



---

## Misura standardizzata KA-02

# Sostituzione di prodotti di raffrescamento fino a 250 kW

## Documentazione

Numero della misura

KA-02

Versione

2.0 (11.2025)

---

Versione	Modifiche rispetto alla versione precedente
1.0	Prima versione
2.0	Calcolo dei risparmi di elettricità computabili in kWh Diverse modifiche testuali



## 1 Introduzione

Con la legge federale su un approvvigionamento elettrico sicuro con le energie rinnovabili, nella sessione autunnale del 2023 il Parlamento ha fissato l'obbligo per i fornitori di elettricità di adottare misure di miglioramento dell'efficienza energetica. Secondo l'articolo 46b della legge sull'energia (RS 730.0; LEne), i fornitori di elettricità devono realizzare gli obiettivi mediante misure volte a migliorare l'efficienza energetica applicate ad apparecchi, impianti e veicoli elettrici esistenti presso i consumatori finali svizzeri oppure, se le misure vengono realizzate da terzi, devono fornire le relative prove. L'Ufficio federale dell'energia (UFE) definisce ogni anno un elenco di misure standardizzate e i relativi risparmi di elettricità computabili. Le misure non incluse nel catalogo delle misure standardizzate possono essere sottoposte all'UFE per approvazione come cosiddette misure non standardizzate.

Per ogni misura standardizzata, l'UFE fornisce un protocollo di risparmio con cui i fornitori di elettricità possono notificare le misure adottate. Nella documentazione accompagnatoria viene illustrata in modo chiaro la metodologia utilizzata per determinare il risparmio di elettricità computabile. Questa metodologia fornisce una stima generale del risparmio cumulativo di elettricità (energia finale) generato dall'adozione della corrispondente misura di efficienza elettrica per la durata dell'effetto. Si basa su un calcolo ex ante e utilizza ipotesi e fattori che sono stati definiti in base a norme attuali, studi di mercato, letteratura scientifica e contributi di esperti.

La documentazione si rivolge ai fornitori di elettricità, a coloro che adottano misure di miglioramento dell'efficienza energetica ed anche a chiunque altro sia interessato al risparmio di elettricità nell'ambito del miglioramento dell'efficienza energetica in base all'articolo 46b LEne.

## 2 Obiettivo

L'obiettivo del presente documento è quello di stimare il risparmio di elettricità derivante dalla sostituzione di uno o più condizionatori d'aria, chiller per la climatizzazione d'ambiente o chiller di processo, fino a 250 kW, (di seguito prodotti di raffrescamento) con uno o più impianti maggiormente efficienti.

## 3 Simboli, termini e unità di misura

### Lettere latine

Simbolo	Termine	Unità
$\dot{E}$	Potenza elettrica	kW
$E$	Consumo di elettricità	kWh
$\Delta E_{eco}$	Risparmio cumulativo di elettricità	kWh
$b$	Fattore del Bin	-
$f$	Fattore	-
JAZ	Coefficiente di lavoro annuo	-
$N_s$	Durata standard dell'effetto	a
$\dot{Q}$	Potenza di raffrescamento	kW
$t$	Durata del Bin	h/a
UA	Valore di conducibilità termica	kW/K

### Lettere greche

Simbolo	Termine	Unità
$\eta$	Grado di rendimento exergetico	-
$\tau$	Tasso di carico del Bin	-
$\theta$	Temperatura del Bin	°C



#### Indici

$x$	Stato (vecchio, nuovo)
$i$	Bin
$comp$	Compressore
$cond$	Condensatore
$evap$	Evaporatore
$ac$	Raffreddatore
$aux$	Gruppi ausiliari (ventilatori, ecc.)
$fc$	Freecooling
$defrost$	Sbrinamento

## 4 Descrizione del calcolo ex ante

### 4.1 Risparmio computabile

Il risparmio di elettricità computabile  $\Delta E_{eco}$  della misura è determinato dalla differenza fra il consumo annuale di elettricità attuale (stato attuale)  $E_{alt}$  e quello nuovo (stato dopo il rinnovamento)  $E_{neu}$ , cumulato nel corso della durata standard dell'effetto  $N_s$ .

Per tenere conto del tasso di rinnovamento e ottimizzazione naturale di apparecchi e impianti, che porta a una riduzione del consumo energetico non dovuto a obblighi di legge, il risparmio di elettricità computabile viene ridotto mediante un fattore di riduzione  $f_{eco}$  pari a 0.75.

$$\Delta E_{eco} = (E_{alt} - E_{neu}) \cdot f_{eco} \cdot N_s$$

$\Delta E_{eco}$	Risparmio cumulativo di elettricità in kWh
$E_{alt}$	Consumo annuo di elettricità nel vecchio stato in kWh/a
$E_{neu}$	Consumo annuo di elettricità nel nuovo stato in kWh/a
$f_{eco}$	Fattore di riduzione
$N_s$	Durata standard dell'effetto in anni

### 4.2 Consumo annuo di elettricità

Il consumo annuo di elettricità per la produzione del freddo attuale e dopo il rinnovamento si basa su un metodo BIN e viene calcolato come somma del consumo di elettricità dei compressori ( $comp$ ) e dei ventilatori ( $aux$ ) e, nel caso dei raffreddatori evaporativi, dello sbrinamento degli evaporatori ( $defrost$ ) per ogni Bin. Gli indici  $i$  e  $x$  designano, in modo indipendente uno dall'altro, la numerazione dei rispettivi Bin, ovvero lo stato attuale ( $alt$ ) o quello dopo il rinnovamento ( $neu$ ). Il consumo annuo di elettricità viene espresso nel seguente modo:

$$E_x = \sum_i E_{comp,x,i} + E_{aux,x,i} + E_{defrost,x,i}$$

$E_x$	Consumo annuo di elettricità in kWh/a
$E_{x,i}$	Consumo di elettricità del Bin in kWh

Per le produzioni del freddo in assenza di freecooling il consumo di elettricità dei compressori per ogni Bin viene espresso nel seguente modo:

$$E_{comp,x,i} = \frac{(\dot{Q}_x \cdot \tau_{x,i} - \dot{Q}_{fc,x,i}) \cdot t_i}{\eta_x \cdot \left( \frac{\theta_{cond,x,i} + 273,15}{\theta_{cond,x,i} - \theta_{evap,x,i}} - 1 \right)}$$

$E_{x,i}$	Consumo di elettricità del Bin in kWh
$\dot{Q}_x$	Potenza nominale di raffrescamento installata in kW



$t_i$	Durata del Bin in ore
$\eta_x$	Grado di rendimento exergetico
$\tau_{x,i}$	Tasso di carico del Bin
$\theta_{cond,x,i}$	Temperatura di condensazione in °C
$\theta_{evap,x,i}$	Temperatura di evaporazione in °C

Il fabbisogno di raffrescamento soddisfatto mediante il freecooling dipende dalla configurazione dell'impianto e viene calcolato nel seguente modo:

$$\dot{Q}_{fc,x,i}^{max} = UA_{fc,x} \cdot \frac{(\theta_{0,x} - \theta_{sink,x,i}) - (\theta_{0,x} + \Delta\theta_{0,x} - \theta_{sink,x,i} - \Delta\theta_{sink,x})}{\ln(\theta_{0,x} - \theta_{sink,x,i}) - \ln(\theta_{0,x} + \Delta\theta_{0,x} - \theta_{sink,x,i} - \Delta\theta_{sink,x})}$$

In parallelo

$$\dot{Q}_{fc,x,i} = \begin{cases} \dot{Q}_x \cdot \tau_{x,i}, & \dot{Q}_{fc,x,i}^{max} \geq \dot{Q}_x \cdot \tau_{x,i} \\ 0, & \dot{Q}_{fc,x,i}^{max} < \dot{Q}_x \cdot \tau_{x,i} \end{cases}$$

In serie

$$\dot{Q}_{fc,x,i} = \begin{cases} \min(\dot{Q}_{fc,x,i}^{max}; \dot{Q}_x \cdot \tau_{x,i}), & \dot{Q}_{fc,x,i}^{max} \geq 0 \\ 0, & \dot{Q}_{fc,x,i}^{max} < 0 \end{cases}$$

$UA_{fc,x}$	Freecooling - valori di conducibilità termica in kW/K
$\dot{Q}_x$	Potenza nominale di raffrescamento installata in kW
$\dot{Q}_{fc,x,i}$	Freecooling - potenza di raffrescamento del Bin in kW
$\dot{Q}_{fc,x,i}^{max}$	Freecooling - potenza di raffrescamento massima del Bin in kW
$\tau_{x,i}$	Tasso di carico del Bin
$\theta_{0,x}$	Temperatura del fluido di raffreddamento (in uscita) in °C
$\Delta\theta_{0,x}$	Differenza di temperatura del fluido di raffreddamento in °C
$\theta_{sink,x,i}$	Temperatura del Bin del pozzo caldo in °C
$\Delta\theta_{sink,x}$	Differenza di temperatura del pozzo caldo in °C

Se il freddo viene trasferito all'ambiente per evaporazione diretta, anziché la temperatura del fluido di raffreddamento  $\theta_{0,x}$  si utilizza la temperatura di evaporazione  $\theta_{evap,x}$ .

Il tasso di carico del Bin dell'impianto viene calcolato nel seguente modo:

$$\tau_{x,i} = \underbrace{\frac{1}{\dot{Q}_x} \cdot (\dot{Q}_0 - \dot{Q}_{b,0}) \cdot \max\left(0; \frac{\theta_{amb,i} + \Delta\theta_{solar} - \theta_{amb,str}}{\theta_{amb,0} - \theta_{amb,str}}\right)}_{\tau_{net,x,i}} + \frac{\dot{Q}_{b,0}}{\dot{Q}_x} + \frac{f_{defrost,th,x}}{24} \cdot b_{x,i}$$

$$b_{x,i} = \begin{cases} 0, & \tau_{net,x,i} = 0 \\ 1, & \tau_{net,x,i} > 0 \end{cases}$$

$b_{x,i}$	Fattore di fabbisogno del Bin
$f_{defrost,th,x}$	Fattore di produzione del freddo (giornaliero) per sbrinamento
$\dot{Q}_0$	Potenza di raffrescamento in condizioni di progettazione in kW
$\dot{Q}_0$	Potenza di raffrescamento in condizioni di progettazione in kW
$\tau_{x,i}$	Tasso di carico del Bin
$\Delta\theta_{solar}$	Correzione della temperatura in °C
$\theta_{amb,i}$	Temperatura esterna del Bin in °C
$\theta_{amb,str}$	Temperatura esterna a partire dalla quale esiste un fabbisogno di raffrescamento in °C
$\theta_{amb,0}$	Temperatura esterna in condizioni di progettazione in °C



Si procede alla correzione della temperatura  $\Delta\theta_{solar}$  tra l'altro per tenere conto dell'effetto degli apporti di calore solare, visto che la climatizzazione d'ambiente è utilizzata soprattutto in questo periodo. Il fattore  $f_{defrost,x}$  rappresenta il fabbisogno di raffrescamento aggiuntivo per compensare l'erogazione di calore necessario allo sbrinamento degli evaporatori durante l'esercizio dell'impianto; il valore del fattore dipende dal tipo di processo di sbrinamento.

La temperatura di evaporazione  $\theta_{evap}$  viene calcolata nel seguente modo:

$$\theta_{evap,min,x,i} = \theta_{0,x} + \Delta\theta_{evap,min,x}$$

$\theta_{0,x}$	Temperatura del fluido di raffreddamento (in uscita) in °C
$\Delta\theta_{evap,min,x}$	Differenza di temperatura minima nell'evaporatore <sup>1</sup> in °C
$\theta_{evap,x}$	Temperatura di evaporazione in °C

La temperatura di condensazione viene calcolata nel seguente modo, in base al tipo di regolatore di pressione utilizzato:

Termostatico	$\theta_{cond,x,i} = \max(\theta_{th,min}; \theta_{sink,x,i} + \Delta\theta'_{cond,min,x})$
Elettronico	$\theta_{cond,x,i} = \max(\theta_{evap,x} + \theta_{el,min}; \theta_{sink,x,i} + \Delta\theta'_{cond,min,x})$
$\theta_{min,x}$	Aumento della temperatura in °C
$\theta_{sink,x,i}$	Temperatura del Bin del pozzo caldo in °C
$\Delta\theta'_{cond,min,x}$	Differenza minima di temperatura nel sistema di cessione del calore in °C
$\theta_{evap,x}$	Temperatura di evaporazione in °C

Dove  $\theta_{th,min}$  è la temperatura di condensazione minima necessaria con un regolatore di pressione termostatico,  $\theta_{src,i}$  è la temperatura del Bin del fluido di raffreddamento e  $\theta_{el,min}$  è la differenza minima di temperatura necessaria tra la condensazione e l'evaporazione con un regolatore di pressione elettronico. Nel caso di un impianto con un termovettore liquido che cede calore all'ambiente esterno mediante raffreddatori, la differenza minima di temperatura  $\Delta\theta_{cond,min,x}$  include le differenze di temperatura aggiuntive del raffreddatore:

Con raffreddatore	$\Delta\theta'_{cond,min,x} = \Delta\theta_{cond,min,x} + \Delta\theta_{ac,min,x} + \Delta\theta_{ac,x}$
Altro	$\Delta\theta'_{cond,min,x} = \Delta\theta_{cond,min,x}$
$\Delta\theta'_{cond,min,x}$	Differenza minima di temperatura nel sistema di cessione del calore in °C
$\Delta\theta_{cond,min,x}$	Differenza minima di temperatura nel condensatore <sup>2</sup> in °C
$\Delta\theta_{ac,min,x}$	Differenza minima di temperatura nel raffreddatore <sup>3</sup> in °C
$\Delta\theta_{ac,x}$	Differenza di temperatura del termovettore nel raffreddatore <sup>4</sup> in °C

Il consumo di elettricità del Bin dei ventilatori viene indicato in base al tipo di esercizio degli apparecchi:

On/Off	$E_{aux,x,i} = \dot{E}_{aux,x} \cdot \tau_{x,i} \cdot t_i$
--------	--

<sup>1</sup> Temperatura di uscita del fluido di raffreddamento meno temperatura di evaporazione

<sup>2</sup> Temperatura di condensazione meno temperatura di entrata del termovettore

<sup>3</sup> Temperatura di entrata dell'aria meno temperatura di uscita del termovettore

<sup>4</sup> Temperatura di entrata meno temperatura di uscita del termovettore



$$\text{Modulante} \quad E_{aux,x,i} = \begin{cases} 0, & \tau_{x,i} = 0 \\ \dot{E}_{aux,x} \cdot \max(0.3; \tau_{x,i})^3 \cdot t_i, & \tau_{x,i} > 0 \end{cases}$$

$t_i$	Durata del Bin in ore
$\tau_{x,i}$	Tasso di carico del Bin
$\dot{E}_{aux,x}$	Potenza elettrica nominale dei ventilatori in kW
$E_{aux,x,i}$	Consumo di elettricità del Bin in kWh

Dove  $\dot{E}_{aux,cond,x}$  o  $\dot{E}_{aux,evap,x}$  è la potenza elettrica nominale assorbita (a pieno carico) dai ventilatori dell'evaporatore rispettivamente del condensatore e viene calcolata nel seguente modo:

$$\text{Evaporatore} \quad \dot{E}_{aux,evap,x} = \dot{Q}_{evap,x} \cdot f_{aux,x} = \dot{Q}_x \cdot f_{aux,x}$$

$$\text{Condensatore} \quad \dot{E}_{aux,cond,x} = \dot{Q}_{cond,x} \cdot f_{aux,x}$$

$\dot{Q}_x$	Potenza nominale di raffrescamento installata in kW
$\dot{Q}_{cond,x}$	Fabbisogno di raffreddamento installato in kW
$f_{aux,x}$	Potenza elettrica assorbita specifica dei ventilatori
$\dot{E}_{aux,x,i}$	Potenza elettrica nominale dei ventilatori in kW

La potenza  $\dot{Q}_{cond,x}$  viene calcolata nel seguente modo:

$$\dot{Q}_{cond,x} = \dot{Q}_x + \frac{\dot{Q}_x}{\eta_x \cdot \left( \frac{\theta_{sink,x,0} + \Delta\theta_{cond,x} + 273,15}{\theta_{sink,x,0} + \Delta\theta_{cond,x} - \theta_{evap,x}} - 1 \right)}$$

$\dot{Q}_{cond,x}$	Fabbisogno di raffreddamento installato in kW
$\dot{Q}_x$	Potenza nominale di raffrescamento installata in kW
$\eta_x$	Grado di rendimento exergetico
$\theta_{sink,x,0}$	Temperatura del termovettore in condizioni di progettazione in °C
$\Delta\theta_{cond,x}$	Differenza di temperatura nello scambiatore di calore <sup>5</sup> in °C
$\theta_{evap,x}$	Temperatura di evaporazione in °C

Il consumo di elettricità diretto mensile per lo sbrinamento degli evaporatori viene calcolato nel seguente modo:

$$E_{defrost,x,i} = \dot{Q}_x \cdot \frac{f_{defrost,el,x}}{24} \cdot b_{x,i} \cdot t_i$$

$b_{x,i}$	Fattore di fabbisogno del Bin
$E_{defrost,x,i}$	Consumo di elettricità del Bin per lo sbrinamento in kWh
$f_{defrost,el,x}$	Consumo di elettricità (giornaliero) specifico per lo sbrinamento
$\dot{Q}_x$	Potenza nominale di raffrescamento installata in kW

La produzione di freddo lorda annua viene ricavata nel seguente modo:

$$Q_x = \dot{Q}_x \cdot \sum_i \tau_{x,i} \cdot t_i$$

<sup>5</sup> Temperatura di condensazione meno temperatura di entrata del termovettore



$Q_x$	Produzione di freddo lorda annua in kWh/a
$\dot{Q}_x$	Potenza nominale di raffrescamento installata in kW
$t_i$	Durata del Bin in ore
$\tau_{x,i}$	Tasso di carico del Bin

Si tratta di una produzione lorda perché include anche la produzione eccedente necessaria per compensare l'erogazione di energia termica derivante dallo sbrinamento. Il coefficiente di lavoro annuo dell'impianto viene indicato nel seguente modo:

$$JAZ_x = \frac{Q_x}{E_x}$$

$E_x$	Consumo annuo di elettricità in kWh/a
$Q_x$	Produzione di freddo lorda annua in kWh/a
$JAZ_x$	Coefficiente di lavoro annuo

## 5 Variabili di ingresso

### *In generale*

- Le stazioni climatologiche e idrologiche (*scelta multipla*)
- La temperatura esterna di progettazione in °C (*numero intero*)

### *Impianto*

- La potenza nominale di raffrescamento in kW (*numero decimale*)
- L'anno di costruzione dell'impianto (*scelta multipla*)
- La disponibilità di freecooling (*scelta multipla*)
- Il tipo di valvola(e) di espansione (*facoltativo, scelta multipla*)
- Il tipo di compressore(i) (*facoltativo, scelta multipla*)
- Il tipo di evaporatore(i) (*facoltativo, scelta multipla*)
- Il tipo di condensatore(i) (*facoltativo, scelta multipla*)
- Il tipo di raffreddatore(i) (*facoltativo, scelta multipla*)

### *Fabbisogno di freddo*

- Il profilo di fabbisogno energetico (*scelta multipla*)
- La potenza di raffrescamento di progettazione in kW (*numero decimale*)
- Le ore di esercizio giornaliero in ore (*numero intero*)
- La temperatura di applicazione in °C (*numero decimale*)

## 6 Ipotesi e dati

### *In generale*

- La vita utile standard della misura  $N_s$  è di 15 anni.
- Il valore standard per la temperatura di progettazione (ambiente esterno)  $\theta_{amb,0}$  è di 35 °C.
- Le durate del Bin delle rispettive stazioni climatologiche corrispondono ai valori standard secondo il quaderno tecnico SIA 2028:2010 [1]. Le temperature del Bin delle rispettive stazioni idrologiche sono indicate nella tabella 1 [2].



**Tabella 1** Valori del Bin stazioni idrologiche [2, 4]

Stazione idrogeologica	Temperatura del Bin $\theta_{sink}$ [°C]
Acqua di lago (a > 45m di profondità)	7.5
Flusso (media)	min (max (4.71 + 0.76 · $\theta_{amb,i}$ ; 22.0) ; 3.0) *

\*  $\theta_{amb,i}$  corrisponde alla temperatura esterna del Bin in °C

### Impianto

- iv. I valori standard per il tipo di valvola di espansione sono sintetizzati nella tabella 2.

**Tabella 2** Tipi di valvola di espansione [2]

Valvola di espansione	Anno di costruzione dell'impianto [-]
Termostatica	< 1995
Elettronica	≥ 1995

- v. I gradi di rendimento exergetico  $\eta$  in base al tipo di compressore sono indicati nella tabella 3 (il valore standard è 0,45).

**Tabella 3** Grado di rendimento in base al tipo di compressore [2]

Tipo di compressore	Grado di rendimento $\eta$ [-]
Compressore a pistoncini (ermetico)	0.37
Compressore a pistoncini (semiermetico)	0.45
Compressore scroll	0.45
Compressore a vite	0.49
Turbocompressore	0.54

- vi. I valori standard per le differenze di temperatura  $\Delta\theta_{evap,min}$  negli evaporatori in base al tipo e al fluido di raffreddamento sono riportati nella tabella 4.

**Tabella 4** Differenze di temperatura degli evaporatori [3]

Evaporatore	Fluido di raffreddamento	$\Delta\theta_{evap,min}$ [°C]
Lamelle (a secco)	Evaporazione diretta	10,0 *
Lamelle (allagato)	Evaporazione diretta	5.5 *
Piastre	Raffreddamento del liquido	4.5 **
Fascio tubiero	Raffreddamento del liquido	4.0 **
Ignoto (stato gassoso)	Evaporazione diretta	8.0 *
Ignoto (liquido)	Raffreddamento del liquido	4.5 **

\* Temperatura di entrata dell'aria esterna meno temperatura di evaporazione (in uscita)

\*\* Temperatura di uscita del fluido di raffreddamento meno temperatura di evaporazione (in uscita)

- vii. I valori standard per le differenze di temperatura  $\Delta\theta_{cond,min}$  nei condensatori in base al tipo e al veicolo del termovettore sono riportati nella tabella 5.



**Tabella 5** Differenze di temperatura dei condensatori [3]

Condensatore	Termovettore	$\Delta\theta_{cond,min}$ [°C]
Lamelle (condensazione diretta)	Condensazione diretta	8.5 *
Piastre	Acqua	3.5 **
Fascio tubiero	Acqua	2.5 **
Ignoto (stato gassoso)	Condensazione diretta	12.5 *
Ignoto (liquido)	Acqua	3.5 **

\* Temperatura di entrata dell'aria fredda meno temperatura di condensazione (in entrata)

\*\* Temperatura di uscita del termovettore meno temperatura di condensazione (in entrata)

- viii. I valori standard per le differenze di temperatura  $\Delta\theta_{ac,min}$  e  $\Delta\theta_{ac}$  nei raffreddatori in base al tipo sono riportati nella tabella 6.

**Tabella 6** Differenze di temperatura dei condensatori [3]

Condensatore	$\Delta\theta_{ac}$ [°C]	$\Delta\theta_{ac,min}$ [°C]
Secco	2.0	7.0 *
Ignoto / altri	2.0	8.0 *
Nessun raffreddatore	0.0	0.0

\* Temperatura di entrata dell'aria meno temperatura del termovettore (in uscita)

- ix. I valori standard per la regolazione e la potenza elettrica specifica assorbita dei ventilatori di evaporatori e condensatori (inclusi i raffreddatori) in base al periodo di costruzione sono sintetizzati nella tabella 7. Come valore standard per gli scambiatori di calore ad aria del freecooling si ipotizza l'anno di costruzione > 2005.

**Tabella 7** Regolazione e potenza elettrica dei ventilatori [2]

Anno di costruzione dell'impianto	Regolazione	Potenza elettrica specifica [kW/kW]
< 1995	On/Off	0.050
1995 – 2005	On/Off	0.035
> 2005	Modulante	0.020

- x. I valori standard specifici per il consumo di elettricità giornaliero aggiuntivo  $f_{defrost,el}$  nonché il fabbisogno di freddo giornaliero aggiuntivo  $f_{defrost,th}$  in base al tipo di procedura di sbrinamento sono riportati nella tabella 8.

**Tabella 8** Fabbisogno di freddo e consumo di elettricità aggiuntivo per lo sbrinamento degli evaporatori [2]

Procedura di sbrinamento	Temperatura del fluido di raffreddamento [°C]	Potenza termica specifica [kW/kW]	Potenza elettrica specifica [kW/kW]
Sbrinamento con gas caldo	< 0	0.5	0.250
Ventilazione esterna	0 – 8	0.5	0.125
Nessuno	> 8	0.0	0.000

- xi. La potenza di raffrescamento dello scambiatore di calore aggiuntivo del freecooling in condizioni di progettazione è uguale alla potenza di raffreddamento installata  $\dot{Q}_{cond,x}$ .



- xii. Per i condensatori ad aria o i raffreddatori, le temperature di progettazione per il lato del pozzo caldo e per il lato del termovettore sono rispettivamente 35 °C / 39 °C o 46°C / 42 °C.
- xiii. Per i condensatori ad acqua, le temperature di progettazione per il lato del pozzo caldo e per il lato del termovettore sono rispettivamente 10 °C / 14 °C e 15 °C / 19 °C.
- xiv. Il valore di conducibilità termica dello scambiatore di calore aggiuntivo del freecooling viene calcolato sulla base delle condizioni di progettazione (si veda punto xi.-xiii.).

#### *Fabbisogno di freddo*

- xv. La temperatura esterna a partire dalla quale esiste un fabbisogno di climatizzazione d'ambiente è pari a 20°C. Per le altre applicazioni questo valore è pari a 5 °C (escluso il carico di base che si verifica sempre).
- xvi. Le ore di esercizio giornaliero sono di norma 24 h/a come impostazione standard.
- xvii. La quota di carico di base (ossia il fabbisogno di freddo medio durante il mese più freddo dell'anno) viene definita in base alla categoria di applicazione. I valori standard sono riportati nella tabella 9.

**Tabella 9** Quota di carico di base per tipo di applicazione

Applicazione	Quota di carico di base [%]
Climatizzazione d'ambiente	0
Freddo positivo per imprese	40
Freddo positivo-negativo per imprese	60
Freddo di processo / server IT	80

## **7 Risultati**

Alla luce delle ipotesi e dei dati presentati, si determina il risparmio di elettricità computabile per ogni impianto di raffrescamento con riferimento alle variabili di ingresso stabilite. A questo scopo si utilizza il tool Excel pubblicamente accessibile *CalcuCool*.

## **8 Esempi**

Scenario A: Sostituzione di un impianto di climatizzazione aria-acqua da 120 kW (compreso raffreddatore e senza freecooling) dell'anno 2002 in un edificio a uso uffici (Zurigo, ZH). La potenza di raffrescamento di progettazione è pari a 100 kW e il fabbisogno di temperatura è di 16°C. I raffreddatori non vengono sostituiti.

Applicazione	Variabili di ingresso	Valori		Risparmio di elettricità computabile [kWh]
		vecchio	nuovo	
Climatizzazione d'ambiente (< 2000 h/a)	Potenza nominale di raffrescamento in kW	120	120	
	Potenza di raffrescamento di progettazione in kW	100	100	
	Ore di esercizio in h/d	24	24	
	Fabbisogno di temperatura in °C	16	16	
	Anno di costruzione	1995 - 2005	> 2005	



	Evaporatore	nessun dato	Piastre	
	Condensatore	nessun dato	Piastre	
<b>Totale</b>				<b>33'700</b>

## 9 Fonti

- [1] Società svizzera degli ingegneri e degli architetti, *Dati climatici per la fisica della costruzione, per l'energia e per l'impiantistica degli edifici*, SIA 2028, 2010.
- [2] *Ersatz der Kälteproduktion*, Programma PEIK, Berna, 2019.
- [3] *Optimierung von Kälteanlagen: Massnahmen und Potenziale*, EnergieSchweiz, Berna, 2020.
- [4] Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), *Reti di misurazione della temperatura dell'acqua*.