

Il ruolo del settore HVAC&R nel cambiamento climatico: proiezioni e strategie di decarbonizzazione

Claudio Zilio, Presidente AiCARR
Luca Alberto Piterà, Segretario Generale AiCARR

L'Istituto Internazionale del Freddo (IIR) nel 2019 ha stimato che il settore del condizionamento dell'aria e della refrigerazione (HVAC&R) è responsabile di circa il 20% del consumo totale di energia elettrica nel mondo e si stima che questa percentuale raddoppierà entro il 2050. Di conseguenza anche le emissioni totali di CO2 equivalente aumenteranno in modo cospicuo se non si implementeranno opportune strategie per la decarbonizzazione dell'intero settore della refrigerazione e del condizionamento dell'aria. A seconda dei modelli di predizione utilizzati, si possono trovare diverse stime in letteratura. Ad esempio, Mota-

Babiloni et al. (2020) sulla base di alcuni studi dell'Environmental Protection Agency statunitense a fronte di 349 MtCO₂-eq emesse nel 2010 stima emissioni pari a 1.596 MtCO₂-eq nel 2030.

Una recente Informatory Note dell'IIR (IIR, 2024) focalizzato sul solo settore del condizionamento dell'aria, riporta che nel 2021 gli 1,4 miliardi di unità installate nel mondo hanno consumato 2.963 TWh elettrici che equivalgono al 12.2 % dell'intero consumo mondiale di energia elettrica per il 2021. Sulla base di dati della International Energy Agency, l'IIR ha stimato che le emissioni di CO2 equivalente nel

settore del condizionamento dell'aria superano le stime di Mota-Babiloni et al. (2020): 1.808 MtCO₂-eq, pari al 5% delle emissioni globali di CO₂ equivalente dovuti al settore energetico. Si osserva che la Cina è il Paese con le maggior emissioni globali (32%) seguita dal Nord America con quasi il 23%. Dal punto di vista delle emissioni pro-capite il Nord America è la regione con il dato più alto: 896 kg CO₂ equivalente per abitante nel 2021 a fronte di soli 76 kg per abitante in India.

Un dato che deve far pensare è che si stima che il numero di sistemi di condizionamento installati a livello mondiale è destinato a diventare 2,5 volte le unità installate nel 2021.

Le emissioni totali di CO₂ equivalente sono la somma delle emissioni dirette, dovute al rilascio del fluido frigorifero in atmosfera per difetti di tenuta, interventi di manutenzione e smaltimento della macchina senza accurato recupero del fluido, ed emissioni indirette dovute alla produzione dell'energia elettrica consumata dalle macchine frigorifere. Pur essendo le stime leggermente diverse, gli studi disponibili indicano una netta prevalenza delle perdite indirette rispetto alle dirette. Secondo IIR (2017) le emissioni indirette sono il 63% delle totali. Secondo UNEP (2018) le indirette rappresentano il 71% del totale. La stima più recente, limitata al solo settore del condizionamento dell'aria in IIR (2024), le emissioni indirette sono il 77% delle emissioni totali. È interessante notare la differente ripartizione percentuale tra emissioni dirette ed indirette a seconda della nazione. In India la percentuale di emissioni in-

dirette è del 90%, mentre in Europa le emissioni indirette ammontano al 59% delle totali (dirette+indirette) per il nostro continente. Ne consegue che, se da un lato le azioni, come il regolamento F-gas in Europa, volte a favorire l'impiego di fluidi frigoriferi a basso effetto serra e a promuovere l'abbattimento delle perdite di fluido frigorifero e il recupero, la rigenerazione e il riutilizzo del fluido stesso sono fondamentali per incidere su meno di un terzo delle emissioni globali di CO₂ equivalente. Più incisive sono invece le azioni e i regolamenti volti a ridurre le emissioni indirette.

Le tre azioni principali per ridurre le emissioni indirette sono:

1. Riduzione del fattore di emissione per la produzione dell'energia elettrica.
2. Ridurre il numero di ore di funzionamento delle macchine frigorifere.
3. Aumentare l'efficienza delle macchine frigorifere.

Per quanto riguarda la prima azione, a livello mondiale si deve prevedere una diffusione sempre più pervasiva di fonti di energia rinnovabile, sostenuta nella fase di transizione dall'utilizzo di fonti alternative al carbone (nucleare, idrogeno e biogas).

La seconda azione è forse la più ovvia e può essere perseguita in due direzioni. Prima: una maggiore sensibilizzazione dell'utente finale. In letteratura scientifica alcuni studi stimano che il semplice aumento di 1°C della temperatura di set point estivo degli ambienti porterebbe ad un risparmio energetico tra il 10 e il 20%. Secon-

da: impiego diffuso di sistemi di controllo predittivi in grado di far operare la macchina frigorifera sempre in condizioni di massima efficienza energetica in funzione delle condizioni ambientali e di effettiva richiesta del sistema da refrigerare o condizionare.

Per capire l'enorme rilevanza della terza azione, ovvero l'aumento dell'efficienza delle macchine frigorifere, si vuole qui analizzare le stime fatte da IIR (2024) per il settore del condizionamento dell'aria.

IIR propone il confronto tra due scenari, M (Moderato) e V (Volontario). Il lettore può fare riferimento all'annex alla Informatory Note di IIR (2024) per una descrizione dettagliata dei due modelli.

Nello scenario M, si ipotizza che tutte le nazioni implementino totalmente gli impegni presi con l'emendamento di Kigali (UNEP, 2016) per il contenimento delle emissioni dirette, ma senza sostituire completamente gli impianti e le macchine esistenti per l'impiego di fluidi frigoriferi con impatto di effetto serra trascurabile ($GWP \approx 1$) entro il 2050. Si ipotizza che l'efficienza energetica migliori secondo un trend "moderato" e che la percentuale di perdita annuale di fluido frigorifero dai circuiti resti invariata. In fine, si ipotizza che non venga implementata alcuna particolare politica per il recupero e il riciclo dei fluidi frigoriferi a fine vita del sistema. Nello scenario V (Volontario) tutte le nazioni vanno oltre gli impegni dell'emendamento di Kigali e tutti i sistemi di condizionamento utilizzano entro il 2036 in alcune aree del mondo ed entro il 2050 nelle restanti nazioni solo refrigeranti con GWP bassissimo. Si implementano su scala globale politiche per un consistente abbattimento delle perdite e un recupero e riciclo sistematico dei fluidi frigoriferi. Per quanto riguarda l'efficienza, l'innovazione tecno-

logica viene promossa e finanziata con il preciso intento di migliorare molto rapidamente l'efficienza dei sistemi, in linea con il "Global Cooling Pledge" lanciato alla fine del 2023 al COP28 e approvato da più di 60 nazioni (UNEP, 2023).

Più in dettaglio, nello scenario M è stato assunto che la percentuale di miglioramento dell'efficienza dei sistemi di condizionamento resti costante fino al 2050 e pari a quella osservata tra il 1990 e il 2021. Nello scenario V si è ipotizzato che la percentuale di crescita dell'efficienza sia superiore allo scenario M e tale da portare l'efficienza media dei sistemi di condizionamento nel 2050 sia pari alla massima efficienza attualmente disponibile in una certa area geografica o nazione. Occorre infatti considerare che, sulla base dei dati della IEA, l'efficienza dei climatizzatori disponibili sul mercato varia in maniera considerevole da nazione a nazione e nell'ambito di una data nazione. In generale, si osserva che l'efficienza media dei climatizzatori disponibili in un dato mercato nazionale è mediamente inferiore del 50% rispetto ai climatizzatori più efficienti disponibili in quella nazione. In pratica, senza introdurre nuove tecnologie, ma semplicemente utilizzando il meglio attualmente sul mercato c'è spazio per un miglioramento enorme dell'efficienza media dei prodotti.

Pur considerando, per semplicità, invariati i fattori di emissione per la produzione dell'energia elettrica e il numero di ore di funzionamento giornaliero in entrambi i modelli (M e V), lo scenario V porta ad una riduzione molto rilevante delle emissioni indirette (circa il 40%) al 2050 rispetto allo scenario del modello M. Tradotto in numeri, si tratterebbe di 745 Mt – equivalenti CO₂ evitate entro il 2050. Questo numero è pari a più del doppio delle emis-



AQUA ^{greenspeed} **FORCE**
PUREtec



sioni dell'Italia nel 2021. È importante ribadire che queste emissioni evitate si avrebbero pur considerando la proiezione di mercato che prevede al 2050 un numero di impianti di condizionamento installati pari a 2,5 volte quelli del 2021.

È evidente che questo risparmio di emissioni può essere raggiunto soltanto attraverso l'applicazione di norme virtuose accompagnate da opportuni incentivi che favoriscano la sostituzione delle macchine esistenti con macchine di maggiore efficienza.

Conclusioni:

Il settore del condizionamento dell'aria e della refrigerazione (HVAC&R) ha un impatto significativo sia in termini di consumo energetico sia di emissioni di CO₂ equivalente, rappresentando una sfida cruciale per la lotta al cambiamento climatico. Con il numero di unità installate destinato a crescere esponenzialmente nei prossimi decenni, è fondamentale adottare misure efficaci per ridurre l'impatto ambientale del settore.

Le emissioni indirette, legate alla produzione di energia elettrica, costituiscono la maggior parte del problema, rendendo necessarie azioni urgenti per incrementare l'efficienza energetica delle macchine frigorifere e per promuovere l'adozione di fonti di energia rinnovabile. Allo stesso tempo, la riduzione delle emissioni dirette, attraverso il contenimento delle perdite di fluidi frigoriferi e il loro riciclo, resta essenziale ma non sufficiente da sola per ridurre drasticamente l'impatto ambientale.

Gli scenari proposti dall'IIR (2024) mettono in luce due possibili percorsi:

uno scenario "moderato" che prevede miglioramenti gradualmente, e uno scenario "volontario", più ambizioso, in cui innovazioni tecnologiche e politiche stringenti potrebbero portare a una riduzione significativa delle emissioni globali. Solo attraverso un impegno globale, supportato da normative rigorose e incentivi per la sostituzione dei sistemi obsoleti con macchine più efficienti, sarà possibile raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni entro il 2050.

In definitiva, la transizione verso tecnologie più efficienti e l'incremento delle fonti di energia rinnovabile rappresentano la chiave per decarbonizzare efficacemente il settore HVAC&R, contribuendo così a mitigare gli effetti del cambiamento climatico.

- IIR, 2017, 35th Informatory Note, The impact of refrigeration sector on climate change.
- IIR, 2019, 38th Informatory Note, The role of refrigeration in the global economy.
- IIR, 2024, 57th Informatory Note, CO₂ Emissions from air conditioning
- Mota-Babiloni, A., Barbosa, J.R., Makhnatch, P., Lozano, J.A., 2020, Assessment of the utilization of equivalent warming impact metrics in refrigeration, air conditioning and heat pump systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews 129, 109929
- UNEP, 2016, Ozone Secretariat, The Kigali Amendment: The amendment to the Montreal Protocol agreed by the Twenty-Eighth Meeting of the Parties (Kigali, 10-15 October 2016)
- UNEP, 2018, The Importance of Energy Efficiency in the Refrigeration, Air-conditioning and Heat Pump Sectors – Briefing Note A.
- UNEP, 2023, Global Cooling Pledge. <https://www.unep.org/resources/report/global-cooling-pledge>



Energia intelligente, Futuro sostenibile

Ottimizza i flussi energetici e riduci l'impatto ambientale del tuo impianto con ABB Optimax®

Il punto di partenza di qualunque investimento in **efficienza energetica** è la conoscenza dei dati. ABB ti accompagna nel percorso verso **la consapevolezza e l'ottimizzazione** della situazione energetica del tuo impianto. Il nostro portafoglio comprende dispositivi di protezione e misura per l'infrastruttura elettrica, piattaforme per il monitoraggio energetico, SCADA e il software di ottimizzazione dei flussi energetici ABB Optimax®.

Sulla base del tuo obiettivo di minimizzazione costi o riduzione emissioni di CO₂, **ABB Optimax® automatizza la gestione dei flussi energetici** controllando la produzione tramite fonti rinnovabili, lo storage, l'allacciamento alla rete e i carichi nel tuo impianto.

Contieni i consumi, ottimizza i flussi energetici, riduci l'impatto ambientale.



Non esitare a contattarci e per saperne di più vai alla pagina dedicata

