

La termogeologia, una nuova branca dell'idrogeologia?

Matteo Cultrera

Transmark Renewables - NL
m.cultrera@transmark-renewables.com

Negli ultimi anni si registra un dinamismo sempre più accentratato del mercato connesso al settore delle risorse definite “rinnovabili e pulite”; tra le energie rinnovabili, anche il settore geotermico evidenzia un trend in crescita (Tester, et al., 2006).

Ricordo che la geotermia va distinta in due grandi categorie: (1) geotermia ad alta entalpia, dove si sfrutta il calore dei fluidi presenti nel sottosuolo principalmente per produrre energia elettrica; (2) geotermia a bassa entalpia o – più correttamente – sistemi di geoscambio, nei quali attraverso una pompa di calore è possibile scambiare calore/frigorie con il sottosuolo. In entrambi i casi il sottosuolo funge da “accumulatore” (storage) di calore ed i fluidi sotterranei rappresentano il vettore per il trasporto del calore.

In questa sede intendo riferirmi ai sistemi a bassa entalpia.

Lo sfruttamento dei sistemi geotermici richiede il ricorso a figure professionali in grado di

- (i) stabilire il programma delle indagini geognostiche, sulla base di un modello geologico ed idrogeologico preliminare;
- (ii) progettare pozzi/sonde geotermiche;
- (iii) programmare, dirigere e interpretare le prove in sito (prove di pompaggio, ground response tests, etc);
- (iv) valutare l'impatto termico con i terreni e gli acquiferi interessati dall'opera;
- (v) fornire ai progettisti degli impianti con i criteri per la gestione ottimale del sistema di geoscambio.

Quali figure professionali dispongono del necessario background tecnico e scientifico per affrontare questo tipo di problematiche? Nell'ambito dei sistemi di geoscambio convergono differenti settori scientifici: dalla fisica tecnica alla termodinamica, dall'esplorazione del sottosuolo alla geotermia, dalla meccanica delle acque sotterranee all'analisi ambientale, giusto per citarne qualcuno. Nel contesto della comunità internazionale scientifica, sta emergendo la definizione di una branca della scienza che rappresenta la naturale evoluzione dell'idrogeologia: la termogeologia. Questa è definita come “lo studio dei fenomeni, dei movimenti e dello sfruttamento del calore a bassa entalpia nel settore della geosfera più superficiale” (Banks, 2007).

Tale neologismo, ancora dibattuto all'interno della comunità scientifica, deriva dal termine anglosassone “Thermogeology”, introdotto da Banks nel 2007, in occasione del 27° congresso internazionale dell'Associazione Internazionale degli Idrogeologi (Banks, 2007).

In effetti dal confronto tra il mondo della geotermia e quello dell'idrogeologia si osservano analogie davvero notevoli, come dimostra la tabella 1.

Oltre alle citate similitudini, ve ne sono moltissime altre che gli idrogeologi non tarderanno a riconoscere. Per esempio è possibile comparare le prove TRT e le prove in pozzo (prove a gradini, prove di portata), come è stato recentemente dimostrato (Raymond, et al., 2011, Signorelli, et al., 2007).

Le prove di tipo idrogeologico possono vantare un'ampia e

Tab.1 – Analogie derivanti dal confronto tra il mondo della geotermia e quello dell'idrogeologia

(modif. da Banks, 2007)	Idrogeologia	Geotermia
Oggetto dello studio	Flusso acque sotterranee	Flusso calore sotterraneo
Principali equazioni	Legge di Darcy $Q = -KA \, dx/dh$	Legge di Fourier $Q = -\lambda A \, dx/dh$
Flusso	$Q = \text{groundwater flow (m}^3/\text{s)}$	$Q = \text{heat flow = (J/s)}$
Conducibilità	$K = \text{conducibilità idraulica (m/s)}$	$\lambda = \text{conducibilità termica (W/m/K)}$
Energia potenziale	$h = \text{potenziale idraulico (m)}$	$\Phi = \text{temperatura (K)}$
Immagazzinamento	$S = \text{coefficiente di immagazzinamento}$	$S_{VC} = \text{Capacità volumetrica del calore (J/m}^3/\text{K)}$
Unità geologica di riferimento	Aquifer (Lat: aqua)	Aestifer (Lat. aestus)
Misura di efficienza del pozzo	Perdita di pozzo (C)	Resistenza termica della sonda (Rb)
Trasporto advettivo	Trasporto dei contaminanti	Trasporto del calore

documentata bibliografia, oltre che ad un'esperienza maturata dai tecnici sul campo. Le prove legate alle risposte termiche nel sottosuolo, invece, stanno attraversando - dal punto di vista o scientifico - una fase "primordiale" ed i test in situ sono riferibili soltanto agli ultimissimi anni. In particolare Raymond et al. propongono una revisione ed un miglioramento dei TRT, grazie ad una visione di tipo idrogeologico ed applicando l'analisi generalmente richiesta dalle prove di pompaggio; infatti, sia il sistema idrogeologico che quello termico prevedono il monitoraggio nel tempo di una serie di parametri, a seguito di una serie di impulsi esterni che vanno a perturbare l'iniziale condizione di equilibrio. Successivamente e' possibile elaborare i parametri monitorati per proporre una modellazione inversa del sistema indagato. Tra le varie analogie proposte da Raymond et al. si ricorda come la metodologia di analisi del raggio di influenza possa essere adottata per valutare la durata di un TRT, preliminarmente all'esecuzione della prova stessa. Oppure, l'approssimazione della funzione di Taylor della funzione del pozzo risulta utile alla risoluzione dell'integrale esponenziale della sorgente termica lineare; si possono trattare in maniera analoga anche gli incrementi a gradini della temperatura utilizzando il principio di sovrapposizione degli effetti (Raymond et al., 2011).

Le analogie, ovviamente, non si fermano qui: le equazioni che descrivono il moto di un contaminante ed il trasporto del calore in falda sono risolvibili sia dal punto di vista analitico che numerico mediante procedimenti assolutamente simili (Anderson, 2005; Banks, 2008; Bear, 1979; De Marsily, 1986; Fujii et al., 2007).

In conclusione, come l'idrogeologia è la scienza legata allo sfruttamento delle acque sotterranee, così la termogeologia è quella scienza connessa allo sfruttamento del calore geotermico.

E' necessario ricordare che per affrontare opportunamente gli aspetti ambientali e progettuali connessi con lo scambio geotermico non è possibile riferirsi ad un unico tecnico specialista.

Nel caso specifico, non è pensabile sviluppare un adeguato sistema di geoscambio se accanto al termogeologo non sono presenti anche altre figure professionali come il termotecnico, il progettista, il programmatore, il geologo competente delle indagini in situ, il geofisico e molte altre figure professionali, che possono essere differenti a seconda del caso di specie.

Analoga argomentazione ovviamente è d'obbligo anche per il mondo della ricerca, dove la termogeologia deve necessariamente fare i conti con gli ambiti scientifici ad essa riconducibili.

La sfida che il futuro ci riserva consiste nel riuscire ad individuare le strategie tecnologiche e scientifiche più idonee nella direzione di un utilizzo sostenibile delle risorse che la natura ci mette a disposizione ... normative e leggi (italiane, ma non solo) permettendo ...

BIBLIOGRAFIA

- Anderson MP (2005) Heat as a Ground Water Tracer. *Ground Water* 43: 951-968 DOI 10.1111/j.1745-6584.2005.00052.x
- Banks D (2007) Thermogeological assessment of open loop well doublet schemes – an analytical approach Proceedings of the IAH (Irish group) 27th Annual Groundwater Conference International Association of Hydrogeologists (Irish Group), Tullamore, Offaly County (Ir).
- Banks D (2008) An Introduction to Thermogeology: Ground Source Heating and Cooling, 1st edn Wiley-Blackwell
- Bear J (1979) *Hydraulics of groundwater* McGraw-Hill, United States
- De Marsily G (1986) *Quantitative Hydrogeology: Groundwater Hydrology for Engineers* Academic Press, Inc., Orlando, Florida
- Fujii H, Inatomi T, Itoi R, Uchida Y (2007) Development of suitability maps for ground-coupled heat pump systems using groundwater and heat transport models. *Geothermics* 36: 459-472 DOI DOI: 10.1016/j.geothermics.2007.06.002
- Raymond J, Therrien R, Gosselin L, Lefebvre R (2011) A Review of Thermal Response Test Analysis Using Pumping Test Concepts. *Ground Water*: no-no DOI 10.1111/j.1745-6584.2010.00791.x
- Signorelli S, Bassetti S, Pahud D, Kohl T (2007) Numerical evaluation of thermal response tests. *Geothermics* 36: 141-166
- Tester JW, Anderson BJ, Batchelor AS, Blackwell DD, Di Pippo R, Drake EM, Garnish J, Livesay B, Moore MC, Nichols K, Petty S, Toksöz MN, Veatch RWJ (2006) *The Future of Geothermal Energy* Massachusetts Institute of Technology