

GEOTERMIA

not peer reviewed

Impianti geotermici a bassa entalpia (geoscambio) per la climatizzazione in Italia: progettazione, monitoraggio, sostenibilità e possibili sviluppi**Low enthalpy geothermal systems (geoexchange) for air conditioning in Italy: design, monitoring, sustainability and possible developments**

Paolo Cerutti

Co-Editor in Chief di Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater
editors@acquesotterranee.com - paolo.cerutti@ecoterca.it**Keywords:** geothermal energy, heat exchange, closed-loop, geothermal heat-pumps.**Parole chiave:** energia geotermica, geoscambio, circuito chiuso, pompe di calore geotermiche.

Come più in dettaglio illustrato nella Rubrica Normativa di questo stesso numero di questa rivista, il 29 maggio 2025 si è svolto al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) il convegno "Sonde geotermiche a bassa entalpia: frontiere tecniche e normative", organizzato dalla Direzione Fonti Energetiche e Titoli Abilitativi, in collaborazione con il Consiglio Nazionale dei Geologi.

Numerosi sono stati i contributi, sicuramente utili per i futuri interventi legislativi, relativi sia ai necessari aggiornamenti e completamenti del Decreto 378 del 22 settembre 2022 sugli impianti a Circuito Chiuso (sonde geotermiche), sia alle altrettanto necessarie nuove disposizioni per quanto riguarda gli impianti a Circuito Aperto (prelievo da falda e restituzione, mediante pozzi).

Qui di seguito ci si sofferma in particolare, per la rilevanza per le pagine di questa rivista, sui due interventi di Moreno Fattor e di Marco Orsi, rispettivamente Presidente e Vicepresidente di ANIGHP (Associazione Nazionale Impianti Geotermia Heat Pump), sintetizzati nelle successive sezioni di questa Rubrica.

La diffusione della geotermia a bassa entalpia in Italia e possibili sviluppi (Moreno Fattor)**Il potenziale delle Pompe di Calore (PdC) nel PNIEC**

Il nuovo PNIEC riconosce un ruolo centrale delle pompe di calore in ambito termico con un contributo di 5.225 ktep:

ktep	2020	2021	2022	2025	2030
Consumi finali lordi nel settore termico	52.023	57.068	51.538	50.884	49.159
Consumi finali FER	10.378	11.061	10.626	12.490	17.634
di cui: bioenergie (biomasse solide, biogas e bioliquidi)	6.564	7.477	6.827	7.018	7.464
energia ambiente (pompe di calore)	2.475	2.849	3.052	3.284	5.225
altro	1.339	735	746	2.188	4.945
Quota FER-TERMICHE (%)	19,9%	19,4%	20,6%	24,5%	35,9%
Quota FER-TERMICHE energia ambiente (pompe di calore) (%)	4,8%	5,0%	5,9%	6,5%	10,6%

Fig. 1 - Il potenziale delle Pompe di Calore (PdC) al 2030 nel PNIEC e secondo ANIGHP (ultima colonna).

Fig. 1 - The potential of Heat Pumps (HP) by 2030 in the PNIEC and according to ANIGHP (last column).

+2,2 Mtep al 2030 rispetto al 2022 e sottolinea la «particolare attenzione allo sviluppo delle applicazioni geotermiche, in considerazione delle elevate prestazioni».

Grazie alla importante evoluzione tecnologica (alta temperatura) e allo sviluppo della geotermia a bassa entalpia, riteniamo esista un potenziale incrementale, fino a +8,1 Mtep, di cui:

- edilizia residenziale --> pompe di calore geotermiche in 1 milione di edifici (su un totale di 12 milioni) --> + 4,35 Mtep
- settore industriale --> pompe di calore geotermiche nei processi industriali a bassa temperatura (< 100° C) --> + 3,75 Mtep

Ipotizzando prudenzialmente di realizzare solo il 25% degli interventi sul potenziale di 1 milione di edifici (quindi pari a circa il 2% del totale edifici in Italia) e indirizzare sempre il 25% dei processi industriali entro il 2030, il contributo delle pompe di calore in termini di FER termiche potrebbe raggiungere 7.250 ktep, con un + 4,3 Mtep al 2030 rispetto al 2022 e un target di FER termiche del 40,0% (Fig. 1).

Il geoscambio incrementa ulteriormente l'efficacia delle PdC

L'analisi su 55 progetti di impianti geotermici realizzati mostra che l'efficacia delle pompe di calore geotermiche in termini di costo del risparmio energetico è superiore alle altre tecnologie (Fig. 2)

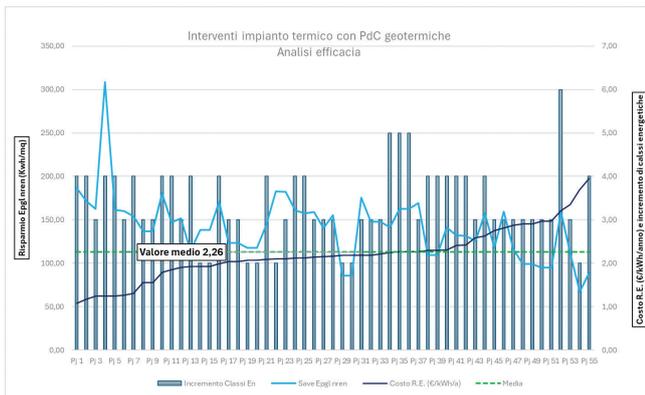
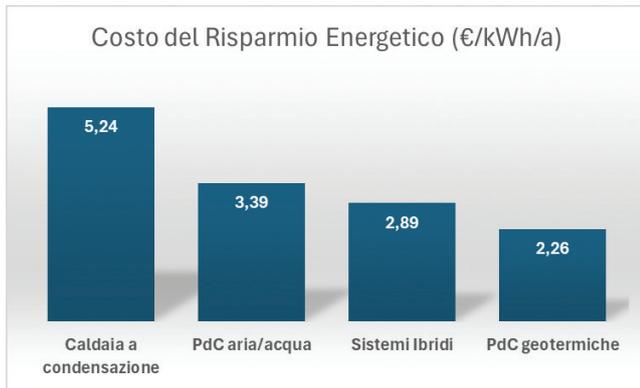


Fig. 2 - Utilizzo di Pompe di Calore Geotermiche: risparmio energetico ed efficacia (Fonte: elaborazione dati ENEA– Dati superbonus 2022).

Fig. 2 - Use of Geothermal Heat Pumps: energy savings and effectiveness (Source: ENEA data processing – Superbonus data 2022).

I dati EurObservER 2022 indicano che in Italia si eseguono circa 1.000 nuovi impianti geotermici con pompe di calore ogni anno, mentre le unità installate ogni anno in Germania sono 22.000, in Austria 4.500, in Francia 3.000. Sempre da dati EurObservER 2022 in Italia abbiamo circa 16.145 pompe di calore geotermiche in esercizio rispetto alle circa 411.198 della Germania, le 208.200 della Francia o le 112.379 dell’Austria.



Fig. 3 - Tempo di ritorno in anni dell’investimento.

Fig. 3 - Payback times, in years.

L’intervento si è soffermato sul potenziale incrementale nei settori residenziale ed industriale e su un’analisi dei rispettivi tempi di ritorno dell’investimento, assumendo:

- rapporto energia elettrica/gas = 2,4;
- investimento unitario impianto geotermico 1.200 – 1.400 €/kW;
- incentivo (detrazione/credito imposta) compreso tra il 35% e il 50%;
- valore ETS-2 pari a 45 €/T (equivalente a 9 €/MWh_t).

In ambito residenziale i tempi di ritorno sono compresi tra i 6 e i 7 anni (assumendo un incentivo pari al 50%, mentre nel settore industriale, con un incentivo prudenzialmente del 35% (CT o TEE) il tempo di ritorno risulta inferiore ai 4 anni. Questi valori non tengono conto

- nel residenziale dell’incremento del valore dell’immobile,
- nell’industria del positivo impatto in termini ESG.

Progettazione e risultati di monitoraggio di campi di sonde geotermiche. esperienze italiane e internazionali (Marco Orsi)

Perché scegliere la geotermia per la climatizzazione?

Perché si abbattano le spese di gestione (Fig. 4).

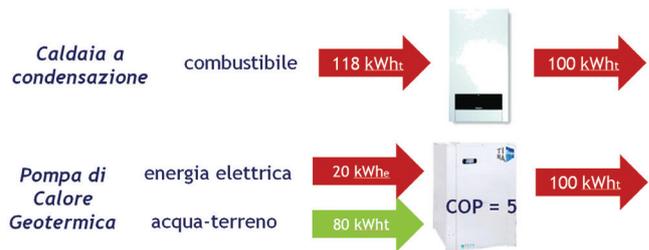


Fig. 4 - Vantaggi della produzione di energia termica mediante pompe di calore geotermiche.

Fig. 4 - Advantages of thermal energy production by geothermal heat pumps.

Per produrre 100 unità di energia termica con una caldaia ne servono mediamente 118 di energia del combustibile, per produrre le stesse 100 unità di energia termica con una pompa di calore geotermica (acqua-acqua) ne servono SOLO circa 20 di energia elettrica. Il resto del calore lo fornisce la natura gratuitamente! Anche in tutti gli edifici con impianto a radiatori dove le tradizionali pompe di calore non riescono! (Fig 5).

Relativamente al perché della efficienza della geotermia per la climatizzazione, si deve considerare che tutto il processo del geoscambio nel sottosuolo è infatti guidato da una grandezza ben nota che è la Conducibilità Termica efficace λ_{eff} , ovvero la sommatoria di tutti i contributi di conducibilità termica che la sonda incontra nella sua verticale stratigrafica, grandezza di cui in sede di Progettazione si deve ovviamente tener conto (Fig. 6).

Ulteriori elementi illustrati nel corso della presentazione riguardano la Sostenibilità delle sonde geotermiche (BHE – Borehole Heat Exchangers).

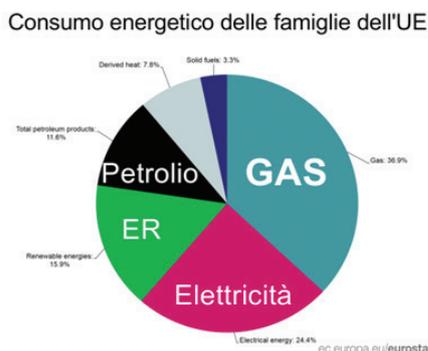
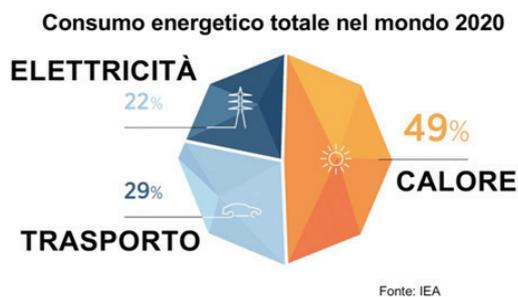


Fig. 5 - Consumi energetici: totale nel mondo (sopra) e domestico in UE (sotto).
Fig. 5 - Energy consumption: total in the world (above) and domestic in the EU (below).



Fig. 6 - Rappresentazione sintetica dei consumi energetici in Italia, per settore.
Fig. 6 - Synthetic representation of energy consumption in Italy, by sector.

Sostenibilità tecnica delle sonde geotermiche

Sostenibilità Interna del Campo Sonde: per sostenibilità interna del Campo Sonde si intende la determinazione della propagazione della perturbazione termica attorno alla sonda tipo di progetto (anche sonda iesima) effettuata sulla base dei valori misurati.

Sostenibilità Esterna del Campo Sonde: la sostenibilità esterna ovvero l'assenza di interferenze esterne di un Campo Sonde è di fatto garantita verificando che alle distanze di interferenza ricavate dall'analisi di sostenibilità interna non si trovino altre realizzazioni analoghe, cosa che è praticamente sempre verificata stanti anche le distanze imposte dal Codice Civile alle perforazioni dai confini di proprietà.

Più in generale in relazione alle risorse geotermiche e, in particolare, al loro utilizzo, sostenibilità significa anche capacità di sostenere un utile livello di produzione per lunghi periodi di tempo (Rybach L., Eugster W.J. – Elsevier 2010).

Per Sostenibilità Tecnica di un impianto si intende quindi la sua capacità di scambiare calore con il sottosuolo senza andare ad indurre effetti negativi apprezzabili di lungo periodo e garantendo la rinnovabilità della risorsa.

Si intuisce chiaramente come questa sia in realtà a tutti gli effetti una Sostenibilità Tecnico Ambientale; tale definizione viene anche ampiamente sviluppata da numerose pubblicazioni internazionali, già a partire dai primi anni duemila, spesso sotto il tema "Long term operability and sustainability of the BHE", che arrivano comunque a concludere che nel caso di una corretta progettazione del sistema di geoscambio non si rilevano né derive termiche significative a scala del singolo impianto, né tantomeno depauperamenti significativi della risorsa complessiva.

Esistono in letteratura alcuni studi su casi reali, con monitoraggio a lungo termine delle temperature del terreno naturale, cioè all'esterno delle Sonde (o BHE).

Nel caso particolare di una sonda a tubo coassiale lunga 105 m installata a Elgg, vicino a Zurigo (Svizzera), Rybach, in oltre 25 anni di osservazioni dettagliate ha fornito informazioni sull'evoluzione termica del terreno; la presentazione ha illustrato le misure effettuate negli anni dove si mostra una minima deriva termica iniziale di ca 1°C, per poi osservare una sostanziale stabilizzazione nei 25 anni successivi, sempre considerando un punto di misura posto a soli 0,5 m dallo scambiatore stesso.

Nella presentazione sono stati illustrati anche dei dati di temperatura nel campo sonde geotermiche del nuovo complesso Umanistico dell'Università degli Studi di Padova, «Beato Pellegrino», raccolti con la finalità di:

- supportare la gestione dell'impianto ibrido consentendo di migliorare la logica di funzionamento (aria/geotermico);
- individuare possibili interferenze termiche nel campo sonde;
- identificare il volume di sottosuolo interessato dalla perturbazione termica.