



# Caratterizzazione idraulica di due differenti formazioni rocciose combinando misure infiltrometriche e indagini geofisiche



M. C. Caputo, L. De Carlo, F. De Benedictis, CNR – IRSA, Bari, Italy

## Confronto fra profili di resistività elettrica nei siti di Altamura e San Pancrazio Salentino

In Puglia i principali sistemi idrogeologici sono caratterizzati da acquiferi porosi, come quelli che si impostano in rocce calcarenitiche, e acquiferi ospitati in rocce calcaree fratturate e/o carsificate.

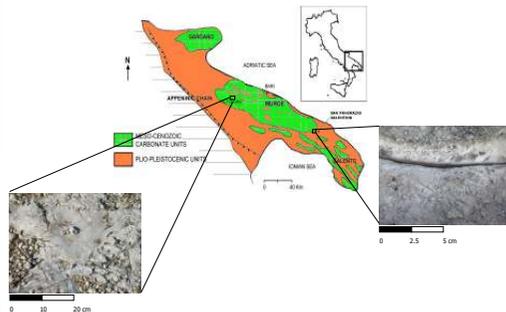
Sempre più frequentemente tali sistemi sono soggetti a processi di depauperamento qualitativo legati a situazioni di sovrassaturo e/o contaminazione.

La conoscenza dettagliata delle proprietà idrauliche, che governano i fenomeni di flusso e trasporto della zona insatura, è necessaria per prevedere i tempi di migrazione dei contaminanti e quindi valutare la vulnerabilità della falda.

### Obiettivo

Monitorare il flusso e il trasporto in sistemi idrogeologici complessi attraverso un approccio metodologico multidisciplinare che combina misure infiltrometriche con profili di resistività elettrica; in aggiunta, individuare eventuali sistemi principali di fratturazione attraverso misure di resistività elettrica azimutali.

### Aree studio



I test di campo sono stati eseguiti in due distinti siti in Puglia, caratterizzati da differenti formazioni geologiche e quindi caratteristiche idrauliche.

Un sito, vicino Altamura, in provincia di Bari, è rappresentato da calcari carsificati e fratturati, che contengono una importante falda profonda; tale area è stata soggetta a sversamento di fanghi derivanti dal trattamento di acque di scarico industriali.

Il secondo sito, vicino San Pancrazio Salentino, in provincia di Brindisi, è rappresentato da una cava di calcarenite utilizzata per lo stoccaggio di rifiuti prodotti da un'industria farmaceutica.

In entrambi i casi, lo sversamento ha causato contaminazione del suolo e sottosuolo.

### Set up dell'apparato sperimentale

Un anello infiltrometrico avente diametro pari a 2 metri e altezza circa 30 cm è stato sigillato alla roccia affiorante con gesso. Un anello di tali dimensioni consente di ottenere dati infiltrometrici maggiormente rappresentativi delle anisotropie ed eterogeneità della roccia affiorante, difficilmente ricavabili con un anello di ridotte dimensioni.

#### Vantaggi

- alta probabilità di intercettare fratture
- dati infiltrometrici maggiormente rappresentativi delle anisotropie alla scala di campo
- anello di dimensioni maggiori riduce gli effetti di bordo

#### Svantaggi

- difficoltà nel sigillare l'anello infiltrometrico alla roccia affiorante
- necessità di una grande quantità di acqua in campo
- tempi lunghi per il riempimento dell'anello



Set-up sperimentale nel sito dell'Alta Murgia, caratterizzato da roccia carsificata e fratturata (in alto) e nel sito di San Pancrazio Salentino, in roccia calcarenitica porosa (in basso)



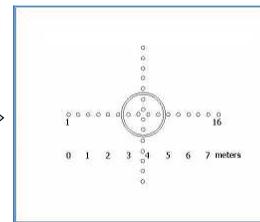
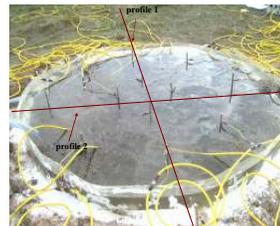
Nelle due aree test, un'anello infiltrometrico è stato riempito con acqua in modo da raggiungere un livello di 13.5 cm; l'infiltrazione dell'acqua è stata monitorata per più di 2 ore nel test site di Altamura e 3 ore in quello di San Pancrazio.

Nel sito di Altamura, il test è stato condotto in condizioni di carico variabile, mentre nel sito di San Pancrazio Salentino in condizioni di carico costante.

L'infiltrazione dell'acqua è stata monitorata per mezzo di 2 differenti dispositivi:

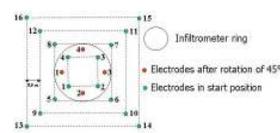
- Trasduttore di pressione (PXT DRUCK LTD – England), per l'abbassamento del livello idrico nell'anello;
- Misure di resistività elettrica del sottosuolo, come indicatore dell'infiltrazione/redistribuzione dell'acqua

### Indagine geoelettrica

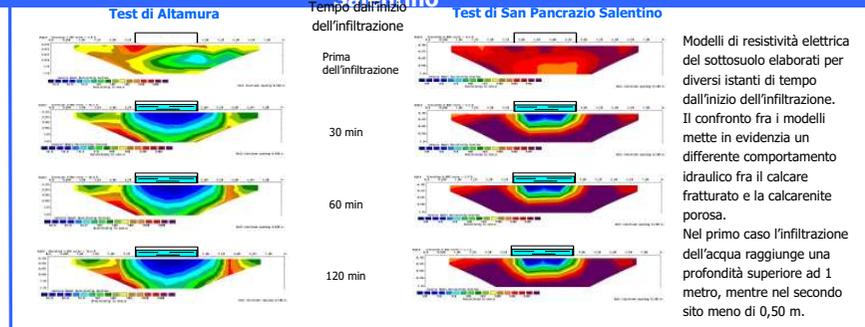


Le indagini di resistività elettrica sono state eseguite in modalità "time-lapse", mediante 2 profili elettrici aventi lunghezza pari a 7.5 metri, perpendicolari fra di loro, utilizzando 16 elettrodi di acciaio con spaziatura inter-elettrodo pari a 0.5 m per ciascuna direzione (x, y) e in posizione simmetrica rispetto al centro dell'anello.

E' stato scelto un dispositivo elettrodo tipo Wenner per l'elevato rapporto segnale/rumore e per la sua sensibilità nel rilevare variazioni verticali della resistività elettrica con la profondità.



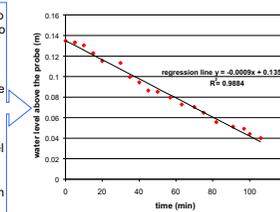
In aggiunta sono state condotte indagini di resistività elettrica azimutali (ARS) per individuare eventuali direzioni principali di fratturazione, che possono causare flusso preferenziale nel sottosuolo. E' stato determinato il coefficiente di anisotropia apparente, ossia il rapporto fra la resistività apparente longitudinale e quella trasversale.



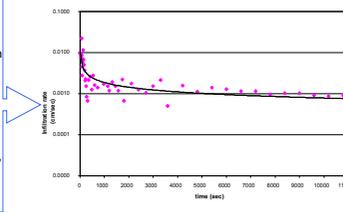
I modelli di resistività elettrica sono stati ottenuti mediante la tecnica di inversione "smoothness-constrained least-squares" utilizzando il software RES2DINV, Loke [2001].

### Dati infiltrometrici

Abbassamento del livello idrico durante il test infiltrometrico condotto a carico costante nel test site di Altamura. La velocità di infiltrazione nel calcare fratturato è stata stimata in 1,22 m/d



La velocità di infiltrazione ottenuta nel test di San Pancrazio Salentino, in condizioni di carico costante, diminuisce rapidamente dalla condizione non satura (inizio test) alla condizione di quasi saturazione (fine test), raggiungendo il valore di 0.77 ± 0.08 m/d



### Risultati e conclusioni

I risultati preliminari evidenziano tre aspetti principali:

#### Set up dell'apparato sperimentale

L'apparato sperimentale in situ risulta abbastanza efficace sulle rocce calcaree e calcarenitiche, assicurando un ottimo contatto con il terreno. Solo piccole perdite sono state osservate sul calcare affiorante sotto condizioni di carico idraulico pari a 13 cm. L'utilizzo di un anello infiltrometrico avente diametro pari a 2 metri riduce sensibilmente gli effetti di bordo.

#### Misure di resistività elettrica secondo profili elettrici

Il modello d'inversione utilizzando la tecnica "smoothness-constrained least-squares" non è particolarmente efficace per rappresentare in maniera soddisfacente l'eterogeneità del calcare fratturato.

#### Misure di resistività elettrica azimutali

I risultati dell'indagine ARS condotta sulle calcarenite porose mostrano un valore di anisotropia apparente media minore di 2, indice dell'assenza di direzioni preferenziali di fratture; l'anisotropia apparente del calcare fratturato è pari a 15, denotando la presenza di un sistema principale di fratturazione.

### Scenari futuri

- Implementare un algoritmo di inversione che possa rappresentare con maggiore efficacia le anisotropie e le eterogeneità dei sistemi naturali studiati.

### References

CAPUTO M. C., DE CARLO L., MASCIOPINTO C. & NIMMO J. (2008): Evaluation of vertical flow in fractured and karstic subsoil of Altamura (Southern Italy) using field infiltrometer measurements. Articolo scelto tra i lavori presentati a UZIG (Unsaturated Zone Interest Group) meeting per essere pubblicato su un numero speciale di Vadose Zone Journal.

MASCIOPINTO C., CAPUTO M. C., DE CARLO L., & NIMMO J.R. Modelling Unsaturated Flow and Transport of Pollutant in a Fractured Limestone Affected by Industrial Sludge Deposits at the Altamura Site (South Italy). 2008 Joint Annual Meeting (5-9 Oct. 2008) Huston, Texas (USA), 5 - 9 ottobre 2008.

LOKE, M.H., 2001, Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys. *Geotomo Software, Malaysia*.

SEATON, W.J. and T. J. BURBEY, 2002, Evaluation of two-dimensional resistivity methods in a fractured crystalline-rock terrane. *Journal of Applied Geophysics*, 51, 21-41.

LANE, J.W., HAENI F.P., and WATSON, Use of a square-array direct-current resistivity method to detect fractures in crystalline bedrock in New Hampshire.