

ACQUISIZIONE DATI INVOLUCRO

Metodi impiegabili ai fini della certificazione energetica degli edifici

di Alessandro Panzeri

Entro gennaio 2006 deve essere recepita la direttiva europea 02/91 sull'efficienza energetica degli edifici. L'ente normativo europeo CEN ha sviluppato per mezzo di un notevole numero di gruppi di lavoro le norme necessarie all'applicazione della direttiva e dei rispettivi recepimenti nazionali.

La direttiva e quindi il decreto di recepimento italiano, stabiliscono la necessità dello strumento della certificazione energetica come già la legge 10/91, per gli edifici pubblici e privati di nuova costruzione, per quelli interessati da ristrutturazione e nel caso di compravendita e locazione.

L'acquisizione dei dati per la certificazione di un edificio esistente o per la verifica di uno di nuova costruzione comporta difficoltà quali la non reperibilità del progetto cartaceo e la non corrispondenza di questo con il costruito; in sostanza non conoscendo la stratigrafia delle strutture opache è necessario avere strumenti di misura in opera.

Poiché la certificazione è un indice di valutazione della prestazione energetica dell'edificio, e poiché nell'edilizia residenziale le parti opache influenzano largamente i flussi energetici tra interno ed esterno, è auspicabile dotare i certificatori di un metodo acquisizione dati standard che riduca il più possibile le prevedibili imprecisioni derivanti da metodi non professionali.

Tra le norme sviluppate presso il CEN il progetto di norma prEn 15203 "Energy performance of buildings - Assessment of energy use and definition of ratings" stabilisce nell'allegato A le modalità di acquisizione dati per la strutture opache degli edifici esistenti soggetti alla certificazione energetica. Nel novembre 2003, il CTI, organo federato dell'UNI, ha pubblicato le raccomandazioni del sottocomitato 1 e 6 per le "Prestazioni energetiche degli edifici" (pubblicate nei numeri 10 e 11 di Neo Eubios ndr) che indicavano i modi per l'acquisizione dei dati per la certificazione energetica degli edifici esistenti. In entrambi i documenti sono indicate le modalità di acquisizione dei dati riguardanti l'involucro.

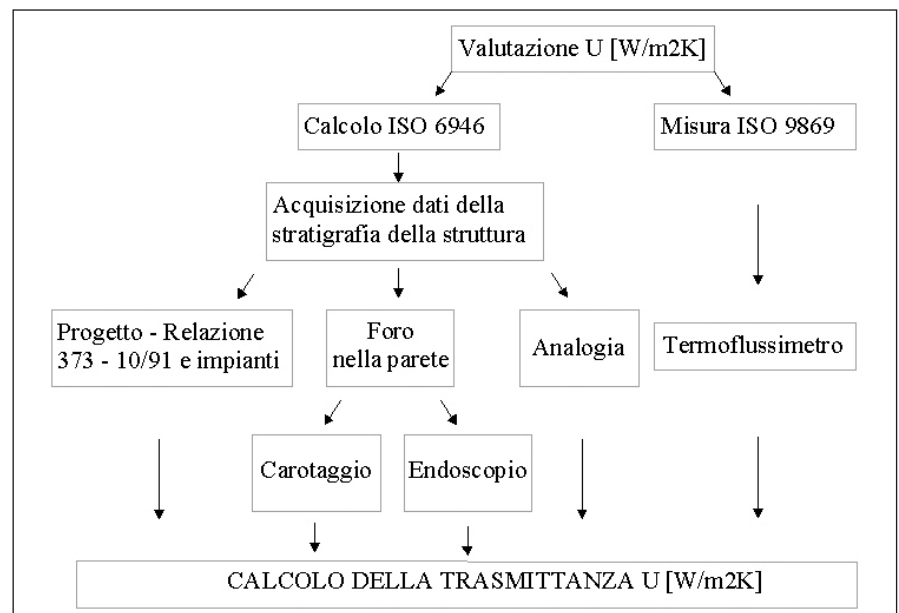
Valutazione della trasmittanza termica

Sono possibili quattro scenari:

1) La stratigrafia della struttura è conosciuta (si hanno i disegni aggiornati del progetto architettonico o della relazione legge 10/91 e impianti); la trasmittanza viene



esempio di carotaggio



schema valutazione U

calcolata in accordo con la norma prEN ISO 6946:2005.

- 2) La stratigrafia non è conosciuta e quindi si procede a eseguire un foro per stabilire tipo di materiale e spessore. Il foro può essere di piccole dimensioni e quindi si utilizza un endoscopio, oppure può essere di maggiori dimensioni, il carotaggio, e le caratteristiche del materiale vengono stabilite direttamente. L'esperienza del professionista gioca un ruolo fondamentale. Una volta stabilita la stratigrafia della parete la trasmittanza viene calcolata in accordo con la norma prEN ISO 6946:2005.
- 3) L'edificio è riconducibile a una determinata e caratterizzata tipologia edilizia di cui si conoscono le stratigrafie; è possibile agire per analogia stimando le trasmittanza

dei componenti. Le raccomandazioni del CTI contengono un esempio di abaco di questo genere.

- 4) La trasmittanza della struttura viene misurata in opera in accordo con la norma ISO 9869.

Lo schema sintetizza le diverse caratteristiche riguardanti i vari approcci seguibili per la valutazione della trasmittanza termica.

Limiti e precisione dei vari metodi

I diversi approcci e le diverse attività che si svolgono per arrivare alla trasmittanza termica delle pareti e delle coperture sono soggetti alle seguenti considerazioni:

- gli strumenti necessari;
- il costo dello strumento e del suo impiego;
- il tempo necessario per svolgere

l'attività;

- i soggetti interessati;
- affidabilità delle valutazioni effettuate.

La misura della trasmittanza in opera

Tutti i metodi presentati sono utilizzabili ai fini della certificazione come indica il prEN 51203.

Sulla base della maggiore affidabilità delle valutazioni conducibili per mezzo della misura in opera con termoflussimetri, della rapidità di esecuzione, della non invasività del metodo e infine per il ridotto coinvolgimento di altri soggetti, l'ANIT in collaborazione con il Politecnico di Torino ha sviluppato una guida alla "misura della trasmittanza in opera" che descrive le caratteristiche degli strumenti, la loro posa in opera e la rielabora-

	METODO DI VALUTAZIONE	Strumenti necessari	Costo	Tempi necessari	Soggetti interessati	Affidabilità delle valutazioni
1.	Calcolo prEN ISO 6946	Foglio di calcolo Banca dati delle caratteristiche materiali	Basso	Ridotti		
1.1	Reperimento dei dati tramite ABACHI e raccomandazioni CTI	Raccomandazioni CTI o abaco regionale, provinciale o comunale delle strutture	Basso	Ridotti	proprietario	Molto bassa Abaco = Progetto = costruito?
1.2	Reperimento dei dati tramite materiale cartaceo del progetto	Documentazione tecnica relativa alla concessione edilizia o al rogito o alla relazione impianti	Basso	Mediamente lunghi	Proprietario Ufficio tecnico comunale	Bassa Progetto = costruito?
1.3	Reperimento dei dati con sopralluogo e foratura parete	Endoscopio	Molto elevato	Ridotti	Proprietario e inquilino	Media Esperienza professionista
1.4	Reperimento dei dati con sopralluogo e foratura parete	Carotaggio	Basso	Ridotti	Proprietario e inquilino	Buona
2	Misura in opera ISO 9869	Termoflussimetri – acquirente dati e termocoppie	Medio	Ridotti	Inquilino	Ottima

analisi metodi di valutazione U

zione dei dati necessari alla corretta valutazione della trasmittanza.

Seguono cinque paragrafi del documento messo a punto dai Prof. Marco Perino e Prof. GianVincenzo Fracastoro che tratta delle caratteristiche della strumentazione e della corretta posa in opera.

1) La strumentazione

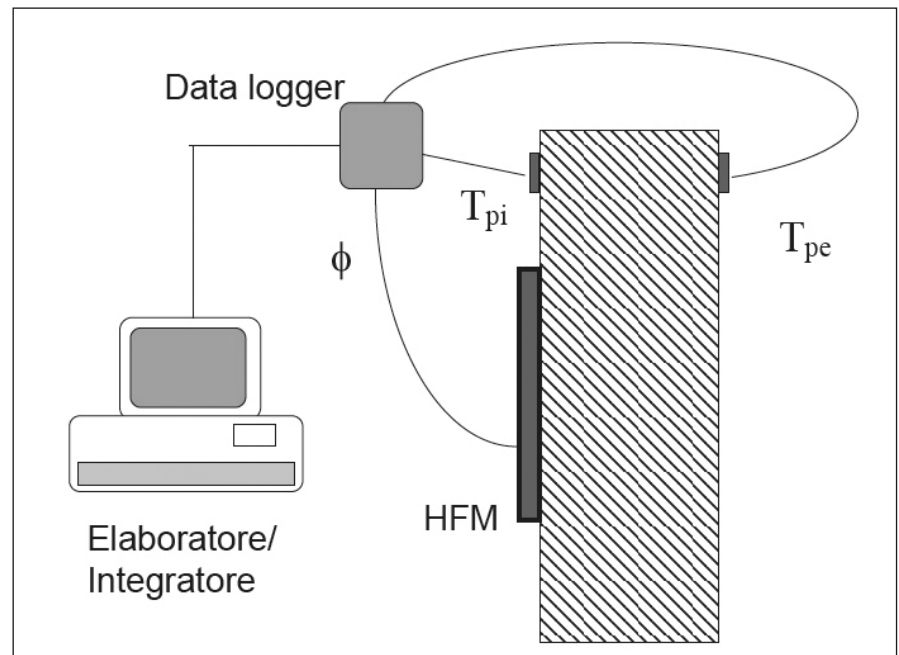
- 1 termoflussimetro per la valutazione del flusso termico;
- 4 sonde di temperatura per le superfici della parete;
- 1 acquisitore dati.

I termoflussimetri sono tipicamente costituiti da un sottile strato di materiale di resistenza termica nota e stabile. La differenza di temperatura attraverso tale strato viene misurata da un insieme di termocoppie collegate in serie (termopila) che hanno il compito di amplificare il piccolo segnale elettrico prodotto dalla singola termocoppia (la differenza di temperatura a cavallo del sottile strato è, infatti, piccola a causa della resistenza termica piuttosto piccola e del flusso termico piuttosto basso che attraversa le pareti edilizie). Il tutto è racchiuso da un involucro protettivo a prova di umidità e con buone caratteristiche meccaniche. In tal modo, rilevando la temperatura su entrambi i lati del sensore stesso (che dipende dal flusso che attraversa la piastra), attraverso un'opportuna curva di taratura, si ottiene una valutazione del flusso termico. La piastra di cui è costituito un HFM per misure in campo ha in genere uno spessore di qualche mm ed è realizzata in materiale plastico rigido o flessibile (ad esempio silicone). Può avere forma circolare, quadrata o rettangolare, ed un'area che misura da 50 a 100 mm². Il sensore deve essere opportunamente accoppiato, dal punto di vista termico, all'ele-

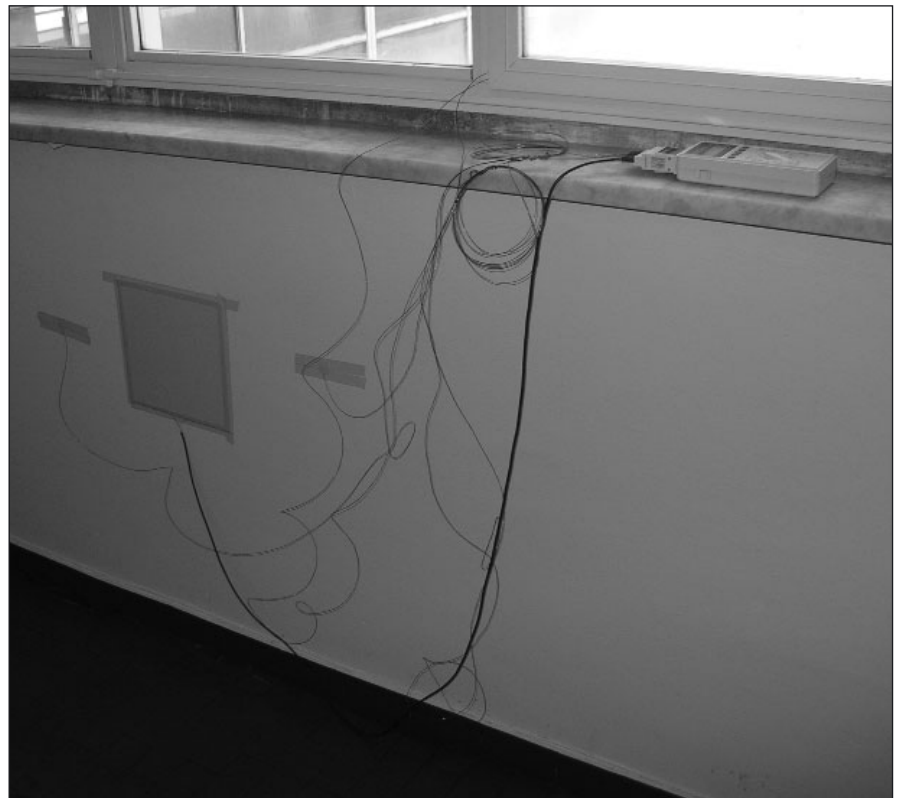
mento da analizzare, in modo, cioè da non introdurre resistenze di contatto, e deve essere connesso ad un apparato di registrazione dati (datalogger). I risultati ottenibili con l'utilizzo di un termoflussimetro sono in genere buoni, e i dati riportati nella bibliografia collocano il valore degli errori tra l'1 % e

il 15%, con un valore medio dell'8%.

Il datalogger viene anche utilizzato per il rilievo e la memorizzazione delle temperature esterne ed interne, rilevate, tipicamente, attraverso termocoppie o termoresistenze. Nella figura è schematicamente mostrato il sistema di misu-



sistema di misura in opera



HFM in opera

ra e la disposizione dei sensori. L'uso degli HFM presenta tutta una serie di difficoltà che possono essere raggruppate secondo tre categorie: la taratura, l'applicazione e l'analisi dei dati. Trascorrendo i problemi di taratura, si illustrano di seguito i principali problemi che si possono incontrare negli impieghi in campo.

2) Posizionamento dei sensori

Occorre applicare i sensori in una porzione di superficie rappresentativa della "parete corrente" che si desidera caratterizzare. Dunque, al fine di evitare effetti di bordo che possono, introdurre errori notevoli nella misura, sono da evitare le zone vicine agli spigoli ed ogni altra zona della parete in cui si presentino delle anomalie di carattere fisico o geometrico (ad esempio ponti termici provocati da "gambette" di collegamento o da, interruzione dell'isolante, pilastri, etc.). Per risolvere il problema della scelta del punto di misura occorre, effettuare un sopralluogo accurato coadiuvati, ove possibile, da piante e sezioni del locale che permettano di individuare eventuali anomalie nascoste in quanto inglobate nella struttura, della parete (cavedii, pilastri, strutture portanti, condotti percorsi da fluidi caldi/freddi,...). Un aiuto prezioso in questa fase può essere rappresentato da una analisi preventiva con sistemi di termovisione all'infrarosso.

E' buona norma:

- posizionare il termoflussimetro, sul lato interno della parete (per minimizzare gli effetti di disturbo della radiazione solare e per mantenere il sensore in un ambiente, meno "aggressivo");
- rilevare la temperatura superficiale interna ed esterna (T_{pi} e T_{pe}) in almeno due punti diversi ed assumere per l'analisi dei dati la media fra queste due letture (per mini-



strumentazione: sensori e datalogger

mizzare l'effetto di eventuali piccole disomogeneità nella struttura della parete).

Nella posa di tutti i sensori occorre curare la perfetta adesione del sensore stesso (termoflussimetro e/o termocoppia) con la superficie della parete. Ove possibile è raccomandabile l'impiego di "paste termiche" per ridurre la resistenza termica di contatto (naturalmente questo è possibile solo nei casi in cui non ci si debba preoccupare dello sporco, irreversibile, della superficie).

Il fissaggio dei sensori può essere effettuato con nastri adesivi di carta del tipo di quelli usati dai decoratori, al fine di garantire, un

distacco senza problemi dello stesso al termine della misura. La situazione ottimale dal punto di vista dell'affidabilità dei risultati è che il materiale di fissaggio impiegato per la posa dei sensori presenti le medesime caratteristiche radiative delle superfici su cui si rilevano le grandezze (si sceglieranno, ove possibile, nastri con finitura, superficie diversa alluminio, colorati, da applicare, eventualmente, al di sopra del nastro di fissaggio di carta).

3) Effetto dell'irraggiamento solare diretto

Se l'HFM è applicato sulla superficie esso modifica gli scambi termi-

ci convettivi e radiativi normali della parete, producendo distorsioni tridimensionali del flusso. Soprattutto, è necessario evitare che esso sia investito direttamente dalla radiazione solare. Il diverso comportamento ottico, infatti, indurrebbe sensibili errori di misura. Per questo motivo è buona norma collocare sempre il termoflussimetro sulla faccia interna della parete. Occorrono cautele anche nella posa delle termocoppie e/o delle termoresistenze. In questo caso, poiché non è possibile evitare il posizionamento dei sensori sul lato esterno della parete, è opportuno:

- scegliere, quando possibile, una parete orientata verso nord o nord-est, oppure collocare il sensore in una zona di parete soggetta ad elevato ombreggiamento (o per ombre portate da edifici prospicienti o per ombre proprie dovute ad aggetti verticali/orizzontali);
- rivestire il sensore con materiali le cui caratteristiche ottiche siano simili a quelle della superficie di cui si vuole rilevare la temperatura superficiale (in questo modo l'elemento sensibile del trasduttore si troverà nelle medesime condizioni termiche della superficie e non si origineranno errori rilevanti anche in presenza di radiazione solare).

4) Condizioni al contorno

Al fine di minimizzare gli errori di misura è buona norma effettuare la sperimentazione durante un periodo di tempo con forti differenze di temperatura fra ambiente interno ed esterno. Questa condizione garantisce, infatti, di rilevare le grandezze (specie i flussi termici) nelle condizioni in cui essi assumono, valori più alti. In tal modo si opera con segnali in uscita dai trasduttori più elevati e dunque:

- il sistema è meno sensibile ai disturbi esterni;

- gli strumenti di misura operano in range operativi sensibilmente maggiori della soglia minima di rilevazione;

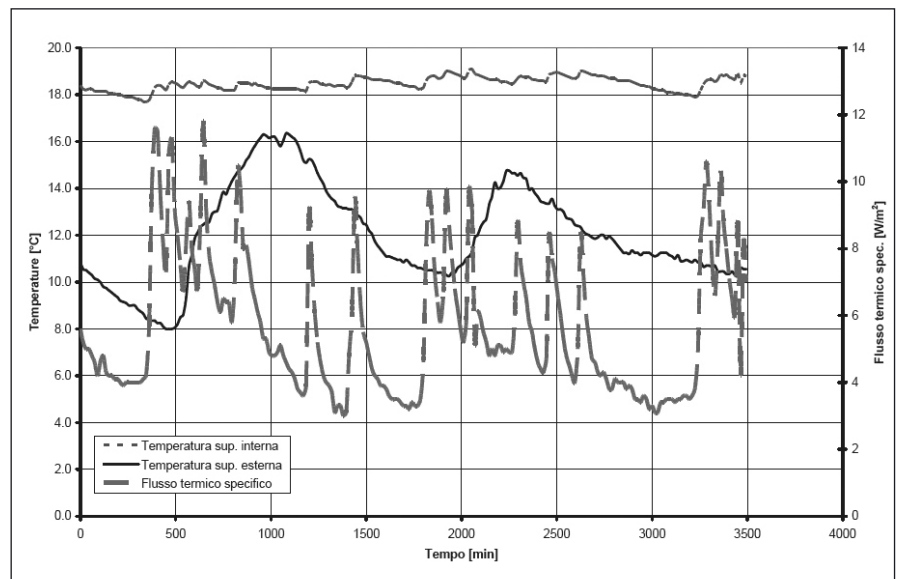
- le variazioni dei segnali sono decisamente più alte della risoluzione minima degli strumenti.

Infine, nel caso si adottino tecniche di analisi dei dati di tipo "black-box", occorre che le misure siano effettuate quando le variabili monitorate (flussi termici e temperature superficiali) presentano variazioni temporali accentuate (condizioni al contorno fortemente dinamiche).

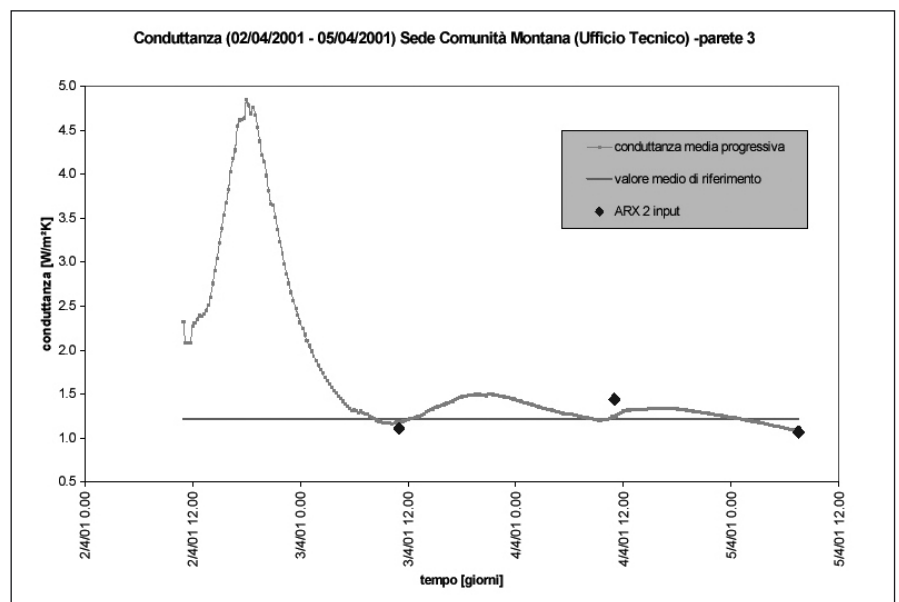
5) Accorgimenti pratici

In definitiva, gli accorgimenti da adottare nel corso della misura possono essere così riassunti:

- verifica della non esistenza di anomalie (ponti termici, tubazioni, cavedii,...) all'interno della parete nella zona di misura;
- buon contatto termico tra superfici della parete e sensori;
- posizionamento del termoflussimetro HFM sulla faccia interna della parete;
- uso di due sensori collocati in posizioni diverse per la misura



dati scaricati tal quali di una misura



elaborazione dati con metodo delle medie e "black box"

delle temperature superficiali (ed utilizzo del valor medio);

- evitare l'irraggiamento solare diretto sui sensori;
- effettuare la misura in periodi in cui il ΔT sia elevato nel caso di analisi dei dati con tecniche "black-box" effettuare la misura in periodi in cui le condizioni al contorno presentino dinamiche (variazione nel tempo delle varie grandezze) sufficientemente alte.

Analisi dei dati

La valutazione delle prestazioni in opera delle pareti comporta inevitabilmente lo studio di sistemi in regime transitorio.

Esistono due tecniche per analizzarli: il metodo della media e il metodo dell'identificazione "black box". La principale differenza tra i due metodi di analisi è il numero di misure necessarie per compiere valutazioni affidabili; il metodo delle medie è infatti caratterizzato dalla media progressiva dei valori di flusso e di temperature misurati.

$$C = \frac{\int_0^t \dot{q}(t) \cdot dt}{\int_0^t [T_{pi}(t) - T_{pe}(t)] \cdot dt}$$

Maggiore il numero di misurazioni, maggiore l'affidabilità dei risultati.

Il metodo dei black box, così chiamato perché applicabile a qualsiasi sistema fisico che comporti dei dati in entrata e in uscita,

per poter compiere valutazioni affidabili, deve avere ampie variazioni di temperatura esterna, poiché ha come riferimenti modelli dinamici.

E' buona norma utilizzare entrambi i metodi con misurazioni dell'ordine di tre o più giorni, e quindi confrontare la convergenza dei risultati.

I grafici portati in esempio sono stati elaborati da misure condotte su un parete a cassa vuota per tre giorni. I risultati convergono al valore 1.3 W/m²K, risultati in linea con quelli calcolati con il metodo black box.

Lo scenario d'impiego dei termoflussimetri

Come nel campo dell'acustica la pressione giudiziaria e quindi economica suscitata dal DPCM 5.12.97 ha portato alla diffusione della teoria e della corretta progettazione acustica (ancora in fase di diffusione) soprattutto a causa dell'interessamento dei proprietari/locatari, così l'avvento della certificazione energetica degli edifici dovrebbe riuscire a muovere il mercato privato.

La caratteristica che dovrà avere la certificazione è il suo basso costo e la rapidità di elaborazione (una considerazione tra l'altro presente nella bozza di recepimento della direttiva). In questa ottica l'attività

di certificazione promossa dai consueti attori del settore edile, architetti, ingegneri, geometri e periti industriali, qualificata e accreditata da appositi organismi (pubblici o privati), deve essere sostenuta da strumenti adeguati.

Come per l'impiego dei fonometri nel campo dell'acustica ambientale che sono oramai strumenti diffusi e di costi accessibili così anche per i termoflussimetri si prospetta in futuro un ampio mercato, con la differenza che i costi sono già competitivi e la strumentazione già adeguatamente tarata.

In commercio infatti può essere acquistata con una spesa massima di 4000 €.

La certificazione viene allora eseguita con i dati dell'involucro ricavati dalle misure e dal sopralluogo anche in mancanza del progetto cartaceo, generalmente disponibile, ma il più delle volte di difficile, e soprattutto dispendiosa reperibilità. L'idea alla base della misura in opera è che il professionista possa rapidamente recuperare i dati e fornire l'indice di valutazione della prestazione energetica dell'unità immobiliare.

Per ulteriori informazioni sulla strumentazione e la guida contattare direttamente la segreteria dell'ANIT.

prEN 15203	Energy performance of buildings – Assessment of energy use and definition of ratings
EN 13187	Thermal performance of buildings – Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes – Infrared method
prEN ISO 6946: 2005	Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance- Calculation method
prEN ISO 10211: 2005	Thermal bridges in building construction – Heat flows and surface temperatures - Detail calculations
prEN ISO 14683: 2005	Thermal bridges in building construction – Linear thermal transmittance – Simplified methods and default values
ISO 9869	Thermal insulation – Building elements – In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance

riferimenti normativi