



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

# FLORE

## Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

### La certificazione energetica di edifici residenziali - 2a parte

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

*Original Citation:*

La certificazione energetica di edifici residenziali - 2a parte / G.Cellai; A.Geri; B.Mondi. - In: CDA CONDIZIONAMENTO DELL'ARIA RISCALDAMENTO REFRIGERAZIONE. - ISSN 0373-7772. - STAMPA. - (2003), pp. 59-67.

*Availability:*

This version is available at: 2158/781270 since:

*Terms of use:*

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

*Publisher copyright claim:*

(Article begins on next page)



■ GIANFRANCO CELLAI, FABRIZIO GERI,  
BARBARA MONDI

# LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA DI EDIFICI RESIDENZIALI

## Una procedura alternativa per il calcolo del rendimento

La Direttiva Europea 2002/91/CE stabilisce dei requisiti minimi per la certificazione energetica degli edifici e suggerisce un metodo per il calcolo del rendimento. Il fatto, però, che in Italia i dati necessari sono difficilmente reperibili per gli edifici costruiti fino al 1991 ha consigliato l'elaborazione di una metodologia di stima sintetica. Metodologia che si basa sui risultati dell'analisi di alcuni parametri ambientali, dimensionali e tipologici.

**L** La Direttiva Europea 2002/91/CE del dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia, che dovrà essere recepita entro gennaio 2006, contiene disposizioni che riguardano:

- a) il quadro generale di una metodologia per il calcolo del rendimento energetico integrato degli edifici;
- b) l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici;
- c) la certificazione energetica degli edifici in costruzione, compravendita o locazione.

In merito al primo aspetto, la metodologia cui la Commissione europea intende riferirsi per il calcolo del rendimento energetico degli edifici è sostanzialmente la EN 832 *Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento-Edifici residenziali*.

Per quanto riguarda i requisiti minimi, nel fissarli gli Stati membri possono distinguere tra gli edifici già esistenti e quelli di nuova costruzione, nonché tra diverse categorie di edifici. Infine, diverrà obbligatorio il rilascio del-

l'attestato di certificazione energetica già previsto all'art. 30 della legge n. 10 del 1991.

Il primo problema da affrontare è l'oggettiva differenza esistente tra edifici nuovi e vecchi e, conseguentemente, valutare se non sia possibile ricorrere ad altri strumenti metodologici per la certificazione energetica di quest'ultimi: infatti, l'uso dei metodi di calcolo suddetti implica l'acquisizione di dati che, almeno in Italia, non sono facilmente reperibili per gli edifici costruiti fino al 1991 (in merito ai dati di ingresso per i calcoli in questione, il CTI ha elaborato una raccomandazione, in corso di pubblicazione, che potrà alleviare la suddetta problematica).

La stessa Direttiva europea propone implicitamente un'altra impostazione metodologica, prevedendo che la certificazione per gli appartamenti di un condominio può fondarsi:

- su una certificazione comune dell'intero edificio per i condomini dotati di un impianto termico comune;
- sulla valutazione di un altro appartamento rappresentativo dello stesso condominio (appare evidente che tale im-



postazione può correttamente essere estesa anche ad alloggi **non appartenenti** allo stesso condominio purché confrontabili in merito ai fattori ambientali tipologici e tecnologici), fatto questo che giustifica implicitamente la metodologia che viene proposta e che contribuisce certamente a contenere i costi dell'attestazione.

La questione dei costi non è un fatto secondario e riguarda aspetti socio-politici che possono decretare il successo o meno delle iniziative in questione (in merito si ricorda il caso dei controlli obbligatori sulle caldaie a gas che hanno visto la protesta di innumerevoli cittadini perché non si è pensato a controllare in qualche misura i costi degli stessi e a mettere in evidenza gli aspetti della sicurezza) che, prima ancora della loro imposizione legislativa, potrebbero trovare applicazione su base volontaria, così come avviene in molti Paesi europei: occorre pertanto fare in modo che l'attestazione energetica del maggior numero possibile di edifici possa avvenire a costi sensibilmente contenuti, tali da non escludere l'eventuale diretto coinvolgimento delle pubbliche amministrazioni nel prestare tale servizio al cittadino.

### La proposta metodologica

Per conseguire i suddetti obiettivi, e anche al fine di contenere l'impatto iniziale del provvedimento, è stata elab-

borata una metodologia di stima sintetica di parametri energetici significativi quali:

- il FEN - Fabbisogno Energetico Normalizzato (in kJ/GGm<sup>3</sup>),
- l'FTs - Fabbisogno Termico specifico (in kWh/m<sup>2</sup>anno), quest'ultimo desumibile dal primo e spesso riportato per una migliore comprensibilità da parte degli utenti.

La metodologia è basata sui risultati di un'approfondita analisi delle influenze di alcuni parametri ambientali, dimensionali e tipologici, che trovano sintesi in una correlazione di tipo statistico con il valore dei parametri energetici suddetti.

Il modello di certificazione che viene proposto consente all'utente e alle pubbliche amministrazioni, eventualmente interessate anche per il proprio patrimonio immobiliare (Ater, Comuni, Enti Previdenziali ecc.), di determinare il consumo convenzionale specifico dell'alloggio con un margine di tolleranza accettabile rispetto alla procedura di calcolo più accurata. La metodologia può anche servire come base di partenza per eventuali diagnosi energetiche e consente la valutazione dell'efficacia di alcuni possibili interventi di contenimento dei consumi quali: l'isolamento a cappotto dei solai e delle pareti esterne verticali, l'adozione di doppi vetri, doppi infissi e serre solari, l'installazione di generatori ad alto rendimento; infine, può fornire utili indicazioni anche in sede di progetto.



FIGURA 1 - DALL'ALTO IN SENSO ORARIO: INTERVENTO DI 80 ALLOGGI NEL PEEP VINGONE A SCANDICCI (1975-78). COMPLESSO RESIDENZIALE DI 60 ALLOGGI A S. BARTOLO A CINTOLA FIRENZE (1975-79). DUE IMMAGINI DEL COMPLESSO RESIDENZIALE DI 50 ALLOGGI NEL PEEP RIMAGGIO A SESTO FIORENTINO (1975-78). FONTE: "EDILIZIA RESIDENZIALE IN TOSCANA 1972-'92"



FIGURA 3 - INTERVENTO DI 138 ALLOGGI AL NETO (PO): TIPOLOGIA IN LINEA (1979)

◀ FIGURA 2 - INTERVENTO DI 243 ALLOGGI AL CAVALLACCIO (FI): TIPOLOGIA A TORRE (1993)

**Tabella 1** - Fattori costruttivi e impiantistici assunti a riferimento delle valutazioni del campione di edifici

| Elementi                                   | Descrizione  | Trasmittanza U (W/m_K) |
|--|--|------------------------|
| Orientamento                               | A fronti contrapposti nord-sud   | -                      |
| Zona climatica                             | Firenze GG 1821  | -                      |
| Tipologia                                  | A schiera, in linea e a torre  | -                      |
| Struttura portante                         | Puntiforme in cemento armato   | -                      |
| Vano scale                                 | Con una parete esterna e temperatura pari a 9,5°C  | -                      |
| Cantine e garage                           | A temperatura pari a 8°C   | -                      |
| Tamponamenti verticali esterni             | Muratura a cassetta in laterizi forati intonacata eseguita in opera con pannello di isolamento termico interno rigido in fibra di vetro e intercapedine d'aria dello spessore di 2 cm.   | 0,44                   |
| Solaio pavimento disperdente verso esterno | Solaio in latero-cemento dello spessore di 31 cm con getto in opera dei travetti in c.a. e del massetto collaborante dello spessore di 6 cm.   | 1,51                   |
| Solaio pavimento disperdente verso terreno | Solaio in latero-cemento dello spessore totale di 30 cm con getto in opera dei travetti in cemento armato e del massetto collaborante dello spessore di 6 cm con sottofondo costituito da vespaio di ghiaia di varie dimensioni per uno spessore di circa 20 cm.   | 1,15                   |
| Pareti interne                             | Pareti eseguite in laterizi forati per interni dello spessore di 8 e 12 cm con finiture su entrambi i lati a intonaco (spessore 1,5 cm).   | -                      |
| Infissi esterni                            | Finestre o porte finestre in legno su asse orizzontale o verticale, con apertura a battente, predisposte per l'oscuramento a persiana avvolgibile, complete di: controtelaio metallico, cassonetto coprirullo in particelle di fibra di legno verniciato con antina sfilabile per ispezione, vetro singolo posto in opera con listelli fermavetro interni.   | 4,6                    |
| Ventilazione                               | Ricambi d'aria convenzionalmente assunti pari a 0,5 volumi/ora.  | -                      |
| Impianto termico                           | Di tipo autonomo, con caldaia murale a gas dotata di camera di combustione stagna verso l'ambiente, bruciatore atmosferico a gas, scambiatore di calore per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria, scarico fumi di combustione a tiraggio forzato. Regolazione manuale mediante termostato di caldaia. Potenza nominale 24 kW. Rendimento 90%. | -                      |
| Terminali di erogazione                    | Corpi scaldanti a radiatori realizzati in lega leggera pressofusa a elementi componibili.  | -                      |



**Tabella 2** - Simboli, denominazioni e unità di misura dei parametri utilizzati nei calcoli

| Simbolo          | Denominazione   | Unità di misura         |
|------------------|---|-------------------------|
| Su               | Superficie netta in pianta dell'alloggio                        | m <sup>2</sup>          |
| H                | Altezza netta dei locali riscaldati                             | m                       |
| Vn               | Volume netto dell'alloggio                                      | m <sup>3</sup>          |
| S/V              | Superficie dell'involucro dell'edificio/Volume lordo riscaldato | m <sup>-1</sup>         |
| Sf               | Superficie finestrata   | m <sup>2</sup>          |
| Sf/Su            | Superficie finestrata/Superficie netta in pianta dell'alloggio  | -                       |
| S.disp.vs        | Superficie disperdente verso vano scala                         | m <sup>2</sup>          |
| S.disp.s         | Superficie disperdente verso locale sottotetto                  | m <sup>2</sup>          |
| S.disp.vo        | Superficie disperdente verticale opaca                          | m <sup>2</sup>          |
| S.disp.o         | Superficie disperdente orizzontale                              | m <sup>2</sup>          |
| GG               | Gradi giorno della località (UNI 10349)                         | -                       |
| Q                | Fabbisogno di energia primaria per riscaldamento                | kJ                      |
| FEN <sup>1</sup> | Fabbisogno energetico normalizzato calcolato a partire da Q     | kJ/m <sup>3</sup> GG    |
| FTs              | Fabbisogno Termico specifico riferito alla superficie           | kWh/m <sup>2</sup> anno |

$${}^1FEN = Q/(GG \cdot V) \quad (kJ/m^3GG)$$

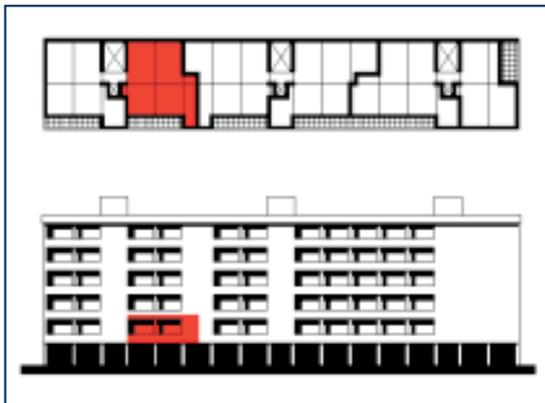


FIGURA 4 - I-L) ALLOGGI IN LINEA ADIACENTI A VANO SCALE, ASCENSORE E APPARTAMENTO - SOLAI PAVIMENTO SU ESTERNO

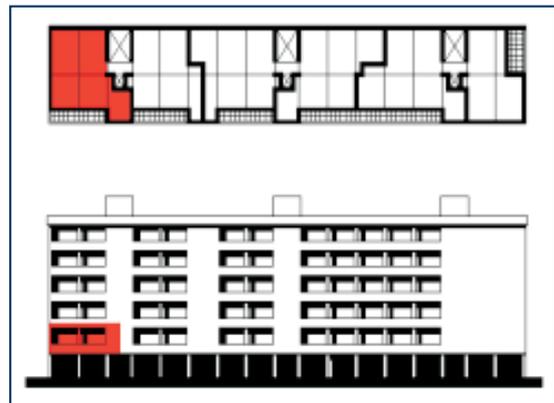


FIGURA 6 - III-LA) ALLOGGI IN LINEA IN ANGOLO CONFINANTI CON VANO SCALE E ASCENSORE - SOLAI PAVIMENTO SU ESTERNO

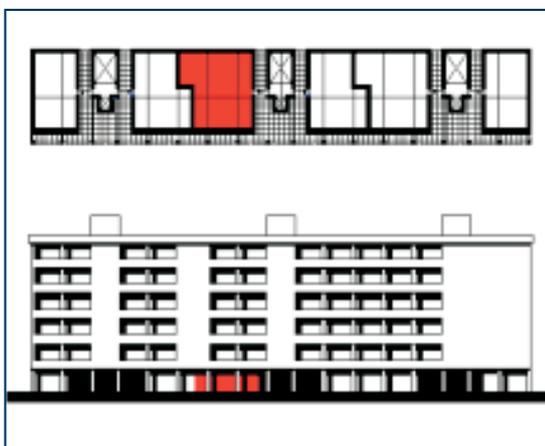


FIGURA 5 - II-LP) ALLOGGI IN LINEA AL PIANTERRENO - SOLAI PAVIMENTO SU CANTINE E GARAGES

### Campione di edifici e modelli di riferimento

Il primo problema affrontato è consistito nell'analisi tipologica di un numero significativo di interventi residenziali per complessivi 1053 alloggi, dei quali 102 con tipologia a schiera, 799 in linea e 152 a torre, realizzati da alcune cooperative edilizie toscane nell'ambito di piani PEEP, nel periodo che va dagli anni 70 fino a metà degli anni 90 (fig. 1, 2, 3) [1-3].

L'analisi tipologica ha consentito di individuare un campione di 80 alloggi, costituito da 10 a schiera, 61 in linea e 9 a torre, rappresentativo degli interventi suddetti.

Considerato il numero di alloggi esaminati, le relative modalità tipologico-costruttive e la diffusione delle costruzioni in cooperativa in Toscana, si può ritenere che, con l'esclusione dei centri storici, il campione in questione sia rappresen-

**Tabella 3** - Campo di validità della metodologia per i parametri dimensionali degli alloggi

|   | Schiera                     | Linea                     | Torre                       |
|---|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Superficie utile (Su)                                     | 92 - 105 m <sub>2</sub>     | 50 - 97 m <sub>2</sub>    | 50 - 97 m <sub>2</sub>      |
| Altezza netta dei locali riscaldati (h)                   | 2,7 - 3,0 m                 | 2,7 - 3,0 m               | 2,7 - 3,0 m                 |
| S/V   | 0,50 - 0,64 m <sup>-1</sup> | 0,35-0,80 m <sup>-1</sup> | 0,36 - 0,62 m <sup>-1</sup> |
| Volume netto (Vn)   | 248 - 315 m <sup>3</sup>    | 135 - 290 m <sup>3</sup>  | 135 - 290 m <sup>3</sup>    |
| Superficie finestrata (Sf)                                | 11 - 22 m <sub>2</sub>      | 8 - 20 m <sub>2</sub>     | 9 - 21 m <sub>2</sub>       |
| Superficie finestrata / superficie utile (Sf/Su)          | 0,11 - 0,18                 | 0,09 - 0,24               | 0,14 - 0,22                 |
| Superficie disperdente verso vano scala (Sdisp.vs)        | -                           | 10 - 50 m <sub>2</sub>    | 11 - 30 m <sub>2</sub>      |
| Superficie disperdente verticale opaca (Sdisp.vo)         | 47 - 104 m <sub>2</sub>     | 23 -78 m <sub>2</sub>     | 20 - 97 m <sub>2</sub>      |
| Superficie disperdente verso locale sottotetto (Sdisp.st) | 49 - 60 m <sub>2</sub>      | -                         | -                           |

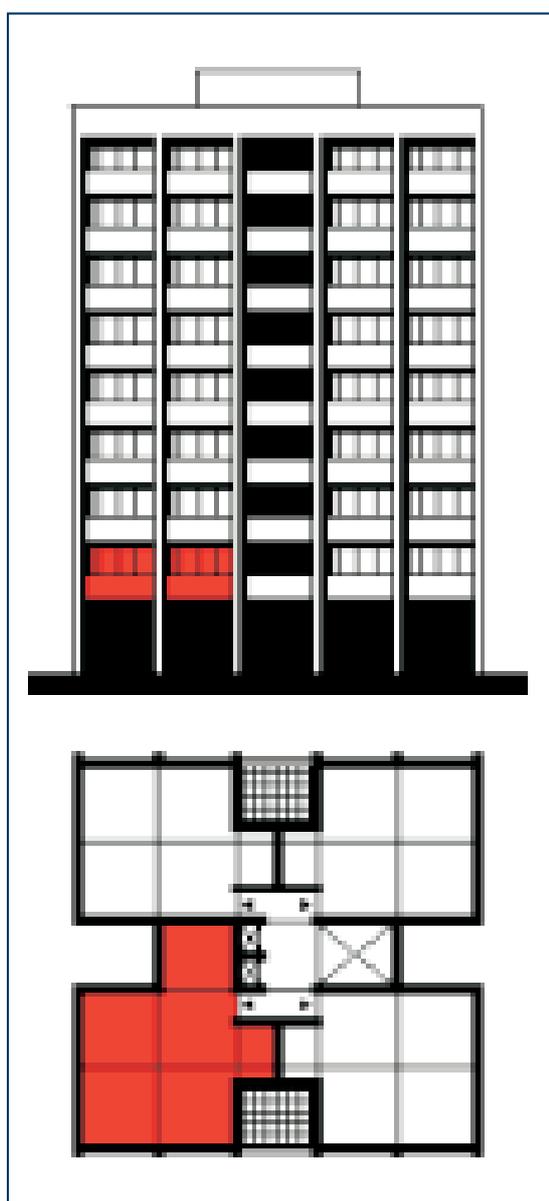


FIGURA 7 - I-T) ALLOGGI A TORRE CONFINANTI CON VANO SCALE, ASCENSORE E APPARTAMENTO ADIACENTE - SOLAI PAVIMENTO SU ESTERNO

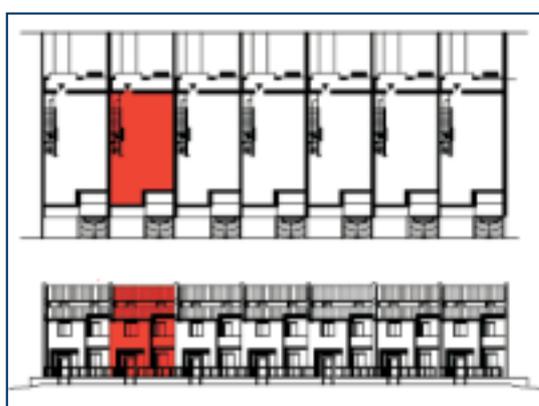


FIGURA 8 - I-S) ALLOGGI A SCHIERA COMPRESI TRA DUE APPARTAMENTI - SOLAI PAVIMENTO SU TERRENO

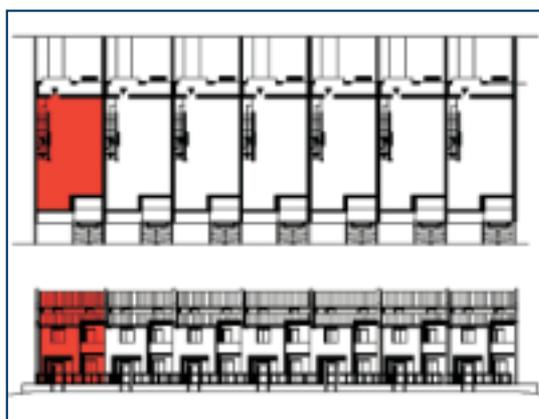


FIGURA 9 - II-SA) ALLOGGI A SCHIERA AD ANGOLO - SOLAI PAVIMENTI SU TERRENO

tativo di buona parte del parco edilizio regionale e probabilmente anche extraregionale.

Resta, comunque, valida l'impostazione metodologica che può essere adottata indifferentemente dal contesto urbanistico, territoriale e climatico.

A partire dal campione di 80 alloggi, si sono individuati sei modelli base di riferimento sui quali è stata fatta l'analisi



si delle correlazioni tra fattori ambientali/costruttivi e indicatori energetici, mediante l'uso di un programma di calcolo [4] che utilizza gli algoritmi della norma UNI 10344 *Calcolo del fabbisogno di energia*.

I modelli sono stati uniformati rispetto ai parametri riportati in tabella 1, mentre, per tener conto di una più ampia casistica di situazioni (per esempio, presenza di sottotetti o garage confinanti con l'alloggio da esaminare, differente grado d'isolamento degli elementi di chiusura, diversità di orientamento ecc.), sono stati valutati gli incrementi o i decrementi medi percentuali da apportare ai consumi energetici calcolati per le situazioni standard della tabella suddetta.

Le correzioni sono state definite sulla base dell'analisi delle caratteristiche più rappresentative degli interventi esaminati, ciascuno schedato attraverso un lavoro di ricerca condotto sulle relazioni tecniche depositate nei Comuni. In tabella 2 sono riportati i simboli dei parametri utilizzati nei calcoli e le relative denominazioni.

Le tipologie assunte a modello di riferimento per i calcoli sono le seguenti:

#### Tipologia in linea

È stata suddivisa in tre sottotipi al variare della posizione che gli alloggi occupano all'interno della configurazione lineare (fig. 4, 5, 6): le caratteristiche dimensionali medie sono comprese nei range di tabella 3 e rappresentano i limiti di validità della procedura di calcolo.

#### Tipologia a Torre

Le configurazioni degli edifici analizzati sono riconducibili a un solo tipo di alloggio (fig. 7).

#### Tipologia a Schiera

Sono stati individuati due sottotipi definiti dalla diversa posizione degli alloggi rispetto alla configurazione planime-

trica (fig. 8 e 9). Alcuni presentano al pianterreno dei so-lai confinanti con cantine e/o garage; talvolta detti locali sono invece allo stesso livello della zona termica di calcolo. In entrambi i sottotipi non è presente il sottotetto utilizzato come mansarda (locale riscaldato). In proposito, si ricorda che gli alloggi a schiera realizzati in ambito dell'edilizia sovvenzionata/convenzionata normalmente non sono dotati di mansarda abitabile per la limitazione imposta alla superficie utile dell'alloggio al fine di poter usufruire delle agevolazioni. Analoga considerazione può essere fatta per i vani interrati, accatastati come cantine e spesso utilizzati come taverne.

Ciascuna delle sei categorie di alloggi descritte costituisce quindi il modello di riferimento sul quale sono state ricercate le correlazioni tra fattori costruttivi e indicatori dei consumi energetici.

A conclusione di questo primo articolo, ci preme porre l'accento sull'importanza del lavoro di ricerca svolto per l'analisi tipologico-edilizia: fatta salva la metodologia, l'attendibilità dei risultati (pubblicati sul prossimo numero in un altro articolo dello stesso autore) è, infatti, primariamente affidata alla rappresentatività del campione nei confronti degli oltre 1000 alloggi esaminati, costruiti in Toscana negli ultimi 30 anni.

La metodologia individuata può quindi essere estesa ad altri scenari edilizi, per esempio quello relativo ad abitazioni costruite dal dopoguerra a oggi, che possono essere classificati, in base al rapporto con l'insieme urbano, come interventi di ricostruzione, di recupero, di saturazione, di sostituzione ed espansione, senza escludere la possibilità di avventurarsi anche all'analisi dei centri storici, per alcuni dei quali, peraltro, già sono disponibili ricerche su campioni di tessuto edilizio.