



Misura standardizzata IK-03

Sistemi di raffreddamento nei centri di calcolo

Documentazione

Numero della misura

IK-03

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 fornire una stima generale del risparmio di elettricità derivante dall'ottimizzazione dell'esercizio dei sistemi di raffreddamento e di ventilazione (di seguito sistemi di raffreddamento) nei centri di calcolo.

3 Simboli, termini e unità di misura

Lettere latine

Simbolo	Termine	Unità
E	Consumo annuo di elettricità	kWh/a
\dot{E}	Potenza elettrica assorbita	kW
ΔE_{eco}	Risparmio cumulativo di elettricità	kWh
f	Fattore	-
n	Numero	-
N_s	Durata standard dell'effetto	a
\dot{Q}	Potenza refrigerante	kW
t_{on}	Ore di esercizio annuali	h/a
\dot{V}	Portata volumetrica	m ³ /s
ΔP_0	Differenza di pressione totale	Pa

Lettere greche

Simbolo	Termine	Unità
$\Delta\theta$	Divario di temperatura	K
$\rho \cdot c_p$	Capacità specifica di accumulo di calore dell'aria	kWh/(m ³ ·K)
τ	Fattore di utilizzo	-
η	Efficienza	-



Indici

x Stato (vecchio, nuovo)

4 Descrizione del calcolo ex ante

4.1 Risparmio computabile

Il risparmio di elettricità computabile ΔE_{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 naturale di rinnovamento e di ottimizzazione di apparecchi e impianti, che porta a una riduzione del consumo energetico non dovuta a obblighi di legge, il risparmio di elettricità computabile viene ridotto mediante un fattore di riduzione f_{eco} pari a 0.75.

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

ΔE_{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: ottimizzazione delle ridondanze di apparecchi di raffreddamento a ricircolo d'aria

La maggior parte dei centri di calcolo e delle sale server è dotata di ridondanze per garantire la sicurezza dell'esercizio. Questi dispositivi ridondanti (ad esempio, apparecchi di raffreddamento a ricircolo d'aria) sono solitamente mantenuti in stand by e non sono integrati nell'esercizio normale. Se queste ridondanze vengono integrate nell'esercizio, alcuni dispositivi possono funzionare a carico parziale e quindi in modo più efficiente.

La potenza refrigerante media \dot{Q}_x e la portata d'aria media \dot{V}_x degli apparecchi di raffreddamento a ricircolo d'aria possono essere calcolate sulla base del numero di apparecchi integrati nell'esercizio normale n_x e del fabbisogno di raffreddamento \dot{Q} . L'indice x indica lo stato attuale (*alt*) o quello dopo il rinnovamento (*neu*).

$$\dot{Q} = n_x \cdot \dot{Q}_x = n_x \cdot \rho \cdot c_p \cdot \dot{V}_x \cdot \Delta\theta$$

\dot{Q}	Fabbisogno di raffreddamento del centro di calcolo, in kW
\dot{Q}_x	Potenza refrigerante media, in kW
n_x	Numero di apparecchi integrati nell'esercizio normale, in unità
$\rho \cdot c_p$	Capacità specifica di accumulo di calore dell'aria
\dot{V}_x	Portata volumetrica media, in m ³ /h
$\Delta\theta$	Divario di temperatura (mandata - ritorno) dell'aria di raffreddamento, in K

La portata d'aria media può essere espressa in funzione di un fattore di utilizzo τ_x e della portata d'aria nominale.

$$\dot{V}_x = \tau_x \cdot \dot{V}_0$$

\dot{V}_0	Portata d'aria nominale, in m ³ /s
\dot{V}_x	Portata volumetrica media, in m ³ /h
τ_x	Fattore di utilizzo



La potenza elettrica assorbita \dot{E}_x dagli apparecchi di raffreddamento a ricircolo d'aria varia, analogamente ad altri sistemi di ventilatori, proporzionalmente al grado di utilizzo elevato a 2.5 [1]. La potenza elettrica nominale assorbita \dot{E}_0 può essere espressa in funzione della portata volumetrica \dot{V}_0 , della differenza di pressione totale ΔP_0 e dell'efficienza complessiva η_0 .

$$\dot{E}_x = \dot{E}_0 \cdot \left(\frac{\dot{V}_x}{\dot{V}_0} \right)^{2.5} = \frac{\dot{V}_0 \cdot \Delta P_0}{1000 \cdot \eta_0} \cdot (\tau_x)^{2.5}$$

\dot{E}_0	Potenza elettrica nominale assorbita in kW
\dot{E}_x	Potenza elettrica assorbita in kW
\dot{V}_0	Portata volumetrica nominale, in m ³ /s
\dot{V}_x	Portata volumetrica media, in m ³ /h
ΔP_0	Differenza di pressione totale, in Pa
η_0	Efficienza
τ_x	Fattore di utilizzo

Infine, il consumo annuo di energia può essere calcolato in base alle ore di esercizio annue e al numero di apparecchi integrati nell'esercizio normale.

$$E_x = n_x \cdot \dot{E}_x \cdot t_{on}$$

E_x	Consumo annuo di elettricità in kWh/a
\dot{E}_x	Potenza elettrica assorbita in kW
n_x	Numero di apparecchi integrati nell'esercizio normale, in unità
t_{on}	Ore annue di esercizio, in h/a

4.3 Consumo annuo di elettricità: Ottimizzazione della temperatura dell'aria di mandata

L'attuale standard internazionale ASHRAE 90.4-2022 raccomanda una temperatura dell'aria di mandata di 27°C e considera ammissibile una temperatura fino a 32°C [2]. Tuttavia, ciò richiede che i rack siano chiusi (separazione del corridoio freddo da quello caldo). Grazie a un migliore incanalamento dell'aria è possibile aumentare le temperature del sistema e quindi utilizzare più free cooling o almeno aumentare l'efficienza della generazione di raffreddamento (fabbisogno di elettricità per apparecchiature di refrigerazione e raffreddatori). Questo vale in particolare per i sistemi dotati di free cooling. Aumentando le temperature del sistema, è possibile aumentare in egual misura le temperature dell'acqua fredda nel sistema. Ciò consente di aumentare la quota di free cooling e riduce i tempi di funzionamento del refrigeratore. Questo vale per l'esercizio seriale e misto. Per i sistemi con funzionamento unicamente a refrigeratore, la quota di free cooling non aumenta, ma migliora il valore del coefficiente di prestazione annuo e quindi, anche in questo caso, si riduce il consumo di elettricità. Il metodo di calcolo esatto è descritto in dettaglio nella documentazione KA-02 [3].

5 Variabili di ingresso

Ottimizzazione delle ridondanze di apparecchi di raffreddamento a ricircolo d'aria

- Potenza elettrica nominale degli apparecchi di raffreddamento a ricircolo d'aria (*numero intero > 0*)
- Fattore di utilizzo prima e dopo l'attuazione (*percentuale*)
- Numero di apparecchi di raffreddamento a ricircolo d'aria in esercizio prima e dopo l'attuazione (*numero intero > 0*)

Ottimizzazione della temperatura dell'aria di mandata

- Le variabili di ingresso sono illustrate nella documentazione KA-02 [3].



6 Ipotesi e dati

In generale

- i. Le ore di esercizio annue sono pari a 8760 h/a.

Ottimizzazione delle ridondanze di apparecchi di raffreddamento a ricircolo d'aria

- i. La vita utile standard della misura N_s è di 3 anni.
- ii. Gli apparecchi di raffreddamento a ricircolo d'aria (sia quelli integrati nell'esercizio normale che quelli ridondanti) hanno la stessa potenza nominale di raffreddamento.

Ottimizzazione della temperatura dell'aria di mandata

- i. La vita utile standard della misura N_s è di 5 anni.
- ii. I rack sono chiusi (separazione del corridoio freddo da quello caldo) o la loro chiusura ha luogo in contemporanea.
- iii. Ulteriori ipotesi sono illustrate nella documentazione KA-02 [3].

7 Risultati

Sulla base delle ipotesi e dei dati presentati, il risparmio di elettricità computabile per ogni misura di ottimizzazione è determinato in relazione alle variabili di ingresso summenzionate. A questo scopo si utilizzano le liste di monitoraggio accessibili al pubblico IK-03 o il tool Excel *CalcuCool*.

8 Esempio

Scenario A: Integrazione di due apparecchi di raffreddamento a ricircolo d'aria ridondanti in un centro di calcolo da 400 kW con 8 apparecchi di raffreddamento a ricircolo d'aria nell'esercizio normale.

Potenza IT installata	Potenza elettrica nominale	Grado di utilizzo attuale	Risparmio di elettricità computabile
	[kW]	[-]	[kWh]
Centro di calcolo 50 – 500 kW	2	0.80	51'350
Totale			51'350

9 Fonti

- [1] *Ersatz eines Lüftungsmonoblock*, Programma PEIK, Berna, 2019.
- [2] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ANSI/ASHRAE Standard 90.4-2022: Energy Standard for Data Centers, ASHRAE Standard Project Committee 90.4, 2023.
- [3] *Documentazione sulle misure standardizzate KA-02*, Ufficio federale dell'energia (UFE), Berna, 2024.