



Cambiamenti climatici: i ghiacciai si ritraggono, l'acqua diminuisce, i raggi solari intrappolati aumentano l'effetto serra



CONFRONTO DI ECO-EFFICIENZA DEI SUPERMERCATI CON DIVERSI REFRIGERANTI

**N. ACHAICHA
HONEYWELL BELGIUM**

CONFRONTO DI ECO-EFFICIENZA DI SISTEMI FRIGORIFERI COMMERCIALI

Nacer Achaichia, Honeywell Belgium, nacer.achaichia@honeywell.com

Pawel Wisnik, Honeywell, poland.pawel.wisnik@honeywell.com

Davide Refosco, Honeywell, Italy. davide.refosco@honeywell.com

Astratto

La refrigerazione commerciale è stata oggetto di indagine da parte della politica e dei legislatori in tutto il mondo a causa dell'utilizzo di fluidi ad alto GWP, come lo R404A, e degli elevati tassi di fughe di refrigerante. In Europa il regolamento F-Gas impone un divieto sull'utilizzo dei refrigeranti ad alto GWP ed una progressiva riduzione sull'uso dei refrigeranti cosiddetti HFC basata sul loro equivalente in CO₂. Risulta evidente che l'uso di refrigeranti a basso indice GWP fornisce una soluzione 'a prova di futuro' in questo segmento di mercato. Per rispondere alle sfide del regolamento F-Gas e per ridurre i consumi energetici nella refrigerazione commerciale, si stanno studiando e sviluppando molte nuove tipologie di impianto frigorifero.

Le soluzioni attualmente disponibili e che possono essere utilizzate nel settore commerciale per raggiungere i target imposti dalla F-Gas, sono duplici. Per sistemi esistenti e funzionanti ad R404A, la soluzione più rapida, economica ed amica dell'ambiente è quella di un retrofit con un refrigerante a GWP più basso. Per le nuove costruzioni invece, si sta esplorando molte nuove tipologie di impianto frigorifero. La combinazione di R744 con i fluidi di recente sviluppo HFO o con le miscele contenenti HFO offre notevoli benefici in termini di sicurezza e prestazioni.

In questo articolo vengono presentati degli esempi di tali applicazioni e tipologie impiantistiche e viene introdotto il concetto di Eco-Efficienza, il quale viene utilizzato per confrontare l'impatto ambientale e finanziario delle varie soluzioni.

Il concetto dell'Eco-Efficiency

Sono stati sviluppati molti sistemi di misura per misurare il cosiddetto 'carbon footprint' (impronta di carbonio) dei sistemi di refrigerazione. L'indice GWP (Global Warming Potential), usato da molti legislatori per la sua semplicità, è una misura dell'impatto diretto sull'ambiente. A seconda del tasso di fughe annue di un sistema, esso può rispecchiare dal 10 al 35% del totale impatto ambientale. L'indice TEWI (Total Equivalent Warming Impact) è la misura dell'impatto diretto ed indiretto sull'ambiente, ove l'impatto indiretto è il risultato dell'utilizzo di energia per il funzionamento del sistema frigorifero. Diversamente dal GWP, il TEWI può calcolare fino al 95% dell'impatto ambientale. L'impatto residuo può essere calcolato solo attraverso una completa analisi LCCP (Life Cycle Climate Performance).

Il difetto principale di tutti questi metodi di misura è la loro natura monodimensionale. E' sempre possibile ridurre l'impatto ambientale utilizzando componenti più performanti, condensatori più grandi, eiettori, ecc... in poche parole, è sempre possibile ridurre l'impatto ambientale spendendo più soldi su una determinata tipologia di sistema. Il costo totale di un sistema è quindi un parametro importante da prendere in considerazione quando si confronta la performance ambientale. La Eco-Efficienza è un sistema di misura bidimensionale che prende in considerazione l'impatto ambientale di un sistema e il suo costo totale.

Tipologie di Impianto nella Refrigerazione Commerciale

Negli anni sono state sviluppate numerose tipologie di impianto frigorifero. La spinta allo sviluppo è l'esigenza di ridurre il 'carbon footprint' dei supermercati e di assicurare la conformità alle normative vigenti. In questo studio saranno valutate 6 tipologie di impianto. Esse sono state selezionate in quanto rappresentano alcune delle tipologie più diffuse ad oggi ed anche altre sviluppate recentemente e basate su refrigeranti a basso GWP.

- 1) Sistema centralizzato DX che utilizza R-404A sia per la bassa temperatura (BT) che per la media temperatura (MT)
- 2) Sistema centralizzato DX, simile al sistema 1 ma che utilizza R-407F
- 3) Sistema centralizzato DX, simile al sistema 1 ma che utilizza R-448A
- 4) Sistema in cascata che utilizza R1234ze per la media temperatura (MT) ed un sistema a CO₂ subcritica per la bassa temperatura (BT). Il calore di condensazione della centrale di bassa temperatura a CO₂ viene assorbito dalla centrale di media temperatura ad HFO.
- 5-a) Booster a CO₂ per regioni fredde.
- 5-b) Booster a CO₂ con compressione parallela e sistema ad eiettore per regioni più calde.
- 6) Booster a R-407F

Presupposti

Lo studio si basa su un tipico supermercato europeo con superficie di 2000m², con carico frigorifero di 68kW per la media temperatura e di 18kW per la bassa temperatura. Vengono considerate due distinte regioni europee. Una regione più fredda, rappresentata da Amburgo (D), ed una regione più calda, rappresentata da Siviglia (E). I dati di temperatura delle due città sono stati ricavati dai database meteorologici per il 2016. Per entrambi i luoghi, sono state calcolate le temperature medie mensili diurne e notturne. I carichi nominali del supermercato sono stati associati alle temperature diurne, mentre i carichi notturni sono stati considerati pari a metà dei nominali per considerare la riduzione delle dispersioni energetiche durante gli orari di chiusura.

Per il calcolo dei consumi elettrici sono stati considerati i seguenti componenti: compressori, ventole dei condensatori, ventole degli evaporatori, ventole dei banchi frigoriferi, luci dei banchi frigoriferi, resistenze di sbrinamento (solo per le unità BT), considerando 4 cicli di sbrinamento nelle 24 ore, ognuno della durata di 30 minuti. Il costo dell'energia elettrica utilizzato è di 0,097€/kWh e le emissioni di CO₂ risultanti all'impianto di generazione di energia sono di 0,43kg/kWh.

Un parametro critico nello studio è il CAPEX, o costo iniziale del sistema. Questo deriva dallo sviluppo di una dettagliata distinta dei materiali per ogni sistema per includere la centrale frigorifera, gli scambiatori di calore e i componenti del sistema (tubi, valvole, isolamento, carica iniziale di refrigerante, staffature e saldature). I costi di installazione inoltre includono i tempi di assemblaggio, basati su tabelle normalizzate, dei componenti del sistema frigorifero (scambiatori di calore, centrali frigorifere, tubazioni, isolamento, canaline elettriche, avviamento del sistema, ecc.). Un altro componente del costo totale è il costo operativo (OPEX). Questo include il costo della manutenzione ordinaria (olio, cambio filtri, riparazioni di piccola entità). L'analisi è condotta su un ciclo di vita del sistema di 15 anni, assumendo inoltre un tasso di fughe di gas refrigerante pari al 15% annuo.

Risultati

Tutte le tipologie di impianto sono state simulate con un software interno e con l'ausilio del software di terze parti per la selezione dei compressori e degli scambiatori di calore. Sono stati simulati due sistemi ad R744: un sistema booster "semplice" per la regione fredda ed un sistema booster dotato di compressione parallela e di eiettore per la regione calda. I risultati corrispondenti sono riportati nel grafico della Eco-Efficienza di figura 1a e 1b, rispettivamente per Amburgo e Siviglia.

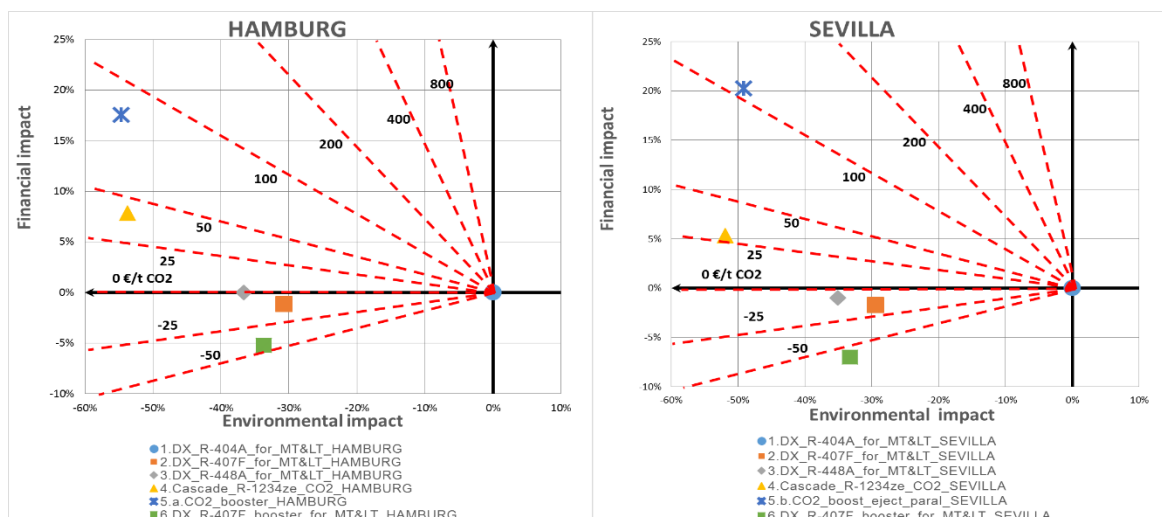


Fig.(1a & 1b): Grafico di Eco-Efficienza per Amburgo e Siviglia.

Conclusioni

Il riferimento dei grafici di figura 1a e 1b è rappresentata dal sistema ad R-404A (sistema 1) ed i risultati riportati per gli altri sistemi sono visualizzati come scostamento da detto sistema, in termini di impatto ambientale (asse orizzontale) e di impatto finanziario (asse verticale). Come ci si attendeva, tutte le alternative mostrano una considerevole riduzione nell'impatto ambientale, ma differenti impatti finanziari. I sistemi 2 e 3 presentano un impatto finanziario molto simile a quello di riferimento, dato che cambia solo il refrigerante. Questo pone in evidenza il fatto che l'impatto ambientale del refrigerante è piuttosto importante. R-407F ed R-448A sono già stati adottati da molte catene di supermercati a causa del loro GWP più basso di quello di R-404A e del risparmio energetico conseguente alla loro adozione, dimostrato in molte applicazioni, sia di media che di bassa temperatura. La riduzione dell'impatto ambientale avviene quindi a costi simili o inferiori rispetto al sistema di riferimento. Il sistema in cascata HFO/CO2 (sistema 4) ed i sistemi a CO2 (sistemi 5) ottengono il più basso impatto ambientale. Questo si deve principalmente al basso impatto ambientale diretto dato che i sistemi utilizzano refrigeranti a bassissimo GWP. Il sistema in cascata mostra performance molto promettenti sia sotto il profilo ambientale che finanziario.

Ogni linea rossa tratteggiata rappresenta un rapporto costante €/tonnellata di CO2 rimossa. I sistemi a R744, 5a e 5b, ottengono ottimi risultati in termini di riduzione dell'impatto ambientale, ma a spese di un notevole incremento sull'impatto finanziario. Entrambi i sistemi riducono le emissioni di CO2 ad un costo variabile tra gli 80 ed i 110 €/tonnellata di CO2. Anche il sistema in cascata con HFO e R744 mostra una considerevole riduzione dell'impatto ambientale, ma ad un costo compreso tra 25 e 40 €/tonnellata di CO2. I sistemi a R-407F e R-448A portano a riduzioni dell'impatto ambientale tra il 30 ed il 40% con il beneficio addizionale che questa riduzione è ottenuta con un impatto finanziario nullo o

molto ridotto. Optando per questa soluzione, una catena di supermercati potrebbe effettivamente raggiungere i propri target con un beneficio finanziario nel lungo periodo.

Sebbene il sistema 4 sia basato su R1234ze, un refrigerante A2L in un sistema DX, gli standard attuali permettono una carica di refrigerante notevole con questo refrigerante. Si sta inoltre lavorando per rimuovere le barriere all'incremento della carica massima per i refrigeranti A2L nel prossimo futuro. R1234ze è inoltre considerato non infiammabile in accordo ai GHS ed alla 'European flammability regulation'.

I risultati dimostrano come refrigeranti quali lo R1234ze dovrebbero poter essere utilizzati in quantità molto più elevate nei sistemi DX in virtù delle loro performance ambientali.

Sistemi standard basati sui refrigeranti R-407F ed R-448A presentano non solo il CAPEX più basso, ma anche le migliori prestazioni energetiche sia nella regione a clima freddo che in quella a clima caldo. L'impatto ambientale può essere ulteriormente migliorato semplicemente riducendo le fughe di refrigerante.

Lo studio è stato ripetuto con un tasso di fughe annuo del 5% per entrambi i sistemi a R-407F ed a R-448A. E' stato aggiunto un incremento del 10% nelle spese di manutenzione per riflettere i costi associati a questa riduzione nelle fughe. I risultati sono riportati in fig 2a e 2b. Come atteso, l'effetto della riduzione del tasso di fughe di refrigerante ha ulteriormente ridotto l'impatto ambientale di questi sistemi con un impatto finanziario piccolo o nullo.

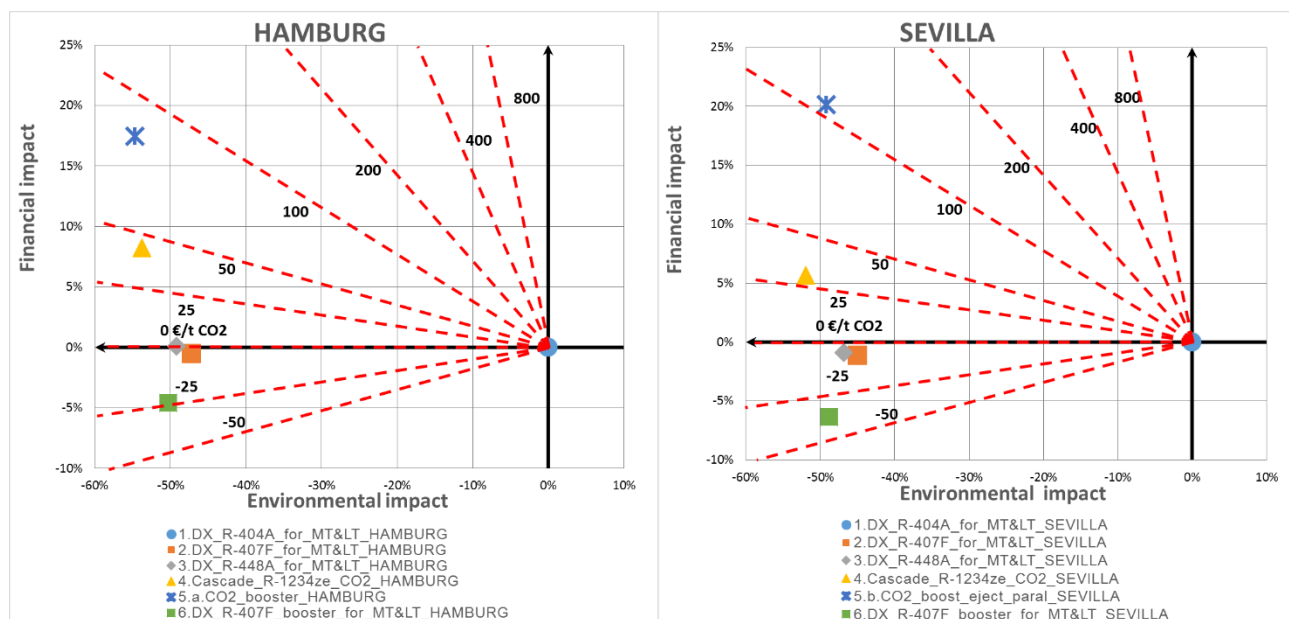


Fig. 2 a&b: Grafico di Eco-Efficienza con tasso di fughe del 5% annuo

L'eco-efficienza è un potente strumento per mettere a confronto varie tipologie di impianto frigorifero commerciale. Lo studio comparativo condotto mostra che sebbene i sistemi a R744 presentino una buona riduzione dell'impatto ambientale, questo è prevalentemente dovuto al bassissimo GWP del refrigerante, ed è ottenuto a fronte di un considerevole impatto finanziario. Sistemi DX ad HFC possono ugualmente avere una considerevole riduzione nell'impatto ambientale, ma con impatto finanziario ridotto o nullo. Piccoli investimenti per ridurre il tasso di fughe di sistemi HFC ne ridurrebbe considerevolmente l'impatto ambientale rendendoli una soluzione molto migliore sia sotto il profilo ambientale che economico.