



**BEST PRACTICE PER LA GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE**  
**«Ricarica artificiale e resilienza climatica»**  
**(Direttiva CE 2000/60 - D.g.L. 2 maggio 2016 n. 100)**

-

**IL CONTRIBUTO DEI PROGETTI LIFE+**  
**CAMI (CAMI-LIFE /ENV/IT 04/500)**  
**Water- Bearing Characterization With Integrated Methodologies**  
**e**  
**WARBO (LIFE10 ENV/IT/000394)**  
**WATER RE-BORN**

**Artificial Recharge Innovative Technologies for the Sustainable Management of Water Resources**

**Carmela Vaccaro – Salvatore Pepi – Antonella Di Roma**  
**Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra Università di Ferrara**  
**Daniel Nieto Yábar – Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale**

L'obiettivo di qualità ambientale definito in funzione della capacità dei corpi idrici di mantenere i processi naturali di autodepurazione e supportare comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate.

•



Interventi di ricarica controllata:

- innalzare il livello piezometrico dell'acquifero
- concorrere al raggiungimento dell'obiettivo di qualità ambientale

*I corpi idrici devono essere classificati in*

a) corpo idrico donatore: da cui provengono le acque con le quali viene effettuato l'intervento di ricarica controllata del corpo idrico sotterraneo ricevente;

b) corpo idrico sotterraneo ricevente: sottoposto ad intervento di ricarica controllata con acque ritenute idonee ai sensi del Dgl 100 del 2016

c) Corpi idrici non idonei alle attività di ricarica

## DECRETO 2 maggio 2016, n. 100

Criteria per il rilascio dell'autorizzazione al ravvenamento o accrescimento artificiale dei corpi idrici sotterranei al fine del raggiungimento dell'obiettivo di qualità

*Ricarica artificiale che può avvenire mediante:*

- a) immissione diretta: immissione di acque nel corpo idrico sotterraneo ricevente senza processi di filtrazione attraverso gli strati superficiali del suolo e del sottosuolo;
- b) immissione indiretta: immissione di acque nel corpo idrico sotterraneo ricevente mediante processi di filtrazione attraverso gli strati superficiali del suolo e del sottosuolo



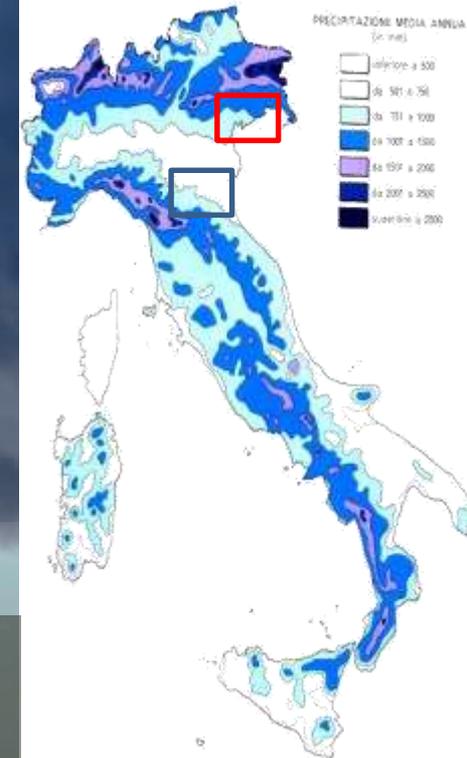
Progetto coordinato da OGS

ha affrontato problemi di degrado qualitativo e quantitativo delle risorse idriche mediante attività dimostrative di ricarica artificiale e di fitodepurazione.

Tre test site scelti per definire ed applicare protocolli di buone pratiche di ricarica artificiale in adempimento della Direttiva Acqua (D.g.L. 2/05/2016 n.100).

Il progetto WARBO ha conciliato la ricarica artificiale con

- strategie di resilienza al rischio idrogeologico
- resilienza climatica di ecosistemi attraverso il rafforzamento dei corridoi ecologici ed habitat di interesse comunitario;
- Azioni di contrasto alla desertificazione nel mediterraneo



Aree test del progetto WARBO scelte per verificare l'efficacia della ricarica artificiale in aree rappresentative

- degli estremi climatici in Italia;
- della gestione delle acque in agricoltura (Mereto di Tomba: riforma fondiaria e conversione del sistema di irrigazione da scorrimento a goccia);
- della gestione delle risorse idriche in aree industriali- artigianali: ottimizzazione dell'impianto di fitodepurazione (area industriale di Ponte Rosso);
- mitigazione delle dinamiche di salinizzazione, inquinamento diffuso e del rischio alluvioni (Ponte San Pietro Copparo)



università di ferrara  
TeknoHub



## Carattere innovativo

Applicazione della ricarica artificiale (AR) a contesti significativi e rappresentativi delle problematiche di un'ampia area geografica, per poterne individuare i punti di forza e di debolezza e quindi fornire indicazioni per l'aggiornamento normativo della direttiva sull'acqua (- D.g.L. 2 maggio 2016 n. 100).

Il progetto si è avvalso delle innovazioni metodologiche e tecnologiche nel campo del:

- **Telerilevamento**
- **Geofisica applicata**
- **Idrogeologia**
- **Geochimica**
- **Economia ambientale**

Esse saranno applicate mediante un **approccio multidisciplinare integrato in due macroaree (3 siti test)**, al fine di regolamentare la buona pratica e quindi sensibilizzare i futuri utilizzatori di questa metodologia che necessariamente dovrà essere adottata se si vogliono affrontare in maniera efficace le future problematiche di carenza idrica.

Ponte Rosso (provincia di Pordenone) Test site caratterizzato da un'estesa area artigianale che insiste sull'acquifero indifferenziato dell'alta pianura Friulana dove si ha importante azione di ricarica naturale da parte del Tagliamento. Il progetto ha fornito il modello idrogeologico concettuale del sottosuolo definendo le dinamiche di ricarica e ha fornito soluzioni per migliorare l'efficacia della fitodepurazione dell'impianto di trattamento dei reflui nell'area Artigianale

- Mereto di Tomba (Provincia di Udine ) Area selezionata per il progetto in quanto soggetta a bassa ricarica naturale che viene compensata dall'attività irrigua che purtroppo apporta nitrati nell'acquifero.

Le attività di ricarica artificiale hanno consentito di verificare l'efficacia di questametodologie nella compensazione dei deficit idrici e della mitigazione dell'inquinamento diffuso da nitrati.

L'impianto di Mereto di Tomba è inoltre essendo ubicato a monte del l'ampio settore interessato dall'intervento di riordino fondiario e di razionalizzazione idrica (diminuzzamento dell'acqua distribuita per l'irrigazione grazie alla trasformazione del sistema irriguo da scorrimento a goccia,

- Copparo (provincia di Ferrara)  
Problematiche di inquinamento diffuso per intrusione del cuneo salino e di plume di acque metanifere.

I dati del progetto hanno fornito al Consorzio di Bonifica Ledra Tagliamento un modello idoneo a valutare l'importanza dell'utilizzo della ricarica artificiale ai fini della compensazione dei minori apporti idrici alla falda introdotti con l'intervento di riordino al fine del risparmio idrico e della riduzione del dilavamento dei fertilizzanti

**Mereto di Tomba**



**Ponte Rosso**



**Copparo**

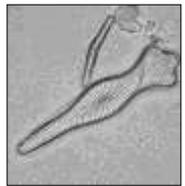


Problematiche: ante ricarica invasione del gambero rosso - Specie aliena, ridotta post ricarica con l'ingresso dei pesci che oltre a competere attraggono l'avifauna migratoria





A Ponte Rosso sono state eseguite le misure dei parametri chimico fisici ed i campionamenti nel collettore delle acque di depurazione prima dell'ingresso al canale Roja



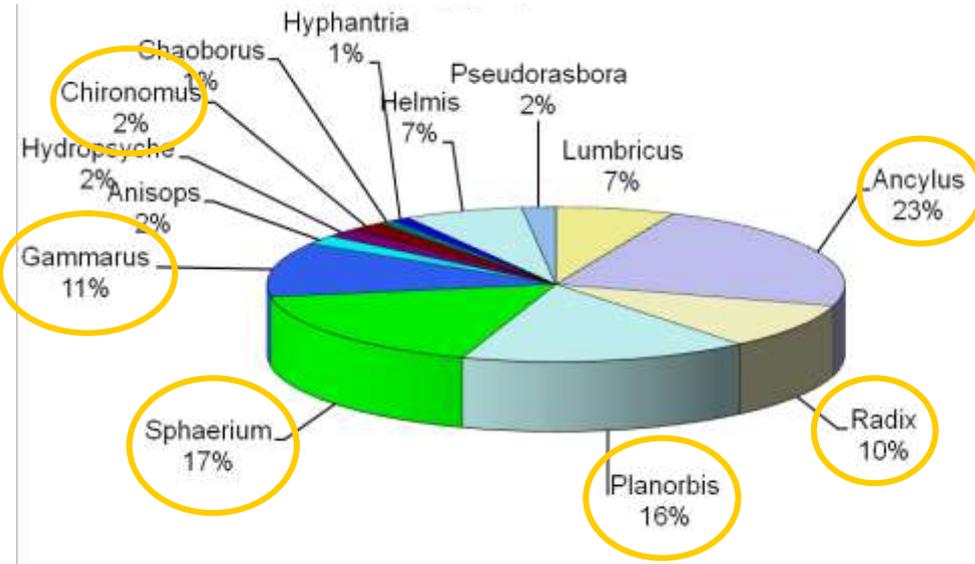
**ANNEX V (WFD 2000/60) - Quality elements for the classification of ecological status**



*Leis, Manfredi, Pezzi, Pepi 2015*



# Ponte Rosso: taxa identificati



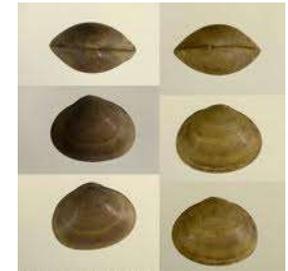
*Radix peregra*



*Ancylus*



*Planorbis planorbis*



*Sphaerium lacustre*

Sono stati identificati in tutto 13 taxa, dei quali sei di importanti organismi bioindicatori

I risultati indicano buone condizioni ecologiche per questo corpo acquifero

*Leis, Manfredi, Pezzi, Pepi 2015*

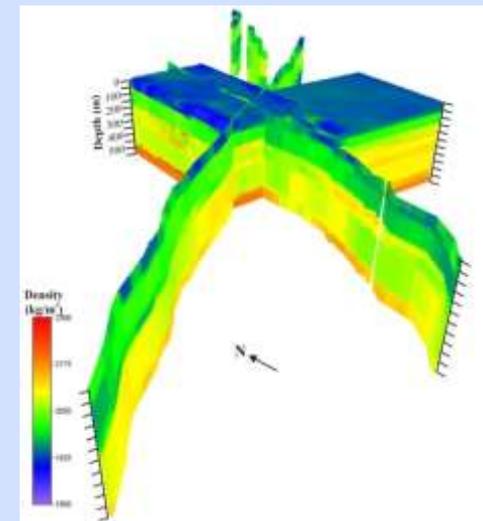
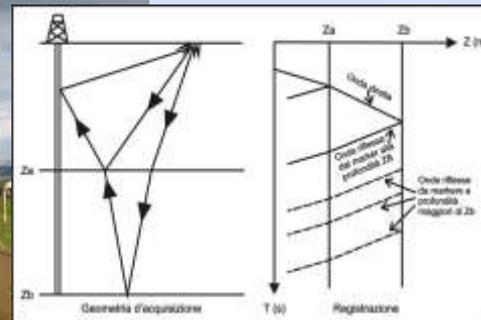
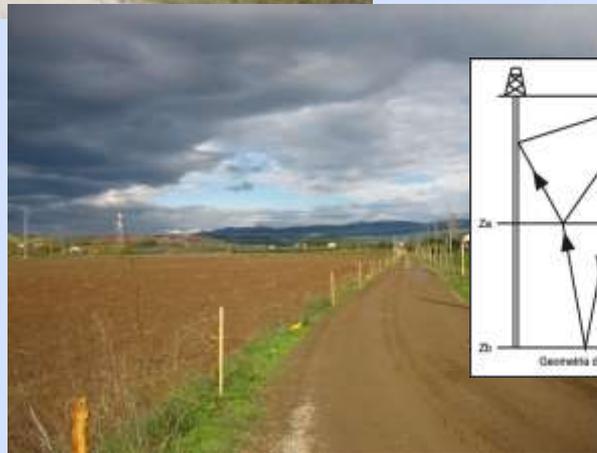
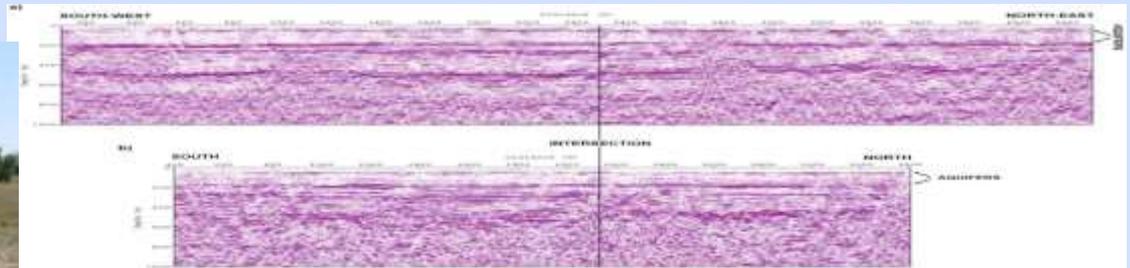


# Partnership: Metodologie Multidisciplinari Integrate Progetto WARBO

(1): OGS - Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale

## Attività:

Metodologie integrate per la determinazione dell'efficienza della ricarica artificiale nelle aree di pianura alluvionale integrazione al protocollo definito con il Progetto CAMI LIFE + - Attività dimostrative : media ed alta pianura friulana e nella bassa pianura padana



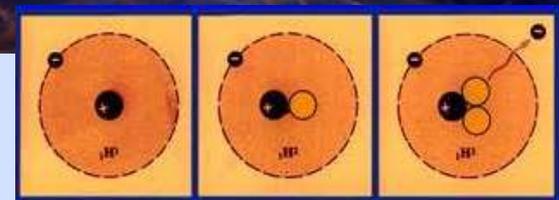
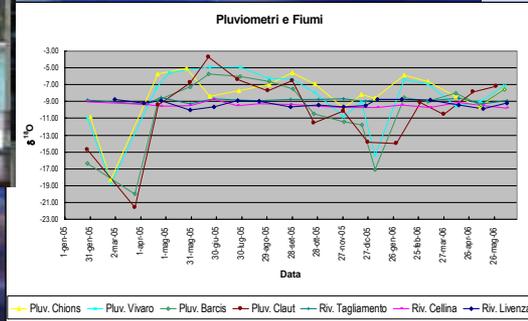
## I partner di WARBO

(2): Università degli studi di Ferrara – Dipartimento di Scienze della Terra



Università di Ferrara

**Attività:**  
 Metodologie integrate geofisiche, idrogeologiche, geochimiche e biologiche ai fini della gestione della ricarica artificiale di sistemi multiacquifero complessi (direttiva 2000/60/CE, D.Lgs. 152/06.)

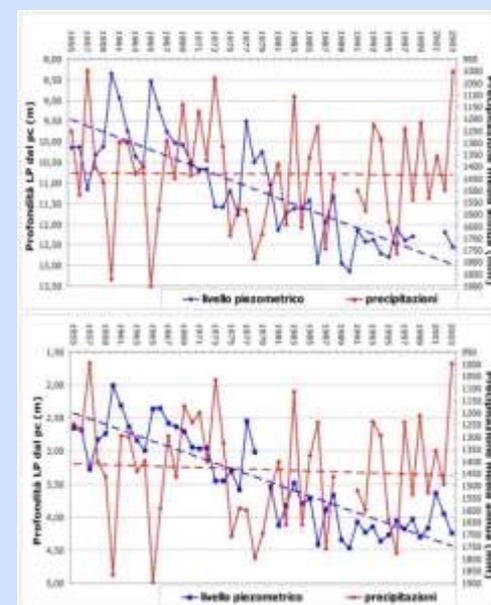
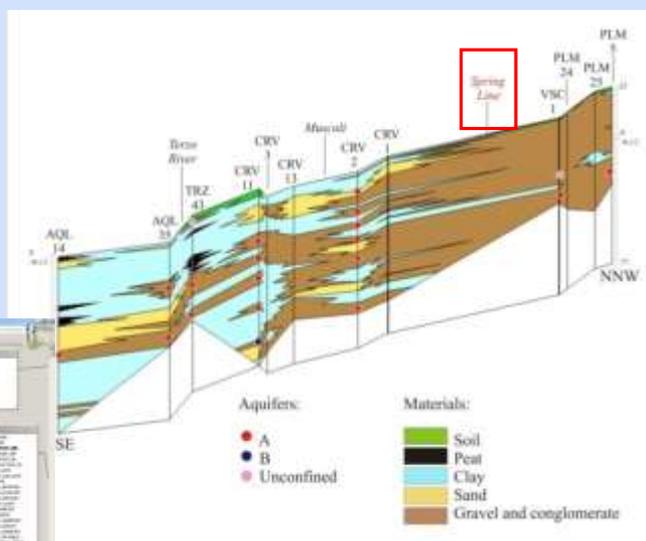


# I partner di WARBO

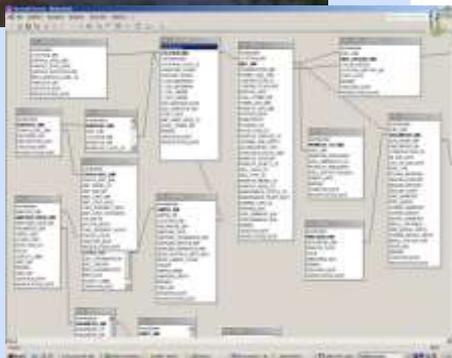
(3): Università degli Studi di Udine - Dipartimento Georisorse e Territorio

## Attività:

Banca dati e implementazione del GIS, Definizione delle caratteristiche dei siti potenziali per l'applicazione del metodo di RA degli acquiferi con particolare attenzione alla metodologia di monitoraggio e definizione degli indicatori di riferimento



*Precipitazioni/  
livello freaticometrico*



## I partner di WARBO

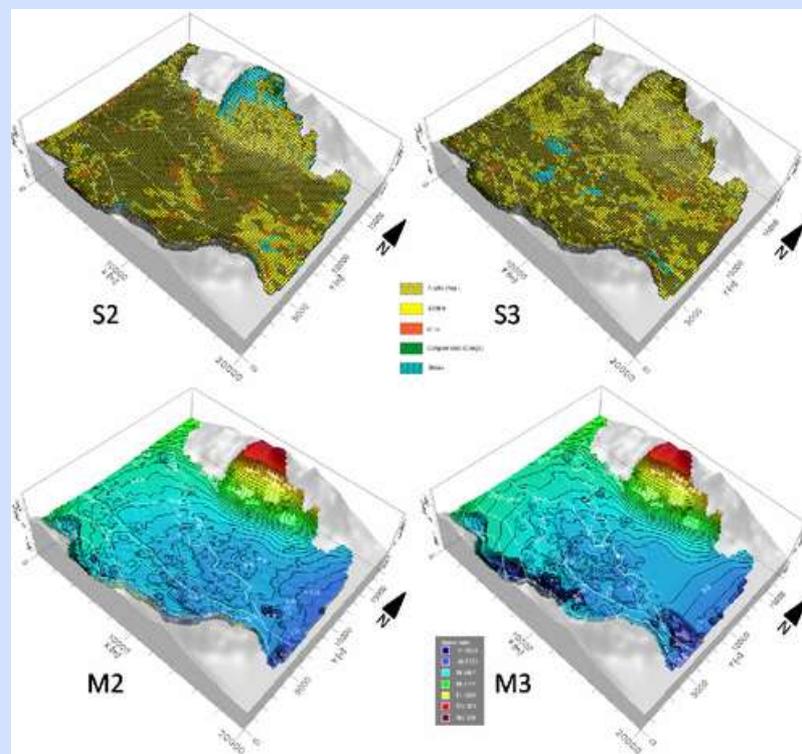
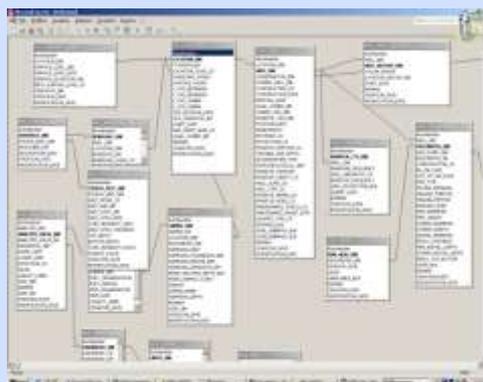
(4): Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Metodi e Modelli Matematici per le Scienze Applicate



### Attività:

Sviluppo di modelli matematici per la gestione della ricarica



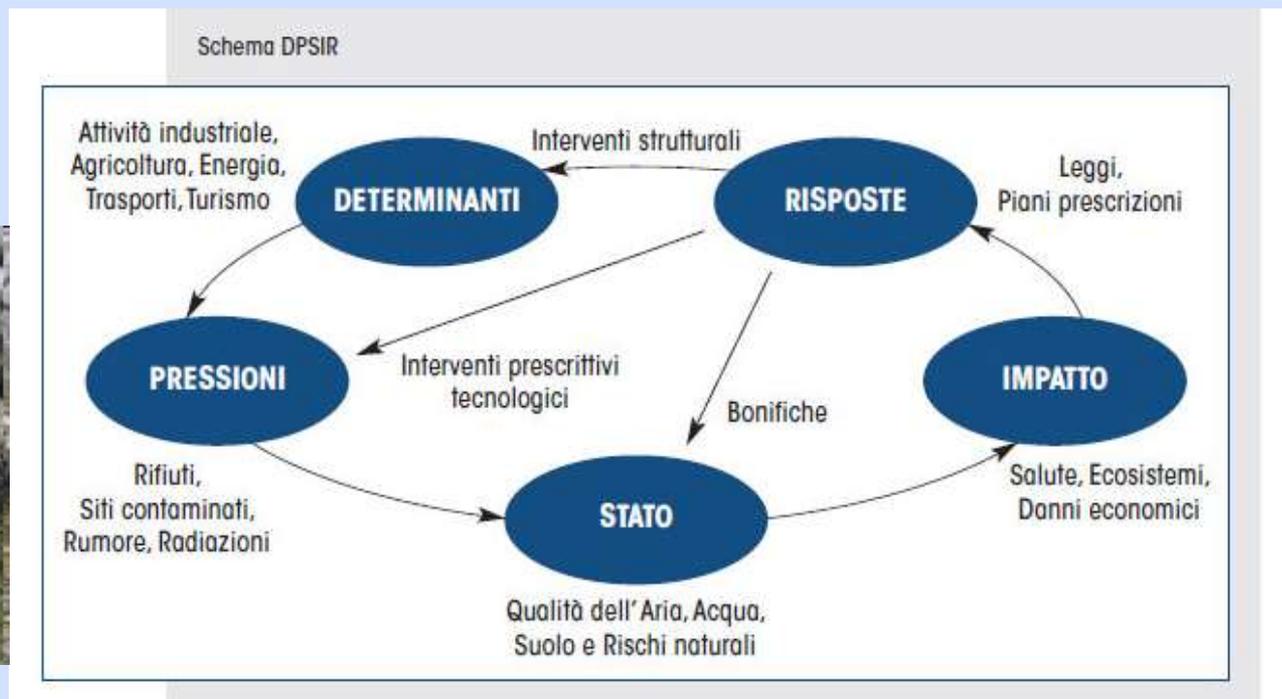
## I partner di WARBO

(5): Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia  
ARPA-FVG



### Attività:

Supporto tecnico-scientifico e procedurale alla fattibilità delle varie fasi di progetto; valutazioni nell'ambito DPSIR



## I partner di WARBO

### (6): Comune di Copparo



### Attività:

Ricarica artificiale di acquiferi alluvionali complessi a differente grado di salinizzazione e/o inquinamento: applicazione ad una test area nel territorio Copparese (delta del Po; Provincia di Ferrara)

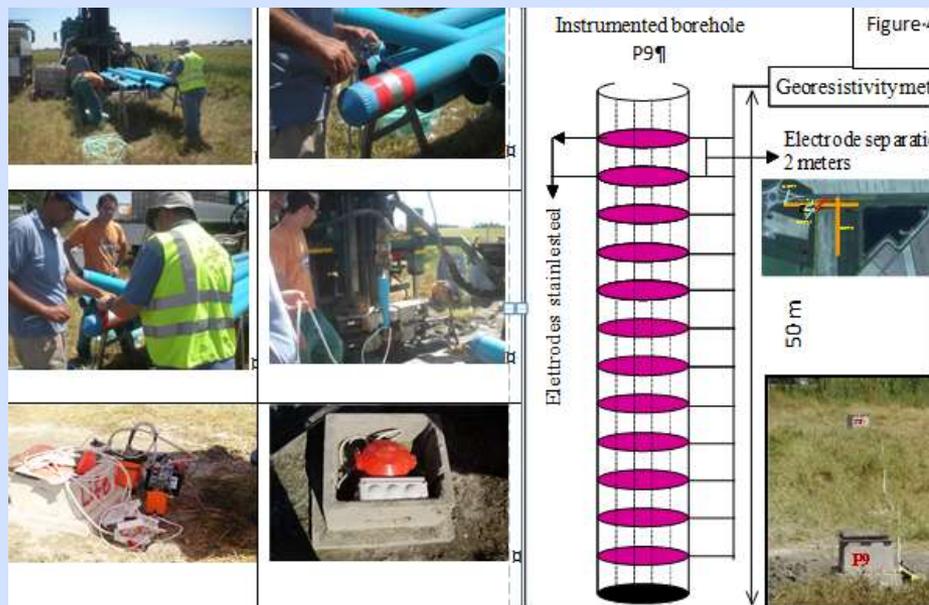


## I partner di WARBO

(7): Elio Botti s.a.s di Botti Fabio & C.

### Attività:

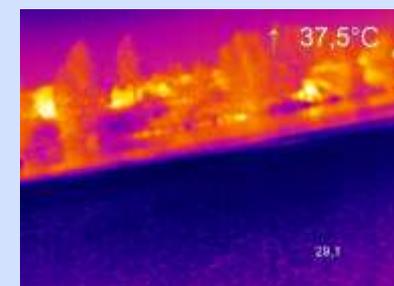
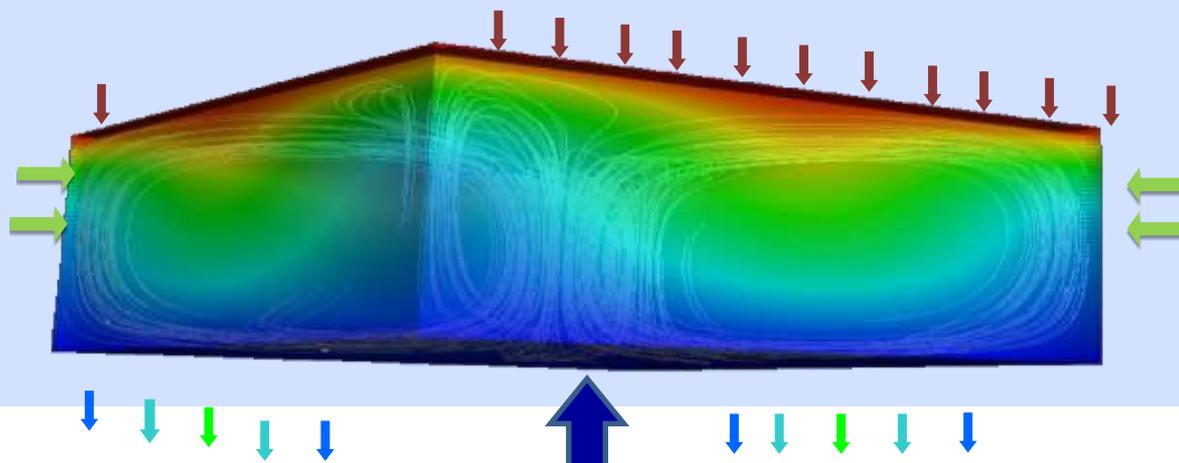
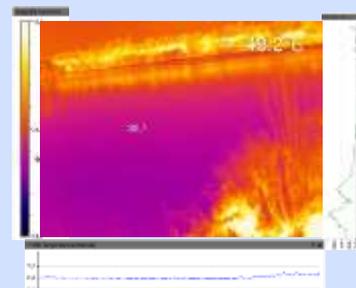
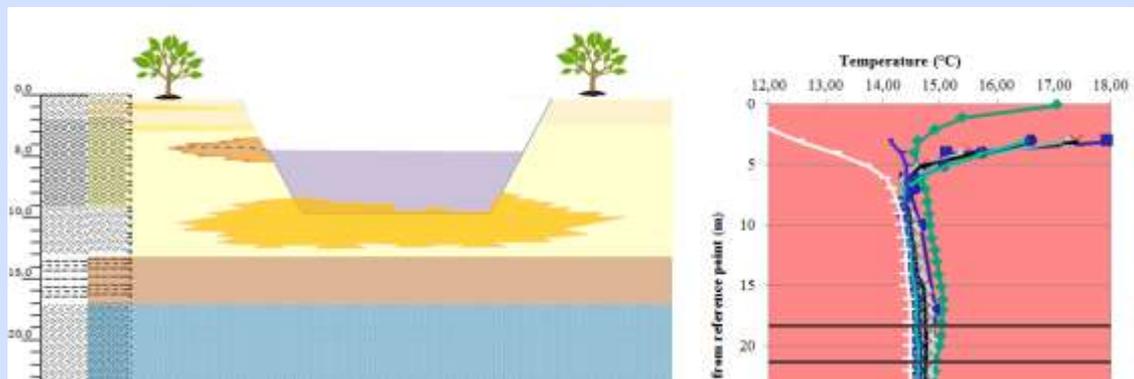
Applicazione di tecnologie innovative per l'esecuzione e gestione dei pozzi di ricarica



## I partner di WARBO

(7): EUREKOS s.r.l.

Attività: TGRA – rilevamento termometrico integrato per la ricarica artificiale

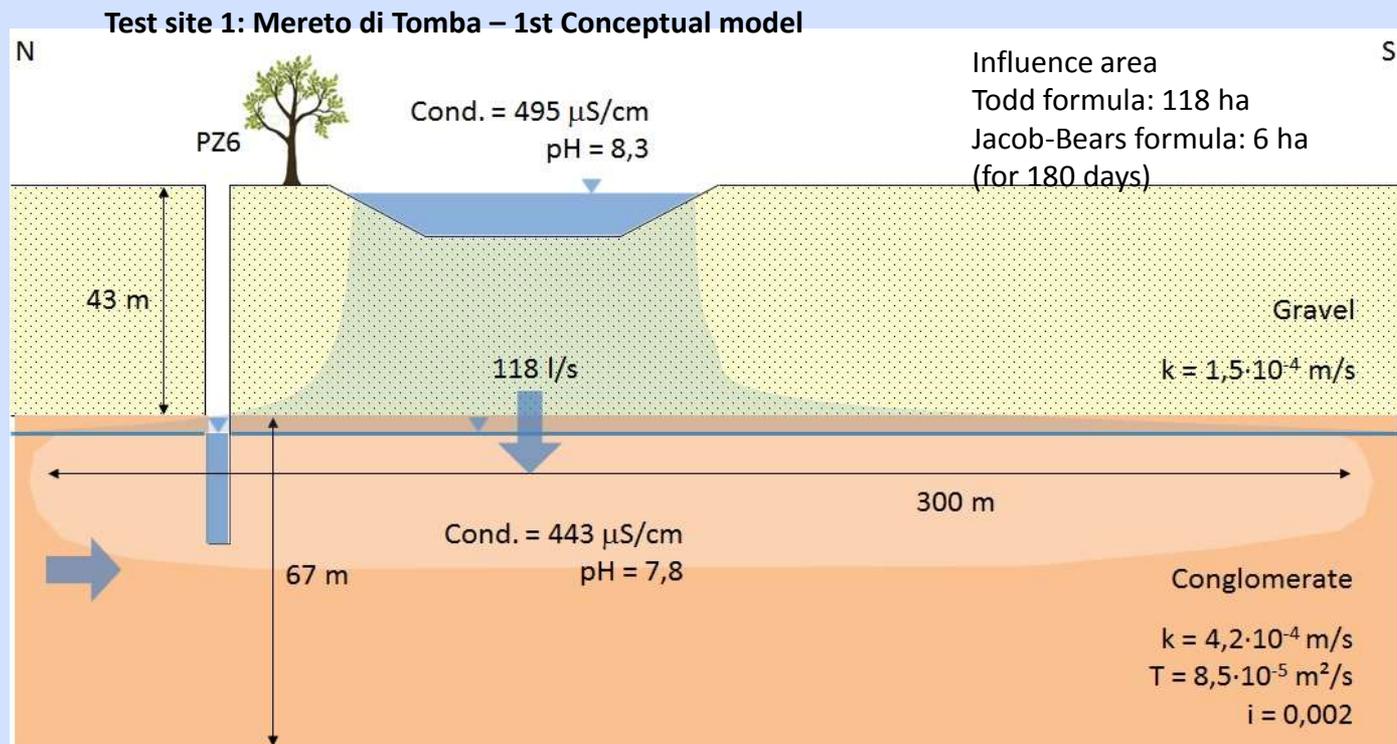


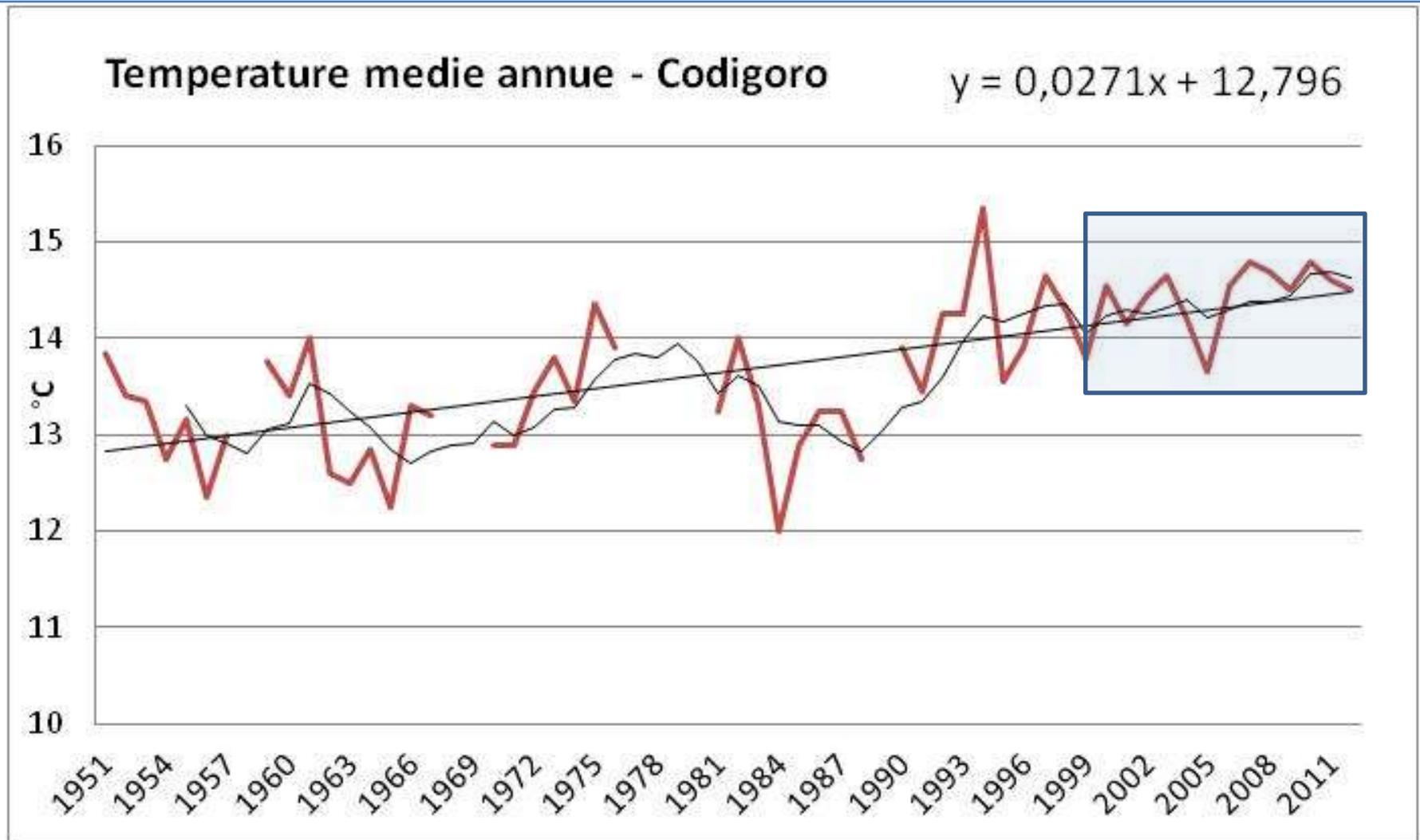
# I partner di WARBO

(9):TARH – Terra, Ambiente e Recursos Hidricos, Lda

## Attività:

## Modello Idrogeologico Concettuale della ricarica artificiale





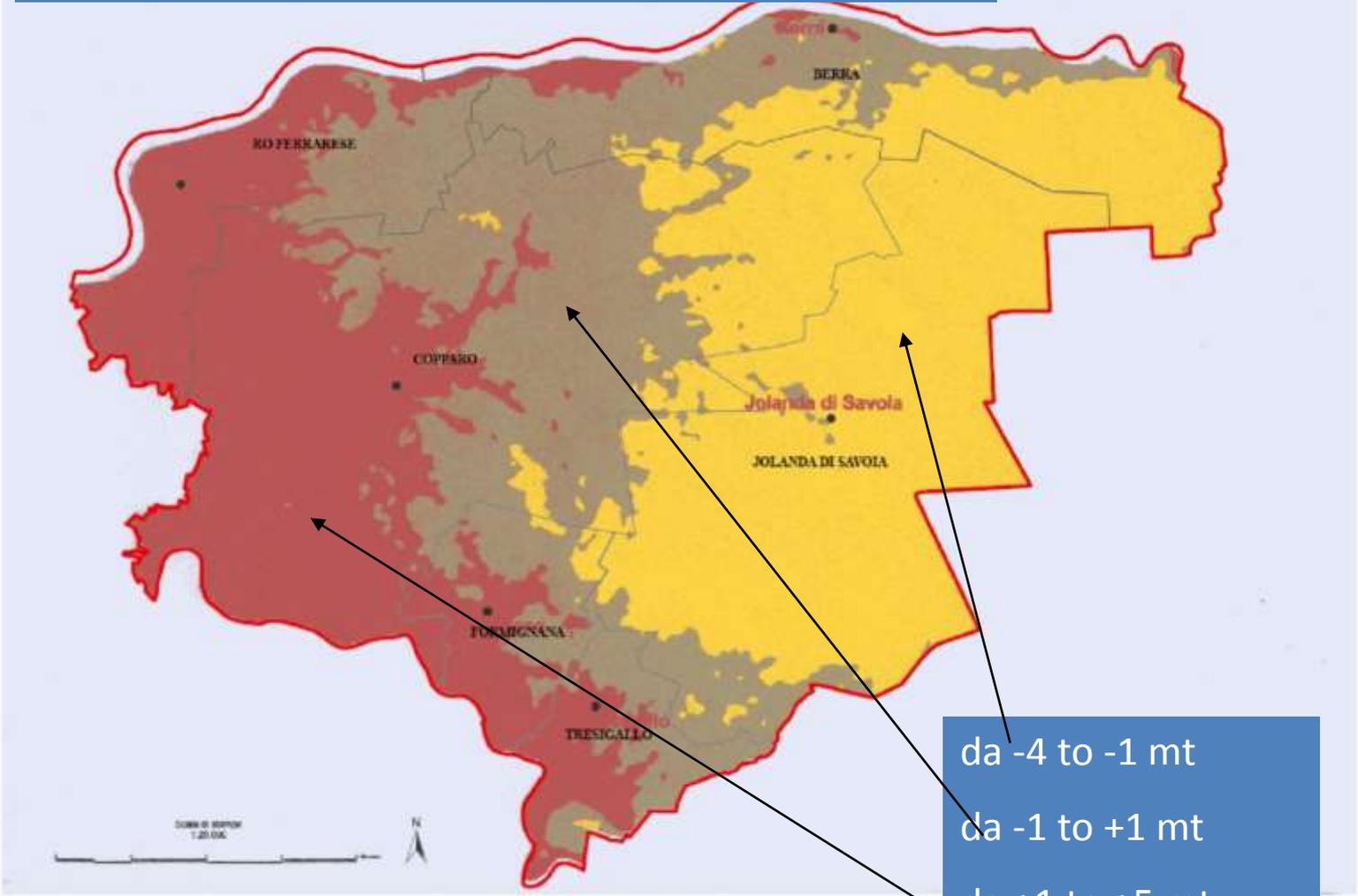
**L'aumento della temperatura in 50 nell'area di delta e predelta di circa 1.8 °C a fronte dell'incremento della temperatura media globale stimato in 0,1°C per decennio negli ultimi 100 anni, con un aumentato a 0,16°C per decennio negli ultimi 50 anni**







# altimetria



da -4 to -1 mt  
da -1 to +1 mt  
da +1 to +5 mt



Immagini del 2 maggio 2014





Progetto WARBO in LIFE +



## **WATER RE-BORN – Artificial Recharge**

**Innovative Technologies for the Sustainable Management of Water Resources**

### **5 - RETE ECOLOGICA E RIQUALIFICAZIONE TERRITORIALE**

**Ripristino zona umida e miglioramento biodiversità**

**Riqualificazione del paesaggio**





Progetto WARBO in LIFE +



## **WATER RE-BORN – Artificial Recharge**

**Innovative Technologies for the Sustainable  
Management of Water Resources**

### **PERCHE' PROGETTO MULTI-LIVELLO?**

- 1 - scelta strategica**
  - 2 - pianificazione economica (cava)**
  - 3 - tutela idraulica**
  - 4 - ricarica artificiale**
  - 5 - rete ecologica e riqualificazione territoriale**
  - 6 – fruizione per eventi culturali e didattici**
-



Progetto WARBO in LIFE +



## **WATER RE-BORN – Artificial Recharge**

**Innovative Technologies for the Sustainable  
Management of Water Resources**

### **1- SCELTA STRATEGICA**

**12 anni fa inizia il percorso del PIANO STRATEGICO che, attraverso la partecipazione di circa 800 cittadini, individua 2 elementi fondamentali per la crescita sostenibile su cui puntare nel lungo periodo:**

**ENERGIA**

**ACQUA**



Progetto WARBO in LIFE +



## **WATER RE-BORN – Artificial Recharge**

Innovative Technologies for the Sustainable Management of Water Resources



### **3- TUTELA IDRAULICA**

**Al termine dello scavo la cava diventa una cassa di espansione per contenere le piene dei canali e realizzare un sistema idraulico per la protezione dei centri abitati e la salvaguardia del territorio**



Progetto WARBO in LIFE +



## **WATER RE-BORN – Artificial Recharge**

**Innovative Technologies for the Sustainable Management of Water Resources**

### **4 - RICARICA ARTIFICIALE**

- **in caso di siccità prolungata l'agricoltura ha bisogno di una riserva d'acqua.**
- **WARBO ci aiuta a trovare risposte adeguate ai molti problemi**

Progetto WARBO in LIFE +

## WATER RE-BORN – Artificial Recharge

Innovative Technologies for the Sustainable Management of Water Resources



## AREA DI STUDIO



Il progetto WARBO è intervenuto con attività dimostrative in tre test site dove ha utilizzato le moderne metodologie di prospezione idrogeologica, geofisiche, geochimiche e idrauliche per definire il modello concettuale di ricarica naturale, analizzare le problematiche di degrado qualitativo e quantitativo delle risorse idriche.



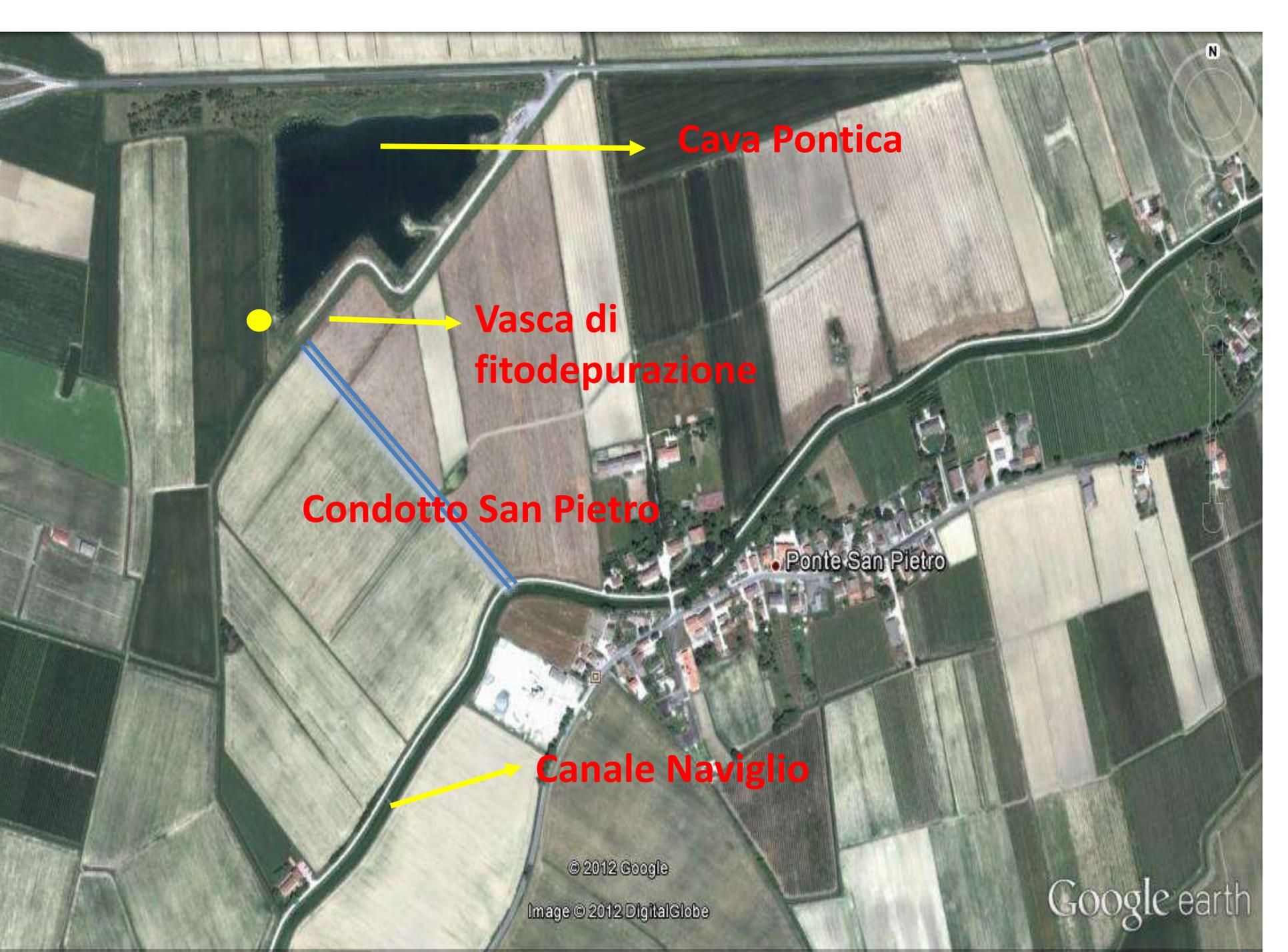
Definito il modello concettuale geofisico-idrogeologico geochimico sono stati realizzati gli impianti di ricarica e sulla base dei risultati delle attività dimostrative nel test site di Mereto di Tomba e Ponte San Pietro Copparo sono stati sviluppati i protocolli di applicazione della ricarica ai fini della salvaguardia delle risorse naturali e della resilienza climatica.

### Partnership

TekneHub (Tecnopolo dell'Università degli studi di Ferrara), Università degli Studi di Udine, Università degli Studi di Padova, Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia (ARPA-FVG), Comune di Copparo, Botti Elio s.a.s., Terra, Ambiente e Recursos Hídricos (TARH), Lda, EUREKOS srl







**Cava Pontica**

**Vasca di  
fitodepurazione**

**Condotto San Pietro**

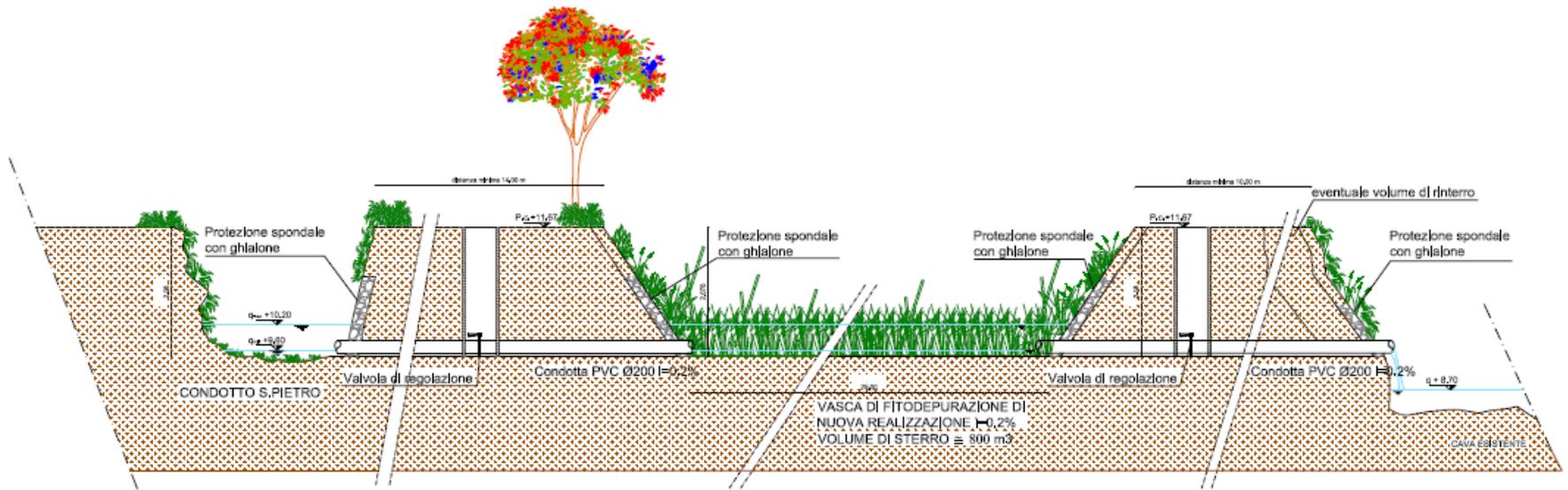
**Canale Naviglio**

Ponte San Pietro

© 2012 Google

Image © 2012 DigitalGlobe

Google earth



# Piantumazione nell'impianto di fitodepurazione



## Fasi della realizzazione della vasca di fitodepurazione



## Il Canale di alimentazione





Valore aggiunto:

Insediamiento nell'invaso di Ponte San Pietro della rana verde che è essendo a rischio di estinzione ha trovato in questo contesto condizioni favorevoli al suo insediamento





Volumi d'acqua distribuiti conferiti nel periodo del progetto circa 182.131 m<sup>3</sup>

20 maggio 2013 inizio attività di ricarica 15 litri al secondo – 16 giugno (27 giorni)  
 $15 * 3600 \text{ secondi} * 24 * 27 = 3.4992.000$  litri quindi 34992,0 m<sup>3</sup>

Diminuzione di portata per inizio lavori 16 giugno fino al 25 giugno per inizio lavori 3 litri al secondo  
nove giorni  $= 3 * 3600 * 24 * 9 = 2.332.800$  litri corrispondenti a 2.332,8 m<sup>3</sup>

Apertura valvola 16 litri al secondo  $16 * 3600 * 24 * 64$  in quanto dal 25 giugno fino al 28 di agosto (64  
giorni) = 88.473.600 litri 88.473,6 m<sup>3</sup>

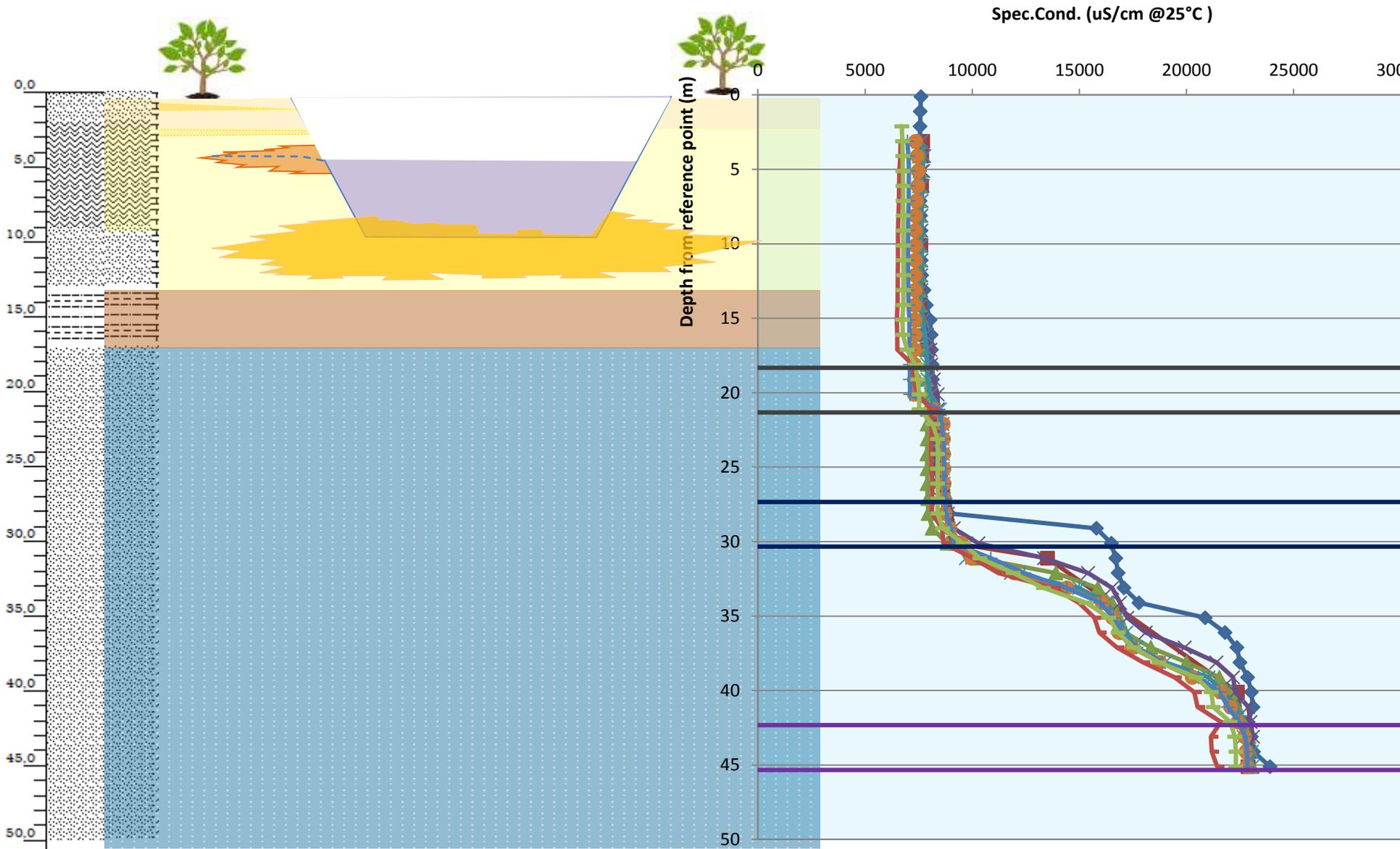
28 agosto fino al 15 settembre apertura al massimo 20 litri al secondo (18 giorni)  $= 20 * 3600 * 24 * 18 =$   
 $3.1104000$  litri corrispondenti a 31.104,0 m<sup>3</sup>

Dal 15 di settembre fino al 22 10 diminuzione afflusso a 6 litri al secondo per prossimità della vasca  
prossima al valore d contenimento quindi 37 giorni  $6 * 3600 * 24 * 37 = 19.180.800$  litri  
corrispondenti a 19180,8 m<sup>3</sup>

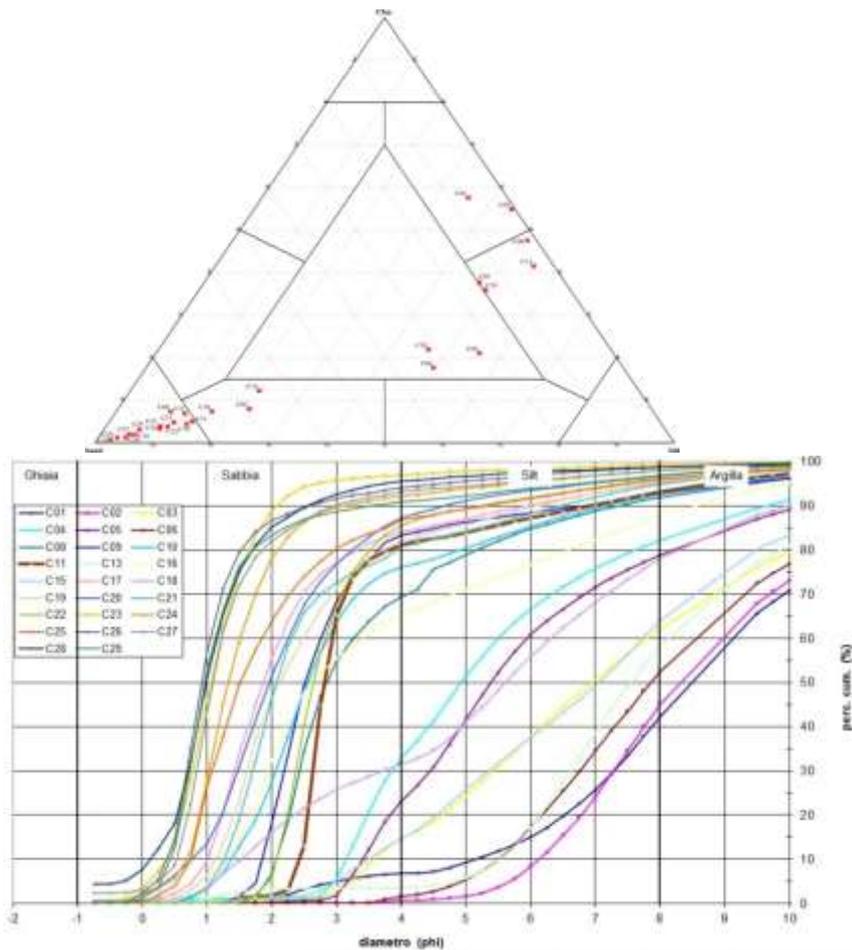
Dal 22.10 al diminuzione 25 novembre aperta al minimo 2 litri al secondo perché vasca piena. Totale  
35 giorni  $2 * 3600 * 24 * 35$   
 $= 6048000$  litri corrispondenti a 6048,0 m<sup>3</sup>

Impianto attualmente funzionante

Attualmente ogni anno l'impianto viene chiuso da Novembre ad Aprile e riaperto nel periodo  
irriguo.

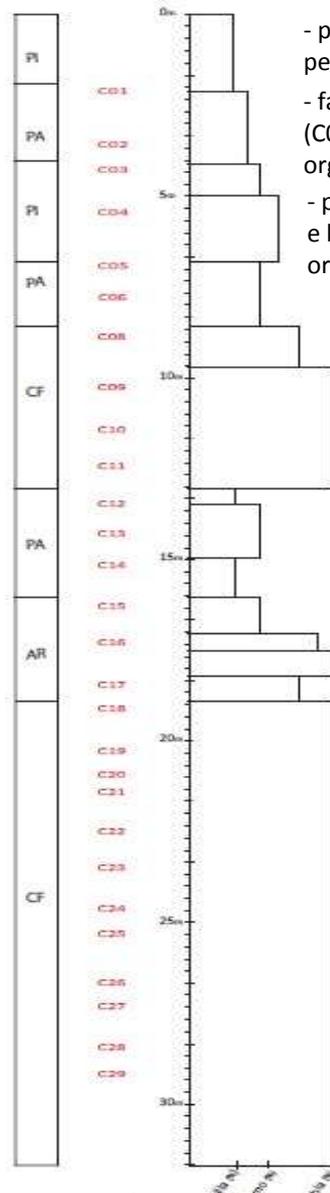


Si osserva una sequenza verticale di riempimento del canale fluviale, positiva o FU (fining upward) con una granulometria che decresce verso l'alto e accompagnata da una progressiva diminuzione dello spessore degli strati TU (thinning upward).



## Facies di ambiente continentale.

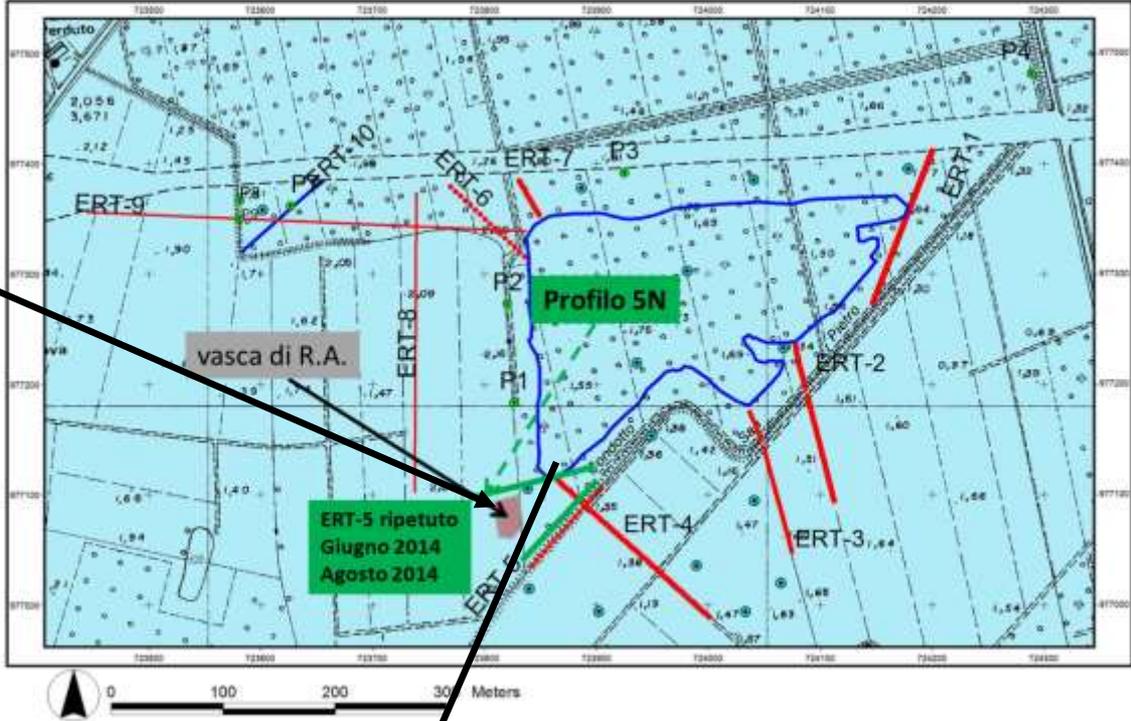
- piana inondabile (PI) litologia argillosa, con evidenze di pedogenesi e ossidi di ferro.
- facies palustri (PA) argilla limosa con intercalazioni brune, (C01-C02) con intercalazioni di argilla ricche in sostanza organica.
- piana inondabile (PI): loam e limo argilloso con pedogenesi e livello di argilla ben compatta da -4.60 a -4.35 ed orizzonti organici scuri e ossidi di ferro,
- palustri (PA) limo argilloso e loam e intercalati argilla e torba.
- canale di rotta (CF), litologia sabbiosa, (C08-C11); presenza di una base netta ed erosiva.
- palustri (PA) loam e limo argilloso, di colore scuro-grigio e presenza di sostanza organica decomposta parzialmente (torbe)
- argine (AR) rappresentato da un'alternanza di sabbie e limi

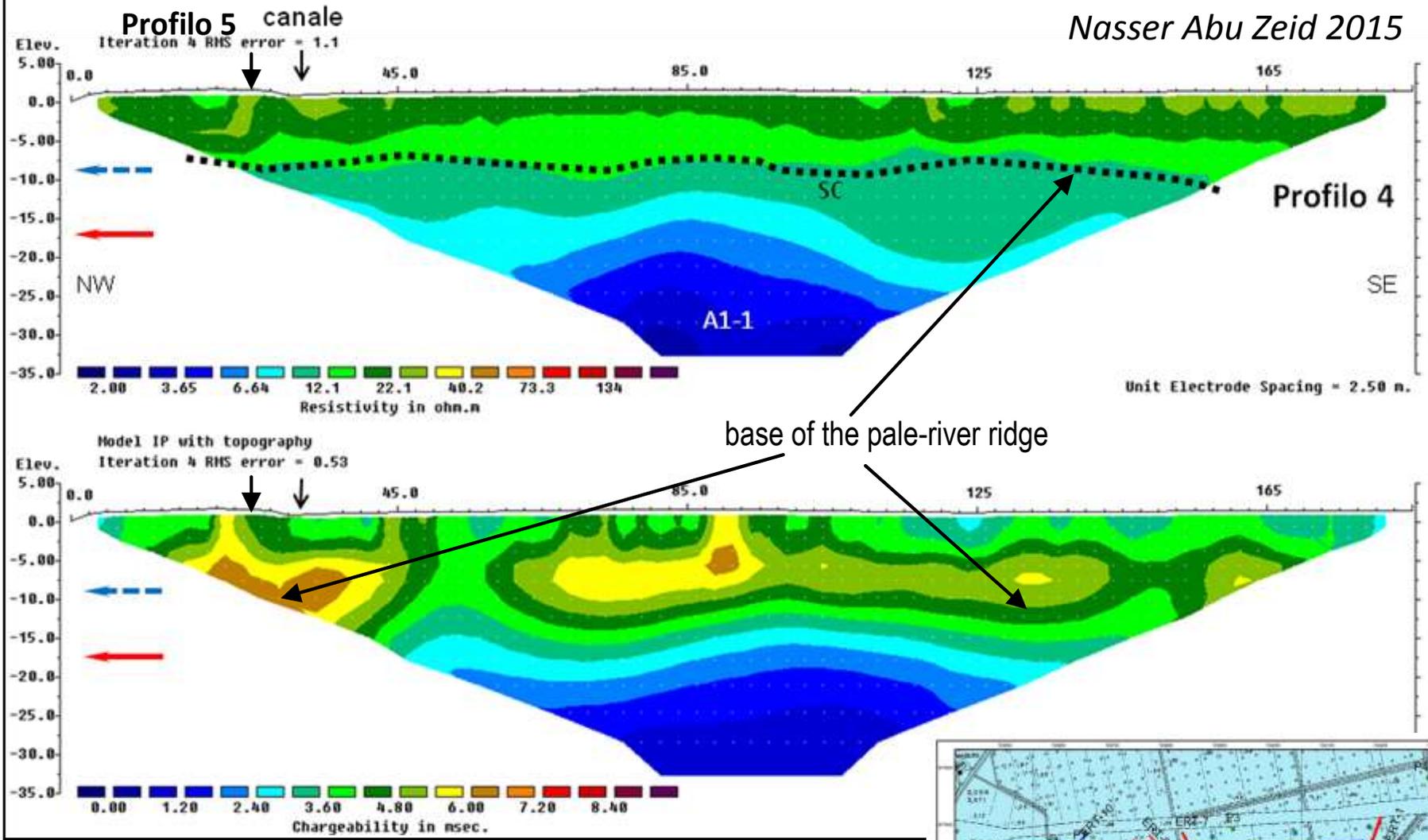


canale fluviale (CF) rappresentato da granulometria sabbiosa: curva cumulativa caratteristica di sedimenti fluviali, con troncamento della coda grossolana che potrebbe rappresentare il limite dimensionale dei granuli trasportati dal fiume.

Località	Campione	quota sondaggio	profondità campione	quota campione	età convenzionale	età calibrata 2σ	materiale datato	laboratorio	ambiente deposizionale
Copparo	SP984	0.5	13.30	-12.80	6550±90	7585-7287	torba	ENEA (Bologna Italy)	palude
Copparo	SP985	0.5	15.65	-15.15	6850±120	7936-7508	torba	ENEA (Bologna Italy)	palude

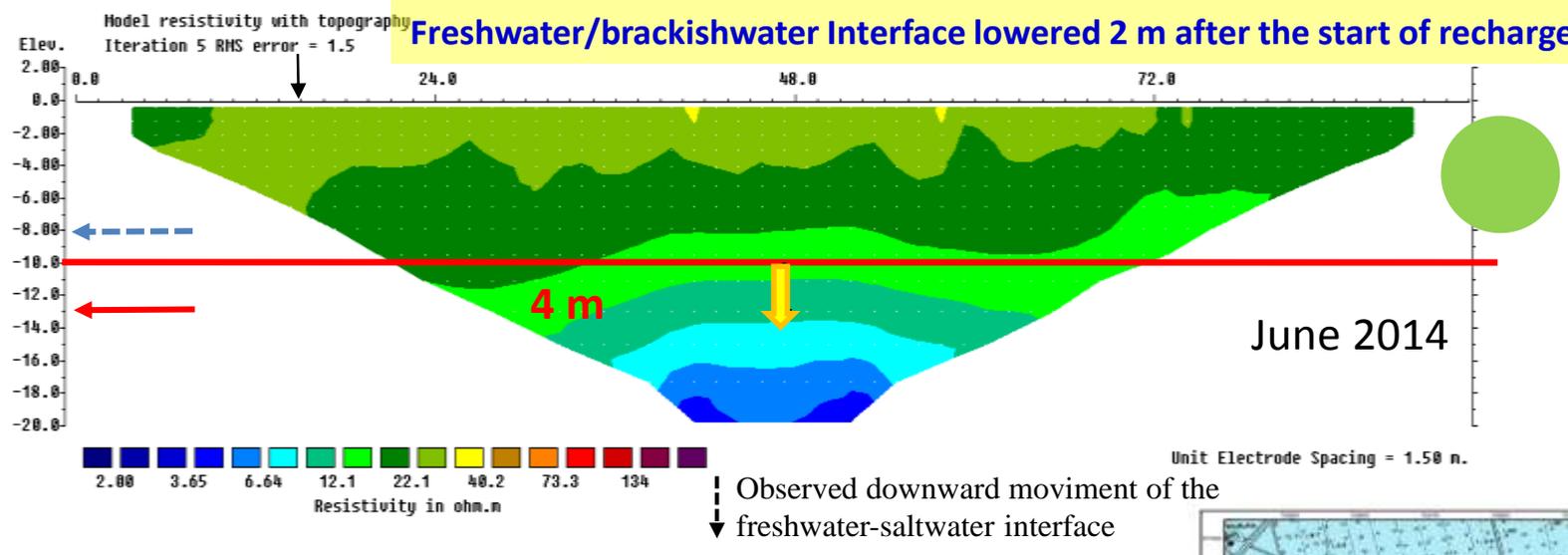
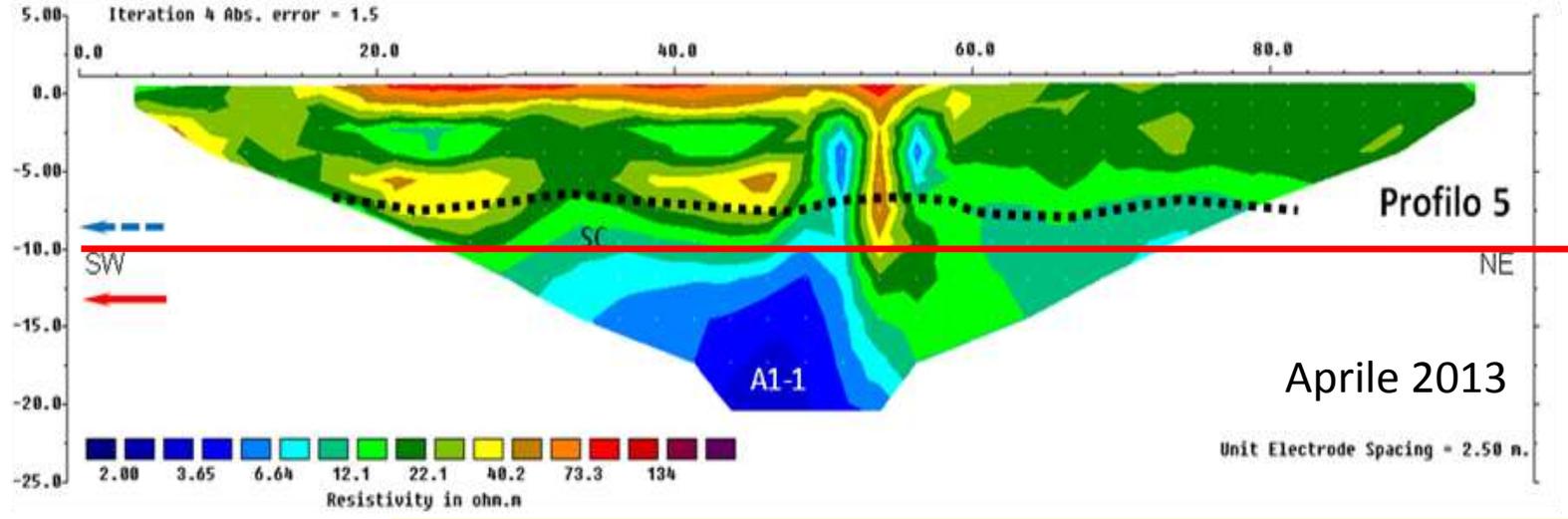
① sito test: Copparo, FE  
Emilia-Romagna





2D inversion model of profile No. 4  
(a) resistivity and (b) chargeability (induced polarization); dashed blue arrow: base of the paleo-river ridge, continuous red arrow: top of the confined aquifer.





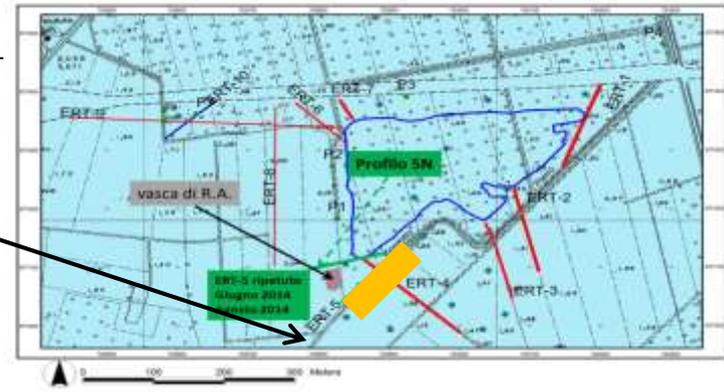
**Sistema di Monitoraggio indiretto a SEMAFRO**

**Rosso: attenzione pre-allarme**

**Verde: normale**

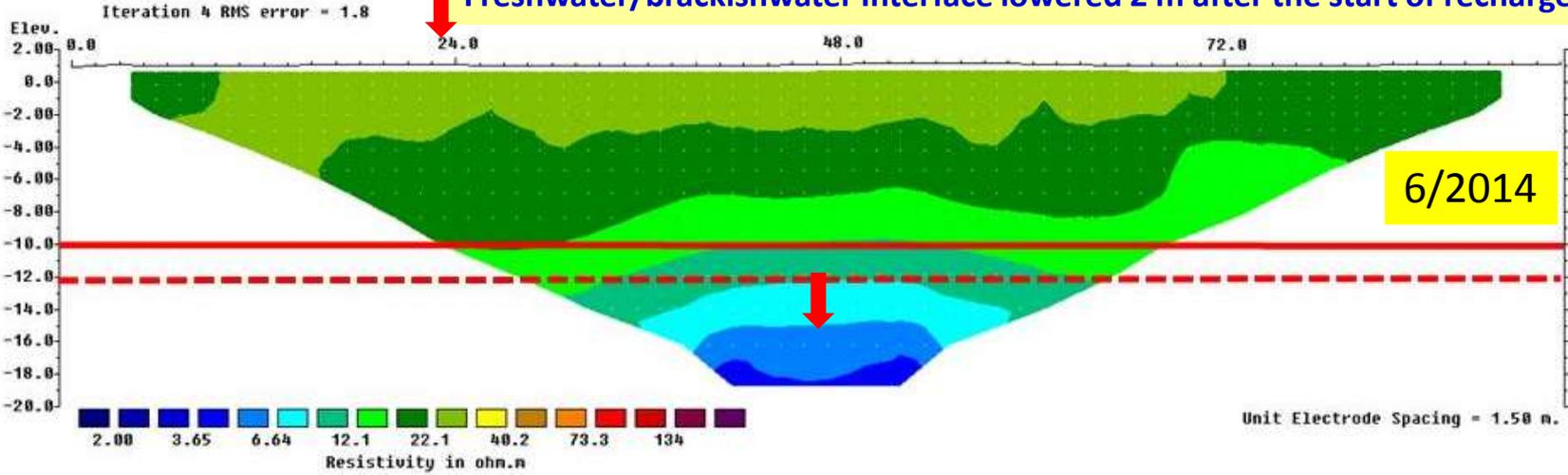
2D resistivity inversion models of profile No. 5 (a) April 2013 and (b) June 2014; dashed blue arrow: base of the paleo-river ridge, continuous red arrow: top of the confined aquifer

*Nasser Abu Zeid 2015*



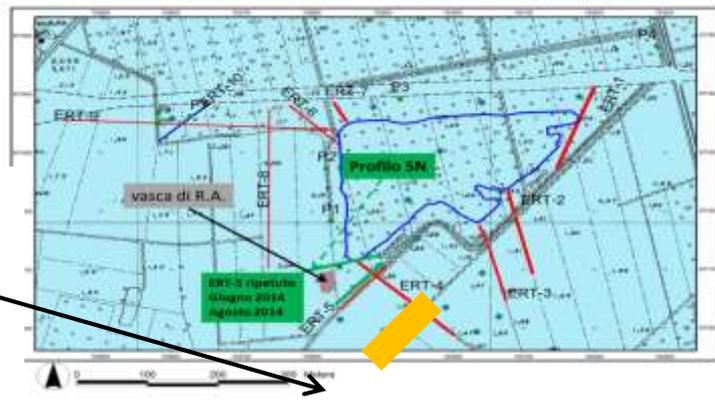
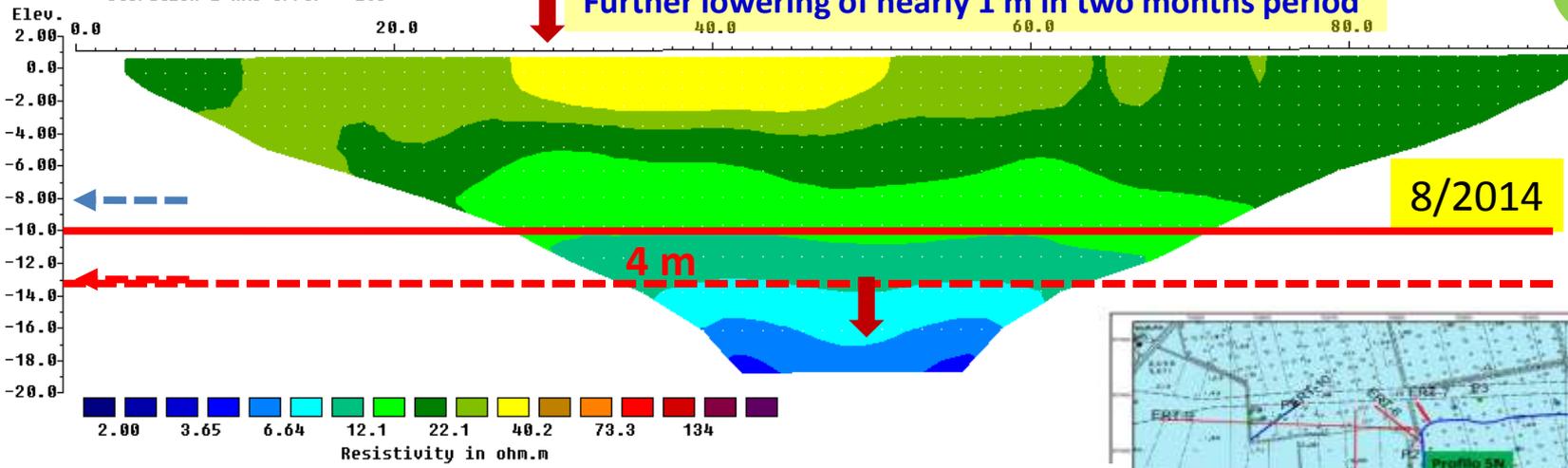
Freshwater/brackishwater Interface lowered 2 m after the start of recharge

Sistema di Monitoraggio indiretto a SEMAFRO  
**Rosso:** attenzione pre-allarme  
**Verde:** normale

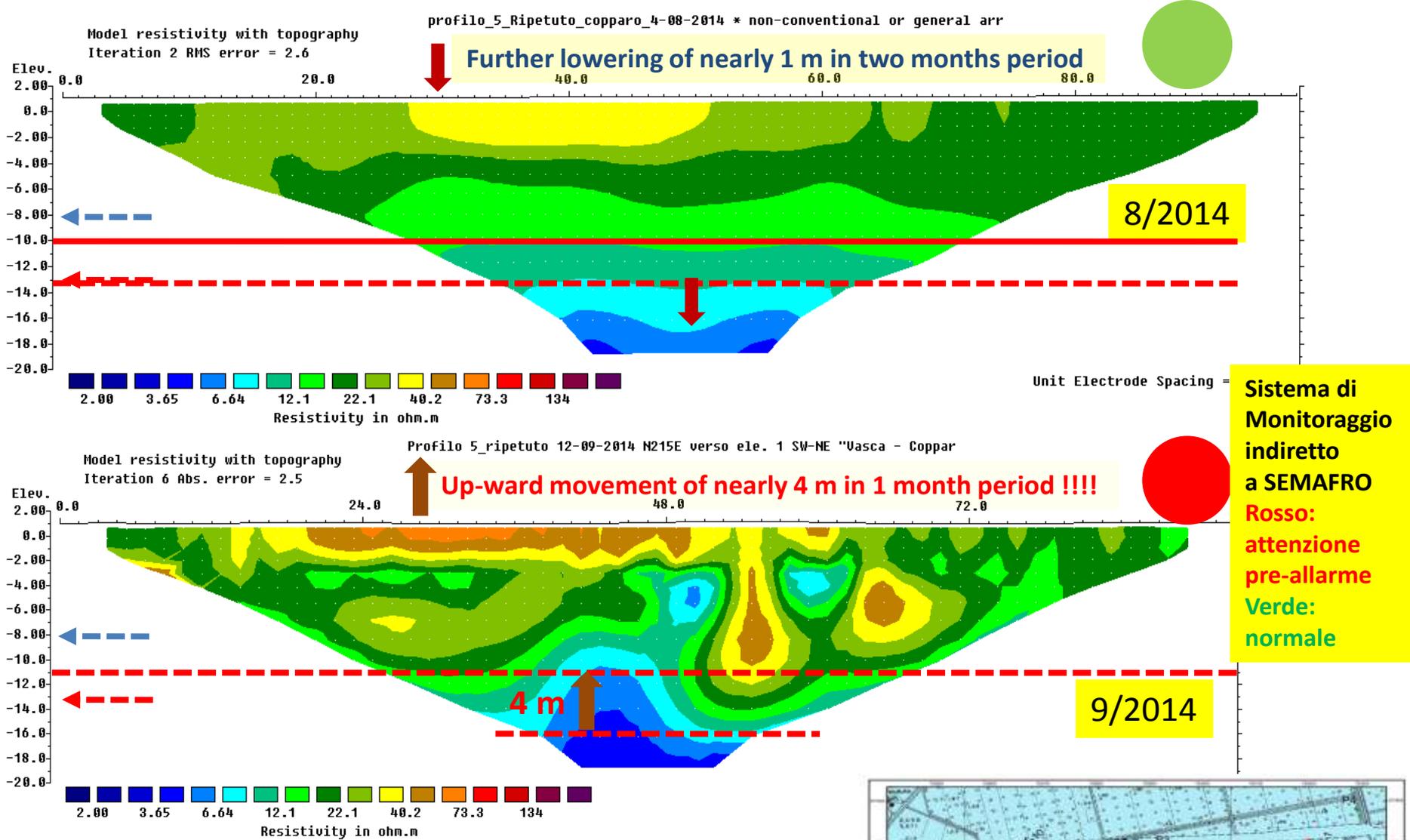


profilo\_5\_Ripetuto\_copparo\_4-08-2014 \* non-conventional or general arr

Further lowering of nearly 1 m in two months period



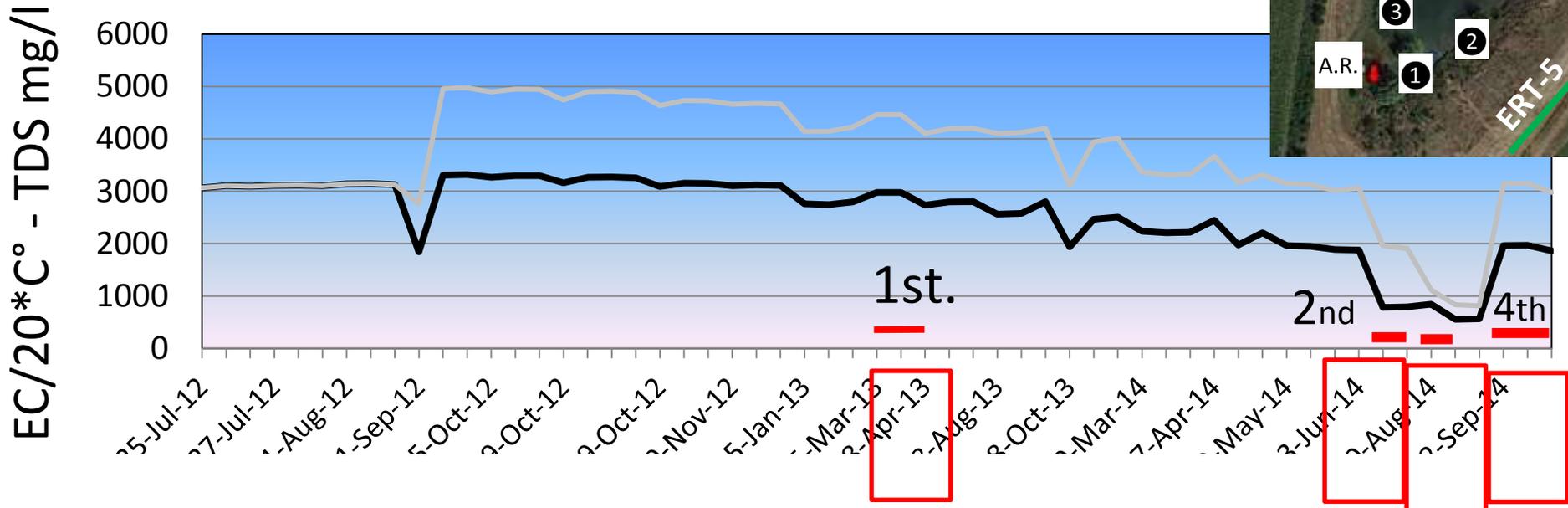
2D resistivity inversion models of profile No. 5 (top) June 2014 and (bottom) August 2014; dashed blue arrow: base of the paleo-river ridge, continuous red arrow: top of the confined aquifer



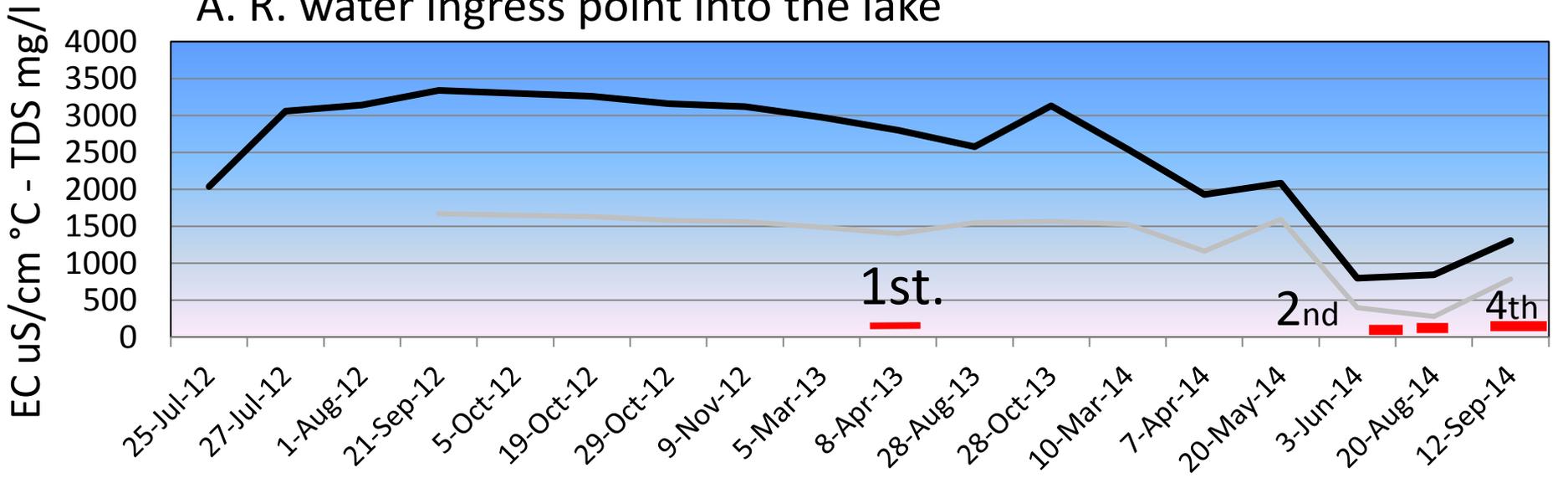
2D resistivity inversion models of profile No. 5  
 (a) August 2014 and (b) September 2014;  
 dashed blue arrow: base of the paleo-river ridge,  
 continuous red arrow: top of the confined aquifer



# Lago (ex-cava di argilla)



## A. R. water ingress point into the lake



— EC uS/cm — TDS ppm

(Data source: Unife)

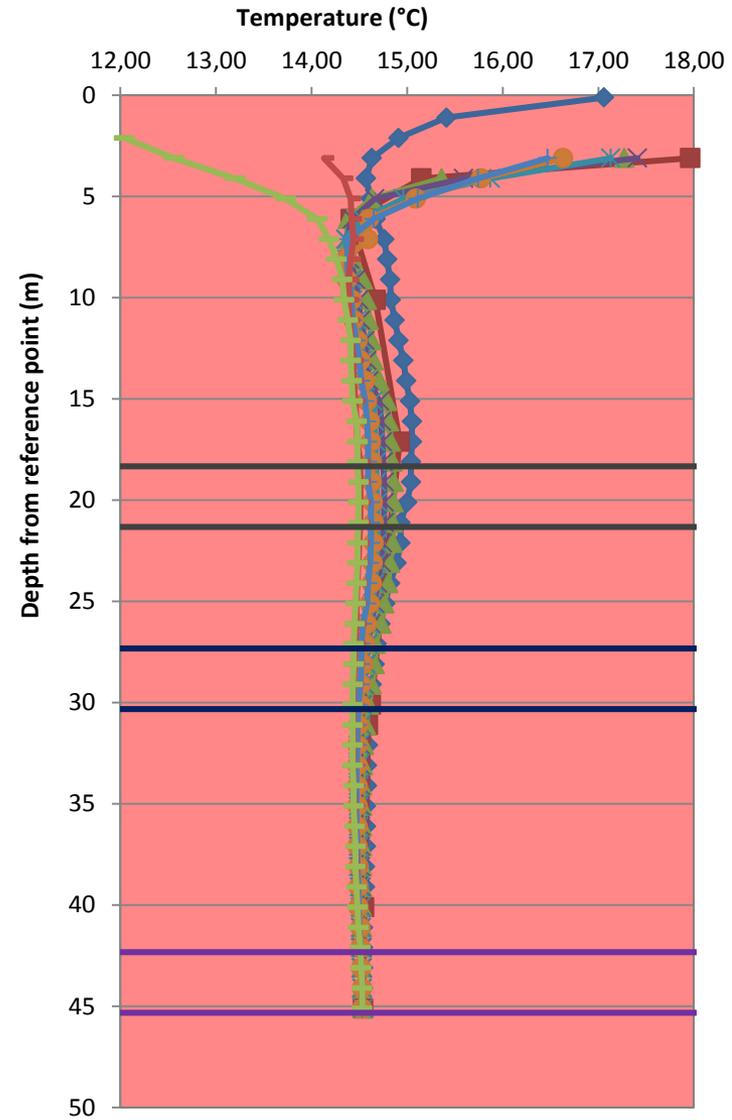
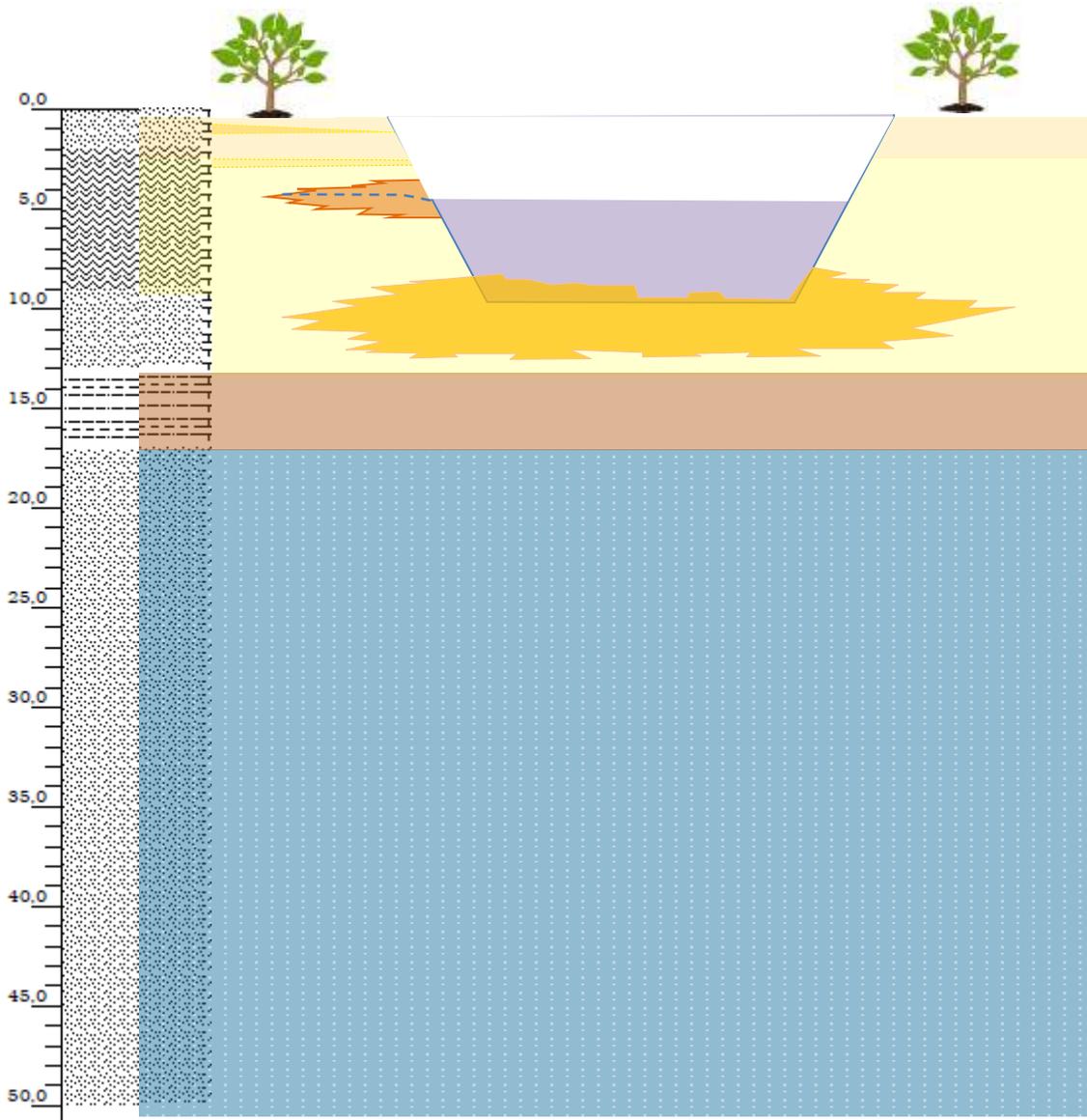
# Canale realizzato dal Comune di Copparo per collegare l'impianto di ricarica con il fiume Naviglio



università di ferrara  
TehnHub

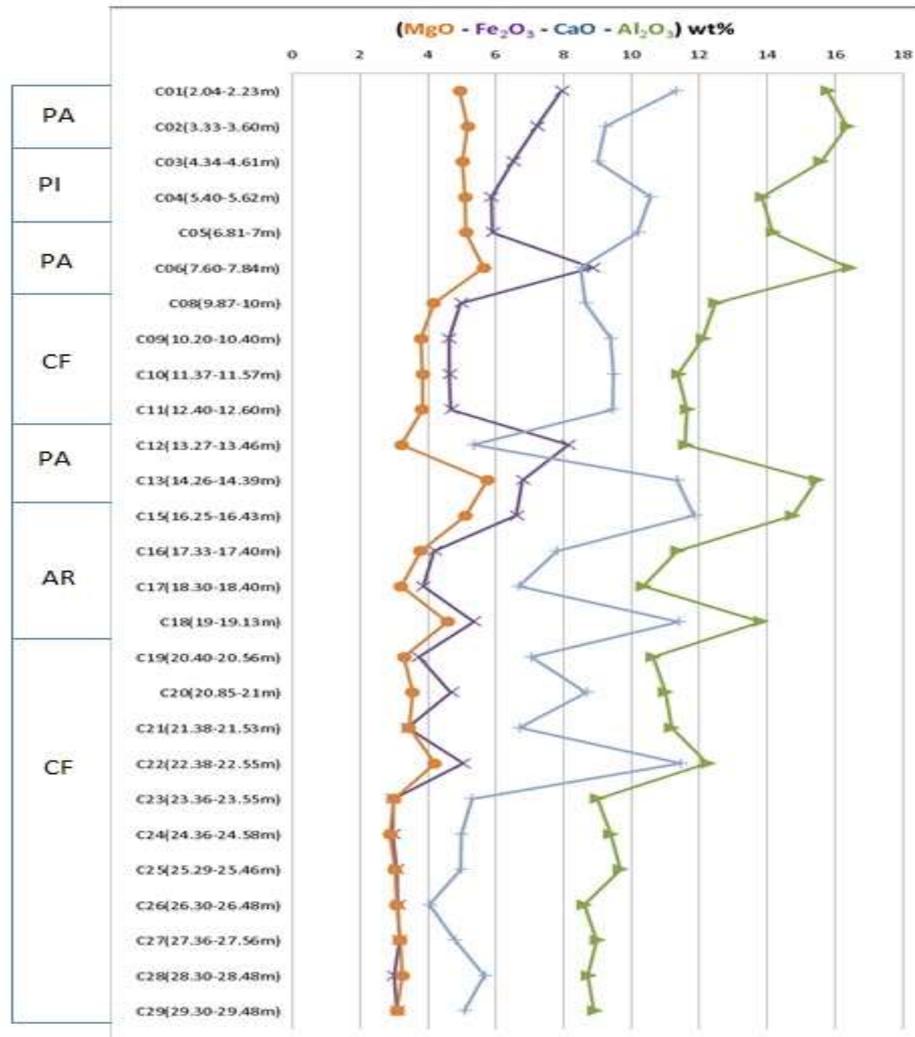
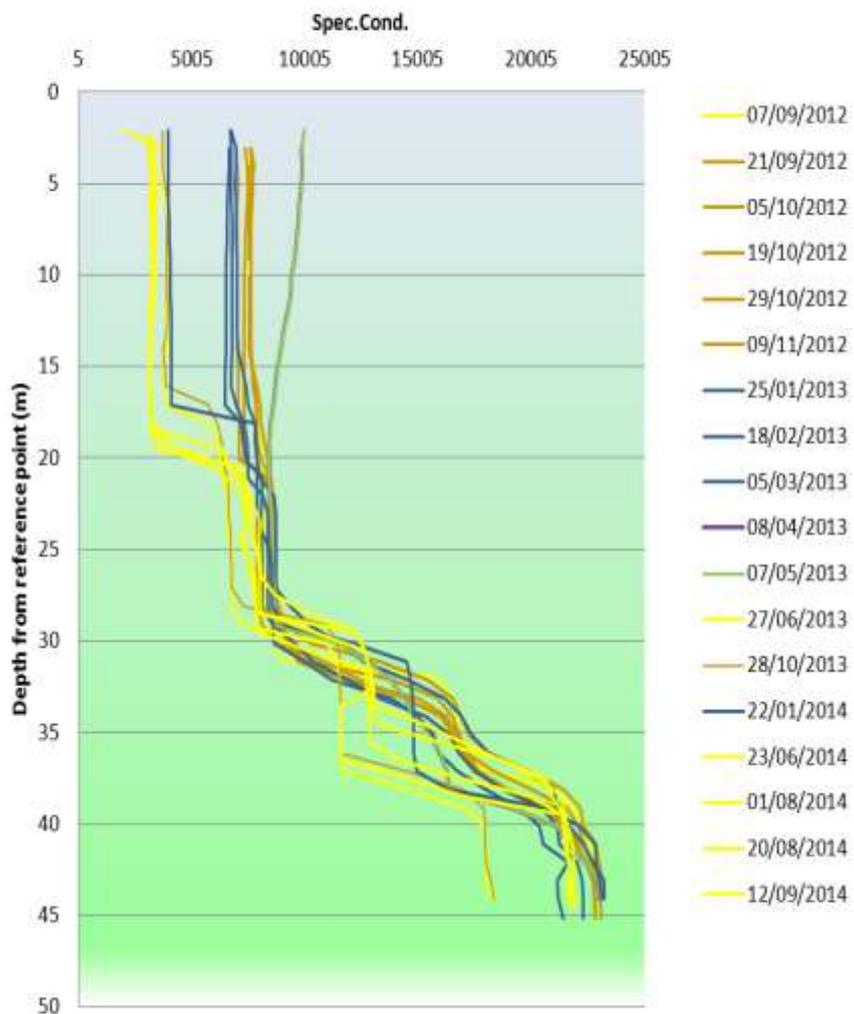


- **La disponibilità di dettagliati dati idrogeologici acquisiti con appropriate tecnologie geofisiche e un monitoraggio idrologico accurato permette lo sviluppo e la calibrazione di appropriati strumenti modellistici**
- **I modelli calibrati su periodi test di ricarica artificiale possono essere utilizzati per quantificare l'effetto della ricarica su lunghi intervalli temporali**
- **L'applicazione modellistica può fornire affidabili previsioni sulla risposta del sistema non solo alla scala locale ma anche a quella regionale, potendo così individuare le più appropriate metodologie di gestione della risorsa idrica sotterranea**

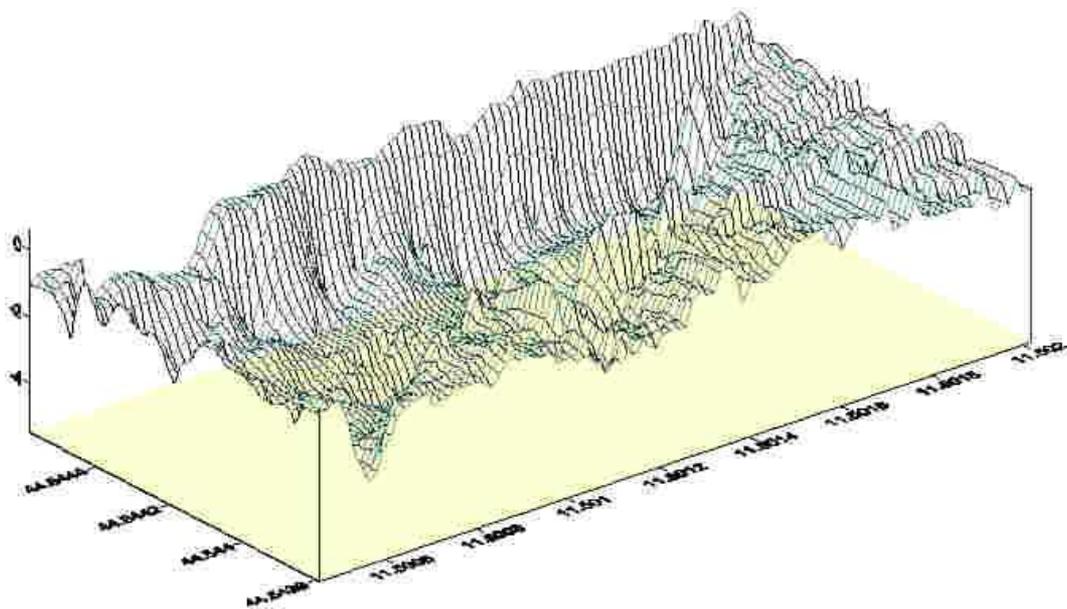
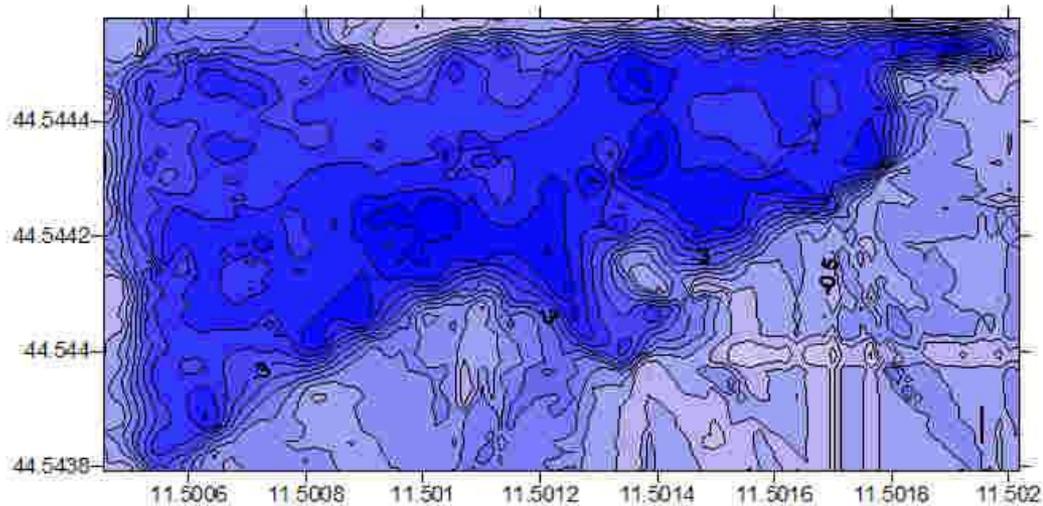




### Titulo del grafico



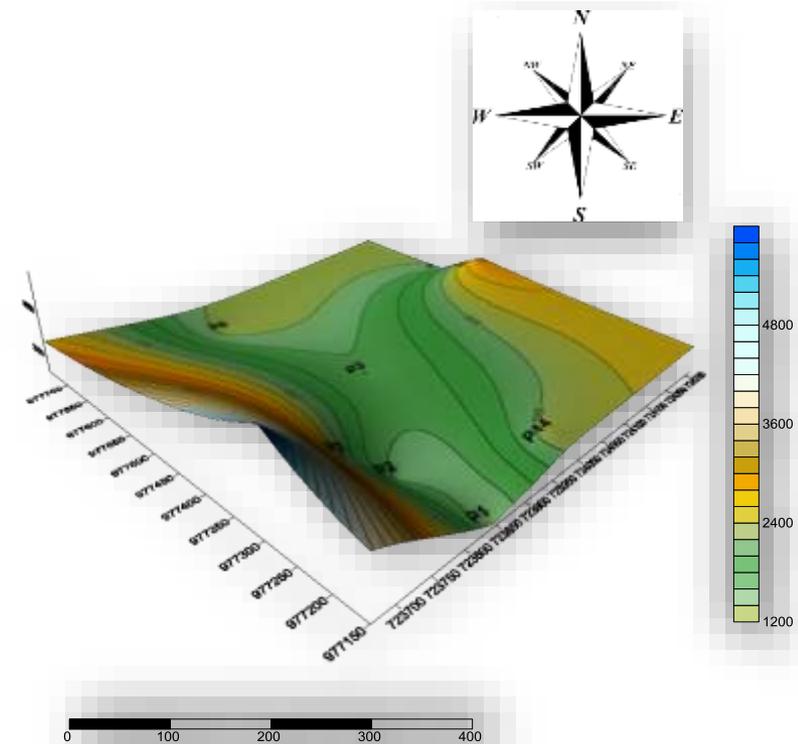
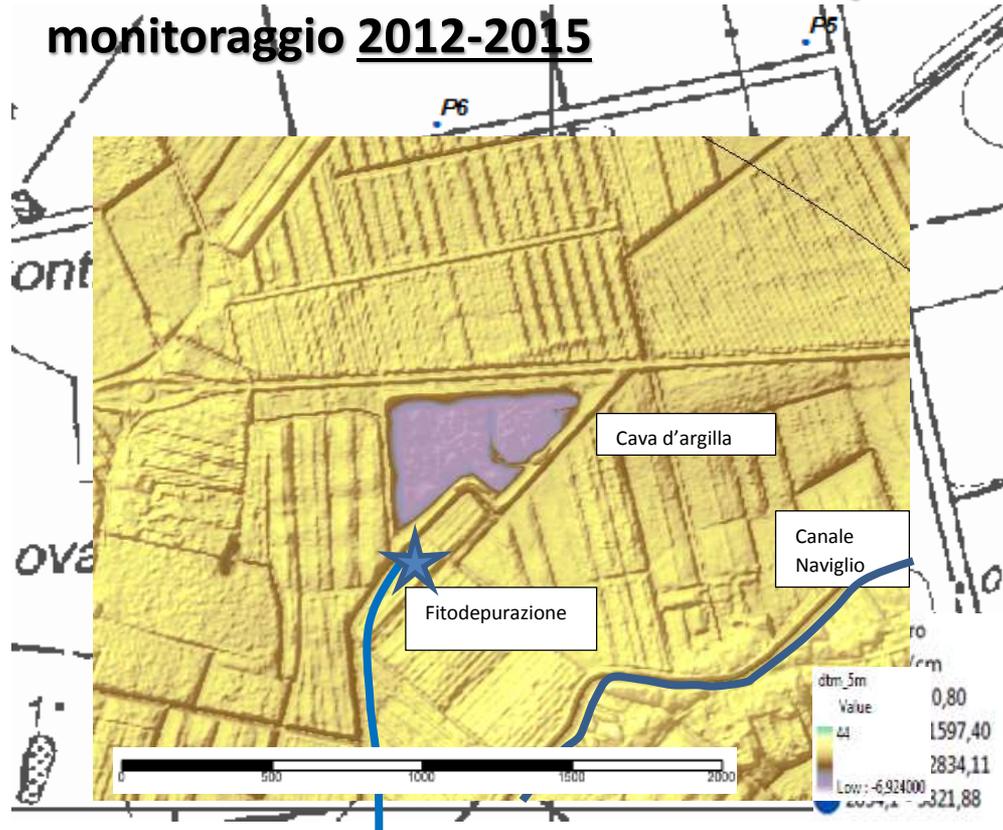




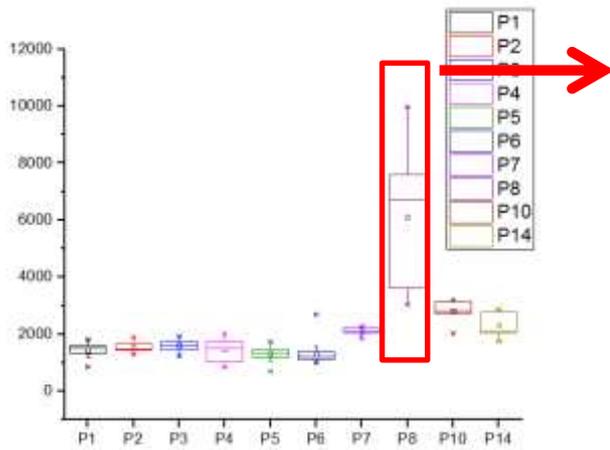
## Attività sul campo:

- Monitoraggio bimestrale parametri chimico fisici;
- periodico campionamento acque sotterranee per analisi degli elementi maggiori, elementi minori e in traccia, analisi isotopiche e analisi radonometriche

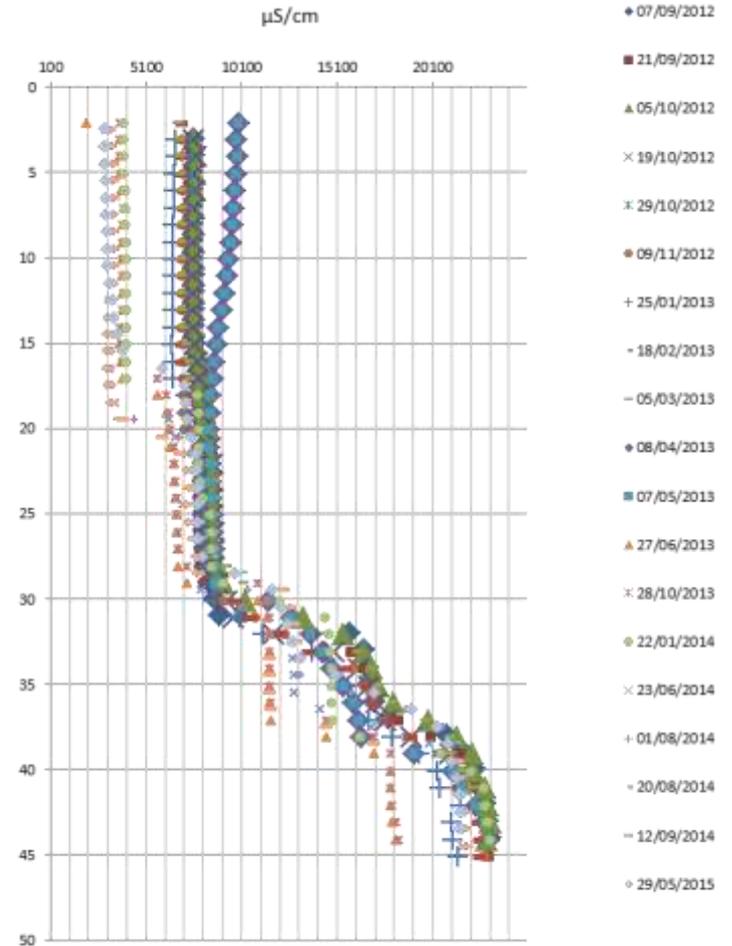
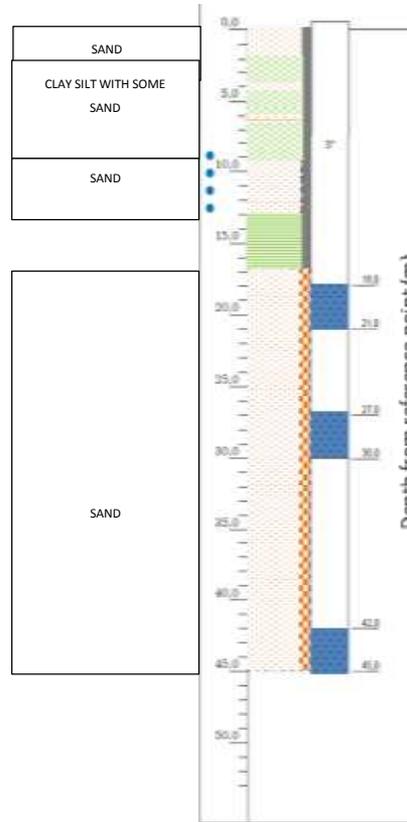
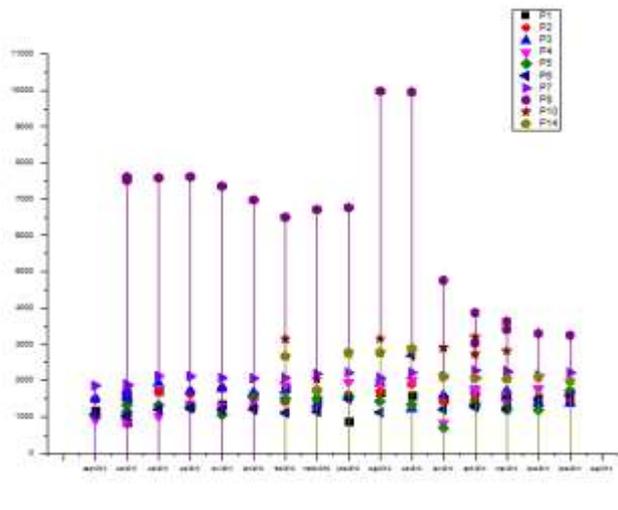
## Valori di conducibilità media nel periodo di monitoraggio 2012-2015



# VARIAZIONI DELLA CONDUCIBILITÀ ELETTRICA NEI PIEZOMETRI MONITORATI, LOG PIEZOMETRO 8

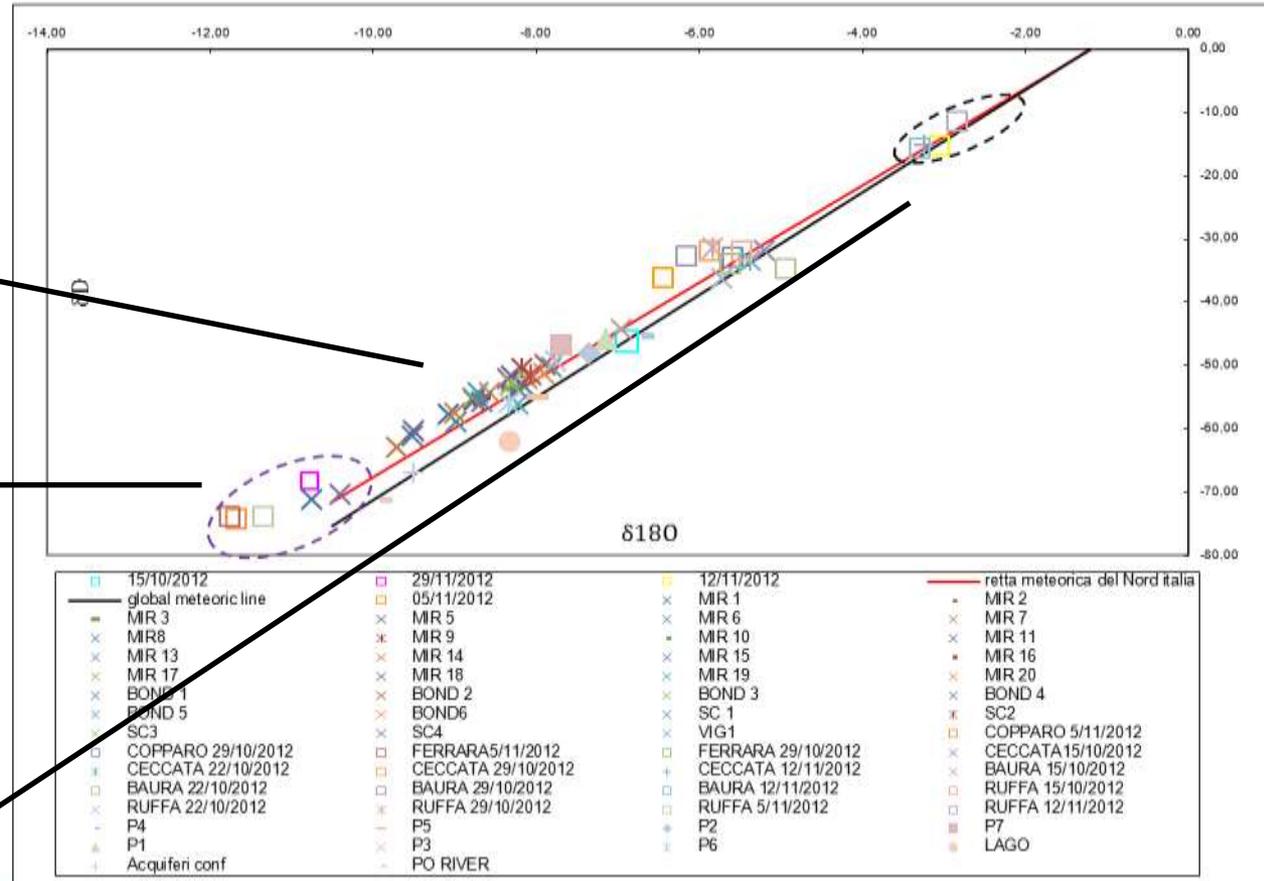
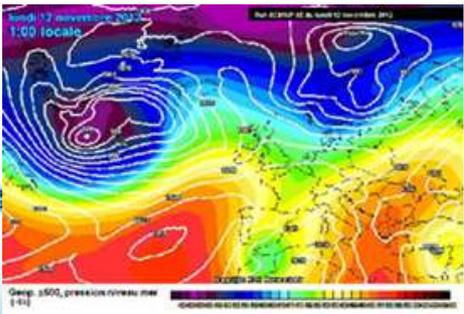
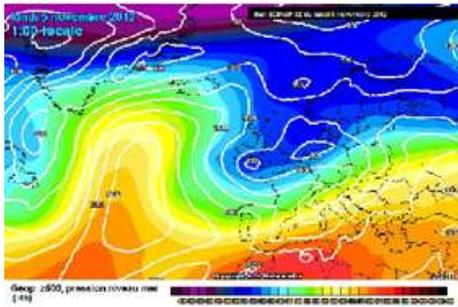
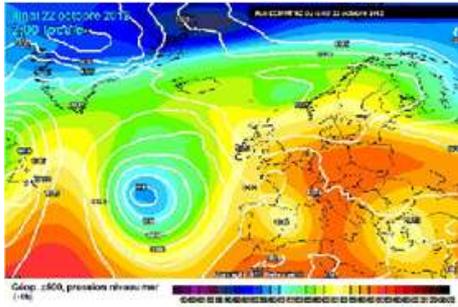


BOX PLOT DISPERSIONE VALORI NEI VARI PIEZOMETRI



ANDAMENTO DEL PARAMETRO DELLA CONDUCIBILITÀ ELETTRICA NEL CORSO DEI MONITORAGGI

# ANALISI ISOTOPICHE ACQUE SOTTERRANEE E ACQUE METEORICHE. STUDIO MICROCLIMATICO E GEOCHIMICO SULL'ORIGINE DELLE PRECIPITAZIONI, SULLA LORO COMPOSIZIONE ISOTOPICA E SULLA RICARICA NATURALE DELLE ACQUE SOTTERRANEE.

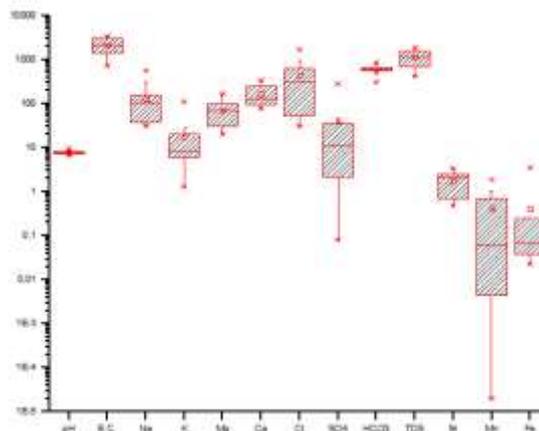
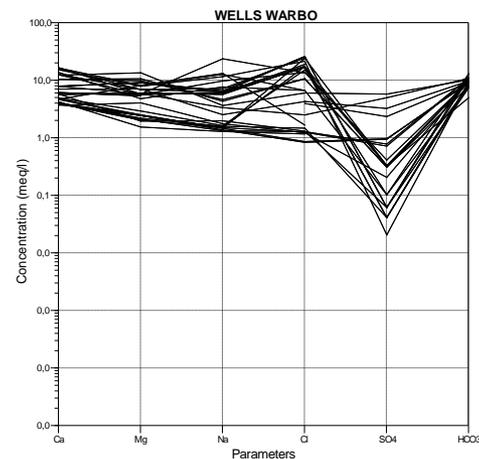
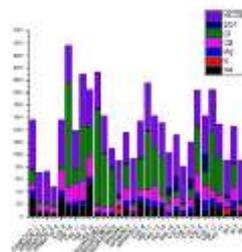


# ANALISI CHIMICHE SU CAMPIONI DI ACQUE SOTTERRANEE

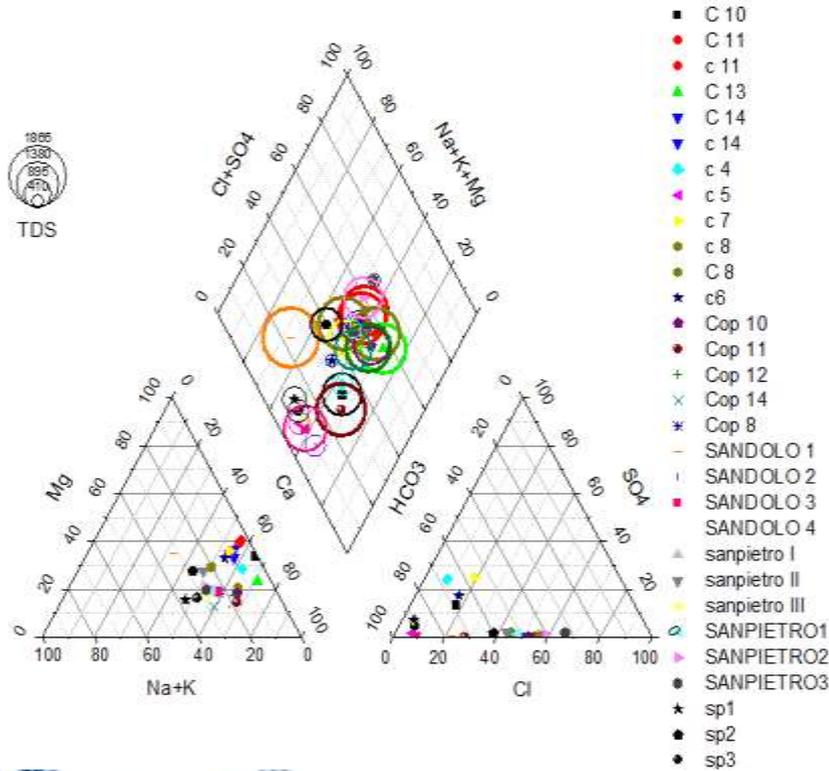


Punti di campionamento:

- 14 punti nell'area test del progetto WARBO,
- 3 a Ponte San Pietro;
- 4 nel Comune di Sandolo



# ANALISI CHIMICHE SU CAMPIONI DI ACQUE SOTTERRANEE: Piper diagram.



Ca(Mg)-HCO<sub>3</sub> composizione tipica degli acquiferi nelle regioni temperate →

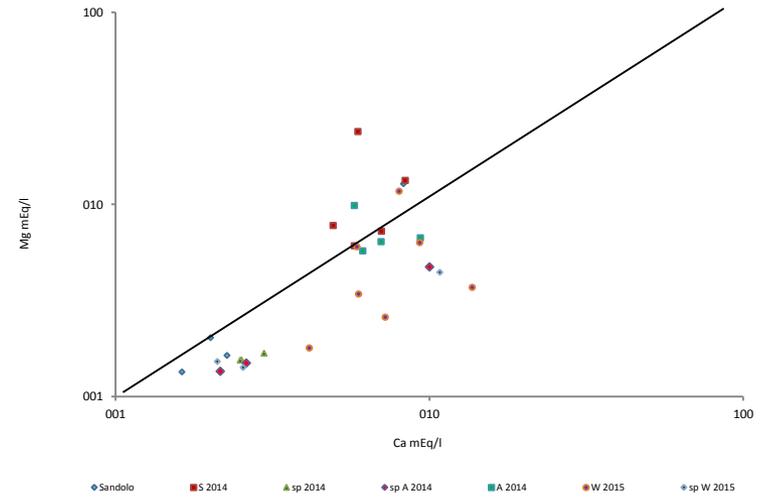
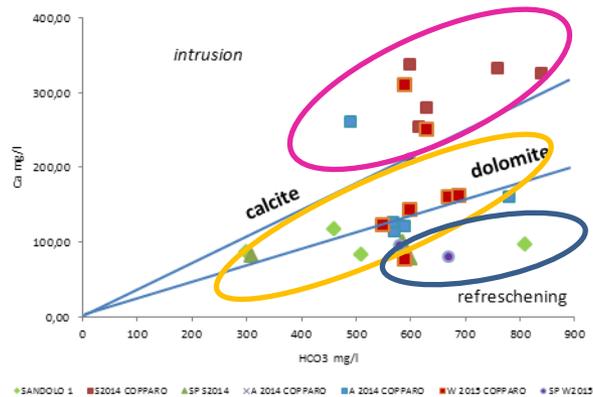
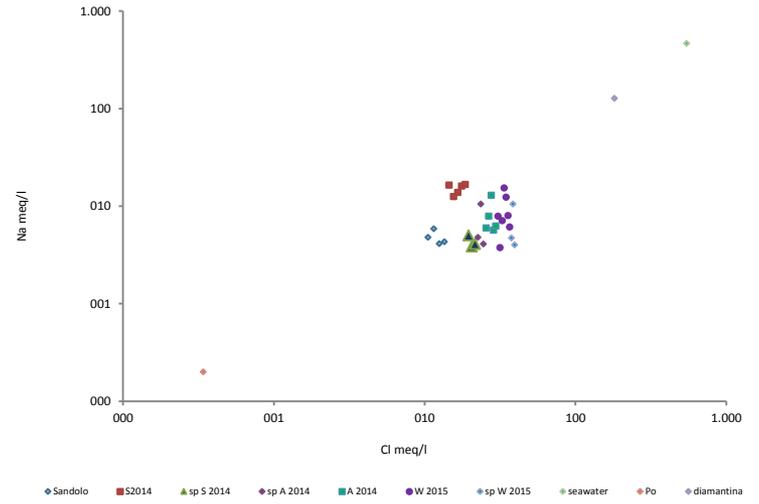
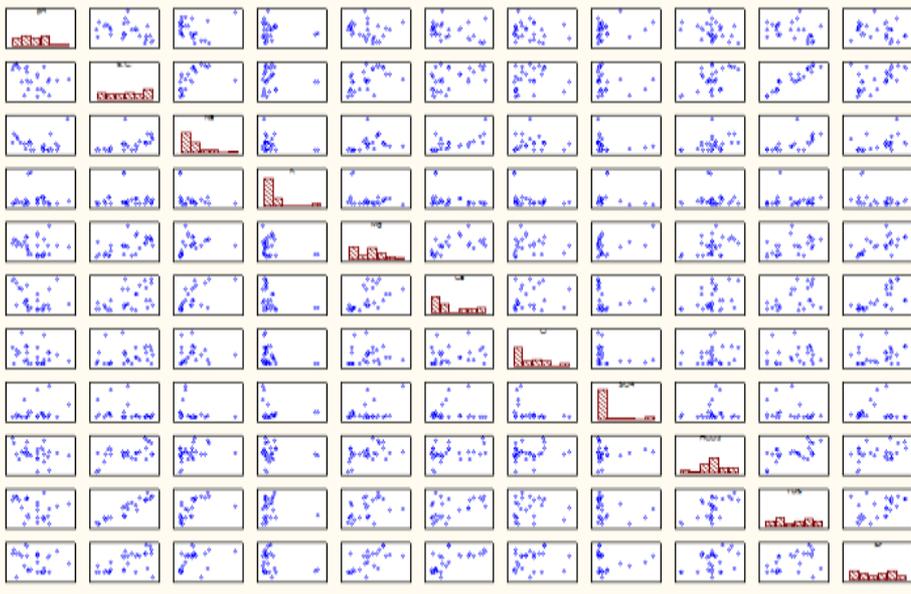
Na(K)Cl composizione comune in acque marine e acque fossili

Na(K)HCO<sub>3</sub>: composizione caratteristica di acque profonde che indica un processo di scambio ionico.

Parametro TDS nel Piper diagram conferma la tendenza delle acque al mescolamento.

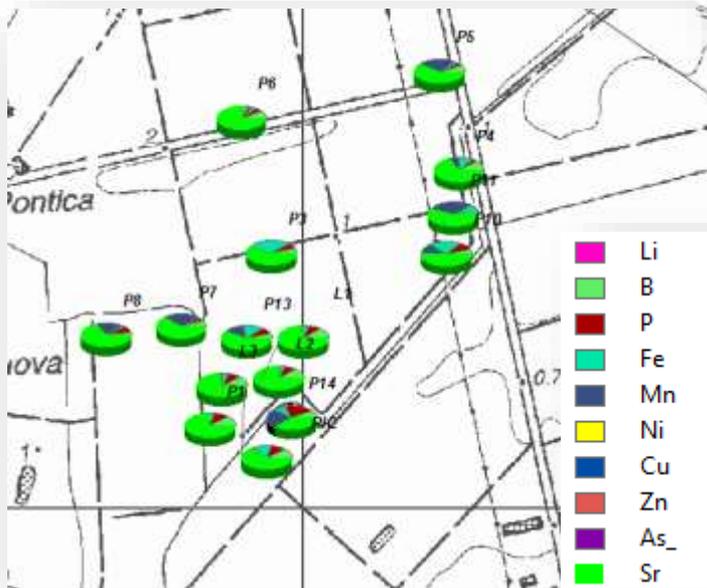


# INTERPRETAZIONE GEOCHIMICA DEI DATI: DIAGRAMMI DI CORRELAZIONE

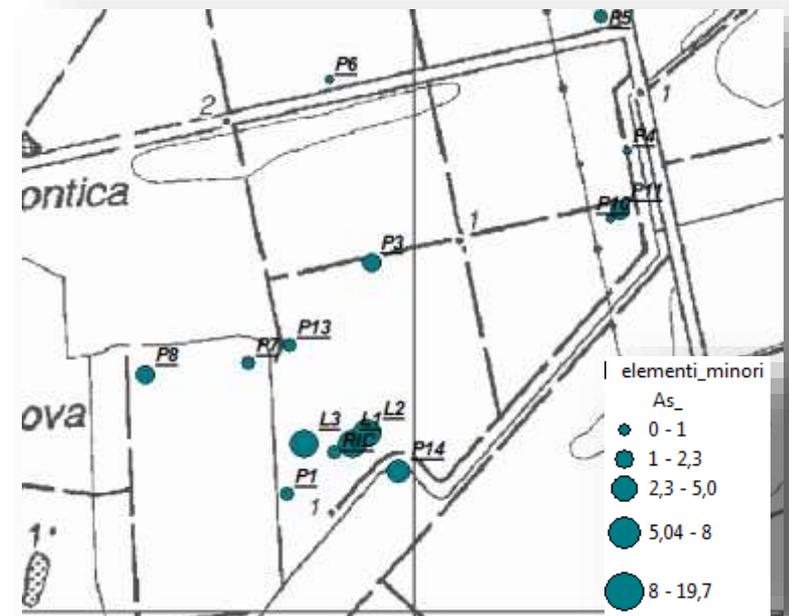


# ELEMENTI MINORI E IN TRACCIA

Le acque fossili sono caratterizzate da alti valori di alcuni elementi come As e B, il loro mescolamento ad acque che arrivano a pochi metri dalla superficie determina inquinamento ambientale.

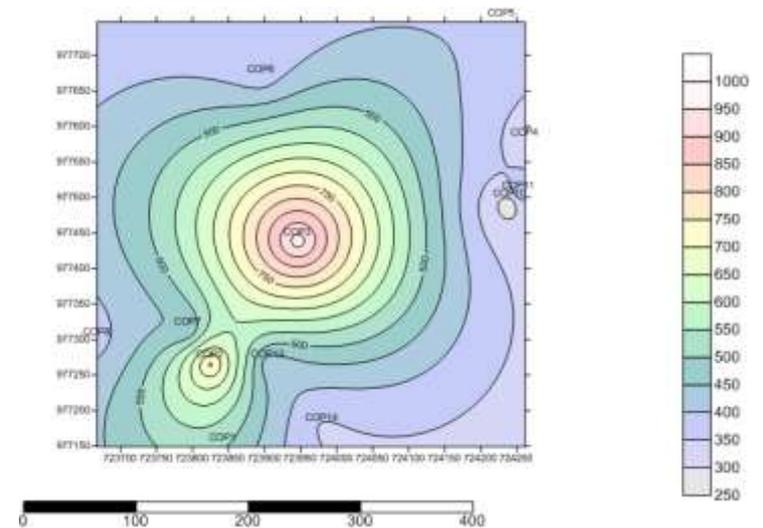
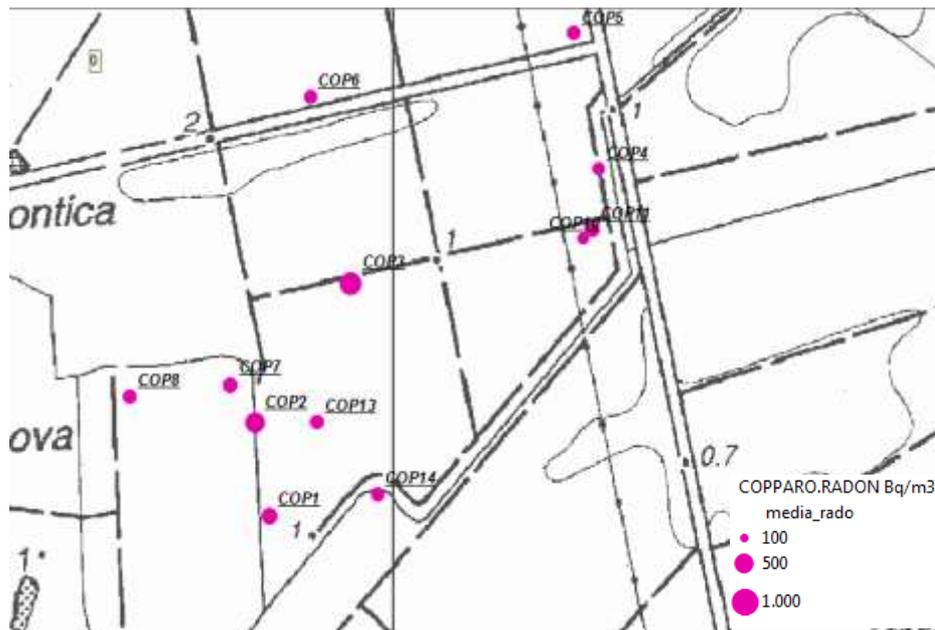


ABBONDANZA DI ELEMENTI MAGGIORI E IN TRACCIA NEI PIEZOMETRI MONITORATI E NELL'AREA CIRCOSTANTE LA ZONA DI RICARICA.

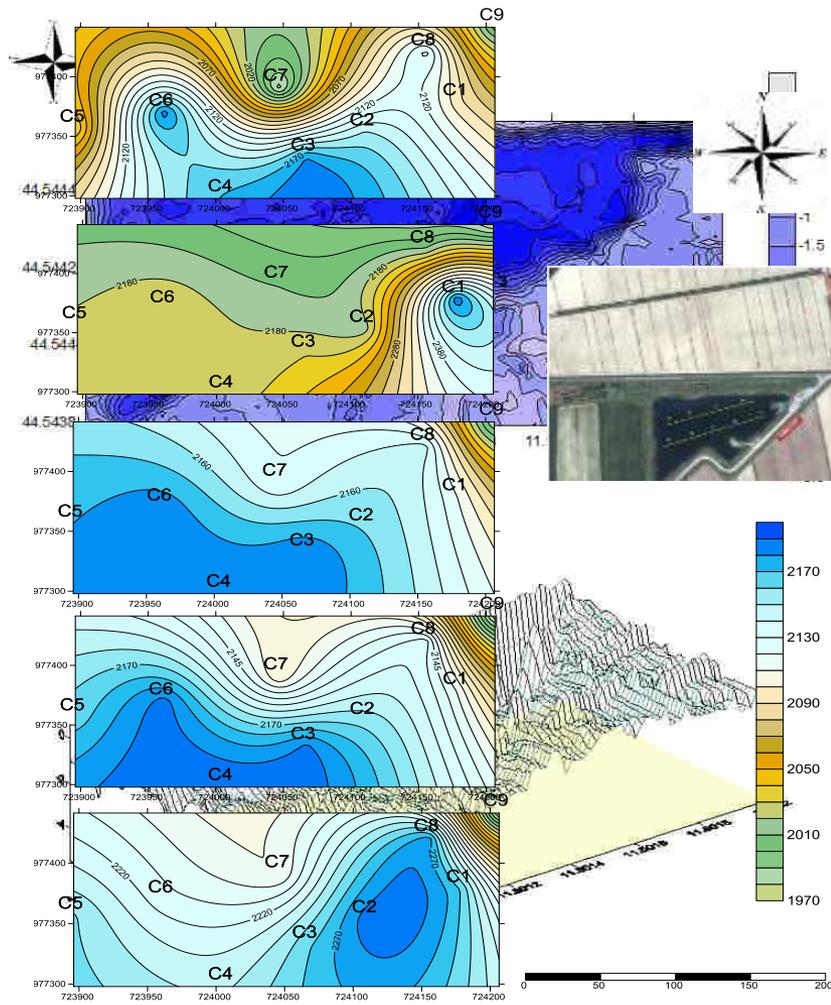
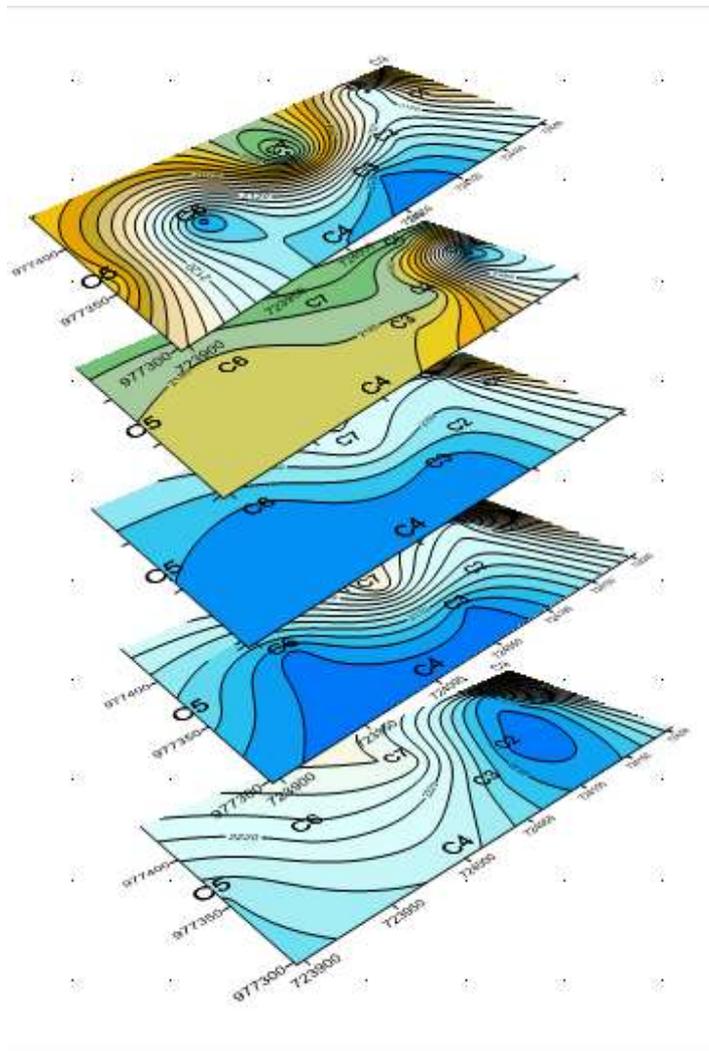


## RADON NELLE ACQUE SOTTERRANEE DEL SITO TEST

Le concentrazioni di Radon rilevate sono basse rispetto la media regionale (300- 1600 Bq/m<sup>3</sup>), la presenza di Radon nelle acque viene fortemente influenzata dalla velocità di circolazione dei fluidi e dal coefficiente di permeabilità dei suoli. I coefficienti di permeabilità del suolo sono bassi, il che influisce anche sulla dinamica della concentrazione del gas, sul passaggio dal suolo al liquido e sulla sua permanenza nelle acque sotterranee.

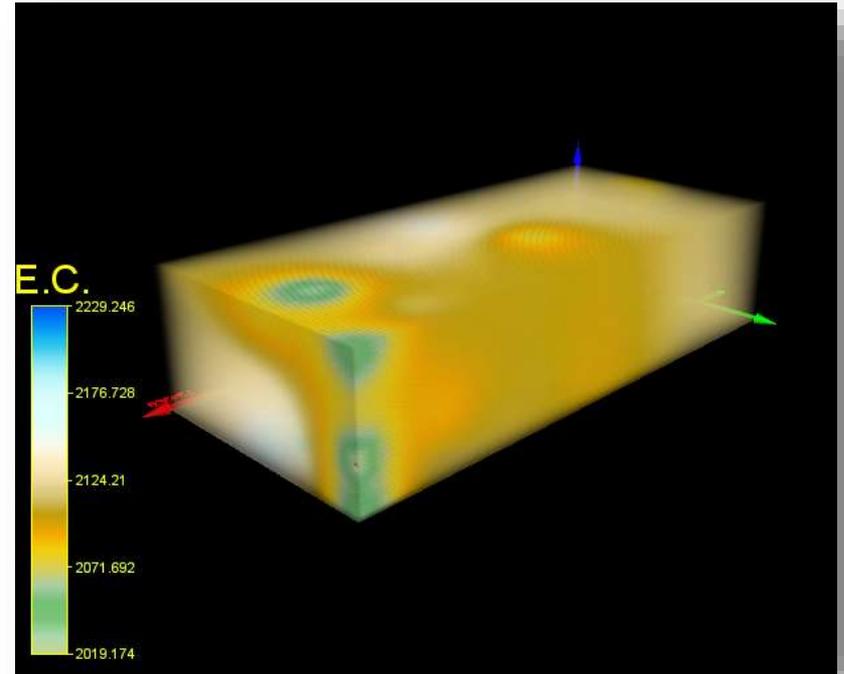
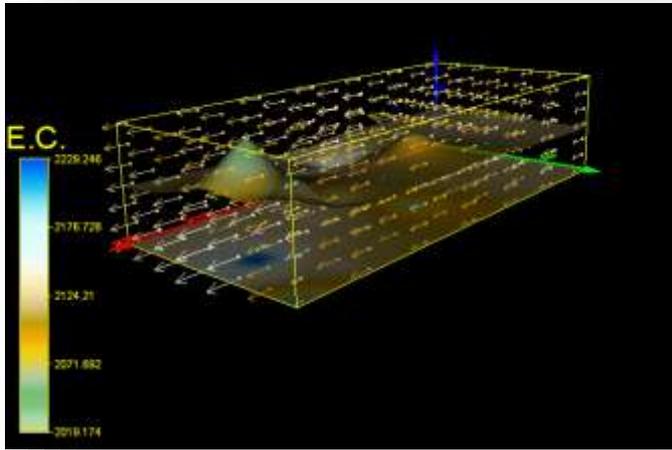


# MONITORAGGIO ACQUE DELL'INVASO ARTIFICIALE SUCCESSIVE ALLE AZIONI DI RICARICA ARTIFICIALE. EFFETTI DELLA RICARICA E DELLA FITODEPURAZIONE SULLA QUALITA' DELLE ACQUE.

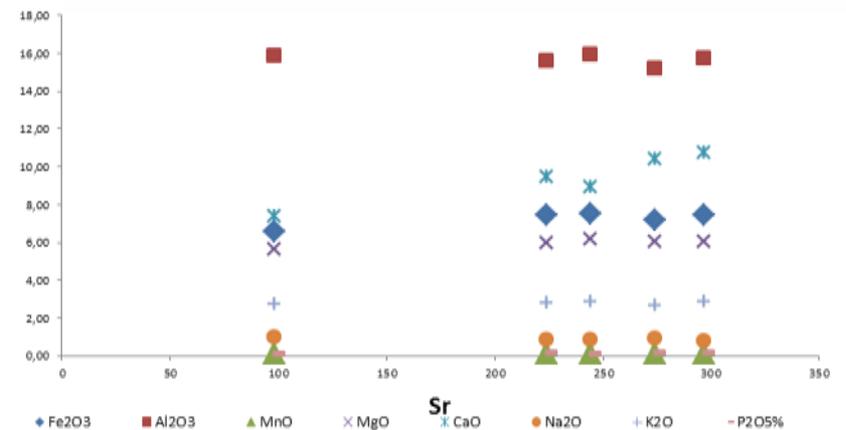
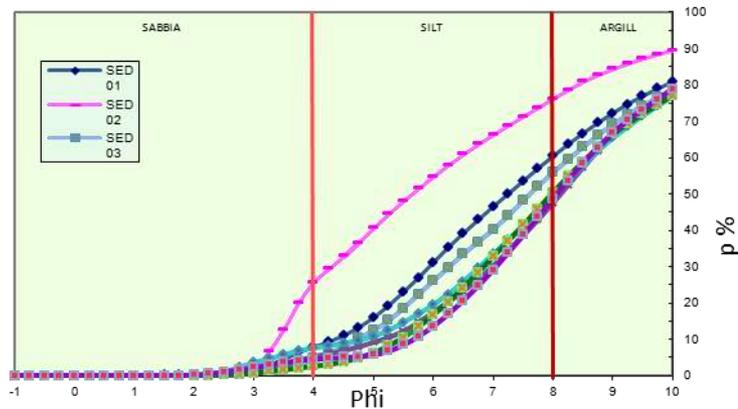


BATIMETRI DELL'INVASO E MODELLO TRIDIMENSIONALE

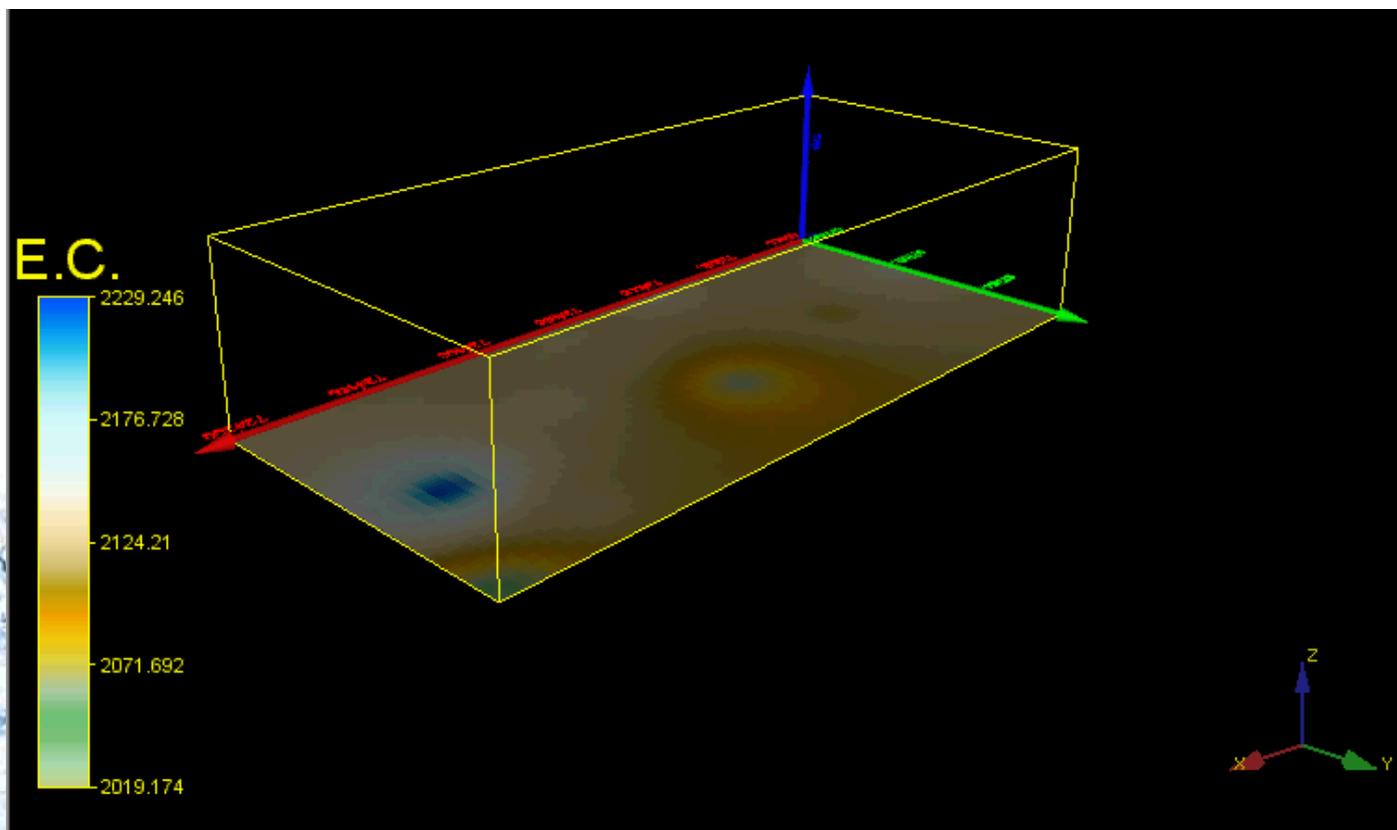
# MODELLI TRIDIMENSIONALI DELLA DISTRIBUZIONE DELLA CONDUCIBILITA' ELETTRICA IN PROFONDITA'.



VALORI ELEVATI DI CONDUCIBILITA' SEMBRANO AVERE UN INPUT PROVENIENTE DA SUD EST.



# ISOSURFACE CONDUCTIBILITA' ELETTRICA



**Diamantina Provincia di Ferrara - Emissioni  
Spontanee di acque metanifere da pozzi orfani**



Emissioni gassose di origine endogena non stimate  
per il bilancio di emanazione a scala globale (evento del 2013 nel Copparese)



**Problema mondiale es: Emissioni Spontanee di acque metani  
Valle di Ziz Marocco**

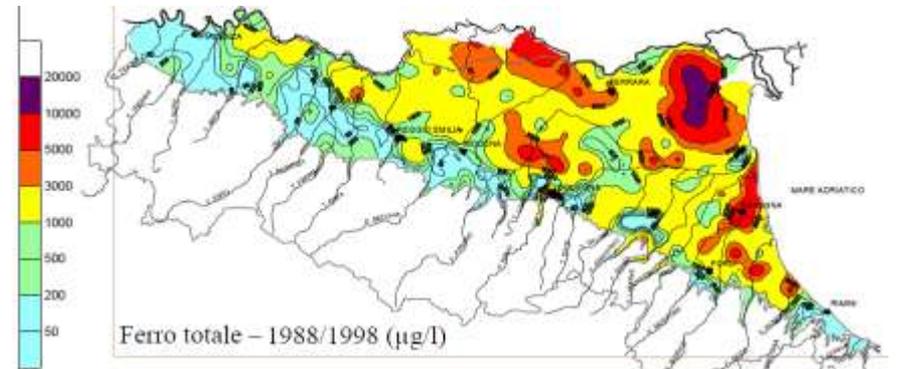
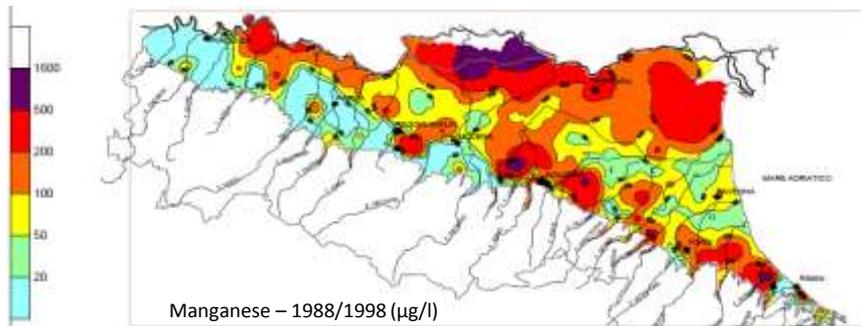
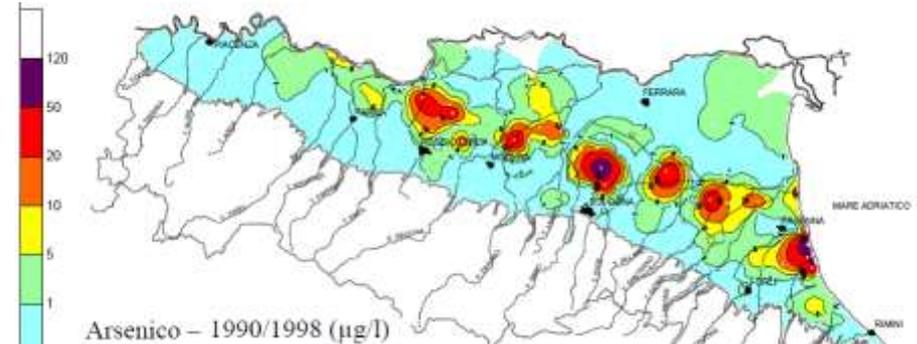
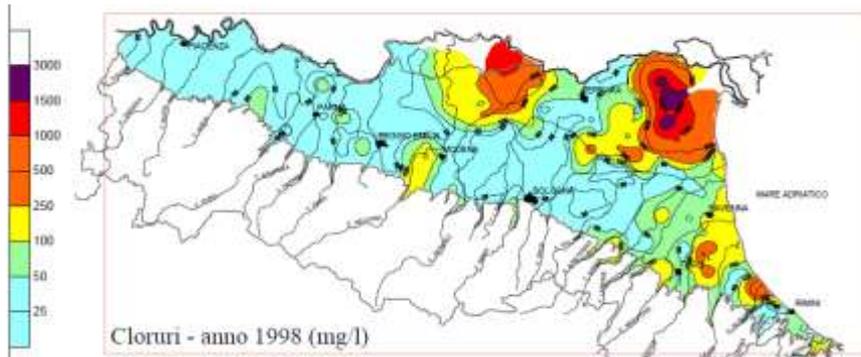




**Valle di Ziz Marocco eruzione di acque metanifere da pozzi abbandonati**

## Rete di monitoraggio della Regione Emilia Romagna – ARPA (02.11.2004)

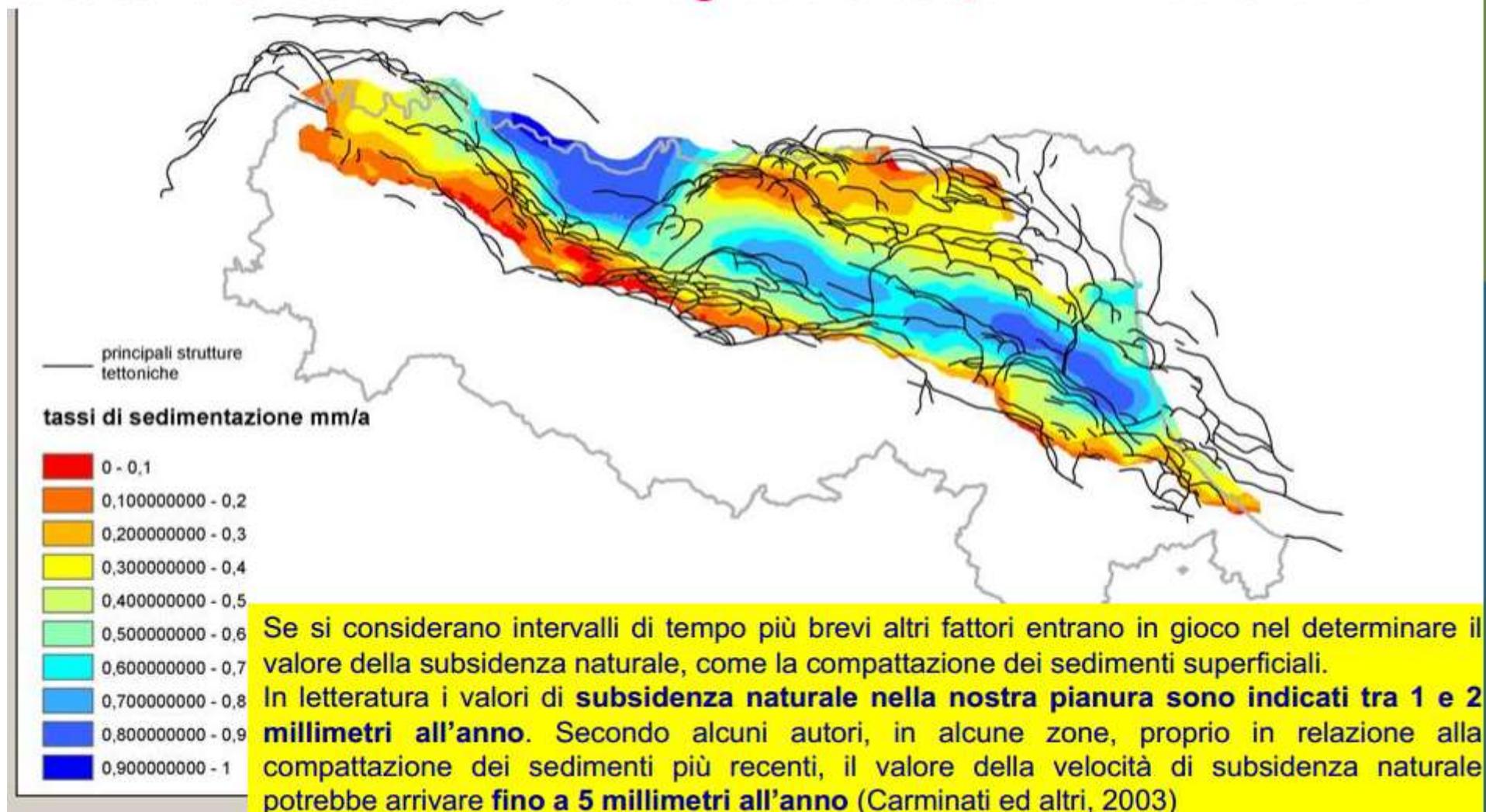
Caratterizzazione delle acque sotterranee in applicazione del D.Lgs. 152/99 e della Direttiva europea 2000/60 (*Water Framework Directive, WFD*)



ARPA con l'elaborazione delle serie storiche segnala in tutta la pianura padana un inquinamento diffuso a bassa correlazione con la distanza dalla costa e che non riflette: a) la pressione antropica, b) le condizioni microclimatiche, c) la distribuzione dei complessi idrogeologici più superficiali della pianura alluvionale e dell'area deltizia. La sovrapposizione con la carta strutturale fa emergere una correlazione con l'assetto geologico – strutturale del sottosuolo

Le aree di Copparo ed Ambrogio non sono interessate dalle problematiche di elevata subsidenza che caratterizzano altri settori della pianura fra cui il delta del Po

**subsidenza strutturale in Emilia-Romagna è di circa 0,5 - 1 millimetri all'anno.**

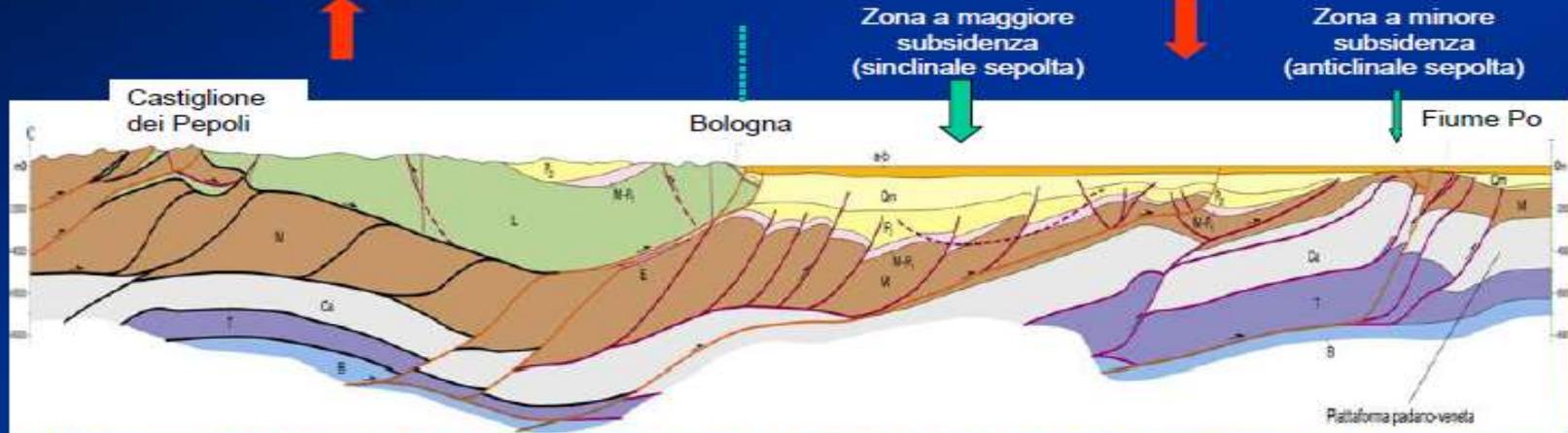


Dal sito della Regione Emilia Romagna servizio Cartografico Pignone et al.

# Appennino



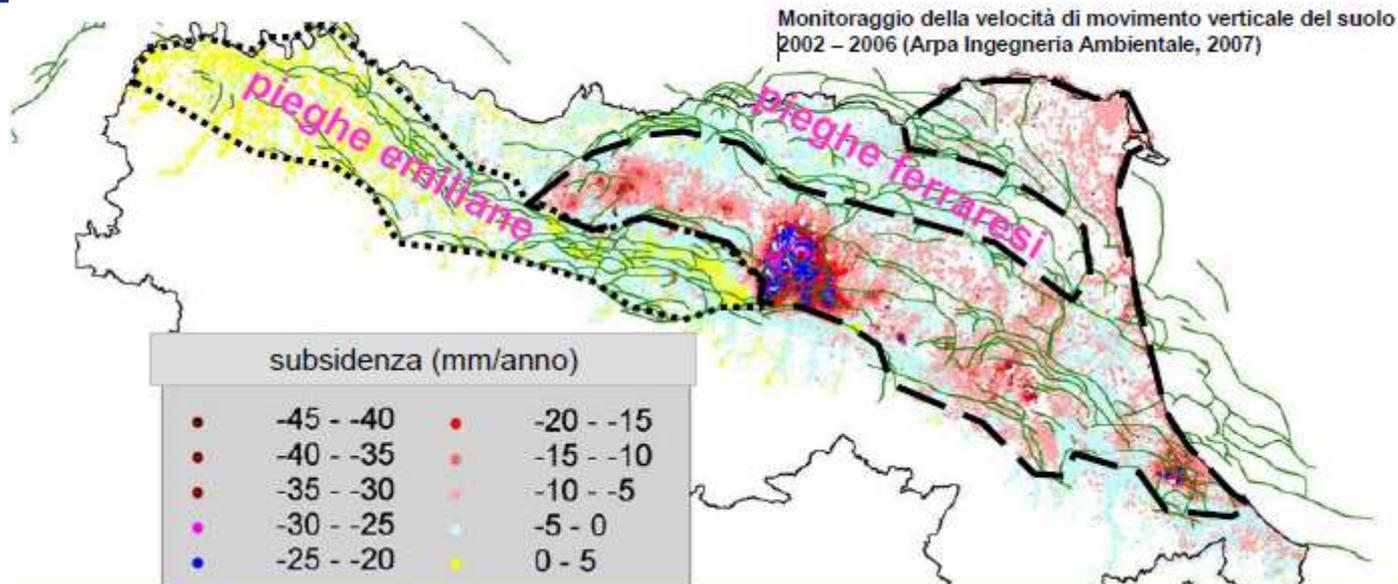
# Pianura



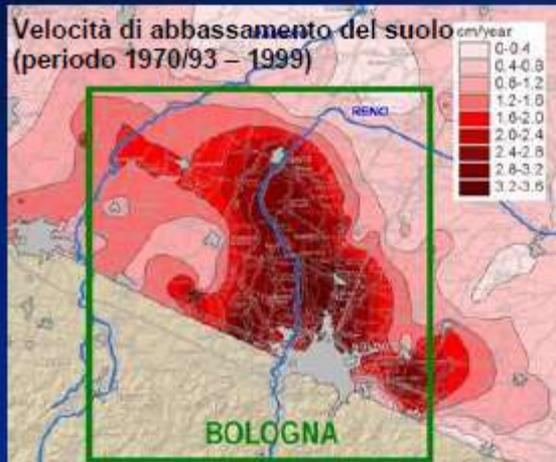
Nella pianura la subsidenza strutturale non è omogenea, ma è fortemente influenzata dalle strutture tettoniche profonde che individuano delle zone in cui la subsidenza è più o meno alta. Nelle sinclinali sepolte la subsidenza è maggiore, mentre nelle anticlinali sepolte è minore.



Pignone, Cibi e Severi



Velocità di abbassamento del suolo  
(periodo 1970/93 - 1999)



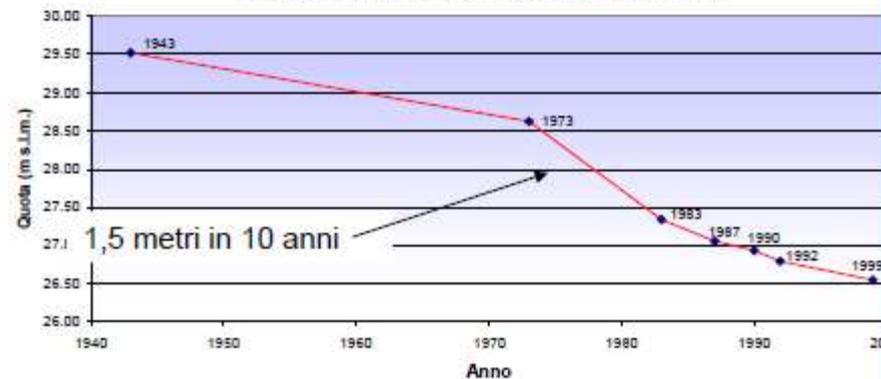
Lo studio è stato realizzato da Regione Emilia Romagna, Provincia di Bologna, Comune di Bologna, Autorità di Bacino del Reno e HERA SPA.

Allo studio ha collaborato ARPA RER.

L'importo complessivo è stato di 230.000 euro; la Regione Emilia-Romagna ha contribuito per 175.000euro.

L'acquifero della conoide alluvionale del fiume Reno è intensamente sfruttato da alcuni decenni. **Il forte prelievo idrico di sottosuolo per fini principalmente acquedottistici ha determinato un abbassamento della superficie piezometrica fino a oltre 50 metri dal piano campagna, a partire sin dagli anni '70. Qui si osservano valori di velocità di subsidenza 20 - 30 volte superiori a quelli naturali.**

Castelmaggiore (Bologna) - Caposaldo 051140 (6/16 IGM)  
Abbassamento di circa 2,3 metri in 26 anni



## Gas emesso dal pozzo di Ambrogio (dati INGV – Sezione Roma1)

Campione	He (ppmv/v)	Ne (ppmv/v)	H <sub>2</sub> (ppmv/v)	O <sub>2</sub> (%v/v)	N <sub>2</sub> (%v/v)	CH <sub>4</sub> (ppmv/v)	CH <sub>4</sub> (%v/v)	CO <sub>2</sub> (%v/v)	H <sub>2</sub> S (%v/v)	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (ppmv/v)
Ambrogio 1	6,6	3,6	1,5	3,0	10,4	772819,4	77,3	0,93	0,00	190,62
Ambrogio 2	3,9	1,2	1,1	3,4	12,4	761262,8	76,1	0,90	0,00	181,99

Sorgenti delle acque metanifere?

- **Biogeniche** = per degrado di torbe intrappolate nei sedimenti terrigeni in ambienti anaerobici fortemente riducenti ricchi in H<sub>2</sub>S (acido solfidrico o idrogeno solforato).
  - **Biogeniche** dai sedimenti carbonatici mesozoici = gas metano prodotto dalla decomposizione della materia organica (torbe) per attività dei batteri metanogenici. Si realizza nelle prime centinaia di metri di profondità nell'interfaccia acqua-sedimento. Hanno scarsa presenza di ferro disciolto per cui si hanno petroli ad alto tenore di zolfo (vulcanizzazione con zolfo >1,5%).
  - **Termogenici** (diagenesi profonda e da rocce di mantello). Due fonti: a) **alterazione termica della materia organica** contenuta nelle rocce madri durante la diagenesi (litificazione delle rocce per incremento di temperatura e pressione) durante il seppellimento e/o coinvolgimento tettonico. La mineralizzazione della materia organica genera idrocarburi oleosi e libera gas metano. E' stato stimato che più dell'80% delle riserve di gas naturale siano costituite da gas termogenico; b) **Abiogenic methane**: la formazione di "serpentino" dall'alterazione della peridotite produce idrogeno (H<sub>2</sub>) che combinato con anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) forma metano attraverso la reazione di Sabatier:  $CO_2 + 4H_2 = CH_4 + 2H_2O$ . La produzione è favorita nei margini continentali attivi.
- Il gas rilevato nell'area di Copparo: concentrazione di metano circa 77% (Tipo I di Tissot e Welte, 1984 cioè originati da biomasse algali e batteriche). H<sub>2</sub>S è assente ed il basso rapporto C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> / CH<sub>4</sub> e la concentrazione ed il rapporto isotopico di He fanno propendere per un gas di origine crostale ma non superficiale.



acque clorurate sodiche conosciute anche come salsobromiodiche per la presenza in tracce di sali di Iodio (I) e Bromo (Br)

Le caratteristiche geochimiche  
elevato sodio e Cloro,  
 $Mg/Ca > 1$

Elevato stronzio

Fanno ipotizzare la presenza di acque connate fossili di origine crostale profonda con chimismo tipico delle acque fossili con bassa influenza di contributi superficiali

Le acque sono molto simili alle acque mesotermali di Porretta Terme (BO)

**..... per raccontare a tutti cosa si è fatto e si deve ancora fare per conservare  
questo elemento così prezioso**



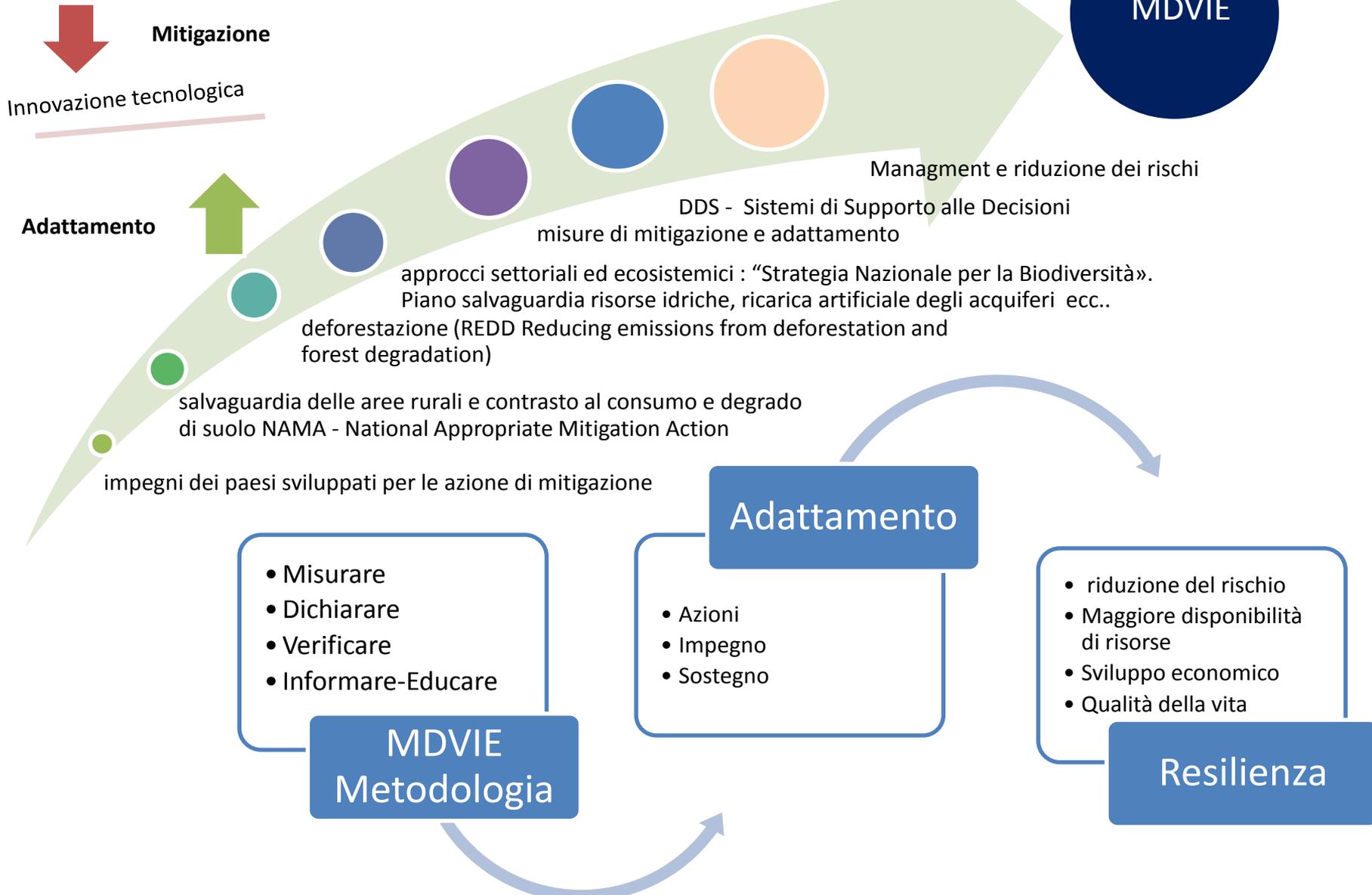
# Concerto per l'acqua – Copparo 27/09/2014



# Negoziati per la mitigazione

UNFCCC secretariat in supporting the negotiations

Ricerca Scientifica





## Hierarchical Outline

### Climate and energy package – Outline del Pacchetto clima ed energia

IPCC Fifth Assessment Report





università di ferrara  
 TekneHub

