



POMPE DI CALORE (PDC): UN SISTEMA DI RISCALDAMENTO SOSTENIBILE

Chiara Bottani, Nerio Cereghetti

Istituto sostenibilità applicata all'ambiente costruito, DACD, SUPSI

Saverio Bechtiger

Associazione professionale svizzera delle pompe di calore, APP

Il passaggio alle energie rinnovabili è ormai argomento di tutti i giorni. Gli edifici, che sono la causa di circa il 40% del consumo totale dell'energia e delle emissioni di CO₂ in Svizzera, sono uno degli elementi principali su cui puntare al fine di raggiungere gli obiettivi della Strategia energetica 2050. Questo articolo vuole in particolare approfondire l'argomento delle pompe di calore (PdC), ovvero un sistema ecosostenibile per il riscaldamento e per l'acqua calda sanitaria nei nuovi edifici e negli edifici esistenti. L'obiettivo è quello in primo luogo di fornire delle informazioni di base sul funzionamento del sistema e sulle tipologie disponibili, presentando le possibili fonti di energia. In secondo luogo, dopo una breve contestualizzazione storica, viene analizzata l'evoluzione negli anni dell'implementazione di questa tecnologia in Ticino, in Svizzera e all'estero. Per quanto riguarda il Ticino daremo uno sguardo ai costi, agli incentivi disponibili e al processo necessario per il loro ottenimento. Infine, viene valutata l'interessante possibilità di combinare la pompa di calore con un sistema fotovoltaico, in modo che anche l'elettricità necessaria per il funzionamento del sistema provenga il più possibile da una fonte rinnovabile locale. La speranza è quella di vedere crescere sempre più l'implementazione di questa tecnologia che, oltre a fare bene all'ambiente, a medio termine risulta molto vantaggiosa anche a livello economico.

Come funziona la pompa di calore

La pompa di calore (PdC) può essere utilizzata per il riscaldamento degli edifici in inverno, per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria (ACS) tutto l'anno, oppure, come spesso accade, per entrambe le funzioni contemporaneamente. Inoltre, il sistema in alcuni casi può anche essere convertito in estate per consentire il raffrescamento dell'edificio.

Il calore necessario viene estratto da fonti naturali quali il suolo, l'aria o l'acqua. Questo calore ambiente viene catturato dal sistema attraverso differenti tecniche, al fine di raggiungere l'evaporatore della PdC [F. 1] nel quale risiede un fluido frigorigeno, ovvero un liquido refrigerante, con un punto di evaporazione molto basso. Questa caratteristica gli permette

di evaporare già alle basse temperature in cui convoglia il calore ambiente. Questo vapore si sposta poi nel compressore che grazie alla compressione ne aumenta la temperatura. Raggiunta quindi una temperatura più alta si muove poi nel condensatore, dove trasmette il calore generato al sistema di riscaldamento dell'edificio e in seguito ritorna al suo stato liquido. Nell'ultima fase è necessario riportare il fluido allo stato iniziale attraverso una valvola d'espansione che svolge la funzione contraria del compressore, ovvero riduce la pressione (in questo caso del liquido), per abbassarne la temperatura. A questo punto il ciclo può ricominciare.

La PdC fa riferimento a due indicatori per monitorarne la buona efficienza, ovvero il coefficiente di prestazione COP e il coefficiente



foto: TI Press / Alessandro Ormari

di lavoro annuo CLA. Il primo è definito come il rapporto tra la potenza di riscaldamento e la potenza elettrica consumata dalla PdC (quest'ultima infatti, per il funzionamento del compressore, necessita di essere alimentata con l'elettricità), mentre il secondo è il rapporto tra l'energia fornita e il consumo energetico nell'arco di un anno.

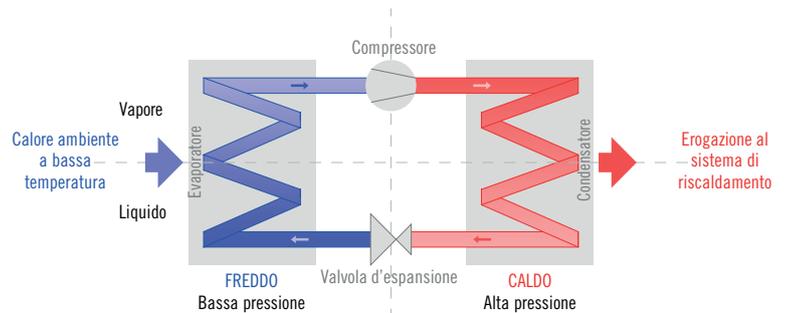
La parte di energia elettrica necessaria per l'ottenimento del 100% dell'energia termica utile varia a seconda delle condizioni di esercizio e del tipo di impianto. Con un COP compreso tra 3 e 5, dove ad una unità di energia elettrica consumata corrispondono da 3 a 5 unità di energia termica, il consumo elettrico necessario si situa tra il 15 e il 25%. In linea molto generale si potrebbe indicare che sia necessario il 75% di calore ambiente e il 25% di elettricità.

Uno degli sviluppi tecnici più importanti per l'aumento dell'efficienza del sistema riguarda l'implementazione della tecnica a inverter che, a differenza della classica tecnica ON/OFF dove la PdC o funziona al massimo regime o non funziona, permette l'adattamento costante della potenza dell'impianto in base alla richiesta di calore del momento. Il raggio d'azione della modalità inverter è però limitato e al di fuori di esso la PdC funziona in modalità ON/OFF. Per questo motivo la fase di progettazione è fondamentale.

L'aspettativa di vita media di una PdC si aggira intorno ai 20 anni, ma molti impianti funzionano già da molto più tempo.

Quanto minore è la differenza tra la temperatura del calore ambiente utilizzato e la tempe-

F.1
Schema di funzionamento di una pompa di calore



Fonte: ISAAC

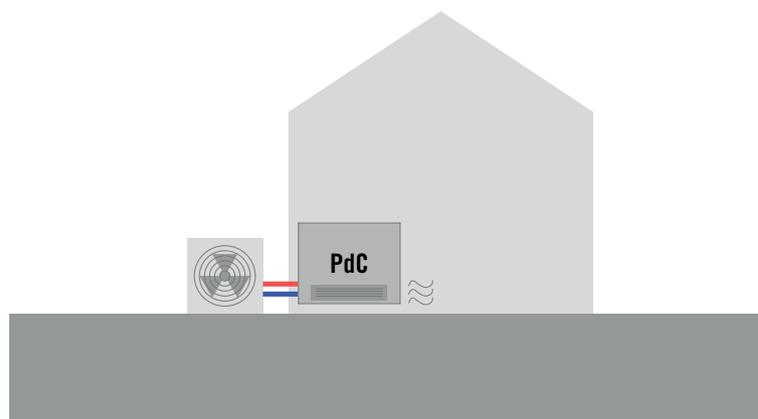
ratura di erogazione del sistema di riscaldamento, tanto maggiore sarà l'efficienza del sistema. Infatti, sarà necessaria meno energia elettrica al compressore per il raggiungimento delle temperature desiderate. Negli anni, il grande aumento della diffusione della PdC ha dato una grande spinta allo sviluppo tecnologico e questo ha permesso di alzare di molto l'efficienza.

I tipi di impianto

Le PdC si distinguono principalmente in base alla fonte del calore e al sistema di diffusione all'interno dell'edificio. Si tratta di impianti:

- aria-acqua
- salamoia (suolo)-acqua
- acqua-acqua
- aria-aria

F.2
Impianto aria-aria (interno)



Fonte: ISAAC

I primi tre utilizzano le fonti di energia termica, approfondite nel capitolo successivo, al fine di cedere il calore negli spazi interni attraverso sistemi di riscaldamento a pavimento (serpentine) o corpi riscaldanti (radiatori). Il sistema di riscaldamento a serpentine risulta essere il più efficiente, in quanto l'emissione del calore avviene attraverso le ampie superfici dei pavimenti, permettendo di mantenere basse le temperature di erogazione.

I radiatori necessitano di temperature più alte per compensare la superficie di scambio ridotta e raggiungere comunque la potenza termica richiesta dal locale. A causa delle superfici ridotte non possono nemmeno essere usati per il raffrescamento, ma d'altra parte risultano essere più flessibili nelle ristrutturazioni, poiché possono essere installati a nuovo, sostituiti o riposizionati senza causare degli interventi troppo invasivi.

Infine, i sistemi che scambiano il calore con l'acqua, permettono anche la produzione di acqua calda sanitaria.

Nei sistemi aria-aria, l'aria esterna viene convogliata alla PdC che, dopo averne sottratto il calore per riconsegnarla all'ambiente, sfrutta un sistema di ventilazione meccanica per il riscaldamento o il raffrescamento. Essendo la capacità termica dell'aria nettamente inferiore a quella dell'acqua, i sistemi ad aria sono però decisamente meno efficienti energeticamente, rispetto a quelli ad acqua.

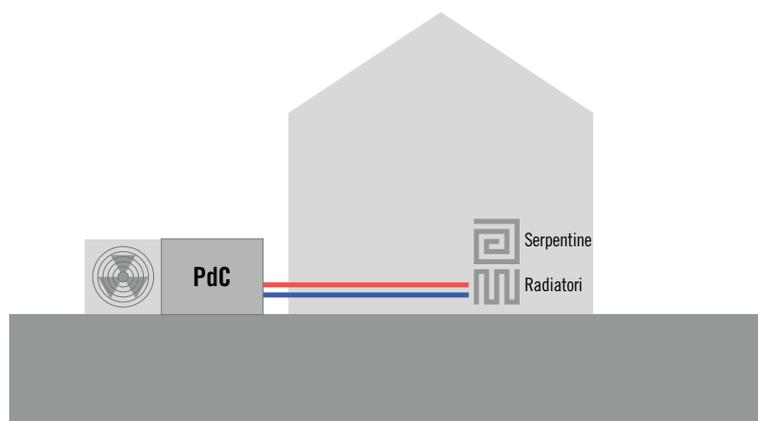
Le fonti di energia termica

Le fonti di calore disponibili sono:

- aria
- acqua
- suolo
- calore residuo

L'aria esterna è una fonte inesauribile a disposizione di tutti. Rispetto alle altre fonti, in inverno l'aria raggiunge il sistema con delle temperature molto più basse, per cui ne diminuisce l'efficienza, in quanto c'è bisogno di più energia nel compressore per raggiungere le temperature

F.3
Impianto aria-acqua (esterno)



Fonte: ISAAC

necessarie al sistema di riscaldamento. Questo problema può essere corretto grazie a degli accorgimenti progettuali, come il posizionamento del punto di aspirazione in un'area dove l'aria rimane più calda, ad esempio un'autorimessa. In estate invece (in parte già nelle mezze stagioni) una PdC ad aria può fare anche la parte di raffrescamento. In questo periodo, è più efficiente per la produzione di calore e viene quindi ben sfruttata per la produzione di ACS, che negli edifici nuovi spesso richiede un consumo maggiore rispetto al riscaldamento.

La PdC ad aria si distingue in interna, esterna o split. La PdC interna [F.2] necessita di maggiore spazio, infatti è possibile spesso solo per impianti di piccole o medie dimensioni. Delle condotte dell'aria convogliano l'aria esterna all'interno per raggiungere l'impianto. I vantaggi riguardano l'estetica esterna dell'edificio e, in parte, la limitazione del rumore. La posa esterna [F.3] è utile quando gli spazi interni sono insufficienti e rende semplice un eventuale futura riconversione o ampliamento. L'impianto split si divide posando la parte dell'evaporatore all'esterno e quella del condensatore all'interno. Per fare chiarezza sulla

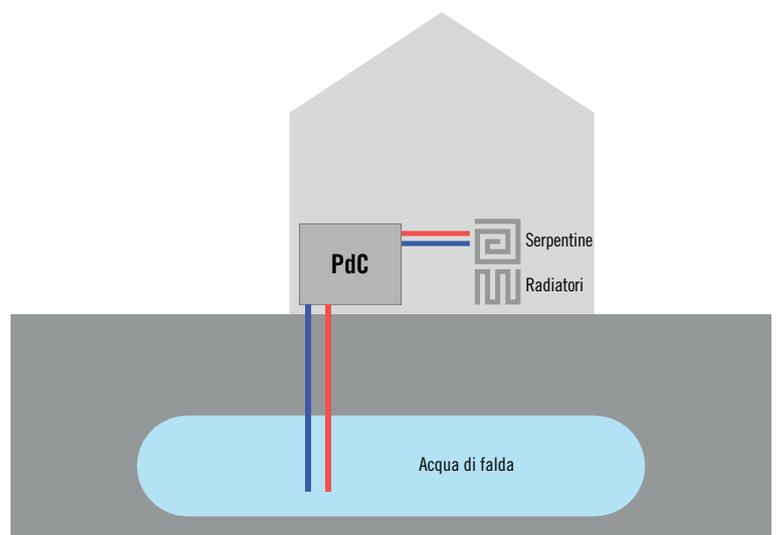
differenza: per la tipologia split nelle condotte fra interno e esterno dell'involucro edilizio circola il liquido refrigerante, mentre con la PdC esterna circola l'acqua di riscaldamento. A differenza delle varianti monoblocco, la variante split risulta più flessibile nella posa e viene spesso utilizzata nel caso in cui il volume di aria necessario sia molto alto e quindi non può essere condotto in modo diretto all'interno dell'edificio. È sempre necessaria un'autorizzazione (licenza edilizia) per l'installazione di un impianto.

L'aria utilizzata viene rilasciata nell'ambiente a bassa temperatura. In fase di progettazione è importante elaborare il sistema in modo da evitare che l'aria espulsa venga immediatamente riassorbita dal sistema di aspirazione, creando così un "cortocircuito".

Spesso gli utenti e i vicini di casa manifestano timori dovuti al rumore che le PdC possono generare durante il loro funzionamento. Una corretta progettazione è fondamentale in questo senso e, se rispettata, il problema non sussiste. Infatti, in Svizzera le emissioni foniche delle PdC sono regolamentate nell'allegato 6 dell'Ordinanza contro l'inquinamento fonico (OIF) e una verifica fonica è necessaria nelle PdC aria/acqua o aria/aria indipendentemente dal tipo di sistema installato.

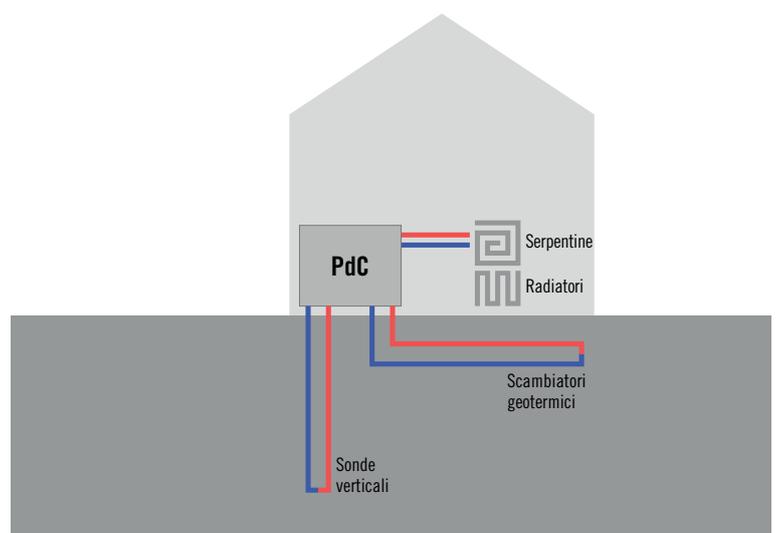
L'acqua, quale fonte di calore ambientale, può essere di falda [F. 4] oppure di superficie. È sempre necessaria un'autorizzazione per lo sfruttamento di queste fonti che, inoltre, permettono anche di essere usate per il raffrescamento estivo. Il vantaggio con l'acqua di falda e con la geotermia rispetto all'aria è la possibilità di fare freecooling, sfruttando direttamente queste fonti nel modo inverso per catturarne il freddo (senza necessità di un impianto di refrigerazione). L'acqua di falda, rispetto a quella di superficie, trovandosi sottoterra mantiene una temperatura relativamente stabile tutto l'anno ed è quella più utilizzata tra le due. L'acqua viene raccolta direttamente attraverso un pozzo di captazione e, una volta finito il suo ciclo nella PdC, viene restituita attraverso un pozzo di restituzione, il quale potrebbe essere un semplice pozzo perdente poco

F. 4
Impianto acqua-acqua



Fonte: ISAAC

F. 5
Impianto suolo-acqua



Fonte: ISAAC

profondo. Le acque di falda utilizzabili sono visionabili sul portale di geoinformazione del cantone [S. 10], ma è necessario disporre di una concessione per lo sfruttamento.

Foto: accesso alle sonde geotermiche in un locale tecnico in una palazzina con PdC salamoia-acqua.

Fonte: ISAAC



In alcuni casi è possibile utilizzare anche l'acqua di superficie, ovvero laghi, fiumi o bacini, ma le grosse variazioni di temperatura di queste fonti necessitano di accorgimenti particolari.

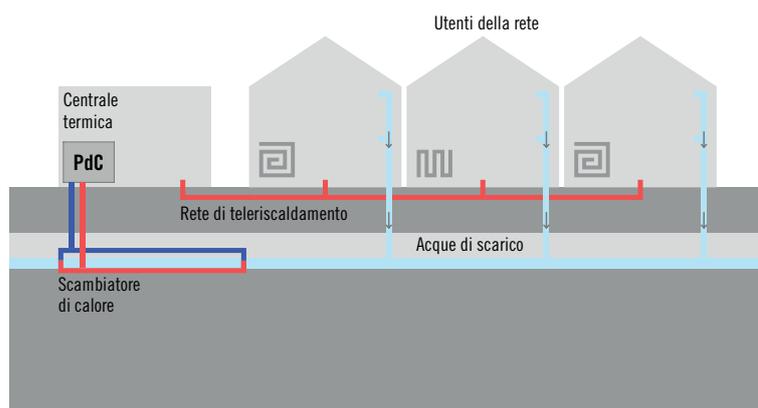
Il **suolo** è una fonte sicura di calore ambiente a temperatura costante tutto l'anno. Grazie alla geotermia [F. 5], le PdC possono funzionare in modo ottimo sia per il riscaldamento invernale che per il raffrescamento estivo (geocooling o freecooling). La profondità delle sonde geotermiche verticali varia normalmente dai 50 a i 350 metri e la loro installazione richiede un'autorizzazione. L'aspettativa di vita delle sonde è superiore ai 50 anni, per cui si tratta di un investimento estremamente duraturo. Il cantone mette a disposizione sul geoportale [S. 10] delle carte dove viene indicata la possibilità di sfruttamento del calore della terra. In questo caso per l'utilizzo è sufficiente un'autorizzazione.

Le sonde geotermiche sono costituite da tubi in polietilene (PE) attraverso le quali circola acqua o acqua glicolata (con additivi antigelo). In alternativa alle classiche sonde verticali, possono essere installati ad esempio degli scambiatori geotermici o dei canestri geotermici che però, agendo a basse profondità (fino a circa 4 metri [B. 8]), sfruttano le temperature dovute all'irraggiamento solare e alla pioggia, rimanendo quindi dipendenti dalle condizioni meteorologiche.

A differenza dei sistemi ad aria o acqua, qui il circuito dalla parte della fonte è chiuso, quindi non avviene nessuno scambio di materiale, ma solo di calore.

Per **calore residuo** si intende principalmente il calore contenuto nelle acque di scarico ma può essere anche calore di scarto di processi [F. 6]. Il recupero del calore avviene nelle condotte fognarie, negli impianti di depurazione o nell'edificio stesso attraverso uno scambiatore di calore che, attraverso il liquido che vi circola internamente, assorbe il calore per poi raggiungere la PdC. Come per il suolo, si tratta di un circuito chiuso, senza scambio di materiale. Nella maggior parte dei casi non ha senso utilizzare questo sistema per un solo edificio, a meno che non si tratti di edifici grandi (case di riposo, ospeda-

F. 6
Impianto a calore residuo



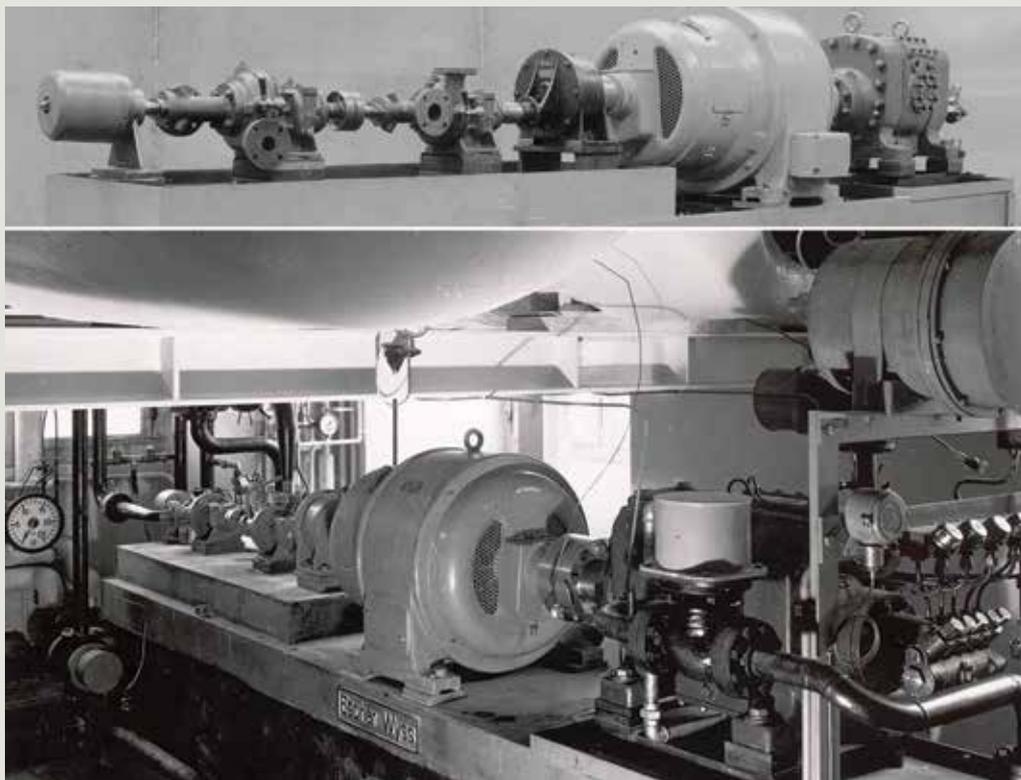
Fonte: ISAAC

li, alberghi), ma si preferisce sfruttarlo per alimentare una rete di teleriscaldamento. Questo sistema permette anche il raffrescamento estivo. Un modo per sfruttare il calore residuo anche in abitazioni monofamiliari è attraverso il recupero del calore dell'acqua della doccia. In questo caso lo scambiatore viene installato direttamente nello scolo della doccia ed è possibile risparmiare fino al 50% dell'energia per il riscaldamento dell'acqua sanitaria.

Riquadro 1 – Cenni storici

Già nel diciannovesimo secolo, alcuni scienziati cominciarono a studiare un metodo per invertire il funzionamento della macchina frigorifera, che cattura il calore al suo interno per rilasciarlo verso l'esterno, per riscaldare. Nel 1852, William Thomson, anche noto come Lord Kelvin, fu il primo ad avere un'intuizione geniale per realizzare questa idea. Fino al 1875 però, le PdC per il riscaldamento sono state utilizzate solo per la compressione del vapore nelle saline, con il conseguente vantaggio del risparmio di legna e carbone.

La Svizzera ha avuto un ruolo importante nello sviluppo di questa tecnologia fin da prima della seconda guerra mondiale, a causa di una mancanza di carbone e grazie all'alto livello nell'ingegneria meccanica e termica.



Primo impianto per la città di Zurigo, installato nel 1938.

Fonte: Zogg 2008, M. [B. 3]

Un traguardo importante a livello svizzero e internazionale fu l'installazione del primo impianto della città di Zurigo, progettato dalla società Escher Wyss. L'impianto della potenza di 100 kW sfruttava il calore della Limmat, che raggiungeva i 7°C nel periodo di riscaldamento e fu pagato 24.090 franchi. La temperatura di mandata raggiungeva i 60°C e questo impianto faceva anche la parte di raffreddamento in estate. L'impianto fu sostituito nel 2001, dopo 63 anni di funzionamento. Nel 1955 in Svizzera risultarono installate circa 60 PdC delle quali la più potente raggiungeva i 5,86 MW. Dopo due decenni non particolarmente produttivi, con l'avvento della crisi petrolifera del 1973, nacque la seconda generazione di PdC. L'efficienza di questi impianti della potenza tra 10 e 25 kW e installati in edifici abitativi era molto bassa a causa della grande concorrenza che purtroppo non disponeva delle giuste competenze. Solo per la fine degli anni 80 si acquisì un certo livello di chiarezza tecnologica e professionale, raggiungendo una garanzia di qualità e potendo accedere a questa tecnologia solo tramite professionisti con maggiori competenze.

Nel 1991 in Svizzera vi erano circa 30.000 PdC installate con una potenza media di 25 kW e per 2/3 facenti uso del calore ambientale fornito dall'aria. Da allora la tecnologia non ha fatto che migliorare e la diffusione è aumentata.

Le pompe di calore nel mondo

La raccolta e catalogazione dei dati è un processo complesso e impegnativo. Le statistiche a livello mondiale hanno un margine di errore importante considerando che le varie nazioni hanno sistemi di raccolta dei dati diversi e più o meno sviluppati. Questi dati non sono quindi da prendere al dettaglio, ma servono per avere un'inquadratura generale.

A livello mondiale negli ultimi anni l'installazione di PdC ha subito un'importante e costante incremento [F. 7]. Tra il 2010 e il 2020 infatti, la crescita annuale è stata circa del 10%. Nel 2010 si stimavano 95,3 milioni di PdC installate, mentre nel 2020 se ne stimano 177,3 milioni, ovvero quasi il doppio. Nonostante questo, la domanda di calore per il riscaldamento a livello mondiale coperto dalle PdC ha raggiunto solo il 7% circa nel 2020.

La crescita nell'implementazione delle PdC avviene principalmente in nord America, Europa e Asia settentrionale. Questa tecnologia in molti paesi è oggi più comune negli edifici di nuova costruzione.

Il potenziale è altissimo, infatti alcune stime ci dicono che grazie ai continui progressi, il passaggio a un riscaldamento a PdC potrà portare a soddisfare fino al 90% del fabbisogno mondiale di riscaldamento.

Per soddisfare l'obiettivo Net Zero Emission 2050 (emissioni nette di CO₂ a zero entro il 2050), sarà necessario raggiungere 600 milioni di PdC installate nel 2030 e queste dovranno funzionare con energia elettrica rinnovabile per poter essere considerate ecologiche. Per fare questo però bisognerebbe fin da subito far aumentare la crescita a più del 10% annuo.

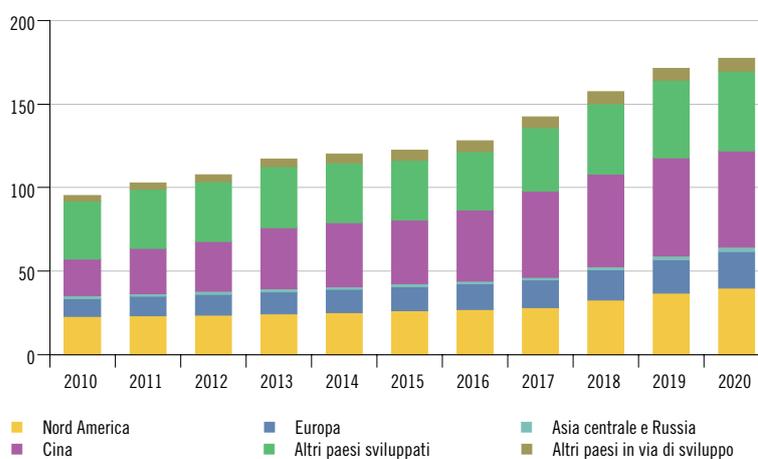
Le pompe di calore in Europa

Dei dati più precisi per quanto riguarda la sola Europa vengono forniti dall'EPHA (European heat pump association) che stima una crescita del 7,4% nella vendita di PdC in Europa nel solo 2020, con 1,62 milioni di unità vendute [F. 8].

Sommando le vendite annuali si può estrarre una stima sul totale delle PdC installate in Euro-

F. 7

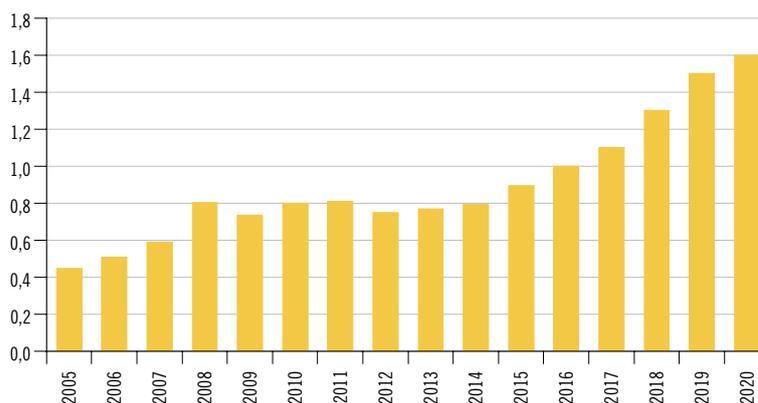
Pompe di calore installate (in mio.), nel mondo, 2010-2020



Fonte: International Energy Agency (IEA)

F. 8

Pompe di calore vendute annualmente (in mio.), in Europa, 2005-2020



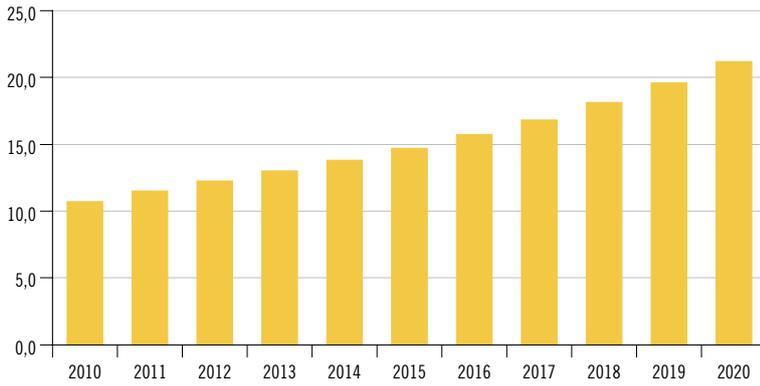
Fonte: EPHA

pa ogni anno. Per il 2020 la stima è di circa 21,2 milioni, il doppio della stima al 2010 (10,7 milioni). La crescita è costante e si aggira intorno all'8% annuo [F. 9].

Prendendo come parametri un'aspettativa di vita di 20 anni per un impianto e circa 244 milioni di edifici residenziali in Europa, si stima che le PdC rappresentino il 6% del totale dei sistemi di riscaldamento installati.

F. 9

Pompe di calore installate (in mio.), secondo le vendite, in Europa, 2010-2020



Fonte: ISAAC, dati tratti da Energy Monitor [S. 7]

In termini di vendite assolute, la Francia è stata nel 2020 la nazione con il maggior numero di PdC installate (circa 394.000 unità vendute), seguita da Italia (233.000) e Germania (140.000). La Svizzera si trova al 12mo posto. Se si osservano invece le unità vendute per 1.000 nuclei familiari, in testa troviamo la Norvegia (41,79) seguita da Finlandia (39,01) e Estonia (29,32). La Svizzera in questo caso sale all'ottava posizione (11,92).

Si nota quindi che c'è una maggiore diffusione nei paesi del nord Europa, questo perché in questi paesi non è così comune l'utilizzo del gas, bensì quello di elettricità, biomassa o teleriscaldamento [S. 7]. Le PdC hanno avuto quindi maggiore spazio per essere implementate.

In ogni caso, l'Europa segue lo stesso andamento del resto del mondo, essendo in continua crescita nell'applicazione di questa tecnologia.

Secondo l'agenzia internazionale dell'energia, per raggiungere gli obiettivi climatici posti al 2030, i sistemi di riscaldamento a gas dovranno essere proibiti non più tardi del 2025.

Le pompe di calore in Svizzera

In Svizzera nel 2021 le PdC vendute hanno raggiunto quota 425.918.

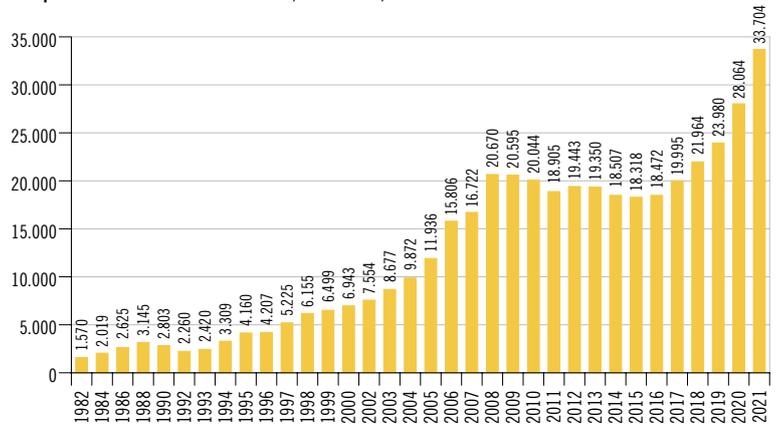
Il numero di PdC vendute nel solo 2020 era di 28.064, mentre nel 2021 sale a 33.704, ovvero ben il 20% in più.

Ogni anno la crescita è variata anche notevolmente rispetto all'anno precedente [F. 10], ma in ottica generale si può notare come fino al 2008 è lentamente ma quasi costantemente aumentata, mentre dal 2009 al 2016 le vendite, che si aggiravano tra le diciotto e le ventimila annuali, si sono stabilizzate per poi riprendere con forza dal 2017 ad oggi. Questa crescita si può ipotizzare essere dovuta a diversi fattori come la sensibilità ambientale accresciuta, l'erogazione degli incentivi a livello energetico, le situazioni geopolitiche e i prezzi.

La tipologia di impianto preferita in Svizzera è aria/acqua (65,9%, valore medio tra

F. 10

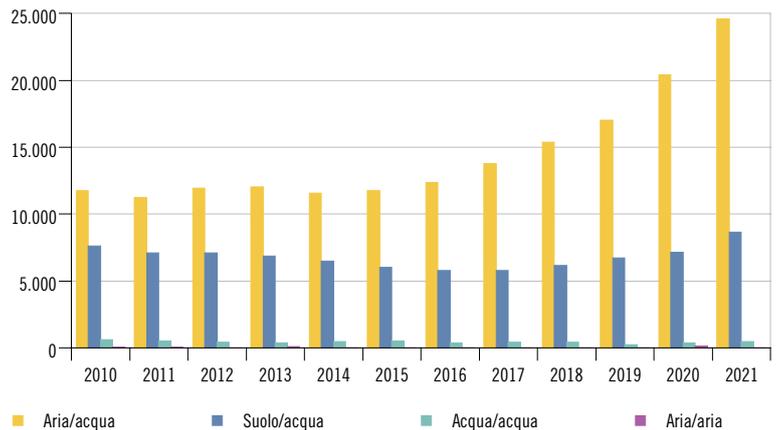
Pompe di calore vendute annualmente, in Svizzera, 1982-2021



Fonte: FWS

F. 11

Pompe di calore vendute annualmente, secondo la tipologia, in Svizzera, 2010-2021



Fonte: ISAAC, dati tratti da FWS [B. 4]

2010 e 2021), seguita da suolo/acqua (31,9%) e in minima parte acqua/acqua (2,1%) [F. 11]. Dall'introduzione degli incentivi, la crescita è molto evidente nella tipologia aria/acqua. Le PdC aria-aria non sono semplici da monitorare, in quanto sottostanno a dinamiche diverse (ad esempio non sono certificabili secondo il modulo di sistema), ma hanno in realtà un'ampia diffusione, basta pensare al raffrescamento



foto: Caspar Marig, www.hiberatlas.com

estivo. Stanno prendendo sempre più piede anche per il riscaldamento, in particolare in edifici esistenti dove non è presente un sistema di distribuzione del calore.

Sono stati venduti in prevalenza impianti tra i 5 e i 13 kW, ovvero impianti sufficienti al riscaldamento di edifici fino a modeste dimensioni [F. 12]. Questi rappresentano in media il 58,7% delle installazioni annuali, mentre il 24,2% delle installazioni riguarda potenze tra 13 e 20 kW, il 13,4% potenze tra 20 e 50 kW e il 2,7% potenze tra 50 e 350 kW. Gli impianti inferiori a 5 kW e quelli superiori a 350 kW vengono installati, ma in numero ridotto e per questo non sono rappresentati graficamente.

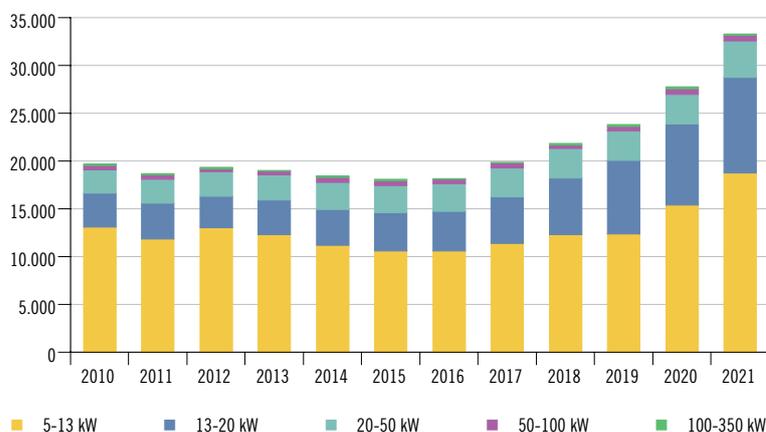
Per quanto riguarda le PdC per la sola acqua calda sanitaria, la crescita tra il 2010 e il 2021 ha subito un'impennata passando dalle sole 618 installazioni del 2010, alle 7.274 del 2020, seguite da un 2021 pressoché identico.

Ad oggi, la PdC risulta essere il sistema di riscaldamento scelto per circa l'80% degli edifici di nuova costruzione [B. 2]. Nelle ristrutturazioni la sua implementazione è meno massiccia, ma in costante aumento.

Per la prima volta nel 2021 la vendita di nuovi impianti (sia per nuovi edifici che per risanamenti) si compone per più della metà di PdC che, insieme alla legna, portano le fonti rinnovabili al 58% del totale [F. 13].

F. 12

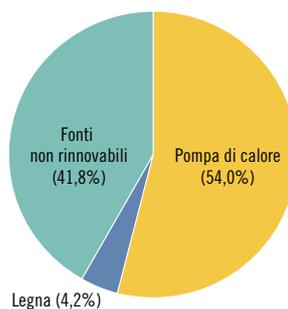
Pompe di calore vendute annualmente, secondo la classe di potenza (in kW), in Svizzera, 2010-2021



Fonte: ISAAC, dati tratti da FWS [B. 4]

F. 13

Impianti venduti (in %), secondo il tipo di energia per il riscaldamento, in Svizzera, nel 2021



Fonte: ISAAC, dati tratti da FWS [B. 4]

Le pompe di calore in Ticino

A livello cantonale è difficile scendere nello specifico nelle analisi delle PdC installate a causa dei dati disponibili che purtroppo non sono esaustivi. È stato possibile però stimare un totale tra 16 e 20 mila PdC in Ticino a fine 2021. Questa stima proviene da una ponderazione tra la popolazione ticinese (4,2% del totale nazionale) rispetto al totale di PdC in Svizzera, il dato fornito dal REA e alcune informazioni fornite dalle aziende.

Grazie all'introduzione della certificazione Modulo di sistema (MS), spiegata nel Riquadro 2, è possibile avere una visione generale degli anni dal 2018 al 2021 per impianti fino a 15 kW_{th}. Questi dati riguardano solamente i casi di risanamento che hanno effettivamente richiesto l'incentivo (gli edifici nuovi non ne beneficiano).

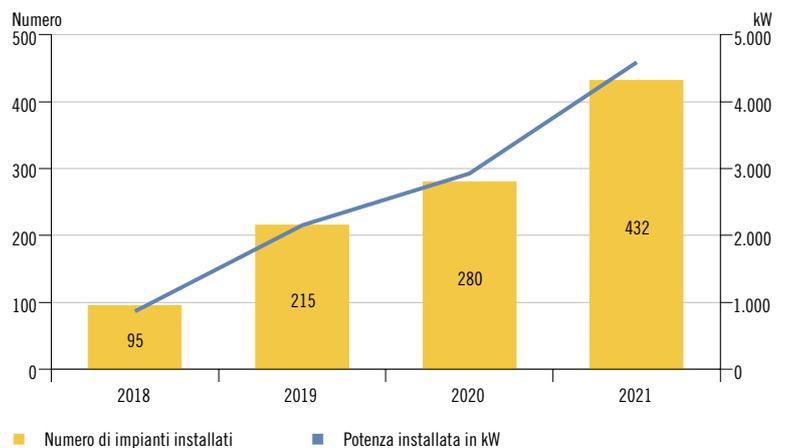
Grazie agli incentivi finanziari e alla maggiore consapevolezza di proprietari e progettisti, negli ultimi anni la richiesta continua a salire a grande velocità [F. 14].

Per questi piccoli impianti il Ticino si scosta dalla media svizzera, favorendo quasi totalmente l'alimentazione ad aria esterna [T. 1]. C'è da mettere in evidenza la maggiore semplicità e flessibilità nell'installazione di questo sistema e soprattutto la maggiore economicità, basti pensare al lavoro necessario per la messa in opera delle sonde geotermiche, nel caso dello sfruttamento del suolo (anche se è da evidenziare come il calore della terra sia la fonte energetica migliore, grazie alle temperature particolarmente costanti, oltre che maggiori, già poco al di sotto della superficie). Infine, il clima in Ticino è più mite rispetto al resto della Svizzera e di conseguenza una PdC ad aria lavora in modo più efficiente.

Più del 90% delle PdC installate secondo la certificazione MS svolge sia la parte di riscaldamento che quella per l'acs [F. 15]. Di fatto è solamente un vantaggio implementare entrambe le funzioni e infatti nei nuovi edifici avviene praticamente sempre.

F. 14

Impianti con certificazione MS (N) e potenze (in kW) installati annualmente, in Svizzera, 2018-2021



Fonte: ISAAC, FWS

T. 1

Installazioni, secondo la fonte energetica, in Ticino e in Svizzera, 2018-2021

	Aria	Suolo	Acqua
Ticino	1.009	10	3
	98,7%	1,0%	0,3%
Svizzera	71,8%	26,8%	1,5%

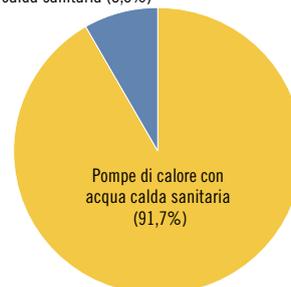
Avvertenza: i dati del Ticino si riferiscono solo a impianti con certificazione MS.

Fonte: ISAAC, FWS

F. 15

Impianti di riscaldamento a pompa di calore con certificazione MS (in %), secondo la presenza dell'acqua calda sanitaria, in Ticino, stato al 2021

Pompe di calore senza acqua calda sanitaria (8,3%)



Fonte: ISAAC, FWS

Riquadro 2 – Modulo di sistema per pompe di calore

Il modulo di sistema per pompe di calore (PdC- modulo di sistema) è un nuovo standard per la progettazione e l'esecuzione di impianti con una PdC fino a una potenza calorica di ca $15 \text{ kW}_{\text{th}}$. È stato sviluppato in concordanza con tutti gli attori coinvolti.

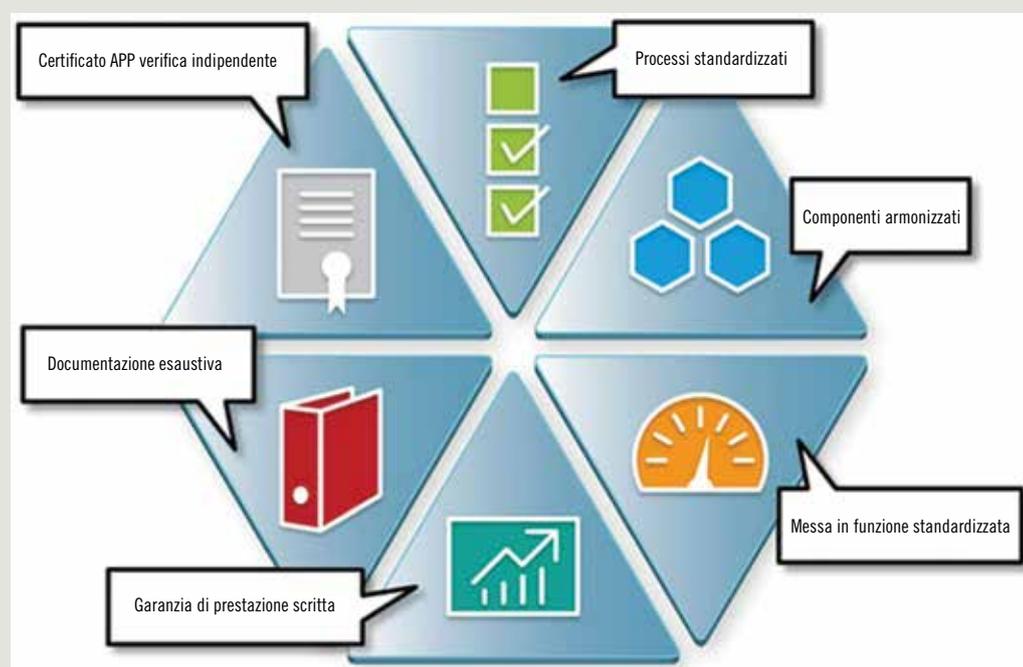
Il modulo di sistema mira a garantire un funzionamento dell'impianto a PdC con un'alta efficienza energetica. Il modulo di sistema regola le procedure e le responsabilità tra il fornitore e l'installatore nella progettazione, l'installazione e la messa in esercizio dell'impianto. Di conseguenza questo porta a un sensibile miglioramento della qualità dell'impianto.

Una commissione neutra dell'Associazione professionale svizzera delle pompe di calore APP (APP/FWS), approva e certifica le combinazioni ideali dei prodotti proposta dai fabbricanti, che verranno impiegate negli impianti quali moduli di sistema [F. 16].

Lo standard Modulo di sistema viene richiesto dal Cantone a partire dal 2018 quale requisito per l'erogazione di incentivi per PdC con potenze inferiori a $15 \text{ kW}_{\text{th}}$. Da allora in Ticino sono stati certificati più di 1.200 impianti.

F. 16

Elementi considerati nel processo di certificazione



Fonte: www.pdc-modulo-sistema.ch

Panoramica sugli incentivi in Ticino

È dal 2016, con l'entrata in vigore del primo decreto esecutivo che regolava l'accesso agli incentivi in ambito energetico, che il Canton Ticino mette a disposizione degli incentivi finanziari diretti per la realizzazione di impianti di riscaldamento a PdC, in sostituzione di un impianto esistente elettrico o alimentato a combustibili fossili. Visto il notevole successo di questa misura di incentivazione, con l'entrata in vigore dell'attuale decreto esecutivo, il 7 luglio 2021, il Cantone ha quindi deciso di aumentare il contributo diretto e di introdurre un incentivo anche per i proprietari di impianti esistenti che intendono sostituire l'attuale impianto con un nuovo impianto, sempre a PdC.

Attualmente per la conversione di un impianto di riscaldamento elettrico o alimentato a combustibili fossili, a favore di un impianto a

PdC, sono previsti degli incentivi calcolati sommando un importo di base e un importo definito in funzione della potenza termica. Si distinguono impianti fino a $15 \text{ kW}_{\text{th}}$ e impianti con potenze superiori ai $15 \text{ kW}_{\text{th}}$. Per i primi l'importo di base ammonta a Fr. 7.000.-, per i secondi a Fr. 6.000.-, mentre l'importo variabile corrisponde per entrambi a Fr. 180.-/ kW_{th} .

Per la sostituzione di un impianto a PdC esistente, quindi, per definizione, installato prima del 2000, il Cantone accorda invece un incentivo forfettario di Fr. 4.000.-.

Oltre agli incentivi cantonali molti Comuni hanno adottato regolamenti comunali e relative ordinanze municipali che permettono loro di elargire ulteriori incentivi, cumulabili con quelli cantonali, e molto spesso, calcolati proprio sulla base di questi ultimi. In questo modo anche i Comuni si rendono complici di un'accelerazione al passaggio



Foto: grosso impianto per il riscaldamento e il raffreddamento in un'abitazione con 46 appartamenti.

Fonte: ISAAC

T. 2

Comparazione dei costi di investimento in una casa monofamiliare secondo valori standard su un orizzonte temporale di 20 anni

	Gas naturale	Olio combustibile	Pdc a sonde geotermiche	Pdc ad aria
Investimento	21.000 CHF	23.000 CHF	60.000 CHF	42.000 CHF
Incentivi	0 CHF	0 CHF	8.800 CHF	8.400 CHF
Totale investimento netto	21.000 CHF	23.000 CHF	51.200 CHF	33.600 CHF
Ammortamento stimato	20 anni	20 anni	28 anni	20 anni
Costi di investimento annuali ¹	1.193 CHF	1.307 CHF	2.179 CHF	1.909 CHF
Costi annuali medi previsti per l'energia ²	2.302 (1,15 CHF/m ³)	2.249 (1,08 CHF/L)	1.069 (0,20 CHF/kWh)	1.337 (0,20 CHF/kWh)
Costi di esercizio annuali stimati	650 CHF	550 CHF	300 CHF	300 CHF
Costi totali stimati su 20 anni	82.900 CHF	82.120 CHF	70.960 CHF	70.920 CHF

¹ Viene considerata anche una stima degli interessi.

² Prezzo dell'energia medio previsto su un orizzonte temporale di 20 anni.

Fonte: calcolatore dei costi di riscaldamento, Calore Rinnovabile [S. 5].

da impianti di riscaldamento poco efficienti o che sfruttano fonti energetiche fossili a impianti molto efficienti e che rispecchiano l'attuale stato della tecnica. Gli impianti a PdC sono particolarmente ecologici se alimentati tramite energia elettrica proveniente da fonti rinnovabili, nel migliore dei casi prodotta presso l'edificio stesso, ad esempio tramite un impianto fotovoltaico.

Quale ulteriore mezzo di incentivazione in Canton Ticino è possibile dedurre fiscalmente tutti gli interventi destinati al risparmio di energia e alla protezione dell'ambiente. Di conseguenza anche le misure incentivate dal Cantone in favore di impianti a PdC sono al beneficio delle deduzioni fiscali (al netto degli incentivi).

Per garantire la qualità degli impianti di riscaldamento a PdC, per l'assegnazione degli incentivi, il Cantone richiede che gli impianti fino a 15kW_{th} siano certificati secondo il *Modulo di sistema per pompe di calore*.

A livello di spese, rimpiazzare un vecchio sistema di riscaldamento con uno a PdC risulta inizialmente più oneroso, ma conveniente sul lungo termine [T. 2].

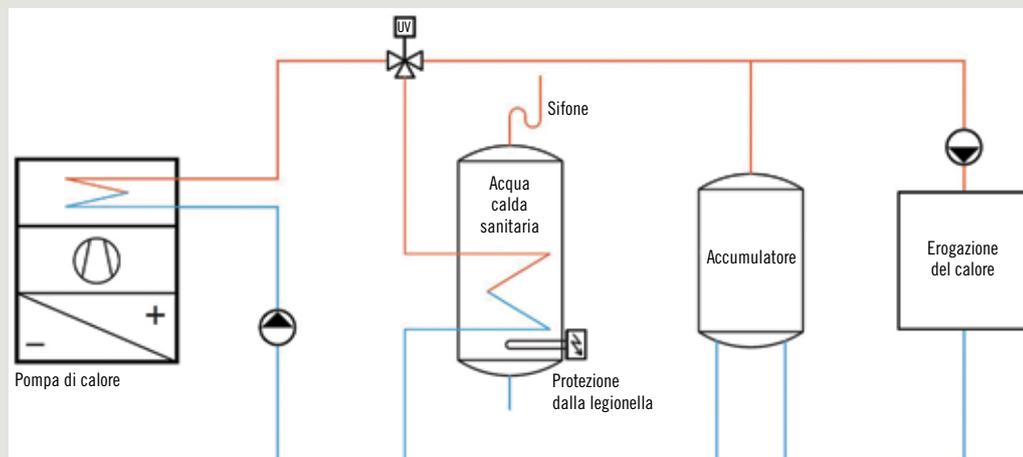
L'attuale situazione politica comporta un importante aumento dei costi dell'energia ed è difficile ad oggi prevedere come questa influirà nei prossimi decenni. C'è però da tenere in considerazione che, anche se il prezzo dell'energia elettrica dovesse effettivamente subire un'impena, questo potrebbe accadere anche per olio e gas e di conseguenza, il passaggio alla pompa di calore rimane la soluzione più vantaggiosa.

È da sfatare il mito che nelle case vecchie con radiatori ad alta temperatura non sia possibile installare una PdC. È però corretto pensare che è necessario effettuare analisi più approfondite e una valutazione globale dell'edificio, ad esempio considerando la possibilità di abbassare le temperature di mandata a seguito di interventi di risanamento come potrebbe essere la sostituzione delle finestre oppure l'aggiunta di un cappotto. Queste riflessioni vanno fatte anche in relazione alle possibilità di interventi di risanamento a corto/medio termine. Inoltre, ad esempio, è possibile valutare la possibilità di combinare la PdC con un impianto aggiuntivo, come una stufa a legna.

Riquadro 3 – Caso reale

F. 17

Sostituzione di una vecchia caldaia ad olio (potenza di 29 kW) in una casa monofamiliare costruita nel 2000*



* Il vecchio impianto, come quello nuovo, serve sia per il riscaldamento (serpentine) che per l'ACS.

Fonte: Pompe di calore. Progettazione, ottimizzazione, esercizio, manutenzione. Zurigo: UFE [B.1]

T. 3

Dati e spese per la sostituzione dell'impianto

PdC monoblocco aria-acqua	6-14,5 kW
Bollitore	300 l
Accumulatore riscaldamento	200 l
	Costi in CHF
PdC	22.500
Bollitore	1.800
Accumulatore	900
Resistenza elettrica	600
Trasposto e montaggio	5.400
Messa in funzione	1.800
Totale parziale	33.000
	Incentivi in CHF
Incentivo di base	7.000
Importo variabile (180 CHF/kWth)	2.610
Totale incentivi	9.610
Totale	23.390

Fonte: ISAAC

Inoltre, c'è da considerare un risparmio fiscale stimato tra 4.680 e 5.850 CHF (con un'aliquota di imposta marginale del 20 e rispettivamente 25%).

In caso dell'installazione di PdC in edifici con sistemi di riscaldamento a pavimento (serpentine) è possibile implementare anche il raffrescamento che deve però essere supportato da un'attenta valutazione e regolazione.

Combinare un impianto fotovoltaico alla pompa di calore

Come visto in precedenza, le PdC per poter funzionare hanno bisogno di energia elettrica. Quella necessaria alla PdC è minima (25% del totale) e l'efficienza dei sistemi è in costante aumento. Il potenziale di risparmio è altissimo, attraverso la sostituzione ad esempio degli impianti di riscaldamento elettrico diretto, dei bollitori elettrici o delle asciugatrici con asciugatrici a PdC. In questo modo si può contenere il consumo di energia elettrica.

L'elettricità viene presa dalla rete e si può anche considerare la combinazione con un impianto fotovoltaico.

Se si dispone già di un impianto fotovoltaico oppure se si ha l'intento di procedere con l'implementazione, la combinazione con la PdC porta quindi ulteriori vantaggi.

Il primo vantaggio sia a livello energetico che economico, è sicuramente l'aumento dell'autoconsumo. L'energia presa dalla rete ha un costo, mentre quella autoprodotta e non utilizzata



foto: IT Press / Alessandro Crimati

T. 4
Confronto tra diversi tipi di stoccaggio dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico

Accumulatore di calore	Capacità kWh	Numero corrispondente di batterie per l'energia elettrica	Costi di investimento aggiuntivi CHF	Numero di cicli di carica
Massa dell'edificio (edificio massiccio)	Ca 60 (con un aumento di 3°C)	6 (20 kWh per l'aumento di 1°)	Nessuno	Infinito
Accumulatore acqua calda	10 - 20	2	Nessuno	Infinito
Batteria dell'auto elettrica	20 - 80	8	Ca 1.000 per la stazione di carica	Ca 5.000
Batteria stazionaria	10	1	A partire da 10.000	Ca 5.000

Fonte: Wärmepumpen und PV – die clevere Kombination [B. 5].

deve essere venduta. Purtroppo quest'ultima viene pagata al proprietario molto meno rispetto a quanto lui la compra dalla rete. Conviene quindi consumare la maggior parte dell'energia autoprodotta. Inoltre in questo modo si riduce il carico sulla rete elettrica.

Secondariamente la possibilità di immagazzinare il calore nei serbatoi dell'acqua, permette alla PdC di funzionare seguendo le fasce orarie della produzione fotovoltaica. È anche più economico e ecologico immagazzinare l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico in forma termica, piuttosto che con batterie di stoccaggio dell'energia elettrica.

La tabella [T. 4] dimostra come lo stoccaggio dell'energia elettrica prodotta dall'impianto in forma di energia termica sia molto vantaggiosa a livello economico. Questo non toglie che ad esempio lo stoccaggio attraverso l'auto elettrica sia comunque un ottimo modo per autoconsumare l'energia prodotta.

In estate è possibile riscaldare l'acqua calda sanitaria con il solo utilizzo di energia elettrica da fotovoltaico, mentre in inverno la PdC sfrutta praticamente l'intero rendimento dell'impianto (che normalmente però è nettamente minore rispetto all'estate).

Conclusioni

Le PdC sono uno dei sistemi di riscaldamento del futuro ed è necessario fin da subito

Bibliografia

[B. 1] Ufficio federale dell'energia. (2019). Pompe di calore. Progettazione, ottimizzazione, esercizio, manutenzione. Zurigo: UFE. Disponibile online: <https://pubdb.bfe.admin.ch/it/publication/download/3188>

[B. 2] Svizzera Energia, Ufficio federale dell'energia. (2016). Riscaldamento a pompa di calore. Sicuro, efficiente, sostenibile. Berna: UFE. Disponibile online: <https://pubdb.bfe.admin.ch/it/publication/download/399>

[B. 3] Zogg, Martin. (2008). History of Heat Pumps - Swiss Contribution and International Milestones. Berna: UFE. Disponibile online: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=45262>

[B. 4] Associazione svizzera pompe di calore. (2022). Statistik 2021. Disponibile online: www.fws.ch/statistiken/

[B. 5] Zogg, David, Smart Energy Engineering GmbH. (2020). Wärmepumpen und PV – die clevere Kombination. Berna: EnergieSchweiz UFE. Disponibile online: <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/10157>

[B. 6] Svizzera Energia, Ufficio federale dell'energia. (2016). Riscaldamento e raffreddamento con acque reflue. Guida per committenti, comuni ed esercenti. Berna: UFE. Disponibile online: <https://pubdb.bfe.admin.ch/it/publication/download/681>

[B. 7] Dipartimento del Territorio, Sezione della protezione dell'aria, dell'acqua e del suolo. (2014). Linee guida per il rilascio di un permesso per lo sfruttamento dell'energia geotermica e della captazione di acqua sotterranea ad uso termico. Ticino: UPAAI. Disponibile online: <https://www4.ti.ch/dt/da/spaas/upaai/temi/acqua-protezione-e-approvigionamento/sportello/formulari/>

[B. 8] Geothermie Schweiz (2016). Tutto sui canestri geotermici e i collettori orizzontali. Disponibile online: https://www4.ti.ch/fileadmin/DT/temi/protezione_acque/documenti/acque_sotterranee/Linee_guida_sfruttamento_acque_sotterranee.pdf



rinunciare alle fonti di energia fossile per passare alle rinnovabili. Un sistema di riscaldamento, anche se ecosostenibile, deve poter funzionare al massimo delle sue potenzialità. È quindi importante, per l'aumento dell'efficienza nel caso della sostituzione di un impianto esistente, valutare la situazione complessiva dell'edificio e determinare se è necessario anche un risanamento energetico, ad esempio isolando termicamente l'involucro. Per questo è importante rivolgersi ad un professionista che riuscirà a determinare le soluzioni più vantaggiose sia a livello ambientale che economico.

In alternativa alla PdC si potrebbe scegliere di affidarsi ad un impianto a pellet, che richiede però di molto spazio per lo stoccaggio della legna, oppure, se ci si trova in prossimità, si può scegliere di allacciarsi a una rete di teleriscaldamento che sarà essa stessa responsabile del funzionamento dell'impianto e della distribuzione del calore, alleggerendo il singolo proprietario da ulteriori incombenze nella gestione.

Le soluzioni quindi ci sono, sono realizzabili e sono vantaggiose nel medio termine. Non resta quindi che implementarle.

Sitografia

[S. 1] Associazione professionale svizzera delle pompe di calore APP (FWS). www.fws.ch/it/ (Luglio 2022)

[S. 2] Ufficio federale per l'energia, UFE <https://www.bfe.admin.ch/bfe/it/home.html> (Luglio 2022)

[S. 3] PDC Modulo di Sistema. www.pdc-modulo-sistema.ch (Luglio 2022)

[S. 4] Ticino Energia. Panoramica degli incentivi cantonali e federali. www.ticinoenergia.ch/incentivi/panoramica-degli-incentivi-federali-e-cantonali.html (Luglio 2022)

[S. 5] Calore rinnovabile. <https://www.calorerinnovabile.ch/> (Agosto 2022)

[S. 6] International Energy Agency. www.iea.org/reports/heat-pumps (Luglio 2022)

[S. 7] Energy Monitor. Weekly data. www.energymonitor.ai/sectors/heating-cooling/weekly-data-france-is-the-biggest-market-for-heat-pumps-in-europe (Luglio 2022)

[S. 8] European Heat Pump association. www.ehpa.org/market-data/market-report-2021/ (Luglio 2022)

[S. 9] Ufficio della protezione delle acque e dell'approvvigionamento idrico del cantone Ticino. www4.ti.ch/dt/da/spaas/upaai/ufficio/ (Agosto 2022)

[S. 10] Portale di geo-informazione del cantone Ticino. <https://map.geo.ti.ch/> (Agosto 2022)