

## APPENDICE 12 AL CAPITOLATO TECNICO

### METODOLOGIA DI CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA



## Metodologia di calcolo del Fabbisogno di Energia Primaria per riscaldamento

La metodologia si basa sulla norma EN ISO 13790-2008 con metodo mensile secondo la procedura di seguito riportata.

- 1) Determinazione delle seguenti caratteristiche termofisiche dell'edificio per ogni superficie disperdente j-esima e ogni zona termica k-esima:
  - Superfici disperdenti ( $A_j$ );
  - coefficienti di riduzione ( $b_j$ ) (max=1 se la superficie è a contatto con l'ambiente esterno);
  - Trasmittanze ( $U_j$ );
  - Volumi riscaldati ( $V_k$ );
  - Ricambi d'aria ( $n_k$ ).

Relativamente alla definizione del numero di ricambi ora n ( $n_k$ ). esso è così definito:

- ◆ pari a 0,5 per tutte le zone termiche dotate di sola ventilazione naturale;
  - ◆ pari al valore di progetto per impianti dotati di ventilazione forzata.
- 2) Definizione della temperatura interna dei locali riscaldati ( $\Theta_i$ ) e determinazione delle temperatura media mensile ( $\Theta_e$ ).
  - 3) Determinazione dei guadagni interni ( $\Phi_p$ ) per occupazione, apparecchiature, illuminazione, acqua calda di rete e reflua, impianti di riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, processi e prodotti.
  - 4) Determinazione dei guadagni per irraggiamento solare tramite i seguenti coefficienti:
    - Fattore di riduzione per ombreggiatura per ostacoli esterni ( $F_m$ );
    - Area di captazione ( $A_m$ );
    - Irradianza solare ( $I_m$ ).
  - 5) Determinazione della dispersione termica per conduzione e ventilazione ( $Q_{HHT}$ ) per ogni mese la cui durata t è espressa in ore:

$$Q_{HHT} = (H_{TR} + H_{VE}) * (\Theta_i - \Theta_e) * t = \left( \sum_j b_j * A_j * U_j + 0,35 * \sum_k n_k * V_k \right) * (\Theta_i - \Theta_e) * t$$

- 6) Determinazione dei guadagni energetici ( $Q_{HGN}$ ) mensili:

$$Q_{HGN} = \sum_p \Phi_p * t + \sum_m F_m * A_m * I_m$$

- 7) Determinazione dell'indicatore sui guadagni termici ( $\gamma_n$ ):

$$\gamma_n = \frac{Q_{HGN}}{Q_{HHT}}$$

- 8) Determinazione della capacità termica interna dell'edificio ( $C_m$ )



$$C_m = X * 10^3 * A_f$$

essendo **X** la capacità termica interna definita tramite la seguente tabella:

Struttura	X
Molto leggera	80.000
Leggera	110.000
Media	165.000
Pesante	260.000
Molto pesante	370.000

e **A<sub>f</sub>** la superficie calpestabile climatizzata dell'edificio.

9) Determinazione della costante di tempo dell'edificio (**τ**)

$$\tau = \frac{C_m / 3600}{H_{TR} + H_{VE}}$$

10) Determinazione del coefficiente **a<sub>H</sub>** essendo

$$a_H = a_{H0} + \frac{\tau}{\tau_{H0}} = 1 + \frac{\tau}{15}$$

11) Determinazione dell'indice **η<sub>H</sub>**, essendo:

- $\eta_H = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H + 1}} \leftarrow se \{ \gamma_H > 0; \gamma_H \neq 1 \}$
- $\eta_H = \frac{a_H}{1 + a_H} \leftarrow se \{ \gamma_H = 1 \}$
- $\eta_H = \frac{1}{\gamma_H} \leftarrow se \{ \gamma_H < 0 \}$

12) Calcolo del fabbisogno termico dell'involucro edilizio in condizioni continue.

- *Riscaldamento*  $\rightarrow Q_{HND} = Q_{HHT} - \eta_H * Q_{HGN}$

13) Calcolo delle ore di riscaldamento settimanali espresse in percentuale (**f<sub>H</sub>**):

Per un edificio ospedaliero le ore di riscaldamento settimanali sono poste pari a 168.

Per edifici con destinazione d'uso diverso dall'ospedaliero il numero di ore di riscaldamento settimanale è valutato utilizzando le equazioni seguenti a partire da un valore proposto dal committente e concordato in contraddittorio con l'aggiudicatario. Il committente dichiarerà



perciò il numero di ore di comfort che intende richiedere e tale dato verrà confrontato con il dato storico di richiesta di comfort.

Per zone specifiche e definite di strutture ospedaliere in cui la richiesta di comfort è parziale e il sistema impiantistico permette una gestione del comfort per la singola zona, si applica la metodologia sopra definita per gli edifici con destinazione d'uso diverso dall'ospedaliero.

Le equazioni da utilizzare sono le seguenti:

$$f_H = \frac{h_{sett}}{168}$$

essendo  $h_{sett} = h_{tot} / n_{sett}$

dove:

$h_{sett}$  = Ore di riscaldamento settimanali;

$h_{tot}$  = Ore di riscaldamento stagionali;

$n_{sett}$  = Numero di settimane di riscaldamento.

Per cui:

Per un edificio ospedaliero  $f_H = 1$ .

Per edifici con destinazione d'uso diverso dall'ospedaliero e Per zone specifiche e definite di strutture ospedaliere in cui la richiesta di comfort è parziale  $f_H < 1$

14) Determinazione dell'effetto intermittenza ( $a_H^*$ )

$$a_H^* = 1 - b_H^* * \frac{\tau_{H0}}{\tau} * \gamma_H * (1 - f_H) \quad \text{essendo} \quad \begin{cases} a_{H \min}^* = f_H \\ a_{H \max}^* = 1 \\ b_H^* = 3 \end{cases}$$

15) Determinazione Fabbisogno Termico dell'involucro edilizio in condizioni di funzionamento intermittente ( $Q_H$ ) per ognuno dei mesi della stagione termica:

$$\begin{aligned} Q_{H \text{ mens}} &= a_H^* * Q_{HND} = a_H^* * (Q_{HHT} - \eta_H * Q_{HNG}) \rightarrow \\ \rightarrow Q_{H \text{ mens}} &= a_H^* * \left\{ \left( \sum_j b_j * A_j * U_j + 0,35 * \sum_k n_k * V_k \right) * (\Theta_i - \Theta_e) * t - \eta_H * Q_{HNG} \right\} \rightarrow \\ \rightarrow Q_{H \text{ mens}} &= a_H^* * \left\{ C_g * V * (\Theta_i - \Theta_e) * t - \eta_H * Q_{HNG} \right\} \end{aligned}$$

La metodologia di calcolo del rendimento dell'impianto risulta semplificata e valutabile secondo le seguenti modalità:

I. Definizione del rendimento di emissione  $\eta_e$

Il valore di rendimento di emissione è posta pari a 1 indipendentemente dal tipo di terminali di emissione utilizzati.



## II. Definizione del rendimento di regolazione $\eta_r$

Il valore di rendimento di regolazione è posta pari a 1 indipendentemente dal tipo di sistema di regolazione.

## III. Definizione del rendimento di distribuzione $\eta_d$

Il valore di rendimento di distribuzione è definito in funzione della configurazione del sistema impiantistico secondo quanto indicato dalla successiva tabella; il valore è indipendente dal sistema di emissione presente nel sistema impiantistico.

Tipo di impianto	Tipo di distribuzione	Numero di piani	Isolamento distribuzione nel cantinato			
			Insufficiente Prima del 1961	Medio Tra 1961-1976	Discreto Tra 1977-1993	Legge 10/91 Dopo il 1993
			$\eta_d$			
IMPIANTO CENTRALIZZATO	VERTICALE. Montanti in traccia nei paramenti interni. Isolamento secondo legge 10/91. Tubazioni posteriori al 1993.	1				0,936
		2				0,947
		3				0,958
		4				0,969
		5 e più				0,98
IMPIANTO CENTRALIZZATO	VERTICALE. Montanti in traccia nei paramenti interni o nell'intercapedine. Isolamento leggero. Tubazioni realizzate tra il 1993 e il 1977.	1	0,856	0,868	0,880	0,908
		2	0,889	0,901	0,913	0,925
		3	0,904	0,917	0,927	0,939
		4	0,915	0,927	0,938	0,949
		5 e più	0,922	0,934	0,943	0,955
IMPIANTO CENTRALIZZATO	VERTICALE. Montanti correnti nell'intercapedine. Senza isolamento. Tubazioni precedenti al 1977	1	0,824	0,851	0,876	0,901
		2	0,876	0,901	0,925	0,913
		3	0,889	0,913	0,936	0,925
		4	0,901	0,913	0,936	0,936
		5 e più	0,913	0,925	0,947	0,947
IMPIANTO CENTRALIZZATO	ORIZZONTALE	Fino a 3	0,947	0,958	0,969	0,980
		Oltre a 3	0,958	0,969	0,980	0,990
IMPIANTO AUTONOMO			0,958	0,969	0,980	0,990

Prospetto XLIII – Rendimenti di distribuzione,  $\eta_{dh}$

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

## IV. Definizione del rendimento di emissione $\eta_e$



Il rendimento di distribuzione è definito secondo la seguente equazione:

$$\eta_e = \eta_G * fg$$

Dove:

$\eta_G$  = rendimento di generazione pari al rendimento di combustione valutato a partire dal rendimento misurato in opera secondo le modalità cogenti e pari alla media delle ultime tre misure registrate sul libretto di centrale.

$fg$  = fattore di riduzione impiantistico pari 0,9.

#### V. Definizione del rendimento di impianto $\eta$

Il rendimento di impianto è definito secondo la seguente equazione:

$$\eta = \eta_e * \eta_d$$

Essendo i valori costanti per l'intera stagione di riscaldamento il valore risulta anch'esso costante.

#### 16) La metodologia di calcolo del fabbisogno di energia primaria risulta valutabile secondo le seguenti modalità:

##### A. Definizione del fabbisogno di energia primaria del singolo mese $J_{mens}$ :

Il fabbisogno di energia primaria per il singolo mese  $J_{mens}$  viene valutato secondo la seguente equazione:

$$J_{mens} = \frac{Q_{mens}}{\eta}$$

Dove:

$J_{mens}$  = Fabbisogno di energia primaria per il singolo mese;

$Q_{mens}$  = Fabbisogno Termico dell'involucro edilizio calcolato su base mensile sia nel caso di funzionamento continuo che di funzionamento intermittente;

$\eta$  = rendimento di impianto.

##### B. Definizione del fabbisogno di energia primaria stagionale $J$ :

Il fabbisogno di energia primaria stagionale  $J$  viene valutato secondo la seguente equazione:

$$J = \sum_i J_{mens}$$

Dove:

$J$  = Fabbisogno di energia primaria stagionale;

$J_{mens}$  = Fabbisogno di energia primaria per il singolo mese;

$i$  = mesi della stagione termica di riscaldamento.



### Allegato

Definizione delle trasmittanze medie dei serramenti esterni, delle pareti esterne e dei solai esterni:

- $U_w$  = trasmittanza media dei serramenti esterni, in  $W/m^2 \cdot K$ ;
- $U_p$  = trasmittanza media delle pareti esterne, in  $W/m^2 \cdot K$ ;
- $U_s$  = trasmittanza media dei solai esterni, in  $W/m^2 \cdot K$ .

I valori sono determinati attraverso le seguenti tabelle:

SERRAMENTI	$K_w$
Vetrate con infissi in legno	5,00
Vetrate con infissi in metallo	5,80
Vetrate con infissi in legno (vetri doppi)	3,10
Vetrate con infissi in metallo (vetri doppi)	3,90

SOLAI	$K_s$
Solaio misto cls e forati/forati su putrelle (h=20 cm .ca) con pavimento litoide	1,70
Solaio misto cls e forati/forati su putrelle (h=20 cm .ca) con pavimento riv. in legno	1,47
Solaio pieno in cls (h=10 cm .ca) con pavimento litoide	3,49
Solaio pieno in cls (h=10 cm .ca) con pavimento riv. in legno	2,79
Voltine di mattoni pieni su putrelle con pavimento litoide	2,44
Voltine di mattoni pieni su putrelle con pavimento riv. In legno	2,09
Solaio in legno con travi inferiori in vista con pavimento litoide	2,79
Solaio in legno con travi inferiori in vista con pavimento riv. In legno	2,33
Solaio cls plafonato infer. con tavolato o graticcio intonacato con pavimento litoide	1,86
Solaio cls plafonato infer. con tavolato o graticcio intonacato con pavimento riv. in legno	1,63
Solaio a volte di mattoni pieni con pavimento litoide	1,51
Solaio a volte di mattoni pieni con pavimento riv. In legno	1,40

PARETI DISTINTE PER TIPOLOGIA STRUTTURALE DELL'EDIFICIO (lo spessore $s$ comprende l'intonaco ed è espresso in cm)	$K_p$
Prefabbricati pesanti in cls: $10 \leq s \leq 15$	3,32
Prefabbricati pesanti in cls: $15 < s \leq 20$	2,97
Prefabbricati pesanti in cls: $20 < s \leq 25$	2,68
Prefabbricati pesanti in cls: $25 < s \leq 30$	2,45
Prefabbricati pesanti in cls: $30 < s \leq 35$	2,19
Prefabbricati pesanti in cls: $35 < s \leq 40$	2,02
Prefabbricati pesanti in cls: $40 < s \leq 45$	1,86



Struttura reticolare in c.a./acciaio: pannelli $s = 10$ .ca	0,90
Struttura reticolare in c.a./acciaio: $20 \leq s \leq 25$	1,41
Struttura reticolare in c.a./acciaio: $25 < s \leq 30$	1,29
Struttura reticolare in c.a./acciaio: $30 < s \leq 35$	1,13
Struttura reticolare in c.a./acciaio: $35 < s \leq 40$	1,00
Struttura reticolare in c.a./acciaio: $40 < s \leq 45$	0,88
Struttura reticolare in c.a./acciaio: $45 < s \leq 50$	0,77
Struttura portante in mattoni pieni: $20 \leq s \leq 30$	1,85
Struttura portante in mattoni pieni: $30 < s \leq 40$	1,72
Struttura portante in mattoni pieni: $40 < s \leq 50$	1,31
Struttura portante in mattoni pieni: $50 < s \leq 60$	1,16
Struttura portante in pietrame: $30 \leq s \leq 40$	2,38
Struttura portante in pietrame: $40 < s \leq 50$	2,09
Struttura portante in pietrame: $50 < s \leq 60$	1,86
Struttura portante in pietrame: $60 < s \leq 70$	1,69
Struttura portante in pietrame: $70 < s \leq 80$	1,56
Struttura portante in pietrame: $80 < s \leq 90$	1,45
Struttura portante in pietrame: $90 < s \leq 100$	1,34
Struttura portante in pietrame: $100 < s \leq 110$	1,22
Struttura portante in pietrame: $110 < s \leq 120$	1,13

Nel caso in cui alle pareti esterne sia applicato uno strato di isolante termico di spessore  $S_t$ , in metri, si ridurrà  $K_p$  ad un valore:

$$K'_p = \frac{1}{\frac{1}{K_p} + \frac{s_t}{0,04}} .$$

Nel caso in cui ai solai esterni sia applicato uno strato di isolante termico di spessore  $S_t$ , in metri, si ridurrà  $K_s$  ad un valore

$$K'_s = \frac{1}{\frac{1}{K_s} + \frac{s_t}{0,04}} .$$