

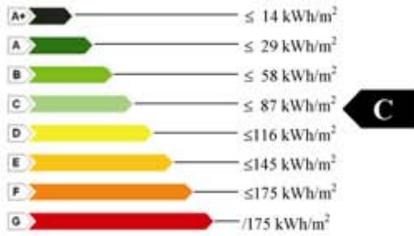
ALLEGATO C – ATTESTATO DI CERTIFICAZIONE ENERGETICA



ATTESTATO di

CERTIFICAZIONE ENERGETICAData di emissione
21 GIUGNO 2008REGIONE LOMBARDIA
RETI, SERVIZI DI PUBBLICA UTILITÀ E SVILUPPO SOSTENIBILENumero di protocollo
AA - A.1 - 0000001 - 08

Classe energetica – zona climatica E

Immagine dell'edificio o
planimetria dell'unità immobiliare

Comune di

()

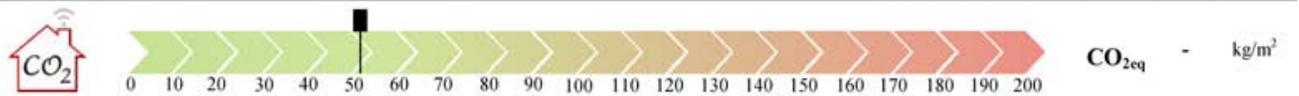
Logo

Ubicazione	Via Roma
Civico	00 Interno 00
Destinazione d'uso	Residenziale
Anno di costruzione	2008
Superficie utile [m ²]	100
Combustibile	Metano
Proprietario	Massimo Rossi

Principali indicatori di prestazione energetica

Fabbisogno specifico di energia primaria per la climatizzazione invernale	EP_H - kWh/m ²	Fabbisogno specifico di energia primaria per l'acqua calda sanitaria	EP_W - kWh/m ²
Fabbisogno energetico specifico dell'involucro (climatizzazione invernale)	E_H - kWh/m ²	Fabbisogno energetico specifico totale per usi termici (riscaldamento e acqua calda)	EP_T - kWh/m ²
Fabbisogno energetico specifico dell'involucro (climatizzazione estiva)	E_C - kWh/m ²	Contributo energetico specifico da fonti rinnovabili	E_{FER} - kWh/m ²

Emissioni di gas ad effetto serra



Possibili interventi migliorativi del sistema edificio-impianto

Sistema	Intervento	Priorità bassa	Priorità media	Priorità alta
Edificio	Coibentazione delle strutture opache verticali	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Coibentazione della copertura	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Coibentazione dei pavimenti - solai	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Coibentazione delle chiusure trasparenti	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Impianto	Sostituzione generatore di calore	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Adeguamento sistema distribuzione	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Adeguamento sistema emissione	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Adeguamento sistema regolazione	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Il Comune

Il Certificatore

ALLEGATO D – TARGA ENERGETICA

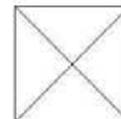


**Regione
Lombardia**

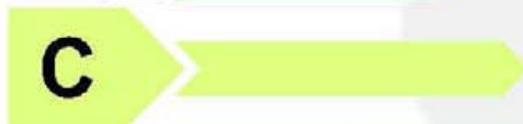
TARGA ENERGETICA



www.regione.lombardia.it



Comune di



IL CERTIFICATORE

Via Roma, n. 1
Comune (_)

Ing. Mario Bianchi
Albo certificatori N. 0001

21 Giugno 2008
AA - A.1 - 0000001 - 08

E.4.2.5.2 Coefficiente di dispersione termica per trasmissione

Il coefficiente di dispersione termica per trasmissione per i componenti opachi e vetrati, H_T , tiene conto delle fuoriuscite di calore attraverso le strutture che separano l'ambiente climatizzato dall'ambiente circostante.

Esso viene definito dalla seguente relazione:

$$H_T = \sum_k A_{L,k} \cdot U_{C,k} \cdot F_{T,k} \quad (9)$$

dove:

A_L è l'area lorda di ciascun componente, k , termicamente uniforme, che separa l'ambiente climatizzato dall'ambiente circostante, espressa in m^2 ;

U è la trasmittanza termica corretta di ciascun componente, k , termicamente uniforme, che separa l'ambiente climatizzato dall'ambiente circostante, espressa in W/m^2K ;

F_T è il fattore correttivo da applicare a ciascun componente, k , così da tener conto delle diverse condizioni di temperatura degli ambienti non climatizzati con cui essi sono a contatto (si veda Prospetto IV).

Ambiente circostante		F_T	Ambiente circostante		F_T
Ambiente esterno		1	Garage		0,85
Terreno	$(U^* < 0,5)$	0,60	Sottotetto	areato	1
	$(0,5 \leq U^* < 1)$	0,40		ben sigillato	0,80
	$(U^* \geq 1)$	0,20	Corpi scala		0,60
Cantina	con serramenti aperti	0,90	Ambienti interni adiacente		0,50
	con serramenti chiusi	0,60			

* *Trasmittanza termica del componente opaco a contatto con il terreno.*

Prospetto IV – Fattori correttivi da applicare a ciascun componente, k , così da tener conto delle diverse condizioni di temperatura degli ambienti non climatizzati

Al fine di semplificare la procedura di calcolo, i ponti termici non vengono considerati separatamente. Recependo le indicazioni del CTI¹, l'effetto dei ponti termici viene determinato in modo indiretto, incrementando il valore di trasmittanza termica della parete in cui sono presenti. Le maggiorazioni si applicano alle dispersioni della parete opaca e tengono conto anche della presenza dei ponti termici relativi ad eventuali serramenti.

La trasmittanza termica corretta (che tiene conto dell'effetto dovuto ai ponti termici) di ciascun componente opaco rivolto verso ambienti non climatizzati, da utilizzare nell'equazione [9], si determina mediante la seguente relazione:

$$U_C = U \cdot (1 + F_{PT}) \tag{10}$$

dove:

U_C è la trasmittanza termica corretta di ciascun componente opaco, k , termicamente uniforme, che separa l'ambiente climatizzato dall'ambiente circostante, espressa in W/m^2K ;

U è la trasmittanza termica di ciascun componente opaco, k , termicamente uniforme, che separa l'ambiente climatizzato dall'ambiente circostante, espressa in W/m^2K ;

F_{PT} è il fattore correttivo da applicare al valore di trasmittanza termica di ciascun componente opaco disperdente, k , così da tener conto delle maggiorazioni dovute ai ponti termici (si veda il Prospetto V).

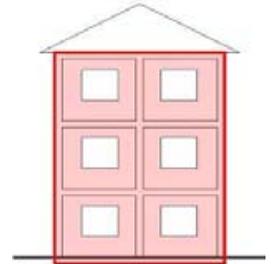


Fig. 1 – Regola per il calcolo della trasmittanza termica corretta dei componenti opachi rivolti verso l'esterno.

La trasmittanza U da utilizzare nell'equazione [10] si riferisce alla trasmittanza del tamponamento e non alla trasmittanza dei ponti termici presenti nel componente opaco analizzato.

Come si evince dalla Figura 1, l'area da considerare nel calcolo del coefficiente di dispersione termica per trasmissione H_T è quella contornata in rosso (area lorda del componente opaco comprensiva di tamponamento e ponti termici).

Nel Prospetto V sono indicate le maggiorazioni percentuali da applicare in funzione delle caratteristiche della parete opaca.

Descrizione della parete	F_{PT}
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 senza isolante	5 %
Parete a cassa vuota con mattoni forati senza isolante	10 %
Parete a cassa vuota con isolamento nell'intercapedine	20 %
Pannello prefabbricato in cls con isolante all'interno	30 %

Prospetto V – Maggiorazioni percentuali relative alla presenza di ponti termici

(Fonte: Comitato Termotecnico Italiano, "Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione invernale e preparazione acqua calda per usi igienico-sanitari", 2003)

Per quanto riguarda i cassonetti, i valori di trasmittanza termica da utilizzare nel calcolo devono essere dedotti dal Prospetto VI.

Tipologia cassonetto	Trasmittanza termica
Cassonetto non isolato*	6
Cassonetto isolato	1

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

Prospetto VI – Trasmittanza termica dei cassonetti [W/m²K]

(Fonte: Comitato Termotecnico Italiano, "Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione invernale e preparazione acqua calda per usi igienico-sanitari", 2003)

E.4.2.6 Energia scambiata per ventilazione

L'energia termica scambiata per ventilazione e infiltrazione è data da:

$$Q_V = H_V \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t \cdot (1 - \eta_{RCV}) \cdot 10^{-3} + Q_{V,S} \tag{11}$$

dove:

Q_V è la quantità totale di energia trasferita per ventilazione, tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente circostante, espressa in kWh ;

¹ Comitato termotecnico Italiano, "Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione invernale e preparazione acqua calda per usi igienico-sanitari", 2003.

H_V	è il coefficiente di dispersione termica per ventilazione tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente circostante, espresso in W/K ;
θ_i	è la temperatura interna di progetto dell'ambiente climatizzato considerato (pari a $20\text{ }^\circ\text{C}$ durante la stagione invernale e pari a $26\text{ }^\circ\text{C}$ nel corso della stagione estiva), espressa in $^\circ\text{C}$;
θ_e	è il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna, espresso in $^\circ\text{C}$ (si veda paragrafo E.4.2.5.1);
t	indica le ore di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, espresso in h ;
η_{RCV}	è l'efficienza del recuperatore di calore (pari a 0 se assente);
$Q_{V,S}$	è la quantità totale di energia trasferita per ventilazione attraverso uno spazio soleggiato adiacente all'ambiente a temperatura controllata considerato, espressa in kWh .

Qualora sia necessario certificare un edificio suddiviso in zone a diversa destinazione d'uso (p.e. residenziale e terziario), il calcolo delle perdite per ventilazione deve essere eseguito suddividendo l'ambiente a temperatura controllata in un numero di zone corrispondenti alle diverse destinazioni d'uso.

E.4.2.6.1 Coefficiente di dispersione termica per ventilazione

Il coefficiente di dispersione termica per ventilazione, H_V , si determina mediante la seguente relazione:

$$H_V = \sum_k \dot{V}_{a,k} \cdot \rho_a \cdot c_a \quad (12)$$

dove:

H_V	è il coefficiente di dispersione termica per ventilazione tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente circostante, espresso in W/K ;
\dot{V}_a	è la portata d'aria di rinnovo di ciascuna zona, k , con ricambi d'aria uniformi, espressa in m^3/s ;
$\rho_a \cdot c_a$	è la capacità termica volumica dell'aria.

Se la portata d'aria, V_a , è espressa in m^3/s , allora $\rho_a \cdot c_a = 1200\text{ J}/(m^3K)$. Se V_a è dato in m^3/h allora $\rho_a \cdot c_a = 0,34\text{ Wh}/(m^3K)$.

La portata d'aria di rinnovo di ciascuna zona viene calcolata come segue:

$$\dot{V}_a = V \cdot n \quad (13)$$

dove:

V	è il volume netto dell'ambiente riscaldato considerato, espresso in m^3 ;
n	è il numero di ricambi d'aria previsti in funzione della destinazione d'uso, espresso in h^{-1} .

All'interno di un edificio, allo scopo di assicurare sufficienti condizioni sia igieniche che di comfort, è necessario garantire una portata minima d'aria di ventilazione. Inevitabilmente questo rinnovo d'aria negli ambienti determina un incremento dell'energia dispersa.

Il numero dei volumi d'aria ricambiati in un'ora si determina come segue:

- per gli edifici residenziali, qualora non sussistano ricambi d'aria controllati, esso è fissato convenzionalmente in 0,5;
- per tutti gli altri edifici (e per gli edifici residenziali qualora sia presente un sistema di ventilazione meccanica) si assumono i valori di ricambio d'aria calcolati secondo la relazione:

$$n = 0,15 \cdot \frac{(24 - F_{oc})}{24} + \frac{(\dot{V}_{op} \cdot F_{oc} \cdot n_s \cdot A)}{2400 \cdot V} \quad (14)$$

dove:

n	è il numero di ricambi d'aria previsti in funzione della destinazione d'uso, espresso in h^{-1} ;
F_{oc}	è il periodo di occupazione giornaliero dei locali, espresso in h (Prospetto VII);
\dot{V}_{op}	è la portata d'aria esterna richiesta nel periodo di occupazione dei locali, espressa in m^3/h per persona (Prospetto VII);
n_s	è l'indice di affollamento, ossia il numero di persone ai fini progettuali per ogni metro quadrato di superficie calpestabile (Prospetto VIII);
A	è la superficie utile di pavimento, espressa in m^2 ;
V	è il volume netto dell'ambiente a temperatura controllata considerato.

Classificazione degli edifici per categoria	F _{oc}	\dot{V}_{op}
Edifici residenziali, collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi	24	39,6
Alberghi, pensioni	8	39,6
Edifici per uffici e assimilabili	8	39,6
Ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	24	39,6
Edifici adibiti ad attività ricreative, associative e di culto	8	28,8
Attività commerciali e assimilabili	8	36
Edifici adibiti ad attività sportive	8	36
Edifici adibiti ad attività scolastiche	8	21,6

Prospetto VII – Periodo di occupazione giornaliero dei locali, F_{oc}, e portata d'aria esterna, \dot{V}_{op} , in edifici adibiti ad uso civile.

Classificazione degli edifici per categoria	n _s
Edifici residenziali, collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi	0,10
Alberghi, pensioni	0,05
Edifici per uffici e assimilabili	0,12
Ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	0,08
Edifici adibiti ad attività ricreative, associative e di culto	1,00
Attività commerciali e assimilabili	0,25
Edifici adibiti ad attività sportive	0,70
Edifici adibiti ad attività scolastiche	0,50

Prospetto VIII – Indici di affollamento per ogni metro quadro di superficie calpestabile, n_s

E.4.2.7 Apporti di calore dovuti ad apparecchiature elettriche e persone

Qualunque calore generato all'interno dello spazio riscaldato, con l'esclusione del sistema di riscaldamento, contribuisce ad accrescere i cosiddetti apporti di calore interni, Q_I.

Tra le principali sorgenti di calore interne vi sono:

- gli apporti dovuti al metabolismo degli occupanti;
- il calore sprigionato dalle apparecchiature elettriche e dagli apparecchi di illuminazione.

Gli apporti di calore dovuti alla presenza di queste sorgenti sono ricavati mediante la seguente relazione:

$$Q_I = N \cdot A_L \cdot \alpha \cdot F_{oc} \cdot 10^{-3} \quad (15)$$

dove:

Q_I è l'apporto di calore dovuto ad apparecchiature elettriche e persone, espresso in kWh;

N numero dei giorni del mese;

A_L è la superficie lorda di pavimento, espressa in m² (si veda l'esempio riportato in Figura 2);

α è il valore globale degli apporti interni, espresso in W (Prospetto IX);

F_{oc} è il periodo di occupazione giornaliero dei locali, espresso in h (Prospetto VII).

Destinazione d'uso	Apporti globali α	Unità di misura
Edifici residenziali* A _L < 200 m ²	6,25 – 0,02 · A _L	W/m ²
Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi, alberghi e pensioni con area lorda riscaldata in pianta	6,25	W/m ²
Edifici adibiti ad uffici e assimilabili, edifici adibiti ad attività ricreative, associative e di culto, edifici adibiti ad attività sportive e attività scolastiche	6	W/m ²
Edifici adibiti ad attività commerciali, ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	8	W/m ²

*Per edifici residenziali con area lorda riscaldata in pianta superiore a 200 m² il valore degli apporti gratuiti, Q_I, si calcola moltiplicando 10,8 kWh/giorno per il numero dei giorni del mese.

Prospetto IX – Valori globali degli apporti interni.

Nel caso di edifici adibiti ad uso residenziale, il valore globale degli apporti interni, α , riportato nel Prospetto IX, si riferisce alla singola unità immobiliare. Pertanto è necessario individuare l'entità degli apporti di calore interni per ciascun appartamento e calcolare l'apporto di calore dovuto ad apparecchiature elettriche e persone dell'intero edificio, Q_i , sommando gli apporti dei singoli appartamenti.

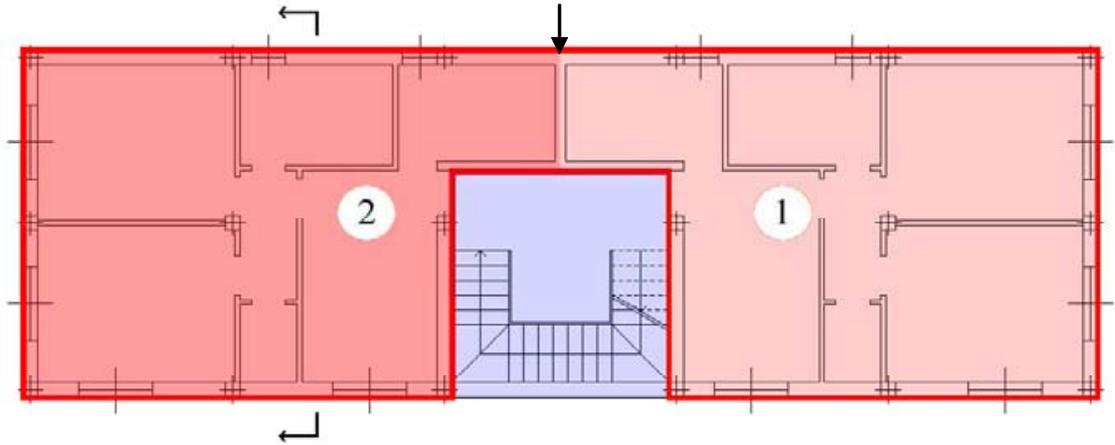


Figura 2 – Regola per il calcolo della superficie lorda di pavimento da utilizzare per il calcolo degli apporti di calore dovuti ad apparecchiature elettriche e persone.

E.4.2.8 Apporti di calore dovuto alla radiazione solare

L'energia dovuta agli apporti solari sulle superfici trasparenti nella stagione di riscaldamento, Q_s , viene calcolata mediante la seguente relazione:

$$Q_s = N \cdot \sum_j \bar{H}_{s,j} \cdot \left(\sum_i A_{L,i} \cdot F_T \cdot g_{\perp,i} \cdot F_S \right) \cdot 0,85 + Q_{s,s} \quad (16)$$

dove:

Q_s è l'apporto di calore dovuto alla radiazione solare attraverso le superfici trasparenti, espresso in kWh ;

N è il numero dei giorni del mese;

\bar{H}_s è l'irradiazione globale giornaliera media mensile incidente sulla superficie trasparente con esposizione, j , espressa in kWh/m^2 . I valori dell'irradiazione globale giornaliera media mensile, a seconda dell'esposizione, sono riportati nel Prospetto XIV;

A_L è la superficie lorda della superficie del serramento vetrato, i , (assunta pari a quella dell'apertura realizzata sulla parete), espressa in m^2 ;

F_T è il coefficiente di riduzione dovuto al telaio, pari al rapporto tra l'area trasparente e l'area totale dell'unità vetrata (si assume un valore convenzionale pari a 0,87);

g_{\perp} è la trasmittanza dell'energia solare totale della superficie trasparente del serramento, i , (alcuni valori indicativi del coefficiente di trasmissione solare, g_{\perp} di alcuni tipi di vetri sono riportati nel Prospetto X: tali valori devono essere utilizzati solo quando non sono disponibili dati più precisi forniti dal costruttore);

F_S è il fattore di riduzione dovuto all'ombreggiatura, equazione [17];

0,85 è il fattore di correzione che tiene conto dell'inclinazione dei raggi solari rispetto alla superficie verticale interessata;

$Q_{s,s}$ è l'apporto di calore diretto dovuto alla radiazione solare che attraversa il vetro dello spazio soleggiato e penetra successivamente attraverso il vetro della finestra tra lo spazio climatizzato e quello soleggiato, espresso in kWh/m^2 .

Il fattore di riduzione dovuto all'ombreggiatura, da applicare solo nel calcolo per la determinazione del fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva (durante la stagione invernale è assunto pari a 1), deve essere calcolato mediante l'equazione [17].

$$F_S = F_h \cdot F_o \cdot F_f \quad (17)$$

dove:

F_S è il fattore di riduzione dovuto all'ombreggiatura;

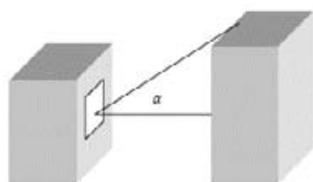
F_h è il fattore di ombreggiatura parziale dovuto ad ostruzioni esterne;

F_o è il fattore di ombreggiatura parziale dovuto ad aggetti verticali;

F_f è il fattore di ombreggiatura parziale dovuto ad aggetti orizzontali.

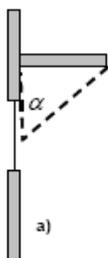
Tipo di vetro	g_L
Vetro singolo	0,82
Vetro singolo selettivo	0,66
Doppio vetro normale	0,70
Doppio vetro con rivestimento selettivo pirolitico	0,64
Doppio vetro con rivestimento selettivo catodico	0,62
Triplo vetro normale	0,60
Triplo vetro con rivestimento selettivo pirolitico	0,55
Triplo vetro con rivestimento selettivo catodico	0,53

Prospetto X – Valori della trasmittanza per energia solare totale, g_L , per alcune tipologie di vetri.



Contesto nel quale è collocato l'edificio	45° N latitudine		
	S	E/O	N
Centro storico	0,46	0,61	0,90
Centro città	0,62	0,70	0,94
Periferia	0,85	0,82	0,98
Campagna	1,00	1,00	1,00

Prospetto XI – Fattore di riduzione dovuto all'ombreggiatura parziale, F_h



Angolo formato dall'oggetto verticale (α)	45° N latitudine		
	S	E/O	N
0°	1,00	1,00	1,00
30°	0,90	0,89	0,91
45°	0,74	0,76	0,80
60°	0,50	0,58	0,66

Prospetto XII – Fattore di riduzione parziale dovuto ad aggetti verticali, F_o (Fonte: UNI 13790).



Angolo formato dall'oggetto orizzontale (β)	45° N latitudine		
	S	E/O	N
0°	1,00	1,00	1,00
30°	0,94	0,92	1,00
45°	0,84	0,84	1,00
60°	0,72	0,75	1,00

Prospetto XIII – Fattore di riduzione parziale dovuto ad aggetti orizzontali, F_f (Fonte: UNI 13790).

MESE	BG						BS						CO						CR					
	N	NE NO	E O	SE SO	S	H	N	NE NO	E O	SE SO	S	H	N	NE NO	E O	SE SO	S	H	N	NE NO	E O	SE SO	S	H
G	0,4	0,5	0,9	1,6	2,0	1,2	0,5	0,5	1	1,8	2,3	1,3	0,5	0,5	1	1,8	2,3	1,3	0,4	0,5	0,9	1,4	1,8	1,1
F	0,7	0,8	1,5	2,2	2,6	1,9	0,7	0,9	1,7	2,6	3,1	2,2	0,7	0,8	1,4	2,1	2,5	1,9	0,7	0,8	1,4	2,1	2,4	1,9
M	1	1,4	2,3	2,9	3,1	3,1	1	1,5	2,6	3,2	3,4	3,4	1	1,4	2,3	2,8	3	3,1	1	1,4	2,3	2,9	3,1	3,2
A	1,5	2,2	3	3,2	2,9	4,3	1,5	2,2	3,1	3,3	2,9	4,5	1,5	2,2	3	3,2	2,9	4,3	1,5	2,3	3,2	3,4	3,1	4,7
M	2,1	2,8	3,5	3,3	2,7	5,3	2,2	3,3	3,8	3,5	2,8	5,7	2	2,7	3,3	3,1	2,6	5	2,2	3	3,8	3,5	2,8	5,7
G	2,5	3,2	3,7	3,3	2,6	5,7	2,6	3,4	4,1	3,5	2,8	6,3	2,5	3,1	3,7	3,2	2,6	5,7	2,7	3,6	4,3	3,7	2,8	6,6
L	2,5	3,4	4,1	3,6	2,9	6,2	2,6	3,6	4,5	3,9	3,1	6,8	2,4	3,3	4	3,6	2,9	6,1	2,6	3,7	4,6	4	3,1	6,9
A	1,8	2,7	3,6	3,6	3,1	5,2	1,8	2,8	3,9	3,9	3,3	5,6	1,7	2,6	3,4	3,4	2,9	5	1,8	2,8	3,8	3,8	3,3	5,6
S	1,2	1,8	2,8	3,3	3,3	3,9	1,2	1,9	3	3,5	3,5	4,1	1,1	1,7	2,6	3,1	3	3,6	1,2	1,8	2,9	3,4	3,3	4
O	0,8	1,1	1,9	2,8	3,2	2,5	0,8	1,1	2	2,8	3,3	2,6	0,8	1,1	1,9	2,7	3,2	2,5	0,8	1	1,8	2,4	2,8	2,3
N	0,5	0,6	1	1,7	2,1	1,3	0,5	0,6	1,2	2	2,5	1,5	0,5	0,6	1,1	1,8	2,2	1,4	0,5	0,5	0,9	1,5	1,9	1,3
D	0,4	0,4	0,9	1,6	2,0	1,1	0,4	0,4	1	1,8	2,3	1,2	0,4	0,4	0,9	1,6	2,1	1,1	0,4	0,4	0,7	1,2	1,5	0,9

MESE	LC						LO						MI					
	N	NE NO	E O	SE SO	S	H	N	NE NO	E O	SE SO	S	H	N	NE NO	E O	SE SO	S	H
G	0,5	0,5	1,1	1,9	2,4	1,3	0,4	0,4	0,8	1,3	1,6	1	0,9	0,4	0,8	1,3	1,6	1
F	0,7	0,8	1,5	2,2	2,7	1,9	0,7	0,8	1,4	2	2,3	1,8	0,7	0,8	1,4	2	2,3	1,8
M	1	1,4	2,3	2,9	3,1	3,2	1	1,4	2,3	2,8	3	3,1	1	1,4	2,3	2,8	3	3,1
A	1,5	2,2	3	3,2	2,9	4,4	1,5	2,3	3,1	2,3	3	4,6	1,5	2,3	3,1	3,3	3	4,6
M	2,1	2,8	3,4	3,1	2,6	5,1	2,2	3	3,7	3,4	2,8	5,6	2,2	3	3,7	3,4	2,8	5,6
G	2,5	3,2	3,7	3,3	2,6	5,8	2,7	3,5	4,1	3,6	2,8	6,4	2,7	3,5	4,1	3,6	2,8	6,4
L	2,4	3,3	4	3,6	2,9	6,1	2,6	3,6	4,5	3,9	3	6,8	2,6	3,6	4,5	3,9	3	6,8
A	1,8	2,6	3,4	3,5	3	5,1	1,8	2,8	3,7	3,8	3,2	5,4	1,8	2,8	3,7	3,8	3,2	5,4
S	1,1	1,8	2,7	3,1	3,1	3,7	1,2	1,8	2,8	3,2	3,2	3,8	1,2	1,8	2,8	3,2	3,2	3,8
O	0,8	1,1	1,9	2,8	3,2	2,5	0,8	1	1,7	2,4	2,7	2,3	0,8	1	1,7	2,4	2,7	2,3
N	0,5	0,6	1,1	1,9	2,4	1,4	0,5	0,5	0,9	1,4	1,8	1,2	0,5	0,5	0,9	1,4	1,8	1,2
D	0,4	0,4	0,9	1,7	2,2	1,1	0,4	0,4	0,7	1,1	1,4	0,9	0,4	0,4	0,7	1,1	1,4	0,9

MESE	MN						PV						SO						VA					
	N	NE NO	E O	SE SO	S	H	N	NE NO	E O	SE SO	S	H	N	NE NO	E O	SE SO	S	H	N	NE NO	E O	SE SO	S	H
G	0,4	0,4	0,8	1,3	1,6	1,1	0,4	0,4	0,8	1,3	1,6	1,0	0,5	0,5	1,3	2,5	3,2	1,5	0,5	0,5	1,1	2,0	2,6	1,4
F	0,7	0,8	1,4	1,9	2,3	1,8	0,7	0,8	1,4	1,9	2,3	1,8	0,7	0,9	2,0	3,2	3,9	2,5	0,7	0,8	1,6	2,4	2,8	2,0
M	1,0	1,4	2,2	2,8	2,9	3,1	1,0	1,4	2,2	2,8	2,9	3,1	1,0	1,7	3,0	3,9	4,2	3,9	1,0	1,4	2,3	2,9	3,1	3,2
A	1,5	2,3	3,1	3,3	2,9	4,5	1,5	2,3	3,1	3,3	3,0	4,5	1,5	2,4	3,5	3,7	3,3	4,9	1,5	2,1	2,9	3,1	2,8	4,3
M	2,1	3,0	3,7	3,4	2,8	5,6	2,1	3,0	3,7	3,4	2,8	5,6	2,2	3,1	4,0	3,7	3,0	5,9	2,1	2,8	3,5	3,3	2,7	5,3
G	2,7	3,6	4,3	3,7	2,8	6,5	2,7	3,6	4,3	3,7	2,8	6,6	2,6	3,4	4,1	3,6	2,8	6,3	2,5	3,1	3,7	3,2	2,6	5,7
L	2,6	3,7	4,5	4,0	3,1	6,9	2,6	3,7	4,5	4,0	3,1	6,9	2,5	3,4	4,1	3,7	2,9	6,2	2,4	3,3	4,0	3,6	2,8	6,1
A	1,8	2,8	3,8	3,8	3,2	5,5	1,8	2,8	3,8	3,8	3,2	5,5	1,8	2,8	3,9	3,9	3,3	5,6	1,8	2,6	3,4	3,4	3,0	5,1
S	1,2	1,8	2,7	3,2	3,2	3,8	1,2	1,8	2,7	3,2	3,2	3,8	1,2	2,0	3,3	3,9	3,9	4,4	1,1	1,8	2,8	3,3	3,2	3,8
O	0,8	1,0	1,7	2,3	2,6	2,3	0,8	1,0	1,7	2,3	2,6	2,2	0,8	1,1	2,2	3,3	3,8	2,8	0,8	1,1	1,9	2,7	3,2	2,5
N	0,5	0,5	0,9	1,4	1,8	1,2	0,5	0,5	0,9	1,4	1,7	1,2	0,5	0,6	1,6	2,9	3,8	1,9	0,5	0,6	1,3	2,2	2,8	1,6
D	0,4	0,4	0,7	1,2	1,5	0,9	0,4	0,4	0,7	1,1	1,4	0,9	0,4	0,4	1,1	2,2	2,9	1,3	0,4	0,4	1,1	2,1	2,7	1,3

Prospetto XIV – Irradiazione globale giornaliera media mensile incidente nelle province lombarde [MJ/m²].

E.4.2.9 Apporti solari dovuti alle pareti opache esterne

Se durante la stagione invernale, in Lombardia, gli apporti solari sulle pareti opache esterne possono essere trascurati, in quanto rappresentano una piccola parte degli apporti solari totali e considerando che sono parzialmente compensati dalla dispersione per radiazione dell'edificio verso l'esterno, durante la stagione estiva è necessario provvedere alla loro quantificazione.

Tali apporti rientrano nel calcolo del fabbisogno energetico per il raffrescamento dell'edificio, equazione [4], e sono definiti dalla seguente relazione:

$$Q_{SE} = N \cdot \sum_j \bar{H}_{s,j} \cdot \left(\sum_i \alpha_i \cdot A_{L,i} \cdot F_h \cdot F_{er,i} \cdot \frac{U_i}{h_e} \right) \cdot 0,85 \tag{18}$$

dove:

- Q_{SE} è la quantità di energia mensile assorbita dalle pareti opache esterne per effetto della radiazione solare, espressa in kWh;
- α è il fattore di assorbimento solare medio della superficie assorbente della parete opaca rivolta verso l'esterno (Prospetto XV);
- A_L è la superficie lorda della superficie della parete opaca rivolta verso l'esterno, espressa in m²;
- F_{er} è il coefficiente di riduzione che tiene conto dell'incidenza del flusso radiativo emesso dalla superficie verso la volta celeste (Prospetto XV);
- U è la trasmittanza termica della parete opaca rivolta verso l'esterno, espressa in W/m²K;
- h_e è il coefficiente di scambio termico superficiale esterno, pari a 25 W/m²K.

Tipo di colorazione della parete	α	Tipo di parete	F_{er}
Chiaro	0,3	Orizzontale	0,8
Medio	0,6	Inclinata	0,9
Scuro	0,9	verticale	1,0

Prospetto XV – Valori del fattore di assorbimento solare medio della superficie assorbente della parete opaca rivolta verso l'esterno, α , e coefficiente di riduzione che tiene conto dell'incidenza del flusso radiativo emesso dalla superficie verso la volta celeste, F_{er}

E.4.2.10 Apporti solari dovuti a spazi soleggiati

La procedura di seguito descritta viene applicata in caso di spazi soleggiati non riscaldati prossimi a spazi riscaldati (esempio verande e serre adiacenti) in cui è presente una parete divisoria tra il volume riscaldato e quello soleggiato.

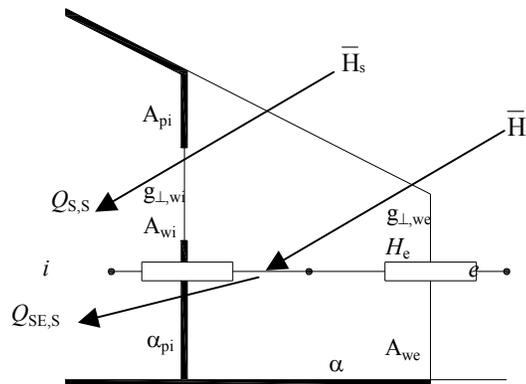


Fig. 3 – Spazio soleggiato contiguo a uno spazio riscaldato con indicati i coefficienti di dispersione termica e degli apporti

Se diversamente o lo spazio soleggiato è climatizzato oppure è presente una apertura permanente fra lo spazio climatizzato e quello soleggiato, allora tutta questa volumetria deve essere considerata e conseguentemente trattata come spazio climatizzato.

Le perdite per trasmissione attraverso lo spazio soleggiato, $Q_{T,S}$ vengono calcolate attraverso la seguente relazione:

$$Q_{T,S} = H_{TS} \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t \cdot 10^{-3} \tag{19}$$

dove:

$Q_{T,S}$ è la quantità totale di energia trasferita per trasmissione attraverso uno spazio soleggiato adiacente all'ambiente a temperatura controllata considerato, espressa in kWh;

$H_{T,S}$ è il coefficiente di dispersione termica per trasmissione tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente esterno attraverso lo spazio non riscaldato, espresso in W/K;

θ_i è la temperatura interna di progetto dell'ambiente climatizzato considerato (pari a 20 °C durante la stagione invernale e pari a 26 °C nel corso della stagione estiva), espressa in °C;

θ_e è il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna, espressa in °C (si veda il paragrafo E.4.2.5.1);

t indica le ore di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, espresso in h.

Il coefficiente di dispersione termica per trasmissione tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente esterno attraverso lo spazio non riscaldato, $H_{T,S}$, viene calcolato attraverso la seguente relazione:

$$H_{T,S} = H_i + b \quad \text{con} \quad b = \frac{H_e}{H_i + H_e} \tag{20}$$

dove:

$H_{T,S}$ è il coefficiente di dispersione termica per trasmissione tra l'ambiente a temperatura controllata e l'ambiente esterno attraverso lo spazio non riscaldato, espresso in W/K;

H_i è il coefficiente di perdita di calore dall'ambiente a temperatura controllata allo spazio soleggiato, espresso in W/K;

H_e è il coefficiente di perdita di calore dallo spazio soleggiato all'ambiente esterno, espresso in W/K.

Il coefficiente di perdita di calore dall'ambiente a temperatura controllata allo spazio soleggiato è calcolato come segue:

$$H_i = (A_{L,pi} \times U_{pi}) + (A_{L,wi} \times U_{wi}) \tag{21}$$

dove:

- H_i è il coefficiente di perdita di calore dall'ambiente a temperatura controllata allo spazio soleggiato, espresso in W/K ;
- $A_{L,pi}$ è l'area lorda della parete opaca divisoria tra l'ambiente a temperatura controllata e lo spazio riscaldato, espressa in m^2 ;
- U_{pi} è la trasmittanza della parete opaca divisoria tra l'ambiente a temperatura controllata e lo spazio soleggiato, espressa in W/m^2K ;
- $A_{L,wi}$ è l'area lorda dell'elemento trasparente posto tra l'ambiente a temperatura controllata e lo spazio soleggiato, espressa in m^2 ;
- U_{wi} è la trasmittanza dell'elemento trasparente posto tra l'ambiente a temperatura controllata e lo spazio soleggiato, espressa in W/m^2K .

Il coefficiente di perdita di calore dallo spazio soleggiato all'ambiente esterno viene definito come segue:

$$H_e = (A_{L,pe} \cdot U_{pe}) + (A_{L,we} \cdot U_{we}) \quad (22)$$

dove:

- H_e è il coefficiente di perdita di calore dalla serra all'ambiente esterno, espresso in W/K ;
- $A_{L,pe}$ è l'area lorda della parete opaca divisoria tra la serra e l'ambiente esterno, espresso in m^2 ;
- U_{pe} è la trasmittanza della parete opaca divisoria tra la serra e l'ambiente esterno, espressa in W/m^2K ;
- $A_{L,we}$ è l'area lorda dell'elemento trasparente posto tra la serra e l'ambiente esterno, espresso in m^2 ;
- U_{we} è la trasmittanza dell'elemento trasparente posto tra la serra e l'ambiente esterno, espressa in W/m^2K .

La quantità totale di energia trasferita per ventilazione tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente circostante, Q_v , definita all'equazione [11], è influenzata anche dalla quantità totale di energia trasferita per ventilazione attraverso uno spazio soleggiato adiacente all'ambiente a temperatura controllata considerato, $Q_{v,s}$, calcolata attraverso la seguente relazione:

$$Q_{v,s} = \dot{V}_s \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t \cdot 10^{-3} \quad (23)$$

dove:

- $Q_{v,s}$ è la quantità totale di energia trasferita per ventilazione attraverso uno spazio soleggiato adiacente all'ambiente a temperatura controllata considerato, espressa in kWh .
- \dot{V}_s è la portata d'aria esterna di ricambio nello spazio soleggiato, espressa in m^3/h ;
- $\rho_a \cdot c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria;
- θ_i è la temperatura interna di progetto dell'ambiente climatizzato considerato (pari a 20 °C durante la stagione invernale e pari a 26 °C nel corso della stagione estiva), espressa in °C;
- θ_e è il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna, espressa in °C (si veda il paragrafo E.4.2.5.1);
- t indica le ore di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, espresso in h .

La portata d'aria esterna di ricambio nello spazio soleggiato viene definita mediante la seguente relazione:

$$\dot{V}_s = V_s \cdot n \quad (24)$$

dove:

- \dot{V}_s è la portata d'aria esterna di ricambio nello spazio soleggiato, espresso in m^3/h ;
- V_s è il volume netto dello spazio soleggiato, espresso in m^3 ;
- n è il numero di ricambi d'aria, da assumere pari a 0,5 h^{-1} .

Il contributo dovuto alla riduzione delle perdite per trasmissione, Q_{SE} , dovuto sia al surriscaldamento dell'ambiente non climatizzato soleggiato per effetto della radiazione solare assorbita dalle varie superfici sia alla radiazione solare direttamente assorbita dalla parete opaca della parete divisoria tra spazio climatizzato e spazio non climatizzato soleggiato, viene calcolato come segue:

$$Q_{SE,S} = N \cdot g_{\perp,we} \cdot F_{T,we} \cdot 0,85 \cdot \left[(1-b) \cdot \sum_j (A_{L,pa,j} \cdot \alpha_{pa,j} \cdot \bar{H}_{s,j}) + b \cdot \bar{H}_{s,pi} \cdot A_{L,pi} \cdot \alpha_{pi} \cdot \frac{U_{pi}}{h_i} \right] \quad (25)$$

dove:

- $Q_{SE,S}$ è la quantità di energia mensile gratuita dovuta ad una serra contigua all'ambiente riscaldato, espressa in kWh ;
- N è il numero dei giorni del mese;
- $g_{\perp,we}$ è la trasmittanza dell'energia solare totale della superficie trasparente del serramento posto tra lo spazio non climatizzato soleggiato e l'esterno (alcuni valori indicativi del coefficiente di trasmissione solare, g_{\perp} , di alcuni tipi di vetri sono riportati nel Prospetto X: tali valori devono essere utilizzati solo quando non sono disponibili dati più precisi forniti dal costruttore);

- $F_{T,we}$ è il coefficiente di riduzione dovuto al telaio, pari al rapporto tra l'area trasparente e l'area totale dell'unità vetrata (si assume un valore convenzionale pari a 0,87);
- 0,85 è il fattore di correzione che tiene conto dell'inclinazione dei raggi solari rispetto alla superficie verticale interessata;
- b coefficiente di ponderazione, calcolato tramite la [20];
- A_L è la superficie lorda della superficie del serramento vetrato, i , (assunta pari a quella dell'apertura realizzata sulla parete), espressa in m (pedice, pa , per la parete opaca assorbente dello spazio soleggiato e pedice, pi , per la parete opaca assorbente posta tra l'ambiente a temperatura controllata e lo spazio soleggiato);
- \bar{H}_s è l'irradiazione globale giornaliera media mensile incidente sulla superficie trasparente con esposizione, j , espressa in kWh/m^2 (i valori dell'irradiazione globale giornaliera media mensile, a seconda dell'esposizione, sono riportati nel Prospetto XIV);
- α è il fattore di assorbimento solare medio della superficie assorbente della parete assorbente della serra (pedice, pa , per la parete opaca assorbente dello spazio soleggiato e pedice, pi , per la parete opaca assorbente posta tra l'ambiente a temperatura controllata e lo spazio soleggiato), si veda il Prospetto XV;
- U_{pi} è la trasmittanza termica della parete opaca posta tra l'ambiente a temperatura controllata e lo spazio soleggiato, espressa in W/m^2K ;
- h_i è il coefficiente di scambio termico superficiale interno, pari a $7,7 W/m^2K$.

Si calcolano infine gli apporti solari interni, $Q_{S,S}$, come doppia trasmissione dell'energia solare, attraverso il vetro dello spazio soleggiato e attraverso il vetro della finestra tra l'ambiente a temperatura controllata e lo spazio soleggiato, ovvero:

$$Q_{S,S} = N \cdot \bar{H}_{s,pi} \cdot g_{\wedge,we} \cdot F_{T,we} \cdot 0,85 \cdot g_{\wedge,wi} \cdot F_{T,wi} \cdot 0,85 \cdot A_{L,wi} \quad (26)$$

dove:

- $Q_{S,S}$ è l'apporto di calore diretto dovuto alla radiazione solare che passa prima attraverso il vetro dello spazio soleggiato e poi attraverso il vetro della finestra tra lo spazio climatizzato e quello soleggiato, espresso in kWh/m^2 ;
- N è il numero dei giorni del mese;
- $\bar{H}_{s,pi}$ è l'irradiazione globale giornaliera media mensile incidente sulla parete divisoria tra lo spazio climatizzato e quello soleggiato, espressa in kWh/m^2 (i valori dell'irradiazione globale giornaliera media mensile, a seconda dell'esposizione, sono riportati nel Prospetto XIV);
- g_{\perp} è la trasmittanza dell'energia solare totale della superficie trasparente del serramento posto tra lo spazio non climatizzato soleggiato e l'esterno (pedice, we , per il vetro posto tra lo spazio non climatizzato soleggiato e l'esterno, pedice, wi , per il vetro posto sulla parete divisoria tra lo spazio climatizzato e quello soleggiato);
- F_T è il coefficiente di riduzione dovuto al telaio, pari al rapporto tra l'area trasparente e l'area totale dell'unità vetrata (si assume un valore convenzionale pari a 0,87);
- 0,85 è il fattore di correzione che tiene conto dell'inclinazione dei raggi solari rispetto alla superficie verticale interessata;
- A_L è la superficie lorda della superficie del serramento vetrato posto sulla parete divisoria tra lo spazio a temperatura controllata e quello soleggiato, espressa in m^2 .

E.4.2.11 Fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti per il riscaldamento

Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti per il riscaldamento, η_H , è in funzione degli apporti/perdite, γ_H , e di un parametro numerico, a_H , che dipende dall'inerzia dell'edificio, in accordo con le equazioni qui sotto riportate:

$$\text{se: } \gamma_H \neq 1 \quad \eta_{G,H} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H+1}} \quad (27)$$

$$\text{se: } \gamma_H = 1 \quad \eta_{G,H} = \frac{a_H}{a_H + 1} \quad (28)$$

con:

$$\gamma_H = \frac{Q_{G,H}}{Q_{L,H}} \quad (29)$$

dove:

- γ_H è il rapporto apporti/perdite nel mese;
- $Q_{G,H}$ è la quantità di energia mensile gratuita dovuta alle sorgenti interne ed alla radiazione solare, espressa in kWh ;

$Q_{L,H}$ è la quantità di energia mensile scambiata per trasmissione e per ventilazione, tra l'ambiente riscaldato e l'ambiente circostante, espressa in kWh .

e con:

$$a_H = a_{0,H} + \frac{\tau_H}{\tau_{0,H}} \quad (30)$$

dove:

a_H parametro numerico;

τ_H è la costante di tempo, espressa in h ;

$\tau_{0,H}$ è la costante di tempo di riferimento, espressa in h .

I valori di $a_{0,H}$ e $\tau_{0,H}$ sono definiti dalla norma UNI 13790 e ai fini della certificazione energetica degli edifici (funzionamento continuo dell'impianto sulle 24 ore) valgono rispettivamente 1 e 15.

Pertanto l'equazione [30] può essere scritta come segue:

$$a_H = 1 + \frac{\tau_H}{15} \quad (31)$$

Il valore della costante di tempo, τ_H , si calcola come:

$$\tau_H = \frac{c \cdot V_L}{H_{L,H}} \quad \text{con} \quad H_{L,H} = H_{T,H} + H_{V,H} \quad (32)$$

dove:

τ_H è la costante di tempo, espressa in h ;

c è la capacità termica volumica, espressa in Wh/m^3K , (Prospetto XVI);

V_L è il volume lordo dell'ambiente climatizzato considerato, espresso in m^3 .

Tipo di struttura	Capacità termica volumica [Wh/m ³ k]
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	19,4

Prospetto XVI – Capacità termica volumica della zona termica, espressa in Wh/m^3K

E.4.2.12 Fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti per il raffrescamento

Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti per il raffrescamento, η_C , è in funzione degli apporti/perdite, γ_C , e di un parametro numerico, a_C , che dipende dall'inerzia dell'edificio, in accordo con le equazioni qui sotto riportate:

$$\text{se: } \gamma_C \neq 1 \quad \eta_{L,C} = \frac{1 - \gamma_C^{a_C}}{1 - \gamma_C^{a_C + 1}} \quad (33)$$

$$\text{se: } \gamma_C = 1 \quad \eta_{L,C} = \frac{a_C}{a_C + 1} \quad (34)$$

con:

$$\gamma_C = \frac{Q_{G,C}}{Q_{L,C}} \quad (35)$$

dove:

γ_C è il rapporto apporti/perdite nel mese;

$Q_{G,C}$ è la quantità di energia mensile dovuta alle sorgenti interne ed alla radiazione solare, espressa in kWh ;

$Q_{L,C}$ è la quantità di energia mensile scambiata per trasmissione e per ventilazione, tra l'ambiente raffrescato e l'ambiente circostante, espressa in kWh .

e con:

$$a_c = a_{0,c} + \frac{\tau_c}{\tau_{0,c}} \quad (36)$$

dove:

a_c parametro numerico;

τ_c è la costante di tempo, espressa in h ;

$\tau_{0,c}$ è la costante di tempo di riferimento, espressa in h ;

I valori di $a_{0,c}$ e $\tau_{0,c}$ sono definiti dalla norma UNI 13790 e ai fini della certificazione energetica degli edifici (funzionamento continuo dell'impianto sulle 24 ore) valgono rispettivamente 1 e 15.

Pertanto l'equazione [36] può essere scritta come segue:

$$a_c = 1 + \frac{\tau_c}{15} \quad (37)$$

Il valore della costante di tempo, τ_c , si calcola come:

$$\tau_c = \frac{c \cdot V_L}{H_{L,C}} \quad \text{con} \quad H_{L,C} = H_{T,C} + H_{V,C} \quad (38)$$

dove:

τ_c è la costante di tempo, espressa in h ;

c è la capacità termica volumica, espressa in Wh/m^3K , (Prospetto XVI).

V_L è il volume lordo dell'ambiente climatizzato considerato, espresso in m^3 .

E.5 Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale

E.5.1 Fabbisogno annuale di energia primaria per la climatizzazione invernale

Il fabbisogno annuale di energia primaria per il riscaldamento di un ambiente è dato dalla sommatoria del fabbisogno di energia primaria calcolato su base mensile.

$$Q_{EPH,yr} = \sum_i Q_{EPH,i} \quad (39)$$

dove:

$Q_{EPH,yr}$ è il fabbisogno annuale di energia primaria per il riscaldamento dell'ambiente considerato, espresso in kWh ;

$Q_{EPH,i}$ è il fabbisogno mensile di energia primaria per il riscaldamento dell'ambiente considerato, espresso in kWh .

E.5.2 Fabbisogno mensile di energia primaria per la climatizzazione invernale

Il fabbisogno mensile di energia primaria per la climatizzazione invernale è dato dall'energia termica e dall'energia elettrica in ingresso, secondo la relazione:

$$Q_{EPH} = (Q_{gH,in} + Q_{EH,in}) \quad (40)$$

dove:

$Q_{gH,in}$ è l'energia primaria in ingresso al sistema di generazione, espressa in kWh ;

$Q_{EH,in}$ è l'energia primaria in ingresso al sistema elettrico, espressa in kWh .

Si considera l'impianto per la climatizzazione invernale suddiviso nei seguenti sottosistemi:

- sottosistema di emissione di calore in ambiente e relativo controllo;
- sottosistema di distribuzione;
- sottosistema di accumulo, ove presente;
- sottosistema di generazione.

Ai fini della certificazione energetica degli edifici, si assume che le perdite termiche dei quattro sottosistemi siano non recuperabili.

Il calcolo del fabbisogno mensile di energia primaria si effettua partendo dal fabbisogno termico dell'involucro, sommando progressivamente le perdite dei vari sottosistemi al netto dei recuperi dell'energia elettrica, e viene calcolato secondo lo schema riportato in Figura 4.

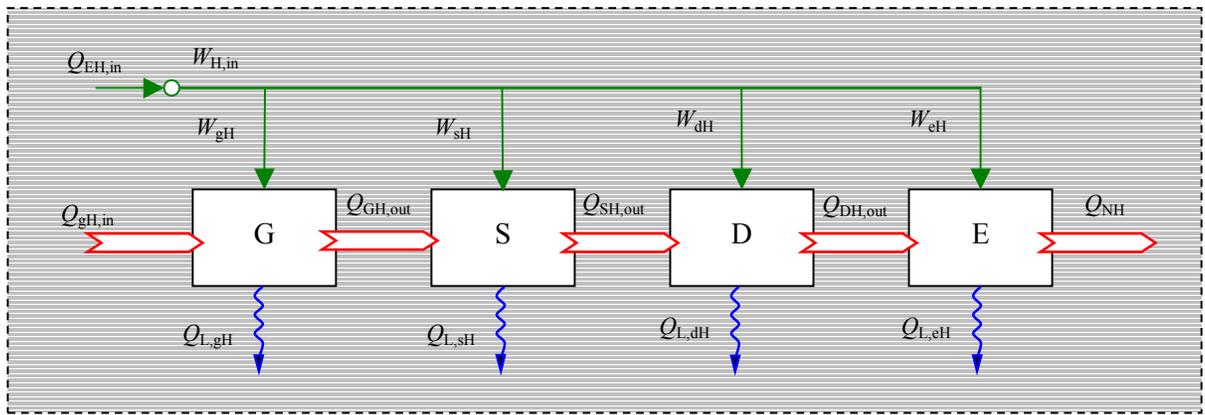


Figura 4 – Schema di calcolo dell'energia primaria per la climatizzazione invernale (Fonte: prEN 15316).

L'energia primaria in ingresso al sistema di generazione si calcola secondo la:

$$Q_{gH,in} = Q_{gH,out} + Q_{L,gH} - k_{gH} \cdot W_{gH} \tag{41}$$

dove:

- $Q_{gH,out}$ è l'energia termica richiesta al sistema di generazione, espressa in kWh ;
- $Q_{L,gH}$ è la perdita termica del sistema di generazione, espressa in kWh ;
- $W_{g,H}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di generazione, espresso in kWh ;
- k_{gH} è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sistema di generazione.

L'energia primaria in ingresso al sistema elettrico si calcola secondo la:

$$Q_{EH,in} = (W_{eH} + W_{dH} + W_{sH} + W_{gH}) / \eta_{SEN} \tag{42}$$

dove:

- $W_{e,H}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di emissione, espresso in kWh ;
- $W_{d,H}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di distribuzione, espresso in kWh ;
- $W_{s,H}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di accumulo, espresso in kWh ;
- $W_{g,H}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di generazione, espresso in kWh ;
- η_{SEN} è il rendimento del sistema elettrico nazionale, pari a 0,36.

Esplicitando la [40] il fabbisogno mensile di energia primaria è dato dalla relazione seguente:

$$Q_{EPH} = Q_{NH} + (Q_{L,eH} - k_{eH} \cdot W_{eH}) + (Q_{L,dH} - k_{dH} \cdot W_{dH}) + (Q_{L,sH} - k_{sH} \cdot W_{sH}) + (Q_{L,gH} - k_{gH} \cdot W_{gH}) + (W_{eH} + W_{dH} + W_{sH} + W_{gH}) / \eta_{SEN} \tag{43}$$

dove:

- Q_{NH} è il fabbisogno termico per il riscaldamento dell'involucro, definito dall'equazione [3], espresso in kWh ;
- $Q_{L,eH}$ è la perdita termica del sistema di emissione, espressa in kWh ;
- $W_{e,H}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di emissione, espresso in kWh ;
- k_{eH} è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sistema di emissione;
- $Q_{L,dH}$ è la perdita termica del sistema di distribuzione, espressa in kWh ;
- $W_{d,H}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di distribuzione, espresso in kWh ;
- k_{dH} è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sistema di distribuzione;
- $Q_{L,sH}$ è la perdita termica del sistema di accumulo, espressa in kWh ;
- $W_{s,H}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di accumulo, espresso in kWh ;
- k_{sH} è la frazione recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari del sistema di accumulo;
- $Q_{L,gH}$ è la perdita termica del sistema di generazione, espressa in kWh ;
- $W_{g,H}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di generazione, espresso in kWh ;

k_{eH} è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sistema di generazione;

η_{SEN} è il rendimento del sistema elettrico nazionale, pari a 0,36.

E.5.2.1 Perdite e recuperi del sistema di emissione

Le perdite del sottosistema di emissione sono date dalla:

$$Q_{L,eH} = \left(\frac{1}{\eta_{eH}} - 1 \right) \cdot Q_{NH} \quad (44)$$

dove:

$Q_{L,eH}$ è la perdita del sistema di emissione, espressa in *kWh*;

Q_{NH} è il fabbisogno energetico per il riscaldamento dell'involucro, definito dall'equazione [3], espresso in *kWh*;

η_{eH} è il rendimento del sistema di emissione.

Il rendimento di emissione, η_{eH} , è funzione del rendimento dei terminali di erogazione del calore, η_{eeH} , e del sistema di controllo, η_{cH} , secondo la:

$$\eta_{eH} = \frac{1}{\frac{1}{\eta_{eeH}} + \frac{1}{\eta_{cH}} - 1} \quad (45)$$

Nel Prospetto XVII sono riportati, a seconda del terminale di erogazione, i valori convenzionali del rendimento di emissione degli emettitori, η_{eeH} , per locali di altezza interna inferiore a 4 metri.

Terminale di erogazione del calore	η_{eeH}
Radiatori su parete esterna isolata	0,96
Radiatori su parete interna	0,95
Ventilconvettori	0,95
Termoconvettori	0,93
Bocchette in sistemi ad aria calda	0,92
Pannelli isolato annegato a pavimento	0,98
Pannelli annegati a pavimento	0,96
Pannelli annegati a soffitto	0,95
Pannelli a parete	0,95

Prospetto XVII – Valori convenzionali del rendimento di emissione in locali di altezza inferiore a 4m, η_{eeH} .
(Fonte: Comitato termotecnico Italiano, “Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione e preparazione acqua calda per usi igienico - sanitari”, 2007)

Nel Prospetto XVIII sono riportati, a seconda del terminale di erogazione, i valori convenzionali del rendimento di emissione dei terminali di erogazione, η_{eeH} , per locali di altezza interna superiore a 4 metri.

Terminale di erogazione	Altezza del locale [m]		
	6	10	14
	η_{eeH}		
Generatore d'aria calda singolo a basamento non canalizzato	0,95	0,94	0,93
Generatore d'aria calda canalizzato	0,95	0,94	0,93
Generatore d'aria calda singolo pensile	0,94	0,93	0,92
Aerotermi ad acqua pensili	0,94	0,93	0,92
Aerotermi ad acqua a parete	0,94	0,93	0,92
Generatore d'aria calda singolo pensile a condensazione	0,94	0,93	0,92
Strisce radianti ad acqua o vapore	0,97	0,97	0,96
Strisce radianti a fuoco diretto	0,97	0,97	0,96
Riscaldatore ad infrarossi	0,96	0,96	0,95
Pannelli a pavimento annegati	0,96	0,96	0,95
Pannelli a pavimento (isolati)	0,97	0,97	0,96

Prospetto XVIII – Valori convenzionali del rendimento di emissione in locali di altezza superiore a 4m, η_{eeH} .
(Fonte: Comitato Termotecnico Italiano, “Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione e preparazione acqua calda per usi igienico - sanitari”, 2007)

Nel Prospetto XIX sono riportati, in funzione della configurazione del sistema impiantistico, i valori convenzionali del rendimento del sistema di controllo, η_{cH} .

Sistema di controllo	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
Singolo ambiente	Reg. on-off	0,94	0,92	0,88
	Reg. modulante (banda 1°C)	0,98	0,96	0,92
	Reg. modulante (banda 2°C)	0,96	0,94	0,90
Climatico e singolo ambiente	Reg. on-off	0,97	0,95	0,93
	Reg. modulante (banda 1°C)	0,99	0,98	0,96
	Reg. modulante (banda 2°C)	0,98	0,97	0,95
Solo zona	Reg. on-off	0,93	0,91	0,87
	Reg. modulante (banda 1°C)	0,97	0,96	0,92
	Reg. modulante (banda 2°C)	0,95	0,93	0,89
Climatico e zona	Reg. on-off	0,96	0,94	0,92
	Reg. modulante (banda 1°C)	0,98	0,97	0,95
	Reg. modulante (banda 2°C)	0,97	0,96	0,94

Prospetto XIX – Rendimenti di controllo, η_{cH} , per alcune configurazioni impiantistiche.
(Fonte: UNI 10348)

Il fabbisogno di energia elettrica del sistema di emissione, $W_{e,H}$, è dovuto alla presenza di ventilatori, valvole e sistemi di regolazione ed è dato dal prodotto tra la potenza complessiva degli ausiliari e il tempo di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, secondo la relazione:

$$W_{eH} = \sum_i \dot{W}_{eH,i} \cdot t \tag{46}$$

dove:

- $\dot{W}_{eH,i}$ indica la potenza dell'ausiliario i-esimo al servizio del sistema di emissione, espressa in kW;
- t indica le ore di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, espresso in h.

Nel caso in cui non siano disponibili i dati di progetto dei componenti dell'impianto, la potenza dei ventilconvettori è desumibile dal Prospetto XX.

Portata d'aria dei ventilconvettori	Potenza elettrica [kW]
Fino a 200 m ³ /h	40
Da 200 a 400 m ³ /h	50
Da 400 a 600 m ³ /h	60

Prospetto XX – Fabbisogni elettrici dei terminali di erogazione del calore
(Fonte: Comitato termotecnico Italiano, "Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione e preparazione acqua calda per usi igienico - sanitari", 2007)

La frazione recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari del sistema di emissione, k_{eH} , è uguale al rendimento meccanico nominale degli ausiliari stessi, secondo la relazione:

$$k_{eH} = \frac{\sum_i (\dot{W}_{eH,i} \cdot \eta_{e,AUX})_i}{\sum_i \dot{W}_{eH,i}} \tag{47}$$

dove:

- k_{eH} è la frazione recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari del sistema di emissione.

I consumi elettrici degli ausiliari del sistema di emissione si considerano recuperati come energia termica utile in ambiente, dunque, ai fini della certificazione energetica degli edifici, la frazione recuperata dell'energia elettrica, k_{eH} , si assume pari a 1.

E.5.2.2 Perdite e recuperi del sottosistema di distribuzione

Le perdite termiche del sottosistema di distribuzione sono date dalla:

$$Q_{L,dH} = \left(\frac{1}{\eta_{dH}} - 1 \right) \cdot Q_{dH,out} \tag{48}$$

con:

$$Q_{dH,out} = Q_{NH} + Q_{L,eH} - k_{eH} \cdot W_{eH} \tag{49}$$

- dove:
- $Q_{dH,out}$ è l'energia termica richiesta al sistema di distribuzione, espressa in *kWh*;
- Q_{NH} è il fabbisogno energetico per il riscaldamento dell'involucro, definito dall'equazione [3], espresso in *kWh*;
- $Q_{L,eH}$ è la perdita termica del sistema di emissione, espressa in *kWh*;
- k_{eH} è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sistema di emissione;
- $W_{e,H}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di emissione, espresso in *kWh*;
- η_{dH} è il rendimento del sistema di distribuzione.

Nel Prospetto XXI sono riportati i rendimenti di distribuzione da considerare nel calcolo, in funzione della configurazione del sistema impiantistico; nel caso in cui i terminali scaldanti siano costituiti da ventilconvettori o pannelli radianti il rendimento di distribuzione deve essere corretto secondo la formula riportata nel Prospetto XXII.

Tipo di impianto	Tipo di distribuzione	Numero di piani	Anno di installazione impianto distribuzione nel locale caldaia		
			prima del 1976	dopo il 1976	dopo il 1994
			η_d		
IMPIANTO CENTRALIZZATO	VERTICALE. Montanti in traccia nei paramenti interni o nelle intercapedini. Tubazioni posteriori al 1994	1			0,936
		2			0,947
		3			0,958
		4			0,969
		5 e +			0,98
IMPIANTO CENTRALIZZATO	VERTICALE. Montanti in traccia nei paramenti interni o nelle intercapedini. Tubazioni installate tra il 1976 e il 1994	1	0,856	0,868	0,908
		2	0,889	0,901	0,925
		3	0,904	0,917	0,939
		4	0,915	0,927	0,949
		5 e +	0,922	0,934	0,955
IMPIANTO CENTRALIZZATO	VERTICALE. Montanti nelle intercapedini. Tubazioni precedenti al 1976	1	0,824	0,851	0,901
		2	0,876	0,901	0,913
		3	0,889	0,913	0,925
		4	0,901	0,913	0,936
		5 e +	0,913	0,925	0,947
IMPIANTO CENTRALIZZATO	ORIZZONTALE	fino a 3	0,947	0,958	0,980
		oltre 3	0,958	0,969	0,990
IMPIANTO AUTONOMO			0,958	0,969	0,990

Prospetto XXI – Rendimenti di distribuzione, η_{dH} . (Fonte: Comitato termotecnico Italiano, “Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione e preparazione acqua calda per usi igienico - sanitari”, 2007)

Tipologia di terminale di erogazione	η_d corretto
Impianto a ventilconvettori	$1 - (1 - \eta_{dH}) * 0,60$
Impianto a pannelli	$1 - (1 - \eta_{dH}) * 0,25$

Prospetto XXII – Rendimenti di distribuzione, η_{dH} corretti in funzione della tipologia di terminale di erogazione (Fonte: Comitato termotecnico Italiano, “Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione e preparazione acqua calda per usi igienico - sanitari”, 2007)

Il fabbisogno di energia elettrica del sistema di distribuzione, $W_{d,H}$, è dovuto alla presenza di pompe di circolazione e valvole, ed è dato dal prodotto tra la potenza complessiva degli ausiliari e il tempo di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, secondo la relazione:

$$W_{dH} = \sum_i \dot{W}_{dH,i} \cdot t \quad (50)$$

dove:

$\dot{W}_{dH,i}$ indica la potenza dell'ausiliario i -esimo al servizio del sistema di distribuzione, espressa in kW ;

t indica le ore di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, espresso in h ;

La frazione recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari del sistema di distribuzione, k_{dH} , è uguale al rendimento meccanico nominale degli ausiliari stessi, secondo la relazione:

$$k_{dH} = \frac{\sum_i \left(\dot{W}_{dH,i} \cdot \eta_{d,AUX,i} \right)}{\sum_i \dot{W}_{dH,i}} \quad (51)$$

dove:

k_{dH} è la frazione recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari del sistema di distribuzione;

$\eta_{d,AUX,i}$ è il rendimento meccanico nominale dell'ausiliario i -esimo del sistema di distribuzione.

Si assume per il rendimento meccanico nominale dell'ausiliario i -esimo del sistema di distribuzione, $\eta_{d,AUX,i}$, e dunque per la frazione recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari del sistema di distribuzione, k_{dH} , il valore di 0,85.

E.5.2.3 Perdite e recuperi del sistema di accumulo

Qualora sia presente un sistema di accumulo è necessario calcolarne la perdita come:

$$Q_{L,SH} = f'_s \cdot t \cdot 10^{-3} \quad (52)$$

dove:

f'_s è il coefficiente di perdita in funzione della classe di volume dell'accumulo, espresso in W ;

t indica le ore di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, espresso in h .

I valori di f'_s da applicare per il calcolo sono riportati nel Prospetto XXIII.

Volume di accumulo	f'_s [W]
da 10 fino a 50 litri	30
da 50 a 200 litri	60
200 a 1500 litri	120
da 1.500 a 10.000 litri	500
oltre i 10.000	900

Prospetto XXIII – Fattore da applicare per il calcolo delle perdite di accumulo.

(Fonte: Comitato Termotecnico Italiano, "Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione invernale e preparazione acqua calda per usi igienico-sanitari", 2003)

Inoltre è:

$$Q_{sH,out} = Q_{dH,out} + Q_{L,dH} - k_{dH} \cdot W_{dH} \quad (53)$$

dove:

$Q_{sH,out}$ è l'energia termica richiesta al sistema di accumulo, espressa in kWh ;

$Q_{dH,out}$ è l'energia termica richiesta al sistema di distribuzione, espressa in kWh ;

$Q_{L,dH}$ è la perdita termica del sistema di distribuzione, espressa in kWh ;

W_{dH} è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di distribuzione, espresso in kWh ;

k_{dH} è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sistema di distribuzione.

Il fabbisogno di energia elettrica del sistema di accumulo, $W_{s,H}$, trascurabile nel calcolo solo nel caso in cui l'ausiliario non sia una resistenza di *back-up* o post-riscaldamento per il mantenimento del livello termico, è dato dal prodotto tra la potenza complessiva degli ausiliari e il tempo di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, secondo la relazione:

$$W_{sH} = \sum_i \dot{W}_{sH,i} \cdot t \tag{54}$$

dove:

$\dot{W}_{sH,i}$ indica la potenza dell'ausiliario i -esimo al servizio del sistema di accumulo, espressa in kW ;

t indica le ore di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, espresso in h .

La frazione recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari del sistema di accumulo, k_{sH} , è uguale al rendimento meccanico nominale degli ausiliari stessi, secondo la relazione:

$$k_{sH} = \frac{\sum_i \left(\dot{W}_{sH,i} \cdot \eta_{s,AUX,i} \right)}{\sum_i \dot{W}_{sH,i}} \tag{55}$$

dove:

k_{sH} è la frazione recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari del sistema di accumulo;

$\eta_{s,AUX,i}$ è il rendimento meccanico nominale dell'ausiliario i -esimo del sistema di accumulo.

Ai fini della certificazione energetica degli edifici, k_{sH} si assume pari a 1.

E.5.2.4 Perdite e recuperi del sottosistema di generazione

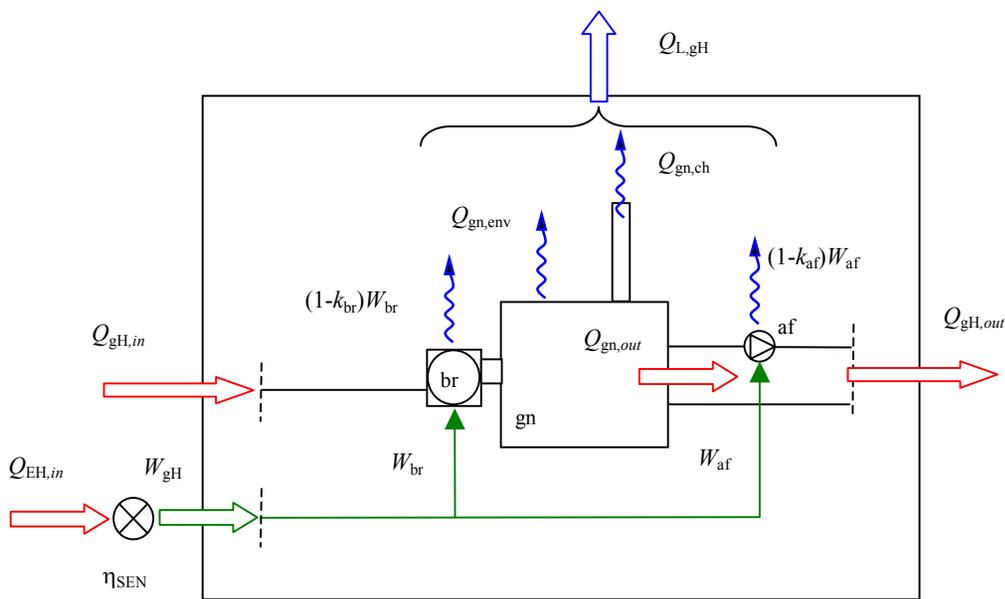


Figura 5 - bilancio energetico del sistema di generazione

Con riferimento allo schema riportato in Figura 5, la perdita energetica totale del sistema di generazione, $Q_{L,gH}$, è data da:

$$Q_{L,gH} = Q_{gn,env} + Q_{gn,ch} + (1 - K_{br}) \cdot W_{br} + (1 - K_{af}) \cdot W_{af} \tag{56}$$

dove:

$Q_{gn,env}$ è la perdita termica del generatore al mantello, espressa in kWh ;

$Q_{gn,ch}$ è la perdita termica del generatore al camino, espressa in kWh ;

W_{br} è l'energia elettrica assorbita del bruciatore, espressa in kWh ;

W_{af} è l'energia elettrica assorbita dalla pompa, espressa in kWh ;

K_{br} è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dal bruciatore;

K_{af} è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dalla pompa.

L'energia elettrica assorbita dal/dai bruciatori del sistema di generazione, W_{br} , si calcola come:

$$W_{br} = t \cdot \sum_i \dot{W}_{br,i} \quad (57)$$

dove:

\dot{W}_{br} è la potenza nominale del bruciatore i -esimo del sistema di generazione, espressa in kWh ;
 t indica le ore di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, espresso in h .

La frazione recuperata dell'energia elettrica del/dei bruciatori del sistema di generazione, k_{br} , si calcola come:

$$k_{br} = \frac{\sum_i (\eta_{br} \cdot \dot{W}_{br,i})}{\sum_i \dot{W}_{br,i}} \quad (58)$$

dove:

$\dot{W}_{br,i}$ è la potenza nominale del bruciatore i -esimo del sistema di generazione, espressa in kWh ;
 η_{br} è il rendimento meccanico nominale del bruciatore i -esimo.

Ai fini della certificazione energetica si assume per il rendimento meccanico del bruciatore i -esimo, e dunque per la frazione recuperata dell'energia elettrica, k_{br} , il valore di 0,8.

L'energia elettrica assorbita dalla/e pompe del sistema di generazione, W_{af} , si calcola come:

$$W_{af} = t \cdot \sum_{i=1}^n \dot{W}_{af,i} \quad (59)$$

dove

\dot{W}_{af} è la potenza nominale della pompa i -esima del sistema di generazione, espressa in kWh ;
 t indica le ore di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, espresso in h ;

La frazione recuperata dell'energia elettrica della/e pompe del sistema di generazione, k_{af} , si calcola come:

$$k_{af} = \frac{\sum_i (\eta_{af} \cdot \dot{W}_{af,i})}{\sum_i \dot{W}_{af,i}} \quad (60)$$

dove:

\dot{W}_{af} è la potenza nominale della pompa i -esima del sistema di generazione, espressa in kWh ;
 η_{af} è il rendimento meccanico nominale della pompa i -esima.

Ai fini della certificazione energetica si assume per il rendimento meccanico della pompa i -esima, e dunque per la frazione recuperata dell'energia elettrica k_{af} , il valore di 0,85.

L'energia termica richiesta al generatore si calcola come:

$$Q_{gn,out} = Q_{gH,out} - K_{af} \cdot W_{af} \quad (61)$$

Le perdite termiche del generatore si calcolano come:

$$Q_{gn,ch} = \frac{P_{ch,on}}{100} \cdot t_{on} \cdot \Phi_{cn} + \frac{P_{ch,off}}{100} \cdot t_{off} \cdot \Phi_{cn} \quad (62)$$

$$Q_{gn,env} = \frac{P'_{gn,env}}{100} \cdot t \cdot \Phi_{cn} \quad (63)$$

dove:

$Q_{gn,ch}$ è la perdita termica totale al camino del generatore, espressa in kWh ;
 $Q_{gn,env}$ è la perdita termica al mantello del generatore, espressa in kWh ;
 $P_{ch,on}$ è la perdita termica percentuale nominale al camino a bruciatore acceso, %;
 $P_{ch,off}$ è la perdita termica percentuale nominale al camino a bruciatore spento, %;
 $P'_{gn,env}$ è la perdita termica percentuale al mantello del generatore, %;

- t è l'intervallo di tempo di funzionamento del sistema nel mese, espresso in h ;
- t_{on} è il tempo di funzionamento con fiamma del bruciatore accesa, espresso in h ;
- t_{off} tempo di funzionamento con fiamma bruciatore spenta, espresso in h ;
- Φ_{cn} è la potenza termica nominale al focolare del generatore, espressa in kWh .

Si assume per t_{on} un valore di 14 h e per t_{off} un valore pari a 10 h.

$$P'_{gn,env} = P_{gn,env} \cdot k_{gn,env} \quad (64)$$

dove:

$P'_{gn,env}$ è la perdita termica percentuale al mantello del generatore, %;

$P_{gn,env}$ è la perdita termica percentuale nominale al mantello del generatore, %;

$k_{gn,env}$ è il fattore di riduzione delle perdite al mantello del generatore, definito al Prospetto XXVII.

Tipo di perdita		Impianto nuovo	Impianto esistente
$P_{ch,on}$	Perdite termiche percentuali nominali al camino con bruciatore funzionante.	Valore registrato in fase di collaudo dell'impianto mediante "prova fumi".	Valore registrato mediante "prova fumi". Se tale valore, riportato sul libretto di centrale, risale a più di dodici mesi prima dalla richiesta di certificazione energetica dell'edificio, è previsto l'obbligo di una nuova "prova fumi".
$P_{gn,env}$	Perdite percentuali verso l'ambiente attraverso il mantello.	Dati dichiarati dal costruttore. In mancanza di tali dati, valori riportati nel Prospetto XXV.	Dati dichiarati dal costruttore. In mancanza di tali dati, valori riportati nel Prospetto XXV.
$P_{ch,off}$	Perdite percentuali al camino con bruciatore spento.	Dati dichiarati dal costruttore. In mancanza di tali dati, valori riportati nel Prospetto XXVI.	Dati dichiarati dal costruttore. In mancanza di tali dati, valori riportati nel Prospetto XXVI.

Prospetto XXIV – Metodologia da seguire per la quantificazione delle perdite termiche

Le perdite verso l'ambiente attraverso il mantello del generatore, $P_{gn,env}$, in mancanza di dati dichiarati dal costruttore, vengono quantificate attraverso i dati riportati nel Prospetto XXV dove Φ_{cn} è la potenza nominale del focolare espressa in Watt e log è il logaritmo in base 10.

Età del generatore	$P_{gn,env}$ [%]
Fino a 5 anni	$1,72 - 0,44 \cdot \log(\Phi_{cn}/1000)$
Da 6 a 11 anni	$6,90 - 1,76 \cdot \log(\Phi_{cn}/1000)$
Superiore ai 12 anni	$10,35 - 2,64 \cdot \log(\Phi_{cn}/1000)$

Prospetto XXV – Valori delle perdite per trasmissione attraverso l'involucro, P_d . (Fonte: elaborazione dati UNI 10348)

Le perdite percentuali nominali al camino a bruciatore spento, $P_{ch,off}$, in mancanza di dati dichiarati dal costruttore, vengono quantificate attraverso i dati riportati nel Prospetto XXVI.

Tipo di generatore	$P_{ch,off}$ [%]
Bruciatori ad aria soffiata con chiusura dell'aria comburente all'arresto	0,2
Bruciatori soffiati a premiscelazione totale	0,2
Generatori con scarico a parete	0,4
Bruciatori ad aria soffiata senza chiusura dell'aria comburente all'arresto	
▪ con camino di altezza fino a 10 m	1,0
▪ con camino di altezza maggiore di 10 m	1,2
Bruciatori atmosferici a gas	
▪ con camino di altezza fino a 10 m	1,2
▪ con camino di altezza maggiore di 10 m	1,6

Prospetto XXVI – Valori delle perdite al camino a bruciatore spento, P_{fb} .

(Fonte: Comitato Termotecnico Italiano, "Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione invernale e preparazione acqua calda per usi igienico-sanitari", 2007)

Il valore del fattore di riduzione delle perdite al mantello del generatore, $k_{gn,env}$, è ricavabile dal Prospetto XXVII in relazione all'ubicazione del generatore.

Tipo ed ubicazione del generatore	$k_{gn,env}$
Generatore installato entro lo spazio riscaldato	0,1
Generatore di tipo B installato entro lo spazio riscaldato	0,2
Generatore installato in centrale termica	0,7
Generatore installato all'esterno	1

Prospetto XXVII – Valori del fattore di riduzione delle perdite al mantello del generatore, $k_{gn,env}$
(Fonte: Comitato Termotecnico Italiano, “Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione invernale e preparazione acqua calda per usi igienico-sanitari”, 2007)

Il fabbisogno di energia elettrica del sistema di generazione, $W_{g,H}$, è dato dal prodotto tra la potenza complessiva degli ausiliari e il tempo di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, secondo la relazione:

$$W_{g,H} = \sum_i \dot{W}_{gH,i} \cdot t = \left(\sum_i \dot{W}_{br,i} + \sum_j \dot{W}_{af,j} \right) \cdot t \quad (65)$$

dove:

- $\dot{W}_{gH,i}$ indica la potenza dell'ausiliario i -esimo al servizio del sistema di generazione, espressa in kW ;
- $\dot{W}_{br,i}$ è la potenza nominale del bruciatore i -esimo del sistema di generazione, espressa in kWh ;
- $\dot{W}_{af,j}$ è la potenza nominale della pompa j -esima del sistema di generazione, espressa in kWh ;
- t indica le ore di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, espresso in h .

E.5.2.4.1 Generatori multistadio e modulanti

Ai fini della certificazione energetica le perdite termiche del sistema di generazione per i generatori multistadio e modulanti si determinano secondo la metodologia di calcolo riportata al paragrafo E.5.2.4.

E.5.2.4.2 Caldaie a condensazione

Se il generatore opera a condensazione (cioè oltre che essere un generatore a condensazione, le temperature di esercizio dell'impianto sono tali da consentire la condensazione del vapore d'acqua contenuto nei fumi), le perdite di tale generatore devono essere calcolate considerando una perdita termica percentuale al camino a bruciatore acceso modificata, cioè:

$$P_{ch,on}^* = P_{ch,on} - R \quad (66)$$

dove:

- $P_{ch,on}$ è la perdita termica percentuale nominale al camino a bruciatore acceso, %;
- R è il fattore di recupero di condensazione, espresso come percentuale di Φ_{cn} , %.

Determinazione semplificata di R

Il fattore di recupero di condensazione può essere determinato dalla conoscenza del rendimento termico utile del generatore nelle condizioni di funzionamento a condensazione, indicate dall'apice (C), e dalle perdite percentuali nominali, come:

$$R = \eta_{tu}^{(C)} + P_{ch,on}^{(D)} + P_{gn,env}^{(C)} - 100 \cdot \left[k_{br} \cdot \frac{\dot{W}_{br}^{(C)}}{\Phi_{cn}^{(C)}} + 1 \right] \quad (67)$$

dove:

- $\eta_{tu}^{(C)}$ è il rendimento termico utile del generatore nelle condizioni di funzionamento a condensazione (C) con potenza al focolare Φ_{cn} , %;
- k_{br} è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dal bruciatore;
- $\dot{W}_{br}^{(C)}$ è la potenza elettrica assorbita del bruciatore con potenza al focolare Φ_{cn} , espressa in kW ;
- Φ_{cn} è la potenza termica al focolare del generatore, espressa in kW ;
- $P_{ch,on}^{(D)}$ indica le perdite percentuali al camino a bruciatore acceso nell'ipotesi di fumi secchi ma nelle condizioni di funzionamento a condensazione (C), %;
- $P_{gn,env}^{(C)}$ indica la perdita termica percentuale nominale al mantello, %.

Le perdite percentuali alla temperatura di condensazione, se non dichiarate dal costruttore, si possono ricavare dalle seguenti correlazioni:

$$P_{ch,on}^{(D)} \approx P_{ch,on} + 0,045 \cdot (\theta_{gn,av}^{(C)} - \theta_{gn,test}) \quad (68)$$

$$P_{gn,env}^{(C)} \approx P_{gn,env} \cdot \frac{(\theta_{gn,test}^{(C)} - \theta_{a,gn})}{(\theta_{gn,test} - \theta_{a,test})} \quad (69)$$

dove:

$P_{ch,on}$ è la perdita termica percentuale nominale al camino a bruciatore acceso, %;

$P_{gn,env}$ è la perdita termica percentuale nominale mantello del generatore, %;

$\theta_{gn,av}^{(C)}$ è la temperatura media acqua generatore alle condizioni nominali per cui il generatore è effettivamente condensante, espressa in °C;

$\theta_{gn,test}$ è la temperatura media acqua generatore in condizioni di test, espressa in °C;

$\theta_{a,gn}$ è la temperatura dell'ambiente in cui è installato il generatore, espressa in °C;

$\theta_{a,test}$ è la temperatura dell'ambiente nelle condizioni di test, espressa in °C.

Se il generatore opera a condensazione, normalmente si ha:

$$\begin{aligned} \theta_{gn,test} &= 70^\circ\text{C} & \theta_{a,test} &= 20^\circ\text{C} \\ \theta_{gn,av}^{(C)} &= 40^\circ\text{C} & \text{oppure} & \theta_{gn,av}^{(C)} &= 35^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Se il generatore è installato in un locale climatizzato la temperatura $\theta_{a,gn}$ è pari a 20 °C.

Se il generatore è posto in un locale non riscaldato $\theta_{a,gn}$ deve essere determinato secondo la:

$$\theta_{a,gn} = \theta_i - F_T (\theta_i - \theta_e) \quad (70)$$

dove:

F_T è il fattore correttivo da applicare così da tener conto delle diverse condizioni di temperatura degli ambienti non climatizzati (si veda Prospetto XXVIII);

θ_e è il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna, espresso in °C (si veda Prospetto III).

Tipo ed ubicazione del generatore	F_T
Centrale termica sotto il piano campagna	0,6
Centrale termica adiacente ad ambiente a temperatura controllata	0,5
Centrale termica isolata o adiacente a locale non riscaldato	0,7

Prospetto XXVIII – Valori del fattore fattore di correzione da applicare

Se il generatore non opera a condensazione non deve essere determinato il fattore di recupero di condensazione.

E.5.2.4.3 Pompe di calore

Il COP mensile della pompa di calore, se utilizzante energia chimica di combustibile, valutato in termini di energia primaria, è dato da:

$$\overline{\text{COP}} = \overline{\text{COP}}_T \quad (71)$$

dove:

$\overline{\text{COP}}_T$ è il coefficiente di prestazione termica medio mensile della pompa di calore.

Il COP mensile della pompa di calore, se utilizzante energia elettrica, valutato in termini di energia primaria è dato da:

$$\overline{\text{COP}} = \overline{\text{COP}}_E \cdot \eta_{SEN} \quad (72)$$

dove:

$\overline{\text{COP}}_E$ è il coefficiente di prestazione elettrica medio mensile della pompa di calore;

η_{SEN} è il rendimento del sistema elettrico nazionale, pari a 0,36.

Il valore del coefficiente di effetto utile, COP_E o COP_T, nel caso di pompe di calore del tipo terra-acqua e acqua-acqua viene assunto pari a quello dichiarato dal costruttore.

Nel caso di sistemi del tipo aria-acqua il coefficiente di effetto utile viene calcolato mediante l'equazione:

$$\overline{\text{COP}} = \overline{\text{COP}}(\theta_r) \cdot \frac{\theta_c + 20}{\theta_r + 20} \cdot \frac{\theta_r + 80}{\theta_c + 80} \quad (73)$$

dove:

$\overline{\text{COP}}(\theta_r)$ è il coefficiente di effetto utile alla temperatura esterna nominale, θ_r ;

θ_r è la temperatura esterna nominale, espressa in °C;

θ_c è la temperatura media mensile dell'aria esterna, espressa in °C.

Nel caso il sistema di generazione sia una pompa di calore, le perdite del sistema di generazione si calcolano tramite la:

$$Q_{L,gH} = \left(\frac{1}{\text{COP}} - 1 \right) \cdot Q_{gH,out} \quad (74)$$

con:

$$Q_{gH,out} = (Q_{NH} + Q_{L,eH} - k_{eH}W_{eH} + Q_{L,dH} - k_{dH}W_{dH} + Q_{L,sH} - k_{sH}W_{sH}) \quad (75)$$

dove:

Q_{NH} è il fabbisogno termico per il riscaldamento dell'involucro, definito dall'equazione [3], espresso in kWh;

$Q_{L,eH}$ è la perdita termica del sistema di emissione, espressa in kWh;

$W_{e,H}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di emissione, espresso in kWh;

k_{eH} è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sistema di emissione;

$Q_{L,dH}$ è la perdita termica del sistema di distribuzione, espressa in kWh;

$W_{d,H}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di distribuzione, espressa in kWh;

k_{dH} è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sistema di distribuzione;

$Q_{L,sH}$ è la perdita termica del sistema di accumulo, espressa in kWh;

$W_{s,H}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di accumulo, espresso in kWh;

k_{sH} è la frazione recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari del sistema di accumulo;

$Q_{L,gH}$ è la perdita termica del sistema di generazione, espressa in kWh.

E.5.2.4.4 Generatori a combustione di biomassa e sistemi di teleriscaldamento

Nel caso di sistemi di teleriscaldamento e impianti a biomassa, le perdite del sistema di generazione si calcolano tramite la:

$$Q_{L,gH} = \left(\frac{1}{\eta_{gH}} - 1 \right) \cdot Q_{gH,out} \quad (76)$$

I valori del rendimento di generazione medio mensile, η_{gH} , sono riportati nel Prospetto XXIX.

Sistema di riscaldamento	$\eta_{g,H}$
Riscaldamento a legna	0,75
Riscaldamento a pellets	0,85
Teleriscaldamento	1

Prospetto XXIX – Rendimento di produzione medio mensile, η_{gH} , per altre impianti di riscaldamento a biomassa e teleriscaldamento (Fonte: elaborazione dati Minergie)

Il valore di $Q_{gH,out}$ si calcola tramite l'equazione [75].

E.5.2.5 Rendimento di produzione medio stagionale

Il rendimento di produzione medio stagionale, $\eta_{p,s}$, è il rapporto tra l'energia termica fornita dal sistema di produzione nella stagione di riscaldamento ed il relativo fabbisogno di energia primaria:

$$\eta_{p,s} = \bar{\eta}_{gH} = \frac{\sum_i Q_{gH,out,i}}{Q_{EPH,yr}} \quad (77)$$

dove:

$\eta_{p,s}$ è il rendimento di produzione medio stagionale;

$Q_{gH,out,i}$ è l'energia termica fornita dal sistema di produzione per la climatizzazione invernale nel mese i -esimo, espressa in kWh ;

$Q_{EPH,yr}$ è il fabbisogno di energia primaria del sistema di produzione nella stagione di riscaldamento, espressa in kWh .

E.5.2.6 Rendimento globale medio stagionale

Il rendimento globale medio stagionale è dato dal rapporto tra il fabbisogno energetico dell'involucro stagionale e il fabbisogno di energia primaria stagionale, secondo la:

$$\eta_{gH,yr} = \frac{Q_{NH,yr}}{Q_{EPH,yr}} \quad (78)$$

dove:

$Q_{NH,yr}$ è il fabbisogno energetico annuale per il riscaldamento dell'ambiente considerato, espresso in kWh ;

$Q_{EPH,yr}$ è il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione dell'ambiente considerato, espresso in kWh .

E.6 Fabbisogno termico per la produzione di acqua calda sanitaria

Nel caso di impianti dedicati alla sola produzione di acqua calda sanitaria il calcolo del fabbisogno termico e di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria si effettua su base annuale (il rendimento di generazione degli scaldacqua riportato al Prospetto XXXV si riferisce all'intera stagione).

Nel caso di impianti dedicati alla produzione combinata di acqua calda sanitaria e calore per la climatizzazione invernale occorre effettuare il calcolo del fabbisogno termico e di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria su base mensile.

E.6.1 Fabbisogno termico annuale per la produzione di acqua calda sanitaria

La quantificazione del fabbisogno termico per la produzione di acqua calda ad usi igienico-sanitari, Q_w , si determina considerando un periodo di utilizzo giornaliero di 24 ore esteso a tutto l'anno.

$$Q_{w,yr} = \sum_{i=1}^{12} Q_{w,i} \quad (79)$$

dove:

$Q_{w,yr}$ è il fabbisogno termico annuale per la produzione dell'acqua calda sanitaria, espresso in kWh ;

$Q_{w,i}$ è il fabbisogno energetico per la produzione dell'acqua calda sanitaria nel mese i -esimo, espresso in kWh .

E.6.2 Fabbisogno termico mensile per la produzione di acqua calda sanitaria

Il fabbisogno termico mensile per la produzione dell'acqua calda sanitaria è dato da:

$$Q_w = Q'_w \cdot n_i \cdot A \cdot f \cdot 10^{-3} \quad (80)$$

dove:

Q_w è il fabbisogno energetico mensile per la produzione di acqua calda sanitaria, espresso in kWh ;

Q'_w fabbisogno energetico specifico giornaliero per la produzione di acqua calda sanitaria;

n_i giorni di utilizzo del sistema di produzione nel mese i -esimo;

A superficie utile, espressa in m^2 ;

f è il fattore di correzione che tiene conto, per edifici residenziali, del numero di servizi igienici di cui l'abitazione è dotata e, per edifici non residenziali, del grado di affollamento.

nel caso di edifici residenziali:

Q'_w è ricavabile dal Prospetto XXX;

f è ricavabile dal Prospetto XXXII;

nel caso di edifici non residenziali:

Q'_w è ricavabile dal Prospetto XXXI;

$$f = n_s \cdot \frac{f_{oe}}{24} \quad (81)$$

dove:

n_s è l'indice di affollamento, ossia il numero di persone ai fini progettuali per ogni metro quadrato di superficie calpestabile (Prospetto VIII);

A è la superficie utile, espressa in m^2 ;

f_{oc} è il fattore medio di occupazione giornaliero (Prospetto VII).

EDIFICI RESIDENZIALI	
Superficie utile	Fabbisogno specifico (Q'_{w}) [Wh/ m^2 giorno]
$A < 50 m^2$	87
$50 \leq A < 120 m^2$	72
$120 \leq A < 200 m^2$	58
$A \geq 200 m^2$	43

Prospetto XXX– Valori convenzionali relativi ai fabbisogni energetici per l'acqua calda ad usi sanitari per usi residenziali
(Fonte: Comitato Termotecnico Italiano, "Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione invernale e preparazione acqua calda per usi igienico-sanitari", 2003)

EDIFICI NON RESIDENZIALI	
Destinazione d'uso del fabbricato	Fabbisogno specifico (Q'_{w}) [Wh/ persona giorno]
Alberghi e pensioni con servizi per ogni camera con bagno	3500
Alberghi e pensioni con ogni camera con doccia	1745
Alberghi e pensioni con servizi comuni	1455
Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi	1455
Ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili con servizi comuni	1455
Ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili con servizi in ogni stanza	3500
Edifici per uffici e assimilabili	580
Edifici adibiti ad attività sportive con docce	1165

Prospetto XXXI – Valori convenzionali relativi ai fabbisogni energetici per l'acqua calda ad usi sanitari per usi non residenziali
(Fonte: Comitato Termotecnico Italiano, "Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione invernale e preparazione acqua calda per usi igienico-sanitari", 2003)

Numero di bagni	Fattore di correzione f
1	1
2	1,33
3 o più	1,66

Prospetto XXXII – Fattore di correzione f_{bagni}
(Fonte: Comitato Termotecnico Italiano, "Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione invernale e preparazione acqua calda per usi igienico-sanitari", 2003)

E.6.3 Fabbisogno termico di energia primaria per la produzione di acqua calda ad usi sanitari

Come già anticipato nel caso di impianti dedicati alla sola produzione di acqua calda sanitaria, il calcolo del fabbisogno termico di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria si effettua su base annuale mentre per impianti dedicati alla produzione combinata di acqua calda e calore per la climatizzazione invernale tale calcolo viene effettuato su base mensile.

Il fabbisogno termico annuale di energia primaria per la produzione di acqua calda è dato dall'energia termica e dall'energia elettrica in ingresso, secondo la relazione:

$$Q_{EPW,yr} = (Q_{gW,in} + Q_{EW,in})_{yr} \quad (82)$$

dove:

$Q_{gW,in}$ è l'energia primaria annuale in ingresso al sistema di generazione, espressa in kWh ;

$Q_{EW,in}$ è l'energia primaria annuale in ingresso al sistema elettrico, espressa in kWh .

Il fabbisogno termico mensile di energia primaria per la produzione di acqua calda è dato dall'energia termica e dall'energia elettrica in ingresso in ogni mese i -esimo, secondo la relazione:

$$Q_{EPW,i} = (Q_{gW,in} + Q_{EW,in})_i \tag{83}$$

dove:

$Q_{gW,in}$ è l'energia primaria mensile in ingresso al sistema di generazione, espressa in kWh ;

$Q_{EW,in}$ è l'energia primaria mensile in ingresso al sistema elettrico, espressa in kWh .

Nel caso di impianti combinati (calcolo mensile) il fabbisogno termico annuale di energia primaria per la produzione di acqua calda, $Q_{EPW,yr}$ è dato dalla somma del fabbisogno mensile, secondo la relazione:

$$Q_{EPW,yr} = \sum_i Q_{EPW,i} \tag{84}$$

dove:

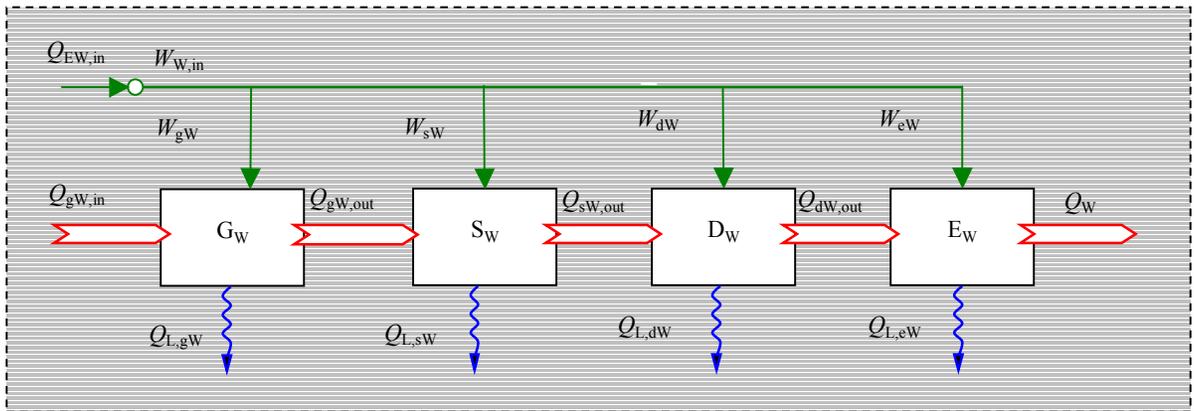
$Q_{EPW,i}$ è il fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria mensile, espresso in kWh .

Si considera l'impianto per la produzione di acqua calda sanitaria suddiviso nei seguenti sottosistemi:

- sottosistema di erogazione di acqua calda sanitaria;
- sottosistema di distribuzione;
- sottosistema di accumulo, ove presente;
- sottosistema di generazione.

Il calcolo del fabbisogno di energia primaria si effettua partendo dal fabbisogno termico per l'acqua calda sanitaria (riferito al mese per impianti combinati e riferito all'intero anno per impianti dedicati alla sola acqua calda sanitaria), sommando progressivamente le perdite dei vari sottosistemi al netto dei recuperi dell'energia elettrica, e viene calcolato secondo lo schema riportato in Figura 6.

Figura 6 – Schema di calcolo dell'energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria
(Fonte: prEN 15316)



Esplicitando la [82] o la [83] il fabbisogno mensile, o annuale, di energia primaria è dato dalla relazione seguente:

$$Q_{EPW} = Q_W + (Q_{L,eW} - k_{eW} \cdot W_{eW}) + (Q_{L,dW} - k_{dW} \cdot W_{dW}) + (Q_{L,sW} - k_{sW} \cdot W_{sW}) + (Q_{L,gW} - k_{gW} \cdot W_{gW}) + (W_{eW} + W_{dW} + W_{sW} + W_{gW}) / \eta_{SEN} \tag{85}$$

dove:

Q_W è il fabbisogno termico per l'acqua calda sanitaria, definito dall'equazione [80], espresso in kWh ;

$Q_{L,eW}$ è la perdita termica del sistema di erogazione, espressa in kWh ;

$W_{e,W}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di erogazione, espresso in kWh ;

k_{eW} è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sistema di erogazione;

$Q_{L,dW}$ è la perdita termica del sistema di distribuzione, espressa in kWh ;

$W_{d,W}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di distribuzione, espresso in kWh ;

k_{dW} è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sistema di distribuzione;

$Q_{L,sW}$ è la perdita termica del sistema di accumulo, espressa in kWh ;

$W_{s,W}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di accumulo, espresso in kWh ;

- k_{sW} è la frazione recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari del sistema di accumulo;
- $Q_{L,eW}$ è la perdita termica del sistema di generazione, espressa in kWh ;
- $W_{g,W}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di generazione, espresso in kWh .

E.6.3.1 Perdite e recuperi del sottosistema di erogazione

Le perdite del sistema di erogazione dell'acqua calda sanitaria si calcolano tramite la:

$$Q_{L,eW} = \left(\frac{1}{\eta_{eW}} - 1 \right) \cdot Q_W \tag{86}$$

dove:

- $Q_{L,eW}$ è la perdita termica del sistema di erogazione, espressa in kWh ;
- Q_W è il fabbisogno energetico per l'acqua calda sanitaria, definito dall'equazione [80], espresso in kWh ;
- η_{eW} è il rendimento del sistema di erogazione.

Si assume per il rendimento di erogazione η_{eW} il valore di 0,95.

Le perdite così calcolate si considerano tutte non recuperabili.

Il fabbisogno di energia elettrica del sistema di erogazione, $W_{e,W}$, è legato a erogatori e/o riscaldatori istantanei di acqua calda alimentati elettricamente ed è dato dal prodotto tra la potenza complessiva degli ausiliari e il tempo di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, secondo la relazione:

$$W_{eW} = \sum_i \dot{W}_{eW,i} \cdot t \tag{87}$$

- $\dot{W}_{eW,i}$ indica la potenza dell'ausiliario i-esimo al servizio del sistema di erogazione, espressa in kW ;
- t indica le ore di funzionamento dell'impianto di acqua calda sanitaria, espresse in h .

E.6.3.2 Perdite e recuperi del sottosistema di distribuzione

Le perdite del sistema di distribuzione dell'acqua calda sanitaria si calcolano tramite la:

$$Q_{L,dW} = \left(\frac{1}{\eta_{dW}} - 1 \right) \cdot (Q_W + Q_{L,eW} - k_{eW}W_{eW}) \tag{88}$$

dove:

- $Q_{L,dW}$ è la perdita termica del sistema di distribuzione, espressa in kWh ;
- $Q_{L,eW}$ è la perdita del sistema di erogazione, espressa in kWh ;
- Q_W è il fabbisogno energetico per l'acqua calda sanitaria, definito dall'equazione [80], espresso in kWh ;
- $W_{e,W}$ è il fabbisogno di energia elettrica del sistema di erogazione, espresso in kWh ;
- η_{dW} è il rendimento del sistema di distribuzione.

Supponendo di semplificare e di considerare tutte le perdite non recuperabili sulla base dei valori dei coefficienti di perdita per distribuzione forniti dalla Raccomandazione CTI-R 03/3, si possono ipotizzare in funzione delle possibili configurazioni impiantistiche i rendimenti di distribuzione indicati nel Prospetto XXXIII.

Tipologia del sistema	Tipo di distribuzione	η_{dW}
Sistemi installati prima della 373/76	senza ricircolo	0,88
	con ricircolo	0,73
Sistemi installati dopo la 373/76	senza ricircolo	0,92
	con ricircolo	0,85
Sistemi autonomi con generatore combinato o dedicato con portata termica < 35 kW	senza ricircolo	0,85

Prospetto XXXIII – Elaborazione dei dati relativi al coefficiente di perdita, η_{dW} , forniti nella Raccomandazione CTI-R (Fonte: Comitato Termotecnico Italiano, “Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione invernale e preparazione acqua calda per usi igienico-sanitari”, 2003).

Il fabbisogno di energia elettrica del sistema di distribuzione, $W_{d,ACS}$, è dato dal prodotto tra la potenza complessiva degli ausiliari e il tempo di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, secondo la relazione:

$$W_{dW} = \sum_i \dot{W}_{dW,i} \cdot t \tag{89}$$

$\dot{W}_{dw,i}$ indica la potenza dell'ausiliario i -esimo al servizio del sistema di distribuzione, espressa in kW ;

t indica le ore di funzionamento dell'impianto di acqua calda sanitaria, espresse in h .

La frazione dell'energia elettrica recuperata k_{dw} , è uguale al rendimento meccanico nominale degli ausiliari stessi e viene assunta pari a 0,85.

E.6.3.3 Perdite e recuperi del sistema di accumulo

Qualora sia presente un sistema di accumulo, è necessario calcolarne la perdita come:

$$Q_{L,sW} = f'_s \cdot t \cdot 10^{-3}$$

dove:

f'_s è il coefficiente di perdita in funzione della classe di volume dell'accumulo, espresso in W ; (90)

t indica le ore di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, espresse in h .

I valori di f'_s da applicare per il calcolo sono riportati nel Prospetto XXXIV.

Volume di accumulo	f'_s [W]
da 10 fino a 50 litri	30
da 50 a 200 litri	60
200 a 1500 litri	120
da 1.500 a 10.000 litri	500
oltre i 10.000	900

Prospetto XXXIV – Fattore da applicare per il calcolo delle perdite di accumulo.

(Fonte: Comitato Termotecnico Italiano, "Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione invernale e preparazione acqua calda per usi igienico-sanitari", 2003)

Il fabbisogno di energia elettrica del sistema di accumulo, $W_{s,W}$, è dato dal prodotto tra la potenza complessiva degli ausiliari (resistenze elettriche di back up o post-riscaldamento o mantenimento del livello termico anche in caso di generatore disattivato) e il tempo di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, secondo la relazione:

$$W_{sW} = \sum_i \dot{W}_{sW,i} \cdot t$$

dove:

$\dot{W}_{sW,i}$ indica la potenza dell'ausiliario i -esimo al servizio del sistema di accumulo, espressa in kW ;

t indica le ore di funzionamento dell'impianto di climatizzazione, espresso in h .

La frazione recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari del sistema di accumulo, $k_{s,ACS}$, è uguale al rendimento meccanico nominale degli ausiliari stessi e, ai fini della certificazione energetica degli edifici, si assume pari a 1.

$$k_{sW} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\dot{W}_{sW,i} \cdot \eta_{s,AUX,i} \right)}{\sum_{i=1}^n \dot{W}_{sW,i}}$$

dove:

k_{sW} è la frazione recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari del sistema di accumulo;

$\eta_{s,AUX,i}$ è il rendimento meccanico nominale dell'ausiliario i -esimo del sistema di accumulo.

E.6.3.4 Perdite e recuperi del sistema di generazione

Le perdite del sistema di generazione dell'acqua calda sanitaria si calcolano tramite la:

$$Q_{L,gW} = \left(\frac{1}{\eta_{gW}} - 1 \right) \cdot Q_{gW,out}$$

con:

$$Q_{gW,out} = (Q_W + Q_{L,eW} - k_{eW}W_{eW} + Q_{L,dW} - k_{dW}W_{dW} + Q_{L,sW} - k_{sW}W_{sW})$$

dove:

Q_W è il fabbisogno energetico per l'acqua calda sanitaria, definito dall'equazione [80], espresso in kWh ;

$Q_{L,eW}$ è la perdita termica del sistema di erogazione, espressa in kWh ;

k_{eW} è la frazione recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari del sistema di erogazione;

- W_{eW} è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di erogazione, espresso in kWh ;
- $Q_{L,dW}$ è la perdita termica del sistema di distribuzione, espressa in kWh ;
- k_{dW} è la frazione recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari del sistema di distribuzione;
- W_{dW} è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di distribuzione, espresso in kWh ;
- $Q_{L,sW}$ è la perdita termica del sistema di accumulo, espressa in kWh ;
- k_{sW} è la frazione recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari del sistema di accumulo;
- W_{sW} è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di accumulo, espresso in kWh ;
- η_{gW} è il rendimento del sistema di generazione.

Nel caso di produzione di acqua calda sanitaria separata dal riscaldamento, sia per scaldacqua autonomi al servizio di singola unità immobiliare sia per quelli centralizzati al servizio di più unità immobiliari, il rendimento del sistema di generazione da applicare nel calcolo si desume dal Prospetto XXXV.

Tipo di apparecchio	Versione	η_{pACS}
Generatore a gas di tipo istantaneo per sola produzione di acqua calda sanitaria	Tipo B con pilota permanente	0,45
	Tipo B senza pilota	0,77
	Tipo C senza pilota	0,80
Generatore a gas ad accumulo per sola produzione di acqua calda sanitaria	Tipo B con pilota permanente	0,40
	Tipo B senza pilota	0,72
	Tipo C senza pilota	0,75
Bollitore elettrico ad accumulo		0,75
Bollitori ad accumulo a fuoco diretto	A camera aperta	0,70
	A condensazione	0,90

Prospetto XXXV – Rendimenti di produzione nel caso di produzione per singola unità immobiliare
 (Fonte: Comitato Termotecnico Italiano, “Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione invernale e preparazione acqua calda per usi igienico-sanitari”, 2007)

I rendimenti forniti dal Prospetto tengono già conto, per gli apparecchi ad accumulo, della perdita di accumulo, valutata pari a circa il 10%.

E.6.4 Fabbisogno di energia primaria per impianti combinati (acqua calda ad uso sanitario e climatizzazione invernale)

Nel caso in cui la produzione di acqua calda sanitaria (ACS) avvenga a carico della centrale termica per la climatizzazione invernale (produzione combinata), il fabbisogno energetico complessivo sia per la climatizzazione invernale sia per la produzione di ACS, è dato, per ogni mese, da:

$$Q_{EPH+W,i} = (Q_{gH,in} + Q_{EH,in} + Q_{EW,in})_i \tag{95}$$

con riferimento allo schema di calcolo riportato in Figura 7.

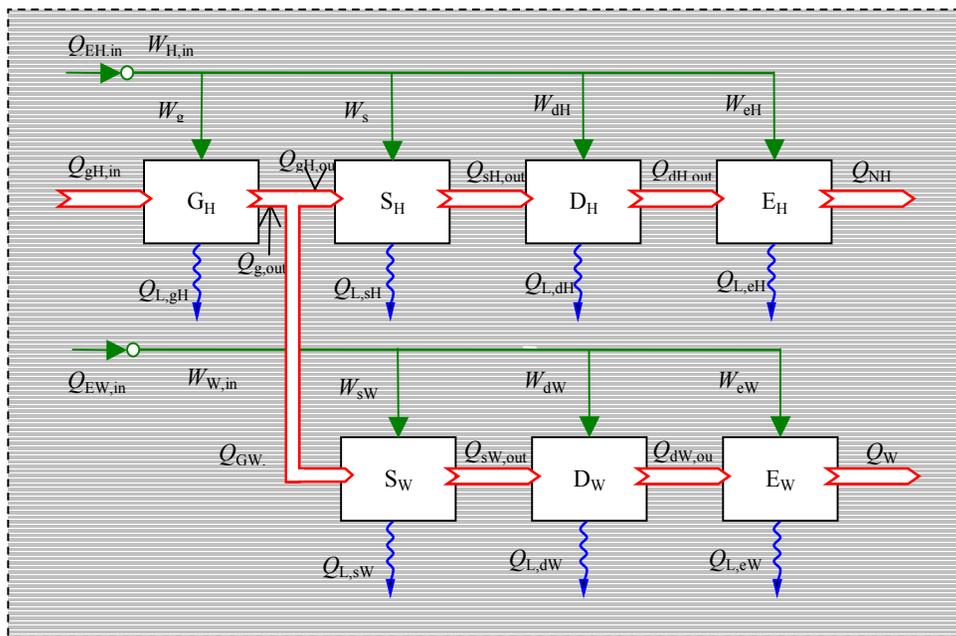


Figura 7 – Schema di calcolo dell'energia primaria per impianti combinati per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria
 (Fonte: prEN 15316)

Esplicitando la (95) si ha:

$$Q_{EPHW} = Q_{NH} + (Q_{L,eH} - k_{eH} \cdot W_{eH}) + (Q_{L,dH} - k_{dH} \cdot W_{dH}) + (Q_{L,sH} - k_{sH} \cdot W_{sH}) + Q_W + (Q_{L,eW} - k_{eW} \cdot W_{eW}) + (Q_{L,dW} - k_{dW} \cdot W_{dW}) + (Q_{L,sW} - k_{sW} \cdot W_{sW}) + (Q_{L,gH} - k_{gH} \cdot W_{gH}) + (W_{eH} + W_{dH} + W_{sH} + W_{gH} + W_{eW} + W_{dW} + W_{sW}) / \eta_{SEN} \quad (96)$$

E.7 Contributi dovuti alle fonti energetiche rinnovabili

E.7.1 Solare termico

Il contributo energetico annuale dovuto agli impianti solari termici Q_{ST} viene calcolato moltiplicando l'area di captazione per il valore pre-calcolato di resa unitaria riportato nel Prospetto XXXVI in funzione della tipologia di collettore solare impiegato e della località, secondo la relazione:

$$Q_{ST} = A_{ST} \cdot I_{ST} \quad (97)$$

dove:

A_{ST} area di captazione dell'impianto solare termico, espressa in m^2 ;

I_{ST} energia prodotta, per unità di superficie da impianti solari termici, espressa in kWh/m^2 .

I valori di energia termica prodotta, per unità di superficie, da un impianto solare, I_{ST} , sono stati definiti considerando, per ciascun capoluogo di provincia, quanto segue:

- orientamento dei pannelli a Sud;
- inclinazione dei pannelli rispetto all'orizzonte, pari a 30°.

Tali valori sono stati definiti per due tipologie differenti di collettori solari:

- piano vetrato;
- sottovuoto.

Provincia	Collettore piano	Collettore sottovuoto
Bergamo	695	784
Brescia	742	863
Como	694	780
Cremona	694	800
Lecco	704	792
Lodi	678	790
Mantova	681	792
Milano	692	801
Pavia	681	795
Sondrio	806	935
Varese	677	776

Prospetto XXXVI – Energia prodotta, per unità di superficie, da un impianto solare termico, I_{ST} , in funzione delle caratteristiche dei collettori solari installati nei diversi capoluoghi di provincia [kWh/m^2] (Fonte: elaborazione Punti Energia)

Il contributo dell'impianto solare termico viene conteggiato nel calcolo del fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria, sia nel caso in cui il pannello sia dedicato alla produzione di acqua calda sanitaria che nel caso in cui sia asservito alla climatizzazione invernale.

Il fabbisogno annuale di energia primaria viene quindi calcolato secondo la relazione seguente:

$$Q_{EPW,yr} = \sum_i Q_{EPW,i} - Q_{ST} \quad (98)$$

dove:

$Q_{EPW,i}$ è il fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria mensile, espresso in kWh ;

Q_{ST} è il contributo energetico annuale dovuto agli impianti solari termici, espresso in kWh .

E.7.2 Solare fotovoltaico

Il contributo energetico annuale dovuto agli impianti solari fotovoltaici, Q_{FV} , è dato dalla:

$$Q_{FV,yr} = \sum_i Q_{FV,i} \quad (99)$$

dove:

$Q_{FV,i}$ è il contributo energetico mensile dovuto agli impianti solari fotovoltaici, espresso in *kWh*.

Il contributo energetico dovuto agli impianti solari fotovoltaici, Q_{FV} , viene calcolato moltiplicando l'area di captazione per il valore pre-calcolato di resa unitaria riportato nel Prospetto XXXVII in funzione della tipologia della cella fotovoltaica e della località.

$$Q_{FV} = A_{FV} \cdot I_{FV}$$

dove:

A_{FV} è l'area di captazione dell'impianto solare termico, espressa in m^2 ; (100)

I_{FV} è l'energia elettrica prodotta, per unità di superficie, da impianti solari fotovoltaici, espressa in kWh/m^2 .

I valori di energia elettrica prodotta annualmente, per unità di superficie, da un impianto solare fotovoltaico, I_{FV} sono stati definiti considerando, per ciascun capoluogo di provincia, quanto segue:

- orientamento dei pannelli a Sud;
- inclinazione dei pannelli rispetto all'orizzonte, pari a 30°.

Tali valori sono stati definiti per tre tipologie differenti di pannelli solari: monocristallino (efficienza pari a 0,14), policristallino (efficienza pari a 0,12), e amorfo (efficienza pari a 0,07).

Località	β	Tipologia silicio *	kWh/m ²											
			GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
Bergamo	30	1	7,0	9,2	14,6	17,0	19,7	19,8	22,6	20,5	16,7	13,2	7,2	6,9
		2	6,0	7,9	12,5	14,6	16,9	17,0	19,4	17,6	14,4	11,3	6,2	5,9
		3	3,5	4,6	7,3	8,5	9,8	9,9	11,3	10,3	8,4	6,6	3,6	3,4
Brescia	30	1	7,8	10,7	16,3	17,6	21,1	21,6	24,6	22,1	17,7	13,3	8,5	7,9
		2	6,7	9,1	13,9	15,1	18,0	18,5	21,1	19,0	15,2	11,4	7,3	6,8
		3	3,9	5,3	8,1	8,8	10,5	10,8	12,3	11,1	8,9	6,7	4,3	4,0
Como	30	1	7,8	9,0	14,3	17,0	18,6	19,7	22,3	19,6	15,5	13,0	7,7	7,2
		2	6,7	7,8	12,3	14,6	16,0	16,9	19,1	16,8	13,3	11,2	6,6	6,2
		3	3,9	4,5	7,2	8,5	9,3	9,8	11,2	9,8	7,8	6,5	3,8	3,6
Cremona	30	1	6,2	8,9	14,8	18,4	21,1	22,8	25,2	22,1	17,1	11,8	6,7	5,4
		2	5,3	7,6	12,7	15,8	18,1	19,5	21,6	18,9	14,6	10,1	5,7	4,6
		3	3,1	4,4	7,4	9,2	10,6	11,4	12,6	11,0	8,5	5,9	3,3	2,7
Lecco	30	1	8,1	9,4	14,8	17,3	19,0	19,9	22,3	19,8	15,9	13,2	8,1	7,5
		2	6,9	8,1	12,7	14,8	16,3	17,0	19,1	17,0	13,7	11,3	7,0	6,4
		3	4,0	4,7	7,4	8,6	9,5	9,9	11,2	9,9	8,0	6,6	4,1	3,7
Lodi	30	1	5,7	8,5	14,5	17,9	20,6	22,0	24,7	21,4	16,4	11,4	6,5	5,2
		2	4,9	7,3	12,4	15,4	17,7	18,9	21,2	18,4	14,1	9,8	5,6	4,4
		3	2,9	4,3	7,2	9,0	10,3	11,0	12,4	10,7	8,2	5,7	3,2	2,6
Milano	30	1	6,0	8,7	15,0	18,1	20,6	21,3	24,2	21,2	16,7	11,9	6,6	5,4
		2	5,1	7,5	12,8	15,5	17,7	18,2	20,8	18,2	14,3	10,2	5,7	4,7
		3	3,0	4,4	7,5	9,0	10,3	10,6	12,1	10,6	8,3	5,9	3,3	2,7
Mantova	30	1	5,9	8,5	14,2	17,7	20,6	22,5	24,9	21,6	16,4	11,2	6,5	5,4
		2	5,1	7,3	12,2	15,1	17,7	19,3	21,3	18,5	14,0	9,6	5,5	4,6
		3	3,0	4,3	7,1	8,8	10,3	11,2	12,5	10,8	8,2	5,6	3,2	2,7
Pavia	30	1	5,7	8,4	14,2	17,8	20,7	22,7	25,0	21,7	16,3	11,1	6,3	5,1
		2	4,9	7,2	12,2	15,3	17,7	19,4	21,4	18,6	13,9	9,5	5,4	4,4
		3	2,8	4,2	7,1	8,9	10,4	11,3	12,5	10,9	8,1	5,5	3,1	2,6
Sondrio	30	1	10,3	13,0	19,3	19,8	22,2	21,7	22,7	22,1	19,6	15,2	11,9	9,3
		2	8,8	11,1	16,6	16,9	19,0	18,6	19,4	19,0	16,8	13,1	10,2	8,0
		3	5,2	6,5	9,7	9,9	11,1	10,9	11,3	11,1	9,8	7,6	6,0	4,7
Varese	30	1	8,8	9,9	14,8	16,8	19,7	19,7	22,2	19,8	16,4	13,0	9,2	9,1
		2	7,6	8,5	12,7	14,4	16,9	16,9	19,1	17,0	14,0	11,2	7,9	7,8
		3	4,4	5,0	7,4	8,4	9,9	9,8	11,1	9,9	8,2	6,5	4,6	4,5

* 1. monocristallino, 2. policristallino, 3. amorfo

Prospetto XXXVII – Energia prodotta, per unità di superficie, da un impianto solare fotovoltaico nel mese, $I_{FV,m}$, in funzione delle caratteristiche dei pannelli solari installati nei diversi capoluoghi di provincia [kWh/m² mese] (Fonte: elaborazione Punti Energia)

Se l'impianto solare fotovoltaico serve una pompa di calore alimentata ad energia elettrica, il calcolo del fabbisogno di energia primaria è dato da:

$$Q_{EPH} = Q_{NH} + (Q_{L,eH} - k_{cH} \cdot W_{cH}) + (Q_{L,dH} - k_{dH} \cdot W_{dH}) + (Q_{L,sH} - k_{sH} \cdot W_{sH}) + (Q_{L,gH} - k_{gH} \cdot W_{gH}) + (W_{cH} + W_{dH} + W_{sH} + W_{gH} - Q_{FV}) / \eta_{SEN} \quad (101)$$

E.8. Emissioni di gas ad effetto serra

A seconda del tipo di combustibile utilizzato, viene ricavata la corrispettiva emissione di gas climalteranti.

I fattori di emissione da applicare nella sono riportati nel Prospetto XXXVIII.

Tipo di combustibile utilizzato	f _{em} [kg CO _{2eq} /kWh]
Gas naturale	0,202
GPL	0,202
Gasolio	0,279
Olio combustibile	0,26
Carbone	0,39
Energia Elettrica	0,2
Biomasse	0

Prospetto XXXVIII – Fattori di emissione per il calcolo della quantità di CO_{2eq} emessa.

E.9 Indicatori di prestazione energetica dell'edificio

Gli indicatori di prestazione energetica dell'edificio da riportare nell'attestato di certificazione sono qui di seguito elencati:

- Fabbisogno di energia primaria specifico per la climatizzazione invernale (EP_H):

$$EP_H = \frac{Q_{EPH,yr}}{A} \quad [\text{kWh/m}^2 \text{ anno}]$$

$$EP_H = \frac{Q_{EPH,yr}}{V} \quad [\text{kWh/m}^3 \text{ anno}]$$

- Fabbisogno energetico specifico dell'involucro per la climatizzazione invernale (E_H):

$$E_H = \frac{Q_{NH,yr}}{A} \quad [\text{kWh/m}^2 \text{ anno}]$$

$$E_H = \frac{Q_{NH,yr}}{V} \quad [\text{kWh/m}^3 \text{ anno}]$$

- Fabbisogno energetico specifico dell'involucro per la climatizzazione estiva (E_C):

$$E_C = \frac{Q_{NC,yr}}{A} \quad [\text{kWh/m}^2 \text{ anno}]$$

$$E_C = \frac{Q_{NC,yr}}{V} \quad [\text{kWh/m}^3 \text{ anno}]$$

- Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale (Q_{EPH}):

$$Q_{EPH} \quad [\text{kWh/anno}]$$

- Fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria (Q_{EPW}):

$$Q_{EPW} \quad [\text{kWh/anno}]$$

- Fabbisogno energetico specifico totale per usi termici (E_{PT}):

$$EP_T = EP_H + \frac{Q_{EPW}}{A} \quad [\text{kWh/m}^2 \text{ anno}]$$

- Contributo energetico specifico da impianti rinnovabili (E_{FER}):

$$E_{FER} = \frac{Q_{FER}}{A} \quad [\text{kWh/m}^2 \text{ anno}]$$