Climatizzazione residenziale: soluzioni tecnologiche per contribuire agli obiettivi di decarbonizzazione

Giulia Monteleone, Direttrice Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili (ENEA)
Simona De Iuliis, Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili (ENEA)
Maurizio Pieve, Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili (ENEA)

La decarbonizzazione del settore edilizio è una delle priorità delle politiche energetiche europee. Gli edifici assorbono circa il 40% dell'energia finale consumata nell'UE e l'80% di tali consumi è destinato al riscaldamento, al raffrescamento e alla produzione di acqua calda sanitaria. A ciò si aggiunge il fatto che oltre il 70% della domanda energetica residenziale è ancora soddisfatta da combustibili fossili, principalmente gas naturale.

Per ridurre la dipendenza dalle importazioni e raggiungere gli obiettivi di neutralità climatica, è necessario dunque intervenire anche sul settore edilizio: l'Unione Europea ha definito una roadmap che prevede la riqualificazione di quote crescenti del patrimonio edilizio e la progressiva transizione verso l'utilizzo di tecnologie a basse emissioni.

In questo quadro, le pompe di calore assumeranno sempre di più un ruolo strategico, non solo nelle nuove costruzioni – dove rappresentano la soluzione di riferimento secondo il D.Lgs. 199/2021 – ma anche negli edifici esistenti, non ancora ristrutturati.

Il mercato offre oggi macchine aria-acqua ad alta temperatura in grado di raggiungere, e in alcuni casi superare, i 55 °C di mandata, con prestazioni elevate anche in condizioni operative non ottimali grazie all'evoluzione dei fluidi refrigeranti, dei compressori e dei sistemi di controllo. Ciò rende sempre più sostenibile la sostituzione delle caldaie a gas anche in impianti dotati di radiatori tradizionali, a condizione di una valutazione tecnica attenta che consideri il fabbisogno termico dell'edificio, la taglia dei terminali e la possibilità di integrare un sistema di back-up per coprire pochi picchi stagionali.

Un elemento cruciale per valutare le prestazioni reali della pompa di calore è il suo SPF (Seasonal Performance Factor), ovvero il rapporto tra l'energia termica fornita all'edificio e l'energia elettrica consumata durante l'intera stagione di riscaldamento. Diversamente dal COP (Coefficient of Performance) nominale, misurato in condizioni standard di laboratorio, lo SPF fotografa il comportamento dell'impianto nel mondo reale, tenendo conto delle effettive temperature esterne, dei cicli di funzionamento, delle perdite e dell'interazione con l'edificio. Le recenti campagne di monitoraggio condotte dal Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE in Germania (Fraunhofer ISE, HP-QA in Existing Buildings (WP-QS im Bestand) – Final Report, 2024/2025.) mostrano SPF dell'ordine di 3,4 anche in edifici non riqualificati e in climi tipici dell'Europa centrale, dati che rafforzano la maturità tecnologica delle pompe di calore aria-acqua.

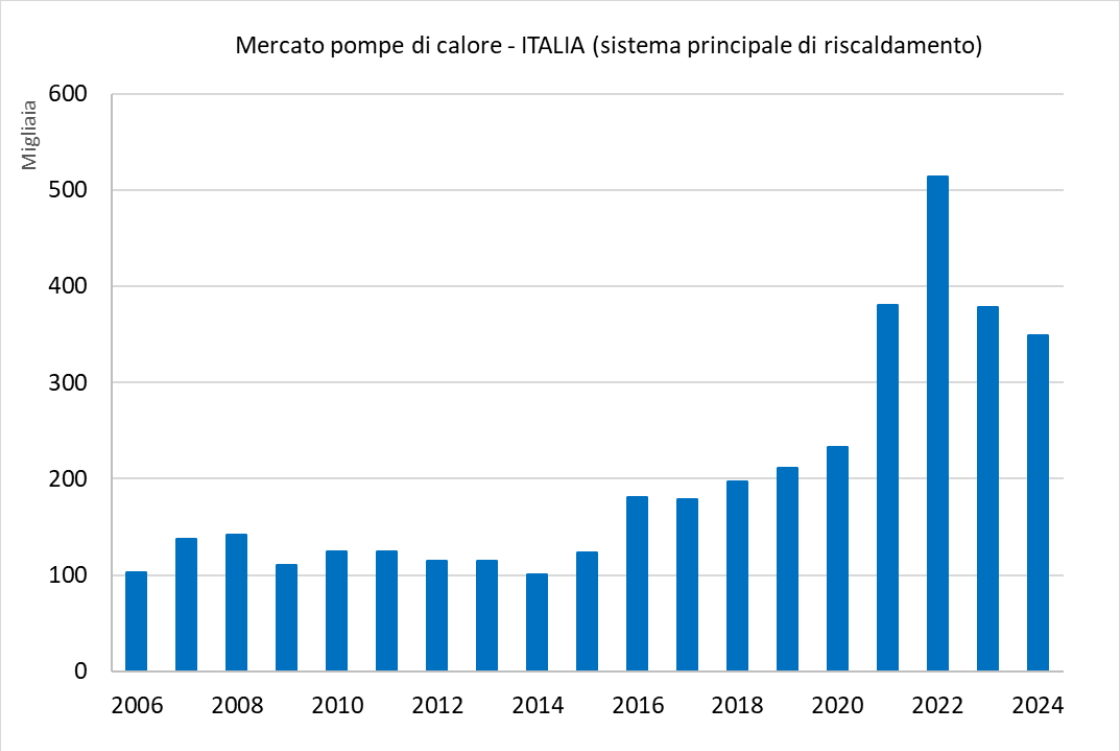
Le prestazioni di queste macchine diminuiscono fisiologicamente al diminuire della temperatura esterna, ma tali limitazioni possono essere gestite con un accurato dimensionamento e con logiche di controllo avanzate. È proprio la gestione intelligente che consente di sfruttare al meglio la flessibilità della pompa di calore, rendendola il fulcro di un ecosistema domestico integrato con le fonti rinnovabili. L'abbinamento con un impianto fotovoltaico permette, ad esempio, di programmare l'attivazione del compressore nelle ore di maggiore irraggiamento o di maggior disponibilità di energia elettrica a basso costo, mentre l'utilizzo di accumuli termici consente di anticipare la produzione di calore sfruttando l'energia solare o le fasce tariffarie più convenienti.

Oltre al fotovoltaico, un contributo importante può derivare anche dalle tecnologie del solare termico, in grado di fornire calore a temperature compatibili con molti circuiti delle pompe di calore. In tale configurazione il solare termico può coprire una parte significativa della produzione di acqua calda sanitaria nelle stagioni intermedie, riducendo il numero di cicli della pompa di calore e migliorandone la durata utile e l'efficienza stagionale. Sistemi ibridi pompa di calore–solare termico ben progettati permettono inoltre di alleggerire il carico estivo, contribuendo ai servizi di raffrescamento attraverso soluzioni di solar-cooling o tramite una gestione sinergica degli accumuli.

Un'altra opzione tecnologica ad alta efficienza è rappresentata dalle pompe di calore geotermiche a bassa entalpia, che sfruttano la stabilità termica del sottosuolo come sorgente o pozzo di calore. A differenza delle pompe di calore aria-acqua, le macchine geotermiche operano con temperature più stabili durante tutto l'anno, consentendo COP e SPF più elevati e una maggiore affidabilità anche nelle condizioni invernali più rigide. I sistemi geotermici verticali, basati su sonde interrate, permettono di ridurre l'impatto della variabilità climatica esterna e offrono elevate prestazioni soprattutto negli edifici con fabbisogni costanti o in configurazioni centralizzate per condomini e terziario. Le soluzioni geotermiche orizzontali, invece, possono essere adottate in presenza di adeguate superfici, fornendo una soluzione più economica con buoni livelli di efficienza.

In entrambe le configurazioni, la possibilità di utilizzare il terreno come grande accumulo naturale consente un funzionamento molto stabile e continua ad attrarre interesse per la sua compatibilità con i modelli di comunità energetiche e con i sistemi di teleriscaldamento di nuova generazione.

In presenza di una caldaia esistente, la scelta può ricadere su configurazioni ibride che consentono alla pompa di calore di operare nelle condizioni più favorevoli, demandando al generatore a gas la copertura dei picchi di potenza o dei momenti meno vantaggiosi dal punto di vista economico. Queste soluzioni riducono l'investimento iniziale, facilitano l'inserimento della pompa di calore negli edifici esistenti e permettono di affrontare la transizione tecnologica con maggiore gradualità.

L'adozione delle pompe di calore richiede, tuttavia, un'evoluzione del comportamento degli utenti finali. Si passa da una logica "on-off a richiesta", tipica delle caldaie, a un funzionamento più continuo e modulato che valorizza l'inerzia termica dell'edificio e permette di sfruttare al meglio le opportunità offerte dalle rinnovabili, dai sistemi di accumulo e dalle tariffe dinamiche. Questo nuovo paradigma, supportato dalla progressiva digitalizzazione degli impianti e dai sistemi di monitoraggio avanzati, consente di ottenere livelli superiori di comfort, efficienza energetica e risparmio economico.

Nel complesso, le pompe di calore – aria-acqua, solari-ibride o geotermiche – rappresentano oggi una tecnologia matura e centrale per la decarbonizzazione del parco edilizio italiano. Le esperienze europee evidenziano che, a fronte di una progettazione adeguata e di una gestione consapevole, le prestazioni sono elevate anche in edifici non ristrutturati. L'integrazione con le fonti rinnovabili, la flessibilità operativa e la possibilità di accedere a modelli di autoconsumo evoluto rendono la pompa di calore un elemento chiave di un nuovo ecosistema energetico domestico orientato alla sostenibilità, alla riduzione dei consumi e alla resilienza dei sistemi energetici.