

IL QUADRO NORMATIVO NEL SETTORE DELLA TERMOGRAFIA

per corsi termografia certificati ed introduttivi e per indagini termografiche e blower door test:
<http://www.saige.it/Details.aspx?id=35>

di

Davide Lanzoni *

La termografia ad infrarossi ha visto estendersi negli ultimi anni la sua applicazione in edilizia, grazie all'avvento dei sensori microbolometrici non raffreddati ed alla progressiva diminuzione del prezzo del termocamera.

Per contro, non si è assistito (almeno in Europa) ad una parallela evoluzione della normativa, che consentisse l'applicazione di questa tecnica valorizzandone le enormi potenzialità diagnostiche nell'ambito delle costruzioni.

Da notare che il DM 26 giugno 2009 reca nell'allegato A, al punto 8 riguardante la procedura di certificazione energetica degli edifici, la frase: "Il Soggetto certificatore, nell'ambito della sua attività di diagnosi, verifica o controllo, può procedere alle ispezioni e al collaudo energetico delle opere, avvalendosi, ove necessario di tecniche strumentali."

L'unica norma tecnica attualmente esistente in ambito CE per l'applicazione della termografia in edilizia è la UNI EN 13187:2000 "Prestazione termica degli edifici - Rivelazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi - Metodo all'infrarosso" che si può considerare l'aggiornamento della UNI 9252:1988 "Isolamento termico - Rilievo e analisi qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri degli edifici - Metodo della termografia all'infrarosso".

La UNI EN 13187 si sovrappo-

ne quasi interamente alla UNI 9252:1988 "Rilievo e analisi qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri degli edifici - Metodo della termografia all'infrarosso"; la prima riporta in appendice una serie di "termogrammi di riferimento" di componenti edilizi con difetti costruttivi, onde chiarire a quale distribuzione della temperatura superficiale corrisponda ogni difetto; la seconda riporta in appendice i valori di emissività per alcuni materiali da costruzione (purtroppo riferiti alla finestra atmosferica delle cosiddette "short wave" ovvero all'intervallo di lunghezze d'onda tra 3 e 5 micron, non più diffuso fra le moderne termocamere, che utilizzano la finestra delle cosiddette "long wave" tra 8 e 14 micron).

Occorre innanzitutto sottolineare che le norme esplicitano che non possono essere applicate alla determinazione del livello di isolamento termico o di tenuta all'aria di una struttura, per i quali sono necessari esami secondo altri metodi (come ad esempio il termoflussimetro, il blower door test ed il decadimento della concentrazione di gas).

La UNI EN 13187 definisce due tipi di prove:

- una prova finalizzata a verificare le caratteristiche globali di edifici nuovi o ristrutturati;
- una prova semplificata per la conduzione di verifiche in cantiere, nel controllo di produzione o in altre verifiche.

L'esame termografico comprende tre fasi:

1. il rilievo della temperatura superficiale dell'involucro edilizio, o della sua porzione oggetto d'indagine, a partire dalla temperatura radiante apparente, secondo i metodi standard che costituiscono la formazione di livello 1 di un termografo
2. la verifica dell'eventuale presenza di anomalie, dovute ad esempio a difetti d'isolamento, umidità, infiltrazioni d'aria
3. la valutazione del tipo e dell'importanza dei difetti.

Secondo la norma, per determinare se le variazioni di distribuzione di temperatura superficiale costituiscono effettivamente anomalie, è necessario:

- disporre dei progetti dell'edificio, incluso quello degli impianti, onde poter confrontare la distribuzione prevedibile della temperatura superficiale con quella effettiva
- confrontare la distribuzione con "termogrammi di riferimento" contenuti in appendice alla norma, ovvero termogrammi che riportano l'aspetto termico di strutture prive di difetti e di strutture identiche con "difetti volontari", dai quali è possibile identificare la tipologia dei difetti più diffusi. In realtà l'esperienza è molto più utile dei termogrammi di riferimento, che non possono coprire che la minima parte dei difetti e dei problemi che è possibile incontrare in edilizia. Nel caso del-

la modellizzazione dei difetti di isolamento legati ai tipici ponti termici è invece possibile una valutazione scrupolosa con software agli elementi finiti.

Per quanto riguarda le caratteristiche della strumentazione da utilizzare, per la sensibilità termica la norma cita un valore di 0,3°C, requisito che oggi viene ampiamente soddisfatto da pressoché tutte le termocamere in commercio.

Requisiti generali di prova

I requisiti generali di prova vengono specificati nel capitolo 6. Innanzitutto, per determinare il lato (interno o esterno) dell'involucro edilizio su cui effettuare l'indagine, vanno considerati:

- le dimensioni dell'edificio in relazione alla risoluzione geome-

trica (IFOV) della termocamera, eventualmente migliorabile con l'uso di lenti aggiuntive

- le caratteristiche dell'involucro edilizio (tipi e posizioni dei sistemi di riscaldamento, elementi strutturali e isolanti)

- le proprietà radianti delle superfici, ad esempio i materiali di rivestimento (con relative emissività)

- i fattori climatici

- la facilità di accesso per l'esame

- l'influenza dell'ambiente

- ogni altro elemento importante.

Inoltre la differenza di temperatura tra interno ed esterno dev'essere sufficientemente alta, e le differenze di temperatura e pressione attraverso l'involucro dovrebbero essere costanti (regime stazionario), in quanto l'interpretazione dei termogrammi

ripresi in regime non stazionario richiede esperienza, conoscenza della fisica delle costruzioni ed anche dettagliate informazioni sulle caratteristiche dei materiali, non sempre disponibili. Secondo la norma, per questo motivo la prova non può essere condotta in presenza di:

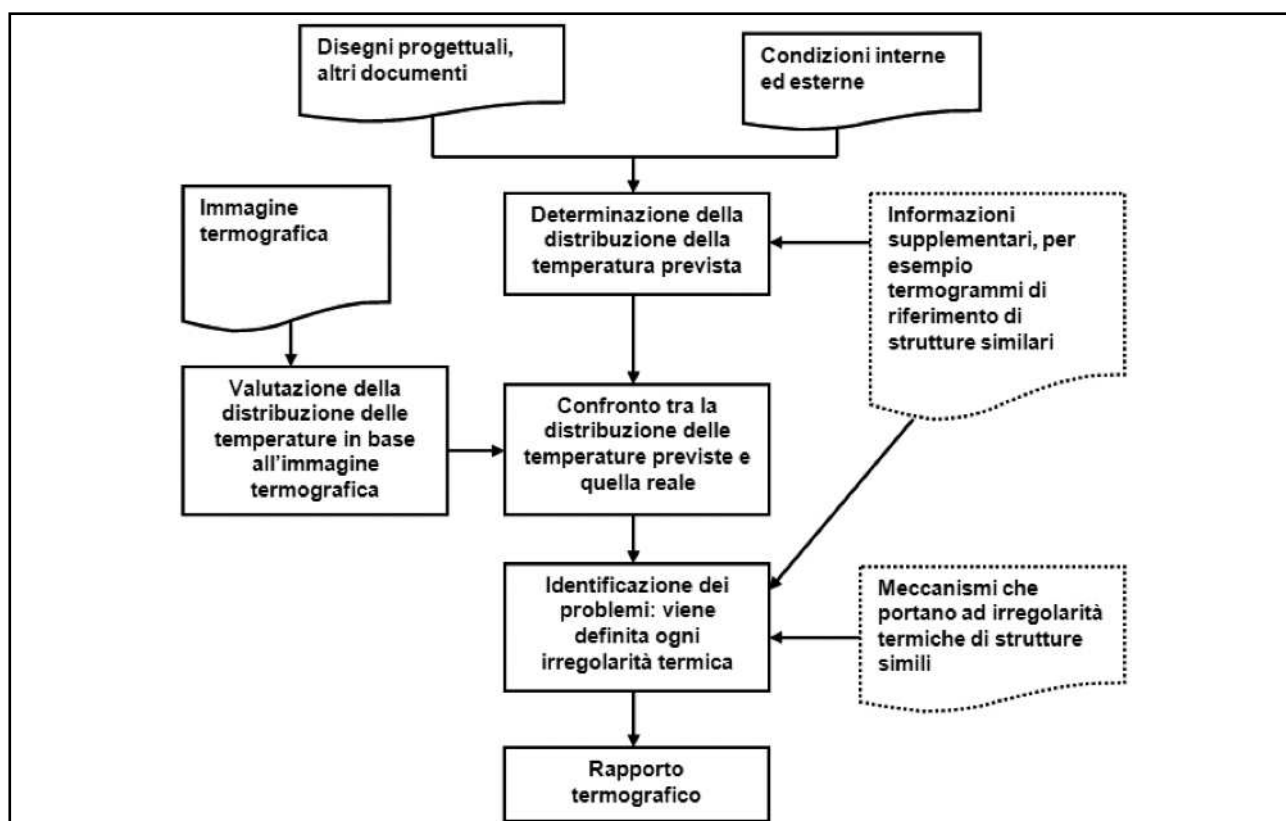
- forti variazioni della temperatura dell'aria all'interno o all'esterno;

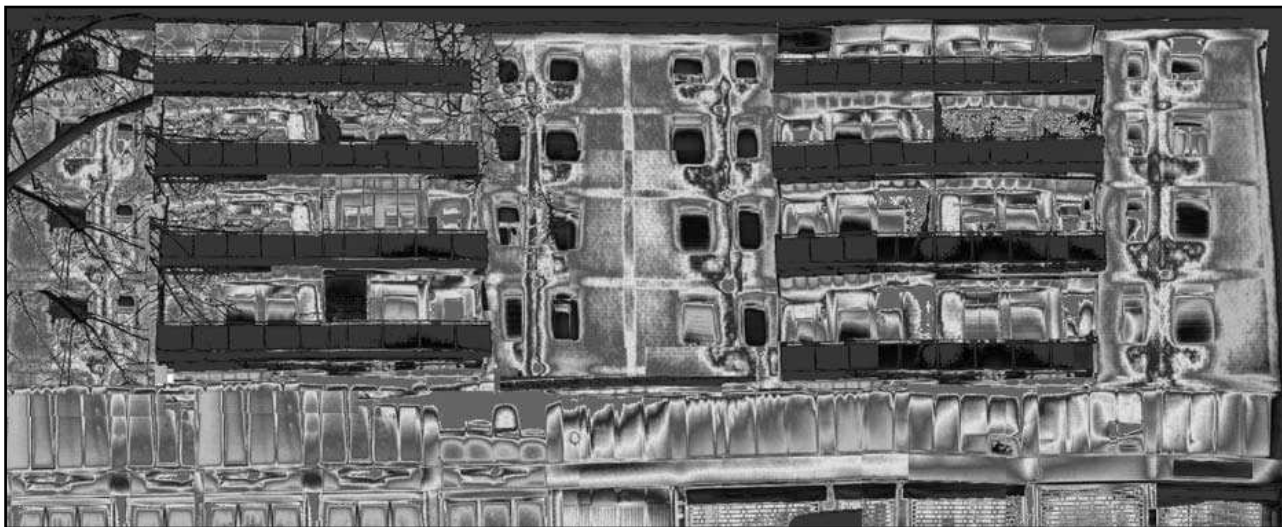
- variazioni significative del vento (che causa raffreddamento convettivo);

- presenza di radiazione solare diretta.

Per l'esecuzione della prova è necessario:

- consultare disegni ed altri documenti contenenti informazioni sull'involucro edilizio da esaminare (se disponibili);





- stimare l'emissività delle superfici da indagare in base alle tabelle di emissività dei materiali, o valutarla con apposite procedure;
- misurare le temperature dell'aria interna ed esterna con accuratezza di $\pm 1^\circ\text{C}$ subito prima dell'inizio della prova;
- se possibile, spegnere eventuali sorgenti di calore che possono interferire con la misurazione;
- spostare mobili, quadri o quant'altro possa interferire con il risultato, in modo da rendere visibili le superfici interessate dall'indagine evitando di generare fenomeni transitori;
- se le infiltrazioni d'aria sono importanti per l'indagine, è necessario indurle artificialmente o effettuare la prova quando vi è una differenza di pressione tra interno ed esterno di almeno 5 Pa, conducendo l'indagine dal lato a bassa pressione.

Se non si ha a disposizione un'apparecchiatura apposita per la generazione di differenze di pressione (blower door), è possibile talvolta generare sufficienti differenze di pressione facendo funzionare alla velocità massima la

cappa della cucina e/o altri ventilatori di espulsione per un tempo sufficiente.

- identificare l'orientamento geografico dell'edificio;
- se è necessario, misurare la differenza di pressione tra il lato sopravvento ed il lato sottovento, per ogni piano, con accuratezza di ± 2 Pa, e determinare la posizione dell'asse neutro (se presente), ovvero del piano sul quale non vi è differenza di pressione.

La norma raccomanda di eseguire le indagini termografiche quando la struttura si trova in regime stazionario sotto il punto di vista dei flussi termici. Dal momento che l'intervallo di tempo per raggiungere il regime stazionario varia con la massa delle strutture che compongono l'involucro, e che in Italia sono maggiormente diffuse strutture in laterizio con buona massa, la stessa norma conviene che può essere conveniente effettuare l'indagine in regime non stazionario, non potendo esservi mai certezza di trovarsi in regime stazionario e/o per le difficoltà a trovare una "finestra temporale" che assicuri di trovarsi in regime

quasi stazionario.

"Garantire" il regime stazionario

Ad ogni modo, i requisiti per garantire il regime stazionario, quindi da soddisfare secondo le condizioni scandinave (riportate nella norma) e per un edificio ad ossatura leggera con indagine effettuata dall'interno, sono le seguenti:

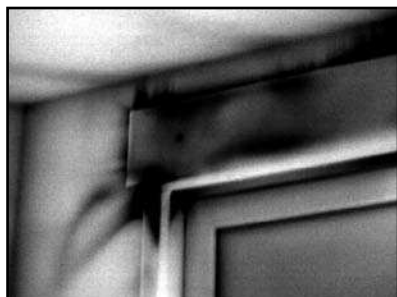
1. la temperatura dell'aria esterna non deve variare di $\pm 10^\circ\text{C}$ nelle 24 ore precedenti la prova
2. nelle 24 ore precedenti la prova, e durante la prova, la differenze di temperatura dell'aria attraverso l'involucro non deve essere minore di $3/U$, con U valore di trasmittanza della parete, e mai minore di 5°C
3. durante la prova, la temperatura dell'aria esterna non dovrebbe variare di oltre $\pm 5^\circ\text{C}$ e la temperatura dell'aria interna di oltre $\pm 2^\circ\text{C}$
4. nelle 12 ore precedenti la prova e durante la prova le superfici oggetto d'indagine non dovrebbero essere esposte a radiazione solare diretta (l'indagine deve essere condotta in giornate nuvolose o

poco prima dell'alba).

La UNI EN 13187 descrive gli andamenti caratteristici delle tre principali tipologie di difetti che si incontrano durante le ispezioni termografiche finalizzate alla rivelazione qualitativa delle irregolarità termiche dell'involucro:

Infiltrazioni d'aria

Le infiltrazioni d'aria, presenti talvolta, oltre che nei serramenti, in corrispondenza di giunti o collegamenti, producono forme irregolari "a dita" con grandi variazioni di temperatura: si veda ad esempio l'immagine sottostante di infiltrazioni d'aria da un cassonetto di avvolgibile.



Isolamento non uniforme

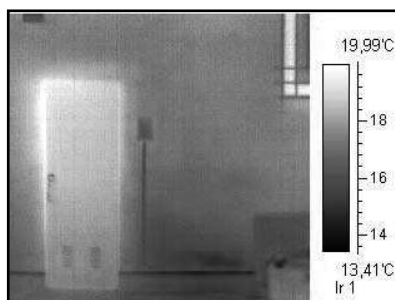
Un difetto dovuto a mancanza di isolamento produce delle forme regolari e definite, non associabili alle caratteristiche strutturali dell'edificio, con variazione di temperatura uniforme.



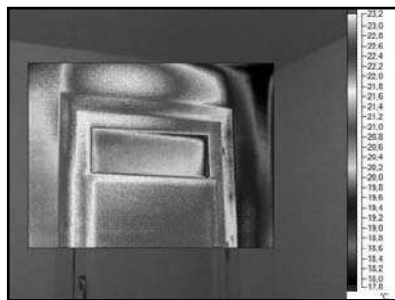
Umidità e infiltrazioni

L'umidità causa di solito una distribuzione chiazzata e diffusa: si

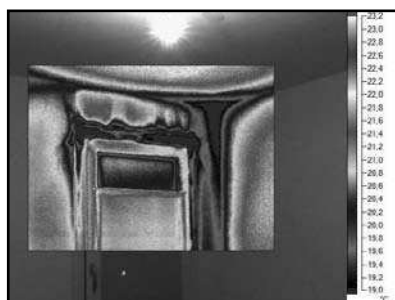
veda l'esempio di un muro soggetto ad umidità di risalita.



Negli USA sono presenti norme ASTM (American Standard Test Method) inerenti la termografia o che coinvolgono la termografia. La norma statunitense ASTM E 1186 "Standard practices for air leakage site detection in building envelopes and air barrier system" considera 7 metodi di prova per l'individuazione delle perdite d'aria negli edifici, tra cui la depressurizzazione (o pressurizzazione) combinata con termografia. Per capire l'importanza della depressurizzazione si vedano le 2 immagini dello stesso serramento, riprese in condizioni normali:



E con depressurizzazione a -50 Pascal:



Coperture ed infiltrazioni

La norma statunitense ASTM C1153 "Standard Practice for Locating of Wet Insulation in Roofing System Using Infrared Imaging" definisce le modalità di ispezione termografica dei tetti per la ricerca di problemi di umidità. I tetti piani possono essere investigati sia dall'interno che dall'esterno in analogia con i muri, sfruttando i transitori termici causati dalla cessazione dell'insolazione. In questo caso, dopo il tramonto le zone del tetto che presentano umidità, invisibile ad occhio nudo, al di sotto della guaina impermeabilizzante, si presentano più calde (immagine sottostante), in quanto l'acqua ha una capacità termica più elevata del materiale impermeabilizzante e quindi mantiene il calore più a lungo. Se l'indagine è effettuata dall'interno nel periodo invernale la presenza dell'umidità causa anche un calo locale della resistenza termica, per cui le zone con infiltrazioni d'acqua appaiono, dall'interno, più fredde nei giorni nuvolosi o nelle prime ore del mattino.



Nelle ispezioni in esterno deve essere valutata attentamente la presenza e la velocità del vento, che può raffreddare il tetto causando difficoltà di individuazione delle zone difettose.

Il termografo dispone di un "intervallo di opportunità" per identificare e documentare le anomalie termiche dovute all'ingresso di umidità nel tetto. Questo intervallo varia in dipendenza dalla tipologia del tetto e delle condizioni atmosferiche. Le anomalie termiche inoltre assumono aspetti diversi a seconda del tipo di impermeabilizzazione utilizzata.

Requisiti e addestramento

Per quanto riguarda la tipologia delle irregolarità termiche visibili nelle termografie, si tenga presente che di norma un'infiltrazione d'aria si distingue da un ponte termico per l'aspetto: se il ponte termico ricalca la forma dell'elemento strutturale o comunque edilizio che lo genera, l'infiltrazione è caratterizzata da una forma irregolare "a dita" o "a baffo" in prossimità del punto di ingresso dell'aria. Se all'esterno dell'edificio è presente una temperatura inferiore che all'interno, nelle termografie riprese dall'interno le infiltrazioni d'aria esterna sono identificabili da zone a temperature inferiori per l'effetto convettivo dell'aria in ingresso, e viceversa. Per quanto riguarda i requisiti di formazione ed addestramento dell'operatore termografico, la UNI EN 13187, che reca il sottotitolo "Prove non distruttive", riporta nell'introduzione che "I risultati ottenuti con questo metodo devono essere interpretati e valutati da persone che abbiano ricevuto una formazione specifica per questo scopo".

La presenza di questa frase in una norma che tratta dell'applicazione del metodo termografico ha invalso, non essendo possibili altre interpretazioni rigorose, che la

formazione specifica menzionata sia quella riportata nella normativa per la qualificazione del personale addetto alle prove non distruttive (PND). Tale normativa è attualmente costituita dalla UNI EN 473:2008 "Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive - Principi generali" e dalla ISO 9712:2005 "Non-destructive testing - Qualification and certification of personnel".

La UNI EN 473 e la ISO 9712 sono le uniche ad avere validità legale in ambito CE; altre procedure di certificazione, seppure molto simili nei contenuti formativi, quali la procedura americana ASNT, non sono riconosciute in Europa e in Italia.

Una differenza fondamentale tra le procedure di certificazione UNI/EN ed ASNT è costituita dal fatto che per le prime la certificazione è rilasciata ed intestata al tecnico da un ente terzo, mentre nella ASNT viene rilasciata dall'azienda (non vi è terzietà) ed il certificato rilasciato al tecnico reca l'intestazione dell'azienda che lo emette, e quindi può decadere se il tecnico cessa il rapporto con l'azienda.

In Italia esistono 4 attualmente solo 4 organismi accreditati per la certificazione del personale PND nel metodo termografico:

- Rina
- CICPND
- Istituto Italiano di saldatura
- Certification Bureau.

Vista la terzietà che l'organismo deve assicurare rispetto al candidato, il corso di formazione può avvenire presso un ente pubblico o privato non accreditato o anche presso un singolo operatore, purché:

- il programma del corso sia giudicato idoneo dall'organismo notificato.

- il docente responsabile del corso sia qualificato al livello 3 (vedasi seguito). Al termine del corso di formazione, il candidato effettuerà l'esame presso ente accreditato e, in caso di esito positivo e di presenza dei requisiti visivi e di esperienza, otterrà il rilascio della qualificazione.

Sia la UNI EN 473 che la ISO 9712 prevedono 3 livelli di qualifica per la certificazione degli operatori:

Livello 1: la persona ha dimostrato la competenza ad effettuare PND in base ad istruzioni scritte (redatte da persone qualificate al livello 2 o 3) o sotto la supervisione di personale di livello 2 o 3. La persona di livello 1 è autorizzato a:

- impostare l'apparecchiatura per eseguire la PND
- eseguire la PND
- registrare e classificare i risultati delle prove in base a criteri scritti
- redigere un rapporto dei risultati.

La persona di livello 1 non può scegliere il metodo o la tecnica di PND da utilizzare, e non può valutare né interpretare i risultati della prova.

Livello 2: la persona ha dimostrato la competenza di per eseguire PND in conformità a procedure stabilite o riconosciute. Oltre a quanto previsto per una persona di livello 1, la persona di livello 2 è autorizzata a:

- selezionare la tecnica PND per il metodo di prova
- definire i limiti di applicazione del metodo di prova
- redigere le istruzioni scritte per PND, in base a norme e spe-

cifiche

- regolare e verificare le regolazioni delle apparecchiature
- eseguire e sovrintendere le PND nonché tutti gli incarichi propri di un livello 1
- interpretare e valutare i risultati delle PND, in base a norme, codici o specifiche applicabili
- assistere personale di livello 2 o livello 1
- organizzare o redigere i rapporti di PND.

Livello 3: la persona ha dimostrato la competenza per eseguire e dirigere PND. Oltre a quanto previsto per una persona di livello 2, la persona di livello 3 può:

- assumere la responsabilità di un laboratorio di prova, di un centro di esame e del relativo personale
- redigere e convalidare istruzioni e procedure per PND
- interpretare norme, codici, specifiche e procedure
- stabilire i metodi di prova, le procedure e le PND da utilizzare
- eseguire e sovrintendere tutti gli incarichi propri di un livello 1 o di un livello 2
- dirigere e sovrintendere esami di qualificazione per conto di un organismo di qualificazione dal quale sia stato autorizzato
- essere di guida al personale di tutti i livelli.

Come si vede la competenze previste sono crescenti in base ai livelli; per “interpretare e valutare i risultati delle PND, in base a norme, codici o specifiche applicabili”, come necessario secondo la UNI EN 13187 e, a buon senso, per la validità legale della prova, è necessario che il tecnico sia qualificato almeno al livello 2.

Per il conseguimento della qualificazione in ambito termografico

LIVELLO DI QUALIFICAZIONE	Mesi minimi di esperienza, comprensivi del livello precedente
Livello 1	3
Livello 2	12
Livello 3	30

Requisiti minimi di esperienza in mesi.

sono previsti i requisiti di esperienza indicati nel seguente prospetto:

Requisiti minimi di esperienza in mesi

Questi requisiti sono fissati dalla ISO 9712, in quanto la UNI EN 473 non contempla il metodo termografico, sebbene consenta (paragrafo 12) la certificazione del personale anche per metodi non distruttivi da essa non contemplati. Le 2 norme sono in progetto di fusione. Per la formazione, la norma prevede una riduzione massima del 50% per i candidati in possesso di adeguato titolo di studio (laurea tecnica o diploma di istituto superiore di area tecnica). Eventuali diverse durate della formazione e/o dell'esperienza possono essere fissate nel regolamento dell'organismo accreditato. Oltre al superamento degli esami, ed ai requisiti di esperienza, il candidato deve dimostrare di possedere una capacità visiva soddisfacente (sia sotto l'aspetto dell'acutezza che di quello della discriminazione tra i colori), in conformità alla specifiche della norma. I requisiti di acutezza visiva possono essere soddisfatti anche mediante la correzione con

lenti. Gli esami per la qualificazione ai livelli 1 e 2 comprendono una parte generale, una parte specifica ed un parte pratica. L'esame per la qualificazione al livello 3 è più complesso e comprende un esame di scienza dei materiali, un esame per la conoscenza di base di altri 4 metodi, ed un esame del metodo specifico.

Esami di qualificazione

Il periodo massimo di validità della certificazione di qualifica è di 5 anni; dopo i primi 5 anni la certificazione deve essere rinnovata (procedura di rinnovo) dietro presentazione di:

- referto scritto del perdurare soddisfacimento dei requisiti visivi
- documentazione che dimostri di aver svolto attività lavorativa senza interruzioni significative (secondo quanto specificato nella norma).

Ogni 10 anni, la certificazione deve essere rinnovata con il superamento di un esame pratico (procedure di ricertificazione), oltre al soddisfacimento delle condizioni della procedura di rinnovo.

Il consiglio personale dell'autore a chi voglia dedicarsi professionalmente alla termografia, svolgendo indagini che abbiano valo-

LIVELLO DI QUALIFICAZIONE	Domande generali Domande specifiche Esame pratico Redazione IOP
Livello 1	40 30 SÌ NO
Livello 2	40 30 SÌ SÌ

Esami di qualificazione.

re legale, è di seguire un percorso formativo che conduca alla certificazione di livello 2.

Chi invece lavora in ambito aziendale e/o utilizza la termografia per verifiche di cantiere, la ricerca di perdite d'acqua o di infiltrazioni, può fare a meno della certificazione, anche se è comunque raccomandabile che si documenti da autodidatta o segua un corso di breve durata per apprendere le basi della tecnica e non commettere errori che potrebbero rivelarsi costosi.

Per dare un'idea dell'utilizzo estensivo che viene fatto all'estero della tecnica termografica (per limitarsi all'ambito edilizio) si riporta di seguito un utile elenco di norme tecniche straniere (statunitensi e canadesi) che sono acquistabili on line e che costituiscono

una valida guida per lo svolgimento delle indagini in assenza di una normativa tecnica nazionale.

- CAN/CGSB 149-GP-2MP: Manual for Thermographic Analysis of Building Enclosures

- ASTM C1060: Standard Practice for Thermographic Inspection of Insulation Installations in Envelope Cavities of Frame Buildings

- ASTM E1186: Standard Practice for Air Leakage Site Detection in Building Envelopes and Air Barrier Systems

- ASTM C1153: Standard Practice for Locating of Wet Insulation in Roofing System Using Infrared Imaging

- ASTM E1316: Terminology for Non Destructive Examinations

- ASTM E1213: Standard Test Methods for Minimum Resolva-

ble Difference for Thermal Imaging System

- ASTM E1311: Standard Test Methods for Minimum Detectable Temperature Difference for Thermal Imaging System

- ASTM E1862: Standard Test Methods for Measuring and Compensating for Reflected Temperature Using Infrared Imaging Radiometers

- ASTM E1897: Measuring and Compensating for Transmittance and Using Infrared Imaging Radiometers

- ASTM E1933-99a: Standard Test Method for Measuring and Compensating for Emissivity Using Infrared Imaging Radiometers

- Canada NMS Section 02 27 13 -2008: Thermographic Assessment: Building Envelope

- RESNET standard 802: General Provisions for Thermographic Inspection of Buildings

I tecnici, le aziende e gli enti che si interessano di termografia o che vogliono avvicinarsi a questa tecnica possono trovare un riferimento in Assotermografia, associazione senza scopo di lucro nata con lo scopo di promuovere questa potente tecnica d'indagine.

** Livello 3 termografia*