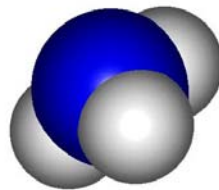


Rizikové látky v půdě

SANACE

Průzkum lokality – Metody zabránění migrace znečištění

Podklady průzkumu – Nepřímé metody -
Vrtný průzkum – Solidifikace/Stabilizace –
Horizontální izolace - Těsnící stěny



Průzkum lokality

Otázky které by měl průzkum zodpovědět

Původ a rozsah znečištění

kde to je?

Budoucí pohyb kontaminace

kam se to šíří?

Kdo jsou příjemci a jaké pro ně představuje riziko

koho/co poškozujete?

Technické prostředky remediacce

jak se toho zbavit?

Průzkum lokality

1. Zdroje znečištění – historické záznamy, odběr vzorků
2. Rozsah znečištění – předpokládá porozumění transportních poměrů v lokalitě
3. Hydrogeologické poměry v lokalitě
4. Do jaké míry lze znečištění odstranit

Fáze průzkumu

Fáze 1 - Vstupní průzkum

Je zde problém? Jak závažný?

Fáze 2 – Příprava detailního průzkumu

Zahrnuje odběry a analýzu vzorků, stanovení zásad zdraví a bezpečnosti

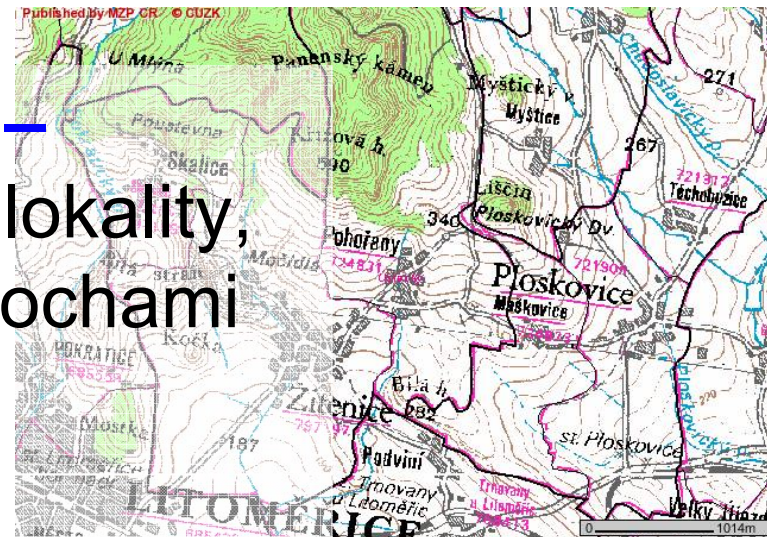
Fáze 3 – Průzkum v lokalitě a analýzy

Fáze 4 – Interpretace výsledků, ohodnocení, modelování

Fáze 5 – Návrh remediačního opatření

Základní podklady průzkumu

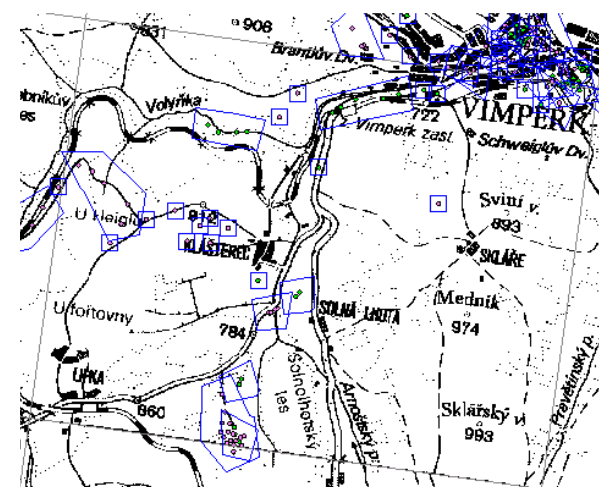
Základní mapa ČR 1:10 000 –
seznámení se s geografii lokality,
blízkými vodními toky a plochami



Geologické podklady

- Vodohospodářská mapa
- Geologické mapy
- Česká geologická služba

www.geofond.cz



Základní podklady průzkumu

Využití lokality v současnosti a v minulosti

Kde byly chemikálie skladovány a likvidovány?

Které aktivity výroby jsou potenciálním zdrojem kontaminace

S kterými chemikáliemi je a bylo manipulováno?

Bezpečnost práce při průzkumu

Vybavení	Produktivita – manuální práce	Produktivita – práce s přístroji
“Skafandr”	37 %	50 %
Plynová maska	48 %	60 %
Respirátor	55 %	75 %
Běžné prac. pomůcky	82 %	100 %
Bez ochranných pomůcek	100 %	100%

Nepřímé metody detekce kontaminantu

- **Detekce výparů nad povrchem**
- **Monitoring půdního vzduchu
(Atmogeochemie)**
- **Geofyzikální metody**

Detekce výparů těkavých látek v terénu

**OVA Plamenová ionizační detektor
(FID)**

**Detekuje aromáty, alifáty,
halomethany haloethany**

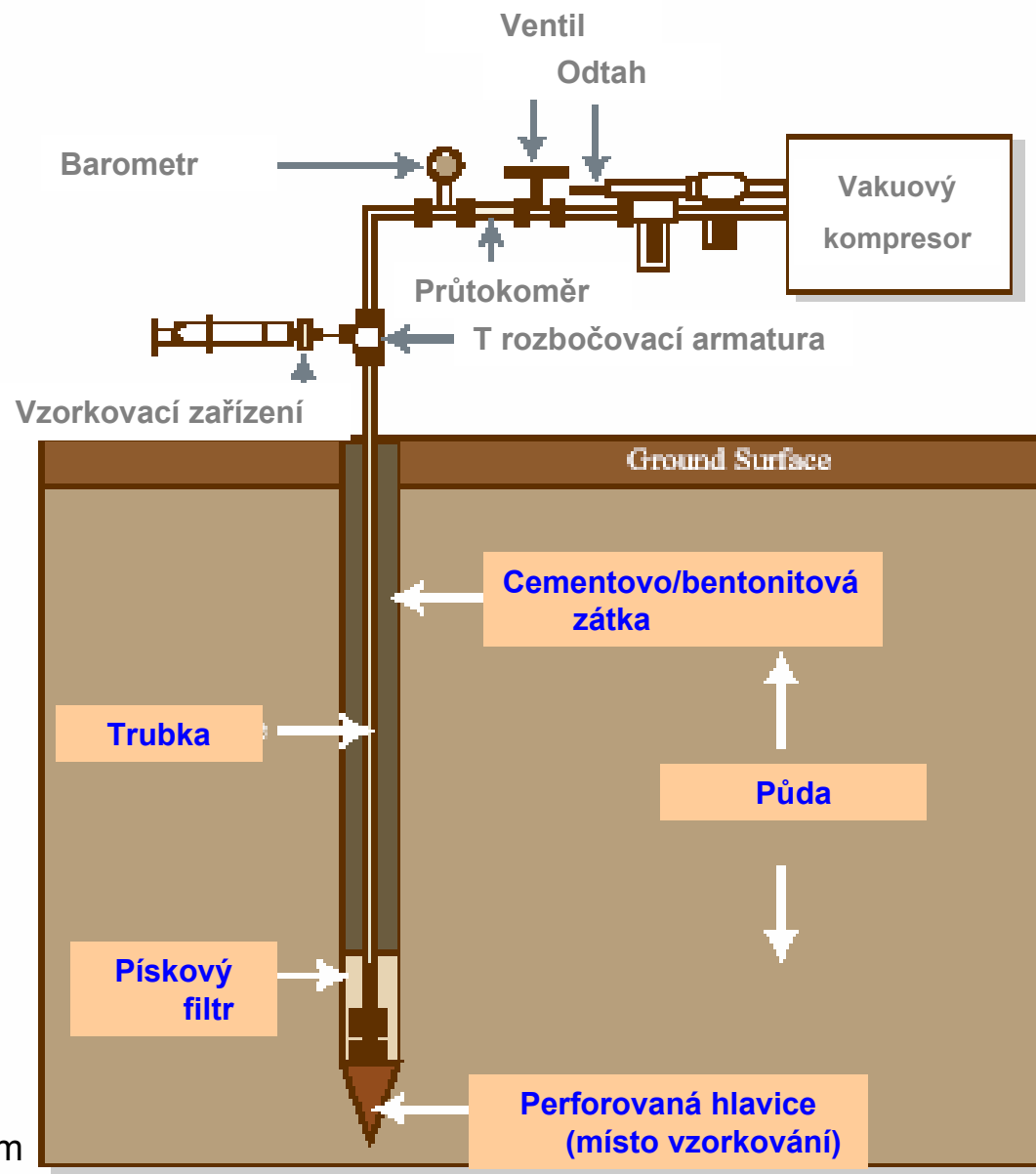


<http://www.epa.gov/r10earth/offices/oea/ieu/manual/gallery.htm>.

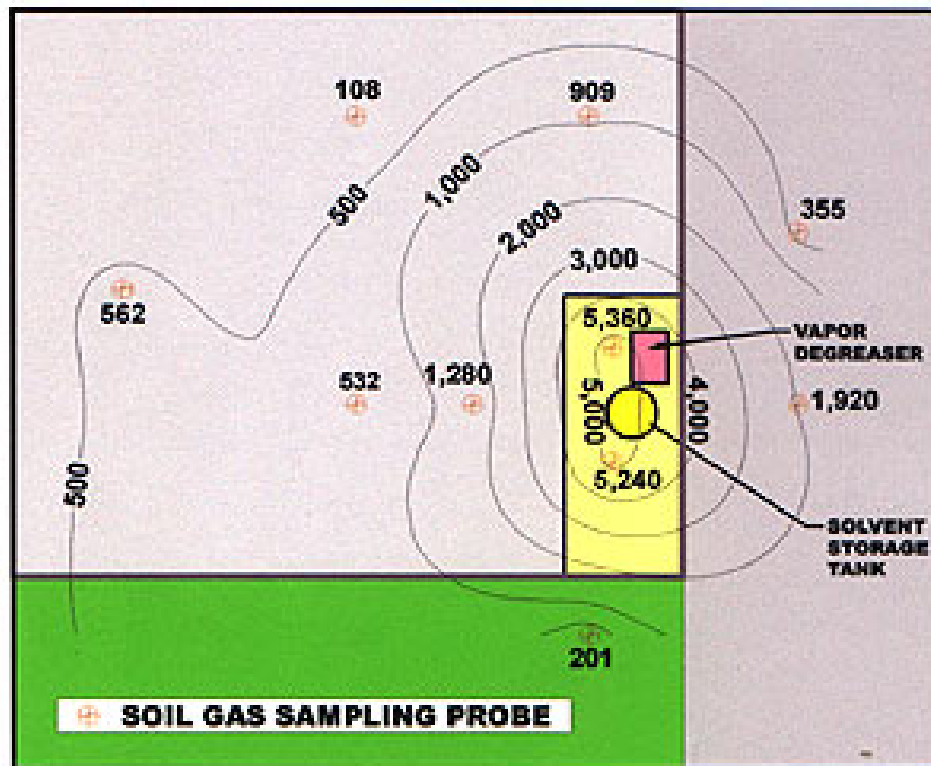
Geofyzikální metody

Metoda	Objekt
Eletrická resistivita	Mapování vodivých nebo nevodivých kontaminantů; statigrafie
Elektromagnetická indukce	-//- + kovové předměty
Seismická refrakce	Stratigrafie (poloha skalního podkladu); hloubka hladiny podzemní vody
Seismická reflexe	Poloha skalního podkladu
Radar (GPR)	Zasypané předměty (plast, kov), stratigrafie, hloubka podzemní vody
Magnetometrie	Zasypané kovové předměty
Gravimetrie	hranice skládek, změny hustoty

Monitoring půdního vzduchu



Monitoring půdního vzduchu



ISO-CONCENTRATION CONTOUR MAP (MICROGRAMS PER LITER)

Chemikálie:
Chlorované
uhlovodíky

CFC

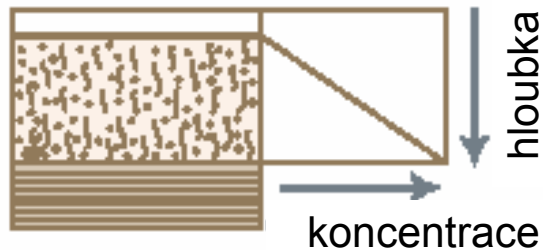
Aromatické
uhlovodíky

Aditiva

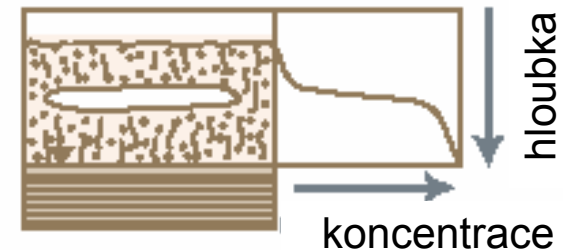
Methan

Ketony (např.
aceton)

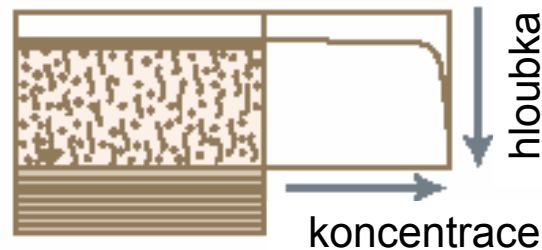
Příklady distribuce těkavého kontaminantu v půdním vzduchu



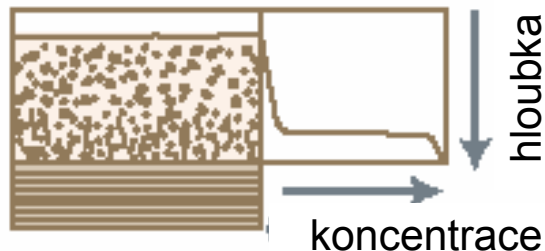
Homogenní půdní prostředí



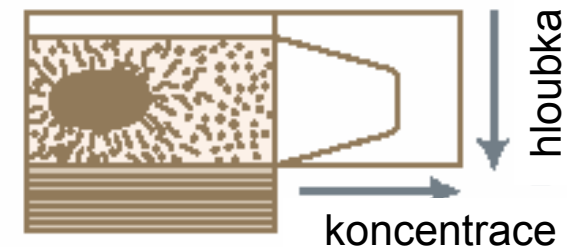
Přítomnost jílové vrstvy



Asfaltový povrch



Vysoká aktivita mikrobů ve svrchní vrstvě



Zdroj těkavé látky ve fázi

Vrtný průzkum

Zjištění složení a polohy vrstev

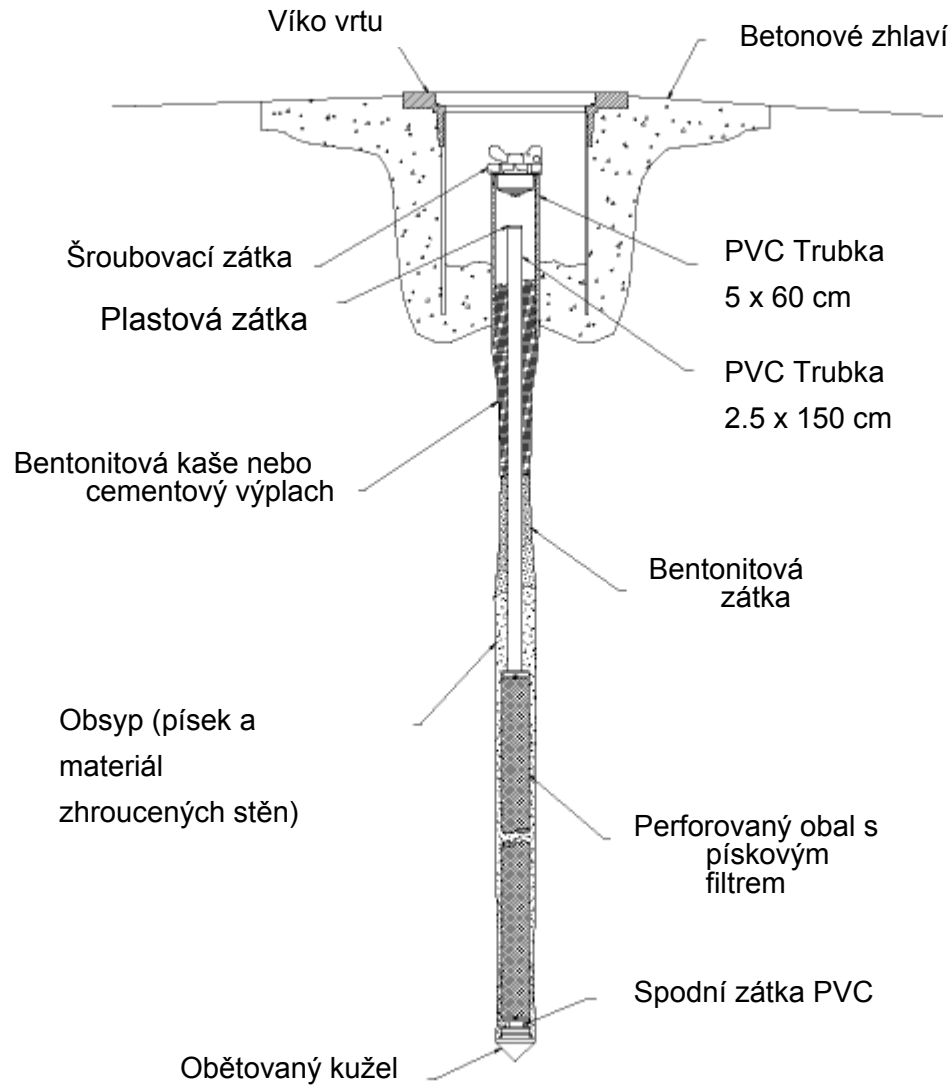
Zjištění hydrogeologických poměrů

- poloha HPV
- hydraulické charakteristiky

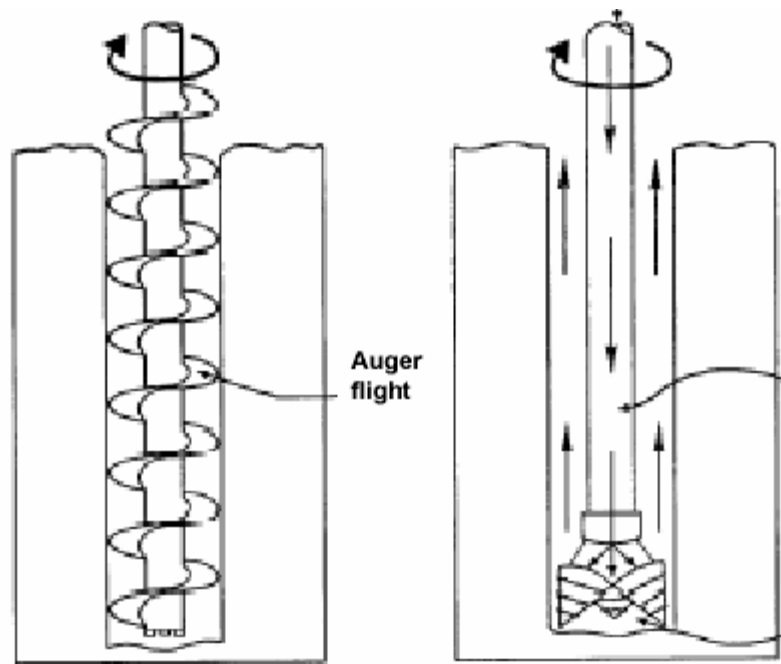
Oběr vzorků půdy, podzemní vody

- zjištění množství kontaminantu
- zjištění polohy kontaminačního mraku

Přímé protlačování - Geoprobe



Klasické metody vrtání



Šnekový
vrták

Výplachové
vrtání

Jádrové vrtání



Neporušené vzorky

Geologický popis

Chemická analýza

**Experimenty pro zjištění
charakteristik transportu**

Vibrační vrtání

Jádrové vrtání

**Výpažnice se pod
povrch vhání
vibracemi 50-
80Hz**



Zásady vrtného průzkumu

Bezpečnost – chemická

**Bezpečnost – provádění vrtných prací
(elektrické kabely, potrubí, úrazy)**

Zabránění kontaminace vzorků !!!!

vzorek – vzorek

nástroj – vzorek (artefakty)

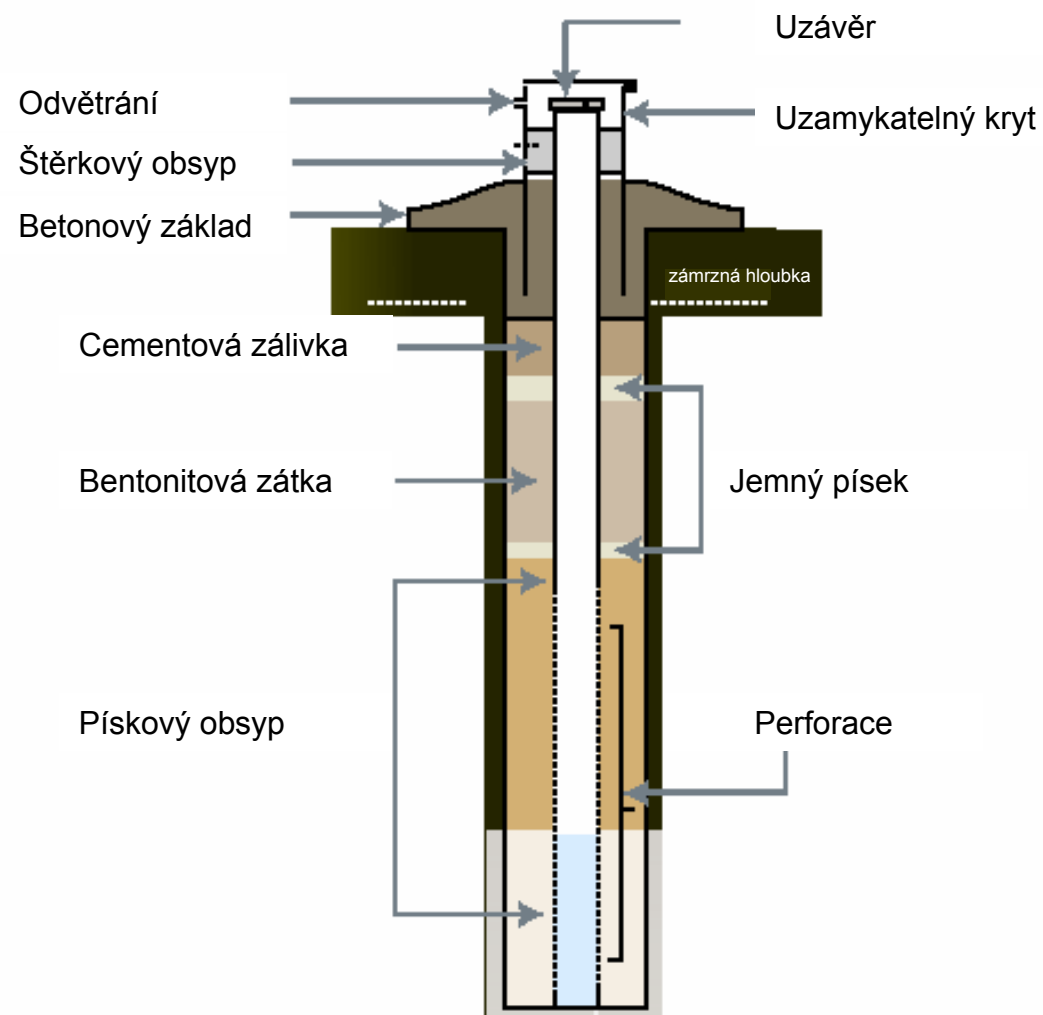
Dodržování standardních postupů

Nakládání s vzorky

Artefakty

Látka	Zdroj kontaminace (artefaktu)
Methylen chlorid, chloroform	rozpouštědla
Ftaláty	Změkčovadla (plastifikátory) plastových trubek
Chloroform	Pitná voda z hromadného zásobování
Aceton, hexan	omývání nástrojů
Baryum, vysoké pH	Kapalina výplachu
Methyl chlorid	Přírozně se vyskytující chemikálie
Methyl Ethyl Keton (MEK)	Duct Tape (stříbrná lepicí páska)

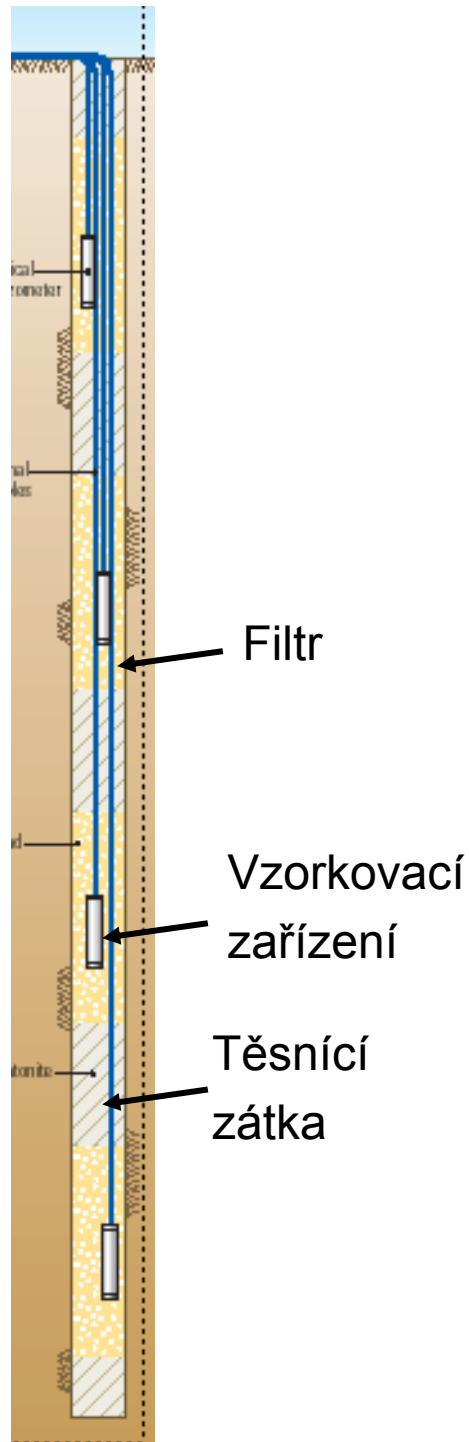
Monitorovací vrt



Monitorovací vrt



Vzorkování vody v několika výškových úrovních



- **Levnější než instalace několika monitorovacích vrtů různých hloubek**
- **Vyloučení vlivu horizontální heterogenity**
- **Měření tlaku v různých hloubkách**

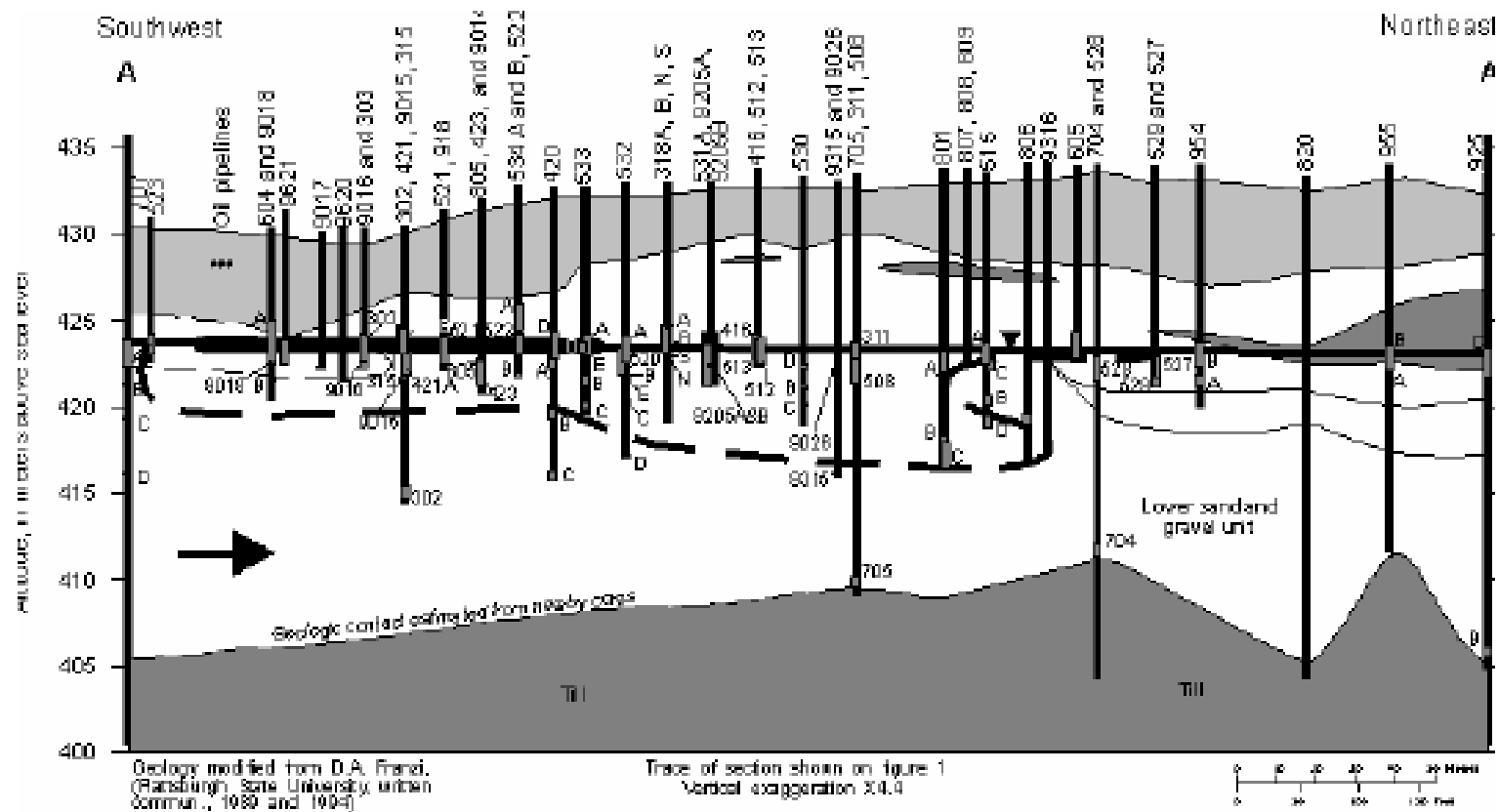
Geologická dokumentace vrtu

- Název vrtu
- Polohopis (JTSK)
- Nadmořská výška terénu
- Datum
- Materiál výstroje
- Hladina podzemní vody - naražená
- ustálená
- Vzorky zemin
- Vzorky podzemní vody
- Popis vrstev

WELL LOG			
FORM NO.: 22		PROJ. NO.: 9470-61139	
PRINCIPAL INVESTIGATOR: E.A. Shinn		TITLE: Subsurface pathways for pollutant transport	
COMPANY: U.S. GEOLOGICAL SURVEY		LOCATION: PLACE - Key Largo Inland #1B (KLI-1B)	
TOTAL DEPTH: 20 feet		DATE BEGAN - 12-21-92	
ELEVATION: +5 feet		DATE FINISHED - 12-21-92	
		GPS: LAT. - 25°05'51"N	
		LONG. - 80°26'18"W	
DRILLING SYSTEM: NX WIRELINE SYSTEM HYDRAULIC ROTARY DRILL		REMARKS:	
LOGGED BY: Christopher Reich		DATE: 4-16-93	
PLOTTED BY: Christopher Reich		DATE: 4-16-93	

Depth	Ø	Cores	Description - (e.g. lithology, color, fossils, sed. structures, other remarks)
top			Topsoil with grass.
1 m			<i>Montastraea</i> sp. (blackened by dirt leaching from above). Brown calcareous soil. White pockstone with brown soil infilling fissures and vugs. <i>Aceraspera</i> sp. fragment.
5 ft			<i>Montastraea</i> sp. with vugs, and pholad borings infilled with brown soil. <i>Montastraea</i> partially infilled with lime mud. <i>Diploria</i> sp. infilled with lime mud and brown soil in voids.
2 m			Grainstone-pockstone. <i>Diploria</i> sp. with pholad bore holes and brown soil.
3 m	10 ft		Chalky-white grainstone with shell imprints and pholad bores. (brown soil stops at 9 feet).
4 m			<i>Montastraea</i> sp. leached and partially infilled with mud.
15 ft			Chalky-white grainstone with vugs. <i>Montastraea</i> sp. leached and partially recrystallized. Pholad bore holes and shell fragments.
5 m			<i>Diploria</i> sp. infilled with lime mud. Bore holes and shell fragments.
6 m	20 ft		Chalky-white grainstone with yellow coating in vugs. Leached <i>Montastraea</i> sp. Very vuggy. Chalky-white grainstone. <i>Montastraea</i> sp. infilled with mud and grainstone.

Příčný řez

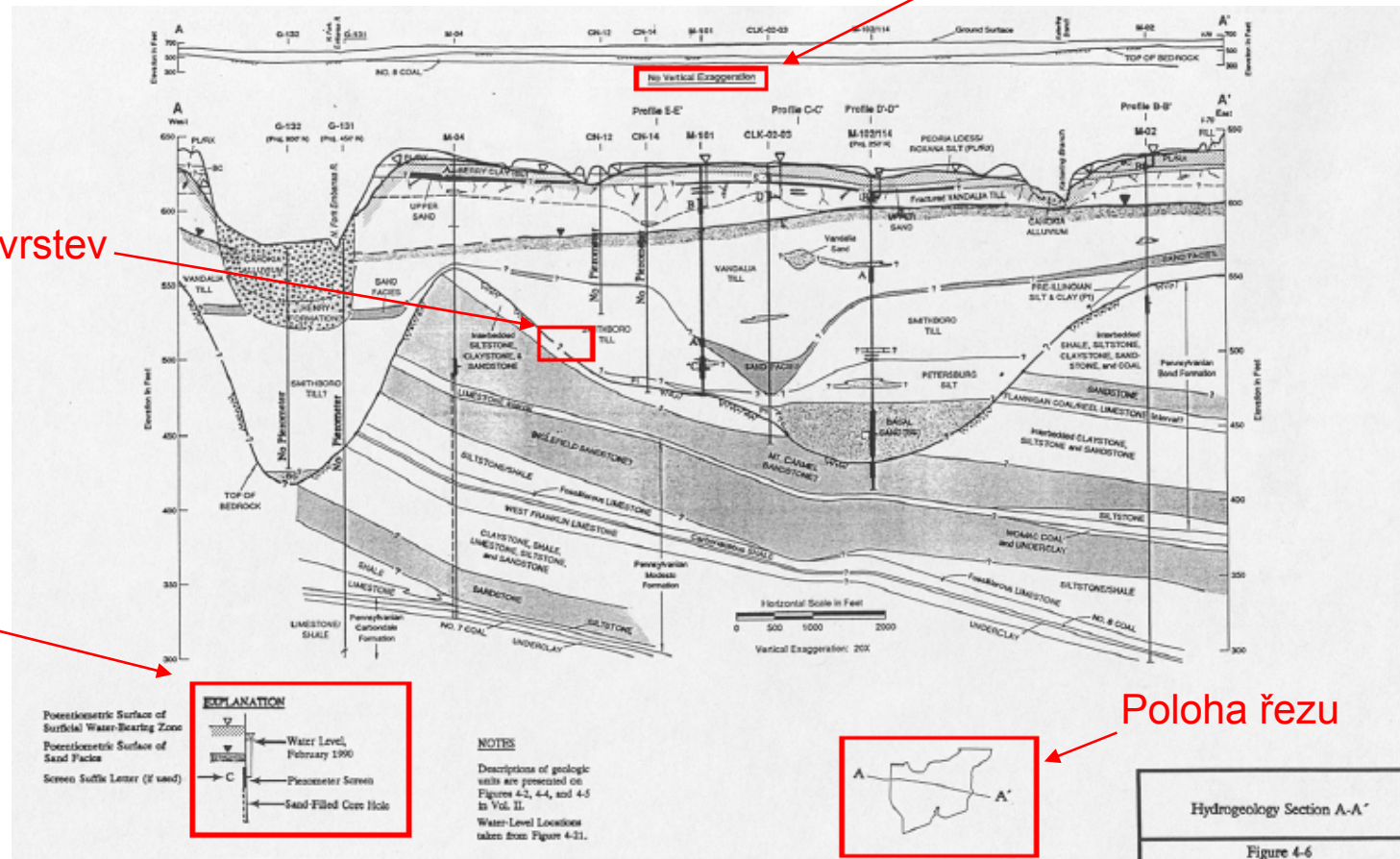


Příčný řez

Nepřevýšený
řez

Rozhraní vrstev

Legenda



Orientační cena laboratorních rozborů

Těkavé látky (4000 Kč)

Těžké kovy (2300 Kč)

(As, Ba, Cd, Cr, Pb, Hg, Se, Ag)

Pesticidy (3500 Kč)

Sanační technologie

In situ

- **Fixace**
(stabilizace, Solidifikace, vitrifikace in situ)
- **Izolace s použitím pasívních prvků**
(podzemní stěny, clony)
 - horizontální
 - vertikální

Solidifikace/Stabilizace

Solidifikace:

enkapsulace znečištění monolitickým
materiálem (cement)

Stabilizace:

injektáž vhodného stabilizátoru který snižuje
rozpustnost, toxicitu, mobilitu přímo do
kontaminačního mraku

Solidifikace/Stabilizace

Fixační směsi:

Organické

Polyethylén

bitumen

asfalt

Anorganické

Cement

Vápenné mléko

Speciální směsi

Výběr fixačních směsí na základě experimentu

Solidifikace/Stabilizace

Technologie promíchávání in situ

Mělké promíchávání:

do hloubky 12 m,

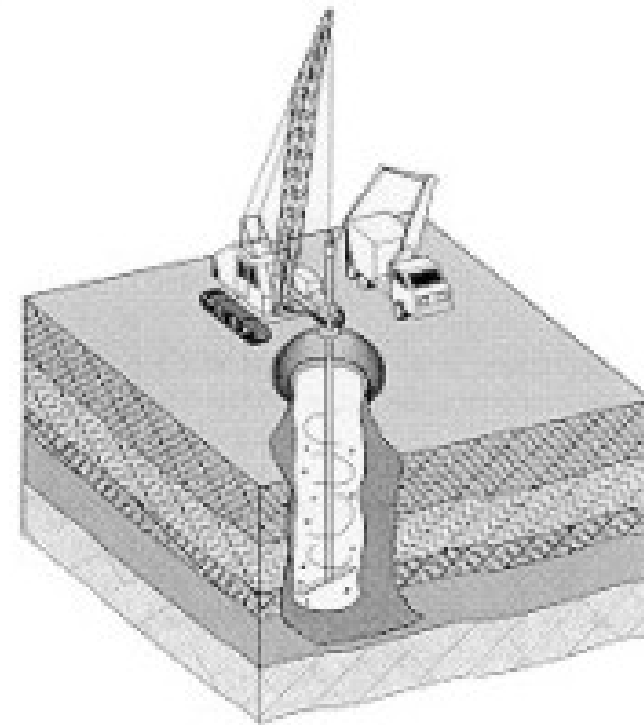
průměr míchacího nástroje do 4 m

těkavé látky – odsávání výparů

Cena 50 – 80 USD/m³



<http://www.geocon.net/>



<http://www.new-technologies.org/ECT/Other/soilmixing.htm>

Solidifikace/Stabilizace

Technologie promíchávání in situ

Hluboké promíchávání

do hloubky 40 m

sada 2-4 míchacích nástrojů

Solidifikační směsi přiváděny

jádry nástrojů

zvětšení objemu ~15%

cena 190 – 300 USD/m³



Vitrifikace in situ

Žárová přeměna kontaminované zeminy ve tvrdý, chemicky inertní materiál sklovitý materiál.

- Organické látky jsou odpařeny nebo spáleny.
- Teplo se vyvíjí odporově – mezi dvěma elektrodami. Teplota $\sim 2000^{\circ}\text{C}$.
- Použito zřídka – především izolace radioaktivního odpadu
- Až 1000 tun na jednou
- Cena $\sim 280 - 600$ USD/tunu zeminy (závisí především na ceně elektřiny, a počáteční vlhkosti půdy)



Izolace s použitím pasívních prvků

Horizontální prvky

Cíl: Zamezení infiltrace srážkových a jiných povrchových vod

Prostředky:

- Folie (PVC)
- Betonové panely, desky
- Asfaltové směsi
- Jílové těsnící prvky (clay liners)
- **Kompozitní**
- ostatní (např. produkty recyklací)

Výběr závisí především na následném využití lokality

Kompozitní horizontální izolace

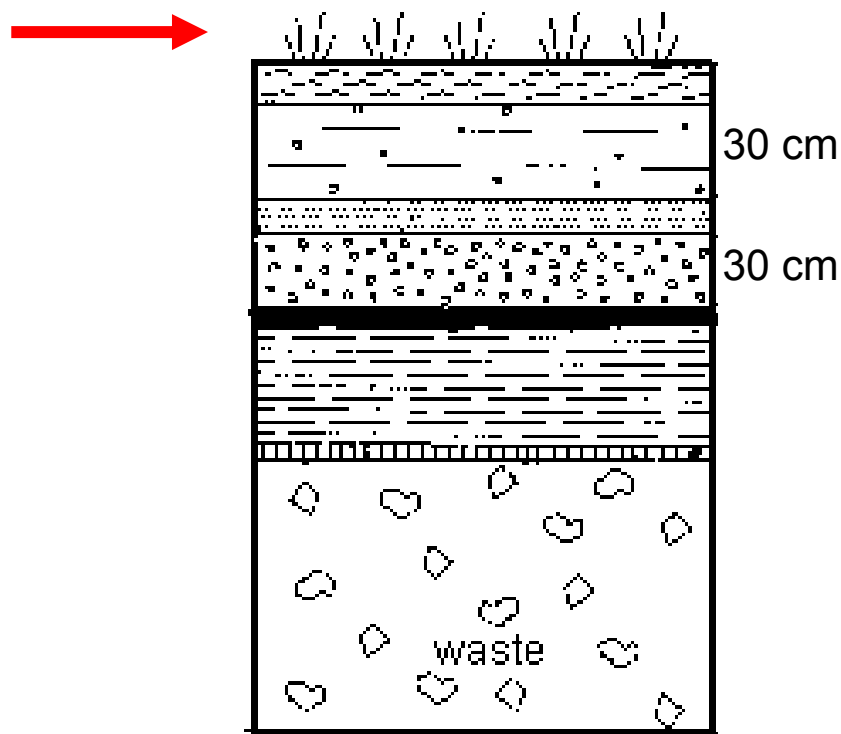
VEGETACE

Účel:

- Ochrana proti erozi
- Snížení infiltrace evapotranspirací

Skladba:

- Mělce kořenicí rostliny
- Malé nároky na živiny
- Odolné suchu



Kompozitní horizontální izolace

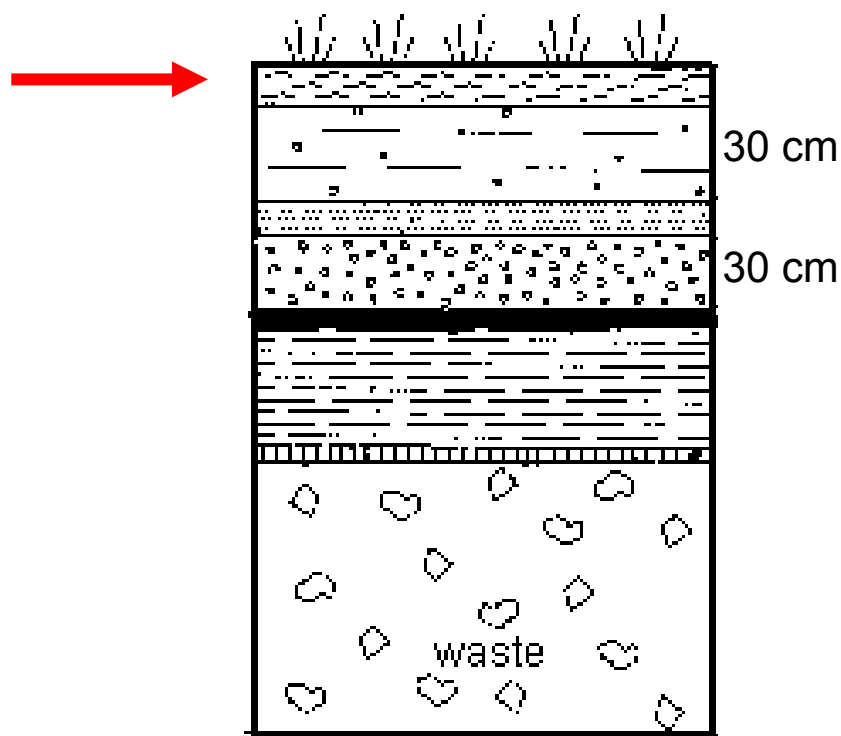
VRSTVA PŮDY

Účel:

- Kořenící substrát pro rostliny
- Ochrana dalších vrstev

Charakteristika:

- Běžně 60cm hluboká



Kompozitní horizontální izolace

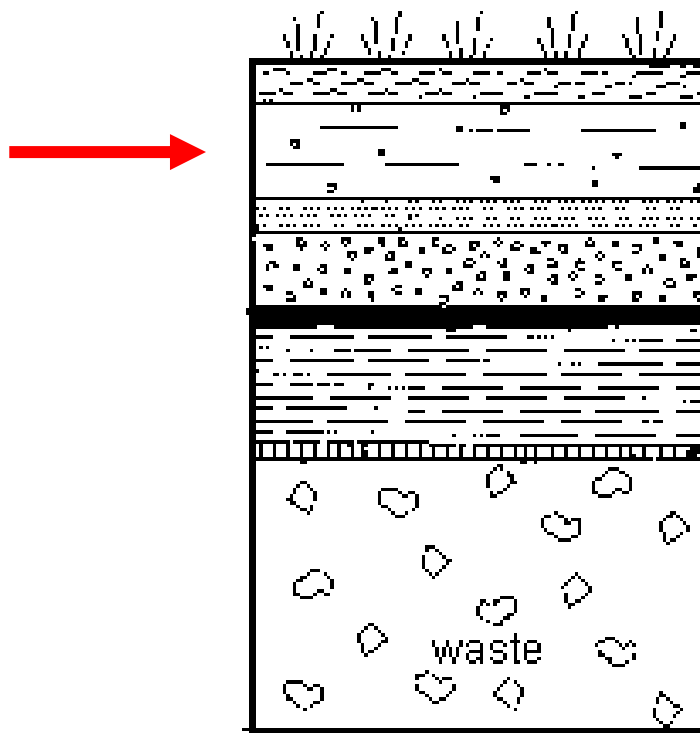
HRUBÝ ŠTĚRK

Účel:

- Ochrana proti prorůstání kořenů a prohrabávání živočichy

Charakteristika:

- Nemusí být vždy přítomna



Kompozitní horizontální izolace

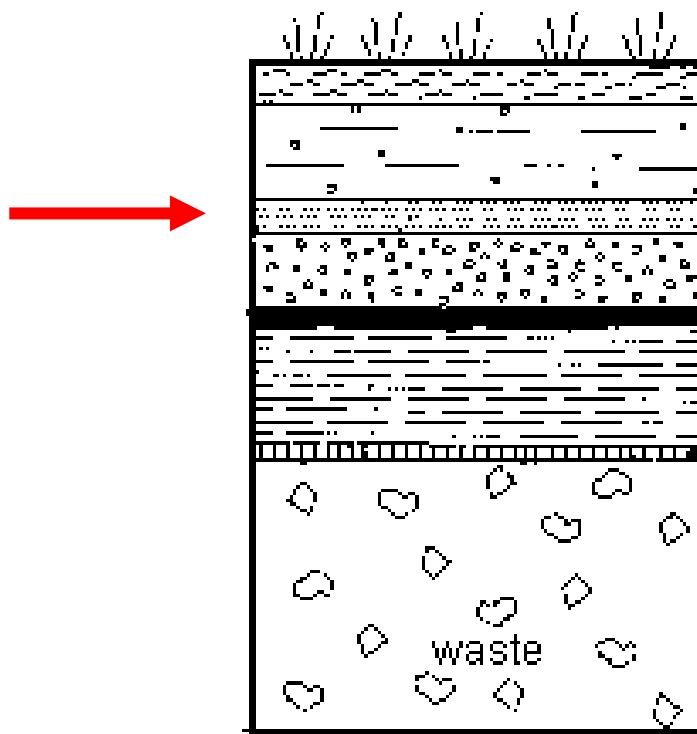
FILTRAČNÍ VRSTVA

Účel:

- Ochrana proti pronikání jílových částic do drenážní vrstvy

Charakteristika:

- Geotextilie nebo pískový filtr (30 cm)



Kompozitní horizontální izolace

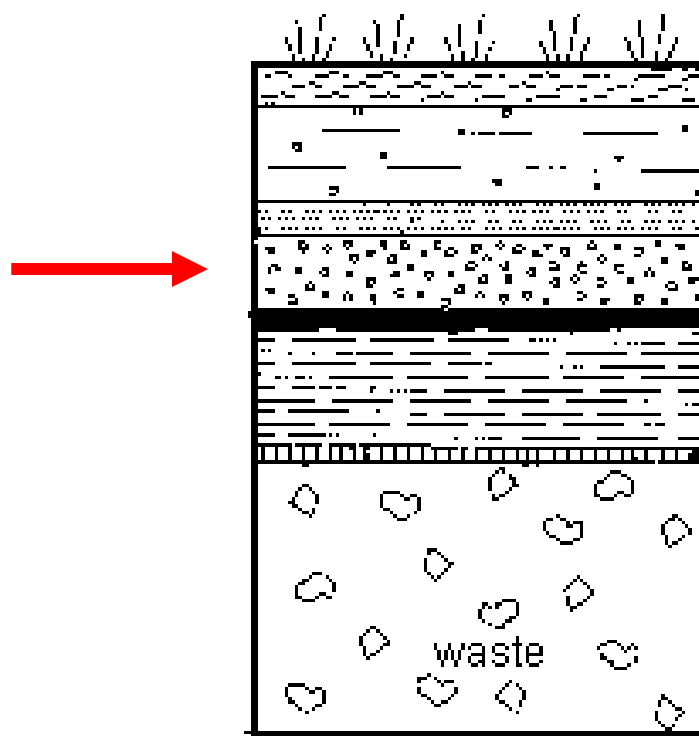
DRENÁŽNÍ VRSTVA

Účel:

- Odvedení vody
- Zamezení tlakového namáhání geomembrány

Charakteristika:

- Ve sklonu
- > 30cm písku
- $K > 10^{-2} \text{ cm/sec}$



Kompozitní horizontální izolace

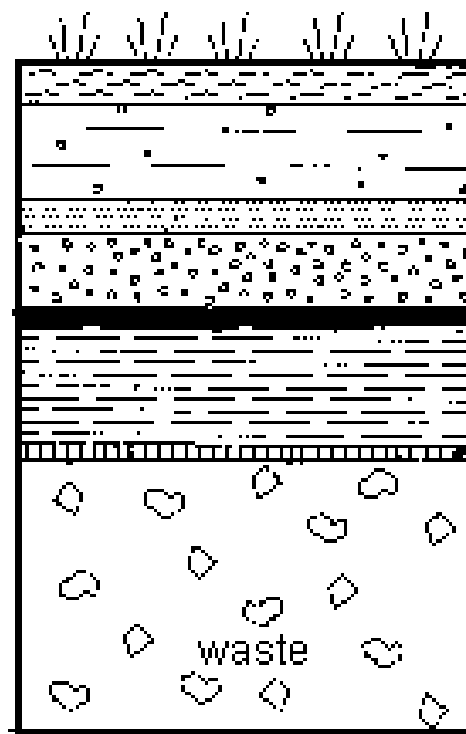
IZOLAČNÍ VRSTVA

Účel:

- Zabraňuje pronikání vody do půdy obsahující kontaminant

Charakteristika:

- Fólie (geomembrána) alespoň 0.5 mm
- Dusaný jíl 60 cm, $K \leq 10^{-7}$ cm/s



Kompozitní horizontální izolace

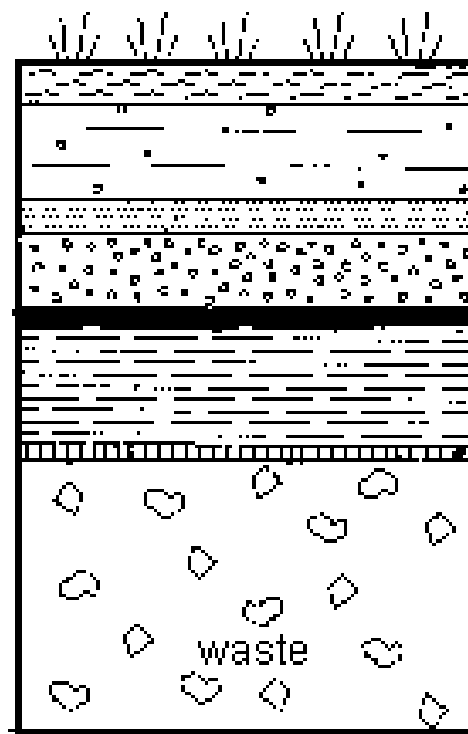
VRSTVA ÚNIKU PLYNŮ

Účel:

- Odvádí plynné produkty degradací (methan)

Charakteristika:

- 30 cm písku



Izolace s použitím pasívních prvků

Vertikální prvky

Cíl: Zamezení nebo omezení migrace znečištění z ohniska

Prostředky:

- Těsnící zářezy (slurry walls, cut-off walls)
- Injekční clony
- Tenké těsnící clony
- Clony z umělých hmot, ocelové profily

Těsnící zářezy

Nejvíce používaný prvek

Materiál:

bentonit + půda (SB)

$$K = 10^{-7} - 5 \times 10^{-9}$$

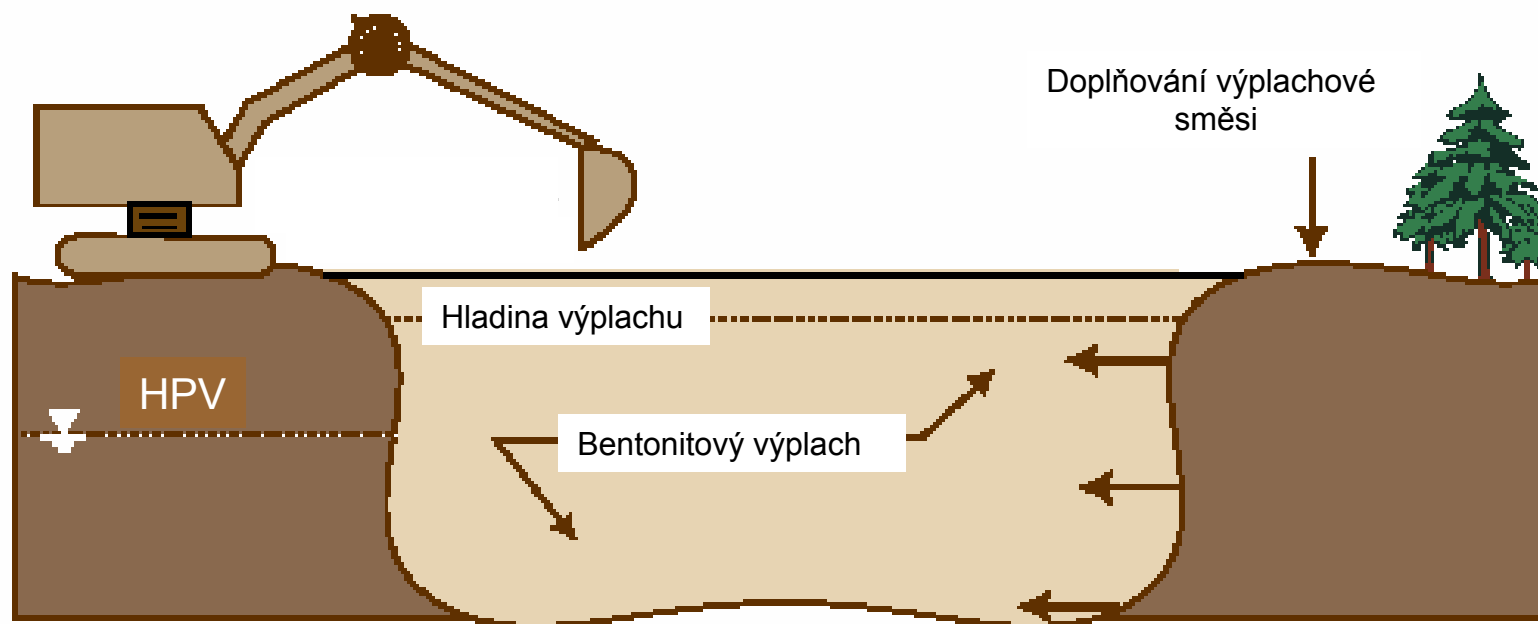


bentonit + cement

propustnější, má ale vyšší únosnost,
použití tam kde není vhodná půda pro
(SB)

Zhotovení těsnícího zářezu

- Rypadlo hloubí zářez
- Stěny jsou „paženy bentonitovým výplachem“
- Povrch je uzavřen betonovou hlavicí



Technologie hloubení



<http://www.mp.usbr.gov/mpco/showcase/bradbury.html>.

Konstrukce těsnícího zářezu

Konstrukce těsnícího zářezu

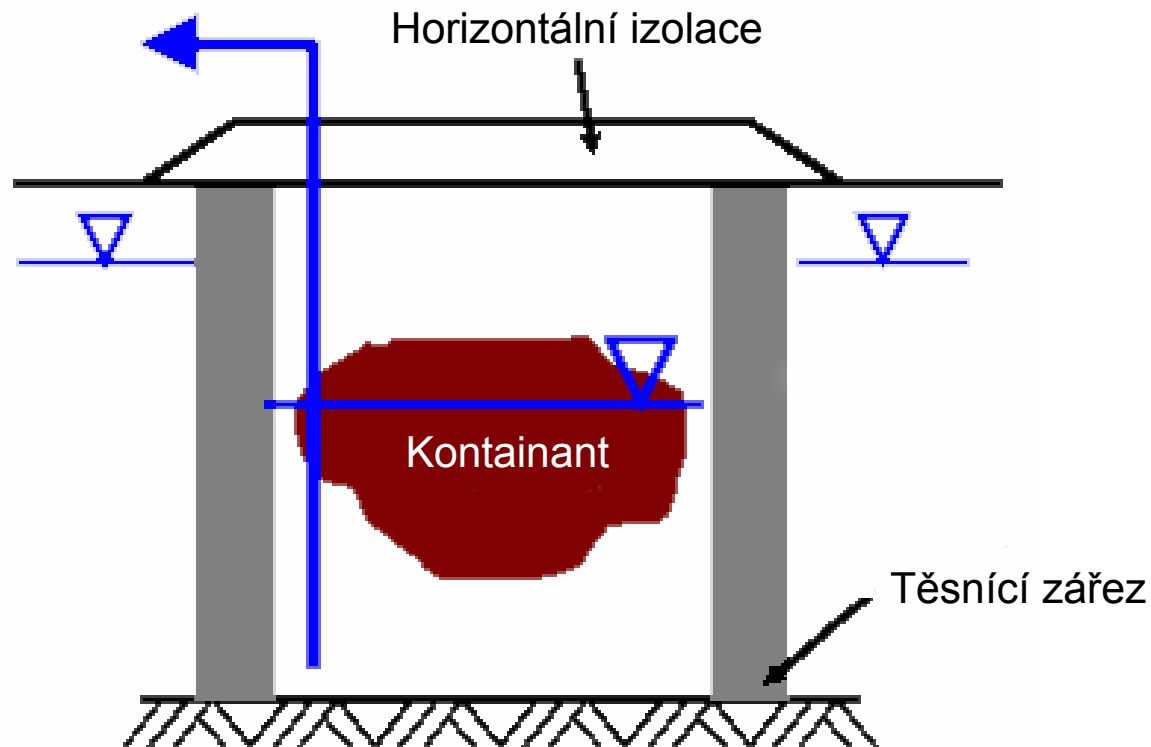


Možné selhání

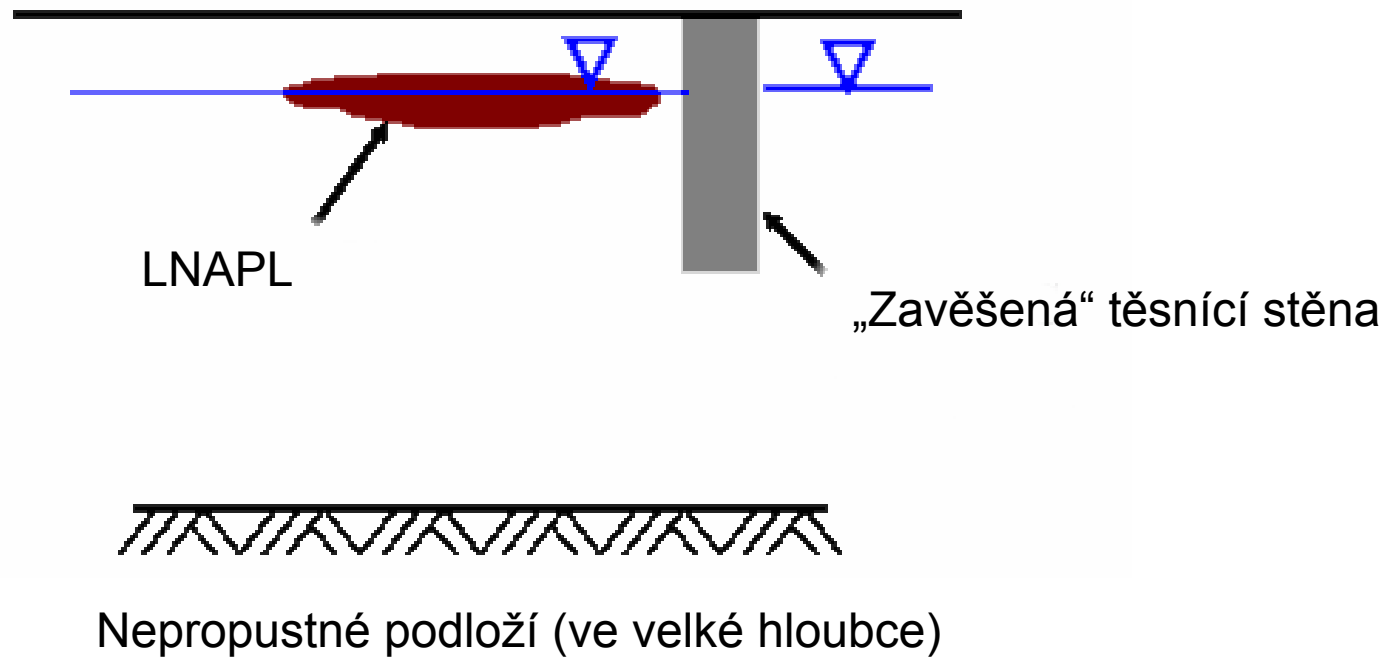
- Nesprávně připravená směs
- Odpadávání materiálu stěn
- Špatně provedené zavázání do skalního podloží
- Narušení mrazem
- Vysušení

Úplná izolace kontaminace

Odčerpávání průsakové vody

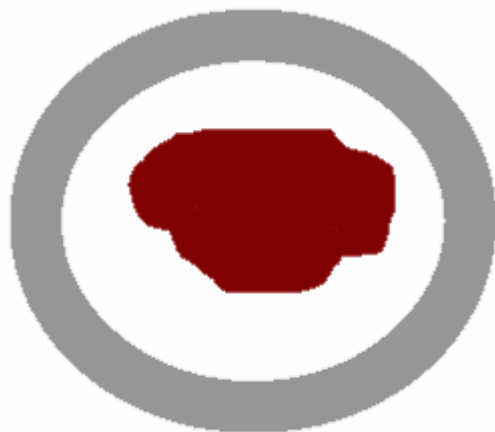


Neúplná stěna pro zamezení šíření LNAPLu



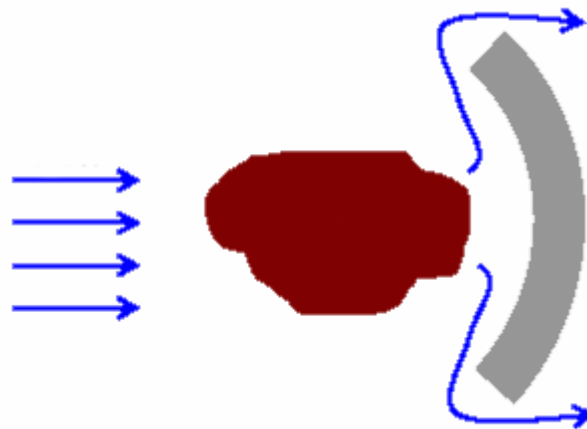
Horizontální uspořádání

Úplné uzavření



Těsnící zářez zcela izoluje
znečištění

Otevřená bariéra



Těsnící zářez zpomaluje migraci
(možnost degradace kontaminantu)

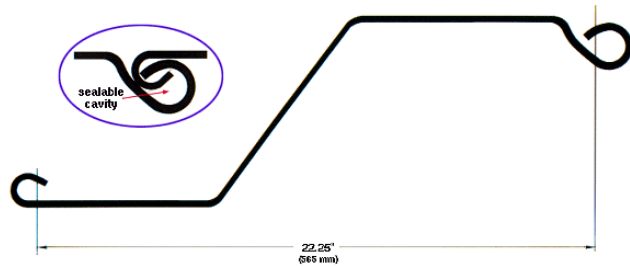
Hodnocení EPA úspěšnosti projektů s těsnícími zářezy

Hodnoceno 130 realizací – u 36 k dispozici požadovaná data

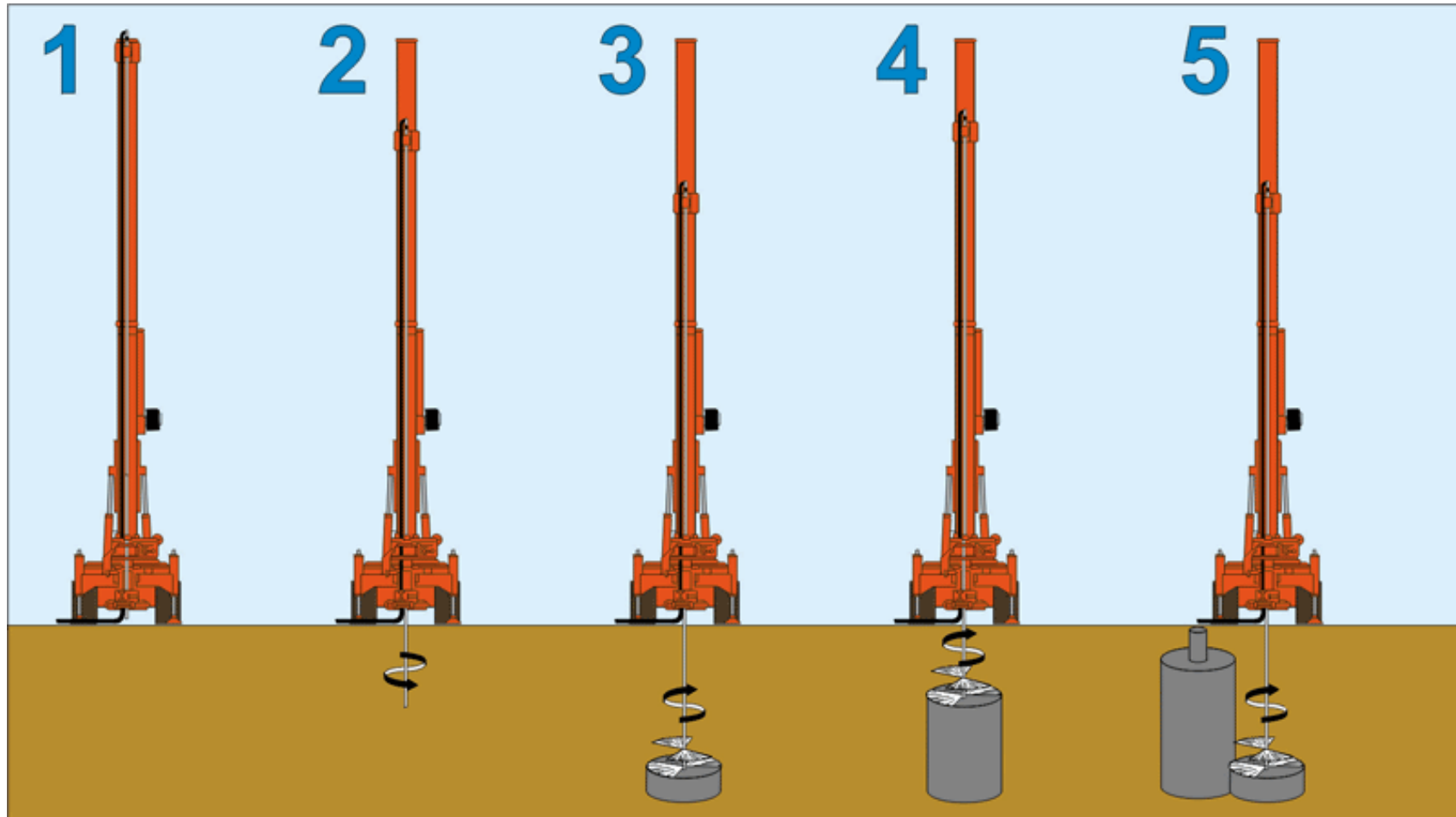
- 8 z 36 splnilo cíl remediacce
- 4 splnily cíl ale ještě nebyla prokázána dlouhodobá úspěšnost
- 13 spíše splnily cíl
- 4 spíše nesplnily cíl remediacce
- 7 nejistý výsledek

4 z 36 vyžadují opravu (došlo k průsakům v místě zavázání do podloží)

Těsnící stěny z ocelových profilů



Injekční clony (trysková injektáž- Jet Grouting)



Příklady použití metod izolace kontaminantu v ČR

SPOLANA A. S., NERATOVICE

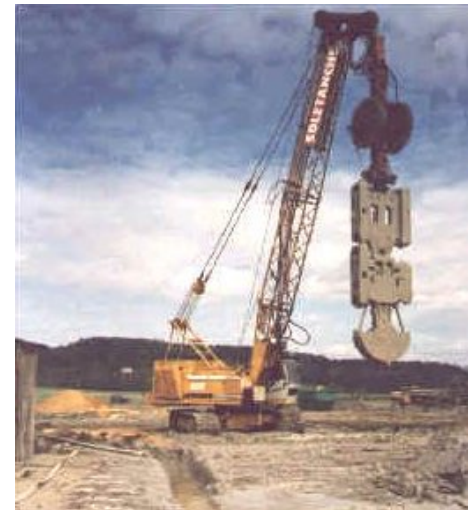
Izolační geokontejnment z těsnících podzemních stěn (27 640m²), 110 mil Kč

KEMAT s.r.o., Skalná u Chebu (financováno FNM)

zdvojený geokontejnment, vnitřní stěna s použitím tryskové injektáže **42 mil Kč**

LETIŠTĚ PRAHA RUŽYNĚ

Enkapsulace znečištění na 4 místech po 6 m³ klasickou injektáží 0,5 mil Kč



Literatura

MIT Open courseware <http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Civil-and-Environmental-Engineering/1-34Spring2004/LectureNotes/index.htm>

Domenico, P.A. a Schwarz, F.A. Physical and Chemical Hydrogeology, 1990

EMOMONITOR Chrudim, Využití biodegradačních metod při sanacích znečištění, 1997

Oktanol

1-Oktanol

CAS 111-87-5

Struktura



Osm uhlíků v řetězci (OKT) žádné dvojné nebo trojné vazby (AN) a alkohol (OL) na prvním uhlíku

