

GEOTERMIA

Da Geotermia a Bassa Entalpia a Geoscambio: dalla Progettazione Integrata alla Direzione Lavori

From Low-Enthalpy Geothermal to Geo-exchange: from Integrated Design to Works Supervision

Rimsky Valvassori^a, Paolo Cerutti^b

^a ANIGHp (Associazione Nazionale Impianti Geotermia heat pump) - segreteria@anighp.it

^b Co-Editor in Chief Acque Sotterranee - *Italian Journal of Groundwater* - editors@acquesotterranee.com

Keywords: geothermal, low-enthalpy, geo-exchange, integrated design, Works Supervision.

Parole chiave: geotermia, bassa entalpia, geoscambio, Progettazione Integrata, Direzione Lavori.

Oggetto di questa nota sono alcuni temi tecnici e pratici relativi alla realizzazione di opere del sottosuolo negli impianti geotermici a Pompa di Calore a Circuito Chiuso, propri dei sistemi a Bassa Entalpia, o di Geoscambio.

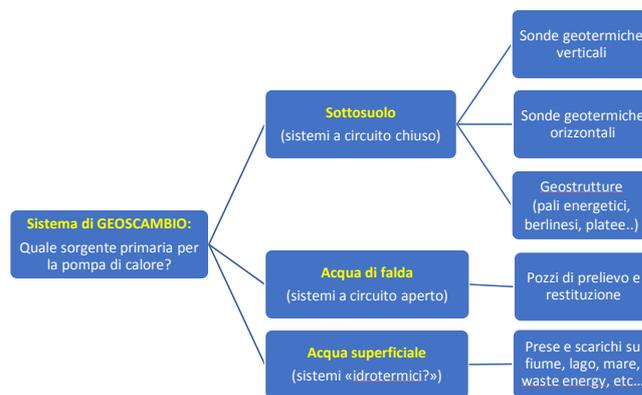
Dopo una breve carrellata di definizioni, inerenti tanto la progettazione quanto la realizzazione, dapprima vengono approfonditi il ruolo del sottosuolo nelle scelte progettuali ed il concetto di progettazione integrata, quindi sono affrontati i temi della sostenibilità del geoscambio, ossia la sostenibilità sia energetica che ambientale, nonché le strette connessioni tra le due. Infine sono affrontate le questioni relative alla qualità della realizzazione dei sistemi di geoscambio, cercando di focalizzare l'attenzione sulla centralità della Direzione Lavori da parte di consulenti altamente specializzati, come garanzia nei confronti di tutti gli attori del processo realizzativo.

Volendo adottare una definizione semplice ed univoca, si può definire «un sistema di geoscambio quello che utilizza il sottosuolo come serbatoio da cui attingere o verso cui smaltire calore per alimentare una pompa di calore con finalità di climatizzazione (invernale ed estiva) di un edificio».

Tale definizione ha lo scopo di superare il termine “Geotermia a Bassa Entalpia” e di esplicitare la differenza tra il mondo della “geotermia tradizionale”, storicamente dedita alla produzione di energia elettrica ed operante ad elevate profondità, e quello dell'utilizzo “termico” indiretto del sottosuolo, in accoppiamento alle pompe di calore, a supporto della climatizzazione degli ambienti. Tale scelta lessicale è peraltro congruente con le definizioni adottate dal mondo anglosassone, dove per questo tipo di impianti si utilizza il termine “*Geo-exchange*”, per quanto in molti paesi si utilizzino ancora le definizioni di “*Shallow Geothermal*” o “*Ground Source Heat Pumps (GSHP)*”.

Lo schema, di seguito rappresentato, riassume le soluzioni tecniche per la climatizzazione contenute nella definizione di Geoscambio, individuando come sorgente primaria della pompa di calore il sottosuolo, l'acqua di falda o l'acqua superficiale (laghi, fiumi, mare, ecc.), escludendo ovviamente le tradizionali pompe di calore ad aria.

Pur non intendendo scendere nel dettaglio dei sistemi di geoscambio, appare fondamentale chiarire il concetto che il sottosuolo (o la falda sotterranea) vengono utilizzati come



“serbatoio inerziale” da cui prelevare calore nella stagione invernale per il riscaldamento e smaltire calore nella stagione estiva per il raffrescamento. Questo perché la temperatura del terreno “indisturbato” (in assenza di impianto funzionante o anomalie del gradiente) è funzione della profondità ed è in ogni caso influenzata dalle condizioni climatiche ed idrogeologiche locali. La temperatura a circa 10 m di profondità è normalmente circa pari alla media annuale delle temperature dell'aria esterna, per poi crescere con un gradiente geotermico di circa 3 °C/ 100 m.

La curva della temperatura nel sottosuolo appare quindi caratterizzata da una riduzione delle sue variazioni giornaliere e, soprattutto, annuali, ma anche da un effetto inerziale che tende a spostare i picchi in avanti nel tempo

Il processo di progettazione di un sistema di geoscambio parte innanzitutto dalla scelta della soluzione tecnica più idonea, a sua volta dipendente da una serie di variabili che a titolo esemplificativo e non esaustivo possono corrispondere a:

- caratteristiche del fabbricato;
- prestazioni energetiche dell'involucro;
- esistenza di vincoli / limitazioni urbanistiche;
- disponibilità e accessibilità di spazi in superficie;
- presenza a e fruibilità o meno di una falda idrica;
- profondità dell'acquifero e permeabilità dei terreni;
- qualità delle acque sotterranee o superficiali;
- litologia e stratigrafia del sottosuolo;
- caratteristiche climatiche del sito.

Tutte queste variabili contribuiscono alla scelta del sistema

di geoscambio ed al suo dimensionamento, ma appare fondamentale chiarire che non esiste una ricetta valida per tutti, nessun “progetto standard”, come in altri sistemi di climatizzazione meno evoluti e meno efficienti.

Sulla base di queste premesse, sorge spontaneo l’interrogativo su quanto conta il contesto «geologico», ovvero se è davvero necessario consultare un consulente esperto in materia.

La conoscenza del «sottosuolo» (terreno, falda, dissesti, anomalie termiche, etc..) è fondamentale per la scelta ed il dimensionamento del sistema di geoscambio. In particolare è necessario:

- definire la stratigrafia del sottosuolo, da cui derivano le proprietà termiche del terreno;
- valutare la presenza o meno della falda, in termini assoluti e in relazione ai movimenti della stessa nel terreno;
- individuare il «volume significativo» influenzato dal sistema.

Dal punto di vista economico, la percentuale di costo maggiore di un impianto di geoscambio è costituito dallo “scambiatore” nel sottosuolo, ad esempio le sonde geotermiche e le relative perforazioni nei sistemi a circuito chiuso o i pozzi nei sistemi a circuito aperto.

Volendo approfondire questa tematica, si introduce quindi il concetto di “Progettazione Integrata”, intendendo un approccio multidisciplinare (ingegneristico e geologico) finalizzato a valutare in contemporanea tutti gli aspetti connessi con il geoscambio, dal contesto geologico/idrogeologico alle tematiche energetiche dell’involucro.

In virtù di questo approccio, la prospettiva progettuale e la prospettiva ambientale tendono a coincidere, in quanto la corretta progettazione deve necessariamente giungere a garantire la sostenibilità e funzionalità nel tempo del geoscambio, oltre a preoccuparsi di non generare impatti ambientali non desiderati.

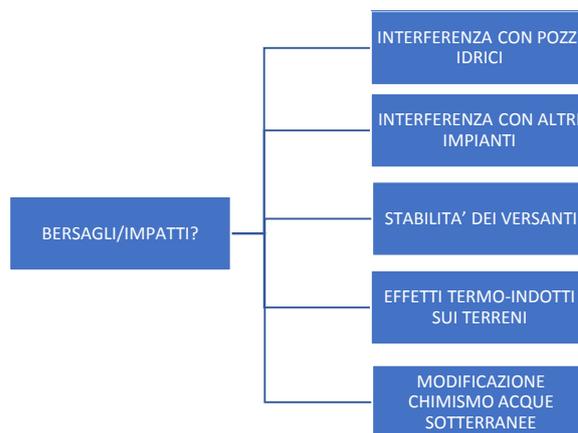
La progettazione integrata porta anche ad adottare criteri di progettazione più corretti e a poter abbandonare metodi e criteri generali e generalisti. La progettazione di un sistema di geoscambio deve necessariamente partire da presupposti rigorosi e da dati sito-specifici, tra i quali quelli inerenti ad esempio il fabbisogno ed il terreno sono gli elementi da caratterizzare, e la resa termica delle opere progettate e realizzate è il risultato del processo di caratterizzazione e di dimensionamento. Il collo di bottiglia del geoscambio è il sottosuolo, non lo scambiatore stesso, e affidarsi a soluzioni che promettono di ottenere elevatissime prestazioni nel breve periodo, privilegiando il beneficio immediato alla costanza delle prestazioni nel tempo, può implicare la non-sostenibilità nel tempo della resa del sistema di geoscambio.

Questo introduce il tema della sostenibilità del geoscambio, intendendosi con tale termine l’individuazione e la valutazione delle possibili interferenze con l’ambiente generate dagli impianti climatizzazione che si servono di fonti rinnovabili come il sottosuolo.

La NORMA UNI 11468 – Sistemi Geotermici a pompa di calore – REQUISITI AMBIENTALI per la prima volta in Italia affronta la tematica della compatibilità ambientale degli

impianti geotermici a servizio della climatizzazione degli edifici ed ha come esplicito scopo la valutazione del livello di sostenibilità; la norma si applica alle fasi di progettazione, installazione, gestione, manutenzione e controllo degli impianti di cui alla UNI 11466.

La sostenibilità ambientale del geoscambio va valutata sia in fase di esecuzione che di esercizio dell’impianto, individuando sia i bersagli (pozzi idropotabili, altri impianti analoghi, ecc.), che i potenziali impatti indotti, come riassunti nello schema sottostante.



Approfondendo il concetto di sostenibilità energetica, dal punto di vista dell’efficienza dell’impianto vanno invece verificati gli effetti di una scorretta progettazione/dimensionamento, rappresentati soprattutto dai rischi di:

- corto-circuitazione termica dell’impianto e conseguente malfunzionamento nel breve periodo;
- riduzione dell’efficienza nel tempo (creazione di un “pozzo termico”) a seguito di un insufficiente dimensionamento.

Entrambe queste eventualità possono derivare dall’assenza di una progettazione integrata edificio-sottosuolo, ovvero della scorretta valutazione del contesto geologico in termini di caratteristiche termiche dei terreni e di presenza o meno ad esempio di moti di filtrazione sotterranea.

Infatti ogni sistema di geoscambio induce nel sottosuolo una modifica termica, la cui forma, estensione ed entità dipende dall’energia scambiata e dal contesto geologico: la valutazione previsionale e la verifica quali-quantitativa di tale modifica diventano importanti in ottica sia progettuale (ex-ante), che ambientale (ex-post), in quanto strumenti di garanzia della sostenibilità del geoscambio nel tempo.

Se da un lato è possibile prevedere questa alterazione, utilizzando adeguati strumenti informatici per modellizzare il potenziale impatto, dall’altro lato risulta altresì possibile misurarla a posteriori tramite sistemi di monitoraggio in sito; se quindi appare evidente come l’utilizzo di metodi numerici per la simulazione termica ed idrogeologica, non solo risulta giustificato e sostenibile economicamente almeno in caso di impianti oltre i 100-200 kW, è altrettanto evidente come per ottenere risultati affidabili è necessario basare valutazioni e verifiche su dati energetici e geologici accurati.

Ma se la qualità di un sistema di geoscambio parte dalla progettazione integrata, allo stesso modo risulta fondamentale

garantire la qualità della realizzazione del sistema stesso, in tutte le sue parti, affinché le prestazioni soddisfino i requisiti progettuali; dal punto di vista operativo ed applicativo, bisogna quindi garantire tale qualità principalmente attraverso una Direzione Lavori geologica qualificata.

In senso generale la realizzazione di un sistema di geoscambio (ad esempio a circuito chiuso) prevede le seguenti fasi:

- perforazione;
- installazione delle sonde nel foro;
- cementazione;
- collaudi (prove di flusso e tenuta);
- eventuale TRT – Thermal Response Test.

La Direzione Lavori dovrebbe ovviamente essere svolta da un soggetto terzo, rispetto al Committente ed all'impresa che realizza l'impianto, con adeguate competenze in materia geologica/idrogeologica e di perforazioni nel sottosuolo, e con una specifica esperienza nell'ambito del geoscambio.

Premesso che è fondamentale garantire la correttezza esecutiva di tutte le fasi, ad esempio già nella scelta della metodologia di perforazione o di cementazione a partire da fondo foro, risultano necessari anche i collaudi del singolo circuito della sonda geotermica, intendendo con ciò le prove di flusso e di tenuta idraulica.

In particolare, per quanto riguarda le prove di tenuta idraulica, da svolgere su ogni circuito della sonda geotermica, risulta particolarmente dibattuta la metodologia da utilizzare; le norme UNI 11467-2012 "Sistemi geotermici a pompa di calore - Requisiti per l'installazione" prescrivono che "la prova di pressione deve essere svolta in conformità alla UNI EN 805:2002, punto A.27."

In altri paesi europei vengono utilizzate le Norme DIN tedesche, specificatamente la V 4279-7 del 1994. Entrambe le metodologie prevedono di verificare eventuali perdite sollecitando inizialmente il circuito con pressioni elevate, circa 10-15 bar, per poi passare poi a pressioni più basse, simili a quelle di esercizio; al contrario la maggioranza dei (pochi) regolamenti regionali e provinciali nel nostro paese prevede pressioni di test massime di 5-6 bar, con caduta di

pressione ammissibile di 0.5 bar in 2 ore.

Ovviamente una D.L. dell'installazione delle sonde geotermiche svolge un ruolo di garante nei confronti della Committenza, sia pubblica, che privata, in relazione alla corretta esecuzione delle opere ed alla conformità ai requisiti progettuali, in primis ad esempio l'effettiva profondità delle sonde, che diventa di difficile verifica a fine lavori; infatti nella peggiore delle ipotesi, prestazioni non adeguate del campo sonde potrebbero essere ricondotte ad un suo sviluppo lineare insufficiente, ovvero difforme in difetto rispetto al dimensionamento di progetto. Esistono sistemi più o meno collaudati ed efficaci per valutare l'effettiva profondità di una sonda geotermica, che vanno dalla semplice misurazione tramite un freatometro con sonda di fondo foro, all'utilizzo di strumenti *wireless* a circolazione in grado di effettuare contemporaneamente un log termico.

La figura sottostante (Fonte: <https://www.geo-net.it>) riporta i risultati di un log, all'interno di una sonda poco dopo la fase cementazione e dopo 7 giorni dalla realizzazione, dal quale si possono evidenziare i seguenti aspetti:

- poiché la maturazione della cementazione (grouting) è accompagnata da una reazione esotermica, è possibile valutare la continuità della stessa, ovvero la presenza di livello e/o orizzonti non correttamente cementati;
- la profondità effettiva della sonda appare essere leggermente inferiore al previsto, fatti salvi gli errori di taratura della strumentazione stessa.

Per concludere, giova ricordare come la realizzazione a regola d'arte di un sistema di geoscambio sia interesse fondamentale di tutte le parti coinvolte, dal Committente, al Progettista, all'Impresa esecutrice, in quanto previene conflittualità e contraddittori che normalmente si chiudono dopo anni senza accontentar nessuno.

In questa linea di pensiero si può quindi concludere che i consulenti specializzati non debbano essere visti come un extra costo del geoscambio, ma come un investimento, che consente da un lato di progettare e dimensionare correttamente il sistema, dall'altro di verificarne la corretta esecuzione.

