

***Giovedì 10 aprile 2025 ore 15:30 – 18:00***  
*Il Seminario si terrà on-line su piattaforma Teams*

# **LA GEOLOGIA NEL MONDO DEL LAVORO**

**A PIERLUIGI FRIELLO: UN GEOLOGO PROFESSIONISTA, UN AMICO**

*SEMINARI DI ORIENTAMENTO PER GLI STUDENTI ISCRITTI ALLA LAUREA TRIENNALE IN SCIENZE GEOLOGICHE E ALLE  
LAUREE MAGISTRALI NEL SETTORE UTILI PER LA PREPARAZIONE AGLI ESAMI DI STATO E PER L'AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE CONTINUO DEI GEOLOGI PROFESSIONISTI*

# **IDROGEOLOGIA: RICERCA SCIENTIFICA E ATTIVITÀ PROFESSIONALE**

**LUCIA MASTRORILLO**  
*Geologa libera professionista*

PREMESSA

## **L'IDROGEOLOGIA REGIONALE**

IDROGEOLOGIA  $\neq$  IDRAULICA SOTTERRANEA

IDROGEOLOGIA

applicazione dell'idraulica sotterranea alle geometrie imposte dalla geologia

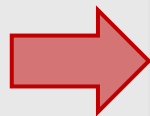
# IDROGEOLOGIA REGIONALE

Conoscenza della geologia nella sua accezione più vasta e tradizionale

..... ma anche nella sua interpretazione più aggiornata

## DOMINI GEOLOGICI

stratigrafia  
tettonica  
cinematica  
paleogeografia



## STRUTTURE IDROGEOLOGICHE

porzioni tridimensionali di domini geologici  
circondati da limiti  
e riempiti da litologie

Riconoscimento dell'  
attitudine idrodinamica



## ACQUIFERI / AQUICLUDE

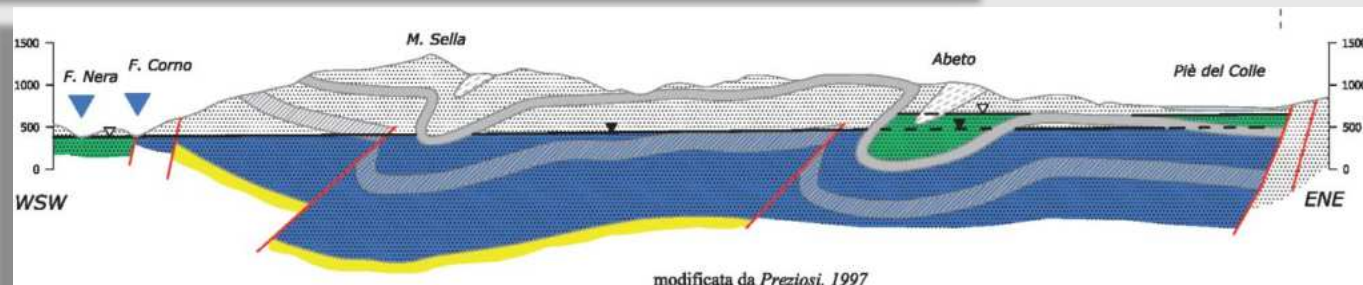
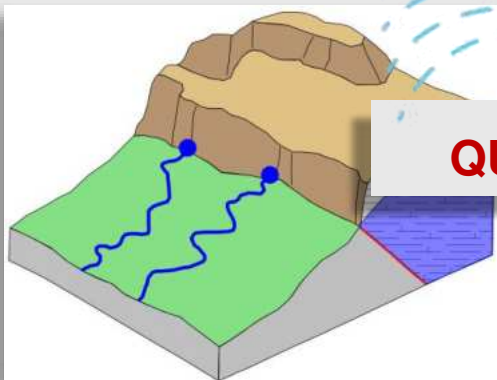
geometrie tridimensionali fra  
loro complementari



Leggi dell'idraulica  
sotterranea



## QUANTA ACQUA CIRCOLA NEL SISTEMA ?



modificata da Preziosi, 1997



## INFILTRAZIONE EFFICACE



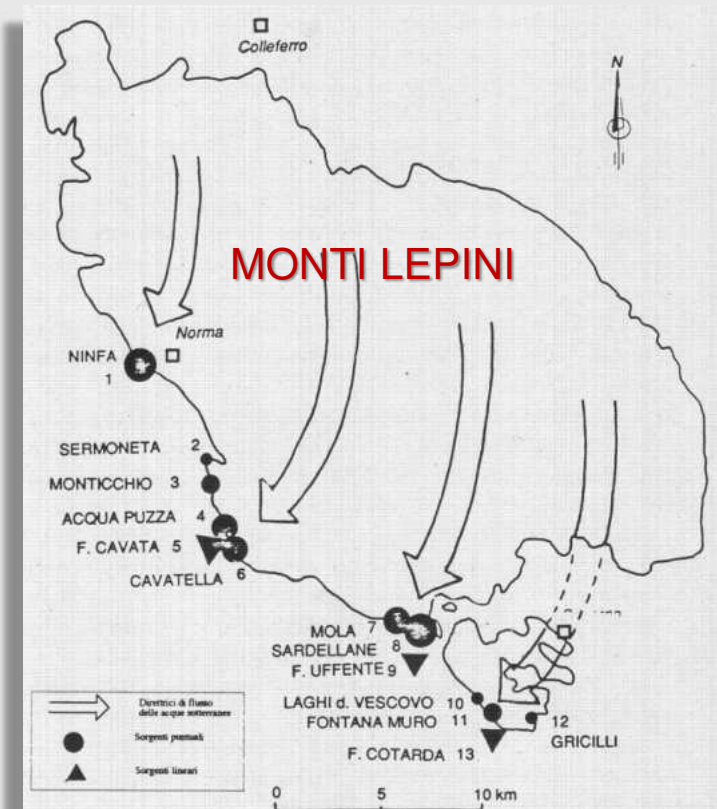
dati climatici

permeabilità della litologia affiorante

geometrie della struttura geologica

## RECHARGE = DISCHARGE

In una struttura idrogeologica idraulicamente chiusa:  
volume medio di ricarica = volume medio di erogazione



**Q media tot: 15 m<sup>3</sup>/sec**

Area di ricarica: 532 km<sup>2</sup>

Infiltrazione efficace: 888 mm/anno

# 1986: SCHEMA IDROGEOLOGICO DELL'ITALIA CENTRALE

Mem. Soc. Geol. It.,  
35 (1986), 991-1012, 2 tavv.

## SCHEMA IDROGEOLOGICO DELL'ITALIA CENTRALE

C. BONI (\*), P. BONO (\*) & G. CAPELLI (\*)

### RIASSUNTO

Queste note introduttive all'annesso Schema Idrogeologico dell'Italia centrale, descrivono brevemente quali caratteristiche idrogeologiche sono state rappresentate nelle tre Carte, quali sono stati i criteri e i metodi seguiti nella ricerca, quali sono gli scopi dello Schema. Vengono brevemente considerati gli studi precedenti e la qualità dei dati di base disponibili. Viene fatta una breve analisi delle relazioni tra la geologia e l'idrogeologia regionale e vengono descritti, in particolare, i metodi utilizzati per delimitare le strutture idrogeologiche e per il calcolo della infiltrazione efficace. Viene fatto un breve commento sul significato dell'indice del flusso di base, un nuovo parametro idrogeologico, che consente di valutare il contributo minimo che le acque sotterranee danno alla portata di un corso d'acqua. Viene infine commentato il bilancio delle strutture idrogeologiche riconosciute. Tutti questi argomenti sono ampiamente trattati nella legenda delle tre Carte.

**TERMINI CHIAVE:** idrogeologia, Italia centrale, carta idrogeologica, bilancio idrogeologico, infiltrazione efficace.

### ABSTRACT

These introductory notes to the annexed Hydrogeological Scheme of central Italy briefly describe: the hydrogeological characteristics illustrated on the three Maps, the criteria and methods followed in the research, the aims of the Scheme. Previous studies and the quality of the available hydrological data are considered. Relationships between geology and regional hydrogeology are stressed. Methods used to identify hydrogeological structures and to evaluate effective infiltration are exposed in details. The importance of the base flow index in this regional hydrogeological study is emphasized. The balances of hydrogeological structures are compared with hydrogeological setting and the amount of groundwater resources is considered. These topics are widely treated in English in the legend of three Maps.

(\*) Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Roma «La Sapienza».

### PREMESSA

Lo «Schema Idrogeologico centrale» è un documento cartografico che rappresenta, con simboli convenzionali, le caratteristiche più significative di idrologia regionale.

Lo Schema comprende:

– la Carta idrogeologica A, 1:500.000 dove figurano: i complessi idrogeologici; gli acquiferi alluvionali; i sistemi strutturali; le sorgenti; i pozzi significativi; i profili geologici; i dati caratteristici di ogni sorgente. Un'ampia legenda, in lingua inglese, ha anche funzione di nota introduttiva;

– la Carta idrologica B, 1:500.000 dove figurano: le precipitazioni; il ruscellamento; il flusso di base; l'indice di infiltrazione efficace; le stazioni idrologiche; i dati caratteristici di ogni stazione pluviometrica e idrometrica, l'indice di base, nuovo parametro rappresentativo del regime e delle modalità di alimentazione del corso d'acqua;

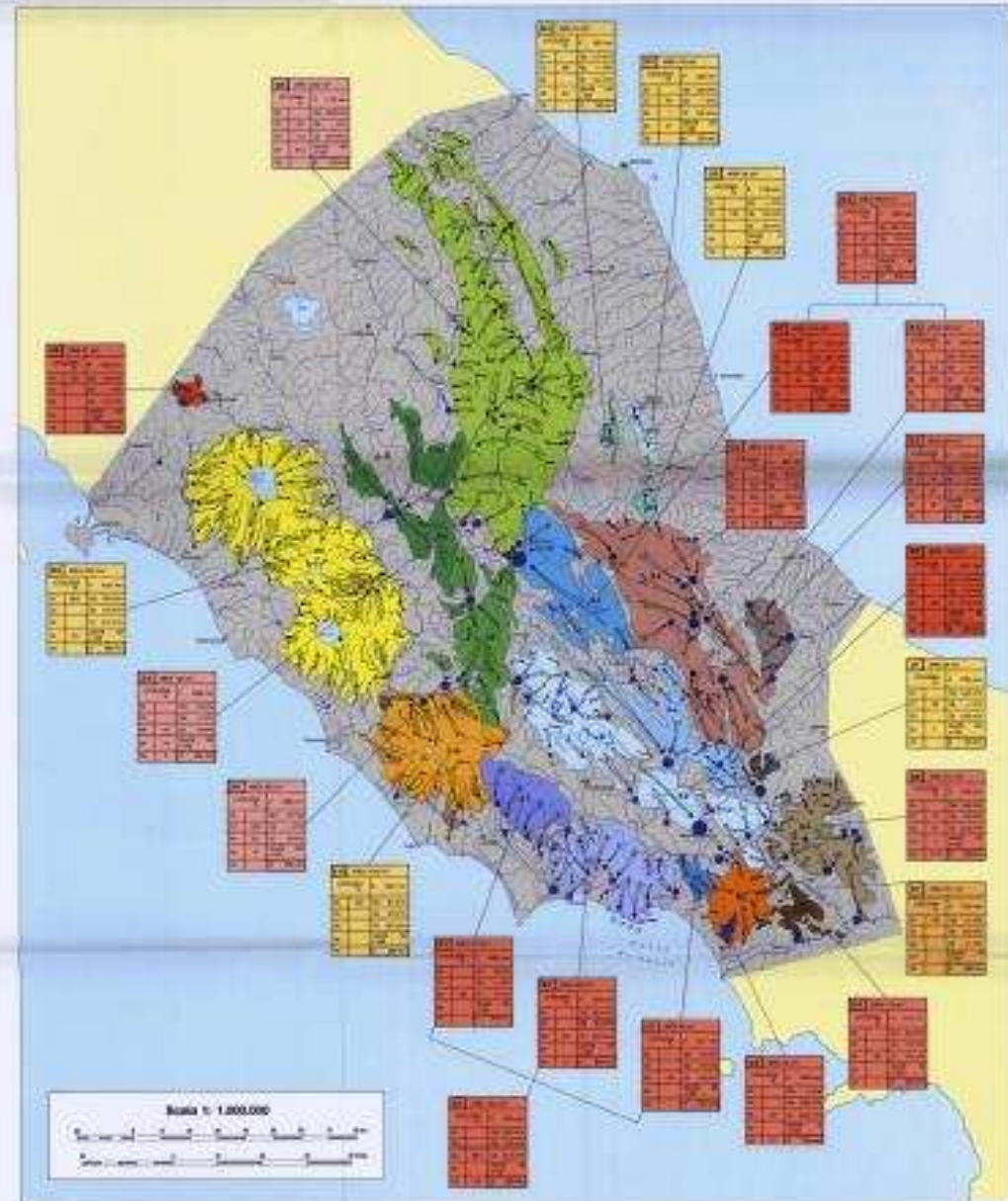
– la Carta dei bilanci idrogeologici C, 1:1.000.000 dove figurano: le strutture idrogeologiche; le direttrici di flusso delle acque sotterranee; i bilanci idrogeologici delle risorse idriche sotterranee;

– queste note introduttive, che hanno lo scopo di descrivere i criteri seguiti nella ricerca e i metodi utilizzati nello studio regionale e nella redazione dello Schema; vengono infine illustrati i criteri e i metodi per la verifica sperimentale in questa ricerca.

Presentando questo Schema idrogeologico si vuole soprattutto proporre un metodo di cartografia idrogeologica regionale su criteri quantitativi, che può essere applicato ad altre regioni.

## C. CARTA DEI BILANCI IDROGEOLOGICI E DELLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE MAP OF HYDROGEOLOGICAL BALANCES AND GROUND WATER RESOURCES

Struttura idrogeologica, portata di base delle acque sotterranee, bilanci idrogeologici e risorse idriche sotterranee.  
Hydrogeological structure, base flow index, hydrogeological balances and ground water resources.







Scale 1: 250.000

Giuseppe CAPILLI<sup>1</sup>, Lucia MASTROILLO<sup>2</sup>, Roberto MAZZA<sup>3</sup>, Marco PETTITTA<sup>4,2</sup>

[illegible]

### UNITÀ IDROLOGICHE

Nel territorio sparsi, gli acquedotti sono divisi in 12 unità idrologiche. Ciascuna delle idrologiche rappresenta un sistema idrografico autonomo, in cui le precipitazioni si riversano in un unico punto di raccolta. In alcune idrologiche, come, ad esempio, la 1, sono presenti quasi tutti i grandi bacini idrici italiani (Tevere, Arno, Po, Adige, ecc.). In altre, invece, sono presenti solo alcuni bacini (Tevere, Arno, ecc.).

Le idrologiche sono divise in 12 unità idrologiche. Ciascuna delle idrologiche rappresenta un sistema idrografico autonomo, in cui le precipitazioni si riversano in un unico punto di raccolta. In alcune idrologiche, come, ad esempio, la 1, sono presenti quasi tutti i grandi bacini idrici italiani (Tevere, Arno, Po, Adige, ecc.). In altre, invece, sono presenti solo alcuni bacini (Tevere, Arno, ecc.).

UNITÀ IROZGOLD-DECA		Spese in milioni di euro	Indice di prezzo aliquota media
21	Metallo d'oro	285	111
22	Metallo d'argento	281	109
23	Metallo di rame	100	100
24	Metallo di zinco	100	100
25	Metallo di alluminio	100	100
26	Metallo di nichel	100	100
27	Metallo di cobalto	100	100
28	Metallo di manganese	100	100
29	Metallo di ferro	100	100
30	Metallo di piombo	100	100
31	Metallo di stagno	100	100
32	Metallo di bismuto	100	100
33	Metallo di molibdeno	100	100
34	Metallo di vanadio	100	100
35	Metallo di niobio	100	100
36	Metallo di tantalum	100	100
37	Metallo di tungsteno	100	100
38	Metallo di selenio	100	100
39	Metallo di tellurio	100	100
40	Metallo di tellurio	100	100
41	Metallo di tellurio	100	100
42	Metallo di tellurio	100	100
43	Metallo di tellurio	100	100
44	Metallo di tellurio	100	100
45	Metallo di tellurio	100	100
46	Metallo di tellurio	100	100
47	Metallo di tellurio	100	100
48	Metallo di tellurio	100	100
49	Metallo di tellurio	100	100
50	Metallo di tellurio	100	100
51	Metallo di tellurio	100	100
52	Metallo di tellurio	100	100
53	Metallo di tellurio	100	100
54	Metallo di tellurio	100	100
55	Metallo di tellurio	100	100
56	Metallo di tellurio	100	100
57	Metallo di tellurio	100	100
58	Metallo di tellurio	100	100
59	Metallo di tellurio	100	100
60	Metallo di tellurio	100	100
61	Metallo di tellurio	100	100
62	Metallo di tellurio	100	100
63	Metallo di tellurio	100	100
64	Metallo di tellurio	100	100
65	Metallo di tellurio	100	100
66	Metallo di tellurio	100	100
67	Metallo di tellurio	100	100
68	Metallo di tellurio	100	100
69	Metallo di tellurio	100	100
70	Metallo di tellurio	100	100
71	Metallo di tellurio	100	100
72	Metallo di tellurio	100	100
73	Metallo di tellurio	100	100
74	Metallo di tellurio	100	100
75	Metallo di tellurio	100	100
76	Metallo di tellurio	100	100
77	Metallo di tellurio	100	100
78	Metallo di tellurio	100	100
79	Metallo di tellurio	100	100
80	Metallo di tellurio	100	100
81	Metallo di tellurio	100	100
82	Metallo di tellurio	100	100
83	Metallo di tellurio	100	100
84	Metallo di tellurio	100	100
85	Metallo di tellurio	100	100
86	Metallo di tellurio	100	100
87	Metallo di tellurio	100	100
88	Metallo di tellurio	100	100
89	Metallo di tellurio	100	100
90	Metallo di tellurio	100	100
91	Metallo di tellurio	100	100
92	Metallo di tellurio	100	100
93	Metallo di tellurio	100	100
94	Metallo di tellurio	100	100
95	Metallo di tellurio	100	100
96	Metallo di tellurio	100	100
97	Metallo di tellurio	100	100
98	Metallo di tellurio	100	100
99	Metallo di tellurio	100	100
100	Metallo di tellurio	100	100

**Centrale)**

E

quantitativa

[illegible]

PERCHÉ L'IDROGEOLOGIA REGIONALE È  
MATERIA QUASI ESCLUSIVA DELLA RICERCA  
UNIVERSITARIA ?

## Capacità e possibilità di

- ✓ sintesi di tanta conoscenza locale (tesi, lavori ecc)
- ✓ reinterpretazione a scala regionale sulla base di conoscenze geologiche aggiornate
- ✓ produzione di cartografia a scopo scientifico

Committenti pubblici (pianificazione e gestione della risorsa idrica) richiedono:

- ✓ conoscenze non influenzate da possibili conflitti di interesse
- ✓ supporto scientifico «sopra le parti»

## Autorevolezza della scienza e insindacabilità dei risultati

Lo studio supporta l'emanazione di delibere, di decreti, di atti normativi in cui generalmente si vincola o si condiziona un territorio



L'approccio metodologico descritto si adatta molto bene allo studio  
dell'idrogeologia dei sistemi carbonatici fratturati



- L'assetto geologico-strutturale determina geometrie ben definite
- Le attitudini idrodinamiche delle litologie sono univoche
- Volumi d'acqua ben quantificabili per la presenza di sorgenti

Applicabile ai sistemi vulcanici e terrigeni (acquiferi porosi multifalda)  
con approssimazioni funzione della scala di indagine

Applicabile a diverse scale di indagine con  
criterio gerarchico e multiscalare



- L'aumento di scala (maggior dettaglio) MAI decontestualizzato dal  
quadro regionale di partenza



**INDETERMINATEZZA DEGLI ACQUIFERI MULTIFALDA**  
**e**  
**COERENZA CON LA SCALA DI ANALISI**

Casi studio di acquiferi laziali...

## ACQUIFERO MULTIFALDA

- acquifero alluvionale
- acquifero costiero/delta
- acquifero vulcanico

Porosità



circolazione funzione della distribuzione  
dei carichi idraulici

Eteropie laterali e verticali



difficile definizione della geometria  
variazioni locali del gradiente idraulico

Scarsità di sorgenti



difficile valutazione dei volumi idrici

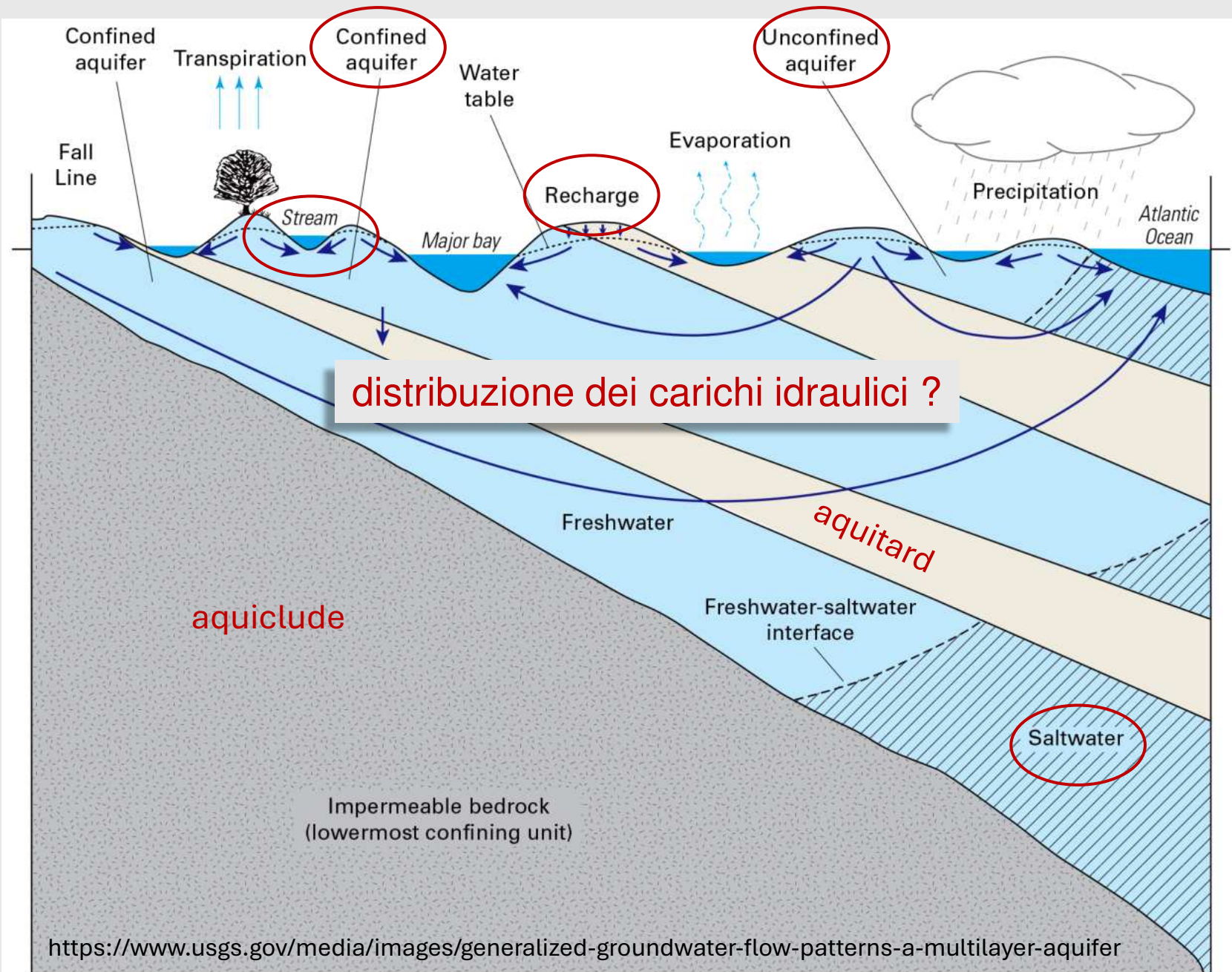
Abbondanza di pozzi



Quale  
piezometria?

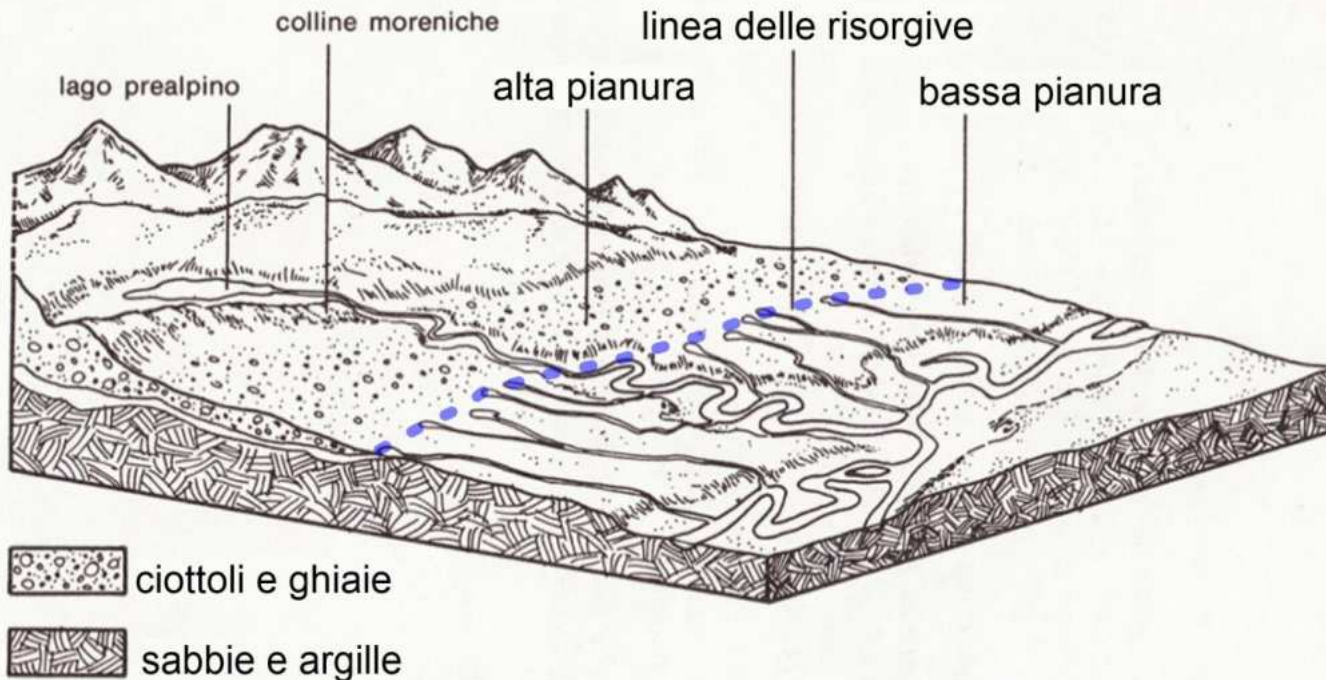
ricostruzione della superficie  
piezometrica

# ACQUIFERO MULTIFALDA



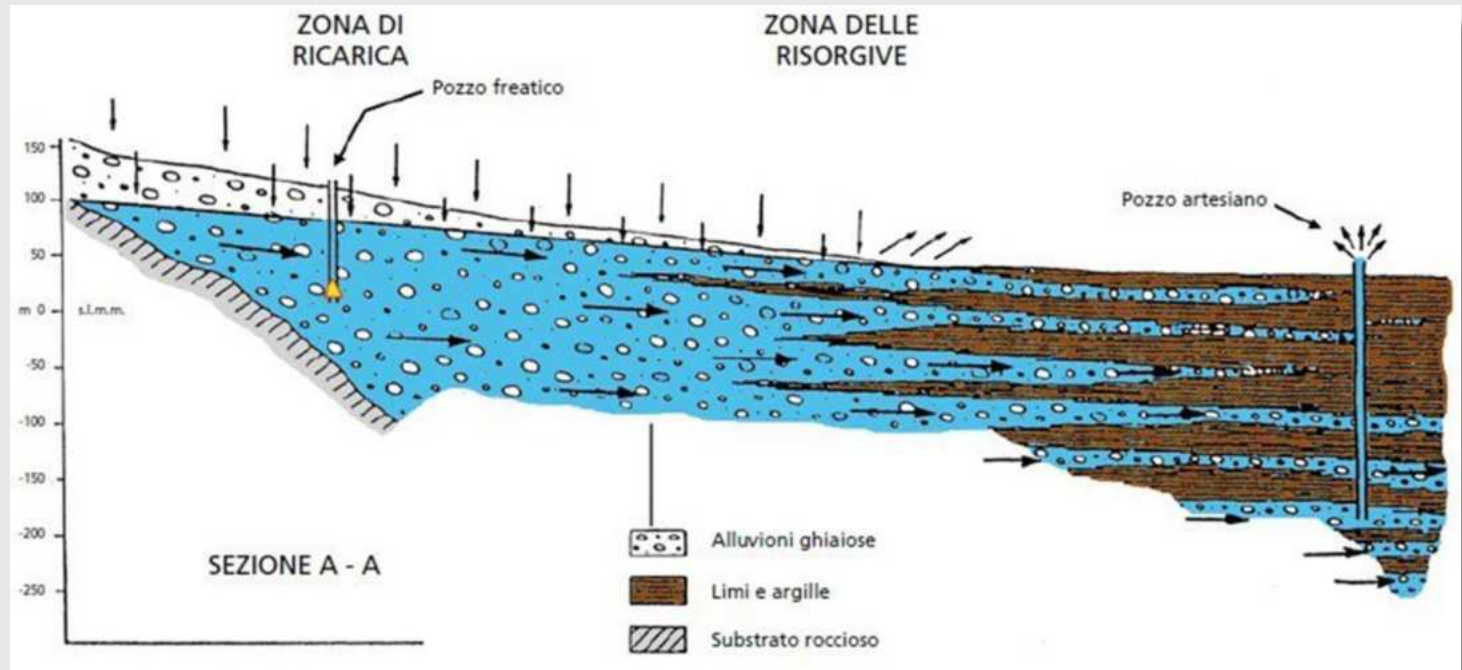


# ACQUIFERO MULTIFALDA: PIANURA PADANA



41000 km<sup>2</sup>

# ACQUIFERO MULTIFALDA



## INDETERMINATEZZA

- Unica area di ricarica diffusa
- Passaggio graduale da unica falda libera a falde in pressione sovrapposte
- Eteropie verticali e laterali (limiti idraulici non definiti)



Contrasto di permeabilità: aquiclude / aquitard

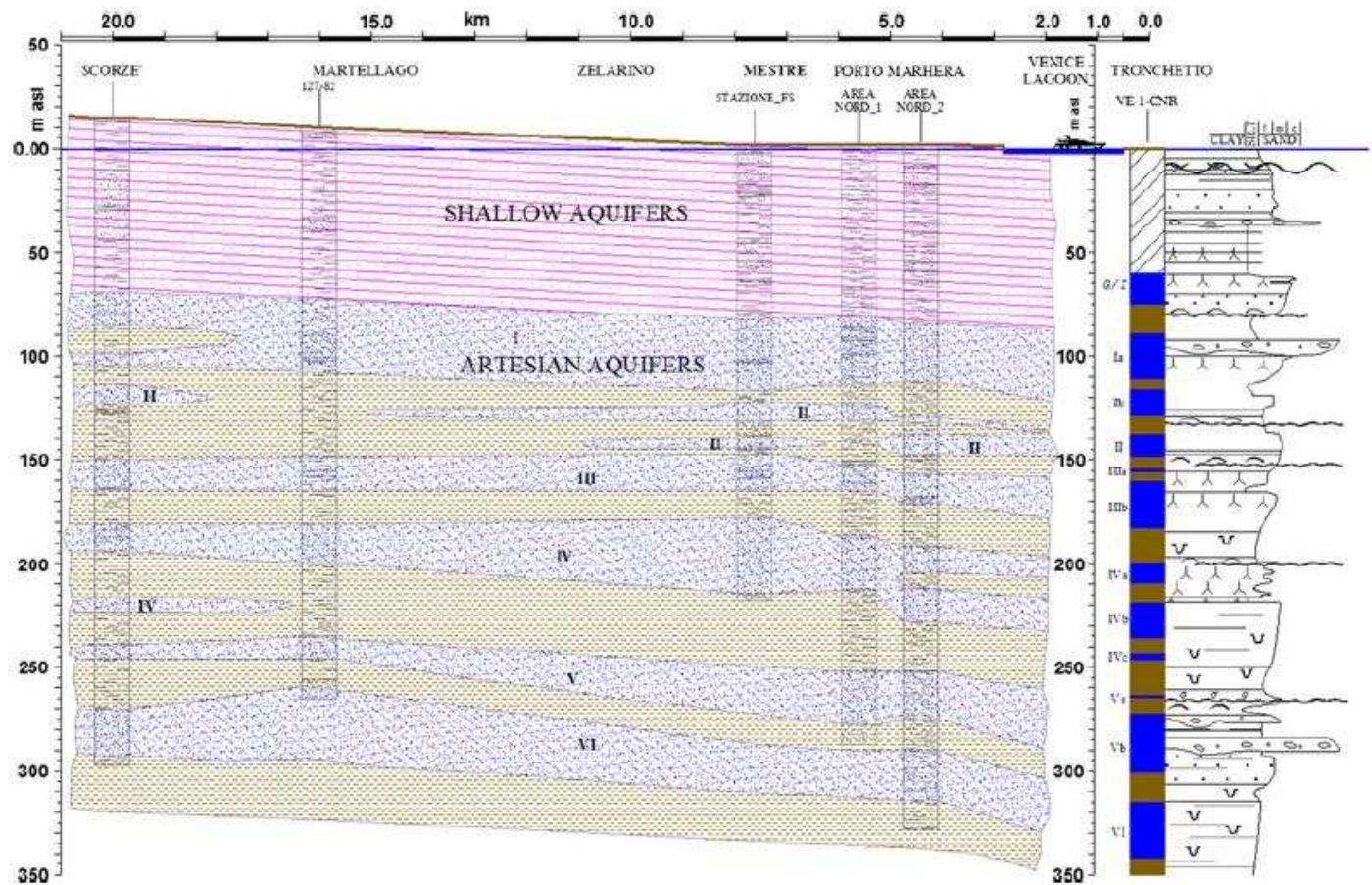
- Superficie di saturazione: «media a scala regionale» (41000 km<sup>2</sup>)
- Scala locale: circolazioni sovrapposte con carichi idraulici differenti ( $Q = kAi$ )





## A new hydrostratigraphic model of Venice area (Italy)

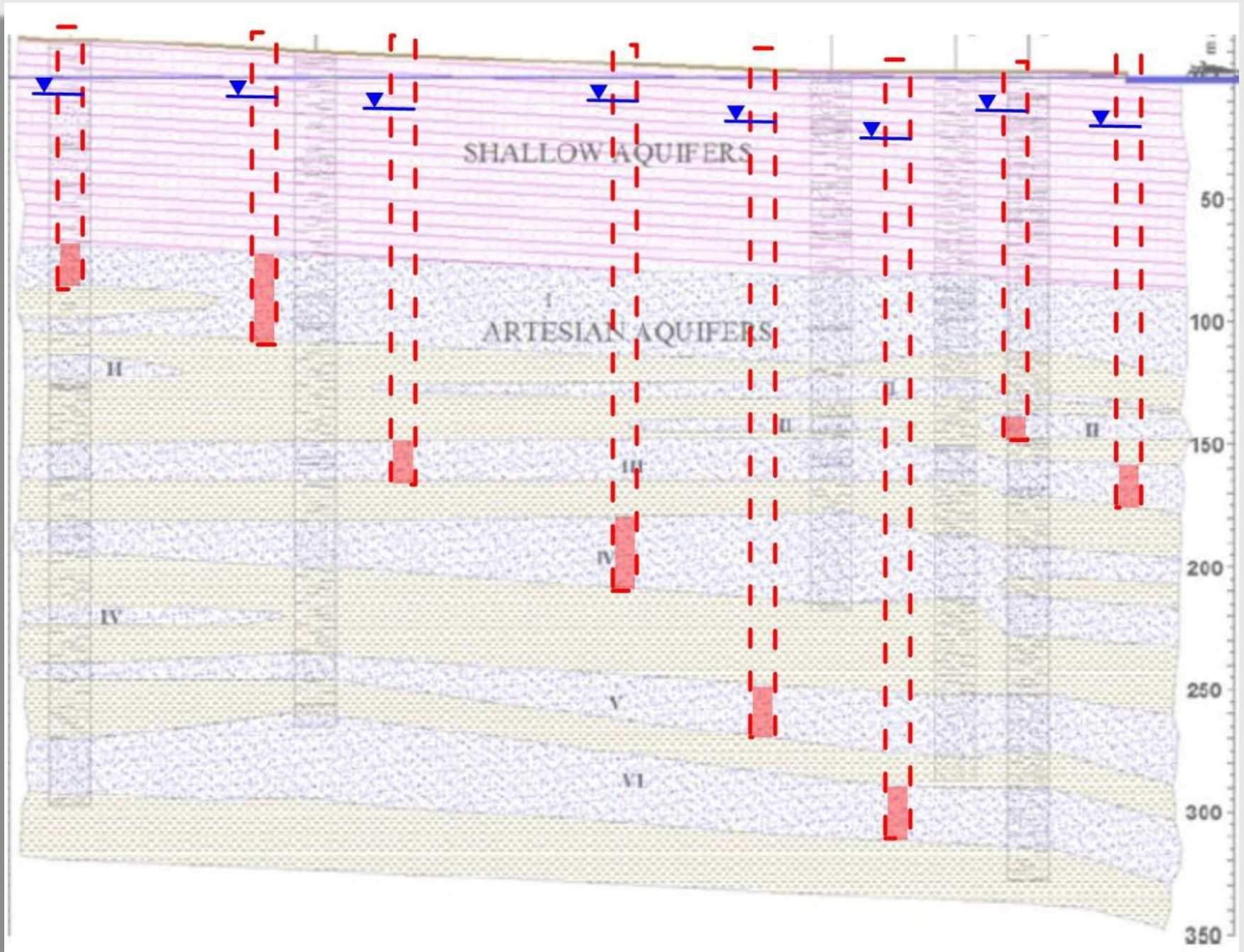
Matteo Cultrera · Renzo Antonelli ·  
Giordano Teza · Silvia Castellaro



Cross section AA of Fig. 4 showing the sequence of six confined aquifers underling the shallow aquifer system

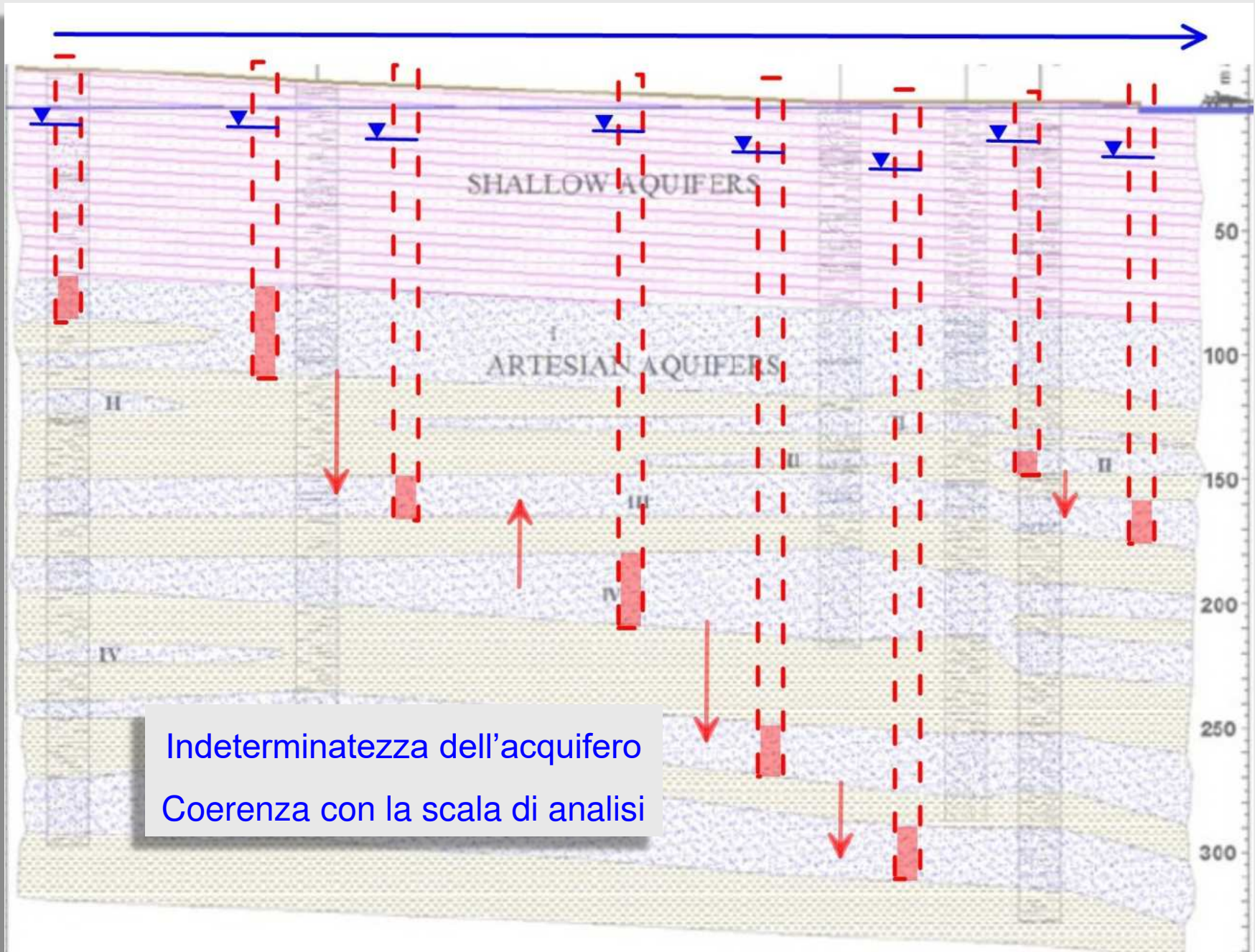


# ACQUIFERO MULTIFALDA





# ACQUIFERO MULTIFALDA



ACQUIFERO MULTIFALDA:  
CASI STUDIO



# ACQUIFERO MULTIFALDA: CASI STUDIO



Ministero  
dei beni e delle  
attività culturali  
e del turismo



Soprintendenza Speciale per il Colosseo, il Museo Nazionale Romano e l'Area archeologica di Roma  
Dipartimento di Scienze dell'Università degli Studi "Roma Tre"

## CONTRATTO DI RICERCA

### STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E GEOCHIMICO

FINALIZZATO ALLA MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA ARCHEOLOGICA DI  
OSTIA ATTRAVERSO LA REVISIONE DEL SISTEMA DI REGIMAZIONE DELLE  
ACQUE METEORICHE DELL'AREA

**Responsabili scientifici:** Roberto Mazza, Paola Tuccimei

**Gruppo di studio dell'Università:** Lucia Mastrorillo, Carlo Lucchetti, Stefano Viaroli.

Marzo 2017





Stralcio: Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio. Scala 1:100.00 Foglio 3

1

**COMPLESSO DEI DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI - potenzialità acquifera da bassa a medio alta**

Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose attuali e recenti anche terrazzate e coperture eluviali e colluviali (*OLOCENE*). Spessore variabile da pochi metri ad oltre un centinaio di metri. Dove il complesso è costituito dai depositi alluvionali dei corsi d'acqua perenni presenta gli spessori maggiori (da una decina ad oltre un centinaio di metri) e contiene falde multistrato di importanza regionale. I depositi alluvionali dei corsi d'acqua minori, con spessori variabili da pochi metri ad alcune decine di metri, possono essere sede di falde locali di limitata estensione.

5

**COMPLESSO DELLE SABBIE DUNARI - potenzialità acquifera medio alta**

Sabbie dunari, depositi interdunari, depositi di spiaggia recenti e dune deltizie (*PLEISTOCENE - OLOCENE*). Spessore di alcune decine di metri. Il complesso è sede di una significativa circolazione idrica sotterranea che dà origine a falde continue ed estese la cui produttività è limitata dalla ridotta permeabilità delle sabbie.

6

**COMPLESSO DEI DEPOSITI FLUVIO PALUSTRI E LACUSTRI - potenzialità acquifera bassa**

Depositi prevalentemente limo - argillosi in facies palustre, lacustre e salmastra con locali intercalazioni ghiaiose e/o travertinose (*PLEISTOCENE - OLOCENE*). Spessore variabile da pochi metri ad alcune decine di metri. La prevalente componente argillosa di questo complesso impedisce una circolazione idrica sotterranea significativa; la presenza di ghiaie, sabbie e travertini può dare origine a limitate falde locali. Il complesso può assumere il ruolo di acquiclude confinando la circolazione idrica sotterranea degli acquiferi carbonatici (Piana Pontina e di Cassino).



## PROBLEMA DA RISOLVERE ( o almeno provarci...)

(2014)

Quasi ogni anno, alcuni luoghi del sito archeologico di Ostia Antica vengono allagati da eventi di pioggia intensi e prolungati, rendendo alcuni monumenti inaccessibili ai visitatori. Nel febbraio 2014, il sito è stato in gran parte allagato dopo un evento di pioggia eccezionale e la Soprintendenza per i Beni Archeologici di Roma ha ordinato la **chiusura dell'intero sito per 15 giorni**.



### PERDITA ECONOMICA

Circa 1000 visitatori al giorno  
Costo del biglietto attuale: 18 euro  
 $1000 \times 15 \text{ giorni} = 15.000$   
 $15.000 \times 18 \text{ euro} = 270.000 \text{ euro}$

+

Spese straordinarie di ripristino





4 febbraio 2014  
chiusura per allagamenti

area del Foro



10 febbraio 2014  
chiusura per allagamenti

Decumano Massimo. idrovora in funzione



4 febbraio 2014  
chiusura per allagamenti

cortile del Dioniso



10 febbraio 2014  
chiusura per allagamenti

Decumano Massimo. bivio del Castrum, idrovora in funzione



10 febbraio 2014  
chiusura per allagamenti

formazione laghetti, area in prossimità  
delle Terme di Porta Marina



15 febbraio 2014  
chiusura per allagamenti

Terme Marittime



allagamenti  
1915  
Palazzo Imperiale



allagamenti  
1941  
Decumano Massimo



allagamenti  
1938  
bivio del Castrum



allagamenti  
1941  
Foro



allagamenti  
1938  
Teatro



allagamenti  
1948  
Tempio di Ercole



umento totale: 7 km (in circa 3000 a.)



# PROGRADAZIONE ACQUIFERO COSTIERO

- avanzamento dell'acqua dolce verso il mare
- aumento del livello della falda nell'area interna
- ampliamento dell'area di ricarica falda dolce
- arretramento dell'interfaccia di acqua salata
- isolamento delle antiche lagune e formazione di una palude, nelle depressioni retrodunali (stagni di Ostia)

<b>Intervallo di tempo</b>	<b>Anni corrispondenti</b>	<b>Avanzamento (m)</b>	<b>Velocità (m/anno)</b>
VI sec. a.C. - I-II sec. d.C.	600 circa	650 circa	1
I-II sec. d.C. - IV sec. d.C.	300 circa	500 circa	2
IV sec. d.C. - 1450	1000 circa	1000 circa	1
1450 - 1569	120	300	3
1569 - 1744	175	1544	9
1744 - 1890	146	700	5
Periodo 1450-1890	440	2544	6



## INQUADRAMENTO DELL' AREA DI STUDIO



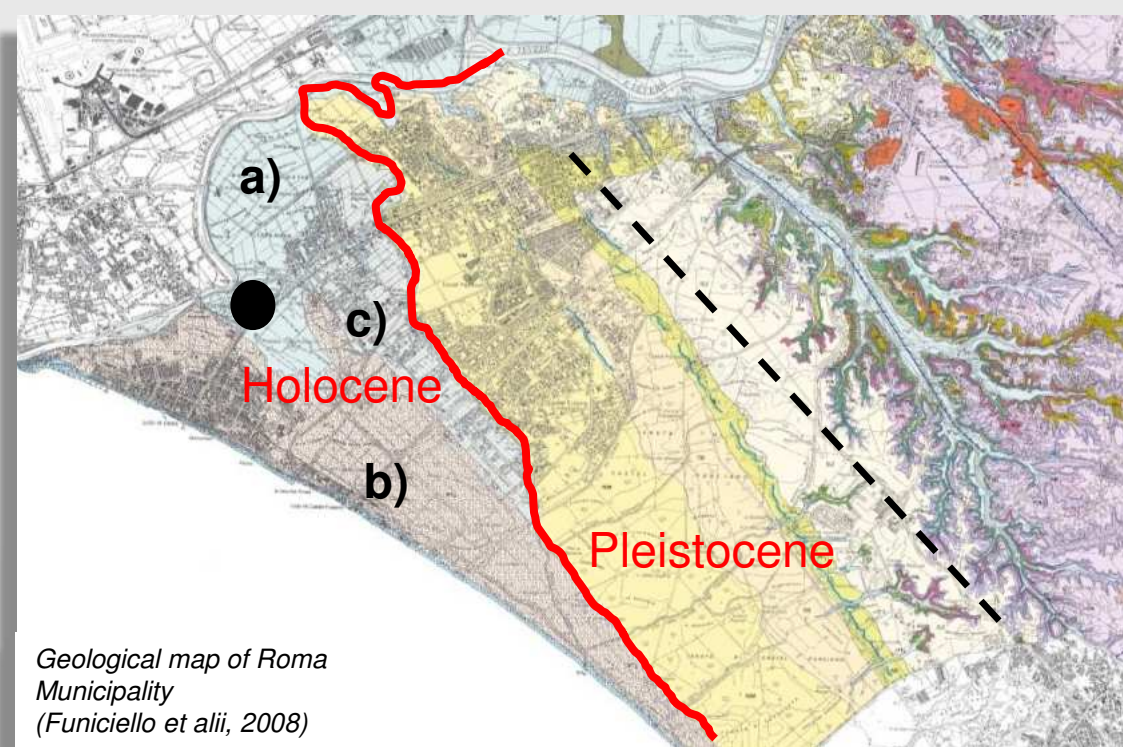
- VII secolo a.C. fondazione di OA come porto
- Stagni utilizzati per la produzione di sale (Salinae Ostiensis)
- I-II secolo d.C: canale di Traiano
- 1557 Fiume Morto
- 1884 bonifica aree umide
- XIX sec: argini sponde Tevere



Idrovora OA abbandonata negli anni '50 – '60

I canali e la stazione di pompaggio impediscono l'allagamento delle aree depresse, mantenendo la falda sotto il piano campagna

## MEAN GEOLOGICAL FEATURES



- ✓ Sandy sediments overlies the clay and silty clay deposits (Monte Mario Sequence MMS 1.5 – 1.2 Ma).
- ✓ Gravelly interbeds are more present in Pleistocene sequences than in Holocene sequences

— : eteropic contact Pleistocene – Holocene deposits

- - - : Acilia-Pomezia morpho- structural ridge (horst structure of MMS clay)

### Middle-Upper Pleistocene

**consolidated deposits**, sandy-silt and clay deposits interbedded with gravels and conglomerates deposited during several transgressive cycles, with an overall thickness of 50 m.

### Holocene unconsolidated deposits:

- a) alluvial silt, sand and clay (thickness 10 m);
- b) beach and aeolic sand (thickness >10 m);
- c) landfill sand and silt (thickness <10m).

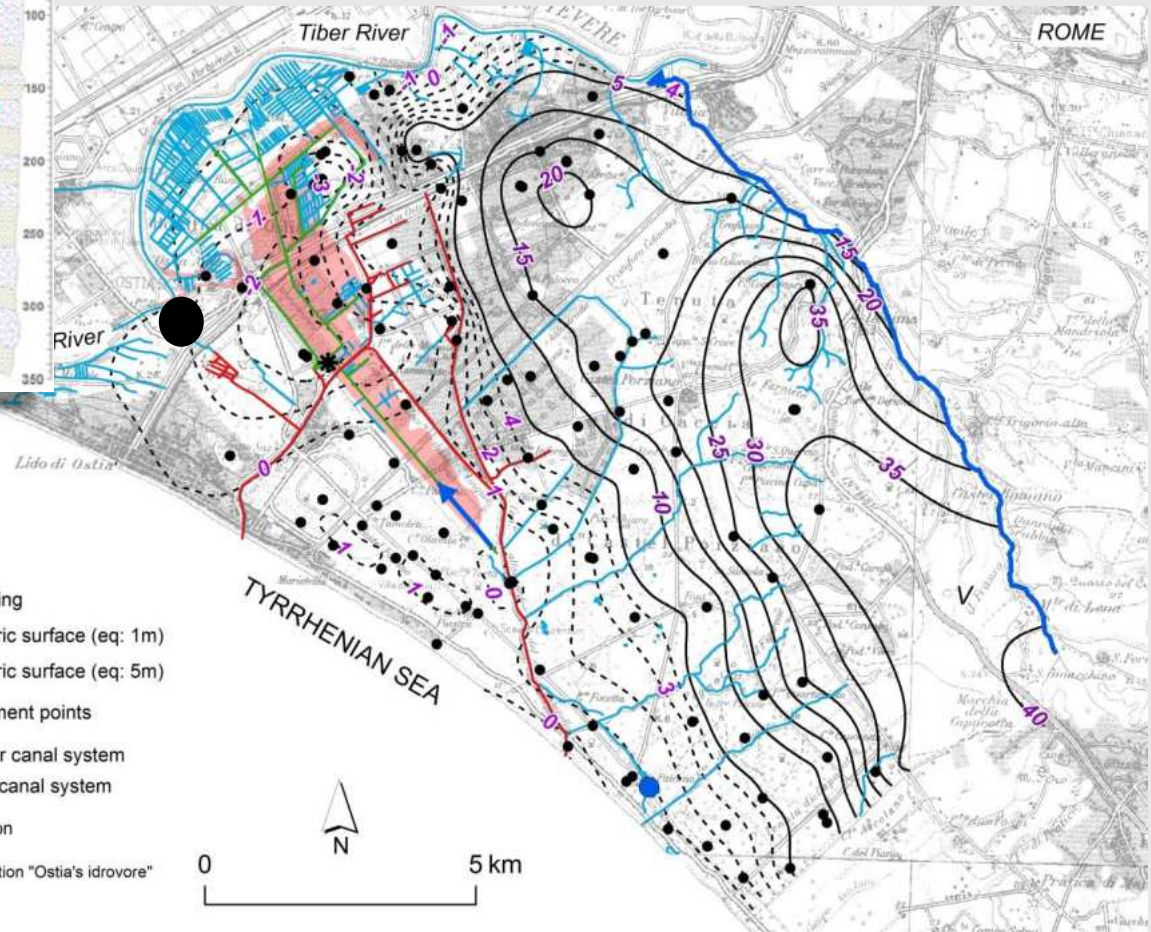
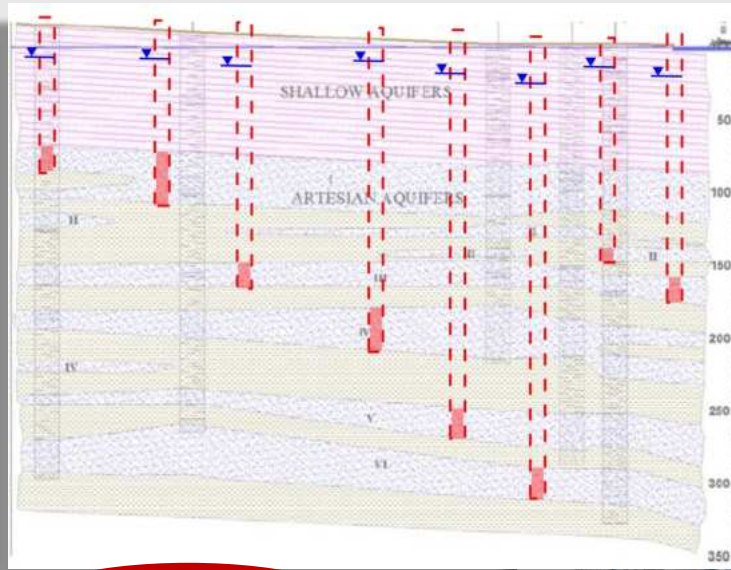
Acquifero  
multifalda



# IDROGEOLOGIA REGIONALE: ACQUIFERO COSTIERO DEL LITORALE ROMANO

## HYDROGEOLOGICAL DATA

DATA SET: 100 measurement points

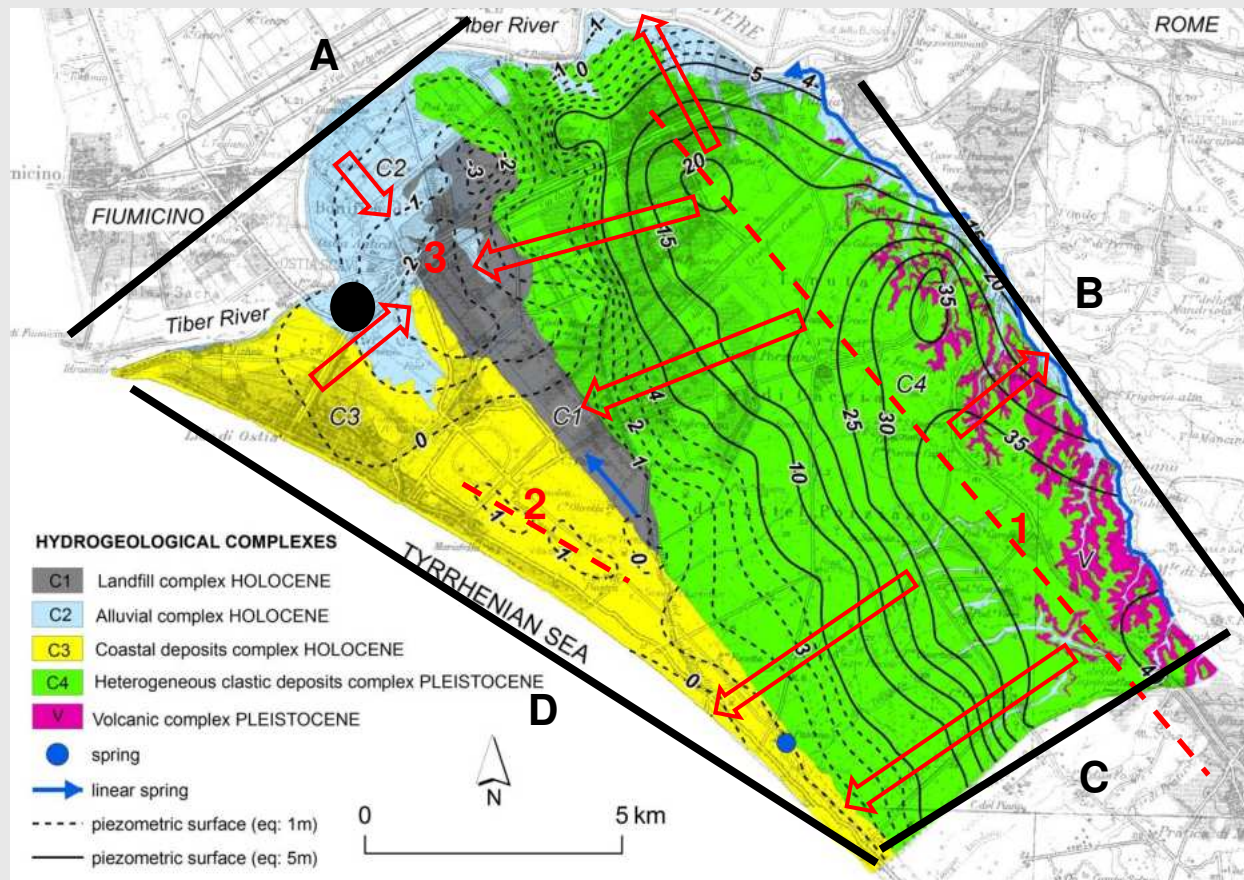


- ✓ Mean elevation of groundwater table
- ✓ The groundwater elevation is between 40 m a.s.l. and 2 m b.s.l.
- ✓ Malafede stream: linear spring

- ✓ The reclamation activity has inducted a water table depression, with a centripetal flow pattern in the western sector. The groundwater outflows in the canals located b.s.l.



Geological setting + hydrogeological data = hydrogeological conceptual model



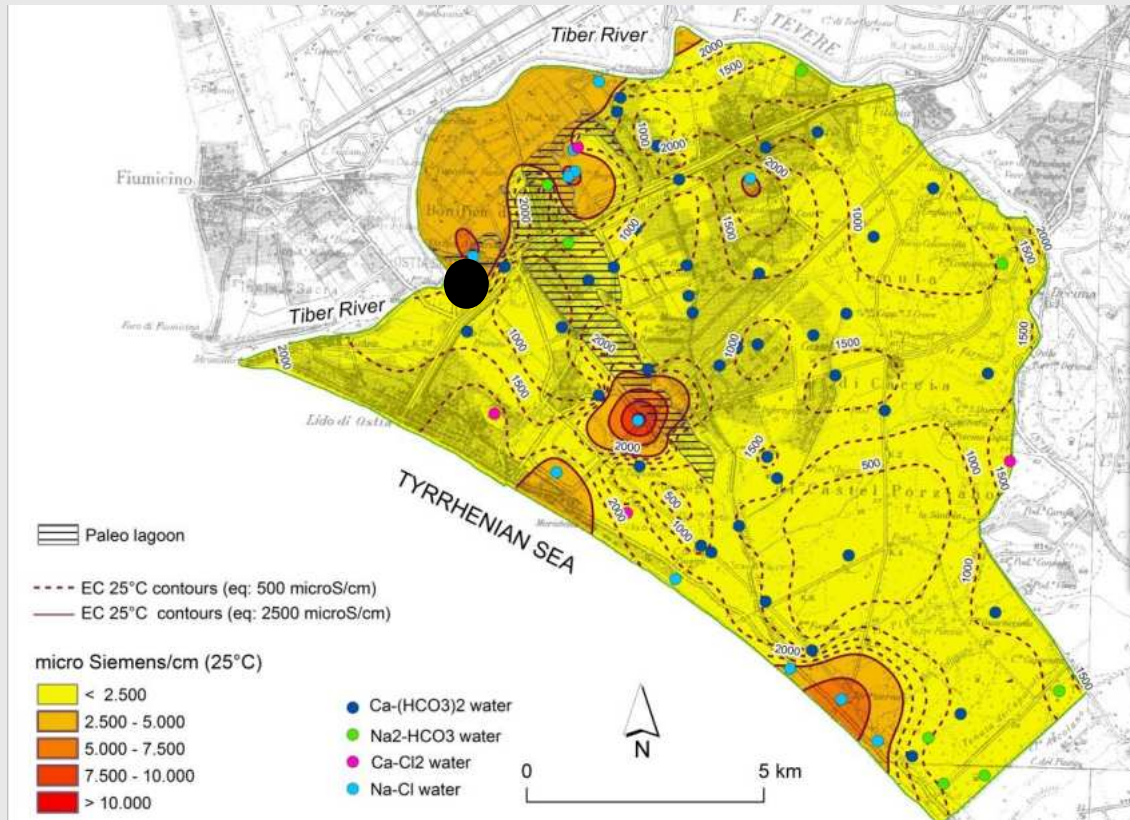
## HYDROGEOLOGICAL BOUNDARY

- ✓ Tiber River (still not well defined) (A)
- ✓ Malafede linear spring (450 L/s) (B)
- ✓ Axial culmination of Acilia-Pomezia morpho-structural ridge (C)
- ✓ Tyrrhenian Sea (D)
- ✓ MMS Clay bedrock (regional aquiclude)

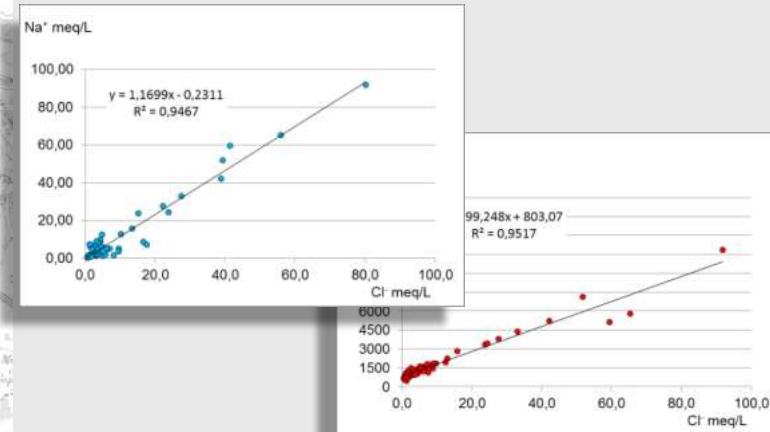
## FLOW-PATHS

- ✓ Hydraulic gradient range (from 1‰ to 0.3 ‰)
- ✓ Groundwater watershed located in correspondence of the Acilia-Pomezia Ridge (1)
- ✓ Local dynamic groundwater watershed parallel to the coast (pristine coastal dune) (2)
- ✓ The action of reclamation pumps (3)

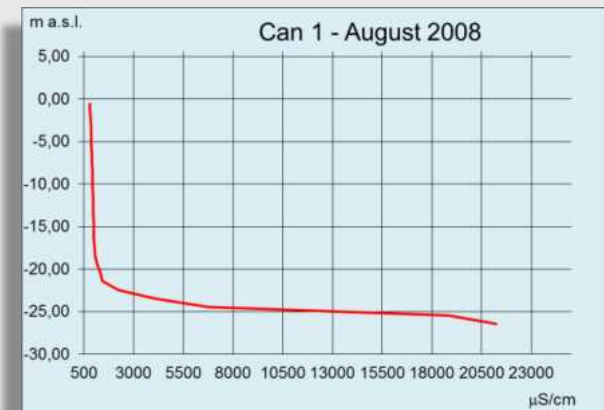
## GROUNDWATER SALINIZATION



- ✓ Highly variable mineralization: from 300 to 10750  $\mu\text{S/cm}$
- ✓ Water mineralization is controlled by Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup>



- ✓ Depth of fresh-salt water transition zone is about 25 m b.s.l. (Can1)



● Ca-(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> typical of coastal groundwater unaffected by seawater intrusion.

● Na-Cl water type was recognized close both to the coast line and to Tiber River left bank.

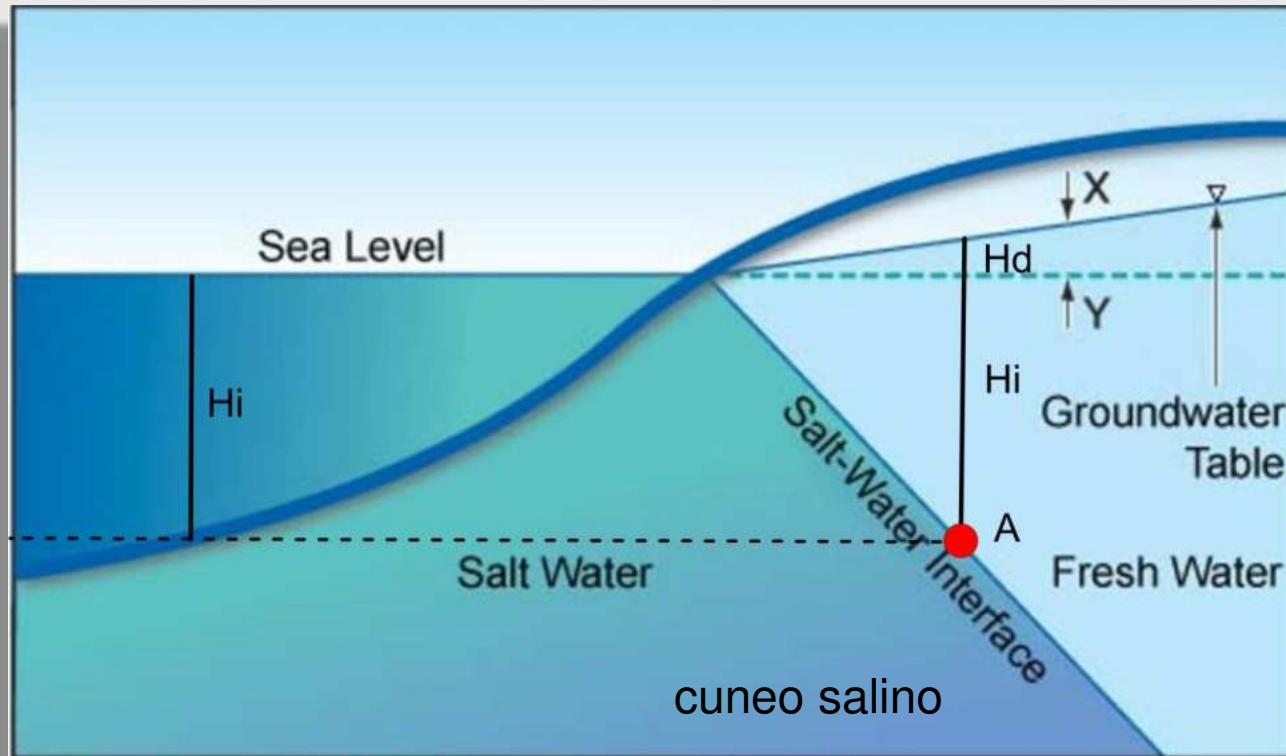
● Ca-Cl<sub>2</sub> and ● Na-HCO<sub>3</sub> water types show an irregular distribution (ion exchange seawater intrusion/freshening processes)

## FALDE COSTIERE: RAPPORTO ACQUA DOLCE (FALDA) – ACQUA SALATA (MARE)

galleggiamento dell'acqua di falda (dolce, minore densità) sull'acqua marina (salata, maggiore densità)

INTERFACCIA: superficie di separazione

LEGGE DI GHYBEN – HERZBERG



$P_A$ : pressione idrostatica in A

$$P_A = H_i d_m g = H_d d_f g + H_i d_f g$$

$$H_i d_m = H_d d_f + H_i d_f$$

$$H_i (d_m - d_f) = H_d d_f$$

$$H_i = [d_f / (d_m - d_f)] H_d$$

$$d_f = 1 \text{ kg/dm}^3$$

$$d_m = 1,027 \text{ kg/dm}^3$$

$$H_i = [1 / (1,027 - 1)] H_d$$

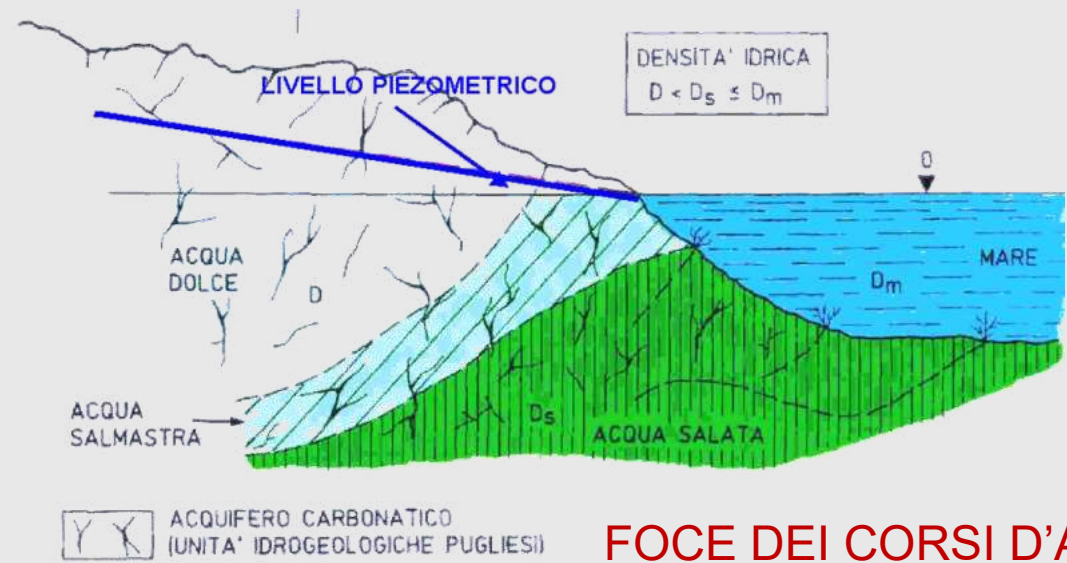
$$H_i = \sim 37 H_d$$

Profondità dell'interfaccia dipende dallo spessore della falda dolce e dalla differenza di densità dei due liquidi



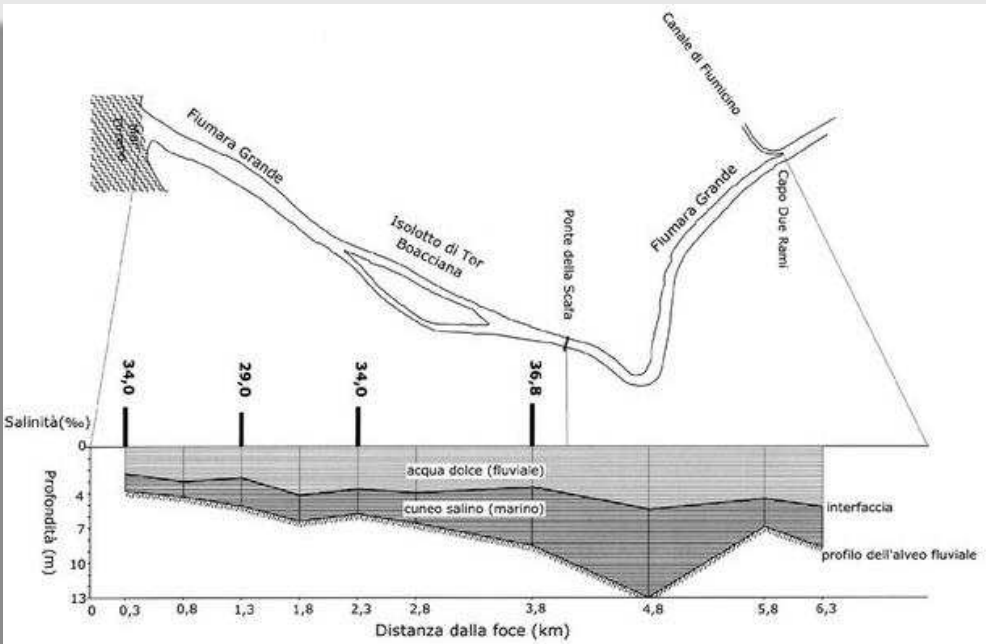
In condizioni naturali il passaggio acqua dolce –acqua salata è graduale

**ZONA DI TRANSIZIONE** con spessore da qualche metro a qualche decina di metri

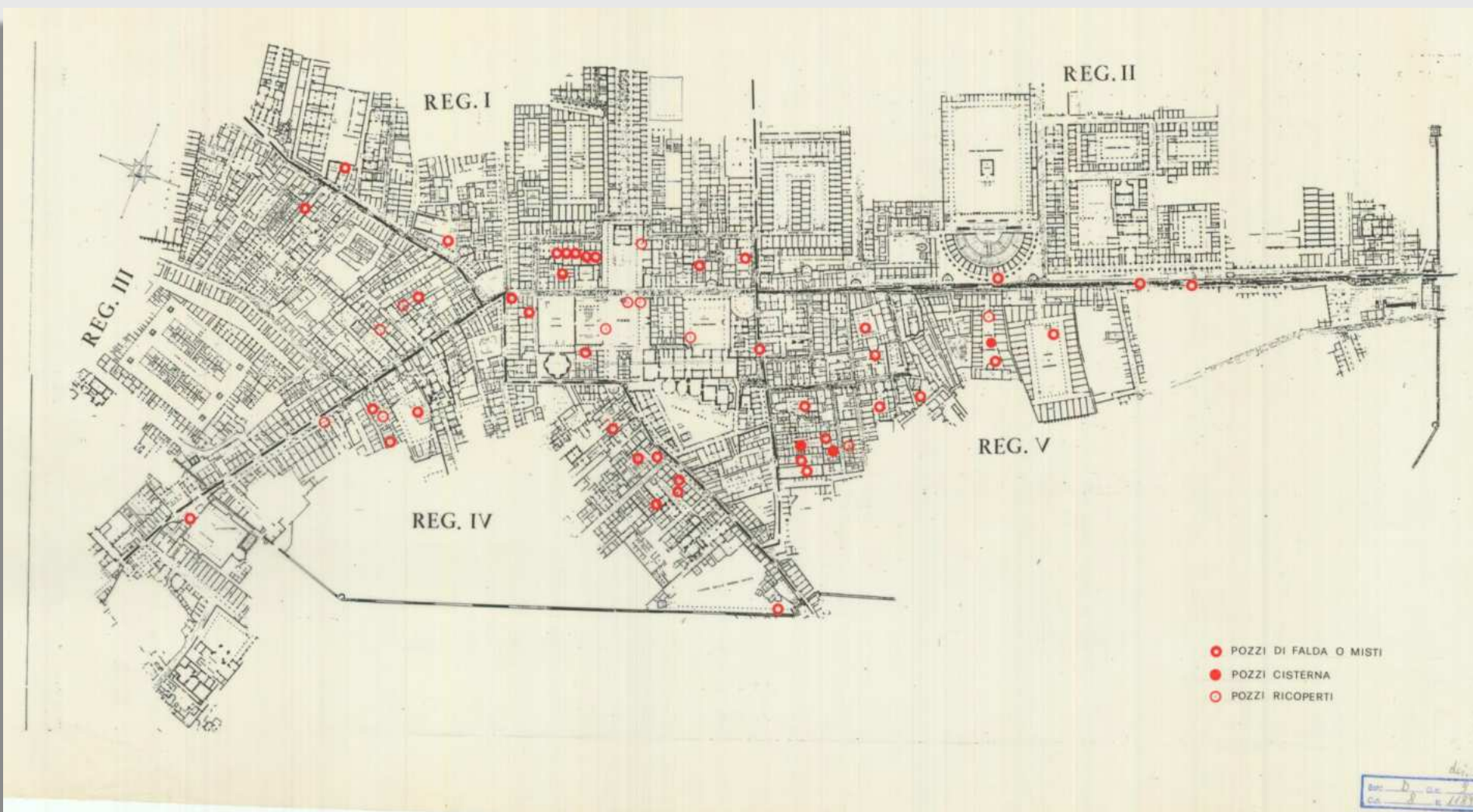


Lo spessore della zona di transizione oscilla con le stagioni (oscillazione del livello di falda, infiltrazione acqua piovana, ecc)

**FOCE DEI CORSI D'ACQUA: CUNEO SALINO**



## MONITORAGGIO IDROGEOLOGICO



Esistenza di una falda di acqua dolce sub affiorante



# STUDIO DI DETTAGLIO: AREA ARCHEOLOGICA OSTIA ANTICA

## MONITORAGGIO IDROGEOLOGICO





# MONITORAGGIO IDROGEOLOGICO

- 4 pozzi domestici di epoca romana (P2, P8, P9, P10)
- 3 vecchi pozzi domestici dismessi (P1, P4, P6)
- 1 pozzo irriguo (P7)
- idrovora OA abbandonata (P3)
- fiume Tevere (P5)

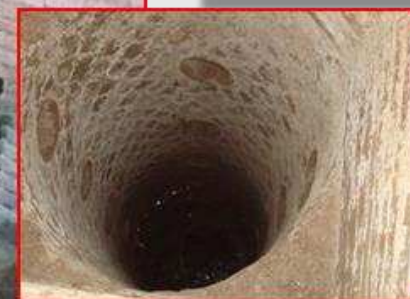
**TOTALE: 10 PUNTI**

**luglio 2014 – dicembre 2016**

- Livello di falda
- Livello idrometrico Tevere
- Precipitazioni e temperature giornaliere
- Conducibilità elettrica delle acque
- Analisi chimiche ioni principali

**Frequenza monitoraggio:**

- 3 mesi (stagionale)
- 3 punti monitoraggio in continuo





# QUOTATURA PUNTI DI MONITORAGGIO

## acquisizione DTM LiDaR

(Light Detection and Ranging)

- Tecnica di rilevamento topografico ad alta risoluzione
- Aereo con laser scanner (trasmettitore - ricevitore)
- Abbinamento con un sistema GPS: georeferenziazione 3D dei punti.
- Alta velocità di acquisizione + elevata risoluzione
- Discrimina punti del terreno e punti di «oggetti» posti sul terreno
- Ricostruzione morfologica dettagliata del piano campagna in aree antropiche e/o molto vegetate
- Densità di punti  $< 1,5 \text{ pti/m}^2$
- Accuratezza altimetrica: errore  $< \pm 15 \text{ cm}$



# QUOTATURA PUNTI DI MONITORAGGIO

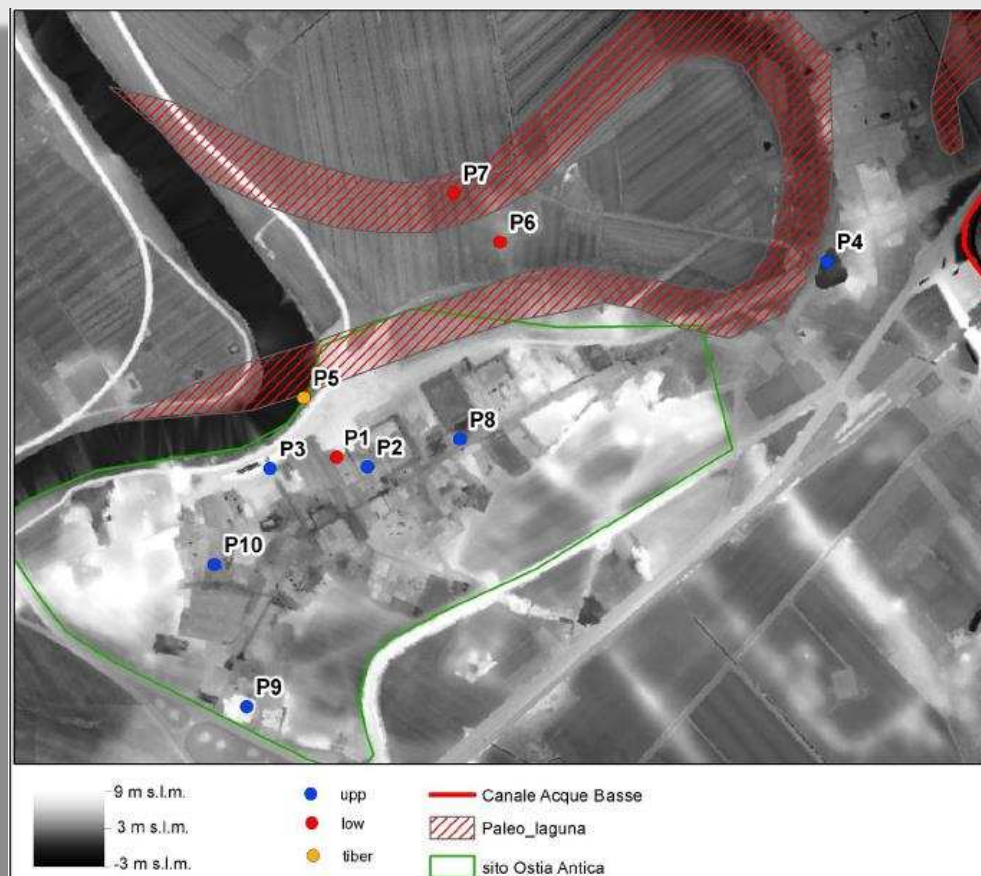
campagna topografica per quotatura BP rispetto al DTM Lidar



quotatura FP

quotatura LS

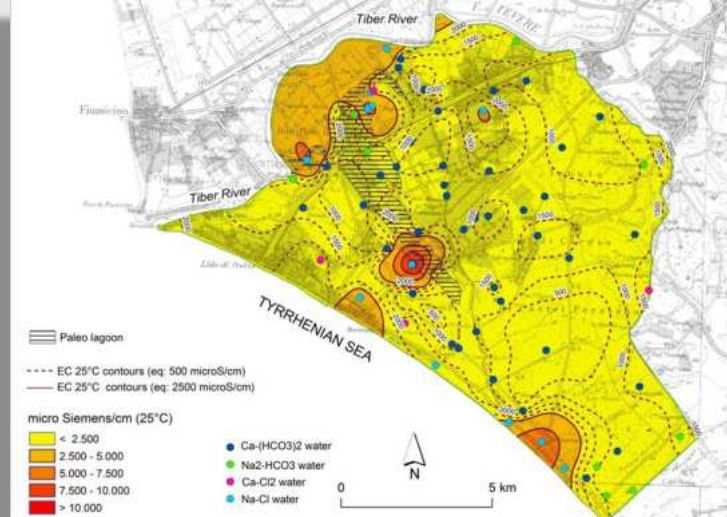
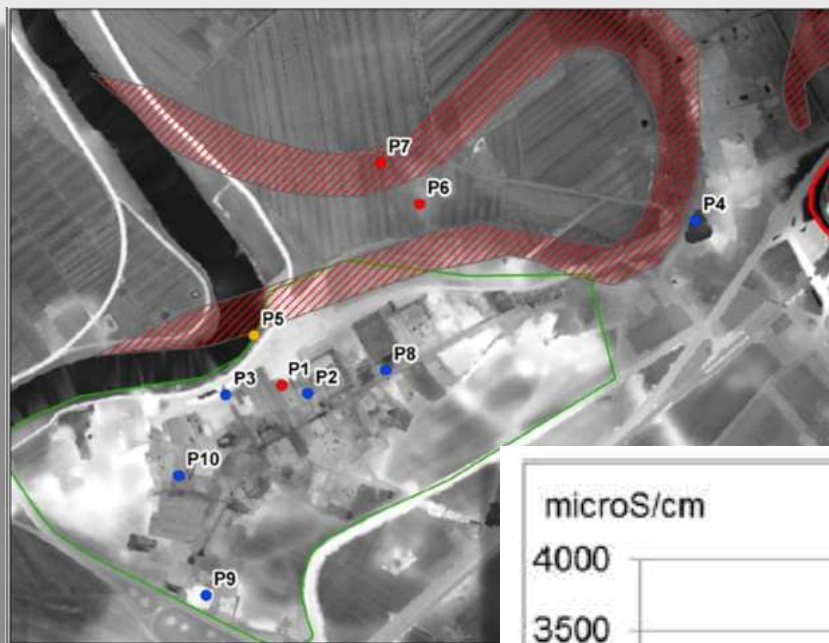
SIGLA	NOME	BP m s.l.m.	FP m s.l.m.	PROF m
P1	museo	2.87	-1.23	4.10
P2	casa di diana	3.20	-0.80	4.00
P3	idrovara	3.34	-0.56	3.90
P4	castello	1.68	-2.57	4.25
P5	imbarcadero	1.74	-2.26	4.00
P6	vivaio	2.58	-2.18	4.76
P7	voliera	1.68	-2.17	3.85
P8	teatro	2.71	-0.72	3.43
P9	porta marina	1.54	-0.98	2.52
P10	terme dei 7 sapienti	2.60	-0.17	2.77



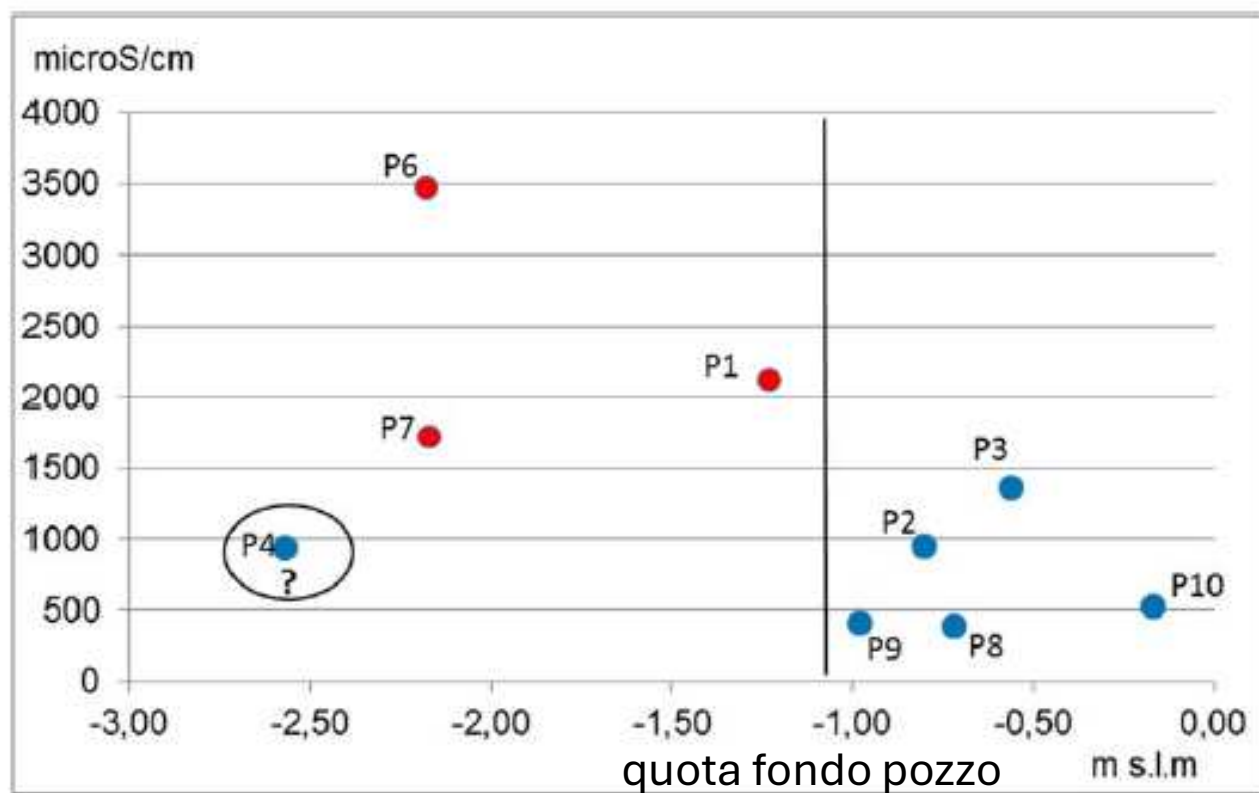
livello di base: - 2 m s.l.m.



# PRIMI RISULTATI



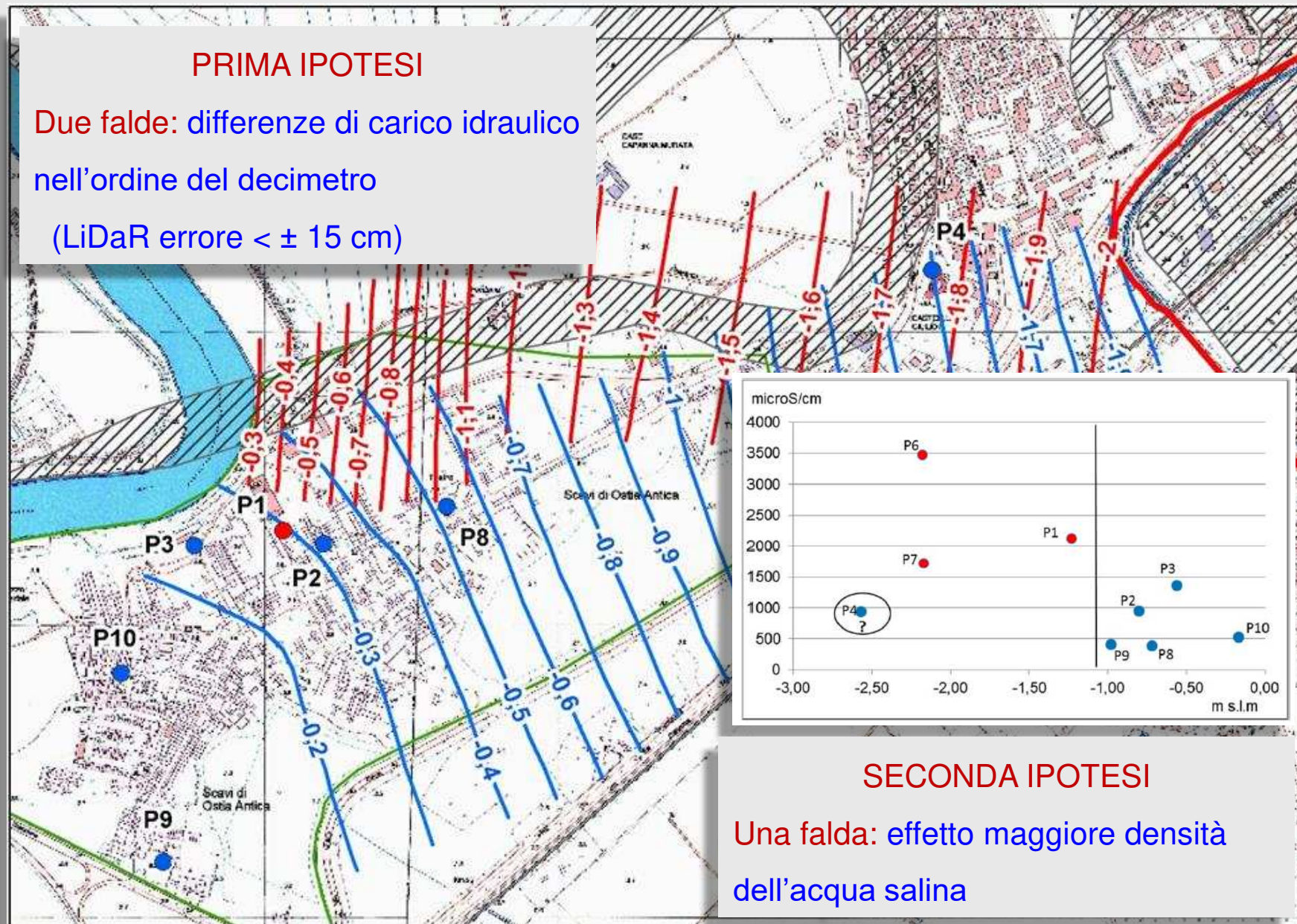
Due falde ?  
(multifalda)



# SUPERFICIE PIEZOMETRICA

## PRIMA IPOTESI

Due falde: differenze di carico idraulico  
nell'ordine del decimetro  
(LiDaR errore  $< \pm 15$  cm)



## SECONDA IPOTESI

Una falda: effetto maggiore densità  
dell'acqua salina



# IL PROBLEMA DELLE STRATIGRAFIE

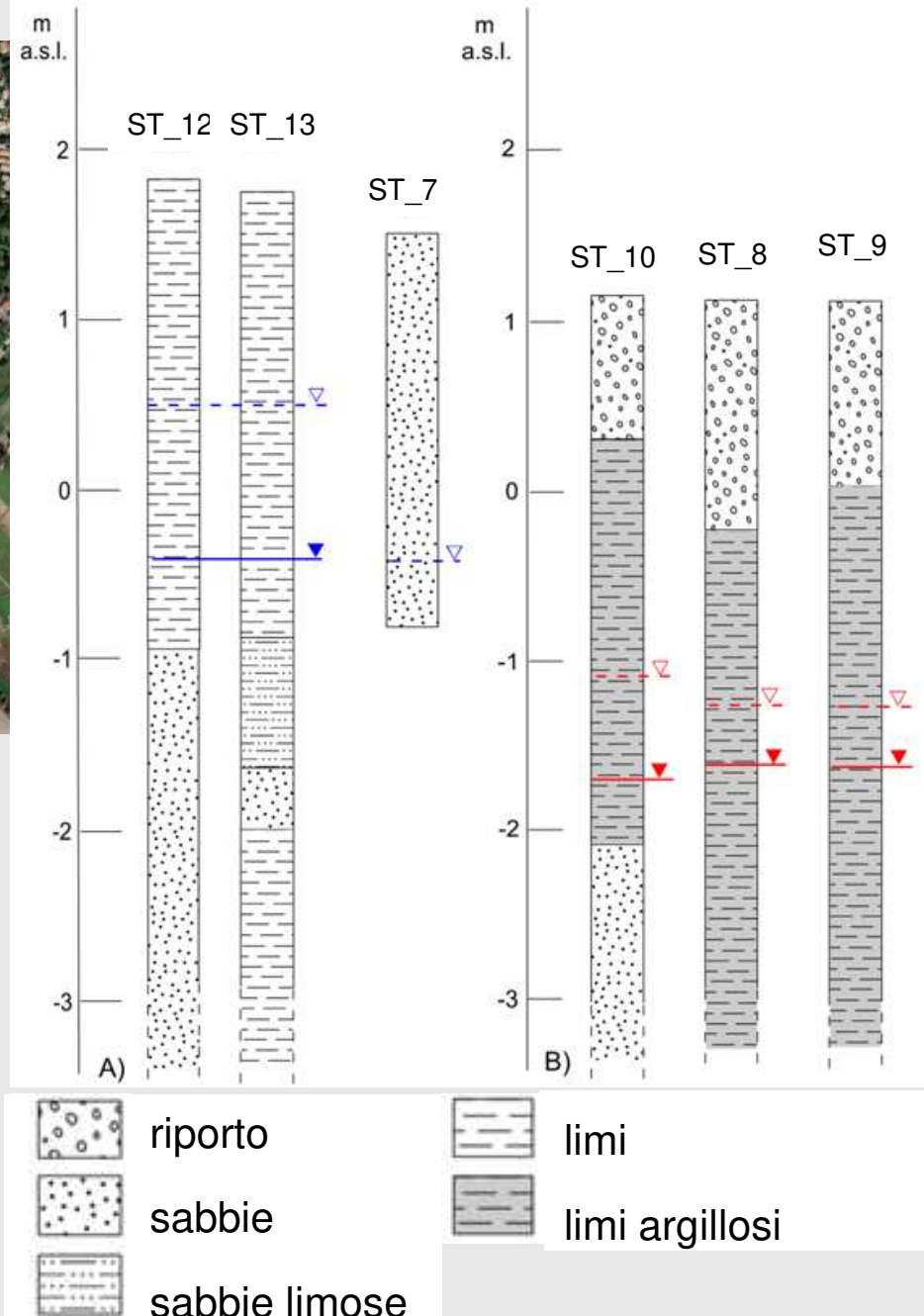


## stratigrafie archeologiche

- No livelli di falda
- No quota p.c. ma solo profondità da p.c.
- scarsa uniformità (diverse fonti)

## Nuovi sondaggi

- non autorizzati in area archeologica
- solo trivelle manuali
- accordo per 2 con mototrivella



# ESECUZIONE SONDAGGI

giugno 2016 campagna di perforazioni

mototrivella Stihl BT 360

carotiere fenestrato

potenziale massimo di perforazione di 4 metri.

3 sondaggi

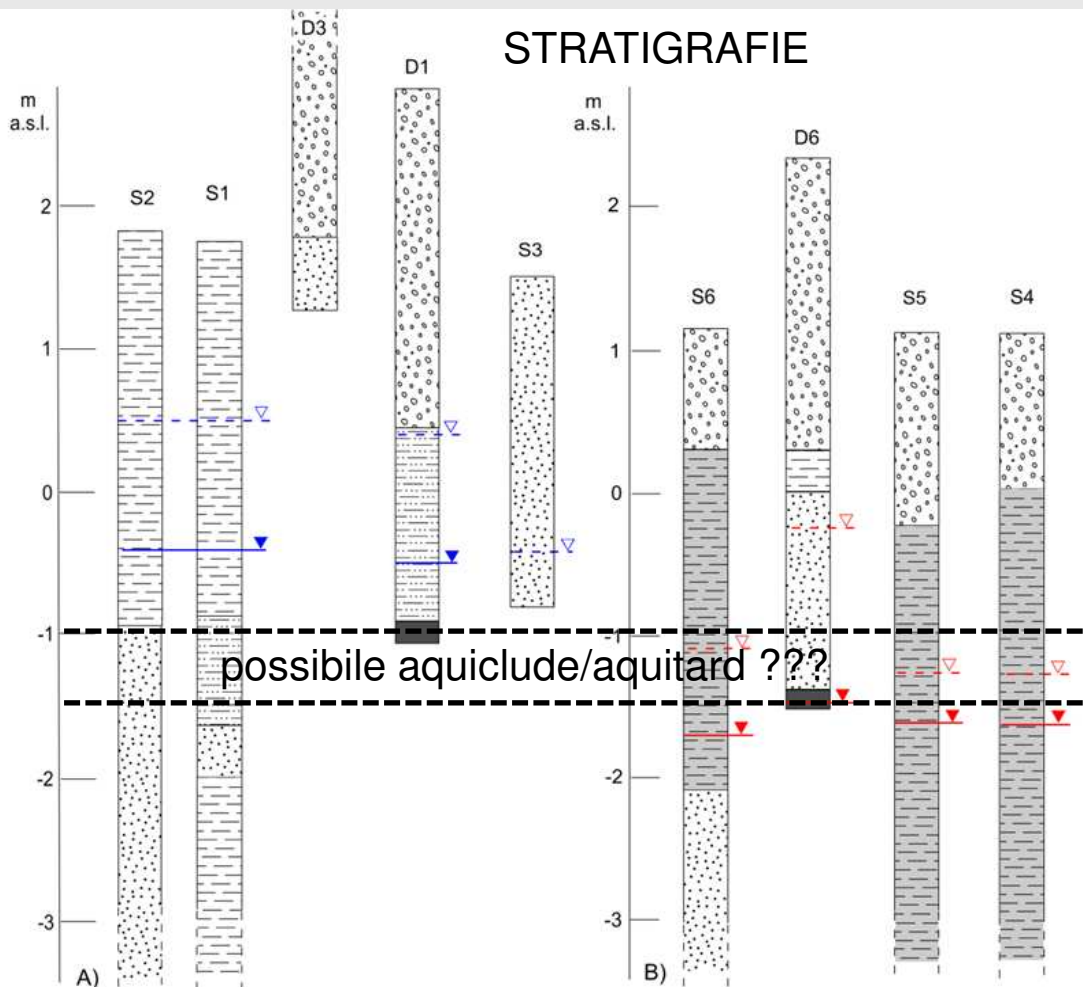
2 interni al sito archeologico + 1 esterno





# CONFRONTO STRATIGRAFIE – LIVELLI DI FALDA

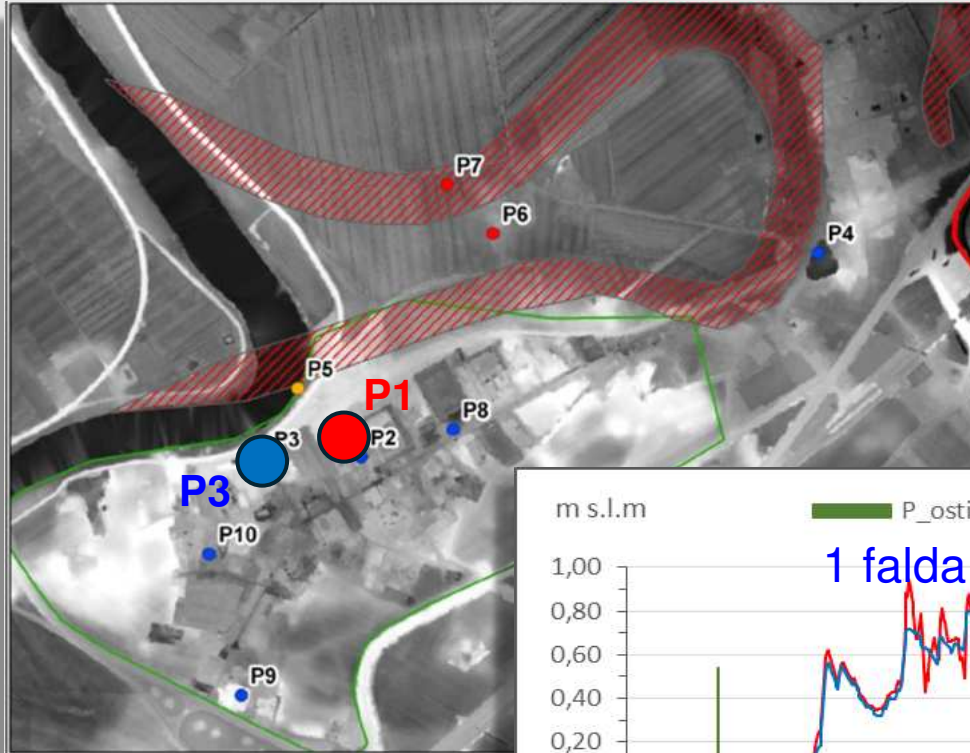
## STRATIGRAFIE



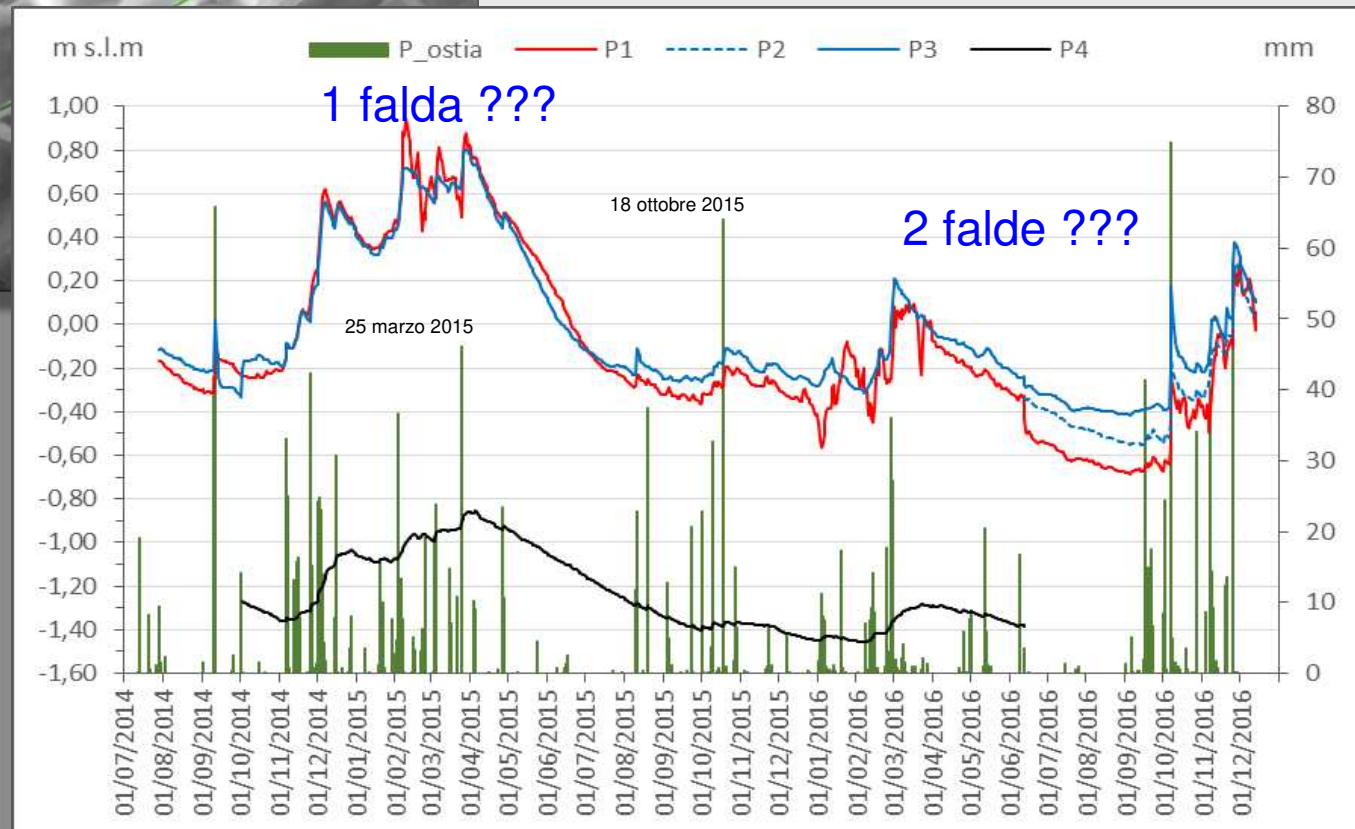
SIGLA	NOME	BP m s.l.m.	FP m s.l.m.	PROF m
<b>P1</b>	museo	2.87	-1.23	4.10
<b>P2</b>	casa di diana	3.20	-0.80	4.00
<b>P3</b>	idrovara	3.34	-0.56	3.90
<b>P8</b>	teatro	2.71	-0.72	3.43
<b>P9</b>	porta marina	1.54	-0.98	2.52
<b>P10</b>	terme dei 7 sapienti	2.60	-0.17	2.77

SIGLA	NOME	BP m s.l.m.	FP m s.l.m.	PROF m
<b>P4</b>	castello	1.68	-2.57	4.25
<b>P5</b>	imbarcadero	1.74	-2.26	4.00
<b>P6</b>	vivaio	2.58	-2.18	4.76
<b>P7</b>	voliera	1.68	-2.17	3.85

# MONITORAGGIO IN CONTINUO: LIVELLI FALDA - PRECIPITAZIONI



- ✓ simile risposta alla ricarica
- ✓ Ricarica moderata: falda dolce più alta della falda salata (effetto densità?)
- ✓ Ricarica abbondante e prolungata: effetto immagazzinamento  
coincidenza livelli





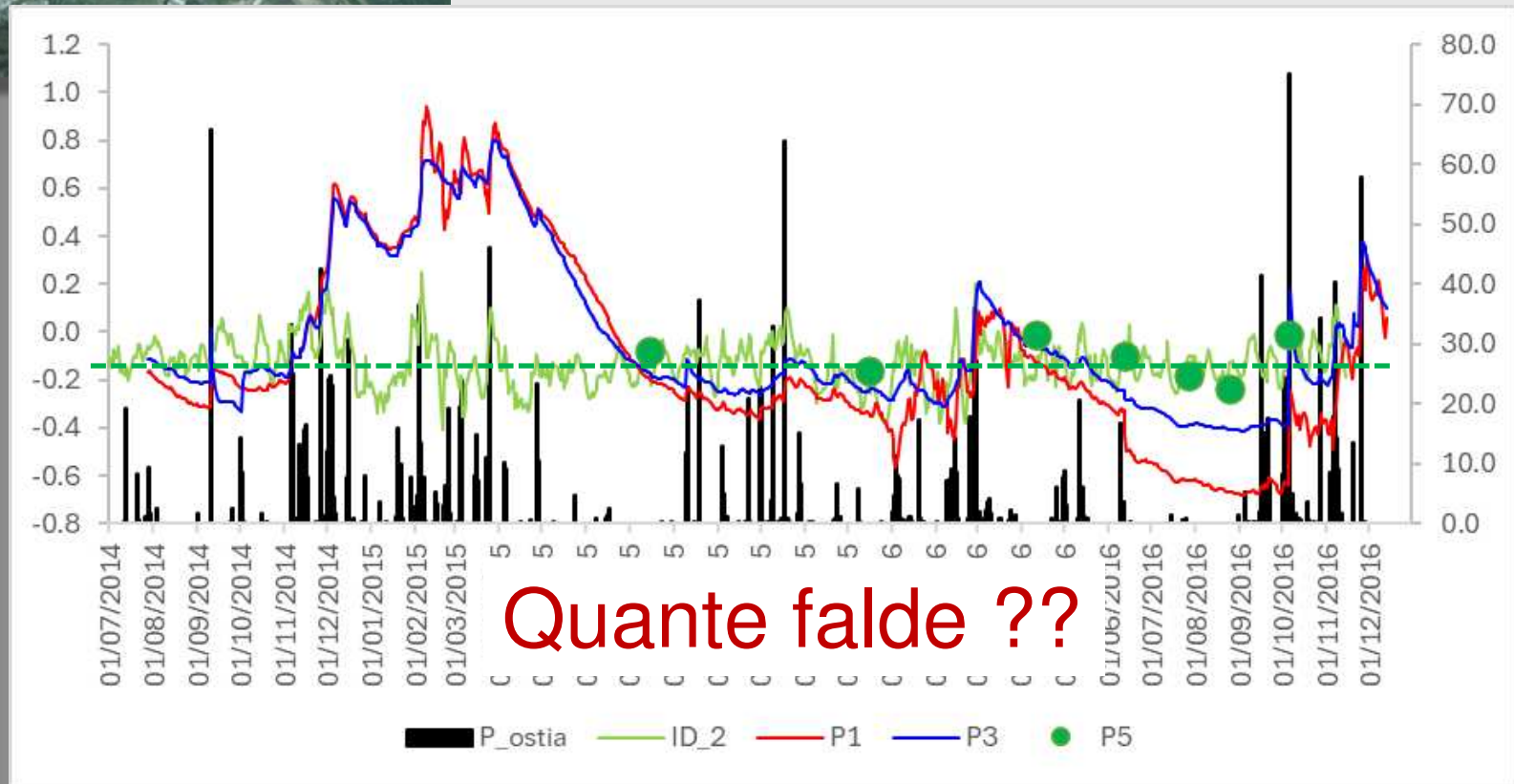
# MONITORAGGIO IN CONTINUO: LIVELLI FALDA – LIVELLO IDROMETRICO TEVERE



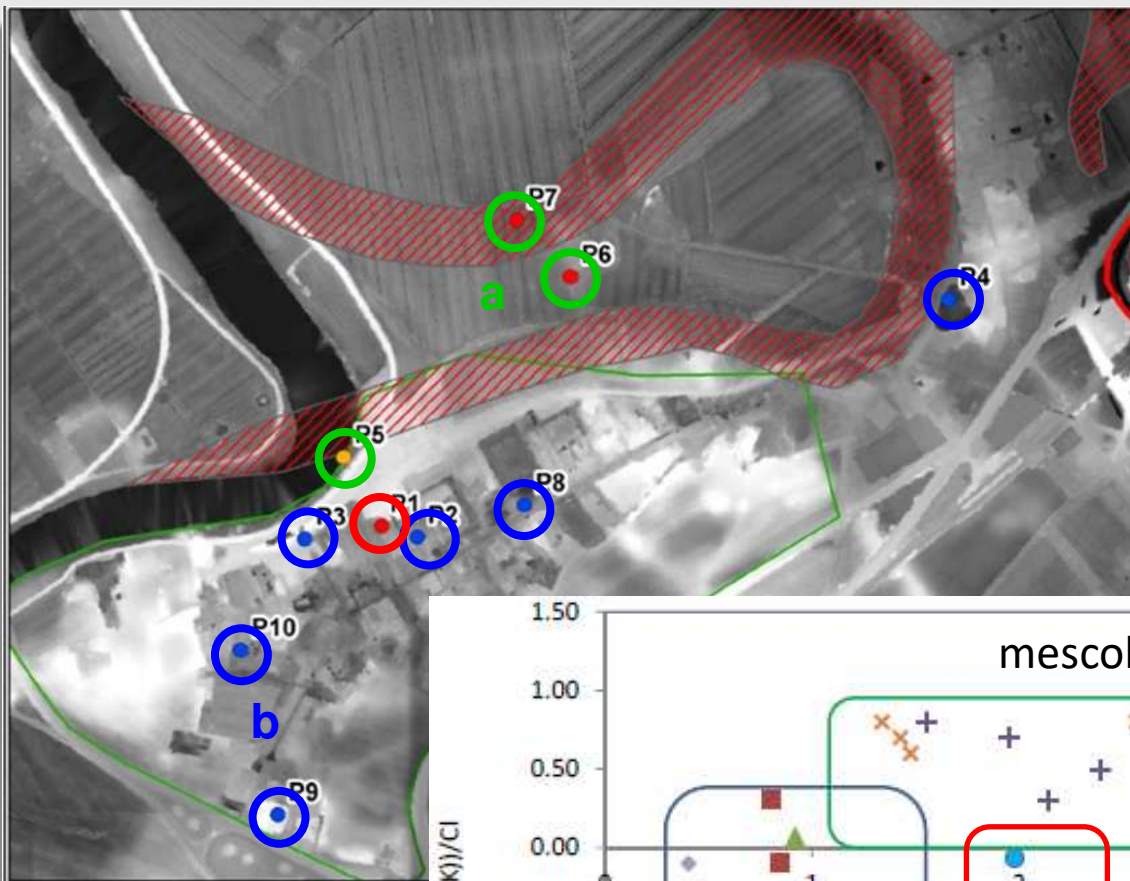
Deflusso sotterraneo smaltisce la ricarica:  
livello di falda  $\leq$  livello Tevere.  
Ricarica prolungata (surplus di immagazzinamento)  
livello di falda  $>$  livello idrometrico del Tevere



Ruolo secondario del Tevere negli allagamenti



# DATI IDROGEOCHIMICI

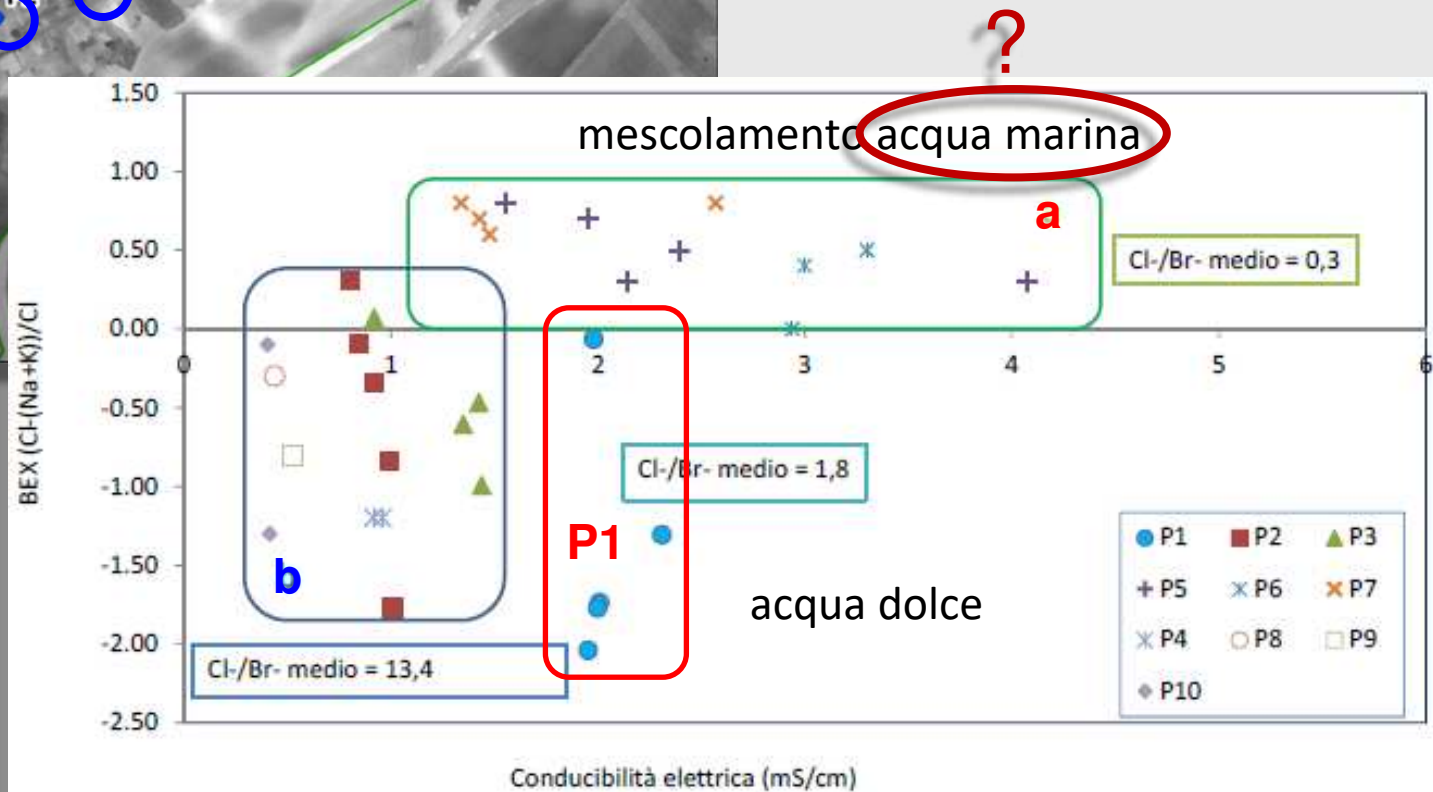


BEX:  $\text{Cl}^-(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/\text{Cl}^-$

Indice di scambio cationico

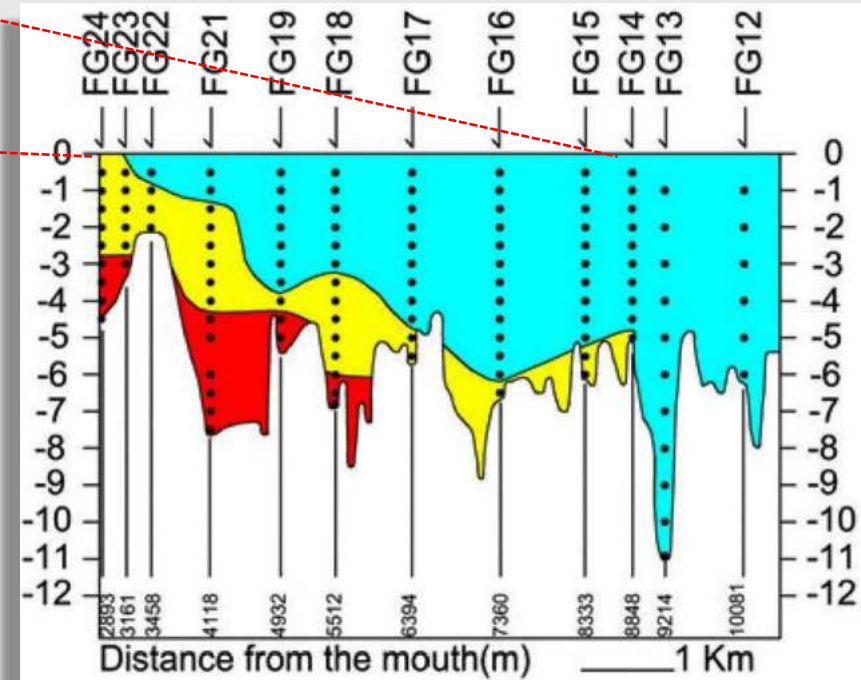
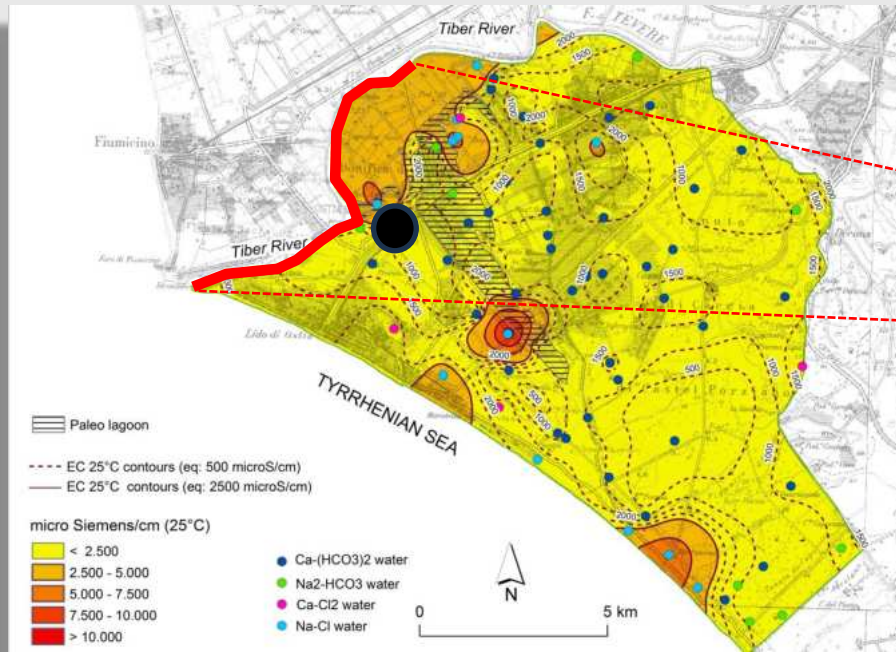
BEX > 0 interazione con acqua salata

BEX < 0 interazione con acqua dolce





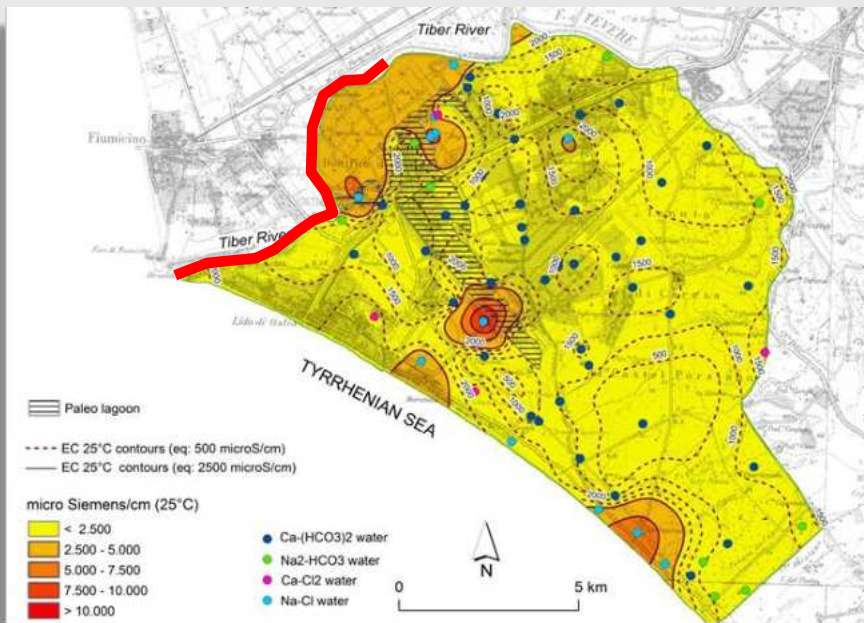
# INTRUSIONE SALINA NELLE ACQUE DEL TEVERE



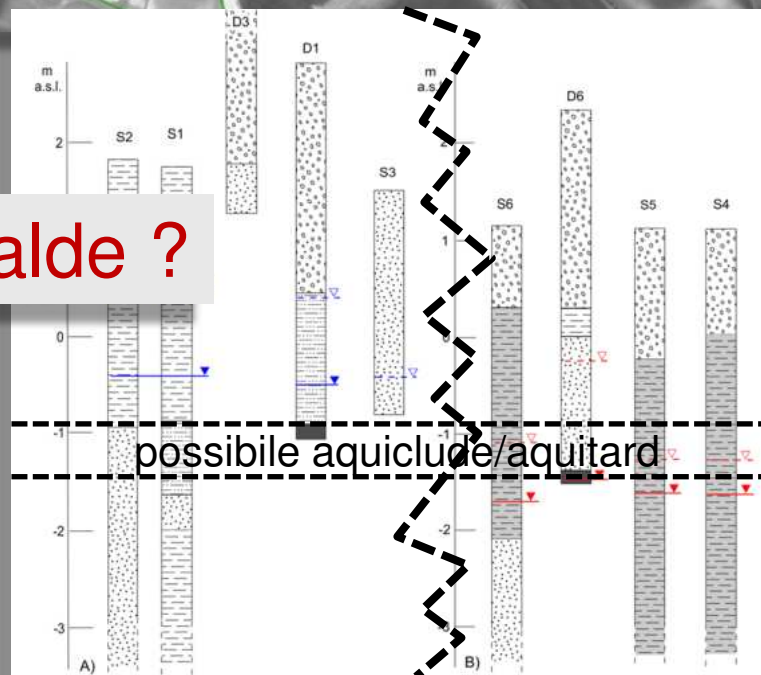
Marzo 2012: log salinità lungo il Tevere



# IPOTESI DI POSSIBILE CONTAMINAZIONE SALINA

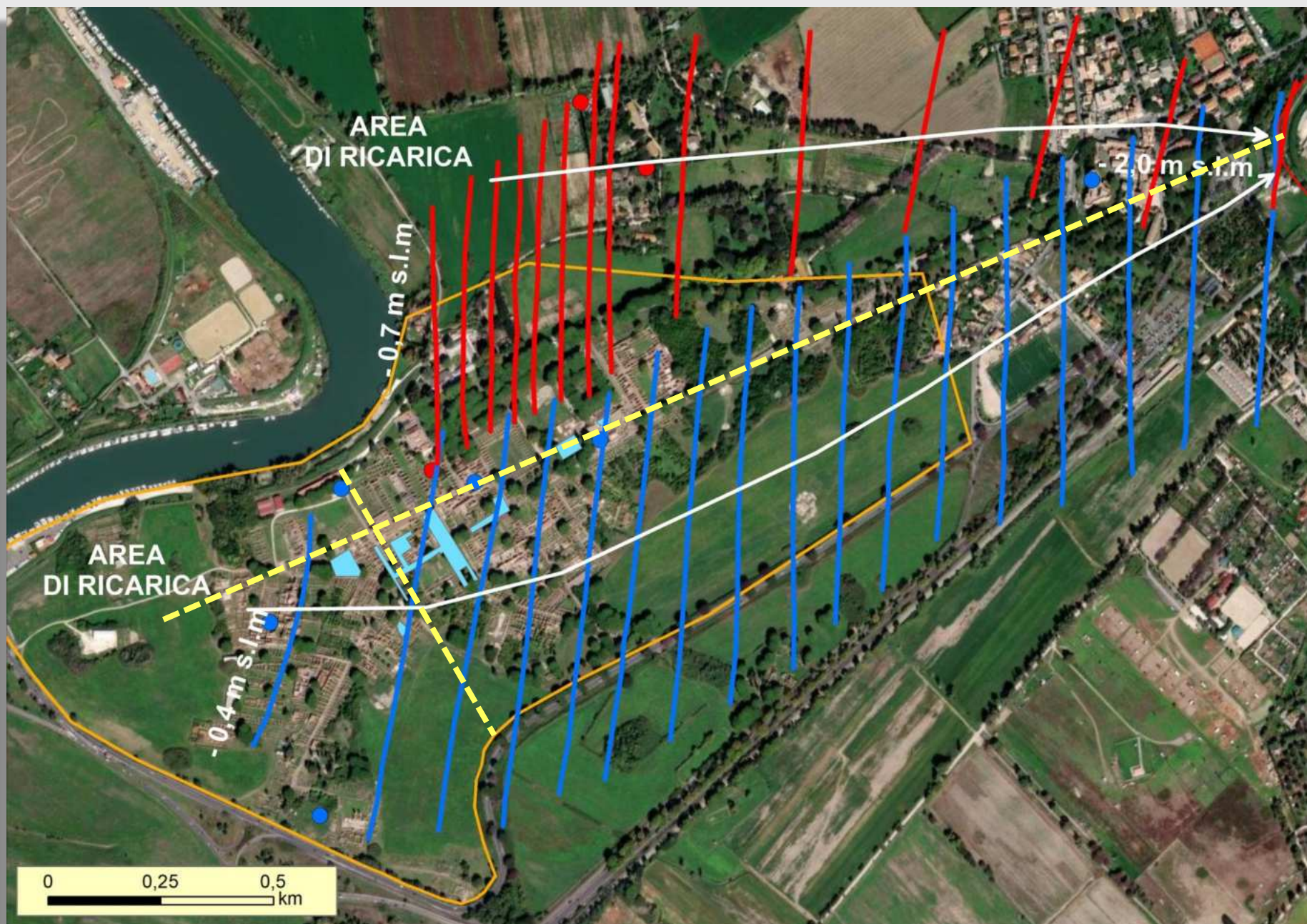


1 o 2 falde ?



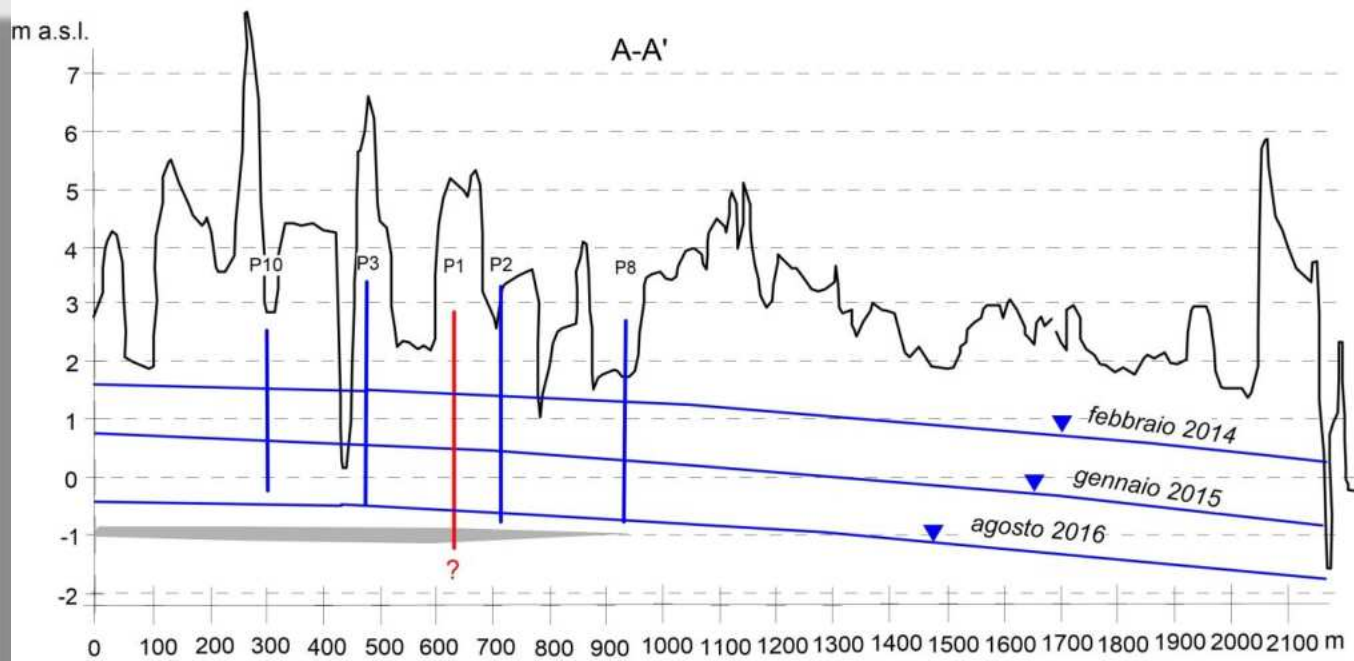
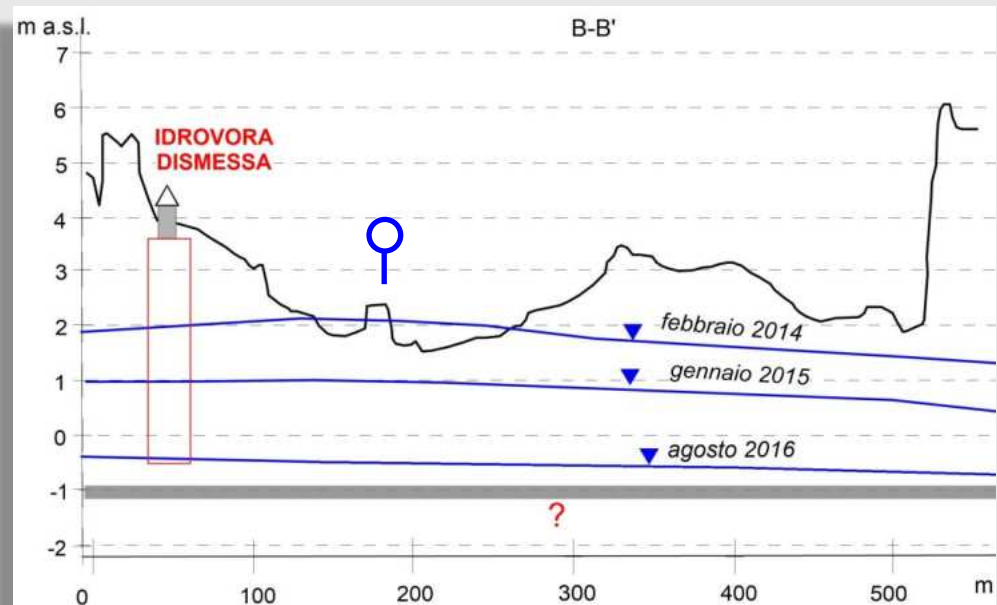
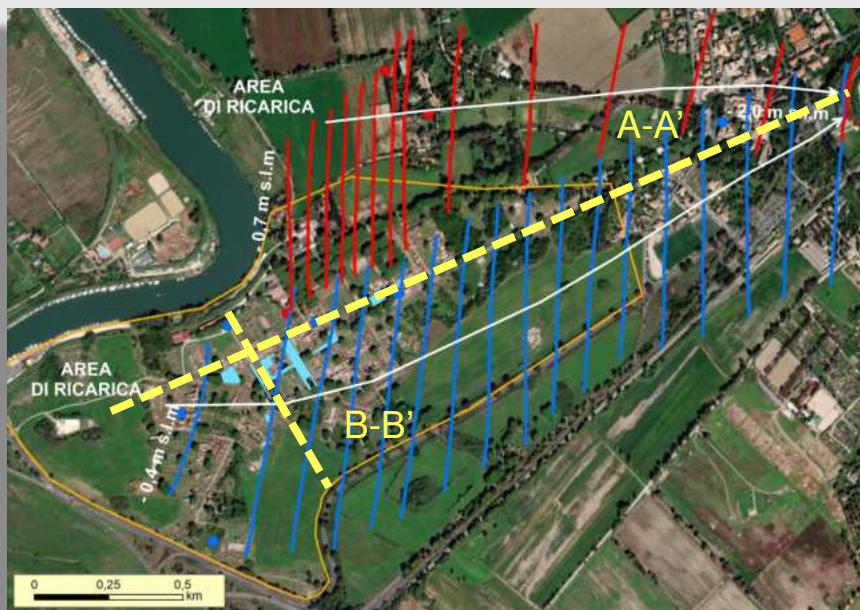


## PROBLEMA DELLA MESSA IN SICUREZZA DAGLI ALLAGAMENTI ??





# RISULTATI OPERATIVI

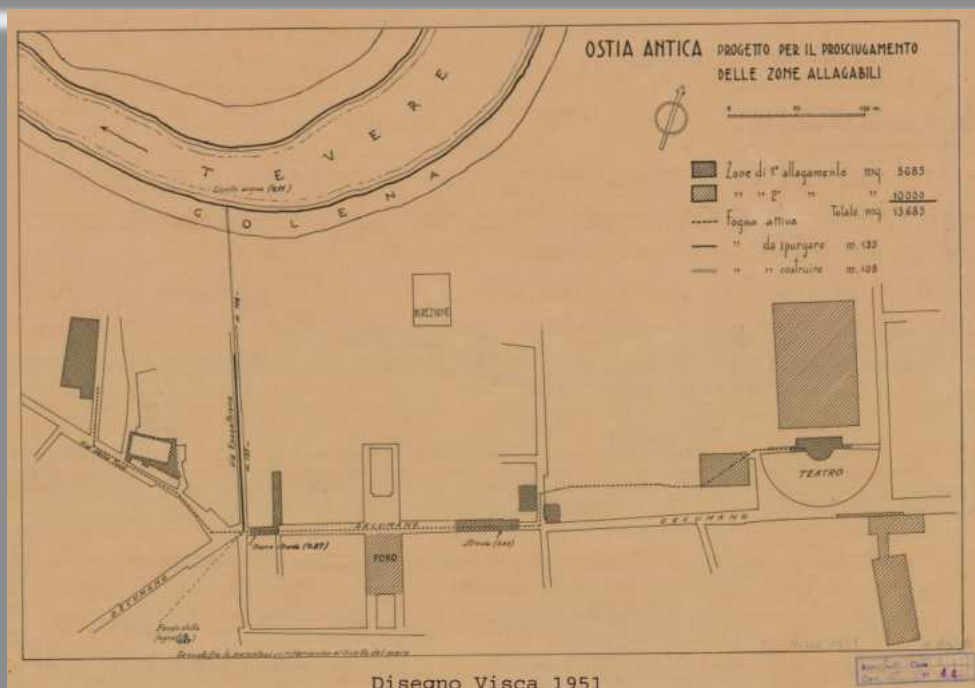


- Esclusione del contributo del Tevere
- Evitare di smaltire l'acqua superficiale nell'area di ricarica
- Riattivazione idrovora e del suo sistema di drenaggio



## SOLUZIONE SCELTA:

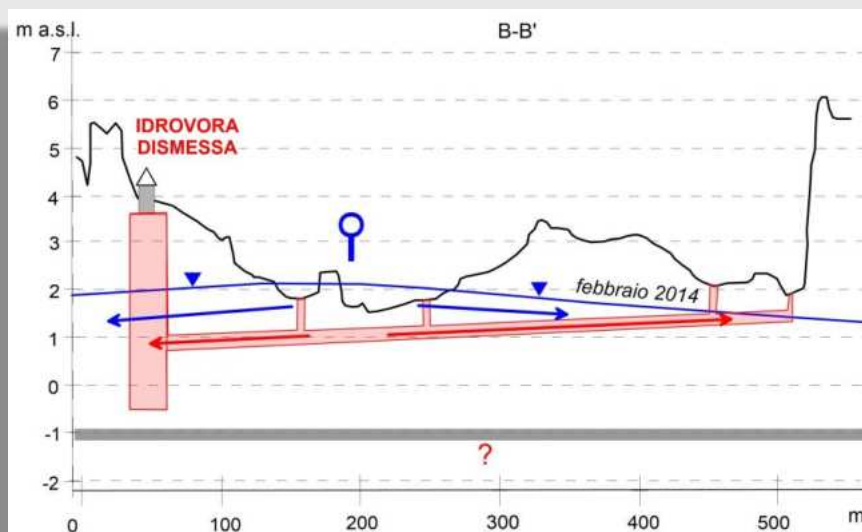
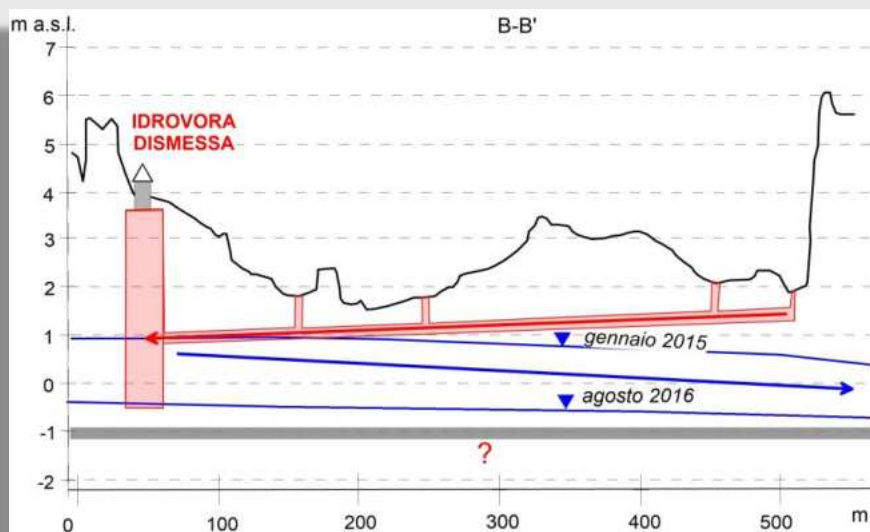
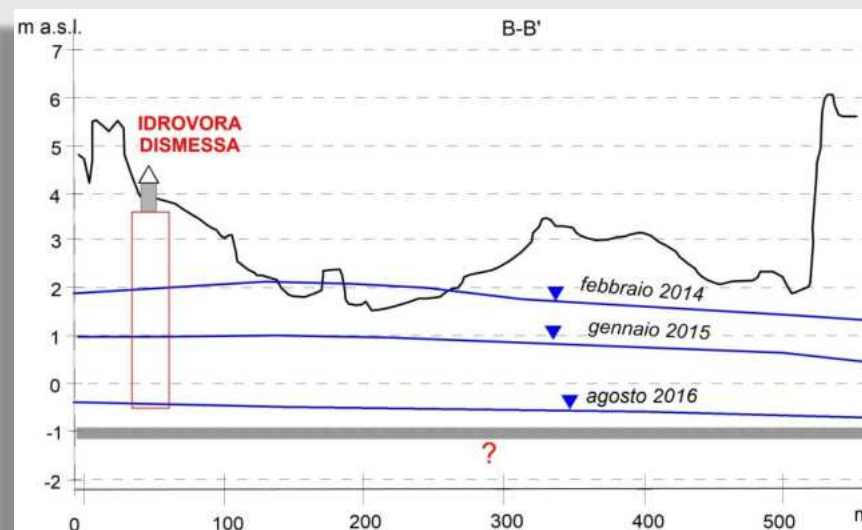
## RIPRISTINO DEGLI ANTICHI CANALI DI DRENAGGIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI



Nel contesto analizzato che senso  
ha distinguere le acque di  
ruscellamento da quelle  
«sotterranee» ?

# NECESSITA' DELLA RIATTIVAZIONE DELL'IDROVORA

Rapporti idraulici significativi fra deflusso superficiale e sotterraneo

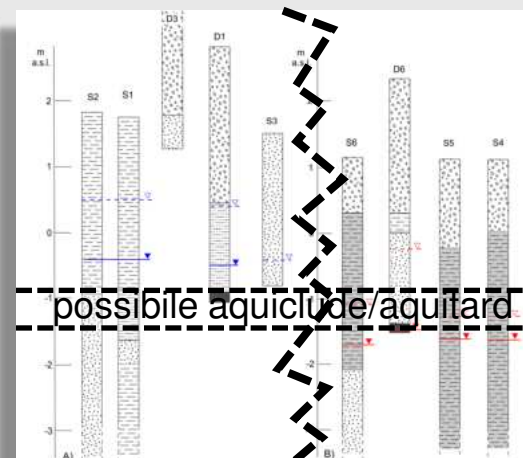
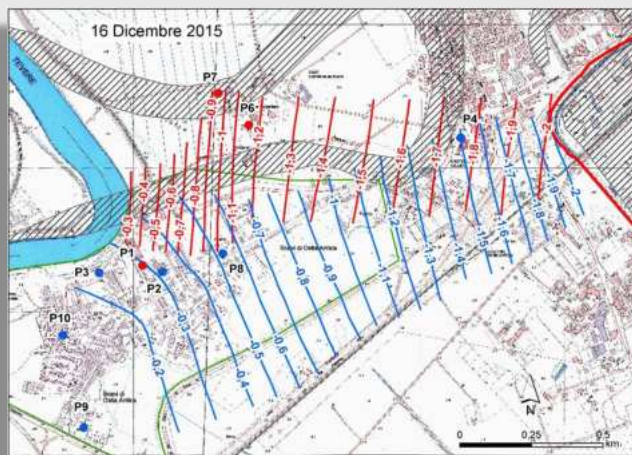
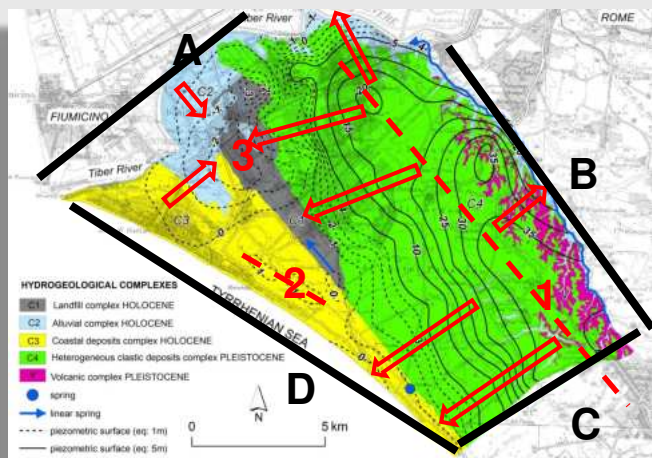


La soluzione non è l'allontanamento delle acque  
ma il contrasto alla risalita della superficie di saturazione oltre una certa quota



# CONCLUSIONI

L'indeterminatezza dell'acquifero multifalda aumenta con il dettaglio della scala di indagine



La Cartografia Idrogeologica della Regione Lazio non è un prontuario di idrogeologia  
(consiglio ai professionisti)

