

## DUPONT - Retrofit di una centrale di refrigerazione a media temperatura di sistema ibrido da R-404A/CO<sub>2</sub> a Opteon XP40

Nell'ambito di un progetto pilota, la società di refrigerazione CREA S.p.A. di Bellusco ha convertito, a luglio 2014, la centrale di refrigerazione a media temperatura di un sistema ibrido R-404A/CO<sub>2</sub>, installato presso un supermercato facente parte di una nota catena italiana, al nuovo refrigerante DuPont Opteon XP40. Grazie a un GWP inferiore del 65% rispetto all'R-404A e a una migliore efficienza energetica, Opteon contribuisce in modo significativo alla riduzione delle emissioni totali di CO<sub>2</sub> prodotte dai sistemi di refrigerazione. Alla luce del successo di questo progetto pilota, è previsto che anche altri supermercati della stessa catena siano presto convertiti a Opteon XP40.

Gli impianti a R-404A (refrigerante ampiamente utilizzato nella refrigerazione commerciale con un GWP pari a 3.922) assorbono grandi quantità di energia elettrica. Il nuovo regolamento europeo n° 517/2014 sui gas fluorurati, entrato in vigore il 1 gennaio 2015, si propone di ridurre gradualmente le tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente immesse in commercio nell'arco di 15 anni: la riduzione prevista dal regolamento ammonta a circa l'80% entro il 2030. Inoltre, a partire dal 1 gennaio 2020, sarà vietato l'uso di refrigeranti a base di idrofluorocarburi con un GWP superiore a 2.500 per la manutenzione della maggior parte delle applicazioni commerciali. La conversione dall'R-404A a un refrigerante con un GWP inferiore consentirà di utilizzare gli stessi impianti anche dopo tale data e contribuirà a ridurre significativamente la quantità di CO<sub>2</sub> equivalente immessa sul mercato. La catena di supermercati in questione, che utilizza principalmente sistemi a cascata a R-404A per gli impianti a media temperatura, e a CO<sub>2</sub> per quelli a bassa temperatura, ha deciso di testare Opteon XP40 di DuPont come alternativa all'R-404A. Con un GWP pari a 1.397, ovvero il 65% in meno rispetto all'R-404A, Opteon XP40 è in grado di soddisfare i requisiti del nuovo regolamento e di sostituire l'R-404A o l'R-507 negli impianti commerciali e industriali di refrigerazione e surgelazione nuovi e già in uso.

La centrale a media temperatura (figura 1) di Seregno, selezionata per il progetto pilota, è composta da sei compressori a vite (cinque unità Bitzer HSK 6451-50 e una unità Bitzer HSK 7471-90) per 73 vetrine refrigerate e 7 celle frigorifere. La centrale comprende inoltre un piccolo circuito di raffreddamento dotato di valvola di espansione termostatica (TEV) per raffreddare la cabina elettrica, che integra un convertitore di frequenza, un economizzatore dello scambiatore di calore a piastre (sub-cooler) e uno scambiatore di calore con recupero di calore. Le vetrine refrigerate, le celle frigorifere e i due scambiatori di calore a piastre, collegati in cascata CO<sub>2</sub>, sono dotati di ben 80 valvole di espansione elettronica (EEV) e comandati tramite controllori ADAP-KOOL (EKC414A) di Danfoss. L'economizzatore scarica direttamente nella fase di raffreddamento intermedia del compressore. Il circuito a CO<sub>2</sub> è dotato di un terzo scambiatore di calore a piastre che viene raffreddato da un piccolo impianto a R-404A indipendente, ciò che consente al circuito LT di funzionare anche durante le operazioni di conversione.



**FIGURA 1 - Centrale MT del sistema ibrido R-404A/CO<sub>2</sub> di Seregno, convertita a Opteon XP40 nell'ambito di un progetto pilota**

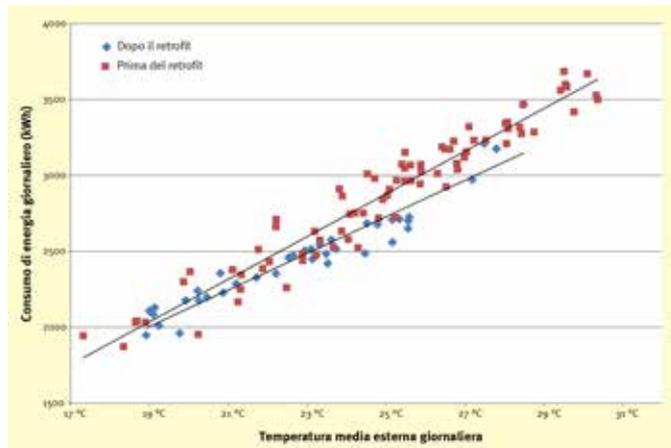
### PROCEDURA DI RETROFIT

Il retrofit a Opteon XP40 è stato eseguito nella notte tra il 12 e il 13 luglio 2014 da Franco Bresolin, co-titolare di CREA, assistito da Mark Hughes, Business Development Manager di DuPont.

Prima di iniziare l'operazione, le valvole EEV sono state riprogrammate con il software ADAP-Kool di Danfoss in base ai nuovi valori previsti per Opteon XP40 (tabella 1). Nel frattempo, la carica di R-404A (1.066 kg in totale) è stata trasferita in appositi contenitori (bombole) di recupero, mentre le membrane dei filtri essiccatori sono state sostituite, come avviene di consueto durante le procedure di manutenzione. Prima di essere caricato a Opteon XP40 (inizialmente 1.045 kg), il sistema è stato

**TABELLA 1 - Parametri per Opteon XP40**

Coefficiente	Danfoss AK2	Danfoss AKC/EKC
A1	10,608	10608
A2	-2372,9	-2373
A3	264,33	2643



**FIGURA 2 - Confronto tra il consumo di energia prima (in rosso) e dopo (in blu) il retrofit. Le due linee mostrano che, specialmente nei giorni con temperature medie più elevate, Opteon XP40 consuma meno energia (-6/7%)**

completamente svuotato in otto ore a una pressione di 500 mbar. La temperatura degli scaffali e delle celle frigorifere è stata quindi abbassata fino a raggiungere il livello desiderato (in circa 45 minuti). Con Opteon XP40, il set-point della pressione di aspirazione è stato impostato su 2,6 bar, anziché sui precedenti 3,0 bar.

La carica del nuovo refrigerante è stata ottimizzata durante la messa a punto in quanto, come regola generale, è possibile sfruttare la densità liquida a temperatura ambiente. A una temperatura di 20 °C, infatti, Opteon XP40 presenta una densità più elevata di R-404A del 4%. La carica di Opteon XP40 raccomandata dopo il retrofit è di conseguenza leggermente superiore a quella originaria.

#### ANALISI DEI DATI DI SISTEMA

Per il confronto delle prestazioni prima e dopo il retrofit, CREA ha fornito i risultati delle misurazioni eseguite con R-404A, per il periodo giugno-agosto 2013, e con Opteon XP40 dal 12 luglio al 28 agosto 2014. Non è stato possibile separare i dati relativi all'efficienza energetica dei circuiti MT e LT, ma poiché non sono state apportate modifiche al circuito LT, si presume che le eventuali variazioni del consumo di energia siano attribuibili alla sostituzione del refrigerante nel circuito MT.

Il confronto dei dati indica che, nei giorni più freddi (figura 2), il consumo energetico dell'impianto è equivalente per entrambi i refrigeranti. Tuttavia, quando le temperature medie giornaliere sono più elevate, Opteon XP40 fa registrare un consumo energetico inferiore di circa il 6/7%, mentre in un range di temperatura compreso tra 19 °C e 26 °C, R-404A offre un risparmio energetico del 9%. Questo dato positivo

conferma i risultati già ottenuti in numerosi studi di laboratorio e in altre prove sul campo.

Per il confronto dei parametri operativi prima e dopo il retrofit, sono stati considerati i dati di sistema dei giorni con temperature medie pari a 19 °C, 24 °C e 28 °C. Le temperature di condensazione ed evaporazione sono più o meno equivalenti per entrambi i refrigeranti, mentre gli altri valori registrati per Opteon XP40 risultano leggermente inferiori rispetto a quelli di R-404A (Tabella 2).

La temperatura di mandata del compressore non subisce variazioni significative. Tuttavia, da un'analisi più approfondita risulta evidente che con Opteon XP40 il surriscaldamento del compressore è inferiore. Ecco perché la temperatura di mandata del compressore è più bassa rispetto a quella effettivamente prevista. Un'ulteriore differenza tra i due refrigeranti è il maggiore sottoraffreddamento liquido registrato con Opteon XP40. I dati rilevati con le temperature medie sopra indicate segnalano un comportamento nella norma e un funzionamento corretto dell'impianto di refrigerazione.

Tenendo conto dei dati riferiti a ciascuno dei tre giorni, si può calcolare un valore medio per ogni parametro misurato. Sulla base dei valori medi giornalieri, è possibile eseguire un calcolo teorico del ciclo che consente di determinare la potenza frigorifera e il COP (coefficiente di prestazione) del sistema soggetto a tali condizioni. I calcoli mostrano che il valore di sottoraffreddamento liquido più elevato ha un impatto positivo sulla potenza frigorifera di Opteon XP40, che infatti è molto superiore a quella di R-404A (+8% circa). Anche il COP è decisamente più elevato. Questi fattori contribuiscono a ridurre il consumo energetico.

#### RIEPILOGO

I controlli eseguiti prima del retrofit non hanno evidenziato criticità nella conversione a Opteon XP40 dell'impianto. L'operazione si è infatti svolta senza alcun intoppo.

Il retrofit ha comportato solo minime regolazioni delle valvole di espansione elettronica e del controller della pressione di aspirazione. La conversione, eseguita nell'arco di un notte, non ha ostacolato le normali attività commerciali. Il funzionamento ottimale dell'impianto di refrigerazione aprirà sicuramente la strada al retrofit dei sistemi presenti in altri supermercati.

**TABELLA 2 - Confronto dei parametri operativi di R-404A e Opteon XP40 a una temperatura media giornaliera di 24 °C**

Parametro	R-404A		Opteon XP40	
	Min	Max	Min	Max
Pressione di evaporazione (bar.g)	2,9	3,5	2,6	3,0
Temperatura di evaporazione media (°C)	-13,0	-8,9	-12,4	-9,4
Surriscaldamento all'aspirazione del compressore (K)	14,8	27,7	6,1	22,9
Temperatura di mandata del compressore (°C)	65,3	76,9	63,1	77,5
Pressione di condensazione (bar.g)	12,1	16,6	11,3	15,5
Temperatura di condensazione media (°C)	26,8	38,6	26,2	37,4
Sottoraffreddamento liquido (K)	1,6	21,4	10,7	24,8
Temperatura esterna (°C)	19,5	30,1	16,8	29,5
Consumo di energia (kWh)	2864		2516	