

IL MONITORAGGIO DELLE PRESTAZIONI CON UN METODO OBIETTIVO PERMETTE DI RISPARMIARE IL 10-30% DELL'ENERGIA NEGLI IMPIANTI DI REFRIGERAZIONE E CONDIZIONAMENTO DELL'ARIA

**Klas Berglöf, MSc,
Fondatore e CEO di ClimaCheck Sweden AB, Box 46, 131 33 Nacka, Svezia
klas@climacheck.com**

INTRODUZIONE

L'ottimizzazione dei sistemi esistenti è il "frutto a portata di mano" per ridurre il consumo di energia e l'impatto sul clima nel nostro settore. Un risparmio del 10-30% è possibile con investimenti di capitale bassi o nulli per la maggior parte degli impianti. Pochissimi impianti sono stati ottimizzati dal punto di vista energetico dopo l'avviamento, in quanto le installazioni vengono eseguite secondo le specifiche in cui l'appaltatore di refrigerazione / climatizzazione sta facendo la propria parte mentre idraulici, aeraulici, controllo e appaltatori elettrici soddisfano a loro volta le proprie specifiche. Nella maggior parte dei progetti non ci sono responsabilità né vengono stanziati risorse economiche per ottimizzare l'installazione nel suo complesso per quanto riguarda i carichi e le condizioni climatiche a cui l'impianto è destinato a lavorare dopo la consegna al proprietario. I requisiti UE sui controlli delle prestazioni sui sistemi di condizionamento d'aria superiori a 12 kW sono ancora raramente effettuati con misurazioni effettive. Le nostre esperienze corrispondono a quelle di molti altri, vale a dire il rapporto ASHRAE per la refrigerazione commerciale e industriale (Royal, 2014) che mostra che la messa in servizio e la manutenzione di un impianto secondo il paradigma "business as usual" ha come conseguenza che la maggior parte degli impianti ha un consumo energetico significativamente superiore rispetto a quanto era stato originariamente previsto in fase progettuale.

1. INDICE DI EFFICIENZA DEL SISTEMA – “SEI” UN PARAMETRO DI BENCHMARKING PER LA VALUTAZIONE E L'OTTIMIZZAZIONE

Le analisi delle prestazioni di sistema in un impianto con controlli standard e BMS richiedono un sacco di lavoro di ingegneria che può essere svolto in modo molto più efficiente se le prestazioni vengono rese disponibili ad un esperto su Internet.

Il monitoraggio del compressore, dell'evaporatore, del condensatore, dell'efficienza della torre di raffreddamento, della carica di refrigerante, del funzionamento della valvola di espansione e dei flussi 24/7 permette di ridurre il numero di guasti. Le anomalie possono essere rilevate, così, non appena si verificano invece che essere accertate quando il l'impianto va in crisi. Poiché tutte le apparecchiature RAC seguono la stessa termodinamica, tutti gli impianti possono essere monitorati con un metodo imparziale e valido in generale predisposto del produttore (con l'adattamento di alcuni indicatori più adattati al tipo di impianto in questione). I sensori necessari per misurare le prestazioni e la capacità di un impianto di refrigerazione standard e tutti i parametri rilevanti sono i dieci sensori evidenziati nella figura 1

Il SEI è stato valutato in diversi progetti, ad esempio dell'Istituto di refrigerazione (IoR) nel Regno Unito e dell'Associazione industriale di ingegneria meccanica (VDMA) (VDMA, numero 24247 parte 2: "Requisiti per la progettazione e i componenti del sistema", 2011), (VDMA, Numero 24247 "Efficienza energetica dei sistemi di refrigerazione", 2011) in Germania negli ultimi 10 anni. In un progetto guidato da SP Technical Research Institute of Sweden (cambiato nome in RISE).

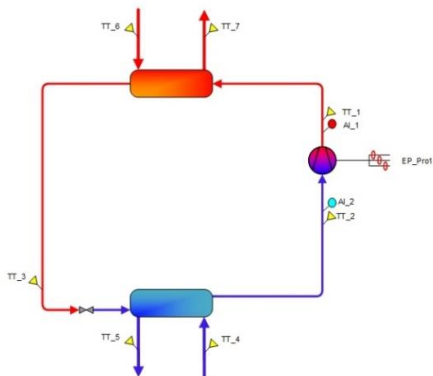


Fig.1a Sono necessari dieci sensori per ottenere tutte le informazioni per una valutazione totale di un circuito di refrigerazione standard.

Le esperienze sul campo dimostrano che SEI è un potente strumento per confrontare i diversi sistemi e identificare i loro punti deboli. Fornisce a proprietari e operatori una visualizzazione di facile comprensione del funzionamento del proprio sistema e consente loro di identificare quando le prestazioni peggiorano. Il parametro principale delle

prestazioni SEI, è l'efficienza per un sistema di refrigerazione, condizionamento d'aria o pompa di calore rispetto a un sistema efficiente al 100% (processo senza perdite) alle condizioni operative misurate.

1.1. Sub efficienze

La possibilità di identificare e confrontare i punti deboli a livello di componenti come sub-efficienze contribuisce a rendere SEI un potente strumento per il rilevamento e la comunicazione dei guasti.

Le sotto-efficienze più interessanti per la maggior parte delle applicazioni sono:

- Efficienza del ciclo
- Efficienza del compressore
- Efficienza del condensatore
- Efficienza dell'evaporatore

Poiché le sub efficienze e il SEI hanno una modesta variazione rispetto alle condizioni operative, essi risultano essere parametri di utilità pratica per l'analisi ed il benchmarking e forniscono utili informazioni anche per i non esperti (vedi fig.1b)

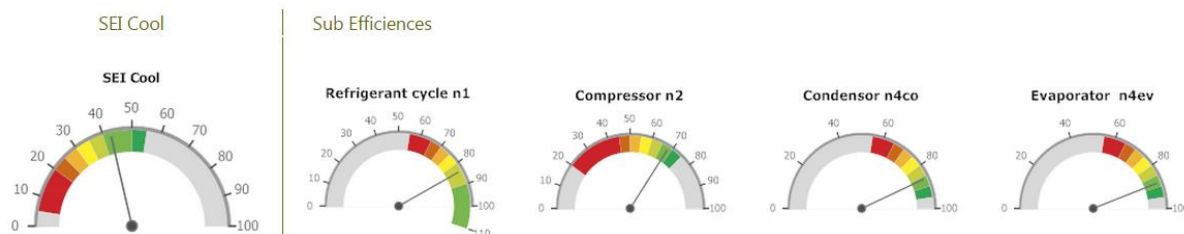


Fig. 1b Cruscotto SEI con prestazioni "normalizzate" per un refrigeratore ad alta efficienza

2. FIRME ENERGETICHE COME STRUMENTO PER VALIDARE L'OTTIMIZZAZIONE

La maggior parte dei proprietari di apparecchiature sono principalmente interessati ai costi e all'affidabilità e apprezzano le informazioni convertite in kWh, euro e alle emissioni carboniose. Nei sistemi di refrigerazione e condizionamento con carichi

variabili e condizioni ambientali variabili, il consumo di energia è destinato a cambiare di ora in ora. Le firme energetiche diventano fondamentali per creare metodi economicamente efficaci per prevedere, convalidare e valutare l'efficienza.

Una firma energetica mostra come il consumo di kWh / h dipende dalla temperatura ambiente. Nonostante le differenze esistenti possono essere ugualmente confrontate per tutte le temperature simili e normalizzate per l'indicatore desiderato (cioè kWh / m2). Le firme energetiche sono un componente chiave per prevedere e convalidare il modo in cui il consumo di energia cambia rispetto al design e / o alle misure pianificate.

Nella vita reale, il modello diventa leggermente più complesso in quanto il modello di carico in un supermercato o in una proprietà commerciale varia a seconda che il negozio / ufficio sia aperto o chiuso. Per creare firme differenziate per le ore di apertura e chiusura, si possono adattare le firme energetiche ai cambiamenti di utilizzo e giungere a valutare le statistiche energetiche come mostrato in Fig. 2

Energy saving for store 29% approx. 45,000 kWh per year 2

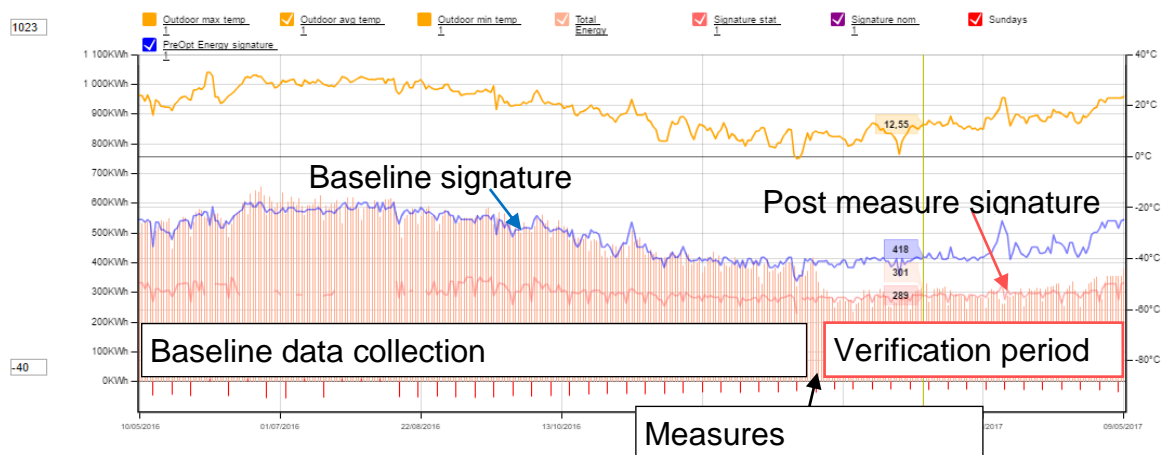


Fig. 2 Statistiche energetiche con firma energetica pre e post-misure per il progetto di ottimizzazione dei supermercati.

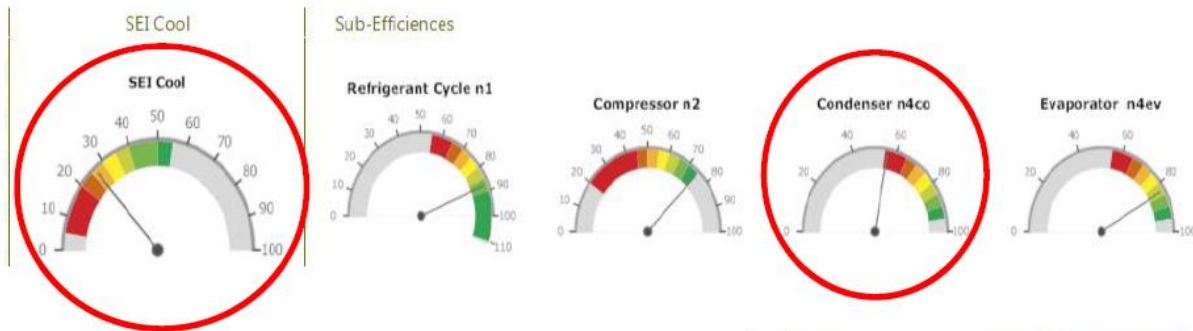
3. ISTANTANEE DI AUDIT E OTTIMIZZAZIONI DA TUTTO IL MONDO

3.1 Chiller raffreddati ad aria - USA

Il cruscotto SEI riportato in Fig. 3. mostra un valore di SEI basso a causa della scarsa efficienza del condensatore. Un'immagine IR visualizza un sottoraffreddamento più elevato e una temperatura di scarico più alta del tubo in ingresso.

Una scarsa efficienza del condensatore può essere il risultato di:

- incrostazione del condensatore
- carica eccessiva di refrigerante
- flusso d'aria insufficiente - spesso causato da un inconveniente, cioè un'impostazione errata del controllo della ventola del condensatore



L'immagine IR evidenzia:

- A. una temperatura di scarico più alta dovuta ad una maggiore pressione
- B. Una bassa temperatura al termine del condensatore nonostante una condensazione più alta cioè il sottoraffreddamento è più elevato e impegna una parte più grande di condensatore. Questo riduce la superficie utile per la condensazione



Fig. 3 Chiller raffreddato ad aria con accumulo di refrigerante nel condensatore e conseguente diminuzione delle prestazioni

3.2. L'ottimizzazione di un chiller di grandi dimensioni permette di risparmiare milioni - China

Un buon esempio di ciò che è realizzabile attraverso un progetto di ottimizzazione basato su M & V ben eseguito è il lavoro svolto presso Sands Casinos a Macau che è stato presentato nell'ASHRAE Technology Award Case study (Abuel, 2018). Grazie all'implementazione di una strategia di ottimizzazione completa si è raggiunto l'impressionante risparmio annuale di 29.361.145 kWh con un ROI di 1,54 anni. Una delle modalità per identificare le deviazioni, valutare l'impatto delle misure e mantenere il funzionamento ottimizzato è stata quella di implementare uno "strumento di analisi delle prestazioni del refrigerante" che mostra COP e SEI in tempo reale per ciascun refrigeratore.

3.3 Problemi di controllo in refrigeratore con compressori senza olio a velocità variabile – Canada

L'esempio che viene riportato in Fig. 4 relativo ad un impianto di refrigerazione con compressori senza olio ed a velocità variabile mostra come una inefficiente messa in servizio comporti fluttuazioni continue della capacità. Qui con aumenti del 60%, e talvolta anche maggiori, che causano non solo problemi nel refrigeratore, ma anche ai controlli dell'intero impianto quando la capacità è pulsante. Le variazioni del numero di giri aumentano l'usura e sono state osservate in molti sistemi con problemi di affidabilità del compressore. C'è anche un evidente rischio di ritorno di liquido. La mancanza di comprensione delle costanti di tempo nei sistemi è una delle principali cause di funzionamento irregolare negli impianti di refrigerazione e pompe di calore.

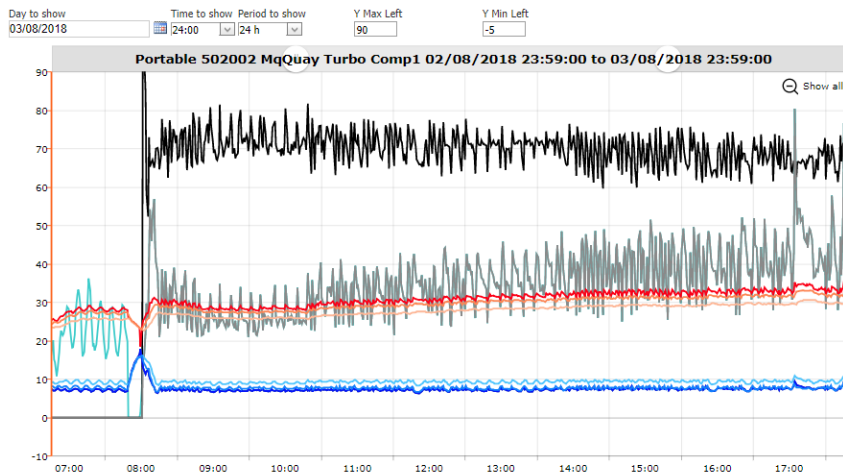


Fig. 4 Errata regolazione del controllo di capacità che causa un funzionamento irregolare (la linea grigia indica la potenza) con continuo aumento - diminuzione del numero di giri del compressore a velocità variabile

3.4 Rack a CO₂ prima e dopo l'ottimizzazione del controllo – USA

I problemi di controllo sono comuni anche nei nuovi impianti in cui vengono utilizzate soluzioni avanzate per ottenere un'elevata efficienza. I sistemi a CO₂ transcritici stanno introducendo un grado più elevato di complessità, ma è ancora pratica comune che la messa in servizio venga trascurata. Finché la temperatura viene mantenuta al valore di set-point e non si verificano allarmi, il controllo irregolare con molti avviamenti / arresti non viene considerato un problema. I grafici in Fig. 5 mostrano prima e dopo - nonostante le raccomandazioni, le correzioni non sono state fatte fino a quando il compressore si è guastato.

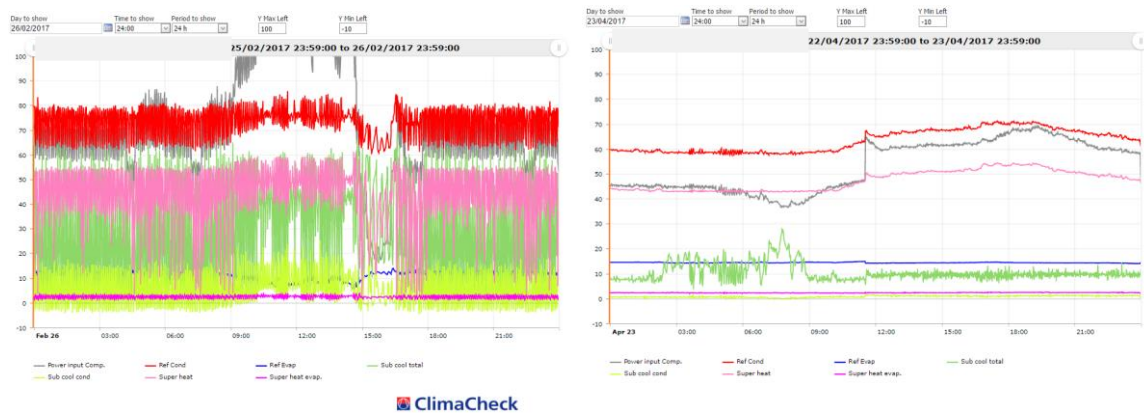


Fig. 5 Nuovo rack a CO₂ che funzionava con capacità irregolare in molte condizioni di carico nonostante un compressore con VSD.

3.5 Rilevazione di perdite indirette nel supermercato

Le perdite di refrigerante possono essere rilevate attraverso una deviazione dei parametri operativi, ma anche attraverso modifiche nella firma energetica prima che la perdita provochi un inconveniente di funzionamento nell'impianto come mostrato in figura 6. Non appena il vapore inizia a fuoriuscire dal ricevitore, il consumo di energia viene influenzato dalla circolazione del gas senza che esso porti ad una effettiva capacità di raffreddamento. In Europa gli intervalli richiesti dalla legge per i rilevamenti di perdite manuali possono essere raddoppiati se il sistema viene monitorato con un sistema automatico che rileva le perdite.

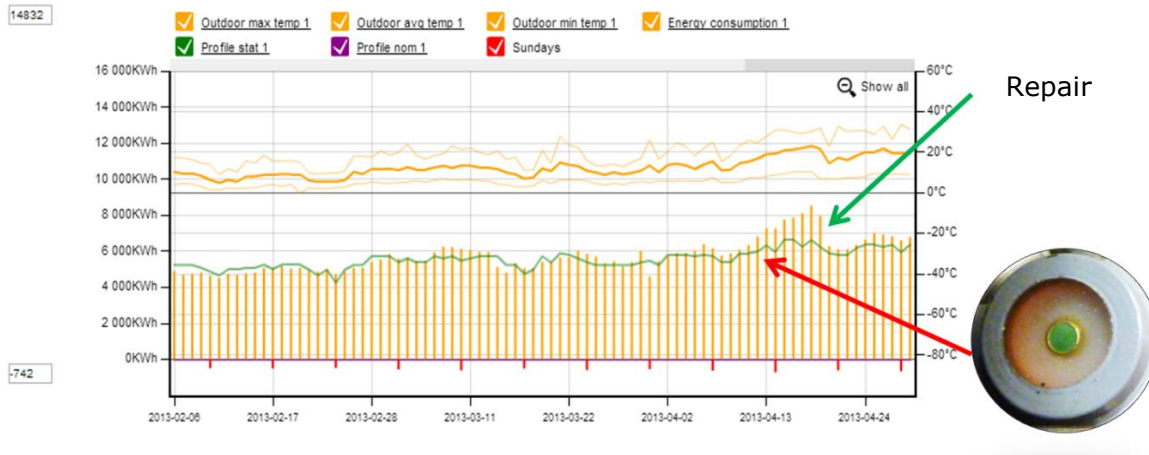


Fig. 6 Firma energetica che identifica la perdita di refrigerante nel supermercato.

CONCLUSIONI

Ridurre al minimo il consumo di energia dei sistemi di condizionamento e refrigerazione è una necessità dovuta sia a motivi ambientali che di costo. Questa è un'opportunità di business in un settore che consuma il 20% dell'elettricità complessiva. Storicamente l'attenzione è stata rivolta a mantenere la temperatura desiderata e l'efficienza è stata trascurata. Ciò comporta spesso l'installazione di una capacità in eccesso e il 10-30% dell'energia consumata viene sprecata. La continua variazione del COP con le condizioni operative ed il ricorso alle tradizionali tecnologie di misurazione basate sul flusso permettono di dare una spiegazione della mancanza di attenzione nei riguardi dell'efficienza. L'introduzione del "metodo interno" per l'analisi delle prestazioni ha ridotto il tempo e il costo per misurare il COP e la capacità nelle condizioni di funzionamento effettive. Il metodo imparziale permette di ottenere informazioni dettagliate sulle prestazioni ottenute a costi inferiori. System Efficiency Index, SEI, è un potente indicatore di prestazioni utilizzato per confrontare le prestazioni con una bassa dipendenza delle condizioni operative. Ciò supera la sfida rispetto l'efficienza COP / EER e quella di raffreddamento in kW / RT che cambiano continuamente con le condizioni operative. Le sub efficienze per condensatore - evaporatore e compressore facilitano la risoluzione dei problemi e migliorano la comunicazione con i responsabili decisionali e il personale operativo. L'esperienza di oltre 1500 sistemi di misurazione sul mercato globale dimostra che è ottenibile il 10-30% di risparmio energetico attraverso misure di ottimizzazione a basso costo. Oltre 1.000 MW di raffreddamento sono monitorati 24 ore su 24 nel cloud e oltre 100.000 ispezioni temporanee sulle prestazioni sottolineano l'importanza di migliorare la manutenzione preventiva e le competenze di ottimizzazione nel settore RAC.

BIBLIOGRAFIA

- Abuel, S. M. (2018). Improvements Keep Macau Resort Efficient . (November).
- Berglof. (2004). *Methods and Potential for Performance Validation of Air Conditioning, Refrigeration and Heat Pump Systems*. London: IOR.
- Berglof. (2005). *Methods and Potential for on-site Performance Validation of Air Conditioning*. Las Vegas: IEA.
- Berglof, K. S. (2017). *The Future business opportunity of the service sector is to measure and optimise*. Milano: IIR.
- Fahlén, P. (1989). *Capacity measurements on heat pumps - A simplified measuring method*. Swedish Council for Building Research.
- Lane Anna-Lena, B. J. (2014). *Method and guidelines to establish System Efficiency Index during field measurements on air conditioning and heat pump systems*. Borås, Sweden: SP, Technical Research Institute of Sweden.
- Royal, R. e. (2014). *Refrigeration Commissioning Guide, for Commercial and Industrial Systems*. ASHRAE.
- VDMA. (2011). *Specification No. 24247 "Energy efficiency of refrigeration systems"*. Berlin: VDMA.
- VDMA. (2011). *Specification No. 24247 Part 2: "Requirements for system design and components"*. Berlin: VDMA.