

## **SEMINARIO TECNICO**

***Organo-clorurati ed idrogeologia delle aree urbane:  
inquinamento puntuale o diffuso?***

---

***Caratterizzazione idrodinamica e  
isotopica della contaminazione da  
solventi clorurati nella valle del  
Fiume Chienti, Marche***

---

***Marco Petitta, Eleonora Frollini, Eva Pacioni, Gianni Corvatta, Marco Fanelli***

***Dipartimento Scienze della Terra, Università La Sapienza di Roma***

***ARPA Marche - Macerata***

Bologna 11 giugno 2015



## STORIA DEL SITO



**1991:** scoperta di un esteso inquinamento dell'acquifero



**1,1,1 TCA**

Individuazione potenziali sorgenti di contaminazione



industrie locali operanti nel settore calzaturiero



Utilizzo di solventi clorurati per il lavaggio di fondi di poliuretano delle calzature

**1997-2005:** monitoraggio costante falda: USL-ARPAM:

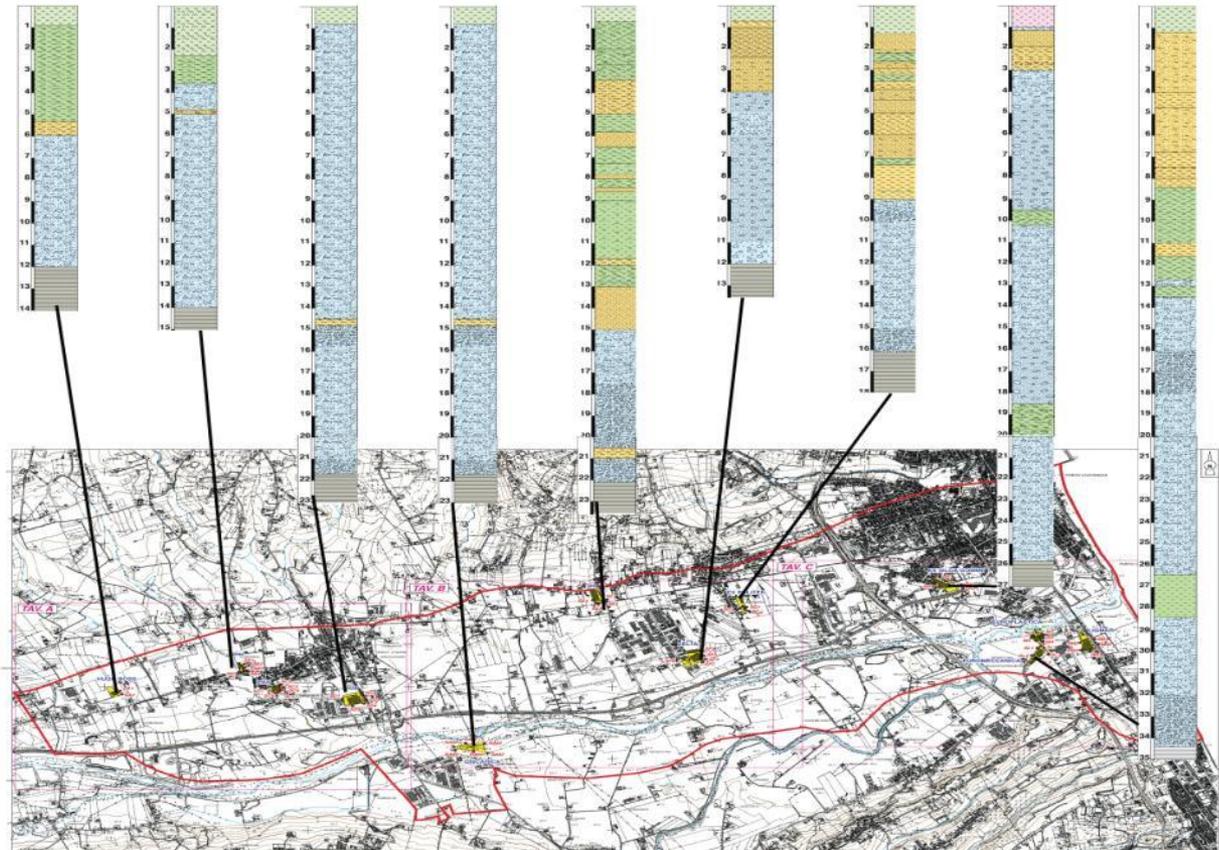
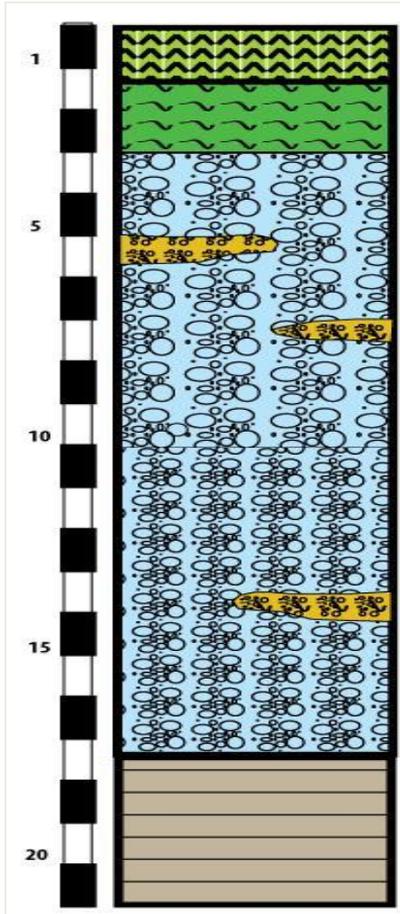
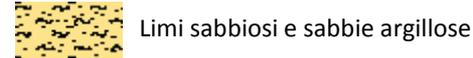
contaminazione più diffusa: **PCE**

Residua: **TCA**

**2001:** Inserimento del BBC tra i siti contaminati di interesse nazionale

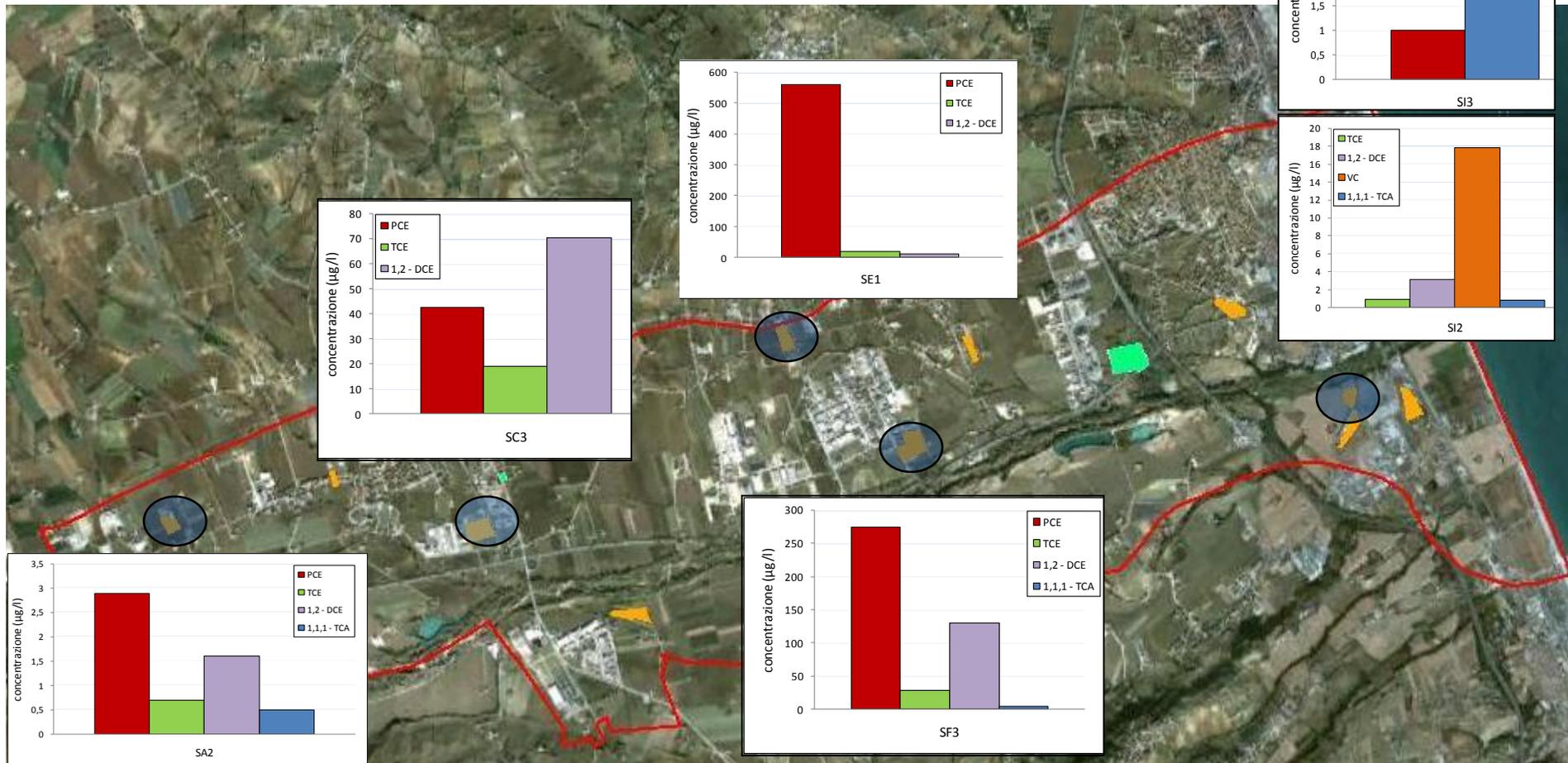
**2003:** Perimetrazione del sito

Bologna 11 giugno 2015



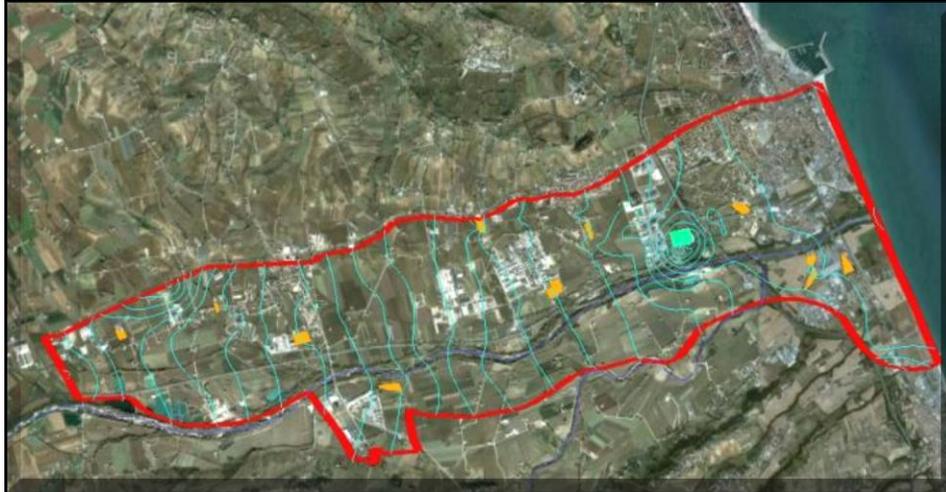
## DISTRIBUZIONE DELLA CONTAMINAZIONE

(indagini ARPAM, marzo-aprile 2008)

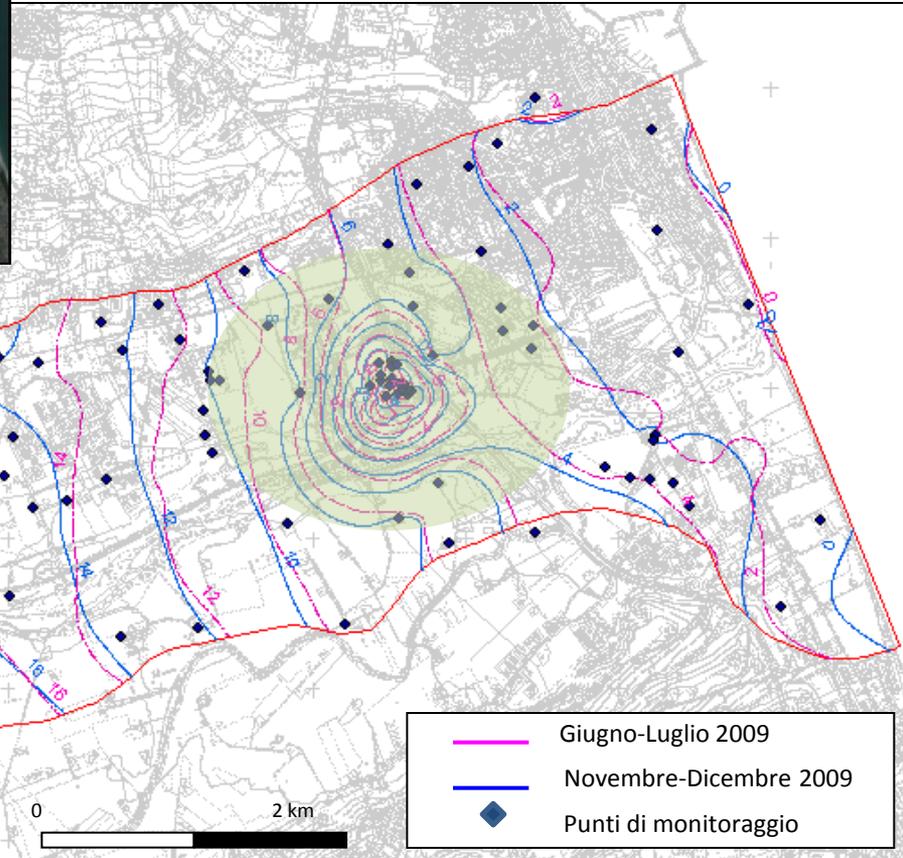


 Acquedotto di Civitanova Marche  
 Potenziali sorgenti di contaminazione

Bologna 11 giugno 2015



## PIEZOMETRIA (180 pozzi/piezometri)

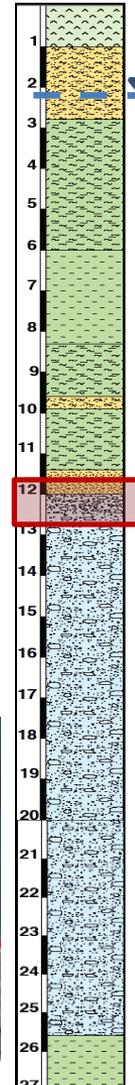
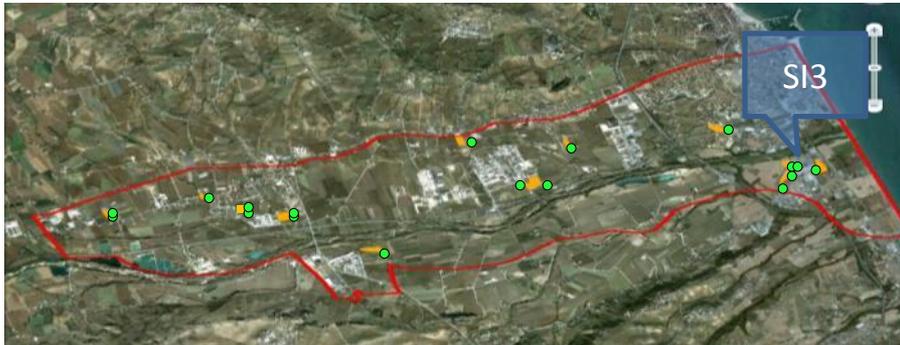


Bologna 11 giugno 2015

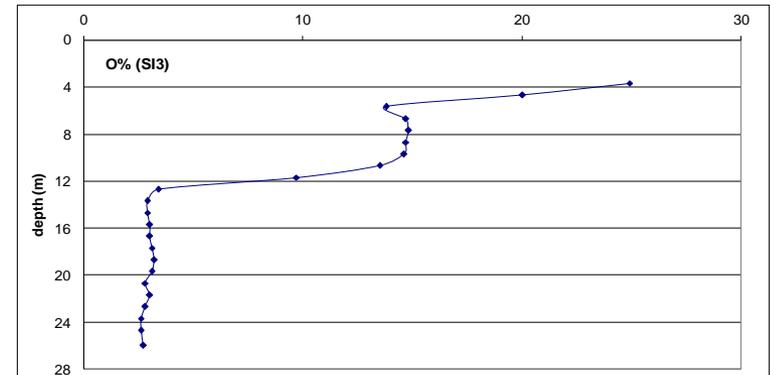
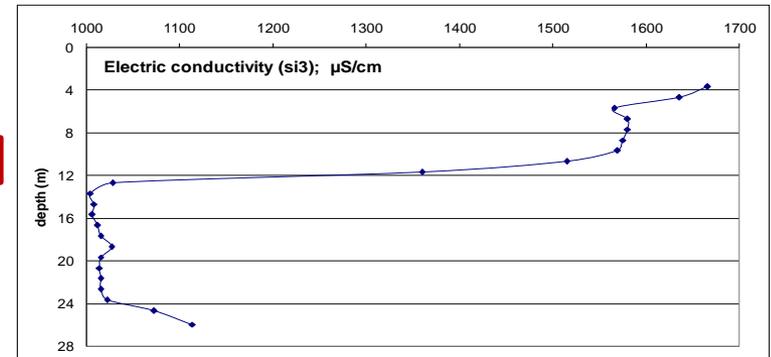
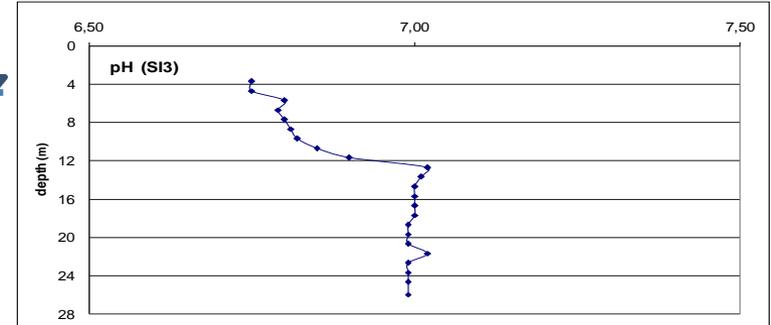
# Log CHIMICO-FISICI

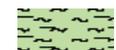
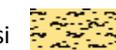


18 piezometri (giugno/luglio 2009)



Pz SI3



-  Riporto
-  ghiaie
-  Limi argillosi
-  Limi-sabbiosi e sabbie-argillose
-  Argille plio-pleistoceniche

Bologna 11 giugno 2015

## FLOWMETER

(Hess, 1986; Molz Et Alii, 1989; Paillet, 1998, 2000)

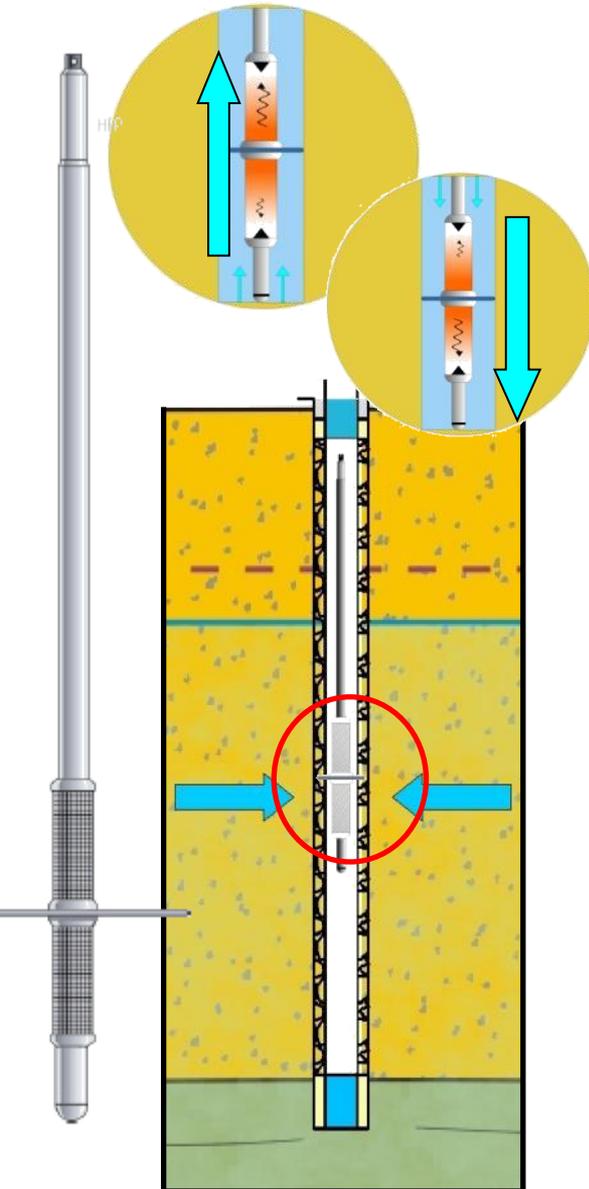
Indagine locale delle dinamiche di flusso verticale (Paillet, 2004)

- valutazione di scambi in acquiferi porosi multifalda tra livelli acquiferi separati da setti a bassa permeabilità,

**Heatpulse ad onda di calore:** 1) emissione di un'onda di calore

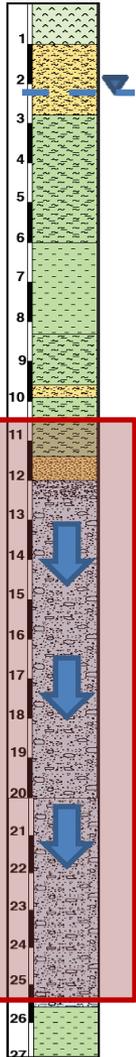
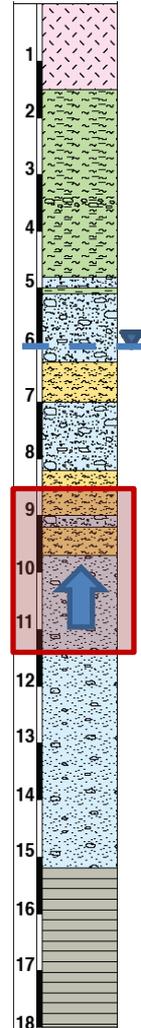
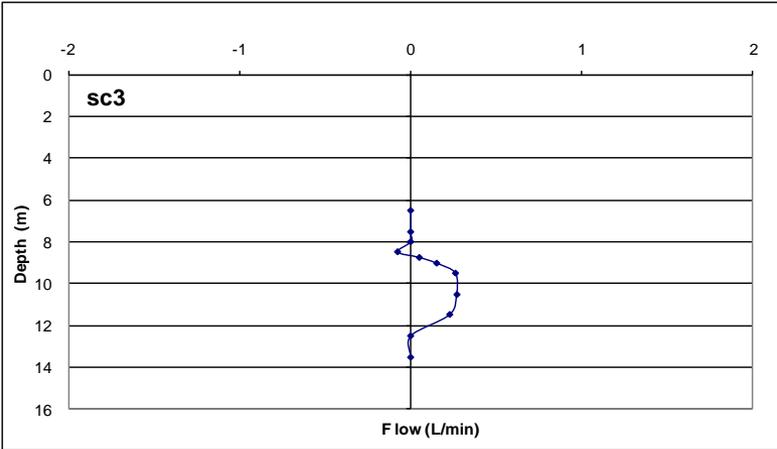
2) acquisizione ad opera di termistori posti ad uguale distanza dal punto di emissione

Il **confronto con le stratigrafie di sondaggio** permette di identificare la presenza di eventuali falde sovrapposte.

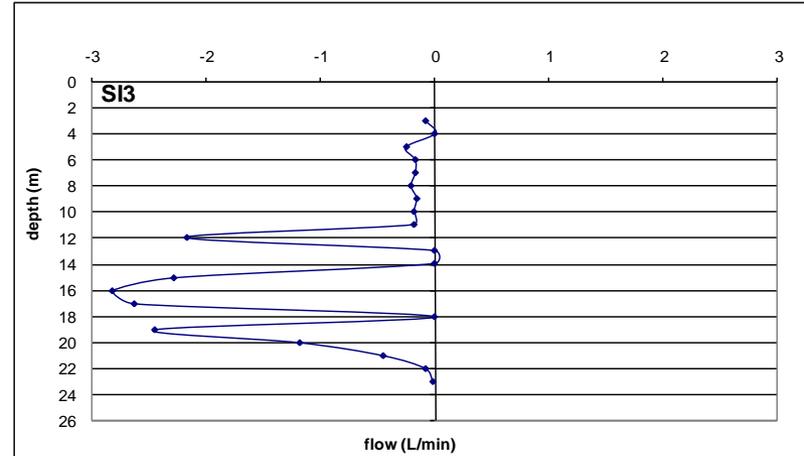


**FLOWMETER: *i risultati***

**Pz SC3**

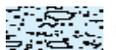
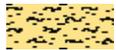
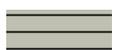


**Pz SI3**



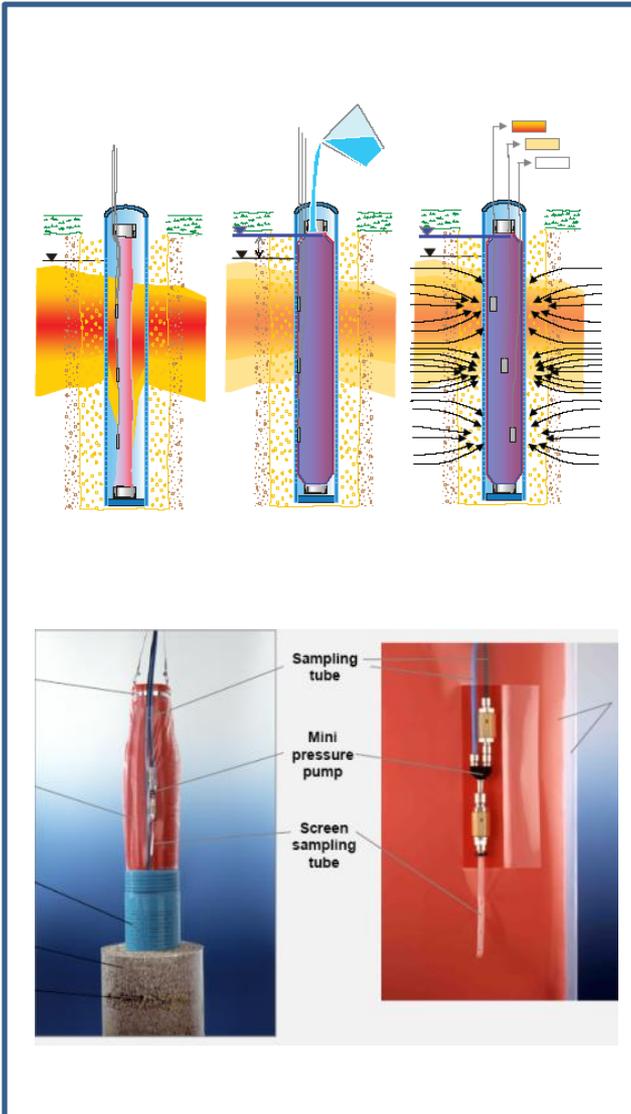
**8 piezometri (luglio 2009)**



-  Riporto
-  ghiaie
-  Limi argillosi
-  Limi-sabbiosi e sabbie-argillose
-  Argille plio-pleistoceniche

Bologna 11 giugno 2015

## CAMPIONAMENTO MULTILIVELLO: *sock system*



Bologna 11 giugno 2015

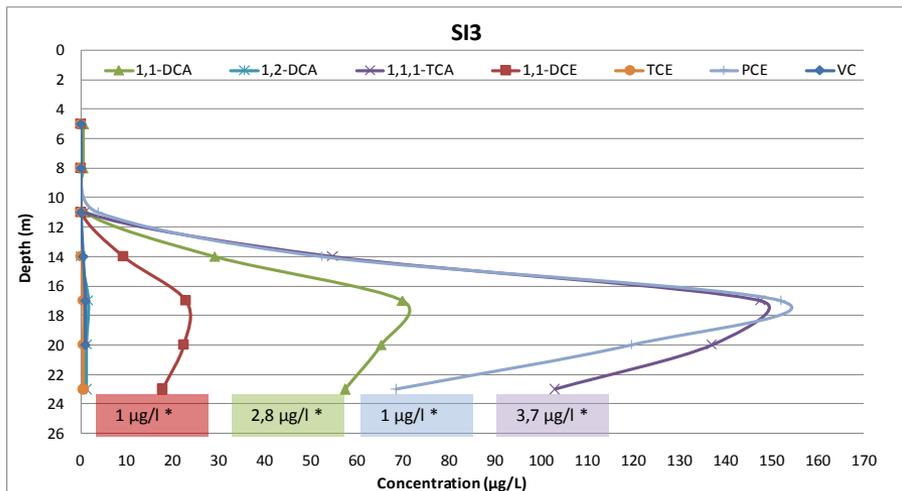
CAMPIONAMENTO MULTILIVELLO: *il campionamento* (sock system)





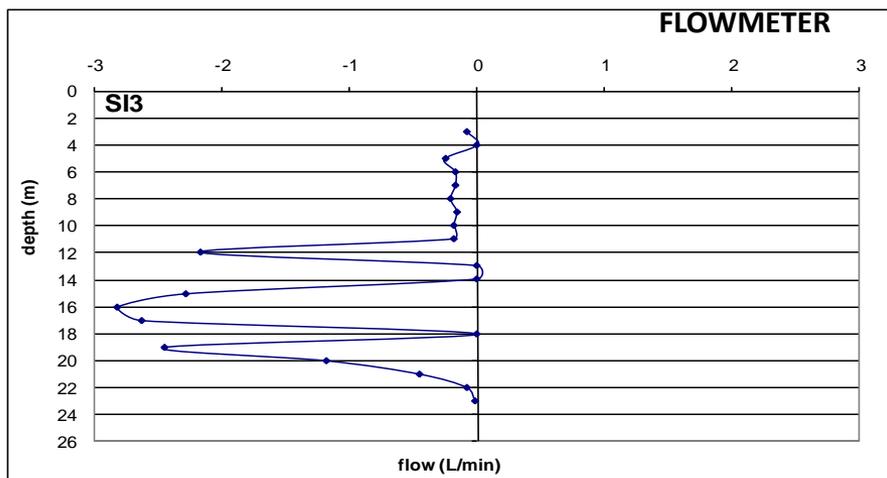
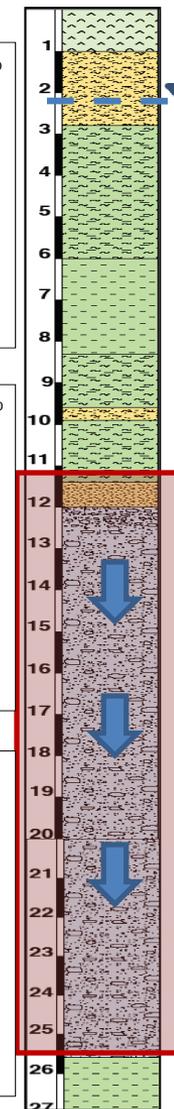
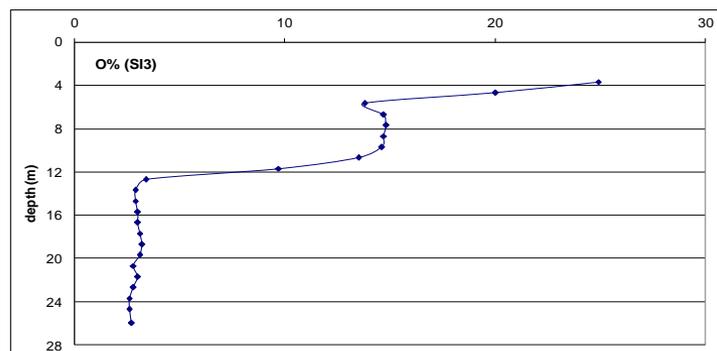
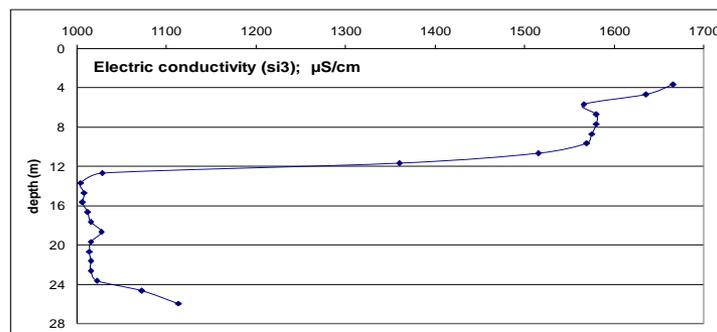
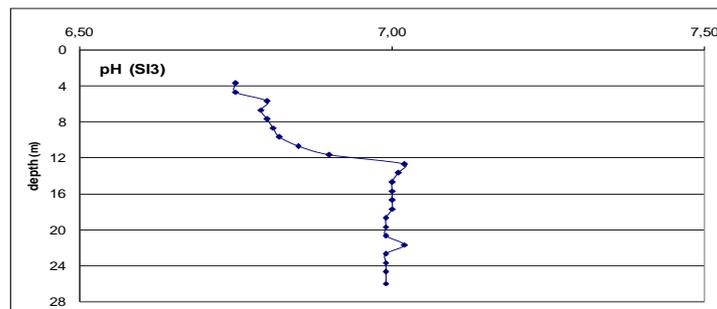
## CAMPIONAMENTO MULTILIVELLO: *risultati*

### Multilevel sock samplers



\* Campionamento classico (indagini ARPAM, marzo-aprile 2008)

### Parametri chimico-fisici

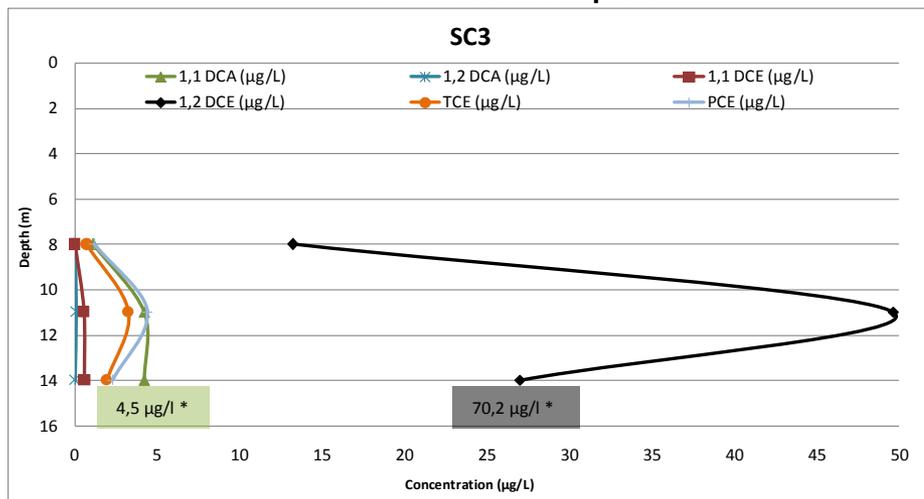


Bologna 11 giugno 2015

## CAMPIONAMENTO MULTILIVELLO: *risultati*

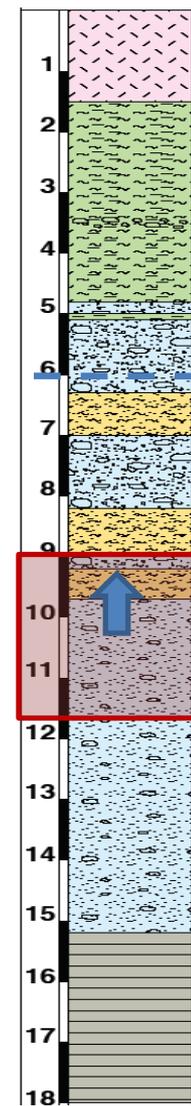
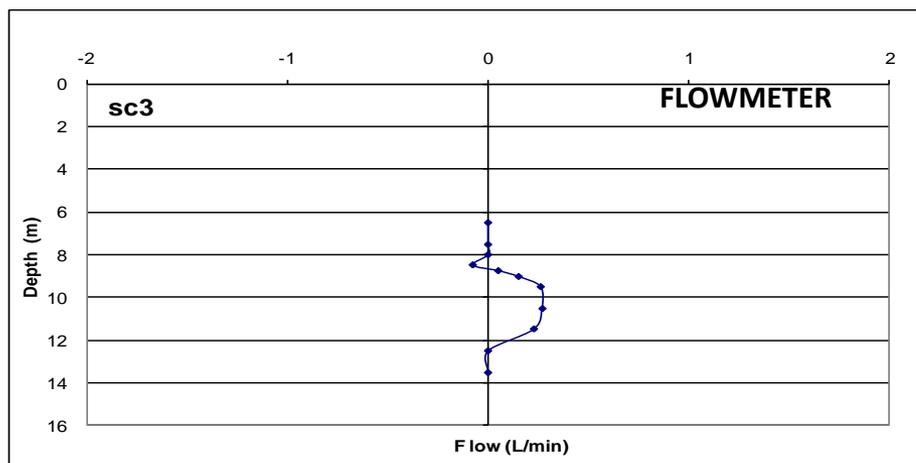
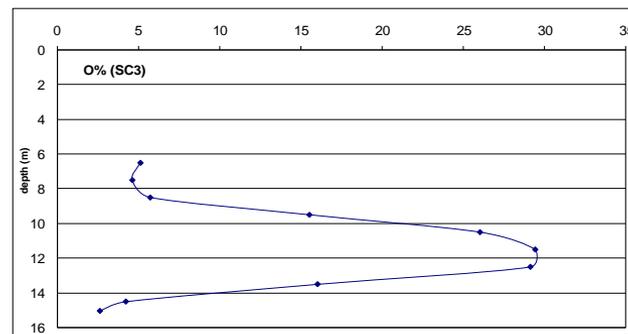
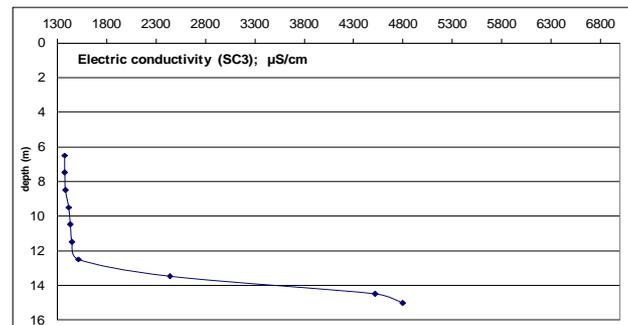
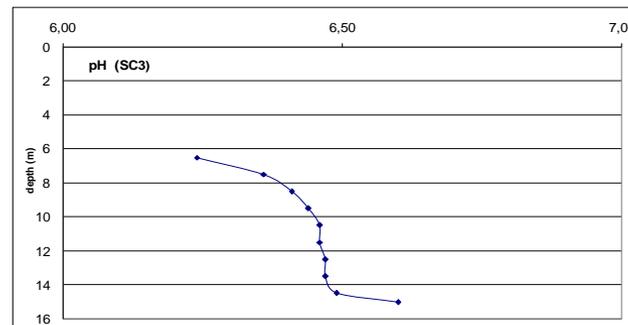
SC3

### Multilevel sock samplers



\* Campionamento classico (indagini ARPAM, marzo-aprile 2008)

### Parametri Chimico-fisici



 Ripporto  
  Limi argillosi  
  Ghiaie  
  Limi sabbiosi e sabbie argillose  
  Argille plio-pleistoceniche

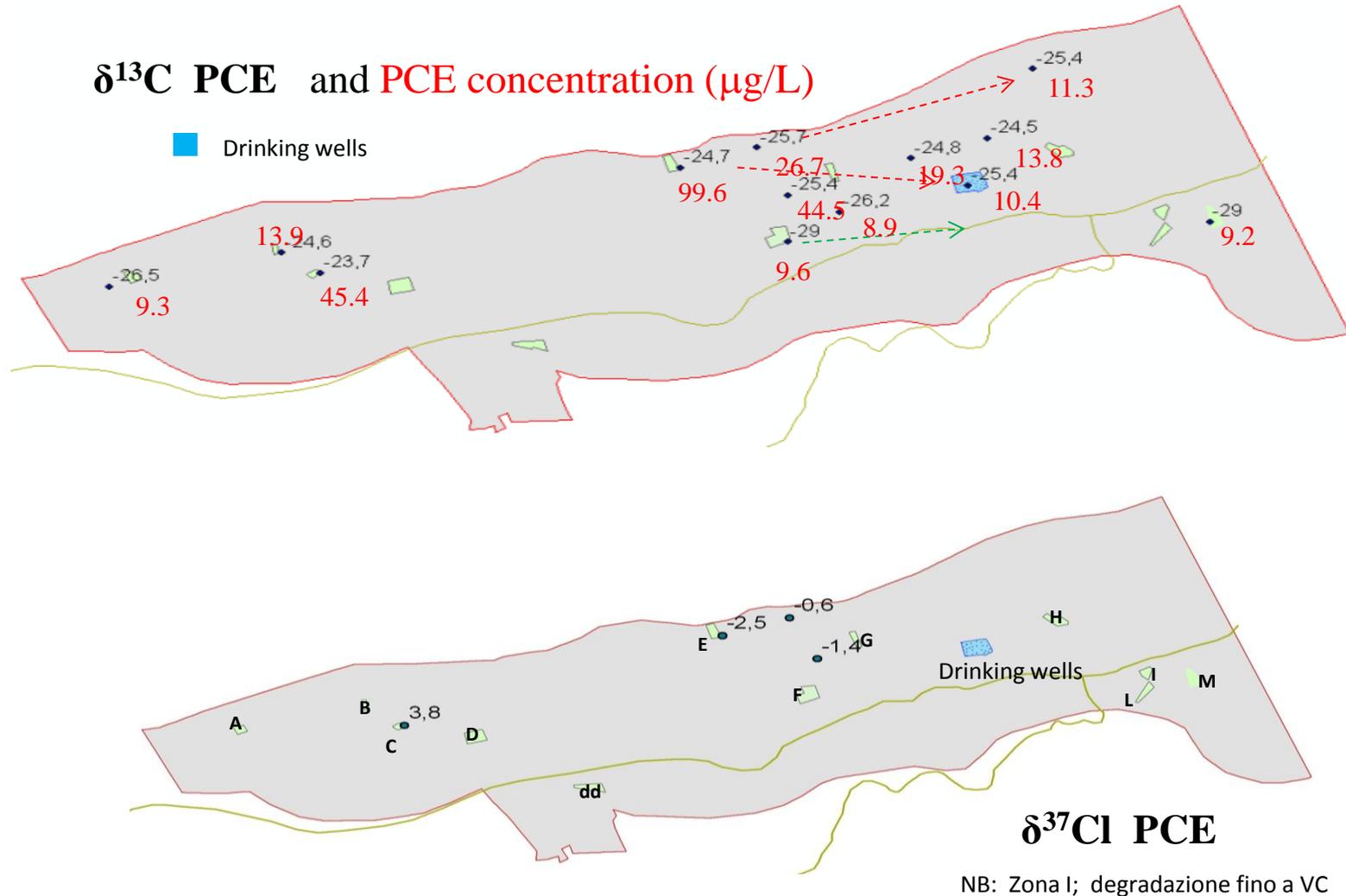
Bologna 11 giugno 2015

## ANALISI ISOTOPICHE ( $\delta^{13}\text{C}$ ; $\delta^{37}\text{Cl}$ )

20 punti di campionamento

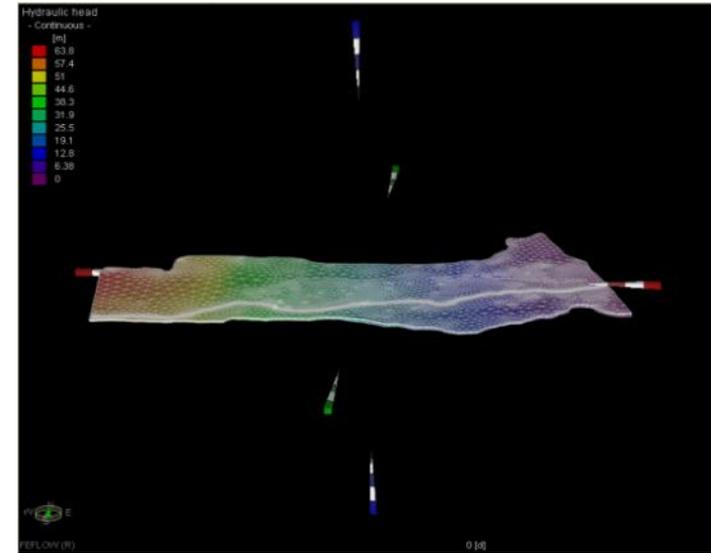
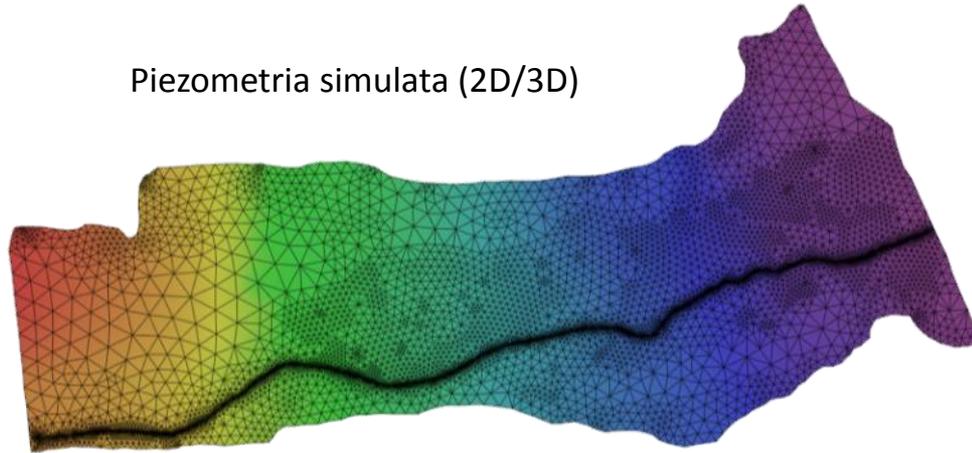
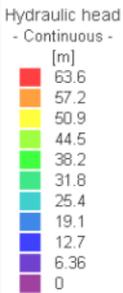


ANALISI ISOTOPICHE ( $\delta^{13}\text{C}$ ;  $\delta^{37}\text{Cl}$ ): *risultati*

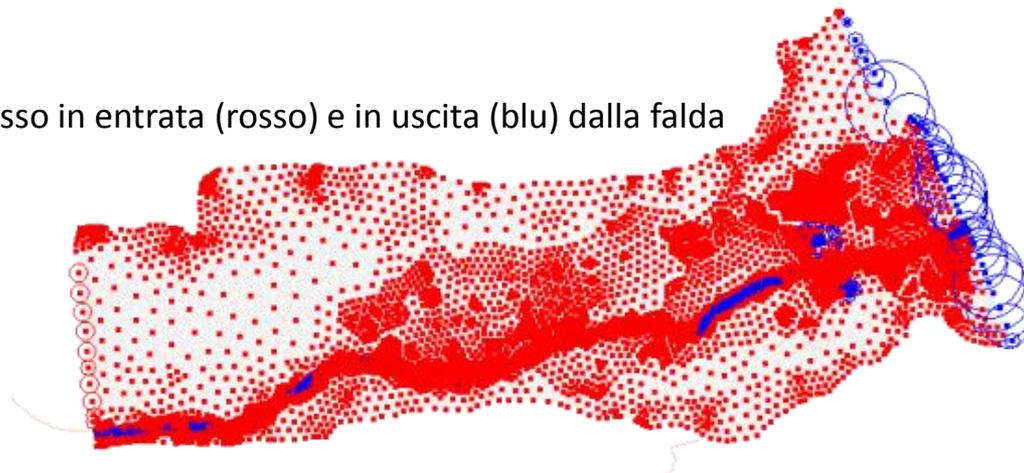


## IL MODELLO DI SIMULAZIONE

Piezometria simulata (2D/3D)



Flusso in entrata (rosso) e in uscita (blu) dalla falda



## Conclusioni

- La ricostruzione della contaminazione da solventi clorurati non può prescindere da un buon modello concettuale della circolazione idrica sotterranea
- Le indagini richiedono una caratterizzazione anche verticale dell'andamento della contaminazione, a causa di fenomeni di stratificazione tipici della tipologia di inquinanti e di acquiferi
- La distribuzione della contaminazione è influenzata dalla eterogeneità dell'acquifero e il monitoraggio dei parametri chimico-fisici e dell'idrodinamica sotterranea sono fondamentali per comprendere le cause delle differenze di concentrazione con la verticale
- Le **analisi isotopiche** ( $\delta^{13}\text{C}$  - $^{37}\delta\text{Cl}$ ) dei composti clorurati sono utili per definire i processi principali in gioco (come processi di degradazione localizzati o ad ampia scala) e la potenziale evoluzione della contaminazione, sia in senso spaziale che temporale
- Spesso, soprattutto per concentrazioni basse ma superiori ai limiti di legge, le classiche azioni di bonifica non sono efficaci e in questi casi va valutata la possibilità di "natural attenuation"; in questi casi la caratterizzazione isotopica consente anche di prevedere la possibile evoluzione del fenomeno