

*La Procedura Operativa e il Modello di Calcolo "BESTClass" sono stati elaborati dal Dipartimento BEST del Politecnico di Milano nell'ambito delle attività svolte per il Tavolo Energia&Ambiente istituito dalla Provincia di Milano, Assessorato all'Ambiente, con il contributo tecnico-scientifico di:
Prof. Giuliano Dall'O', Dipartimento BEST - Politecnico di Milano
Ing. Sergio Mammi, ANIT
Ing. Sergio Zobot, Provincia di Milano*

Indice

1	Introduzione	5
2	Scopo della procedura	6
3	Riferimenti normativi	7
4	Termini e definizioni	8
5	Simboli e unità di misura	10
6	Schema di Certificazione Energetica	11
	6.1 Campo di applicazione, 11	
	6.2 Base della valutazione energetica, 11	
	6.3 Indicatori di prestazione energetica, 12	
	6.4 Indicatori di classificazione energetica, 14	
7	Calcolo della prestazione energetica	15
	7.1 Climatizzazione invernale: fabbisogno energetico, 15	
	7.2 Climatizzazione invernale: energia primaria, 22	
	7.3 Produzione di acqua calda ad usi sanitari: fabbisogno energetico, 26	
	7.4 Produzione di acqua calda ad usi sanitari: energia primaria, 27	
	7.5 Contributi delle fonti energetiche rinnovabili, 29	
A	Appendice A	
	Attestato di Certificazione Energetica ClassEnergia	31
B	Appendice B	
	Targa Energetica ClassEnergia	32
C	Appendice C	
	Determinazione dei parametri termici	33
D	Appendice D	
	Dati climatici di riferimento per i capoluoghi di provincia della Regione Lombardia	36

1 Introduzione

La *prestazione energetica* di un edificio esprime la quantità di energia effettivamente consumata, o che si prevede possa essere necessaria, per soddisfare i vari bisogni connessi a un uso standard dell'edificio.

La Certificazione Energetica come attestazione delle prestazioni

La *Certificazione Energetica* di un edificio è l'attestazione delle sue prestazioni energetiche attraverso un documento che comprende alcuni dati di riferimento che consentano ai consumatori di valutare e raffrontare tali prestazioni, nonché raccomandazioni per il loro miglioramento in termini di costi-benefici.

La procedura di Certificazione Energetica di un edificio comprende le seguenti fasi:

- valutazione energetica dell'edificio;
- classificazione dell'edificio;
- redazione dell'Attestato di Certificazione Energetica.

Questa Procedura Operativa fornisce:

- un metodo per la valutazione energetica di un edificio basato sul calcolo dei fabbisogni di energia (valutazione di calcolo);
- uno schema di Certificazione Energetica, comprendente una procedura di classificazione dell'edificio in base a opportuni valori di riferimento;
- i contenuti e il formato dell'Attestato di Certificazione Energetica;
- i contenuti e il formato della Targa Energetica da esporre per rendere evidente la qualità energetica dell'edificio in oggetto.

Questa procedura è rivolta:

- agli Enti preposti per la gestione delle procedure di Certificazione Energetica degli edifici (Enti di Accreditamento, ove essi siano stati costituiti);
- ai soggetti delegati alla certificazione (tecnici certificatori);
- a progettisti, proprietari, operatori dell'edilizia e utenti per consentire una progettazione energetica dell'edificio coerente con gli obiettivi di raggiungimento di un determinato livello di prestazione energetica.

Distinguere le fasi di progetto e certificazione

Lo schema di calcolo per la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici si basa essenzialmente sulle metodologie utilizzate standard (*cf.* 3_Riferimenti normativi). Ai soli fini della Certificazione Energetica, sono state introdotte delle semplificazioni allo scopo di rendere più agevole la procedura di certificazione ma anche, e soprattutto, per garantire una replicabilità della procedura.

Per comprendere meglio il significato e lo scopo della Certificazione Energetica è utile fare una distinzione tra due fasi, quella del **progetto** e quella della **certificazione**, che pur essendo molto simili e pur basandosi sullo stesso modello hanno finalità diverse.

La fase progettuale ha lo scopo di fornire tutti gli elementi per dimensionare correttamente gli impianti (quindi un calcolo di potenza) verificando altresì che siano rispettati i limiti di consumo energetico fissati dalla legislazione vigente.

La Certificazione Energetica ha, invece, lo scopo di fornire uno o più indicatori di qualità energetica che potranno avere un notevole impatto sul mercato immobiliare. Per garantire la massima trasparenza è indispensabile che il certificatore possa utilizzare una procedura in grado di evitare discrezionalità nell'interpretazione delle regole, obiettivo difficilmente raggiungibile applicando integralmente i modelli di riferimento utilizzati nella progettazione.

Se è vero che la semplificazione può comportare degli errori di valutazione delle prestazioni, è altrettanto vero che i calcoli analitici non rispecchiano comunque mai una situazione reale, che è molto influenzata dal comportamento dell'utente e dal reale funzionamento degli impianti e in particolare delle prestazioni dei sistemi di regolazione.

Ogni certificatore deve ottenere lo stesso risultato di prestazione energetica dell'edificio

Se l'obiettivo della certificazione è quello di fornire un indicatore di qualità energetica oggettivo, ossia legato solo all'edificio considerando condizioni operative normalizzate, la certificazione sarebbe poco credibile se le regole e le procedure predisposte per applicarla non garantissero la replicabilità dei risultati: ogni certificatore, applicando la stessa procedura, dovrebbe ottenere lo stesso risultato.

È questo, nella sostanza, lo spirito con il quale è stata elaborata questa Procedura Operativa, che propone delle semplificazioni, che non devono essere intese come scorciatoie, ma come elementi di maggiore chiarezza il cui scopo è quello di agevolare e diffondere in modo concreto la Certificazione Energetica degli edifici.

2 Scopo della Procedura Operativa

La Procedura Operativa e il relativo Modello di Calcolo definiscono:

- gli usi energetici da prendere in considerazione nella Certificazione Energetica;
- la normativa di riferimento, i dati e le ipotesi da adottare nel calcolo delle prestazioni energetiche;
- le procedure e le modalità di rilievo dei dati in campo;
- gli indicatori di prestazione energetica da adottare;
- le procedure da adottare per la classificazione degli edifici;
- il formato dell'Attestato per la Certificazione Energetica;
- il formato della Targa Energetica.

3 Riferimenti normativi

UNI 10347, Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Energia termica scambiata tra una tubazione e l'ambiente circostante – Metodo di calcolo

UNI 10348, Riscaldamento degli edifici – Rendimenti dei sistemi di riscaldamento – Metodo di calcolo

UNI 10349, Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici

UNI 10351, Materiali da costruzione – Conduttività termica e permeabilità al vapore

UNI 10355, Murature e solai – Valori della resistenza termica e metodo di calcolo

UNI EN 410, Vetro per edilizia – Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate

UNI EN 673, Vetro per edilizia – Determinazione della trasmittanza termica (valore U) - Metodo di calcolo

UNI EN 832, Prestazione termica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento – Edifici residenziali

UNI EN 13789, Prestazione termica degli edifici – Coefficiente di perdita di calore per trasmissione – Metodo di calcolo

UNI EN ISO 6946, Componenti ed elementi per edilizia – Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodo di calcolo

UNI EN ISO 7345, Isolamento termico – Grandezze fisiche e definizioni

UNI EN ISO 10077-1, Prestazione termica di finestre, porte e chiusure – Calcolo della trasmittanza termica – Metodo semplificato

UNI EN ISO 10077-2, Prestazione termica di finestre, porte e chiusure – Calcolo della trasmittanza termica – Metodo numerico per i telai

UNI EN ISO 10211-1, Ponti termici in edilizia – Flussi termici e temperature superficiali – Metodi generali di calcolo

UNI EN ISO 10211-2, Ponti termici in edilizia – Calcolo dei flussi termici e delle temperature superficiali – Ponti termici lineari

UNI EN ISO 13370, Prestazione termica degli edifici – Trasferimento di calore attraverso il terreno – Metodi di calcolo

UNI EN ISO 13786, Prestazione termica dei componenti per edilizia – Caratteristiche termiche dinamiche – Metodi di calcolo

UNI EN ISO 13790, Prestazione termica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento

UNI EN ISO 14683, Ponti termici nelle costruzioni edili – Trasmittanza termica lineare – Metodi semplificati e valori di progetto

UNI EN ISO 15927-1, Prestazione termoigrometrica degli edifici – Calcolo e presentazione dei dati climatici – Medie mensili dei singoli elementi meteorologici

4 Termini e definizioni

Edificio

Costruzione abitata considerata nella sua globalità, includendo il suo involucro e i sistemi impiantistici di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria.

Nuovo edificio

Edificio allo stato di progetto o in costruzione o (per la valutazione di esercizio) costruito troppo recentemente per avere informazioni affidabili circa gli utilizzi energetici.

Edificio esistente

Edificio costruito, per il quale siano noti o possano essere misurati i dati reali necessari alla valutazione dell'energia utilizzata in accordo con questa norma.

Prestazione energetica

La prestazione energetica di un edificio esprime la quantità di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi a un uso standard dell'edificio.

Certificazione Energetica

Valutazione relativa alle prestazioni energetiche di un edificio, fatta secondo uno schema di certificazione.

Certificato Energetico

Attestazione delle prestazioni energetiche di un edificio attraverso un documento che comprende dati di riferimento, che consentano ai consumatori di valutare e raffrontare tali prestazioni, nonché raccomandazioni per il loro miglioramento in termini di costi-benefici.

Targa Energetica

Attestazione delle prestazioni energetiche di un edificio attraverso una targa che evidenzia la classe energetica e che consenta ai consumatori di valutare e raffrontare le prestazioni.

Classe energetica

Semplice e comprensibile, è definita da una scala di valori (da "A" a "G"), usata per rappresentare l'efficienza energetica di un edificio.

Indicatore di prestazione globale

Indicatore che esprime la prestazione di un intero edificio includendo i sistemi di riscaldamento, ventilazione e condizionamento.

Valutazione standard

Valutazione basata sul calcolo dell'energia utilizzata da un edificio per riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, produzione di acqua calda sanitaria e illuminazione, con dati di ingresso riferiti all'edificio come costruito e alle condizioni standard del clima interno ed esterno e di occupazione. Essa rappresenta il potenziale energetico intrinseco dell'edificio rilevante ai fini della Certificazione Energetica.

Valutazione di progetto

Valutazione basata sugli schemi dell'edificio (piante, sezioni, ecc.) e sui valori di progetto, calcolati per un edificio nella fase di progetto.

Area climatizzata

Area del pavimento degli spazi riscaldati o raffrescati, esclusi i locali (cantine) non abitabili, compresa l'area del pavimento di tutti i piani se più di uno.

Superficie lorda riscaldata

Area di pavimento degli spazi riscaldati o raffrescati, esclusi i locali (cantine) non abitabili, compresa l'area del pavimento di tutti i piani se più di uno, incluse murature esterne e tramezzi interni.

Volume lordo riscaldato

Per volume lordo riscaldato si intende il volume dell'edificio esclusi i locali non abitabili, comprensivo di tutte le murature e le partizioni e comprensivo dei solai intermedi, se a più piani, di base e di copertura.

Area climatizzata di involucro

Area globale che racchiude completamente uno spazio climatizzato.

Dimensione interna (netta)

Lunghezza misurata da muro a muro e da pavimento a soffitto all'interno di ciascun ambiente dell'edificio.

Dimensione interna totale (lorda)

Lunghezza misurata all'interno dell'edificio, ignorando le partizioni interne.

Dimensione esterna

Lunghezza misurata sull'esterno dell'edificio.

Temperatura interna di progetto

Temperatura dell'aria prevista in progetto, è pari a 20°C per gli edifici residenziali e viene definita in funzione dell'utilizzo prevalente per le altre destinazioni d'uso.

5 Simboli e unità di misura

Prospetto 1

Simboli e unità di misura

Simbolo	Grandezza fisica	Unità di misura
A	Area	m ²
C	Capacità termica volumica	Wh/m ³ K
V	Volume	m ³
f	Fattore	-
I	Radiazione solare incidente	kWh/m ² anno
IC	Indicatore di classificazione	-
PE	Indicatore di prestazione energetica	kWh/m ² anno
H	Coefficiente di dispersione termica	W/K
U	Trasmittanza termica	W/m ² K
η	Rendimento – Fattore di utilizzazione	-
Q	Energia	kWh
θ	Temperatura	°C
τ	Costante di tempo	s

Prospetto 2

Simboli dei pedici

Simbolo	Descrizione	Simbolo	Descrizione
E	Involucro	e	Emissione
G	Globale	c	Regolazione
H	Riscaldamento	d	Distribuzione
FR	Fonti Rinnovabili	p	Produzione
P	Primaria	s	Accumulo
I	Interni		
SI	Solari interni		
V	Ventilazione		
W	Acqua calda		
D	Trasmissione		
L	Lordo		
N	Netto	SUP	Superficie
U	Utile	VOL	Volume

6 Schema di Certificazione Energetica

6.1 Campo di applicazione

La Certificazione Energetica dovrà essere applicata nelle seguenti situazioni:

- costruzione di nuovi edifici;
- ristrutturazione edilizia dell'esistente;

Potrà essere applicata, inoltre, nei casi di:

- compravendita;
- locazione.

Applicabilità della procedura

La Procedura Operativa è applicabile agli edifici residenziali o assimilabili come alberghi, edifici socio assistenziali, ecc. È, inoltre, applicabile agli edifici pubblici e agli uffici non provvisti di impianti centralizzati di climatizzazione estiva

La procedura non è applicabile agli edifici dotati di impianti di climatizzazione come uffici, strutture commerciali della grande distribuzione, e agli impianti sportivi e ai capannoni industriali.

Per appartamenti e unità abitative all'interno di condomini, la certificazione potrà essere basata anche sulla valutazione della singola unità abitativa. In questo caso saranno prodotti i seguenti documenti:

- un Attestato di Certificazione Energetica per l'intero edificio;
- una Targa Energetica riferita all'intero edificio;
- un Attestato di Certificazione Energetica per ciascuna unità abitativa.

6.2 Base della valutazione energetica

Gli usi di energia da considerare nella Certificazione Energetica sono:

- riscaldamento;
- ventilazione;
- acqua calda igienico-sanitaria.

Apporti energetici considerati

L'energia utilizzata per altri scopi (apparecchiature elettriche, elettrodomestici, processi industriali) in questa procedura di certificazione non viene considerata. Nella definizione degli indicatori di prestazione energetica si considerano anche gli apporti energetici dovuti alle fonti rinnovabili di energia e in particolare:

- impianti solari termici;
- impianti solari fotovoltaici;
- sistemi solari passivi.

6.3 Indicatori di prestazione energetica

Nel prospetto 3 sono riportati gli indicatori di prestazione energetica. Tali valori sono da intendersi come valori di riferimento convenzionali e sono calcolati in base a valutazioni su dati climatici e d'uso standard; pertanto non sono confrontabili con i dati di consumo energetico reali dell'edificio.

Ognuno di essi è calcolato dal rapporto tra l'energia considerata (intesa come fabbisogno energetico annuo) e la superficie utile A_U . L'unità di misura utilizzata per tutti gli indicatori è il **kWh/m² anno**.

Prospetto 3

Indicatori di prestazione energetica

Indicatore	Simbolo	Descrizione
Fabbisogno energetico specifico involucro	PE_H	Definisce le caratteristiche dell'involucro, tiene conto delle dispersioni di calore, ma anche degli eventuali apporti gratuiti dovuti alla radiazione solare (pareti opache e trasparenti) e gli apporti interni.
Fabbisogno di energia primaria specifico climatizzazione invernale	PE_{HP}	Definisce il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale e considera i rendimenti del sistema di climatizzazione.
Fabbisogno energetico specifico acqua calda sanitaria	PE_W	Definisce il fabbisogno di energia per la produzione di acqua calda sanitaria: si fa riferimento a consumi standard.
Fabbisogno energia primaria specifico per la produzione di acqua calda sanitaria	PE_{WP}	Definisce il fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria e tiene conto, quindi, dei rendimenti degli impianti.
Contributo energetico specifico dovuto alle fonti rinnovabili	PE_{FR}	Definisce il contributo energetico dovuto alle fonti rinnovabili. Considera normalmente il contributo energetico dovuto agli impianti solari termici, agli impianti solari fotovoltaici e all'eventuale contributo energetico dovuto a sistemi solari passivi.
Fabbisogno specifico globale di energia primaria	PE_G	Somma del fabbisogno di energia primaria per riscaldamento (PE_{HP}) e di quello per la produzione di acqua calda (PE_{WP}) al quale vengono eventualmente detratti i contributi energetici dovuti alle fonti rinnovabili (PE_{FR})

Fabbisogno energetico specifico dell'involucro Il **fabbisogno energetico specifico dell'involucro** è calcolato con la relazione:

$$PE_H = Q_H / A_U \quad [1]$$

Dove:

Q_H è il fabbisogno energetico dell'involucro riferito all'intera stagione di riscaldamento definito dalla [7].

Fabbisogno di energia primaria specifico per la climatizzazione invernale Il **fabbisogno di energia primaria specifico per la climatizzazione invernale** è calcolato con la relazione:

$$PE_{HP} = Q_{EPH} / A_U \quad [2]$$

Dove:

Q_{EPH} è il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale riferito all'intera stagione di riscaldamento definito dalla [20].

Fabbisogno energetico specifico per la produzione di ACS Il **fabbisogno energetico specifico per la produzione di acqua calda** è calcolato con la relazione:

$$PE_W = Q_W / A_U \quad [3]$$

Dove:

Q_W è il fabbisogno energetico per la produzione di acqua calda ad usi sanitari definito dalla [22].

Fabbisogno di energia primaria specifico per la produzione di ACS Il **fabbisogno di energia primaria specifico per la produzione di acqua calda a usi sanitari** è calcolato con la relazione:

$$PE_{WP} = Q_{WP} / A_U \quad [4]$$

Dove:

Q_{WP} è il fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda ad usi sanitari definito dalla [23].

Contributo energetico specifico dovuto alle fonti rinnovabili Il **contributo energetico specifico dovuto alle fonti rinnovabili** è calcolato con la relazione:

$$PE_{FR} = Q_{FR} / A_U \quad [5]$$

Dove:

Q_{FR} è il contributo energetico dovuto alle fonti rinnovabili definito dalla [25].

*Fabbisogno
specifico globale
di energia
primaria*

Il **fabbisogno specifico globale di energia primaria** è calcolato con la relazione:

$$PE_G = (P_{EHP} + P_{EWP}) - P_{EFR} \quad [6]$$

6.4 Indicatori di classificazione energetica

Considerando le caratteristiche climatiche delle località in Regione Lombardia (Zona climatica E) sono definiti i seguenti indicatori di classificazione energetica:

- **Classe A** Fabbisogno energetico ≤ 30 kWh/m² anno
- **Classe B** Fabbisogno energetico ≤ 50 kWh/m² anno
- **Classe C** Fabbisogno energetico ≤ 70 kWh/m² anno
- **Classe D** Fabbisogno energetico ≤ 90 kWh/m² anno
- **Classe E** Fabbisogno energetico ≤ 120 kWh/m² anno
- **Classe F** Fabbisogno energetico ≤ 160 kWh/m² anno
- **Classe G** Fabbisogno energetico > 160 kWh/m² anno

*Attestato e Targa
Energetica*

Gi indicatori di classificazione energetica saranno utilizzati per l'Attestato di Certificazione Energetica e per la Targa Energetica.

Nell'**Attestato di Certificazione Energetica** saranno considerati due indicatori di classificazione energetica:

- l'indicatore relativo al fabbisogno specifico energetico dell'involucro (PE_H);
- l'indicatore relativo al fabbisogno di energia primaria (PE_G).

Nella **Targa Energetica** sarà considerato solo l'indicatore relativo al fabbisogno specifico energetico dell'involucro (PE_H)

Gli schemi per l'attestato di Certificazione Energetica e la targa energetica dell'edificio sono riportati rispettivamente nelle appendici A e B.

Casa passiva

Per gli edifici con un fabbisogno di energia primaria inferiore a 15 kWh/m² anno all'indicatore di classe A è aggiunta la dizione "Casa passiva".

7 _____ Calcolo della prestazione energetica

Le caratteristiche geometriche dell'edificio, o della parte di edificio oggetto della Certificazione Energetica fanno riferimento a:

- Volume lordo riscaldato (comprendente murature esterne, partizioni interne, solette);
- Superficie lorda riscaldata (comprendente murature esterne e partizioni interne).

Per il calcolo della ventilazione si utilizza come riferimento il volume netto, così come nella definizione degli indicatori di consumo o di prestazione energetica si utilizza la superficie utile abitabile.

I valori netti o utili dei volumi o delle superfici ai soli fini del calcolo della ventilazione si ottengono, in funzione della tecnologia costruttiva dell'edificio, moltiplicando i valori riferiti al lordo per i coefficienti f_{SUP} e f_{VOL} riportati nel prospetto 4.

Le tecnologie costruttive riportate appartengono a tre macrocategorie di costruzione: leggera, media, pesante.

Prospetto 4
Fattori correttivi
per superfici e
volumi

Tecnologia costruttiva	f_{SUP}	f_{VOL}
Edifici con muri in pietra o assimilabili	0,80	0,70
Edifici con muri in mattoni pieni o assimilabili	0,85	0,75
Edifici con muri in mattoni forati o assimilabili	0,85	0,75
Edifici con pareti leggere o isolati dall'interno con spessore >30 cm	0,85	0,75
Edifici con pareti leggere o isolati dall'interno con spessore < 30cm	0,90	0,80

7.1 _____ Climatizzazione invernale: fabbisogno energetico

Per la climatizzazione invernale il fabbisogno energetico dell'involucro Q_H riferito all'intera stagione di riscaldamento è definito dalla seguente equazione di bilancio:

$$Q_H = (Q_L) - \eta_U (Q_G) \quad [7]$$

Dove:

Q_L è l'energia scambiata totale (trasmissione + ventilazione);

Q_G è l'energia dovuta agli apporti gratuiti;

η_U è il fattore di utilizzazione degli apporti energetici gratuiti.

Nella relazione di calcolo si deve inoltre dimostrare che la presenza di componenti bioclimatici non comporta un peggioramento delle condizioni ambientali estive. L'energia scambiata totale Q_L è data da:

$$Q_L = Q_T + Q_V \quad [8]$$

Dove:

Q_T è l'energia scambiata per trasmissione;

Q_V è l'energia dovuta alla ventilazione;

L'energia dovuta agli apporti gratuiti Q_G è data da:

$$Q_G = Q_I + Q_{SI} \quad [9]$$

Dove:

Q_I è l'energia dovuta agli apporti interni;

Q_{SI} è l'energia dovuta agli apporti solari sulle superfici trasparenti.

Si considerano gli apporti gratuiti dovuti all'effetto della radiazione solare sulle superfici opache. L'energia scambiata per trasmissione durante la stagione di riscaldamento è data dalla relazione:

$$Q_T = \sum_k [H_{T,k} (T_i - T_e) t] \cdot 0,024 \quad [10]$$

Dove:

H_T è il coefficiente di dispersione termica per trasmissione dell'edificio;

T_i è la temperatura di progetto;

T_e è la temperatura media esterna stagionale durante il periodo di calcolo;

t è la durata in giorni del periodo di riscaldamento.

Ai soli fini del calcolo per la Certificazione Energetica si considera un mantenimento della temperatura interna di progetto costante nelle 24 ore. Il coefficiente di dispersione termica per trasmissione dell'edificio tiene conto:

- delle dispersioni di calore attraverso le strutture che separano l'ambiente considerato dall'ambiente esterno;
- delle dispersioni di calore verso il terreno;
- delle dispersioni di calore attraverso locali non climatizzati.

Il coefficiente di dispersione termica per trasmissione viene calcolato dalla relazione:

$$H_T = \sum_i (A_i U_i f_{T,i}) \quad [11]$$

Dove:

- A_i è l'area dell'elemento i dell'involucro;
- U_i è la trasmittanza termica dell'elemento i dell'involucro; tale trasmittanza tiene conto anche dei ponti termici eventualmente presenti e risulta superiore, quindi, alla trasmittanza del solo elemento;
- $f_{T,i}$ fattore correttivo che tiene conto del fatto che alcuni ambienti si possono trovare ad una temperatura diversa da quella esterna di progetto (ad esempio locali non riscaldati, terreno, ecc.); nel caso in cui l'elemento considerato confina con l'ambiente esterno il fattore $f_{T,i}$ è pari a 1 (i fattori correttivi da utilizzare nella [11] sono riportati nel prospetto 5).

Semplificazioni introdotte per il calcolo

Per il calcolo finalizzato alla Certificazione Energetica degli edifici si introducono le seguenti semplificazioni:

- i ponti termici non vengono considerati separatamente: di essi se ne tiene conto in modo indiretto incrementando il valore della trasmittanza termica (indicati nel prospetto C7) e considerando come aree degli elementi le dimensioni lorde;
- per gli elementi dell'involucro che separano l'ambiente climatizzato dal terreno si utilizza sempre la [11].

Prospetto 5

Fattori correttivi $f_{T,i}$ da applicare nella [5] per l'effetto di strutture disperdenti verso ambienti con T diverse da quella esterna (Fonte: norma EN 12831 e 7357-74)

Ambiente esterno	$f_{T,i}$	Ambiente esterno	$f_{T,i}$
Ambiente esterno	1	Vespaio aerato	0,85
Sottotetto aerato	1	Pilotis	1
Sottotetto ben sigillato	0,70	Cantina con serramenti chiusi	0,6
Appartamenti non riscaldati	0,50	Cantina con serramenti aperti	0,9
Corpi scale altri piani	0,70	Garage	0,9
Terreno	0,45		

La ventilazione

Il rinnovo dell'aria degli ambienti comporta un consumo di energia. Il risparmio di tale energia non può essere conseguito riducendo il tasso di ventilazione degli ambienti per non compromettere il benessere e la salubrità degli ambienti stessi. Pertanto ai fini della qualificazione energetica dell'edificio si ipotizza un tasso di ventilazione convenzionale (indipendente cioè dal comportamento dell'utenza) che fa riferimento a un utilizzo standard dell'edificio alle seguenti condizioni:

- A edifici privi di impianto di ventilazione meccanica;
- A1 muniti di serramenti non classificati ai fini della tenuta all'aria e al vento;
- A2 muniti di serramenti classificati;
- B edifici muniti di impianto di ventilazione meccanica;

- B1 ventilazione discontinua;
- B2 continua con bocchette igroregolabili;
- B3 a doppio flusso con recuperatore di calore.

L'energia convenzionalmente scambiata per ventilazione Q_V è data dalla relazione:

$$Q_V = \sum_k [H_{V,k} (T_i - T_e) \cdot t \cdot 0,024 \cdot (1 - \eta_{RCV})] \quad [12]$$

Dove:

H_V è il coefficiente di dispersione termica per ventilazione dell'edificio;

η_{RCV} è il rendimento medio stagionale di un eventuale recuperatore di calore.

t è la durata in giorni del periodo di riscaldamento.

Il coefficiente di dispersione termica per ventilazione H_V è calcolato per mezzo della relazione:

$$H_V = V_a \rho_a c_a \quad [13]$$

Dove:

V_a è la portata d'aria di rinnovo dell'edificio;

$\rho_a c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria.

Se la portata d'aria è espressa in m^3/h la capacità termica volumica $\rho_a c_a$ è considerata convenzionalmente pari a $0,34 \text{ Wh/m}^3\text{K}$.

La portata d'aria, può essere calcolata da una stima della portata d'aria di ricambio n per mezzo della:

$$V_a = V_N n e_v \quad [14]$$

Dove

V_N è il volume dello spazio riscaldato, calcolato sulla base delle dimensioni interne;

e_v è un coefficiente di efficienza del sistema di ventilazione che assume i valori riportati nel prospetto 6.

Prospetto 6
Coefficiente di efficienza del sistema di ventilazione

Edifici senza impianto di ventilazione			Edifici con impianto di ventilazione		
Tipo	Descrizione	e_v	Tipo	Descrizione	e_v
A1	Serramento non classificabile	1,5	B1	Aspirazione	0,9
A2	Serramento a tenuta	1	B2	Continua igroregolabile	0,7
			B3	Doppio flusso con recupero	0,5

Ai soli fini della Certificazione Energetica si considera per gli edifici residenziali un ricambio d'aria n pari 0,3 volumi/ora. Per le altre destinazioni d'uso si assumono i valori riportati nella UNI 10333.

L'energia dovuta agli apporti interni Q_i comprende qualunque calore generato nello spazio climatizzato dalle sorgenti interne diverse dal sistema di riscaldamento, quali ad esempio:

- apporti dovuti al metabolismo degli occupanti;
- il consumo di calore dovuto alle apparecchiature elettriche e agli apparecchi di illuminazione;
- gli apporti netti provenienti dal sistema di distribuzione e di scarico dell'acqua.

Nel prospetto 7 sono riportati i valori globali degli apporti interni per alcune tipologie di utenza.

Prospetto 7
Valori globali degli apporti interni per tipologie (Fonte: Raccomandazione CTI – R03/3)

Tipologie di utenza	Apporti interni [W/m ²]
Edifici residenziali	2,25
Edifici misti (uffici e abitazioni)	4
Edifici per uffici	6
Attività commerciali	8

Il valore dell'energia dovuta agli apporti gratuiti Q_i si ricava moltiplicando i valori riportati nel prospetto 7 per la superficie utile degli ambienti A_U .

L'energia dovuta agli apporti solari sulle superfici trasparenti Q_{SI} si ricava dalla relazione:

$$Q_{SI} = \sum_j [I_{S,j} \cdot A_{S,j} \cdot (F_{S,j} \cdot F_{C,j} \cdot F_{F,j}) \cdot g_j] \quad [15]$$

Dove la sommatoria è estesa a tutte le superfici esposte e:

$I_{S,j}$ è l'energia totale della radiazione solare globale su una superficie unitaria riferita al serramento jesimo durante il periodo di calcolo (i valori

- della radiazione solare su superfici verticali variamente orientate per i capoluoghi della Regione Lombardia sono riassunti in Appendice D);
- $A_{S,j}$ è l'area lorda (telaio più vetro) del serramento jesimo;
- $F_{S,j}$ è il coefficiente di correzione dovuto all'ombreggiatura del serramento jesimo (nel caso in cui non esistano sistemi di oscuramento si assume come valore 1, nel caso in cui la superficie del serramento sia completamente in ombra il calcolo degli apporti gratuiti per quel serramento è ovviamente nullo);
- $F_{C,j}$ è il coefficiente di correzione dovuto ai tendaggi del serramento jesimo (si assume un valore convenzionale pari a 0,6);
- $F_{F,j}$ è il coefficiente di correzione dovuto al telaio, pari al rapporto tra l'area trasparente e l'area totale dell'unità vetrata del serramento jesimo (si assume un valore convenzionale pari a 0,70);
- g_j è coefficiente di trasmissione dell'energia solare totale del serramento iesimo ottenuto moltiplicando il fattore $g_{ort.}$, trasmittanza di energia solare per radiazione perpendicolare all' elemento vetrato secondo la EN 410, per F_w fattore correttivo approssimativamente pari a 0,9 (Norma UNI 832).

Fattore di correzione per l'ombreggiamento

Nel prospetto 8 sono riportati i valori della trasmittanza g per alcuni tipi di vetro. Il fattore di correzione dovuto all'ombreggiatura F_S rappresenta una riduzione della radiazione solare incidente dovuta all'ombreggiatura permanente della superficie interessata risultante da uno qualsiasi dei seguenti fattori:

- ombreggiatura derivante dalla presenza di altri edifici;
- ombreggiatura derivante dalla topografia (colline, alberi, ecc.);
- schermi fissi;
- ombreggiatura dovuta ad altri elementi dello stesso edificio;
- posizione dell'infisso rispetto alla superficie esterna della parete esterna.

Il fattore di correzione F_S prende in considerazione quindi solo le ombreggiature permanenti, che non sono soggette a rimozioni in relazione agli apporti solari o al variare della temperatura interna. Protezioni solari automatiche o rimovibili dall'utente sono prese, implicitamente, in considerazione con il fattore di utilizzazione.

Prospetto 8

Valori globali
Coefficiente di
trasmissione g e
trasmissione U_v
per alcuni tipi di
vetro

Tipo di vetro	gort	gort	U_v
Vetro singolo (6)	0.74	0.83	5.73
Vetrocamera semplice (6-8-6)	0.64	0.71	3.1
Vetrocamera semplice (6-12-6)	0.65	0.72	2.83
Vetro triplo semplice (4-8-4-8-4)	0.61	0.68	1.7
Vetrocamera basso emissivo con Aria (4-16-4)	0.52	0.58	1.4
Vetrocamera basso emissivo con Argon (4-16-4)	0.52	0.58	1.1
Vetro triplo basso emissivo con Argon(4-8-4-8-4)	0.45	0.50	0.9
Vetrocamera semiselettivo con Aria (4-16-4)	0.38	0.42	1.4
Vetrocamera semiselettivo con Argon (4-16-4)	0.38	0.42	1.1
Vetrocamera selettivo con Aria (4-16-4)	0.31	0.34	1.4
Vetrocamera selettivo con Argon (4-16-4)	0.31	0.34	1.1

Prospetto 8a - Valori di trasmittanza del telaio relativo ai diversi tipi di vetro considerando un rapporto tra area del telaio e area finestrata del 30%, rapporto scelto effettuando un'analisi dimensionale di cinque serramenti tipo tra quelli più in uso i cui dati geometrici sono tratti da uno studio di ANIT. (Fonte: Norma UNI 10077)

Tipo di vetro	U_{vetro} W/m ² K	U_{telaio} [W/m ² K] (rapporto tra area telaio e area finestra del 30%)			
		1,8 Telaio legno	2,0 Telaio PVC	3,0 Telaio metallo con taglio termico	7,0 Telaio metallo senza taglio termico
		Singolo	5,7	4,5	4,6
Doppio o triplo	3,1	2,9	2,9	3,3	4,3
	2,8	2,6	2,7	3,1	4,1
	2,4	2,4	2,4	2,8	3,8
	1,7	1,9	2,0	2,4	3,4
	1,4	1,7	1,8	2,2	3,2
	1,1	1,5	1,6	1,9	3,0
	0,9	1,4	1,4	1,8	2,9

Calcolo del fattore
di utilizzo degli
apporti gratuiti

Per il calcolo del fattore di utilizzo degli apporti energetici gratuiti η_U è necessario definire alcuni parametri che sono sintetizzati di seguito.

Il rapporto tra gli apporti e le perdite γ definito dalla relazione:

$$\gamma = Q_G / Q_L$$

[16]

Dove:

Q_G è l'energia dovuta agli apporti gratuiti;

Q_L è l'energia scambiata totale (trasmissione + ventilazione).

La costante di tempo τ che caratterizza l'inerzia termica interna dello spazio riscaldato calcolata con la relazione:

$$\tau = C / H \quad [17]$$

Dove:

C è l'effettiva capacità termica interna, ovvero il calore accumulato nella struttura dell'edificio quando la temperatura interna varia in modo sinusoidale con un periodo di 24 h e un'ampiezza di 1 K;

H è il coefficiente di dispersione termica dell'edificio.

Per la valutazione della capacità termica C si rimanda al prospetto 9 (Fonte: Raccomandazione CTI-R 03/3 – *Prestazioni energetiche degli edifici*), tale valore va moltiplicato per il volume lordo riscaldato.

Prospetto 9	Tipologia costruttiva	Capacità termica volumica [Wh/m³K]
<i>Capacità termica effettiva per unità di volume lordo riscaldato per alcune tipologie (Fonte: Raccomandazione CTI-R03/3)</i>	Edifici con muri in pietra o assimilabili	80,6
	Edifici con muri in mattoni pieni o assimilabili	66,7
	Edifici con muri in mattoni forati o assimilabili	36,1
	Edifici con pareti leggere o isolati dall'interno con spessore > 30cm	19,4
	Edifici con pareti leggere o isolati dall'interno con spessore < 30cm	19,4

Nell'ipotesi molto probabile in cui il rapporto tra gli apporti e le perdite sia diverso da 1 il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti η_U è ricavabile dalla relazione:

$$\eta_U = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{(a+1)}) \quad [18]$$

Dove a è un parametro numerico che dipende dalla costante di tempo τ ed è definito nell'equazione:

$$a = 0,8 + (\tau / 28) \quad [19]$$

con l'avvertenza che la [18] è valida solo se si applica, come nel caso di questa Procedura Operativa, un metodo di calcolo stagionale.

7.2 Climatizzazione invernale: energia primaria

Il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale Q_{EPH} è l'energia primaria richiesta dal sistema di produzione e distribuzione per soddisfare i fabbisogni energetici di riscaldamento dell'edificio e può essere calcolato dalla relazione:

$$Q_{EPH} = Q_H / \eta_g \quad [20]$$

Dove:

Q_H è il fabbisogno energetico dell'involucro riferito all'intera stagione di riscaldamento;

η_g è il rendimento medio stagionale definito come il rapporto tra il fabbisogno energetico dell'involucro Q_H e l'energia fornita dal combustibile.

Rendimento medio stagionale

Il **rendimento medio stagionale η_g** è calcolato dalla relazione:

$$\eta_g = \eta_e \cdot \eta_c \cdot \eta_d \cdot \eta_p \quad [21]$$

Dove:

η_e è rendimento di emissione;

η_c è rendimento di regolazione;

η_d è rendimento di distribuzione;

η_p è rendimento di produzione medio stagionale.

Rendimento di emissione

Il **rendimento di emissione η_e** è il rapporto tra il fabbisogno energetico utile di riscaldamento degli ambienti con un sistema di emissione di riferimento in grado di fornire una temperatura perfettamente uniforme e uguale nei vari ambienti, e il sistema di emissione reale nelle stesse condizioni di temperatura interna di riferimento e di temperatura esterna. Nel prospetto 10 sono riportati i valori convenzionali dei rendimenti di emissione.

Prospetto 10

Valori convenzionali dei rendimenti di emissione (Fonte: Raccomandazione CTI-R03/3)

Terminale di erogazione	η_e
Termoconvettori	0,99*
Ventilconvettori	0,98
Radiatori	0,96*
Pannelli radianti isolati dalle strutture	0,97
Pannelli radianti annegati nella struttura	0,95

* Se associati a caldaie che funzionano a bassa temperatura al rendimento vanno sottratti ai valori di tabella 0,02 punti.

Un sistema di regolazione che non risponde accuratamente e velocemente alla richiesta di energia, genera oscillazioni di temperatura all'interno dell'ambiente che causano incrementi di scambi termici per trasmissione e ventilazione con l'esterno.

Rendimento di regolazione

Il **rendimento di regolazione** η_c è un parametro che esprime la deviazione tra la quantità di energia richiesta in condizioni reali rispetto a quelle ideali, ed è dato dal rapporto tra il fabbisogno energetico utile di riscaldamento degli ambienti con una regolazione teorica perfetta e quello richiesto per il riscaldamento degli stessi ambienti con l'impianto di regolazione reale.

Nel prospetto 11 sono riportati i rendimenti di regolazione da considerare nel calcolo in funzione della configurazione impiantistica.

Prospetto 11 - Rendimenti di regolazione per alcune configurazioni impiantistiche

Sistema di regolazione	Tipologia	Radiatori e convettori	Pannelli radianti isolati	Pannelli radianti integrati
Regolazione manuale	Termostato caldaia	0,84	0,82	0,78
Climatica centralizzata	Regolatore climatico	0,88	0,86	0,82
Per singolo ambiente senza pre-regolazione	Reg. on-off	0,94	0,92	0,88
	Reg. modulante	0,97	0,95	0,91
Per singolo ambiente con pre-regolazione	Reg. on-off	0,97	0,95	0,93
	Reg. modulante	0,99	0,98	0,96
Di zona senza pre-regolazione	Reg. on-off	0,93	0,91	0,87
	Reg. modulante	0,96	0,95	0,91
Di zona con pre-regolazione	Reg. on-off	0,96	0,94	0,92
	Reg. modulante	0,98	0,97	0,95

Rendimento di distribuzione

Il **rendimento di distribuzione** η_d è il rapporto tra il fabbisogno energetico utile reale delle zone e l'energia termica fornita dal sistema di produzione. Il rendimento di distribuzione medio stagionale caratterizza l'influenza della rete di distribuzione sulla perdita passiva di energia termica (quella non ceduta agli ambienti da riscaldare). Nel prospetto 12 sono riportati i valori convenzionali dei rendimenti di distribuzione in funzione di diverse configurazioni

Prospetto 12

Valori convenzionali dei rendimenti di distribuzione

Volume [m ³]	Edifici tipo A	Edifici tipo B	Edifici tipo C
1.000	0,94	0,93	0,96
5.000	0,94	0,93	0,96
10.000	0,95	0,92	0,97
15.000	0,95	0,90	0,97
20.000	0,96	0,87	0,98

Edifici tipo A	Edifici nei quali le colonne montanti e i collegamenti con i terminali di emissione sono situati totalmente all'interno degli ambienti riscaldati e le tubazioni che collegano la centrale termica alle colonne montanti sono ubicate nel cantinato e sono coibentate.
Edifici tipo B	Edifici nei quali le colonne montanti e i collegamenti con i terminali di emissione, non isolati termicamente, sono inseriti in traccia nel paramento interno dei tamponamenti esterni e le tubazioni orizzontali che collegano la centrale termica alle colonne montanti scorrono nel cantinato.
Edifici tipo C	Edifici nei quali le colonne montanti, in traccia o ubicate nelle intercapedini, sono isolate con gli spessori di isolante previsti dalla specifica normativa e sono ubicate all'interno dell'isolamento termico delle pareti.

Rendimento di produzione medio stagionale Il **rendimento di produzione medio stagionale η_p** è il rapporto tra l'energia termica fornita dal sistema di produzione nella stagione di riscaldamento e il fabbisogno di energia primaria nella stagione. Per il calcolo del rendimento di produzione medio stagionale relativo ai generatori di calore si adottano i valori riportati nel prospetto 13 dove:

- P_{ns} è la potenza nominale del generatore installato;
- P_n è la potenza dimensionata in base alla temperatura minima di progetto;
- P_{media} è la potenza media stagionale richiesta dall'impianto calcolata in funzione della temperatura media esterna.

Prospetto 13 - Rendimenti di produzione medi stagionali η_p da assumere per il calcolo del fabbisogno di energia primaria. (Fonte: UNI 10348)

P_n / P_{media}	3,5	3,9	4,3	4,7	5	5,4
P_{ns} / P_n	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
Rendimento di produzione medio stagionale $P_n > 35$ kW						
Caldaia a condensazione	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06
Caldaia standard	0,79	0,78	0,775	0,77	0,76	0,75
Caldaia standard efficiente	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,91
Caldaia a temperatura scorrevole	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95
$P_n < 35$ kW						
Caldaia a condensazione	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06
Caldaia standard efficiente	0,91	0,91	0,91	0,90	0,90	0,89
Caldaia a temperatura scorrevole	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92
Caldaia standard	0,78	0,77	0,765	0,76	0,75	0,74

Nel caso in cui si utilizzino altri sistemi per la produzione dell'energia termica si utilizzano i valori riportati nel prospetto 14.

Prospetto 14

Rendimenti
medi delle
pompe di calore
in funzione della
zona climatica
(Fonte:
elaborazione
dati Minergie)

Pompe di calore elettriche (Temperatura < 45 °C)	Rend/COP	Coeff. Pond.	Rendim. Ponderato
Pompe di calore ad aria Zona A - C	3	0,37	1,11
Pompe di calore ad aria Zona D - E	2,8	0,37	1,04
Pompe di calore ad aria Zona F	2,5	0,37	0,93
Sonde geotermiche	3,5	0,37	1,30
Acque di superficie indiretto	2,7	0,37	1,00
Acque di falda indiretto	2,7	0,37	1,00
Acque di falda diretto	3,2	0,37	1,18
Biomassa			
Riscaldamento a pellets	0,85	1,00	0,85
Riscaldamento a legna	0,75	1,00	0,75
Teleriscaldamento			
Teleriscaldamento	1	1	1

7.3 Produzione di acqua calda ad usi sanitari: fabbisogno energetico

Per gli edifici residenziali il fabbisogno energetico per l'acqua calda a usi sanitari Q_w è calcolato utilizzando i valori convenzionali riportati nel prospetto 15 con la relazione:

$$Q_w = Q'_w \cdot t \cdot A_u \quad [22]$$

Dove:

Q'_w è il fabbisogno energetico specifico;

t è il tempo considerato (se l'impianto è utilizzato per tutto l'anno t vale 365);

A è la superficie utile dall'appartamento.

I valori di fabbisogno specifico riportati nel prospetto 16 sono stati calcolati ipotizzando le seguenti temperature dell'acqua: all'uscita dal sistema $\theta_w=40^\circ\text{C}$, all'ingresso del sistema $\theta_w=15^\circ\text{C}$, quindi con un salto termico di 25°C .

Per le utenze non residenziali si rimanda a quanto indicato nel prospetto 15.

Prospetto 15

Valori convenzionali relativi ai fabbisogni energetici per l'acqua calda ad usi sanitari per usi residenziali (Fonte: Raccomandazione CTI – R 03/3)

Superficie utile	Fabbisogno specifico (Q'_{w}) [Wh/m ² giorno]
$S < 50 \text{ m}^2$	60
$50 \leq S < 120 \text{ m}^2$	50
$120 \leq S < 200 \text{ m}^2$	40
$S \geq 200 \text{ m}^2$	30

Prospetto 16

Valori convenzionali relativi ai fabbisogni energetici per l'acqua calda ad usi sanitari per usi non residenziali (Fonte: Raccomandazioni CTI – R 03/3)

Superficie utile	Fabbisogno specifico (Q'_{w}) [Wh/persona giorno]
Alberghi per servizi per ogni camera con bagno	3500
Alberghi per servizi per ogni camera senza bagno	1745
Collegi, altre comunità	1450
Ospedali con servizi comuni	1450
Cliniche con servizi in ogni stanza	3500
Uffici	280

7.4 Produzione di acqua calda ad usi sanitari - energia primaria

Il fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda a usi sanitari Q_{WP} è l'energia primaria richiesta dal sistema di produzione e distribuzione per soddisfare i fabbisogni energetici per la produzione di acqua calda a usi sanitari e può essere calcolato dalla relazione:

$$Q_{WP} = (Q_W / \eta_{gw}) + (Q_S / \eta_p) \quad [23]$$

Dove:

Q_W è il fabbisogno energetico per l'acqua calda ad usi sanitari;

Q_S è la perdita di calore dovuta al sistema di accumulo ove presente;

η_{gw} è il rendimento medio stagionale definito come il rapporto tra il fabbisogno energetico per l'acqua calda ad usi sanitari Q_W e l'energia fornita dal combustibile;

η_p è rendimento di produzione.

Rendimento medio stagionale acqua calda a usi sanitari Il rendimento medio stagionale η_{gw} è calcolato dalla relazione:

$$\eta_{gw} = \eta_e \cdot \eta_d \cdot \eta_p \quad [24]$$

Dove:

η_e è rendimento di erogazione;

η_d è rendimento di distribuzione;

η_p è rendimento di produzione.

Per quanto riguarda il *rendimento di erogazione* η_e , si assume un valore di riferimento pari a 0,95.

Il prospetto 17 riporta i valori da assumere per il rendimento di distribuzione η_d in funzione delle possibili configurazioni impiantistiche.

Prospetto 17
Valori
convenzionali
relativi al
rendimento di
distribuzione η_d
(Fonte:
Raccomandazione
CTI – R 03/3)

Tipologia del sistema	Tipo di distribuzione	η_d
Sistemi installati prima della 373/76	senza ricircolo	0,88
	con ricircolo	0,73
Sistemi installati dopo la 373/76	senza ricircolo	0,93
	con ricircolo	0,86
Sistemi autonomi con generatore combinato o dedicato con portata termica < 35 kW	senza ricircolo	0,85

Rendimento di
produzione

Per il **rendimento di produzione** η_p si distinguono due casi: il primo riguarda gli impianti autonomi e il secondo quelli centralizzati.

Per gli impianti autonomi il rendimento di produzione viene calcolato utilizzando i valori convenzionali riportati nel prospetto 18.

I rendimenti forniti dal prospetto tengono già conto, per gli apparecchi ad accumulo, della perdita di accumulo, valutata pari a circa il 10%. Per gli scaldacqua elettrici si è considerato inoltre un rendimento di produzione e distribuzione del 37%⁽¹⁾.

Prospetto 18
Valori
convenzionali
relativi al
rendimento di
produzione η_p
per impianti
autonomi (Fonte:
Raccomandazione
CTI – R 03/3)

Tipo di apparecchio	Versione	η_p
Generatore a gas di tipo istantaneo per sola produzione di acqua calda sanitaria	Tipo B con pilota permanente	0,45
	Tipo B senza pilota	0,85
	Tipo C senza pilota	0,88
Generatore a gas ad accumulo per sola produzione di acqua calda sanitaria	Tipo B con pilota permanente	0,65
	Tipo B senza pilota	0,75
	Tipo C senza pilota	0,85
Accumulatore per produzione di acqua calda sanitaria a	A serpentino	0,90
	A camicia	0,85

⁽¹⁾ Fonte: Autorità per l'energia elettrica e il gas, dati statistici 1999. Rendimento calcolato considerando un consumo specifico medio per impianti termoelettrici pari a 2.174 kcal/kWh e perdite di rete pari al 6,5%.

riscaldamento indiretto	
Riscaldamento elettrico a resistenza ad accumulo	0,333

Per gli impianti centralizzati il rendimento di produzione può essere calcolato, in funzione del tipo di generatore utilizzato, utilizzando i valori ricavabili dalle equazioni [22], [23] e [24].

Per i sistemi ad accumulo la perdita di calore stagionale Q_S è ricavabile, in funzione della classe di volume dell'accumulo, utilizzando i valori convenzionali riportati nel prospetto 19.

Prospetto 19

Valori
convenzionali
relativi alle perdite
di calore dei sistemi
di accumulo Q_S
(Fonte:
Raccomandazione
CTI-R 03/3)

Volume di accumulo	Q_S [Wh]
Fino a 200 litri	525.000
200÷1500 litri	1.050.000
Oltre 1.500 litri	4.380.000

7.5 Contributi delle fonti energetiche rinnovabili

Il contributo energetico dovuto alle fonti energetiche rinnovabili Q_{FR} consente di ridurre il fabbisogno di energia primaria dell'edificio.

Viene convenzionalmente calcolato con la relazione:

$$Q_{FR} = Q_{ST} + (Q_{SF} / \eta_{conv}) + Q_{SP} \quad [25]$$

Dove:

Q_{ST} è il contributo relativo agli impianti solari termici;

Q_{SF} è il contributo relativo agli impianti solari fotovoltaici;

η_{conv} è rendimento di conversione da energia elettrica a energia termica assunto convenzionalmente pari a 0,37;

Q_{SP} è il contributo dovuto a sistemi solari passivi (serre, sistemi a guadagno diretto, ecc.).

Impianti solari
termici

Il contributo energetico dovuto agli **impianti solari termici** Q_{ST} viene calcolato moltiplicando l'area di captazione per il valore precalcolato di resa unitaria in funzione della tipologia di collettore solare impiegato e della località. Il calcolo è stato eseguito ipotizzando una inclinazione del collettore di 30° e un orientamento a Sud con angolo azimutale $\pm 45^\circ$. Nel prospetto 20 si riportano, a titolo esemplificativo, i valori calcolati per i capoluoghi di provincia della Regione Lombardia.

Prospetto 20

Energia prodotta, per unità di superficie, da impianti solari termici in funzione delle caratteristiche dei collettori nei capoluoghi di provincia lombardi per l'acqua calda a usi sanitari

Località	Energia prodotta [kWh/m ² anno]			
	Piano non vetrato	Piano verniciato vetrato	Piano vetrato selettivo	Tubi sottovuoto CPC
Bergamo	384,1	768,3	808,6	866,1
Brescia	440,3	848,4	891,4	942,6
Como	356,0	751,9	790,5	846,7
Cremona	437,9	721,4	769,4	850,0
Lecco	355,9	786,2	825,9	869,7
Lodi	423,2	690,2	753,8	823,9
Mantova	421,7	689,7	735,2	822,6
Milano	430,6	731,2	770,5	848,5
Pavia	407,9	673,0	717,8	805,2
Sondrio	429,9	977,1	1012,7	1037,4
Varese	291,2	773,1	821,4	874,5

Impianti solari fotovoltaici

Il contributo energetico dovuto agli impianti **solari fotovoltaici** Q_{SF} viene calcolato moltiplicando l'area di captazione per il valore precalcolato di resa unitaria in funzione della tipologia delle celle fotovoltaiche e della località.

Il calcolo è stato eseguito ipotizzando un'inclinazione del collettore di 30° e un orientamento a Sud con angolo azimutale $\pm 45^\circ$. Nel prospetto 21 si riportano, a titolo esemplificativo, i valori calcolati per i capoluoghi di provincia della Regione Lombardia.

Prospetto 21

Energia elettrica prodotta, per unità di superficie, da un impianto solare fotovoltaico in funzione delle caratteristiche delle celle fotovoltaiche nei capoluoghi di provincia

Località	Energia prodotta [kWh _{ELETTRICI} /m ² anno]		
	Silicio monocristallino	Silicio policristallino	Silicio amorfo
Bergamo	194,65	155,72	90,84
Brescia	209,15	167,32	97,60
Como	190,99	152,79	89,13
Cremona	205,48	164,39	95,89
Lecco	193,89	155,11	90,48
Lodi	199,99	159,99	93,33
Mantova	200,76	160,60	93,69
Milano	199,38	159,51	93,05
Pavia	200,76	160,60	93,69
Sondrio	219,98	175,98	102,66
Varese	196,33	157,07	91,62

Il contributo degli impianti solari termici e fotovoltaici verrà considerato in modo tale da non sbilanciare il calcolo delle prestazioni dell'edificio. Per il solare termico si terrà conto di un contributo massimo pari al 70% del fabbisogno di acqua calda, in modo tale da lasciar fuori dal calcolo l'energia prodotta e non utilizzata soprattutto in periodo estivo.

Per il solare fotovoltaico si considererà la parte utilizzata per gli usi elettrici e quindi per il funzionamento delle pompe di calore.

Per il contributo dovuto a sistemi solari passivi QSP, e per il contributo del solare termico per il riscaldamento, è invece necessario eseguire un calcolo analitico. Il valore ottenuto non può in tutti i casi essere superiore al 30% del fabbisogno energetico QH.

Nella relazione di calcolo si deve inoltre dimostrare che la presenza di componenti bioclimatici non comporta un peggioramento delle condizioni ambientali estive.

Appendice A ___ Attestato di Certificazione Energetica ClassEnergia

CLASSENERGIA

ATTESTATO DI CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Sistema per l'accREDITAMENTO degli organismi di certificazione degli edifici

Tipo di edificio	Residenza	 Comune di Comune
Anno di costruzione	2006	
Ubicazione	Via del Comune, 1	
Località	20000 Comune(MI)	
Interno		
Proprietario/Costruttore	Mario Rossi	
Progettista	Stefano Bianchi	

Classe Energetica	Fabbisogno di calore edificio	Energia primaria usi termici
Basso consumo		
A	≤ 30 kWh/m ²	
B	≤ 50 kWh/m ²	B 50
C	≤ 70 kWh/m ²	
D	≤ 90 kWh/m ²	D 88
E	≤ 120 kWh/m ²	
F	≤ 160 kWh/m ²	
G	≥ 160 kWh/m ²	
Alto consumo		

Fabbisogno di calore dell'edificio <small>(Fabbisogno energetico specifico dell'involucro - PE_e)</small>	50 kWh/m ² anno
Energia primaria per riscaldamento <small>(Fabbisogno specifico di energia primaria per la climatizzazione invernale - PE_{ip})</small>	76 kWh/m ² anno
Energia primaria per acqua calda sanitaria <small>(Fabbisogno specifico di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria - PE_{sc})</small>	22 kWh/m ² anno
Contributo energetico da fonti rinnovabili <small>(Contributo energetico specifico dovuto alle fonti rinnovabili - PE_{fr})</small>	10 kWh/m ² anno
Energia primaria per usi termici <small>(Fabbisogno specifico di energia primaria per gli usi termici - PE_t)</small>	88 kWh/m²anno

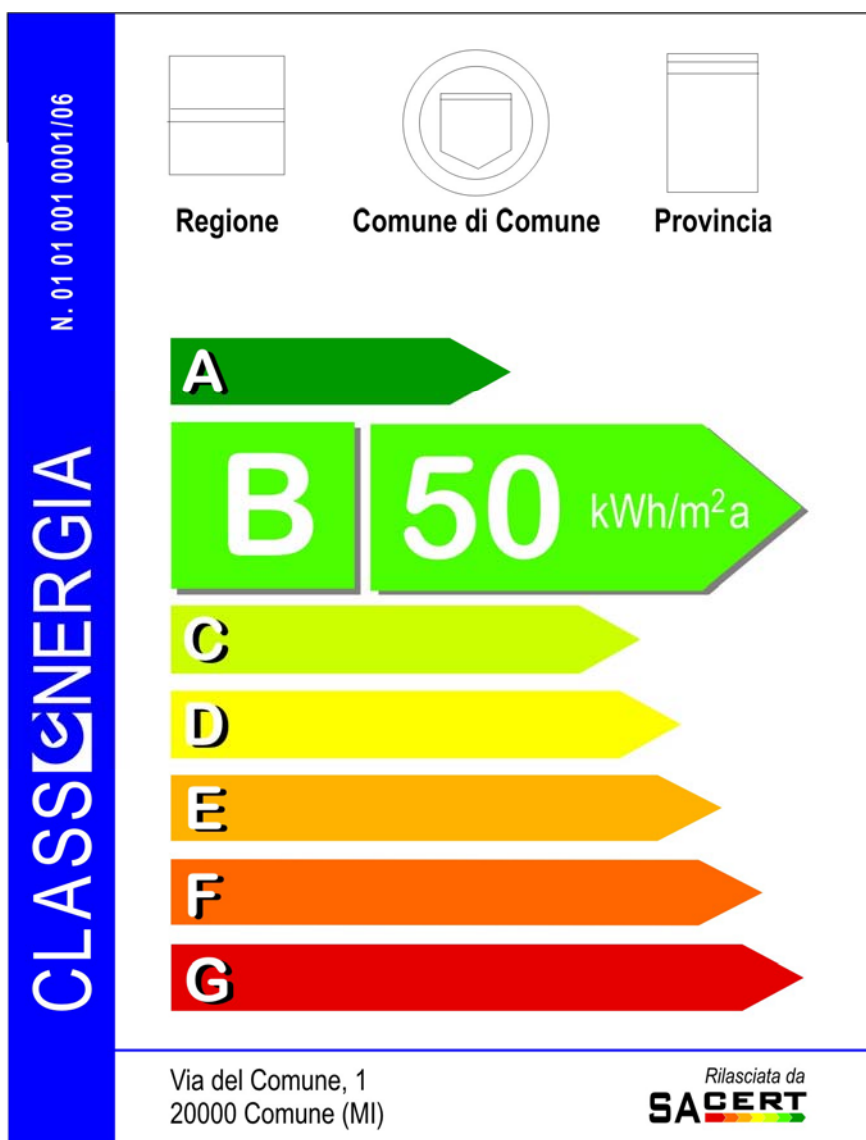
Comune di Comune

Assessore

Il Certificatore

Protocollo N.
01 01 001 0001/06
16 ottobre 2006

Appendice B ___ Targa Energetica ClassEnergia



Appendice C ___ Determinazione dei parametri termici

Per i dati riportati nelle tabelle seguenti sono utilizzabili qualora non si possano effettuare valutazioni precise di calcolo, sulla base di dati derivanti da ispezioni o altre fonti più attendibili. Con tali informazioni è possibile riconoscere le tipologie delle strutture senza ispezioni invasive e procedere al calcolo secondo la normativa vigente.

Prospetto C1
Trasmittanza U pareti perimetrali verticali $[W/m^2K]$.
I sottofinestra devono essere computati come strutture a parte
(Fonte: Raccomandazione CTI – R 03/3)

Spessore [cm]	Muratura di pietrame intonacata	Muratura di mattoni pieni intonacata sulle due facce	Pannello prefabbricato in CLS	Parete a cassa vuota con mattoni forati*	Strutture isolate**
15	4,80	2,31	4,03	1,29	0,59
20	4,05	1,84	3,64	1,24	0,57
25	3,55	1,54	3,36	1,20	0,54
30	3,19	1,33	3,15	1,15	0,52
35	2,92	1,18	2,98	1,11	0,50
40	2,70	1,06	2,84	1,11	0,48
45	2,52	0,97	2,73	1,11	0,46
50	2,37	0,89	2,63	1,11	0,44
55	2,24	0,82	2,54	1,11	0,42
60	2,13	0,77	2,46	1,11	0,40

* I valori della trasmittanza sono calcolati considerando la camera d'aria a tenuta.

** Si considerano strutture isolate quelle strutture che hanno un isolamento termico non inferiore ai 4 cm. In presenza di strutture isolate dall'esterno (ad esempio isolamenti a cappotto) la trasmittanza della parete viene calcolata sommando alla resistenza termica della struttura di categoria la resistenza termica dello strato isolante.

Prospetto C2
Trasmittanza termica dei cassonetti
(Fonte: Raccomandazione CTI – R 03/3)

Tipologia di cassonetto	Trasmittanza termica $[W/m^2K]$
Cassonetto non isolato	1
Cassonetto isolato*	6

* Si considerano isolate quelle strutture che hanno un isolamento termico non inferiore ai 2 cm

Prospetto C3
 Trasmittanza termica delle pareti interne verticali [W/m^2K]
 (Fonte: Raccomandazione CTI – R 03/3)

Spessore [cm]	Muratura di mattoni pieni intonacata sulle due facce	Muratura di mattoni forati intonacata sulle due facce	Parete in CLS intonacata	Parete a cassa vuota con mattoni forati	Strutture Isolate(*)
15	1,91	1,38	2,96	1,16	0,56
20	1,67	1,11	2,79	1,12	0,54
25	1,43	0,93	2,62	1,08	0,52
30	1,19	0,80	2,46	1,04	0,50

Si considerano strutture isolate quelle strutture che hanno un isolamento termico non inferiore ai 3 cm. In presenza di strutture isolate dall'esterno (ad esempio isolamenti a cappotto) la trasmittanza della parete viene calcolata sommando alla resistenza termica della struttura di categoria D la resistenza termica dello strato isolante.

Prospetto C4
 Trasmittanza termica delle coperture piane o a falde [W/m^2K]
 (Fonte: Raccomandazione CTI – R 03/3)

Spessore [cm]	Soletta piana non coibentata in laterocemento	Soletta piana coibent.	Tetto a falde in laterizio non coibentato	Tetto a falde in laterizio coibent.	Tetto in legno poco isolato	Tetto in legno media-mente isolato
15	2,00	0,77	2,77	0,87	1,306	0,718
20	1,76	0,72	2,39	0,81		
25	1,53	0,67	2,02	0,75		
30	1,30	0,61	1,65	0,68		
35	1,06	0,56	1,28	0,62		

Prospetto C5
 Trasmittanza termica dei solai sotto ambienti interni [W/m^2K]
 (Fonte: Raccomandazione CTI – R 03/3)

Spessore [cm]	Soletta in laterocemento	Soletta in laterocemento confinante con sottotetto	Solaio prefabbricato CLS tipo predalles	Soletta generica coibentata
20	1,59	1,68	2,16	0,68
25	1,39	1,47	2,01	0,63
30	1,19	1,25	1,87	0,58
35	1,00	1,03	1,73	0,53

Prospetto C6
 Trasmittanza
 termica dei solai
 a terra, su spazi
 aperti o su locali
 non riscaldati
 [W/m²K]
 (Fonte:
 Raccomandazione
 CTI – R 03/3)

Sp. [cm]	Soletta in laterocemento su cantina	Soletta in laterocemento su vespaio o pilotis	Basamento in Laterocemento su terreno	Basamento in calcestruzzo su terreno	Soletta generica coibentata su cantina- vespaio-pilotis
20	1,54	1,76	1,37	1,35	0,71
25	1,35	1,53	1,24	1,31	0,66
30	1,16	1,30	1,11	1,27	0,61
35	0,97	1,06	0,98	1,23	0,55

Prospetto C7
 Maggiorazioni
 percentuali
 relative alla
 presenza di ponti
 termici
 (Fonte:
 Raccomandazione
 CTI – R 03/3)

Descrizione della struttura	Maggiorazione [%]*
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto senza aggetti/balconi)	0
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto con aggetti/balconi)	5
Parete omogenea in mattoni pieni o in pietra	5
Parete a cassa vuota con mattoni forati	10
Struttura isolata	20
Pannello prefabbricato in CLS	30

* Le maggiorazioni si applicano alle dispersioni della parete opaca e tengono conto anche dei ponti termici relativi alla presenza dei serramenti

Appendice D ____ Dati climatici di riferimento per i capoluoghi di provincia della Regione Lombardia

Province	h_{SLM}	GG	D	θ_{me}	θ_e	I_S	I_{SE-SW}	$I_{O/E}$	I_{NE-NW}	I_N	I_H	ZC
Bergamo	249	2533	183	6,16	-5	451	391	275	161	125	365	E
Brescia	149	2410	183	6,83	-7	510	439	306	169	129	396	E
Como	201	2228	183	7,83	-5	464	400	279	161	126	368	E
Cremona	45	2389	183	6,95	-5	412	364	265	161	125	359	E
Lecco	214	2383	183	6,98	-5	483	415	287	163	127	377	E
Lodi	87	2592	183	5,84	-5	396	350	257	158	124	350	E
Mantova	19	2388	183	6,95	-5	396	347	256	158	124	348	E
Milano	122	2404	183	6,86	-5	412	363	251	160	125	356	E
Pavia	77	2623	183	5,67	-5	386	343	253	157	124	345	E
Sondrio	307	2755	183	4,95	-10	656	553	363	182	130	454	E
Varese	385	2652	183	5,51	-5	524	445	300	165	128	389	E

Legenda

h_{SLM}	altezza della località sul livello del mare (m)
GG	Gradi giorno (°C)
D	Durata del periodo di riscaldamento (giorni)
θ_{me}	Temperatura media esterna della stagione di riscaldamento (°C)
θ_e	Temperatura esterna di progetto (°C)
I_S	Radiazione solare incidente su superfici rivolte a Sud (kWh/m ² anno)
I_{SE}	Radiazione solare incidente su superfici rivolte a Sud-Est (kWh/m ² anno)
I_{SW}	Radiazione solare incidente su superfici rivolte a Sud-Ovest (kWh/m ² anno)
I_O	Radiazione solare incidente su superfici rivolte a Ovest (kWh/m ² anno)
I_E	Radiazione solare incidente su superfici rivolte a Est (kWh/m ² anno)
I_{NE}	Radiazione solare incidente su superfici rivolte a Nord-Est (kWh/m ² anno)
I_{NW}	Radiazione solare incidente su superfici rivolte a Nord-Ovest (kWh/m ² anno)
I_N	Radiazione solare incidente su superfici rivolte a Nord (kWh/m ² anno)
I_H	Radiazione solare incidente sul piano orizzontale (kWh/m ² anno)
ZC	zona climatica.

Fonte dei dati: UNI 10349, d.P.R. 412/93

Note