

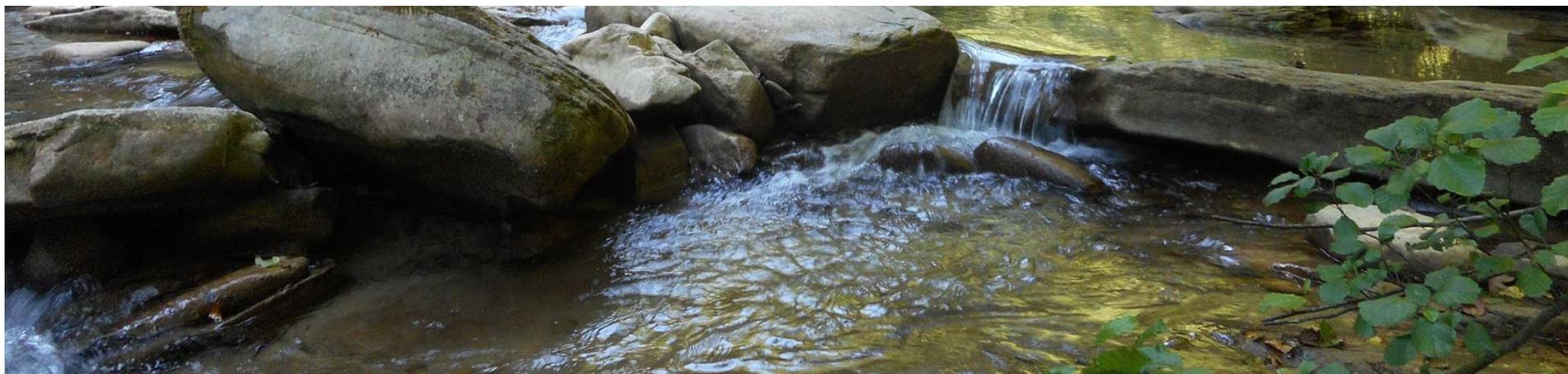


# Monitoraggio di acque sotterranee e sorgenti

ARPAV, Treviso, 6/10/2016

Valentina Vincenzi

[vincenzi.vale@gmail.com](mailto:vincenzi.vale@gmail.com)



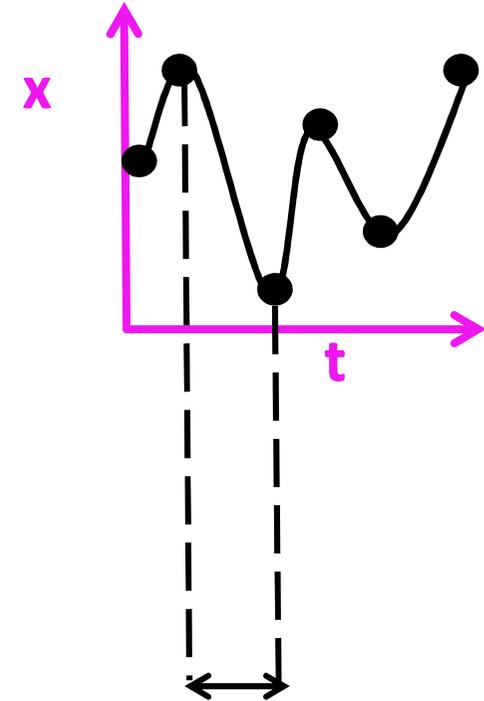
# Indice

- **Monitoraggio**
  - Obiettivi
  - Punti
  - Parametri
  - Metodi e Strumenti
  - Esempi applicativi
- **Prove di tracciamento**
  - Obiettivi e applicazioni
  - Tipi di traccianti
  - Metodi campionamento/analisi
  - Esempi applicativi



# Premessa

- **MONITORARE:** Controllare l'andamento di una o più grandezze variabili nel tempo
- Sullo stesso punto di controllo (es. sorgente) un parametro viene misurato ripetutamente nel tempo
- **SERIE STORICA o TEMPORALE:** descrive la dinamica del fenomeno
- La **FREQUENZA** di monitoraggio dipende dagli obiettivi e dal tipo di parametro/i
- **MONITORAGGIO IN CONTINUO:** quando uno o più sensori monitorano uno o più parametri a medio/alta frequenza (**stazione automatica**)
- **RETE DI MONITORAGGIO:** lo stesso parametro viene rilevato su più punti, distribuiti sull'areale d'interesse.



# Monitoraggio: perché?



I possibili **OBIETTIVI** sono svariati e numerosi, ma raggruppabili in due grandi categorie:

1. CARATTERIZZAZIONE / STUDIO
2. TUTELA / RISANAMENTO RISORSA



# Monitoraggio: perché?



## 1. CARATTERIZZAZIONE / STUDIO:

Aumenta le conoscenze di un sistema idrogeologico, in quanto ne descrive il comportamento in funzione del tempo:

- un sistema idrogeologico non è statico, ma varia al variare delle sue condizioni al contorno (*input di ricarica, scambi fiume-falda, prelievi antropici, ecc...*)
- da “come varia” (in **regime transitorio**) ricavo informazioni preziose sulle sue caratteristiche (**parametri idrodinamici**: porosità, immagazzinamento,...)
- *Es: dallo studio dell'idrogramma di una sorgente ricavo parametri indicatori delle dimensioni del bacino di alimentazione e della conducibilità idraulica*
- *Es: nelle prove di emungimento su pozzo, vario appositamente le condizioni al contorno per determinare i parametri idrodinamici*
- sono dati di input molto utili/fondamentali nella modellistica numerica.

# Monitoraggio: perché?



## 2. TUTELA / RISANAMENTO RISORSA

Controlla l'evoluzione di un sistema idrogeologico nel tempo; ed eventualmente **RILEVA ANOMALIE** (variazioni che si discostano da quelle naturali), indicatrici di situazioni di pericolo per la risorsa idrica e/o per l'uomo (es. *contaminazioni, impoverimento delle falde, subsidenza, risalita del cuneo salino, ...*)

Controlla **interferenze/impatti** (transitori e/o permanenti) di interventi antropici che mettono a rischio la risorsa idrica sotterranea (es. *gallerie, cave, prelievi idrici, interventi di bonifica, ...*)

>>>in entrambi i casi permette di **INTERVENIRE IN TEMPO** qualora necessario.

Tu sei qui: [Home](#) > [Temi](#) > [Acqua](#) > [Fonti di inquinamento](#) > Monitoraggio e qualità acque[Home](#)[ISPRA](#)[Sistema Nazionale  
Protezione Ambiente](#)[Temi](#)[Servizi per l'ambiente](#)[Banche Dati](#)

## Monitoraggio e qualità acque



Le attività di monitoraggio dei corpi idrici rappresentano un efficace strumento per la conoscenza dello stato dell'ambiente acquatico e un valido supporto alla pianificazione territoriale ai fini del suo risanamento.

 [Stampa](#)

Con l'emanazione della normativa sulle acque (D.lgs. 152/99 e s.m.i.), vengono richieste attività di monitoraggio nei corpi idrici significativi al fine di stabilire lo stato di qualità ambientale di ciascuno di essi. La conoscenza dello stato dei corpi idrici permette la loro classificazione e conseguentemente, se necessario, di pianificare il loro risanamento al fine del raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale. Oltre ai corpi idrici significativi sono da monitorare tutti i corpi idrici che, per valori naturalistici o per particolari utilizzazioni in atto, hanno rilevante interesse ambientale e quelli che per essere molto inquinati possono avere influenza negativa sui corpi idrici significativi. L'organizzazione del monitoraggio si articola su una fase conoscitiva e su una fase a regime.

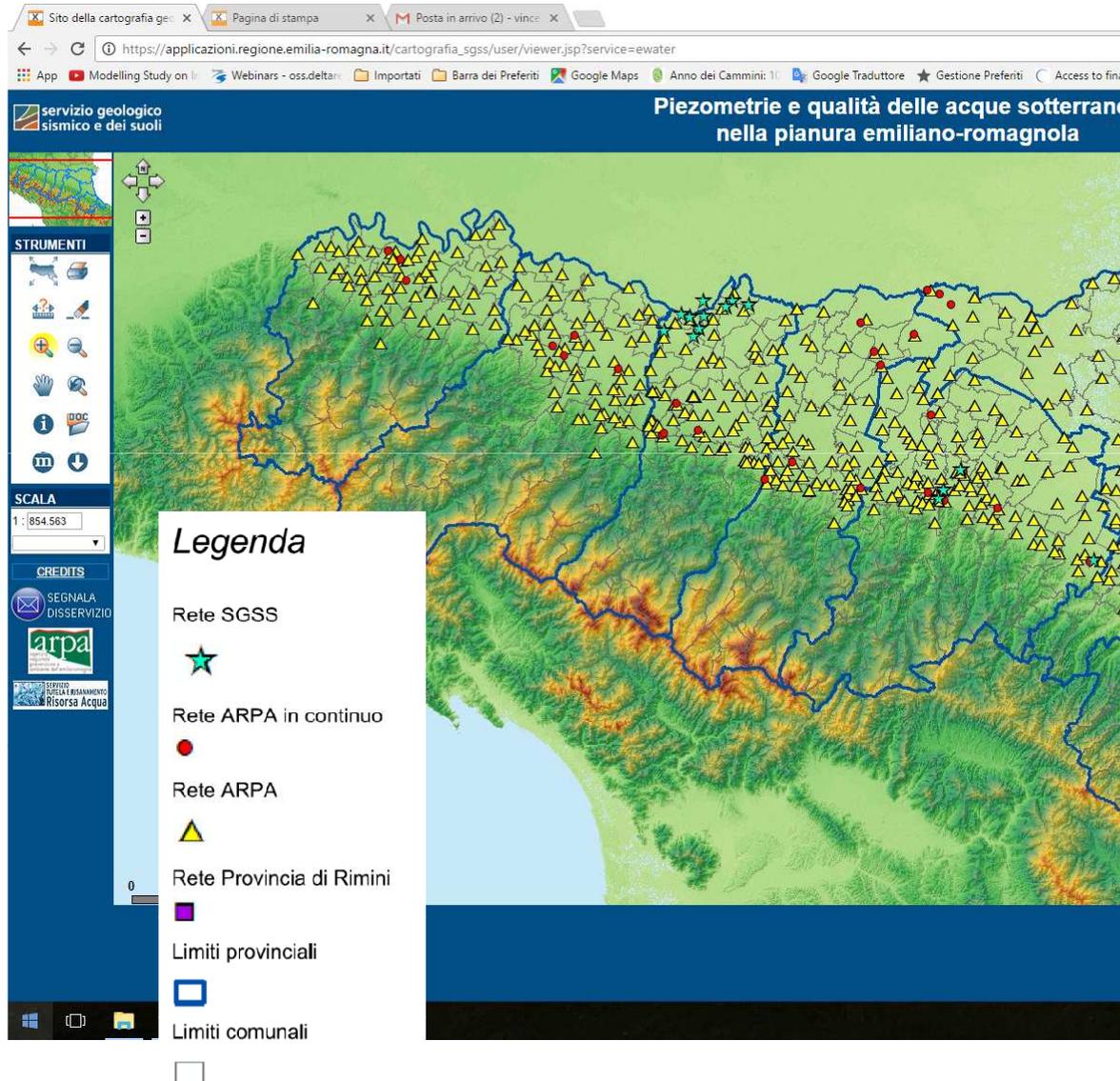
## ACQUA

- » [Risorse idriche](#)
- » [Gestione delle risorse idriche in Italia](#)
- » [Fonti di inquinamento](#)
- » [Monitoraggio e qualità acque](#)
- » [Stato dei controlli](#)
- » [Metrologia](#)
- » [Livello di trattamento dei reflui](#)
- » [Fitodepurazione](#)
- » [La depurazione delle acque](#)

**CARATTERIZZAZIONE  
/ STUDIO  
DEL SISTEMA**

**TUTELA /  
RISANAMENTO  
DELLA RISORSA**

# Regione Emilia-Romagna



Il monitoraggio delle acque sotterranee prevede:

- una rete della piezometria o quantitativa;
- una rete del chimismo o qualitativa.

Le reti quantitativa e qualitativa presentano rispettivamente 463 e 432 pozzi.

L'insieme delle due reti definisce la **Rete regionale di monitoraggio delle acque sotterranee** che

comprende **575 pozzi** di cui:

- 112 pozzi con sola misura del chimismo;
- 143 pozzi con sola misura piezometrica;
- 320 pozzi con entrambe le misure.

Esiste anche una **rete di stazioni di monitoraggio in continuo**.

# Regione Veneto



arpav

Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

ARPAV

Prevenzione e Salute

Temi Ambientali

Servizi Ambientali

ARPAV informa

Servizi online

Dati ambientali

Acqua

Agenti fisici

Agrometeo

Alimenti

Amianto

Aria

Climatologia

Energia

Idrologia

Meteo

Neve

Pollini

Rifiuti

Siti contaminati

Suolo

Portale → Temi ambientali → Acqua → Acque interne → Acque sotteranee → La rete di monitoraggio



Acqua

Acque di transizione

Acque interne

Acque superficiali

Acque sotteranee

Metodologia

La rete di monitoraggio

Dati

Progetti

Approfondimenti

Cosa dice la normativa

Acque potabili

Osservatorio Acque Interne

Bacino Scolante

Acque marino costiere

Balneazione

Boe Delta del Po

Direttiva 2000/60/CE

Attività

Giornata mondiale dell'acqua

Riferimenti

Contatti

## La rete di monitoraggio

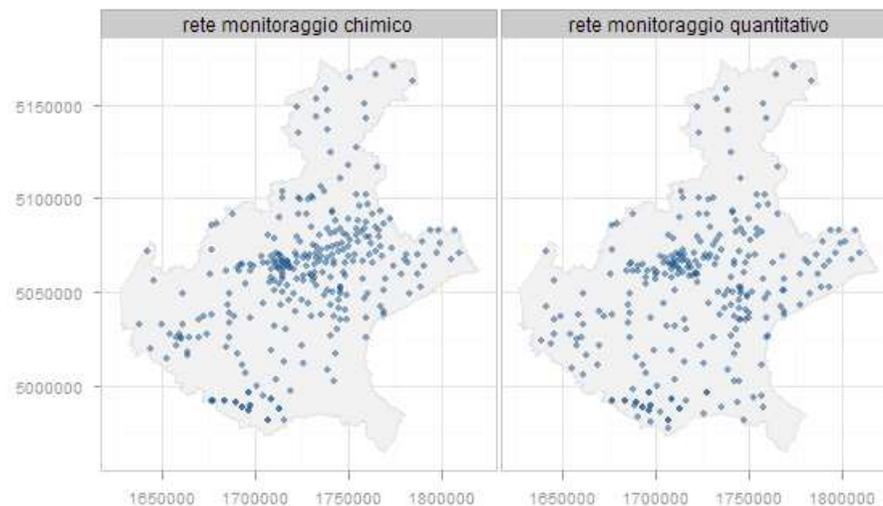
Lo stato dei corpi idrici sotterranei regionali è controllato attraverso due specifiche reti di monitoraggio:

- una rete per il monitoraggio chimico;
- una rete per il monitoraggio quantitativo.

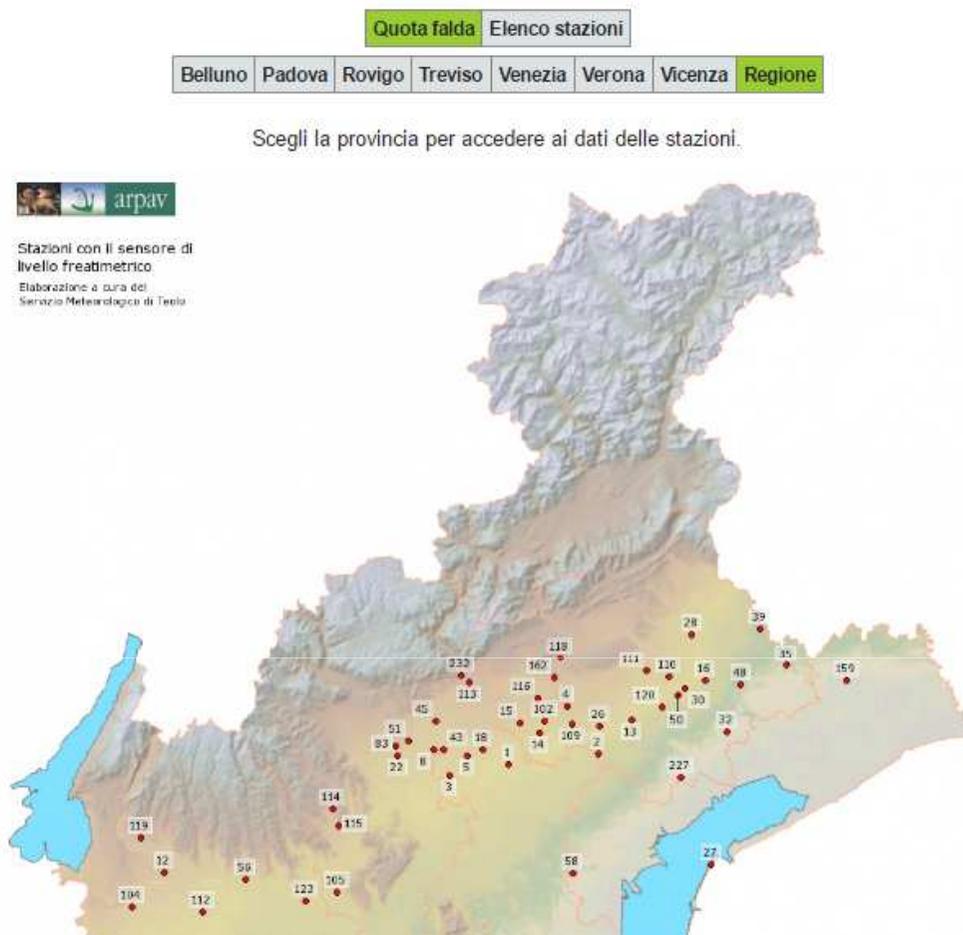
Il programma di monitoraggio annuale prevede:

- **analisi chimiche** su circa **300 punti di monitoraggio** con frequenza semestrale, in primavera (aprile-maggio) ed autunno (ottobre-novembre);
- **misure del livello piezometrico** su oltre **210 pozzi/piezometri** con frequenza trimestrale (fine gennaio, fine aprile, fine luglio e primi di novembre);
- **misure di portata** su oltre **40 sorgenti** due volte all'anno in corrispondenza dei campionamenti.

Maggiori informazioni sui punti e i programmi di monitoraggio sono disponibili nei rapporti annuali sullo stato delle acque sotteranee scaricabili dalla sezione documenti.



Dati disponibili degli ultimi giorni



**Rete freaticometrica**  
(Alta Pianura Veneta)  
69 stazioni di misura  
**41 stazioni automatiche**

*Le reti regionali si basano ancora prevalentemente su **campionamenti e rilievi manuali** a cadenza periodica (2-4 volte l'anno).*

*Negli anni però si nota un significativo incremento delle **stazioni automatiche**, che permettono il monitoraggio in continuo ed il **controllo in remoto**.*

# Monitoraggio: dove?



- **POZZI**

- Acquedottistici
- Altri usi



- **PIEZOMETRI**



- **SORGENTI**

- Acquedottistiche
- Altri usi

- **ALTRI PUNTI d'accesso alle acque sotterranee:** *venute idriche in opere sotterranee, sistemi di drenaggio sotterraneo, grotte/inghiottitoi carsici, ...*

- **Condizioni al contorno:** livelli fiumi, precipitazioni,... >>> altre discipline (IDROLOGIA, METEOROLOGIA,...)



# Monitoraggio: dove?



L'ubicazione dei punti deve essere progettata in funzione di:

- Obiettivi del monitoraggio e dimensioni dell'area di studio
- Modello idrogeologico concettuale: per ottimizzare la progettazione del monitoraggio è fondamentale una buona conoscenza del sistema idrogeologico (*geometrie, stratigrafia, condizioni al contorno, permeabilità, ...*)
- Aree sensibili (*zone protette, fiumi alimentati da falde, ....*)
- Pressioni antropiche presenti sul territorio (*industrie, acquedotti, discariche, siti contaminati, ...*)
- Disponibilità di punti già esistenti: effettiva rappresentatività (*es. nel caso di pozzi e piezometri: colonna non intasata, profondità dei tratti fessurati, bocca pozzo protetto da contaminazioni dalla superficie,...*)



# Monitoraggio: cosa?



- **PARAMETRI QUANTITATIVI**

- Carico piezometrico (pozzi, piezometri, sorgenti)
- Portata
  - naturale fluente (sorgenti)
  - derivata (pozzi, sorgenti)



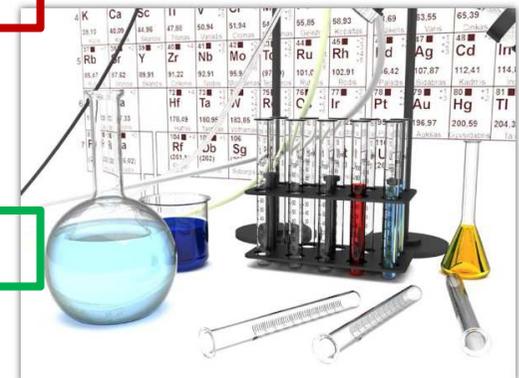
- **PARAMETRI QUALITATIVI**

- Parametri chimico-fisici:
  - **Temperatura**
  - **Conducibilità elettrica specifica (salinità)**
  - **pH, Eh, ossigeno disciolto**
  - **Torbidità**



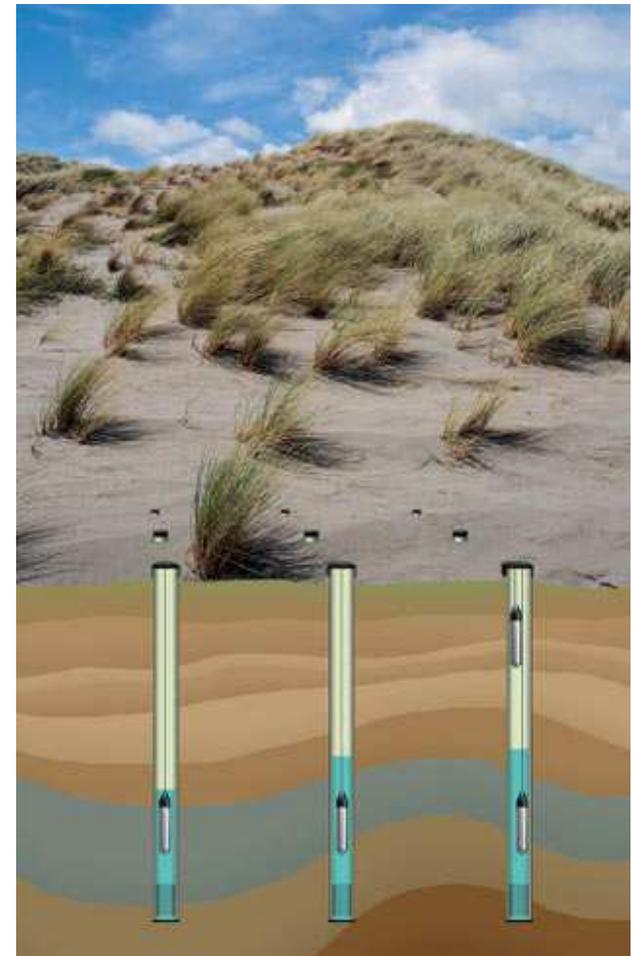
- Analiti specifici disciolti in acqua:

- Ioni principali
- Inquinanti
- Traccianti fluorescenti
- ....



# CARICO PIEZOMETRICO

- Si misura manualmente con **freatimetro** in pozzi, piezometri, o altri punti d'accesso alle acque sotterranee.



# CARICO PIEZOMETRICO



- Si misura manualmente con **freatimetro** in pozzi, piezometri, o altri punti d'accesso alle acque sotterranee.
- Si monitora con **SENSORI (o sonde) DI LIVELLO** (per lo più TRASDUTTORI DI PRESSIONE), installati in posizione fissa sotto la tavola d'acqua, che **misurano e registrano la pressione**
  - ASSOLUTO:  $P_{tot} = P_{H2O} + P_{atm}$  (richiede poi la compensazione barometrica dei dati)
  - RELATIVO:  $P_{H2O}$  (rileva anche la  $P_{atm}$  ed esegue al suo interno la compensazione barometrica dei dati).
- Generalmente misurano anche la **Temperatura**.



# Sensori di livello

Parametri importanti dello strumento:

- **Range di misura**
- **Accuratezza**
- **Risoluzione**
  
- Memoria dati:
  - Dimensioni
  - Circolare o no
- Compensazione barometrica (interna/esterna)
- Materiale del corpo sonda:
  - Plastica
  - Acciaio
  - Ceramica
- Lunghezza cavo
- Dimensioni sonda ( $\emptyset$ )

PRESSURE				
Model	11.11.59.01	11.11.59.02	11.11.59.03	Unit
Range	10	50	100	Meter
Accuracy	$\pm 0.5$	$\pm 2.5$	$\pm 5.0$	cmH <sub>2</sub> O
Resolution	0.2	1.0	2.0	cmH <sub>2</sub> O

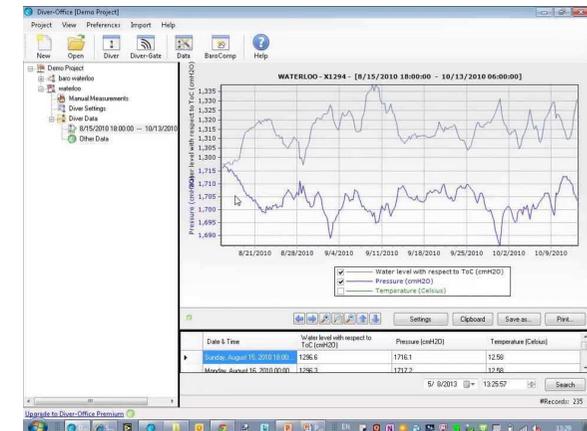
TEMPERATURE		
	Value	Unit
Range	-20 .. +80	$^{\circ}\text{C}$
Accuracy	$\pm 0.1$	$^{\circ}\text{C}$
Resolution	0.01	$^{\circ}\text{C}$

CONDUCTIVITY		
	Value	Unit
Range	30 or 120 (user adjustable)	mS/cm
Accuracy	$\pm 1\%$ of reading	mS/cm
Resolution	$\pm 0.1\%$ of reading	mS/cm

# Sensori di livello

- Dal sensore i dati sono scaricati su notebook o palmare con uno specifico cavetto di comunicazione e software
- Il software permette di programmare, avviare, stoppare i sensori; visualizzare i dati in formato grafico e tabella; eseguire la compensazione barometrica; esportare in vari formati (compatibili con fogli di calcolo .xls o simili)
- Diverse opzioni accessorie, tra cui:
  - Sensore di conducibilità elettrica specifica
  - Sistemi di trasmissione in remoto (GSM o GPRS)
  - Sistemi d'allarme a soglia (SMS di allerta)

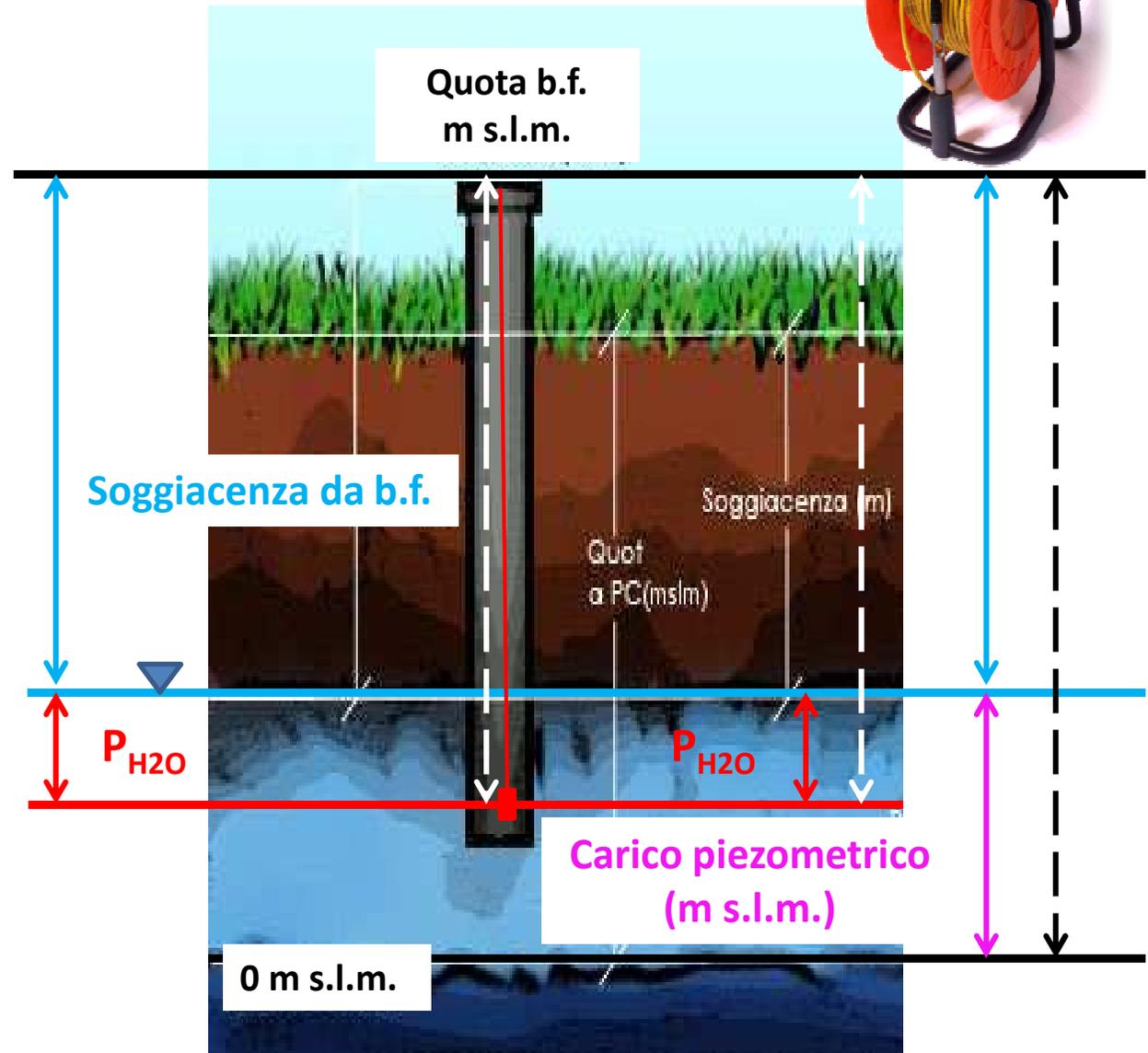


# Sensori di livello



Il dato di  $P_{H_2O}$  (pressione compensata in testa al sensore) viene convertito (automaticamente o manualmente) in:

- **soggiacenza (da b.f. o da p.c.)** agganciandosi alla profondità del sensore dal riferimento;
- **carico piezometrico assoluto (m s.l.m.)**, agganciandosi alla profondità del sensore e alla quota topografica del rif. (del b.f. o del p.c.).



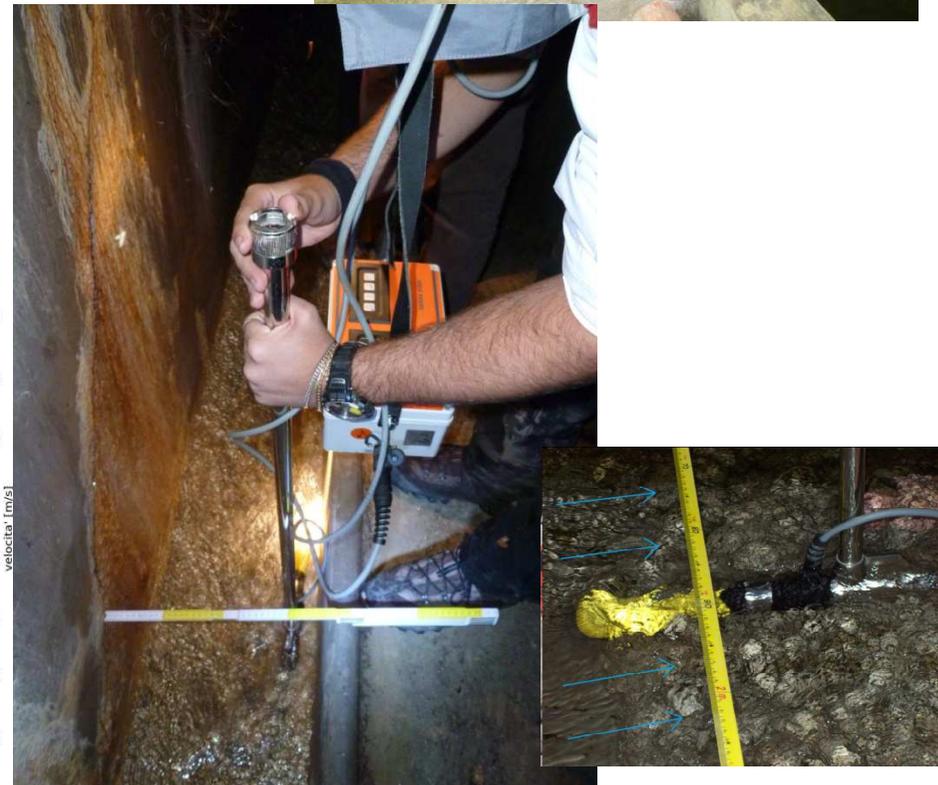
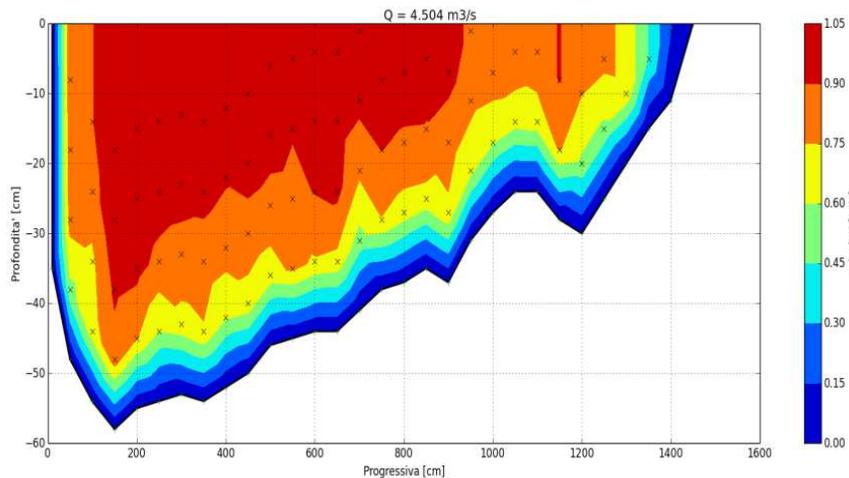
# Sensori di livello

## Campi di applicazione

- Prove di portata
- Monitoraggio dei corpi acquiferi a lungo termine (frequenza giornaliera/oraria)
- Monitoraggio abbassamenti piezometrici indotti da grandi prelievi (acquedotti, industrie,...)
- Monitoraggio variazioni piezometriche indotte da opere in sotterraneo (galleria, scavi, cave, miniere,...)
- ....
- ma anche: Monitoraggio portata sorgenti

# PORTATA FLUENTE

- Come misurare?
  - con **metodo volumetrico** (secchio e cronometro)  
 $Q = \text{Volume} / \text{tempo} \text{ (m}^3/\text{s)}$
  - con **metodo correntometrico** = misure di velocità con correntometro.  
 $Q = \text{area della sezione bagnata (m}^2) \times \text{velocità media (m/s)}$ .



# PORTATA FLUENTE

- Come monitorare?
  - **Doppler a osservazione laterale** per misurazione continua della velocità dell'acqua: misurando anche il livello idrometrico su una sezione a geometria nota (e fissa), restituisce la Portata in continuo. Molto caro, non applicato frequentemente.
  - Prove di tracciamento (METODO DELLA DILUIZIONE SALINA)
  - **Sensore di livello** su sezione a geometria nota + costruzione della **scala di deflusso**. Metodo molto più semplice ed economico, di comune applicazione. La sezione di misura deve avere una geometria stabile e deve permettere misure di portata manuali durante tutto l'anno, indispensabili per costruire la scala di deflusso.

## OTT SLD

Side Looking Doppler (Doppler a osservazione laterale) per misurazione continua della velocità dell'acqua e dello scarico

CONDIVIDI STAMPA



OTT SLD è un sistema per la misurazione continua di velocità e livello dell'acqua in torrenti, fiumi e canali. Il sensore impiega il principio acustico dell'effetto Doppler per misurare in modo affidabile la velocità del flusso in un'ampia varietà di condizioni naturali, inclusa la maggior parte delle alluvioni.

Tipo di utilizzo: Installazione fissa

Tecnologia di misurazione: Acustico

Parametri misurati: Velocità del flusso

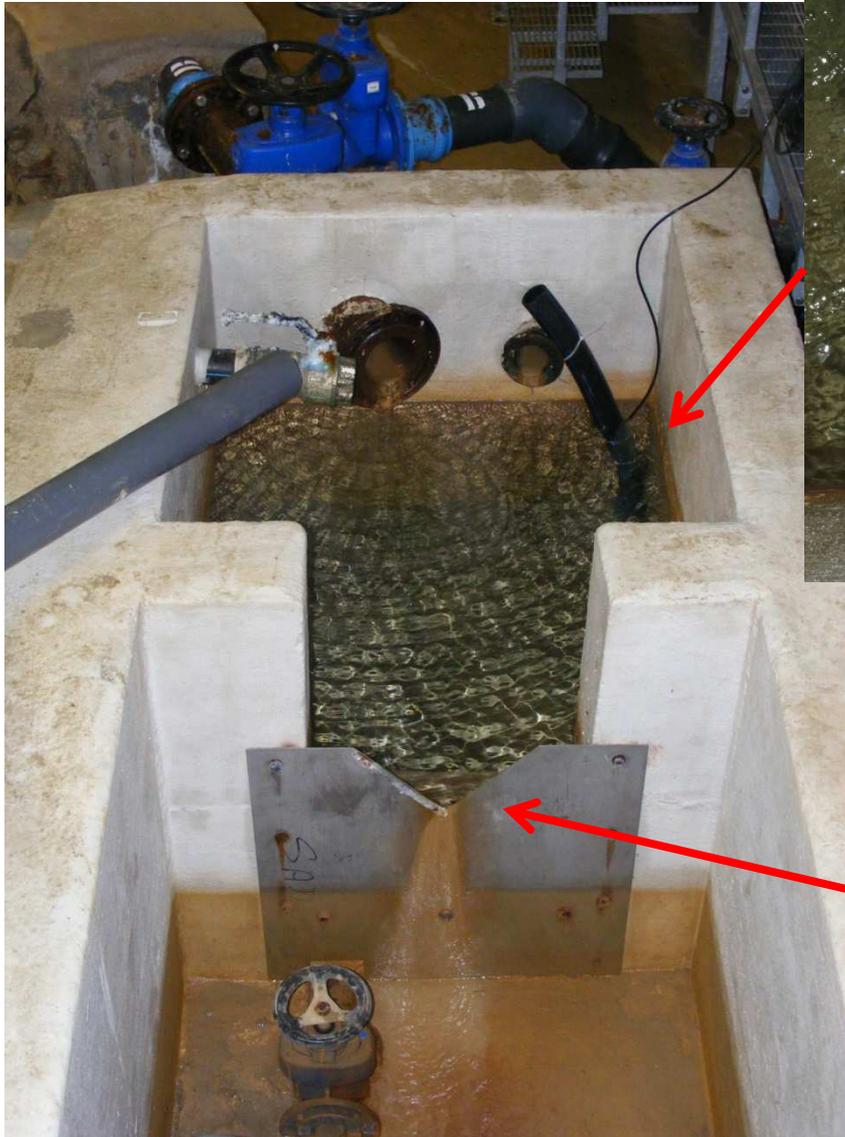
Caratteristiche del prodotto: Sistema Doppler a osservazione laterale per misurazioni continue dello scarico in torrenti e canali aperti. Calcolo dello scarico basato sul metodo di misurazione di velocità e indice. Algoritmo di filtro del recipiente, interfaccia Modbus e output del vol

Intervallo di misurazione:  $\pm 10$  m/s

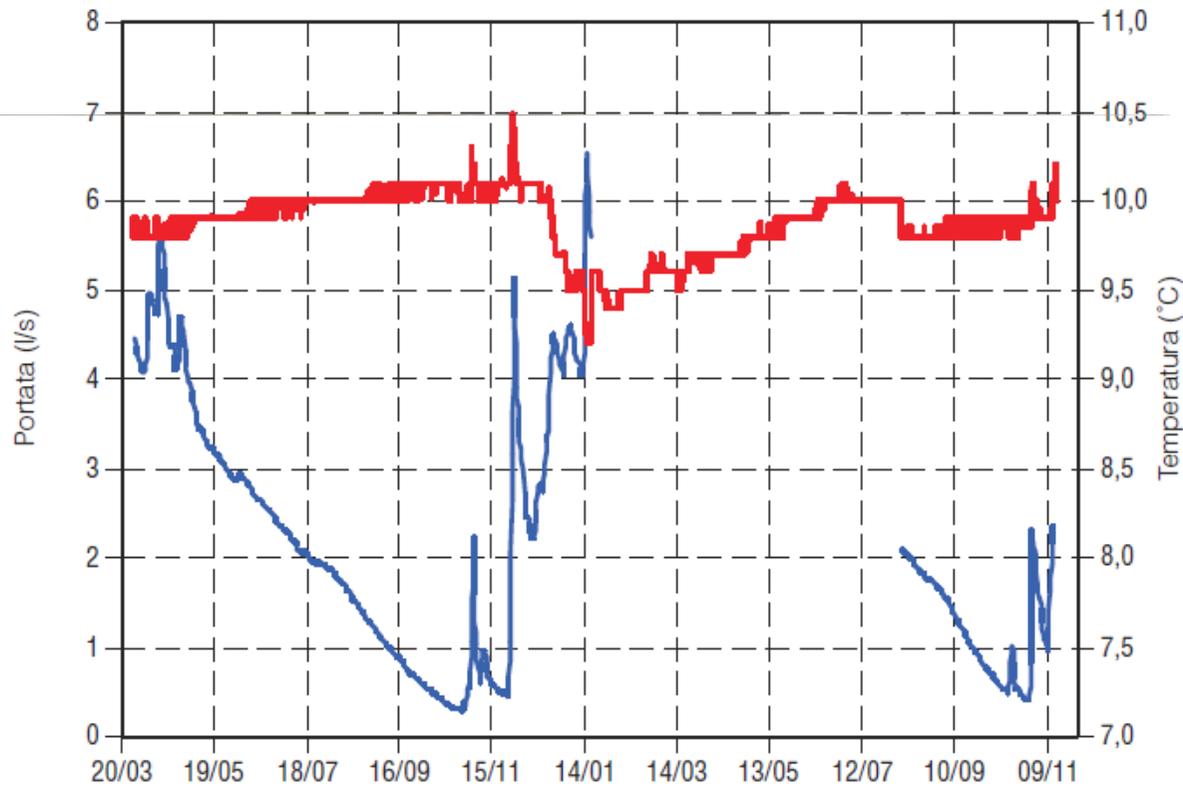
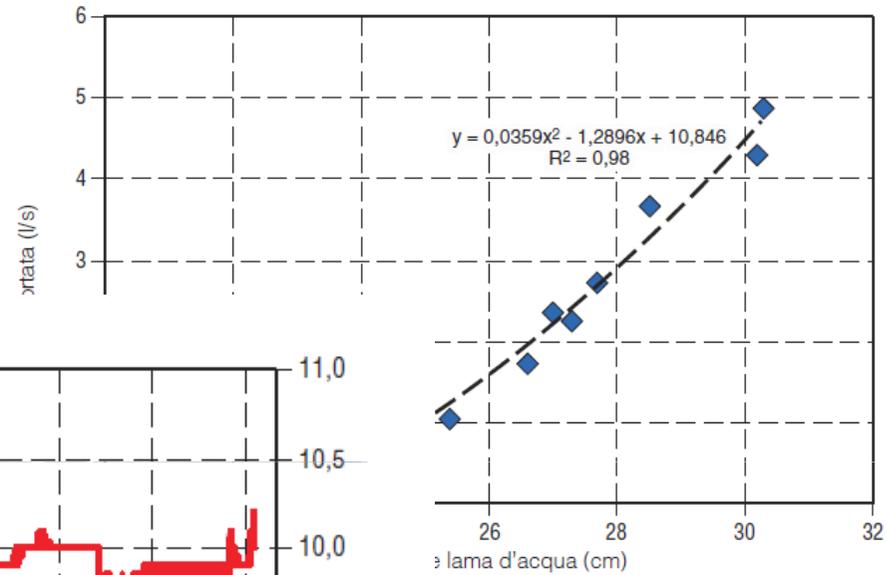
Precisione:  $\pm 1\%$  of measured value  $\pm 0,5$  cm/s



# Sorgente piccola (L/min – L/s)



# Sorgente piccola (L/min – L/s)



# Sorgente grande (m<sup>3</sup>/s)



# PORTATA DERIVATA

- Generalmente su
  - Pozzi – durante prove di emungimento
  - Pozzi o sorgenti captate ad uso idropotabile (acquedotto)
- Si misura sulle condotte di derivazione (a sezione piena) con contaltri e misuratori di portata.
- Diverse tecnologie di misura (meccanici, elettromagnetici, sonici, ...)



# PARAMETRI CHIMICO-FISICI

- **Temperatura, Conducibilità Elettrica, pH, Eh/ORP, Ossigeno Disciolto, Torbidità, ....**
- Spesso questi parametri funzionano da traccianti naturali delle acque di falda
- Di fondamentale importanza nella caratterizzazione di acquiferi e sorgenti
- Misura rapida, economica e semplice (cfr. analisi chimiche di laboratorio)
- La misura si effettua in assenza di flussi idrici significativi (in una vasca di stanca, oppure si raccoglie un campione dentro un recipiente)

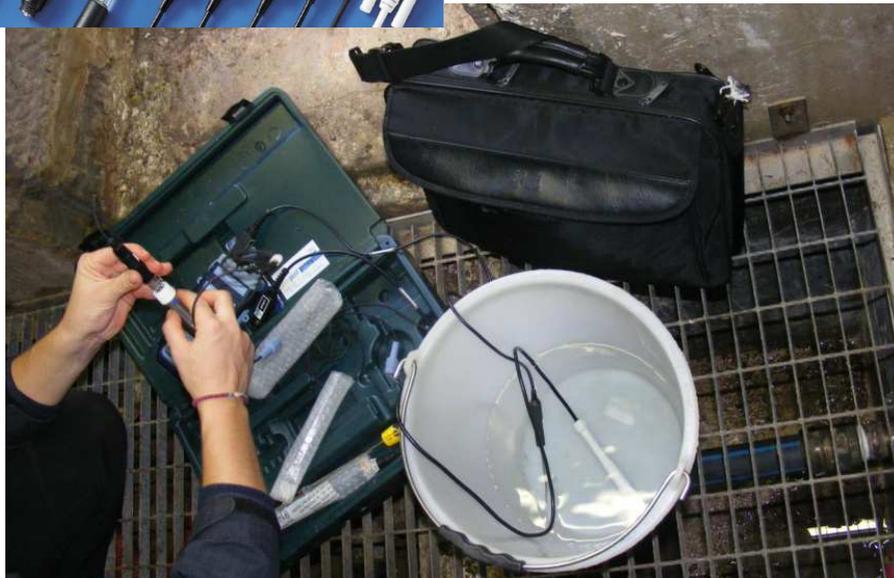


# PARAMETRI CHIMICO-FISICI



**Sensori mono-parametro**

**Sonda multi-parametrica**



# Sonde multiparametro

## Hydrolab Quanta G

Per misurazioni di base dei parametri di qualità dell'acqua di pozzi



**T, CE, pH, ORP, DO +  
SENSORE DI LIVELLO**  
Parametri base, ideale  
per profili verticali o  
monitoraggi brevi  
Entra in diametri 2"

## SBC HydroCAT

Sensori Seabird Scientific HydroCat per la misurazione di conduttività, temperatura, pressione e ossigeno disciolto



**T, CE, pH, ORP, DO**  
Sistema di pulizia automatico  
Ideale per ambienti  
biologicamente ricchi e  
monitoraggi lungo termine

**T, CE, pH, ORP, DO + SENSORE DI LIVELLO  
+ SENSORI OTTICI: Torbidità, clorofilla, alghe blu/verdi, rhodamina WT,  
ammonio, nitrati, Total Dissolved Gas**  
7 porte, fino a 17 parametri simultanei  
Sistema di pulizia automatico, rimuove film biologici, ideale per  
monitoraggio lungo termine

## SBC Cycle-P

Seabird Scientific per la qualità dell'acqua



**Misura dei Fosfati**  
Analisi chimica in situ

La metodologia di Cycle P si basa su metodi standard US EPA e unisce una fluidica di precisione a ottiche all'avanguardia, per fornire una precisione e un'accuratezza senza pari. Perfetto per il monitoraggio non presidiato, Cycle P integra cartucce di reagente premiscelato e standard di calibrazione.

Richiedi un preventivo od un consiglio

## SBC SUNA

Seabird Scientific SUNA leader del settore per la misurazione dei nitrati



**Misura dei Nitrati in situ**  
Sensore ottico e sistema  
di pulizia

prodotto: precisione e priva di sostanze chimiche  
Interfaccia: SDI-12, RS-232

Richiedi un preventivo od un consiglio

## Hydrolab DS5X



La sonda multiparametro Hydrolab DS5X per l'analisi della qualità dell'acqua offre la massima funzionalità e flessibilità grazie alla possibilità di scegliere uno qualsiasi dei 17 sensori superiori di Hydrolab con una spazzola centrale per monitoraggi non presidiati a lungo termine.

Tipo di prodotto: Presidiato, Non presidiato  
Parametri misurati: Temperatura, conduttività, profondità, pH, sensore di potenziale Redox (ORP), ossigeno disciolto (LDO), ossigeno disciolto (Clark Cell), torbidità, clorofilla, alghe blu-verdi, rodamina WT, ammonio, nitrato, cloruro, TDG (Total Dissolved Gas), luce ambiente  
Caratteristiche del prodotto: Sonda Hydrolab con il maggior numero di sensori disponibili e un sistema di pulizia centrale per ridurre al minimo il fouling  
Interfaccia: SDI-12, RS-485, RS-232, TTY

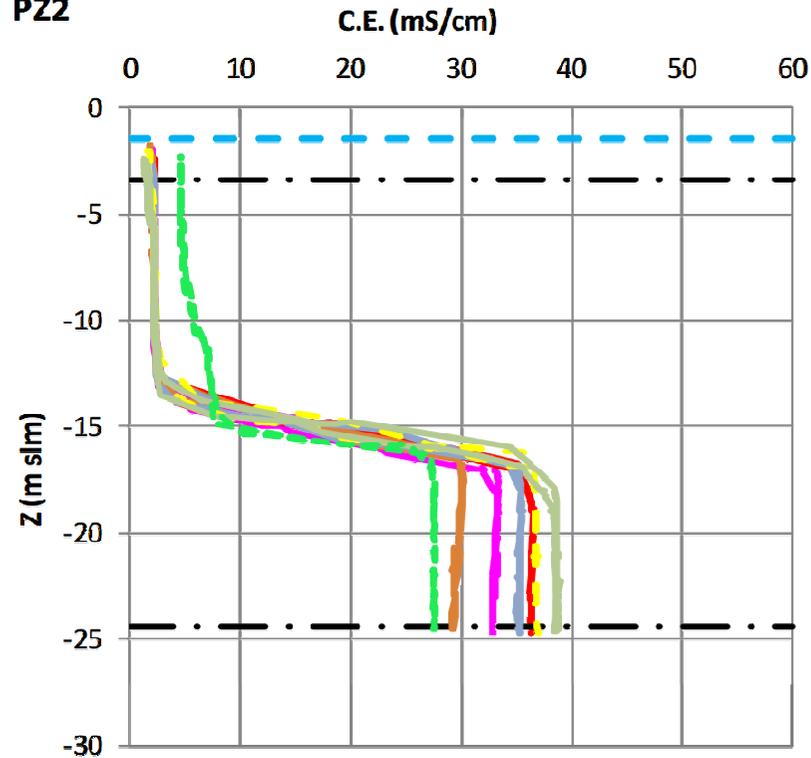
# Sonde multiparametro

- Nella scelta di una sonda multiparametro valutare:
  - Parametri di interesse
  - Registrazione in continuo (non tutte la permettono)
  - Dimensioni memoria (cfr. durata monitoraggio, frequenza acquisizione, frequenza sopralluoghi, numero parametri, ...)
  - Posizione del data-logger (interno alla sonda o interno al palmare di lettura)
  - Alimentazione: batterie interne / corrente
  - Tipologia di installazione
  - Sensore di livello SI/NO (se si: range di misura, ...)
  - Tipo di acque da monitorare (pulite, torbide, biologicamente ricche,...) ==>>> Materiale corpo sonda (plastica, acciaio INOX, ceramica) e Sistema di auto-pulizia (SI/NO)
  - Lunghezza del cavo

# Campi di applicazione

- **Temperatura**
  - **Conducibilità Elettrica**
  - pH
  - Eh/ORP
  - Ossigeno Disciolto
  - **Torbidità**
- **Sorgenti, sorgenti carsiche**, scambi fiume-falda, geotermia
  - **Sorgenti, sorgenti carsiche**, scambi fiume-falda, acquiferi costieri o salini
  - Idrogeochimica, siti contaminati
  - **Sorgenti carsiche**, siti contaminati (campionamenti)

PZ2



— Livello falda 23/2

— PZ2 - 6/4

— PZ2 - 13/6

— PZ2 - 11/8

— PZ2 - 2/3

— PZ2 - 16/5

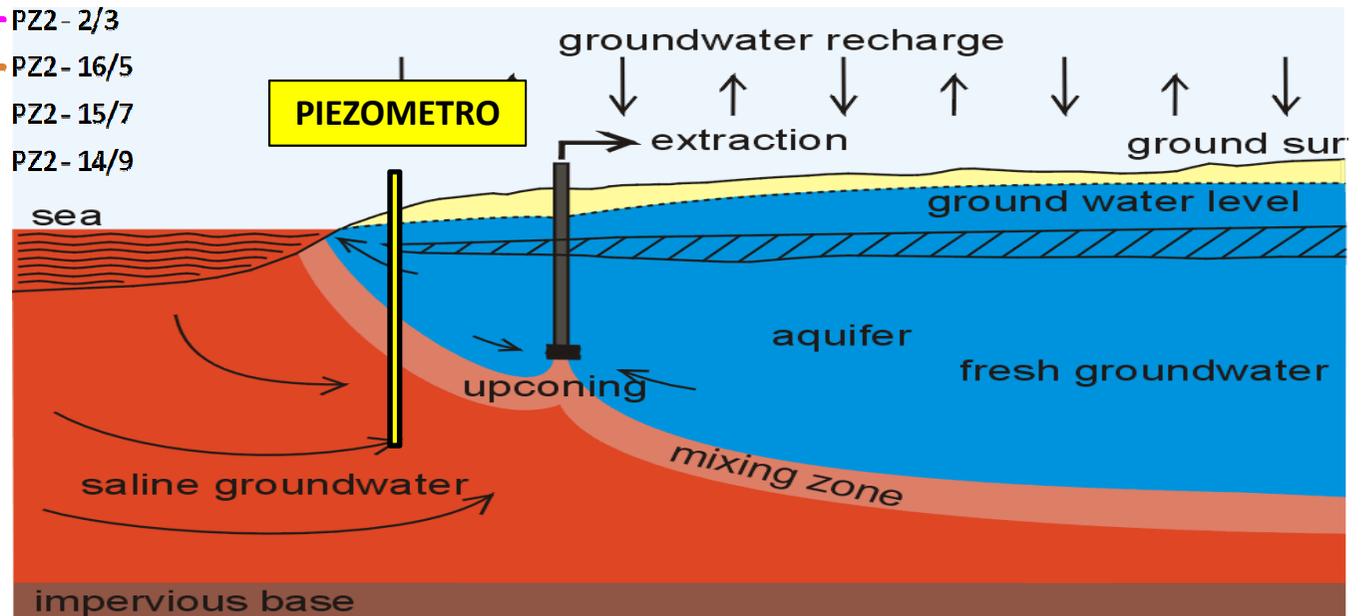
— PZ2 - 15/7

— PZ2 - 14/9

# Acquiferi costieri

Per la ricostruzione 3D dell'interfaccia acqua dolce / acqua salata e per il suo monitoraggio nel tempo:

- Logs (profili verticali) di conducibilità ripetuti nel tempo
- Monitoraggio in continuo della conducibilità a diverse profondità

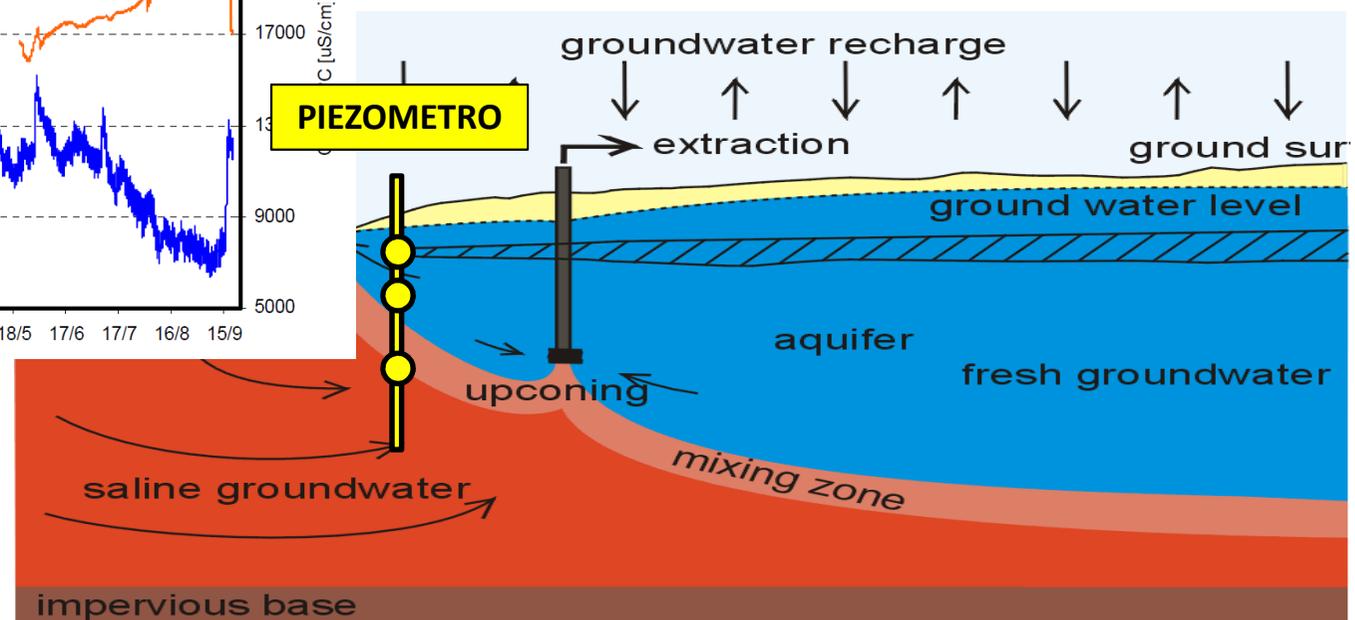
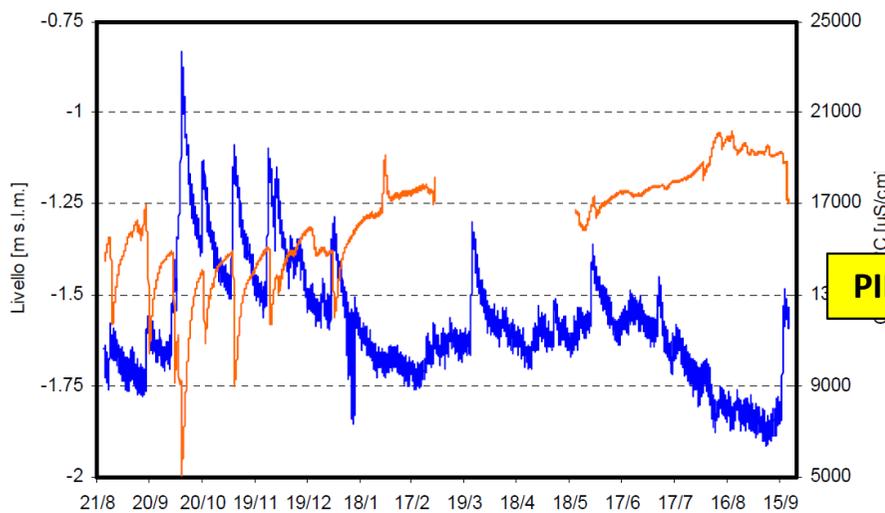
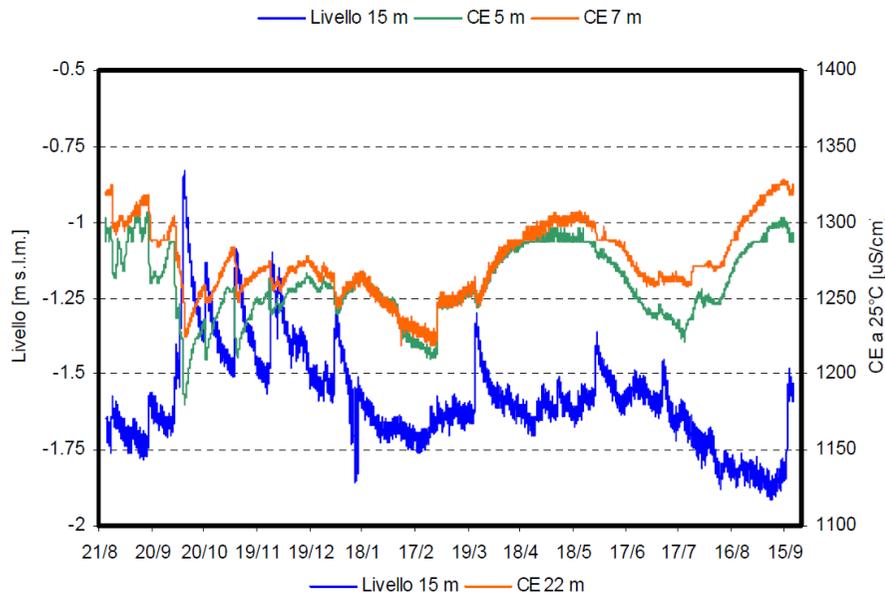


# Acquiferi costieri

la ricostruzione 3D dell'interfaccia acqua dolce / acqua salata e per il suo monitoraggio in tempo:

Logs (profili verticali) di conducibilità ripetuti nel tempo

Monitoraggio in continuo della conducibilità a diverse profondità





**Grazie per l'attenzione**