

Nota interpretativa sul calcolo delle prestazioni energetiche delle pompe di calore aria-acqua

30/06/2021 – rev.0

CTI – Commissione Tecnica 251 “Impianti di riscaldamento - Progettazione, fabbisogni di energia e sicurezza (UNI/TS 11300-2 e 11300-4)”

Sommario

0. Introduzione	3
1. Scopo e campo di applicazione	3
2. Riferimenti normativi	3
3. Termini e definizioni	3
4. Istruzioni operative	4
4.1. Premessa	4
4.2. Temperatura di pozzo caldo	4
4.3. Fattore di carico macchina e fattore di intermittenza	5
5. Approfondimenti	7
5.1. Premessa	7
5.2. Calcolo del fattore correttivo a partire dai dati secondo UNI EN 14825	7
5.3. Calcolo del fattore correttivo con metodo semplificato	13

0. Introduzione

La presente nota interpretativa è stata elaborata dalla CT 251 del CTI. Essa contiene alcune indicazioni ai fini dell'utilizzo dei dati prestazionali dichiarati dai produttori ai fini del calcolo delle prestazioni energetiche secondo UNI/TS 11300-4. In particolare, la presente nota spiega come utilizzare i dati della UNI EN 14825 per il calcolo dei COP ai carichi parziali secondo UNI/TS 11300-4.

La presente nota interpretativa comprende due parti: una prima parte, nella quale sono fornite le indicazioni operative e una seconda parte, di approfondimento, con le relative spiegazioni.

1. Scopo e campo di applicazione

La presente nota interpretativa fornisce istruzioni operative per l'utilizzo dei dati prestazionali dichiarati secondo UNI EN 14825 ai fini del calcolo del fattore correttivo del COP per le pompe di calore aria-acqua.

La presente nota interpretativa si applica alle pompe di calore aria-acqua.

2. Riferimenti normativi

La presente nota interpretativa rimanda, mediante riferimenti datati e non datati, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi sono citati nei punti appropriati del testo e sono di seguito elencati. Per quanto riguarda i riferimenti datati, successive modifiche o revisioni apportate a dette pubblicazioni valgono unicamente se introdotte nella presente nota interpretativa come aggiornamento o revisione. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento (compresi gli aggiornamenti).

UNI/TS 11300-4 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria

UNI EN 14825 Condizionatori d'aria, refrigeratori di liquido e pompe di calore, con compressore elettrico, per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti - Metodi di prova e valutazione a carico parziale e calcolo del rendimento stagionale

3. Termini e definizioni

Ai fini della presente nota interpretativa, si utilizzano i termini e le definizioni di cui alla UNI/TS 11300-4 e alla UNI EN 14825.

4. Istruzioni operative

4.1. Premessa

La prestazione energetica delle pompe di calore, in particolare il COP, dipende da tre fattori principali:

- la temperatura della sorgente fredda;
- la temperatura del pozzo caldo;
- il fattore di carico della macchina.

La specifica tecnica UNI/TS 11300-4 tiene conto di tutti e tre questi fattori nel seguente modo:

- individuando prima il COP a pieno carico, per interpolazione o estrapolazione fra i dati di COP a pieno carico dichiarati dai fornitori. Questi dati sono determinati in corrispondenza di coppie di valori predefiniti delle temperature della sorgente fredda e del pozzo caldo in funzione dell'applicazione specifica;
- applicando poi un fattore di correzione del COP a pieno carico, che si ritiene fisso ed indipendente dalle temperature della sorgente fredda e del pozzo caldo.

La specifica tecnica UNI/TS 11300-4 consente di determinare il fattore di correzione del COP ai carichi parziali attraverso diverse modalità:

- a) Secondo i dati che i fornitori pubblicano in conformità alla UNI EN 14825 sulla base di quattro punti di lavoro A, B, C e D così definiti:
 - A: -7°C
 - B: 2°C
 - C: 7°C
 - D: 12°C
- b) Secondo un metodo semplificato, che consiste in una correlazione fissa;
- c) Utilizzando una correlazione dichiarata dal costruttore (per pompe di calore ad assorbimento).

In tutti i casi, si ritiene opportuno segnalare queste istruzioni operative per la determinazione dei valori di COP ai carichi parziali.

4.2. Temperatura di pozzo caldo

La specifica tecnica UNI/TS 11300-4 al punto "9.11.1 – Dati richiesti per il calcolo dalla UNI EN 14825" specifica i dati richiesti per il calcolo del fattore correttivo del COP in funzione del carico parziale, nel caso siano forniti dai costruttori i dati secondo la UNI EN 14825 utilizzati ai fini del calcolo della prestazione stagionale (SCOP, Seasonal COP).

Tra le richieste, è specificato che la temperatura del pozzo caldo debba essere costante, in particolare pari a 35°C o 45°C.

La norma UNI EN 14825 consente, invece, di determinare i COP ai carichi parziali sia con temperatura di mandata costante (opzione "fixed outlet"), sia con la temperatura di mandata variabile. Il secondo caso (temperatura variabile) è consentito quando il sistema di regolazione

della macchina è in grado di gestire una temperatura di mandata variabile in funzione della temperatura esterna (punto 6.4.1).

Pertanto, qualunque siano le condizioni espresse dal fornitore secondo la UNI EN 14825, ai fini dell'applicazione della stessa ai sensi della UNI/TS 11300-4 devono essere necessariamente utilizzati i valori dei COP a pieno carico ed a carico parziale per la medesima temperatura di mandata (35°C o 45°C). Se questi dati non sono disponibili, si dovranno utilizzare le equazioni (56) e (57) con le avvertenze riportate nel punto 9.4.4.2. Questo perché nel contesto della UNI/TS 11300-4 l'influenza delle temperature di sorgente fredda e pozzo caldo è già stata tenuta in considerazione.

4.3. Fattore di carico macchina e fattore di intermittenza

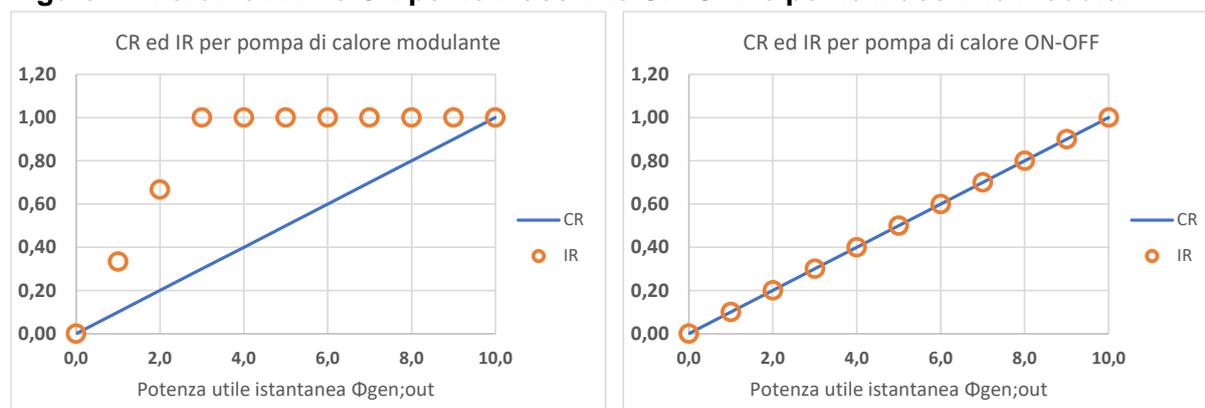
La specifica tecnica UNI/TS 11300-4, nel calcolo dei COP ai carichi parziali, richiede di utilizzare la grandezza "Capacity Ratio" CR per tutte le macchine, sia per quelle on/off sia per quelle a potenza variabile, a gradini o con inverter. Questo sia nel caso di metodo semplificato (formula 57), sia nel caso di metodo secondo UNI EN 14825 (punto 9.11.2).

A questo proposito è importante fare una distinzione tra pompe di calore a potenza fissa on/off e pompe di calore modulanti a gradini o con inverter. La UNI EN 14825 consente, infatti, in questi casi (punto 8.7.3) di utilizzare le prestazioni della macchina in corrispondenza degli step più vicini alle condizioni di carico richiesto. Quindi, ad esempio, nel caso di pompe di calore con inverter che stanno lavorando al di sotto della potenza minima di funzionamento continuo (estremo inferiore del campo di modulazione), il punto di riferimento su cui calcolare il fattore di carico in funzionamento intermittente on/off e di conseguenza il fattore correttivo del COP è quello della potenza minima in modulazione.

In questi casi, quindi, per rappresentare meglio la condizione di ciclaggio on/off tra la macchina spenta e la macchina nelle condizioni di minima modulazione, è utile riferirsi a un valore definibile come IR (Intermittency Ratio), oltre al valore CR (Capacity Ratio), quest'ultimo riferito sempre alla potenza massima della macchina per ogni condizione di temperatura.

Nei grafici seguenti è rappresentato il significato dei parametri IR e CR per le macchine on/off e per le macchine modulanti.

Figura 1 - Parametri IR e CR per le macchine ON-OFF e per le macchine modulanti



Pertanto, in conclusione:

- per le pompe di calore on/off il valore di IR coincide sempre con il valore di CR, quindi nel calcolo del fattore correttivo bisogna sempre riferirsi alla potenza massima della pompa di calore per ogni condizione di temperatura;
- per le pompe di calore inverter nelle condizioni per cui il fattore di carico macchina CR si trova al di sopra del campo di modulazione minima della macchina, il valore di IR è pari a 1 e il COP è quello definito dal fornitore secondo i dati rilevati oppure calcolato con il metodo semplificato applicando il fattore correttivo pari a 1,0;
- per le pompe di calore inverter nelle condizioni per cui il fattore di carico macchina CR si trova al di sotto del campo di modulazione minima della macchina, il valore di IR è sempre minore di 1 ed è calcolato rispetto allo step di modulazione minimo. Quindi IR sarà applicato nella formula (57) al posto del CR.

5. Approfondimenti

5.1. Premessa

La specifica tecnica UNI/TS 11300-4 prevede due possibilità per il calcolo del fattore correttivo del COP ai carichi parziali:

- a partire dai dati dichiarati secondo UNI EN 14825;
- con metodo semplificato.

5.2. Calcolo del fattore correttivo a partire dai dati secondo UNI EN 14825

La specifica tecnica UNI/TS 11300-4 prevede, al punto 9.4.4.2, l'utilizzo di un fattore correttivo ricavato a partire dai dati dichiarati secondo UNI EN 14825, come specificato nel punto 9.11.

Figura 2 – Estratto punto 9.4.4.2 della UNI/TS 11300-4:2016

9.4.4.2	Fattore correttivo del COP in base al fattore di carico CR per pompe di calore a compressione ed azionamento elettrico
	Il fattore correttivo si determina in base ai dati dichiarati secondo la UNI EN 14825 come specificato nel punto 9.11 quando siano forniti i dati di cui al punto 9.12.1.

A differenza della UNI EN 14825, in questo caso sono specificate alcune condizioni al contorno a cui fare riferimento. Nella norma UNI EN 14825, invece, alcune di queste condizioni sono lasciate alla libera scelta del costruttore.

Figura 3 – Estratto punto 9.11 della UNI/TS 11300-4:2016

9.11	Calcolo del fattore correttivo del COP ai diversi fattori di carico CR (pompe di calore a compressione ed azionamento elettrico)
9.11.1	<p>Dati richiesti per il calcolo dalla UNI EN 14825</p> <p>Il presente metodo di calcolo si applica a pompe di calore a compressione di vapore ed azionamento elettrico aria/aria, aria/acqua, acqua/acqua quando per lo specifico modello di pompa di calore siano disponibili i dati relativi al clima di riferimento A (average) richiesti nella UNI EN 14825 ai fini del calcolo del valore SCOPnet.</p> <p>Sono richiesti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - temperatura di progetto del clima A: - 10 °C; - fattore di carico climatico (PLR) per le temperature di aria esterna nei tre punti considerati: - 7 °C (A), + 2 °C (B), + 7 °C (C), + 12 °C (D) calcolato assumendo la temperatura di progetto e un valore di temperatura di annullamento del carico pari a 16 °C; - temperatura del pozzo caldo: 35 °C o 45 °C (mandata a temperatura costante); - COP nelle condizioni di parzializzazione A, B, C, D. <p>In aggiunta si richiede per il modello di pompa di calore considerato:</p> <ul style="list-style-type: none"> - temperatura bivalente considerata (valore di riferimento - 7 °C) e potenza termica a pieno carico alla temperatura bivalente; - potenza termica utile a pieno carico DC'(j) e corrispondente COP'(j) nelle quattro condizioni di temperatura dell'aria esterna A, B, C, D.

In particolare, la UNI/TS 11300-4 specifica che i dati forniti secondo la UNI EN 14825 devono riferirsi a condizioni di temperatura di mandata (pozzo caldo) costante: 35 °C o 45 °C.

La norma UNI EN 14825 consente, invece, di utilizzare i dati determinati sia a temperatura di mandata costante sia a temperatura di mandata variabile. Il secondo caso (temperatura variabile) è consentito quando il sistema di regolazione della macchina è in grado di gestire una temperatura di mandata variabile in funzione della temperatura esterna (punto 6.4.1).

Ad esempio, la tabella 8 al punto 6.4.2 specifica che nel caso di condizioni climatiche medie (A) e di applicazioni per bassa temperatura di impianto (35 °C) le condizioni di prova siano le seguenti.

Figura 4 – Estratto dalla UNI EN 14825:2019

Table 8 — Part load conditions for air-to-water(brine) units in low temperature application for the reference heating seasons “A” = average, “W” = warmer and “C” = colder

Condition	Part Load Ratio in %				Outdoor heat exchanger		Indoor heat exchanger			
					Inlet dry (wet) bulb temperature °C		Fixed outlet °C	Variable outlet ^d °C		
	Formula	A	W	C	Outdoor air	Exhaust air	All climates	A	W	C
A	$\frac{-7 - 16}{(T_{designh} - 16)}$	88	n/a	61	-7(-8)	20(12)	^a / 35	^a / 34	n/a	^a / 30
B	$\frac{+2 - 16}{(T_{designh} - 16)}$	54	100	37	2(1)	20(12)	^a / 35	^a / 30	^a / 35	^a / 27
C	$\frac{+7 - 16}{(T_{designh} - 16)}$	35	64	24	7(6)	20(12)	^a / 35	^a / 27	^a / 31	^a / 25
D	$\frac{+12 - 16}{(T_{designh} - 16)}$	15	29	11	12(11)	20(12)	^a / 35	^a / 24	^a / 26	^a / 24
E	$(TOL - 16) / (T_{designh} - 16)$				TOL	20(12)	^a / 35	^a / ^b	^a / ^b	^a / ^b
F	$(T_{biv} - 16) / (T_{designh} - 16)$				T _{biv}	20(12)	^a / 35	^a / ^c	^a / ^c	^a / ^c
G	$\frac{-15 - 16}{(T_{designh} - 16)}$	n/a	n/a	82	-15	20(12)	^a / 35	n/a	n/a	^a / 32

^a With the flow rate as determined at the standard rating conditions given in EN 14511-2 at 30/35 conditions for units with a fixed flow rate, and with a fixed delta T of 5 K for units with a variable flow rate. If for any of the test conditions the resulting flow rate is below the minimum flow rate then this minimum flow rate is used as a fixed flow rate with the outlet temperature for this test condition.

^b Variable outlet shall be calculated by interpolation from T_{designh} and the temperature which is closest to the TOL.

^c Variable outlet shall be calculated by interpolation between the upper and lower temperatures which are closest to the bivalent temperature.

^d If the variable outlet temperature is below the minimum of the operation range of the unit, this minimum should be considered.

The variable outlet temperature ($T_{outlet,average}$) shall only be applied when the control provides an outdoor air temperature dependant modification of the outlet temperature.

Quindi, secondo la UNI EN 14825, indipendentemente dal fatto che l'impianto previsto dal progetto funzioni effettivamente a temperatura scorrevole, se il sistema di regolazione della pompa di calore è in grado di gestire una curva climatica, allora è possibile misurare, calcolare e fornire i dati a temperatura di mandata variabile.

Questa considerazione è fondamentale per definire il COP alle condizioni nominali a pieno carico, prima ancora di indagare il calcolo del fattore correttivo per il funzionamento ai carichi parziali.

Ad esempio, nella tabella seguente sono indicati alcuni valori di COP a pieno carico sia con temperatura di mandata fissa sia con temperatura di mandata variabile.

Prospetto 1 – Esempio: valori di COP a pieno carico sia con temperatura di mandata fissa sia con temperatura di mandata variabile

Condizioni	T _{out,fissa}			T _{out,variabile}		COP _{Tvar} /COP _{Tfix}	
	PLR [%]	T [°C]	T [°C]	COP	T [°C]		COP
A	88%	-7	35	3,00	34	3,15	1,05
B	54%	2	35	3,69	30	4,57	1,24
C	35%	7	35	4,80	27	5,81	1,21
D	15%	12	35	5,33	24	7,84	1,47

É evidente che la possibilità di usare temperature di mandata inferiori rispetto alla nominale mantenuta costante determini COP migliori e quindi fattori correttivi apparenti ai carichi parziali più alti se non si neutralizza l'effetto della diminuzione della temperatura del pozzo caldo. Definite le condizioni al contorno alle quali effettuare le misure o calcolare le grandezze è possibile valutare i dati ai carichi parziali alle quattro condizioni (A, B, C, D).

Al punto 9.11.2 della UNI/TS 11300-4 è presentata la procedura di calcolo a cui fare riferimento.

Figura 5 – Estratto punto 9.11.2 della UNI/TS 11300-4:2016

9.11.2

Procedura di calcolo

- 1) Si assume che per DC_{biv} il fattore di carico CR è 1 e si determina la potenza termica alla temperatura di progetto come segue:

$$P_{designh} = DC_{biv} / PLR = DC_{biv} \times [(T_{desh} - 16)/(T_{bival} - 16)] \quad [Wh] \quad (103)$$

- 2) Si calcolano i fattori di carico della pompa di calore CR nelle quattro condizioni A, B, C, D come segue:

$$CR(j) = [(PLR(j) \times P_{designh})/DC'(j)] \quad [-] \quad (104)$$

ove l'indice j si riferisce alle quattro condizioni A, B, C, D.

- 3) Si calcola il fattore correttivo nelle suddette quattro condizioni:

$$f_{COP}(j) = COP(j)/COP'(j) \quad [-] \quad (105)$$

Per T_{bival} il fattore di carico CR e il fattore correttivo risultano pari ad 1. Per valori della temperatura dell'aria minori di T_{bivalente} i fattori di carico risultano maggiori di 1 e i fattori correttivi pari ad 1.

- 4) Si assumono i fattori correttivi f_{COP}(j) riferendoli ai rispettivi fattori di carico CR(j).
- 5) Le coppie di punti CR(j), f_{COP}(j) consentono di definire l'andamento del fattore correttivo in funzione del fattore di carico CR da utilizzare nella procedura di calcolo secondo la presente specifica tecnica. I dati per fattori di carico intermedi si determinano per interpolazione lineare.

Il punto 1) consente di determinare la potenza termica di progetto P_{designh} , considerando che è stata ipotizzata la temperatura bivalente T_{bival} pari a -7°C (punto A), temperatura per cui per definizione il CR è pari a 1.

Nel punto 2) si deve determinare il fattore di carico $CR(j)$ che fa riferimento alla potenza termica utile a pieno carico $DC'(j)$. Mettiamo in evidenza (anche alla luce di quello che diremo più avanti) che in questo passaggio il fattore di carico CR è riferito alla potenza massima della macchina per ogni condizione di lavoro A, B, C, D e quindi è indipendente dalla sua capacità di modulazione.

Al punto 3 viene chiesto di definire il fattore correttivo come rapporto tra il $COP(j)$ ai carichi parziali e il $COP'(j)$ a pieno carico nelle quattro condizioni.

Si intende evidentemente che il $COP(j)$ ai carichi parziali sia un dato fornito dal produttore e la determinazione dello stesso è da effettuarsi secondo UNI EN 14825.

Per la definizione del $COP(j)$ ai carichi parziali è opportuno fare una considerazione legata all'applicazione della UNI EN 14825 e alla determinazione del COP ai carichi parziali nelle pompe di calore modulanti, sia a gradini sia a variazione continua.

La UNI EN 14825 in questi casi (si veda a proposito il punto 8.7.3), per determinare il fattore di carico della macchina consente di fare riferimento alle prestazioni della stessa in corrispondenza degli step più vicini alle condizioni di carico richiesto.

In particolare, viene richiesto di determinare la potenza fornita dalla macchina ($DC = \text{Declared Capacity}$) e il relativo COP in corrispondenza dello step di modulazione più vicino rispetto al carico richiesto con i seguenti criteri:

- Se la potenza fornita dalla macchina allo step di modulazione più vicino al carico richiesto è compresa tra il $\pm 10\%$ rispetto al carico richiesto, si può usare questo valore di potenza e il corrispondente COP ;
- Se la potenza fornita dalla macchina allo step di modulazione più vicino al carico richiesto non è compresa tra il $\pm 10\%$ rispetto al carico richiesto, si determinano le potenze termiche ed elettriche ed i COP in corrispondenza dei due step di modulazione a cavallo del carico richiesto, quello maggiore e quello minore, quindi si determinano le stesse grandezze per interpolazione lineare.
- Se la potenza fornita dalla macchina allo step di modulazione minimo è superiore rispetto al carico richiesto di più del 10% , si applica la formula come per le macchine on/off (formula 29 della UNI EN 14825 per le pompe di calore aria-acqua). È bene precisare che la formula (29) è riferita alle macchine on/off e richiede il CR riferito alla potenza a pieno carico. Nel caso in cui la formula venga applicata alle macchine modulanti o a gradini, per calcolare il COP corretto nelle condizioni di funzionamento tra OFF e Potenza Minima bisognerà utilizzare un valore di Capacity Ratio CR riferito alla potenza minima fornita dalla macchina e non quello riferito alla potenza a pieno carico.

Figura 6 – Estratto punto 8.7.2.2 della UNI EN 14825:2019

8.7.2.2 Air-to-water(brine), water(brine)-to-water(brine) and DX-to-water(brine) units

In part load conditions A to G, where applicable, the COP_{bin} is calculated according to Formula (29):

$$COP_{bin} = COP_d \times \frac{CR}{Cd \times CR + (1 - Cd)} \quad (29)$$

where

COP_d is the COP corresponding to the declared capacity (Pdh) of the unit at the same temperature conditions as for part load conditions A to G, where applicable;

Cd is the degradation coefficient;

CR is the capacity ratio.

For determination of the Cd value, see 11.5.3. If Cd is not determined by test then the default degradation coefficient Cd shall be 0,9.

In sostanza, nel caso di pompe di calore modulanti quando il carico richiesto è al di sotto del livello minimo di modulazione di più del 10% oppure nel caso di pompe di calore a gradini quando il carico richiesto è al di fuori dei gradini di regolazione di più del 10%, il COP ai carichi parziali è calcolato dai fornitori in accordo alla UNI EN 14825 servendosi però di una Capacity Ratio CR riferita alle condizioni di modulazione più prossime al carico richiesto e non utilizzando la potenza a pieno carico della macchina, come la UNI/TS 11300-4 chiede di fare al punto 2) visto in precedenza.

In questi casi quindi, per rappresentare meglio la condizione di ciclaggio on/off tra la macchina spenta e la macchina nelle condizioni di minima modulazione oppure tra due step di funzionamento successivi per le macchine a gradini, è utile riferirsi a un valore definibile come IR (Intermittency Ratio), oltre al valore CR (Capacity Ratio), quest'ultimo riferito sempre alla potenza massima della macchina per ogni condizione di temperatura.

Pertanto:

- per le pompe di calore on/off il valore di IR coincide sempre con il valore di CR , quindi nel calcolo del fattore correttivo bisogna sempre riferirsi alla potenza massima della pompa di calore per ogni condizione di temperatura;
- per le pompe di calore inverter nelle condizioni per cui il fattore di carico macchina CR si trova al di sopra del campo di modulazione minima della macchina, il valore di IR è pari a 1 e il COP è quello definito dal fornitore secondo i dati rilevati oppure calcolato con il metodo semplificato applicando il fattore correttivo pari a 1;
- per le pompe di calore inverter nelle condizioni per cui il fattore di carico macchina CR si trova al di sotto del campo di modulazione minima della macchina (con la tolleranza del 10%), il valore di IR è sempre minore di 1 ed è calcolato rispetto allo step di modulazione minimo. Quindi IR sarà applicato nella formula (57) al posto del CR .

- per le pompe di calore a gradini nelle condizioni per cui il fattore di carico è compreso tra due step di regolazione successivi (sempre con il 10% di tolleranza), il COP si determina per interpolazione lineare.

Inoltre, ricordiamo che la stessa sigla *CR* (Capacity Ratio nella UNI EN 14825 e Fattore di Carico nella UNI/TS 11300-4) viene utilizzata da entrambe le norme con significati a volte differenti.

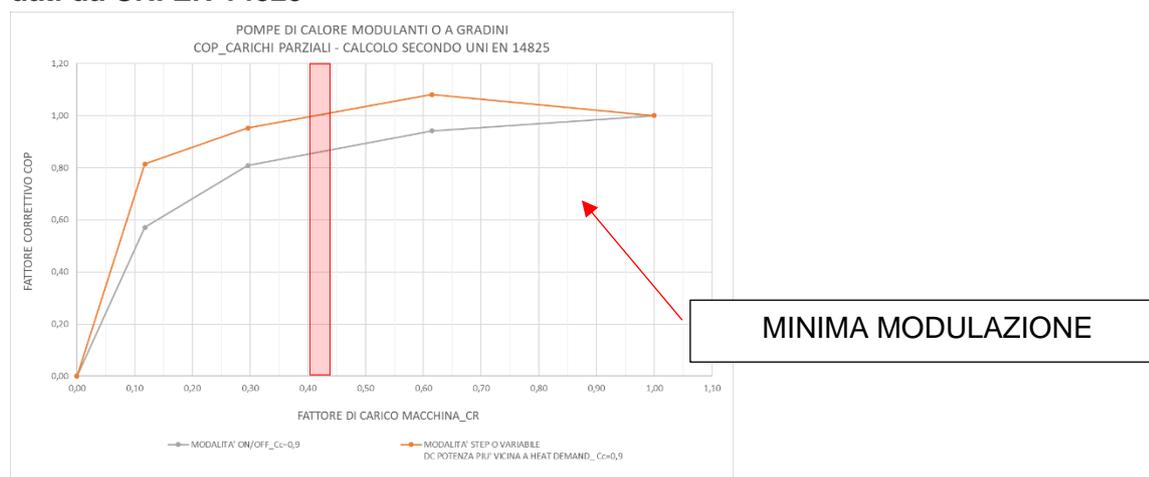
Nella UNI EN 14825 l'utilizzo della *CR* è limitato al calcolo dei COP ai carichi parziali della macchina e questo viene calcolato ogni volta su una condizione di riferimento e, come visto, potrebbe riferirsi anche alla potenza della macchina in modulazione e non alla potenza massima.

Nella UNI/TS 11300-4 la stessa grandezza *CR* (fattore di carico) è utilizzata sia nella procedura di calcolo per la definizione dei COP ai carichi parziali, richiamando la UNI EN 14825, sia nella procedura di calcolo del fabbisogno di energia in ingresso alla pompa di calore, come rapporto tra la potenza media richiesta e la potenza massima fornibile dalla pompa di calore nei vari bin di calcolo mensili – formula (81).

Se nel primo caso (utilizzo ai fini del COP ai carichi parziali) si può considerare la grandezza *CR* in funzione della tipologia della pompa di calore (on/off o modulante) e riferirla alla potenza nominale massima o a quella più vicina al carico richiesto in funzione della capacità di modulazione (vedi il riferimento al Fattore di Intermittenza *IR*), nel secondo caso (fabbisogno di energia in ingresso) il *CR* è da intendersi come Fattore di Carico del sistema di generazione del calore dell'edificio (definito anche come *FC* dalla stessa UNI/TS 11300-4), per il quale il 100% deve rappresentare necessariamente la potenza termica utile massima della pompa di calore in funzione delle specifiche temperature delle sorgenti.

Nel grafico seguente si può vedere la curva relativa a una macchina on-off e a una macchina inverter secondo i dati da UNI EN 14825. In entrambi i casi è stato utilizzato il coefficiente di degradazione della macchina a compressore spento (C_c secondo la UNI/TS 11300 – C_d secondo la UNI EN 14825) pari a 0,9.

Figura 7 – Curva relativa a una macchina on-off e a una macchina inverter secondo i dati da UNI EN 14825



5.3. Calcolo del fattore correttivo con metodo semplificato

La specifica tecnica UNI/TS 11300-4 consente di determinare, al punto 9.4.4.2, il fattore correttivo del COP ai carichi parziali anche con il metodo cosiddetto semplificato, nel caso non si abbiano a disposizione i dati dei fornitori secondo la UNI EN 14825.

Nel caso di pompe di calore a gradini viene chiesto di utilizzare le stesse equazioni con le modalità specificate dalla UNI EN 14825.

Nel caso di pompe di calore modulanti si assume un coefficiente correttivo pari a 1 sino al fattore di carico $CR = 0,5$ (o fino al valore minimo di modulazione se questo è diverso da 0,5) e al di sotto di tale valore di CR si procede applicando la stessa formula della UNI EN 14825 per le macchine a capacità fissa.

Le stesse considerazioni espone per il calcolo secondo UNI EN 14825 valgono anche per il calcolo semplificato secondo UNI/TS 11300-4.

Al di sotto del valore minimo di modulazione o del fattore di carico pari a 0,5 (se il valore minimo di modulazione non è fornito dal produttore), la norma impone di applicare lo stesso procedimento da utilizzare per le pompe di calore a capacità fissa. Se nella formula per le macchine on/off (che nella UNI/TS 11300-4 è la formula 57) si utilizzasse il CR riferito alla macchina a pieno carico si otterrebbe un gradino in corrispondenza del valore $CR = 0,5$ (o di quello corrispondente al valore minimo di modulazione).

Anche in questo caso, quindi, bisogna calcolare un Capacity Ratio riferito alla potenza minima di modulazione o al valore 0,5 rispetto alla potenza massima (si veda il riferimento al fattore di intermittenza IR).

Nel grafico seguente si può vedere la curva relativa a una macchina on-off e a una macchina inverter secondo il metodo semplificato della UNI/TS 11300-4. In entrambi i casi è stato utilizzato il coefficiente di degradazione della macchina a compressore spento (C_c secondo la UNI/TS 11300 – C_d secondo la UNI EN 14825) pari a 0,9.

Figura 8 – Curva relativa a una macchina on-off e a una macchina inverter secondo il metodo semplificato

