

# Raffrescamento estivo

Verifica di una procedura semplificata per la valutazione dei fabbisogni energetici

Nell'ambito dell'efficienza energetica, nell'articolo si cerca di dare un contributo all'individuazione di una procedura semplificata per il calcolo dei fabbisogni energetici estivi legati all'edificio per il solo raffrescamento, presentando i risultati di una serie di simulazioni condotte su edifici diversi, in diverse località e confrontando i risultati con una procedura presente nella normativa europea e più dettagliata.

di Livio de Santoli, Francesco Mancini



La politica energetica dell'Unione europea [1] si pone come obiettivi fondamentali lo sviluppo sostenibile, la competitività, la sicurezza dell'approvvigionamento.

La certificazione energetica degli edifici è uno strumento fondamentale per raggiungere questi scopi, avendo studi recenti dimostrato che la Ue nel settore civile potrebbe risparmiare anche il 20% del proprio consumo.

Si stima, altresì, che la metà di questi risparmi possa essere ottenuta arrivando alla piena attuazione delle normative vigenti o in fase di adozione.

È in questa direzione che si muovono i recenti sviluppi normativi e legislativi nazionali in materia di efficienza energetica degli edifici, che impongono, come novità rispetto al passato, di considerare anche l'aspetto della climatizzazione estiva.

Il rendimento energetico (o meglio, la prestazione energetica) di un edificio viene definito in funzione della quantità di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi il raffrescamento estivo e la ventilazione, [2].

L'aspetto della climatizzazione estiva, finora non sottoposta a prescrizioni di alcun tipo e trascurata dal resto dell'Europa per meri motivi climatici, presenta grande rilevanza in un Paese come il nostro.

La regolamentazione dei consumi estivi non dovrebbe fare riferimento solo alla verifica di un requisito minimo di massa superficiale dei componenti opachi o, in alternativa, all'utilizzo di tecniche che permettano di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti in funzione dell'andamento dell'irraggiamento solare; dovrebbero invece essere implementate procedure, anche semplificate, per valutare la prestazione energetica di un edificio nella stagione estiva con un opportuno indice di prestazione che esprima la quantità di energia richiesta per soddisfare il suo bisogno di raffrescamento o di climatizzazione, e che tenga conto del rendimento medio stagionale delle macchine per la produzione di energia frigorifera.

Tutti i nuovi edifici e quelli esistenti di una certa grandezza che subiscano importanti ristrutturazioni, dovranno avere un attestato di certificazione energetica, calcolata secondo la normativa e con i requisiti minimi di rendimento energetico prescritti da ciascuna Nazione [3].

Il presente lavoro vuole dare un contributo all'individuazione di una procedura semplificata per il calcolo dei fabbisogni energetici estivi legati all'edificio per il solo raffrescamento, presentando i risultati di una serie di simulazioni condotte su edifici diversi, in diverse località e confrontando i risultati con una procedura presente nella normativa europea e più dettagliata.

## LA PROCEDURA SEMPLIFICATA PROPOSTA PER LA STAGIONE ESTIVA

Le procedure di certificazione energetica degli edifici nella stagione estiva prevedono la valutazione del fabbisogno di energia primaria dell'edificio.

In generale, alla individuazione di tale fabbisogno di energia

primaria concorrono i seguenti contributi: il fabbisogno di energia per l'involucro edilizio ( $E_E$ , espressi in MJ), gli apporti gratuiti interni ( $E_I$ ), il fabbisogno di energia per i trattamenti dell'aria ( $E_V$ ), e la valutazione dell'efficienza globale media stagionale del sistema di produzione dell'energia frigorifera.

Affinché una procedura di certificazione possa essere ritenuta valida e trovare quindi un'applicazione diffusa, l'obiettivo da raggiungere è la correttezza e la chiarezza dei valori dichiarati attraverso la definizione di un metodo semplice, individuando un "indice di prestazione energetica" che esprima il consumo di energia primaria riferito all'unità di superficie utile di un edificio. L'attestazione della prestazione energetica dell'edificio deve essere, inoltre, indipendente dal comportamento di una particolare utenza e dalle condizioni climatiche che possono verificarsi in un anno particolare; pertanto, il calcolo per la valutazione dei consumi legati all'edificio deve essere effettuato in condizioni standard di riferimento, sia per quanto riguarda i dati climatici, che per quanto riguarda le modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio<sup>1</sup>.

Nel caso della stagione estiva il calcolo del fabbisogno di energia primaria deve essere condotto considerando la destinazione d'uso dell'edificio.

Gli edifici ad uso residenziale, infatti, possono essere dotati di Certificazione energetica di raffrescamento, mentre gli edifici destinati al terziario, diversamente, sono quasi sempre dotati di Certificazione energetica di climatizzazione (con il controllo di temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria e della qualità dell'aria interna). In ragione di questa distinzione la procedura per il calcolo del fabbisogno di energia primaria deve seguire due strade diverse (residenziale e terziario), sia pure con alcune parti comuni. Nel diagramma di figura 1 sono illustrati i passi del percorso di tale calcolo.

Per il calcolo del consumo di energia primaria per il raffrescamento o la climatizzazione degli edifici valgono le seguenti formulazioni:

$$Q = \frac{E_E + E_I + (E_V)}{COP_G}$$

dove:

- $E_E$  è il fabbisogno di energia per l'involucro edilizio [MJ]
- $E_I$  sono gli apporti gratuiti interni [MJ]
- $E_V$  è il fabbisogno di energia per i trattamenti dell'aria [MJ]
- $COP_G$  efficienza globale media stagionale dell'impianto di raffrescamento

Oggetto del presente lavoro è il metodo calcolo del solo fabbisogno di energia per l'involucro edilizio ( $E_E$ ), che rappresenta il passo comune ai due percorsi per residenziale e terziario.

<sup>1</sup> I documenti finora preparati dagli enti di normazione hanno individuato indici di prestazione per il regime invernale (che comunque si riferiscono al solo involucro edilizio ed ai carichi interni) e per la preparazione di acqua calda sanitaria, rimandando a successivi sviluppi la definizione di indici di prestazione per la climatizzazione estiva e l'illuminazione artificiale degli edifici.

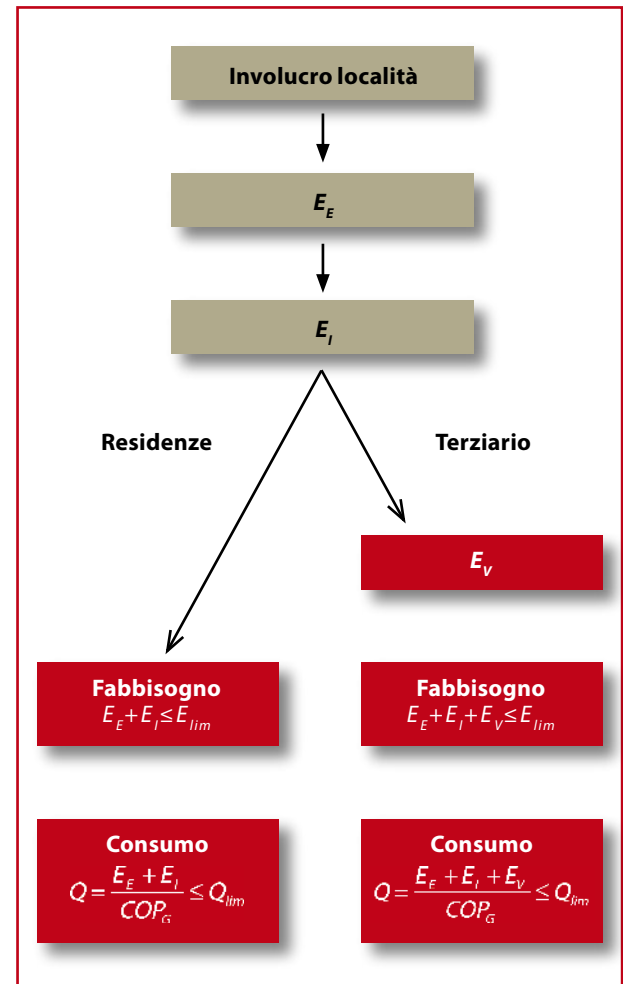


Figura 1 – Diagramma di flusso per la certificazione energetica

Figura 2 – Confronto tra i casi esaminati per la città di Milano

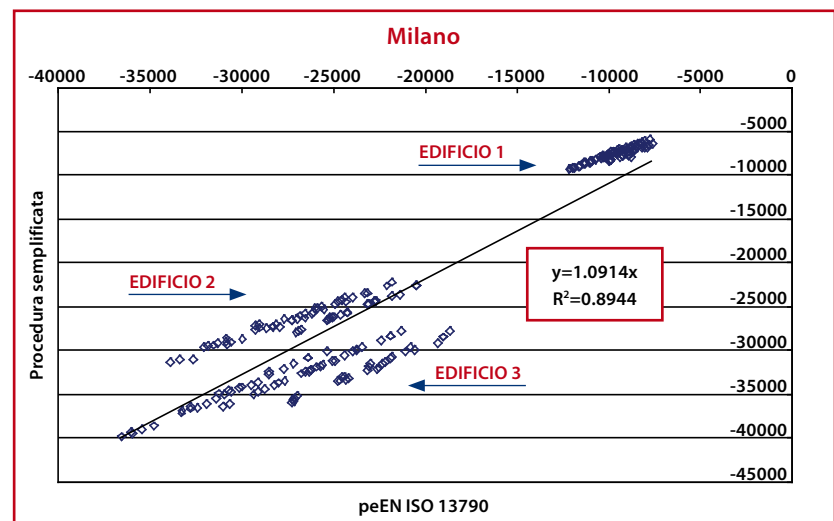


Tabella 1 - Riepilogo dei casi esaminati per ognuno dei tre edifici

	Trasmittanza pareti opache [W/(m²K)]	Trasmittanza solaio di copertura [W/(m²K)]	Trasmittanza pareti vetrate [W/(m²K)]	Coefficiente di assorbimento emisferico globale	Fattore di trasmissione solare
Caso 1	0.5	0.24	2.94	0.4	0.9
Caso 2	0.65	0.4	2.94	0.4	0.9
Caso 3	0.8	0.5	2.94	0.4	0.9
Caso 4	0.5	0.24	2.94	0.5	0.8
Caso 5	0.65	0.4	2.94	0.5	0.8
Caso 6	0.8	0.5	2.94	0.5	0.8
Caso 7	0.5	0.24	2.94	0.6	0.9
Caso 8	0.65	0.4	2.94	0.6	0.9
Caso 9	0.8	0.5	2.94	0.6	0.9

Per il calcolo dei fabbisogni di energia per i trattamenti dell'aria si rimanda a [4], mentre l'efficienza globale media stagionale dell'impianto di raffrescamento ( $Cop_G$ ) può essere ricavata mediante Uni 10963 [5] e Uni 11135 [6], oppure secondo quanto riportato in Iso Pwd 19298 [7], o, in alternativa, mediante la formulazione degli indici Eseer, Iplv.

### METODOLOGIA DI CALCOLO

Il metodo per il calcolo del fabbisogno estivo di un edificio è quello mensile previsto nel prEn Iso 13790 [8], o in alternativa quello semplificato, di seguito riportato [9], cautelativo perché non considera la riduzione del fabbisogno a seguito della considerazione dei fattori di ombreggiamento.

Il fabbisogno estivo per l'involucro edilizio si calcola attraverso la formulazione dei gradi giorno modificati  $DD^*$ :

$$E_G = B \cdot DD^* \cdot P$$

Nell'espressione precedente i vari termini rappresentano:  $B$  il coefficiente unitario di scambio termico, funzione delle trasmittanze  $U$  e delle superfici  $S$  delle parti opache e vetrate dell'involucro edilizio:

$$B = f_c \cdot \sum_{j=1}^k (U_o \cdot S_o + U_v \cdot S_v)_j + c_p \cdot G$$

(il termine  $(c_p \cdot G)$  è dovuto alle infiltrazioni dell'aria nell'edificio e risulta nullo in presenza di trattamenti meccanici dell'aria).

$DD^*$  i gradi giorno modificati:

$$DD^* = (\theta_i - \theta_e) \cdot N - \frac{\sum_{j=1}^k (S_s \cdot I_s)_j}{B} \cdot N$$

funzione delle temperature giornaliere medie mensili inter-

ne ed esterne ( $^{\circ}C$ ), della irradiazione solare giornaliera media mensile globale su una superficie orientata e inclinata ( $MJ/m^2$ ), della superficie equivalente  $S_s$  (vedi seguito) e con  $N$  il numero dei giorni compresi nel periodo considerato.

Il calcolo va effettuato su base mensile e occorre estenderlo a tutti i mesi considerati nel periodo di raffrescamento.

La superficie equivalente  $S_s$  ai fini della captazione solare che si trova nell'espressione dei gradi giorno modificati può essere espressa secondo le due componenti  $Ss1$  e  $Ss2$  riferite rispettivamente alle superfici opache e alle superfici vetrate:

$$S_s = S_{s1} + S_{s2} = f_c \cdot U_o \cdot S_o \cdot \frac{a}{\alpha_e} + f_r \cdot S_v \cdot \tau$$

dove  $f_c$  è un fattore correttivo che tiene conto della variabilità del coefficiente di scambio termico superficiale interno,  $\alpha_e$  il coefficiente di scambio termico superficiale esterno,  $a$  il coefficiente di assorbimento della superficie opaca alla radiazione solare, ed  $f_r$  un fattore correttivo che tiene conto del fatto che la radiazione incidente sulle pareti viene in parte dispersa all'esterno. Risulta:

$$f_c = 1 - 0,194 \cdot U_m + 0,021 \cdot U_m^2$$

$$f_r = 1 - 0,32 \cdot U_m + 0,003 \cdot U_m^2$$

con

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^k U_j \cdot S_j}{\sum_{j=1}^n S_j}$$

La sommatoria al numeratore è estesa alle sole superfici dispendenti verso l'esterno, mentre quella a denominatore a tutte le superfici dell'ambiente considerato.

### VALIDAZIONE DEL METODO

Nell'ottica di verificare l'affidabilità del metodo semplificato nei confronti di procedure più complesse, quali la proposta di norme prEN 13790, riguardante la prestazione energetica degli edifici nella stagione di riscaldamento e di raffreddamento, sono state condotte delle simulazioni su edifici di diversa volumetria, diversamente orientati ed al variare delle caratteristiche delle pareti nei confronti della trasmissione del calore e dell'assorbimento della radiazione solare.

In particolare gli edifici esaminati hanno una volumetria di 320  $m^3$  (edificio 1 - fattore di forma  $S/V = 0.606$ ),

873  $m^3$  (edificio 2 -  $S/V = 0.935$ ) e 1967  $m^3$  (edificio 3 -  $S/V = 0.580$ ). I primi due sono edifici di un piano, mentre il terzo si sviluppa su tre piani. I casi esaminati sono riportati nella tabella 1.

Il fabbisogno energetico estivo dell'involucro edilizio è stato valutato per diverse orientazioni, ruotando la posizione originaria di 45 e 90° e con diversi dati climatici (Milano, Roma, Palermo). I risultati delle simulazioni sono riportati nei grafici delle figure 2, 3 e 4 seguenti, come confronto tra il metodo semplificato

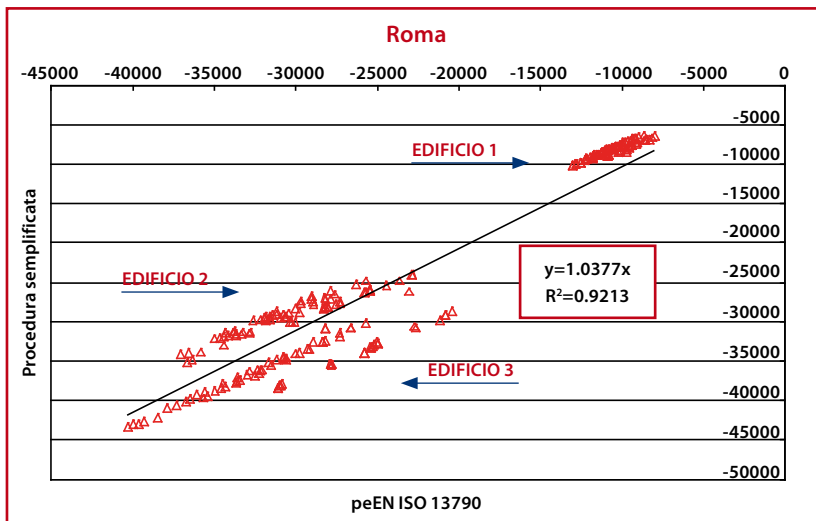


Figura 3 – Confronto tra i casi esaminati per la città di Roma

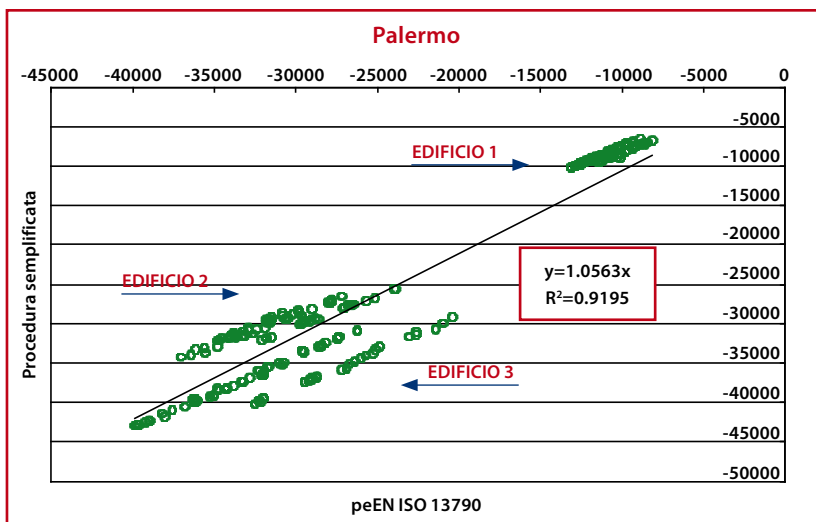


Figura 4 – Confronto tra i casi esaminati per la città di Palermo

proposto e la procedura prEn 13790.

La correlazione tra i due metodi può, con sufficiente approssimazione, essere rappresentata da una retta, con coefficiente angolare prossimo all'unità. Ciò dimostra la validità della procedura semplificata, che nei confronti con il metodo dettagliato tende ad una leggera sovrastima (inferiore al 10%) dei fabbisogni energetici estivi.

Nel caso di edifici ad un solo piano (edifici 1 e 2), il metodo semplificato tende a sovrastimare il fabbisogno energetico estivo, mentre nel caso dell'edificio a più piani (edificio 3), il metodo semplificato tende a sottostimarlo.

Ciò dipende dalla caratteristica del metodo semplificato di sovrastimare leggermente la radiazione solare sulle pareti opache, fatto più evidente negli edifici ad un solo piano.

### CONCLUSIONI

La certificazione energetica è l'atto che documenta il consumo convenzionale di riferimento di un edificio o di un'unità immobiliare: La procedura di calcolo deve pertanto determinare e certificare il consumo energetico in maniera attendibile, mediante un indicatore opportuno, consentendo il confronto con altri edifici aventi caratteristiche tecnologiche diverse o collocati in diverse località. L'ostacolo principale ad una diffusa certificazione degli edifici non è tuttavia soltanto tecnico, ma anche economico. Per questa ragione l'introduzione di procedure semplificate, ma in grado di fornire risposte realistiche, può essere d'aiuto, contenendo i costi che in ogni caso graverebbero sul soggetto più debole, rappresentato dall'utente finale.

Per quanto riguarda il calcolo della componente più significativa del consumo energetico estivo (quello legato all'involucro edilizio), il metodo semplificato proposto può essere utile in questo senso, offrendo una procedura di calcolo di notevole immediatezza concettuale e una semplicità applicativa estremamente idonei per applicazioni di prescrizione e controllo energetico.

Livio de Santoli, Francesco Mancini

Dipartimento di Fisica Tecnica, Università La Sapienza, Roma

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Libro verde "Una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura", marzo 2006.
- [2] M 343 - EN -2004. Mandato al Cen, Cenelec and Etsi per la elaborazione e l'adozione di norme per un metodo di calcolo l'efficienza energetica integrata degli edifici a la stima dell'impatto ambientale secondo quanto disposto nella direttiva 2002/91/EC (disponibile in [www.cti2000.it](http://www.cti2000.it)).
- [3] Decreto legislativo del 19 agosto 2005 n. 192, Attuazione della direttiva 2002/91/EC del Parlamento e del Consiglio Europei del 16 dicembre 2002 sulla Efficienza energetica degli edifici.
- [4] L. de Santoli, F. Mancini - Procedura semplificata per la valutazione dei fabbisogni energetici dei trattamenti dell'aria, Cda 7/2005.
- [5] Uni 10963, Condizionatori d'aria, refrigeratori d'acqua e pompe di calore, Determinazione delle prestazioni a potenza ridotta.
- [6] Uni 11135 - Condizionatori d'aria, refrigeratori e pompe di calore - Calcolo dell'efficienza stagionale
- [7] Iso Pwd 19298 - Water Chilling Packages using the Vapor Compression cycle-Testing and Rating for Performance.
- [8] prEN Iso 13790 - Thermal performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling.
- [9] P. Brunello, L. de Santoli - Caratterizzazione energetica dell'involucro edilizio e gradi-giorno modificati, Cda 2/1997.
- [10] Aicarr, La certificazione e l'efficienza energetica del sistema edificio impianto. Aspetti interpretativi, tecnici e procedurali, maggio 2006.