

Qualificazione termica sperimentale dei componenti edilizi: prestazione degli edifici e risparmio energetico

(The experimental thermal qualification of building components, building performance and energy conservation)

Paolo BONDI, Nicola CARDINALE, Ettore CIRILLO

Istituto di Fisica Tecnica - Università di Bari - Bari - Italia

Sommario - Il risparmio energetico è strettamente legato alla prestazione termica degli edifici. Si analizzano i parametri che quantizzano la prestazione termica e che possono essere rilevati sperimentalmente in opera ed in laboratorio. Si esegue una analisi delle sperimentazioni attualmente eseguite o possibili. Si riferisce sull'attività dell'Istituto di Fisica Tecnica dell'Università di Bari in questo campo.

Abstract - Energy conservation is strictly connected to the thermal performance of buildings. The parameters that quantify the thermal performance and are usually and experimentally measured in-situ or in the lab are considered. An analysis is performed of the parameters that are usually and experimentally measured and of the proposed ones. The current research at the Institute of Fisica Tecnica of the University of Bari is reported.

1. INTRODUZIONE

La riduzione delle dispersioni termiche degli edifici che si sta verificando allo scopo di contenere il consumo energetico, produce notevoli effetti sulla prestazione termica degli stessi e di riflesso sul benessere che essi possono garantire agli utenti, sia nella stagione invernale sia nella stagione estiva.

La prestazione termica complessiva dell'organismo edilizio per essere descritta ha bisogno di vari parametri che ne evidenziano aspetti parziali, quali il fabbisogno termico istantaneo o il consumo di energia o di combustibile; il benessere termico, descrivibile attraverso la temperatura dell'aria dei locali e delle superfici interne delle pareti; l'umidità relativa e la velocità dell'aria. Questi parametri, oltre che misurabili direttamente in opera,

possono essere ricavati per mezzo del calcolo e ne costituiscono il risultato finale.

La quantificazione della prestazione termica attraverso una operazione di sintesi dei parametri che descrivono i suoi vari aspetti, costituirebbe una agevole via di qualificazione dell'intero organismo edilizio, sia rispetto alle esigenze di risparmio energetico sia rispetto alla necessità di definire con precisione la risposta alle esigenze prestazionali da garantire all'utente.

Le condizioni climatiche dell'Europa in particolare mediterranea permettono di assicurare benessere termico estivo semplicemente con interventi di edilizia passiva eliminando ogni necessità di consumo energetico connesso con il funzionamento di impianti di climatizzazione.

2. LA PRESTAZIONE TERMICA

La prestazione termica è un concetto sintetico che unifica un insieme di risposte, in gran parte quantificabili attraverso parametri fisici aventi carattere deterministico, relative alle esigenze espresse dagli utenti a riguardo delle caratteristiche termiche che un edificio deve possedere in relazione alla sua destinazione. Il giudizio intrinsecamente soggettivo, perchè basato anche su elementi psicofisici, può essere determinato oggettivamente ad esempio attraverso un indice riferito statisticamente ad un utente medio, così come accade sistematicamente nel campo della fisica ambientale.

L'edificio, nell'ottica appena evidenziata, si configura come un contenitore che attraverso le frontiere esterne ed interne che lo costituiscono definisce un ambiente protetto in cui si possono svolgere confortevolmente le attività umane. La nostra analisi è limitata alle caratteristiche termiche ed energetiche che il contenitore deve possedere per garantire il benessere termico, associato al minimo fabbisogno di energia, riducibile al limite a zero, ed al minimo costo del contenitore stesso.

A livello di evoluzione storica si possono riconoscere periodi in cui risultava prevalente l'esigenza di ridurre in modo più marcato il consumo di energia termica e periodi in cui questa veniva utilizzata con estrema larghezza. Il recente passato è identificabile come periodo di energia facile ed a buon mercato, mentre la situazione attuale è condizionata dalle conseguenze principalmente

economiche della crisi energetica. Come sempre la condizione finale risulta da un equilibrio di esigenze, che nella nostra cultura occidentale viene determinato tradizionalmente attraverso una ottimizzazione economica. Preso come punto fermo l'esigenza di garantire il benessere termico, la prestazione termica ottimale risulta quindi variabile in funzione dell'andamento relativo dei costi di costruzione e dei costi dell'energia, intendendo costo in senso lato e non esclusivamente economico.

La prestazione termica così intesa dipende esclusivamente dalle caratteristiche termiche dell'edificio; lo scopo del nostro discorso è di evidenziare quali siano i termini che lo influenzano e di che cosa debba tener conto un progettista per poter ricavare un indice significativo della stessa, possibilmente a livello quantitativo. Come già accennato nell'introduzione, la prestazione termica dell'edificio dipende sostanzialmente dal benessere termico, che lo stesso assicura all'utente, e dal consumo energetico dello impianto, che viene installato per correggere quelle caratteristiche che il solo intervento passivo non sarebbe in grado di riportare nei limiti voluti. E' chiaro che soluzioni diverse, equivalenti sotto l'aspetto del benessere termico, non sono necessariamente equivalenti per quanto attiene la prestazione termica ed i costi di investimento e di gestione.

Il benessere e il consumo sono parametri complessi dipendenti da molte variabili collegate con le particolari soluzioni costruttive adottate e con le prestazioni termiche dei componenti che costituiscono l'organismo edilizio. Il benessere termico dipende infatti oltre che dall'attività e dall'abbigliamento dell'utente, dalla temperatura dell'aria degli ambienti confinanti, dalla radiazione termica presente negli ambienti stessi, che può provenire direttamente dalle superfici opache interne all'ambiente in conseguenza di differenti temperature delle stesse o dall'esterno attraverso superfici trasparenti, dall'umidità relativa dell'aria, dal movimento dell'aria stessa e dal suo ricambio. Complessivamente il benessere termico può essere valutato in una grandezza convenzionale o indice, che tiene conto di tutte quelle espresse o di alcune più rilevanti, e risultare quindi quantizzato. Una di queste tecniche è data dall'equazione di Fangers oppure, molto più semplicisticamente, dalla temperatura operante prevista dalle norme UNI-CTI 7357 o dalla "environmental temperature" prevista dalla guida CIBS

IHVE e dal manuale ASHRAE.

Il consumo energetico dipende dalle caratteristiche isolanti delle frontiere esterne, dall'inerzia termica dell'edificio e dalle caratteristiche costruttive e funzionali degli impianti di climatizzazione che servono l'edificio stesso.

Le caratteristiche di isolamento e di inerzia termica sono dipendenti sia dalle proprietà termofisiche dei materiali o dei componenti che costituiscono l'edificio, sia dai criteri distributivi con cui sono assemblati i componenti stessi o con cui i materiali vengono combinati per costituire i componenti o le differenti membrature dell'organismo architettonico.

La caratteristiche termiche elementari dei materiali e dei componenti cioè la conducibilità termica, il calore specifico, la trasmittanza o la resistenza termica, i parametri che caratterizzano le pareti in regime termico variabile (ammettenza, parametri del quadripolo termico, funzione di trasferimento eccetera), sono tradizionalmente utilizzati per ricavare una più compatta, ma complessa, informazione utile principalmente a livello progettuale che è il fabbisogno termico. Tale fabbisogno termico può essere utilizzato come parametro aggregato e compatto che caratterizza tutte le informazioni relative allo scambio termico fra l'ambiente confinato e l'esterno, utile anche al fine di quantizzare questo aspetto della prestazione termica.

Il passaggio dal fabbisogno al consumo energetico richiede una considerazione comparata del fabbisogno e delle caratteristiche costruttive e funzionali dell'impianto come si è già sottolineato. Per poter definire realisticamente l'effetto combinato, è però necessario che il fabbisogno sia determinato in modo completo nella effettiva sua evoluzione temporale, perchè questa provoca interrelazioni significative con l'impianto termico e con la regolazione automatica dello stesso. Queste interrelazioni producono significative e quantitativamente rilevanti variazioni del rendimento e quindi del consumo.

Definendo rendimento il rapporto fra fabbisogno e consumo energetico, esso risulta dipendere non solo dal rendimento vero e proprio della caldaia e dalle dispersioni dell'impianto di distribuzione, ma anche dall'adeguatezza dell'impianto al tipo di utenza ed al tipo di edificio, nonchè dalle modalità di conduzione e di regolazione automatica adottate per lo stesso. Si possono in conse

guenza di ciò definire alcuni rendimenti parziali quali il rendimento della regolazione ed il rendimento dell'accoppiamento edificio-impianto.

Essendo possibile aggregare quantitativamente tutti i termini che costituiscono la prestazione termica è logico pensare che la quantizzazione possa essere estesa anche a tale concetto mediante opportune relazioni funzionali. Una ipotesi in tale senso è stata avanzata dal nostro gruppo di lavoro durante il XV Congresso Nazionale ANDIL.

3) LA QUALIFICAZIONE DEI COMPONENTI

La sperimentazione che porta alla possibilità di qualificare termicamente i materiali ed i componenti per edilizia è una scienza complessa e delicata. Se si possono ritenere ormai assodate le tecniche operative per valutare le proprietà termofisiche dei materiali di base, altrettanto non si può dire per le tecniche di misura delle caratteristiche dei componenti anche se esistono alcune normative al riguardo: ad esempio la norma ASTM C236 (hot-box). Esistono tuttavia a questo riguardo gravi problemi circa le precisioni in particolare quando si tratti di componenti fortemente eterogenei e di grandi dimensioni o aventi forme molto irregolari. E' inoltre ancora completamente da definire qualsiasi procedimento normalizzato circa la caratterizzazione dei componenti stessi in regime di temperature variabili nel tempo, anche se alcune tecniche sono ormai perfezionate ed attendibili. In particolare è operativa una tecnica per il rilievo sperimentale dei parametri caratteristici in regime di temperature variabili basato sul modello matematico del quadrupolo termico equivalente messo a punto presso l'Istituto di Fisica Tecnica dell'Università di Bari dagli autori. Una prima comunicazione verbale al riguardo fu fatta in occasione del 5th IBMaC a Washington.

E' necessario a questo punto specificare che la conoscenza delle proprietà termofisiche dei materiali e delle caratteristiche dei componenti è un dato fondamentale imprescindibile per poter procedere ad attendibili calcoli di progetto della prestazione termica dell'edificio; è però impensabile che dette caratteristiche termiche possano assumere esse stesse il significato di prestazione termica e sulla base di esse si giudichi la prestazione termica complessiva degli edifici. La qualificazione termica dell'edificio nel suo com-

plesso non può venire che attraverso la considerazione della prestazione termica di cui i componenti e le loro caratteristiche sono solamente una parte, mentre molto dipende anche dal corretto accoppiamento dei vari elementi che costituiscono l'insieme. E' quindi assurdo considerare che il parametro qualificante possa assumere il significato di termine di giudizio della bontà del componente. Un componente dotato di una elevata resistenza termica, ma di scarsissima inerzia, può dare origine ad una apprezzabile prestazione termica se inserito in una costruzione dotata di per sé di una buona inerzia termica, ma non può che risultare termicamente scadente se inserito in una costruzione molto leggera, perché i consumi energetici diventerebbero esagerati. La qualificazione termica sperimentale dei componenti in conseguenza di ciò non perde affatto di importanza, ma non deve essere interpretata come dato assoluto.

Le più recenti disposizioni legislative in materia di contenimento dei consumi energetici sposano completamente questa linea, imponendo caratteristiche stringenti agli edifici sotto l'aspetto della prestazione termica, ma lasciano libero il progettista di fare uso in modo idoneo di qualsiasi componente, purché adeguatamente qualificato ed inserito correttamente nell'organismo edilizio. In questo senso sono orientate ad esempio le legislazioni francese ed italiana che impongono limiti alla dispersione termica dell'edificio riferita al volume dello stesso con un coefficiente di dispersione volumica, senza entrare assolutamente nel merito delle caratteristiche termiche dei componenti o delle proprietà termofisiche dei materiali, pur richiedendone la qualificazione per sicurezza del progettista e della collettività e per garanzia degli utenti.

A proposito di qualificazione sperimentale è da sottolineare l'importanza della conoscenza delle caratteristiche dei componenti in regime termico variabile. Ciò è necessario in conseguenza delle considerazioni fatte a riguardo del fabbisogno energetico in sede di definizione della prestazione termica. E' infatti illusorio pensare di poter ricavare una previsione attendibile della prestazione termica stessa, senza valutare la variabilità del fabbisogno energetico nel tempo e le conseguenti modificazioni che questa produce sul rendimento dell'impianto, in particolare per quelle parti che si è visto dipendere dalla regolazione automati-

ca e dall'accoppiamento edificio - impianto. A questo riguardo si possono citare due esempi chiarificatori. I procedimenti consueti stimano il fabbisogno termico in regime di temperature costanti facendo riferimento a condizioni esterne peggiorative rispetto alle situazioni normali. Ciononostante quando l'edificio è dotato di piccolissima inerzia termica spesso non si riesce ad ottenere un adeguato benessere termico per insufficienza di potenza scaldante installata, perchè non è stata considerata in origine la quota di flusso termico necessaria a controbilanciare le variazioni di temperatura delle capacità termiche inevitabilmente presenti. Al contrario per edifici dotati di grande inerzia termica si maggiore inutilmente la potenzialità dell'impianto, non tenendo presente che i picchi di minima temperatura esterna vengono efficacemente smorzati dall'inerzia termica ed è sufficiente fornire un flusso termico commisurato semplicemente all'andamento della temperatura media esterna.

4) ATTIVITA' DELL'ISTITUTO DI FISICA TECNICA DI BARI

L'Istituto di Fisica Tecnica dell'Università di Bari da tempo svolge attività collegata con la qualificazione termica sperimentale dei materiali per edilizia attraverso misure sistematiche di conducibilità termica, permeabilità al vapore d'acqua, umidità contenuta nelle pareti in opera e di conduttanza specifica o di trasmittanza termica di pareti, anche in forma di servizio prove per richiedenti esterni.

Sono state messe a punto tecniche per la misura in opera delle caratteristiche termiche delle pareti e degli ambienti sia in regime di temperature costanti, sia in regime di temperature variabili.

L'attività sperimentale e di ricerca attuale avviene principalmente in due campi: un primo riguarda la messa a punto di una normativa sulle misure di trasmittanza o di conduttanza termica specifica in sede nazionale ed in sede ISO con particolare riguardo ai problemi di campioni di grandi dimensioni (3 metri di altezza, 4 metri di larghezza) ed alla precisione delle misure; un secondo campo riguarda la possibilità di definire quantitativamente la prestazione termica e di misurarla sperimentalmente in opera, oppure su edifici elementari convenzionali sui quali risulta possibile in concomitanza la determinazione delle caratteristiche

termiche delle pareti in regime di temperature variabili. Questi edifici elementari convenzionali sono stati realizzati in forma cubica di 3 metri di lato internamente e per il momento con sole murature uniformi su tutti i lati, in quanto interessava valutare prioritariamente le caratteristiche in regime termico variabile delle pareti opache. E' stato messo a punto nel contempo il procedimento di determinazione sperimentale di tutte quelle grandezze fisiche che permettono la valutazione quantitativa della prestazione termica. Si prevede di realizzare tali edifici elementari con frontiere differenziate percentualmente tra i vari tipi (murature, solette, serramenti, ecc.) come negli edifici reali. Il parametro indice di prestazione termica ottenibile da questa sperimentazione non è ovviamente uguale a quello del reale edificio, consente tuttavia un confronto fra le prestazioni termiche di diverse soluzioni costruttive e può costituire un interessante parametro di qualificazione.