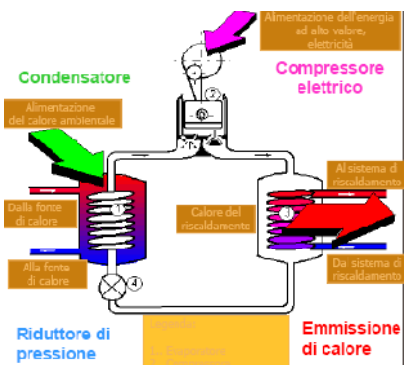


GUIDA ALLE POMPE DI CALORE GEOTERMICHE

La presente guida intende dare alcune semplici, ma fondamentali, indicazioni a tutti quelli che per motivi economici ed ambientali intendono riscaldare la propria abitazione ed avere l'acqua calda per i propri bisogni sanitari, tramite le pompe di calore (PdC) geotermiche, riferendoci a piccoli impianti residenziali. Innanzi tutto un chiarimento: per semplicità intendiamo come PdC geotermiche sia quelle che sfruttano la temperatura del terreno (PdC terra-acqua) che quelle che sfruttano quella dell'acqua di falda (PdC acqua-acqua); inoltre ci riferiamo alla bassa entalpia, ovvero le basse temperature della fonte energetica.



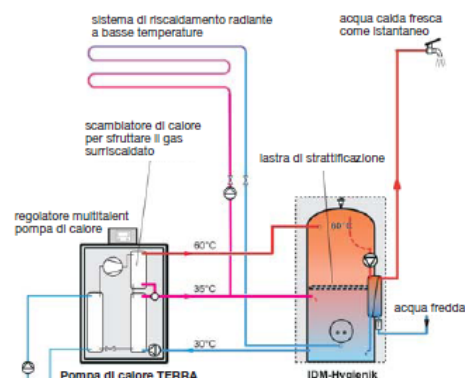
L'impianto geotermico rappresenta uno dei sistemi tecnologici che attraverso la PdC sottrae l'energia del calore (sotto forma di temperatura) dall'ambiente esterno (terra o acqua). L'energia che viene sottratta ad una temperatura più bassa viene poi innalzata ad una più elevata grazie ad un gas (generalmente R407C, R410A o R134a) che evapora costantemente, viene compresso (innalzamento della temperatura) e condensato in un sistema a circuito chiuso (la PdC). Questo calore viene ceduto all'acqua dell'accumulo del ns. impianto di riscaldamento e/o dell'acqua calda sanitaria.

Oltre al riscaldamento e/o al raffrescamento degli ambienti, la stragrande maggioranza delle moderne PdC compatte producono anche l'acqua calda sanitaria (acs).

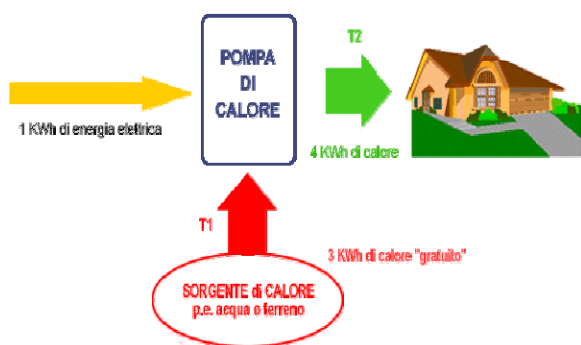
L'efficienza di una PdC è rappresentata dal coefficiente di prestazione (COP), inteso come il rapporto tra l'energia termica resa al corpo da scaldare (l'acqua dell'impianto) e l'energia elettrica consumata per innalzare la temperatura proveniente dalla fonte naturale (il lavoro del compressore).

Questo coefficiente è fondamentale per "misurare" le prestazioni in riscaldamento e produzione di acs di una pompa di calore: infatti minore è la differenza di temperatura (ΔT) tra la fonte energetica e quella da produrre (per es. il riscaldamento), maggiore sarà il rendimento della PdC e quindi il COP. Tutto ciò ci fa capire perché le PdC hanno prestazioni ottimali quando devono scaldare edifici dotati di sistemi distributivi del calore a bassa temperatura (~ 30° - 35° C per pavimenti o soffitti radianti), buone prestazioni per sistemi distributivi a media temperatura (~ 45° C per ventilconvettori) e cattive prestazioni, cioè anti-economiche, con le alte temperature (i termosifoni).

Lo stesso concetto vale per la produzione di acs che normalmente va prodotta intorno ai 55°-60°C; è per questo motivo che andrebbero preferite macchine dotate di doppio scambiatore per lo sfruttamento del gas surriscaldato, meglio ancora dotate di doppia mandata: una per il riscaldamento ed una per il sanitario. La normativa di riferimento, per il mercato italiano, è la EN 14511: buone PdC devono avere valori di COP superiori a 4 per le terra-acqua (0°C/35°C cioè 0°C di temperatura del glicole in ingresso nella macchina e 35°C in uscita) e superiori a 5 per le acqua-acqua (10°C/35°C).



PERCHE' USARE LE POMPE DI CALORE GEOTERMICHE



- Nelle PdC elettriche l'abbinamento con un impianto fotovoltaico, oltre a rendere estremamente eco-sostenibile la ns. abitazione, seppur con un investimento iniziale molto alto, permette tempi d'ammortamento economico senza paragoni

- Efficienza molto più alta rispetto alla caldaia a gas: COP 4 vuol dire che per "dare" 4 kW termici alla ns. casa, ne consumiamo (e paghiamo) 1 kW elettrico e 3 ci vengono dati gratuitamente dal terreno (o 4 nel caso dell'utilizzo della falda acquifera)
- Nessun approvvigionamento di gpl, gasolio, legna, ecc
- Un'unica macchina per riscaldare, raffreddare e produrre acqua calda sanitaria
- Nessun impatto visivo e assenza della canna fumaria
- Sicurezza: si può installare l'impianto anche in garage

POMPE di CALORE Terra/Acqua:

queste sono le "classiche" PdC geotermiche. I sistemi più diffusi, per i motivi che spiegheremo, sono quelli che utilizzano sonde verticali in profondità. Meno diffusi sono i collettori superficiali.

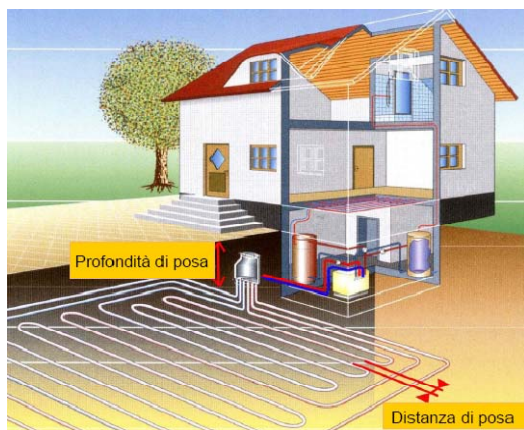
Inoltre "ultimamente" si comincia a parlare di altre tipologie di sonde: a canestro, a fasci sommersi, pali energetici. Questi sistemi pur riscontrando interessi in crescita, mancano di una letteratura ed una numerosità applicativa che ad oggi li rilega in ambiti "non commerciali", ma più di ricerca.

Le PdC terra/acqua sfruttano il calore del terreno, sottratto tramite una miscela d'acqua ed anti-gelo (glicole) che scorre all'interno di tubi in polietilene ad alta resistenza, per cederlo, all'interno di uno scambiatore di calore (evaporatore) al gas freon. Quest'ultimo dopo tutto il processo d'aumento della sua temperatura, cederà calore tramite scambio termico, all'acqua dell'impianto o, meglio, all'accumulo di distribuzione tramite un altro scambiatore di calore (condensatore).

La lunghezza complessiva del campo sonde verticali o dei collettori superficiali, dipende dal *gradiente* termico del terreno: più questo è umido e con meno aria, maggiore sarà la sua resa in Watt al metro (W/m).

Per quanto riguarda specificatamente le sonde verticali, ricordiamo alcune indicazioni tecniche da rispettare quali la distanza minima tra loro di 6 m, il non riutilizzo per il riempimento della perforazione dello stesso materiale estratto, un buon isolamento delle tubazioni (andata e ritorno) che dal collettore sonde vanno alla centrale termica, il *Ground Response Test* per impianti di potenza superiori a 30 kW. In Lombardia il RR 7 2010 pone precise norme per l'utilizzo di questa tecnologia.

CAMPO GEOTERMICO con COLLETTORI SUPERFICIALI:



VANTAGGI impianto con collettori superficiali:

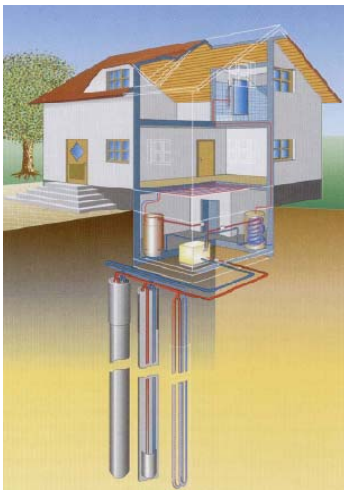
- Costi campo geotermico
- Semplicità installazione campo geotermico
- Manodopera per pozzi facilmente reperibile sul territorio

SVANTAGGI impianto con collettori superficiali:

- Necessità di ampia superficie (2-3 volte la sup. da riscaldare)
- Rese inferiori e variabili nell'anno
- Indisponibilità della stessa (non è possibile cementarla/coprirla, ombreggiarla con alberi ad alto fusto)
- In caso di nevicata abbondante è necessario "spalarla"



Campo geotermico collettori superficiali



VANTAGGI impianto con sonde verticali

- Stabilità idraulica e durata nel tempo dell'impianto (20-30 anni) senza particolari interventi
- Certezza degli ammortamenti economici dell'impianto
- Impatto ambientale praticamente inesistente
- Nessun impatto visivo
- In terreni rocciosi o umidi buone prestazioni
- Generalmente iter autorizzativo meno difficoltoso e di più facile ottenimento

SVANTAGGI impianto con sonde verticali:

- Costi posa campo sonde (incidenza anche del 45% sul totale dell'impianto)
- Progettazione più precisa (e quindi costosa)
- Manodopera specializzata non sempre reperibile sul proprio territorio
- Estrema difficoltà d'installazione in situazioni esistenti



Sonda singola U



cima sonda collettore

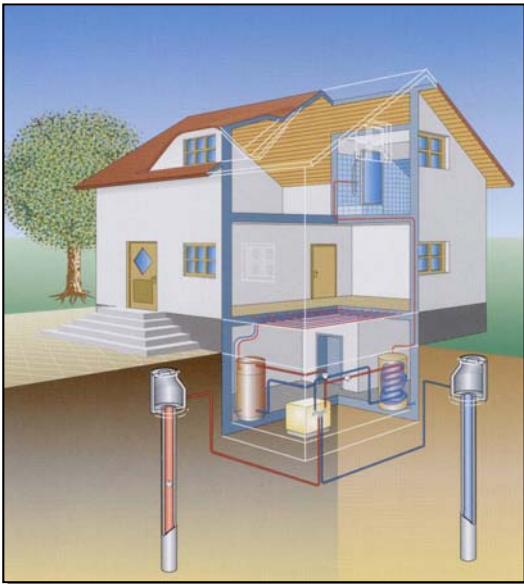
Attualmente, fine 2011, i prezzi di mercato variano a secondo della lunghezza complessiva del campo sonde e della particolarità di posizionamento del cantiere. Possiamo indicare intorno ai 50 €/m per campo sonde fino a 300 m complessivi, ai quali vanno aggiunti 1000 – 1500 € per allestimento cantiere. Per campi sonde fino a 600 m complessivi intorno ai 45-48 €/m incluso allestimento cantiere.

POMPE di CALORE Acqua/Acqua:

Questi macchinari utilizzano il calore latente dell'acqua della falda, considerata normalmente e mediamente a 10°C (quindi i loro COP sono più alti rispetto alle PdC terra/acqua) per cederlo all'interno dello scambiatore a piastre (l'evaporatore) al gas freon. Quest'ultimo dopo tutto il processo d'aumento della sua temperatura, cederà calore, tramite scambio termico, all'acqua dell'impianto o, meglio, all'accumulo di distribuzione tramite un altro scambiatore (il condensatore).

Inoltre la costruzione di 2 pozzi (uno di emunzione e l'altro di sversamento che deve essere posta ad almeno 15 m di distanza dal primo nella direzione del flusso della falda) è decisamente inferiore rispetto alle perforazioni e posa sonde di un corrispettivo campo geotermico. Per questi motivi, dove è presente a basse profondità una falda con buone portate, spesso si preferisce utilizzare una PdC acqua/acqua che permette quindi tempi d'ammortamento decisamente più brevi.

Dal punto di vista ambientale questa soluzione può essere leggermente più "invasiva" rispetto ai campi geotermici, tuttavia occorre precisare che è difficile ipotizzare uno sviluppo futuro di massa tale da danneggiare il sistema idrico; inoltre l'acqua che si riversa nel secondo pozzo subisce solo una variazione di temperatura di pochi gradi (**attenzione:** la normativa regionale lombarda ammette una variazione di $\pm 3^{\circ}\text{C}$ a secondo del ciclo; occorre quindi prestare attenzione in quanto non tutte le PdC commercializzate riescono a lavorare con questo $\Delta T!$).



VANTAGGI impianto con utilizzo falda

- COP alti (> a 5)
- Minor investimento iniziale rispetto alle sonde verticali
- Certezza degli ammortamenti economici dell'impianto
- Impatto ambientale praticamente inesistente
- Nessun impatto visivo
- Manodopera per pozzi facilmente reperibile sul territorio

SVANTAGGI impianto con utilizzo falda

- Tempi per autorizzazioni lunghi (diversi mesi)
- Monitoraggio costante dell'impianto e maggiore manutenzione rispetto alle sonde
- Anti-economico in caso di falde profonde (> 20 m)
- Possibile sostituzione di alcuni componenti (scambiatori di sicurezza) negli anni.
- Non utilizzabile con falde dalle scadenti caratteristiche chimiche/fisiche

RAFFRESCAMENTO

Come dicevamo all'inizio con le PdC è possibile raffrescare gli ambienti utilizzando il circuito del pavimento o soffitto radiante, in pratica invece dell'acqua calda si fa attraversare il circuito da acqua fredda che sottrae calore all'ambiente. Raffrescare in questa maniera comporta l'utilizzo di sistemi di deumidificazione quindi soluzioni impiantistiche più complesse e di conseguenza più costose.

Esistono 2 sistemi di raffrescamento sostanzialmente differenti:

- **Free-cooling** (chiamato anche direc-cooling). Con questo sistema si sfrutta la temperatura del terreno o della falda freatica (che d'estate hanno temperature decisamente inferiori) che viene ceduta all'acqua del circuito di riscaldamento tramite uno scambiatore di calore a piastre. Se utilizzato da solo è un sistema poco adatto per le nostre zone, a meno di costruire un edificio ad altissime prestazioni (passivo).

Vantaggi:

- Non utilizzo del compressore, quindi risparmi d'energia elettrica e di conseguenza economici.
- Impiantistica di deumidificazione più semplice.
- PdC meno costosa.

Svantaggi:

- Temperature di mandata più alte, quindi una "sensazione di minor fresco".
- Sconsigliato per impieghi nel terziario (uffici) dotati di ventilconvettori.
- Nel caso delle sonde geotermiche scarsa "ricarica" del terreno.

- **Reversibilità** (chiamato anche in direc-cooling). In questo caso viene prodotta acqua fredda con un processo contrario a quello utilizzato per innalzare la temperatura per il riscaldamento: viene sottratta energia, quindi calore, al gas che si raffredda e di conseguenza raffredda l'acqua. La PdC si comporta così come il classico condizionatore.

➤

Vantaggi:

- Temperature di mandata più alte, quindi "raffreddamento" più veloce e maggior comfort.
- Ottimo con ventilconvettori.
- Nel caso delle sonde geotermiche migliore "ricarica" del terreno.

Svantaggi:

- Impiantistica di deumidificazione più complessa.
- Utilizzo del compressore, quindi maggior costi gestionali.
- PdC più costosa.

Alcune marche di PdC sono in grado di gestire i 2 sistemi automaticamente ed in maniera autonoma, facendo funzionare il sistema in free-cooling quando le temperature esterne non sono altissime e cambiando autonomamente il ciclo in reversibilità nelle giornate più calde.

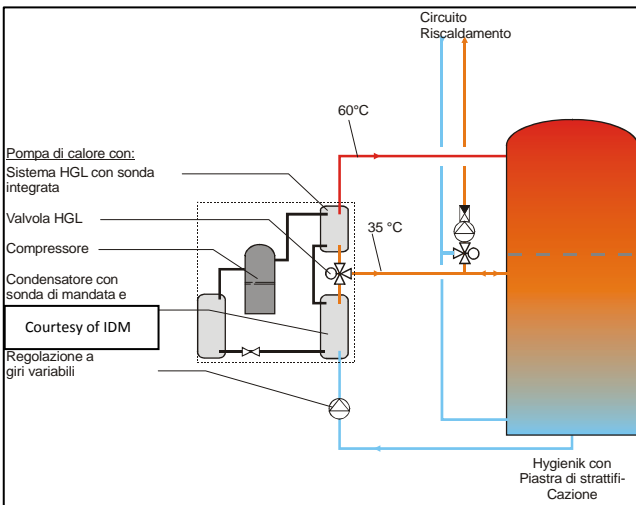
Si ottiene così un ottimo comfort insieme ad una contenuta spesa gestionale

PRODUZIONE di ACS

La produzione di acs è il “tallone d’Achille” delle PdC a causa di quello che abbiamo scritto all’inizio, ovvero un ΔT maggiore tra la temperatura d’ingresso (0° o 10°C) della fonte utilizzata e la temperatura d’uscita (da

50° a 60°C) dalla macchina. A causa di ciò è preferibile utilizzare PdC che utilizzano quanto meno 2 tubazioni di mandata (una per il riscaldamento ed una per l’acs) o, meglio, che riescono a produrre una parte di acs durante altri “lavori” (per es. durante la produzione di acqua calda per il riscaldamento (T da 35° a 45°C).

È consigliato quindi, soprattutto in casi di medio-grandi consumi di acs (famiglie con più di 4 persone, agriturismi, ecc.), dotare l’impianto di pannelli solari termici collegati all’accumulo per l’acs. Oltre al risparmio economico si effettua un’importante azione ambientale.



Inoltre, per una migliore efficienza della macchina, è indispensabile accumulare in un contenitore (l’accumulo appunto) l’acs; inoltre questo è preferibile che sia dotato di scambiatore di calore esterno per la produzione istantanea di acs, per i seguenti motivi:

- L’accumulo funziona solo come “batteria” di calore, quindi all’interno c’è acqua tecnica, cioè quella del circuito di riscaldamento e di conseguenza non ho il problema della Legionella. Ciò implica un non consumo di energia (per es. resistenza elettrica, oppure funzionamento ciclico della PdC per riscaldare ad alta temperatura la parte alta dell’accumulo solo per eliminare i batteri della Legionella).
- ACS più salubre.
- Una migliore regolazione delle temperature dell’acqua.
- Durata maggiore dell’accumulo.

COSTI

Per dare un'indicazione dei costi, a causa di motivi facilmente comprensibili (diversità delle tipologie abitative e modalità d'uso delle stesse), ipotizzeremo 2 soluzioni residenziali posizionate nel Pavese e/o in Lomellina tutte con lo stesso fabbisogno energetico (45 W/ m² secondo il protocollo CENED) e dotate di PdC per il riscaldamento che per la produzione di acs:

- A. una villetta monofamiliare di circa 160 m² netti da riscaldare abitata da 4 persone, con 2 docce
- B. una palazzina di 600 m² netti da riscaldare composta da 6 unità abitative (u.a.) abitata da 20 persone, con 10 docce

Di ogni costruzione ipotizzeremo sia la soluzione con sonde geotermiche verticali che la soluzione con l'utilizzo della falda freatica.

Villetta A

PdC terra/acqua (sonde verticali):

Potenza necessaria	8 kW
Lunghezza complessiva sonde verticali geotermiche	185 m
COP PdC+circolatore glicole (liquido antigelo)	4.4
Resa terreno	40 W/m
Accumulo inerziale sia per circuito di riscaldamento che per acs	500 l
Scambiatore di calore per produzione istantanea di acs	25 l/min
Costo energia elettrica	0,21 €/kWh

Costo fornitura materiali centrale termica (comprensivo di glicole) € 8.500 – 9.500

Costo campo geotermico (comprensivo approntamento cantiere) € 10.000 – 11.000

Costo di gestione annuo (costi per consumo energia elettrica per il funzionamento dell'impianto) **€ 690**

Emissioni CO₂ risparmiate rispetto alla caldaia a gas metano Kg/anno 1450

PdC acqua/acqua (falda freatica):

Potenza necessaria	8 kW
COP PdC (compreso scambiatore sicurezza)	5.3
ΔT m/r acqua falda	3°C
Accumulo inerziale sia per circuito di riscaldamento che per acs	500 l
Scambiatore di calore per produzione istantanea di acs	25 l/min
Costo energia elettrica	0,21 €/kWh

Costo fornitura materiali centrale termica € 10.000 – 11.000

Costo n° 2 pozzi (comprensivo approntamento cantiere e pompa ad immersione) € 3.000 – 4.000

Costo di gestione annuo (costi per consumo energia elettrica per il funzionamento dell'impianto) **€ 790**

Emissioni CO₂ risparmiate rispetto alla caldaia a gas metano Kg/anno 1750

Parametri caldaia a condensazione a gas metano

m ³ metano consumati	1520
Rendimento complessivo (riscaldamento+acs)	96%
Costo gas metano	0,72 €/ m ³
Accumulo inerziale sia per circuito di riscaldamento che per acs	500 l
Scambiatore di calore per produzione istantanea di acs	25 l/min
Costo energia elettrica	0,21 €/kWh

Costo fornitura materiali centrale termica € 6.500 – 7.500

(per una corretta comparazione dei costi investimento/gestionali non è stato considerato il costo dell'impianto solare termico (circa € 3.000) obbligatorio per la produzione di almeno il 50% di acs in caso di caldaia a gas)

Costo di gestione annuo (gas metano + energia elettrica + manutenzione biennale obbligatoria) **€ 1.200**

Palazzina B

PdC terra/acqua (sonde verticali):

Potenza necessaria	31 kW
Lunghezza complessiva sonde verticali geotermiche	580 m
COP PdC+circolatore glicole (liquido antigelo)	4.1
Resa terreno	40 W/m
Accumulo inerziale sia per circuito di riscaldamento che per acs	1500 l
Scambiatore di calore per produzione istantanea di acs	50 l/min
Scambiatore calore x ricircolo acs con circolatore	5 kW
Costo energia elettrica	0,21 €/kWh

Costo fornitura materiali centrale termica (comprensivo di glicole) € 25.500 – 26.500

Costo campo geotermico (comprensivo approntamento cantiere + GRT) € 28.500 – 29.500

Costo di gestione annuo (costi per consumo energia elettrica per il funzionamento dell'impianto) **€ 2670**

Emissioni CO₂ risparmiate rispetto alla caldaia a gas metano Kg/anno 5450

PdC acqua/acqua (falda freatica):

Potenza necessaria	31 kW
COP PdC (compreso scambiatore sicurezza)	5.0
ΔT m/r acqua falda	3°C
Accumulo inerziale sia per circuito di riscaldamento che per acs	1500 l
Scambiatore di calore per produzione istantanea di acs	50 l/min
Costo energia elettrica	0,21 €/kWh

Costo fornitura materiali centrale termica € 25.000 – 26.000

Costo n° 2 pozzi (comprensivo approntamento cantiere e pompa ad immersione) € 4.500 – 6.000

Costo di gestione annuo (costi per consumo energia elettrica per il funzionamento dell'impianto) **€ 2350**

Emissioni CO₂ risparmiate rispetto alla caldaia a gas metano Kg/anno 6300

Parametri caldaia a condensazione a gas metano

m ³ metano consumati	5760
Rendimento complessivo (riscaldamento+acs)	98%
Costo gas metano	0,72 €/ m ³
Accumulo inerziale sia per circuito di riscaldamento che per acs	1500 l
Scambiatore di calore per produzione istantanea di acs	50 l/min
Costo energia elettrica	0,21 €/kWh

Costo fornitura materiali centrale termica € 10.000 – 12.000

(per una corretta comparazione dei costi investimento/gestionali non è stato considerato il costo dell'impianto solare termico (circa € 7.000) obbligatorio per la produzione di almeno il 50% di acs in caso di caldaia a gas)

Costo di gestione annuo (gas metano + energia elettrica + manutenzione biennale obbligatoria) **€ 4.300**

N.B.:

per semplicità si è considerato l'utilizzo di un solo contatore elettrico, mentre nella maggioranza dei casi e soprattutto per impianti con potenze sopra i 20 kW, è assolutamente consigliato installare un doppio contatore (dedicato alla PdC) con tariffa BTA che, a fronte di costi fissi più alti, ha un costo a kWh molto più basso, con una riduzione dei costi per i consumi elettrici variabile dal 8% fino anche al 23% rispetto al singolo contatore.

Se inoltre si abbina un impianto fotovoltaico l'ammortamento si abbatte ulteriormente e si completa anche il ciclo ambientale.

Per concludere, il Basso Pavese, la Lomellina ed alcune zone del Basso Oltrepò per la loro situazione geologica che presenta abbondanti falde a basse profondità, si prestano ottimamente per la soluzione *acqua/acqua*, mentre l'alto Oltrepò, pur mancando di buone falde possiede una stratificazione geologica che ben si presta ad impianti *terra/acqua*.