

# Caratterizzazione geotermica della Piana del Basso Sarca: nuove misure nel pozzo ARCO-1

Brancatelli G.<sup>1</sup>, Della Vedova B.<sup>1</sup>, Slejko F.<sup>2</sup>, Meton G.<sup>1</sup>, Petrini R.<sup>3</sup>, Viganò A.<sup>4</sup>, Visintainer P.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Dip. Ingegneria e Architettura, Università di Trieste, <sup>2</sup> Dip. Matematica e Geoscienze, Università di Trieste, <sup>3</sup> Dip. Scienze della Terra, Università di Pisa, <sup>4</sup> Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale, CRS, Udine, <sup>5</sup> Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento

## Il pozzo ARCO-1

Il pozzo ARCO-1 è ubicato nella Piana del Basso Sarca, a circa 2 km dalla sponda settentrionale del Lago di Garda (Fig. 1). Esso è stato perforato nel 1997 fino a 448 m di profondità e rivestito con tubo in acciaio di diametro 4" fino a 374 m (Fig. 2).



Fig. 1 - Dettaglio dalla carta geologica Foglio 080 - Riva del Garda.

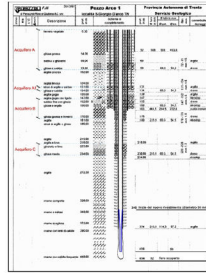


Fig. 2 - Schema di completamento del pozzo ARCO-1 dopo la riperforazione finale di Maggio 2013. Si nota il tratto di sovrapposizione (da 340 m fino a 374 m di profondità dal p.c.) dei rivestimenti in acciaio.

Il pozzo attraversa quattro livelli acquiferi entro la copertura alluvionale (fino a 272 m), entrando per oltre 170 m nel basamento roccioso costituito da marni mioceniche compatte. Gli acquiferi sono monitorati mediante sei piezometri. La colonna litostratigrafica del pozzo ARCO-1 (Fig. 3) evidenzia:

- un sistema acquifero freatico fino a 93 m, costituito prevalentemente da alternanze di ghiaie e sabbie, denominato **Acquifero A**;
- uno strato di argilla (50 m), intervallato a 131 m da un livello acquifero (ghiaia con sabbia). Tale acquifero, denominato **Acquifero A1**, potrebbe essere semi-confinato;
- un sistema acquifero confinato tra 147 e 176 m prevalentemente ghiaioso, denominato **Acquifero B**;
- un potente strato di argilla (52 m) tra 176 m e 218 m;
- un sistema acquifero ghiaioso confinato tra 218 e 234 m, denominato **Acquifero C**;
- uno strato di argilla consolidata che arriva fino al basamento roccioso (272 m), costituito da marni compatte che si incontrano fino a fondo pozzo.

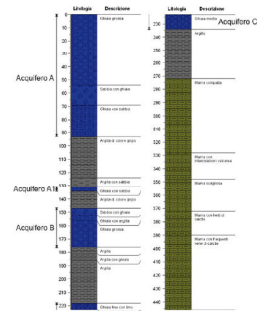


Fig. 3 - Litostratigrafia del pozzo ARCO-1. La colonna litostrotigrafica di sinistra va da 0 a 223 m, quella di destra da 223 a 448 m.



Fig. 4 - Vista dell'area di accesso alla cantina del pozzo ARCO-1 ripresa durante le operazioni di misura.

Prima della riperforazione, il pozzo risultava accessibile fino a 325 m circa, a causa della presenza di sedimenti. Nel 2013, il pozzo è stato riperforato fino a 454 m e rivestito con un tubo in acciaio da 50 mm, da 340 m a 436 m (le operazioni si sono concluse il 3 Maggio 2013). Non è stato possibile rivestire fino al fondo, a causa della presenza di un intervallo disturbato da fratture e fuoriuscite di feni.

## Obiettivi

Il Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento ha incaricato l'Università degli Studi di Trieste per la caratterizzazione geotermica profonda della Piana del Basso Sarca (Comune di Arco, TN) mediante l'esecuzione di misure ripetute di temperatura all'interno del pozzo ARCO-1 e analisi chimiche e isotopiche sulle acque e sui gas disciolti nel pozzo e nei piezometri adiacenti, prima, durante e dopo le operazioni di riperforazione e rivestimento della parte più profonda del pozzo. La circolazione di fluidi idrotermali dal reservoir carbonatico profondo è, infatti, favorita dalla tettonica attiva che si manifesta lungo sistemi di faglie prevalentemente compressivi e transpressivi, che localmente possono permettere la circolazione e la risalita dei fluidi, come nel caso delle Terme di Comano.

## Indagini di campagna e campionamenti

Sono state eseguite le seguenti campagne di misure di temperatura e campionamenti di acqua per le analisi chimiche e isotopiche (Fig. 4):

Attività	Misure del 22/06/11	Misure del 23-24/11/11	Misure del 08-09/05/13	Misure del 25/06/13	Misure del 24/09/13
Misure e logs di T, P	X	X	X	X	X
Misure parametri chimico-fisici e analisi chimiche, isotopiche e gas disciolti sui campioni		X	X		X

Le misure di temperatura ripetute nel tempo sono state eseguite mediante due sonde di misure (Point T e Log Nimo PT), fissate sullo stesso cavo, sia in discesa che in risalita all'interno del pozzo. La sonda di misura Point T registra puntualmente la temperatura di equilibrio a profondità predeterminate grazie a un termoresistenza al platino PT100 e al sistema di acquisizione dati Hydra Series II (2635), mentre la sonda Log Nimo PT è una sonda autoregistrante di temperatura e pressione in continuo (NIMO-T della Geowatt, Zurigo). I campionamenti delle acque sono stati eseguiti mediante appositi campionatori bailer sia nel pozzo ARCO-1 che negli acquiferi principali.

## Risultati

L'andamento T(z) registrato nel Novembre 2011 (prima della riperforazione) è curvo con un punto di minimo (11,90 °C ± 0,1 °C) a 118 m (± 2 m) dal p.c. (Fig. 5). Al di sopra e al di sotto di tale minimo la temperatura cresce. A 231 m, vicino alla transizione fra Acquifero C e argilla consolidata sottostante, si nota la presenza di una discontinuità "a ginocchio" (punto singolare). Al di sotto del punto singolare la temperatura cresce con la profondità in maniera pressoché lineare. L'andamento T(z) registrato l'8 e 9 Maggio 2013 mostra il disturbo termico prodotto dalla riperforazione che sposta l'intera geotermia verso valori di temperatura più elevati, rispetto alla T(z) registrata in condizioni di equilibrio termico nel Novembre 2011. Inoltre, si notano gli effetti causati dal moto negli acquiferi che accelerano in misura più o meno significativa il recupero termico all'interno del pozzo (freccie nere in Fig. 5). L'andamento T(z) registrato il 24 Settembre 2013 (Fig. 6) mostra come il recupero termico, sia completato solamente nella parte profonda (al di sotto di 167 m). Inoltre, tra 133 e 167 m, la T(z) mostra un segnale anomalo mai osservato prima, di ampiezza massima pari a circa + 0,3 °C, che pare sostenuto da una possibile iniezione di acqua dalla superficie fino a 133 m (vedi freccia in Fig. 6). Questo potrebbe essere avvenuto attraverso la testa del piezometro entro l'acquifero B, che non ha la saracinesca di chiusura.

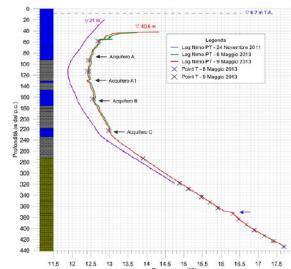


Fig. 5 - Andamenti T(z) nel pozzo ARCO-1 misurati con la sonda Log Nimo PT e Point T prima (Novembre 2011) e subito dopo la fine delle operazioni di riperforazione e completamento del pozzo (logs dell'8 e 9 Maggio 2013).

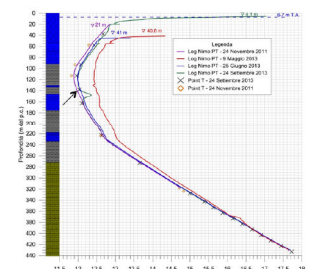


Fig. 6 - Andamenti T(z) nel pozzo ARCO-1 tra Novembre 2011 e Settembre 2013 (4 logs termici).

Il gradiente di temperatura (calcolato dai dati registrati a Giugno e Settembre 2013) è negativo nei primi 90 m, con valore medio di circa -11 mK/m (Fig. 7). Da 90 m in giù, cresce fino a diventare positivo passando, quindi, per lo zero (punto di minima T) a circa 118 m e per il segnale anomalo (transiente di breve durata). Dal punto singolare a 231 m, il gradiente cresce bruscamente, passando da 10 a 22 mK/m, in corrispondenza della base dell'acquifero C. Nella parte profonda, il gradiente presenta valori pressoché costanti di 23 e 25 mK/m, rispettivamente nei tratti tra 231 e 272 m e tra 272 e 436 m.

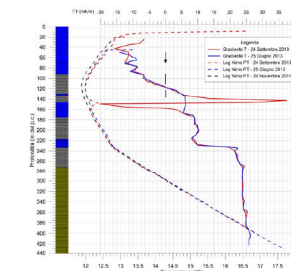


Fig. 7 - Gradienti di temperatura calcolati dai dati di Giugno e Settembre 2013. A sinistra sono riportati anche gli andamenti di T(z) registrati a Novembre 2011, Giugno 2013 e Settembre 2013.

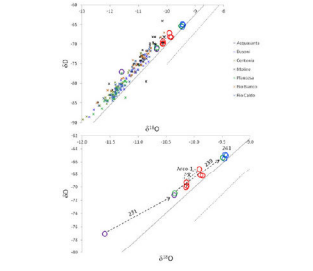


Fig. 8 - Caratteristiche isotopiche di O-H. Croce nera: acqua utilizzata per lavaggi. Asterisco: acque delle terme di Lufano. Linea continua: precipitazione del Brenta. Le frecce indicano l'andamento della variazione isotopica tra il 2011 e il 2013 per le diverse stazioni.

L'analisi dei dati geochimici sui campioni indica che le acque del pozzo ARCO-1 sono fortemente disturbate dalle attività di perforazione e rappresentano un corpo idrico che evolve come sistema chiuso, senza apporti di gas costanti. Inoltre, i dati isotopici evidenziano che gli acquiferi sono prevalentemente alimentati da ricarica idrogeologica dai bacini montani in quota (Gruppo del Brenta), con assenti o modesti apporti di precipitazioni locali (Fig. 8).

## Conclusioni

Sulla base delle misure e della loro variabilità spaziale e temporale è stato ricostruito un modello termico e idrogeologico, consistente con le osservazioni. In particolare, la distribuzione di T(z) nei sedimenti sciolti della copertura è condizionata da almeno tre processi principali:

- flusso di calore conduttivo attraverso il basamento roccioso (condizione al contorno inferiore), stimato in circa 60 mW/m<sup>2</sup>;
- flusso idraulico orizzontale con temperatura media di circa 11,9 °C negli acquiferi, alimentati da ricarica idrogeologica dai bacini montani in quota (Gruppo del Brenta);
- forzante climatica (a lungo periodo) che influenza la condizione al contorno superiore, con anche un effetto di feedback sulla temperatura delle acque di infiltrazione che ricaricano gli acquiferi. La temperatura media annua di Arco è aumentata di 1,5 °C dal 1985 al 2012.

Il valore del gradiente di T nelle marni (circa 24-25 mK/m) è condizionato fortemente dalla forzante idraulica delle acque fredde negli acquiferi soprastanti e anche dalla temperatura nell'adiacente Lago di Garda (8-8,5 °C). Una estrapolazione del gradiente in profondità non sarà, quindi, rappresentativa del valore medio stazionario profondo, che si può ipotizzare avere un valore inferiore ai 20 mK/m.

## References

APAT - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia. Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000 Foglio 080 Riva del Garda. Coordinatore Scientifico: A. Castellarin. Ente realizzatore: Provincia Autonoma di Trento (2002).  
Provincia Autonoma di Trento - Servizio Geologico. Monitoraggio idrogeologico e geochimico Delfanti di Brenta, 2007-2009. Delibera S.G. 2630/18. Provincia Autonoma di Trento - Servizio Geologico, 2001. Programma per il monitoraggio delle acque sotterranee. Delibera G.P. 2658/00.