



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL
DEVELOPMENT FUND

Climatizzazione degli edifici con pompe di calore geotermiche in Emilia-Romagna

Stato dell'arte e linee guida
per uno sviluppo sostenibile
del settore

GEO  **POWER**

 Regione Emilia Romagna

Climatizzazione degli edifici con pompe di calore geotermiche in Emilia-Romagna

Stato dell'arte e linee guida per uno sviluppo sostenibile del settore

Il progetto GEO.POWER "Geothermal energy to address energy performance strategies in residential and industrial buildings" è cofinanziato dall'Unione Europea nell'ambito del Programma di Cooperazione INTERREG IVC 2007-2013.

Questa pubblicazione riflette le opinioni degli Autori e le Autorità di Gestione del Programma INTERREG IVC non possono essere in alcun modo ritenute responsabili dell'utilizzo delle informazioni in essa contenute.



progetto GEO.POWER
www.GEO.POWER-i4c.eu/



Programma di Cooperazione INTERREG IVC
www.i4c.eu

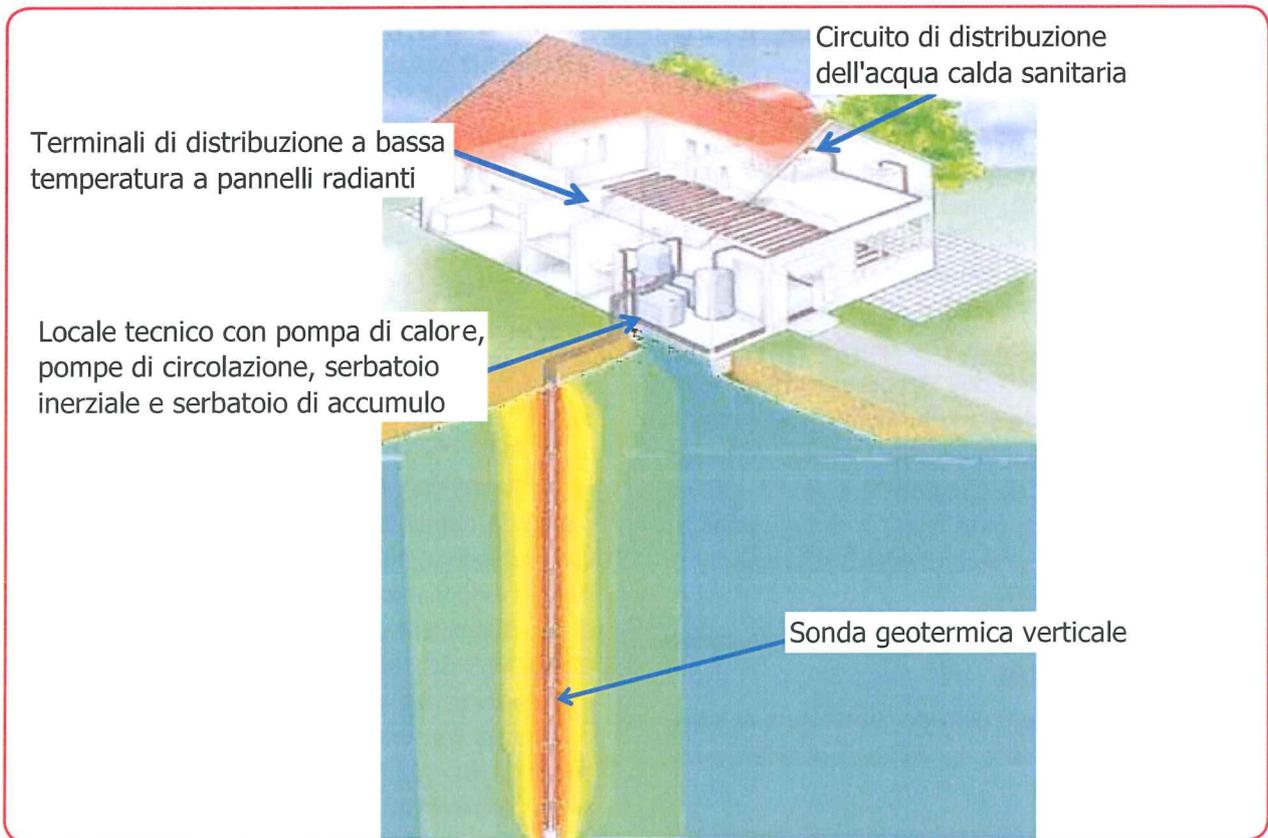


Figura 1: sistema geotermico per climatizzazione e acqua calda sanitaria con sonda verticale a circuito chiuso e pompa di calore elettrica.

tosuolo come serbatoio termico (*heat storage*), da cui si estrae il calore d'inverno e nel quale si rimette il calore in eccesso durante l'estate, garantendo un significativo risparmio energetico e un sostanziale equilibrio tra prelievo e reiniezione di calore, al fine di evitare il depauperamento della risorsa e variazioni

significative di temperatura del sottosuolo sul medio – lungo periodo. In condizioni standard, l'economicità di tale utilizzo risulta maggiore o minore, a seconda del tipo di impianto (aperto o chiuso), delle proprietà termiche dei terreni e degli acquiferi, della dimensione e della modalità di utilizzo degli impianti.

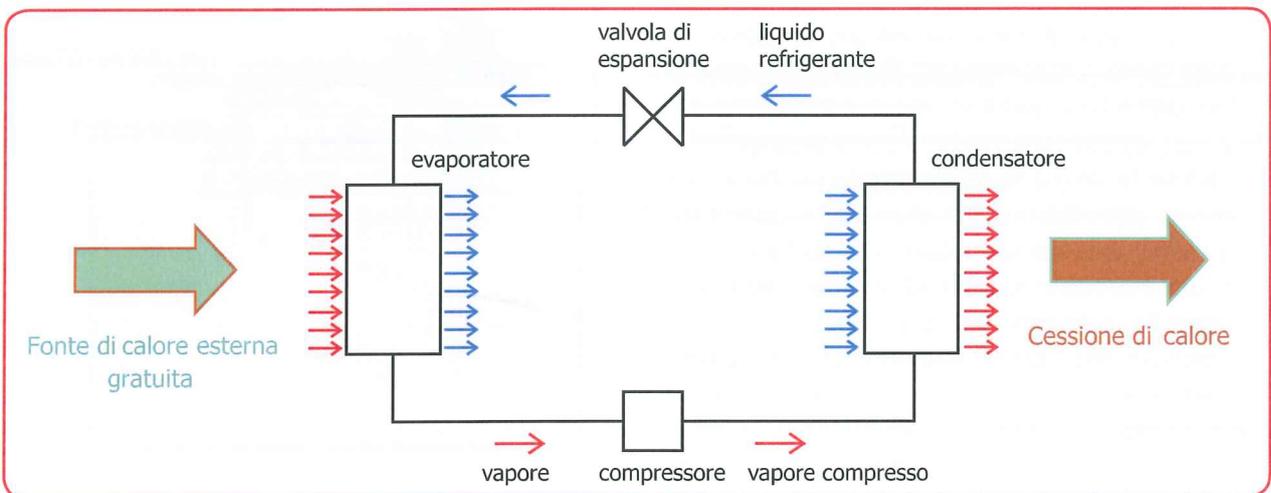


Figura 2: Funzionamento della pompa di calore in fase di riscaldamento.

2.1 La pompa di calore e campi di applicazione

Le pompe di calore rappresentano una tecnologia ormai consolidata nella climatizzazione, anche se la loro diffusione è molto diversificata, a seconda delle aree geografiche e delle caratteristiche climatiche. Questa macchina termica, come si può intuire dal nome, trasferisce il calore da un sistema a una certa temperatura a un altro sistema a temperatura superiore, cioè in direzione opposta a quella verso cui tenderebbe a dirigersi naturalmente. Come ogni macchina termica, opera secondo un ciclo termodinamico che nel caso in questione è il ciclo di Carnot inverso rappresentato nella figura 2. Sinteticamente, il fluido refrigerante subisce diverse trasformazioni di fase passando attraverso:

- un compressore (il vapore umido si trasforma in vapore secco);
- un condensatore (il fluido cede calore al sistema esterno fino a condensare completamente);
- una valvola di espansione (il fluido si espande e riduce la temperatura del sistema);
- un evaporatore (il fluido assorbe calore dal sistema esterno e si trasforma in vapore).

In questo modo la pompa di calore assorbe calore dall'ambiente esterno (aria, acqua, terreno) e lo cede all'edificio. Grazie all'inversione del ciclo è possibile utilizzare la pompa di calore sia in fase di riscaldamento che in condizionamento estivo, rendendo tale dispositivo ancor più fruibile rispetto agli impianti tradizionali. Si possono distinguere diversi tipi di pompe di calore in base al tipo di alimentazione utilizzata e ai fluidi termo vettori impiegati. Esistono le pompe di calore elettriche e quelle ad assorbimento (alimentate a gas), caratterizzate da un sistema di compressione differente. Anche se hanno diverse caratteristiche e diversa alimentazione, tali dispositivi svolgono sostanzialmente la stessa funzione e la scelta di utilizzare uno strumento rispetto ad un altro deve essere valutata da un tecnico, caso per caso. In generale si è osservato che i piccoli dispositivi ad assorbimento hanno prestazioni energetiche in raffreddamento peggiori rispetto ai dispositivi elettrici. Diversamente, riguardo alle temperature di esercizio, le pompe di calore ad assorbimento hanno prestazioni più stabili anche ad alte temperature (45 - 50°C) rispetto ai di-

spositivi elettrici che hanno una resa maggiore a temperature più basse. Per questi motivi la scelta del tipo di macchina deve essere valutata in base alle esigenze dell'edificio ed ai costi dell'energia del paese considerato. In base alle scelte progettuali, le pompe di calore possono scambiare calore con diversi ambienti esterni, per tale motivo esistono diversi dispositivi:

- acqua-aria (scambio con l'aria esterna);
- acqua-acqua (scambio con acqua di lago, rete idrica superficiale o falda acquifera sotterranea);
- acqua-terra (scambio con il terreno, figura 3).

La scelta del tipo di ambiente di scambio termico dipende da numerosi fattori e deve essere analizzata con molta cura; è però stato chiaramente dimostrato come il rendimento delle pompe di calore vari in base al tipo di ambiente. Considerando le pompe di calore elettriche, il COP (*Coefficient Of Performance*) ovvero il coefficiente che valuta il rapporto fra l'energia utile e l'energia consumata, è strettamente correlato alle temperature, sia della sorgente geotermica che del serbatoio termico. In particolare, considerando come mezzo di scambio l'aria esterna, è intuitivo comprendere come il COP della macchina possa variare con l'escursione termica giornaliera e stagionale. Diversamente, l'utilizzo di un ambiente che risente in maniera inferiore o trascurabile rispetto alle variazioni termiche climatiche determina un COP elevato e costante nel tempo. Per tali motivi gli impianti acqua-acqua e quelli acqua-terreno hanno caratteristiche più performanti rispetto a quelli acqua-aria.

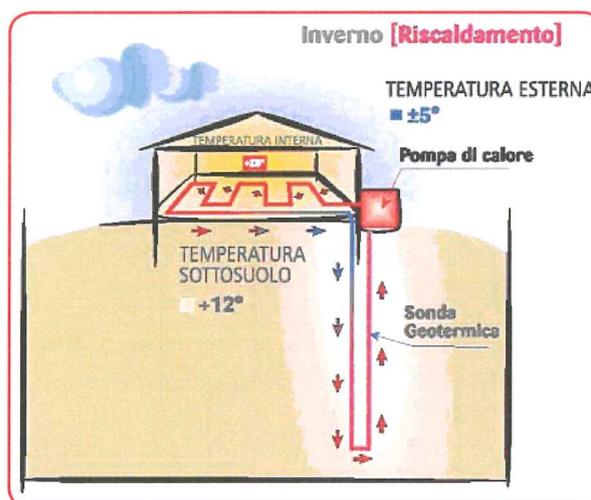


Figura 3: Impianto acqua-terreno con sonde geotermiche verticali.

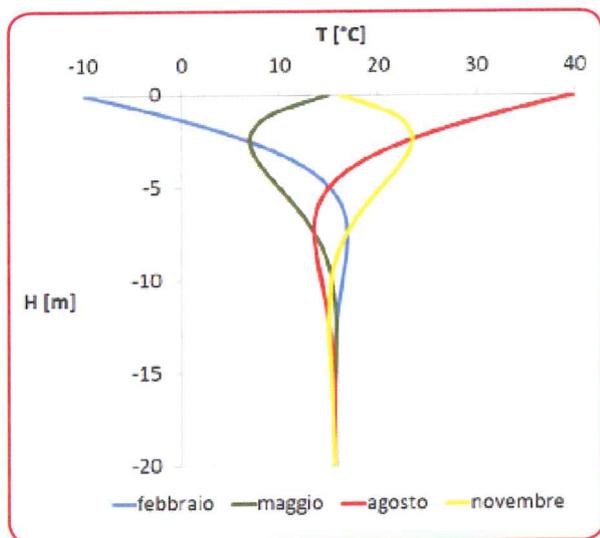


Figura 4: Esempio di profilo della temperatura nel terreno per i primi 20 m.

Le migliori prestazioni delle pompe di calore accoppiate a sonde geotermiche nel terreno sono da attribuirsi alle caratteristiche dell'ambiente stesso. Come si può osservare nella figura 4, la temperatura del terreno risulta influenzata dalle variazioni atmosferiche e stagionali nelle porzioni superiori a contatto con la superficie topografica. Il terreno superficiale è inoltre influenzato da numerosi altri fattori quali: l'irraggiamento solare, le precipitazioni, la vegetazio-

ne. Scendendo in profondità, da 8-10 m fino a 20 m, la temperatura può essere definita quasi "costante", dipendente dalla temperatura media atmosferica annuale, ma non risentendo significativamente delle variazioni stagionali.

Fino a questa profondità il terreno può essere definito come termicamente "attivo". Oltre i 15 - 20 m di profondità, in funzione delle caratteristiche geologiche e idrogeologiche, la temperatura rimane praticamente costante nel tempo con valori variabili sulla profondità determinati dal gradiente geotermico locale. Questo livello profondo viene definito omeotermico. La temperatura costante del terreno oltre i 15 - 20 m di profondità è il fattore principale che determina un migliore rendimento delle pompe di calore accoppiate al terreno, rispetto ai sistemi acqua-aria, sia in fase di riscaldamento invernale che in condizioni di raffreddamento estivo.

La presenza nel sottosuolo di una falda acquifera ha generalmente l'effetto di smorzare più rapidamente le variazioni di temperatura con la profondità e quindi stabilizza termicamente la "sorgente geotermica sottosuolo". Il flusso idrico sotterraneo rinnova continuamente la condizione termica al contorno delle sonde geotermiche, apportando calore e simulando una conducibilità termica estremamente elevata.

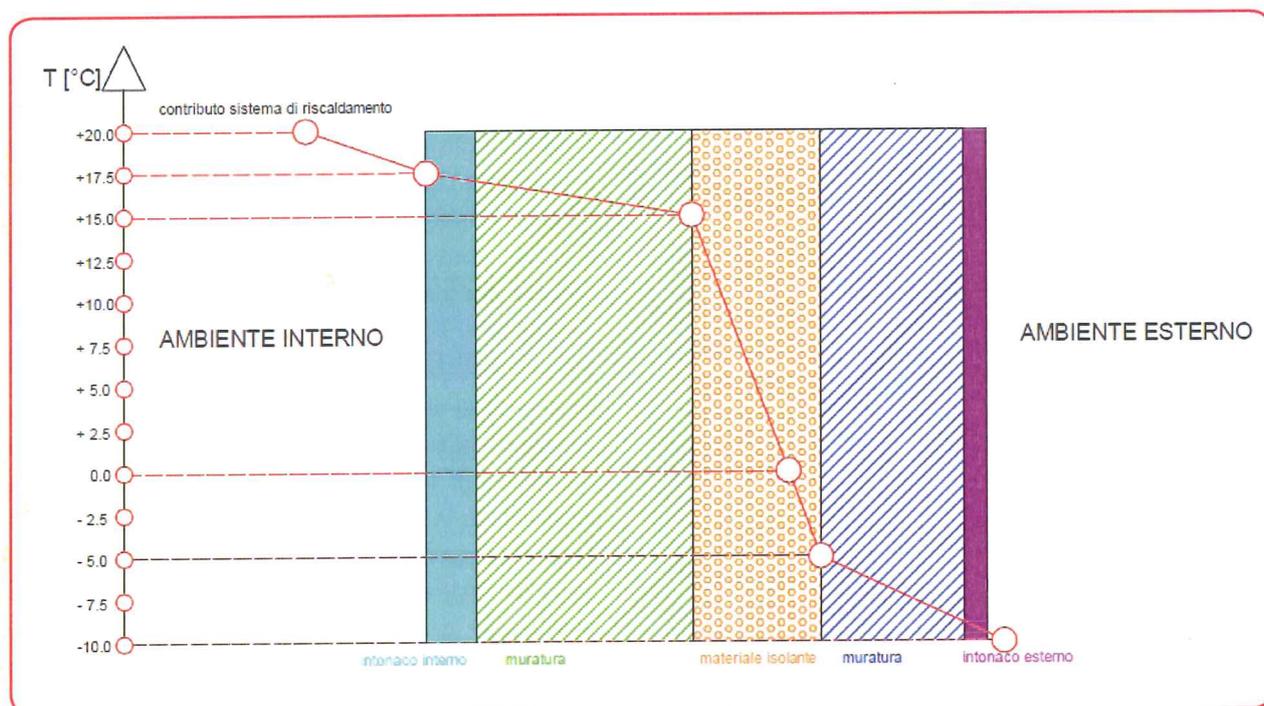


Figura 5: Schema di soluzione per la coibentazione di un edificio.

Anche in Emilia-Romagna, i campi di applicazione di questa tecnologia sono i più variegati: dalla piccola utenza, come ad esempio una singola abitazione con una potenza installata di 5 - 6 kW_t, a complessi residenziali di decine di appartamenti con potenze di impianto dell'ordine delle centinaia di kW_t, fino ad impianti con pompe di calore accoppiate a scambiatori nel terreno con una potenza di installazione di oltre 1 MW_t, come ad esempio gli impianti degli stabilimenti IKEA di Parma e Rimini. I limiti che si affrontano nell'utilizzo di questa tecnologia sono legati prevalentemente alle caratteristiche termiche e alla tipologia di distribuzione del calore negli edifici. **Le caratteristiche dell'involucro termico (figura 5) sono un aspetto fondamentale da considerare; l'elevata coibentazione, che determina basse dispersioni, colloca l'edificio in una classe energetica elevata. Tali fattori sono importanti per ottenere una performance elevata della pompa di calore in termini di rapporto energia termica prodotta/energia elettrica consumata.**

Edifici di bassa classe energetica determinano un basso COP della macchina, portando a consumi non vantaggiosi per il tipo di tecnologia utilizzata. Per queste ragioni è opportuno effettuare degli interventi di miglioramento dell'isolamento termico dell'edificio, prima di procedere con l'installazione delle pompe di calore. L'altro limite riguarda l'impianto di distribuzione del calore nell'edificio; in particolare, le pompe di calore elettriche operano a livelli maggiormente performanti con le basse temperature (30 - 40°C),



Figura 6: Sistema a pannelli radianti.

quindi i sistemi diffusi, quali i pannelli radianti (figura 6) o i sistemi concentrati come i ventilconvettori a bassa temperatura, sono preferibili rispetto ai sistemi concentrati come radiatori, che necessitano di temperature più elevate.

Va altresì considerato molto attentamente il comportamento del sistema accoppiato edificio-impianto, in funzione dei periodi di riscaldamento e raffrescamento, degli isolamenti degli edifici e del bilancio energetico estate-inverno. L'impianto ideale è quello che produce il massimo risparmio energetico, con tempi brevi di ritorno economico dell'investimento e con invarianza nel tempo della temperatura alla sorgente (il calore estratto d'inverno è circa equivalente al calore reimpresso durante l'estate). Quest'ultimo aspetto garantisce la sostenibilità dell'utilizzo del calore geotermico.

2.2 Aspetti economici e ambientali

Il confronto con tipologie alternative di impianto permette considerazioni sugli aspetti economici ed ambientali delle pompe di calore. Considerando per il medesimo edificio l'installazione di un impianto tradizionale con caldaia a condensazione alimentata a gas e refrigeratore ad aria, rispetto ad un impianto con pompa di calore elettrica, accoppiata a scambiatori nel terreno, il costo iniziale dell'impianto tradizionale risulta più basso rispetto a quello a pompa di calore. **Considerando però i costi di esercizio sia in fase di riscaldamento che di raffrescamento, con l'impianto a pompa di calore si può arrivare ad ottenere un risparmio annuo di circa il 50% rispetto a quello tradizionale, con tempi di ritorno dei sovracosti iniziali variabili dai 6 ai 10 anni. Tali valutazioni ovviamente cambiano in base ai costi dei vettori energetici (gas, energia elettrica).**

Dal punto di vista ambientale, i sistemi geotermici a pompa di calore riducono fortemente la produzione di emissioni di sostanze clima-alteranti in atmosfera, azzerandole in loco per il caso delle pompe di calore elettriche, rispetto agli impianti a bruciatore. Inoltre, se si fornisce alle pompe di calore elettriche un'alimentazione di energia proveniente da pannelli fotovoltaici, allora le emissioni globali risulterebbero pari a zero, con un risparmio di circa 3 t CO₂ /anno per un edificio monofamiliare, a confronto con un edificio con impianto tradizionale.