










# MANUALE DI TERMOGRAFIA AD INFRAROSSI PER IL MERCATO DELLE COSTRUZIONI E DELLE ENERGIE RINNOVABILI

Una guida informativa all'uso delle termocamere ad infrarossi per ispezionare edifici, pannelli solari e turbine eoliche.



# Sommario

	1. La termocamera ed il suo funzionamento	8
	2. Perché utilizzare la termografia ad infrarossi?	10
	3. Utilizzo delle termocamere ad infrarossi per il mercato delle costruzioni	14
	4. Fisica degli edifici	26
	5. Termocamere per l'ispezione di pannelli solari	32
	6. Ispezione di turbine eoliche mediante l'uso di termocamere	44
	7. Scegliere il produttore ideale di termocamere	48
	8. Scegliere la soluzione migliore	50
	9. Come effettuare le ispezioni termografiche	62

Questa guida è stata realizzata in stretta collaborazione con il centro formazione ITC (Infrared Training Centre).  
Tutte le immagini hanno scopo esclusivamente illustrativo.

TUTTE LE SPECIFICHE SONO SOGGETTE A MODIFICHE SENZA PREAVVISO © Copyright 2011, FLIR Systems AB. Tutti gli altri marchi e nomi di prodotti sono marchi dei rispettivi proprietari.

## Introduzione

Nel 1965, FLIR Systems ha commercializzato la prima termocamera ad infrarossi per l'ispezione di linee ad alta tensione.

Da quel giorno la tecnologia legata alla termografia ad infrarossi si è notevolmente evoluta. Le termocamere sono divenute piccoli sistemi compatti con un aspetto molto simile a quello di una videocamera o fotocamera digitale. Sono facili da utilizzare e generano immagini in tempo reale nitide e ad alta risoluzione.

Uno dei settori in cui è stata rapidamente evidenziata l'importanza della termografia per la sua peculiare possibilità di acquisire preziose informazioni praticamente non rilevabili con qualsiasi altro strumento, è il settore delle costruzioni. Inizialmente ritenute una tecnologia inusuale, le termocamere si sono evolute diventando oggi strumenti utilizzati in tutto il mondo per soddisfare svariate applicazioni nell'ambito del mercato delle costruzioni.

Una termocamera ad infrarossi è uno strumento eccezionale per individuare e mappare le perdite energetiche di un edificio. Si tratta di un approccio rapido basato sulla produzione di immagini termiche dalla indiscussa valenza probatoria.

L'impiego di una termocamera, da sola o in abbinamento ad altri metodi, quali i sistemi 'BlowerDoor' – accelera notevolmente il processo di analisi. La termografia evidenzia con esattezza i punti dove si presenta una perdita di energia, eliminando la necessità di avvalersi di metodi diagnostici distruttivi.



*Le termocamere hanno attraversato una profonda evoluzione negli ultimi 50 anni. FLIR Systems è da sempre un pioniere della termografia ad infrarossi, che ha portato sul mercato le più avanzate termocamere.*

Una termocamera è un affidabile strumento senza contatto in grado di rilevare e visualizzare la distribuzione della temperatura di intere superfici, in modo rapido e preciso. L'utilizzo programmato della termografia ad infrarossi ha dato un rilevante contributo alla riduzione dei costi, in tutto il mondo.

### **Termocamere ad infrarossi per il mercato delle costruzioni**

Fin dagli anni '70, si è presa coscienza di quanto l'energia sia un bene prezioso e limitato.

Il settore edile rappresenta il 40% della domanda di energia in Europa e concentra in un'unico ambito il maggior potenziale di efficienza energetica. Alla luce di questi dati, la Commissione Europea ha stilato una direttiva per la regolamentazione dei rendimenti energetici degli edifici, sulla base della quale sono state emanate numerose leggi nazionali in materia.

Migliaia sono le aziende europee già interessate da queste norme ed in molti Paesi dell'Unione Europea è diventato obbligatorio il cosiddetto Attestato di Certificazione Energetica (EPC, Energy Performance Certificate) relativo ai nuovi edifici e alle ristrutturazioni.

Questa direttiva, insieme ad una serie di norme ed incentivi finanziari previsti ed attivati in molti Paesi, molto probabilmente si rifletterà in un aumento della domanda ad utilizzare i test di Ermeticità all'Aria ed altri metodi di analisi dell'efficienza energetica degli edifici.

In una prospettiva ancora più ampia, si prevede un irrigidimento delle direttive UE in materia di risparmio energetico in ambito edile. Ciò avrà un notevole impatto sulle attività di molti professionisti del settore delle costruzioni.



*Le termocamere moderne sono piccole, leggere e facili da utilizzare.*

## Energia rinnovabile

La scarsità di fonti energetiche tradizionali come carbone, gas e petrolio hanno portato anche ad un innalzamento dei prezzi. Inoltre, si è diffusa la convinzione che non è possibile continuare ad inquinare il nostro pianeta utilizzando i carburanti fossili.

### Energia Solare

Un impianto fotovoltaico converte l'energia solare in elettricità. E in un utile finanziario. Per ottenere il massimo ritorno sugli investimenti ed un'elevata produzione nei decenni, tuttavia, l'alta qualità è un elemento chiave. Il modulo solare, la parte più importante di un sistema fotovoltaico, deve essere affidabile e continuare a produrre elettricità per molti anni. Per assicurare una buona qualità durante l'intero ciclo di vita del modulo solare, le termocamere FLIR possono svolgere un ruolo molto importante.



*L'uso delle termocamere per la valutazione dei pannelli solari offre diversi vantaggi. Le anomalie sono facilmente individuabili su un'immagine nitida e - a differenza della maggior parte degli altri metodi - le termocamere possono essere utilizzate per effettuare la scansione di pannelli solari installati durante il loro normale funzionamento.*

Man mano che si riducono le riserve di combustibili fossili, i prezzi di carbone e petrolio raggiungono nuovi record e molti si rivolgono al sole come nuova fonte di energia rinnovabile. Ma i pannelli solari sono soggetti ad usura. I professionisti edili in tutto il mondo utilizzano pertanto le termocamere per ispezionare i pannelli solari installati sui tetti o in parchi solari.

## Energia Eolica

Un'altra fonte rinnovabile di energia è il vento. In tutto il mondo, si stanno sempre più diffondendo le torri eoliche per la generazione di energia elettrica. Vasti parchi eolici vengono installati su terra ed in mare aperto.

Una torre eolica contiene moltissimi componenti elettrici e meccanici che possono essere facilmente ispezionati con una termocamera ad infrarossi. Una corretta ispezione di manutenzione di tutte le parti e componenti di una turbina eolica ne assicura il corretto funzionamento, garantendo così la fornitura di elettricità per molti anni.



*Immagine termica di una turbina eolica ripresa dal suolo*

Questo manuale è una guida dettagliata all'uso della termografia per effettuare ispezioni di edifici, pannelli solari e turbine eoliche. Ci sono svariati dettagli da considerare quando si effettua un'ispezione termografica. Oltre a conoscere il funzionamento delle termocamere e i metodi per l'acquisizione delle immagini, è anche importante familiarizzare con le nozioni fisiche alla base dei termogrammi di edifici, pannelli solari o turbine eoliche, e sapere come sono strutturati. E' necessario tenere in considerazione tutti questi fattori per poter comprendere, interpretare e giudicare correttamente le immagini termiche.

È comunque impossibile trattare in questa guida tutti i principi, i concetti e l'uso dei sistemi per l'analisi di questi tipi di applicazioni. Per questo motivo FLIR Systems propone corsi di formazione in collaborazione con il centro di formazione ITC (Infrared Training Center), appositamente sviluppati per affrontare le problematiche del settore edile.

### **La guida presenterà**

- Le applicazioni della termografia ad infrarossi
- Il funzionamento delle termocamere ed i fattori da considerare per la scelta di un modello
- Consigli esaustivi su come condurre le indagini termografiche

# 1

## La termocamera ed il suo funzionamento

Una termocamera registra l'intensità della radiazione nella parte infrarossa dello spettro elettromagnetico e la converte in un'immagine visibile.



*Sir William Herschel ha scoperto la radiazione infrarossa nel 1800.*

### **Cosa sono gli infrarossi?**

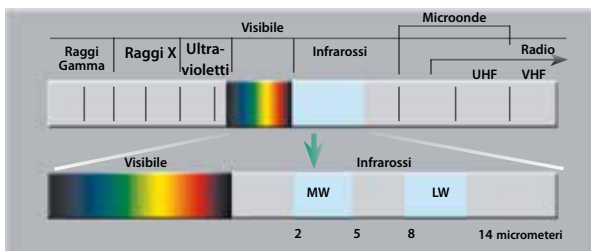
I nostri occhi sono sensori progettati per individuare la radiazione elettromagnetica che costituisce lo spettro della luce visibile. Tutte le altre forme di radiazioni elettromagnetiche, come gli infrarossi, sono invisibili all'occhio umano.

L'esistenza degli infrarossi è stata scoperta nel 1800 dall'astronomo Sir Frederick William Herschel. Incuriosito dalla differenza termica tra i vari colori della luce, diresse la luce del sole attraverso un prisma di vetro per creare uno spettro di luce e misurò poi la temperatura di ogni singolo colore. Scoprì che le temperature dei colori aumentavano nelle porzioni dello spettro dal violetto al rosso.

Dopo aver notato questo, Herschel decise di misurare la temperatura appena oltre la zona del rosso, in una regione dello spettro in cui non era visibile la luce del sole. Restò stupido quando scoprì che questa regione aveva la temperatura più elevata di tutti.



La radiazione infrarossa si trova tra la porzione dello spettro elettromagnetico del visibile e quella delle microonde. La fonte principale della radiazione infrarossa è il calore, o la radiazione termica. Qualsiasi oggetto ad una temperatura superiore allo zero assoluto (-273,15°C o 0 Kelvin), emette radiazioni nell'area dell'infrarosso. Persino oggetti che sappiamo essere molto freddi, come i cubetti di ghiaccio, emettono radiazioni infrarosse.



Avvertiamo le radiazioni infrarosse in qualsiasi momento. Il calore che sentiamo provenire dal sole, da un fuoco, o da un radiatore, è tutto infrarosso. Anche se i nostri occhi non riescono a vederlo, le terminazioni nervose della nostra pelle lo avvertono come calore. Più caldo è l'oggetto, maggiore è la quantità di radiazioni infrarosse emesse.

### La termocamera ad infrarossi

L'energia all'infrarosso (A) emessa da un oggetto viene fatta convergere dai componenti ottici (B) verso un detector all'infrarosso (C): Il detector invia le informazioni al sensore elettronico (D) per l'elaborazione dell'immagine. L'elettronica traduce i dati provenienti dal detector in un'immagine (E) visibile direttamente nel mirino oppure sullo schermo di un monitor standard o su un LCD.



La termografia è l'arte di trasformare un'immagine ad infrarossi in un'immagine radiometrica, su cui è possibile leggere i valori della temperatura. Quindi ogni pixel nell'immagine radiometrica è in effetti una misurazione di temperatura. Affinché ciò sia possibile, nella termocamera ad infrarossi vengono introdotti degli algoritmi complessi.

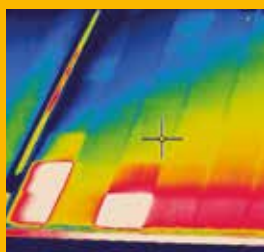
# 2

## Perché utilizzare la termografia ad infrarossi?

Le termocamere per il mercato delle costruzioni sono strumenti potenti e non invasivi per il monitoraggio e la diagnosi delle condizioni di edifici, pannelli solari e turbine eoliche. Con una termocamera è possibile identificare precocemente i problemi, permettendo di documentarli e correggerli prima che diventino più gravi e costosi da riparare.

Le termocamere ad infrarossi FLIR:

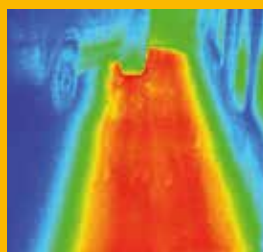
- Sono facili da utilizzare quanto una fotocamera
- Forniscono un'immagine completa della situazione
- Identificano e localizzano il problema
- Misurano le temperature
- Memorizzano i dati
- Indicano con precisione le regolazioni che devono essere effettuate
- Aiutano ad individuare i guasti prima che si tramutino in problemi reali
- Consentono di risparmiare tempo e denaro



*Guasti in celle fotovoltaiche.*



*Ispezione termografica di una vetrata.*



*Pavimentazione riscaldata, ma solo una parte sta funzionando.*

FLIR Systems offre un'ampia gamma di termocamere. Sia che si utilizzi la termografia per l'ispezione di grandi edifici, sia che la si usi per l'ispezione di una piccola abitazione, FLIR offre la termocamera adatta ad ogni esigenza di applicazione.



### **Perché utilizzare le termocamere?**

Perché scegliere una termocamera FLIR? Esistono altre tecnologie in grado di misurare la temperatura senza contatto. I termometri all'infrarosso, per esempio.

### **Termometri all'infrarosso e termocamere a confronto**

I termometri all'infrarosso (IR) sono strumenti affidabili ed estremamente utili per misurazioni della temperatura su punti singoli ma, quando si tratta di analizzare aree di grandi dimensioni, è facile lasciarsi sfuggire punti critici quali fughe d'aria, aree con scarso isolamento o infiltrazioni d'acqua. Una termocamera FLIR è in grado di effettuare la scansione di interi edifici, impianti di riscaldamento e HVAC. Non trascurava alcuna area potenzialmente problematica, indifferentemente dalle dimensioni.



*Termometro IR, misurazione della temperatura in un singolo punto*



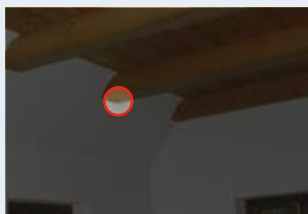
*FLIR i3, temperatura in 3600 punti*

### **Individua i problemi in modo più semplice, rapido ed accurato.**

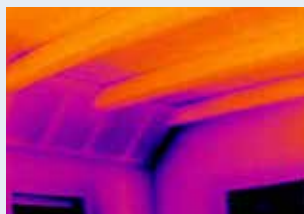
Se si utilizza solo un termometro IR a punto singolo è facile non accorgersi di un problema critico in un edificio. Una termocamera FLIR offrirà un quadro completo della situazione ed un rapporto diagnostico immediato. Oltre ad individuare un problema di costruzione di un edificio, ne mostra anche l'intera portata.

## **Equivale ad utilizzare migliaia di termometri ad infrarossi contemporaneamente**

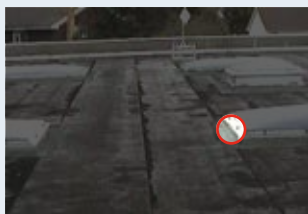
Con un termometro all'infrarosso è possibile misurare la temperatura di un singolo punto. Le termocamere FLIR sono in grado di misurare le temperature di un'intera immagine. FLIR i3 ha una risoluzione dell'immagine ad infrarossi di 60 x 60 pixel. Ciò significa che equivale all'utilizzo di 3.600 termometri IR contemporaneamente. La termocamera FLIR P660, il nostro modello più avanzato, ha una risoluzione di 640 x 480 pixel, che equivale a 307.200 pixel o all'impiego contemporaneo di 307.200 termometri IR.



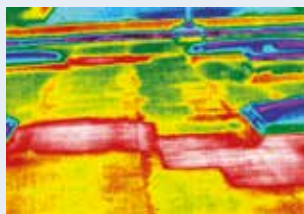
*Cosa vede un termometro IR.*



*Cosa vede una termocamera.*



*Cosa vede un termometro IR.*



*Cosa vede una termocamera.*



*Cosa vede un termometro IR.*



*Cosa vede una termocamera.*



# 3

## Utilizzo delle termocamere ad infrarossi per il mercato delle costruzioni

L'ispezione edile con termocamere è un metodo potente e non invasivo per monitorare e diagnosticare la condizione degli edifici. La termocamera ad infrarossi è uno dei più validi strumenti diagnostici per l'ispezione edile. Una termocamera può identificare precocemente i problemi, permettendo di documentarli e correggerli prima che diventino più gravi e costosi da riparare.

Un'ispezione termografica degli edifici mediante l'uso di una termocamera può essere utile per:

- Visualizzare le perdite energetiche
- Rilevare carenze o difetti di isolamento
- Individuare infiltrazioni d'aria
- Rilevare la presenza di umidità nell'isolamento, nei tetti e nei muri, sia interni che esterni
- Individuare la presenza di muffe ed aree scarsamente isolate
- Individuare i ponti termici
- Individuare le infiltrazioni d'acqua in tetti piani
- Rilevare rotture nei tubi di acqua calda
- Monitorare il processo di asciugatura degli edifici
- Monitorare l'essiccazione delle costruzioni
- Trovare i guasti nella linea di alimentazione e nel riscaldamento centralizzato
- Rilevare i guasti elettrici

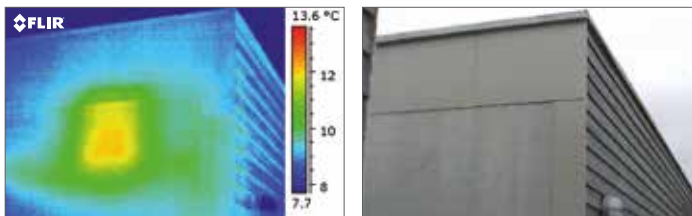
Le termocamere sono lo strumento perfetto per trovare ed identificare problemi negli edifici, poiché rendono visibile l'invisibile. In un'immagine termica i problemi saltano subito all'occhio. Le termocamere sono gli strumenti ideali per VEDERE davvero tutto.

Un'immagine termica che includa dati accurati di temperatura fornisce ad un esperto edile importanti informazioni sulle condizioni di isolamento, infiltrazioni di umidità, comparsa di muffa, guasti elettrici, la presenza di ponti termici e le condizioni dei sistemi di climatizzazione (HVAC).

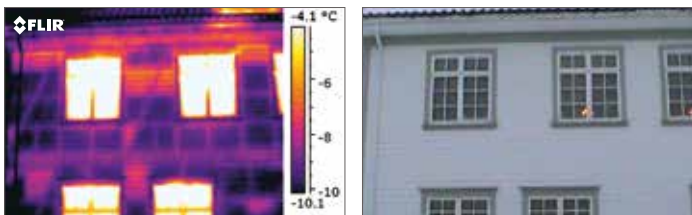
Le termocamere sono strumenti talmente validi e versatili che non è possibile elencarne tutte le possibili applicazioni. Ogni giorno vengono sviluppati nuovi ed innovativi metodi di utilizzo di questa tecnologia. In questa sezione del manuale, elenchiamo solo alcune delle principali applicazioni dove è possibile utilizzare una termocamera ad infrarossi.

## Difetti di isolamento ed infiltrazioni d'aria

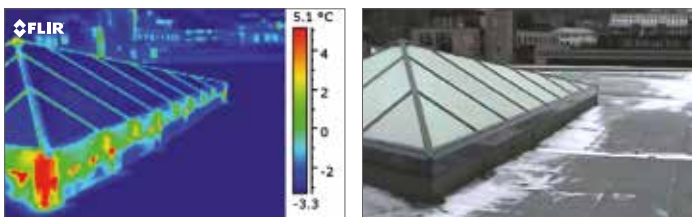
La termografia è uno strumento eccezionale per individuare i difetti di un edificio quali la mancanza di isolamento, la sfaldatura dei rinzaffi ed i problemi di condensa.



*Questo edificio è più caldo all'interno. Si tratta di una costruzione a strati: calcestruzzo - isolamento - calcestruzzo. Manca una sezione di isolamento che non è possibile scorgere visivamente né dall'interno né dall'esterno. In questo caso la termografia ad infrarossi consente di vedere ciò che sfugge all'occhio umano.*

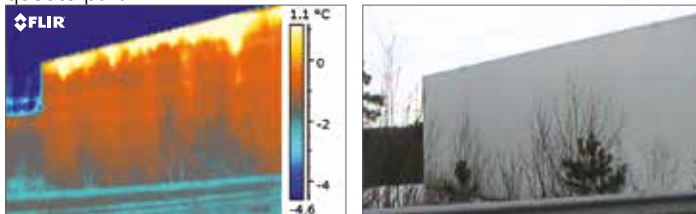


*Costruzione a telaio. Mancano molte sezioni di isolamento, come evidenziato dai colori più caldi.*



*Lucernario sopra un cortile interno. Non penetra acqua, ma ci sono infiltrazioni d'aria. L'aria calda fuoriesce a causa della sovrappressione. E' necessario sigillare il lucernario.*

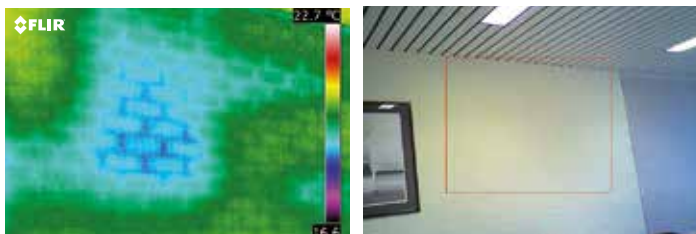
I magazzini con pareti e tetti prefabbricati ben isolati possono essere soggetti a perdite energetiche nei punti di giunzione di queste parti.



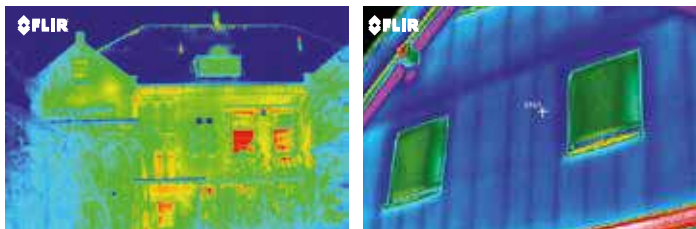
*Un magazzino con una significativa fuoriuscita di aria calda tra i muri e il tetto. Queste giunzioni devono essere migliorate per arrestare la forte perdita energetica.*

Quando si utilizza una termocamera per individuare la mancanza di isolamento o perdite energetiche, la differenza di temperatura tra l'interno dell'edificio e l'esterno dovrebbe preferibilmente essere di almeno 10 °C. Se si utilizza una termocamera con alta risoluzione d'immagine ed elevata sensibilità termica la differenza di temperatura può essere minore.

Nei climi freddi, gli edifici vengono spesso ispezionati d'inverno. In climi più caldi, laddove è importante verificare se un edificio è ben isolato per assicurarsi di mantenere all'interno l'aria fredda generata dai sistemi di condizionamento (HVAC), i mesi estivi possono essere ideali per questi tipi di ispezione termica.

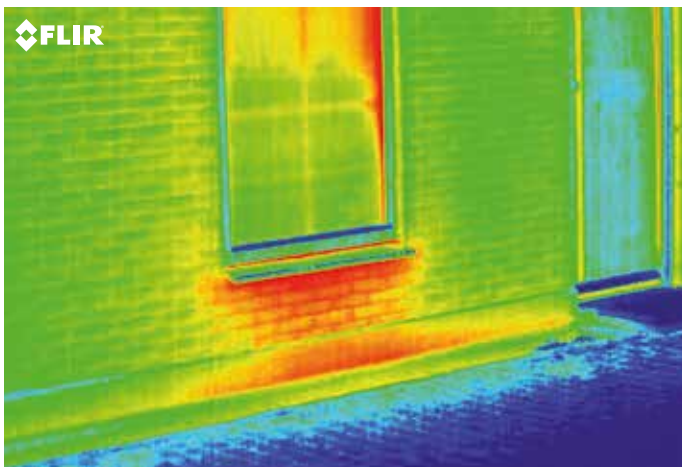


*Isolamento mancante in parti della parete.*



*Ispezione termografica dall'esterno: le immagini termiche indicano chiaramente un isolamento scarso o mancante.*





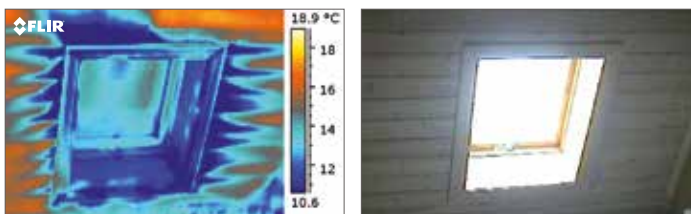
*L'immagine termica evidenzia chiaramente un isolamento insufficiente nella parete sotto il soffitto.*

### **Individuazione di fughe d'aria**

Le fughe d'aria determinano un maggior consumo energetico e spesso sono la causa di malfunzionamenti del sistema di ventilazione. Le fughe d'aria possono consentire anche la formazione di condensa che a sua volta pregiudica la climatizzazione interna.

Per rilevare fughe d'aria con una termocamera ad infrarossi, è necessario che vi sia una differenza di temperatura e di pressione sulla costruzione.

La termocamera consente di individuare casi tipici che si verificano quando entra aria fredda da una fessura: corre lungo una superficie e la raffredda. L'ispezione termografica dovrebbe essere sempre condotta sul lato della costruzione avente pressione negativa. Le fughe d'aria vengono spesso evidenziate mediante il test noto con il nome di "Blower-Door". Ulteriori informazioni relative ai test "Blower-Door" vengono fornite nelle pagine successive del manuale.

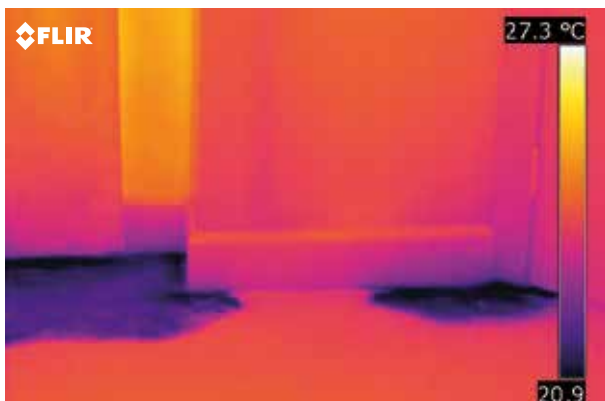


*L'immagine mostra fughe d'aria tra il soffitto e la finestra.*

## Individuazione della presenza di umidità

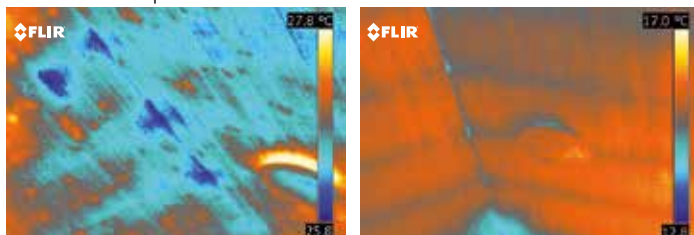
L'umidità è la causa più comune di deterioramento di un edificio. Le infiltrazioni d'aria possono causare la formazione di condensa all'interno dei muri, nei pavimenti e nei soffitti. Un isolamento umido richiede molto tempo per asciugarsi e diventa un luogo di formazione di muffe e funghi.

L'osservazione mediante l'uso di una termocamera ad infrarossi consente di individuare la presenza di umidità che crea un ambiente favorevole alla formazione di muffe. Talvolta se ne sente l'odore, ma non è possibile capire dove di sta formando. Un'ispezione termografica rileverà dove si trovano le aree intrinsecamente umide che favoriscono la crescita di muffe che possono provocare anche danni alla salute.



*Infiltrazioni di umidità nel pavimento, invisibili ad occhio nudo, ma chiaramente evidenziate nell'immagine ad infrarossi.*

L'umidità può essere difficile da individuare ed il trucco consiste nel far cambiare la temperatura dell'edificio. In tal modo si rendono chiaramente visibili i materiali umidi, poiché cambiano temperatura molto più lentamente dei materiali asciutti. Mentre altri metodi misurano la temperatura solo in un punto, una termocamera può scansionare rapidamente un'intera area.



*Immagini ad infrarossi relative allo stesso soffitto. Nell'immagine a sinistra la temperatura della stanza è stata modificata dal riscaldamento e ciò rende chiaramente visibile la presenza di umidità.*

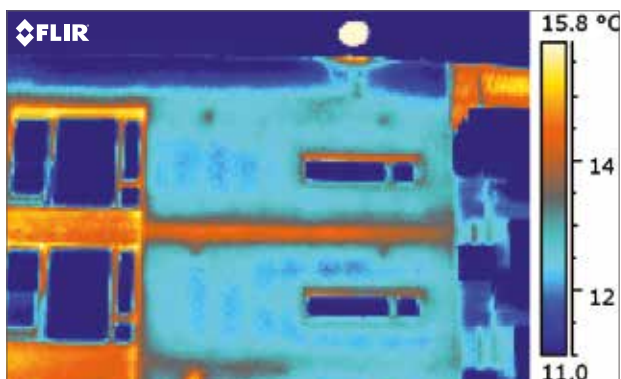
## Ponti termici

Un'altra applicazione riguarda l'individuazione di ponti termici, che indicano i punti in un edificio dove avviene uno spreco di energia.

Un ponte termico è un'area di struttura edile che presenta una minore resistenza termica. E' determinato da vincoli costruttivi. Il calore segue il percorso più facile dallo spazio riscaldato verso l'esterno - il percorso con la resistenza minore.

Gli effetti tipici dei ponti termici sono:

- Temperature delle superfici interne diminuite; nei peggiori casi questo può determinare problemi di condensa, specie negli angoli
- Maggiori perdite di calore
- Aree fredde negli edifici



*L'immagine mostra un ponte termico in uno dei piani.*



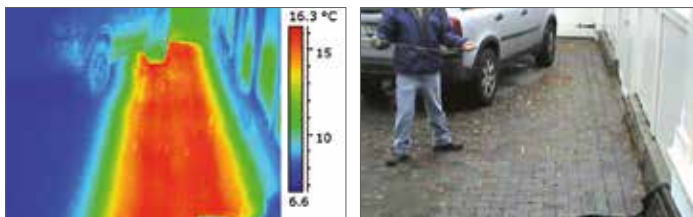
*L'immagine termica evidenzia i ponti termici tra le travi del tetto ed il muro adiacente.*

## Linee di alimentazione e teleriscaldamento

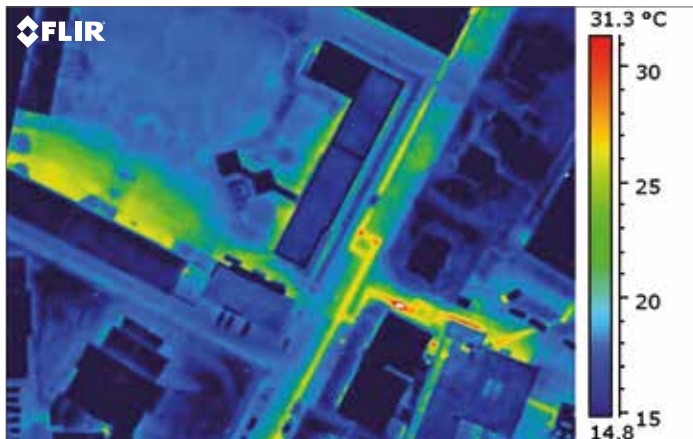
Nei climi freddi, si usa riscaldare marciapiedi ed aree di parcheggio.

Questa pratica è comune anche con il teleriscaldamento, un sistema per distribuire il calore generato in un sito centralizzato per soddisfare le richieste di riscaldamento residenziali commerciali.

Un'ispezione termografica è in grado di rilevare facilmente qualsiasi difetto o guasto nelle condutture o tubazioni di qualsiasi sistema di riscaldamento interrato. Una termocamera può aiutare ad identificare la posizione precisa del guasto in moda da minimizzare l'entità del lavoro di riparazione.



*I guasti in un sistema di teleriscaldamento sono chiaramente visibili con una termocamera.*



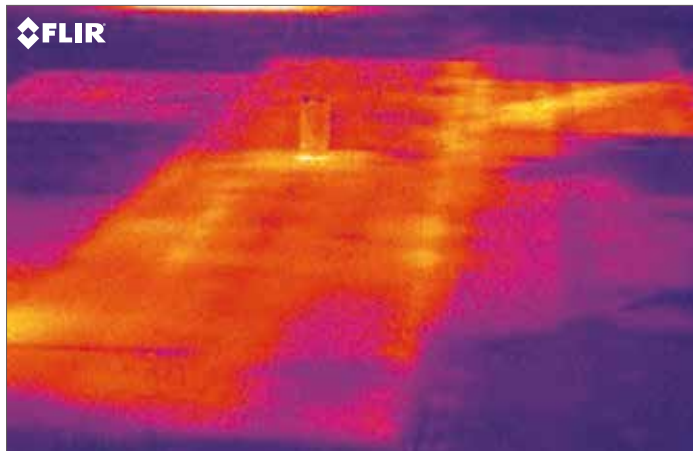
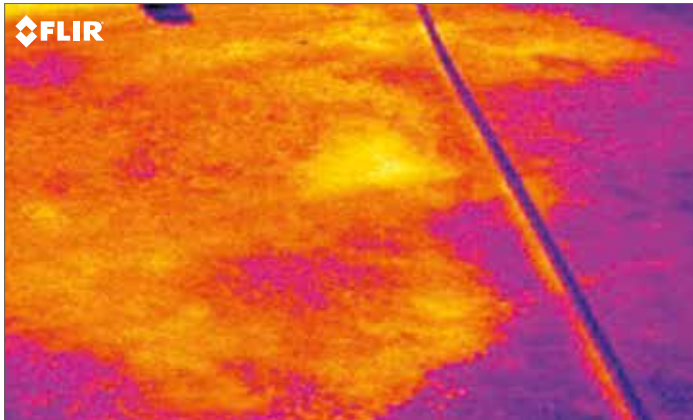
*Un'immagine termica, ripresa dall'alto, evidenzia perdite e difetti di isolamento nel sistema di teleriscaldamento.*

### **Individuazione di infiltrazioni d'acqua in tetti piani**

La termografia può essere utilizzata anche per individuare infiltrazioni d'acqua nei tetti piani.

L'acqua trattiene il calore più a lungo rispetto ad altri materiali del tetto, e può essere facilmente individuata impiegando una termocamera, nel tardo pomeriggio o nel corso della notte, quando il resto del tetto si è raffreddato.

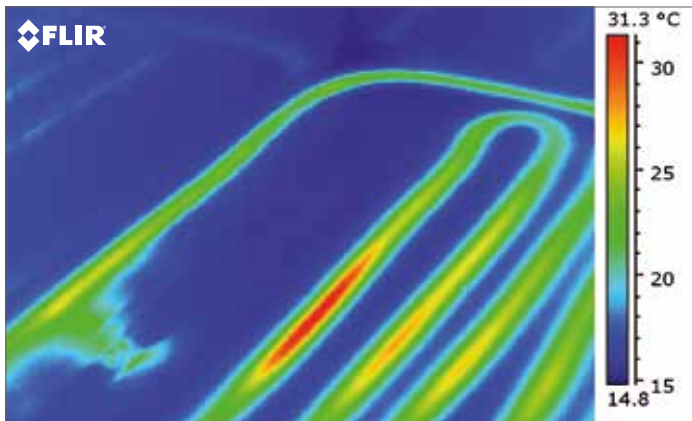
Potendo riparare solo le aree umide, evitando così di dover sostituire l'intero tetto, il risparmio che si ottiene in termini di tempo e denaro è davvero notevole.



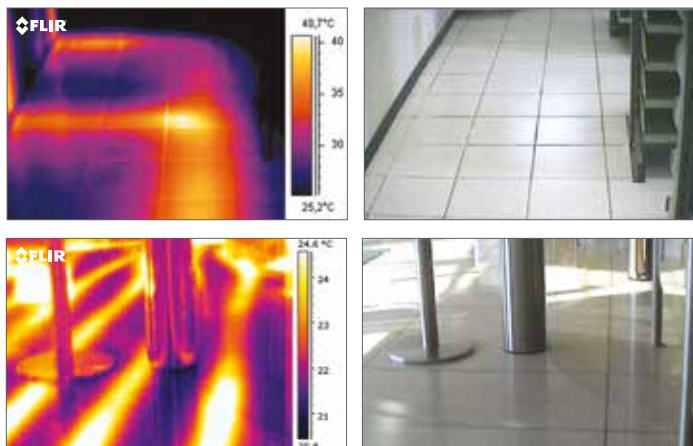
*Infiltrazioni d'acqua in tetti piani.*

## Individuazione di perdite nel riscaldamento a pavimento

La termocamera ad infrarossi è uno strumento semplice da utilizzare per individuare e controllare se vi sono perdite nelle tubature, anche quando i tubi per l'acqua vengono interrati nel pavimento o sotto l'intonaco. Il calore dei tubi si irradia attraverso la superficie ed il percorso può essere facilmente visualizzato con una termocamera.



*L'immagine ad infrarossi mostra la perdita d'acqua nel sistema di riscaldamento a pavimento.*



*Problemi nel sistema di riscaldamento a pavimento sono chiaramente visibili con una termocamera ad infrarossi.*

## Controllo Qualità

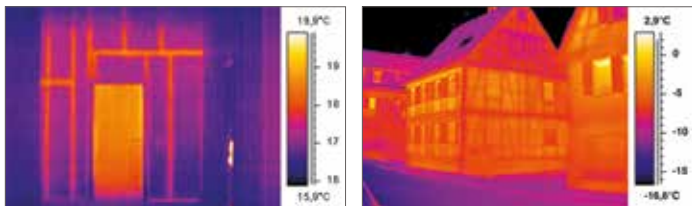
La termografia ad infrarossi viene impiegata anche per effettuare il controllo qualità e l'ispezione dei nuovi edifici.

Durante la fase di asciugatura di una costruzione, le immagini ad infrarossi consentono di determinare come procede l'asciugatura così da poter prendere le misure necessarie per accelerare il processo.

Se si riesce ad accelerare tale processo e dimostrare, con l'aiuto di una termocamera ad infrarossi, che la costruzione è totalmente asciutta, la si può consegnare al cliente in tempi più rapidi.

## Ristrutturazioni edili

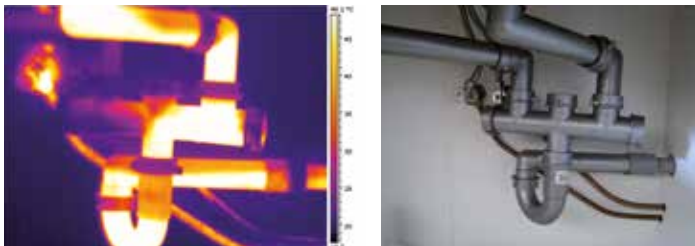
Le immagini termiche forniscono preziose informazioni nel corso di ristrutturazioni di edifici e monumenti. Le strutture, nascoste sotto l'intonaco minerale, diventano chiaramente visibili in un'immagine ad infrarossi ed è così possibile decidere se è utile esporle. Inoltre, è possibile individuare tempestivamente il distacco di intonaco dalle pareti e prendere le necessarie misure di conservazione.



*L'utilizzo di immagini termiche rende chiaramente visibili le strutture nascoste.*

## Impianti idraulici

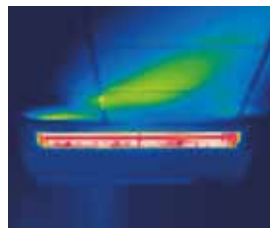
La termocamera è lo strumento ideale per rilevare tubi ostruiti o rotti ed altre problematiche relative agli impianti idraulici. Anche se le tubazioni passano sotto il pavimento o all'interno di una parete è possibile identificare precisamente la posizione del guasto facendo scorrere acqua calda nei tubi. Il calore si irraderà e l'area problematica apparirà chiaramente visibile nell'immagine ad infrarossi.



*Rileva facilmente problemi o guasti agli impianti idraulici mediante l'uso di una termocamera ad infrarossi*

## Installazioni HVAC

I sistemi di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria (HVAC) devono essere mantenuti in corretto stato di funzionamento. Devono fornire aria al giusto grado di umidità e temperatura e filtrare qualunque inquinante interno. La termografia ad infrarossi è in grado di verificare facilmente se i sistemi HVAC funzionano correttamente. Se non funzionano in modo ottimale possono determinare una qualità dell'aria scadente all'interno dell'edificio.



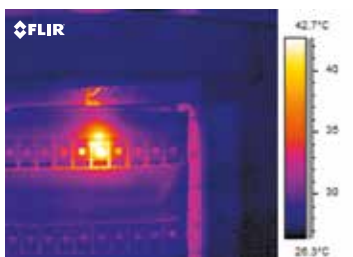
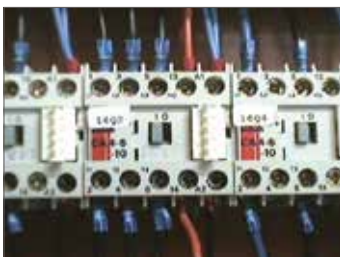
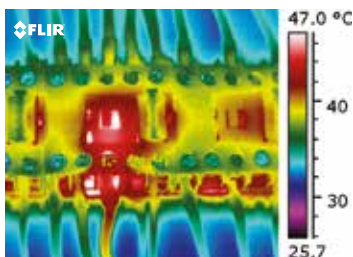
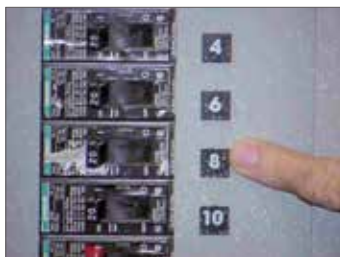
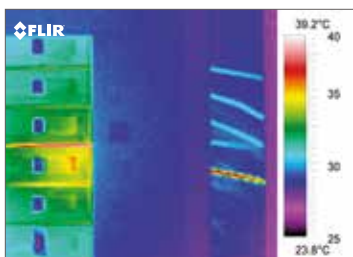


## Guasti elettrici

Qualunque edificio possiede un impianto elettrico. Le termocamere possono essere utilizzate per effettuare scansioni di quadri elettrici, fusibili, collegamenti e molto altro ancora.

I problemi elettrici così rilevati, invisibili all'occhio umano ma individuabili rapidamente con una termocamera, possono essere facilmente riparati. Se non sistemati, i problemi elettrici possono causare temperature elevate. Inoltre, possono generare scintille, in grado di scatenare incendi.

Per maggiori informazioni riguardanti le ispezioni di impianti elettrici mediante l'uso di una termocamera, si consiglia la lettura del "Manuale di Termografia ad Infrarossi per Applicazioni Industriali", pubblicato da FLIR Systems.



*Uno dei fusibili si è surriscaldato: ci potrebbe essere il rischio di incendio.*

# 4

## Fisica degli edifici

Per poter interpretare correttamente le immagini termiche è necessario che l'operatore conosca il modo in cui i diversi materiali e circostanze influiscono i dati di temperatura rilevati dalle termocamere. Alcuni dei più importanti fattori che influenzano le letture di temperatura sono:

### 1. Conducibilità termica

Ogni tipo di materiale ha specifiche proprietà termiche. I materiali isolanti tendono a riscaldarsi lentamente, mentre i metalli si riscaldano rapidamente. Questa è la conducibilità termica. In alcune situazioni, le diverse proprietà termiche di due materiali possono causare grandi differenze di temperatura.

### 2. Emissività

Per leggere le temperature corrette, è necessario prendere in considerazione un fattore importante, noto come emissività. L'emissività è il grado di efficienza nell'emissione della radiazione infrarossa da parte di un oggetto. Essa dipende notevolmente dalle proprietà del materiale.



*Guardando quest'immagine si potrebbe pensare che la pittura dorata sia più fredda rispetto alla superficie della tazza. In realtà hanno la stessa identica temperatura; la diversa intensità della radiazione infrarossa dipende dalla loro differente emissività.*

E' estremamente importante impostare la corretta emissività nella termocamera, per assicurare le letture di temperatura corrette. Le termocamere ad infrarossi di FLIR Systems hanno impostazioni predefinite di emissività per numerosi materiali. Gli altri valori sono reperibili sulla tabella delle emissività.



*L'immagine termica sulla sinistra ha la corretta impostazione di emissività per la pelle umana (0,97) e la lettura della temperatura è corretta (36,7 °C). Per l'immagine termica sulla destra è stata inserita un'emissività sbagliata (0,15), che ha generato la falsa lettura della temperatura (98,3 °C).*

### **3. Riflessi**

Alcuni materiali, come la maggior parte dei metalli, riflettono le radiazioni termiche in modo simile a quello in cui uno specchio riflette la luce visibile. I riflessi possono causare una cattiva interpretazione dell'immagine termica; il riflesso della stessa radiazione termica dal corpo dell'operatore o da una lampadina può causare una lettura di temperatura errata. L'operatore deve quindi scegliere accuratamente l'angolo dove puntare la termocamera per evitare tali riflessi.



*La finestra riflette la radiazione termica, quindi per una termocamera la finestra agisce come uno specchio.*

Se la superficie del materiale ha una bassa emissività e c'è una grande differenza di temperatura tra l'oggetto e l'ambiente, il riflesso della radiazione incidente influenzerà le letture della termocamera. Per risolvere questo problema FLIR ha incluso nelle proprie termocamere una opzione di impostazione della temperatura apparente riflessa.

#### **4. Temperature esterne ed interne**

Per rilevare isolamenti mancanti o non correttamente funzionanti utilizzando una termocamera, occorre una differenza tra temperatura interna ed esterna. Spesso è possibile lavorare con differenze di temperatura inferiori, ma solitamente è consigliabile una differenza di temperatura di almeno 10 °C tra i due lati della parete.

Tali ispezioni vengono tipicamente effettuate sia dall'interno, sia dall'esterno. L'isolamento mancante, danneggiato o non funzionante si evidenzierà chiaramente se la differenza di temperatura è sufficiente.

L'utente dovrebbe conoscere la temperatura interna ed esterna e dovrebbe anche informarsi se si sono verificati significativi cambiamenti di temperatura nelle ultime 24 ore.

#### **5. Influenze sull'esterno di un edificio**

Probabilmente è evidente che la luce solare diretta può influenzare le letture termiche, ma l'illuminazione solare può anche avere effetti più a lungo termine. La luce solare diretta e le ombre possono influenzare la conformazione termica di una superficie anche molte ore dopo la fine dell'esposizione alla luce solare. Anche differenze di conduttività termica possono causare differenze di conformazione termica. I mattoni cambiano temperatura molto più lentamente del legno, per esempio. Anche il vento può influenzare i dati termici. I flussi di aria raffreddano le superfici dei materiali, riducendo le differenze di temperatura tra aree calde e fredde.

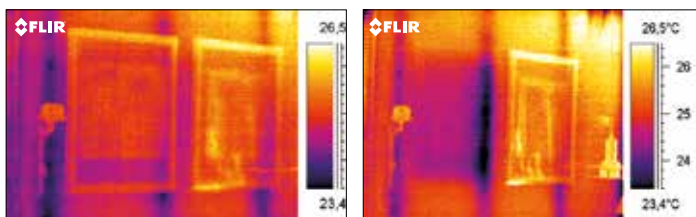
Un altro fattore ovvio che può rendere inutili le ispezioni termiche è la pioggia, poiché raffredda le temperature di superficie. Anche una volta terminata la pioggia l'evaporazione dell'acqua raffredda il materiale di superficie. Questo può ovviamente modificare la conformazione termica.

#### **6. Sistemi di riscaldamento e ventilazione**

Anche in ambienti interni possono verificarsi influenze esterne sulle temperature di superficie. La temperatura ambientale può influenzare la temperatura superficiale dell'oggetto, ma c'è anche un altro fattore da tenere in considerazione: la climatizzazione. I sistemi di riscaldamento generano differenze di temperatura che possono causare una errata lettura delle conformazioni termiche. I flussi di aria fredda dai ventilatori o dai condizionatori possono avere l'effetto opposto, raffreddando la superficie.

## 7. Influenze sull'interno di un edificio

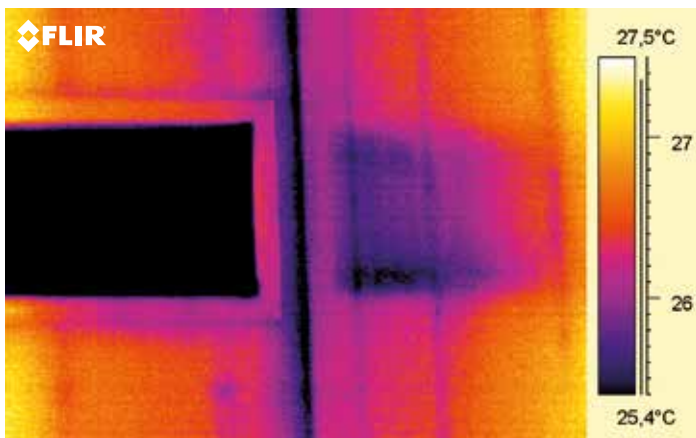
Scaffali, armadi e quadri appesi alla parete possono cambiare la conformazione termica. Questi esempi di mobilio e decorazioni murali hanno un effetto isolante. Se tali oggetti vengono rimossi dalla parete, quella parte della parete apparirà più fredda nell'immagine termica. Potrebbe essere interpretato erroneamente come mancanza di isolamento. Per questo motivo è consigliabile rimuovere gli oggetti dalla parete almeno 6 ore prima dell'ispezione.



Due immagini termiche della stessa parete. La temperatura all'esterno è minore di quella all'interno. L'immagine sulla destra mostra cosa può accadere rimuovendo un quadro dalla parete. L'area fredda dietro il quadro ha la stessa dimensione dell'area tra i due chiodi nella parete dando l'impressione di un'area in cui manca l'isolamento.

## 8. Riflessi dall'ambiente circostante

Quando si inquadra un oggetto riflettente, occorre scegliere un'angolazione che minimizzi i riflessi sull'immagine. Il riflesso può provenire dal calore del proprio corpo, da qualche altra fonte di calore in zona, da un macchinario, una lampadina o un trasformatore. I riflessi determineranno letture errate nell'immagine termica e se non comprese, condurranno ad errori di valutazione.



L'immagine mostra i riflessi su un muro interno (a destra) causati da una finestra a sinistra.

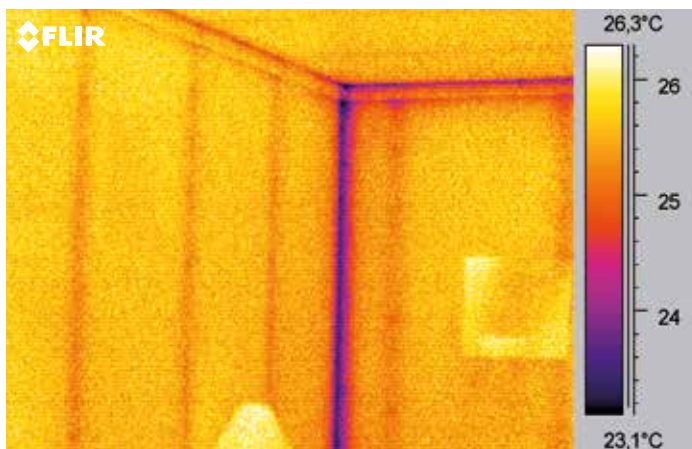
## 9. Tipi di materiali usati nella costruzione

Alcuni materiali, per esempio il calcestruzzo, sono termicamente lenti, ovvero cambiano temperatura molto lentamente.

Altri materiali, come la maggior parte dei metalli, cambiano temperatura rapidamente. Per poter interpretare correttamente i risultati, l'operatore termografico deve sapere se si sono verificati forti sbalzi di temperatura all'esterno o all'interno prima che abbia luogo l'ispezione - poiché questo può influenzare i dati di temperatura.

## 10. Come è realizzata la costruzione

Una parete esterna può essere realizzata con un'intercapedine d'aria tra il rivestimento esterno e il resto della struttura. Tale tipo di costruzione non è idonea al controllo dall'esterno. Un qualsiasi telaio nella struttura della parete diviene più freddo visto dall'interno (a condizione che sia più caldo all'interno). Dal lato freddo si verifica la situazione opposta. Si tratta di modelli caratteristici previsti e non è evidenziata nessuna anomalia.



*Immagine termica ripresa dall'interno. Il telaio è visibile, così come lo sono le viti che fissano la copertura esterna al telaio. L'angolo è chiaramente più freddo, un fenomeno detto "effetto angolo", ma non c'è nulla di sbagliato.*



# 5

## Termocamere per l'ispezione di celle fotovoltaiche

### Energie Rinnovabili

La scarsità di fonti energetiche tradizionali quali il carbone, il gas ed il petrolio hanno portato ad un innalzamento dei relativi prezzi. Inoltre, si è diffusa la convinzione che non è possibile inquinare il nostro pianeta utilizzando i carburanti fossili.

Con un impianto fotovoltaico sul proprio tetto è possibile convertire la luce solare in elettricità e generare un buon guadagno. L'energia solare può essere un investimento redditizio. Per ottenere il massimo ritorno sugli investimenti ed un'elevata produzione nei decenni, tuttavia, l'alta qualità è un elemento chiave. Il modulo solare, la parte più importante di un sistema fotovoltaico, deve essere in grado di continuare a produrre elettricità per molti anni. Per assicurare il regolare funzionamento durante l'intero ciclo di vita del modulo solare, le termocamere FLIR possono svolgere un ruolo molto importante.

Man mano che si riducono le riserve di combustibili fossili, i prezzi di carbone e petrolio raggiungono nuovi record e molti si rivolgono al sole come nuova fonte di energia rinnovabile. Ma i pannelli solari sono soggetti ad usura. Le termocamere ad infrarossi possono pertanto essere impiegate per ispezionare i pannelli solari installati sui tetti.

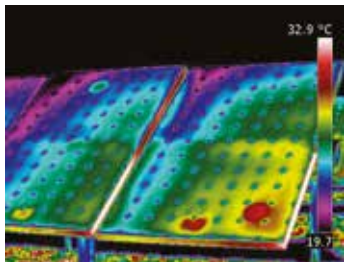
### Ispezione dei pannelli solari

L'uso delle termocamere per la valutazione dei pannelli solari offre diversi vantaggi. Le anomalie sono facilmente individuabili su un'immagine nitida e - a differenza della maggior parte degli altri metodi - le termocamere possono essere utilizzate per effettuare l'ispezione di pannelli solari installati durante il loro normale funzionamento. Infine, le termocamere permettono di svolgere la scansione di aree di grandi dimensioni in un breve periodo di tempo.

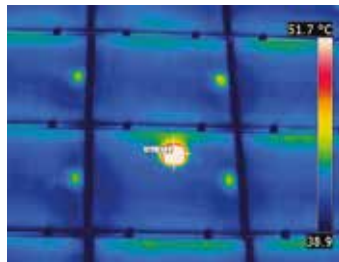




Con una termocamera, le potenziali aree problematiche possono essere individuate prima che si verifichino reali problemi o guasti. Ma non tutte le termocamere sono idonee all'ispezione delle celle solari ed esistono alcune regole e linee guida da seguire per effettuare ispezioni efficienti e garantire di giungere alle corrette conclusioni.



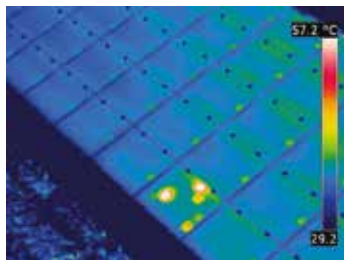
*Questi punti rossi indicano moduli che sono continuamente più caldi degli altri, evidenziando giunzioni difettose.*



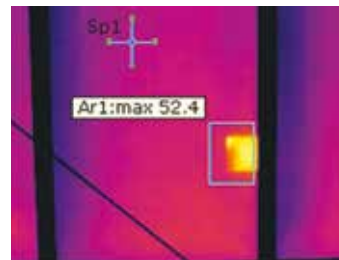
*Questo punto caldo all'interno di una cella solare evidenzia danni fisici all'interno della cella.*

### **Procedure per l'ispezione di pannelli solari mediante l'uso di termocamere ad infrarossi**

Per garantire sufficiente contrasto termico nell'analisi sul campo delle celle solari è necessario un irraggiamento solare uguale o maggiore di  $500 \text{ W/m}^2$ . I migliori risultati sono ottenibili con un irraggiamento solare di  $700 \text{ W/m}^2$ . L'irraggiamento solare descrive la potenza istantanea che incide su una superficie in unità di  $\text{kW/m}^2$ , e può venire misurato con un piranometro (per la radiazione solare globale) o con un pireliometro (radiazione solare diretta). Dipende fortemente dalla posizione e dalle condizioni meteorologiche locali. Temperature esterne basse possono incrementare il contrasto termico.



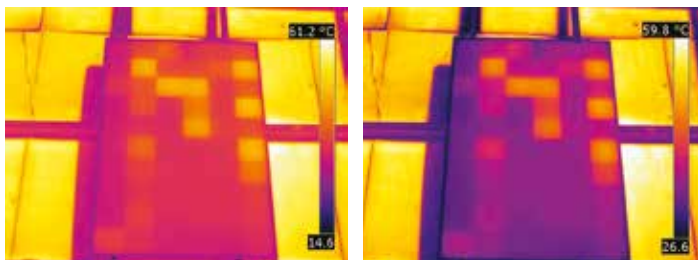
*Questa immagine termica mostra un esempio della cosiddetta 'configurazione patchwork', che indica che questo pannello ha un diodo di bypass difettoso.*



*Questa immagine termica mostra un punto caldo dovuto alla rottura di una cella in un modulo standard da 60 celle.*

### Che tipo di termocamera è necessaria?

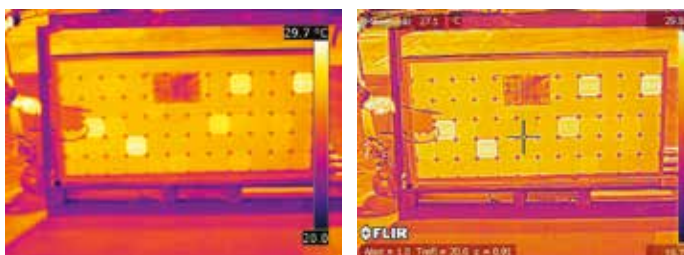
Le termocamere portatili per il mercato delle costruzioni tipicamente dispongono di un detector microbolometrico non raffreddato sensibile nella banda in 8–14  $\mu\text{m}$ . Tuttavia il vetro non è trasparente in questa banda. Quando un pannello solare viene ispezionato dal lato anteriore, una termocamera rileva la distribuzione di calore sulla superficie del vetro e rileva solo indirettamente la distribuzione di calore nelle celle sottostanti. Pertanto le differenze di temperatura che possono venire misurate e visualizzate sulla superficie di vetro del pannello solare sono piccole. Perché queste differenze divengano visibili, la termocamera usata per queste ispezioni richiede una sensibilità termica  $\leq 0,08\text{K}$ . Per visualizzare chiaramente piccole differenze di temperatura nell'immagine termica, la termocamera dovrebbe consentire anche la correzione manuale di livello e campo.



*Immagine termica con livello e campo in modalità automatica (sinistra) e manuale (destra).*

I moduli fotovoltaici vengono generalmente montati su telai in alluminio molto riflettenti, che si evidenziano come aree fredde nell'immagine termica perché riflette la radiazione termica proveniente dal cielo. In pratica ciò implica che la termocamera potrebbe visualizzare la temperatura del telaio come se fosse ben al di sotto di  $0^{\circ}\text{C}$ . Poiché l'algoritmo di visualizzazione della termocamera si adatta automaticamente alle temperature minime e massime rilevate, molte piccole anomalie termiche potrebbero non essere immediatamente visibili. Per ottenere un'immagine termica ad elevato contrasto sarebbe necessaria una continua taratura manuale di livello e campo.

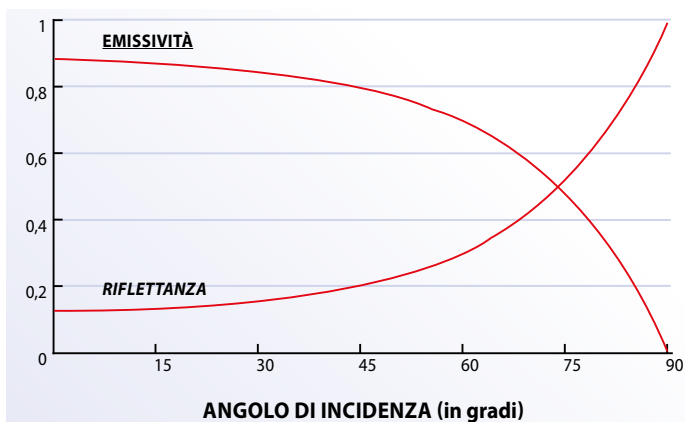
La funzionalità detta DDE (Digital Detail Enhancement) offre la soluzione. Questo sistema di ottimizzazione del contrasto (DDE) ottimizza automaticamente il contrasto dell'immagine in inquadrature ad elevata gamma dinamica in modo che l'immagine termica non debba più venire tarata manualmente. Una termocamera che dispone di DDE è pertanto idonea a realizzare ispezioni di pannelli solari in modo rapido ed accurato.



*Immagine termica senza DDE (sinistra) e con DDE (destra)*

### **Posizionamento della termocamera: occorre tener conto dei riflessi e dell'emissività**

Sebbene il vetro abbia una emissività di 0,85–0,90 nella banda 8–14  $\mu\text{m}$  le misurazioni termiche su superfici di vetro non sono facili da effettuare. I riflessi su vetro sono speculari, pertanto gli oggetti circostanti con diverse temperature possono essere visualizzati chiaramente nell'immagine termica. Nel caso peggiore, ne risultano delle errate interpretazioni (falsi "punti caldi") ed errori di misurazione.



*Dipendenza dall'angolazione dell'emissività del vetro*

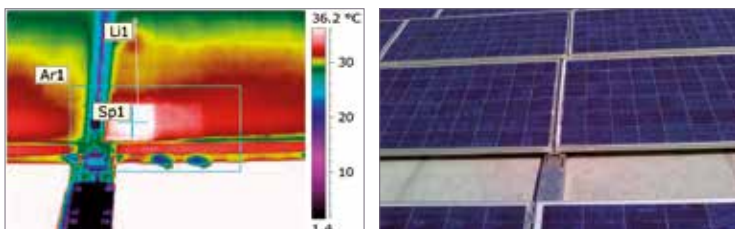


*Angoli di ripresa consigliati (verde) e da evitare (rosso) nelle ispezioni termografiche.*

Per evitare riflessi nel vetro della termocamera e dell'operatore, non è opportuno posizionarsi perpendicolarmente al modulo oggetto di ispezione. Tuttavia, il picco di emissività corrisponde alla posizione perpendicolare della termocamera e diminuisce all'aumentare dell'angolo. Angoli tra 5 e 60° offrono un buon compromesso (dove 0° indica la posizione perpendicolare).

### **Osservazioni a grande distanza**

Non è sempre facile riuscire ad impostare un valido angolo di inquadratura nel posizionare la strumentazione per la misurazione. L'utilizzo di un treppiede può costituire una soluzione nella maggior parte dei casi. In condizioni più difficili può essere necessario ricorrere a piattaforme di lavoro mobili o persino sorvolare l'impianto solare in elicottero. In tali casi, la maggiore distanza dall'oggetto osservato può rivelarsi un vantaggio, poiché un'area più ampia può venire ripresa in un unico passaggio. Per assicurare la qualità dell'immagine termica, per le grandi distanze è consigliabile impiegare una termocamera con risoluzione di immagine di almeno 320 × 240 pixel, e preferibilmente 640 × 480 pixel.

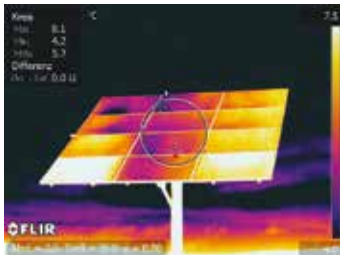


*Le celle solari difettose generano un eccesso di calore, rendendole facili da individuare con i metodi termografici.*

La termocamera impiegata dovrebbe anche disporre di ottiche intercambiabili, in modo che l'operatore possa far uso di un teleobiettivo per le riprese a grande distanza, come può essere nel caso di sorvolo in elicottero. Tuttavia è consigliabile ricorrere a teleobiettivi solo con termocamere con alte risoluzioni di immagine. Termocamere a bassa risoluzione non potranno rilevare i piccoli dettagli termici indicatori di guasti ai pannelli solari nel caso di misurazioni a grande distanza con teleobiettivo.

### **Osservazione da una prospettiva differente**

Nella maggior parte dei casi i moduli fotovoltaici possono anche venire ispezionati con una termocamera dalla parte posteriore del modulo. Questo metodo minimizza i riflessi che interferiscono dal sole e dalle nuvole. Inoltre, le temperature rilevate dalla parte posteriore potrebbero essere maggiori, poiché la cella viene misurata direttamente e non attraverso la superficie di vetro.



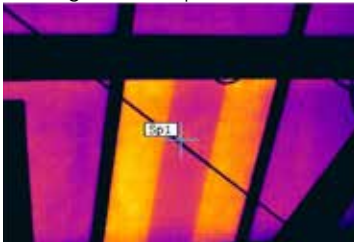
*I punti caldi in questa immagine termica dalla parte anteriore del pannello sembrerebbero indicare un gran numero di celle inefficienti.*



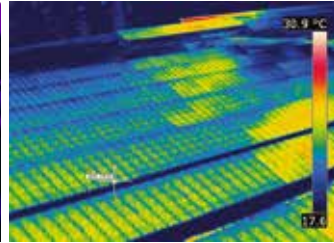
*L'ispezione dalla parte posteriore non evidenzia punti caldi, portando a concludere che i punti caldi dell'immagine precedente ripresi dalla parte anteriore erano in realtà causati dai riflessi delle nuvole.*

## Ambiente e condizioni di misurazione

Nell'effettuare ispezioni termografiche, il cielo dovrebbe essere sereno, poiché le nuvole riducono l'irraggiamento solare e producono interferenza sotto forma di riflessi. Tuttavia immagini valide possono venire riprese anche con cielo coperto, a patto che la termocamera utilizzata sia abbastanza sensibile. Sono preferibili condizioni di vento calmo, poiché qualsiasi flusso d'aria sulla superficie del modulo solare causerà un raffreddamento convettivo, riducendo il gradiente termico. Più è bassa la temperatura dell'aria, più sarà elevato il potenziale contrasto termico. Può essere opportuno effettuare le ispezioni termografiche di prima mattina.



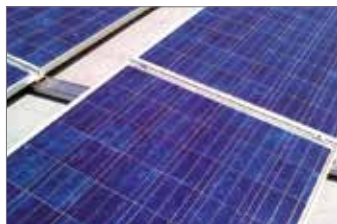
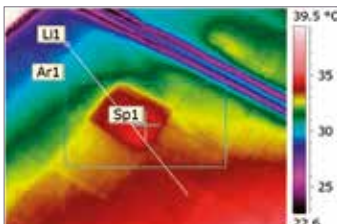
*Due serie di celle appaiono calde nell'immagine termografica, indicando la rottura dei diodi di bypass.*



*Questa immagine termica mostra ampie aree con temperature elevate. Senza ulteriori informazioni non è evidente se si tratta di anomalie termiche o ombre/riflessi.*

Un altro modo per incrementare il contrasto termico consiste nello scollegare le celle dal carico, per prevenire il flusso di corrente, e consentire che il riscaldamento avvenga solo per irraggiamento solare. Successivamente collegare il carico, ed osservare le celle nella fase di riscaldamento.

In condizioni normali, tuttavia, è corretto ispezionare il sistema in normali condizioni operative, ovvero sotto carico. In relazione al tipo di cella e al tipo di guasto o rottura, le misurazioni in condizioni di nessun carico o di corto circuito possono fornire informazioni aggiuntive.



*Con una termocamera è possibile individuare rapidamente problemi come questa cella danneggiata, e risolvere prontamente il difetto.*

## Errori di misurazione

Gli errori di misurazione sono determinati prevalentemente da un posizionamento improprio della termocamera e da condizioni ambientali e di misurazione non ottimali. Tipici errori di misurazione sono causati da:

- un angolo di inquadratura troppo stretto
- cambiamenti nell'irraggiamento solare nel tempo (a causa di cambiamenti nella copertura nuvolosa, per esempio)
- riflessi (per esempio sole, nuvole, edifici circostanti di maggiore altezza, disposizione della misurazione)
- adombramento parziale (per esempio a causa di edifici circostanti o altre strutture).

## Cos'è possibile visualizzare in un'immagine ad infrarossi

Se parti del pannello solare sono più calde di altre, le aree calde si evidenzieranno nell'immagine termica. A seconda della forma e della posizione, questi punti caldi ed aree possono identificare diversi tipi di guasto. Se un intero modulo è più caldo del solito può essere indice di problemi di interconnessione. Se specifiche celle o stringhe di celle appaiono come punto caldo o una 'configurazione patchwork' più calda, la causa può solitamente essere individuata in un guasto ai diodi di bypass, in cortocircuiti interni e in un disaccoppiamento di celle.



*Un test con un pannello solare mostra che i punti caldi possono essere individuati molto facilmente nell'immagine termica, anche dalla parte anteriore.*

Adombramenti e crepe nelle celle si evidenziano come punti caldi o aree poligonali nell'immagine termica. L'innalzamento della temperatura di una cella o di parte di essa, indica una cella difettosa o un adombramento. È opportuno confrontare le immagini termiche ottenute sotto carico, senza carico e in condizioni di corto circuito. Un confronto tra le immagini termiche delle facce anteriore e posteriore del modulo possono fornire preziose informazioni. Naturalmente, per identificare correttamente il guasto, i moduli che presentano anomalie devono anche essere collaudati elettricamente e ispezionati visivamente.

## Conclusioni

L'ispezione termografica di sistemi fotovoltaici consente la rapida individuazione di potenziali difetti a celle e moduli, oltre alla rilevazione di possibili problemi di interconnessione elettrica. Le ispezioni possono essere effettuate sotto normali condizioni operative e non richiedono la disattivazione del sistema.

Per ottenere delle immagini ad infrarossi corrette, è buona norma osservare certe condizioni e procedure di misurazione:

- occorre utilizzare una termocamera idonea, con i suoi relativi accessori;
- è necessario un sufficiente irraggiamento solare (almeno  $500 \text{ W/m}^2$  – meglio  $700 \text{ W/m}^2$ );
- l'angolo di inquadratura deve essere entro i margini di sicurezza (tra  $5^\circ$  e  $60^\circ$ );
- occorre evitare ombre e riflessi.

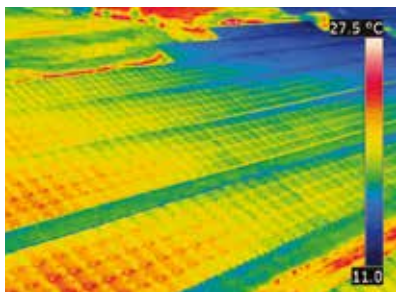
Le termocamere sono impiegate prevalentemente per individuare guasti. La classificazione e la valutazione delle anomalie individuate richiedono una solida comprensione della tecnologia solare, la conoscenza del sistema ispezionato e l'impiego di ulteriori misurazioni elettriche. E' indispensabile, naturalmente, una documentazione completa che comprenda tutte le condizioni dell'ispezione, misurazioni aggiuntive e altre informazioni pertinenti.

Le ispezioni effettuate con una termocamera - a partire da un controllo di qualità in fase di installazione, seguito da verifiche regolari - facilitano un monitoraggio completo e semplice delle condizioni del sistema. Questo aiuta a mantenere il funzionamento dell'impianto solare e ad estenderne la vita utile. L'utilizzo di termocamere per le ispezioni di pannelli solari avrà quindi un impatto determinante sul ritorno sull'investimento per il proprietario del sistema.



*Le immagini, riprese dalla parte posteriore dello stesso pannello solare, mostrano molto meno i riflessi rispetto alla parte anteriore, rendendo molto più accurate le misurazioni di temperatura.*





Per non trarre conclusioni errate è necessario tenere la termocamera ad un angolo corretto nel corso dell'ispezione dei pannelli solari.

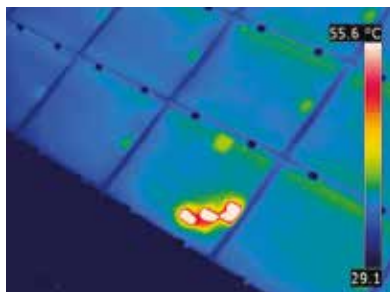
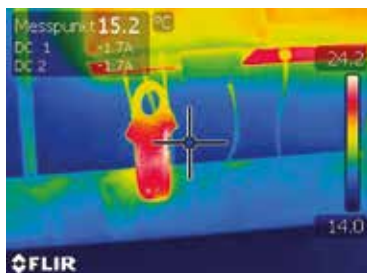


Immagine termica realizzata utilizzando una termocamera FLIR P660 in volo sopra un parco solare. (Termografia concessa da Evi Müllers, IMM)

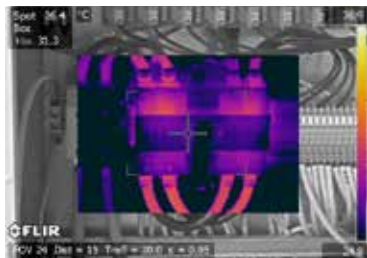
Tipo di errore	Esempio	Appare nell'immagine termografica come:
Difetto di produzione	Impurità e inclusioni di gas	Un 'punto caldo' o 'punto freddo'
	Crepe in celle.	Riscaldamento di celle, di forma prevalentemente allungata
Danni	Crepe	Riscaldamento di celle, di forma prevalentemente allungata
	Crepe in celle.	Una parte di una cella appare più calda
Adombramento temporaneo	Inquinamento	Punti caldi
	Escrementi di uccelli	
	Umidità	
Diodo di bypass difettoso (causa corti circuiti e riduce la protezione del circuito)	N.A.	Una 'conformazione a patchwork'
Interconnessioni guaste	Modulo o serie di moduli non connessi	Un modulo o serie di moduli continuamente più caldi

Tabella 1: Lista di tipici errori dei moduli (Fonte: ZAE Bayern e.V., "Überprüfung der Qualität von Photovoltaik-Modulen mittels Infrarot-Aufnahmen" ["Test qualitativi di moduli fotovoltaici mediante termografia ad infrarosso"], 2007)

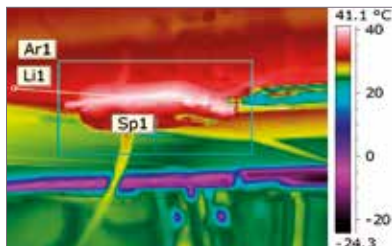
Oltre ad essere impiegate per ispezionare i pannelli solari, le termocamere ad infrarossi sono anche molto utili per la manutenzione dell'intero circuito, compresi i connettori, i cavi, gli inverter, ecc.



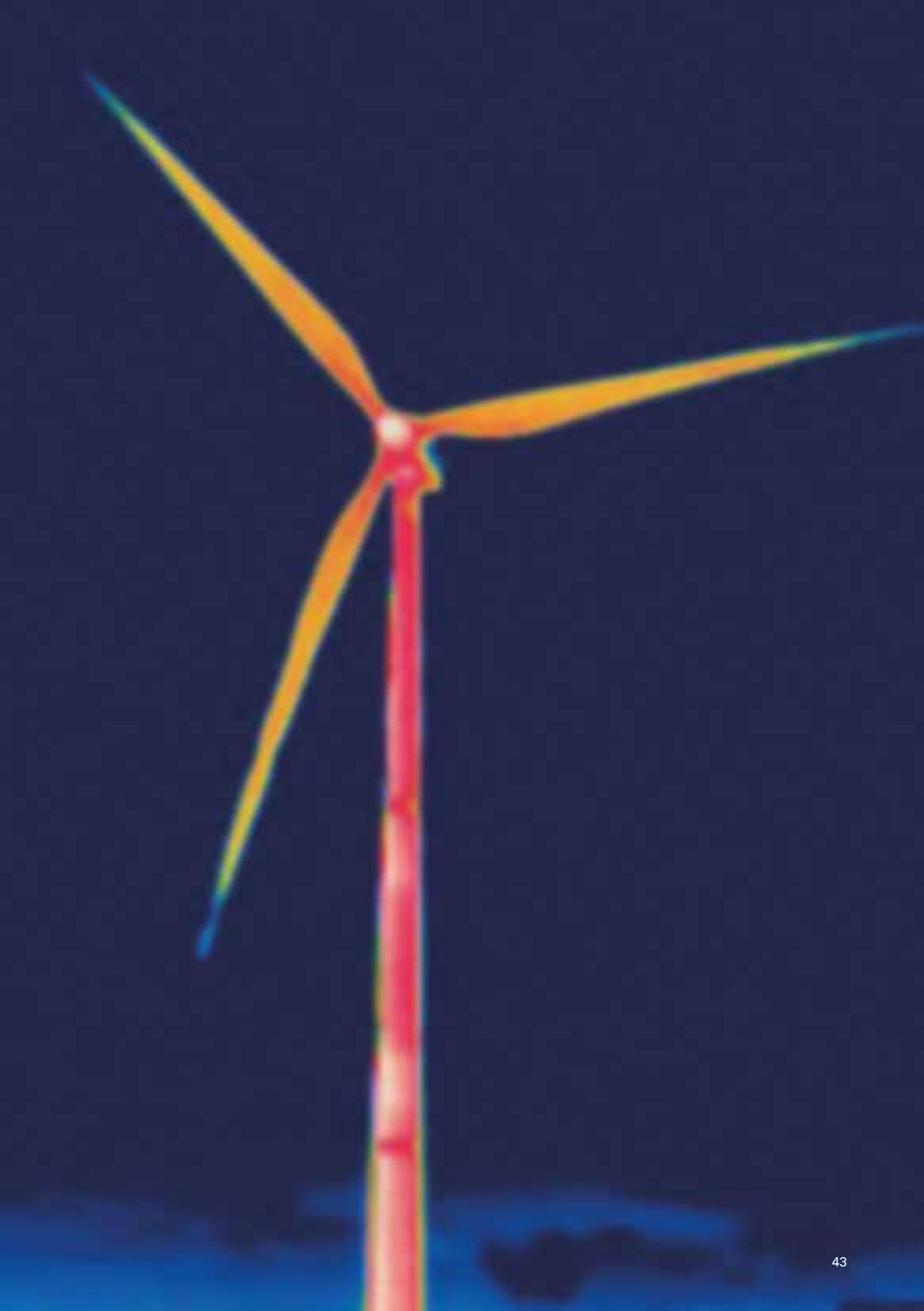
Questo inverter converte la corrente continua prodotta dai pannelli solari in corrente alternata. Le termocamere possono anche essere utilizzate per ispezionare questo tipo di apparecchiature. Una pinza amperometrica esterna Extech può fornire ulteriori informazioni.



Le termocamere FLIR possono essere impiegate per ispezionare l'intera installazione solare, inclusi cavi, connettori, fusibili e inverter, in altre parole: l'intero sistema.



Le termocamere FLIR possono anche essere usate per scansionare gli altri elementi dell'impianto solare, come questo connettore difettoso.



# 6

## Ispezione di turbine eoliche mediante l'uso di termocamere

L'energia ricavata dal vento attraverso le turbine eoliche è una delle forme più comuni di energia rinnovabile. Per questo scopo, ogni anno vengono installate in Europa e nel resto del mondo un numero sempre maggiore di nuove turbine eoliche. Questi impianti richiedono un'attività di monitoraggio e manutenzione. Le termocamere FLIR possono giocare un ruolo importante nei programmi di manutenzione predittiva.



Infatti, le termocamere di FLIR Systems sono utilizzate in tutto il mondo per effettuare ispezioni sugli impianti meccanici ed elettrici. I dati termografici raccolti aiutano a prevenire incidenti di elevata gravità, con i conseguenti ingenti costi di fermo degli impianti. Tutti i componenti critici di una turbina eolica sono monitorabili mediante una termocamera di FLIR Systems.

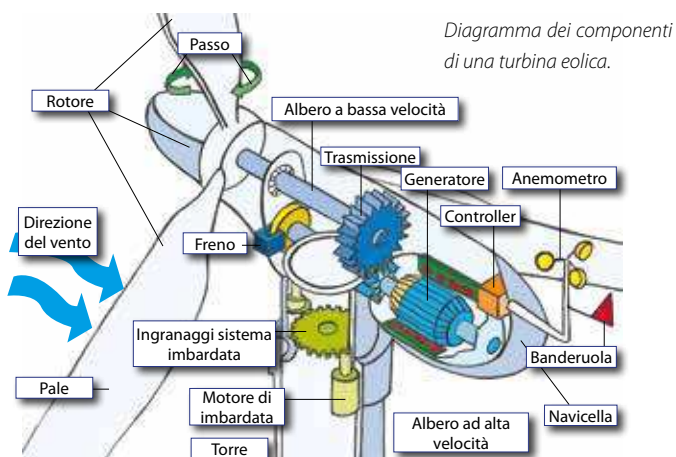


*Immagine termica di una turbina eolica ripresa dal suolo*

## Incidenti

Le turbine eoliche incorporano numerosi componenti elettrici e meccanici di varia natura. Come ogni altra attrezzatura, anche questi componenti sono soggetti ad usura, e possono rompersi. Questa evenienza non solo può causare costosi tempi di fermo macchina, ma anche pericolosi incidenti.

Una causa comune di questi incidenti è un guasto nel meccanismo frenante o nella trasmissione. La trasmissione e il sistema frenante limitano la velocità delle pale, evitando che ruotino troppo rapidamente. Se uno di questi componenti si guasta, la turbina potrà ruotare ad una velocità di molto superiore al normale, sollecitando le pale ad un lavoro notevolmente maggiore alle specifiche costruttive.



## Pericolo di morte

In questa eventualità le estremità delle pale del rotore potrebbero ruotare a centinaia di chilometri l'ora; se una pala o un suo frammento si distaccasse dal rotore, avrebbe quindi accumulato una enorme quantità di energia cinetica e di moto. La pericolosità di questo incidente può assumere connotati anche letali. Ci sono stati molti casi in cui grossi pezzi di pala sono stati rinvenuti a più di dieci chilometri dalla turbina.

Le ispezioni con termocamere possono aiutare a prevenire tali incidenti. Per i componenti meccanici ed elettrici vale la stessa regola: il componente si surriscalda prima di guastarsi. Le termocamere possono quindi essere utilizzate efficacemente per individuare l'innalzamento di temperatura che prelude un guasto. Questi punti caldi sono infatti perfettamente visibili nell'immagine termica.

### **Ecco perché la termografia è un valido ausilio per accertare visivamente la presenza di un problema.**

Dove le altre tecnologie consentono la rilevazione di un problema a carico dell'intero sistema, le termocamere sono in grado di identificare l'esatto componente in causa. Affidabilità, rapidità ed efficienza: la termografia può essere impiegata per localizzare i segni di usura su cuscinetti, alberi motore, ingranaggi e sistemi frenanti, consentendo di intervenire con la riparazione o la sostituzione di componenti prima di un guasto.

### **Verifica dell'intero sistema**

Le termocamere sono utilizzabili per ispezionare componenti elettrici, quali trasformatori, connettori, controller, motori di imbardata ecc.. La termografia è l'unica tecnologia in grado di ispezionare tutti i componenti elettrici e meccanici di una turbina eolica e del relativo sistema elettrico.

### **Termocamera FLIR: lo strumento perfetto**

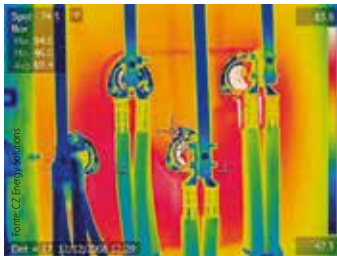
Le squadre di manutenzione delle turbine eoliche di tutto il mondo si avvalgono di termocamere. In questo settore il design della termocamera è un fattore importante per quanto riguarda



*Questo enorme gruppo albero di trasmissione/sistema frenante a disco da 12 tonnellate viene sollevato con una gru a 60 metri di altezza, per essere installato nella navicella della turbina eolica.*



*Ispezione termografica della trasmissione di una turbina eolica. Ispezione termografica svolta a circa 50 metri di altezza.*



*Le termocamere possono risultare particolarmente utili per ispezionare anche l'intero sistema che gravita attorno ad una turbina eolica. Uno di questi connettori trifase, quello più a destra, risulta essere molto più caldo degli altri. Questo difetto è stato individuato e riparato prevenendo un possibile guasto.*

la fruibilità. Tutte le termocamere FLIR sono ispirate ai concetti di compattezza, ergonomia e semplicità d'uso, caratteristiche di fondamentale importanza per gli operatori che spesso per raggiungere la turbina eolica da ispezionare devono arrampicarsi per decine di metri in condizioni disagiate.

Un altro fattore importante è l'obiettivo. FLIR Systems offre ottiche grandangolari opzionali da 45° e 90°. Questo consente di acquisire ampie parti di un impianto in un'unica immagine, anche a distanza ravvicinata. Questa opportunità supplisce efficacemente all'impossibilità di arretrare nel corso dell'ispezione di una turbina eolica a svariati metri di altezza da terra.

FLIR Systems offre una gamma completa di termocamere per il mercato delle costruzioni. Dal modello entry level FLIR i3 compatto, alle funzionali FLIR Serie Ebx e FLIR Serie B, fino alla termocamera avanzata FLIR B660, nel catalogo FLIR Systems è disponibile il tipo di termocamera adatto ad ogni applicazione.



## Scegliere il produttore ideale di termocamere

L'acquisto di una termocamera è un investimento a lungo termine. Per questo motivo non è solo necessario scegliere la termocamera più adatta alle proprie necessità, ma anche un produttore affidabile che possa fornire supporto a lungo termine.

Un marchio affermato dovrebbe offrire:

- **Hardware**  
Ogni utente ha esigenze diverse. Per questo motivo è molto importante che il produttore ti possa offrire un'ampia gamma di termocamere, dai più accessibili modelli entry level ai modelli più avanzati, così che sia possibile scegliere quello che meglio risponde alle tue esigenze.
- **Software**  
Per qualsiasi applicazione è necessario un software in grado di analizzare le immagini termiche e documentare le rilevazioni ai clienti o al management. Scegli una termocamera che possa essere abbinata con il software corretto per la tua applicazione.
- **Accessori**  
Una volta iniziato ad utilizzare una termocamera e a scoprire tutti i vantaggi che offre, si potrebbero presentare nuove necessità. Assicurati di acquistare un sistema che possa crescere con le tue necessità. Il produttore deve essere in grado di fornire diversi tipi di obiettivi, display, ecc.
- **Assistenza**  
Nonostante la maggior parte delle termocamere utilizzate per il mercato delle costruzioni non abbiano mai necessità di manutenzione, è buona norma assicurarsi di disporre di un centro riparazioni e supporto tecnico nelle vicinanze nel caso accada qualcosa alla termocamera. Le termocamere devono essere inoltre periodicamente ricalibrate. In entrambi i casi non vorrai dover spedire la tua termocamera dall'altra parte del mondo, ma preferirai recarti presso il più vicino centro di assistenza in modo da poter riavere lo strumento il prima possibile.
- **Formazione**  
Per avere una conoscenza approfondita della termografia ad infrarossi, non basta semplicemente acquistare una termocamera. E' necessario scegliere un fornitore che possa offrire una buona formazione e supporto applicativo se necessario.





# 8

## Scegliere la soluzione migliore

Vi sono sei requisiti di base importanti nella scelta di una buona combinazione di termocamera, software e formazione:

1. Qualità dell'immagine
2. Sensibilità termica
3. Accuratezza
4. Funzioni della termocamera
5. Software
6. Necessità di formazione

### 1. Qualità dell'immagine

La qualità dell'immagine o la risoluzione della termocamera è un fattore molto importante. I più economici modelli entry-level hanno una risoluzione da 60 x 60 pixel, mentre le termocamere più avanzate hanno una risoluzione da 640 x 480 pixel.

Le termocamere con risoluzioni da 320 x 240 o 640 x 480 pixel offrono una maggiore qualità dell'immagine. Per ispezioni più approfondite, gli operatori termografici professionisti tendono sempre più a richiedere la risoluzione da 640 x 480 pixel.

Una termocamera con 640 x 480 pixel ha 307200 punti di misurazione in un'immagine, quattro volte quelli possibili con una termocamera da 320 x 240 pixel e 76800 di misurazione. Non migliorerà soltanto la precisione della misurazione, ma vi sarà anche una notevole differenza nella qualità dell'immagine.

Una maggiore risoluzione aiuta a vedere, misurare e comprendere con maggiore accuratezza.

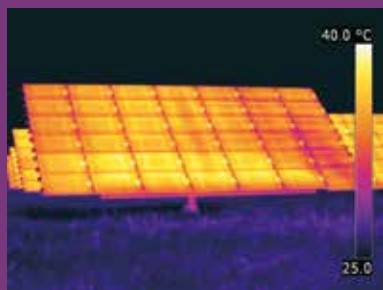


Immagine termica: 640 x 480 pixel

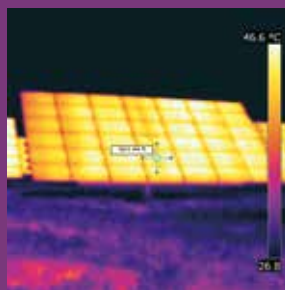
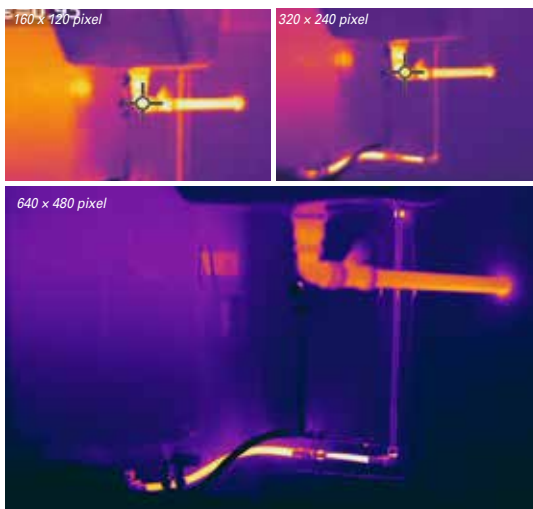


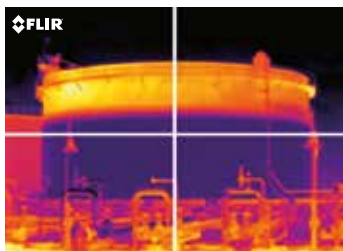
Immagine termica: 180 x 180 pixel

Le termocamere dotate di un'elevata capacità di risoluzione riescono ad acquisire i piccoli dettagli anche quando sono a grande distanza dall'oggetto osservato. Rispetto ad una termocamera con minore qualità delle immagini, è pertanto possibile visualizzare contemporaneamente un'area più ampia senza perdere informazioni termiche.

Con una termocamera da 640 x 480 pixel dotata di un obiettivo da 45 gradi, è possibile ispezionare un'area di circa 4 x 3 m da una distanza di 5 m con una sola immagine. Per ispezionare la stessa area con una termocamera da 320 x 240 pixel, con il medesimo obiettivo da 45 gradi, sono necessarie quattro immagini a metà della distanza. Questo non incrementa solo l'efficienza sul campo, ma un minore numero di immagini farà anche risparmiare tempo nella fase di reportistica.



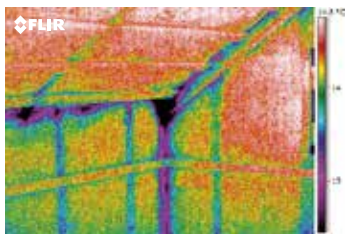
*640 x 480 pixel  
Per riprendere l'oggetto è necessaria  
un'unica immagine ad infrarossi*



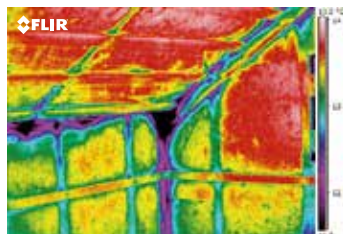
*320 x 240 pixel  
Per riprendere l'oggetto sono necessarie  
quattro immagini ad infrarossi a metà  
della distanza*

## 2. Sensibilità termica

La sensibilità termica descrive la più piccola differenza di temperatura rilevabile dalla termocamera. Migliore è la sensibilità termica, più piccola è la differenza di temperatura minima rilevabile e visualizzabile dalla termocamera. La sensibilità termica è solitamente indicata in °C o mK. Le termocamere più avanzate per il mercato delle costruzioni hanno una sensibilità termica di 0,03 °C (30 mK).



*Sensibilità di 65 mK*



*Sensibilità di 45 mK*

Essere in grado di rilevare queste minime differenze di temperatura è estremamente utile in svariate applicazioni termografiche. Un'elevata sensibilità della termocamera è particolarmente importante per applicazioni edili in cui le differenze termiche sono minime. È necessaria una maggiore sensibilità per catturare immagini più dettagliate e quindi effettuare migliori diagnosi sulla base delle quali prendere provvedimenti. Più è elevata la sensibilità, più la termocamera è idonea a catturare i più piccoli dettagli anche in presenza di minime differenze di temperatura.

## 3. Accuratezza

Tutte le misurazioni sono soggette ad errori e, sfortunatamente, la termografia ad infrarossi non fa eccezione. E' qui che entra in gioco l'accuratezza delle immagini ad infrarossi.

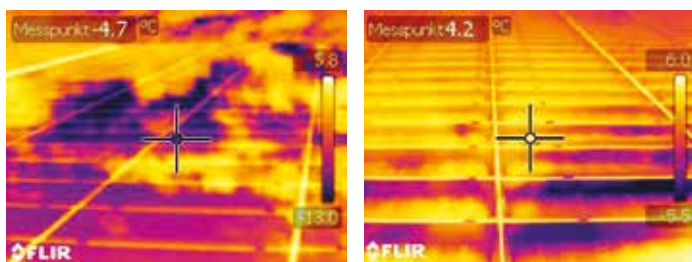
Nelle schede tecniche degli strumenti termografici l'accuratezza si esprime sia in percentuali, sia in gradi Celsius. Questo è il margine d'errore entro il quale opera la termocamera. La temperatura misurata può variare da quella reale della percentuale o temperatura assoluta menzionata; va considerato il valore maggiore tra questi due.

Lo standard industriale attuale per l'accuratezza è  $\pm 2\%$  /  $\pm 2\text{ °C}$ . Le termocamere FLIR più avanzate, tuttavia, offrono risultati ancora migliori:  $\pm(1\% + 1\text{ °C})$

## 4. Funzioni della termocamera

### *Emissività e temperatura riflessa apparente*

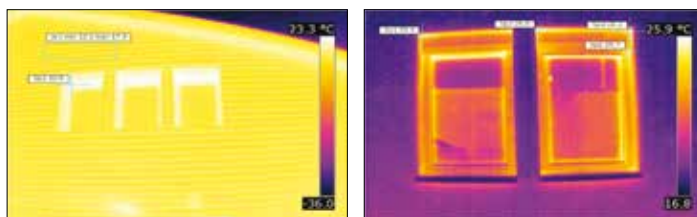
L'emissività dell'oggetto è un parametro molto importante che va tenuto in considerazione. Tutte le termocamere FLIR per il mercato delle costruzioni permettono all'operatore di impostare l'emissività e la temperatura apparente riflessa. La possibilità di impostare questi parametri è davvero rilevante. Al momento dell'acquisto di una termocamera è necessario assicurarsi che il modello includa queste funzioni.



*Questa immagine termica mostra che il riflesso può determinare un problema. La termocamera visualizza l'immagine termica comprensiva dei riflessi causati dalla nuvola. Nel misurare il riflesso, la temperatura indicata sarà influenzata dalla temperatura del pannello e la temperatura riflessa apparente della nuvola.*

### *Correzione manuale del campo e livello*

Un'altra importante caratteristica della termocamera è la possibilità di impostare manualmente il campo e il livello delle immagini termiche visualizzate. Senza questa funzione la termocamera rileverà automaticamente tutte le temperature tra la massima e la minima temperatura dell'oggetto inquadrato. Ma a volte l'operatore è interessato solo ad una piccola parte della scala di temperature.



*Il campo dell'immagine tarato automaticamente sulla sinistra è troppo ampio. L'immagine termica tarata manualmente, a destra evidenzia chiaramente la fuga di calore quasi invisibile nell'immagine tarata automaticamente.*

### *Punto di rugiada, allarme umidità relativa ed allarme isolamento*

#### *- Allarme punto di rugiada:*

Il punto di rugiada può essere definito come la temperatura a cui l'umidità in un dato volume d'aria si condenserà allo stato liquido. In queste condizioni l'umidità relativa è il 100%. Impostando un numero di parametri all'interno della termocamera, l'allarme punto di rugiada rileverà automaticamente le aree in cui si potrebbe verificare questa condizione, a causa di carenze strutturali dell'edificio.

#### *- Allarme umidità relativa:*

In alcune situazioni nelle zone con umidità relativa inferiore al 100% tenderà a proliferare della muffa. Per individuare queste aree, non è possibile impiegare l'allarme del punto di rugiada, perché è in grado di rilevare soltanto le aree in cui l'umidità relativa è al 100%.

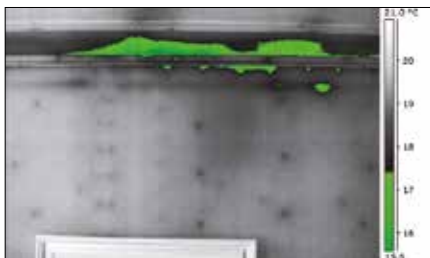
Per individuare le aree con umidità relativa inferiore al 100%, è possibile utilizzare l'allarme per l'umidità relativa. È possibile impostare il valore di umidità relativa sopra il quale l'allarme verrà attivato.

#### *- Allarme isolamento:*

L'allarme isolamento rileva le aree in cui potrebbe presentarsi una carenza di isolamento dell'edificio. Viene attivato quando il livello di isolamento scende sotto un valore predefinito per la dispersione di energia attraverso la parete.



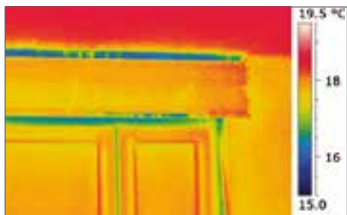
*L'allarme umidità relativa segnala le aree in cui vi è il rischio di condensa. In questa immagine l'area a rischio è evidenziata in colore blu.*



*L'allarme isolamento mostra le aree con temperatura inferiore o superiore un dato intervallo, contrassegnandole con un colore differente.*

### *Fotocamera digitale*

A volte può essere molto difficile compendere quali componenti appaiono in un'immagine ad infrarossi. In questi casi può essere molto utile avere un'immagine reale del soggetto. La maggior parte delle termocamere FLIR dispongono di una fotocamera digitale integrata. La maggior parte dei professionisti edili che utilizzano termocamere dichiarano di acquisire sempre anche un'immagine reale, per assicurarsi di comprendere cosa è visibile nell'immagine termica.



*Immagine termica*



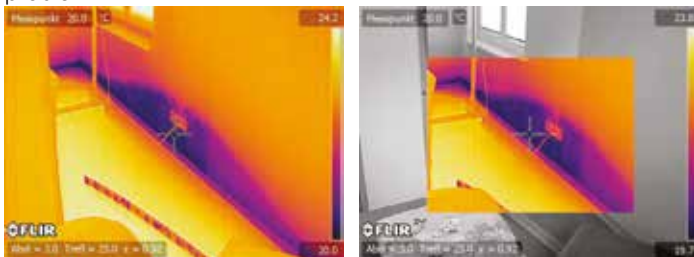
*Immagine nel visibile*

### *Illuminatori a LED*

Un illuminatore a LED nella termocamera assicura che la fotocamera digitale integrata sia in grado di produrre immagini nitide, necessarie per le funzioni FLIR Picture-in-Picture e FLIR Thermal Fusion, indipendentemente dalla luminosità dell'ambiente circostante.

### *FLIR Picture-in-Picture (PiP)*

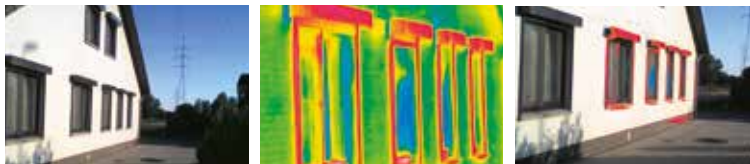
Con la funzione FLIR Picture-in-Picture l'operatore può sovrapporre le immagini della fotocamera digitale e della termocamera. L'immagine combinata mostra un riquadro sovrapposto all'immagine digitale contenente una porzione dell'immagine termica, che può essere spostato o ridimensionato. Questo aiuta l'operatore a localizzare meglio i problemi.



*Questo caso di danni da infiltrazione d'acqua mostra chiaramente i vantaggi della funzione FLIR Picture-in-Picture poiché il cliente può capire facilmente a cosa si riferisce l'immagine termica, mentre sarebbe più difficile con la sola immagine termica a disposizione.*

### *FLIR Thermal Fusion*

Permette all'operatore di combinare le due immagini regolando dei parametri di temperatura all'interno dei quali i dati termici vengono mostrati sopra o sotto l'immagine nel visibile. Aiuta ad isolare i problemi e ad agevolare le riparazioni.



*Immagine nel visibile*

*Immagine termica*

*Immagine Thermal Fusion*

### *Puntatore laser*

Alcune termocamere dispongono di un puntatore laser integrato che, in molte situazioni per diversi motivi, risulta essere estremamente utile.

Il puntatore laser permette di vedere con precisione cosa inquadra l'obiettivo della termocamera. Con la semplice pressione di un pulsante la posizione del laser permette di vedere esattamente dove è puntata la termocamera ed identificare senza ambiguità l'oggetto della misurazione.

Un altro motivo è la sicurezza. Il puntatore laser elimina la tendenza di indicare gli oggetti con il dito, che può essere molto pericoloso in certi ambienti.

### *Obiettivi intercambiabili*

Una volta iniziato ad utilizzare una termocamera e a scoprirne tutte le possibilità, si potrebbero presentare nuove esigenze. Gli obiettivi intercambiabili aiutano ad adattare la termocamera ad ogni situazione. Per molte situazioni gli obiettivi standard possono essere adeguati, ma talvolta è semplicemente necessario un campo visivo differente.

In alcuni casi non c'è abbastanza spazio per arretrare e avere una visuale completa dell'oggetto da inquadrare. Una lente grandangolare può essere la soluzione perfetta. Con questo obiettivo infatti l'operatore è in grado di ispezionare un intero edificio anche da un paio di metri di distanza.

Questi obiettivi consentono ai periti edili di analizzare un intero edificio anche a diversi metri di distanza. Quando il soggetto in questione è un po' più lontano può essere utile utilizzare un teleobiettivo. Questo è ideale per oggetti piccoli o distanti.



### *Design ergonomico e facilità d'uso*

Ogni strumento che viene usato frequentemente deve essere leggero, compatto e facile da utilizzare. Dal momento che la maggior parte degli operatori edili utilizzano le termocamere spesso e per lunghi periodi di tempo, il design ergonomico risulta molto importante. Il design relativo al menu ed ai pulsanti deve essere inoltre intuitivo e progettato per facilitarne l'uso, con efficienza.

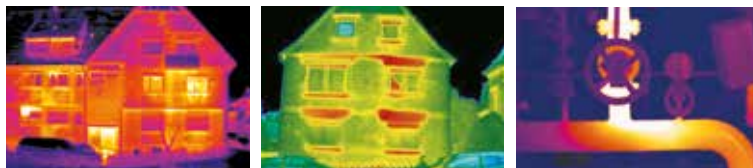


FLIR Systems cerca di raggiungere l'equilibrio perfetto tra peso, funzionalità e facilità d'uso per ogni termocamera che produce. Questa politica ha portato alla realizzazione di svariati modelli vincenti.

### *Formato dell'immagine*

Un fattore che contribuisce alla rapida creazione dei report di ispezione è il formato delle immagini con cui la termocamera memorizza le immagini ad infrarossi prodotte. Alcune termocamere salvano i dati termici e le immagini in formato proprietario, rendendo necessario un software aggiuntivo per convertire le immagini termiche in normali immagini JPEG.

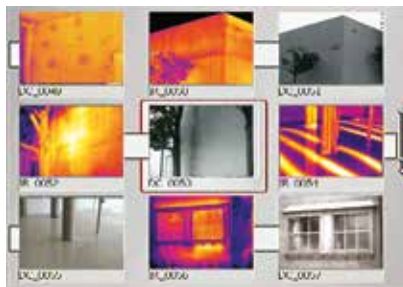
Una termocamera FLIR produce immagini in formato JPEG completamente radiometriche. Questo significa che tutti i dati di temperatura sono inclusi nell'immagine ed è possibile integrare facilmente le immagini in un software standard.



*Tutte le termocamere FLIR salvano le immagini in formato JPEG.*

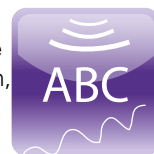
### *Galleria immagini*

Acquisendo le immagini termiche sul campo può essere importante trovare e comparare le immagini precedentemente acquisite nella memoria della termocamera. Tutte le termocamere FLIR dispongono, per questo motivo, di una galleria immagini facilmente accessibile che permette di rivedere rapidamente le immagini salvate per trovare quella necessaria – una grande convenienza e risparmio di tempo!



### *Commenti vocali ed annotazioni di testo*

Per velocizzare ulteriormente le fasi di ispezione e documentazione alcune termocamere permettono di scrivere annotazioni di testo tramite tastiera integrata su touch screen, rendendo la creazione ed analisi dei report molto più facile e veloce. Alcune termocamere permettono inoltre di registrare commenti vocali durante il lavoro, azzerando il tempo speso a scrivere note e commenti durante le ispezioni.



### *Posizionamento GPS*

A volte può capitare di dimenticare dove sono state acquisite le immagini termiche. E anche di smarrire le note scritte, per ricordarsi dove ci si trovava in quel momento. Alcuni dei modelli più avanzati dispongono di una funzione GPS per aggiungere alle immagini termiche dei tag relativi alla posizione geografica. Questa tecnologia GPS aiuta a registrare informazioni relative al luogo in cui è stata acquisita ogni immagine termica.



### *Compatibilità con strumenti di misura e test esterni*

Talvolta la sola temperatura offre informazioni insufficienti sull'apparecchiatura da ispezionare. Per ottenere un'immagine completa, molti ispettori edili utilizzano sensori esterni, come misuratori di umidità. I valori presi dai misuratori di umidità vengono annotati e successivamente copiati all'interno dei report. Questo metodo è inefficiente e soggetto ad errore umano.

Per permettere ispezioni affidabili ed efficienti, FLIR Systems offre termocamere capaci di salvare automaticamente i valori presi da un misuratore di umidità nell'immagine termica utilizzando la tecnologia di connessione Bluetooth MeterLink. Scrivere note ormai appartiene al passato: le letture dei misuratori di umidità multifunzione Extech verranno trasferite in modo automatico tramite wireless alla termocamera ed archiviate nella corrispondente immagine termica.



*MeterLink: consente di collegare tramite wireless un misuratore di umidità Extech ad una termocamera FLIR.*

### *Connettività wireless*

Con la tecnologia WiFi è possibile comunicare in wireless con la termocamera, per esempio, inviando immagini direttamente ad uno smartphone o tablet PC (iPhone / iPad).



## 5. Software

Una volta effettuata l'ispezione sarà probabilmente necessario presentare i risultati dell'ispezione a colleghi o clienti. Analizzare le immagini termiche e creare report completi è una parte molto importante del lavoro. E' necessario assicurarsi che la termocamera sia dotata di un pacchetto software di base che permette di svolgere queste operazioni.



La maggior parte dei software in dotazione con una termocamera permettono di svolgere operazioni di base relative all'analisi e alla stesura di report. Tipicamente comprende la possibilità di misurare la temperatura in un singolo punto ed altre semplici funzioni di misurazione.

Se si ha la necessità di effettuare analisi più accurate ed approfondite, il produttore della termocamera dovrebbe essere in grado di offrire pacchetti software più completi. Le caratteristiche del pacchetto dovrebbero comprendere:

- Creazione di formati di pagina e modelli personalizzati di report
- Potenti strumenti di analisi della temperatura: spot multipli, aree, misurazione di differenze di temperatura
- Triple Fusion Picture-in-Picture (spostabile, dimensionabile, scalabile)
- Funzionalità di analisi della tendenza
- Creazione di formule utilizzando i valori di misurazione delle immagini termiche
- Esecuzione di sequenze radiometriche direttamente nel report
- Funzionalità di ricerca per trovare rapidamente le immagini per il report
- Funzione Panorama per unire più immagini in un'unica grande immagine

Attraverso la creazione e l'analisi dettagliata di un report delle ispezioni termografiche svolte, sarà possibile mostrare chiaramente al management o ai clienti dove si trovano i potenziali problemi e convincerli ad intraprendere azioni preventive.



## 6. Esigenze di formazione

FLIR coopera con il centro formazione ITC (Infrared Training Center), una struttura di formazione globale, che opera in conformità con gli standard internazionali. ITC offre una gamma completa di corsi di formazione, da brevi corsi introduttivi, fino a corsi di certificazione. Per maggiori informazioni visitare:

[www.infraredtraining.com](http://www.infraredtraining.com) o [www.irtraining.eu](http://www.irtraining.eu).



# 9

## Come effettuare le ispezioni termografiche

La termocamera è stata consegnata ed è possibile iniziare le ispezioni. Ma dove cominciare? In questa sezione della guida vengono presentati alcuni metodi per poter effettuare correttamente un'ispezione termografica.

### 1. Definire l'attività

Occorre innanzitutto intervistare il cliente sulle condizioni dell'edificio. Ad esempio: c'è stato recentemente un picco nel consumo di energia? Fa freddo all'interno? Ci sono evidenti correnti d'aria? Successivamente va determinata la temperatura interna ed esterna, per verificare che la differenza tra le due temperature sia sufficiente alla corretta conduzione delle ispezioni (si suggerisce di operare con una differenza di temperatura di almeno 10 °C).

### 2. Iniziare dall'esterno

Iniziare l'ispezione termografica dall'esterno. Le carenze d'isolamento e i ponti freddi sono facilmente localizzabili da questa posizione. È importante produrre immagini termiche anche delle aree che a prima vista appaiono integre. In questo modo sarà possibile comparare i risultati con le immagini che evidenziano i difetti, per valutarne l'estensione.

### 3. Proseguire all'interno

Il successivo passaggio è valutare la situazione dall'interno. Tuttavia questa fase richiede un'attività preparatoria. Per preparare l'interno per la scansione, il perito deve operare secondo criteri che assicurino risultati accurati. Potrebbe infatti essere necessario allontanare i mobili dalle pareti esterne e rimuovere i tendaggi. Si suggerisce di svolgere le procedure preliminari almeno sei ore prima dell'ispezione, per annullare completamente gli effetti delle proprietà isolanti dei mobili sulle letture termiche prese dalla termocamera. Come già precedentemente sottolineato, il requisito per l'accuratezza delle ispezioni termografiche è lavorare in presenza di una buona differenza di temperatura (almeno 10°C) tra l'interno e l'esterno.

In queste condizioni ambientali, il perito può iniziare la scansione di ogni stanza dell'edificio con la termocamera. Durante questa operazione il perito deve prendere nota con precisione del punto in cui è stata scattata l'immagine termica, eventualmente contrassegnando la posizione con delle frecce sulla planimetria, per indicare con esattezza l'angolazione di ripresa.

#### **4. Preparazione di un test di ermeticità all'aria**

Piccole crepe e fenditure possono causare spifferi. Si tratta di un problema non soltanto fastidioso, ma che può anche causare un'ingente perdita di energia. Una perdita può significare fino a metà dell'energia consumata per il riscaldamento. Il test di ermeticità all'aria, detto anche 'Blower Door', può evidenziare le crepe più piccole.

Il 'Blower Door' test enfatizza le perdite d'aria attraverso i difetti dell'involucro dell'edificio.

Un sistema 'Blower Door' è costituito da tre componenti: un ventilatore calibrato, una finta porta ed un dispositivo per la misurazione del flusso proveniente dal ventilatore e la pressione dell'edificio. Il ventilatore del 'Blower Door' viene temporaneamente sigillato in un varco verso l'esterno, mediante la finta porta in dotazione. Il ventilatore viene utilizzato per immettere ed aspirare aria dall'edificio e creare una piccola differenza di pressione tra l'interno e l'esterno.



*L'apparecchiatura del Blower Door in genere viene installata nella porta di ingresso.*

Un sistema 'Blower Door' impiega un ventilatore per espellere aria dalla stanza o per immetterla, causando una differenza di pressione. In situazioni in cui l'aria esterna è più fredda, il metodo consueto è l'aspirazione dell'aria dalla stanza, con l'uso di un sistema 'Blower Door'. La pressione all'interno della stanza scenderà rispetto a quella esterna, in genere con una differenza di circa 50 Pascal.

A causa di questa differenza di pressione, l'aria esterna penetrerà con decisione nella stanza, attraverso le eventuali crepe. L'aria esterna raffredderà la zona in cui è presente la crepa. Questa differenza di temperatura verrà chiaramente indicata nell'immagine termica, come un punto freddo o un'area fredda, consentendo all'operatore di localizzare e mappare con precisione il percorso dell'infiltrazione dell'aria.

## **5. Analisi e report**

Dopo aver ispezionato tutte le stanze, si torna in ufficio per analizzare le immagini e riassumere i risultati in un report.

I software proprietari FLIR, quali QuickReport, QuickPlot, BuildIR e Reporter consentono al perito di stilare in modo estremamente rapido ed efficiente i report d'ispezione, da mostrare a colleghi ed al cliente.





### *FLIR BuildIR*

Il software FLIR BuildIR aiuta ad analizzare le immagini termiche ed a quantificare i problemi insiti negli edifici, quali infiltrazioni d'acqua, difetti nell'isolamento, ponti termici e problemi di umidità, presentando i risultati mediante report di qualità professionale. Grazie alle nuove ed esclusive funzioni, consente inoltre di quantificare e valutare i costi derivanti dalle perdite energetiche.

Il software include una funzione di Modifica Immagine per l'analisi avanzata dell'immagine termica, la funzione Panorama ed una funzione di acquisizione Datalogger per riportare in forma grafica le condizioni rilevate nel corso dell'ispezione. La funzione Panorama accorpa più immagini tra loro, in un'unica immagine panoramica, applicando correzioni di prospettiva e di ritaglio. Tra le altre funzioni salienti: Grid/Area Quantifying (quantificazione area/griglia), Energy Cost Estimation Calculator (calcolatore stime di costi energetici) e modelli personalizzabili per la produzione di report sugli edifici.

### *FLIR Reporter*

Il software FLIR Reporter è uno strumento intuitivo e semplice da utilizzare, grazie alla piena compatibilità con Microsoft Word e gli ultimi sistemi operativi di Microsoft. Poiché molte persone sanno già come utilizzare Word, per iniziare a produrre report professionali sarà sufficiente una breve sessione di formazione sull'utilizzo delle funzioni Word più comuni, inclusi il controllo grammaticale ed ortografico.

FLIR Reporter include inoltre numerose funzionalità avanzate, tra cui: FLIR Picture-in-Picture, FLIR Thermal Fusion, Sistema GPS Integrato, zoom digitale, modifica tavolozza colori, play back di commenti vocali registrati sul campo e conversione automatica dei report in formato Adobe .pdf.







FLIR i3 / i5 / i7



FLIR Serie Ebx



FLIR Serie B



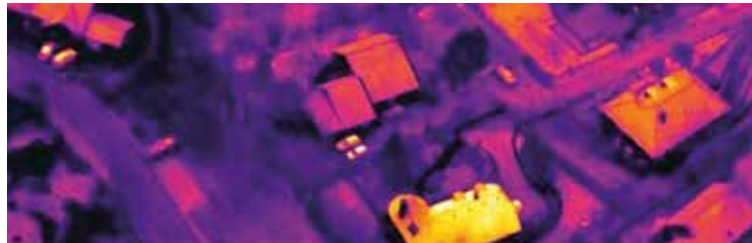
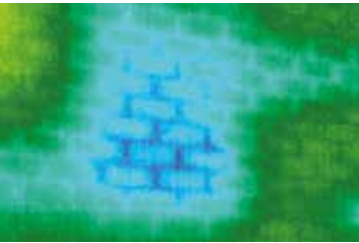
FLIR T640bx



FLIR B620/B660



\*Previa registrazione della termocamera sul sito [www.flir.com](http://www.flir.com)



Per parlare con un esperto di termocamere a infrarossi, potete contattare:

**FLIR Commercial Systems B.V.**

Luxemburgstraat 2  
2321 Meer  
Belgium  
Tel.: +32 (0) 3665 5100  
Fax: +32 (0) 3303 5624  
e-mail: flir@flir.com

**FLIR Systems Germany**

Berner Strasse 81  
D-60437 Frankfurt am Main  
Germany  
Tel.: +49 (0)69 95 00 900  
Fax: +49 (0)69 95 00 9040  
e-mail: flir@flir.com

**FLIR Systems Spain**

Avenida de Bruselas, 15- 3º  
28108 Alcobendas (Madrid)  
Spain  
Tel.: +34 91 573 48 27  
Fax.: +34 91 662 97 48  
e-mail: flir@flir.com

**FLIR Systems Sweden**

Rinkebyvägen 19  
PO Box 3  
SE-182 11 Danderyd  
Sweden  
Tel.: +46 (0)8 753 25 00  
Fax: +46 (0)8 753 23 64  
e-mail: flir@flir.com

**FLIR Systems France**

19, bld Bidault  
77183 Croissy-Beaubourg  
France  
Tel.: +33 (0)1 60 37 01 00  
Fax: +33 (0)1 64 11 37 55  
e-mail : flir@flir.com

**FLIR Systems, Middle East FZE**

Dubai Airport Free Zone  
P.O. Box 54262  
Office B-22, Street WB-21  
Dubai - United Arab Emirates  
Tel.: +971 4 299 6898  
Fax: +971 4 299 6895  
e-mail: flir@flir.com

**FLIR Systems UK**

2 Kings Hill Avenue - Kings Hill  
West Malling  
Kent  
ME19 4AQ  
United Kingdom  
Tel.: +44 (0)1732 220 011  
Fax: +44 (0)1732 843 707  
e-mail: flir@flir.com

**FLIR Systems Italy**

Via Luciano Manara, 2  
I-20812 Limbiate (MB)  
Italy  
Tel.: +39 (0)2 99 45 10 01  
Fax: +39 (0)2 99 69 24 08  
e-mail: flir@flir.com

**FLIR Systems Russia**

6 bld.1, 1st Kozjevnickesky lane  
115114 Moscow  
Russia  
Tel.: + 7 495 669 70 72  
Fax: + 7 495 669 70 72  
e-mail: flir@flir.com