

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/321227956>

Misure di temperature sotterranee per l'individuazione di dislocazioni tettoniche

Conference Paper · November 2017

CITATIONS

0

READS

40

8 authors, including:



Arianna Bucci

Università degli Studi di Torino

18 PUBLICATIONS 6 CITATIONS

SEE PROFILE



Domenico De Luca

Università degli Studi di Torino

106 PUBLICATIONS 218 CITATIONS

SEE PROFILE



Manuela Lasagna

Università degli Studi di Torino

92 PUBLICATIONS 206 CITATIONS

SEE PROFILE



Massimo Verdoya

Università degli Studi di Genova

21 PUBLICATIONS 10 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Geologia urbana di Aosta [View project](#)



Quatitative estimation of groundwater flow velocity from thermal data [View project](#)

All content following this page was uploaded by [Diego Barbero](#) on 22 November 2017.

The user has requested enhancement of the downloaded file.



Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida

36° convegno nazionale

TRIESTE, 14-16 NOVEMBRE 2017

**RIASSUNTI ESTESI
DELLE COMUNICAZIONI**



**ISTITUTO NAZIONALE DI
OCEANOGRAFIA E DI
GEOFISICA SPERIMENTALE**

EAGE

EUROPEAN
ASSOCIATION OF
GEOSCIENTISTS &
ENGINEERS



ITALIAN SECTION

17° Convegno Nazionale

GRUPPO NAZIONALE DI GEOFISICA DELLA TERRA SOLIDA



36° convegno
nazionale

Trieste
14-16 novembre 2017
Stazione Marittima

**RIASSUNTI ESTESI
DELLE COMUNICAZIONI**



ISTITUTO NAZIONALE DI
OCEANOGRAFIA E DI
GEOFISICA SPERIMENTALE



17° Convegno Nazionale

36° Convegno Nazionale Riassunti Estesi delle Comunicazioni

A cura di: D. Slejko, A. Riggio,
D. Albarello, F. Bianco, N. Creati,
D. Di Bucci, M. Dolce, E. Eva,
G. Florio, P. Galli, M. Giustiniani,
G. Lavecchia, P. Marianelli, L. Martelli,
P. Mazzucchelli, G. Naso, F. Pacor,
E. Rizzo, L. Sambuelli, G. Valensise

Con la collaborazione di:
M. Bobbio e P. Giurco

Copertina: Studio Mark

Foto di copertina: M. Sterle

ISBN: 978-88-940442-8-7

Impaginazione:
Luglioprint, Trieste

Stampa:
Centro Stampa della Regione Emilia Romagna

Finito di stampare nel mese di novembre 2017

MISURE DI TEMPERATURE SOTTERRANEE PER L'INDIVIDUAZIONE DI DISLOCAZIONI TETTONICHE

D. Barbero¹, A. Bucci A.¹, P. Chiozzi², D.A. De Luca¹, M.G. Forno¹, M. Gattiglio¹, M. Lasagna¹, M. Verdoya²

¹ Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Torino

² Dipartimento di Scienze della Terra, Ambiente e Vita, Università di Genova

Introduzione. Logs termici di precisione in piezometri, associati a indagini geologico-strutturali e idrogeologiche, si rivelano un valido strumento diagnostico sia per il riconoscimento di zone fratturate o interessate da importanti discontinuità tettoniche sepolte, in quanto la circolazione di fluidi in mezzi porosi può significativamente alterarne il regime termico, sia per dedurre la velocità di circolazione dell'acqua nel sottosuolo in differenti ambienti geologici.

A scala metrica e chilometrica, sono spesso utilizzati due modelli teorici di trasporto convettivo del calore: i) flusso di calore convettivo verticale in strati semiconfinati, come proposto da Bredehoeft e Papadopoulos (1965), ii) flusso di calore convettivo orizzontale in un acquifero, sviluppato da Bodvarsson (1973) e Ziagos e Blackwell (1986). Questi modelli ben descrivono i meccanismi di trasferimento di massa e di calore nel caso di scorrimento orizzontale di un fluido in un acquifero rispettivamente semiconfinato e confinato. In ammassi rocciosi fratturati, il profilo di temperatura misurata in piezometri può mostrare repentine variazioni causate dalla circolazione di fluidi all'interno di zone di frattura localizzate, le cui dimensioni possono variare da pochi metri ad alcune centinaia di metri. Queste anomalie di temperatura, osservate in molti pozzi, sono state fino ad oggi poco studiate a causa della loro valenza molto locale ed anche perché, per la loro valutazione è richiesto l'utilizzo di strumenti ad alta risoluzione e un passo di campionamento molto ravvicinato.

In questo lavoro vengono presentate le misure di temperatura eseguite in un piezometro (S20) ubicato entro la cava di gesso di Moncucco Torinese, in corrispondenza al tratto più settentrionale di un'importante fascia di discontinuità tettonica, la Zona di Deformazione del Torrente Traversola (ZDTT). Questa struttura, collocata nel settore centrale dell'area collinare piemontese, è responsabile della traslazione differenziale dell'Altopiano di Poirino (240-325

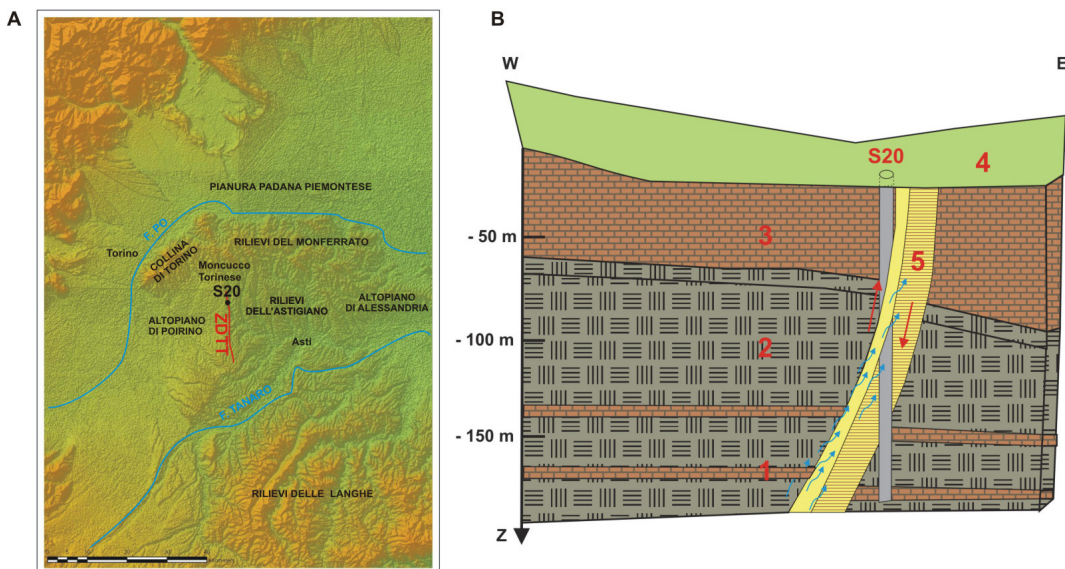


Fig. 1 - A) Localizzazione della Zona di Deformazione del Torrente Traversola (ZDTT) entro i rilievi collinari piemontesi, al limite tra Altopiano di Poirino e Rilievi dell'Astigiano, e del piezometro S20 utilizzato per le misure termometriche. B) modello geologico-strutturale e idrogeologico concettuale del sottosuolo al margine settentrionale della ZDTT: 1) livelli di marne intercalati a gessi fratturati; 2) gessi fratturati; 3) marne; 4) superficie topografica; 5) faglia principale connessa alla zona di deformazione.

m) rispetto ai Rilievi dell’Astigiano (130-330 m) (Fig. 1A) (Gattiglio *et al.*, 2015). Lo studio ha consentito di elaborare un modello geologico-strutturale e idrogeologico concettuale (Fig. 1B) e di trasporto di calore per avvezione, oltre che ricavare utili informazioni quantitative sulla velocità del flusso di fluidi nell’area interessata da questa dislocazione tettonica.

Assetto geologico-strutturale. Nell’area in cui è ubicato il piezometro la successione stratigrafica è rappresentata dal basso verso l’alto da sedimenti evaporitici con una copertura rappresentata da gessi risedimentati passanti a sedimenti argilloso-marnosi continentali riferibili alle facies di “lago-mare” (Irace, 2004), sui quali poggiano sedimenti argillosi, connessi a un ambiente marino (indicati come Argille Azzurre in Dela Pierre *et al.*, 2003), riferibili allo Zancleano. In tale contesto si sviluppa la Zona di Deformazione del T. Traversola (Gattiglio *et al.*, 2015) con associate strutture fragili minori, che sarebbe responsabile della deformazione dell’intera successione. Morfologicamente la ZDTT corrisponde a un’evidente scarpata, con un’altezza di un centinaio di metri, ad andamento rettilineo e lunghezza di circa 30 km, che coinvolge prevalentemente la successione villafranchiana (Forno *et al.*, 2015). Recenti studi morfologici, stratigrafici, micro-paleontologici, strutturali e geofisici hanno meglio evidenziato come la ZDTT sia strutturalmente organizzata in numerose faglie subverticali ad andamento N-S, caratterizzate essenzialmente da trascorrenza destra. L’estremità settentrionale della struttura, dove è ubicata la cava di Moncucco Torinese (Fig. 1A), coinvolge i sedimenti Messiniani (Fig. 1B).

Interpretazione del profilo termico. Il piezometro attraversa 66 m di marne e limi argillosi sovrastanti un corpo di gessi fratturati con spessore di circa 100 m per svilupparsi poi fino alla profondità di 178 m. Le misure di temperatura sono state eseguite ogni 2 m a partire dalla profondità di 50 m, dove si colloca il livello della falda, fino a raggiungere i 100 m, profondità massima raggiungibile dalla sonda dotata di una termoresistenza al platino (Pt100) con una sensibilità di 0.01 °C (Pasquale *et al.*, 2017).

Il profilo di temperatura mostra un gradiente termico quasi nullo nella parte più superficiale, fino al contatto tra le marne e i gessi, poi il gradiente assume un andamento lineare con un valore di circa 16 mK m⁻¹ fino alla profondità di circa 80 m (Fig. 2A). Sotto questa profondità, fino a circa 100 m il profilo di temperatura mostra un’evidente concavità allontanandosi dall’andamento lineare, indicativa di una circolazione d’acqua più calda in risalita lungo la zona di frattura. Questa anomalia termica è stata interpretata come indicativa di una circolazione d’acqua con maggiore temperatura in risalita lungo una frattura riferibile alla ZDTT (Fig. 1B). Si può ipotizzare che il sistema di faglie, estendendosi in profondità, entri in contatto con un acquifero profondo contenente acque sotterranee leggermente più calde. Per ricavare informazioni quantitative sulla velocità del flusso d’acqua all’interno della zona fratturata, è stata utilizzata la soluzione analitica proposta da Ge (1998) (Fig. 2C e D) :

$$\frac{T - T_i}{T_b - T_i} = \frac{z}{L} + \frac{\delta}{2} \left(\frac{z}{L} - 1 \right) \frac{z}{L} \quad (1)$$

dove z è la profondità, L è lo spessore della zona fratturata lungo la direzione verticale, T_i e T_b sono le temperature alla superficie e alla base della zona fratturata, rispettivamente. La quantità δ è data dal prodotto tra $\sin(\omega)$ e α , dove ω è l’inclinazione media della zona di frattura rispetto al piano orizzontale e $\alpha = (\rho c v L) / k$ è il numero di Peclét, con v velocità media del fluido lungo la direzione di frattura, ρ la densità dell’acqua e c il calore specifico. Questo modello si basa su un certo numero di assunzioni, tra cui le più importanti sono: i) conducibilità termica uniforme; ii) propagazione del calore conduttivo e convettivo in regime stazionario; iii) rocce idraulicamente e termicamente omogenee e isotrope, eccetto nella zona di frattura dove la permeabilità della frattura può significativamente incrementare; iv), il trasferimento di calore convettivo sia lungo la direzione principale della zona di frattura; v) il trasferimento di calore convettivo avvenga lungo la direzione principale della zona di frattura; vi) il calore convettivo che si propaga lungo la zona di frattura sia localizzato nello spazio e non alteri

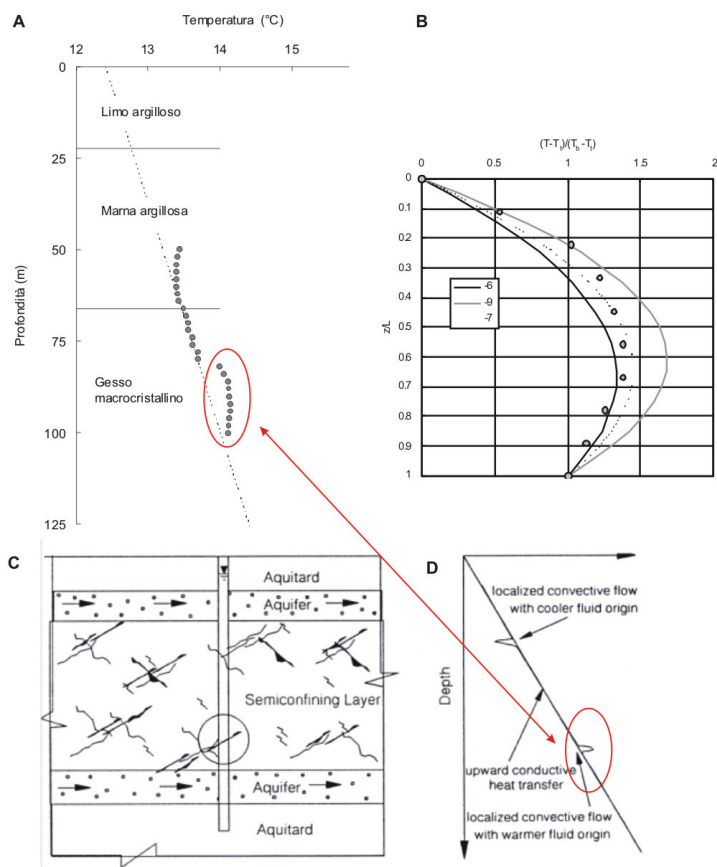


Fig. 2 - Profilo di temperatura nel piezometro S20 con relativa stratigrafia (A); confronto tra le curve predette dal modello di Ge (1998) e i valori di temperatura osservati (cerchi grigi) nel piezometro S20 per differenti valori di δ (vedere testo) (B); Modello idrogeologico (C) (da Ge, 1998) e profilo di temperatura in profondità influenzato da circolazione di fluidi più caldi (ellisse in colore rosso) in zone di frattura (D) (da Ge, 1998).

significativamente il campo di temperatura al di fuori della zona di frattura.

Il profilo di temperatura teorico, calcolato mediante l'Eq. (1), è stato confrontato con i dati di temperatura osservata nel piezometro (Fig. 2B). I parametri assunti per il modello sono: $\omega = 70^\circ$, $T_i = 14.0^\circ\text{C}$, $T_b = 14.10^\circ\text{C}$, $L = 18\text{ m}$, $k = 1.54\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$, $\rho = 1000\text{ kg m}^{-3}$ e $c = 4186\text{ J kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$. Il modello teorico che meglio approssima i dati osservati si ha per valori di δ compresi tra -9 e -6. Assumendo un'inclinazione della frattura pari a 70° , come suggerito da dati geologici di superficie, si ha che il numero di Peclét varia tra -7 e -10. Il valore negativo di α suggerisce un flusso di acqua diretto verso l'alto, quindi più caldo, e la velocità lungo la zona di frattura risulta di $1\text{--}2 \times 10^{-7}\text{ m s}^{-1}$.

Considerazioni conclusive. L'analisi di profili di temperatura ad alta precisione registrati in piezometri può essere un valido strumento per l'individuazione di zone fratturate o interessate da discontinuità tettoniche sepolte, che possono essere sede di flussi d'acqua sotterranea localizzata. L'anomalia dei dati di temperatura registrata nel piezometro ubicato in corrispondenza all'area di cava di Moncuoco Torinese, alla profondità compresa tra 80 e 100 m, è ben modellata considerando una zona di frattura attraverso la quale fluidi a maggiore temperatura possono risalire verso la superficie. Questa evidenza è in accordo con i risultati dei più recenti studi geologici che dimostrano come proprio a Moncuoco la ZDTT sia caratterizzata da significative deformazioni che interessano la successione sedimentaria affiorante (Gattiglio *et al.*, 2015). La risalita di fluidi più caldi e la conseguente circolazione idrica profonda conferma, come già ipotizzato, che questa discontinuità tettonica abbia notevole continuità verticale e rappresenti la manifestazione superficiale di strutture profonde (Forno *et al.*, 2015). L'applicazione di una soluzione analitica dell'equazione di trasporto di fluidi e calore ha consentito di ricavare che la

velocità dei fluidi all'interno dei sedimenti messiniani, interessati dalla dislocazione tettonica, è dell'ordine di 10^{-7} m s⁻¹. Questo valore, è circa tre ordini di grandezza più alto rispetto a quello che si può raggiungere in terreni permeabili per porosità primaria.

Bibliografia

- Bodvarsson, G.; 1973: Temperature inversions in geothermal systems. *Geoexploration*, 11, 141-149.
- Bredehoeft J., Papadopoulos I.S. (1965) Rates of vertical groundwater movement estimated from the Earth's thermal profile. *Water Resour. Res.* 1(2), 325-328.
- Dela Pierre F., Piana F., Fioraso G., Boano P., Bicchi E., Forno M. G., Violanti D., Clari P., Polino R., Balestro G., D'Atri A.; 2003: Foglio 157 "Trino" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000. APAT, Dipartimento Difesa del Suolo, Roma.
- Forno M.G., Gattiglio M., Comina C., Barbero D., Bertini A., Doglione A., Irace A., Gianotti F., Martinetto E., Mottura A., Sala B.; 2015: Stratigraphic and tectonic notes on the Villafranca d'Asti succession in type-area and Castelnuovo Don Bosco sector (Asti reliefs, Piedmont). *Alpine and Mediterranean Quaternary*, 28(1), 5-27.
- Gattiglio M., Forno, M.G., Comina, C., Doglione A., Violanti, D. and Barbero, D.; 2015: The involving of the Pliocene-Pleistocene succession in the T. Traversola Deformation Zone (NW Italy). *Alpine and Mediterranean Quaternary*, 28(1), 59-70.
- Ge S.; 1998: Estimation of groundwater velocity in localized fracture zones from well temperature profiles. *J. Volcanol. Geoth. Res.*, 84, 93-101.
- Irace A.; 2004: Il Messiniano piemontese: nuovi dati da due aree campione. Tesi di Laurea, Università di Torino, 167 pp.
- Pasquale V., Verdoya M., Chiozzi P.; 2017: Geothermics Heat Flow in the Lithosphere. *Springer Briefs in Earth Sciences*, Second Edition, 144 pp.
- Ziagos J.P., Blackwell D.D.; 1986: A model for the transient temperature effects of horizontal fluid flow in geothermal systems. *J. Volcanol. Geothermal Res.*, 27, 371-397.

SURFACE WAVES ANALYSIS TO DETECT BURIED LATERAL DISCONTINUITIES: A CASE STUDY IN THE TRIESTE PORT AREA

J. Boaga¹, M. Hashemi Jokar², L. Petronio³, R. Romeo³, A. Affatato³, M. Rossi⁴, M.T. Perri¹, G. Cassiani¹

¹ Dipartimento di Geoscienze, Università degli Studi di Padova, Italy

² Dept. of Civil and Environmental Eng., Shiraz University of Technology, Shiraz, Iran

³ OGS (Istituto nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale), Trieste, Italy

⁴ Engineering Geology LTH, University of Lund, Sweden

We applied the multi-offset surface wave analysis to detect buried lateral heterogeneities in a former industrial site in the coast side of the city of Trieste ('Area ex-Esso', Trieste, Italy). The site presents a well-known complex geological setting due to sea/land interaction and massive anthropic interventions. The site was recently characterized via borehole explorations and geophysical surveys in order to plan the re-use of the area. The main lateral heterogeneities consist in an extended buried ancient quay, which divides continental and marine sediments. We collected 2 surface waves surveys along the main discontinuities, where previous borehole data and others geophysical surveys (Electrical Resistivity Tomography) were previously collected (Romeo *et al.*, 2015). We then adopted the MOPA (multi offset phase analysis) technique in order to detect the lateral discontinuities. Our result can be compared with the previous data for subsoil modeling. The models can be tested with synthetics seismograms to be compared with the real data.

Surface wave methods are nowadays widely adopted tools for seismic site purposes as shear waves velocity characterization. Surface wave can be recorded using controlled source methods, as active surface waves methods, or recording seismic noise as in the passive approaches (Louie 2001; Socco and Strobbia, 2014). The main limitation to classical surface wave methods,