



Fytoremediace VI.

Petr Soudek

Laboratoř rostlinných biotechnologií
Společná laboratoř ÚEB AV ČR, v.v.i. A VÚRV, v.v.i.
Akademie věd České Republiky

GENETICKÉ ÚPRAVY ROSTLIN



VYLEPŠENÍ FYTOREMEDIACE

Rostlinná selekce

Úprava a hnojení půdy

Zvýšení biodostupnosti pomocí syntetických chelatorů

Hustota rostlin při výsevu

Střídání plodin

Podpora plodin (hubení škůdců a zavlažování)

Výzkum



TRANSGENNÍ ROSTLINY

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**



CHYBÍ ROSTLINY VHODNÉ PRO REMEDIACI

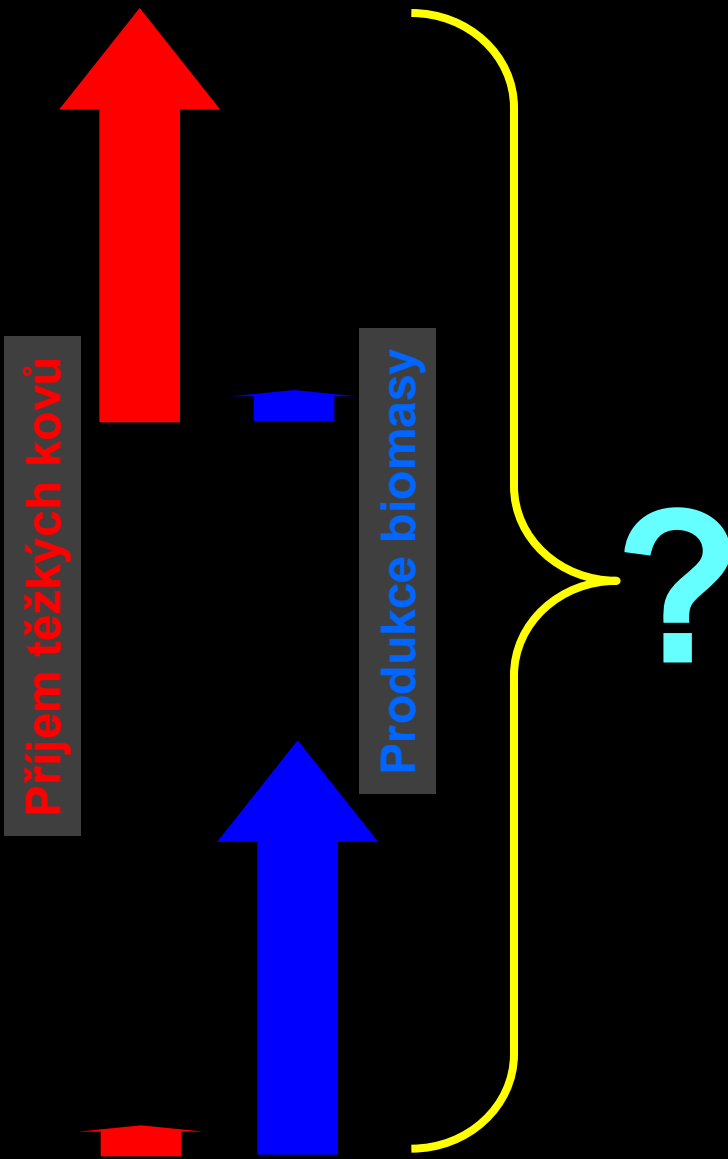
Rostliny pro
remediaci



Thlaspi calaminare



Helianthus annuus



BOTANICKÝ PRŮZKUM

1. Průzkum kontaminované lokality
2. Dokumentace rostlin
3. Sběr rostlin a semen pro herbář a *in vitro* studie

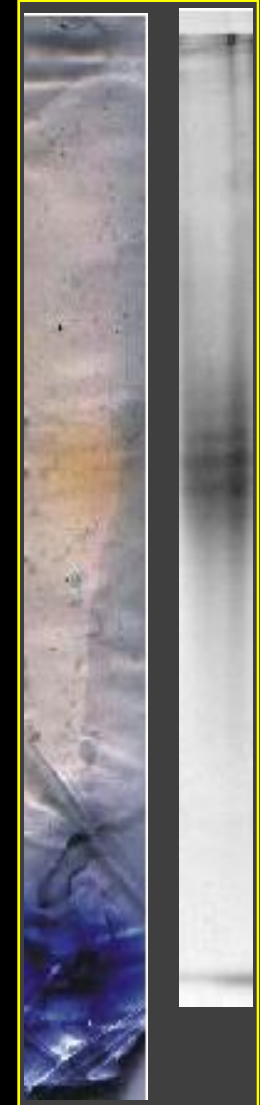
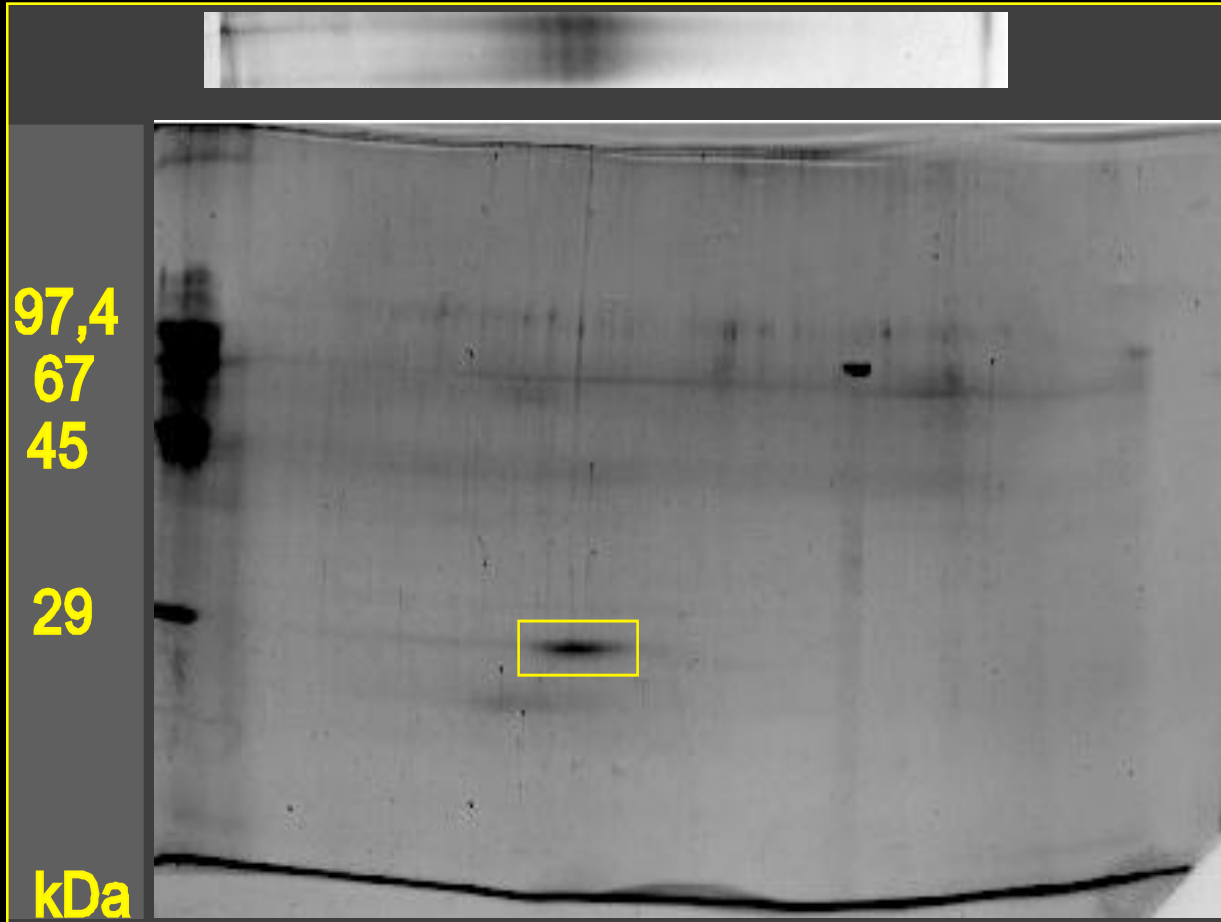


IN VITRO KULTIVACE

Saponaria officinalis



IDENTIFIKACE ZODPOVĚDNÝCH PROTEINŮ



SOMATICKÁ HYBRIDIZACE BUNĚK



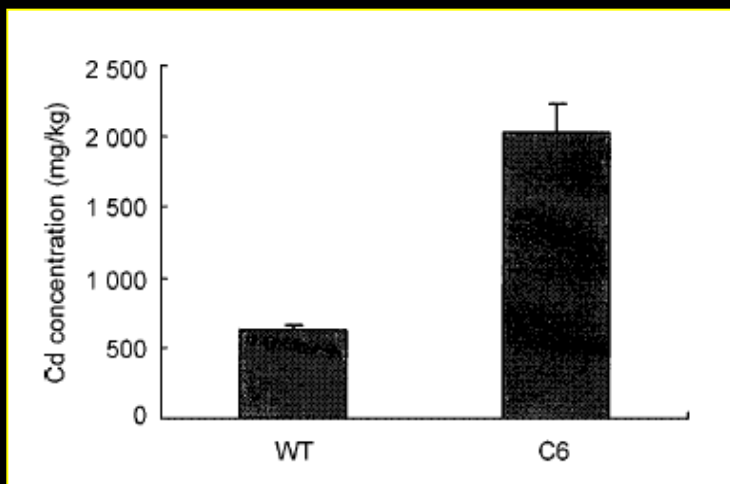
Asymmetrický somatický hybrid 60/31 (B) a jeho rodiče *Brassica juncea* (A) a *Thlaspi caerulescens* (C) rostoucí v půdě obsahující 800 mg/kg olova, 328 mg/kg niklu, a 7,600 mg/kg zinku.

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

PŘÍJEM KADMIA TABÁKEM

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+} .

(A) List C6 před kultivací. (B) List „wild type“ před kultivací
(C) List C6 po kultivaci. (D) List „wild type“ po kultivaci



Koncentrace Cd v tabáku po 3 týdnech kultivace s 100 $\mu\text{mol/L}$ CdCl_2 .
WT, „wild type“ rostliny
C6, transgenní linie



Li *et al.*, *Journal of Integrative Plant Biology* (2006) 48:928–937



POLNÍ EXPERIMENTY

Petr Soudek - Fytoremediace VI.



Spolana Neratovice



Kaňk, Kutná Hora



Pardubice



Příbram



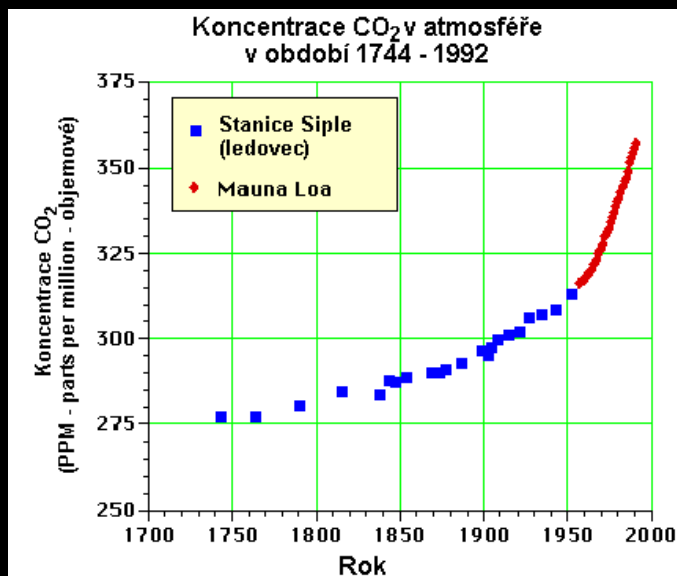
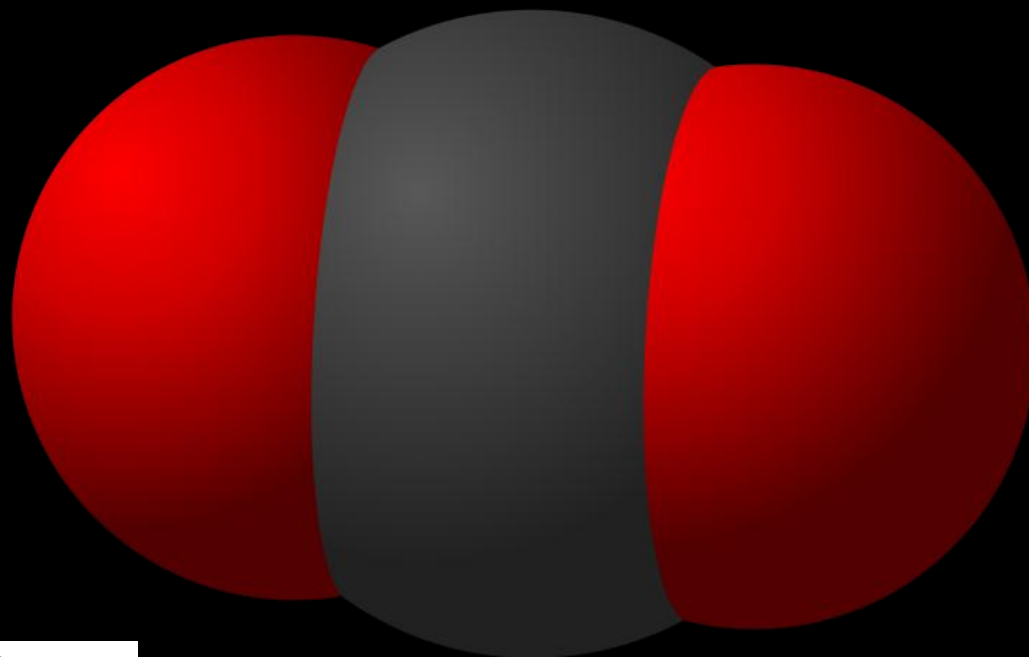
Mydlovary



KAM S ROSTLINAMI ?



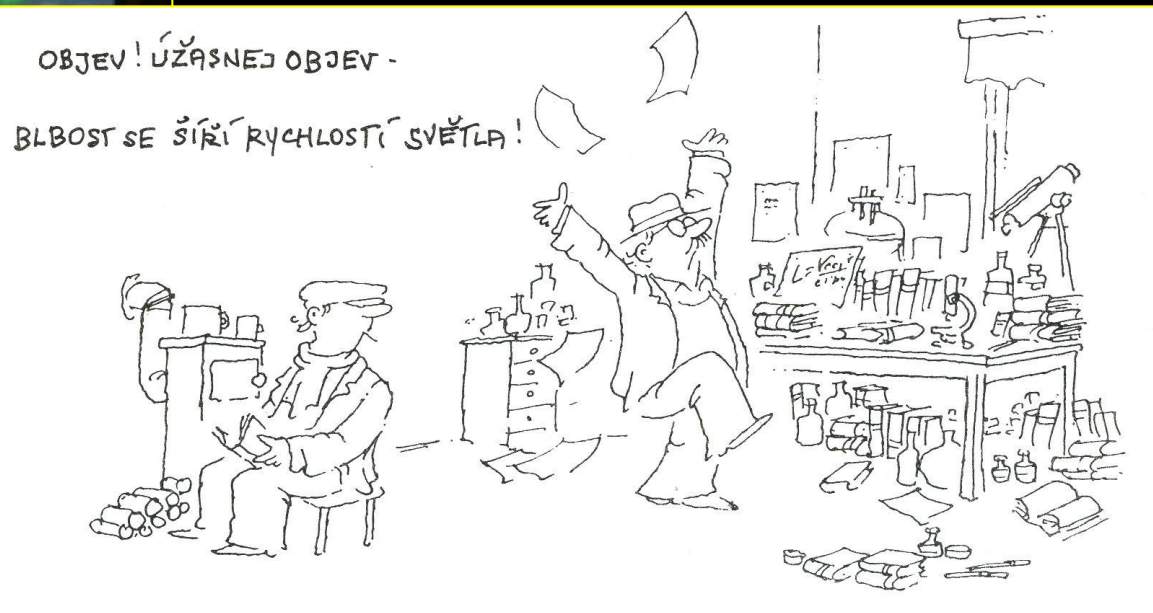
CO₂



CO JE TO BIOMASA ?



Biomasa je téměř jakákoli hmota organického původu, ať už rostlinného či živočišného.



BIOMASA



- Suchá biomasa, což je například dřevní a suchý rostlinný odpad, se většinou zpracovává suchými procesy, jako jsou spalování či zplyňování.
- Mokrú biomasa, tedy například tekuté a pevné výkaly hospodářských zvířat či siláž, se zpracovává mokkými procesy v bioplynových stanicích. Mezi další možnosti jejího zpracování pak patří lisování olejů a jejich úprava například při výrobě bionafty.

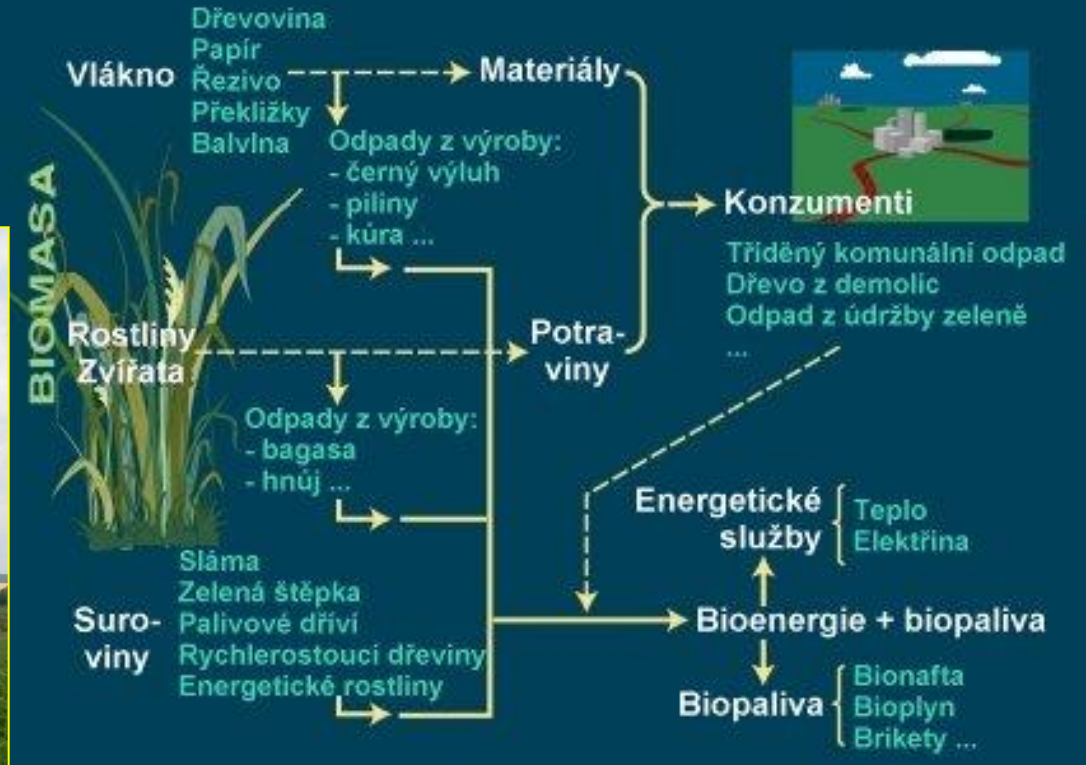
ENERGETICKÉ PLODINY

Lignocelulózové	<i>Dřeviny (vrby, topoly, olše, akáty)</i>
	<i>Obiloviny (celé rostliny)</i>
	<i>Travní porosty (sloní tráva, chrastice, trvalé travní porosty)</i>
	<i>Ostatní rostliny (konopí seté, čirok, křídlatka, šťovík krmný, sléz topolovka)</i>
Olejnáté	<i>Řepka olejná, slunečnice, len, dýně na semeno</i>
Škrobno-cukernaté	<i>Brambory, cukrová řepa, obilí (zrno), topinambur, cukrová třtina, kukuřice</i>



BIOMASA

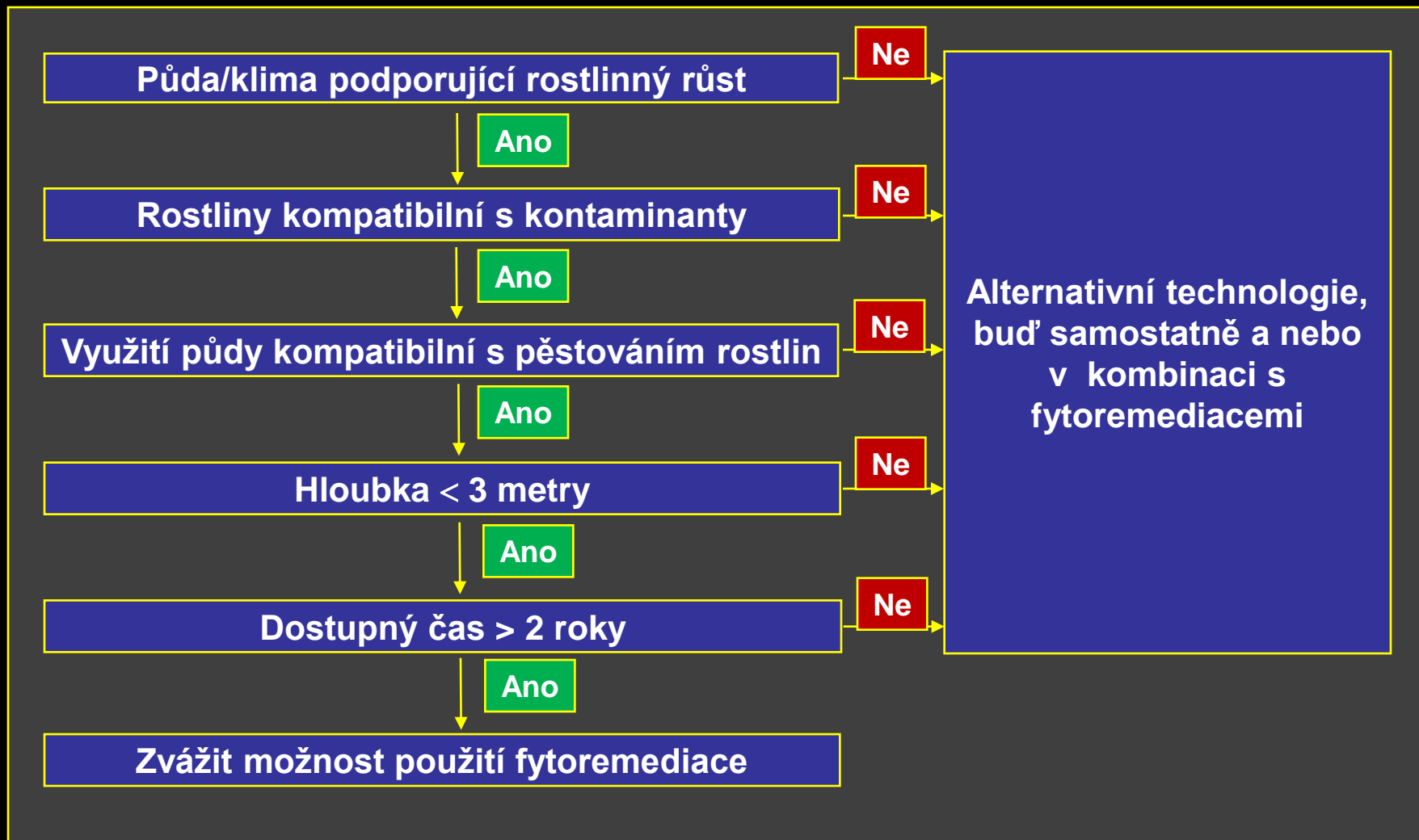
Biomasa pro energii



PLÁNOVÁNÍ A APLIKACE FYTOREMEDIACE



ROZVAHA POUŽITÍ FYTOREMEDIACE



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 FYTOREMEDIATIONÁČNÍHO PROJEKTU

- **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.**

MONITORING

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

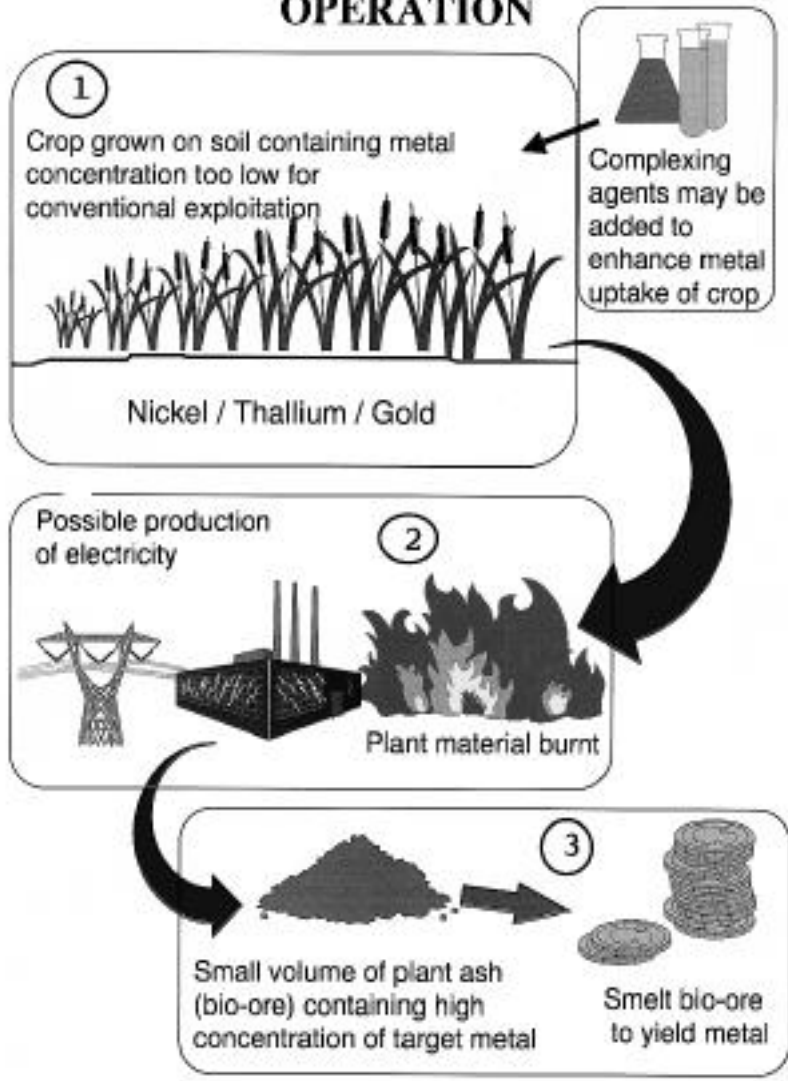
- Užití chelatorů pro zvýšení rozpustnosti kovů
- Kombinace s jinými *in situ* technologiemi
(např. mikrobiální bioremediace, elektrokinetika)
- Výběr vylepšených rostlinných variet
- Genetická úprava vylepšených variet
- Ověření efektu rhizosféry
- Stanovení potřebných sanačních limitů
- Identifikace kritických parametrů, druhů, klimatu, půd.

PŘÍKLADY VYUŽITÍ



FYTOMINING

THE PHYTOMINING OPERATION



Enköping, Švédsko



Fytoremediace bývalé rafinérie BP Amoco

- 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)

- fytoimediační mokřad vytvořený r. 1998 pro remediaci rozpustných látek



DOE's Portsmouth Gaseous Diffusion Plant (Ohio, USA)



V letech 1954- 2001

- separace uranových izotopů plynou dufúzí
- 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

Mokřadní čistírna vod Anglie

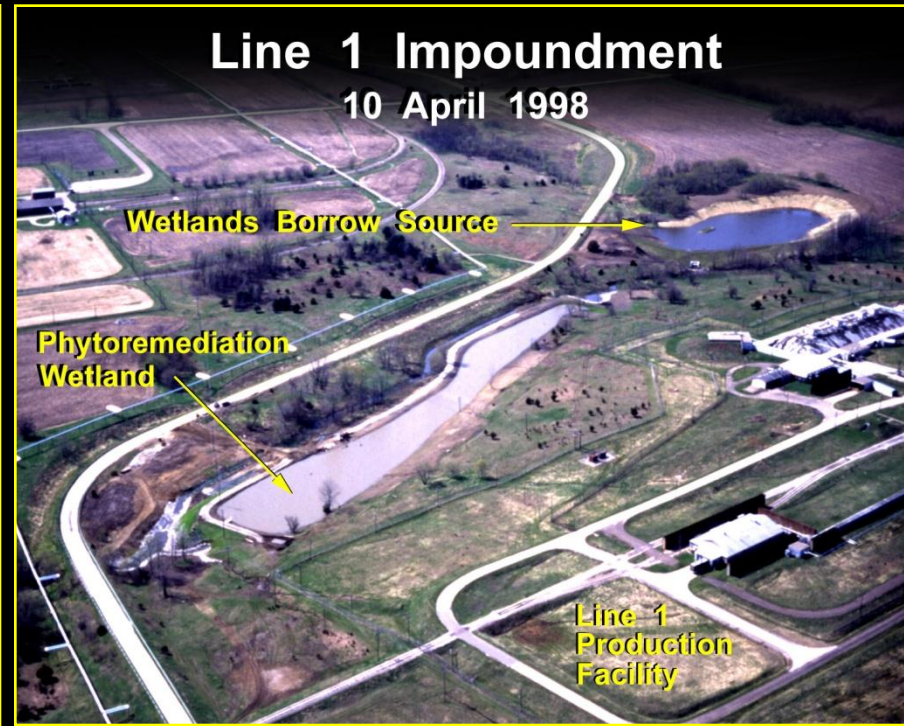
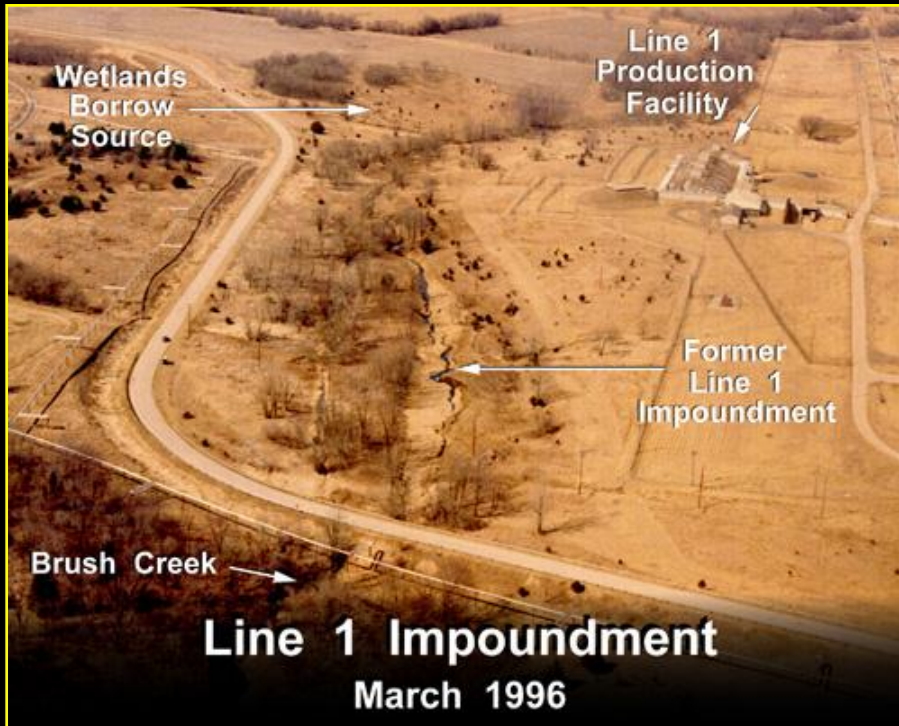


**Nong Yai Hospital,
provincie Chonburi,
Thajsko**



**Mokřad jako čistírna vod
(rostlina *Conna indica*)**

Iowa Army Ammunition Plant Restoration



Mokřady

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

Iowa Army Ammunition Plant Restoration



V r. 1997

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

Kontaminované území je přeměnována v mokřadní zónu

- v r. 1998 osázeno vhodnými rostlinami s vysokou kapacitou fytoremediace

Bývalá BP rafinérie, Casper, Wyoming



© BP 2006



Nimr rákosové laguny, Oman, Shell a Petroleum Development Oman

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





DALŠÍ APLIKACE FYTOREMEDIACÍ

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. Shnoor, 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)



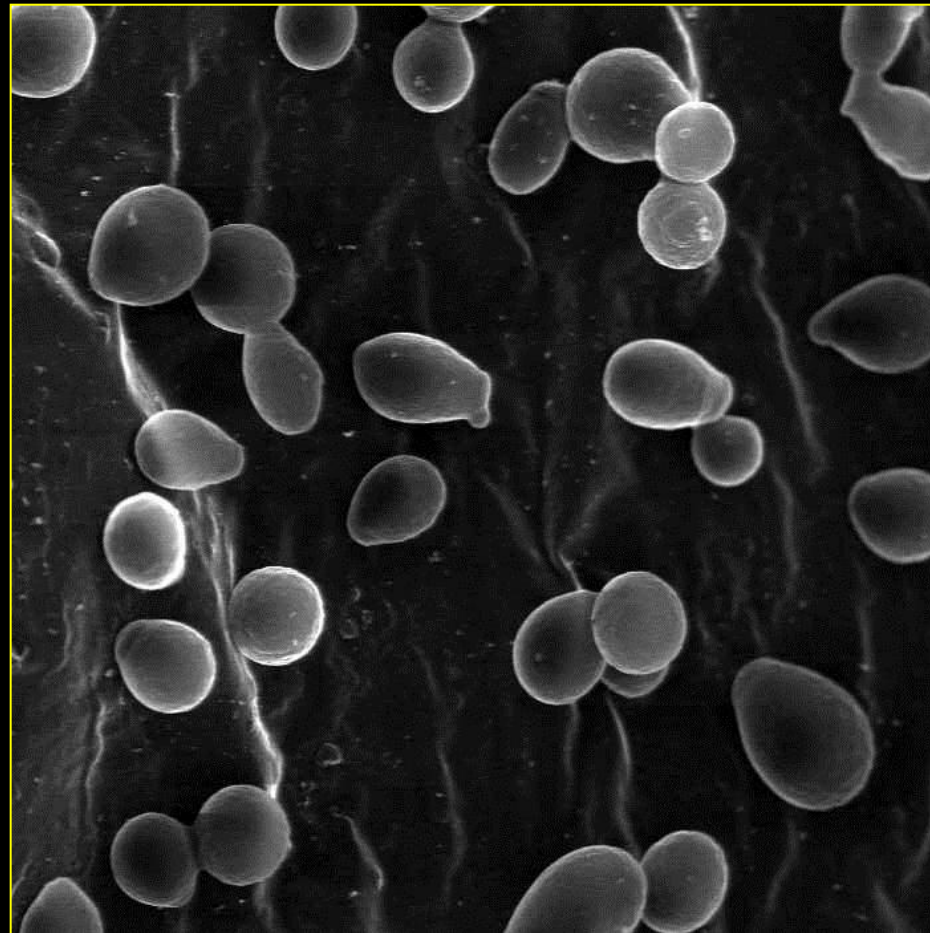


TYPY REMEDIACÍ

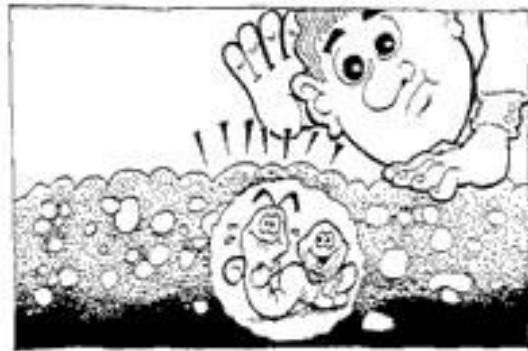
(BIOREMEDIACÍ)

BIOREMEDIACE

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.



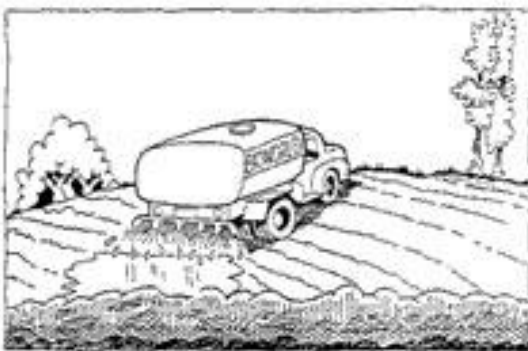
BIOREMEDIACE



Půda obsahuje mnoho druhů drobných tvorů zvaných mikroby.

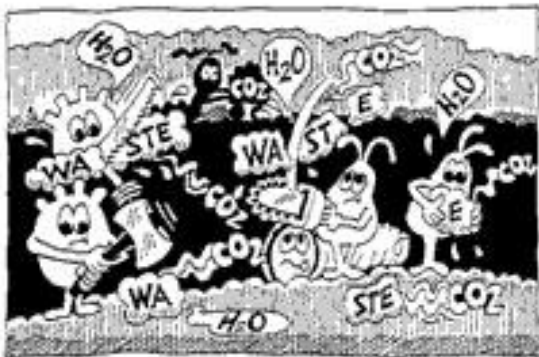


Když nebezpečné odpady kontaminují půdu, stávající mikrobi bojují o přežití. Kmeny známé svou schopností degradovat odpad můžou, ale nemusí být přítomny. Kromě toho také mikroby postrádají potřebné živiny pro množení a prosperitu.

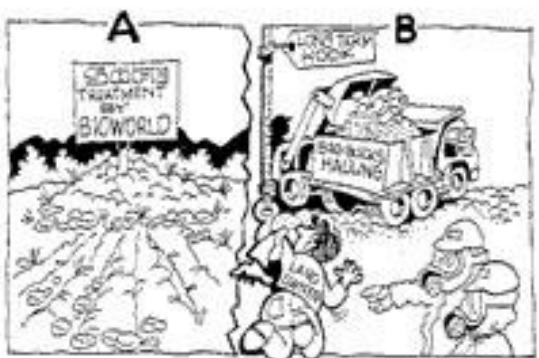


Použití bioremediační technologie umožňuje snadno aplikovat vhodné kmeny vybraných mikrobů a rozpustné formy potřebných živin pro danou konkrétní situaci.

BIOREMEDIACE



Miliardy zdravých mikrobů se neustále snaží přeměnit nebezpečný odpad na neškodné meziprodukty.

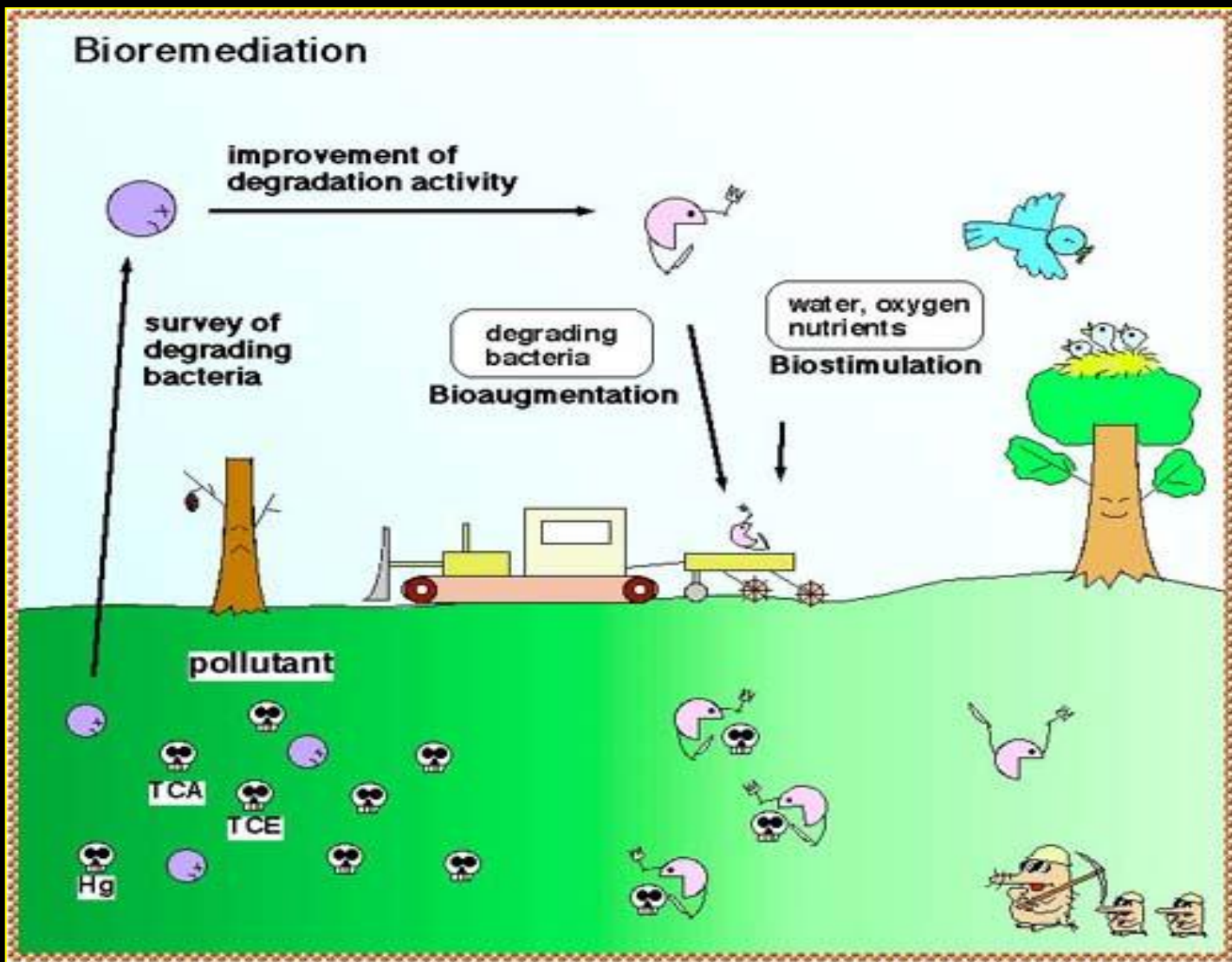


A - Bioremediace poskytuje efektivní a k životnímu prostředí šetrné *on site* řešení na odstranění mnoha nebezpečných odpadů.
B - Dlouhodobá odpovědnost za dopravu na skládku a za likvidaci odpadu je zcela eliminována.

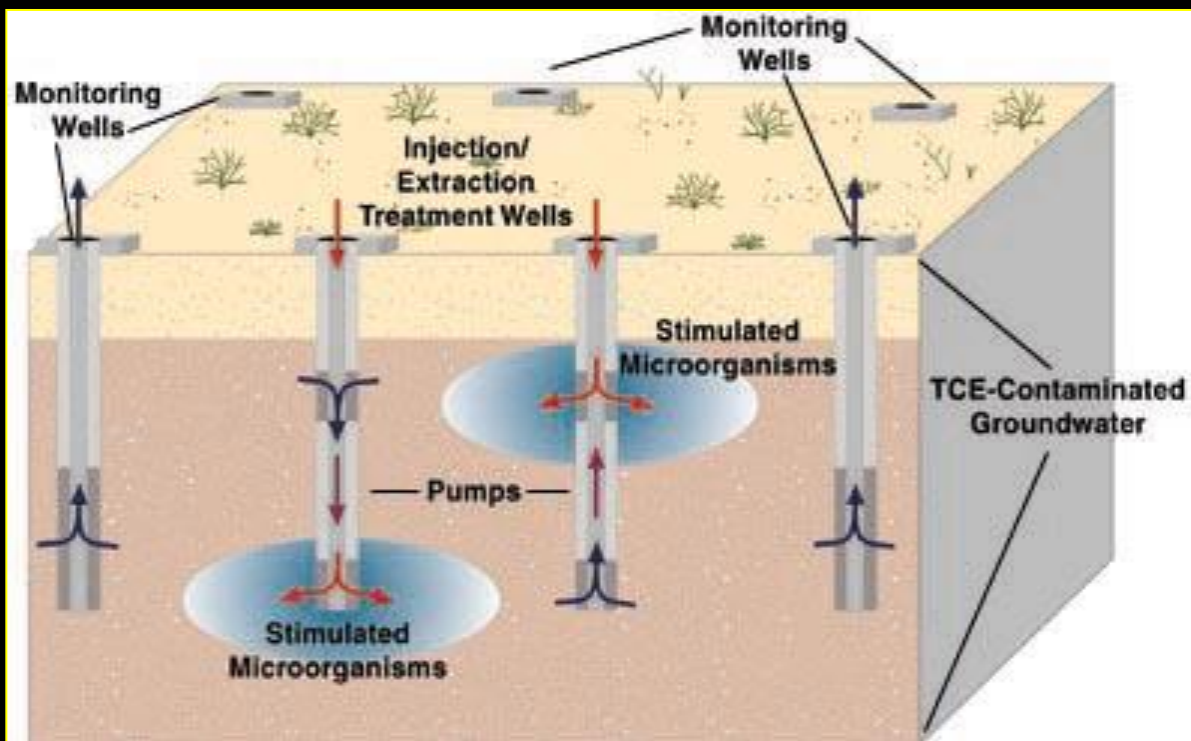


Výsledkem je úspěšné a nákladově-efektivní čištění kontaminované plochy, které je v souladu s ekologickými předpisy.

BIOREMEDIACE



BIOREMEDIACE



Microorganisms like these are responsible for cometabolic biodegradation

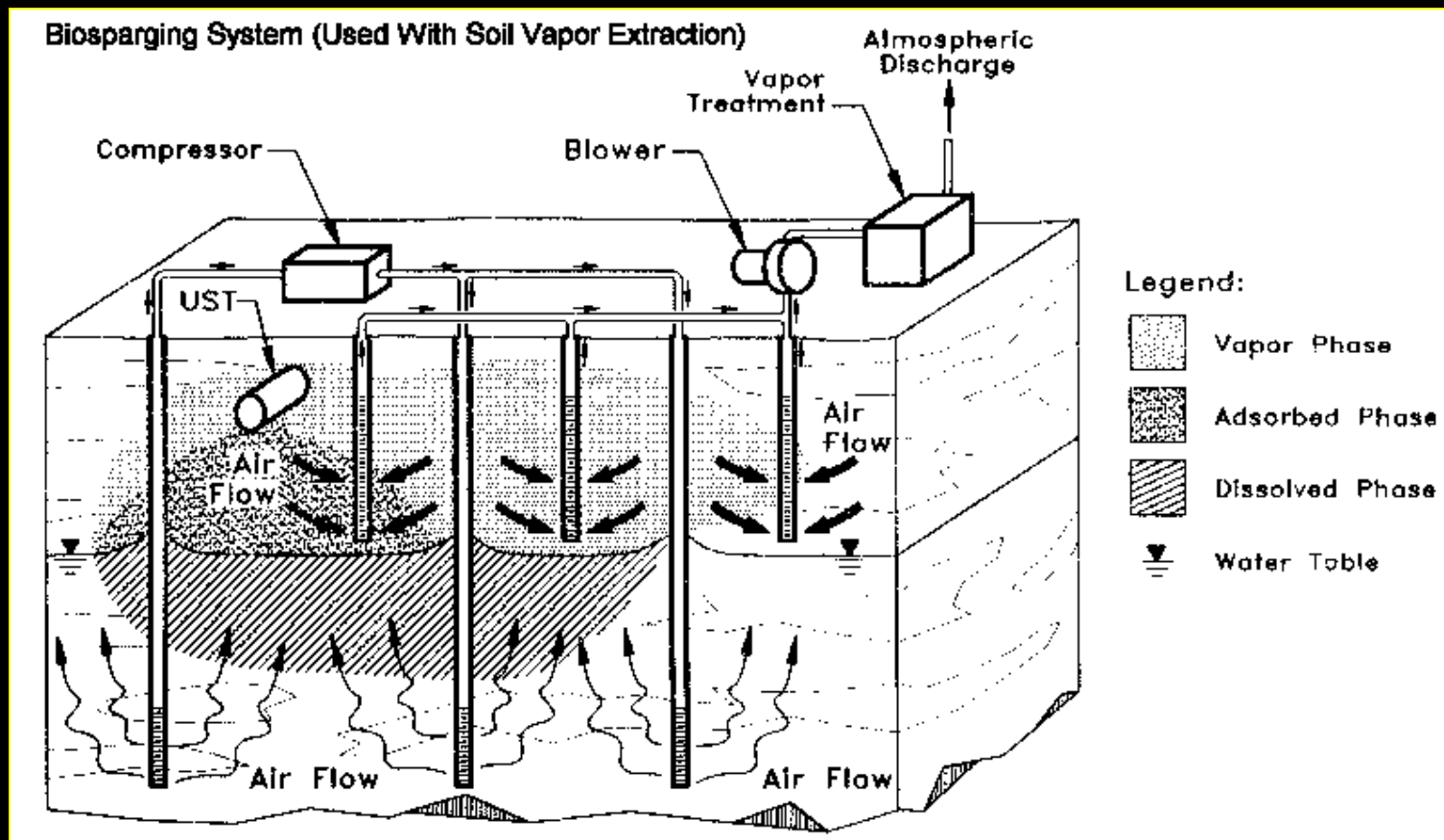
Kometabolická biodegradace TCE v půdě „in situ“

- 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

BIOREMEDIACE

Biosparging

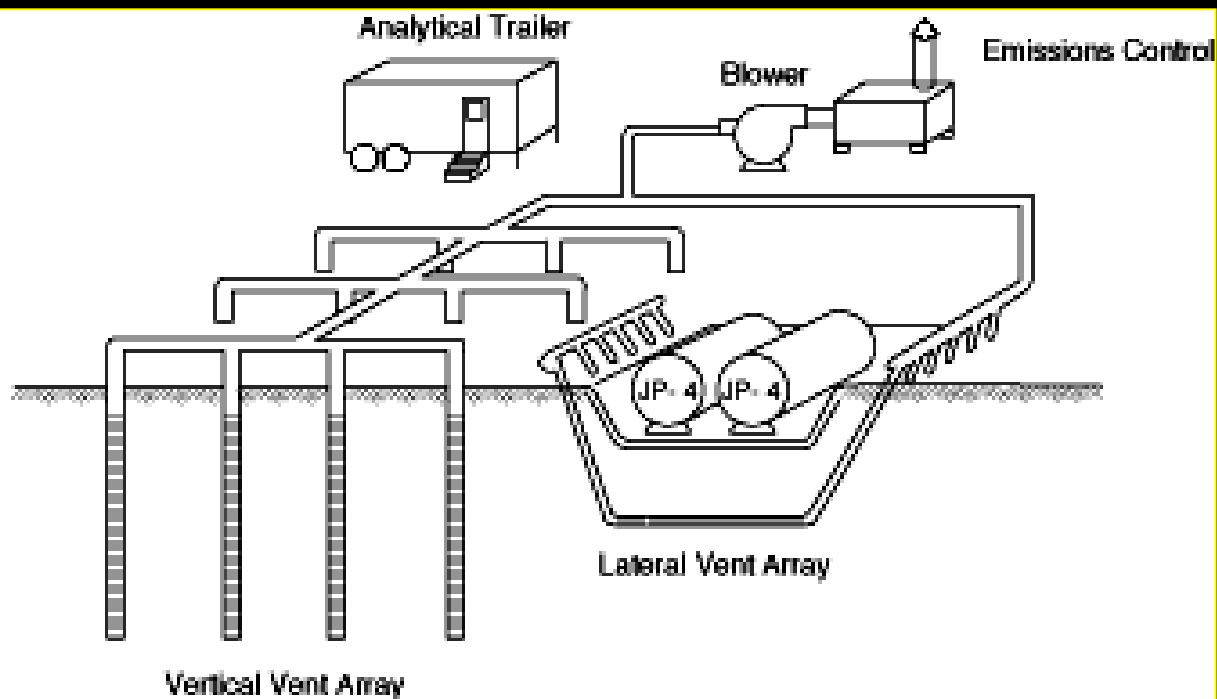
- efektivní *in situ* technologie s minimálním dopadem na ŽP
- injekce vzduchu vrty pod úroveň hladiny podzemní vody
- podpora růstu aerobů odbourávajících rozpuštěné kontaminující látky



BIOREMEDIACE

Bioventing

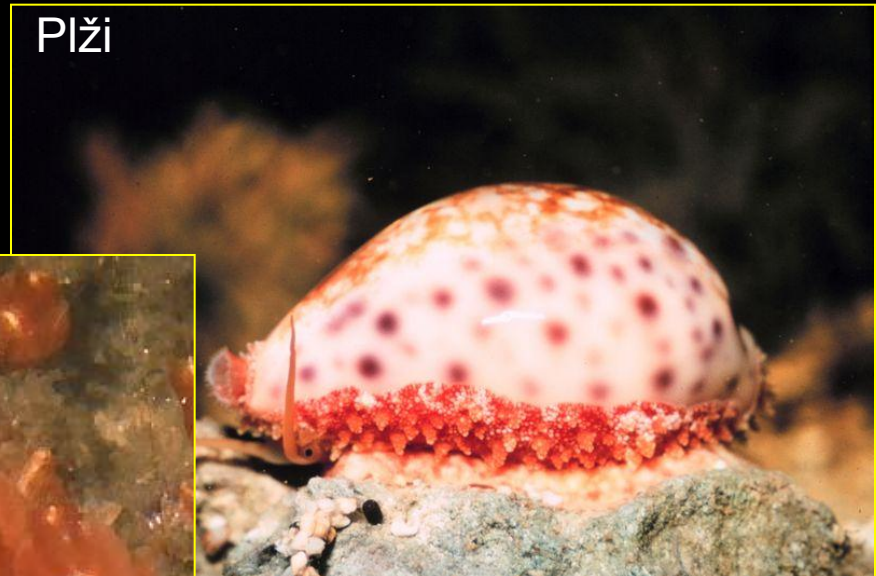
- in situ biodegradace poskytnutím vzduchu pro aerobní mikroby
- dochází i k částečnému odbourání těkavých látek při průchodem vzduchu horninou



ZOOREMEDIACE



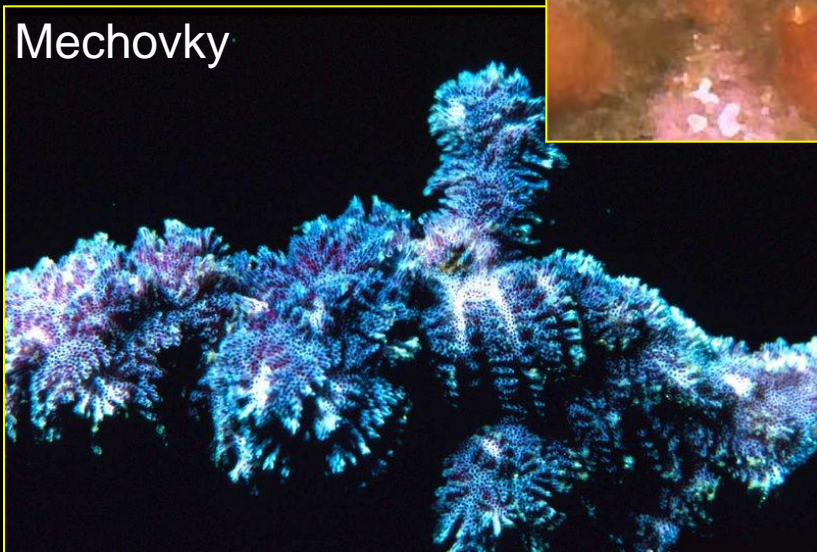
Perlotvorka



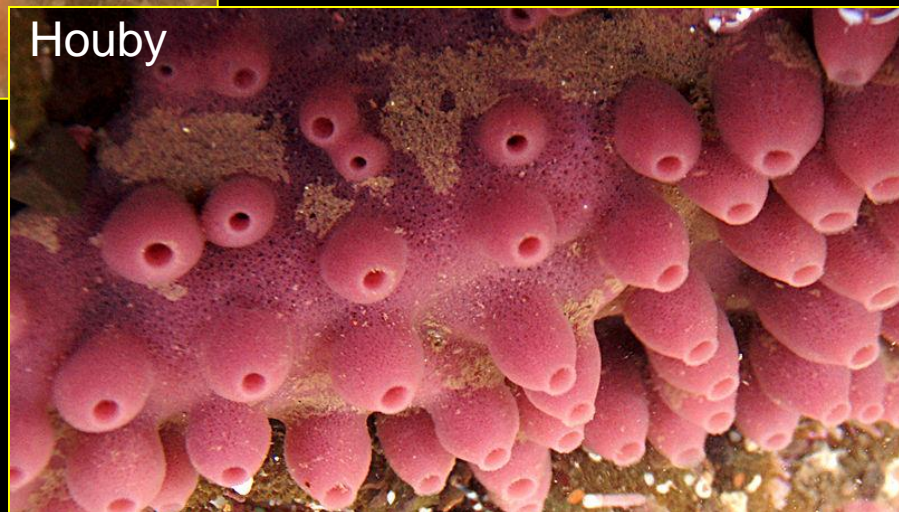
Plži



Sumky



Mechovky



Houby

ZOOREMEDIACE



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

Stalo se mi včera ráno,
šel jsem od milé právě,
vrabec bledý jako stěna
vrávoral proti mě v trávě.

Sotva se držel na nohou,
břicho měl nafouklé naříkal,
za chlupy jsem ho uchopil,
ke zvěrolékaři utíkal.

Doktor ho proklepal změřil tlak,
vypumpoval z něj igelit,
než půjde vrabčák na vojnu,
bude už vrabčák dávno fit.

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

ZOOREMEDIACE

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

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.

ZOOREMEDIACE

- 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.

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 (použití chemicky exponované materiálu mycí houba je nepravděpodobné, že bude přijat na trhu).
- Nutnost prokázat, zda existuje vliv expozice polutanty na ekonomicky zajímavé metabolity
- Houby úspěšně nasazeny jako zooremediátory mikrobiální kontaminace



ZOOREMEDIACE

Jedlí mlži

- Zooremediátoři nutričního znečištění.
- Produkty k spotřebě buď na čistit 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).

ZOOREMEDIACE

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 standardy 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 může být 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.

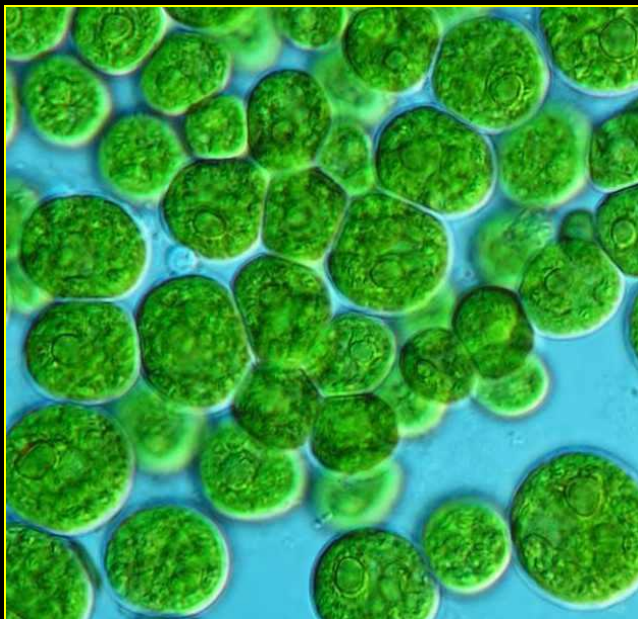
FYKOREMEDIACE

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

FYKOREMEDIACE

Využití řas pro snižování emisí CO_2 je pojmenován jako **Fykomitigation**. Technologický proces v sobě zahrnuje fotosyntézu umožňující růst řas, zachytávání CO_2 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.



FYKOREMEDIACE

Výhody fykoremediace:

1. Fykoremediace je nákladově-efektivní, ekologicky šetrný a bezpečný proces.
2. Použité mikroskopické řasy jsou ne-patogenní, fotosyntetizující organismy a neprodukují žádné toxické látky.
3. Fykoremediace účinně snižuje zatížení živinami, čímž se snižuje TDS.
4. Fykoremediace do značné míry snižuje tvorbu kalů.
5. Fykoremediace zvyšuje hladinu rozpuštěného kyslíku díky fotosyntetické aktivitě.
6. Fykoremediace udržuje neustále pod kontrolou bakteriální populace.
7. Růst řas v odpadních vodách také odstraňuje CO_2 ze vzduchu, a tím přispívá ke snížení skleníkových plynů.
8. Biomasa řas má vysokou nutriční hodnotu a může být vhodná jako živé krmivo pro vodní kultury.
9. Biomasa řas by mohl být také používán jako bio-hnojivo.
10. 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.
11. Minimální zápach ve srovnání s konvenčními metodami zpracování.
12. Jednoduchá obsluha a údržba
13. Stavební a provozní náklady jsou obvykle méně než polovina nákladů na mechanické čistírny (např. aktivovaný kal, sekvenční dávkové reaktory)
14. Trvale udržitelné řešení zpracování s významným potenciálem pro energetické využití a produkci živin.

MYKOREMEDIACE

Mykoremediace (mykes, “houby” a remedium, “léčba”) je technika využívající vegetativní část hub k odstranění kontaminantů ze substrátu – obvykle půdy.



MYKOREMEDIACE

Tři druhy hub, saprofytické, parazitní a mykorhizní, se liší v použití pro různé typy bioremediačních procesů:

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

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.

MYKOREMEDIACE

Potenciální aplikace mykoremediačních technologií zahrnují :

- 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

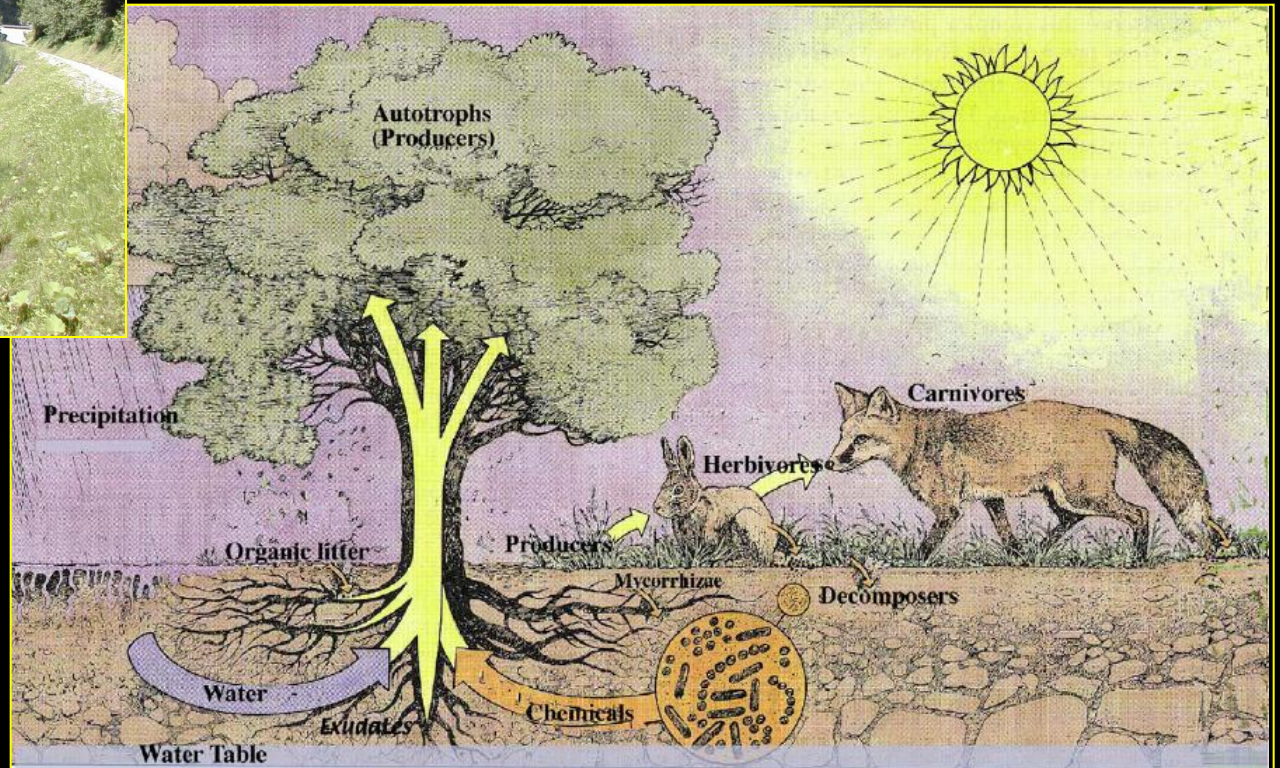
FYTOREMEDIACE

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.



EKOREMEDIACE

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 pufrční kapacita
- Zadržování vody
- Jsou postavena jako součást místního prostředí-vytváření biotopů
- Biodiverzita



PŘÍKLADY EKOREMEDIACE

REVITALIZACE ODVOŽŇOVACÍHO KANÁLU



EKOREMEDIACE

REVITALIZACE STŘECH V CHICAGU

