo di sensore
- .Numero pixel del sensore
- .Risoluzione termica
- .Risoluzione spaziale o geometrica
- .Frequenza immagine
- .Possibilità di riprendere l'immagine nel campo del visibile

IL SENSORE

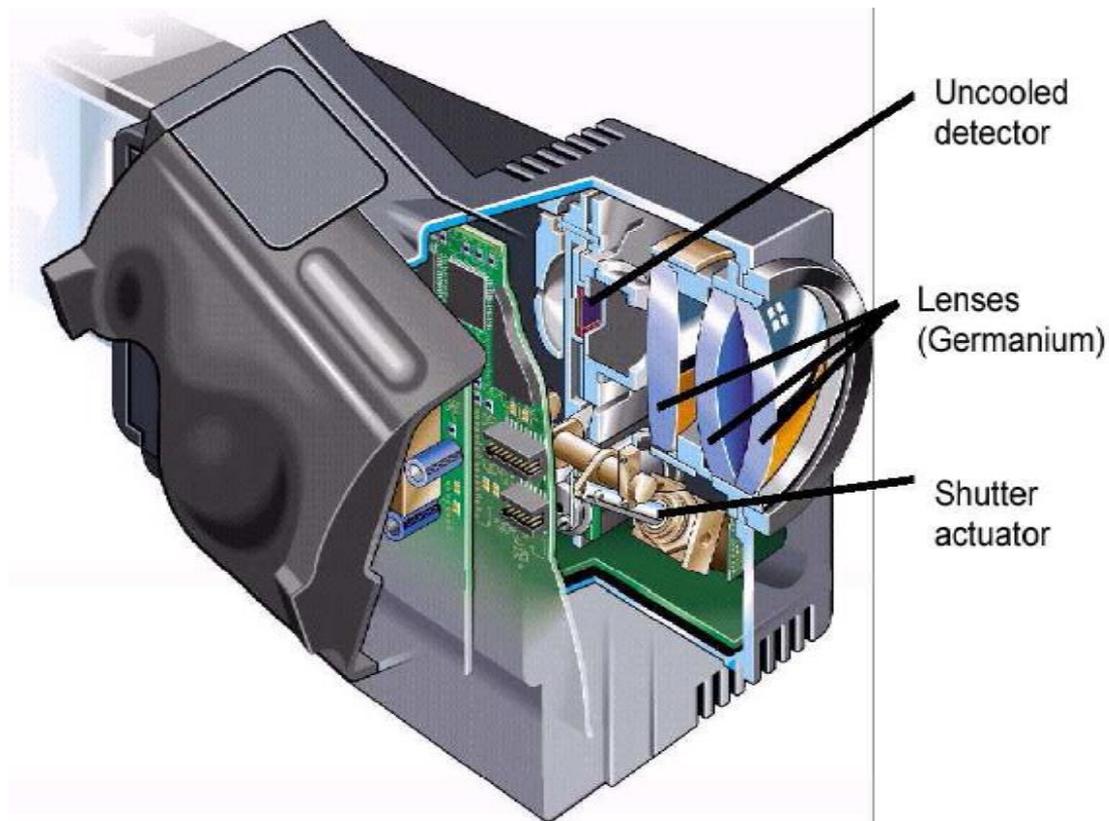
L'elemento sensibile alla radiazione infrarossa delle termocamere viene chiamato sensore.

I sensori possono essere costituiti da un singolo elemento sensibile oppure sono formati da una matrice bidimensionale di sensori (come accade coi CCD delle fotocamere).

Nel caso si utilizzi un sistema dotato di detector con un unico elemento sensibile la termocamera viene dotata di un sistema meccanico che permette di focalizzare in istanti successivi zone adiacenti dell'area inquadrata.

Le totalità delle termocamere portatili di ultima generazione sono dotate unicamente di sensori a matrice (Focal Plane Array)

TERMOCAMERA FPA (FOCAL PLANE ARRAY)



SENSORE MICROBOLOMETRICO

Il sensore microbolometrico ha la funzione di trasformare l'energia infrarossa che colpisce ogni singolo elemento del sensore in un grandezza fisica misurabile.

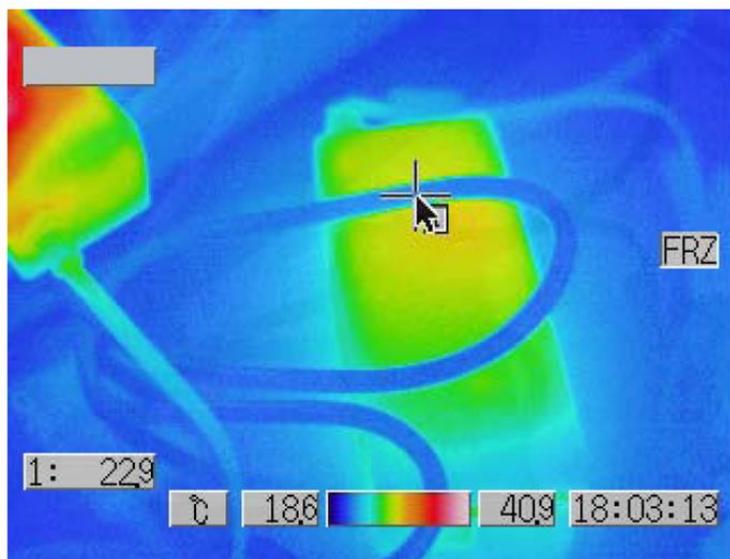
In particolare il sensore varia il proprio valore di resistenza elettrica, in funzione dell'energia IR, quindi temperatura dell'oggetto inquadrato; detta variazione viene letta dal circuito di misura integrato e, mediante una tabella di calibrazione, viene calcolata la temperatura

DIMENSIONI STANDARD DEL SENSORE

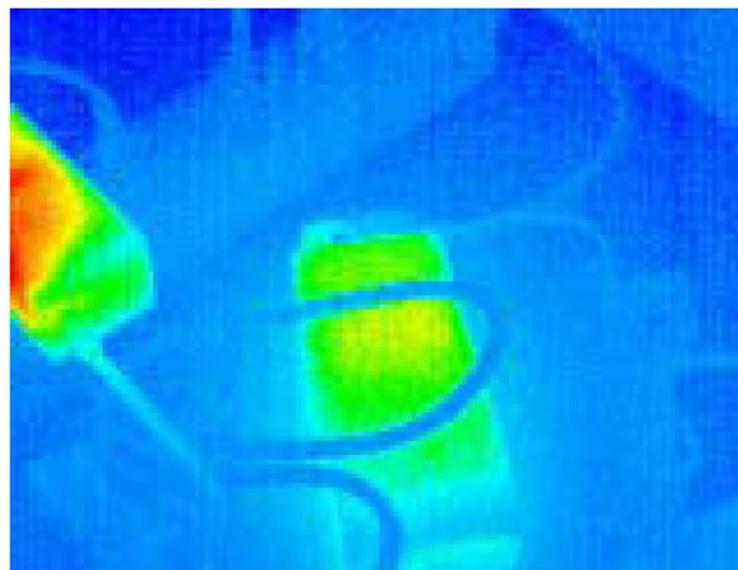
- 160 x 120 pixel
- 320 x 240 pixel
- 640 x 480 pixel

DIFFERENZA SENSORI 320X240 VS. 160X120

L'immagine radiometrica con i sensori professionali risulta essere di gran lunga più definita e permette misure su oggetti molto più piccoli.



320 x 240 pixel

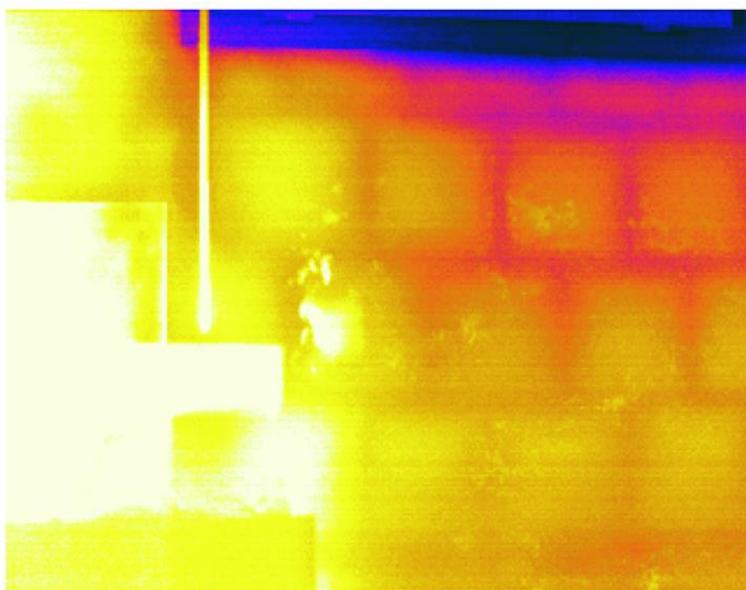


160 x 120 pixel

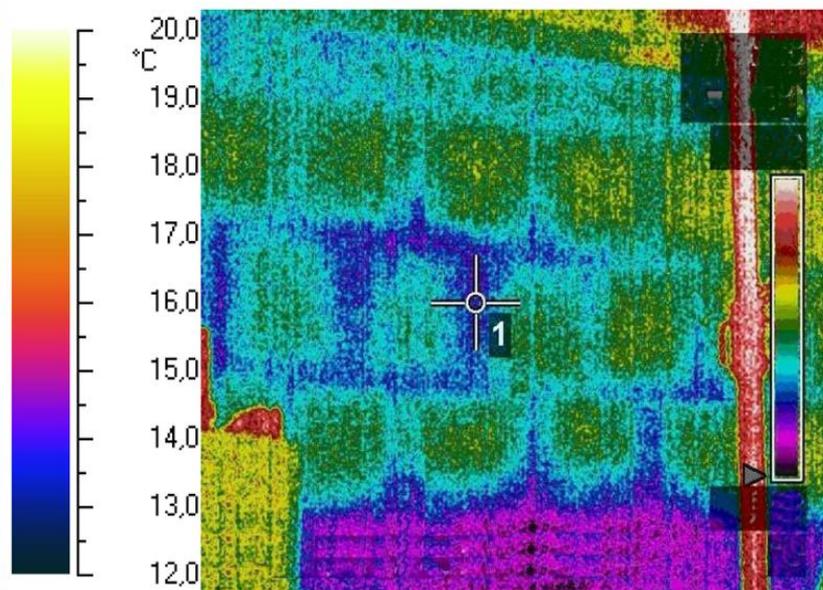
RISOLUZIONE TERMICA

La risoluzione termica di un'immagine termografica indica la minima differenza di temperatura distinguibile dalla termocamera.

Qui sotto sono riportate due immagini riprese con termocamere aventi differente risoluzione termica.



Risoluzione 0,05°C



Risoluzione 0,1°C

CALCOLO RISOLUZIONE SPAZIALE

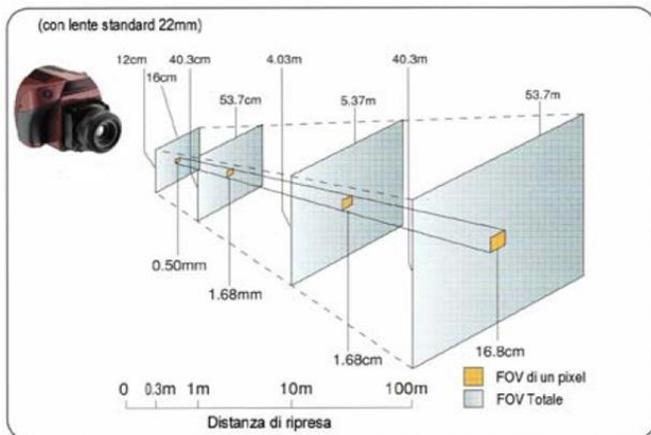
Ogni obiettivo ha una risoluzione geometrica che definisce le dimensioni dell'oggetto più piccolo di cui si può misurare la temperatura alle varie distanze.

La risoluzione si esprime in milliradiani (mrad) e permette in modo semplice di ottenere la dimensione corrispondente ad un pixel alle varie distanze.

Un obiettivo con risoluzione geometrica 1,4 mrad. permette di misurare un oggetto con le dimensioni minime pari a:

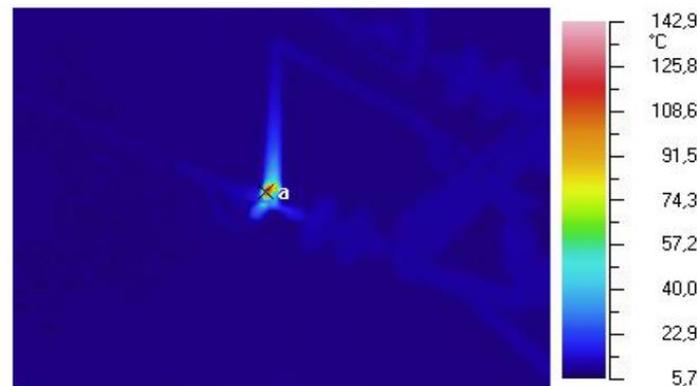
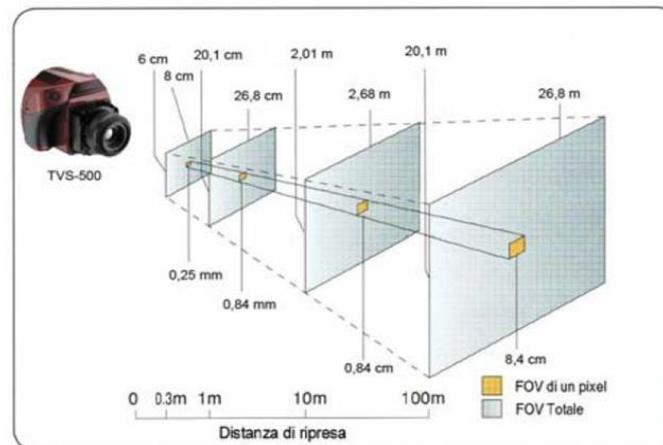
risoluzione in mm.= (1,4 x distanza in metri)

Ripresa con ottica standard



Temperatura punto a) 99,3°C

Ripresa con teleobiettivo



Temperatura punto a) 141,5°C

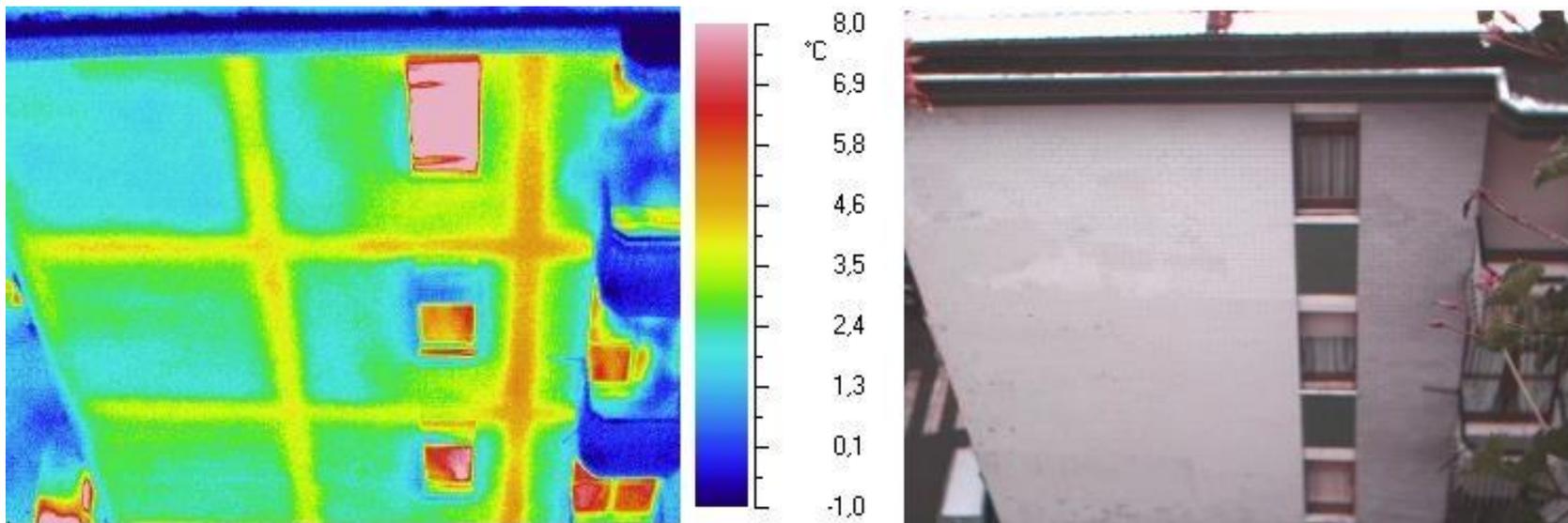
FREQUENZA IMMAGINE

Le termocamere con frequenza di quadro non televisiva, sotto i 30 Hz, non sempre permettono di avere una ripresa con l'immagine ferma, se l'oggetto non è perfettamente fermo possono avere un effetto mosso.

Sono comunque adeguate all'utilizzo in edilizia ove non vi è la necessità di riprendere oggetti in movimento e in caso di necessità si può fare uso di un supporto (cavalletto).

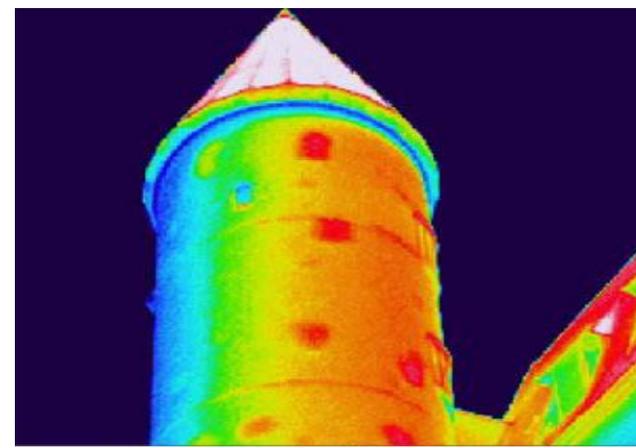
IMMAGINE VISIBILE

La ripresa contemporanea dell'immagine infrarosso e visibile permette di avere un'interpretazione più facile nel rapporto d'ispezione termografico.



DIAGNOSI MEDIANTE TERMOGRAFIA

La termografia normalmente permette di identificare l'anomalia mediante paragone delle temperature o distribuzioni termiche non regolari o senza alcuna ragione d'essere.



UTILIZZO DELLA TERMOGRAFIA IN EDILIZIA

- .Rilevazione delle irregolarità termiche degli involucri edilizi
- .Utilizzo della “Blower door” per visualizzazione infiltrazioni aria
- .Individuazione di irregolarità nella continuità dei materiali (distacchi, fessurazioni, etc.)
- .Individuazione dell’umidità
- .Individuazione di dispersioni termiche dagli impianti
- .Individuazione perdite dagli impianti

NORMA UNI EN 13187

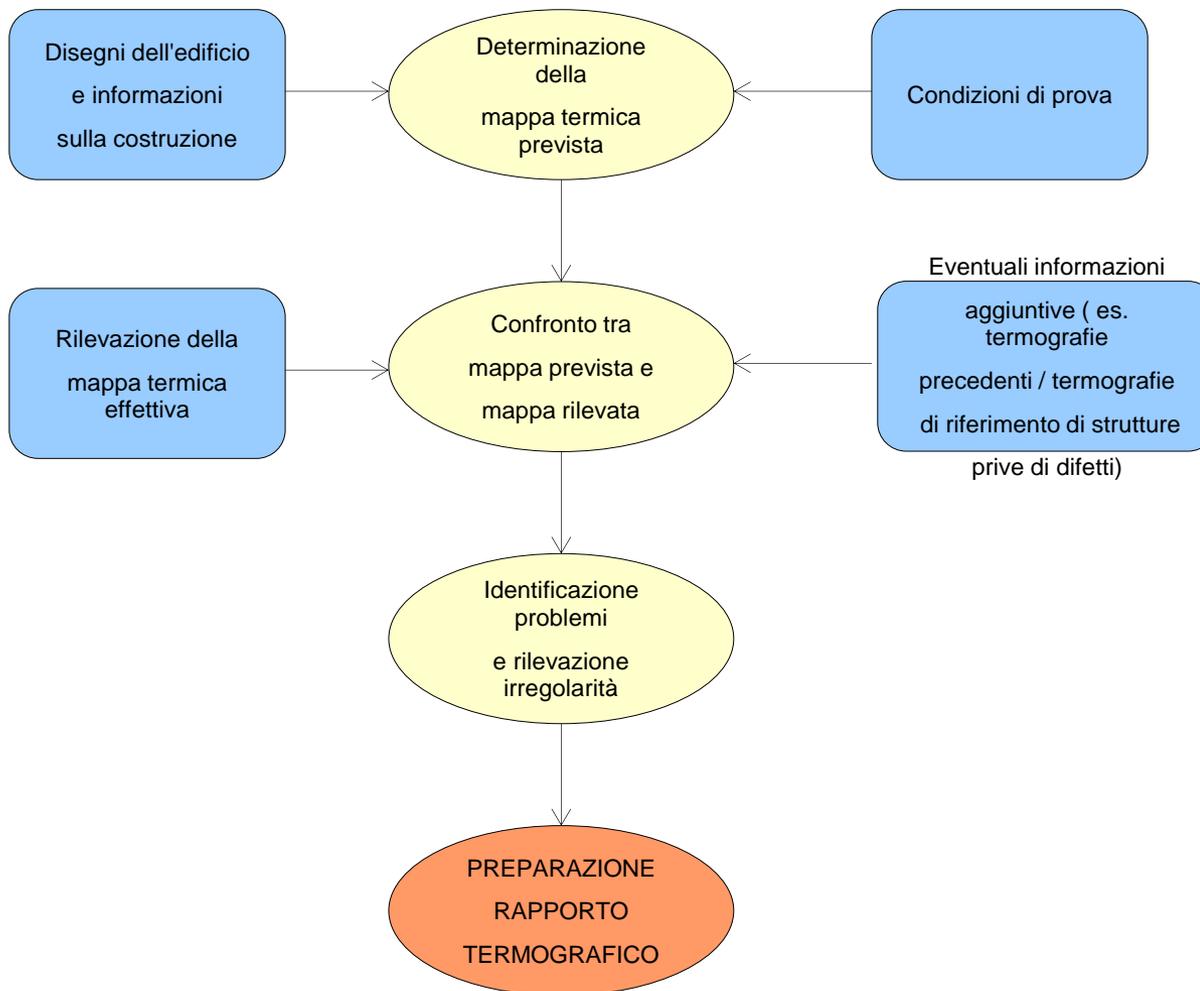
Questa norma definisce un metodo qualitativo che utilizza un esame termografico, per la rilevazione delle irregolarità termiche degli involucri edilizi.

Essa si applica alla determinazione della posizione delle irregolarità termiche e delle infiltrazioni di aria attraverso un involucro edilizio.

La norma non si applica alla determinazione del livello di isolamento termico e della tenuta all'aria di una struttura edilizia.

<p>NORMA ITALIANA</p>	<p>Prestazione termica degli edifici Rivelazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi Metodo all'infrarosso</p>	<p>UNI EN 13187</p> <p>OTTOBRE 2000</p>
	<p>Thermal performance of buildings Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes Infrared method</p>	

PROCEDURA GENERALE PER ISPEZIONE TERMOGRAFICA DEGLI EDIFICI

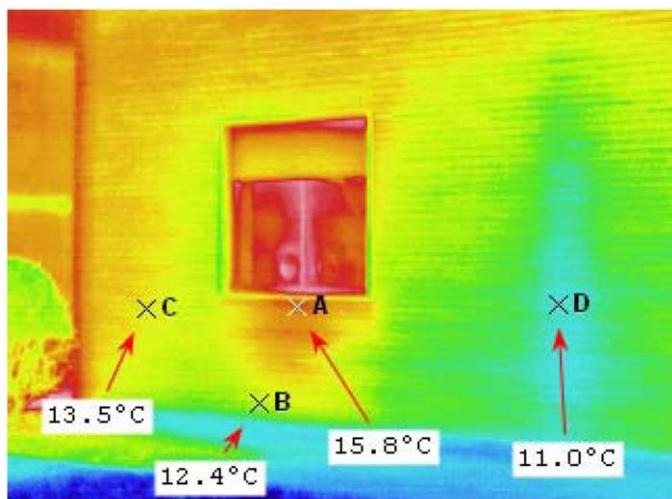


REQUISITI DI PROVA

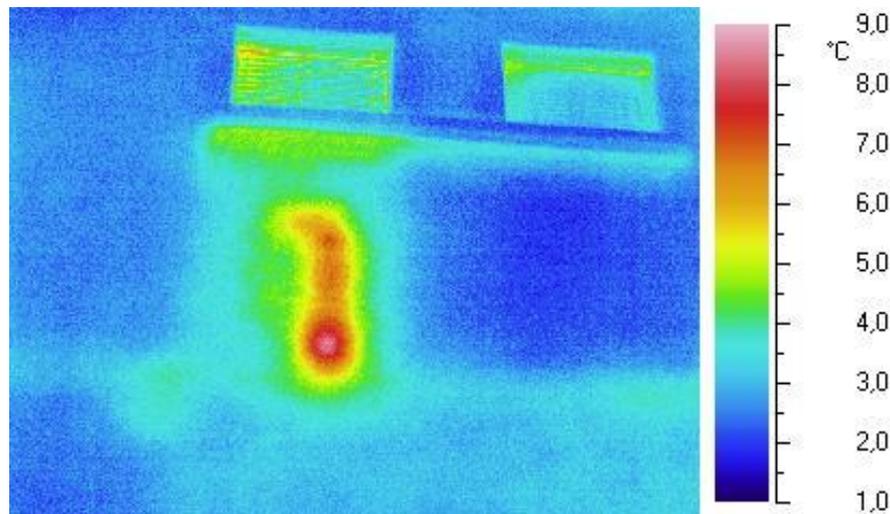
- a) Per almeno 24 h prima dell'inizio della prova, la temperatura dell'aria esterna non deve essere maggiore di oltre $\pm 10^{\circ}\text{C}$, rispetto alla temperatura all'inizio della prova. Per struttura pesanti con grande massa termica, è necessario tenere conto degli effetti di immagazzinamento di calore.
- b) Per almeno 24 h prima dell'inizio della prova, e durante la prova stessa, la differenza di temperatura dell'aria attraverso l'involucro edilizio non deve essere minore del valore numerico di $3/U$, dove U rappresenta il valore teorico del coefficiente di trasmissione termica della parete, espresso in $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ e comunque mai minore di 5°C .
- c) Per almeno 12 h prima dell'inizio della prova e durante la prova, le superfici dell'involucro in esame, non dovrebbero essere esposte alla radiazione solare diretta.
- d) Durante la prova, la temperatura dell'aria esterna ed interna non devono variare, rispetto ai valori rilevati all'inizio della prova, di oltre $\pm 5^{\circ}\text{C}$ e $\pm 2^{\circ}\text{C}$ rispettivamente. Gli effetti delle variazioni di temperatura durante la prova, possono essere verificati sovrapponendo l'immagine definitiva e quella iniziale. Se la variazione è minore di 1°C o 2°C , il requisito di prova si considera soddisfatto.

DISPERSIONE TERMICA DI RADIATORI

Queste immagini permettono di individuare chiaramente la presenza di dispersioni energetiche sotto le finestre causate da radiatori posizionati all'interno della parete



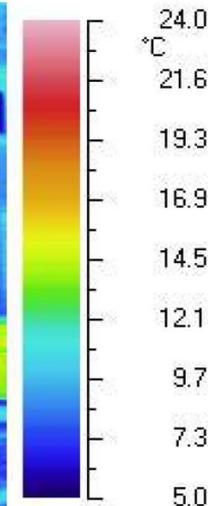
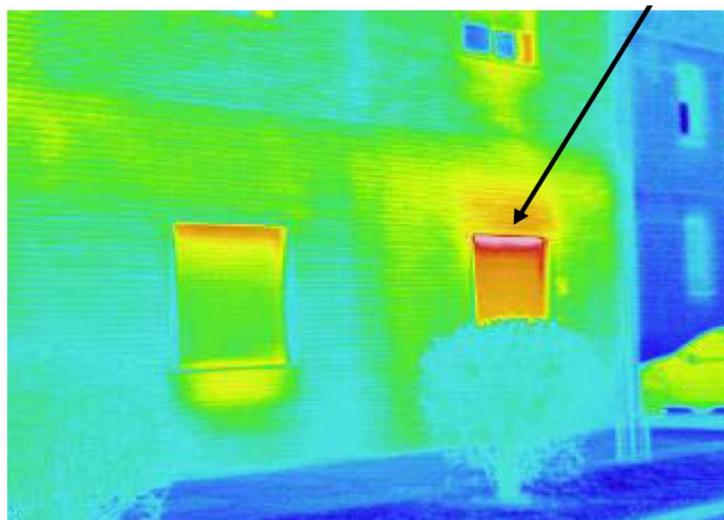
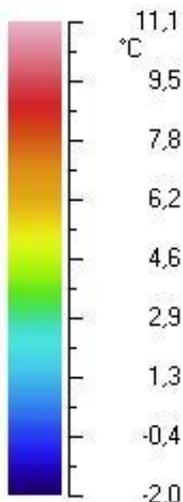
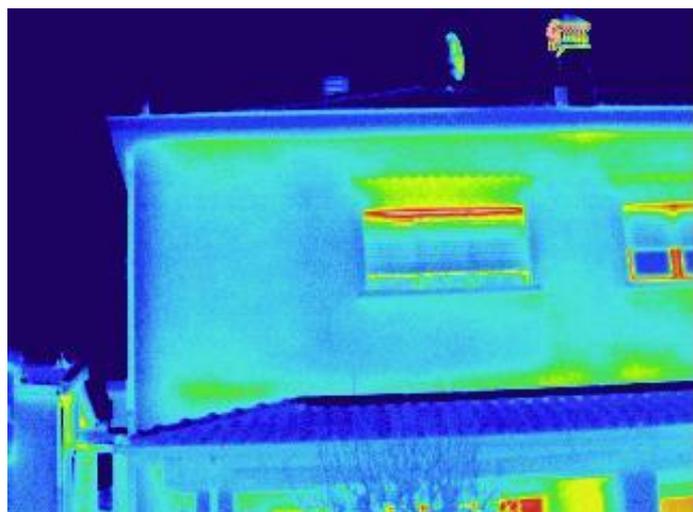
19.0
°C
17.4
15.9
14.3
12.8
11.2
9.6
8.1
6.5



9.0
°C
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0

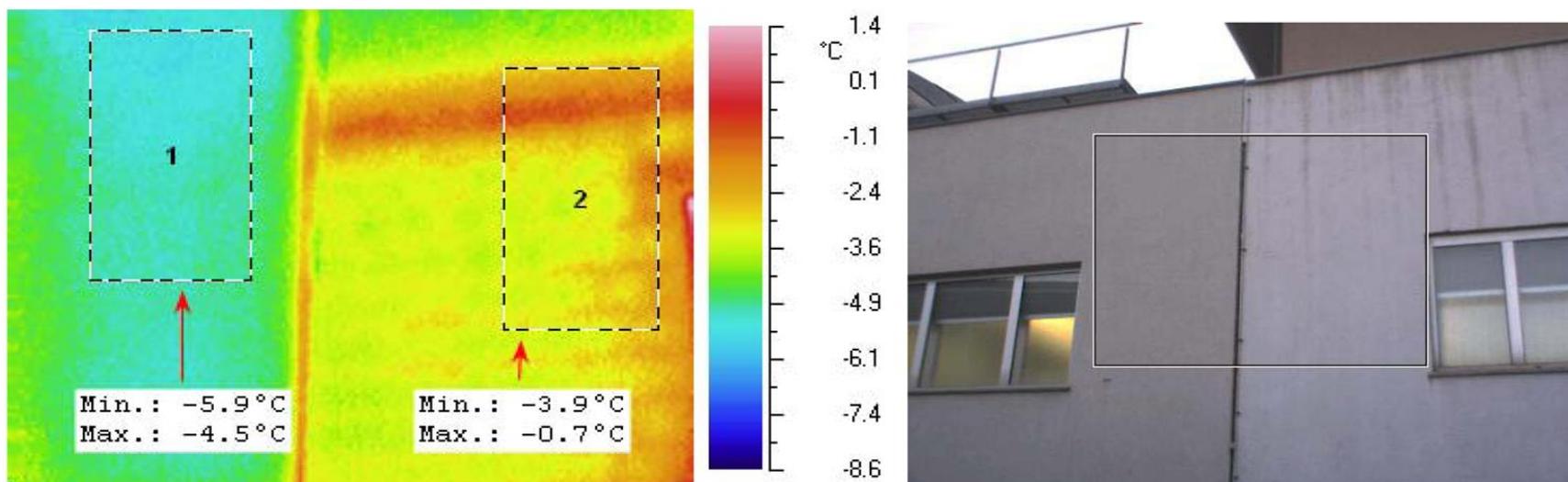
INDIVIDUAZIONE DIFETTO ISOLAMENTO

In queste immagini sono chiaramente visibili sopra le finestre zone non correttamente isolate, con flussi di calore attraverso i cassonetti.



RIVESTIMENTO A CAPPOTTO

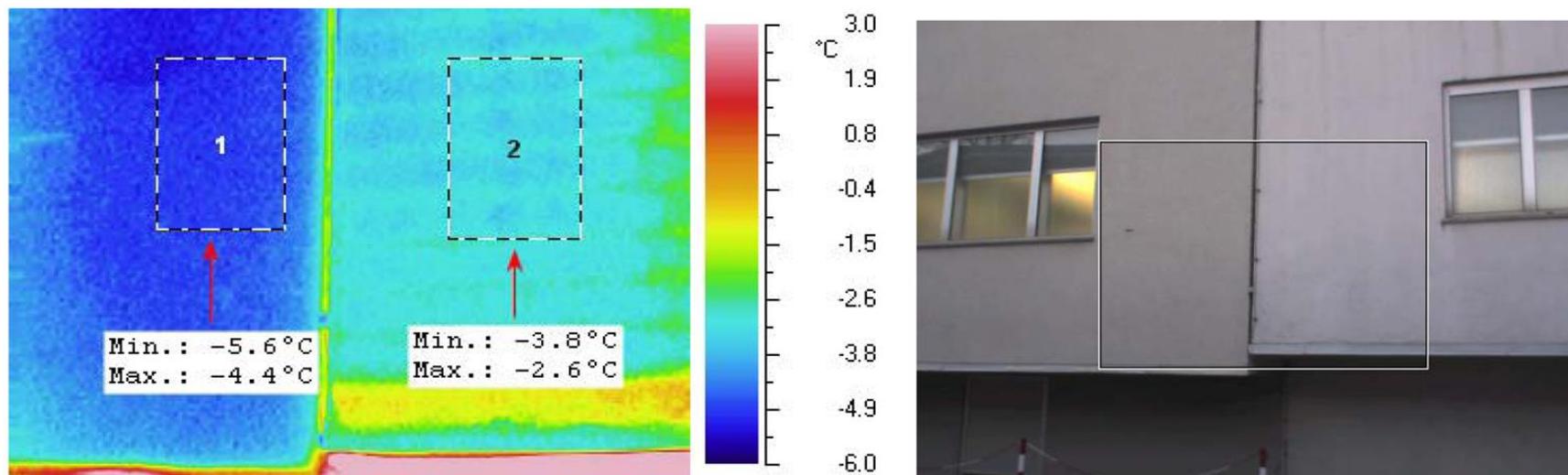
Questa immagine termica permette di visualizzare e quantificare le differenze di temperatura di una parete con (sinistra) e senza (destra) rivestimento a cappotto.



RIVESTIMENTO A CAPPOTTO

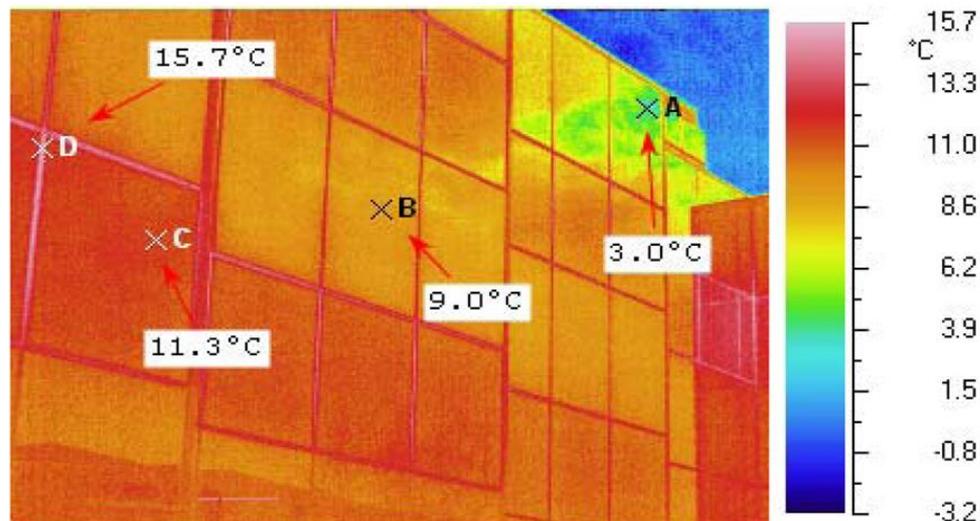
Questa immagine termica visualizza la medesima parete della precedente diapositiva ma un livello inferiore.

La termografia permette di verificare che la differenza di temperatura tra zona con rivestimento e quella senza è inferiore rispetto alla parte superiore della facciata.



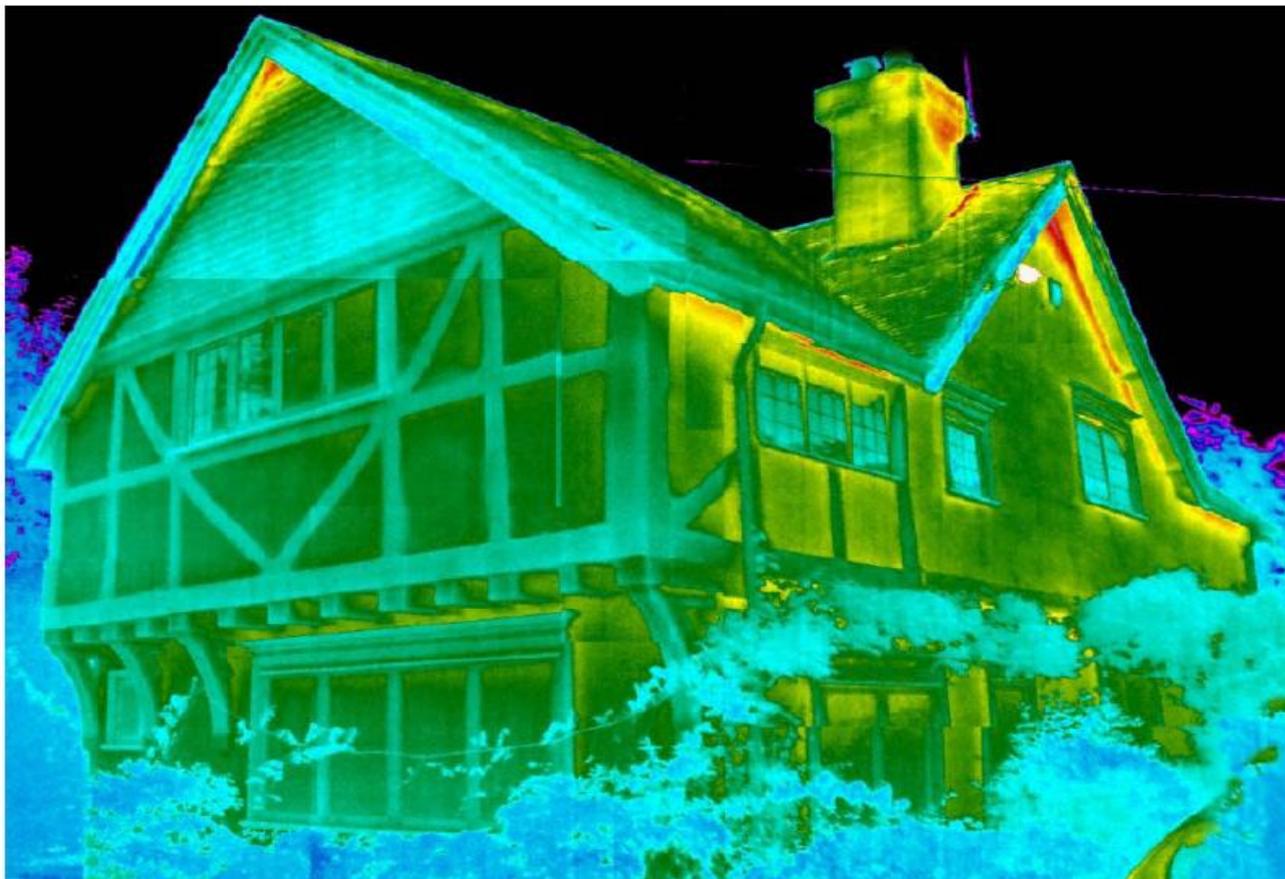
RIFLESSIONI SU FACCIATE VETRATE

Le facciate in vetro dei moderni edifici sono riflettenti nello spettro dell'infrarosso per cui sulla parete in vetro si vedono riflesse nuvole, edifici circostanti, alberi, etc.

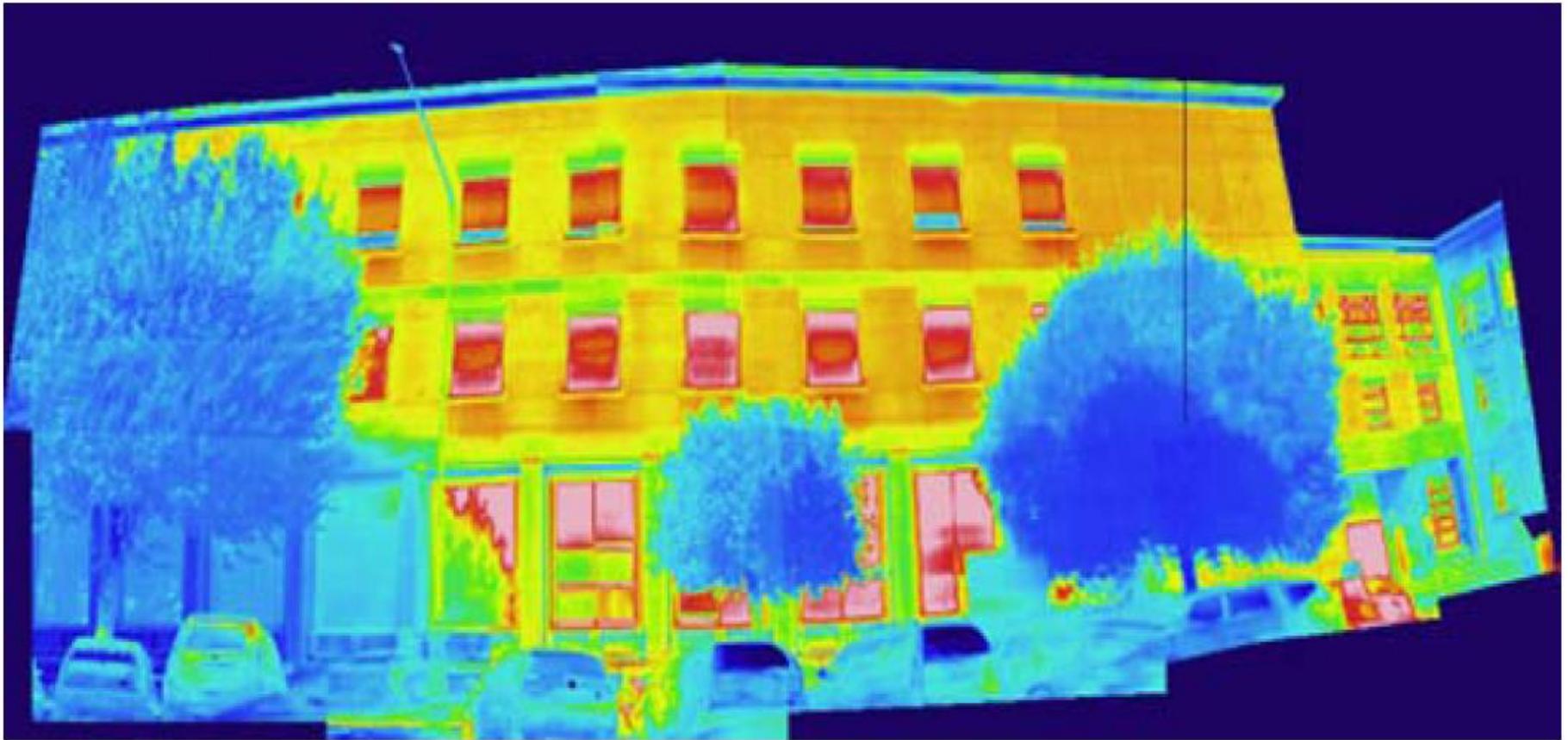


PERDITE ENERGETICHE EDIFICIO

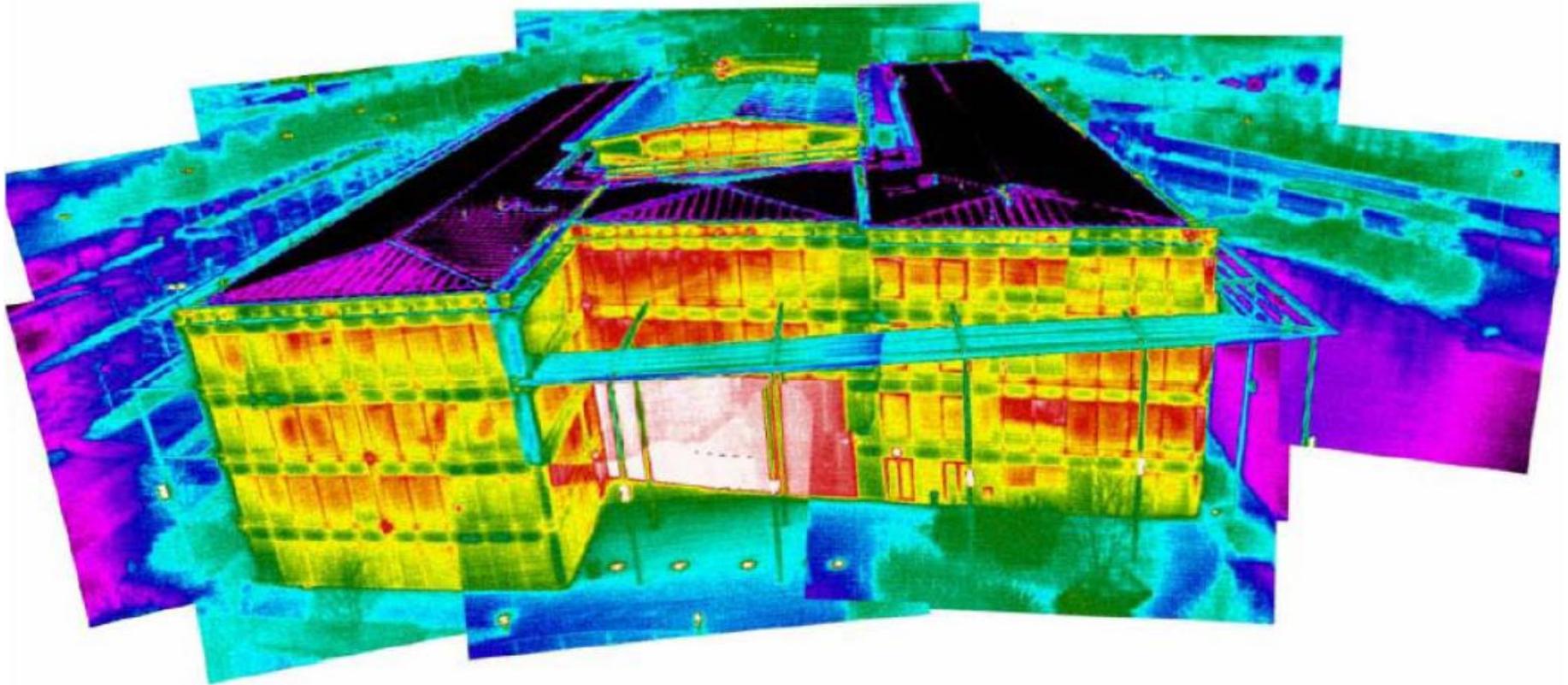
Questa casa è ben isolata anche se presenta un problema in corrispondenza alla congiunzione tra tetto e parete



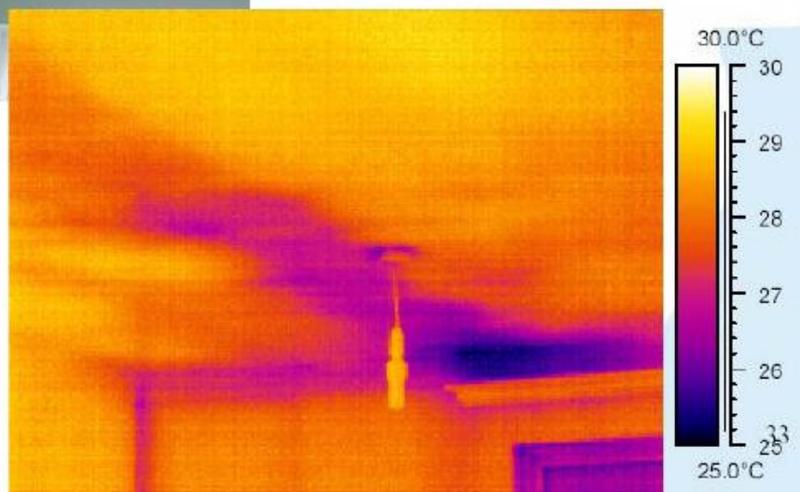
PERDITE ENERGETICHE DA FACCIATA



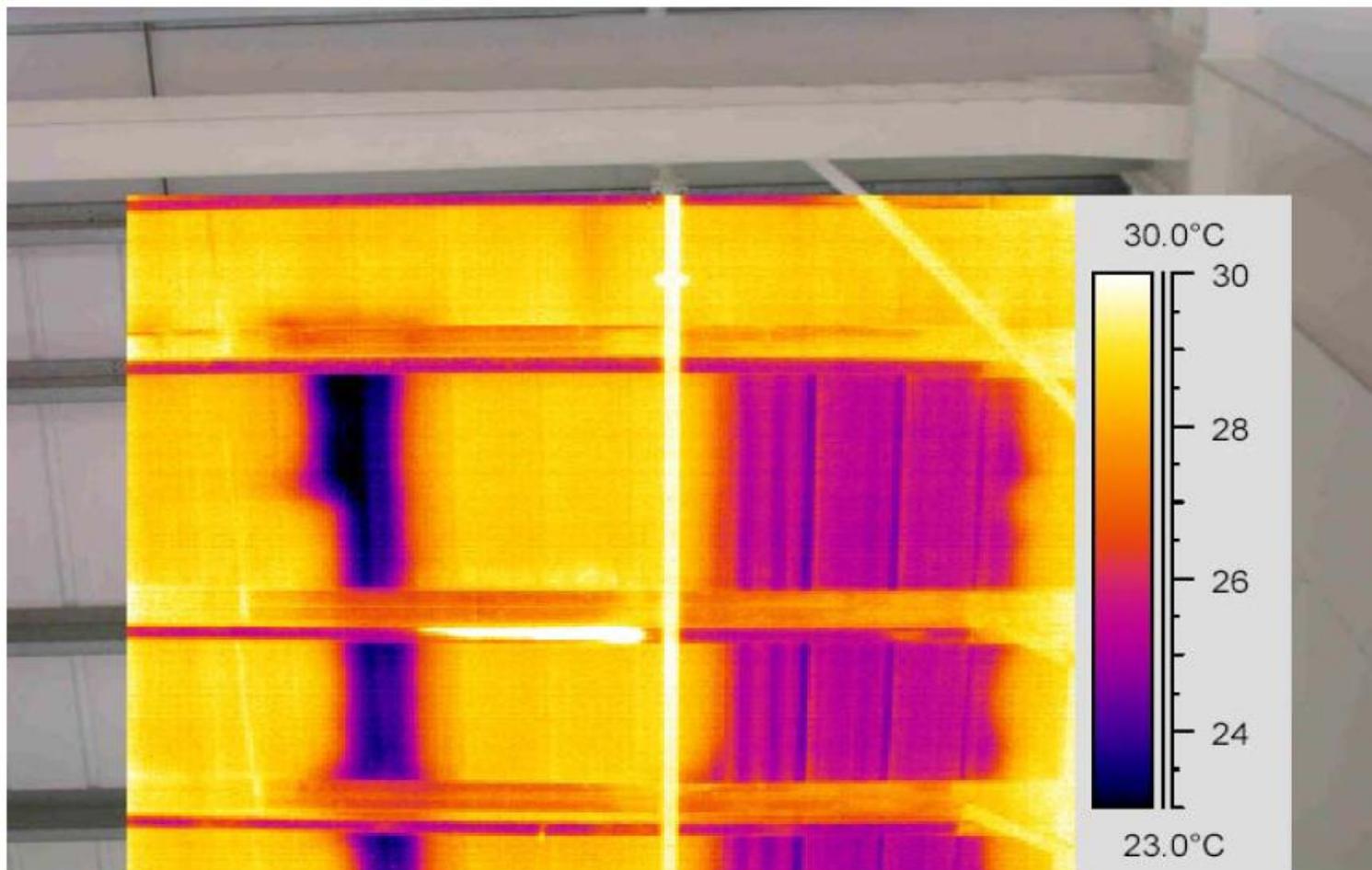
DISPERSIONE ENERGETICA MAGAZZINO



INFILTRAZIONE ARIA FREDDA IN CAVITÀ SOFFITTO

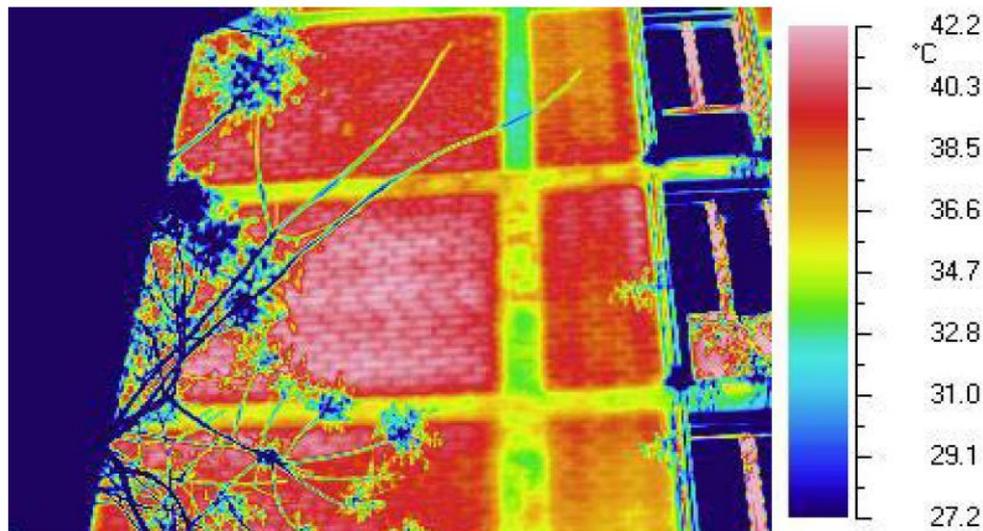


VUOTI D'ISOLAMENTO NEL SOFFITTO



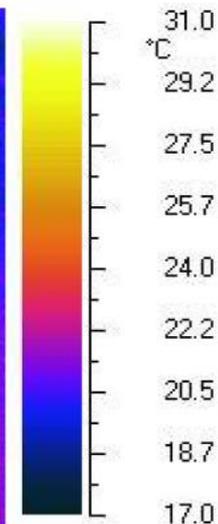
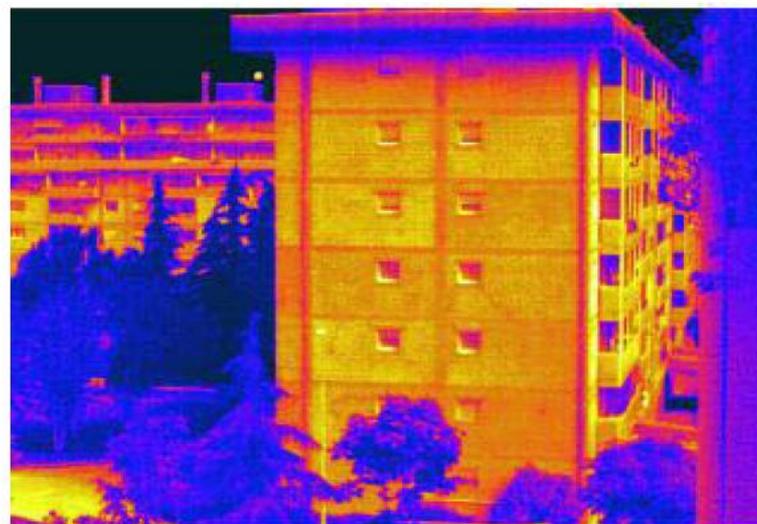
INDIVIDUAZIONE DI PONTI TERMICI

Una parete esterna sottoposta ad irraggiamento solare restituisce un termogramma che visualizza un'immagine con i ponti termici e la struttura dell'opera muraria.



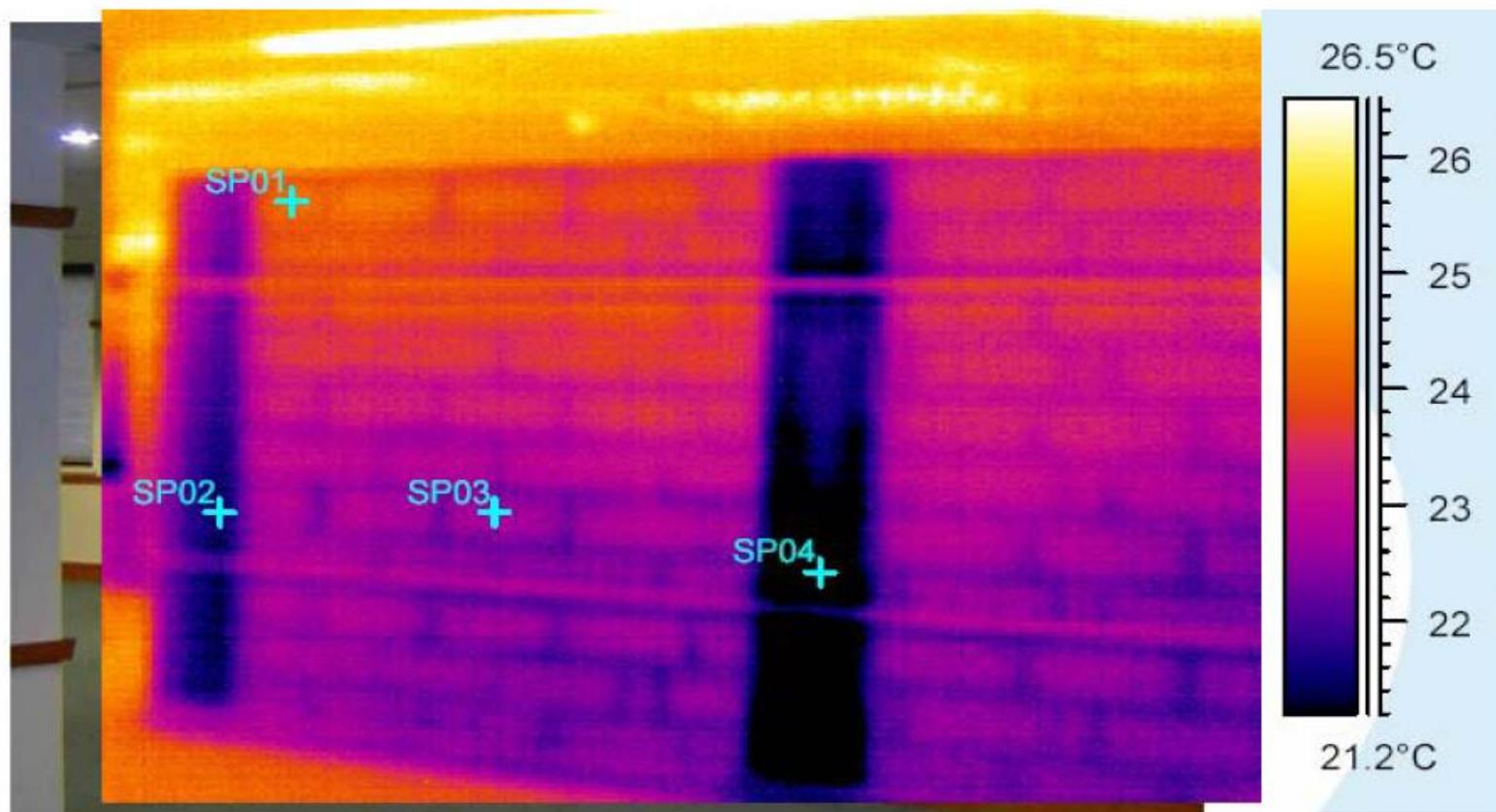
INDIVIDUAZIONE PONTI TERMICI

Individuazione struttura edificio e ponti termici sotto intonaco



PONTE TERMICO

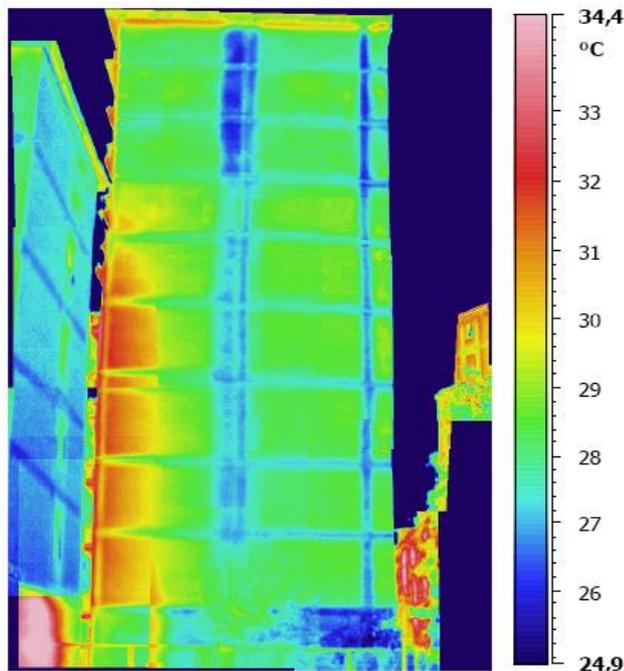
La zona scura è a rischio condensa



POSSIBILI ERRORI

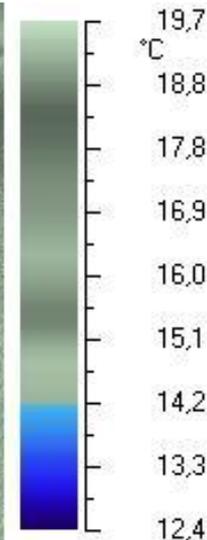
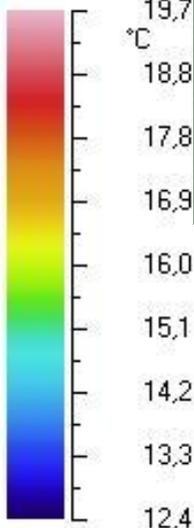
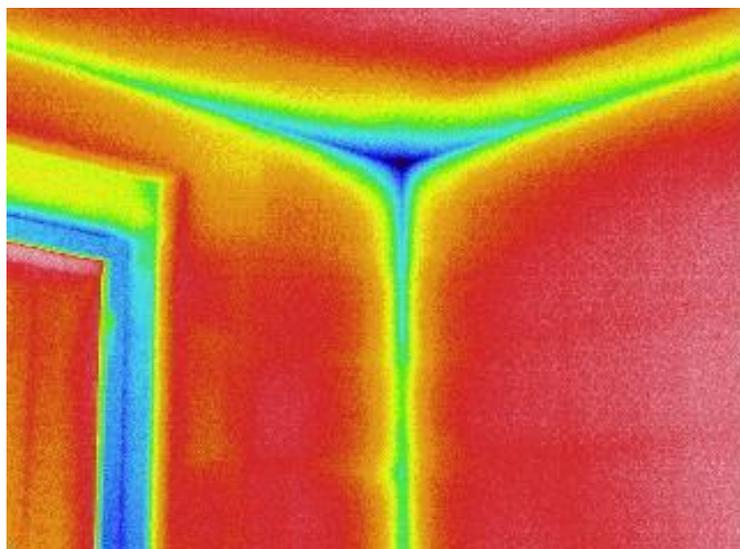
Nell'immagine termografica sotto riportata la zona rossa/gialla sembra presentare qualche problema.

In realtà si tratta solo della parete interna di un balcone riscaldata dall'irraggiamento solare



PUNTO DI RUGGIADA

Con il software di post-analisi è possibile visualizzare l'isoterma del punto di rugiada e quindi individuare i punti a rischio di condensa superficiale.



Punto di rugiada ✕

Calcolo punto di rugiada

Punto di rugiada 14,2

Temp. Atmosferica (°C): 21,0

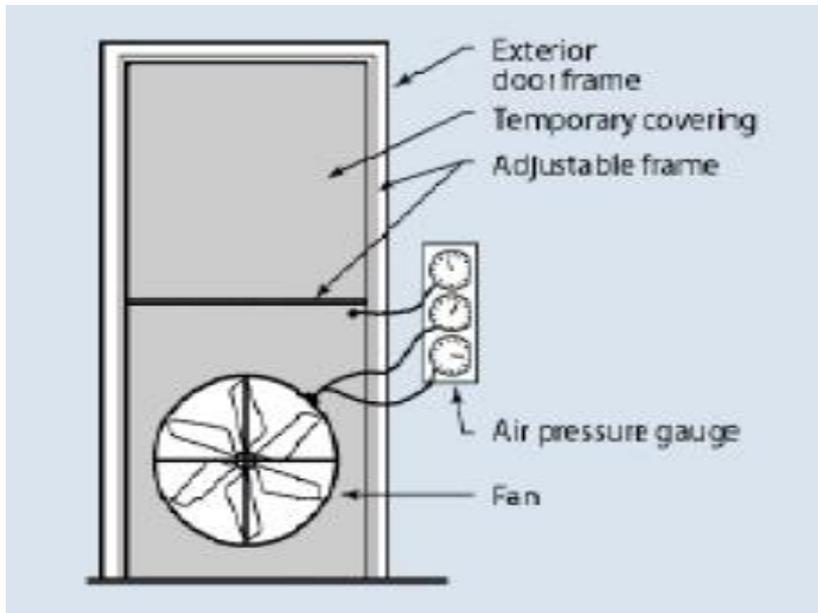
Umidità Rel. (%): 65

Dew area

Show dew area

BLOWER DOOR

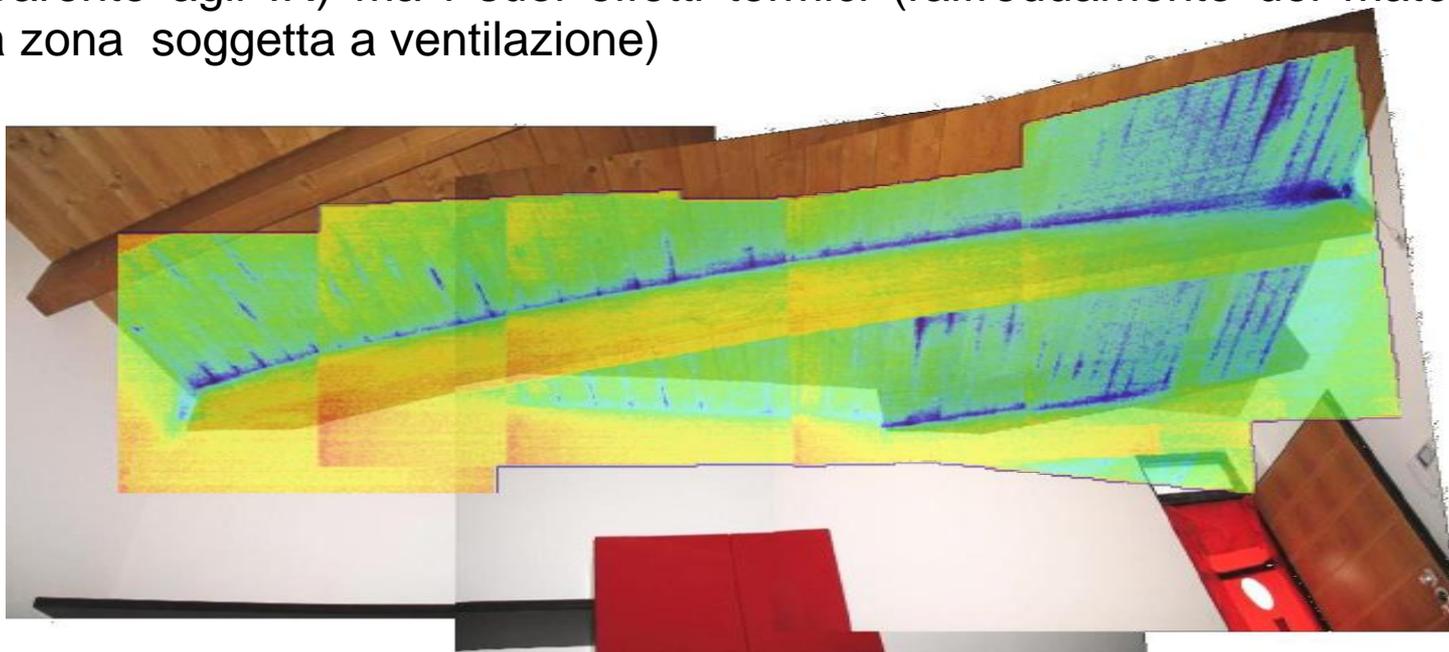
L'uso della Blower Door insieme alla termocamera permette di individuare le zone di infiltrazione dell'aria.



TEST CON “BLOWER DOOR”

L'immagine sotto riportata mostra alcune delle immagini termografiche rilevate dopo il test di permeabilità all'aria mediante tecnica “Blower Door” eseguito in depressione. In corrispondenza delle zone di colore scuro si può notare l'effetto del rientro indesiderato di aria.

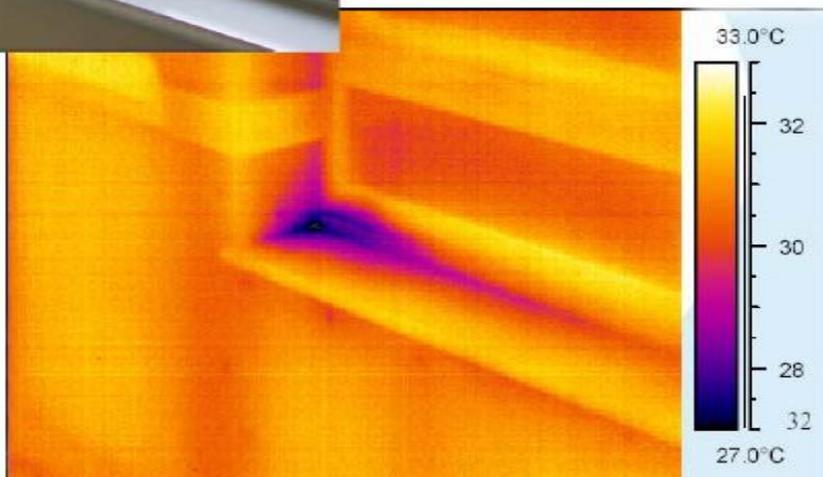
Attenzione! Non è l'infiltrazione d'aria a venire individuata (l'aria è trasparente agli IR) ma i suoi effetti termici (raffreddamento dei materiali nella zona soggetta a ventilazione)



INFILTRAZIONE DA FINESTRA



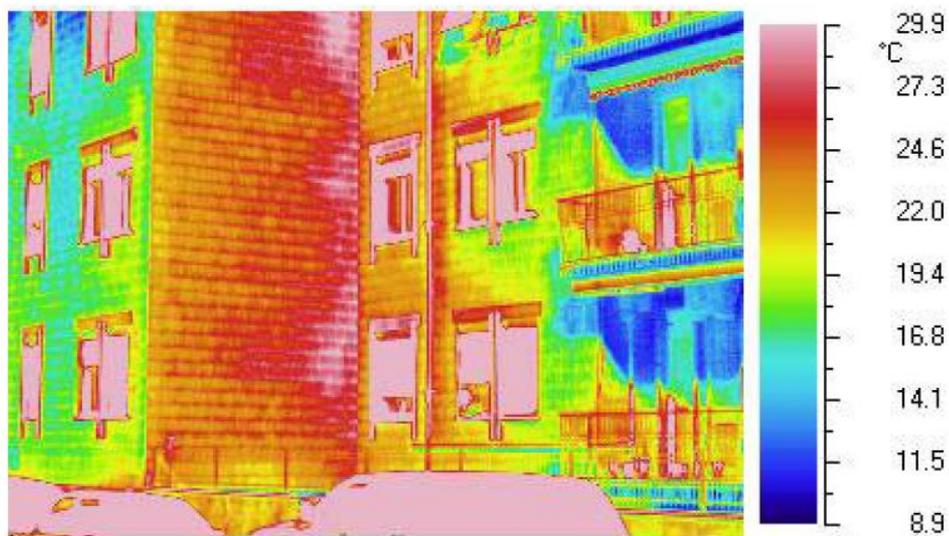
Anche in questo caso non è l'infiltrazione d'aria a venire individuata ma i suoi effetti termici.



DISTACCO INTONACI O PIASTRELLE

Spesso gli intonaci o le piastrelle che ricoprono le pareti esterne di un edificio possono avere problemi di distacco.

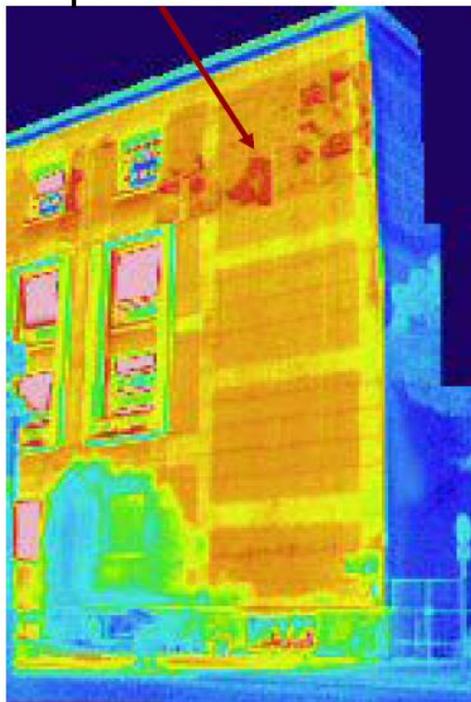
Il termogramma della parete in regime di transitorio termico permette d'individuare le zone con distacco tra piastrelle e parete dell'edificio, in quanto le zone distaccate hanno un comportamento termico differente da quello della parete integra.



DISTACCO INTONACO

In molte applicazioni è importante impostare la corretta tavolozza colori in modo da evidenziare nel modo migliore i difetti sulla parete.

Qui sotto abbiamo la stessa ripresa valutata con diverse tavolozze di colore: la tavolozza dell'immagine centrale è quella che evidenzia meglio i distacchi di intonaco all'ultimo piano.

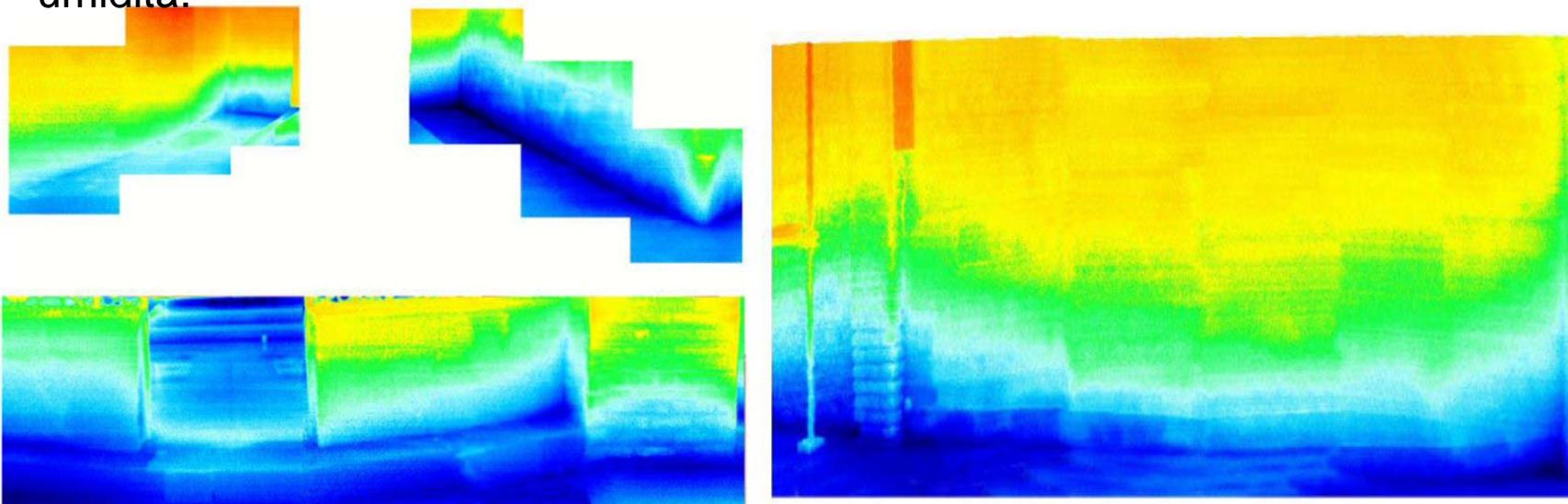


INDIVIDUAZIONE UMIDITÀ

Normalmente le zone con presenza di umidità, esaminate in transitorio di riscaldamento, appaiono più fredde delle zone circostanti a causa di due fenomeni concorrenti:

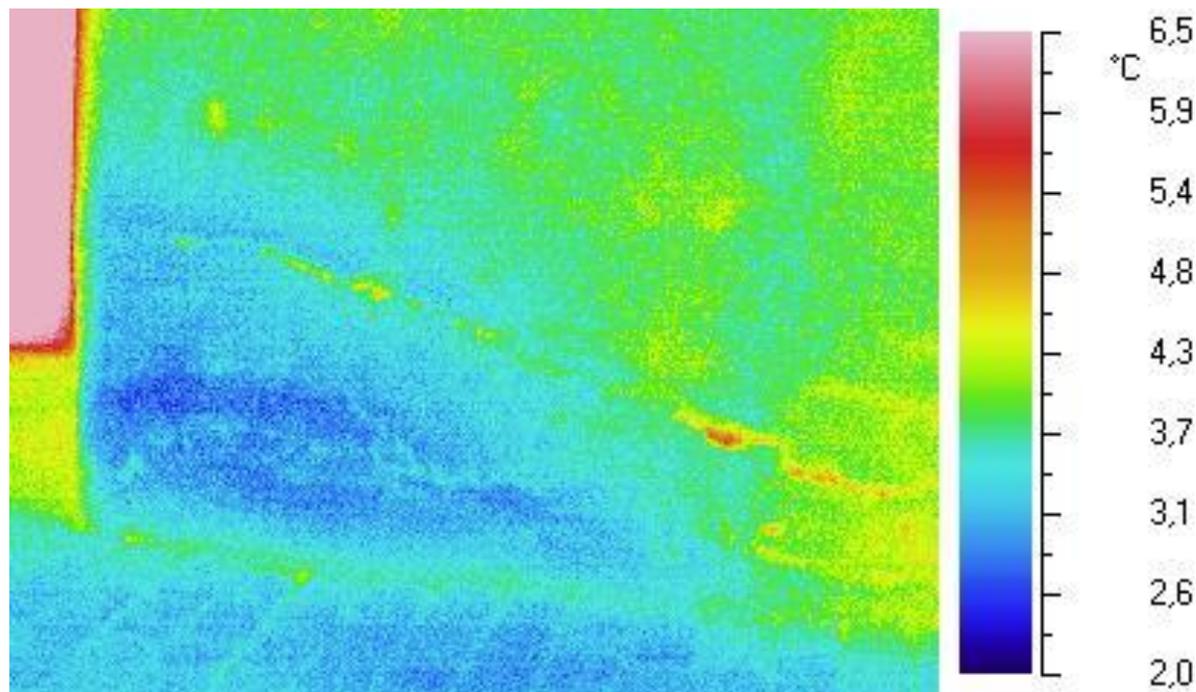
- La maggiore capacità termica dell'acqua rispetto ai materiali edili
- L'evaporazione che contribuisce a diminuire ulteriormente la temperatura

In queste immagini l'umidità ascendente è visualizzata dalla zona blu ad elevata umidità, zona azzurra a media umidità e zona verde a bassa umidità.



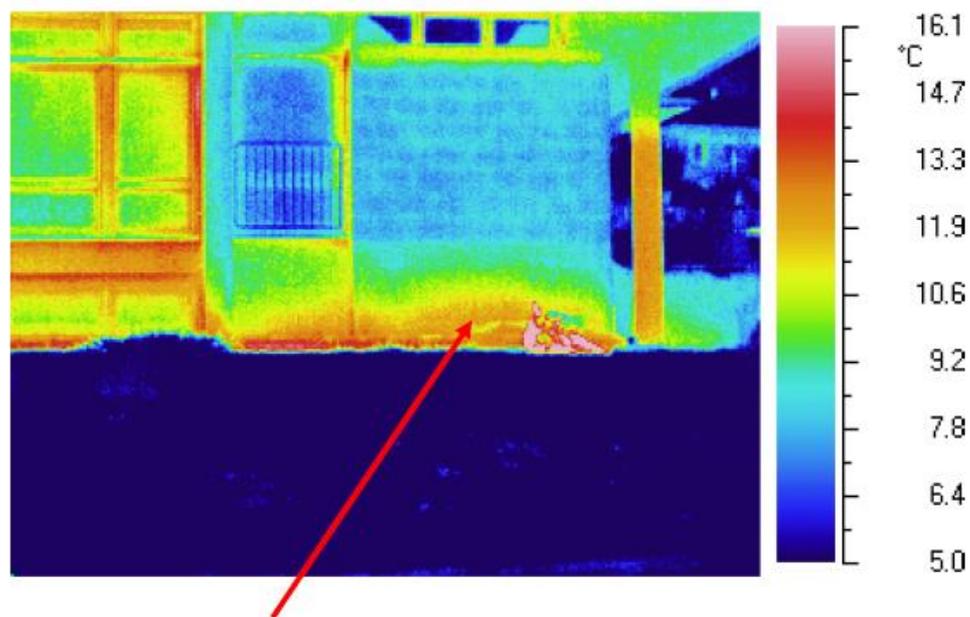
INDIVIDUAZIONE UMIDITÀ

Anche in questa immagine si può rilevare la zona con presenza di umidità apparire come più fredda in fase di transitorio di riscaldamento (irraggiamento solare).



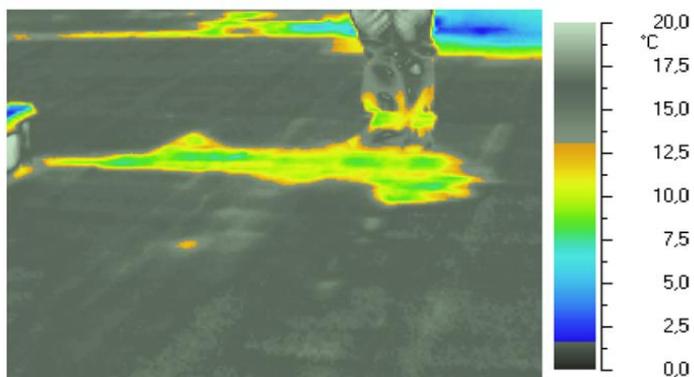
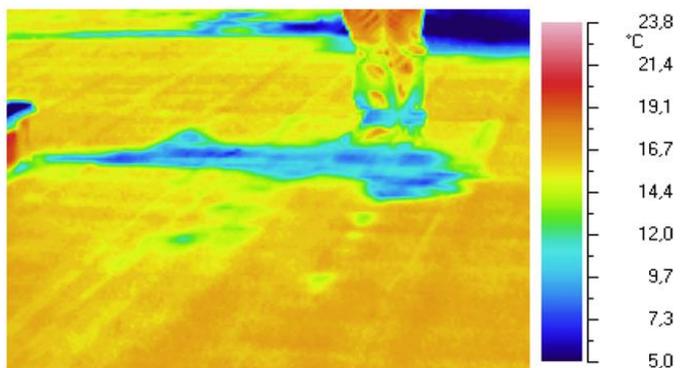
INDIVIDUAZIONE UMIDITÀ

In alcuni casi l'umidità può apparire nella mappa termica come zona più calda, in fase di transitorio di raffreddamento con escursioni termiche rilevanti.

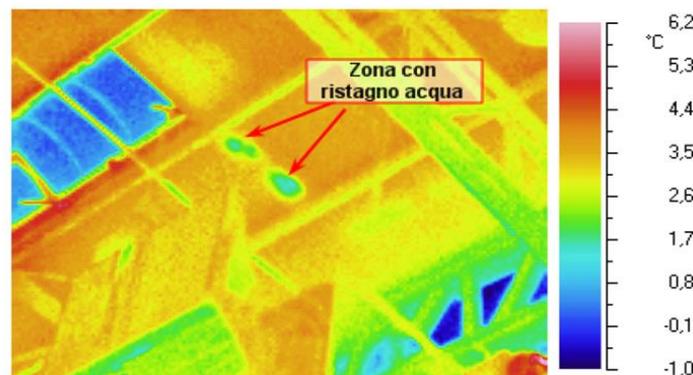


INFILTRAZIONI ACQUA SOTTO GUAINA

In queste due immagini termiche è visualizzata la zona con ristagno d'acqua vista dal lato superiore e dal lato inferiore della copertura.



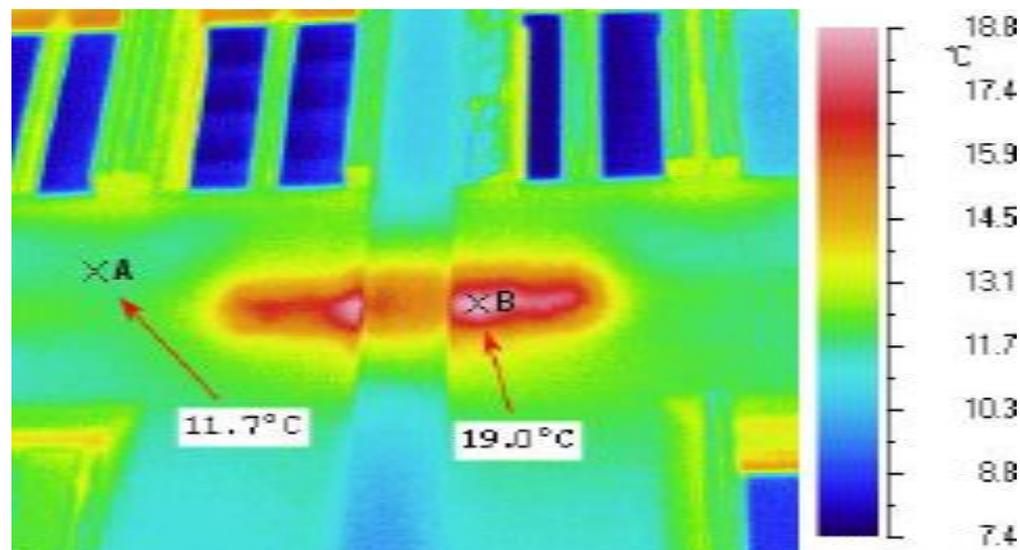
Ripresa dalla parte superiore



Ripresa dalla parte inferiore

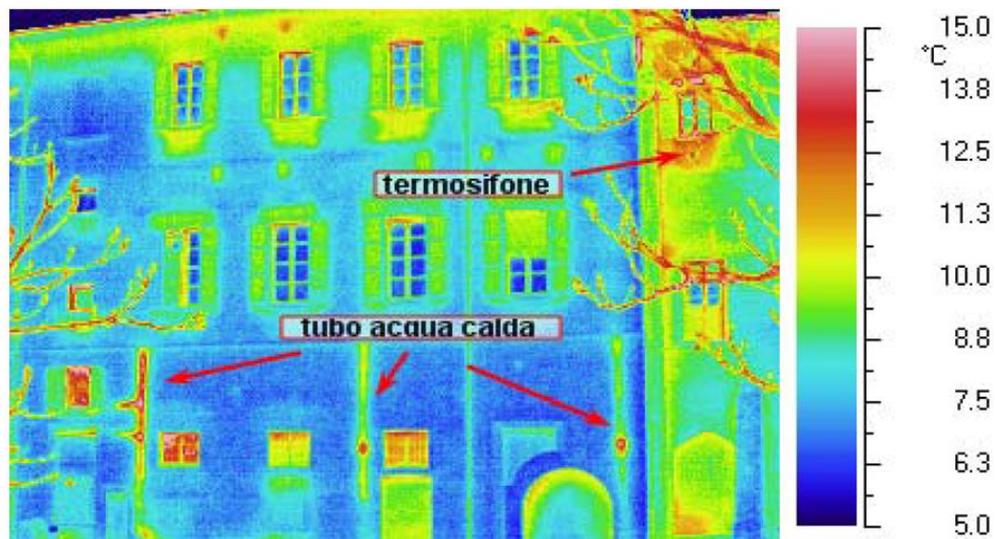
INDIVIDUAZIONE DI TUBAZIONI NON ISOLATE

Con la termografia è possibile individuare tubazioni non isolate o aventi isolamento insufficiente/difettoso.



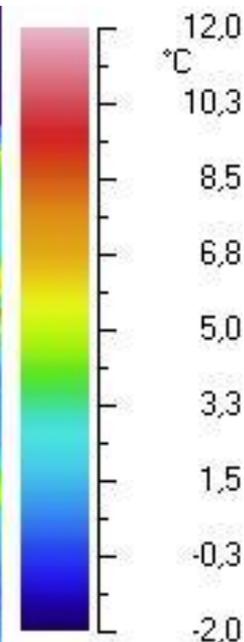
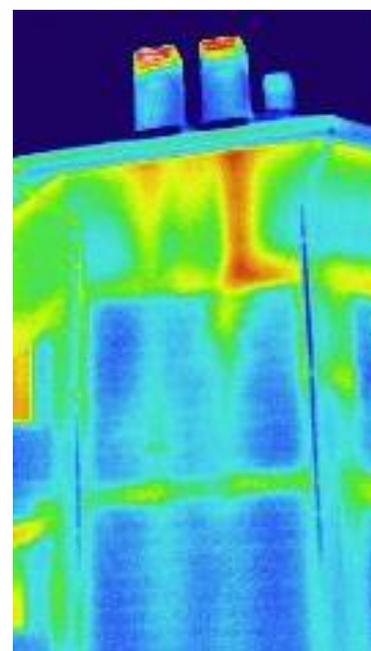
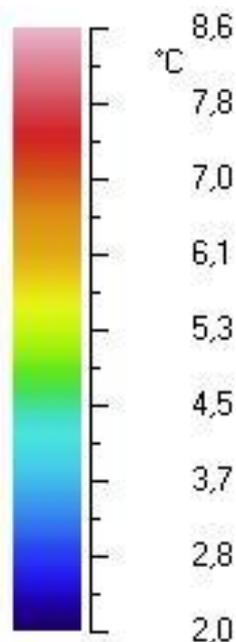
INDIVIDUAZIONE TUBAZIONI ACQUA CALDA

Controllando termograficamente la parete esterna di un edificio sono individuabili le tubazioni dell'impianto di riscaldamento



INDIVIDUAZIONE CANNE FUMARIE

Controllando termograficamente la parete esterna di un edificio sono individuabili anche i percorsi delle canne fumarie in attività



PERDITA TUBAZIONE RISCALDAMENTO

Spesso le micro-perdite sono facilmente identificabili solo per mezzo dell'analisi termografica.



Immagine visibile

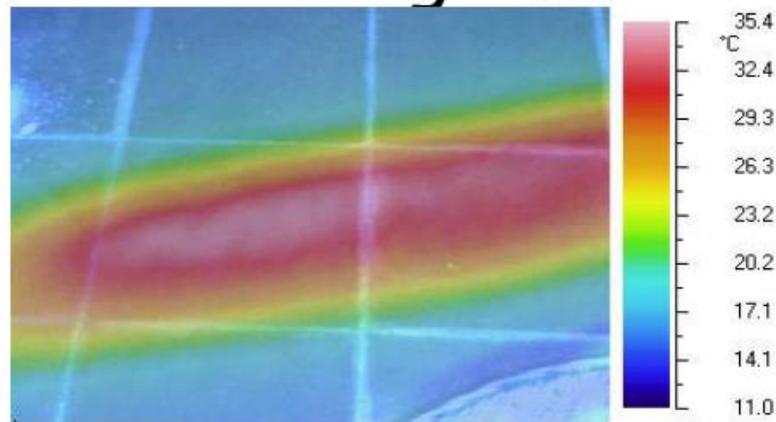
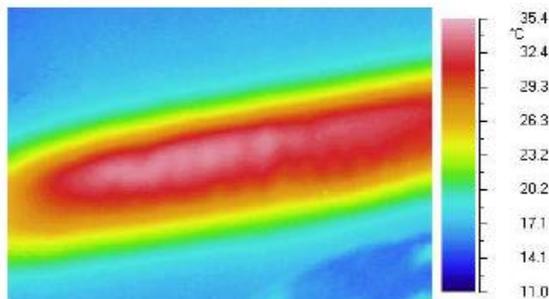


Immagine Fusion

Immagine Infrarosso

MICRO PERDITA NEL PAVIMENTO

Con la funzione immagine visibile / IR la posizione della perdita è facilmente individuabile.



Immagine visibile

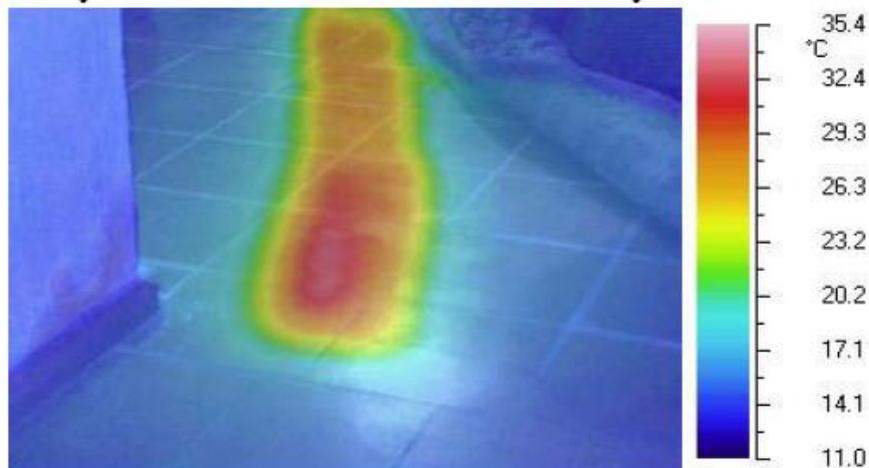


Immagine Fusion

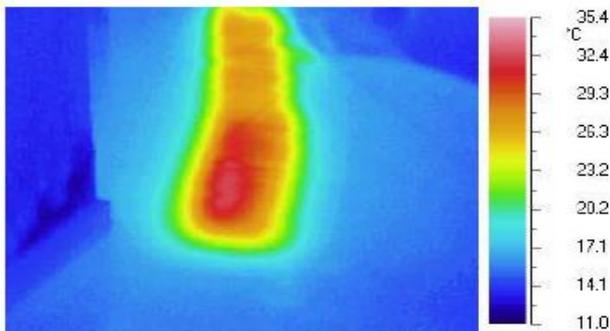
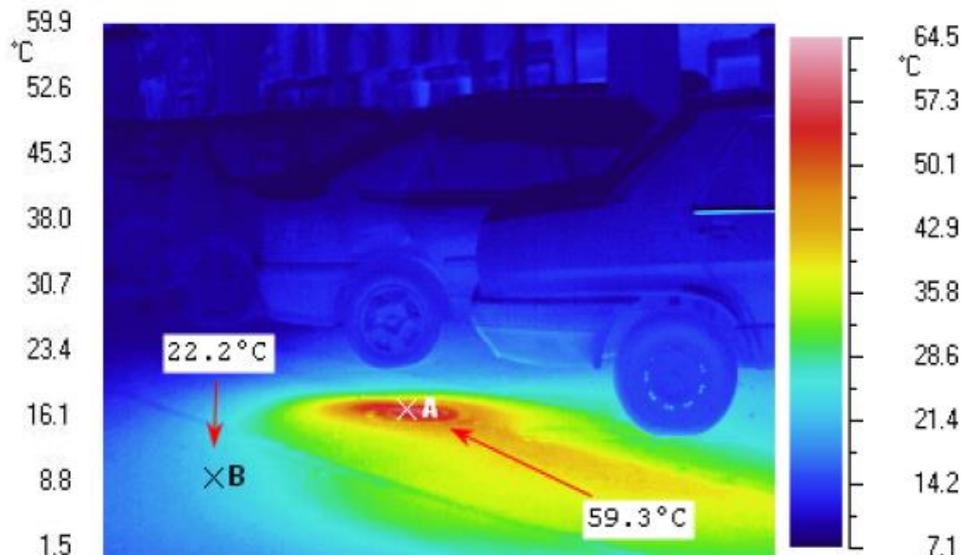
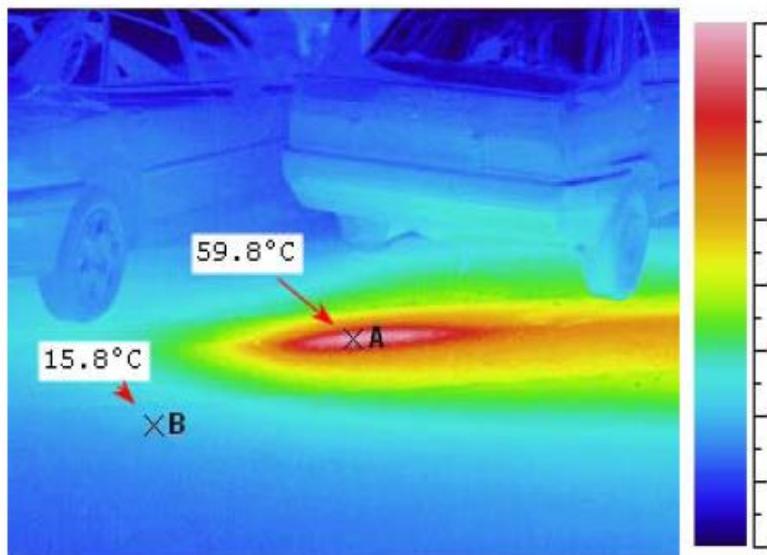


Immagine Infrarosso

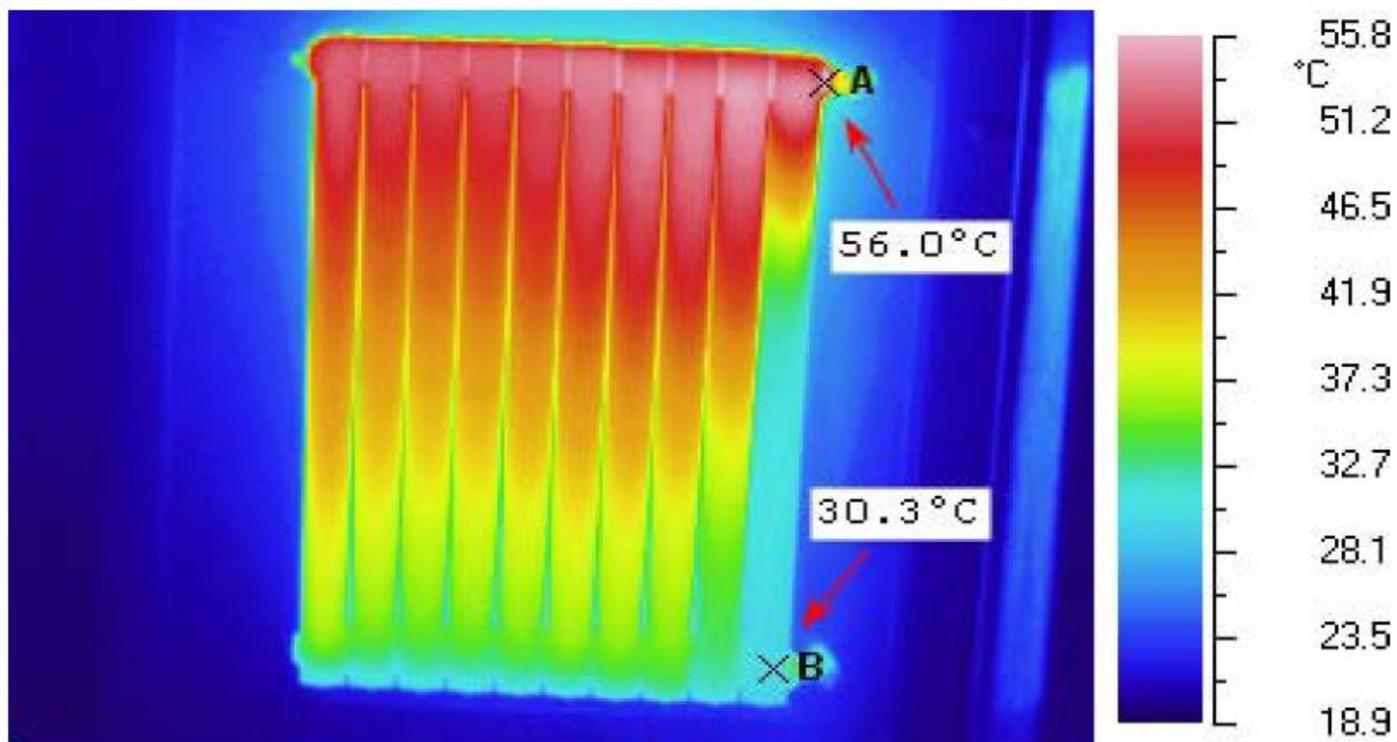
INDIVIDUAZIONE PERDITE TELERISCALDAMENTO

Eseguendo l'indagine termografica nelle ore notturne è possibile individuare perdite di acqua calda nelle tubazioni di teleriscaldamento sotto il manto stradale, pavimentazioni, etc.



RADIATORI

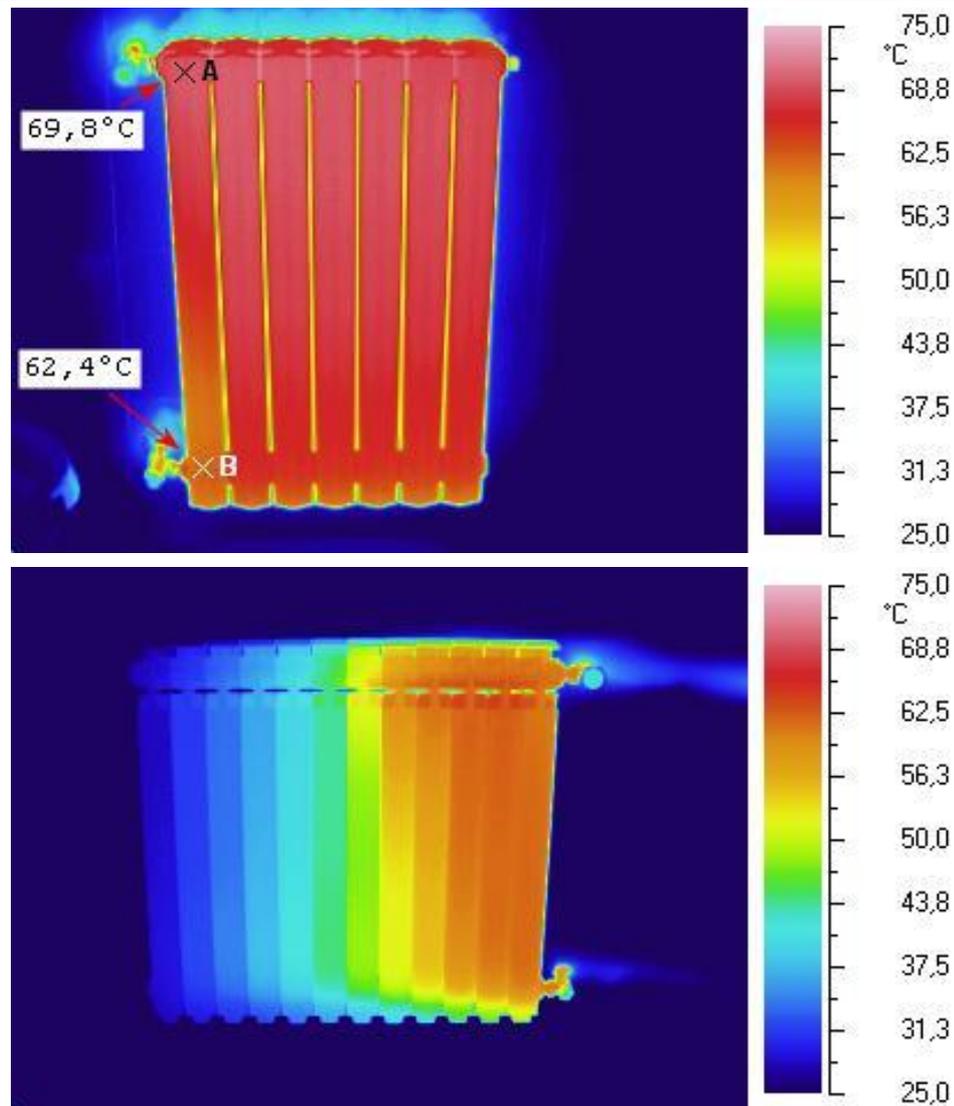
La mappa termica di un radiatore permette di valutare il corretto funzionamento, con riferimento all'andamento della distribuzione termica ed alla differenza tra temperatura d'ingresso e di uscita del fluido termovettore.



RADIATORI

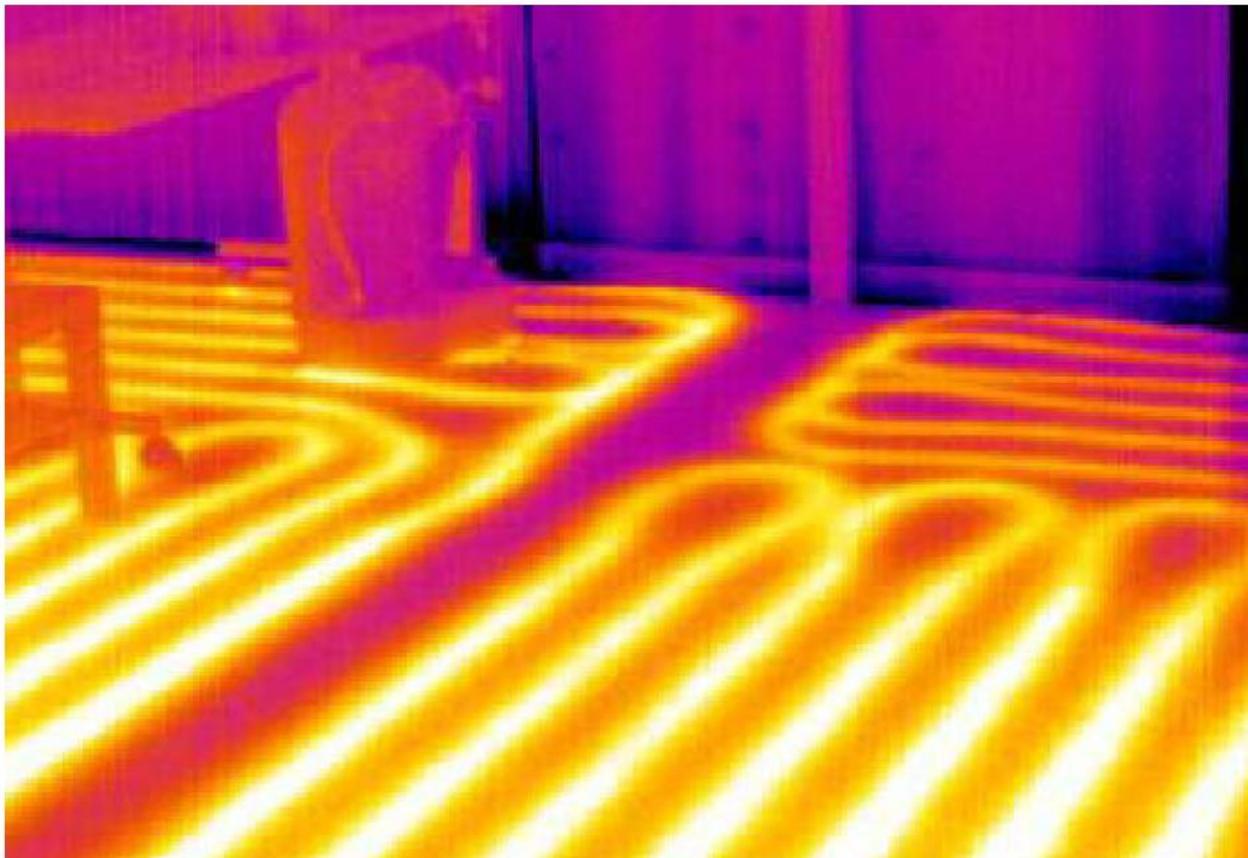
In questo caso si può apprezzare il fatto che il radiatore mostrato in alto abbia una corretta circolazione di fluido termovettore, anche se si riscontra un bilanciamento non ottimale del sottosistema di distribuzione dell'impianto termico (eccessiva portata di fluido al radiatore, che comporta una bassa Δt tra ingresso ed uscita).

Il radiatore in basso invece ha notevoli problemi di distribuzione della temperatura causati da una difettosa circolazione del fluido termovettore.

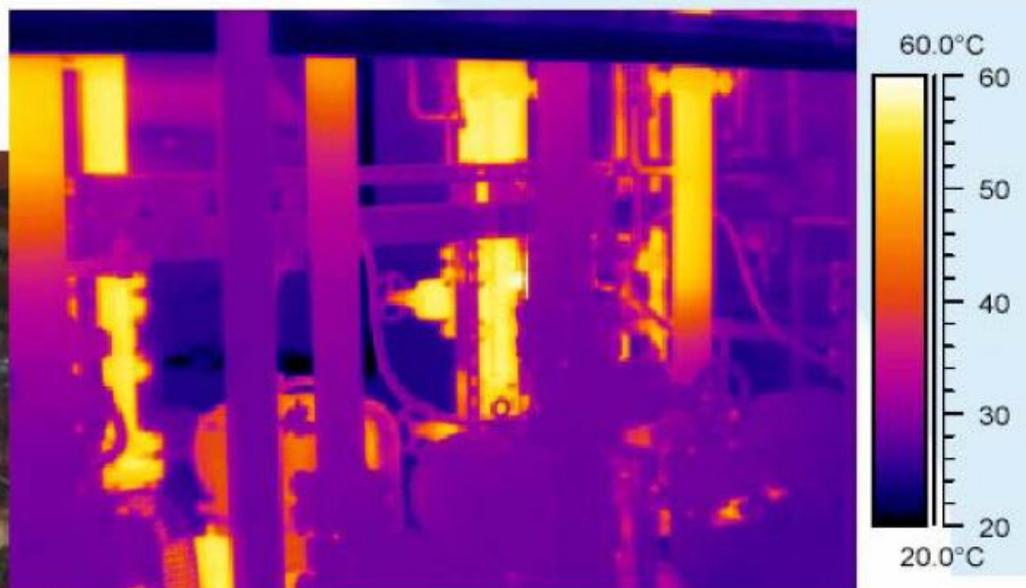


RISCALDAMENTO A PAVIMENTO

E' possibile visualizzare la serpentina di riscaldamento nel pavimento ed individuare le zone non omogenee

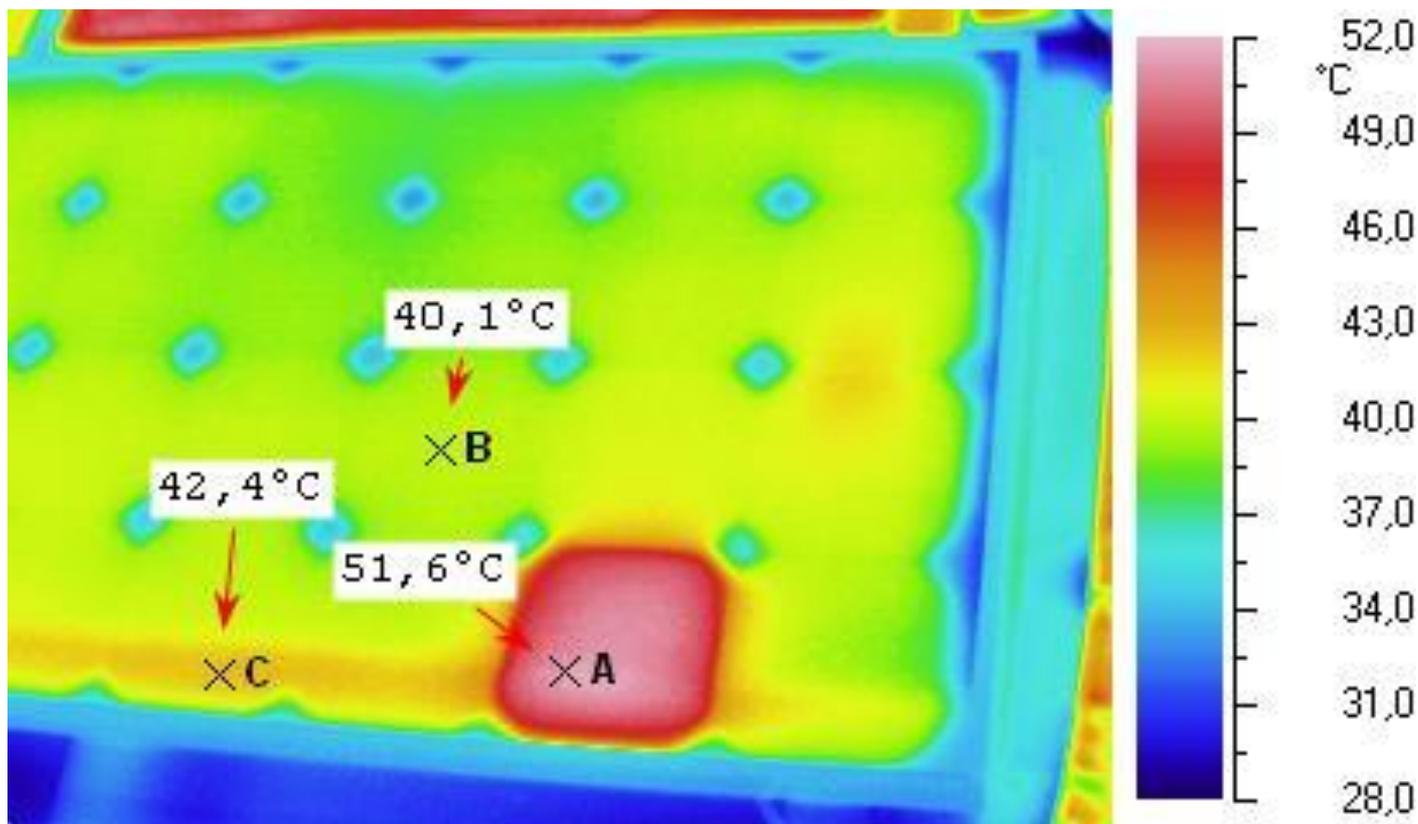


TUBAZIONI IMPIANTO RISCALDAMENTO



PANNELLI SOLARI FOTOVOLTAICI

E' possibile visualizzare l'eventuale presenza di celle difettose, che compaiono come zone a temperatura superiore.



LIMITAZIONI ALL'USO DELLA TERMOGRAFIA

1. **COSTO DELL'APPARECCHIATURA**
2. **NECESSITÀ DI UN OPERATORE QUALIFICATO E CERTIFICATO SECONDO LA NORMATIVA EN 473 E/O ISO 9712**
3. **GROSSI IMPEDIMENTI NEL CASO DI MATERIALI CON EMISSIVITÀ BASSA**

1. COSTO DELL'APPARECCHIATURA

In funzione del tipo di utilizzo e di applicazione, le termocamere hanno un costo di acquisto che varia da alcune migliaia di euro dei modelli più economici fino a 50-100.000 Euro per i modelli più sofisticati.

Le termocamere inoltre devono essere periodicamente verificate e ricalibrate (idealmente una volta all'anno) da laboratori qualificati.

Il certificato di calibrazione rilasciato dal laboratorio va normalmente allegato alla perizia termografica.

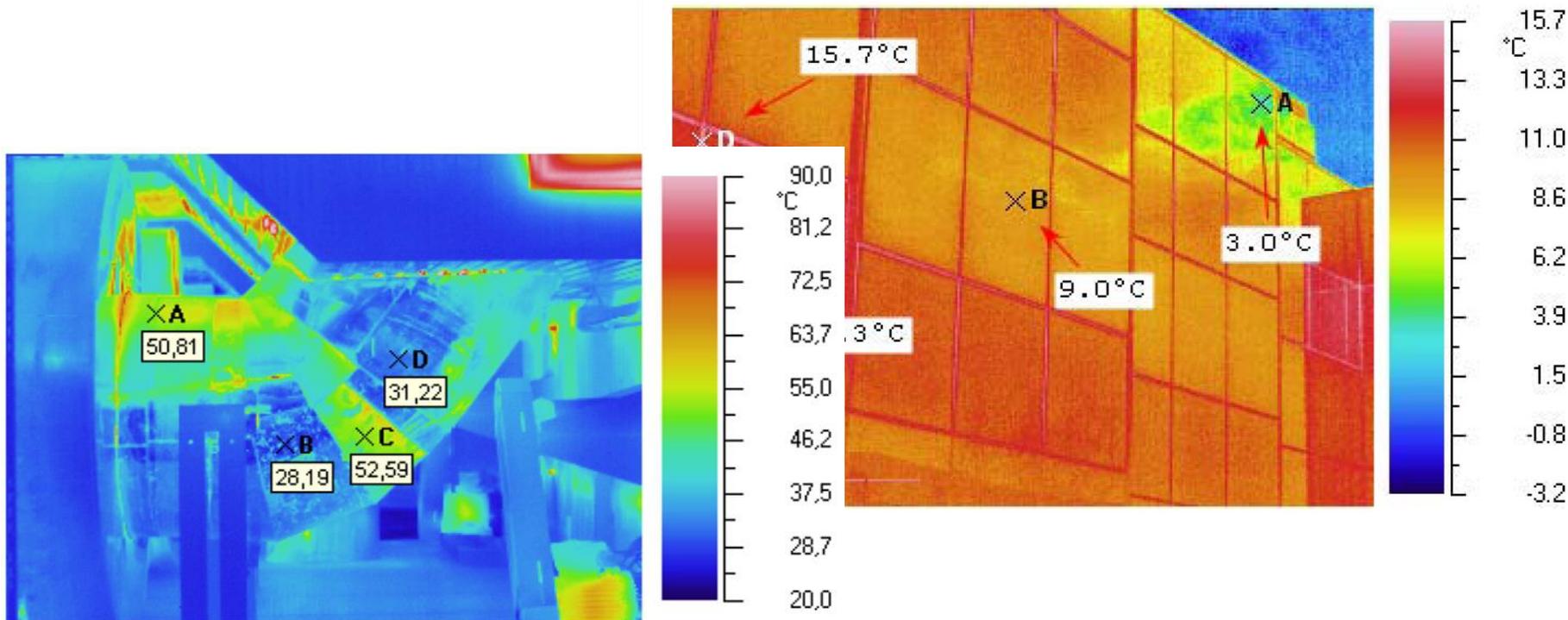
2. NECESSITÀ DI UN OPERATORE QUALIFICATO E CERTIFICATO SECONDO LA NORMATIVA EN 473 E/O ISO 9712

La certificazione viene rilasciata da Enti di Certificazione riconosciuti (in Italia: Istituto Italiano della Saldatura, RINA, CICPND) previa verifica delle esperienze acquisite, frequenza di un corso di formazione e superamento di un esame, e prevede tre livelli di qualifica.



3. MATERIALI A BASSA EMISSIVITÀ

Per i materiali a bassa emissività la rilevazione è piuttosto difficoltosa e spesso non si possono ottenere misure affidabili al di fuori di ambienti controllati (laboratorio), come nel caso delle facciate vetrate e delle superfici metalliche con finitura lucida.



CONCLUSIONI

- La termografia è uno strumento potente per la determinazione dei difetti di isolamento, per la individuazione dei ponti termici e delle patologie da umidità.
- Per poter correttamente interpretare le immagini termografiche è necessario conoscere il modello fisico sottostante l'oggetto dell'analisi, per cui sarà necessario preparare la rilevazione termografica mediante analisi di disegni e documentazione tecnica.
- La termografia può venire utilizzata anche per determinare, in alcuni casi, le caratteristiche strutturali e/o differenza di materiali utilizzati negli edifici mediante rilevazione non invasiva (es. individuazione di interventi eseguiti successivamente alla costruzione).
- Per poter ottenere risultati affidabili la rilevazione termografica deve considerare le condizioni ambientali al contorno e le caratteristiche intrinseche dei materiali, intervenendo se necessario per migliorare l'affidabilità della rilevazione.

GRAZIE
PER LA VOSTRA
ATTENZIONE