



Výzkumné centrum ARTEC
„Pokročilé sanační technologie a procesy“

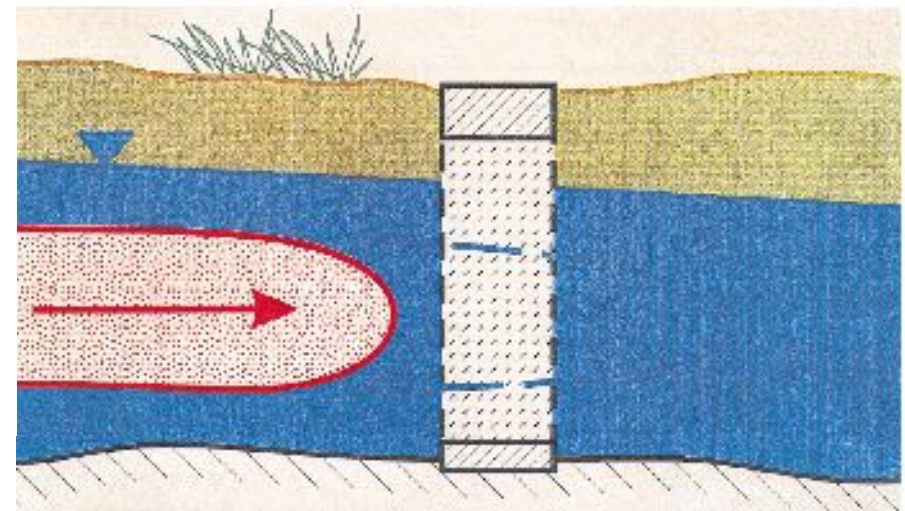
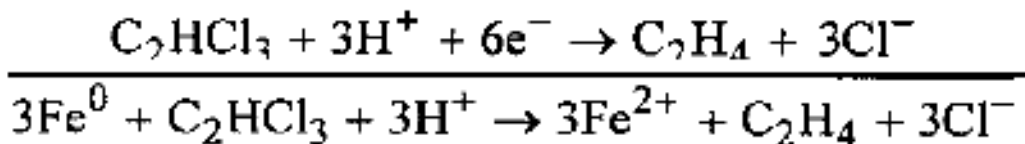
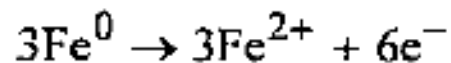
POUŽITÍ PERMEABILNÍCH REAKTIVNÍCH BARIÉR PRO SANACI CHLOROVANÝCH UHLOVODÍKŮ *IN-SITU*

Miroslav Černík, Romana Šuráňová
Petr Kvapil, Jaroslav Nosek

ARTEC, Výzkumné centrum Pokročilé sanační technologie a procesy,
TUL, Hálkova 6, Liberec, miroslav.cernik@tul.cz
AQUATEST a.s.– divize věda a výzkum,
Husitská 133, Liberec, suranova@aquatest.cz

AQUATEST a.s. – Technická univerzita v Liberci

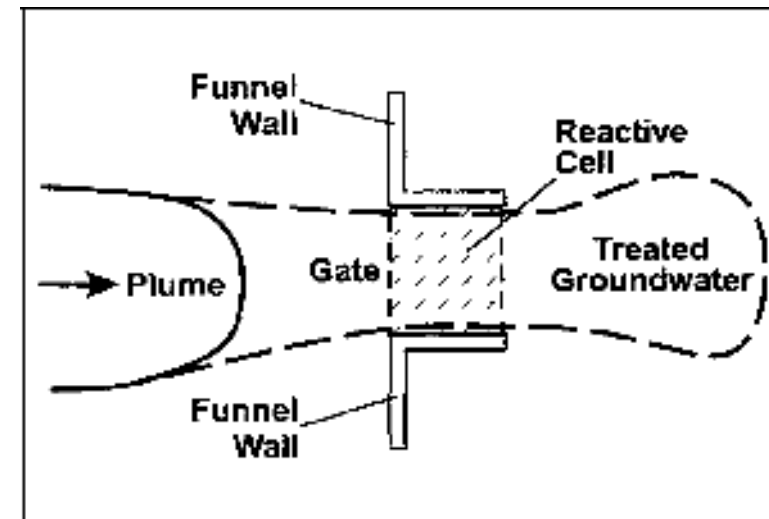
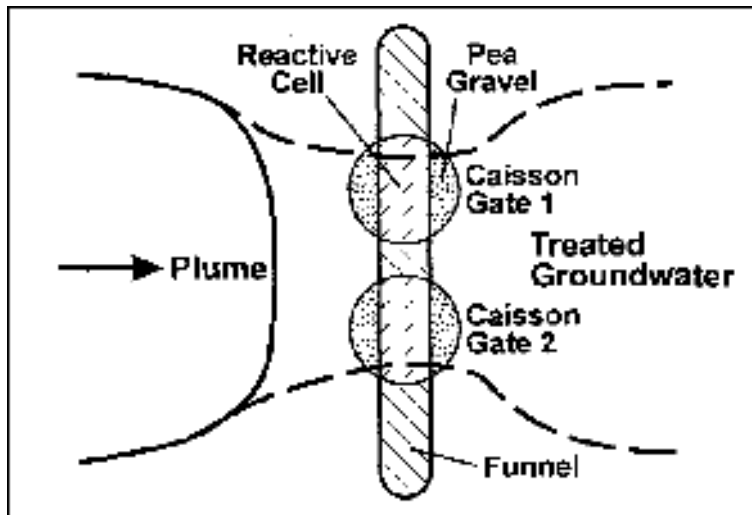
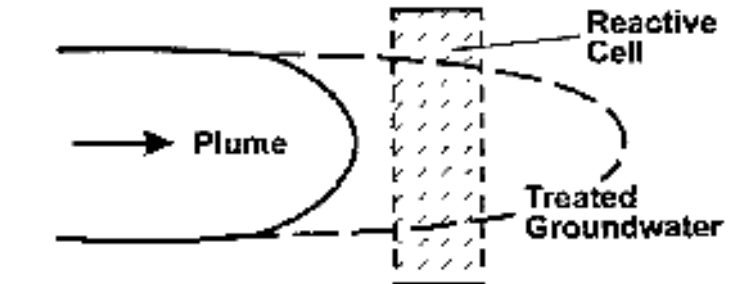
- „Remediace podzemních vod s využitím permeabilních reaktivních bariér“
- MPO TANDEM projekt (VUAnCh hl. příjemce)
- využití elementárního Fe (makro i mikro)
- chlorované eteny
- optimalizace podmínek z hlediska efektivity, san. limitů, ceny



■ standardní uspořádání

■ funnel-a-gate (trychtýř – brána)

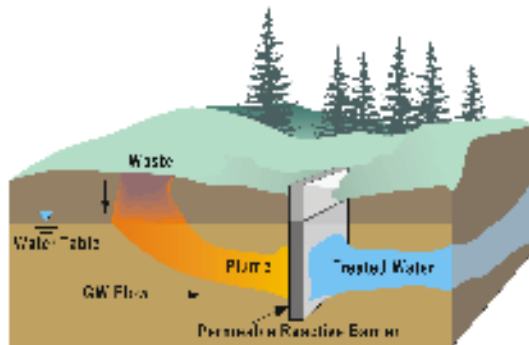
■ 2 kesony





United States Environmental Protection Agency
Office of Research and Development
Environmental Systems Laboratory
Washington, DC 20460
EPA/600/R-98/025
September 1998

Permeable Reactive Barrier Technologies for Contaminant Remediation



US EPA, US Air Force: on-line návody ke konstrukci

ČR: omezené zkušenosti, firmy si know how tají

AQ: Hluk, Spolchemie,

další firmy:



Environics Directorate
U.S. Air Force

Design Guidance for Application of Permeable Barriers to Remediate Dissolved Chlorinated Solvents



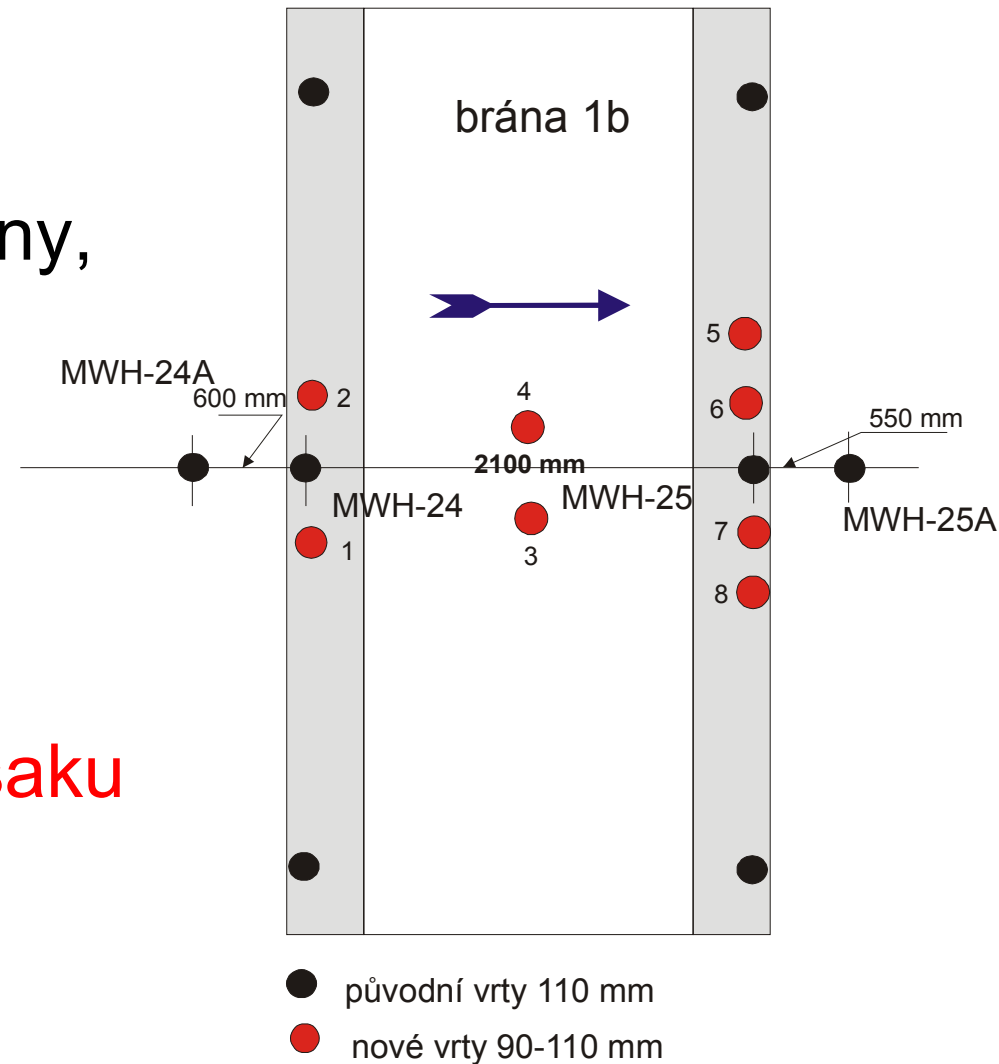
US Army Corps
of Engineers.

February, 1997

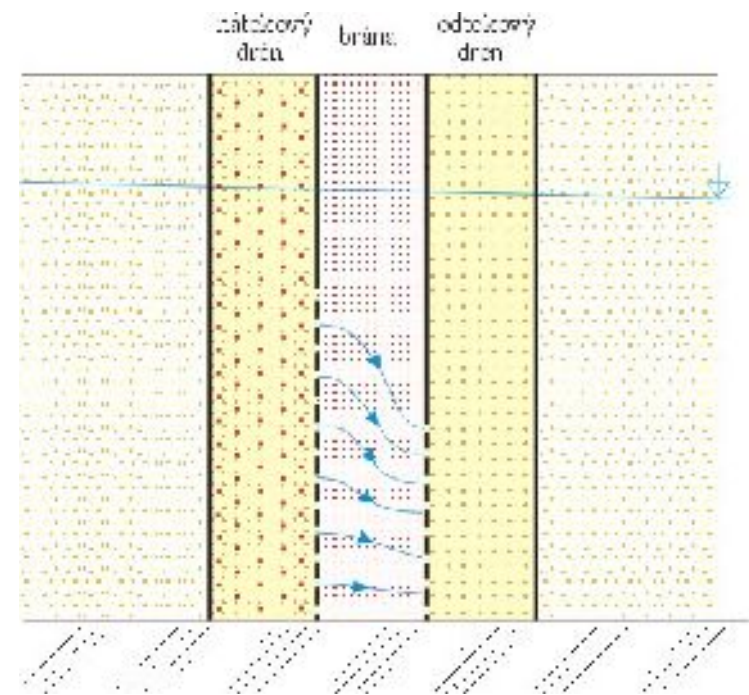
- areál společnosti AUTOPAL s.r.o. Nový Jičín, závod Hluk
- od roku 2002 funkční 4 podzemní těsnící stěny
- 8 reaktivních bran s makroskopickým Fe⁰
- dosaženo limitů, 2005 ukončen monitoring
- 2006 – 7 monitoring v rámci VaV – velmi nízké koncentrace

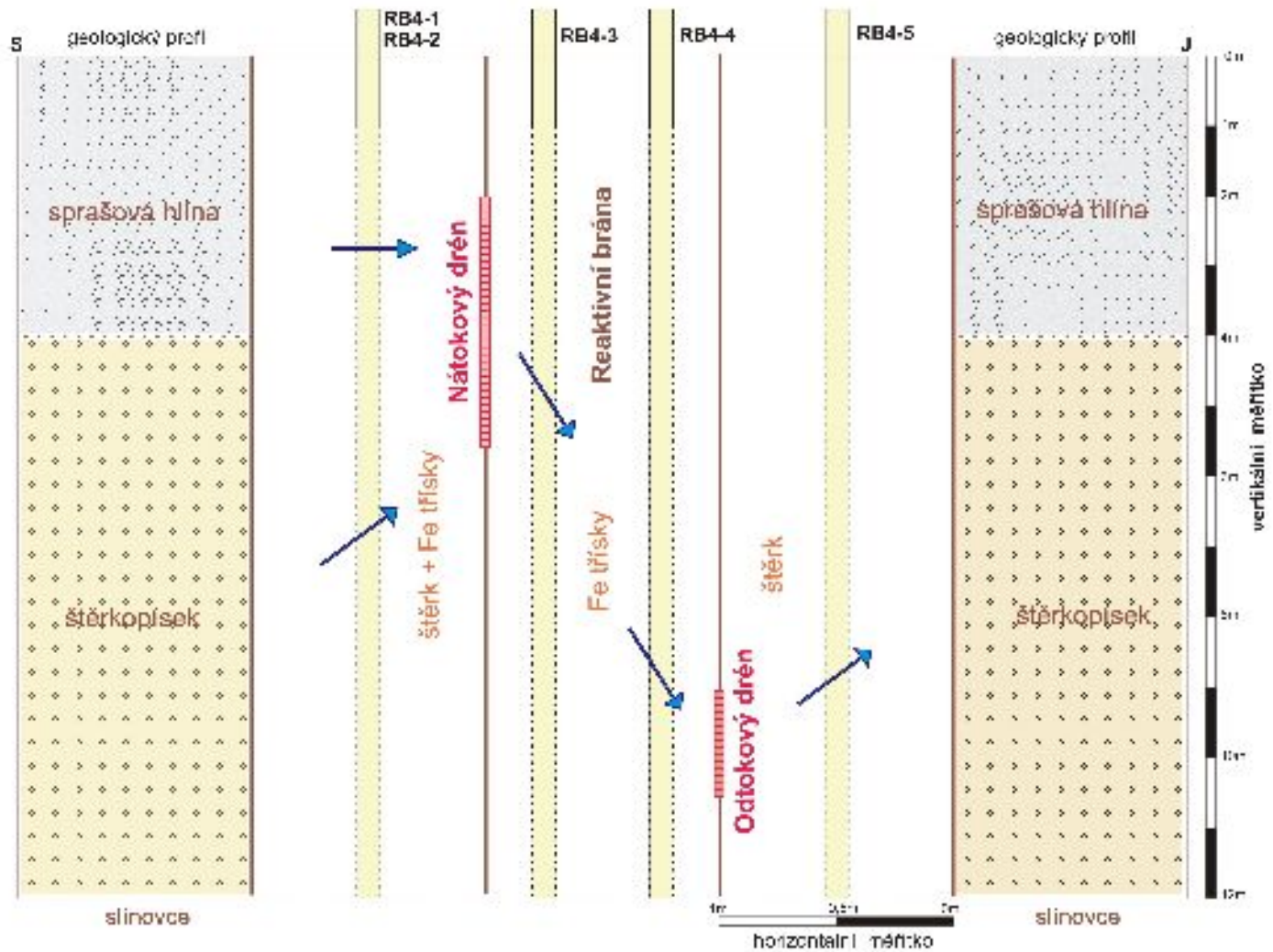
brána	25.10.06	10.11.06	19.3.07	30.3.07	24.4.07	28.5.07	limit
1b	27,4	33,1	17,5	22,7	17,1	27,6	cis-1,2-DCE [200]
	6,3	4,2	3,5	3,9	3,2	3,8	TCE [150]
MWH - 25	7	4,7	2,6	4,7	2,2	3,8	PCE [50]
1c	43,9	41,2	17,1	18,9	18	20,2	cis-1,2-DCE [200]
	2,6	3,1	2,2	3,4	2,7	1,9	TCE [150]
MWH - 23	10,3	13,6	3,3	4,1	4,8	7	PCE [50]
3	0	1,9	4,8	0,7	1,3	1,3	cis-1,2-DCE [200]
	0	0	0	0	0	0	TCE [150]
MWH - 19	0	0	0,6	0	0	0	PCE [50]
4b	167	117	90,8	134	147	164	cis-1,2-DCE [200]
	0,9	0,6	1,1	1,2	0,8	0,6	TCE [150]
MWH - 27	0,9	0,6	1,1	1,3	1	1	PCE [50]

- sledované parametry:
- TCE, PCE, DCE, VC
- ÚCHR: Ca, K, Mg, Fe, Cl, sírany, uhličitany, amonné ionty,
- pH, Eh, COND
- zonální vzorkování:
 - 0,5 m pod hladinou
 - na bázi kolektoru
- příprava experimentálního zásaku nanoFe



- sanace: od 2003 sdružení **AQUATEST a.s. + GEOSAN-GROUP a.s.**
- zabránit šíření vod mimo areál
- zabránit kontaminaci Bíliny
- 10 PRB plánováno
- 2007: experimentální brána
- nepropustná stěna 10^{-10} m/s, 1 metr do podloží
- 12 metrů stěny





5 monitorovacích vrtů:

- 2x nátok
- 2x stěna
- 1x výtok
- týdenní monitoring
- CIU, UCHR, TK
- O₂, T, Eh, pH, cond
- hladina p.v.

- geologické posouzení lokality (hloubka podloží, materiál pro vrtání, ukotvení stěn)
- hydrogeologické posouzení vhodnosti metody (rychlost a směr proudění)
- chemické posouzení (kontaminanty)
- matematické modelování
- experimentální část
- pilotní ověření
→ **odhad ceny**
- sanační zásah + monitoring

**Cost Comparison
Industrial Facility, CA**

<i>Alternative</i>	<i>Capital Costs</i>	<i>Operation and Maintenance</i>	<i>Total Net Present Value (30 Years)</i>
Reactive Wall	\$770,000	\$2,100,000	\$2,870,000
Pump and Treat (existing system)	\$0	\$7,800,000	\$7,800,000
Dewatering/ Vapor Extraction	\$870,500	\$3,900,000	\$4,776,500
Enhanced Bioremediation	\$600,000	\$2,190,000	\$2,790,000

Source: Geomatrix

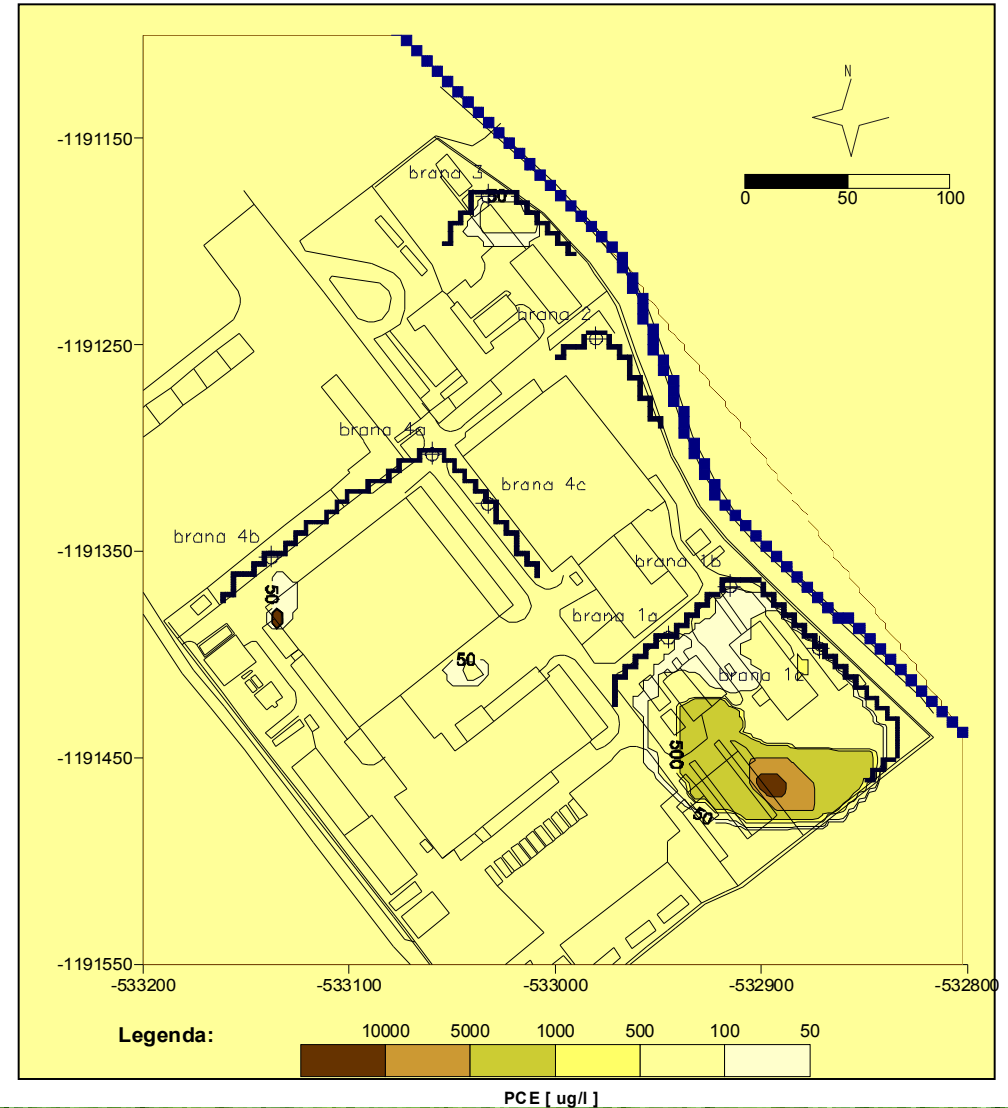
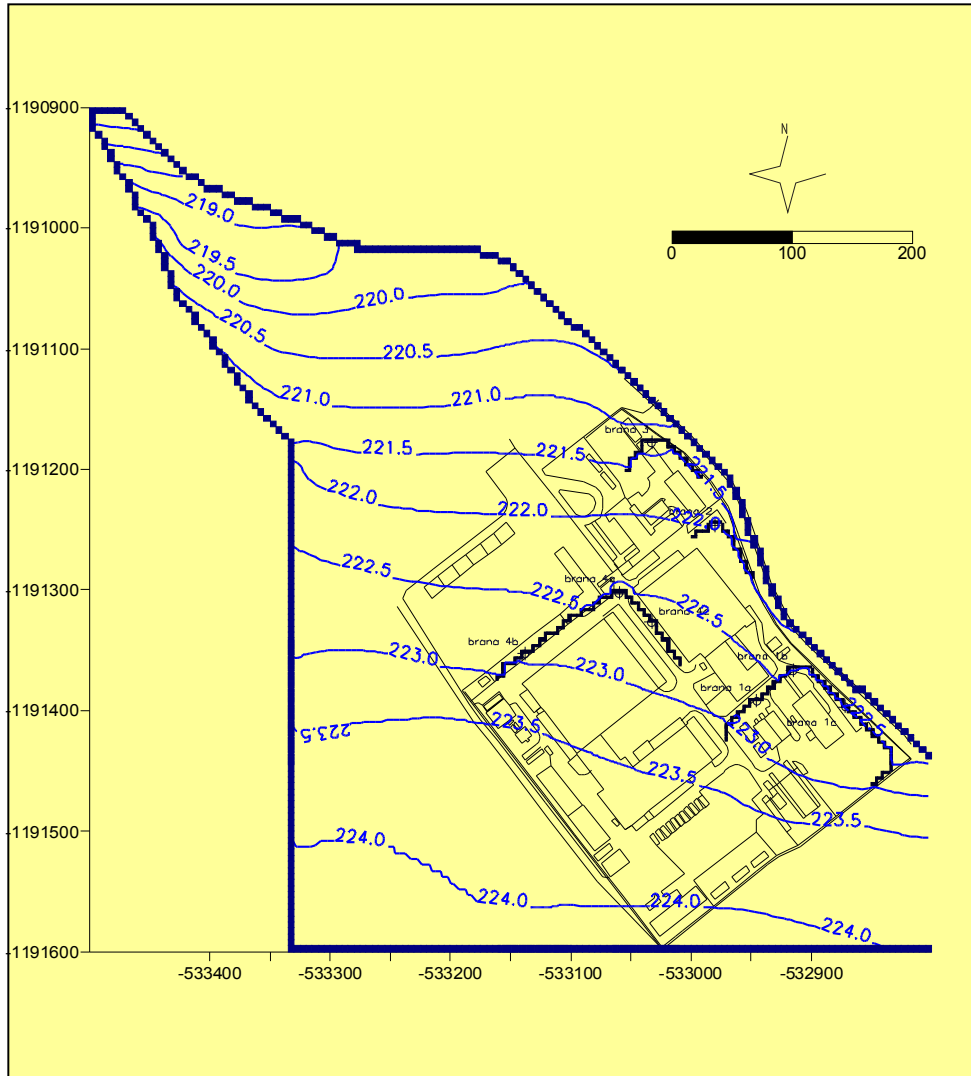
environmental technologies, inc.

ÚKOL

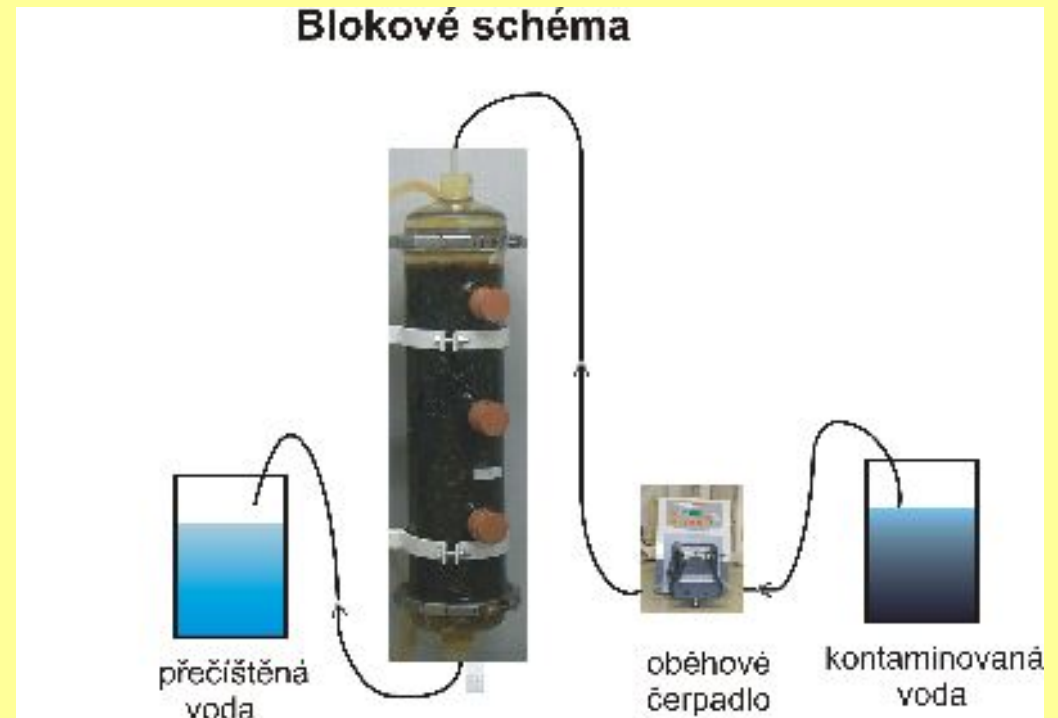
- ověření **PROUDĚNÍ** na lokalitě
- **ZMĚNA** proudění po instalaci podzemních stěn
- **POČET, DÉLKA A VÝŠKA PRB**
- **ZVÝŠENÍ** hladiny p. vody
- koeficient filtrace **MATERIÁLU** stěn
- **RYCHLOST** proudění vody přes stěnu
- **ODHAD** doby nutné sanace
- návrh **MONITORINGU** a ověření jeho účinnosti

PROBLÉMY

- nutná data z širšího okolí od plánované stěny
- **POZOR** na heterogenitu prostředí
- dostatečná **REZERVA**
- většinou bez problémů
- **DŮLEŽITÉ** pro mocnost stěny
- pouze silně orientační – zdroje uvnitř
- i mimo stěnu



- kinetika reakce s železem
- CÍL: určení doby nutné k rozkladu CIU
- náplň: Fe špony
- medium: kontaminovaná voda
- měření úbytku v čase pro různé průtoky
- 2 kolony:
 - 90% písku, 10% Fe
 - 1/3 Fe, 2/3 písek



vyhodnocení laboratorních zkoušek

čas >>>		8.9.07 11:30	9.9.07 9:45	10.9.07 9:30	11.9.07 9:30	
Místo odběru	Látka					Průměrná účinnost [%]
Kolona 3						
střed3	cis-DCE		68%	79%	82%	76%
1%1	TCE		82%	89%	90%	87%
	PCE		87%	91%	92%	90%
	suma		83%	89%	90%	90%
výtok3	cis-DCE	91%	83%	82%	87%	86%
1%1	TCE	96%	93%	92%	94%	94%
	PCE	94%	93%	92%	94%	93%
	suma	94%	91%	91%	93%	93%

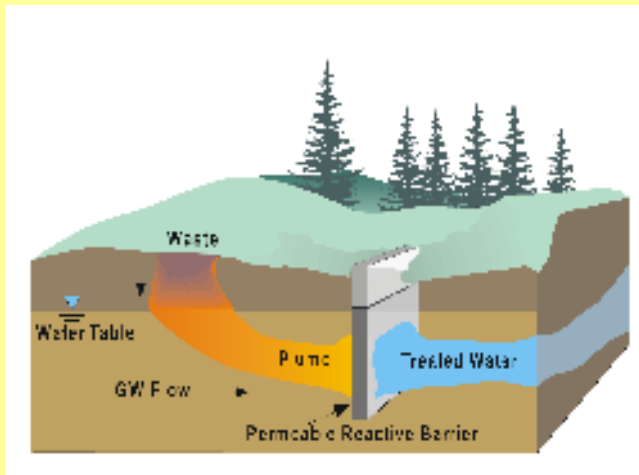
- účinnost > 90% sumy CIU
- srovnatelná TCE, PCE > DCE

vyhodnocení laboratorních zkoušek

Kolona 5						
střed5	cis-DCE		66%	76%	80%	74%
%	TCE		83%	88%	90%	87%
	PCE		83%	89%	91%	88%
	suma		80%	87%	89%	88%
výtok5	cis-DCE	86%	80%	85%	87%	84%
%	TCE	91%	90%	93%	94%	92%
	PCE	88%	87%	92%	93%	90%
	suma	88%	87%	92%	93%	90%

- účinnost > 90% sumy CIU
- srovnatelná TCE, PCE > DCE
- obě kolony podobně účinné

- pokles 1.řádu
- → odhad doby zdržení 470 min
- na straně bezpečnosti 10 hodin



- proudění branami max. $2 \cdot 10^{-6}$ m/s
- mocnost bran 60 cm
- zdržení 3,5 dne - 23 dní

dostatečné



- **homogenní proudění stěnou**
konstantní rychlost proudění stěnou; heterogenity ve stěně
- **špatný odhad rychlosti proudění vody stěnou**
vyšší hodnoty propustnosti okolí; rychlejší proudění
- **koncentrace a složení kontaminace**
vyšší koncentrace kontaminantů, fáze DNAPL
- **materiál náplně stěny**
horší vlastnosti, stárnutí
- **nátokový systém**
nátokový systém před stěnou a příp. i za stěnou



Výzkumné centrum ARTEC
„Pokročilé sanační technologie a procesy“

Děkuji za pozornost.

suranova@aquatest.cz

<http://centrum-sanace.tul.cz>