



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



GLI IMPIANTI DI REFRIGERAZIONE COME FACILITATORI DELLA CONVERSIONE ENERGETICA

**T. FUNDER-KRISTENSEN
DANFOSS**

GLI IMPIANTI DI REFRIGERAZIONE COME FACILITATORI DELLA CONVERSIONE ENERGETICA

Funder-Kristensen T.¹ ; Leinweber D.²

¹ Ph.D. Head of Public & Industry Affairs, Danfoss, Nordborg, 6430, Danimarca.

² Dipl.-Kfm /M.i.M. Business Dev. Energy Storage, Danfoss, Nordborg, 6430, Danimarca.

Abstract

Rispetto agli studi precedenti, le opportunità di utilizzare un impianto di refrigerazione come facilitatore energetico totale sono aumentate con le emergenti opportunità di immagazzinamento termico ed elettrico. In questo articolo, esaminiamo le diverse opportunità di integrazione degli impianti di refrigerazione nelle reti energetiche interne ed esterne. Viene descritta una gerarchia delle tecnologie utilizzate per gli impianti frigoriferi con l'obiettivo di ridurre i costi per i proprietari e allo stesso tempo ridurre le emissioni di CO₂ derivanti dalla tradizionale produzione di energia termica ed elettrica. Viene descritto come sia possibile ottenere una riduzione dei costi di oltre il 40%. In particolare, si descrive come la produzione di elettricità FV e il magazzinaggio possano offrire valore aggiunto in combinazione con un impianto di refrigerazione e come le opportunità di impiego del raffreddamento temporaneo e la capacità non utilizzati dell'impianto possano offrire un ottimo ritorno sull'investimento.

Parole chiave

Sistemi intelligenti, Magazzinaggio di energia, Refrigerazione, Teleriscaldamento, Supermarket, Retail alimentare

Introduzione

Le applicazioni di raffreddamento per la refrigerazione, il condizionamento dell'aria e le pompe di calore sono responsabili del 15-20% del consumo di elettricità a livello globale e probabilmente aumenteranno in futuro con la crescente elettrificazione. La gestione energetica fondamentale di questi sistemi è principalmente basata su vecchi paradigmi energetici e non sfrutta le opportunità di miglioramento delle prestazioni complessive. Il principale potenziale di miglioramento riguarda la composizione e le prestazioni dei componenti dell'impianto e tali aspetti sono in genere governati dai requisiti minimi di prestazione energetica (MEPS) delineati, per esempio, nella direttiva Ecodesign. La validità della metodologia MEPS è stata dimostrata nel corso di numerosi decenni; tuttavia, introduce anche limitazioni basate su rigorose misure di collaudo e definizioni del sistema (commodity). Quando i sistemi sono in funzione, le condizioni diventano variabili e il dimensionamento e la modalità di funzionamento possono drasticamente cambiare l'efficienza effettiva rispetto a quella attesa. Il fattore dei costi energetici variabili - e la remunerazione - ha inoltre ulteriormente ampliato la percezione dell'efficienza tradizionale. Il COP di un impianto è più importante della disponibilità di energia eolica o fotovoltaica a basso costo? Oppure il magazzinaggio dell'energia è un buon "business case"? Il consumatore potrebbe obiettare che la misura migliore sia il costo accumulato dell'energia in un determinato periodo di tempo. Il costo dell'energia riassume in ultima analisi le esigenze degli utenti dell'impianto energetico e i mezzi per ottenere il costo energetico più basso possono essere pianificati per realizzare il miglior business case e ritorno sull'investimento.

Edifici / impianti a compressione di vapore e sistemi energetici esterni

Il sistema di compressione del vapore è ubicato all'interno dell'involucro dell'edificio ed è considerato una parte centrale di un impianto energetico; vedere la figura 1. Il sistema utilizza elettricità per funzionare e l'elettricità può essere acquistata attraverso la rete esterna oppure può essere fornita dall'edificio tramite l'installazione di pannelli fotovoltaici. L'elettricità può essere immagazzinata in una batteria. Attraverso il suo compressore, il sistema di compressione del vapore produce un prodotto termico (freddo e caldo) che può essere utilizzato direttamente per il comfort ambientale e la refrigerazione dei prodotti o può essere immagazzinato in banchi di ghiaccio o contenitori di acqua calda. Il prodotto del riscaldamento e del raffrescamento può essere inoltre esportato attraverso le reti termiche [1].

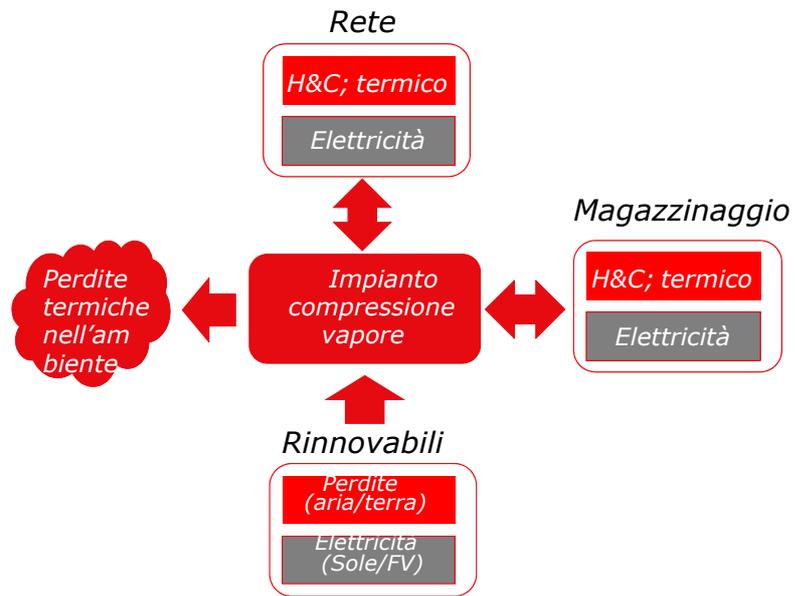


Figura 1, il flusso energetico, compressione del vapore

L'energia fornita dalle società esterne ha un prezzo e tali fornitori possono anche acquistare energia o offrire flessibilità in termini del consumo energetico. Il prezzo dell'energia è generalmente basato su un fattore temporale. In questo dinamico scenario, è possibile ridurre notevolmente i costi energetici e allo stesso tempo offrire capacità e flessibilità decentralizzate agli operatori di rete.

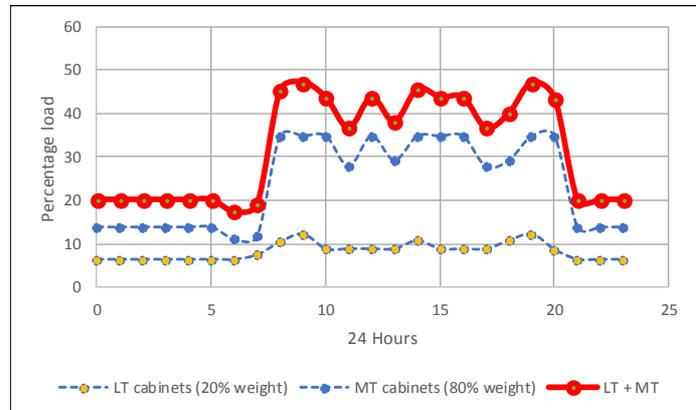


Figura 2, il carico medio di un supermercato

Il sistema di compressione del vapore ha una certa capacità e un determinato COP, a seconda delle condizioni di funzionamento. Normalmente, la capacità del sistema è superiore ai bisogni primari effettivi. Per esempio, i supermercati utilizzano in media circa il 30% della loro capacità installata in un anno; vedere la figura 2. La capacità apparentemente sovradimensionata è giustificata in quanto deve assicurare la sicurezza alimentare [2] in condizioni stagionali di picco, per esempio durante l'estate, quando la temperatura ambientale esterna e l'umidità sono elevate. L'equazione 1 mostra il rapporto tra la capacità del rack del compressore e un certo numero di banchi frigoriferi.

$$Q_c = K * \sum_{k=1}^n Q_{c,k} \quad (1)$$

Dove QC è la capacità frigorifera del rack del compressore e Qc,k la capacità frigorifera dei singoli banchi frigoriferi nel negozio. K è un fattore di sicurezza, in genere pari a 1,10-1,15. La capacità dei banchi frigoriferi si riferisce a determinate condizioni di prova, per esempio riportate in ISO 23953. La rating condition è basata su una temperatura di 25°C e un'umidità del 60% (UE).

Il tradizionale recupero del calore è generalmente definito in base all'energia ottenuta nelle unità frigorifere del negozio e può essere considerato come un'energia aggiuntiva gratuita. Tuttavia, l'utilizzo della capacità supplementare del compressore è un'opportunità commerciale, dinamicamente disponibile per 24 ore. Di conseguenza, una valutazione automatizzata della modalità e dei tempi di funzionamento deve essere presente. Prima di attivare la capacità supplementare, è necessario che un attraente equilibrio in termini di costo sia disponibile per un determinato periodo di tempo minimo. L'equilibrio dei costi è positivo se la remunerazione termica relativa (C_h) supera il costo relativo dell'energia elettrica (C_e) diviso per il $COP_{h,u}$ il quale è l'energia termica divisa a sua volta per l'energia necessaria per il funzionamento dell'impianto; vedere l'equazione 2

$$C_h > \frac{C_e}{COP_{h,u}} \quad (2)$$

Ciò implica che l'operatore conosca questi parametri e abbia un fattore COP [3] misurabile online con una stima dello sviluppo del COP nelle ore successive.

Ottimizzazione dei costi e riduzione delle emissioni: un esempio

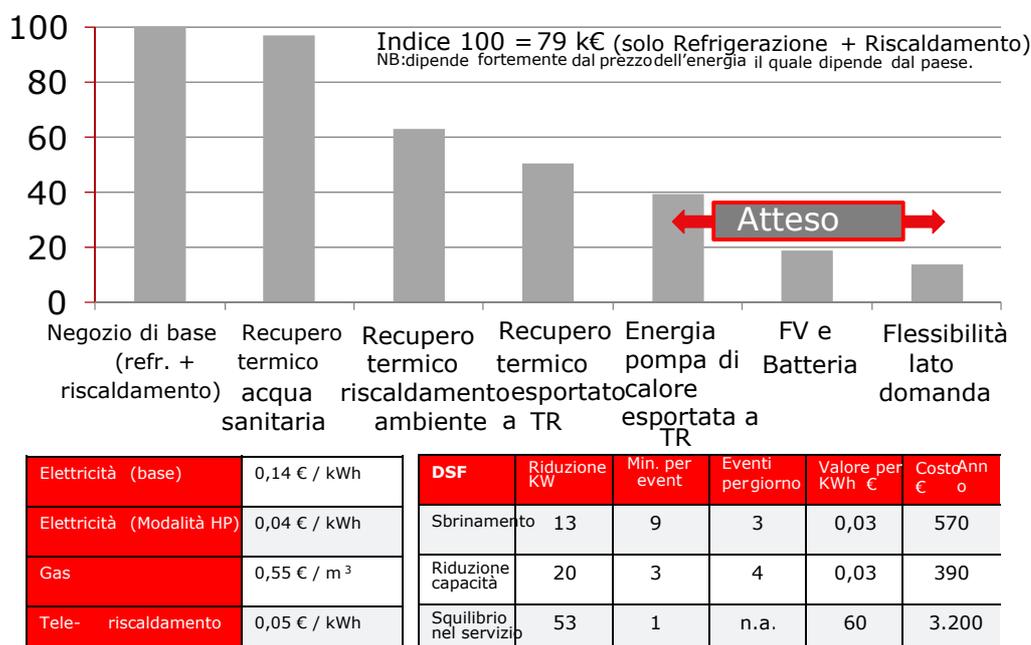


Figura 3: Il costo operativo in funzione del risparmio energetico e dell'utilizzo della capacità e della flessibilità sul lato domanda

Sulla base dell'esempio del supermercato precedentemente descritto in [3], sono state effettuate ulteriori convalide dei costi. La baseline è un impianto di refrigerazione convenzionale a CO₂ senza recupero del calore, risposta alla domanda e senza pannelli solari e magazzinaggio. Il negozio ottimizzato recupera ora calore all'interno del negozio

ed esporta il calore alla rete TR locale. Sulla base delle condizioni di funzionamento (COP e prezzi dell'energia) e del confronto dei costi energetici; vedere la figura 3. Il primo e il secondo risparmio, in termini di costi, derivano dal recupero termico che viene utilizzato per l'acqua calda sanitaria e il riscaldamento dell'ambiente nel negozio e che sostituisce completamente il riscaldamento a gas. Il terzo risparmio consiste nei ricavi ottenuti dalla vendita dell'energia alla rete di teleriscaldamento in base all'esportazione del surplus di energia in condizioni di carico normale, vale a dire circa il 30% di utilizzo delle capacità.

Il quarto risparmio è correlato all'ulteriore impiego della capacità del compressore non utilizzata per la refrigerazione. Si presume che nel 25% del tempo il prezzo dell'energia elettrica sia attraente (30% della media) per via della produzione di energia rinnovabile e che il $COP_{h,u}$ sia pari a 1,5. Il prezzo di vendita del calore non è interessato. Questo risparmio può essere probabilmente superiore, ma dipende dalle condizioni locali e deve essere considerato un esempio.

La quinta riduzione nei costi è ottenuta utilizzando pannelli solari fotovoltaici solari e un accumulatore a batteria. L'installazione dei pannelli fotovoltaici aggiungerà valore al supermercato in due modi. In primo luogo, esiste una corrispondenza tra il fabbisogno energetico massimo del compressore e l'irraggiamento solare (condizioni estive), con il più alto potenziale di risparmio energetico durante le ore di prezzo elevato. In secondo luogo, consente di utilizzare batterie, aggiungendo flessibilità al supermercato. In questo caso, pannelli FV di 500 m² sono installati sul tetto, producendo 75 MWh da aprile a ottobre, e 40 kW nelle ore di punta della stagione. Una batteria di 80 kWh (consumo medio di 2 ore) viene anche installata per immagazzinare l'elettricità di rete a basso costo durante la notte. I risparmi nella riduzione del consumo di picco durante le ore di picco e quelli generati dalla flessibilità sono notevoli, corrispondenti a circa il 20% della linea di base.

Infine, la sesta riduzione nei costi è il reddito ottenuto dalla vendita della flessibilità sul lato domanda (DSF) per l'operatore della rete elettrica. Il DSF consiste nell'ottimizzare i tempi di utilizzo dell'elettricità per ottenere il costo energetico più basso possibile gestendo il consumo. Un esempio è il "distacco" dei carichi correlati allo sbrinamento e alla refrigerazione durante le ore di picco. Un altro esempio è quello dei servizi sbilanciati che implicano riduzioni di carico molto veloci per aiutare a mantenere la frequenza della rete.

Le riduzioni delle emissioni CO₂ associate possono essere stimate calcolando il contenuto di CO₂ del consumo di gas risparmiato e, in termini della esportazione al teleriscaldamento (quinta colonna), la differenza in CO₂ tra il consumo di elettricità e la produzione di calore. L'energia solare è un risparmio di CO₂ diretto, mentre il contributo della batteria è conteggiato come zero. La parte DSF ha un'influenza sulle emissioni di CO₂ pari a zero in quanto si tratta di un consumo energetico variabile. Tuttavia, indirettamente, sul lato dell'approvvigionamento elettrico, le emissioni sono probabilmente ridotte a causa del mix di energia con emissioni di CO₂ più basse.

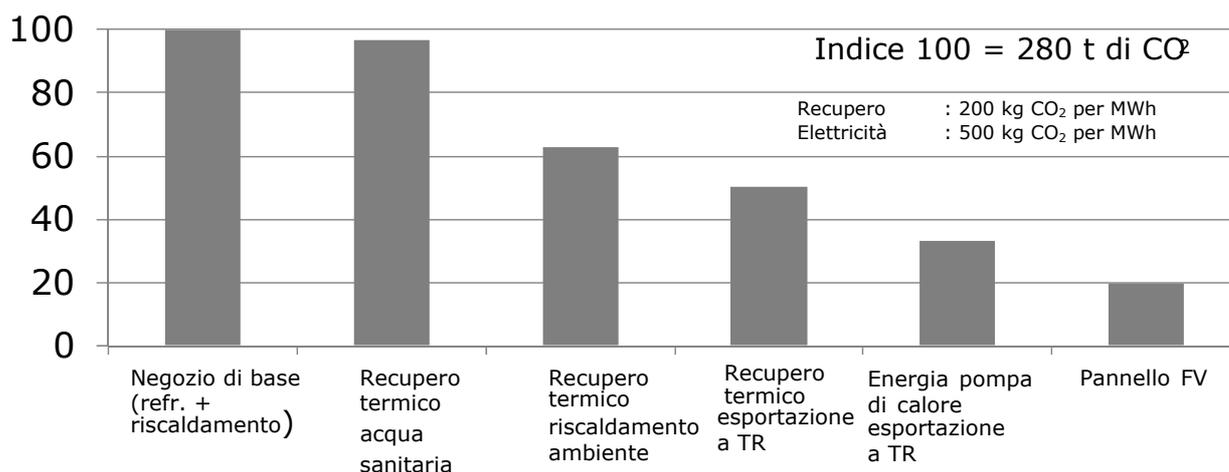


Figura 4: Emissioni di CO₂ in base al risparmio energetico e all'utilizzo della capacità. La flessibilità sul lato domanda non tiene conto della riduzione delle emissioni indiretta.

Conclusioni

- L'integrazione del riscaldamento e del raffreddamento negli impianti a compressione di vapore si è rivelata un metodo efficace per ridurre i costi. La maggior parte dei risparmi energetici è basata sul recupero del calore.
- Oltre al recupero del calore convenzionale, l'utilizzo della capacità inutilizzata del compressore per l'esportazione del calore può rappresentare un'opportunità per aumentare il reddito del negozio.
- L'utilizzo di pannelli solari può generalmente ridurre il costo dell'elettricità e offre una riduzione del consumo di elettricità simile a quello dei sistemi a compressione di vapore.
- Le batterie sono considerate uno strumento resiliente nel sistema di gestione dell'energia locale - supportano la generazione di energia solare ma fungono anche da fonte per i servizi DSF.
- La vendita di servizi DSF da parte dei supermercati rappresenta una chiara occasione per ridurre i costi energetici, ma deve ancora maturare nel mercato della CO₂; i risparmi ottenuti utilizzando il recupero di calore, la capacità delle pompe di calore e i pannelli PV sono molto elevati.

Riferimenti Bibliografici

- [1] Lund, H et al ; 4th Generation District Heating (4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems; Energy (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.089>
- [2] Fredslund, K. Load part for supermarket refrigeration. Part of EUDP-1 ESO2 Project, Institute of Product Development, Technical University of Denmark, 2013.
- [3] Arnemann M. Real Energy Efficiency in Supermarket Refrigeration systems, Institute of Refrigeration and ... Karlsruhe University of applied Science, 2014.
- [4] Funder-Kristensen T. Fösel G. Bjerg P.; Supermarkets as an important smart grid appliance, 16th EUR. CONF. TECHN. INNOVATIONS IN REFRIGERATION AND IN AC, POLITECNICO OF MILAN, (2015)

