

Rizikové látky v půdě

Bioremediace

Biodegradace -
technologie in-situ / ex-situ



Bioremediace

Využití mikroorganismů ke zneškodnění nebo imobilizaci kontaminantu

Využívají se především tyto mikroorganismy

- Baktérie (aerobní a anaerobní)
- Houby

Historie bioremediací

- 1972** První komerční projekt: únik z potrubí společnosti Sun Oil, Ambler, Pennsylvania, USA
- 80.** Léta zaměření na vývoj nových bakterií (bioinženýrství). Nebylo docíleno očekávaných výsledků
- dosud** Návrat k přírodním mikroorganismům, vývoj se zaměřuje na jejich lepší využití

Mechanismy bioremediací

Mikroorganismy zneškodňují organické kontaminanty v procesu metabolismu nebo kometabolismu.

Organické látky dodávají:

uhlík – stavební materiál buněk

elektrony – zdroj energie

Buňky katalyzují oxidaci organických chemikálií (dárců elektronů). Přebytké elektrony z organické látky musí být spotřebovány **příjemci elektronů**.

Příjemci elektronů

Aerobní podmínky:

kyslík

V anaerobních podmínkách:

dusičnany (nitráty)

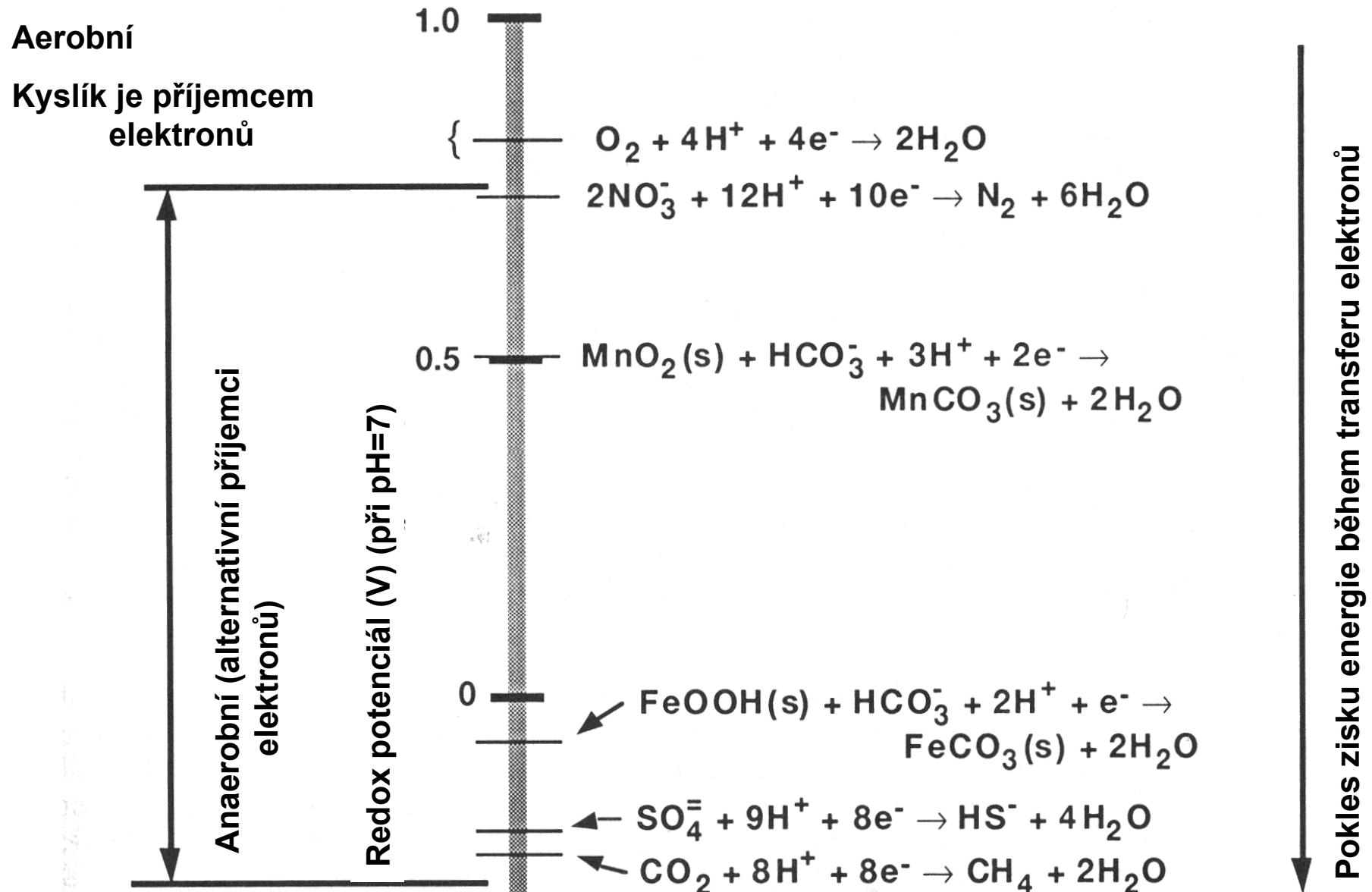
mangan

železo

sírany (sulfáty)

**Mikroorganismy potřebují také základní nutrienty
např. dusík a fosfor**

Oblasti účinnosti příjemců elektronů



Populace bakterií

Růst je velmi rychlý pokud je přítomna “potrava” – zdroj uhlíku. Populace se pak zdvojnásobuje každých 45 minut.

Čisté půdy obsahují 100 až 1000 aerobních bakterií na gram půdy.

Populace vzrůstá na 10^5 při dostatečném přísunu uhlíku.



Vhodné podmínky pro bioremediace

- Dostatečně velká populace bakterií
- Přítomnost příjemců elektronů
- Přítomnost nutrientů (dusík a fosfor)
- Chemikálie netoxické pro bakterie (NAPL ve fázi často toxický)
- Dostatečný zdroj uhlíku pro růst bakterií (což může být v rozporu s limity pro toxické látky)

Relativní schopnost biodegradace



Jednoduché uhlovodíky

odbouratelnost klesá se vzrůstem molární hmotnosti

Aromatické uhlovodíky

Alkoholy, estery

Nitrobenzeny a éter

Chlorované uhlovodíky

degradabilita klesá se zvyšujícím se počtem chlorových substitucí – vysoce chlorované látky (např. PCB) a chlorovaná rozpouštědla jsou špatně odbouratelné

Pesticidy

Bioremediační technologie EX-SITU

Kompostování

vhodné pro ropné uhlovodíky

“Biopiling” ex-situ řízená biodegradace v haldách

vhodné pro ropné uhlovodíky do koncentrací cca 50000 ppm

Obhospodařování (landfarming)

aplikace organické hmoty a následné zavlažování a orba

Kompostování

Kompostování – degradace mikroorganismy za zvýšené teploty

- Typické rozmezí teploty 55 – 65°C
- Teplo produkují mikroorganismy
- Snížení objemové hmotnosti a dodávka organického uhlíku - sláma, vojtěška, mrva, dřevní štěpka
- Rozhrnutí do dlouhých řádek
- Řádky jsou pravidelně strojově obraceny – promíchávání
- Monitoring pH, teploty, koncentrace kontaminantů

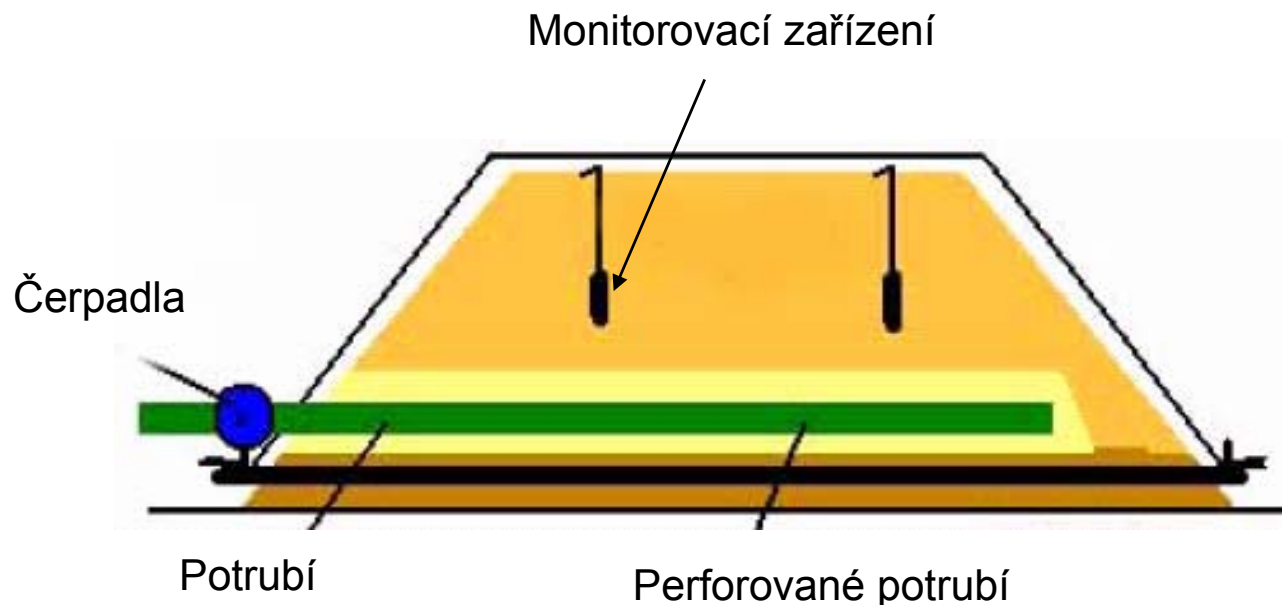
Kompostování v řádcích



http://www.rskw.com/compost_turners.htm

Ex-situ řízená bioremediace “Biopiling”

- Půda je smíchána s přísadami a umístěna na vhodnou plochu
- Při navážení zeminy je instalováno provzdušňovací zařízení
- Navážka max. 6 m vysoká, zakrytá PE folií



Ex-situ řízená bioremediace “Biopiling”



“Biopiling” - optimální podmínky

Faktor	Optimální hodnota
Vlhkost půdy	25-85% saturace
Obsah kyslíku	>0.2 mg/L Rozp. Kyslíku >10% vzduchem zaplněných pórů
REDOX potenciál	Eh > 50 mV
Nutrienty	C:N:P = 120:10:1 (poměr molárního množství)
Teplota	15-45°C
pH	5.5 – 8.5

“Biopiling” – Příklad

(řešení příkladu při přednášce)

285 m³ vytěžené zeminy kontaminované 158 kg benzínu (předpokládejme pouze heptan C₇H₁₆). Klient souhlasí s dekontaminací řízenou degradací v areálu podniku.

Předpokládejme:

pórovitost $n = 30 \%$

počáteční nasycení $S = 20\%$

požadované nasycení $S = 60\%$

Jaké množství živin (síran amonný (NH₄)₂SO₄ a fosforečnan sodný) a vzduchu je třeba dodat aby byly vytvořeny optimální podmínky pro biodegradaci?

Bioremediační technologie IN-SITU

Obohacování in situ nenasycené zóny

Biostimulace – dodávání živin do půdního prostředí.

Bioventing

dodávání kyslíku provzdušňování půdy

Biosparging

provzdušňování saturované zóny

Obohacování nasycené zóny

podpora růstu bakterií a kometabolických procesů,
dodávání alternativních příjemců elektronů

Bioremediace IN-SITU

Postup přípravy projektu

1) Průzkum v terénu

- Nedochází ke vzrůstu kontaminace?

2) Laboratorní zkoušky

- Počet bakterií
- Rychlosti bakteriální aktivity
- Bakteriální adaptace
- Koncentrace anorganického uhlíku
- Koncentrace elektronových akceptorů
- Vedlejší produkty anaerobní aktivity
- Tvorba meziproduktů metabolických procesů
- Poměr mezi nedegradovatelnými a degradovatelnými složkami

Bioremediace IN-SITU

Postup přípravy projektu pokračování.....

3) Poloprovozní experiment in-situ

- Stimulace růstu bakterií v rámci části kontaminované lokality
- Měření rychlosti spotřeby elektronového akceptoru
- Monitorování nebiodegradovatelné stopovací látky
- Značkovací kontaminanty

4) Modelování

- Modelování abiotického hmotnostního úbytku kontaminantu (rozpuštění, transport, vypařování)
- Přímé modelování!

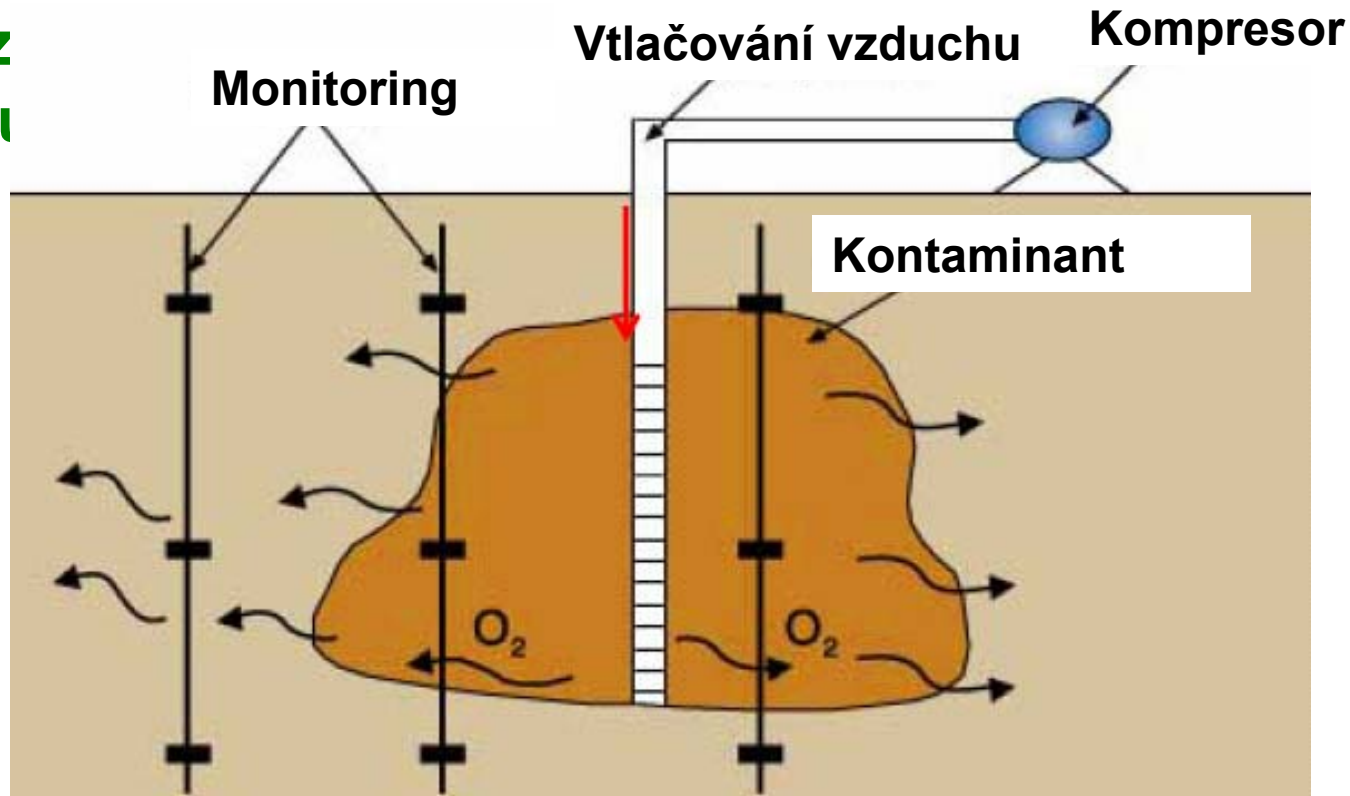
5) Realizace?

Bioventing

Doplňování kyslíku (příjemce elektronů) v **nenасыčené zóně** vtačováním nebo odsáváním vzduchu.

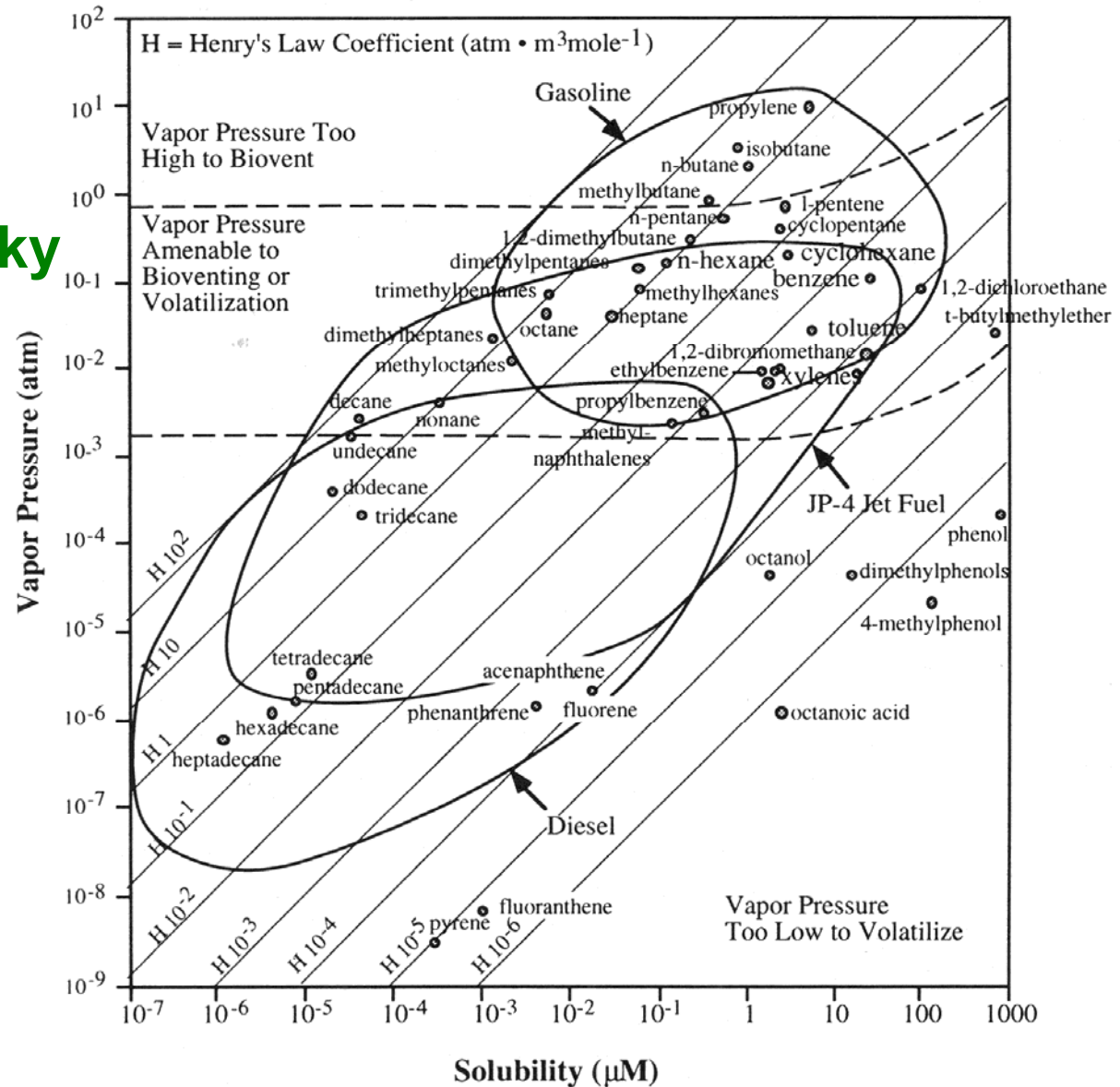
Použitelné především pro degradaci ropných uhlovodíků.
Metoda také použita pro PAH.

Na roz
vzdu



Bioventing

Oblast účinnosti
bioventingu pro
některé uhlovodíky



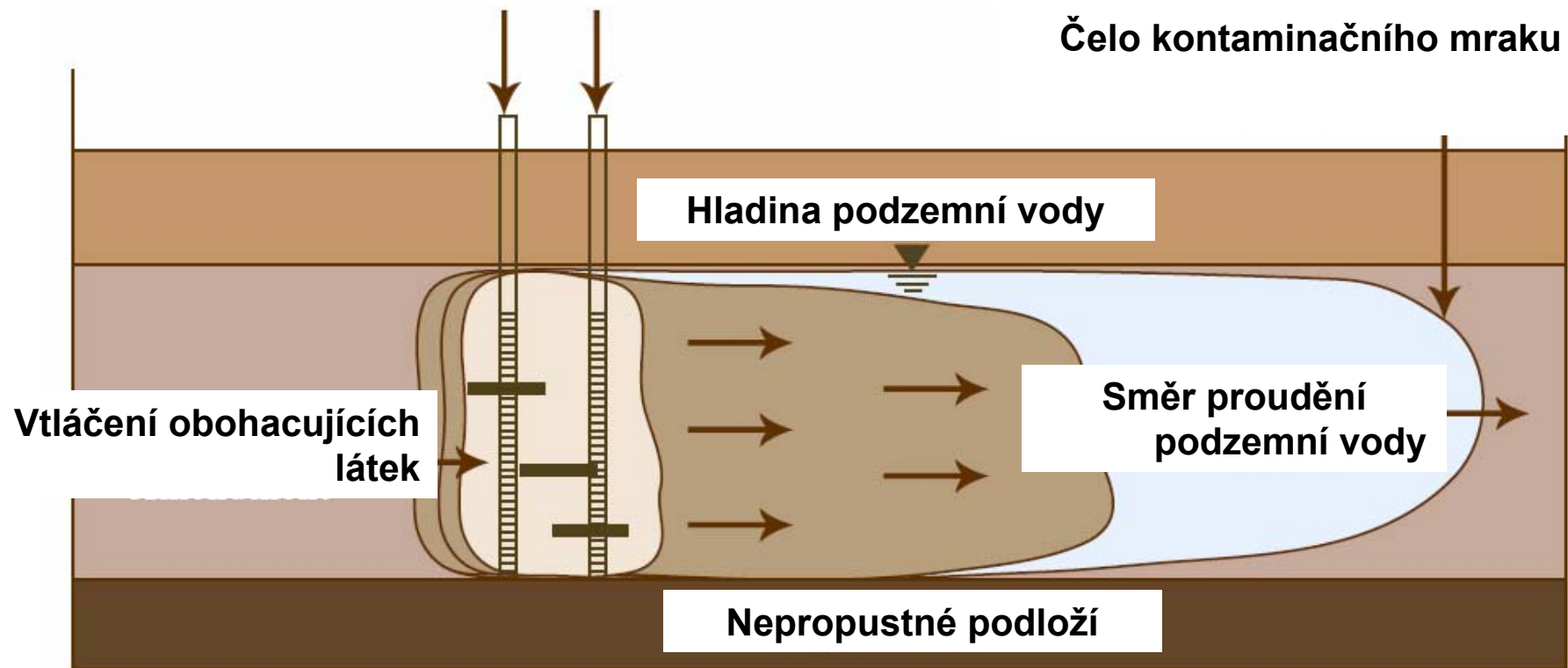
Orientační doba potřebná k biodegradaci

	Doba landfarmingu (dny)	Doba kompostování (dny)	Doba komp. s podtl. aerací (dny)
Benzen	80-105	60-70	50-58
Toluen	55-79	30-40	20-28
Ethyl-benzen	20-29	22-28	20-26
Xylen	180-206	70-78	60-68
Rop. uhl. celkem	-	184-230	130-184

VIRARAGHAVAN, T.; MIHIAL, D.; THOMSON, R.B. A MORTIN M.D.: Bioremediation of a petroleum - contaminated site - a feasibility analysis. <<http://ce.ecn.purdue.edu/~alleman/w3-piwc/papers/virara.html>>

Obohacování nasycené zóny

Použitelné pro ropné látky a omezeně pro chlorované uhlovodíky



Obohacování nasycené zóny

Technologie obohacování

vsakování vrty

vsakovací příkopy

infiltrace (závlaha)

Chemické látky (zdroj uhlíku) vhodné pro obohacování

acetát, etanol, laktát, rostlinný olej

Obohacování podzemní vody příjemci elektronů

kyslík, peroxid vodíku, methan, nitrát

Literatura

M. Kubal, J. Burkhard, M. Březina, VŠCHT, Praha 2002,
<http://www.vscht.cz/uchop/CDmartin/8-nejcasteji/3-2.html>

VIRARAGHAVAN, T.; MIHIAL, D.; THOMSON, R.B. A MORTIN M.D.: Bioremediation of a petroleum - contaminated site - a feasibility analysis.
<<http://ce.ecn.purdue.edu/~alleman/w3-piwc/papers/virara.html>>

Norris et al. Handbook of Bioremediation, Lewis publishers, 1994

MIT Open courseware Civil and Environmental Engineering » Waste Containment and Remediation Technology, Spring 2004 <http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Civil-and-Environmental-Engineering/1-34Spring2004/LectureNotes/index.htm>