

azero

EdicomEdizioni

POMPE DI CALORE ELETTRICHE

TERMOGRAFIA: una tecnica non invasiva per un involucro efficiente



**La certificazione
CasaClima**



**Materiali per l'isolamento
delle coperture**



**L'edificio passivo
più grande
del Belgio**



**Puglia: una casa
a consumo quasi zero
in clima mediterraneo**



**Pixel Building:
uffici oltre
le emissioni zero**

ISSN 2239-9445

1 2 0 0 3



9 772239 944004

Trimestrale - anno 2 - n° 03 aprile 2012
Registrazione Trib. Gorizia n. 03/2011 del 29.7.2011
Poste italiane S.p.A.
Spedizione in a.p. D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n. 46)
art. 1, comma 1 NE/UD
Euro 15,00

03

06

prospettive

LA CERTIFICAZIONE PER EDIFICI A ENERGIA QUASI ZERO | 06

Gaia Bollini

SPOT PROGETTI | 10

12

argomenti

INTERVISTA A MARCO FILIPPI | 12

16

progetti

MINIMALISTA E SOSTENIBILE | 16
casa sulla Morella a Castelnovo Sotto (RE)

UNA CASA A CONSUMO QUASI ZERO IN CLIMA MEDITERRANEO | 26
casa a Bisceglie (BT)

INNOVAZIONE E SOSTENIBILITÀ LOW TECH | 34
Aeropolis II, Bruxelles (B)

UFFICI OLTRE LE ZERO EMISSIONI | 40
Pixel Building, Melbourne (AUS)



azero - rivista trimestrale - anno 2 - n. 03, aprile 2012
Registrazione Tribunale Gorizia n. 03/2011 del 29.7.2011

Numero di iscrizione al ROC: 8147
ISSN 2239-9445

direttore responsabile Ferdinando Gottard

redazione: Lara Bassi, Gaia Bollini, Lara Gariup

editore: EdicomEdizioni, Monfalcone (GO)

redazione e amministrazione: via 1° Maggio 117, 34074 Monfalcone (GO)
tel. 0481.484488, fax 0481.485721

stampa: Grafiche Manzanese, Manzano (UD)
Stampato interamente su carta con alto contenuto di fibre riciclate selezionate

prezzo di copertina 15,00 euro - abbonamento 4 numeri - Italia: 50,00 euro,
Esteri: 100,00 euro. Gli abbonamenti possono iniziare, salvo diversa indicazione,
dal primo numero raggiungibile in qualsiasi periodo dell'anno

distribuzione in libreria: Joo Distribuzione, Via F. Argelati 35 - Milano

È vietata la riproduzione, anche parziale, di articoli, disegni e foto se non
espressamente autorizzata dall'editore

copertina: Aeropolis II, progetto Architectes Associés, foto: Marc Detiffe

focus on

46



46 | INDAGINE TERMOGRAFICA ED EFFICIENZA ENERGETICA
Fabio Armillotta, Carmela Palmieri

involucro

54



54 | MATERIALI TRADIZIONALI E TECNOLOGIE INNOVATIVE PER L'ISOLAMENTO DELLE COPERTURE
Maria Elisabetta Ripamonti

62 | PRODOTTI_ISOLAMENTO DELLE COPERTURE

impianti

70



70 | LA POMPA DI CALORE ELETTRICA NEGLI EDIFICI A BASSO CONSUMO ENERGETICO
Luca Ceccotti

78 | SISTEMI_POMPE DI CALORE

approfondimenti

84



84 | DETTAGLI DI CANTIERE: NATURRESIDENCE DAHOAM

innovAzione

88

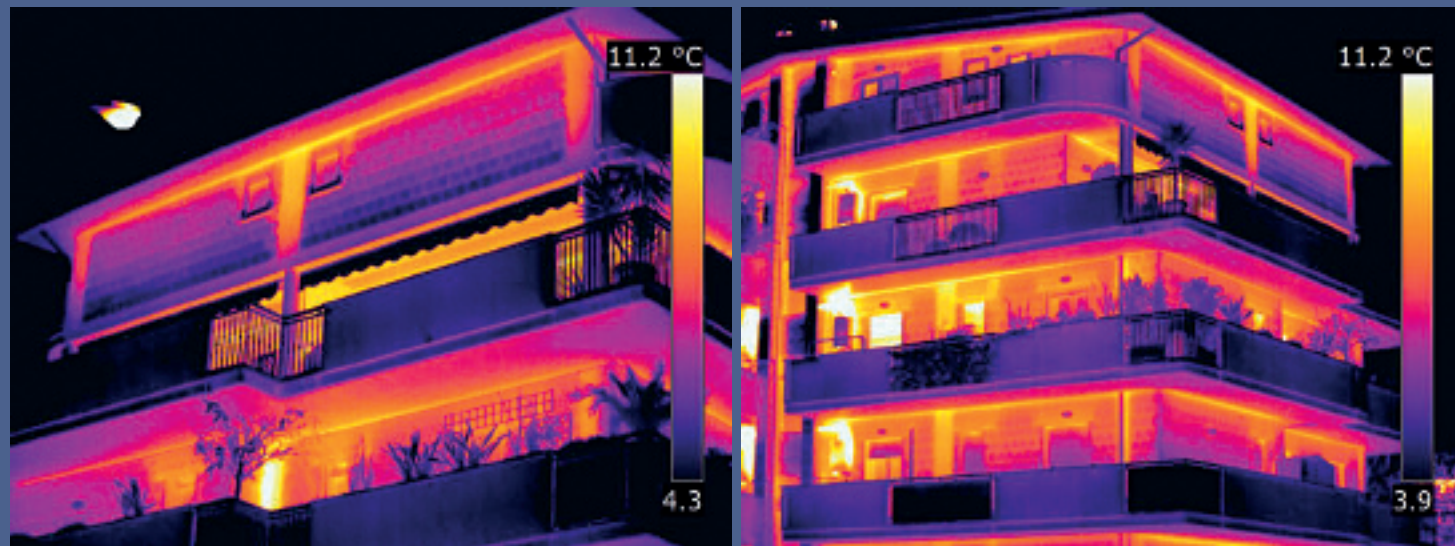


88 | A SCUOLA DI NET ZEBs
Annamaria Belleri, Roberto Lollini

INDAGINE TERMOGRAFICA ED EFFICIENZA ENERGETICA

Fabio Armillotta, Carmela Palmieri
architetti

Una tecnica non invasiva per controllare la corretta esecuzione dell'involucro che consente anche di indirizzare in modo mirato gli interventi di riqualificazione energetica dell'esistente: norme di riferimento, procedure di analisi, report e formazione degli operatori.



In tema di efficienza energetica la termografia applicata all'analisi degli edifici è un utile strumento di indagine non invasiva, che consente di ottenere informazioni utili per verificare la corretta esecuzione della costruzione (collaudo energetico) e di esaminare lo stato di un edificio esistente (audit energetico), permettendo di individuare e localizzare dispersioni energetiche dell'involucro e degli impianti termici, riconoscere i ponti termici, evidenziare anomalie termiche e criticità che denunciano problematiche in atto sull'edificio. Il grande vantaggio di questo metodo è legato al carattere di non invasività e alla versatilità della tecnica, che viene eseguita senza contatto diretto con l'oggetto esaminato e senza interferire con le normali con-

dizioni di esercizio dell'immobile. L'analisi termografica consente di:

- indirizzare in modo mirato gli interventi di riqualificazione energetica, con notevoli vantaggi anche di tipo economico;
 - verificare la corretta esecuzione dei lavori, sia nel caso di riqualificazione che di nuova costruzione;
 - effettuare monitoraggi finalizzati allo studio nel tempo di un sistema costruttivo;
 - realizzare il collaudo energetico per il rilascio della certificazione energetica di un edificio.
- Con riferimento a quest'ultimo punto bisogna sottolineare che, pur non essendoci un obbligo normativo, nella valutazione di bilancio o di collaudo energetico degli edifici, la valutazione dei parametri fondamentali con analisi strumentali sta assumendo un'importanza sempre più rilevante¹. Pertanto, si può affermare che l'indagine termografica, oltre a permettere una buona analisi, può concorrere alla verifica dei risultati progettuali, esecutivi e di col-

laudo delle opere di nuova costruzione e di riqualificazione energetica.

Infatti, i controlli in cantiere sui materiali e sulle lavorazioni consentono di avere un primo riscontro sulla qualità sostanziale dell'intervento. La verifica finale con l'ispezione termografica permette poi di individuare eventuali anomalie termiche causate da una posa in opera poco accurata. Le dispersioni dovute ai ponti termici, al montaggio non corretto di serramenti o di altri elementi isolanti, possono alterare in modo significativo i risultati dei calcoli iniziali determinando consumi energetici anche sensibilmente superiori a quanto previsto, diminuendo il benessere ambientale, favorendo l'insorgere di condense e muffe, vanificando parzialmente gli sforzi economici sostenuti e compromettendo la durata degli elementi edili.

La termografia

La termografia è una tecnica di indagine in grado di rilevare e

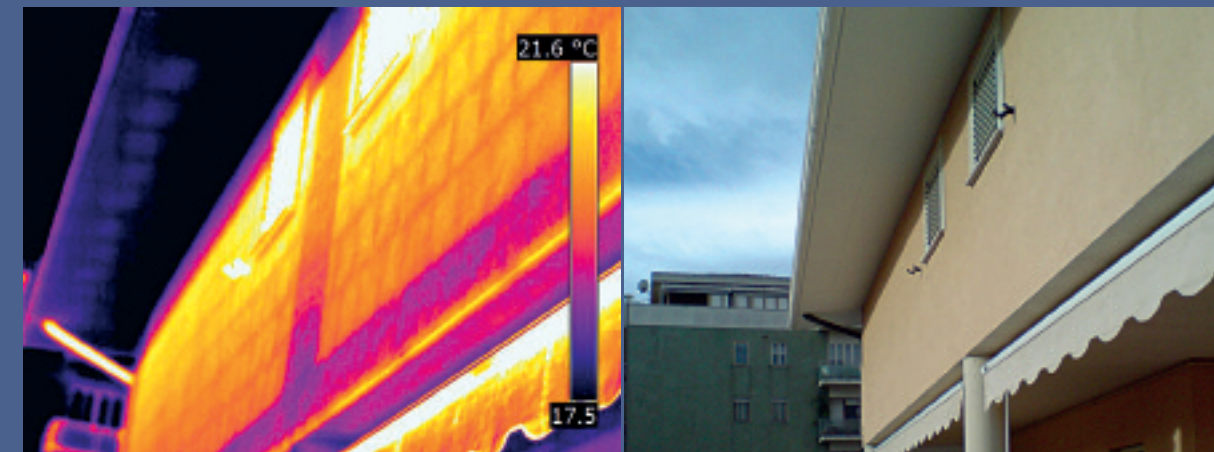
rappresentare la temperatura superficiale tramite la misurazione senza contatto della radiazione infrarossa radiante di una superficie.

La radiazione infrarossa ha una lunghezza d'onda compresa tra 0,7 μm e 1 mm ed è associata al concetto di radiazione termica; tutti i corpi che si trovano a una temperatura superiore allo zero assoluto (-273 °C), infatti, emettono una radiazione elettromagnetica nel campo dell'infrarosso in funzione della propria temperatura e del valore di emissività².

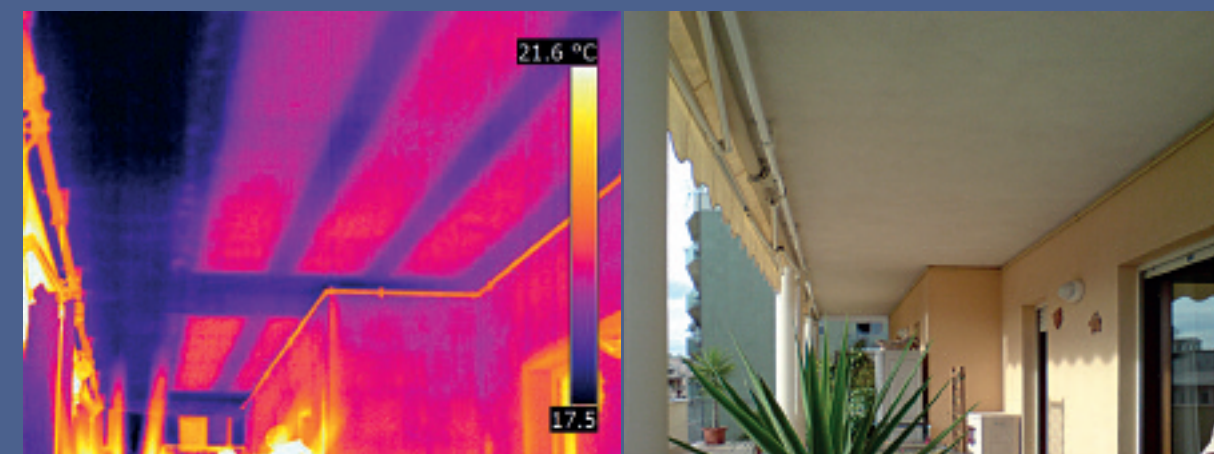
La termocamera rileva l'energia irradiata e ne determina la distribuzione termica superficiale, generando delle immagini, dette termogrammi³, in falso colore o in bianco e nero, dove la sfumatura di colore o la scala di grigio sono correlate alla distribuzione delle temperature degli oggetti esaminati, consentendo di misurare il valore di temperatura assoluto di ogni punto (pixel) dell'immagine⁴.

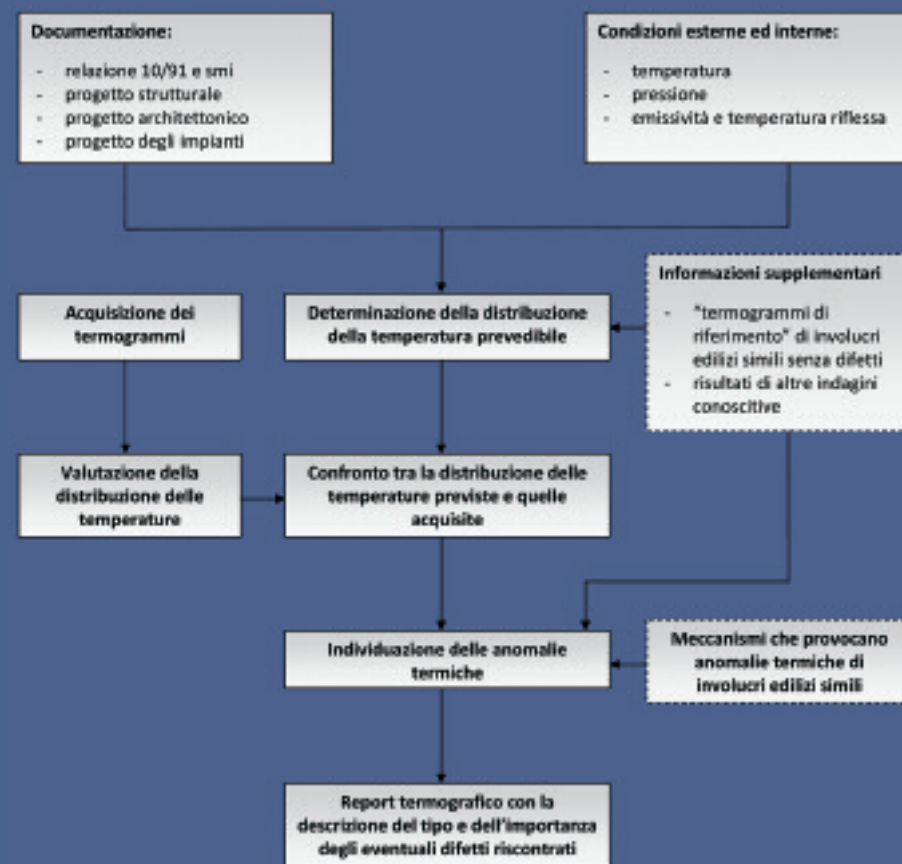
Tale tecnica è utilizzata quando si vuole ispezionare la struttura superficiale e sub-superficiale dei materiali. In prossimità

Le termografie pubblicate in questo articolo sono state eseguite con una termocamera B620 della FLIR con sensibilità termica di 40 mK a 30 °C e con risoluzione 640x480 pixel. Il maggior numero di pixel e la sensibilità termica della strumentazione influiscono notevolmente sulla qualità e la definizione di un'immagine, garantendo misurazioni della temperatura più precise, particolarmente utili per individuare con esattezza le anomalie termiche. Una risoluzione di 640x480 pixel permette di rilevare la temperatura di 307.200 punti in un'unica immagine, rendendo possibile analizzare con notevole accuratezza anche superfici di grandi dimensioni. La scala di temperatura visualizzata in ogni termogramma, riferendosi a un'analisi di tipo qualitativo e non quantitativo, serve a valutare i delta termici, tra aree dello stesso termogramma o tra aree uguali relative a termogrammi registrati in tempi diversi.



Nei termogrammi riportati in queste due pagine sono evidenti anomalie termiche in corrispondenza della struttura portante (ponti termici strutturali puntuali) e nella tamponatura dell'ultimo piano (ponti termici strutturali diffusi). Inoltre si nota una notevole variazione di temperatura sulla superficie del solaio di calpestio dell'ultimo livello. Dallo studio della documentazione di progetto e da indagini puntuali quantitative (endoscopia) si è rilevato che sui pilastri, sulle travi e sul solaio non è presente alcun tipo di materiale isolante.





Procedura di un'indagine termografica (cfr. la figura 1 della norma UNI EN 13187:2000). I riquadri tratteggiati indicano informazioni supplementari suggerite.

di un difetto, infatti, il calore viene assorbito o rilasciato con modalità e velocità differenti rispetto al caso di materiale perfetto od omogeneo. Pertanto è possibile evidenziare le discontinuità presenti nell'oggetto da esaminare attraverso l'individuazione di zone che presentano delle anomalie nella distribuzione superficiale della temperatura.

La natura senza contatto della tecnica e la possibilità di effettuare rapidamente rilievi, anche su aree di notevole dimensioni, rendono la termografia a raggi infrarossi molto utile nel settore dell'edilizia.

La termografia nel settore edile

L'indagine termografica in edilizia è un valido strumento per il rilevamento delle irregolarità termiche dei componenti che costituiscono un edificio e che si traducono in variazioni di temperatura sulle superfici dell'involucro esterno. Quindi, come prevede la norma UNI EN 13187:2000⁵, la distribuzione della temperatura superficiale può essere impiegata per rilevare irregolarità termiche dovute a difetti di isolamento, umidità, infiltrazioni d'aria nei componenti costituenti l'involucro esterno dell'edificio; tuttavia, è importante sottolineare che tale norma non può essere applicata per la determinazione del livello di isolamento termico e della tenuta all'aria.

Le fasi fondamentali di un'indagine termografica possono essere sintetizzate in:

- rilievo delle temperature superficiali presenti sulla porzione di involucro edilizio da analizzare;
- verifica della presenza di eventuali "anomalie" nella distri-

buzione della temperatura superficiale;

c) descrizione degli eventuali difetti di costruzione (tipo e importanza) presenti in corrispondenza delle anomalie termiche rilevate.

La norma, nel descrivere la procedura per eseguire l'indagine termografica di un edificio, delinea in maniera dettagliata le fasi propedeutiche all'acquisizione dei termogrammi.

- Consultare la documentazione disponibile relativa all'involucro edilizio da esaminare. Ad esempio, la relazione ai fini del contenimento dei consumi energetici è utile per la definizione della stratigrafia delle pareti sia nella sezione corrente sia in corrispondenza degli elementi strutturali; fornendoci, inoltre, utili informazioni sulla posizione dei terminali dell'impianto di riscaldamento/raffrescamento; il progetto architettonico e strutturale è utile per individuare la posizione e le dimensioni degli elementi strutturali che potrebbero rivelarsi "potenziali" ponti termici.

- Annotare l'orientamento dell'edificio e delle pareti da analizzare.

- Stimare l'emissività delle superfici da esaminare in base ai valori tabellati o secondo procedure appropriate previste dalla norma ISO 18434.

- Misurare, prima dell'inizio dell'analisi, le temperature dell'aria all'esterno e all'interno con accuratezza di ± 1 °C e registrare le informazioni relative alle condizioni atmosferiche (nuvolosità, precipitazioni, umidità, vento). Nei casi in cui è necessario conoscere la differenza di pressione tra l'interno e l'esterno dell'involucro, si raccomanda una precisione di ± 2 Pa tra il lato sottovento e sopravvento per ogni piano dell'edificio.

- Spegnere, prima della misurazione, le sorgenti di calore che possono interferire con l'indagine (quando è possibile).
- Liberare le superfici interessate alla misurazione (spostare mobili e quadri posizionati sulle pareti da analizzare), avendo cura di non generare fenomeni transitori.
- Nel caso in cui l'oggetto dell'indagine sia la valutazione di eventuali infiltrazioni d'aria, è necessario che tra l'interno e l'esterno ci sia una differenza di pressione di almeno 5 Pa, avendo cura di effettuare l'analisi dal lato a bassa pressione⁶.

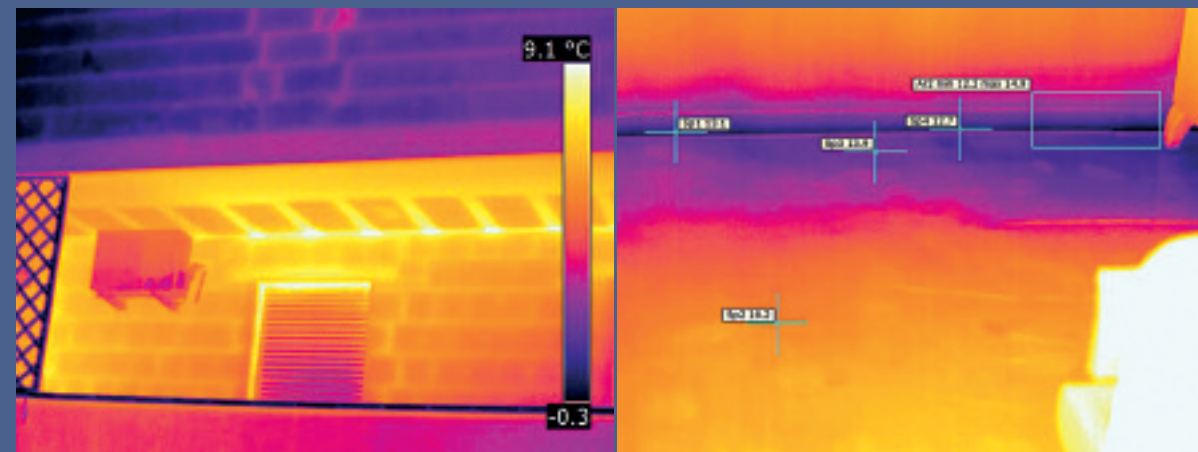
A questo punto, dopo aver impostato i parametri della termocamera⁷, è possibile iniziare l'analisi, effettuando preliminarmente un'indagine della superficie da indagare nella sua totalità. Si procede, quindi, all'acquisizione dei termogrammi dell'involucro dell'edificio. Per verificare che una variazione della radiazione non venga influenzata dalla temperatura riflessa di altre superfici, è opportuno studiare la superficie da angolazioni diverse.

Per stabilire se la distribuzione delle temperature superficiali presenta delle anomalie, la

norma prevede la comparazione dei termogrammi ottenuti con dei "termogrammi di riferimento"⁸ o con la distribuzione prevedibile della temperatura superficiale. Tale distribuzione è determinata in base ai parametri ambientali registrati al momento dell'esame e alle caratteristiche dell'involucro edilizio e degli impianti scaturita dall'analisi della documentazione progettuale dell'edificio, da calcoli termici o da altre indagini conoscitive.

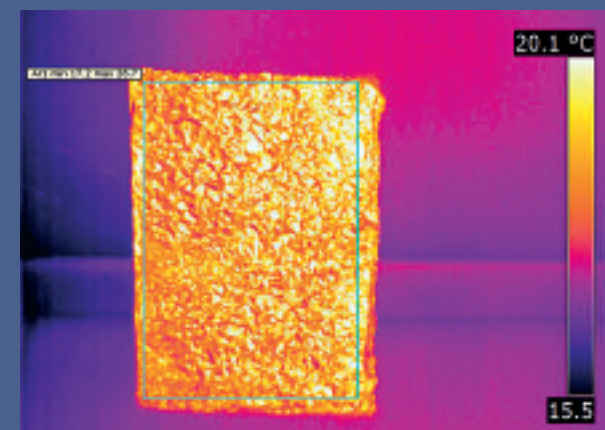
Le anomalie termiche possono essere considerate difetti di costruzione quando non possono essere spiegate dalle caratteristiche fisico-tecniche dell'involucro, dall'effetto di fonti di calore e dalle variazioni dell'emissività.

Certi tipi di difetti producono forme caratteristiche nell'immagine termica:



Immagini in alto: i termogrammi riguardano il solaio di una stanza di un appartamento al secondo piano di una palazzina. Nel termogramma a sinistra è evidente un'anomalia termica in corrispondenza della superficie esterna del solaio, causata alla mancanza di isolamento. Tale difetto costruttivo, nella stagione invernale, provoca la formazione di condensa sul pavimento della stanza corrispondente. Infatti, il rilievo termografico interno (a destra) ha rilevato temperature molto basse in corrispondenza della zona del solaio che confina con l'esterno. Per tale tipo di valutazione, volendo conoscere i valori assoluti della temperature superficiale, è stato necessario stimare il valore di emissività del materiale del pavimento e la temperatura riflessa di quella zona.

Immagine a destra: la temperatura media del pannello di alluminio increspato è stata utilizzata per impostare il valore della temperatura riflessa nella termocamera (cfr. metodo indiretto in base alla Norma ISO 18434-1 parte III).



- la mancanza di isolamento produce variazioni di temperatura dalle forme regolari e ben definite;
- le infiltrazioni d'aria, spesso localizzate in corrispondenza di giunti e collegamenti, producono delle forme irregolari con contorni frastagliati e grandi variazioni di temperatura;
- la presenza di umidità produce generalmente una distribuzione chiazzata e diffusa con variazioni di temperatura non molto elevate.

La norma UNI EN 13187:2000 definisce due tipi di prove che differiscono principalmente per quanto concerne il resoconto e la presentazione dei dati:

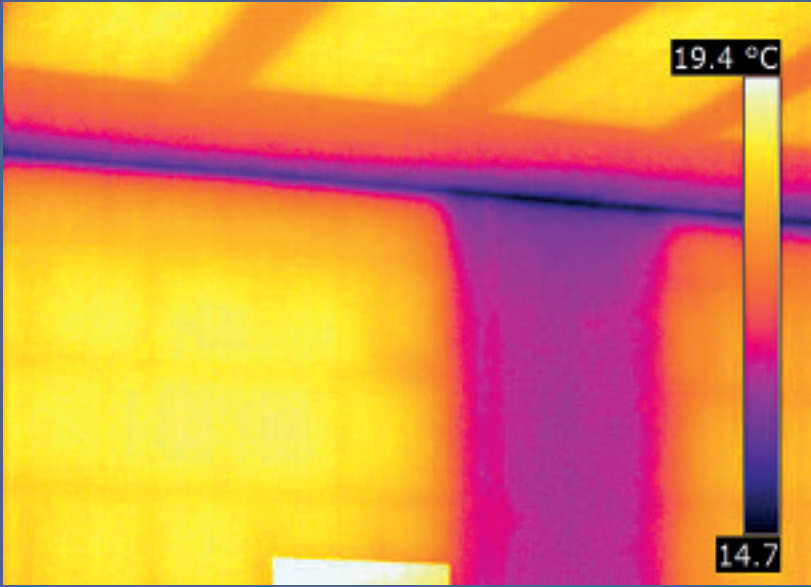
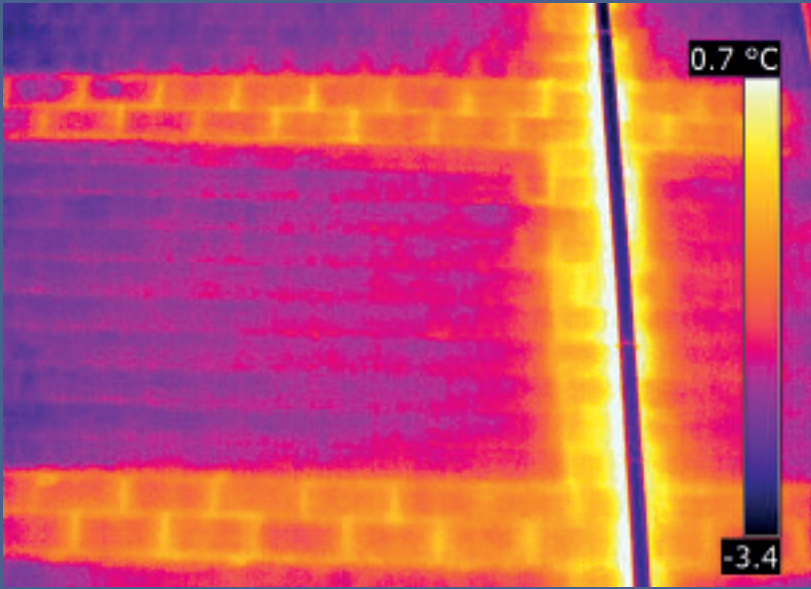
- una prova “completa” da utilizzare per il controllo delle caratteristiche globali degli edifici di nuova costruzione o ristrutturati;
- una prova semplificata da utilizzare, per esempio, nella fase di “audit” nel cantiere di una ristrutturazione o nel controllo di produzione o altre verifiche di routine.

È importante evidenziare che nell'ambito di una diagnosi energetica, l'indagine termografica può essere integrata con prove di tipo quantitativo quali ad esempio termoflussimetria ed endoscopia. In questo caso la termografia diventa utilissima nell'individuazione dei punti precisi di sondaggio, ottimizzando costi e tempi della fase conoscitiva dell'edificio.

Il report termografico

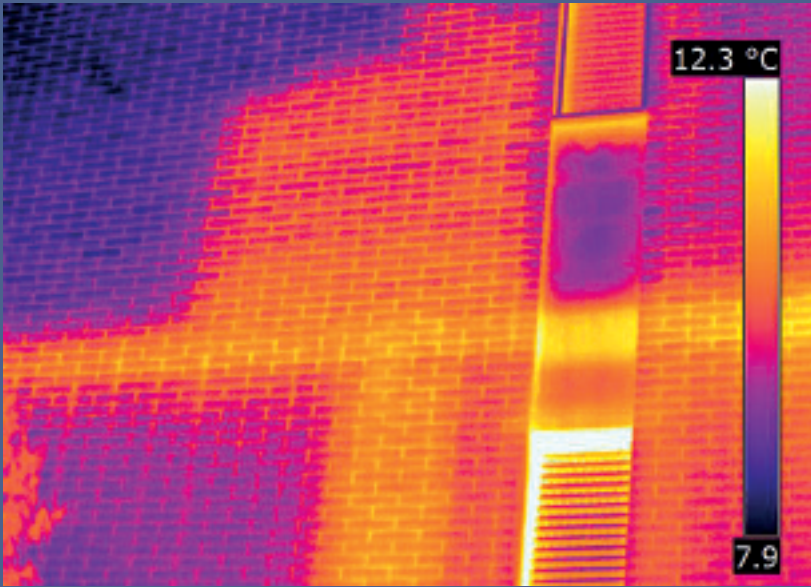
Il report di una prova termografica completa deve prevedere:

- la descrizione dell'indagine, dati del committente e ubicazione dell'edificio oggetto dell'analisi;
- la descrizione dell'edificio sulla base della documentazione progettuale;
- la descrizione delle tipologie e dei materiali di rivestimento dell'edificio con i relativi valori di emissività;
- l'orientamento, da riportare su una pianta dell'edificio, e una descrizione dell'ambiente circostante (presenza di edifici prospicienti, di vegetazione ecc.);
- le specifiche della strumentazione impiegata: produttore, modello e numero di serie⁹;
- la data e l'ora della prova;
- la temperatura dell'aria esterna durante la prova e durante le 24 ore precedenti all'analisi (è sufficiente riportare i valori minimi e massimi osservati);

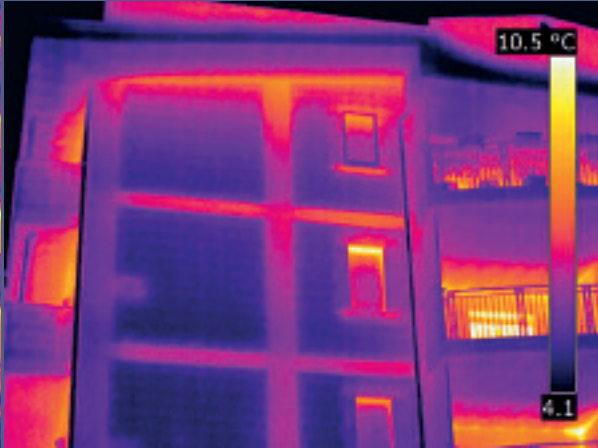
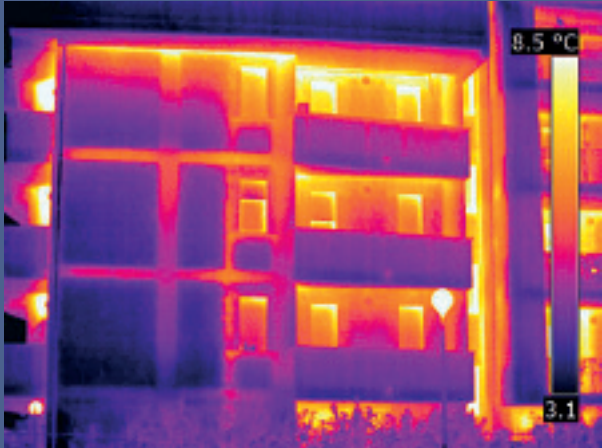


Sopra: i termogrammi di questa zona dell'involucro, effettuati all'esterno e all'interno, rilevano un'importante anomalia termica in corrispondenza del telaio strutturale che è risultato non isolato e semplicemente rivestito con tavelle in laterizio. Nel termogramma qui sopra si leggono anche la trave e i travetti in c.a. del solaio.

Sotto: il termogramma di questa zona dell'involucro esterno rileva anomalie termiche sia in corrispondenza del telaio strutturale che in un'area della tamponatura esterna. A seguito dell'analisi della documentazione di progetto si è dedotto che in quell'area è stato erroneamente posato il pannello di materiale isolante.



Nei termogrammi sono evidenti anomalie termiche in corrispondenza della struttura portante (ponti termici strutturali puntuali).



- la descrizione delle condizioni di irraggiamento solare, osservate durante le 12 ore prima dell'inizio della prova e durante la prova;
- l'annotazione di eventuali precipitazioni e della velocità e direzione del vento durante la prova;
- la temperatura dell'aria interna e la differenza di temperatura dell'aria tra interno ed esterno, durante la prova;
- la differenza di pressione dell'aria tra il lato sopravvento e il lato sottovento per ogni piano (se ritenuto necessario);
- gli altri fattori che potrebbero condizionare il risultato, come ad esempio rapide variazioni delle condizioni meteorologiche;
- l'indicazione di tutti gli scostamenti rispetto ai requisiti di prova richiesti;
- la documentazione fotografica e gli schizzi planimetrici dell'edificio indicanti le posizioni dei termogrammi;
- i termogrammi registrati durante l'esame, con la scala delle temperature¹⁰; l'indicazione della posizione delle anomalie termiche, l'ubicazione della posizione della termocamera rispetto alla zona analizzata, la descrizione dell'anomalia termica e il confronto con zone analoghe dell'involucro edilizio prive di anomalie;
- l'identificazione delle zone esaminate dell'edificio;
- i risultati dell'analisi con la descrizione del tipo e dell'importanza degli eventuali difetti di costruzione riscontrati;
- i risultati di eventuali altre indagini e misurazioni;
- la data e la firma.

Nel resoconto della prova semplificata possono essere omesse le informazioni presenti alle lettere c), d), e), g), h), j), o), p).

Note

- Nel DM 26/06/2009 al punto 4.2 dell'allegato A si legge, in merito al “Metodo di calcolo su rilievo dell'edificio o standard”: “Mediante procedure di rilievo, anche strumentali, sull'edificio e/o sui dispositivi impiantistici ...”, e al punto 8, sempre dell'allegato A, si legge: “Il soggetto certificatore, nell'ambito della sua attività di diagnosi, verifica e controllo, può procedere alle ispezioni ed al collaudo energetico delle opere, avvalendosi, ove necessario, di tecniche strumentali.
- La quantità di radiazione emessa è funzione della quarta potenza della temperatura assoluta di un oggetto e del valore della sua emissività, come viene definito dalla Legge di Stefan Boltzman. L'emissività è una proprietà tipica di ogni materiale di irradiare energia ed è definita dal rapporto tra l'energia emessa dall'oggetto e quella emessa da un corpo nero che sia alla stessa temperatura. Un vero corpo nero avrebbe un $\epsilon = 1$ mentre qualunque oggetto reale (corpo grigio) ha $0 < \epsilon < 1$.
- Il termogramma è il “risultato della conversione in temperatura di una o più mappe radiometriche prodotte da un sistema termografico” (cfr. Norma tecnica UNI 10824-1:2000 “Prove non distruttive. Termografia all'infrarosso. Termini e definizioni”).
- Le termocamere utilizzate per i rilievi nel settore edile sono di solito sensibili alle onde comprese nella banda spettrale tra gli 8 e i 14 μm (long wave), finestra infrarossa in cui l'assorbimento atmosferico è molto ridotto ed è quindi massima l'energia ricevuta dalla termocamera
- La termografia nel settore edile è disciplinata dalle seguenti norme tecniche:
 - UNI 9252:1988 “Isolamento termico. Rilievo e analisi qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri - degli edifici. Metodo della termografia all'infrarosso”.
 - UNI EN 13187:2000 “Prestazione termica degli edifici. Rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi. Metodo all'infrarosso” (la norma UNI EN 13187:2000 può essere considerata l'aggiornamento della norma UNI 9252:1988, poiché coincidono quasi interamente).
 - UNI 10824-1:2000 “Prove non distruttive. Termografia all'infrarosso. Termini

e definizioni”.

6 - Quando l’obiettivo dell’indagine è la misurazione della tenuta all’aria si utilizza la prova di “blower door test” secondo quanto previsto dalla UNI EN 13829:2002 (vedi Ruben Erlacher, “Misurazione della tenuta all’aria. L’impermeabilità dell’involucro”, in *azero* n. 2, gennaio 2012).

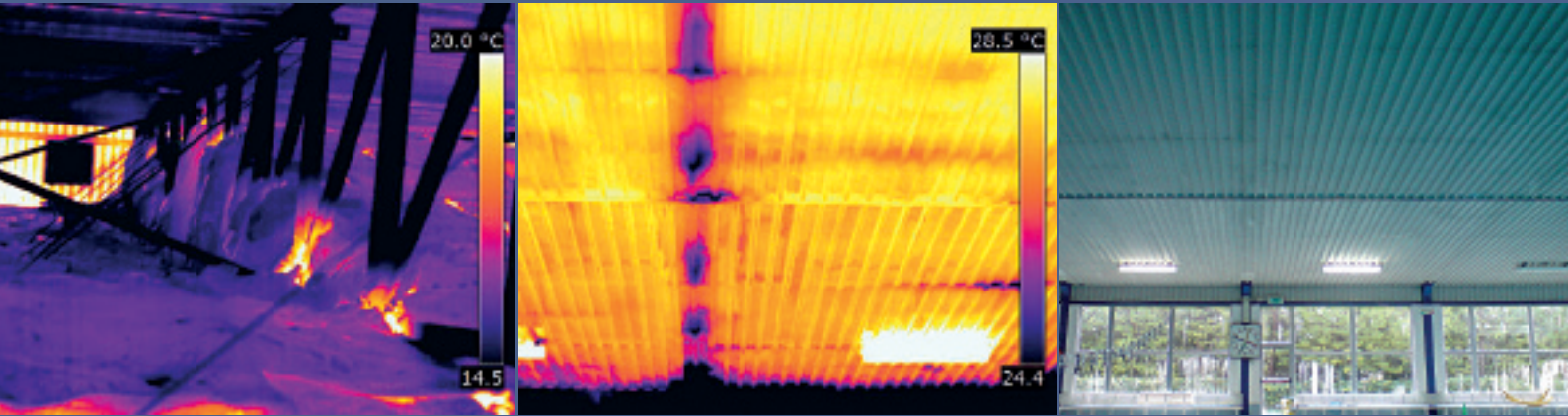
Un metodo “domestico” per generare una sufficiente differenza di pressione tra interno ed esterno consiste nel chiudere tutti i serramenti esterni, attivare la cappa della cucina e, se sono presenti, altri ventilatori di espulsione dell’aria. 7 - I valori dell’emissività dei materiali che caratterizzano la superficie da indagare e i valori della temperatura riflessa sono di notevole importanza quando è necessario calcolare le effettive variazioni della temperatura superficiale.

8 - I termogrammi di riferimento possono essere prodotti in laboratorio o essere ottenuti da prove sul campo effettuate su edifici reali. I termogrammi di riferimento dovrebbero essere selezionati in modo da assicurare che la struttura rappresentata e le corrispondenti condizioni di prova, siano il più possibile simili alla struttura in esame e all’ambiente al momento dell’esame (Cfr appendici A, B e C della norma).

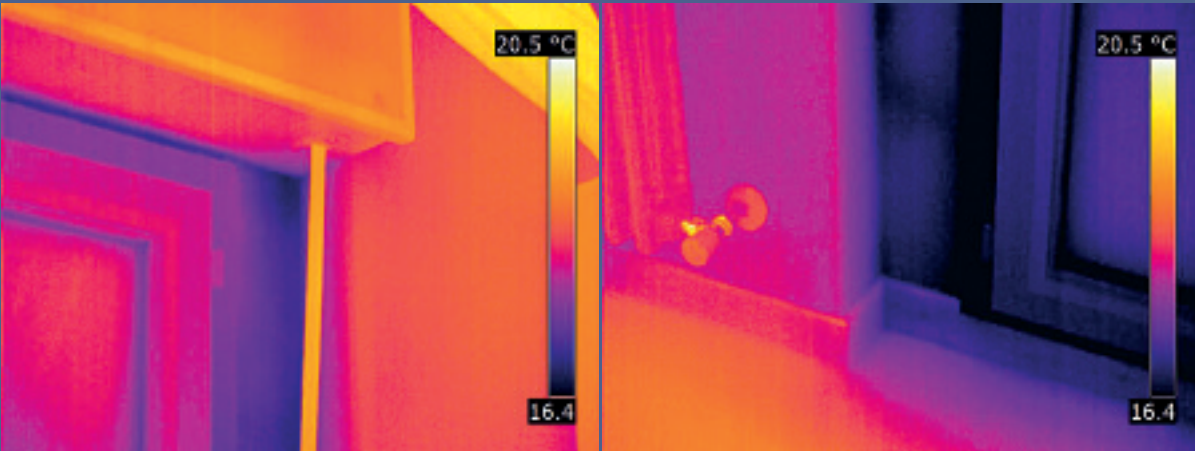
9 - Le caratteristiche minime della strumentazione da utilizzare che la norma richiede sono soddisfatte dalla maggior parte delle termocamere attualmente in commercio.

10 - Dovendo effettuare un’analisi di tipo qualitativo e non quantitativo, la scala di temperatura visualizzata in ogni termogramma serve solo a valutare i delta termici, tra aree dello stesso termogramma o tra aree uguali relative a termogrammi registrati in tempi diversi, ma non a ricavare misure di temperatura. Per una corretta interpretazione dei termogrammi sarebbe molto utile avere a disposizione un insieme di dati storici, per formare un archivio di base da utilizzare come confronto durante il rilievo ma, soprattutto, per tenere conto dell’evoluzione nel tempo degli schemi termici rilevati.

11 - In Italia gli enti accreditati per certificare il personale PND nel metodo termografico sono: Rina, CICPND, Istituto Italiano di saldatura, Certification Bureau. 12 - Per i livelli 1 e 2 l’esame è di tipo pratico secondo una procedura semplificata. Per il livello 3 l’Organismo di certificazione dà due possibilità: superare un esame scritto o ottemperare ai requisiti di un sistema strutturato a punteggio.



L’indagine termografica, di cui sopra si riportano 2 termogrammi, è stata effettuata per individuare i punti di infiltrazione d’aria della copertura metallica di una piscina.



Dai termogrammi si rilevano anomalie termiche in corrispondenza degli infissi. L’attacco di questi alla muratura è un ponte termico di non facile risoluzione. Nel termogramma a sinistra si nota che il cassonetto dell’avvolgibile non presenta anomalie termiche, essendo stato isolato termicamente.

La formazione di un operatore termografico

Considerando che la norma UNI EN 13187:2000 nella parte introduttiva indica che “i risultati ottenuti con questo metodo devono essere interpretati e valutati da persone che abbiano ricevuto una formazione specifica per questo scopo” e che il metodo termografico è una Prova Non Distruttiva (PND), si può ritenere che, per i requisiti formativi di un operatore termografico, la norma di riferimento sia la UNI EN 473:2008 “Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive. Principi generali”.

Tale norma prevede una procedura di certificazione riconosciuta a livello CE, che deve essere rilasciata all’operatore termografico da un ente terzo¹¹, con riferimento a tre livelli di competenze:

Livello 1

Una persona certificata di livello 1 deve aver dimostrato la competenza necessaria per eseguire PND in base ad istruzioni scritte o sotto la supervisione di personale di livello 2 e 3. Il personale di livello 1 può essere autorizzato a:

- regolare l’apparecchiatura PND;
- eseguire le prove PND;
- registrare e classificare i risultati delle prove in relazione a criteri scritti;
- redigere un resoconto dei risultati.

Il personale certificato di livello 1 non può essere responsabile della scelta del metodo o della tecnica da utilizzare per la prova e non può valutare i risultati della prova.

Livello 2

Una persona certificata di livello 2 deve aver dimostrato la competenza necessaria per eseguire PND in conformità a procedure stabilite o riconosciute. Il personale di livello 2, oltre a quanto previsto dal livello 1 può essere autorizzato a:

- selezionare la tecnica PDN in relazione al metodo di prova da utilizzare;
- definire i metodi di applicazione del metodo di prova;
- tradurre le norme e le specifiche PND in istruzioni PND;
- regolare e verificare le regolazioni delle apparecchiature;
- eseguire e sovrintendere le prove e tutti gli incarichi di livello 1;
- interpretare e valutare i risultati delle PND, in conformità alle norme, ai codici e alle specifiche;
- preparare istruzione PND scritte;
- fornire assistenza al personale di livello 2 e 1;
- organizzare e redigere i rapporti PND.

Livello 3

Una persona certificata di livello 3 deve aver dimostrato la competenza necessaria per eseguire e dirigere PND. Il personale di livello 3, oltre a quanto previsto dal livello 2 può :

- assumersi la responsabilità di un laboratorio di prova o di un centro d’esame e del relativo personale;
- stabilire e convalidare istruzioni e procedure PND;
- interpretare norme, codici, specifiche e procedure;
- stabilire i metodi di prova, le procedure e le istruzioni PND da utilizzare;
- eseguire e sovrintendere a tutti gli incarichi propri di livello 1 e 2;
- guidare personale di livello inferiore al 3.

Il personale di livello 3, se autorizzato da un Organismo di qualificazione, può dirigere e sovrintendere ad esami di qualificazione per conto di quest’ultimo.

Per essere idoneo alla certificazione, il candidato deve superare il pertinente esame di qualificazione, definito in maniera specifica per ogni metodo e livello, e deve soddisfare i requisiti di addestramento, esperienza nelle PND e di acutezza visiva, anche in questo caso differenziati per ogni metodo e livello.

Tra i metodi PND previsti dalla UNI EN 473:2008 non è inserito il metodo termografico. Pertanto, per la definizione dei requisiti minimi per esame di qualificazione, addestramento ed esperienza bisogna fare riferimento alla norma ISO 9712:2005 “Non destructive testing – Qualification and certification of personnel”. Tale norma stabilisce che la durata della formazione e dell’esperienza possano essere definite nel regolamento dell’ente accreditato e che può esserci una riduzione fino al 50% della durata della formazione per i candidati in possesso di adeguato titolo di studio (laurea o diploma di istituto superiore in area tecnica). I *requisiti minimi di esperienza* previsti dalla norma per la qualificazione sono:

- Livello 1 → 3 mesi
- Livello 2 → 12 mesi
- Livello 3 → 30 mesi

Per quanto riguarda i *requisiti visivi* il candidato deve dimostrare di avere acutezza visiva (questo requisito può essere soddisfatto anche con l’uso di lenti) e una visione dei colori sufficiente a distinguere e differenziare il contrasto tra i colori utilizzati nello specifico metodo PND in cui si chiede la qualificazione.

L’*esame per la qualificazione* dei livelli 1 e 2 comprende una parte generale (40 domande circa), una parte specifica (30 domande circa) e una parte pratica. L’esame di qualificazione per il livello 3 è il più complesso e prevede anche una parte sulla scienza dei materiali, una parte sulla conoscenza di base di altri 4 metodi e una parte sul metodo specifico.

Il periodo massimo di validità del certificato di qualifica è di 5 anni. Alla scadenza del primo periodo di validità e successivamente ogni 10 anni, la certificazione può essere rinnovata dall’organismo di certificazione per un nuovo periodo di 5 anni, dietro presentazione di:

- referto scritto dell’esame di acutezza visiva;
- documentazione che dimostri di aver svolto in modo soddisfacente l’attività di lavoro senza interruzioni significative.

Alla scadenza di ogni secondo periodo di validità (ogni 10 anni) la certificazione deve essere rinnovata dall’organismo di certificazione (ricertificazione) per un ulteriore periodo di 5 anni con il superamento di un esame¹², oltre a quanto previsto dalla procedura di rinnovo.