

Centrum environmentálního výzkumu:
Odpadové a oběhové hospodářství
a environmentální bezpečnost



Workshop
**DEKONTAMINAČNÍ
TECHNOLOGIE**
Stávající možnosti a metody
v oblasti sanací
kontaminovaných míst

23. 1. 2025, Ústav pro životní prostředí, PŘF UK



T A
Č R

Projekt SS02030008 **Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)** je financován se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva životního prostředí ČR v rámci **Programu Prostředí pro život**.

Sanační čerpání

Petr Kvapil, Photon Water Technology
Petr.kvapil@photonwater.com

Zdroje obrázků:

EPA. Pump-and-Treat Ground-Water Remediation. A Guide for Decision Makers and Practitioners (1996) (PDF)

EPA. Options for Discharging Treated Water from Pump and Treat Systems (2007) (PDF)

<https://lnapl-3.itrcweb.org/3-key-lnapl-concepts/>

https://www.researchgate.net/publication/255696571_An_Illustrated_Handbook_of_DNAPL_Transport_and_Fate_in_the_Subsurface

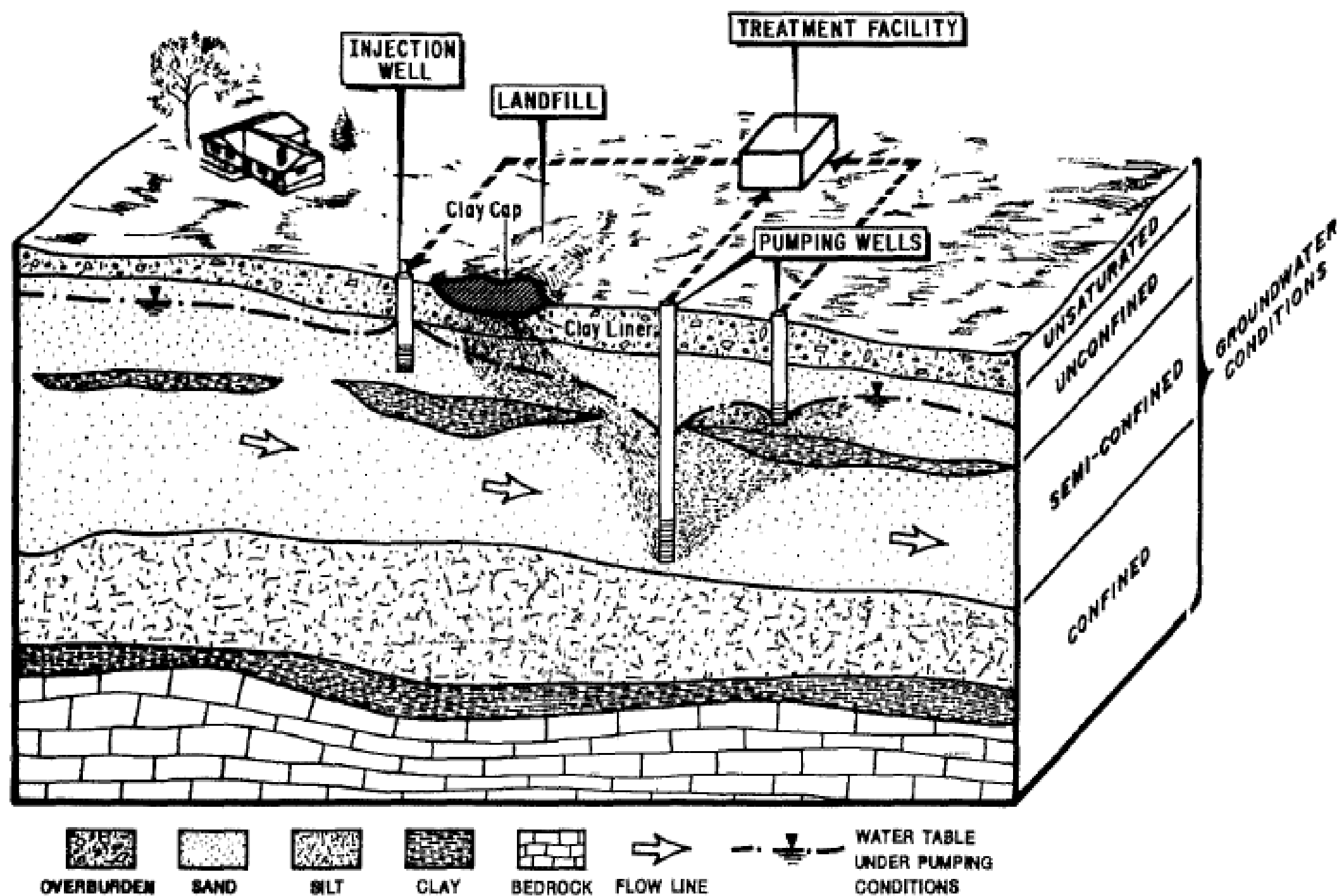
https://www.academia.edu/19321871/Ground_Water_Issue_Design_Guidelines_for_Conventional_Pump_and_Treat_Systems

Úvod

Co je to Sanační čerpání

- ▶ Co je to?
- ▶ Jak to funguje? – hydrogeologický kontext obecně
- ▶ Nejběžnější aplikace
 - Plošná sanace kontaminačního mraku
 - Bariérová sanace - Hydraulická ochrana
 - Doplněk k jiné sanační metodě (k in-situ, k PTS, k bioremediaci)

"Proč má sanační čerpání vždycky dobrý pocit?
Protože si může být jisté, že pokaždé vytáhne problém
na povrch!"



Návrh a instalace systému sanačního čerpání

Co je to kontaminační mrak?



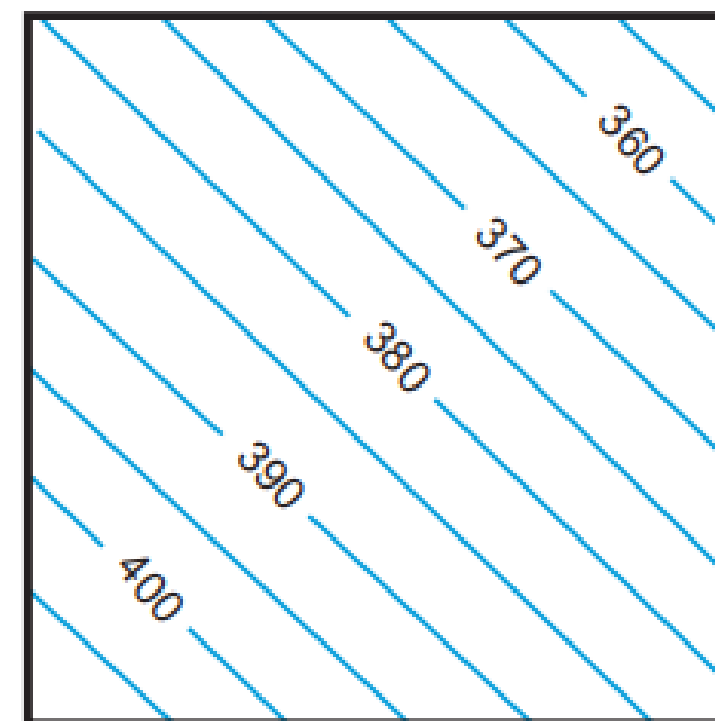
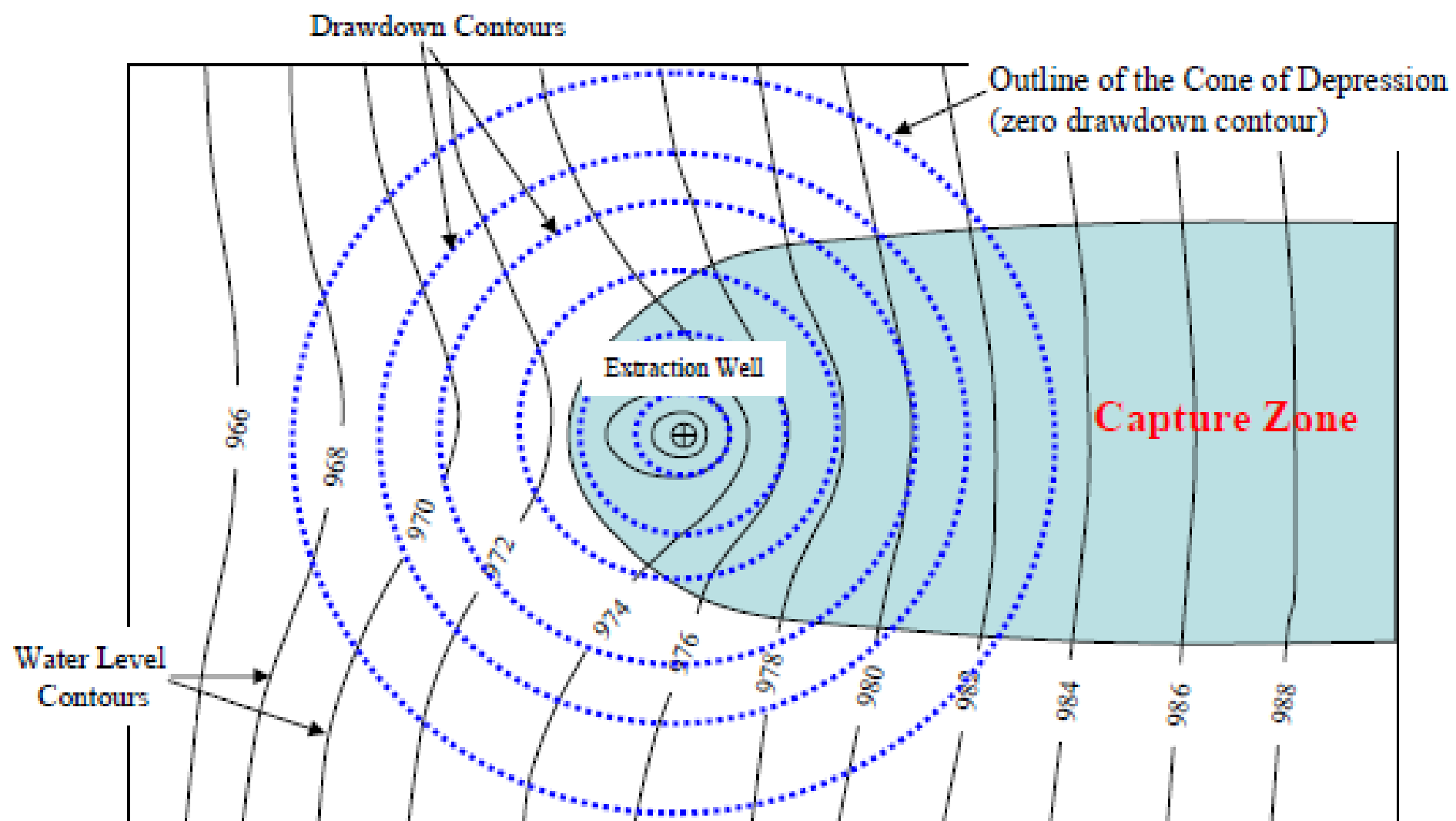
Ilustrační obrázek

- ▶ Cílové limity (koncentrace, termín)
- ▶ **Charakterizace lokality** (vrty, HDZ, karotáž, monitoring)
 - Geologie, Hydrogeologie, Kontaminace, Infrastruktura)
- ▶ Vytvoření koncepčního modelu
- ▶ **Numerický model**
 - Návrh systému vrtů / drénů
 - Odhad čerpaného množství
- ▶ Návrh technologie čištění vody
 - Technologické výpočty, laboratorní zkoušky
- ▶ Monitoring
- ▶ Projekt a legalizace vodního díla i nakládání s vodami
- ▶ Instalace, provoz,

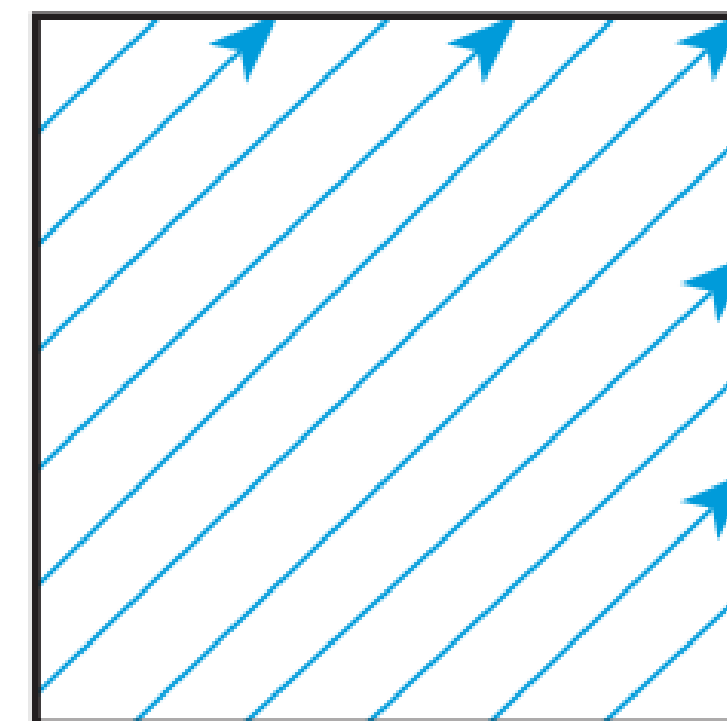
Numerický model

Určení ovlivněné oblasti, počtu vrtů, množství vody, kontaminace

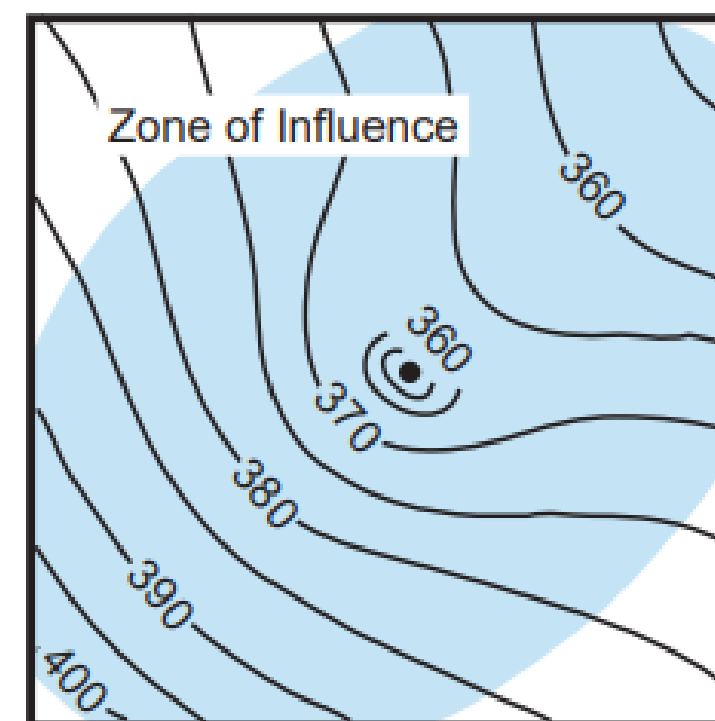
Drawdown and Capture are Not the Same



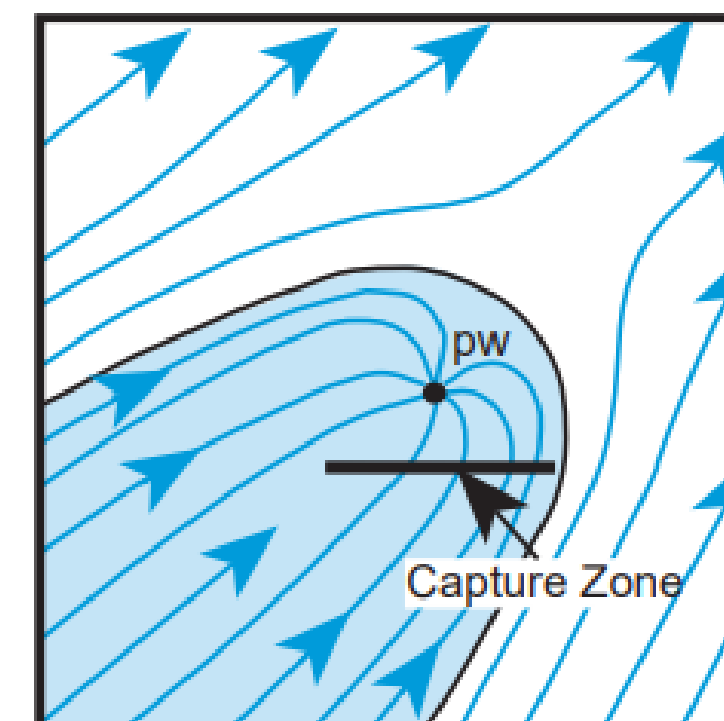
(a)



(b)



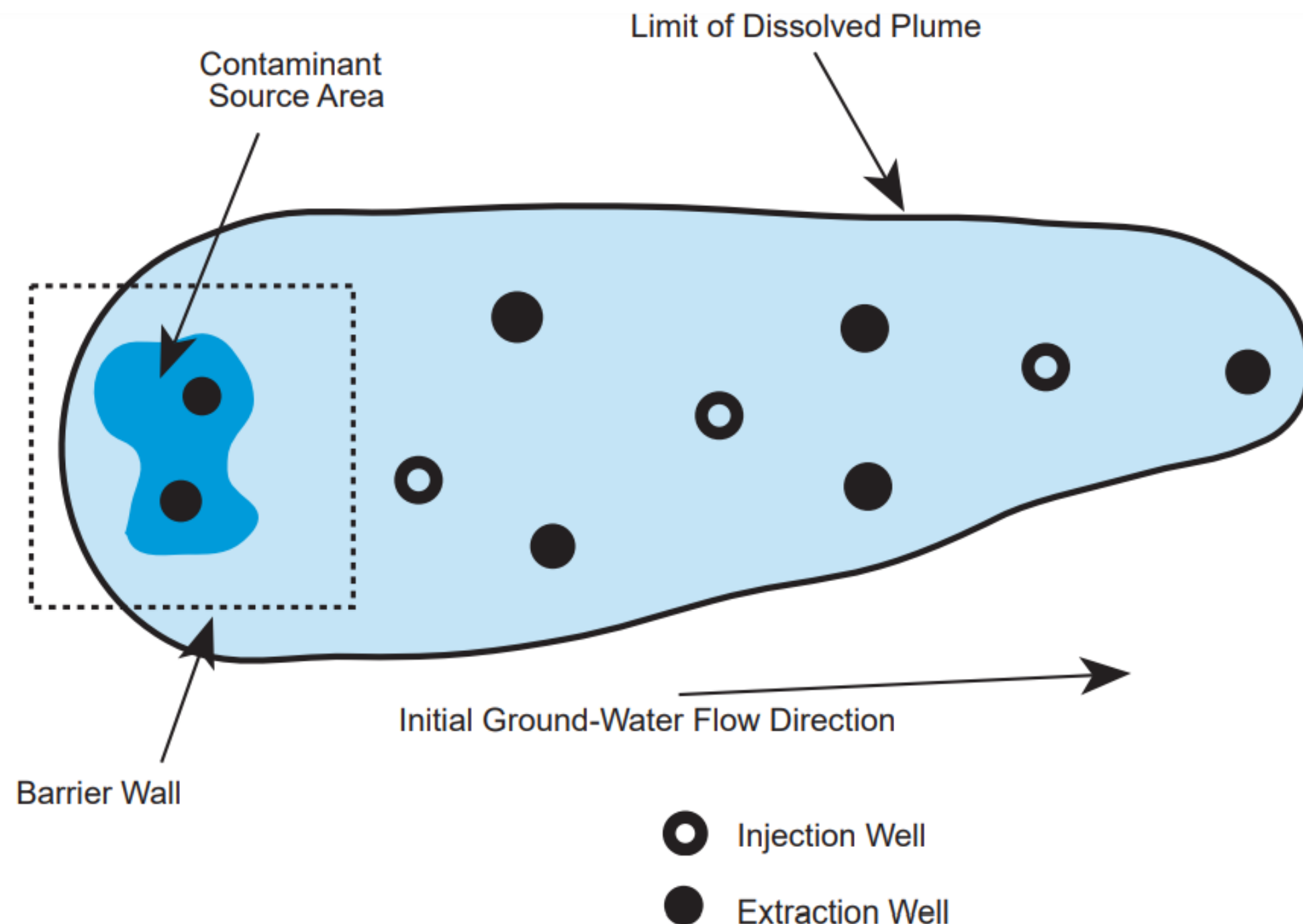
(c)



(d)

Globální řešení – využití numerického modelu

Návrh umístění vrtů a odhad čerpaného množství, odhad doby sanačního čerpání



**+ odhad množství
čerpaných a
zasakovaných vod
+ odhad doby čerpání
+ odhad koncentrací ve
vrtech**

Sanační čerpání

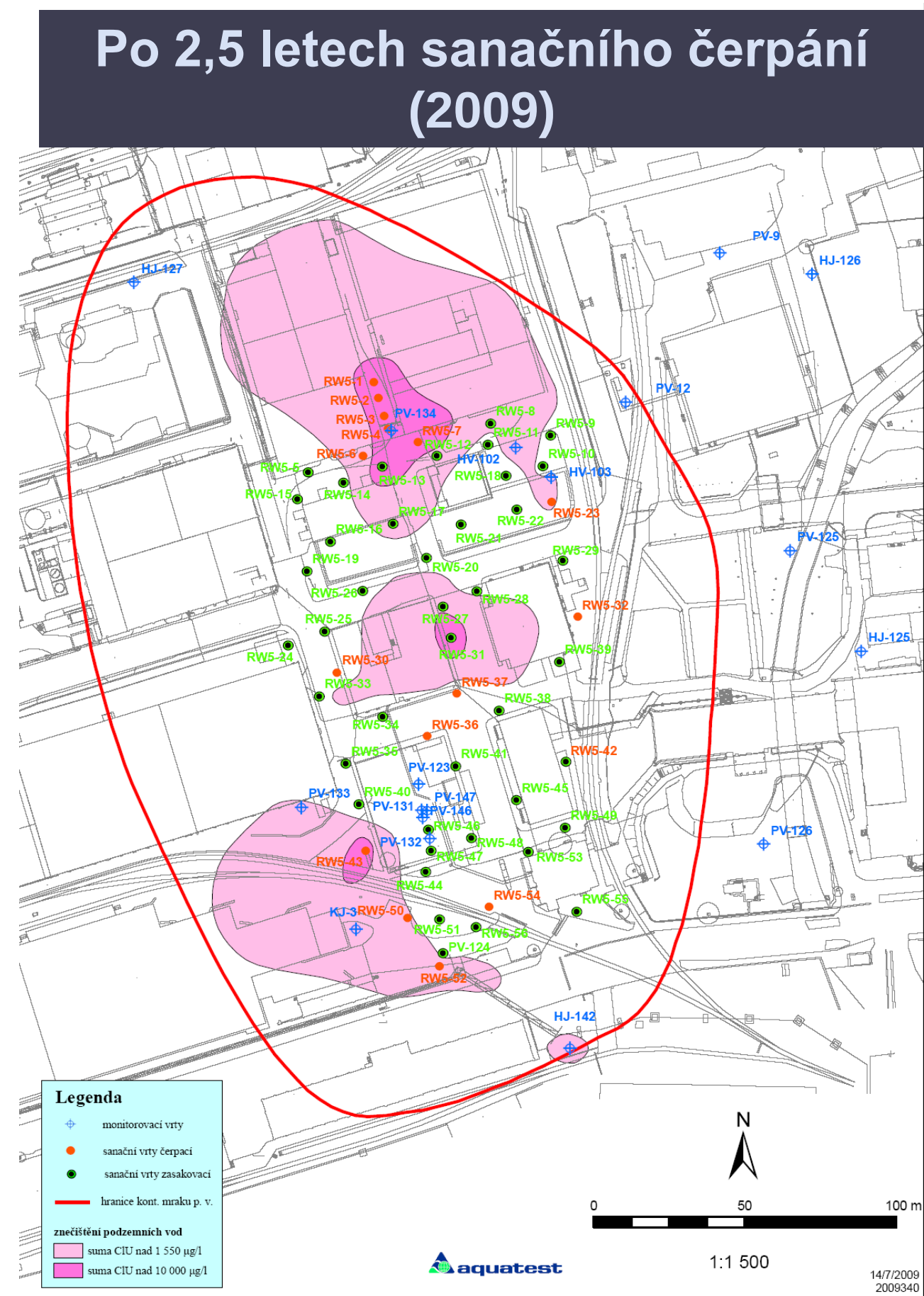
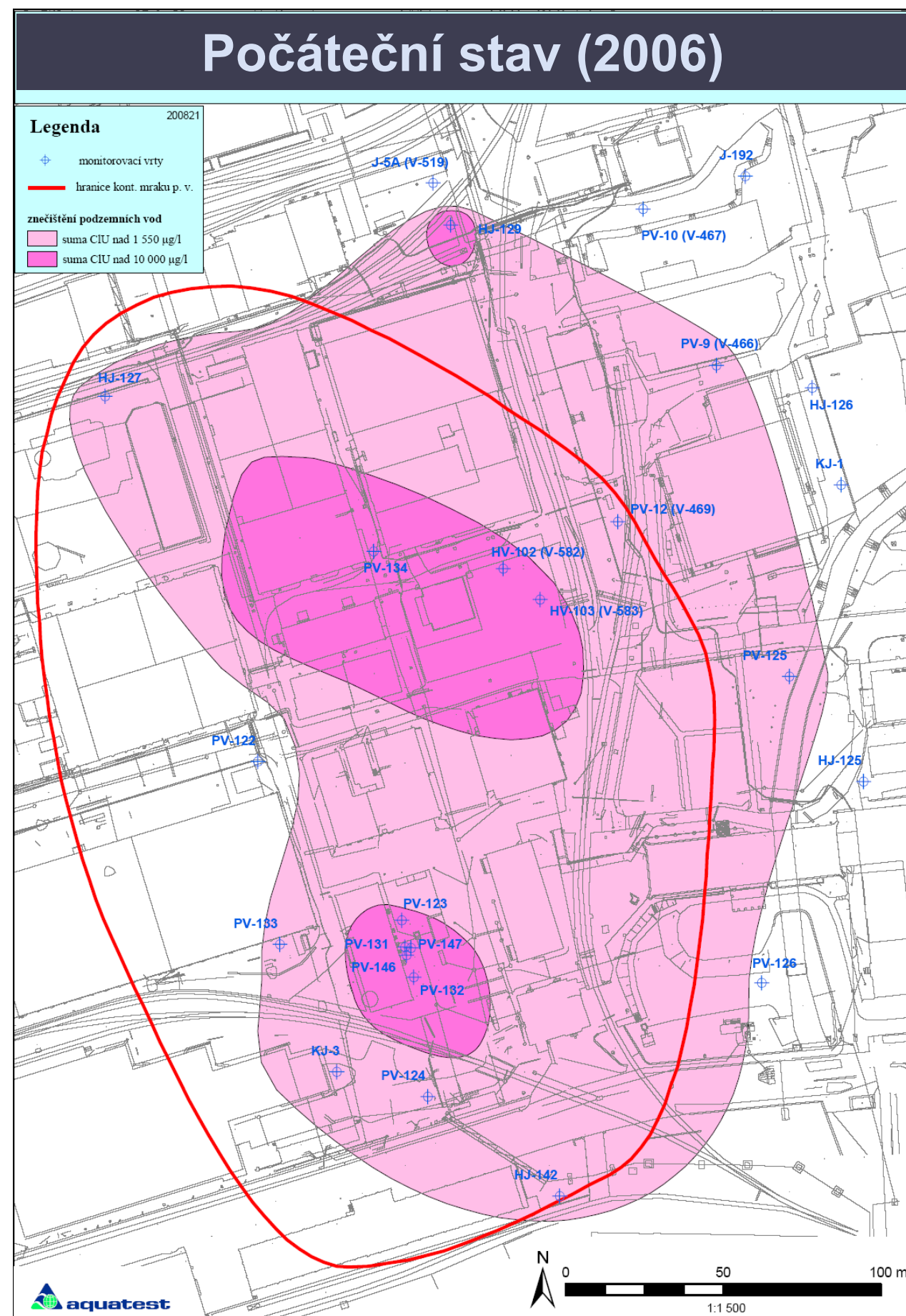
Lokalita Spolchemie

- Zmenšení rozsahu kontaminačního mraku

- Co dál?

⇒ Technicko ekonomická studie

⇒ Intenzifikované opatření

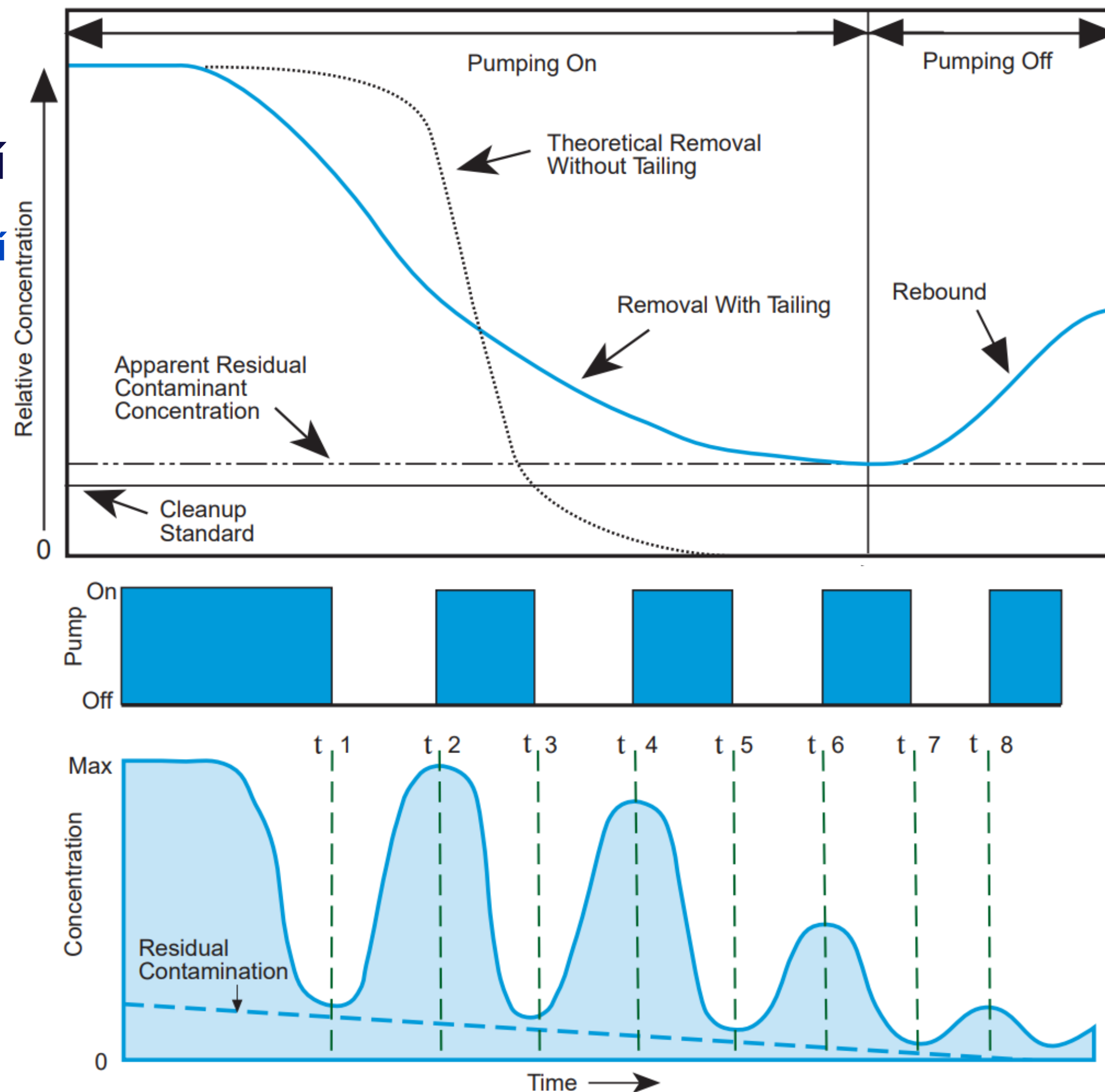


Monitoring sanačního čerpání

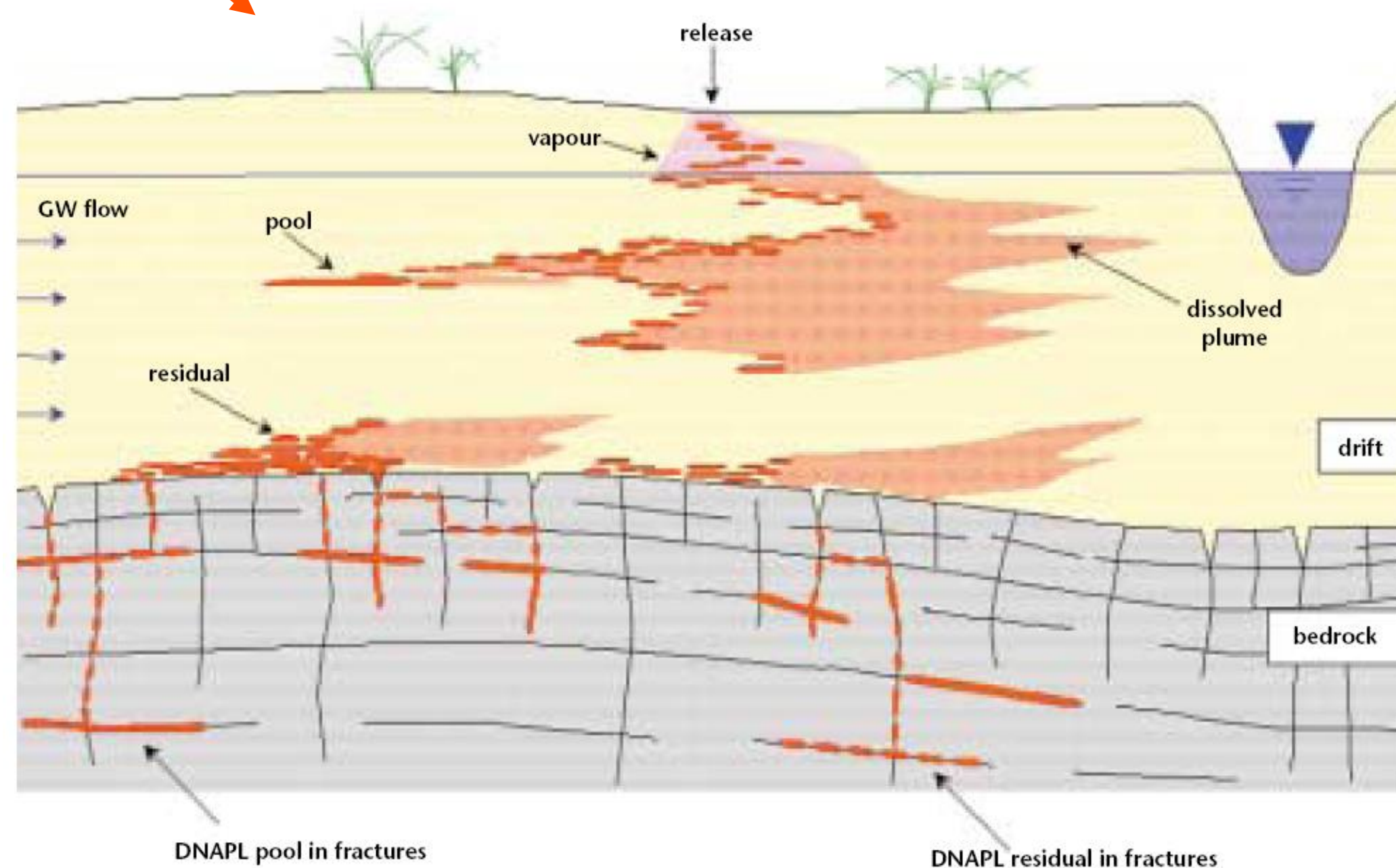
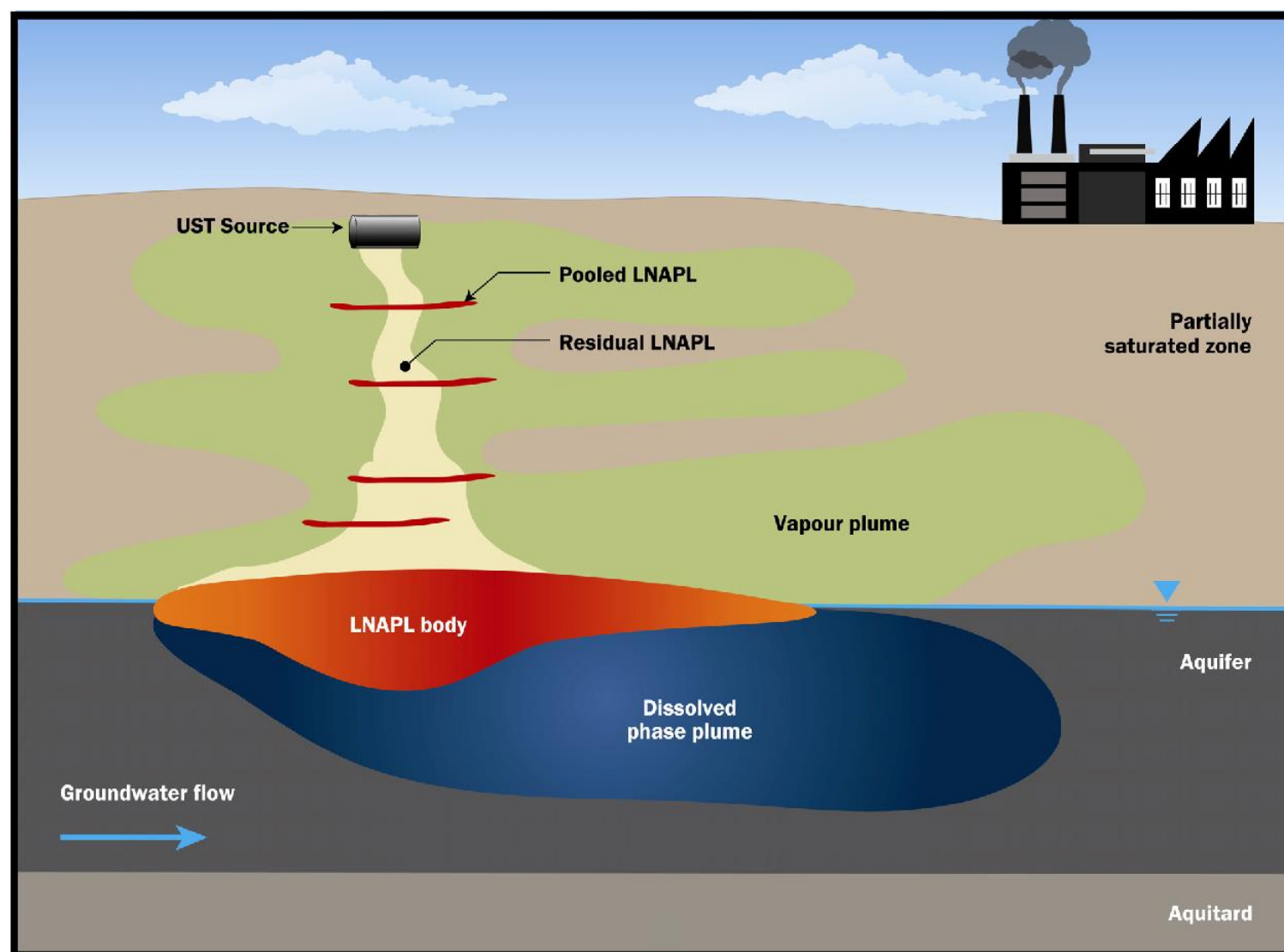
Teoretický vs. Reálný průběh koncentrací

Reálně bývá po ukončení čerpání pozorován opětovný nárůst koncentrací kontaminantů
= REBOUND

Co je toho příčinou ?



Volná organická fáze LNAPL a DNAPL v kolektoru



<https://lnapl-3.itrcweb.org/3-key-lnapl-concepts/>

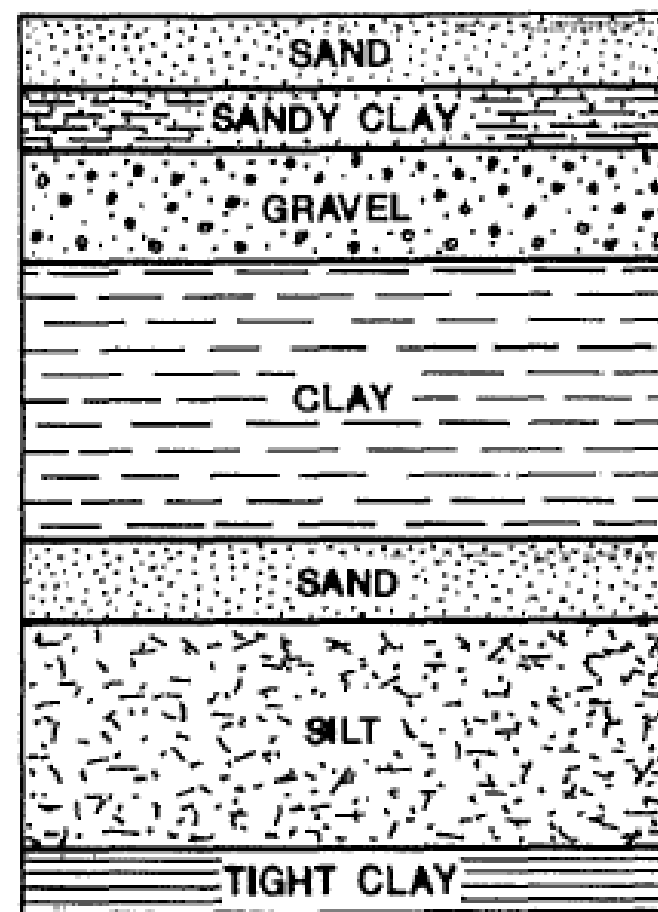
https://www.researchgate.net/publication/255696571_An_Illustrated_Handbook_of_DNAPL_Transport_and_Fate_in_the_Subsurface

Vliv geologické stratifikace

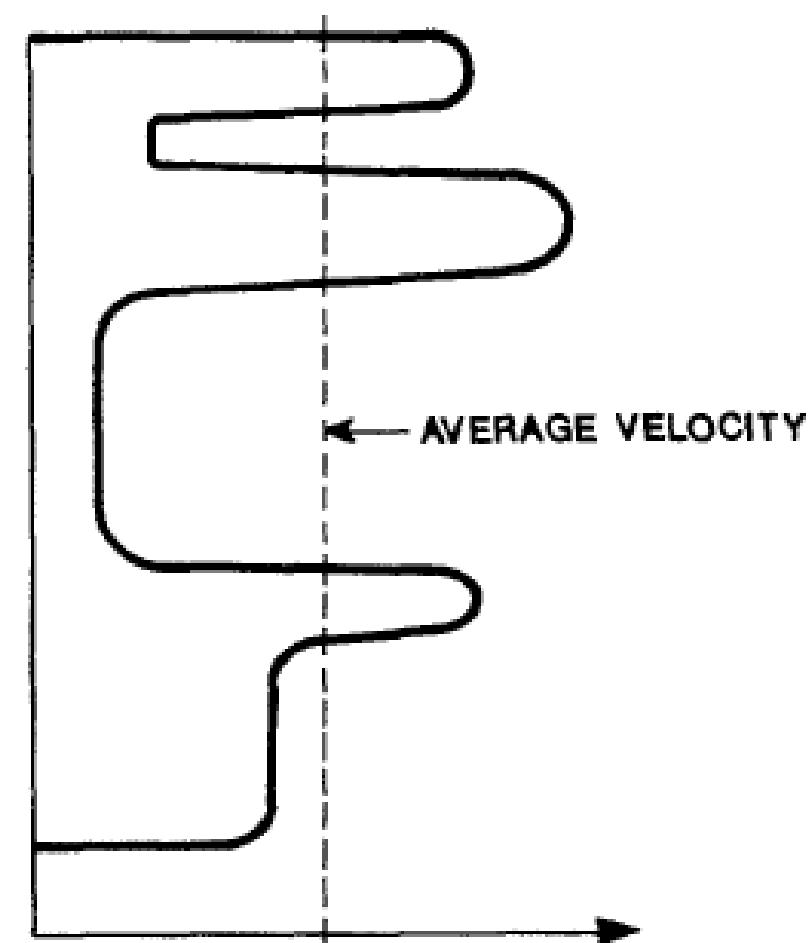
Hydrogeologický kontext

Velmi dobré podmínky
při $k > 10^{-3}$ m/s

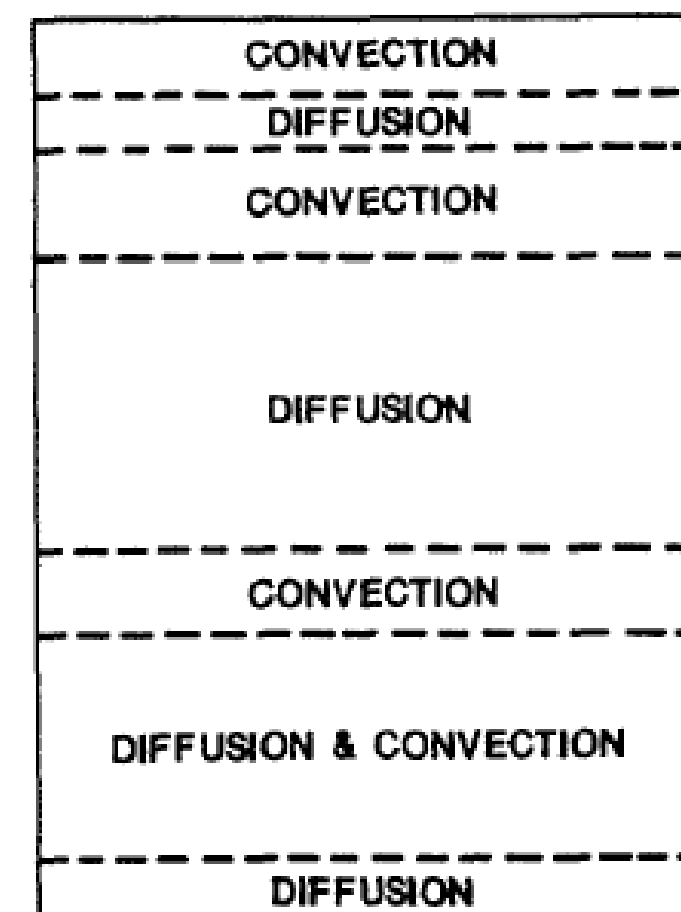
Velmi špatné podmínky
při $k < 10^{-7}$ m/s



Vertikální řez
kolektorem

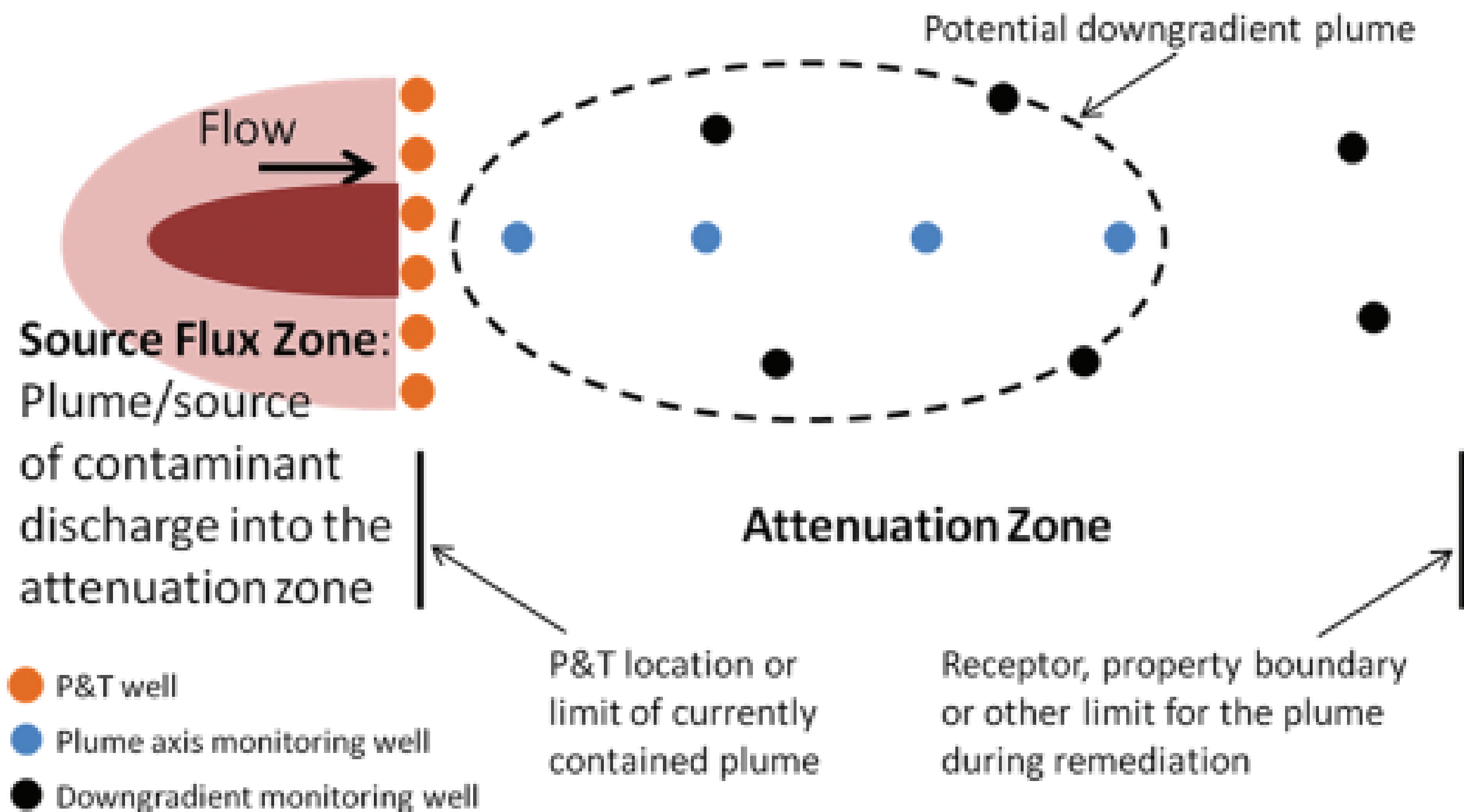


Profil rychlostí
proudění



Dominantní
proces
proudění

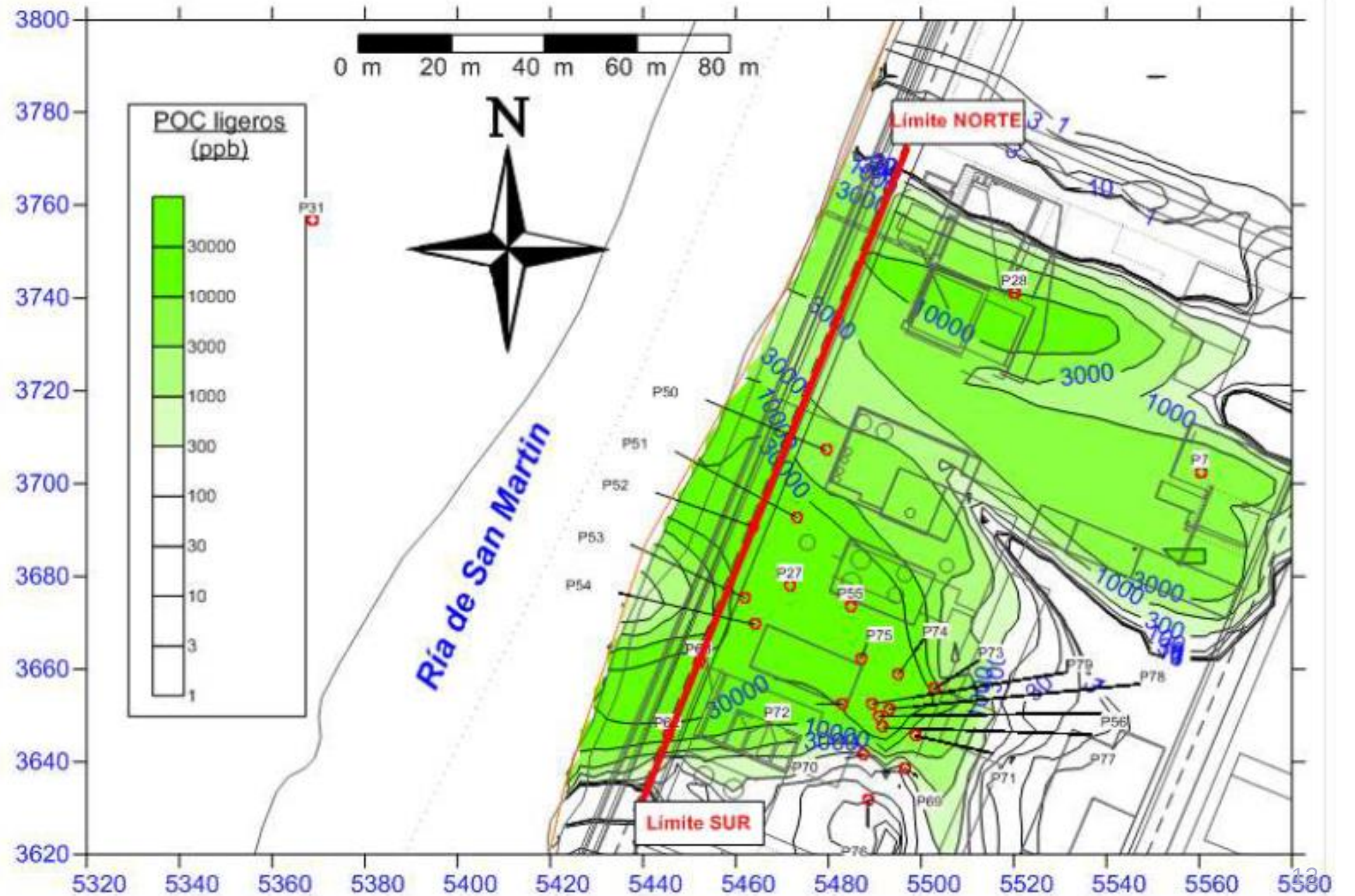
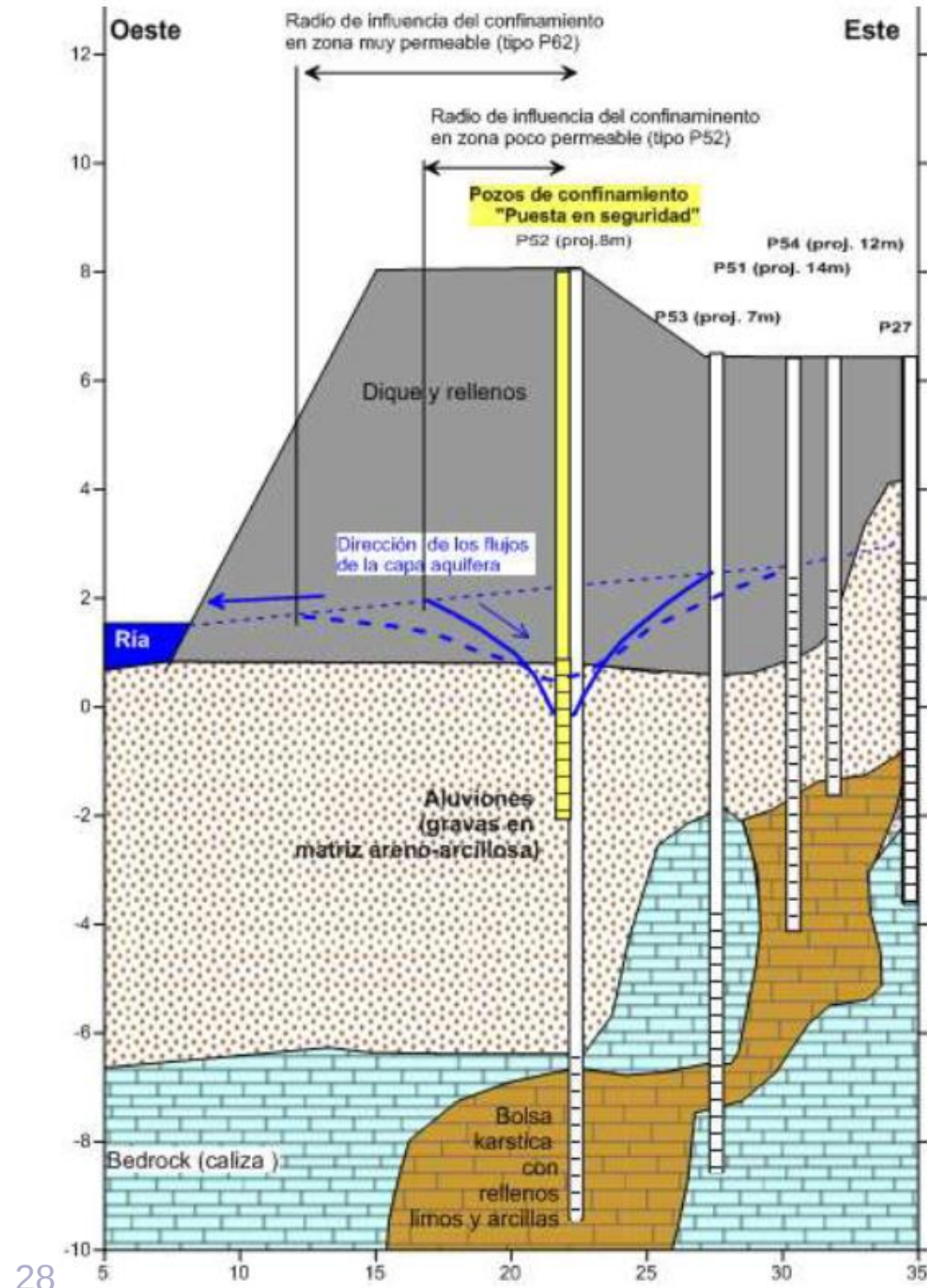
Hydraulická bariéra



<https://www.researchgate.net/publication/255696571> An Illustrated Handbook of DNAPL Transport and Fate in the Subsurface

Lokalita Solvay Španělsko

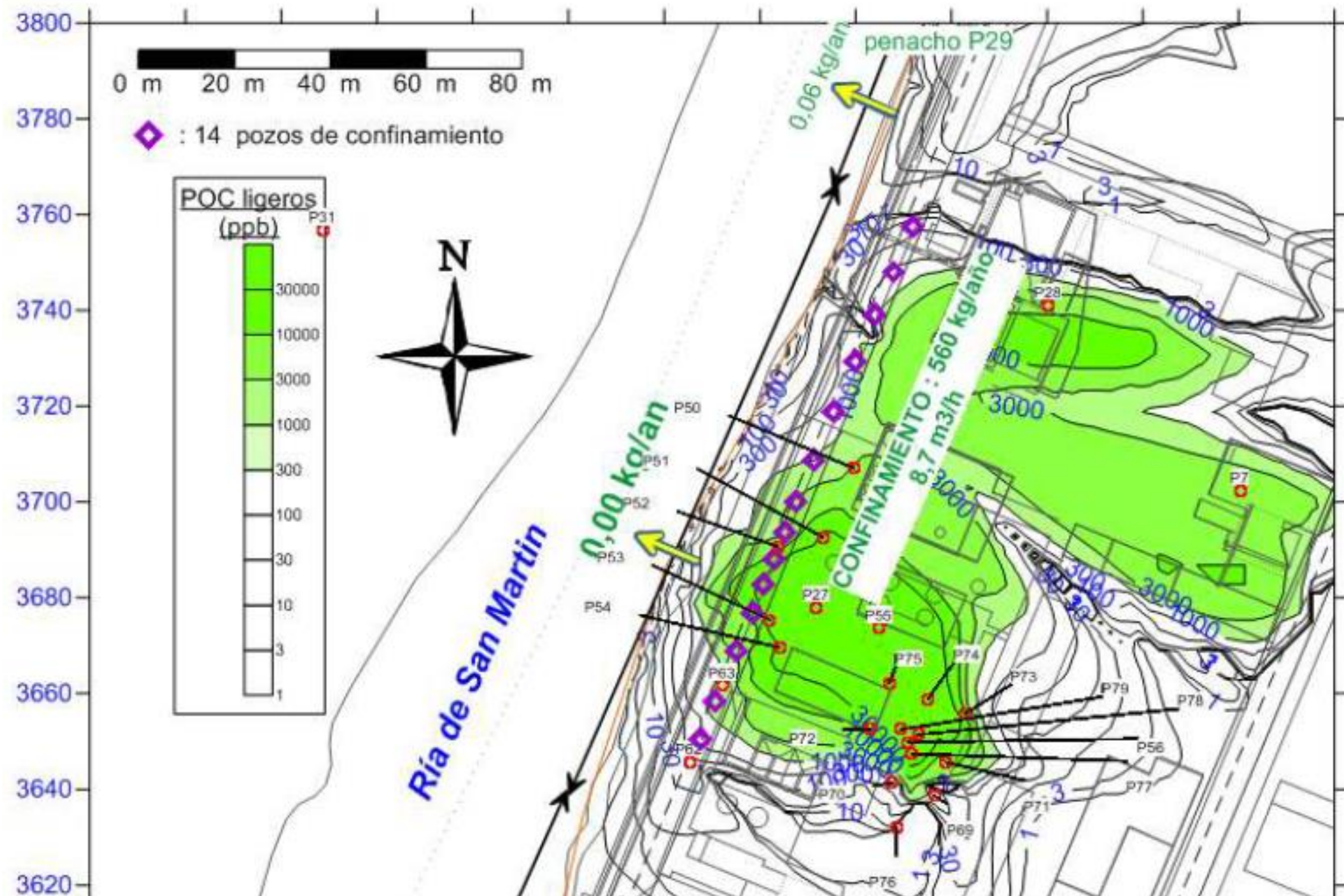
Hydraulická bariéra



Lokalita Solvay Španělsko

Modelové řešení hydraulické bariéry

- Zastavení migrace kontaminace do řeky
- 14 čerpaných vrtů
- 8,7 m³/den kontaminované vody
- 560 kg CIU/rok



Technologie čištění dle kontaminace

- ▶ Anorganické kontaminanty a kovy
- ▶ Organické kontaminanty
- ▶ Kontaminace s fází NAPL
- ▶ PFAS

=> Řada technologií, které jsou využívány v závislosti na typu kontaminace

Contaminants	Neutralization	Precipitation	Coprecipitation/Coagulation	UV/Ozone	Chemical Oxidation	Reduction	Distillation	Air Stripping	Steam Stripping	Activated Carbon	Evaporation	Gravity Separation	Flotation	Membrane Separation*	Ion Exchange	Filtration	Biological	Electrochemical
Metals																		
Heavy metals	X	●	●	X	X	○	X	X	X	○	●	●	X	●	●	●	X	●
Hexavalent chromium	X	●	X	X	X	●	X	X	X	○	●	X	X	○	●	X	X	●
Arsenic	X	○	●	○	○	X	X	X	X	○	X	○	X	●	●	●	X	X
Mercury	X	●	●	X	X	●	X	X	X	●	X	○	X	○	●	●	X	X
Cyanide	X	X	X	●	●	X	X	X	X	X	●	X	X	●	●	X	○	○
Corrosives	●	●	X	X	X	X	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Volatile organics	X	X	X	○	●	X	●	●	●	●	X	X	X	○	○	X	○	X
Ketones	X	X	X	○	●	X	●	●	●	X	X	X	X	X	X	X	●	X
Semivolatile organics	X	○	○	●	●	X	●	X	●	●	○	○	○	●	●	X	●	X
Pesticides	X	○	○	●	●	X	●	X	○	●	○	○	○	●	●	●	○	X
PCBs	X	●	●	●	●	X	●	X	X	●	●	●	●	●	●	●	○	X
Dioxins	X	●	●	●	○	X	●	X	X	●	●	●	●	●	●	●	○	X
Oil and grease/floating products	X	●	●	X	X	X	●	X	X	X	●	●	●	●	●	○	○	X

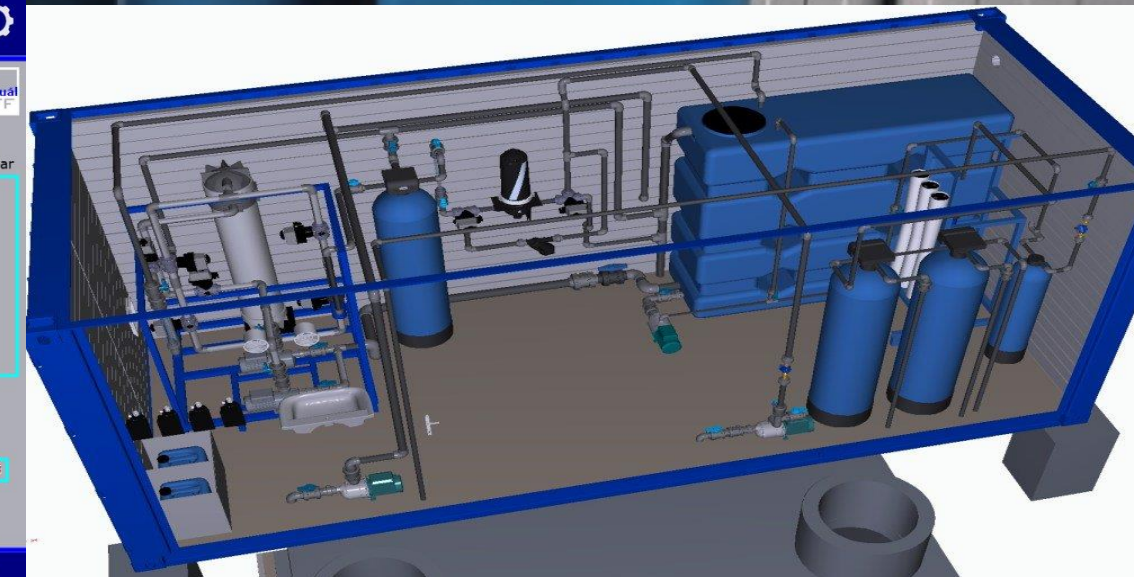
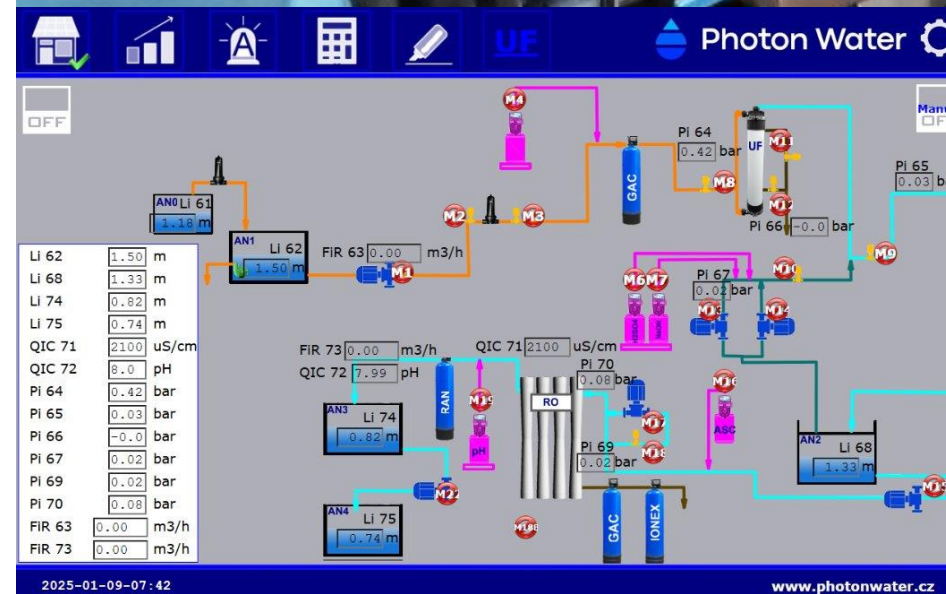
● Applicable ○ Potentially Applicable X Not Applicable

<https://www.frtr.gov/matrix/documents/Groundwater-Pump-and-Treat/1996-Pump-and-Treat%20Ground-Water-Remediation.PDF>

Jak vyčistit vodu?

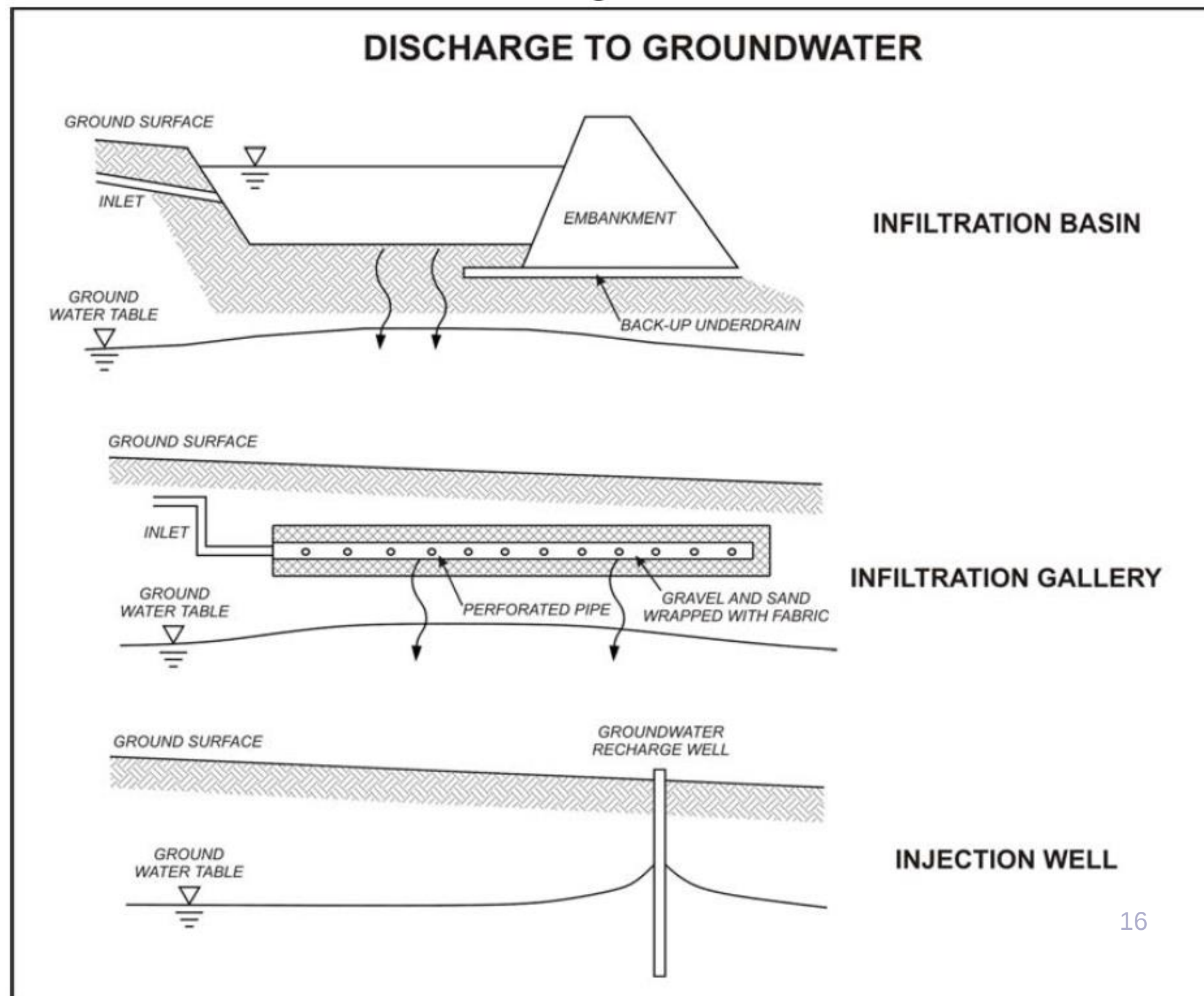
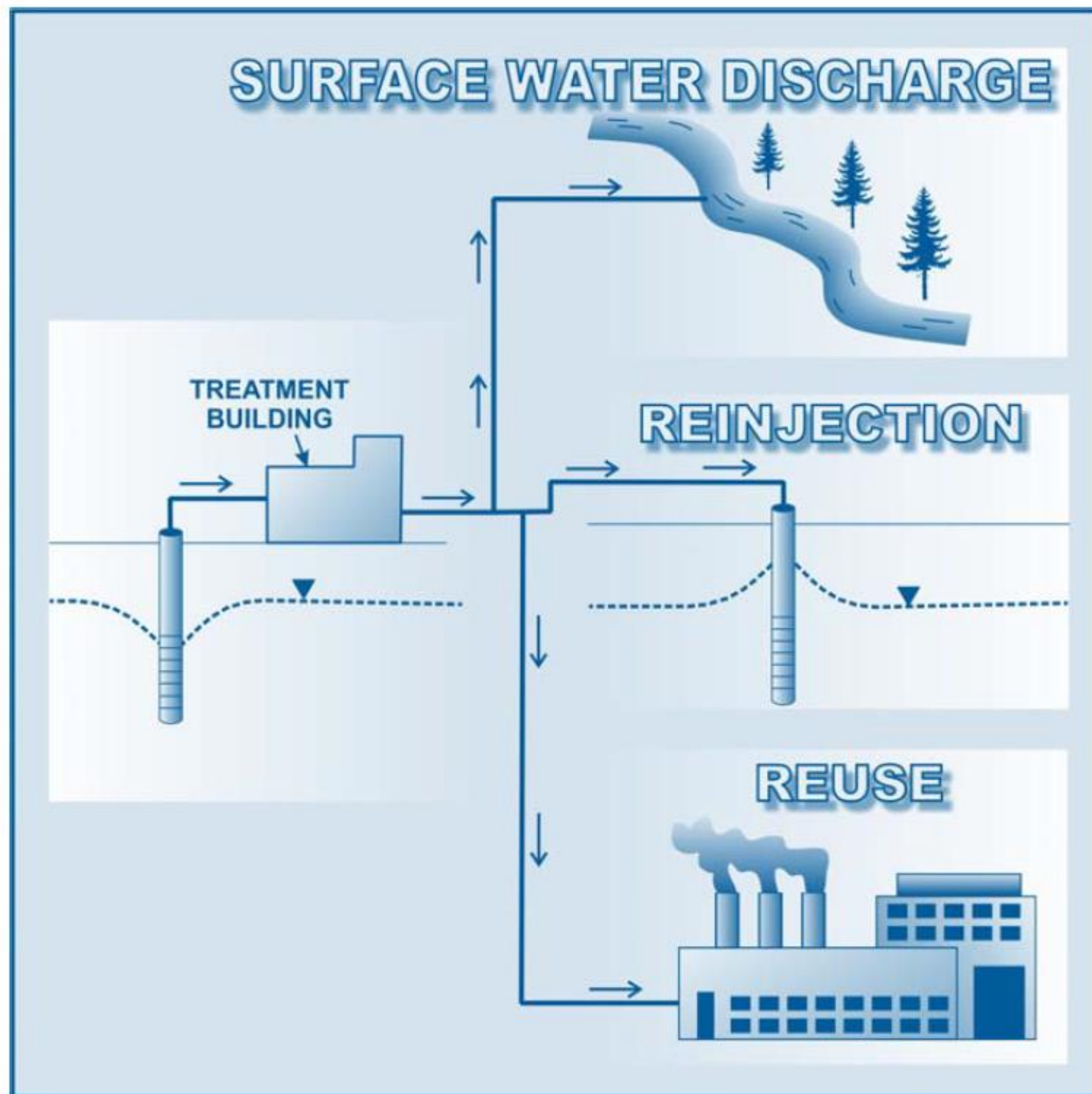
Nejběžněji používané technologie

- Gravitační separace
- Sorpce
- Stripování
- Filtrace
- Membránová filtrace
- Ionex
- Koagulace/flokulace
- Biologické čištění



Co s vyčištěnými vodami?

<https://www.frtr.gov/matrix/documents/Groundwater-Pump-and-Treat/2007-Options-for-Discharging-Treated-Water-from-Pump-and-Treat-Systems.PDF>



ZÁVĚR

- Výhody:**

- Relativně jednoduchý a osvědčený proces.
- Rychlé havatijní řešení.
- Možnost kombinace s dalšími technologiemi (např. bioremediací).
- Kontrola šíření kontaminace.

- Omezení:**

- Dlouhodobá časová náročnost.
- Omezená účinnost (např. organickou fází)
- Vyšší náklady na údržbu a monitoring.
- Nevhodné pro některé typy lokalit (např. málo propustné horniny).