



**Biodekontaminační technologie VI.
Aplikace**

Petr Soudek



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

VÝZKUM FYTOREMEDIACÍ

CHYBÍ ROSTLINY VHODNÉ PRO REMEDIACI



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

Rostliny pro
remediaci



Příjem těžkých
kovů

Produkcce
biomasy



VYLEPŠENÍ FYTOREMEDIACE



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

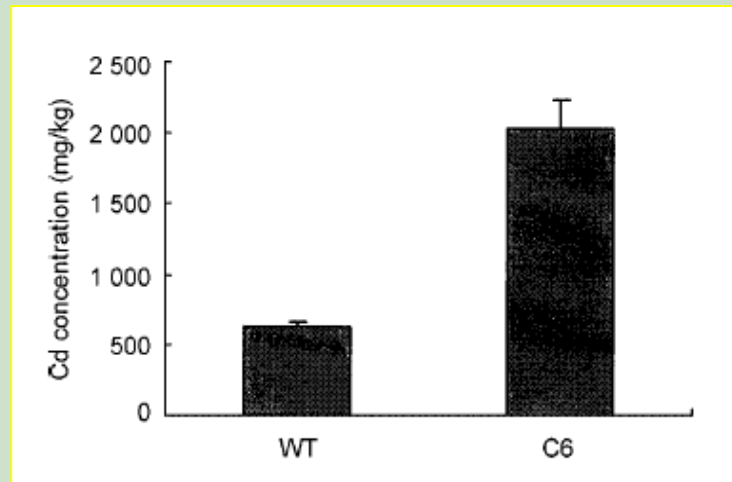
- Rostlinná selekce
- Úprava a hnojení půdy
- Zvýšení biodostupnosti pomocí syntetických chelatorů
- Hustota rostlin při výsevu
- Střídání plodin
- Podpora plodin (hubení škůdců a zavlažování)
- Výzkum GM rostlin

Genetické úpravy ke zvýšení tolerance/akumulace/degradace

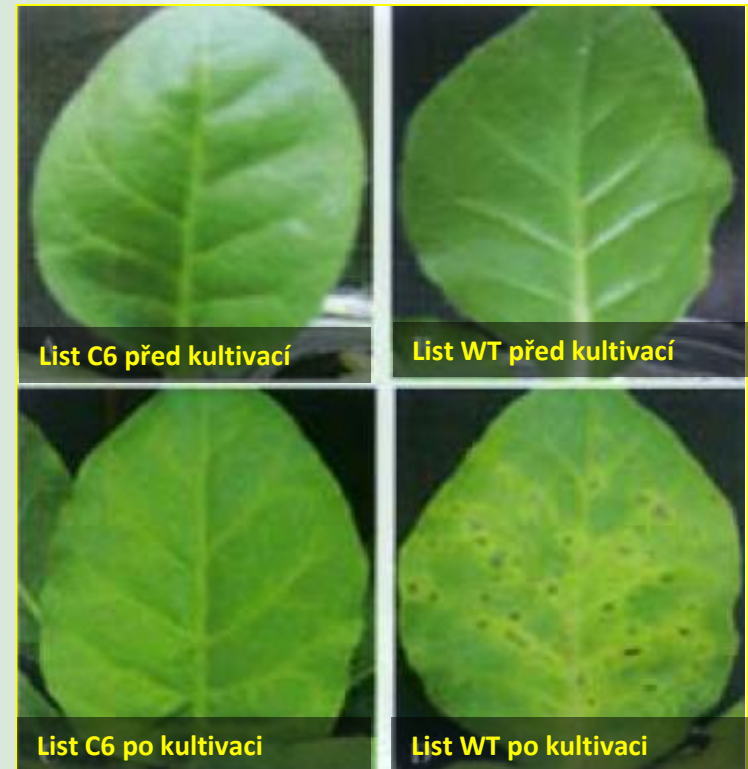
- Metallothioneiny, fytochelatiny a chelatory kovů
- Transportéry kovů
- Enzymatické transformace
- Alternativní metabolické cesty
- Změny v mechanismu oxidativního stresu
- Změny v kořenovém systému
- Změny v produkci biomasy

Experiment

- Transgenní a „wild-type“ tabák byly kultivovány s $300 \mu\text{mol/L Cd}^{2+}$ 10 dní Linie C6 měla zvýšenou resistenci vůči Cd^{2+} .
Li et al., *Journal of Integrative Plant Biology* (2006) 48:928–937



Koncentrace Cd v tabáku po 3 týdnech kultivace s $100 \mu\text{mol/L CdCl}_2$.
WT - „wild type“ rostliny
C6 - transgenní linie



GENETICKÉ ÚPRAVY ROSTLIN



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

Experiment

- Asymetrický somatický hybrid 60/31 (B) a jeho rodiče *Brassica juncea* (A) a *Thlaspi caerulescens* (C) rostoucí v půdě obsahující 800 mg/kg olova, 328 mg/kg niklu, a 7,600 mg/kg zinku.

Gleba et al., Proc. Natl. Acad. Sci. USA (1999) 96: 5973–5977



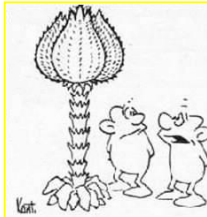
JAK SE TO DĚLÁ ?



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

Postup

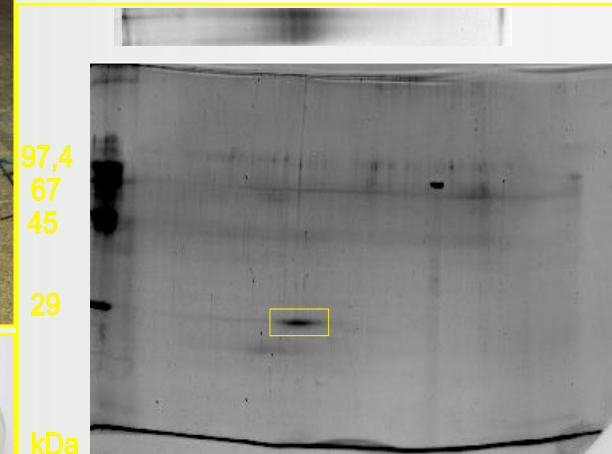
1. Průzkum kontaminované lokality
2. Dokumentace rostlin
3. Sběr rostlin a semen pro herbář a in vitro studie
4. In vitro kultivace
5. Identifikace zodpovědných proteinů



Je hrozně nenasytná.
Dneska mi sežrala guláš

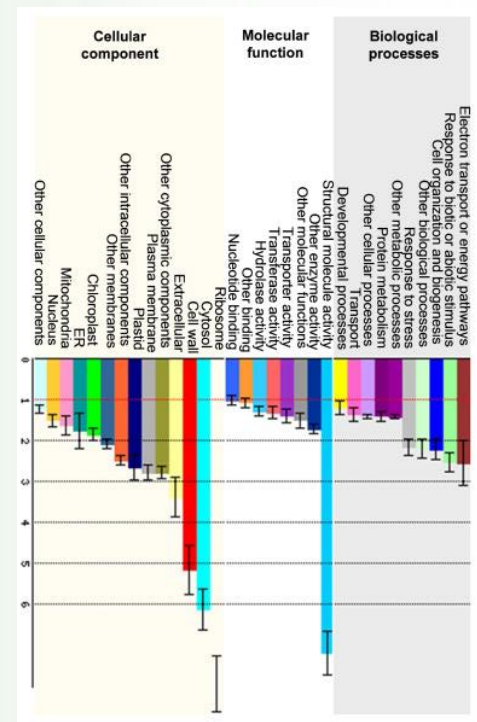
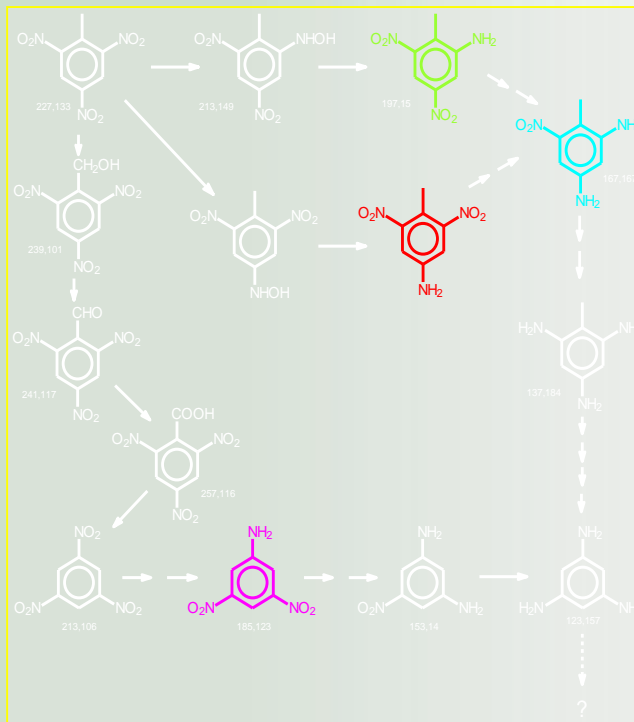
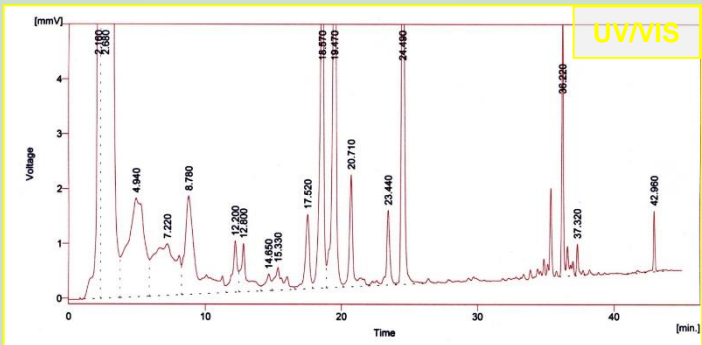
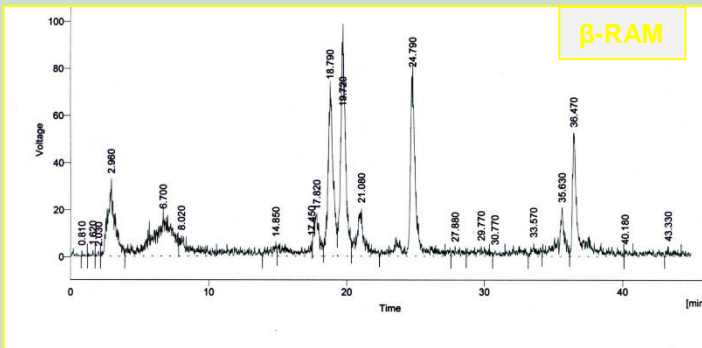


sterilizace



Co testujeme ?

- Detekce degradačních produktů
- Hledání genů odpovědných za odpověď rostlin na přítomnost polutantu



POLNÍ EXPERIMENTY



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.



Spolana Neratovice



Kaňk, Kutná Hora



Příbram



Pardubice



Mydlovary



KAM S ROSTLINAMI ?

KAM S POUŽITÝMI ROSTLINAMI ?

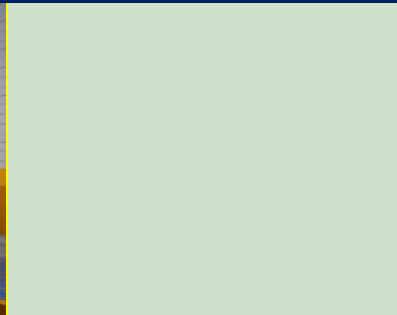


Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

Co je biomasa

- Biomasa je téměř jakákoli hmota organického původu, ať už rostlinného či živočišného.
- Suchá biomasa – např. dřevní a suchý rostlinný odpad
- Mokrā biomasa – např. tekuté a pevné výkaly hospodářských zvířat či siláž
- Možno ji využít ke spalování, v bioplynové stanici, při kompostování a jako zdroj biopaliv

Jak ji využít ?

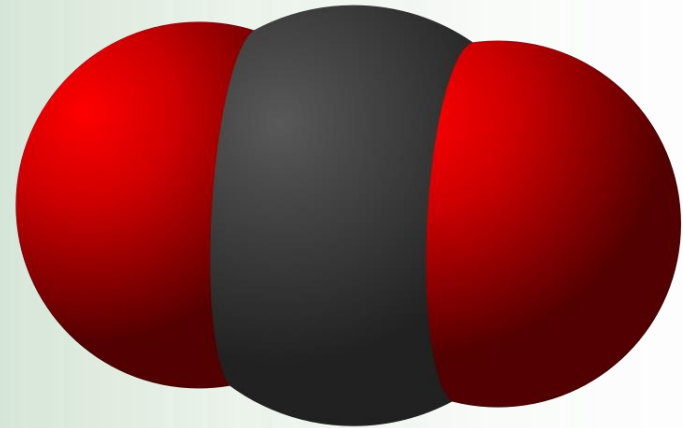
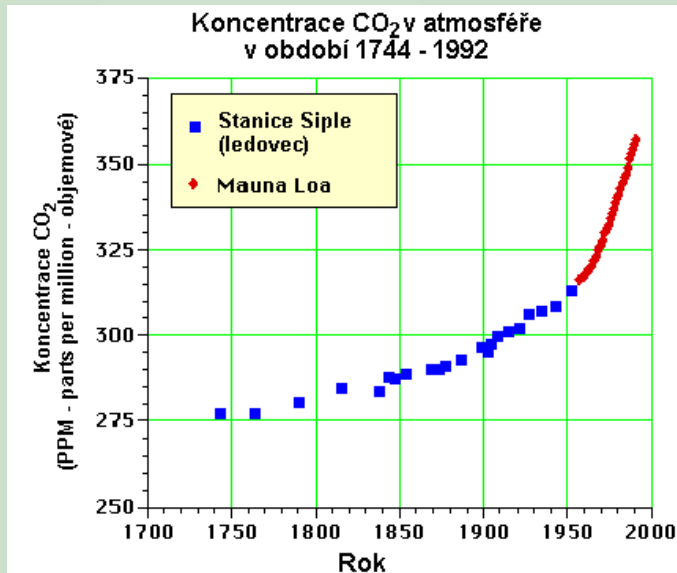


KAM S POUŽITÝMI ROSTLINAMI ?



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

Uhlíkově neutrální stopa



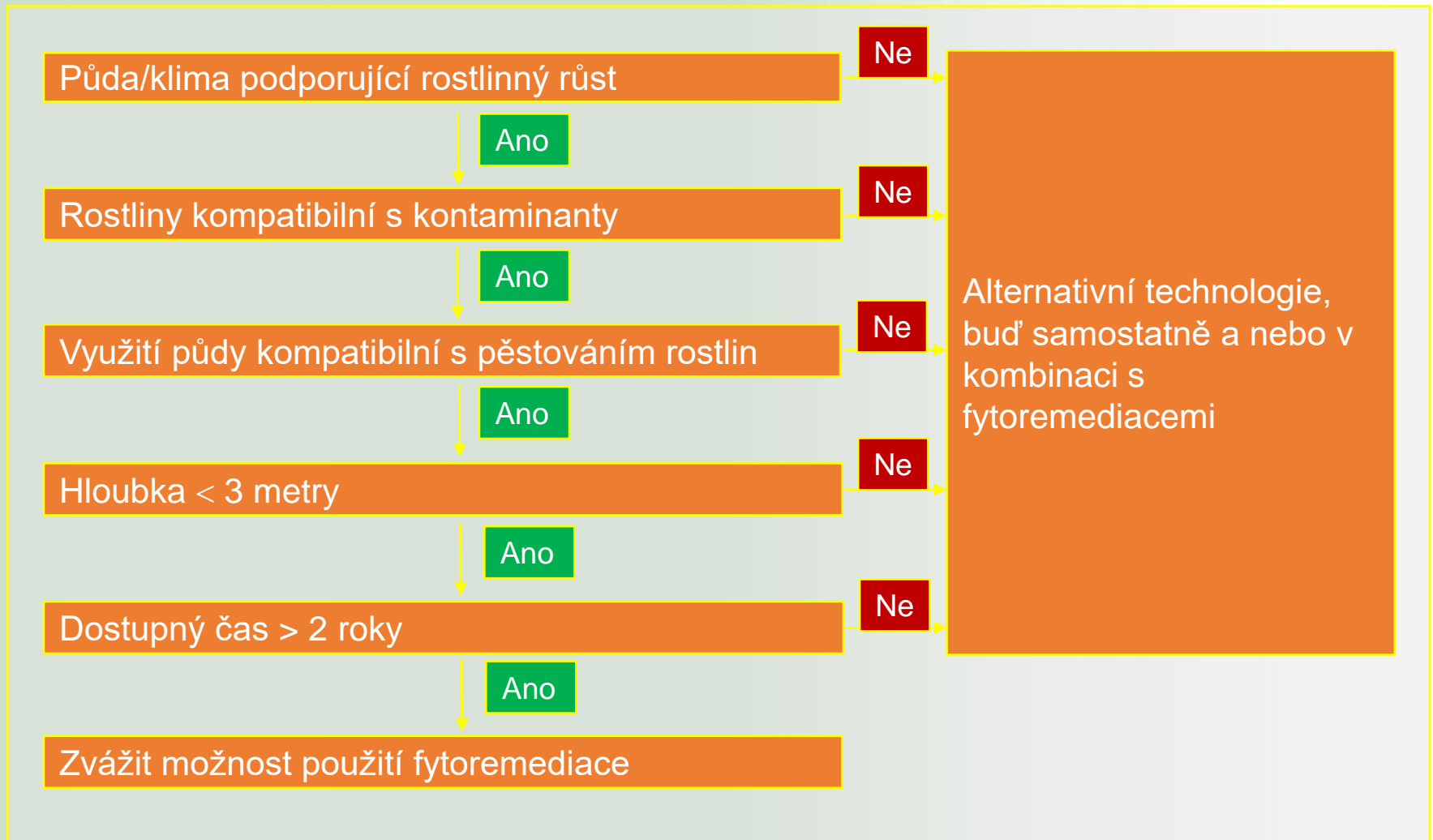


PLÁNOVÁNÍ A APLIKACE FYTOREMEDIACE

ROZVAHA POUŽITÍ FYTOREMEDIACE



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.



DODATEČNÉ ROZVAHY



- Potřeba likvidace rostlinné biomasy
- Dostupný prostor pro čištění vody: je hydraulická rychlost odstraňování dostatečná ?
- Poškození plodin zvířaty
- Toxicita kontaminantu v rostlinné biomase: toxicita pro potravní řetězec zvířat a člověka
- Potřeba hubení škůdců

PLÁNOVÁNÍ FYTOREMEDIAČNÍHO PROJEKTU



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

- Předběžný průzkum lokality
- Koordinace s zainteresovaných částí
 - ✓ Plán, technika, vedení
- Laboratorní zpracování
 - ✓ Zhodnocení růstu rostlin a produkce
 - ✓ Vlastnosti půdy a/nebo vody
- Potřeba hydrogeologického modelování a zavlažování
- Realizace
 - ✓ Výsadba, kultivace, vzorkování, sklizeň
- Monitorování a analýza
- Nakládání s biomasou
 - ✓ Sušení, kompostování, transport, spalování, skládka, spalovna.

Parametry	Analýza
Rostlinný růst	Průměr, výška, váha, množství kořenů
Rostlinné tkáně	Degradační produkty, sekvestrované kontaminanty
Měření toku rostlinných šťáv	Srovnání toku šťávy s meteorologickými daty
Transpirovaný plyn	Volatilizace kontaminantů
Povrchová voda a půda	Studny, lysimetry, půdní vzorky pro stanovení biodegradační aktivity, zbytkové kontaminanty

BUDOUCNOST FYTOREMEDIACÍ



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

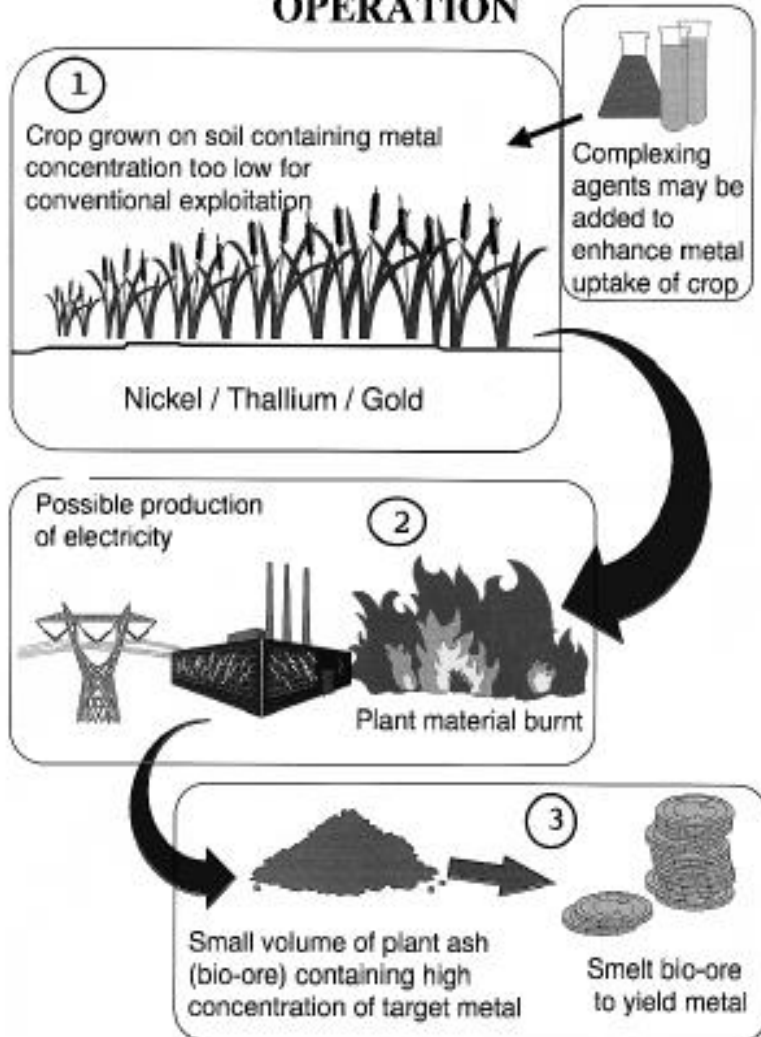
- Užití chelatorů pro zvýšení rozpustnosti kovů
- Kombinace s jinými in situ technologiemi
 - ✓ (např. mikrobiální bioremediace, elektrokinetika)
- Výběr vylepšených rostlinných variet
- Genetická úprava vylepšených variet
- Ověření efektu rhizosféry



PŘÍKLADY VYUŽITÍ

FYTOMINING

THE PHYTOMINING OPERATION



Berkheya coddii

FYTOREMEDIACE A PRODUKCE ENERGIE V PRAXI

Kotenčice, Česká republika



FYTOREMEDIACE A PRODUKCE ENERGIE V PRAXI



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.



Enköping, Švédsko



FYTOREMEDIACE BÝVALÉ RAFINÉRIE BP AMOCO



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

- v vodě zjištěná kontaminace rozpuštěnými látkami typu benzen a MTBE
- topoly byly použity jako hydraulické pumpy pro odsávání podzemní vody a zamezení průsaku do okolního terénu



SPARKS SOLVENT FUEL SITE (USA)

- fytořediační mokřad vytvořený r. 1998 pro remediaci rozpustných látek



DOE's PORTSMOUTH GASEOUS DIFFUSION PLANT (OHIO, USA)



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

V letech 1954- 2001

- separace uranových izotopů plynou dufůzí
- výroba obohaceného uranu pro US Navy

Hlavní kontaminanty těkavé org. látky, radioizotopy, PCB a PAH

- bariéra stromů a keřů
- brání migraci látek do okolí bývalé továrny



KOŘENOVÁ ČISTÍRNA



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

MOKŘADNÍ ČISTÍRNA VOD, ANGLIE



NONG YAI HOSPITAL, PROVINCIE CHONBURI, THAJSKO

- Mokřad jako čistírna vod (rostlina *Canna indica*)



IOWA ARMY AMMUNITION PLANT RESTORATION

Mokřady

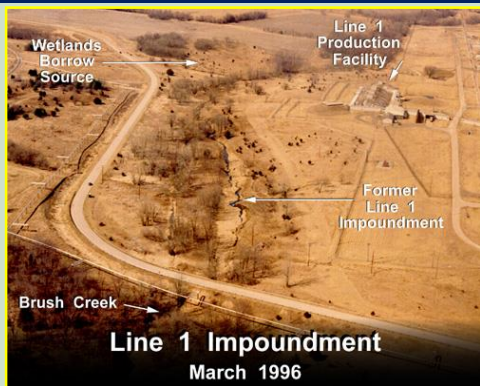
- vysoká schopnost remedie zbytkové kontaminace explosivy v půdě a povrchové vodě

V r. 1997

- odstraněno cca 8000 m³ kontaminované půdy (obsah 2000kg výbušnin)

Kontaminované území je přeměnováno v mokřadní zónu

- v r. 1998 osázeno vhodnými rostlinami s vysokou kapacitou fyto remedie



BÝVALÁ BP RAFINÉRIE, CASPER, WYOMING



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.



RÁKOSOVÉ LAGUNY, NIMR, OMAN SHELL A PETROLEUM DEVELOPMENT



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

6 hektarů ošetřených přibližně 3,000 m³/d pro znovu využití



DALŠÍ APLIKACE FYTOREMEDIACÍ



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

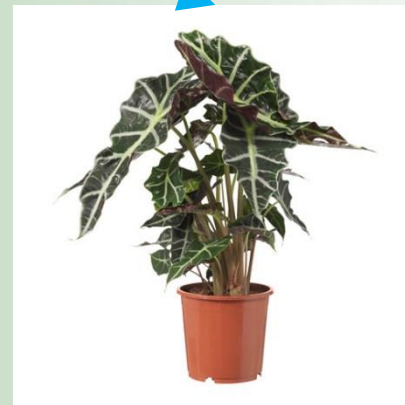
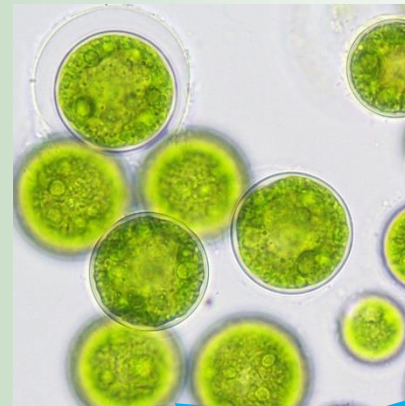
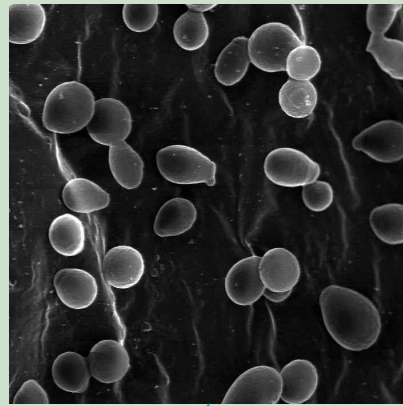
Location	Application	Plants	Contaminants	Performance	Contacts
Chernobyl, Ukraine	Rhizofiltration demonstration pond near nuclear disaster	Sunflowers <i>Helianthus annuus</i>	¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr	90% Reduction in 2 weeks. Roots concentrated 8,000 fold	I. Raskin, Rutgers U.
Ashtabula, OH	Rhizofiltration demonstration DOE energy wastes	Sunflowers <i>Helianthus annuus</i>	U	95% removal in 24 hours from 350 ppb to < 5 ppb	B. Ensley, Phytotech
Trenton, NJ	Phytoextraction demonstration 200 ft x 300 ft plot brownfield location	Indian mustard <i>Brassica juncea</i>	Pb	Pb cleaned-up to below action level in one season SITE program	B. Ensley, Phytotech
Rocky Flats, CO	Rhizofiltration from landfill leachate	Sunflowers and mustard	U and nitrate	Just beginning SITE program	Rock, 1997
Dearing, KS	Phytostabilization demonstration one acre test plot abandoned smelter, barren land	Poplars <i>Populus</i> spp.	Pb, Zn, Cd Concs. > 20,000 ppm for Pb and Zn	50% survival after 3 years. Site was successfully revegetated.	G. Pierzynski, Kansas St.
Whitewood Cr., SD	Phytostabilization demonstration one acre test plot mine wastes	Poplars <i>Populus</i> spp.	As, Cd	95% of trees died. Inclement weather, deer browse, toxicity caused die-off.	J. Schnoor, U. of Iowa
Pennsylvania	Phytoextraction pilot mine wastes	<i>Thlaspi caerulescens</i>	Zn, Cd	Uptake is rapid but difficult to decontaminate soil	R. Chaney, USDA Beltsville, MD Brown 1995
San Francisco, CA	Phytovolatilization refinery wastes and agricultural soils	<i>Brassica</i> sp.	Se	Selenium is partly taken-up and volatilized, but difficult to decontaminate soil	G. Banuelos, USDA Salinity Lab, Riverside, CA
Aberdeen, MD J-field site	Phytotransformation groundwater capture on 1 acre plot	Hybrid poplars <i>Populus</i> spp.	TCE, PCA (1,1,2,2-tetrachloroethane)	Only in second year Demonstration Project	H. Compton, EPA/ERT, Edison, NJ
Carswell AFB Ft. Worth, TX	Phytotransformation groundwater capture on 4 acre plot	Hybrid poplars <i>Populus</i> spp.	TCE	Only in second year SITE Project	G. Harvey, Ohio Wright-Patterson AFB
Milan, TN	Phytotransformation engineered wetland at army ammunition plant	Elodeia Bullrush Canary Grass	TNT, RDX	> 90% removal	D. Bader, U.S. Army Aberdeen Proving Ground, MD
Middletown, IA	Phytotransformation created wetland and surrounding soil	Pondweed Coontail Arrowroot Hybrid poplars	TNT, RDX	Just beginning	J. Schnoor, U. of Iowa K. Howe, Army COE Omaha
Ogden, UT	Phytotransformation (groundwater and soil) petrochemical wastes 4 acre site	Hybrid Poplar	BTEX, TPH	Only in second year SITE Program	A. Ferro, Phytokinetics
Portland, OR	Phytotransformation on wastes of wood preservative	Hybrid Poplar	PCP, PAH	Only in second year SITE Program	A. Ferro, Phytokinetics
Martell, IA Clarence, IA Amana, IA	Phytotransformation agricultural runoff and agricultural co-op sites	Hybrid Poplar	atrazine, nitrates	90% reduction in groundwater of NO ₃ ⁻ atrazine reductions	Licht, Ecolotree Paterson and Schnoor (1992)



TYPY REMEDIACÍ

JINÉ TYPY REMEDIACÍ

KONTAMINACE

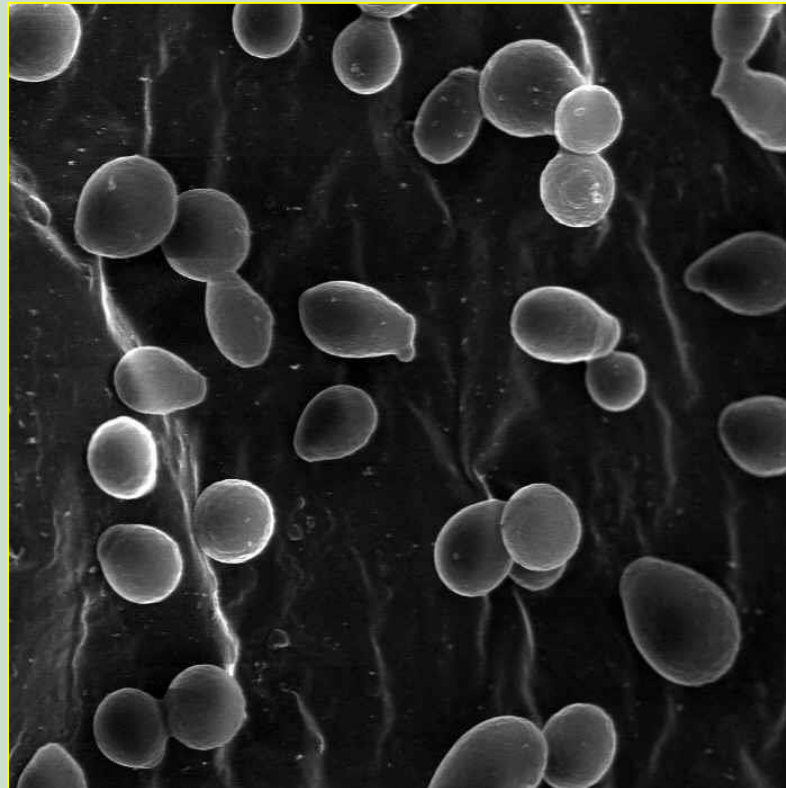


BIOREMEDIACE



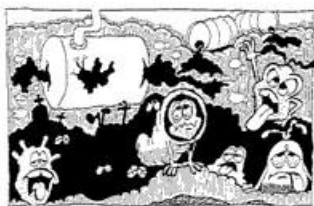
Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

- **Bioremediace** je použití biologického čištění, především mikrobů, k odstranění nebezpečných kontaminantů v půdě a v povrchových a podpovrchových vodách. Tyto mikroorganismy mohou být použity k transformaci kontaminantů na jejich méně škodlivé formy.

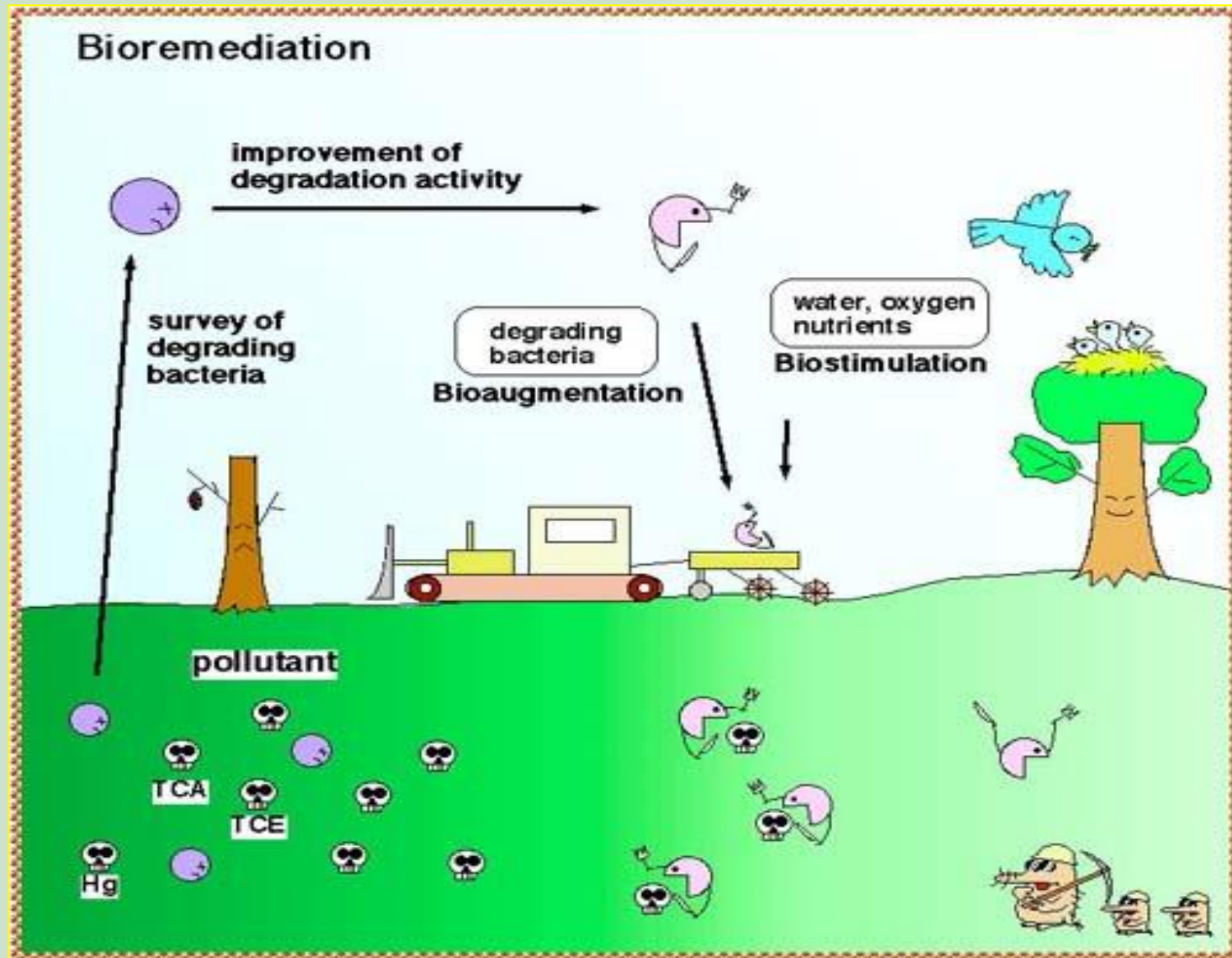


BIOREMEDIACE

- Půda obsahuje mnoho druhů drobných tvorů zvaných mikroby.
- Když nebezpečné odpady kontaminují půdu, stávající mikrobi bojují o přežití. Kmeny známé svou schopností degradovat odpad můžou, ale nemusí být přítomny. Kromě toho také mikroby postrádají potřebné živiny pro množení a prosperitu.
- Použití bioremediační technologie umožňuje snadno aplikovat vhodné kmeny vybraných mikrobů a rozpustné formy potřebných živin pro danou konkrétní situaci.
- Miliardy zdravých mikrobů se neustále snaží přeměnit nebezpečný odpad na neškodné meziprodukty.
- A - Bioremediace poskytuje efektivní a k životnímu prostředí šetrné on site řešení na odstranění mnoha nebezpečných odpadů.
- B - Dlouhodobá odpovědnost za dopravu na skládku a za likvidaci odpadu je zcela eliminována.
- Výsledkem je úspěšné a nákladově-efektivní čištění kontaminované plochy, které je v souladu s ekologickými předpisy.

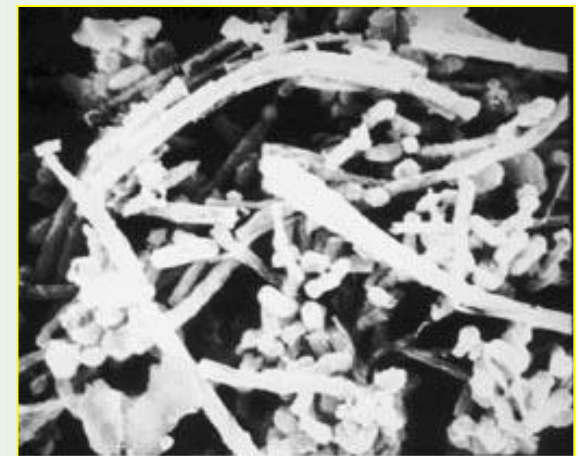
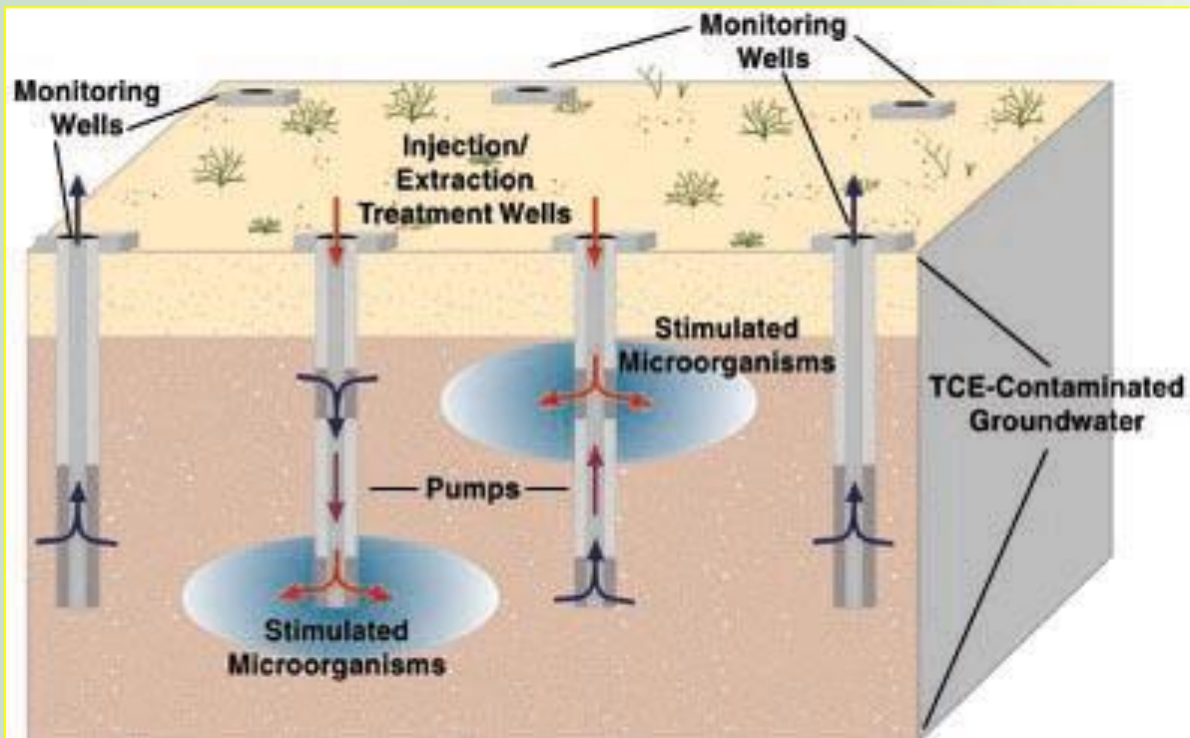


BIOREMEDIACE



Kometabolická biodegradace TCE v půdě „in situ“

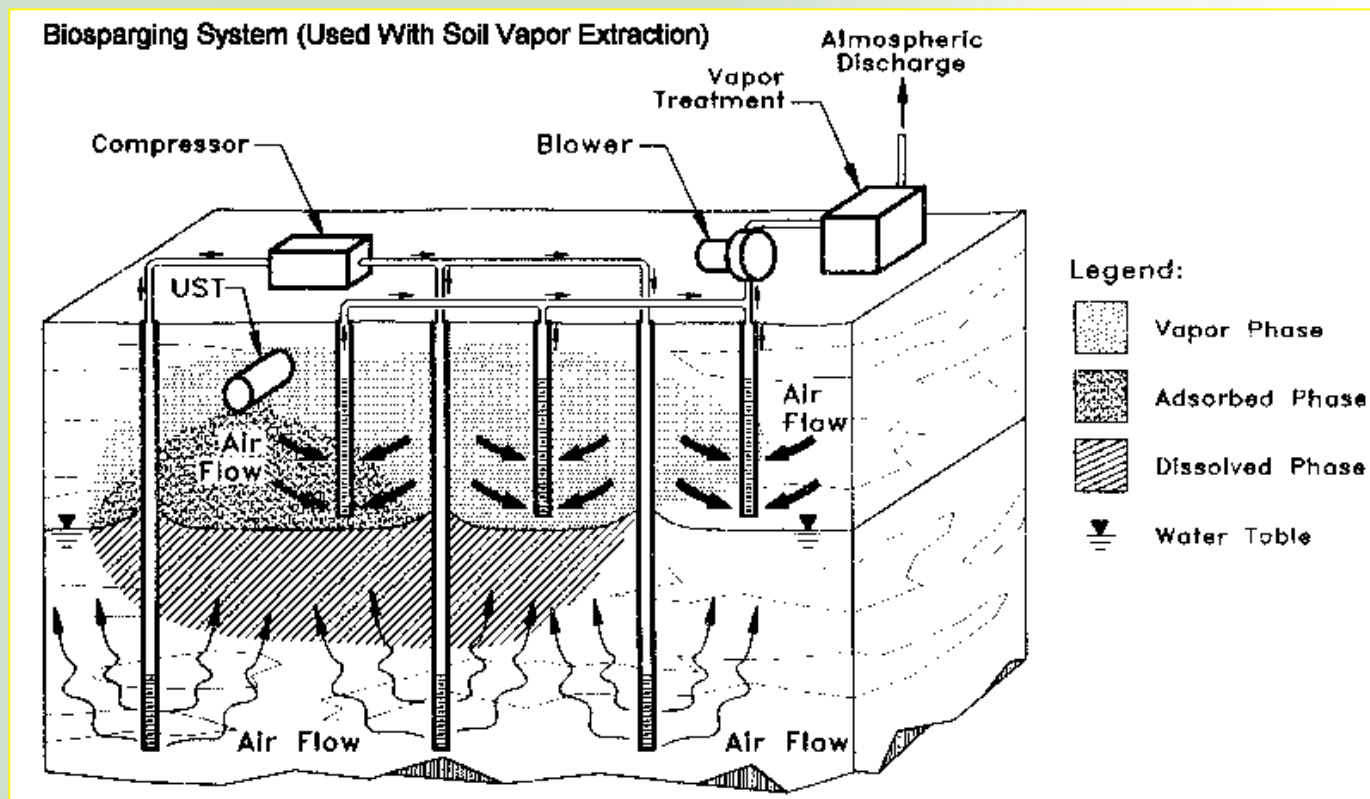
- směs peroxidu vodíku a malé množství toluenu injektována do vrtu
- uvnitř promíchání s vodou pumpovanou z okolní podzemní vody
- peroxid uvolňuje O_2 který „energizuje“ přirozené půdní bakterie, které používají toluen jako substrát
- dochází k vysoké produkci enzymů odbourávajících trichlorethan



Microorganisms like these are responsible for cometabolic biodegradation

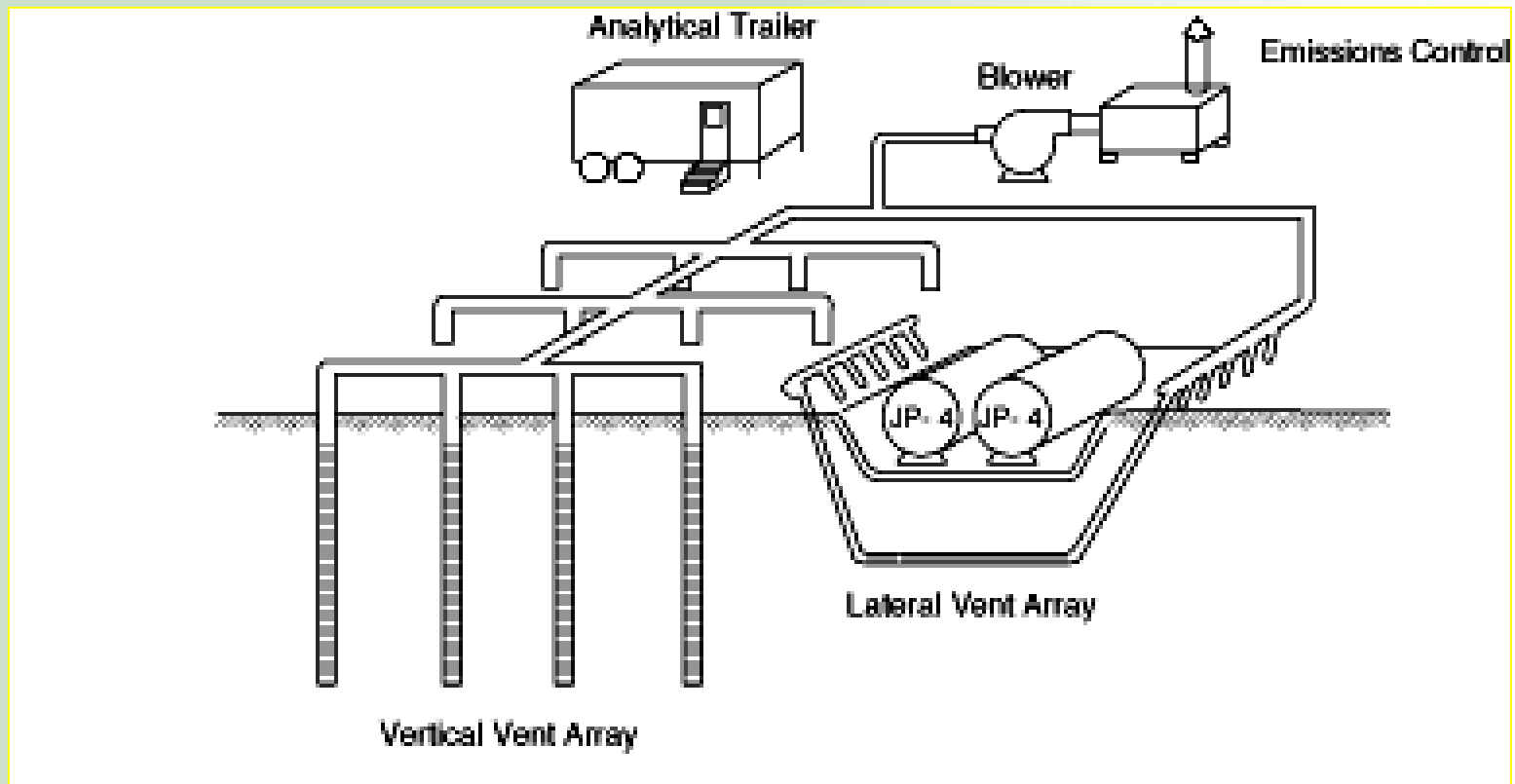
Biosparging

- efektivní *in situ* technologie s minimálním dopadem na ŽP
- injekce vzduchu vrty pod úroveň hladiny podzemní vody
- podpora růstu aerobů odbourávajících rozpuštěné kontaminující látky



Bioventing

- *in situ* biodegradace poskytnutím vzduchu pro aerobní mikroby
- dochází i k částečnému odbourání těkavých látek při průchodem vzduchu horninou



- Pokud je dekontaminace životního prostředí nebo zpracování odpadů provedeno prostřednictvím aktivit zvířat, je proces známý jako **Zooremediace**.

Typy

- **Zooextrakce**: Sběr a zpracování kontaminanty obsahující živočišné biomasy. Pozornost je upřena na živočišné druhy známé akumulací významných polutantů.
- **Zoostabilizace**: Využití zvířat k inhibici migrace kontaminantů. Jedná se o údržbu či doplnění volně žijící populace zvířat bez „sklizně“ živočišné biomasy.
- **Zootransformace** nebo **zoodegradace**: Využití zvířat k degradaci organických polutantů na méně toxické sloučeniny. Jedná se o údržbu či doplnění volně žijící populace zvířat bez „sklizně“ živočišné biomasy.
- Zvířecí **hyperakumulátory**: Ty druhy zvířat, schopné akumulovat $>100 \text{ mg kg}^{-1}$ Cd, Cr, Co nebo Pb; nebo $>1000 \text{ mg kg}^{-1}$ Ni, Cu, Se, As nebo Al; nebo $>10\,000 \text{ mg kg}^{-1}$ Zn nebo Mn. Tato oblast bude z etických důvodů pravděpodobně omezena pouze na bezobratlé.

Využití

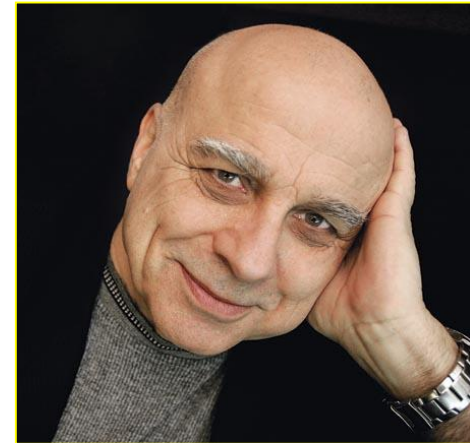
- Náklady na ekologické sanační programy často příliš vysoké.
- Rozvoj ziskových sanačních programů by zvýšil jejich použití.
- Několik specializovaných zvířat bylo identifikováno.
- Mohou sloužit pro sanaci a zároveň produkovat cenný hospodářský produkt.

ZOOREMEDIACE ????



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

*Zobali vrabci zobali,
igelitové obaly,
nechali je tam rolníci,
měli v nich sváčku vonící.
Zobali vrabci zobali,
igelitové obaly,
ubozí ptáci kynuli,
někteří málem zhyňuli.*



.....



ZOOREMEDIACE

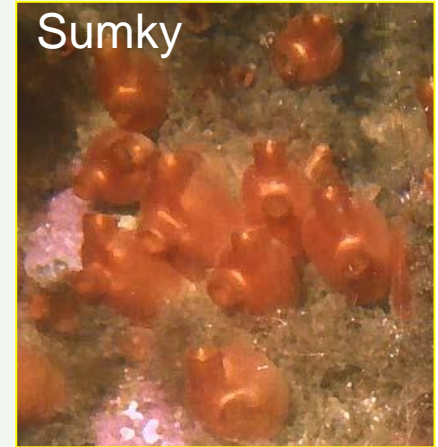
Mechovky



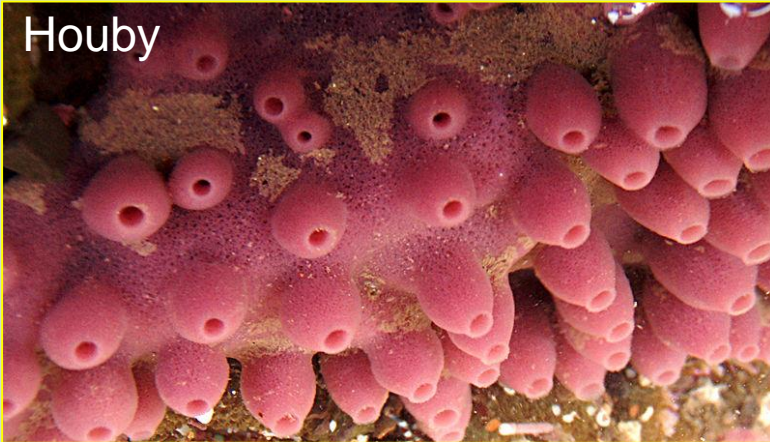
Píži



Sumky



Houby



Perlorodka



Jedlí mlži



Perlorodky

- Snadno skladovatelné, nepotravinářské použití
- Vysoká tržní hodnota (pokrytí nákladů na sanaci)
- Perlorodky jsou účinné odstraňovače živiny.
- Potřeba určit účinky kovů a organických kontaminantů na kvalitu perel

Houby

- Mnoho metabolitů z hub celosvětově poptáváno (vysoká cena)
- Mycí houba (některé taxony) nabízí alternativní ekonomickou návratnost při sanaci znečištění živinami a mikroorganismy (není pravděpodobné, že chemicky exponovaná mycí houba bude přijata na trhu).
- Nutnost prokázat, zda existuje vliv expozice polutanty na ekonomicky zajímavé metabolity
- Houby úspěšně nasazený jako zooremediátory mikrobiální kontaminace

Jedlí mlži

- Zooremediátoři nutričního znečištění.
- Produkty k spotřebě buď na čisticí od kontaminantů před prodejem nebo kultivovat organismy v ústí řek, které nejsou ovlivněny jinými kontaminanty jako jsou mikroorganismy nebo kovy.
- Kultivace měkkýšů v ústích řek, které trpí eutrofizací, je ekonomicky výhodný způsob stabilizace a/nebo redukce živin.

Plži, Mechovky, Sumky

- V současnosti zvýšený zájem na farmaceutickém výzkumu nových sekundárních metabolitů z plžů.
- Někteří měkkýšů mohou mít vlastnosti umožňující současné využití pro bioremediaci (schopnost akumulovat nebo degradovat kontaminanty).

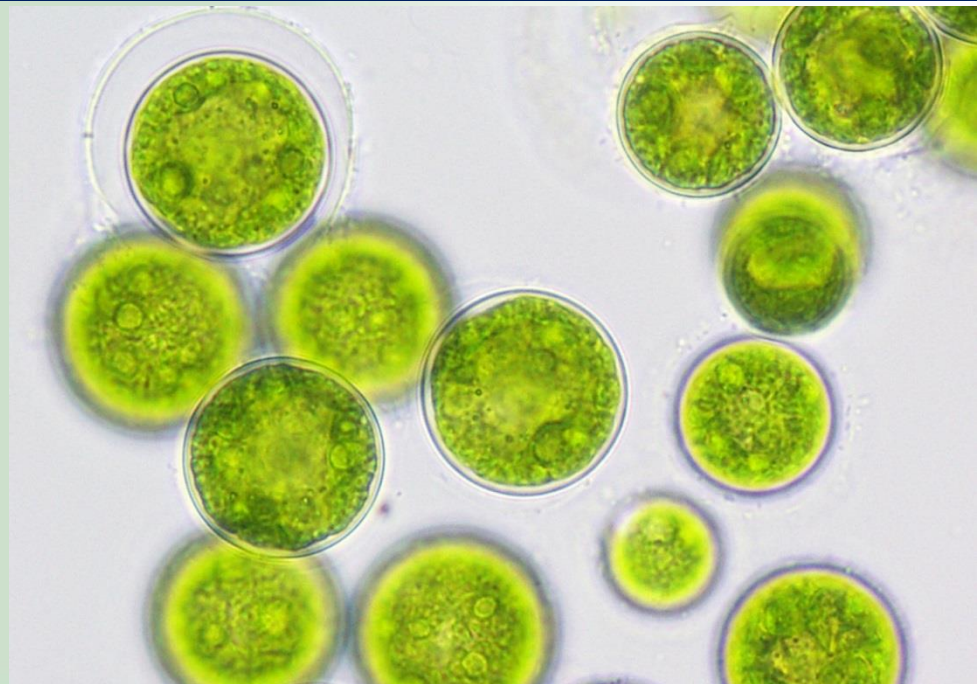
ETICKÝ PROBLÉM

- Je pravděpodobné, že využití zvířat pro bioremediaci bude představovat velký etický problém z hlediska veřejného mínění a schvalovacích orgánů, na rozdíl od použití rostlin nebo mikroorganismů.
- V mnoha právních systémech, termín zvířata odkazuje na 'všechny žijící obratlovce mimo člověka'.
- Je možné, že využití bezobratlých živočichů, například mechovek, hub a měkkýšů, splňuje etické standarty a se setká s malým odporem.
- Nelze vyloučit ani použití některých druhů obratlovců, jako jsou např. ryby, pokud lze prokázat, že etika zooremediace je v souladu se současnou nejlepší praxí chovu zvířat.



FYKOREMEDIACE

- **Fykoremediace** je definována jako užití makroskopických nebo mikroskopických řas pro odstranění nebo biotransformaci polutantů, včetně živin a xenobiotik z odpadních vod a CO_2 z atmosféry.
- Mikroskopické řasy jsou vhodnější organismy pro remediace než ostatní, protože jimi může být zpracováno široké spektrum toxického a jiného odpadu a nejsou patogenní. Při použití řas pro remediace nehrozí nebezpečí náhodného uvolnění do atmosféry způsobujícího zdravotní a environmentální problémy. Řasy využívají odpad jako nutriční zdroj a enzymaticky degradují polutanty.





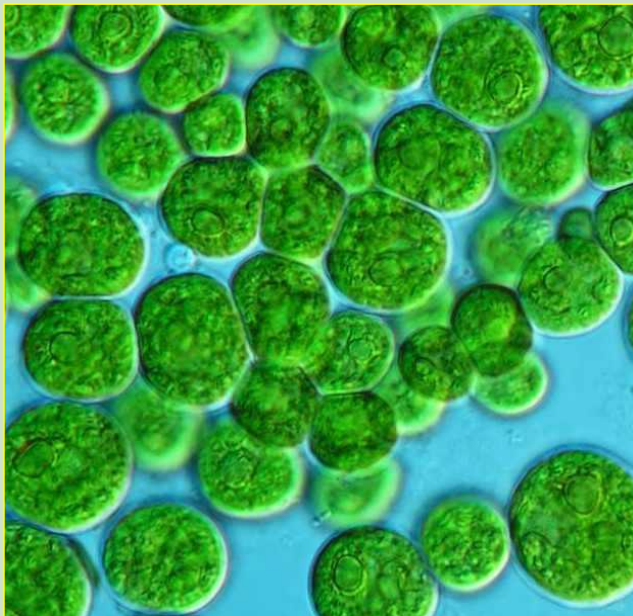
FYKOREMEDIACE

Fykoremediace zahrnují různé aplikace:

- odstraňování živin z komunálních odpadních vod a z průmyslových odpadních vod bohatých na organickou hmotu
- odstranění xenobiotik a živin pomocí biosorbentů na bázi řas
- zpracování kyselých a kovy kontaminovaných odpadních vod
- sekvestrace CO₂
- transformace a degradace xenobiotik
- detekce toxických látek pomocí biosenzorů na bázi řas

Fykomitigace

- Využití řas pro snižování emisí CO₂ je pojmenován jako **Fykomitigation**.
- Technologický proces v sobě zahrnuje fotosyntézu umožňující růst řas, zachytávání CO₂ a produkci vysoce energetické biomasy.
- Tento proces může sloužit jako flexibilní platforma pro dodatečné vybavení tepelných elektráren a dalších antropogenních zdrojů emisí oxidu uhličitého.
- Pomocí komerčně dostupné technologie můžou být řasy ekonomicky přeměněny kapalná paliva, jako je bionafta a bioetanol, atd.



Výhody

- Fykoremediace je finančně efektivní, ekologicky šetrný a bezpečný proces.
- Použité mikroskopické řasy jsou ne-patogenní, fotosyntetizující organismy a neprodukují žádné toxické látky.
- Fykoremediace účinně snižuje zatížení živinami, čímž se snižuje TDS.
- Fykoremediace do značné míry snižuje tvorbu kalů.
- Fykoremediace zvyšuje hladinu rozpuštěného kyslíku díky fotosyntetické aktivitě.
- Fykoremediace udržuje neustále pod kontrolou bakteriální populace.
- Růst řas v odpadních vodách také odstraňuje CO₂ ze vzduchu, a tím přispívá ke snížení skleníkových plynů.
- Biomasa řas má vysokou nutriční hodnotu a může být vhodná jako živé krmivo pro vodní kultury.
- Biomasa řas by mohl být také používán jako bio-hnojivo.
- Produktem konvenční chemické úpravy odpadních vod je zakoncentrovaný toxický odpad ve formě kalu, který vyžaduje skládky. Naproti tomu fykoremediace detoxikuje a odstraní toxický odpad zcela.
- Minimální zápach ve srovnání s konvenčními metodami zpracování.
- Jednoduchá obsluha a údržba
- Stavební a provozní náklady jsou obvykle méně než polovina nákladů na mechanické čistírny (např. aktivovaný kal, sekvenční dávkové reaktory)
- Trvale udržitelné řešení zpracování s významným potenciálem pro energetické využití a produkci živin.

MYKOREMEDIACE



Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

- **Mykoremediace** (mykes, “houby” a remedium, “léčba”) je technika využívající vegetativní část hub k odstranění kontaminantů ze substrátu – obvykle půdy.
- Mykoremediační proces začíná sběrem vyšších hub v oblasti zájmu. Tento proces zahrnuje výběr, kultivaci, testování toxicity, stabilizace vlastností, testování v mesokosmech, pilotní experimenty v reálných podmínkách.



Druhy hub

- Saprophytické houby využívají enzymů a rozkládají biologický materiál
- Parazitické houby jsou schopné ničit bakterie a jiné patogeny
- Mycorrhizní houby se účastní odstraňování látek z biosféry

Potenciální aplikace zahrnuje:

- Redukci zemědělského odpadu
- Vytváření nárazníkových zón
- Plošné snížení zdrojů znečištění v povodích
- Sanaci kontaminovaných sedimentů
- Redukci materiálu odváženého na skládky odpadu
- Dekontaminaci
- Minimalizaci kontaminantů ze splachů ze silnic



FYTOREMEDIACE



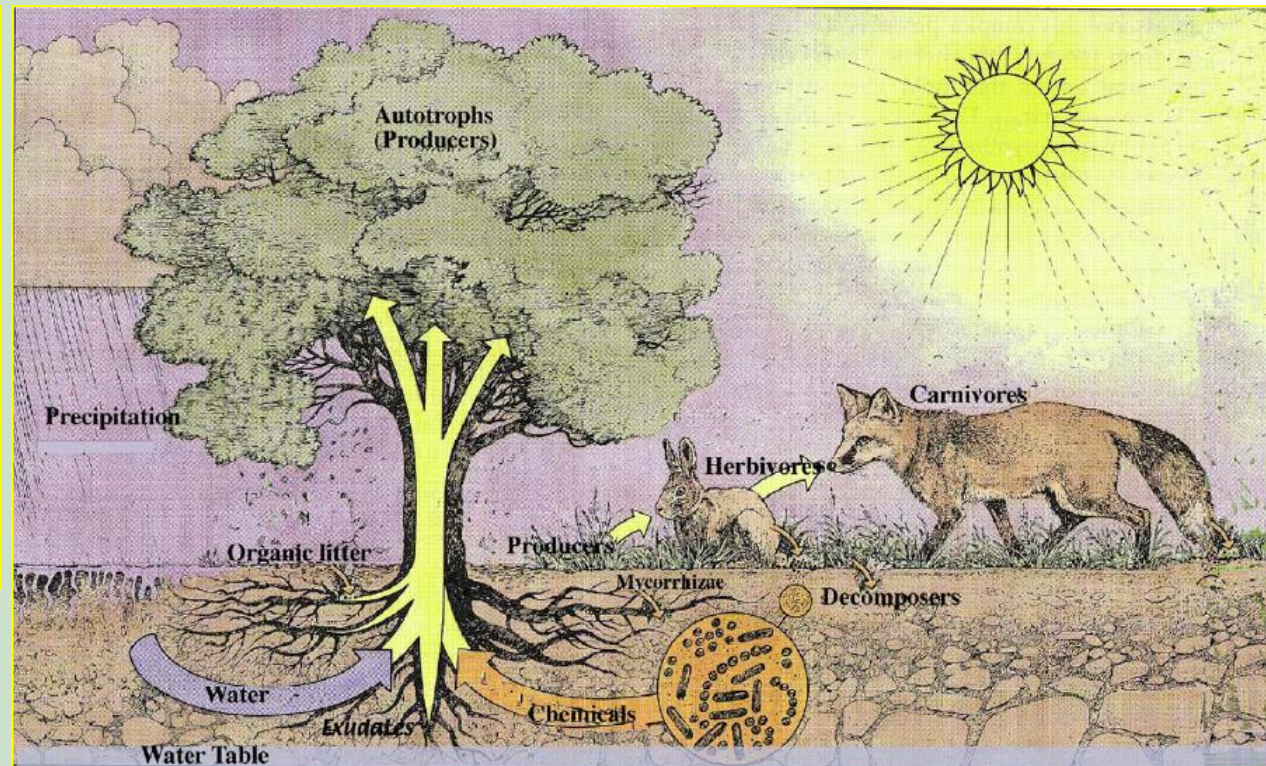
Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

- **Fytoremediace** je využití zelených rostlin pro in situ snížení rizika a/nebo pro odstranění kontaminantů z kontaminované půdy, vody, sedimentů a vzduchu.



EKOREMEDIACE

- **Eko-remediace** představuje udržitelné využití přírodního a vytváření umělého ekosystému pro obnovení a ochranu životního prostředí.



Zahrnuje

- Umělé mokřady
- Polopřirozeně osázené mokřady
- Pruhy vegetace
- Nárazníkovou zóna
- Revitalizaci vodotečí, jílovitých jímek, kanálů
- Založení lesa na skládkách ...

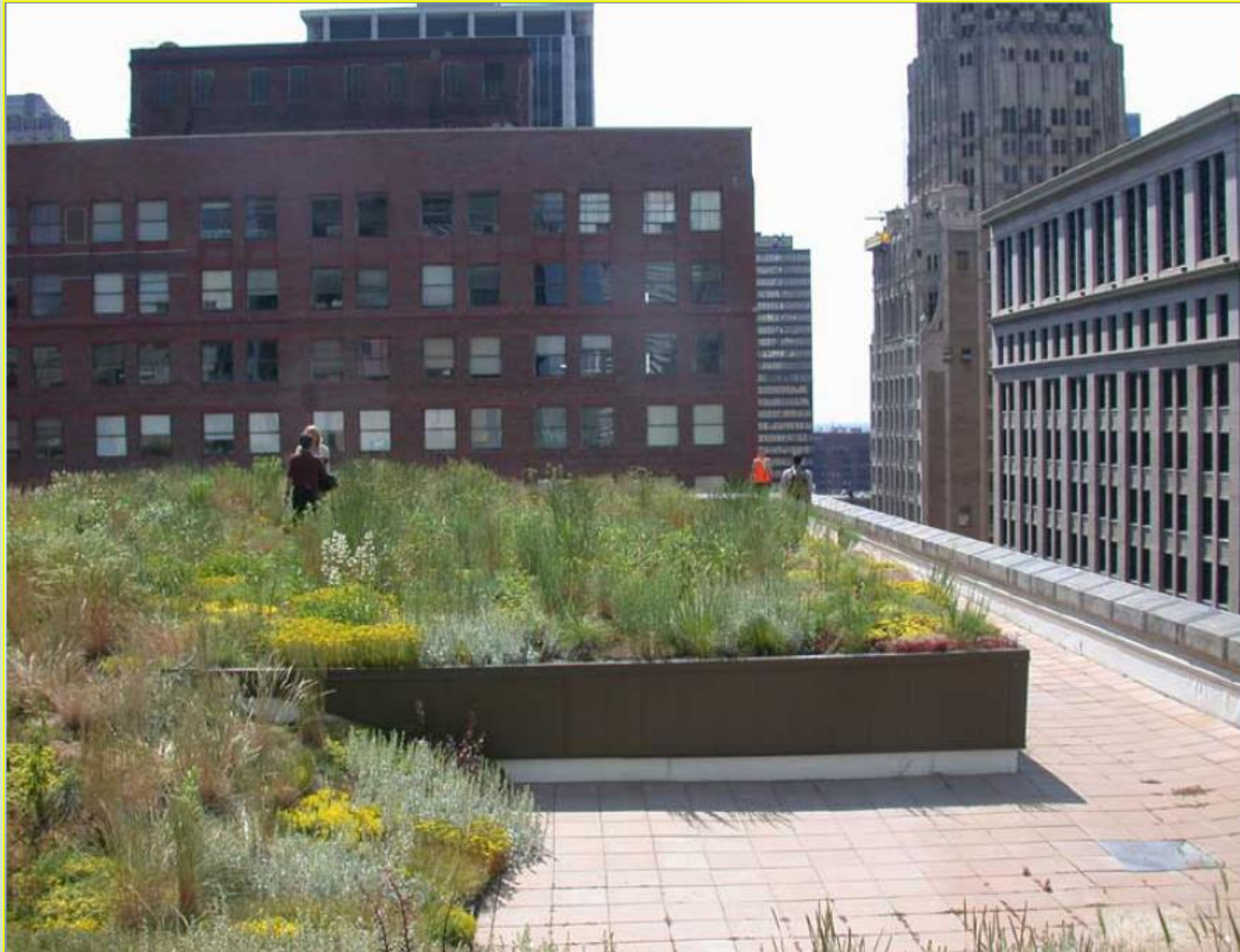
Hlavní charakteristiky

- Efektivní v čištění
- Jednoduchý koncept, levný a jednoduché uvést do provozu
- Není potřeba žádná mechanická ani elektrická síla
- Je jednoduché provozovat s nízkými provozními náklady
- Vysoká pufrační kapacita
- Zadržování vody
- Jsou postavena jako součást místního prostředí - vytváření biotopů
- Biodiverzita

REVITALIZACE ODVOĎŇOVACÍHO KANÁLU



REVITALIZACE STŘECH V CHICAGU





Dříve, než přistoupíme k výuce, ráda bych se vám předem omluvila za
nevyžádané informace ...

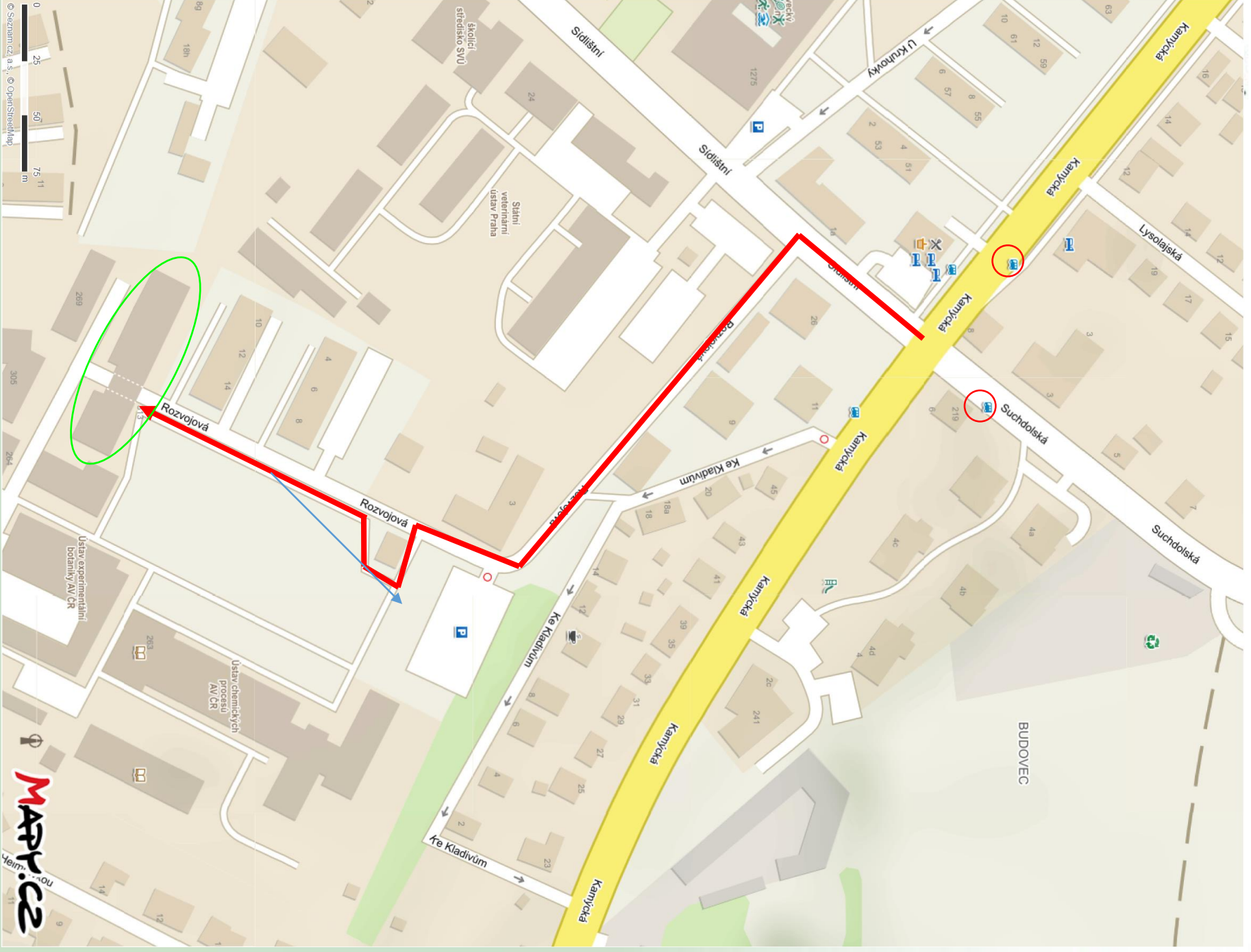
ZKOUŠKA

Navrhovaný před-termín:

6 listopadu 2017



ALE KDEPAK, MĚ VĚDA VŮBEC NEZAJÍMÁ, ALE TUHLE JSEM
SE NÁHODOU DOZVĚDĚL KOLIK DĚVÁJÍ ZA NOBELOVU CENU!



0 25 50 75 111 m

MAPY.CZ