

# Le attività presso l'area pilota di Arcade

settembre 2011

Roberto Pedron



**Sinerggeo**  
Sinergie geologiche per l'ambiente

<http://projectfoks.eu>



**EUROPEAN UNION**  
EUROPEAN REGIONAL  
DEVELOPMENT FUND

# FORMULAZIONE DEL PROBLEMA

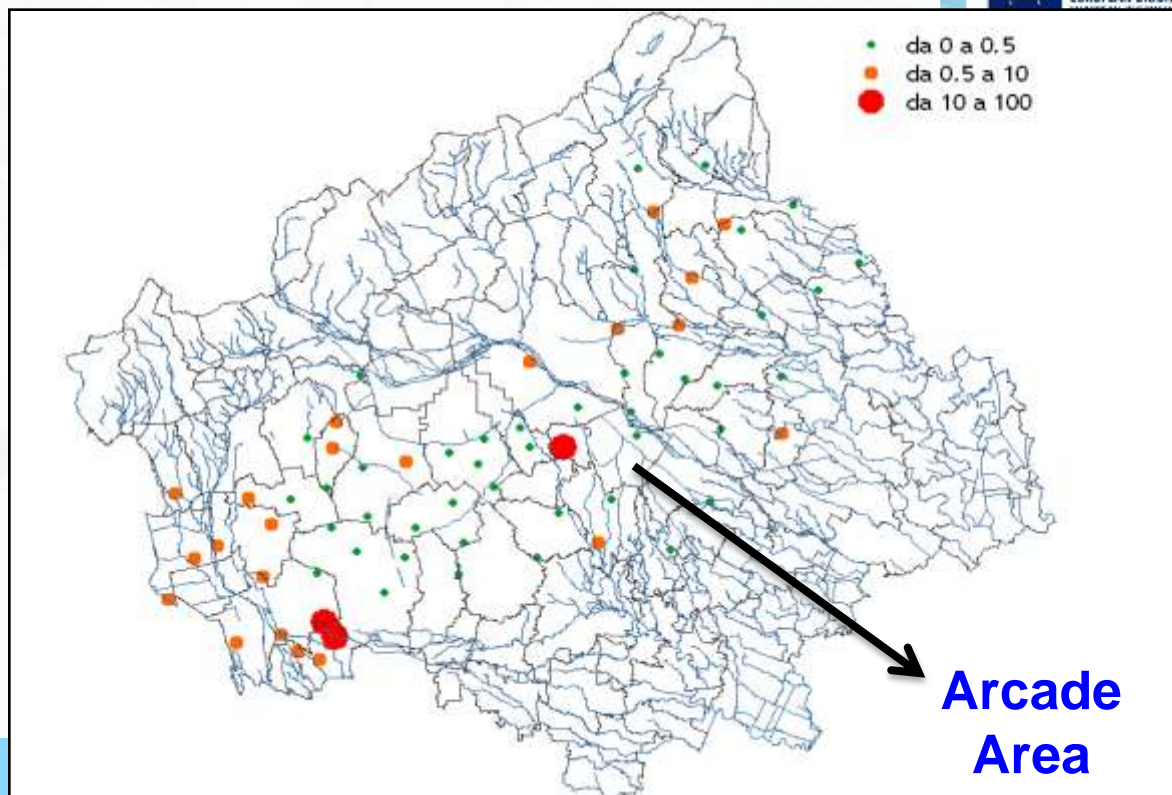


**Rete SISMAS**: rete di monitoraggio provinciale;  
progetto di collaborazione con ARPAV che ha previsto verifiche analitiche sugli acquiferi di ricarica (alta e media pianura a partire dal 2001) e che ha permesso di mettere in evidenza alcune criticità



EUROPEAN UNION

average concentration of halogenated organic compounds sampled in 2006 (values in  $\mu\text{g/L}$ )



# CONTESTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

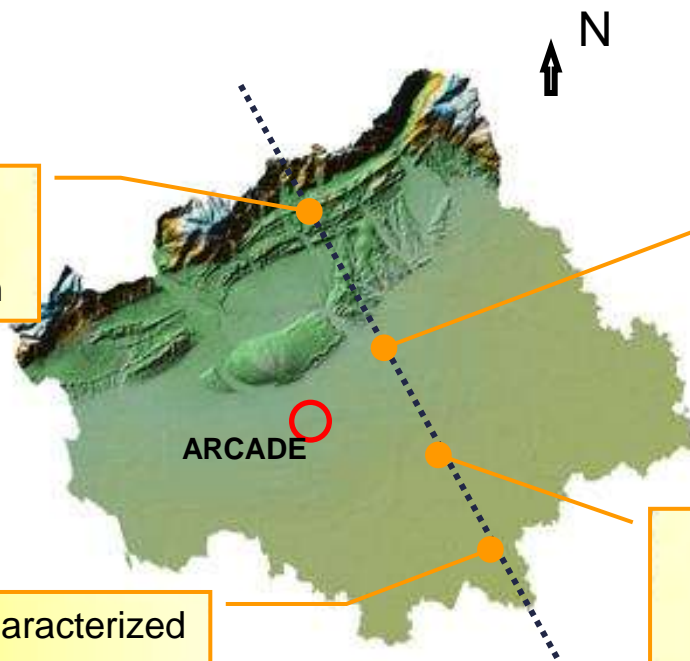


1. mountains and hills area, characterized by karstic water circulation

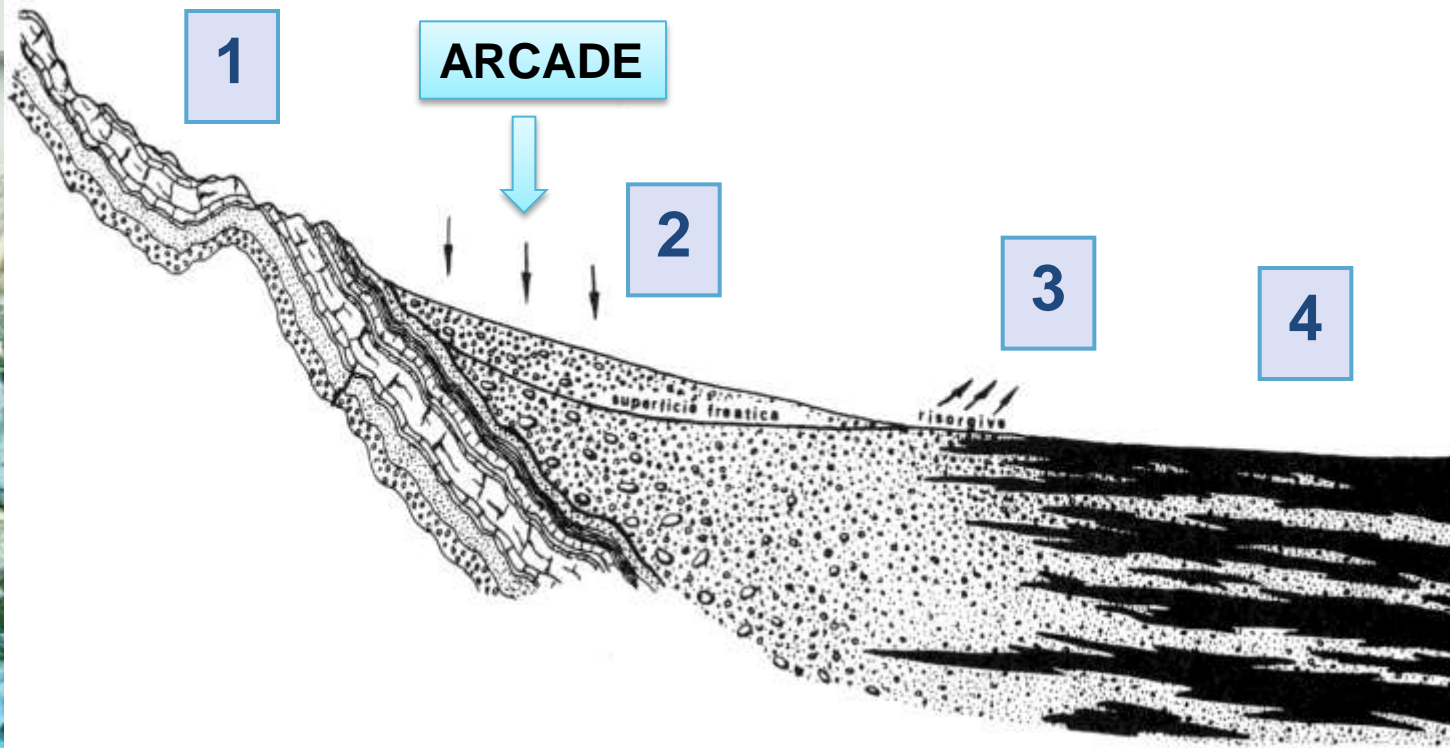
2. high plain area, characterized by phreatic circulation

3. middle plain area: transition from unconfined to multi-layered confined or semi-confined aquifers (groundwater springs); resurgence belt

4. low plain area, characterized by artesian circulation



# CONTESTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO



# ANALISI CHIMICHE RETE SISMA



Anno	Campagna	CAAT ug/L	1,1,1 - Tricloroetano ug/L	Tricloroetilene ug/L	Cloroformio ug/L	Tetracloroetilene ug/L	Tetraclorometano ug/L	1,2 - Dicloroetano ug/L	1,2 - Dicloropropano ug/L	Triclorofluorometano ug/L
2002	1	48,0	0,0	3,0	0,0	45,0	0,0	0,0	0,0	
2002	2	43,0	0,0	3,0	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	
2003	1	58,0	0,0	3,0	0,0	55,0	0,0	0,0	0,0	
2003	2	36,0	0,0	1,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	
2004	1	31,0	0,0	1,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	
2004	2	41,0	0,0	1,0	0,0	40,0	0,0	0,0	0,0	
2005	1	36,0	0,0	1,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	
2005	2	35,5	0,0	0,5	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2006	2	51,5	0,0	1,5	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Medie annuali										
	2002	45,5	0,0	3,0	0,0	42,5	0,0	0,0	0,0	
	2003	47,0	0,0	2,0	0,0	45,0	0,0	0,0	0,0	
	2004	36,0	0,0	1,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	
	2005	35,8	0,0	0,8	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2006	51,5	0,0	1,5	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	TOT	43,2	0,0	1,7	0,0	41,5	0,0	0,0	0,0	0,0

Medie annuali

Classi di qualità chimica

2002	4	4
2003	4	4
2004	4	4
2005	4	4
2006	4	4
TOT	4	



**Quality class n. 4 (Ann.1 D.Lgs. n. 152/99):**  
 “Considerable anthropic impact and poor hydrochemical quality”

# PROGETTO FOKS

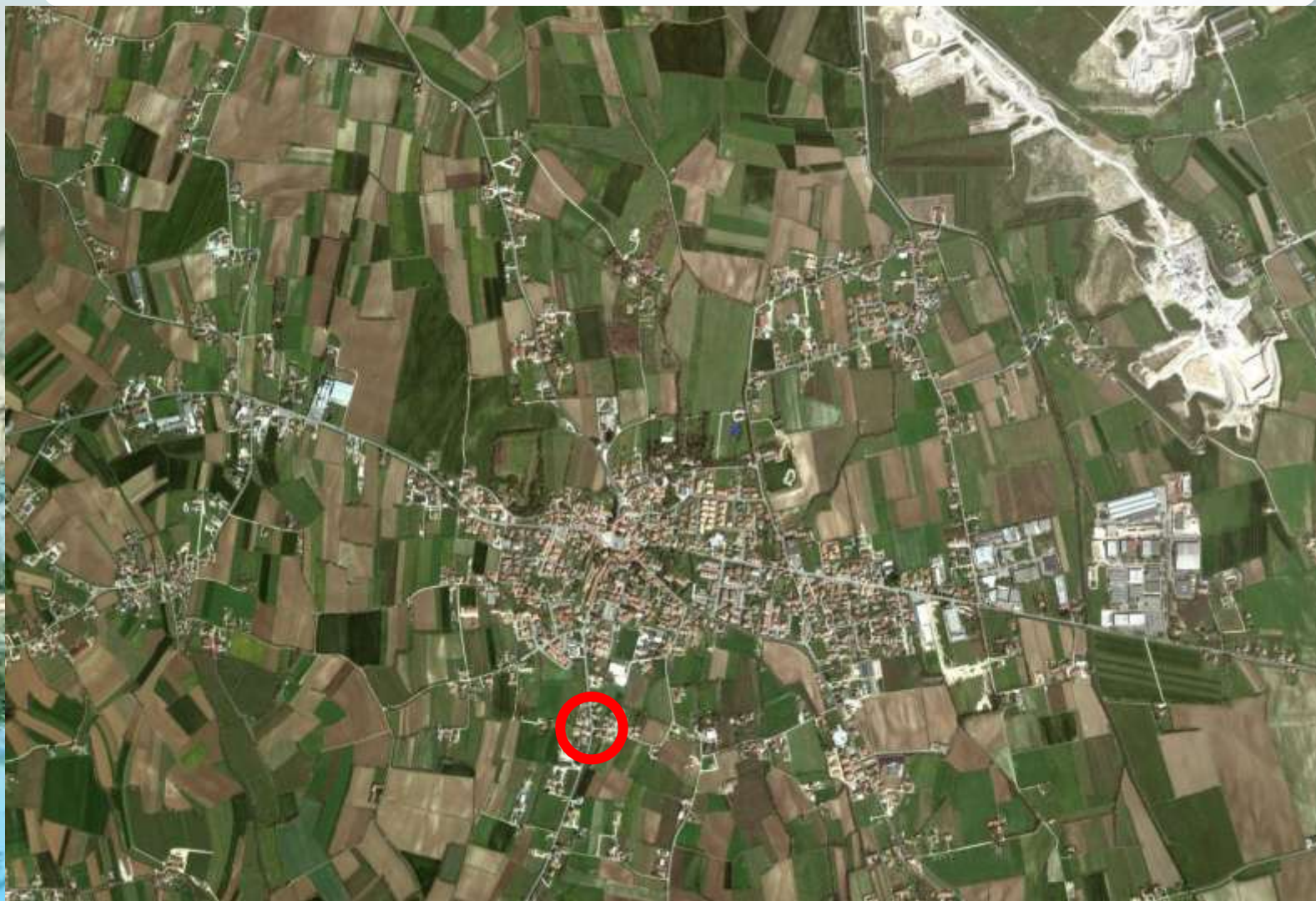


- I valori di PCE si mantengono quasi costanti nell'intero periodo di monitoraggio
- La contaminazione è stata evidenziata partire dagli anni 80
- Dalle informazioni preliminari sembra esserci una sorgente singola
- L'idrostruttura sembra essere omogenea
- Presenza di barriere idrogeologiche nei pressi dell'area (Montello, Piave, linea delle risorgive) come limiti per la modellizzazione idrogeologica
- Fattibilità per l'utilizzo dell'approccio IPT

DATE	PCE (µg/L)
Dec 1985	85
Feb 1986	90
Jul 1986	70
Oct 1986	80
Jun 1987	145 Total halogenated organic compounds
DATA	PCE (µg/L)
Apr 2007	45
Oct 2007	50
Apr 2008	58
Oct 2008	52



# POZZO AR3



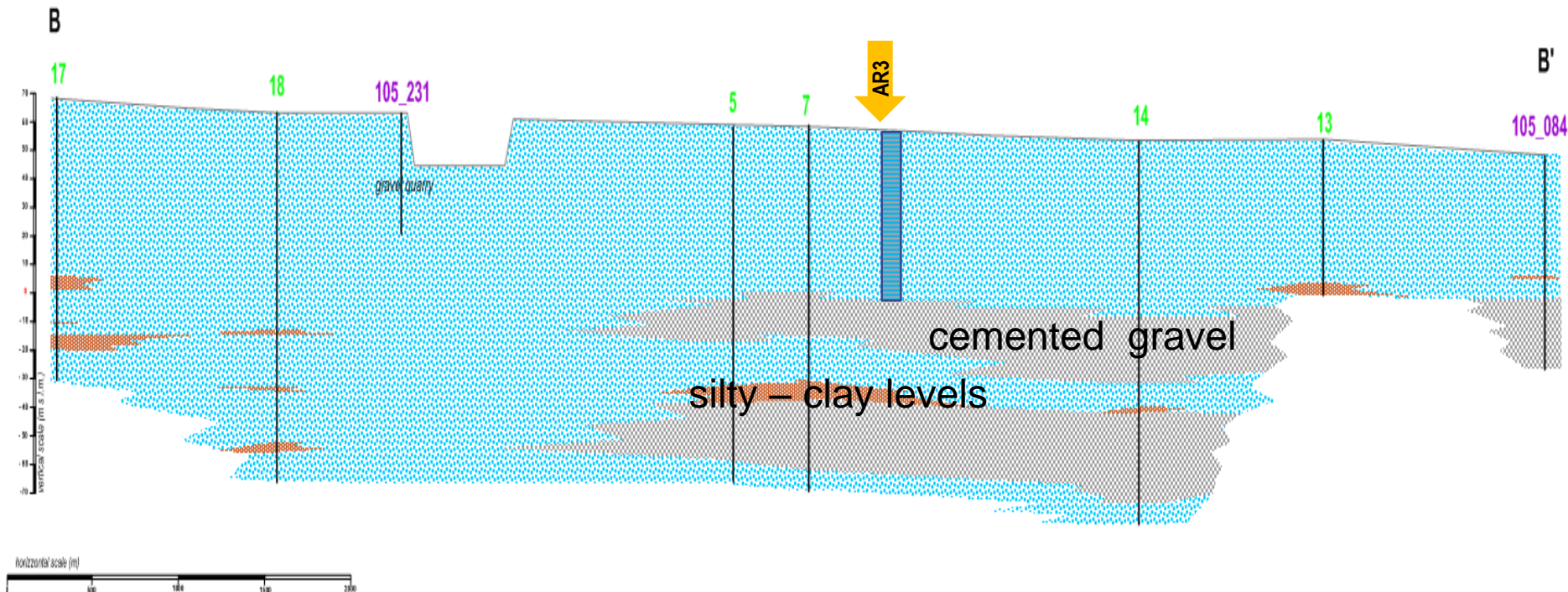
PROVINCIA  
DI TREVISO



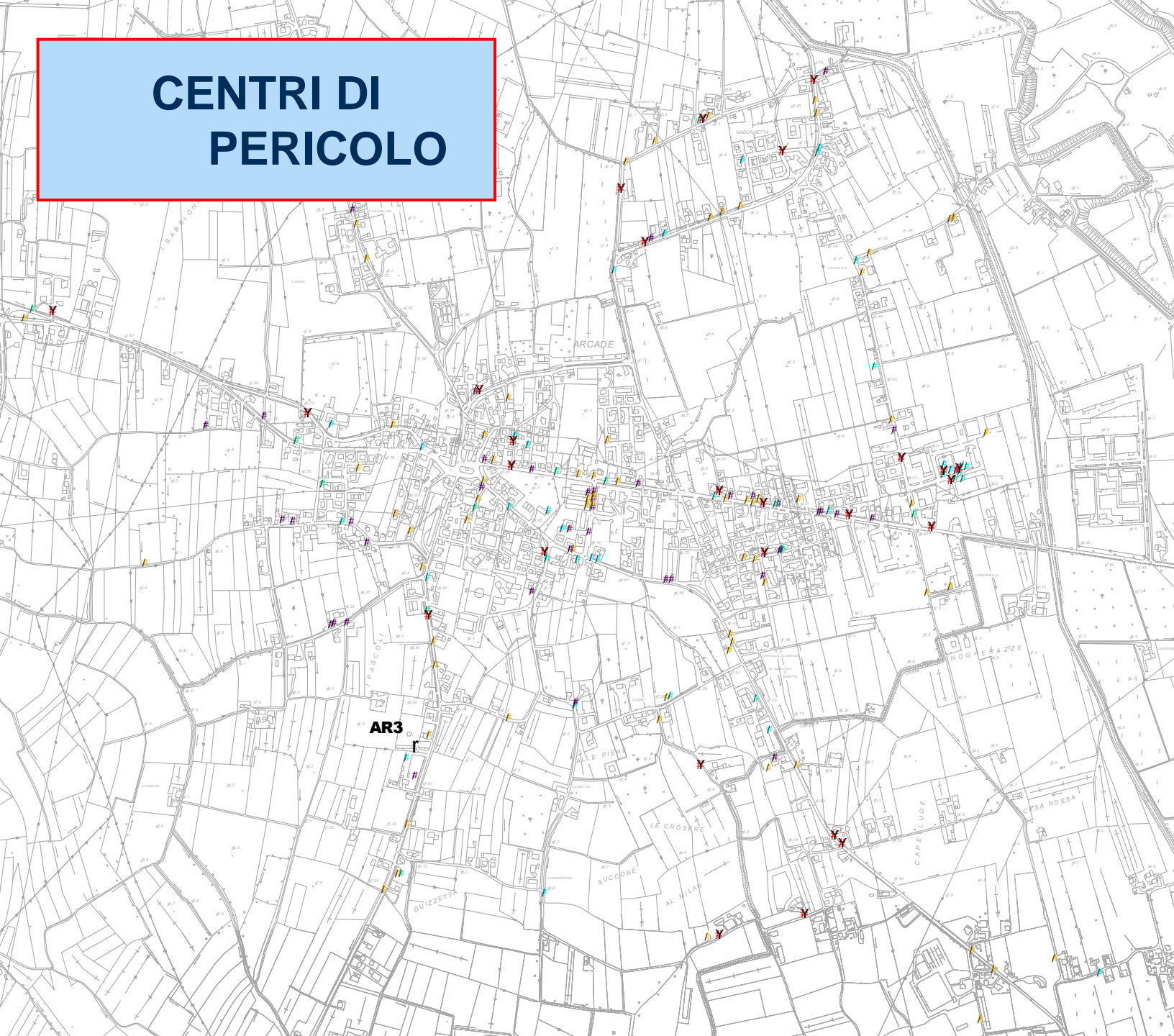
# MODELLO IDROGEOLOGICO



The study area is located in an alluvial plain and is characterized by sandy gravel alluvium deposits with high values of hydraulic conductivity where an unconfined aquifer exists.



# CENTRI DI PERICOLO



# INDAGINI SVOLTE NELL'AMBITO DEL PROGETTO FOKS

- **Aggiornamento idrogeologico:** censimento pozzi e misure di soggiacenza di falda, elaborazione di freatimetrie area 50 km<sup>2</sup> → 10 km<sup>2</sup>
- **Implementazione della rete piezometrica:** 5 piezometri di neorealizzazione
- **Aggiornamento idrochimico:** realizzazione di nuove campionamenti basati sulla nuova rete piezometrica
- **Esecuzione prove IPT:** sui nuovi pozzi P1, P2 e P3
- **Intepretazione delle informazioni raccolte:** software Magic e Modflow
- **Indagini integrative:** realizzazione nuovo piezometro, analisi chimiche (passive sampling)

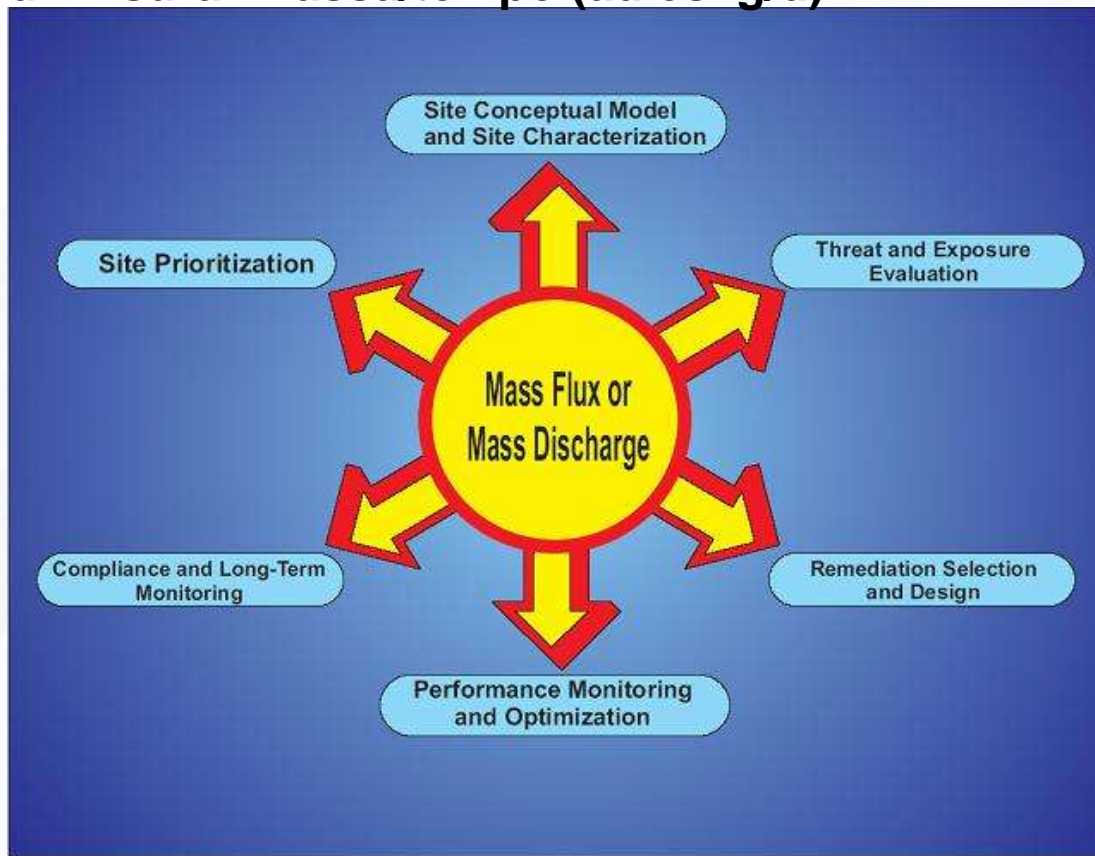


# FLUSSO DI MASSA

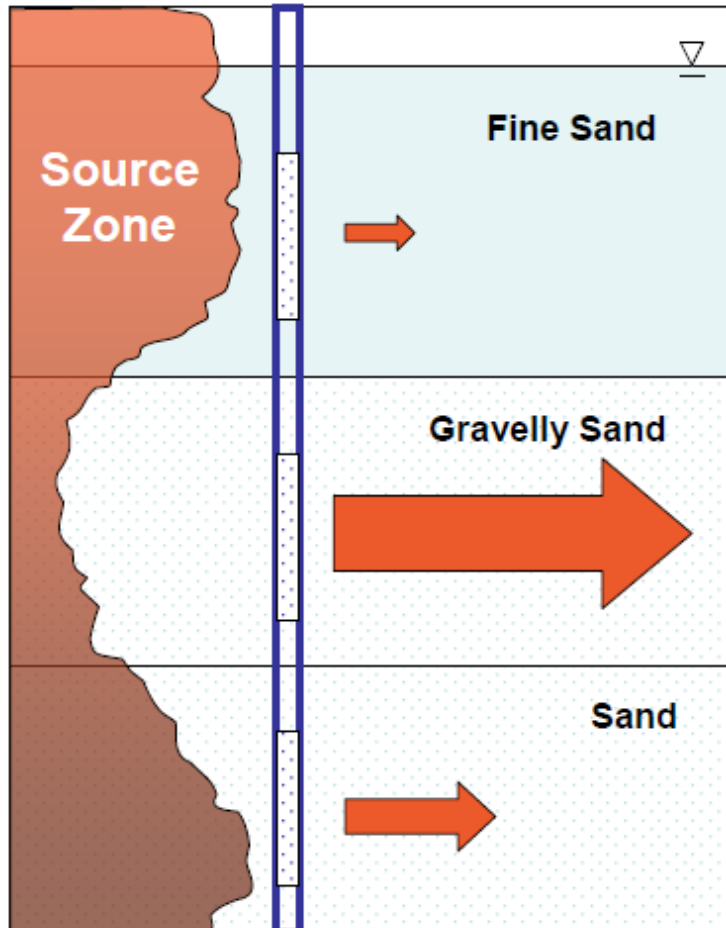


PROVINCIA  
DI TREVISO

Massa totale del soluto attraverso una determinata sezione  
Unità di misura: massa/tempo (ad es. g/d)



# FLUSSO DI MASSA



$$\text{Mass Flux (J)} = KiC$$

$$K = 1.0 \text{ m/day}$$
$$i = 0.003 \text{ m/m}$$
$$C = 10,000 \text{ } \mu\text{g/L}$$

$$\text{Mass Flux} = 0.03 \text{ g/d/m}^2$$

$$K = 33.3 \text{ m/day}$$
$$i = 0.003 \text{ m/m}$$
$$C = 10,000 \text{ } \mu\text{g/L}$$

$$\text{Mass Flux} = 1 \text{ g/d/m}^2$$

$$K = 5.0 \text{ m/day}$$
$$i = 0.003 \text{ m/m}$$
$$C = 10,000 \text{ } \mu\text{g/L}$$

$$\text{Mass Flux} = 0.15 \text{ g/d/m}^2$$



# DNAPL (Dense Non Aqueous Phase Liquid)



## ALCUNE PROBLEMATICHE PER LA CARATTERIZZAZIONE E LA BONIFICA:

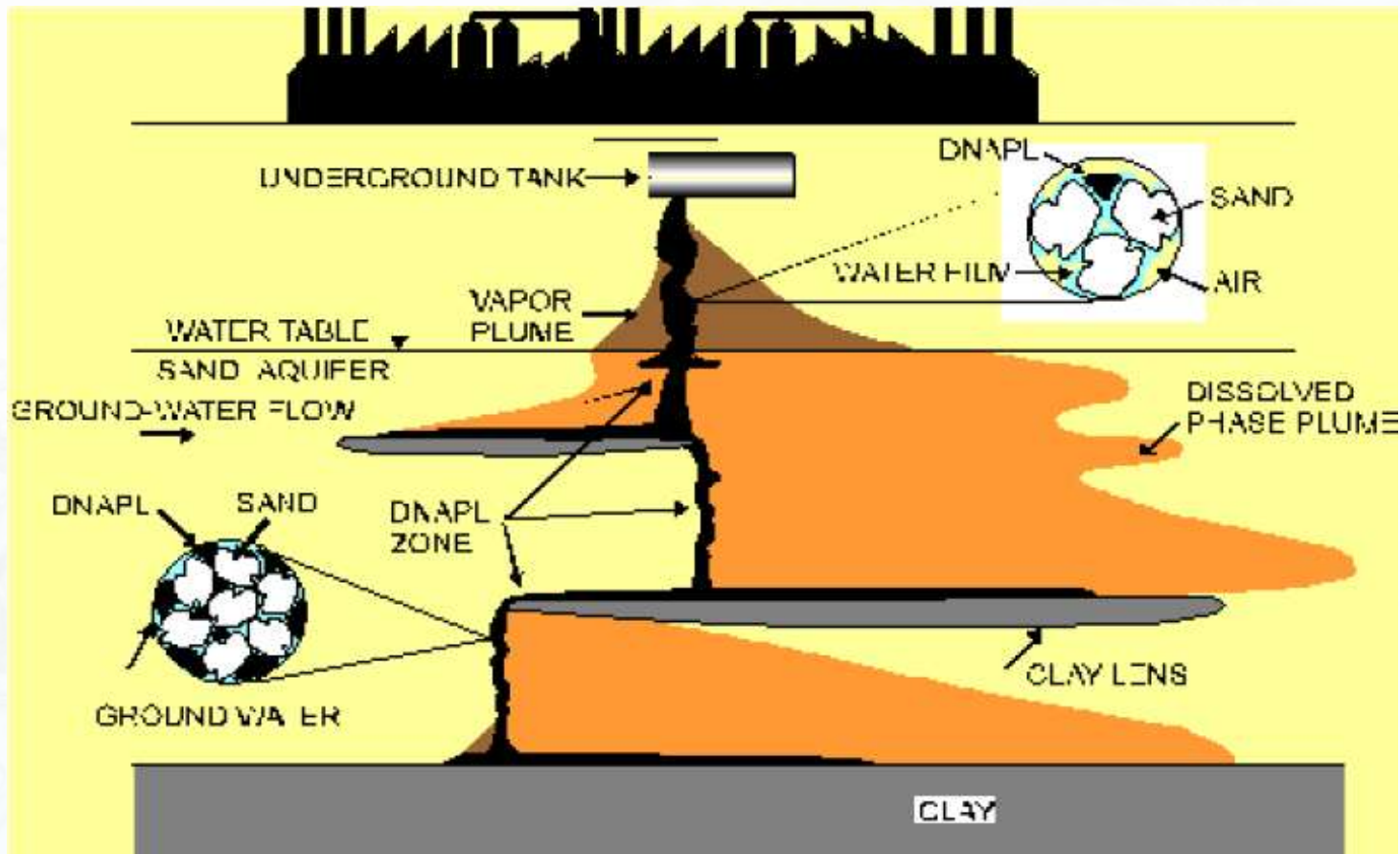
- **Liquidi che non si dissolvono facilmente in acqua**
- **Densità elevata**
- **Due forme di DNAPL: Free-Phase (mobile) → può essere rimossa ad es. mediante pozzi di estrazione**
- **Due forme di DNAPL: Residual → è soggetta a pressioni capillari → rimane immobilizzata se non viene applicata una energia esterna maggiore**



# DNAPL (Dense Non Aqueous Phase Liquid)



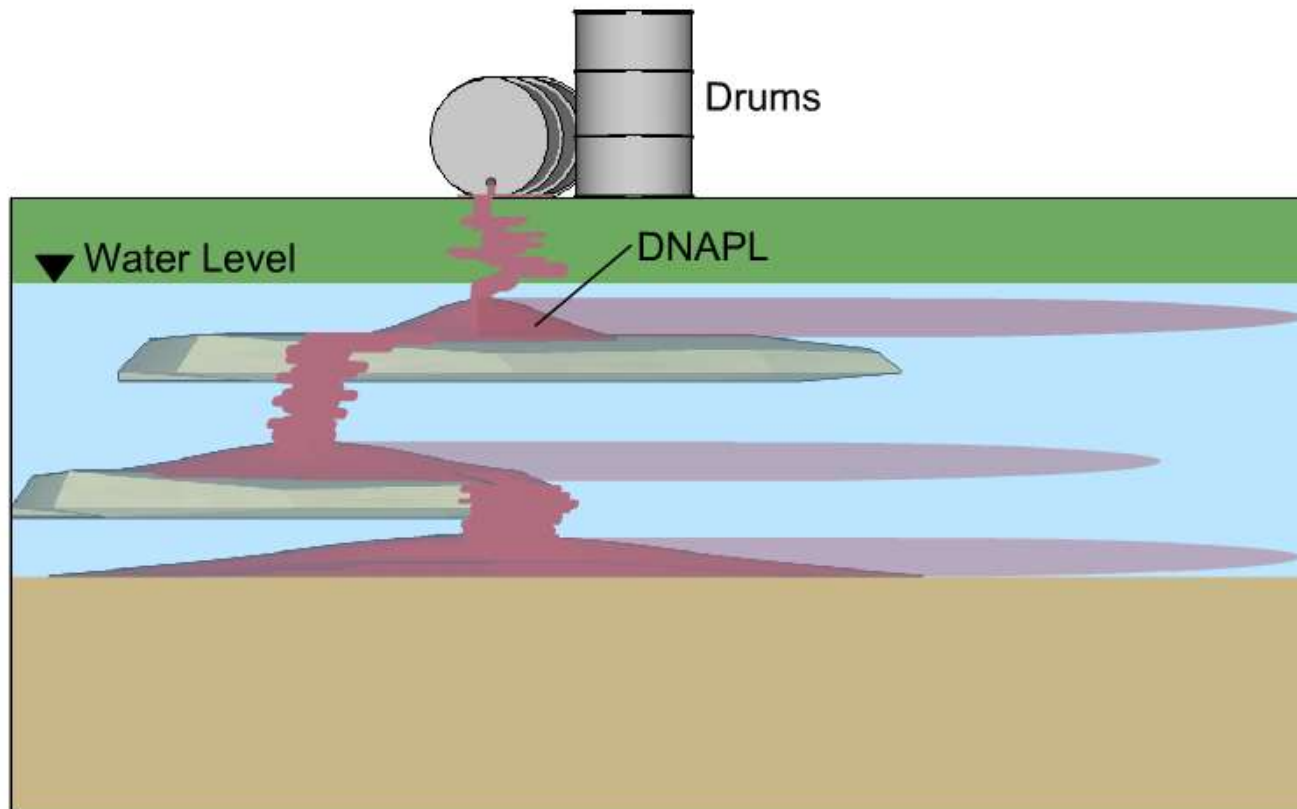
## COME SI MUOVE NEL SOTTOSUOLO



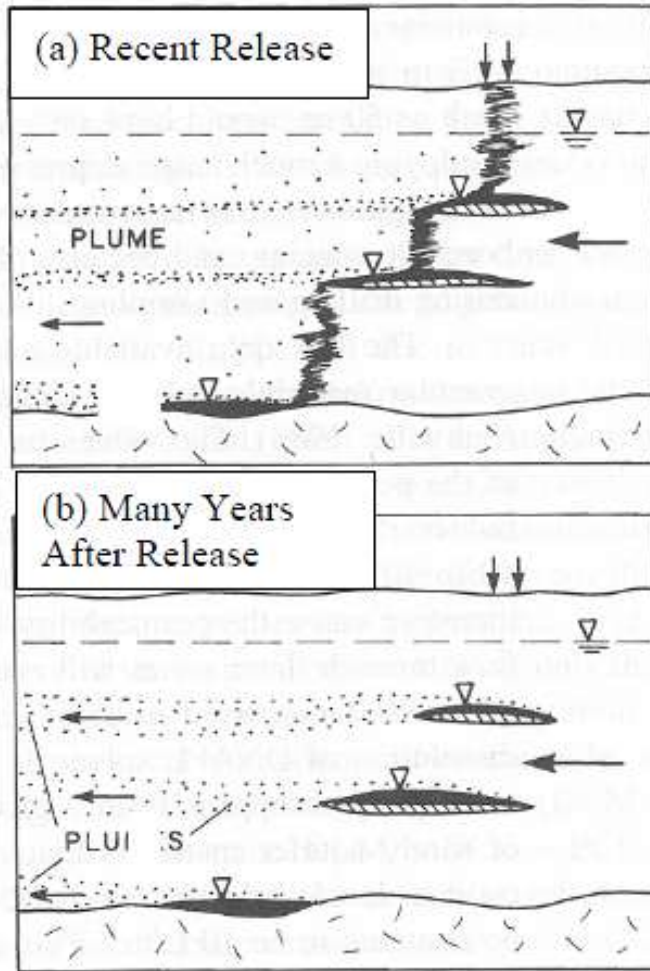
# DNAPL (Dense Non Aqueous Phase Liquid)



## COME SI MUOVE NEL SOTTOSUOLO



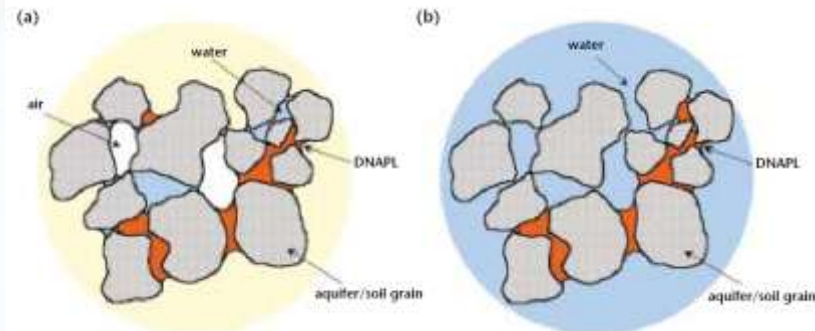
# DNAPL (Dense Non Aqueous Phase Liquid)



## FATTORE TEMPO

➤ **DECADE:** ordine di grandezza del tempo di dissoluzione del prodotto nelle acque sotterranee

➤ **PRODOTTO RESIDUALE:** non migra nel tempo e rimane intrappolato costituendo una sorgente secondaria di alimentazione



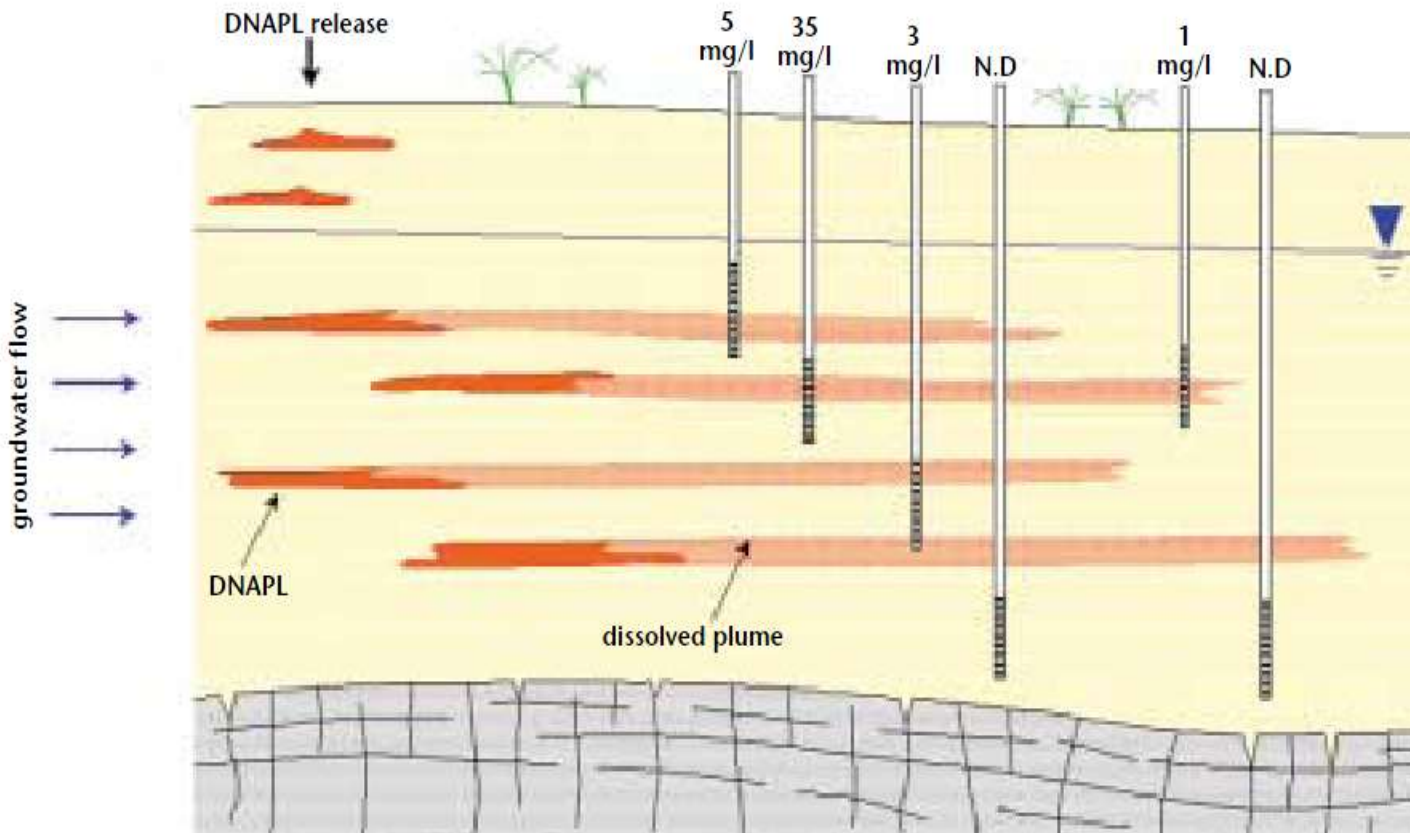
# DNAPL (Dense Non Aqueous Phase Liquid)



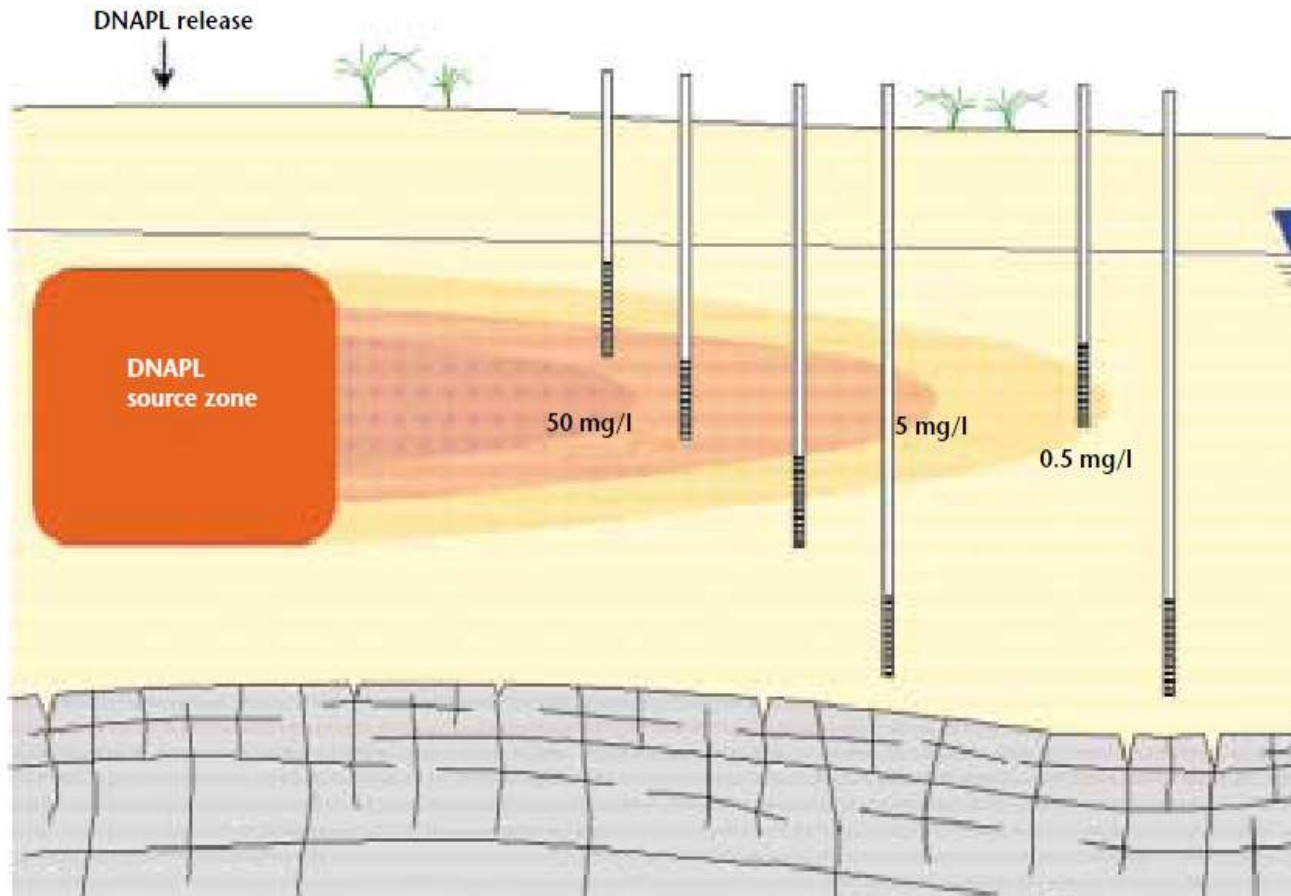
Percorsi di migrazione in depositi granulari non consolidati



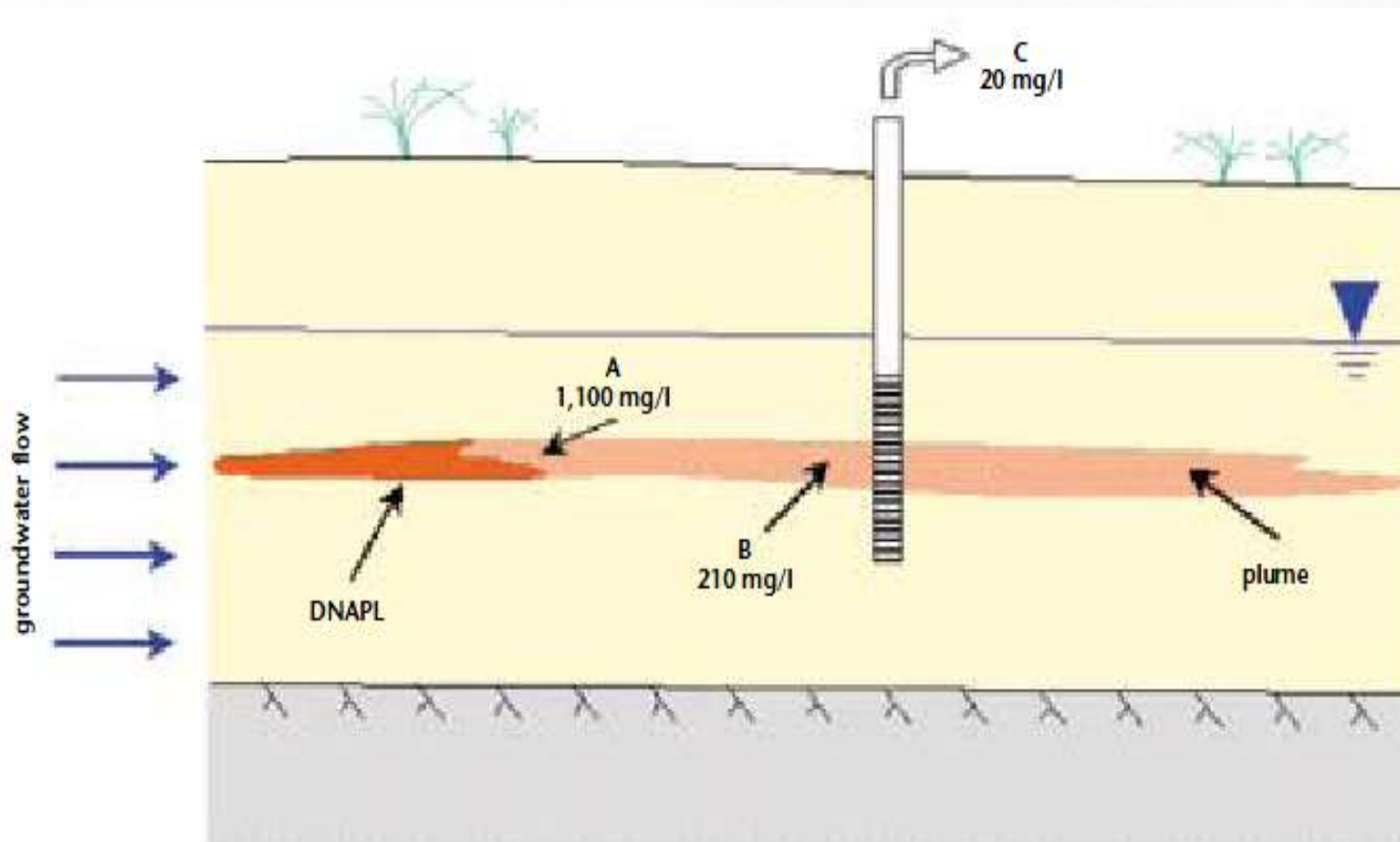
# DNAPL (Dense Non Aqueous Phase Liquid)



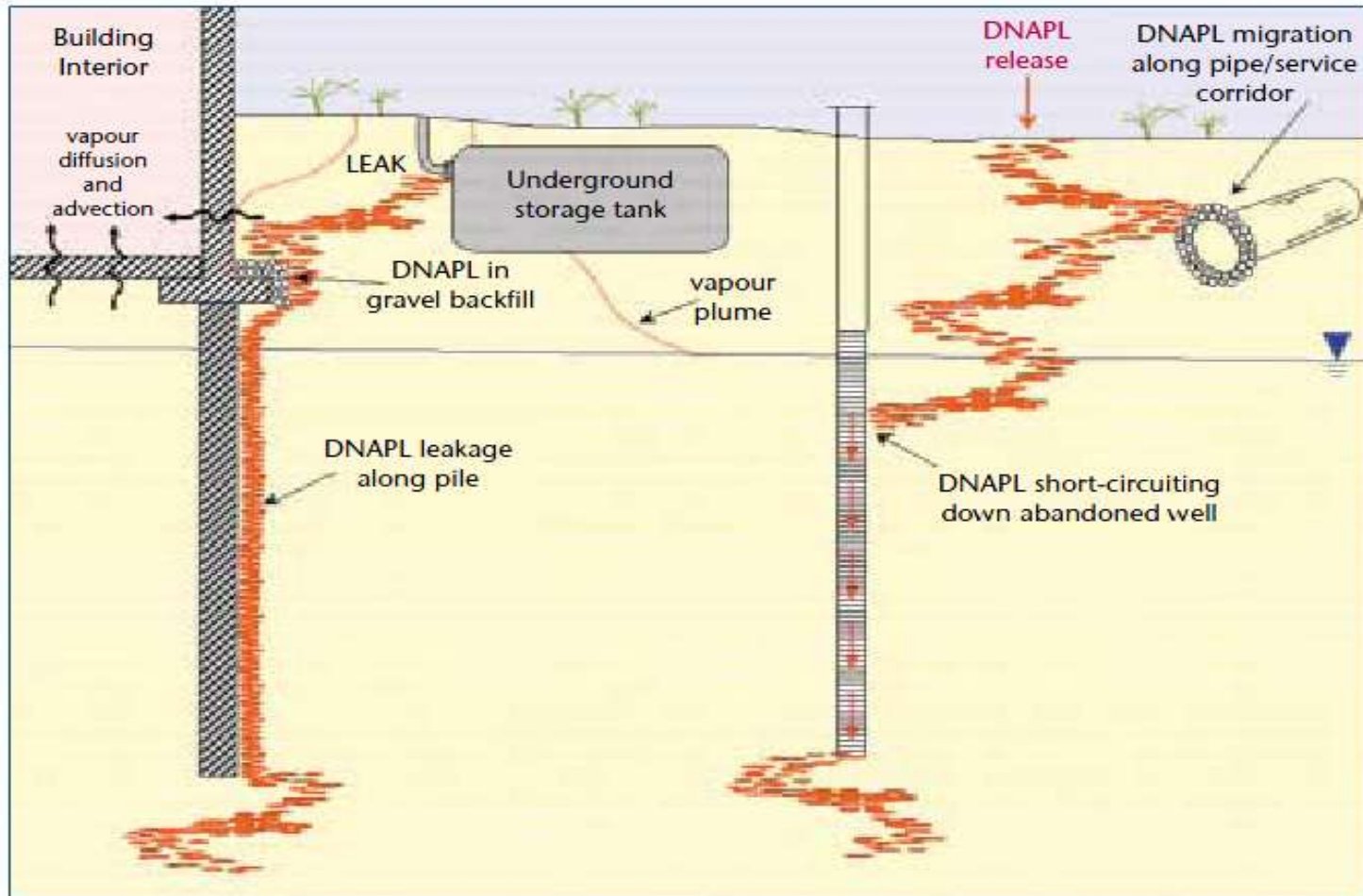
# DNAPL (Dense Non Aqueous Phase Liquid)



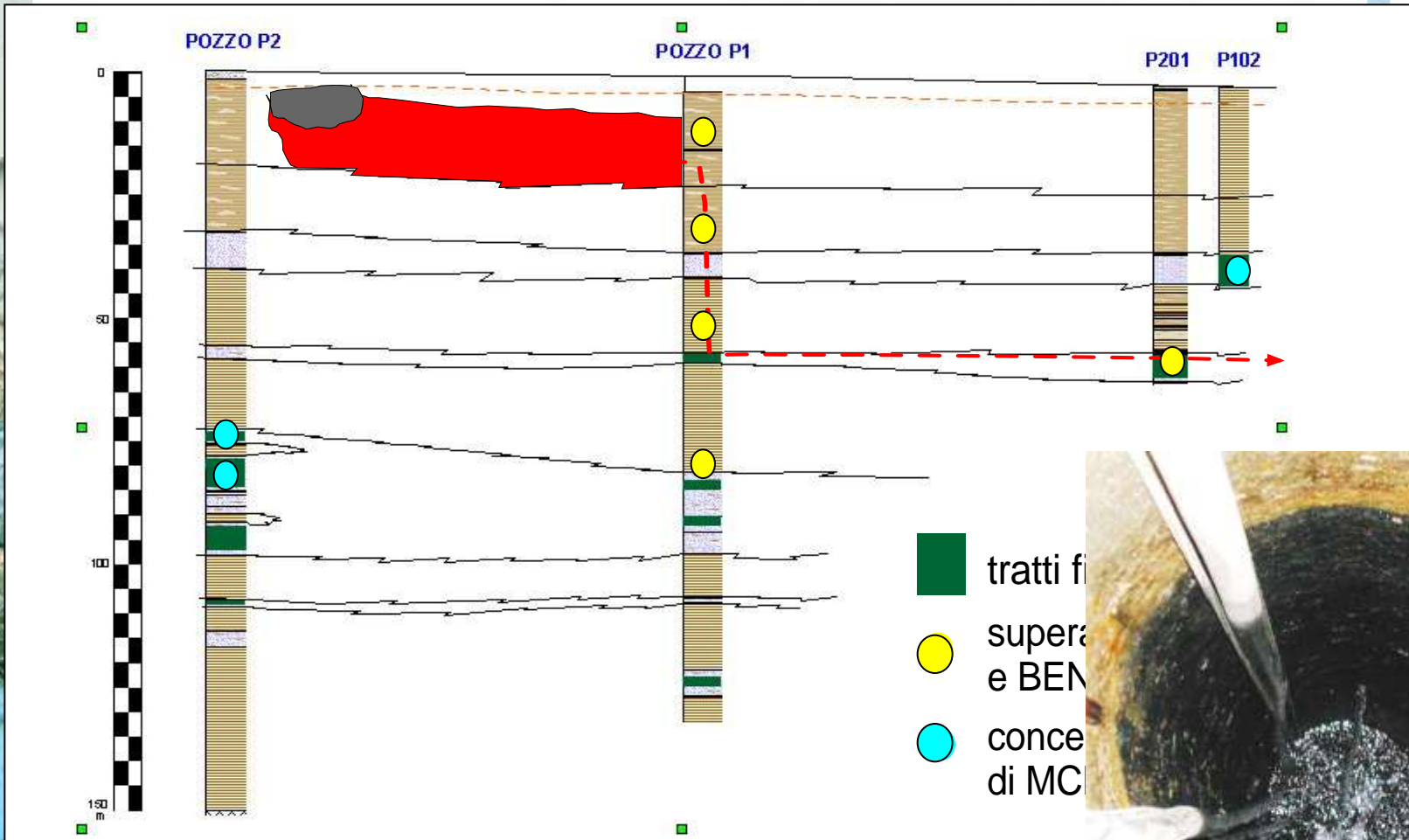
# DNAPL (Dense Non Aqueous Phase Liquid)



# DNAPL (Dense Non Aqueous Phase Liquid)



# DNAPL



# FLUSSO DI MASSA: METODI DI STIMA



**FLUSSO  
DI MASSA**

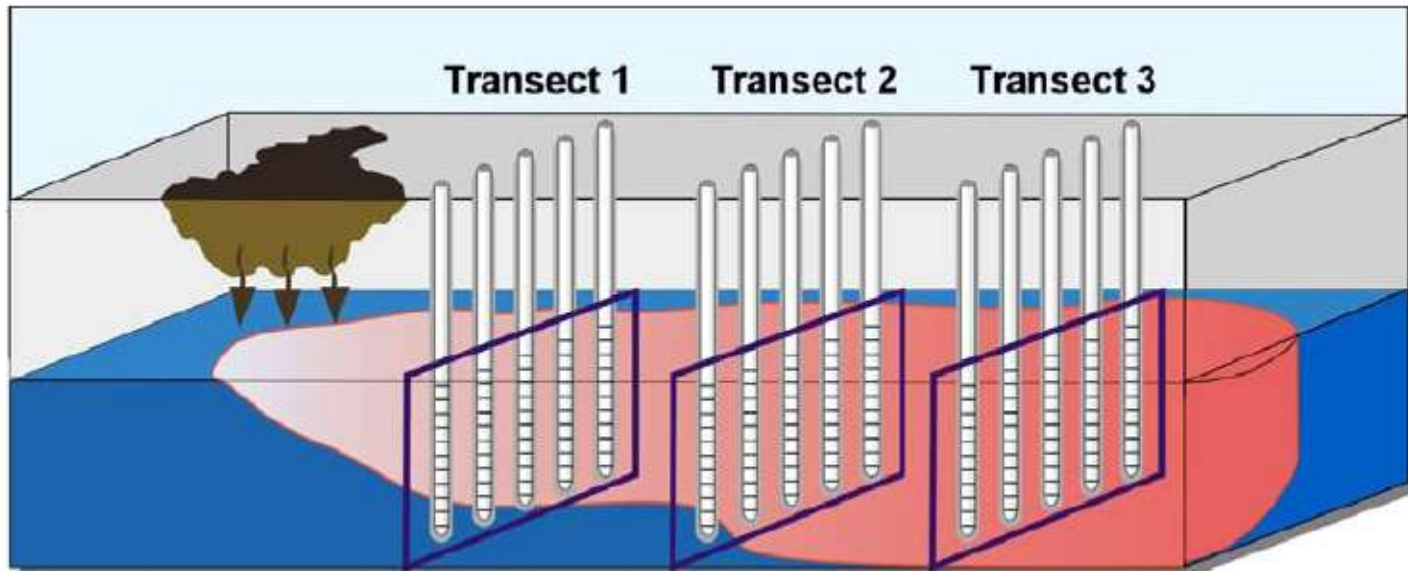
**TRANSECT  
METHOD [TM]**

**Multiple multilevel sampling  
[MLS]**

**INTEGRAL PUMPING TEST  
[IPT]**

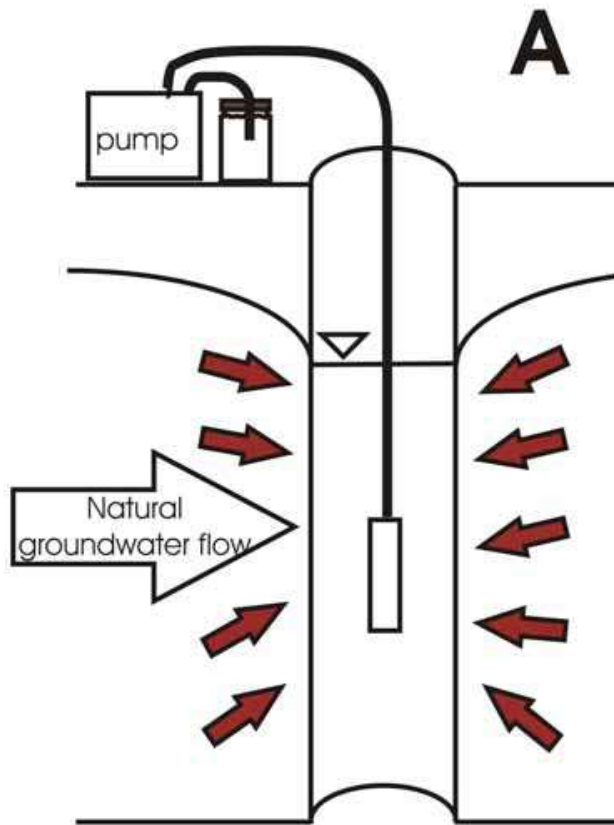
**PASSIVE SAMPLING  
[PS]**

# FLUSSO DI MASSA: TRANSECT METHOD

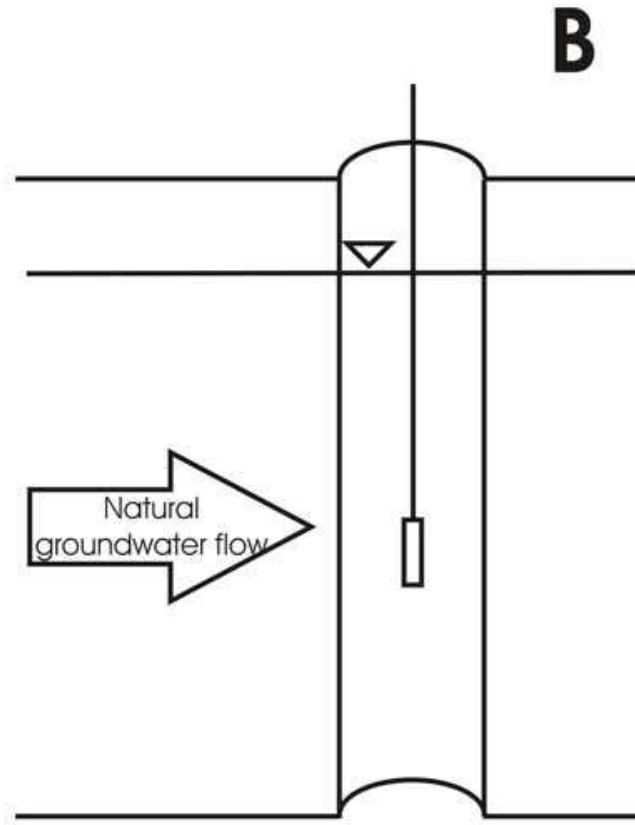


- Campionamenti multilivello lungo piani di controllo perpendicolari a direzione di flusso
- Necessità di stimare separatamente: “K”, “i”
- $J = q_0 C = -KiC$  dove  $J$  è il flusso di massa ( $M/L^2T$ ) mentre  $q_0$  è il flusso di massa specifico ( $L^3/L^2T$ ),  $C$  è la conc ( $M/L^3$ )
- Prove in sito: slug test, pumping test, piezometrie

# FLUSSO DI MASSA: PASSIVE SAMPLING

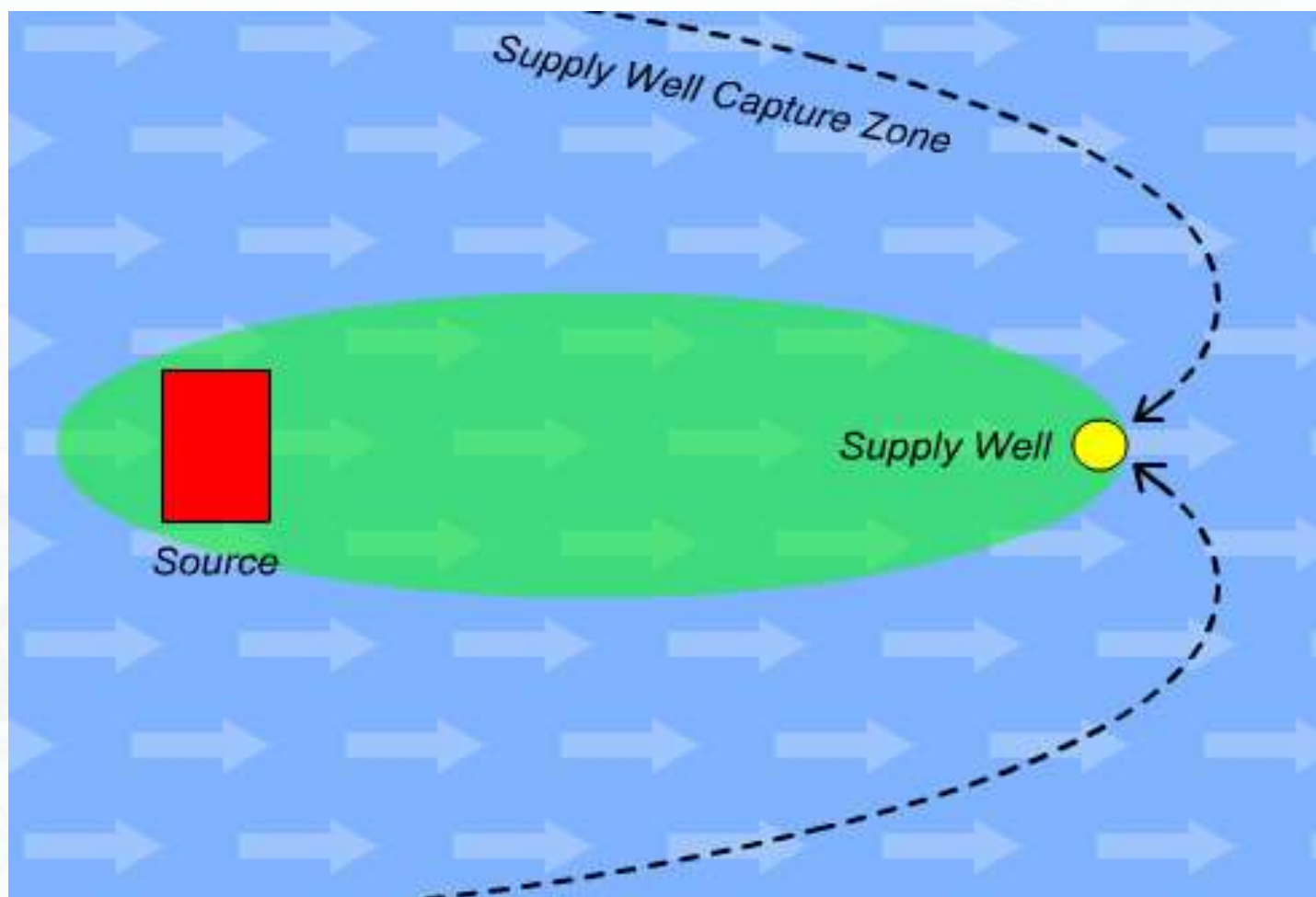


active sampling



passive sampling

# FLUSSO DI MASSA: IPT



# FLUSSO DI MASSA: IPT



PROVINCIA  
DI TREVISO



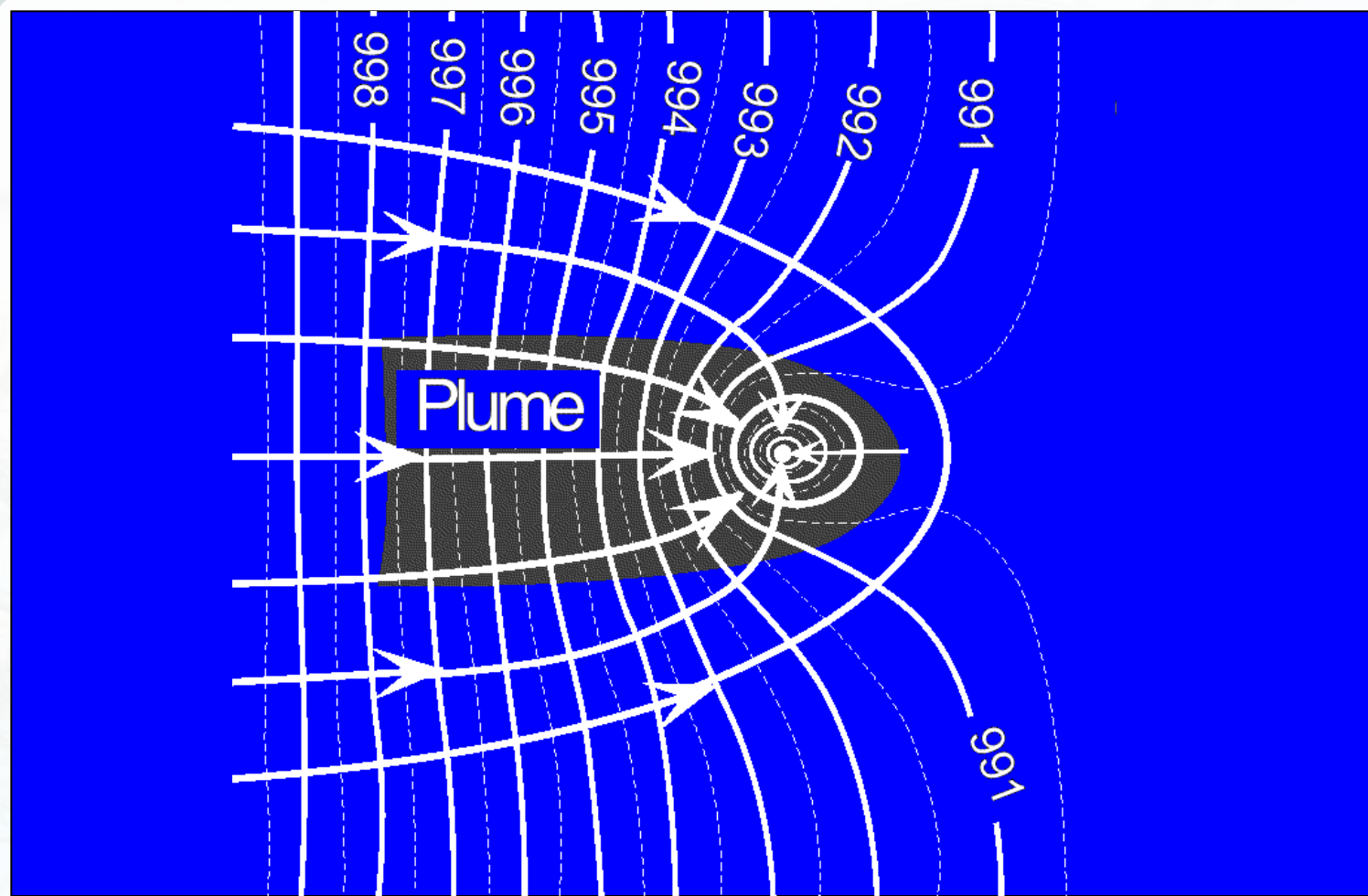
FOKS  
Focus on Key Sources  
of Environmental Risks



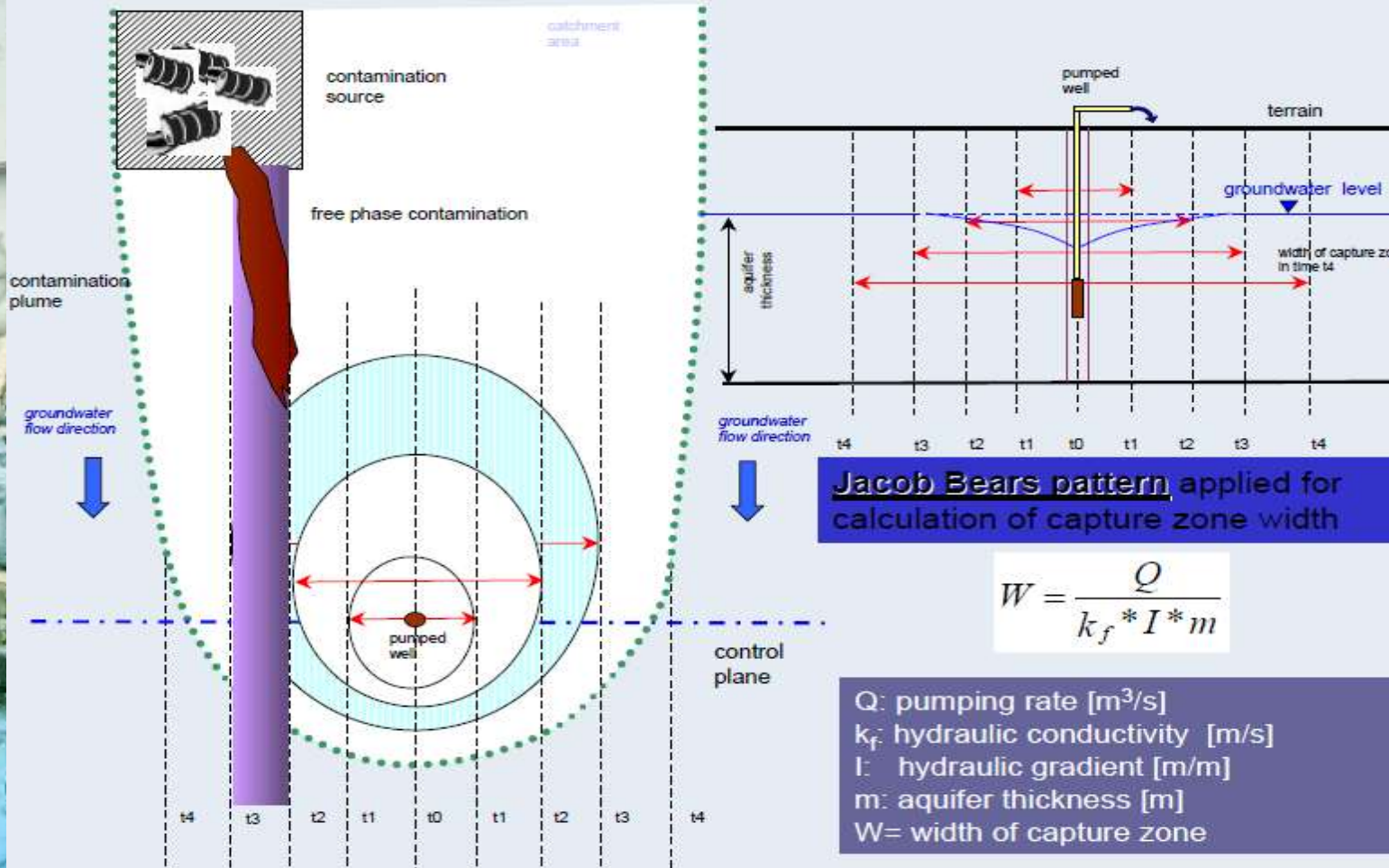
CENTRAL  
EUROPE  
COOPERATION FOR SUCCESS



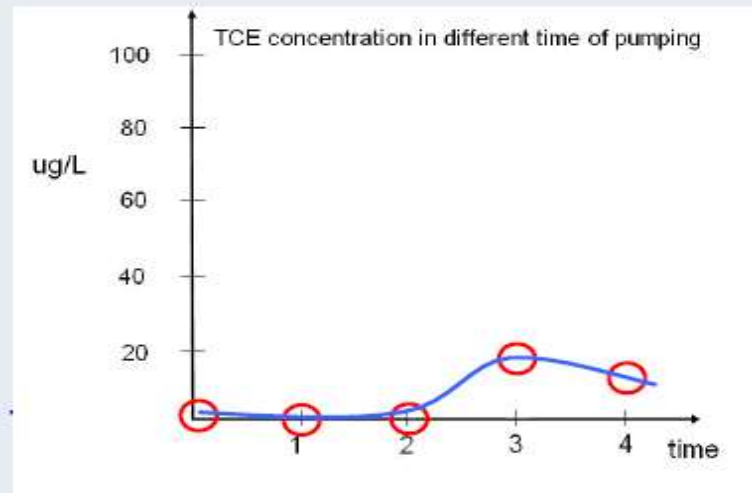
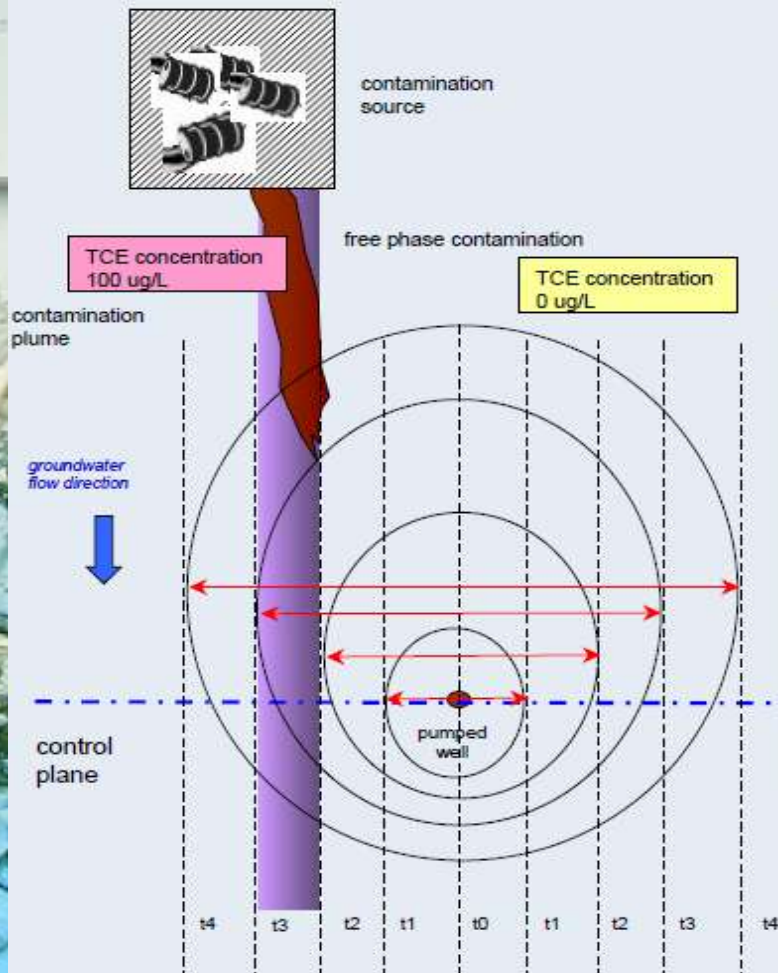
EUROPEAN UNION  
EUROPEAN REGIONAL  
DEVELOPMENT FUND



# FLUSSO DI MASSA: IPT

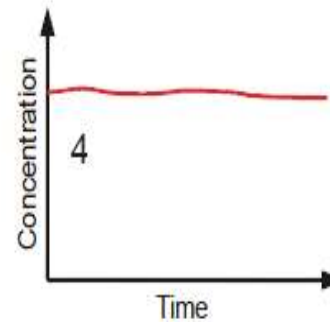
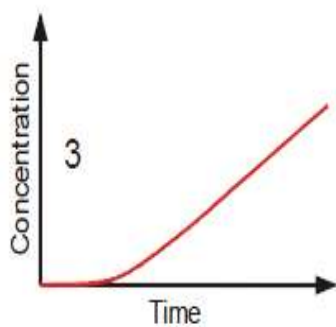
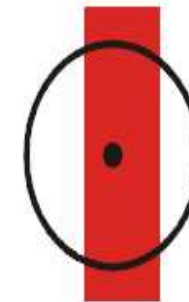
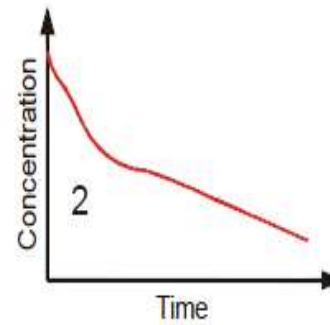
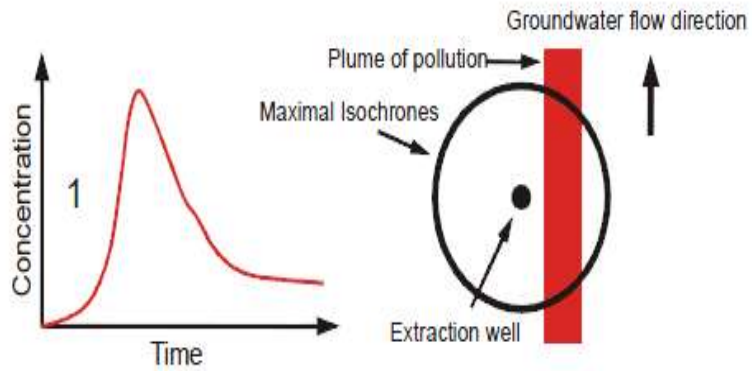


# FLUSSO DI MASSA: IPT



the time concentration curve

# FLUSSO DI MASSA: IPT



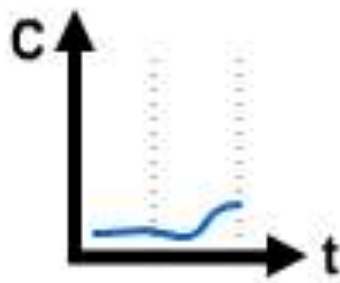
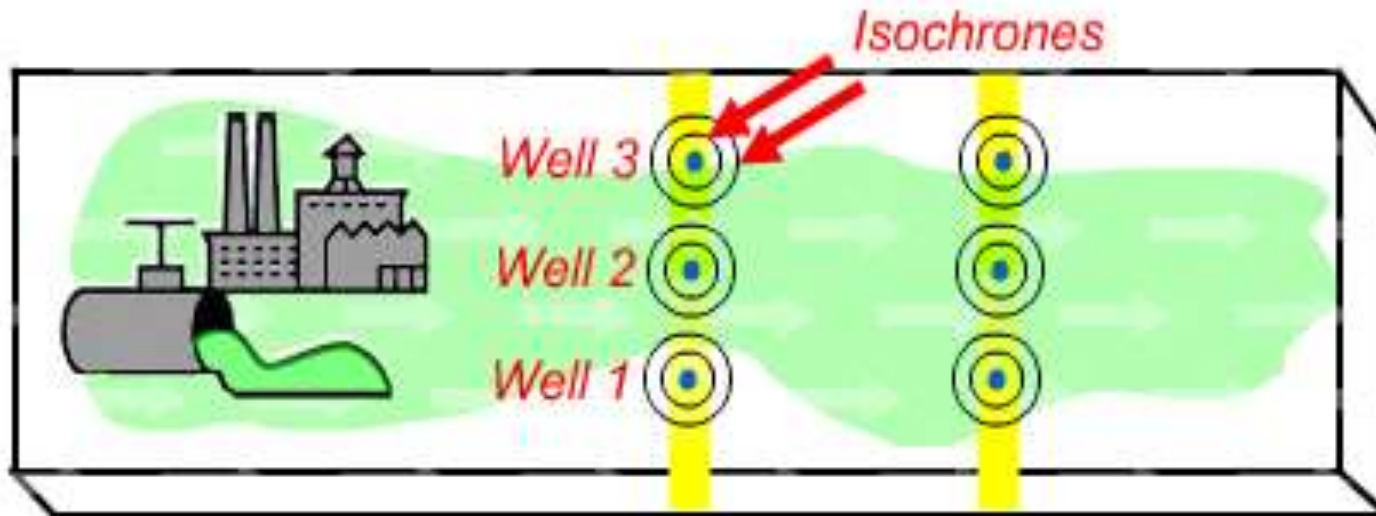
# FLUSSO DI MASSA: IPT



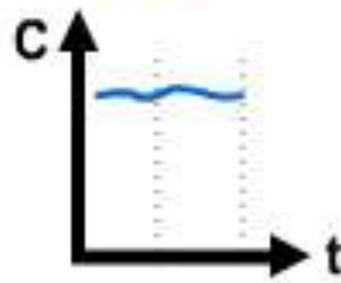
PROVINCIA  
DI TREVISO



EUROPEAN UNION  
EUROPEAN REGIONAL  
DEVELOPMENT FUND



Well 1

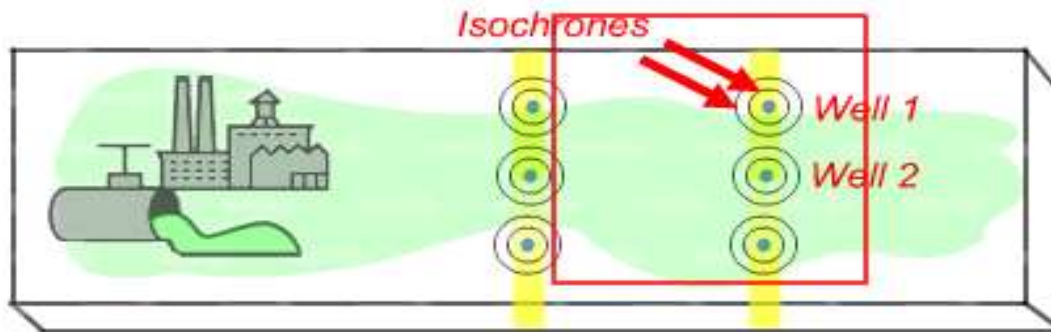


Well 2

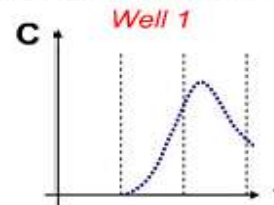
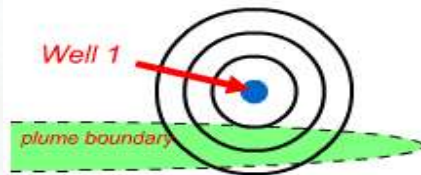


Well 3

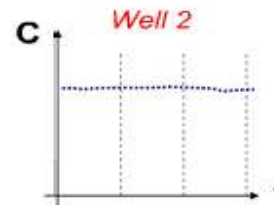
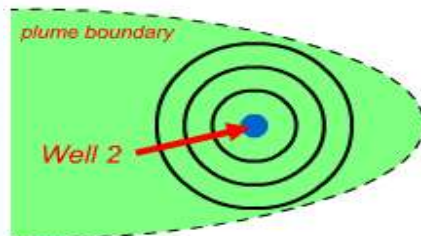
# FLUSSO DI MASSA: IPT



Capture zone scale is "large" compared to the contamination scale



Capture zone scale is "small" compared to the contamination scale





# ANALISI COSTI: APPROCCIO TRADIZIONALE

- **ESTENSIONE SITO CONTAMINATO:** almeno 2 Km<sup>2</sup>
- **NUMERO INDAGINI DA EFFETTUARE:** D.Lgs.152/2006 → no riferimenti
- **D.M. 471/1999 (abrogato):** per siti > 250.000 m<sup>2</sup> → almeno 1 piezometro ogni 25.000 m<sup>2</sup>
- **Nel caso specifico:** almeno 80 piezometri
- **Profondità piezometri:** 50 m
- **Costo per sondaggio/piezometro da 3”:** 4800 Euro
- **Costo per strutturazione rete monitoraggio:** 384.000 euro
- **Costo per 1 analisi chimica su parametri indice:** 120 euro
- **Costo complessivo per analisi chimiche (2 campagne):** 20.000 euro
- **Test di parametrizzazione acquifero:** 20.000 euro
  
- **COSTO COMPLESSIVO: CIRCA 450.000 euro**



# ANALISI COSTI: INTEGRAL PUMPING TEST

- **Videoispezioni in pozzi esistenti: 2800 euro**
- **Pozzi IPT (P1 – P2 – P3): 67.000 euro**
- **Piezometri (MW1-MW2-MW3-MW4-MW5): 20.000 euro**
- **Analisi chimiche: 6.000 euro**
- **Passive sampling: 13.000 euro**
- **COSTO COMPLESSIVO: CIRCA 111.000 euro**

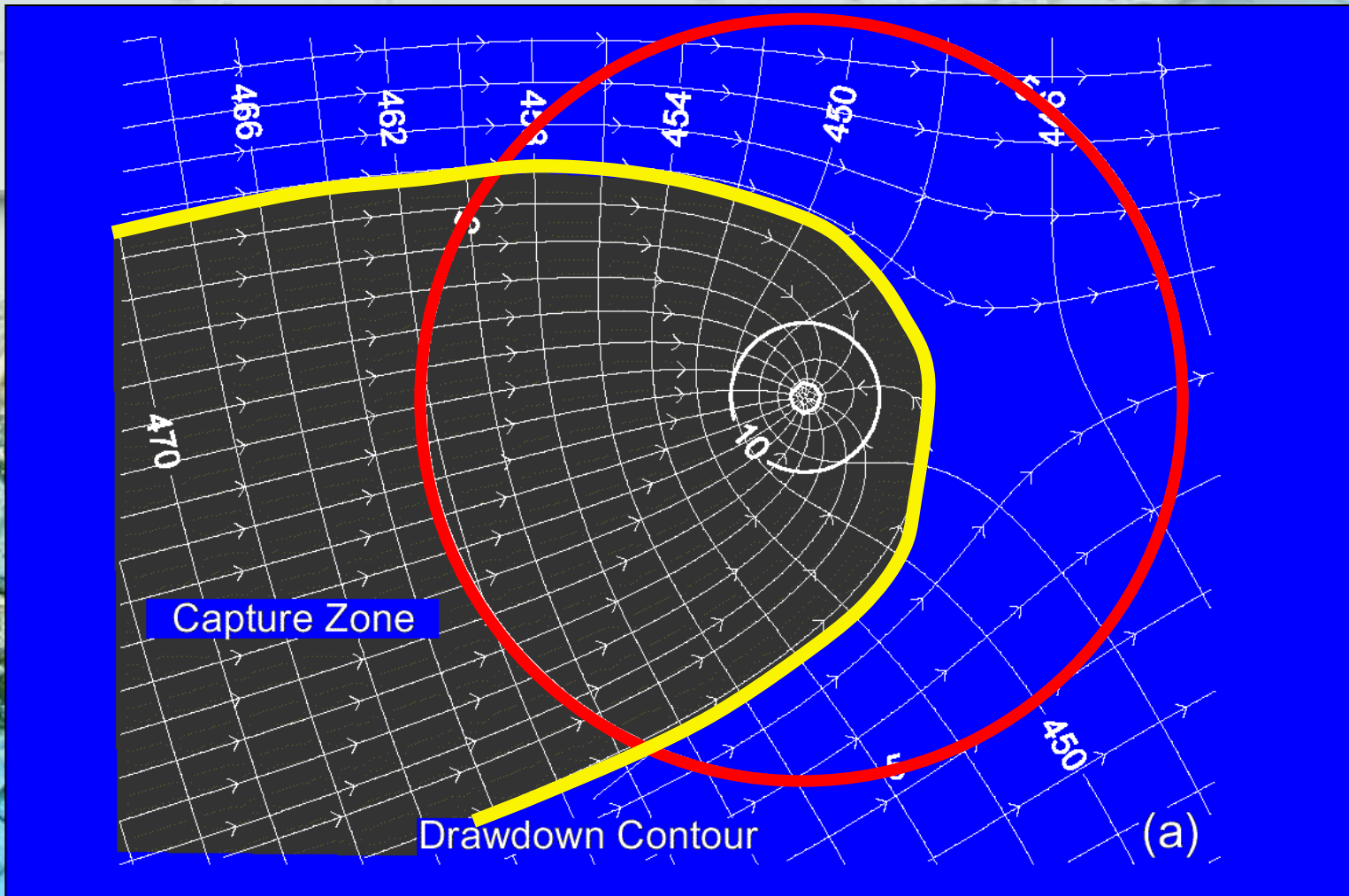


# IPT: VANTAGGI E LIMITAZIONI

- ✓ Non richiede interpolazioni di concentrazione del contaminante
  - ✓ Richiede “solo” alcuni pozzi di pompaggio e un sufficiente numero di piezometri per il monitoraggio durante il pompaggio
  - ✓ I campioni d’acqua risultano rappresentativi di grandi volumi d’acqua (no campioni puntuali)
  - ✓ Permettono una parametrizzazione idrogeologica approfondita
- 
- ❖ genera ingenti volumi di acqua contaminata che esige una corretta gestione spesso costosa
  - ❖ Il pompaggio può determinare un cambiamento nel chimismo delle acque
  - ❖ Può essere difficoltoso capire se il transetto ha intercettato completamente la piuma di contaminazione
  - ❖ A volte non è possibile ottenere una soluzione univoca se non si dispone di più transetti
  - ❖ Richiede logistiche particolari (pompe, energia elettrica, motogeneratore, rumori,...) e autorizzazioni particolari (accessibilità, scarico)



# IPT /P&T: ANALISI DELLE ZONE DI CATTURA



# IPT /P&T: ANALISI DELLE ZONE DI CATTURA

1. L'estensione della zona di influenza dipende dalla T e dalla portata estratta (in condizioni stazionarie)
2. La forma della zona di influenza dipende da T, da Q e dal gradiente naturale preesistente
3. Nonostante le due zone (cattura e influenza) si sovrappongano parzialmente, la pratica di dimensionare spazature e portate in un campo pozzi basandosi sulla sovrapposizione delle zone di influenza **NON** deve essere seguita per il dimensionamento di sistemi P&T



# RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI ESSENZIALI



- Use and Measurement of Mass Flux and Mass Discharge - The Interstate Technology & Regulatory Council Integrated DNAPL Site Strategy Team – August 2010
- Mass Flux Toolkit user's manual Version 1.0 March 2006
- Estimating contaminant mass discharge: A field comparison of the multilevel point measurement and the integral pumping investigation approaches and their uncertainties - Caroline Béland-Pelletier, Michelle Fraser, Jim Barker, Thomas Ptak

## Link:

- [ert2.org](http://ert2.org)
- [environment-agency.gov.uk](http://environment-agency.gov.uk)
- [elsevier.com](http://elsevier.com)



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**



**Sinerggeo**  
Sinergie geologiche per l'ambiente

<http://projectfoks.eu>



**EUROPEAN UNION**  
EUROPEAN REGIONAL  
DEVELOPMENT FUND