



Problematiche nella contaminazione delle falde da solventi clorurati

Esperienze in provincia di Treviso

Simone Busoni

Alessandro Gnocchi

Provincia di Treviso

Settore Ecologia e Ambiente



I solventi clorurati

L'argomento è incentrato principalmente su due sostanze:

- Tetracloroetilene (PCE)
- Tricloroetilene o Trielina (TCE)

molto diffuse nella pratica industriale sin dalla metà del secolo scorso che, quando smaltiti in modo inappropriato, hanno l'inconveniente di risultare, a causa della loro scarsa biodegradabilità, molto persistenti nell'ambiente.



La dimensione del problema

La diffusione nei processi produttivi:

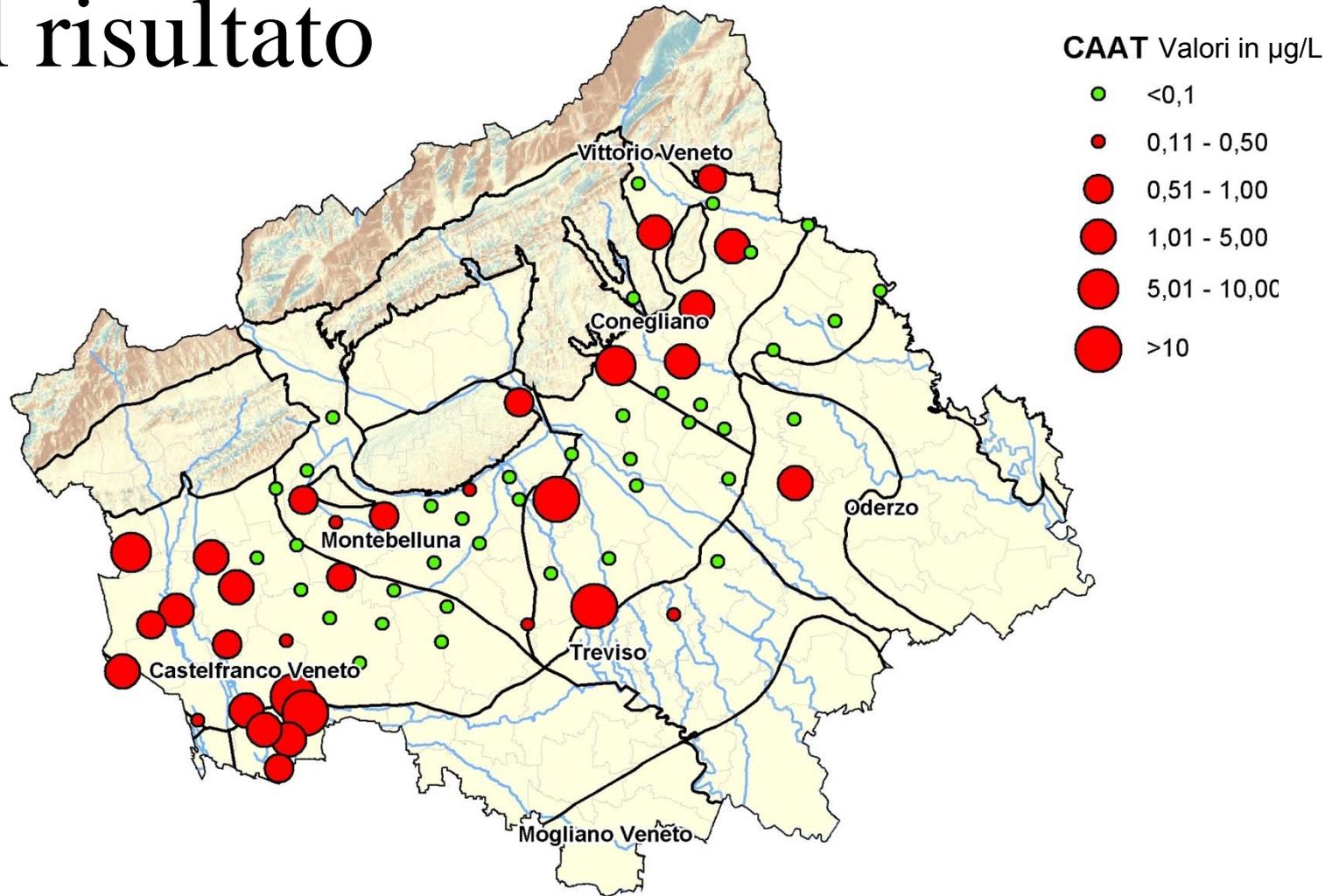
queste sostanze sono impiegate da decenni nel lavaggio a secco, nello sgrassaggio dei metalli, nell'industria farmaceutica, nella produzione di pesticidi, ...

La diffusione delle attività produttive sul territorio provinciale:

1.077 aree industriali censite su 95 Comuni



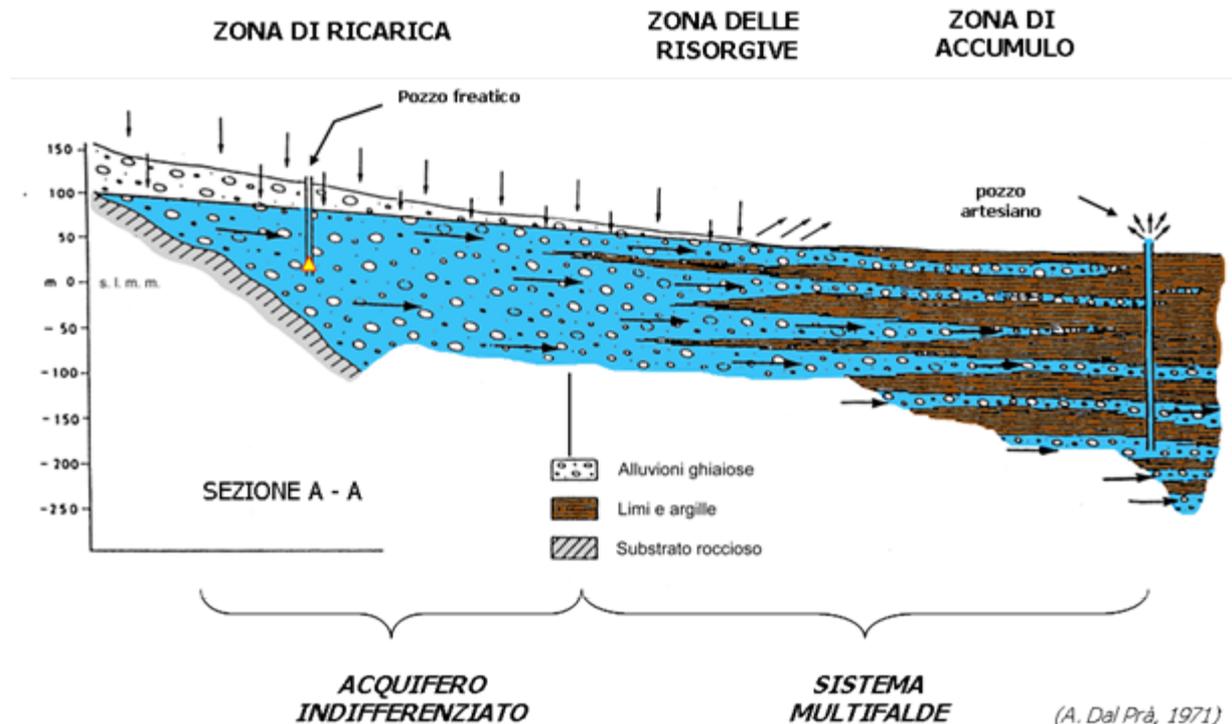
Il risultato





Il contesto idrogeologico

La provincia di Treviso è interessata in larga parte da una struttura idrogeologica data da un acquifero freatico in sedimenti ghiaioso-sabbiosi.





Caratteristiche ambientali dei solventi clorurati

- Si tratta di sostanze non solubili in acqua e più pesanti di questa (DNAPL)
 - Migrazione nel sottosuolo difficilmente prevedibile a priori, in grado di opporsi a gradienti anche elevati
 - Coesistenza di più fasi, tutte potenzialmente contaminanti
- Sono sostanze volatili
 - Difficilmente campionabili nel terreno
 - Rilevabili nei gas interstiziali



La sorgente in fase separata

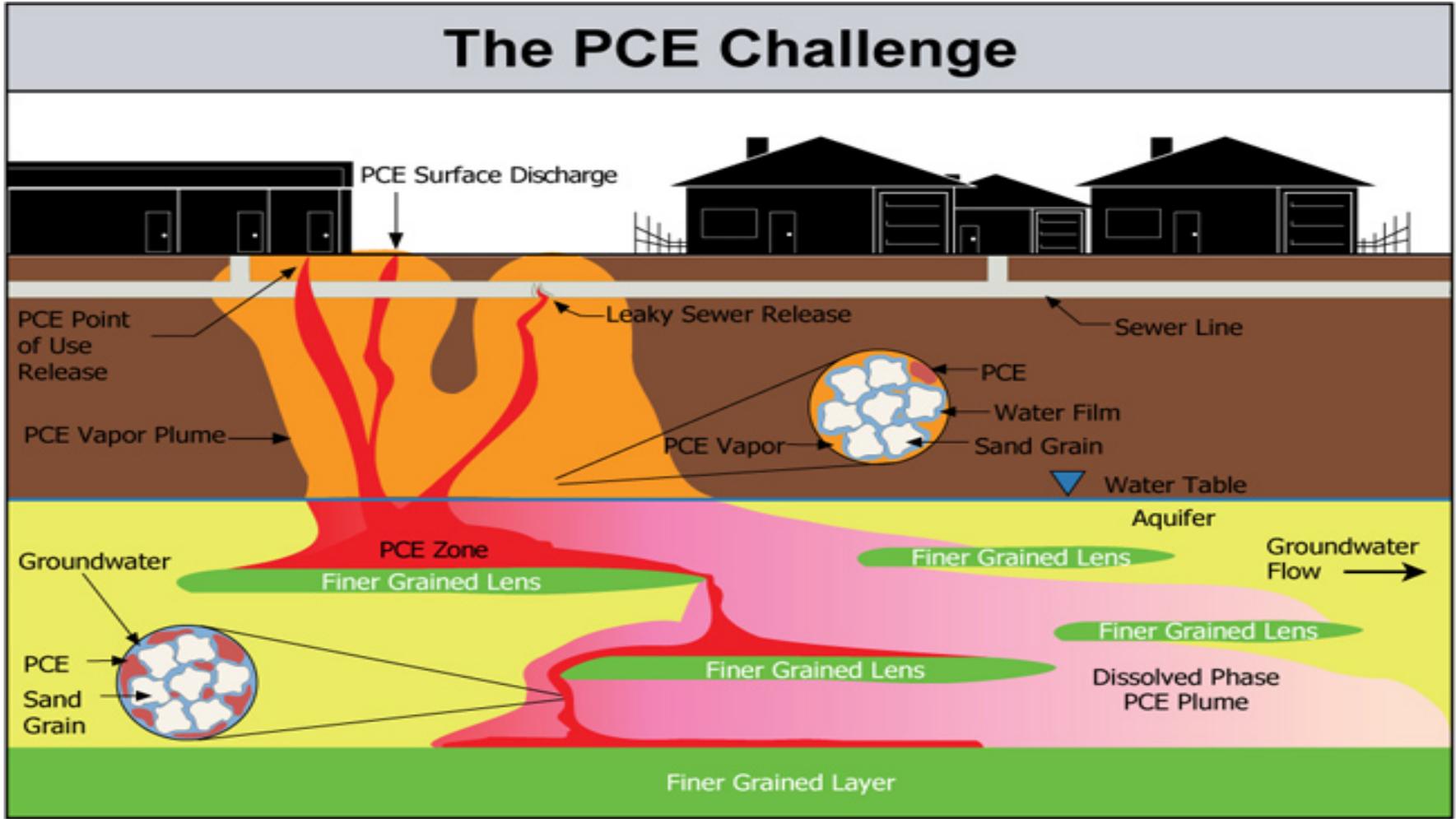
Nella nostra esperienza il principale problema è legato alla presenza della sorgente in fase separata che si “**annida**” negli strati sia insaturi che saturi del terreno e ovunque si creino le condizioni capillari idonee (anche in strutture artificiali).

In questi casi i processi di attenuazione, legati alla volatilizzazione (terreno insaturo) o alla lisciviazione (terreno saturo), risultano comunque molto lunghi.

A ciò si aggiunga la difficoltà di riuscire, soprattutto in profondità su terreni granulari, a delimitare efficacemente la zona “sorgente”.



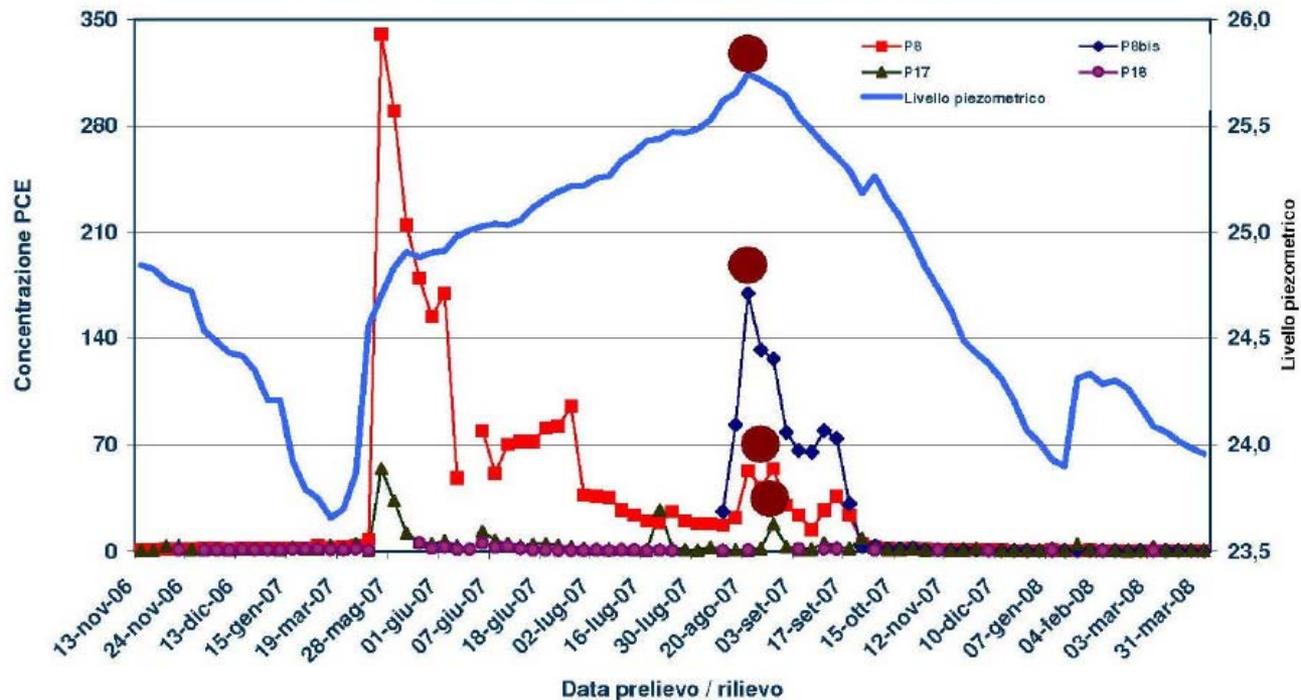
The PCE Challenge





Effetto rimbalzo o *pendolo* ?

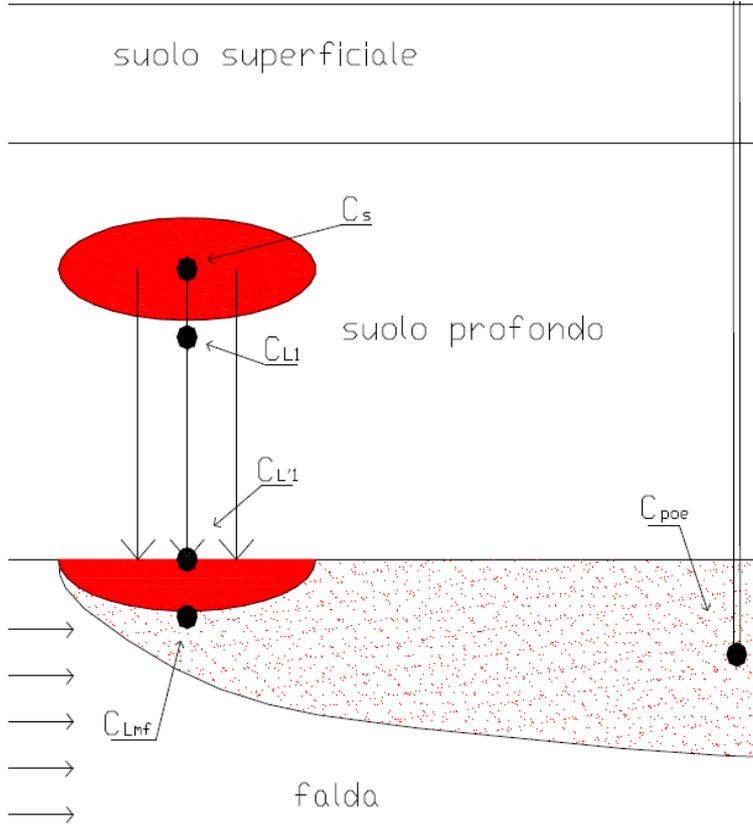
Esempio: Correlazione tra livello di falda e concentrazione di PCE
Piezometri fronte "focus" - Da ottobre 2006 a marzo 2008



Piezometri fronte "focus".



Correlazione terreno / falda



Equilibrio trifasico in zona vadosa

Relazione di Kuo

J. Kuo *Practical Design Calculations for Groundwater and Soil Remediation*, 1999

$$\frac{M_t}{V} = \left[\frac{(\phi_w)}{H} + \frac{(\rho_b)K_p}{H} + (\phi_a) \right] G$$

Linee guida Analisi di rischio

APAT-ISPRA *Criteria metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati*, 2008

$$M_T = (\theta_w + k_s \rho_s + H \theta_a) \cdot C_{L1} \cdot V_b$$

posto $H = \frac{G}{C_{L1}}$, [adim.] , $\rho_s = \rho_b$, $k_s = K_p = f_{OC} K_{OC}$ e G = concentrazione in fase vapore



Correlazione PCE terreno / falda

Conc. suolo (mg/kg)	G teorico (mg/m ³)	G misurato (mg/m ³)	C _{L1} teorico (µg/L)	S (µg/L)	CSC (µg/L)
20 (CSC col. B)	2.098 – 86.525	4.600 – 107.200	2.800 – 115.000	200.000	1,1
0,5 (CSC col. A)	52 – 2.163	–	70 – 2.900	200.000	1,1
0,095 – 0,002	–	10	–		
0,953 – 0,023	–	100	–		

Rapporto numerico S : L : G = 1 : 10²-10³ : 10²-10³



Identificare le sorgenti e dare loro priorità

Può accadere che in un'area si sovrappongano più pennacchi di contaminazione.

È possibile individuare qual è la sorgente più significativa per dare a essa priorità di intervento?

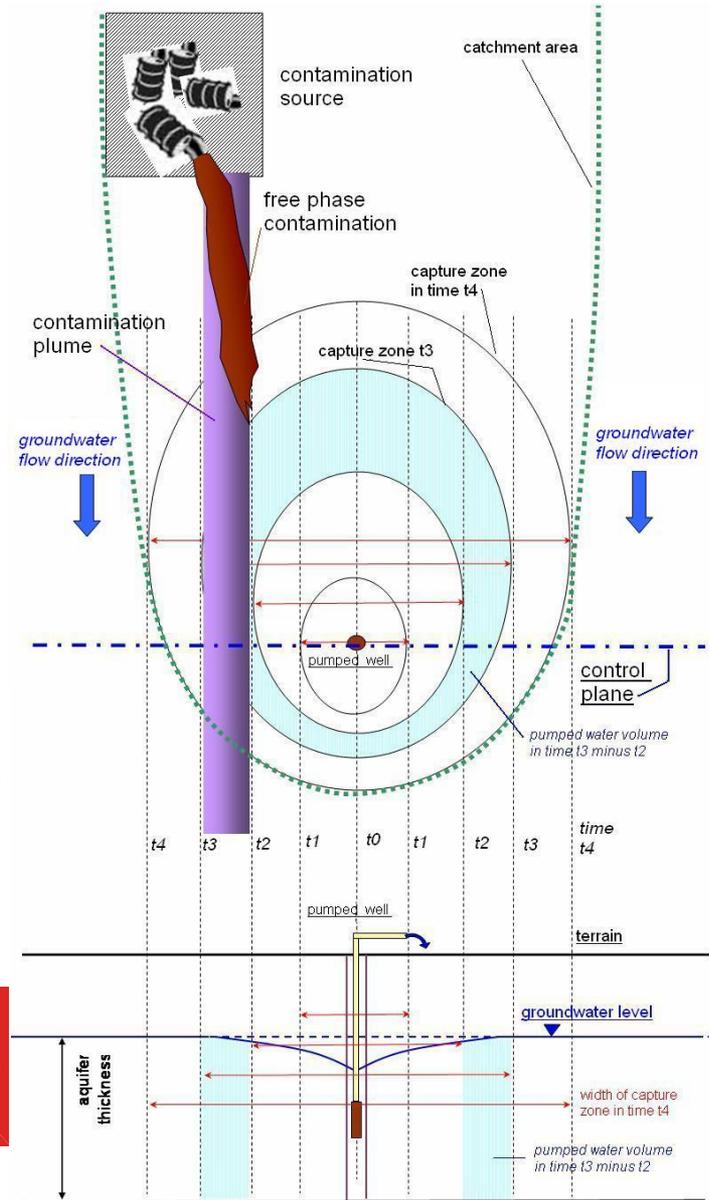
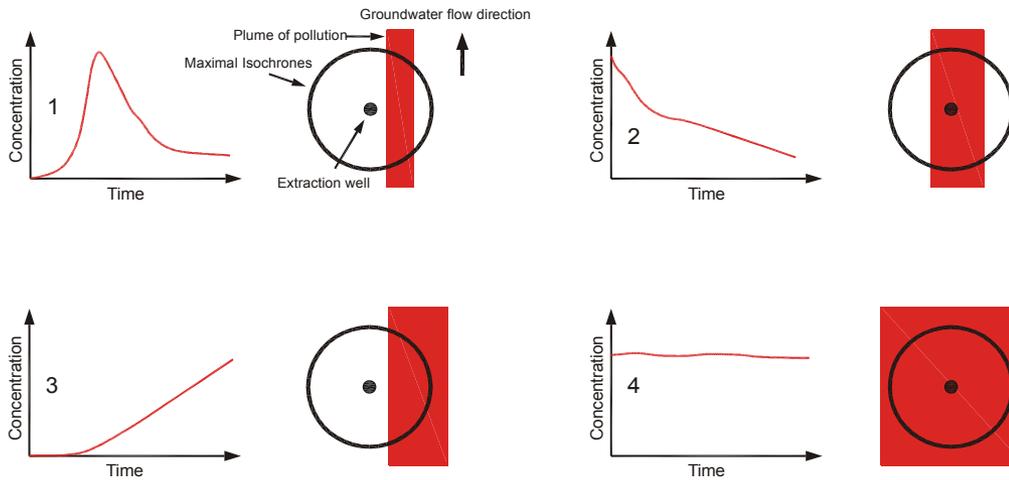
In teoria sì...

ma attenzione alle condizioni idrogeologiche in cui si opera



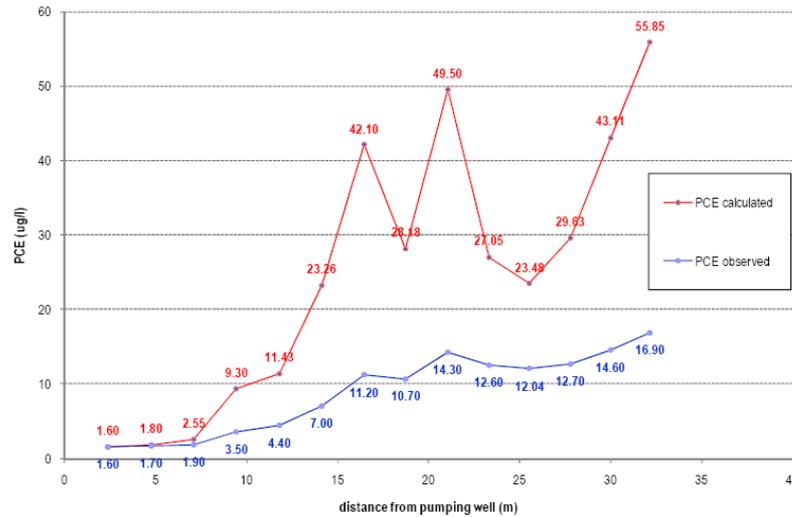
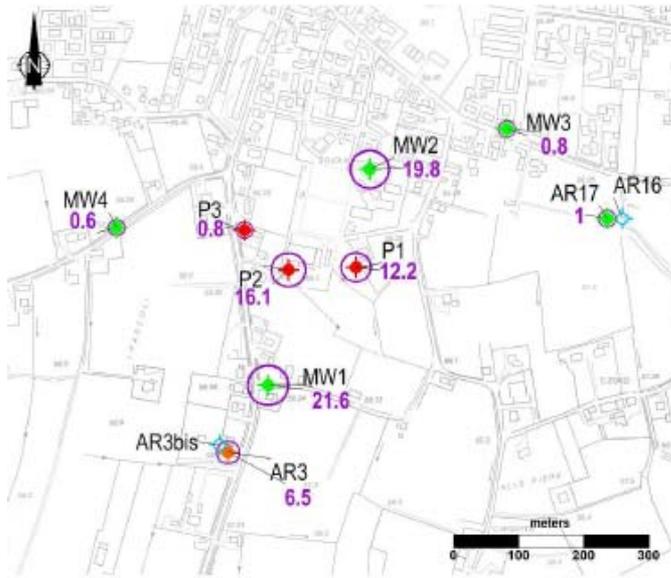
Integral pumping test (IPT)

Esperienza sviluppata nell'ambito del progetto europeo FOKS *Focus On Key Sources*



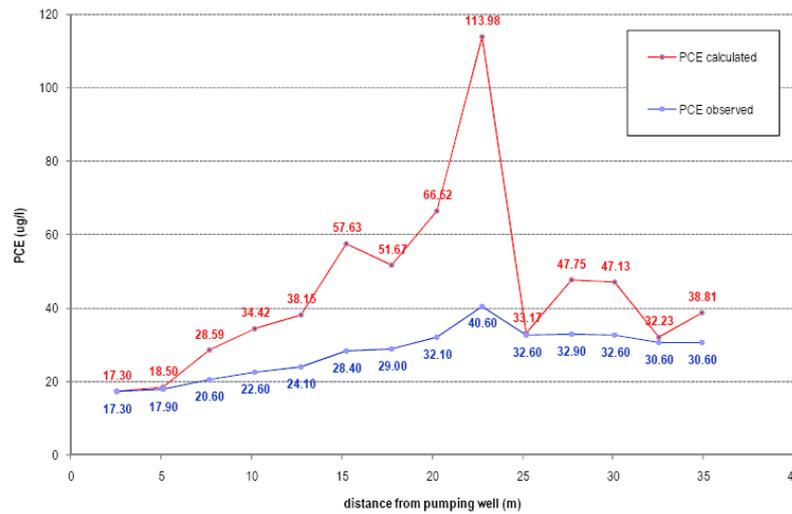
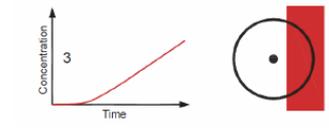


Applicazione IPT



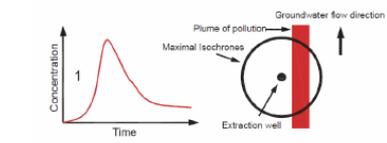
IPT P1

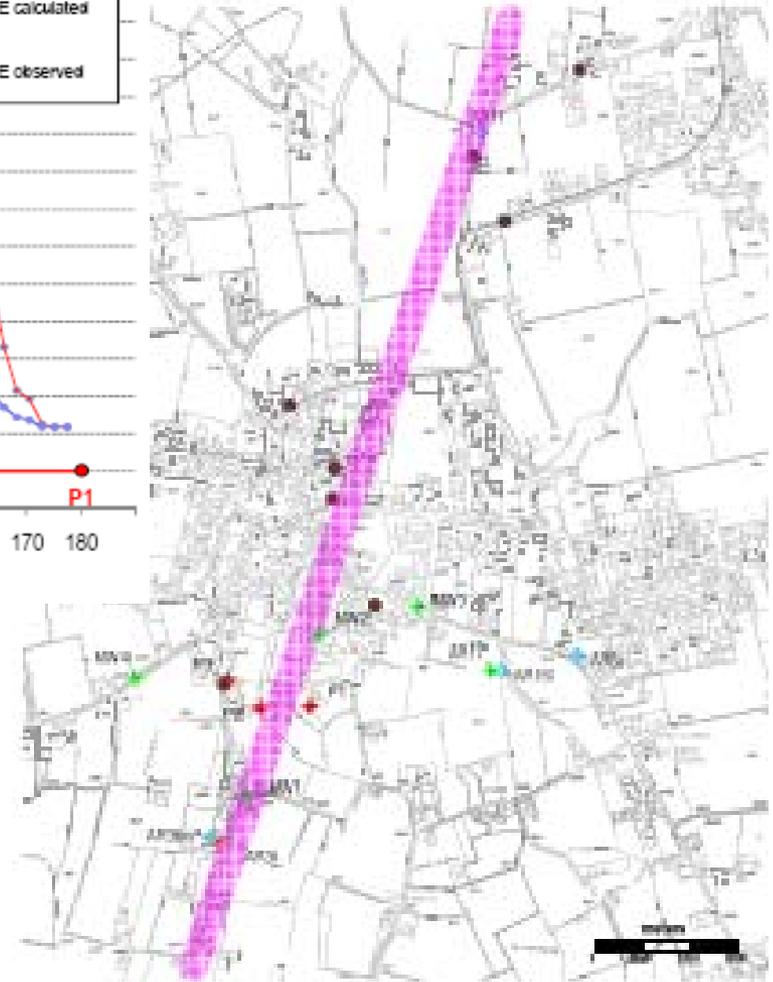
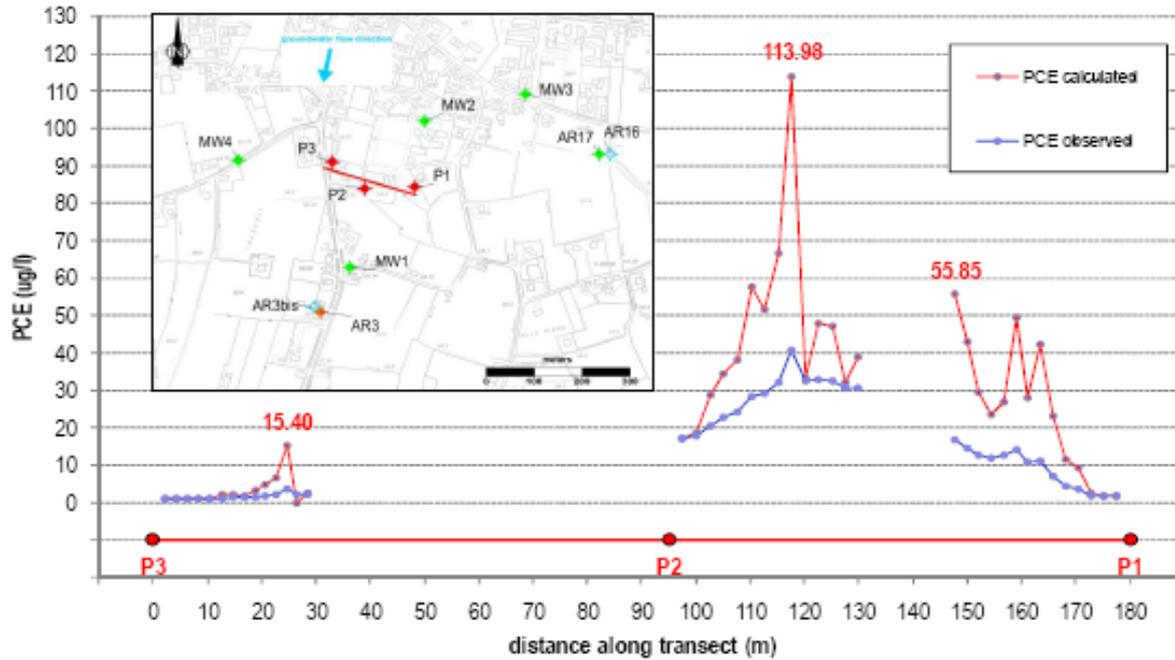
∅ concentr. [µg/l] :	13,258
ground water flow [m3/d] :	1,402,369
contaminant mass flow rate [g/d] :	18,593



IPT P2

∅ concentr. [µg/l] :	31,002
ground water flow [m3/d] :	1,467,853
contaminant mass flow rate [g/d] :	45,506



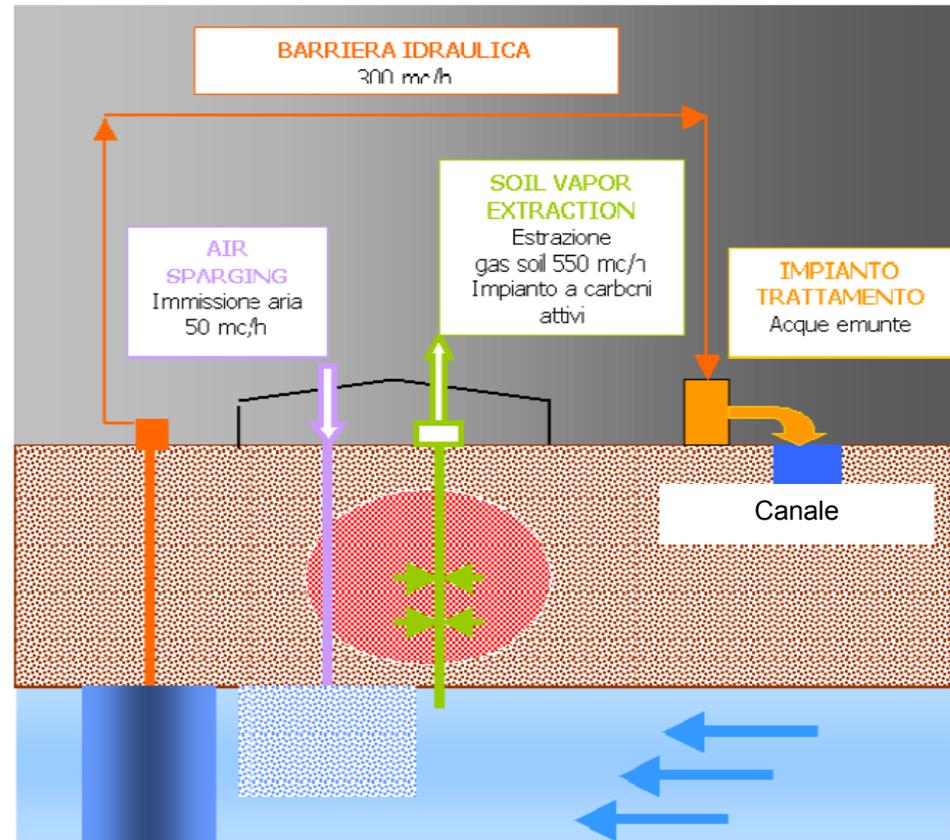


Individuazione *plume*



Approccio “classico”

- Terreno insaturo (sorgente “secondaria”) – Soil Vapor Extraction
- Zona satura (focal point) – Air Sparging
- Falda acquifera (plume) – Pump & Treat



Sistema Integrato di Bonifica – Lavout impianti.



Un nuovo provocatorio tentativo

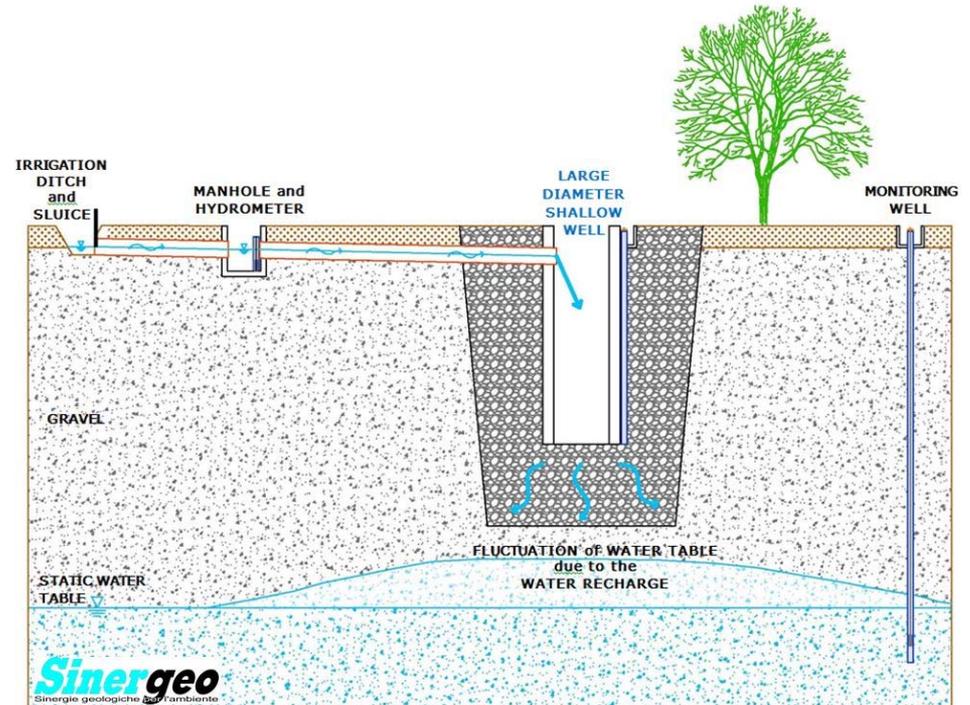
Su una contaminazione “storica”, con valori di $\approx 50 \mu\text{g/L}$ su un pennacchio chilometrico di cui non si è ancora arrivati a definire l’area sorgente, si sta avviando un progetto di iniezione in falda di acqua pulita, finalizzata alla ricarica artificiale.

L’occasione sarà utile inoltre a verificare l’eventuale attenuazione delle concentrazioni di TCE, cogliendo un doppio risultato.



Progetto MAR

Managed Aquifer Recharge





Grazie per l'attenzione

sbusoni@provincia.treviso.it
agnocchi@provincia.treviso.it