



Biodekontaminační technologie I.
Úvod

Petr Soudek

Typy

- **Přirozená** - v případě rizikových prvků (geochemicky anomální substráty), vzácněji i v případě organických polutantů (přírodní požáry, vulkanická činnost, atd.).
- **Antropogenní** - rizikové prvky, perzistentní organické polutanty, radioaktivní prvky, kyanidy a jiné chemikálie. Do půdy se dostávají z imisní zátěže, při havarijních situacích (přeprava a skladování chemikálií apod.), vypouštěním odpadních vod (fluvizemě), z nezabezpečených skládek odpadů, a také používáním agrochemikálií a odpadních látek v zemědělství.

Důsledky

- narušení základních funkcí půdy (např. inhibice mikrobiální činnosti a procesů humifikace),
- přestup kontaminantů do dalších složek prostředí (povrchová a podzemní voda), včetně potravních řetězců
- rostlinná produkce může být ohrožena kvalitativně (obsah kontaminantů) nebo kvantitativně (snížená tvorba výnosů plodin následkem fyto toxického působení kontaminantů v půdě).
- přímé ohrožení lidského zdraví inhalačním, dermálním nebo perorálním příjmem u osob, pohybujících se dlouhodobě na půdě (např. zemědělci).





ZDROJE KONTAMINACE

CENTRALIA (USA) - 1962



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



VIETNAMSKÁ VÁLKA – 1964-1975



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



BHOPAL (INDIE) - 2.-3. PROSINCE 1984



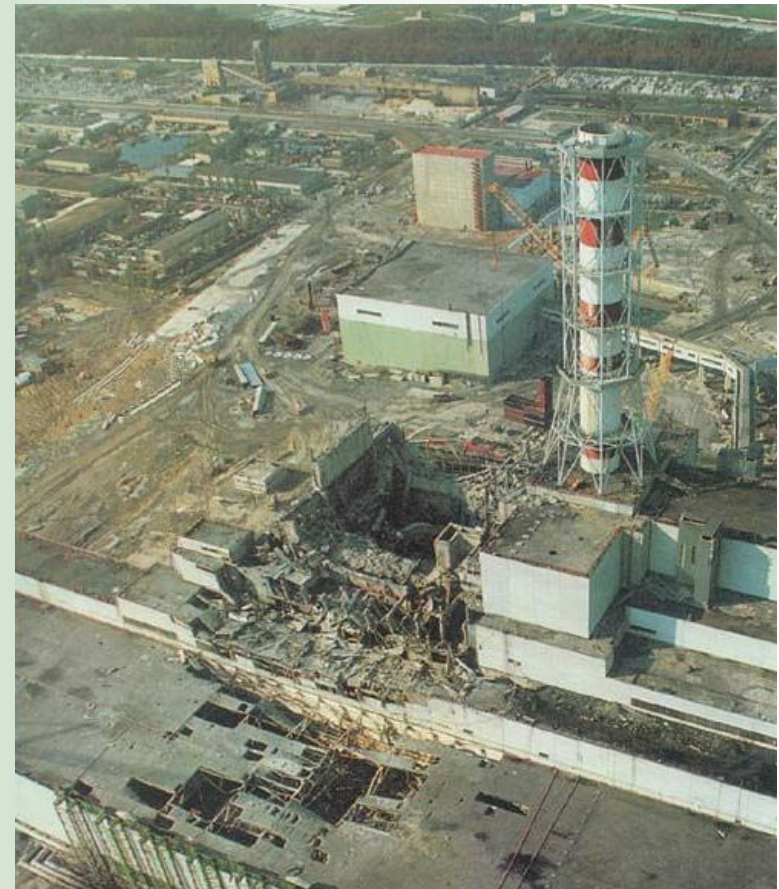
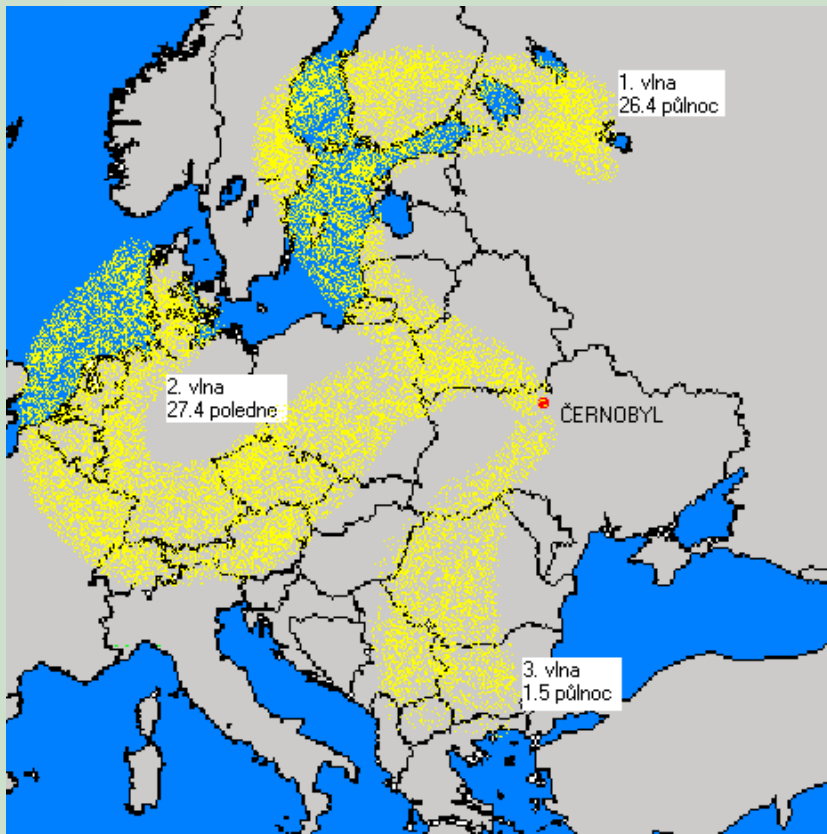
Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.



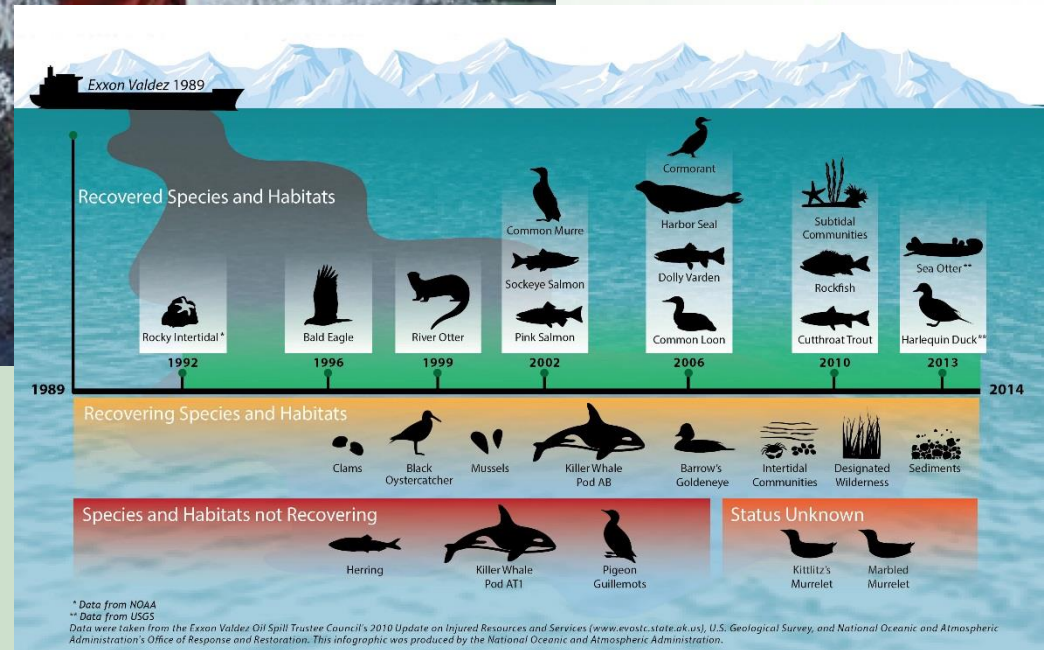
ČERNOBYL (SSSR) - 26. DUBNA 1986



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



HAVÁRIE EXON VALDEZ – 24. BŘEZNA 1989



ZAPÁLENÍ ROPNÝCH VRTŮ V KUVAITU - 1991



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



JILIN (ČÍNA) – 13. LISTOPADU 2005



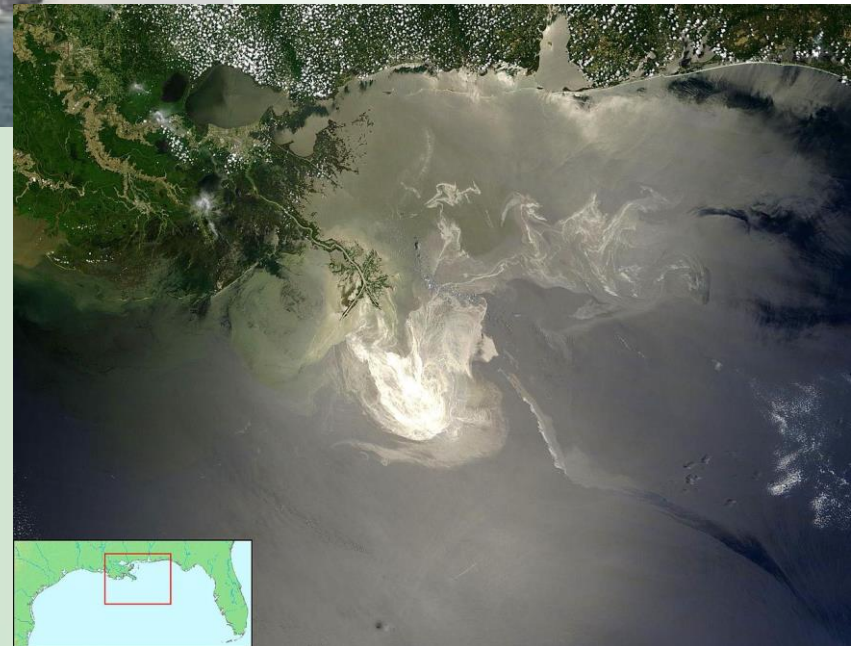
Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.



DEEP WATER HORIZON (BP) – 22. DUBNA 2010



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



AJKA (MAĎARSKO) – 4. ŘÍJNA 2010



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



FUKUSHIMA (JAPONSKO) – 11. BŘEZNA 2011





TYPY KONTAMINANTŮ

Druhy

- Těžké kovy (Cd, Co, Cu, Pb, Cr, Zn)
- Nekovy (As, Se)
- Esenciální prvky (Cu, Zn, Mn)
- Nutrienty (N, P)

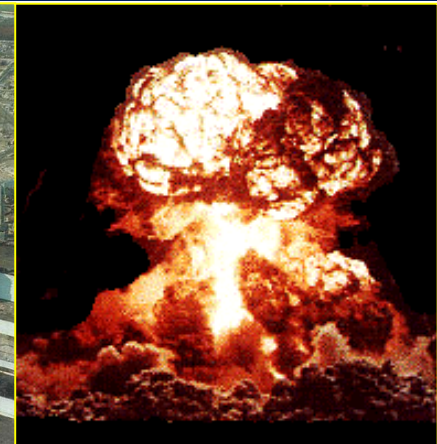
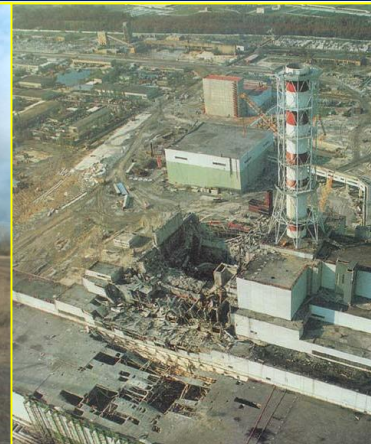
Zdroje



Druhy

- Uran, thorium
- ^{137}Cs , ^{90}Sr
- ^{226}Ra , ^{222}Ra
- ^{125}I

Zdroje



ORGANICKÉ SLOUČENINY

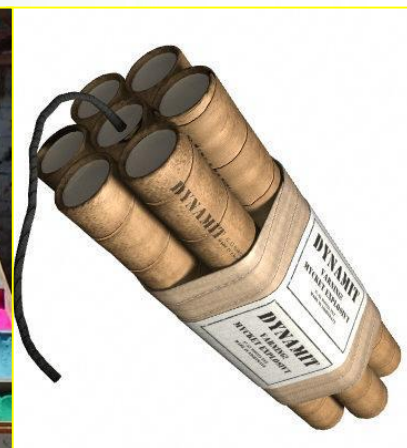


Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.

Druhy

- PCBs
- Herbicidy
- Pesticidy
- Halogenová organická rozpouštědla
- TCE
- PAH
- Nitroaromáty
- Explosiva
- Barviva
- Dioxiny

Zdroje



NOVÉ KONTAMINANTY



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

Druhy

- Farmaceutika
- Retardanty hoření
- Antikoncepce
- Parfémy
- Prací prostředky
- Osobní kosmetika

Zdroje

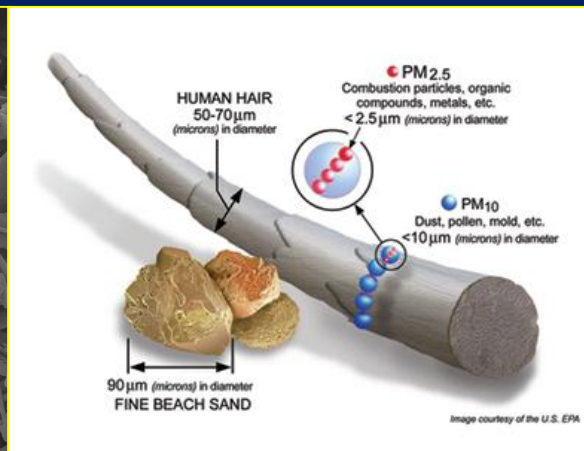
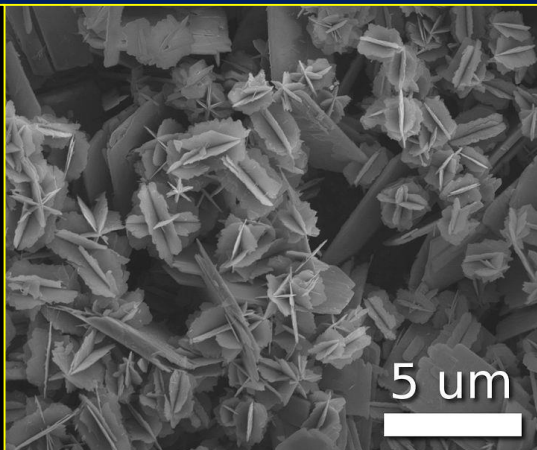
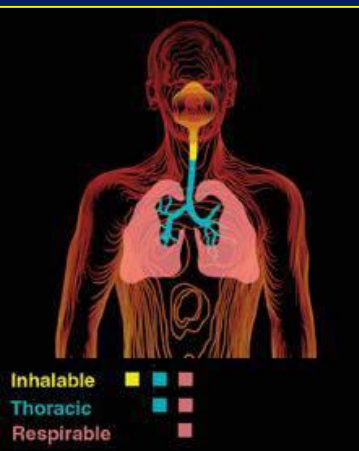


PRACHOVÉ ČÁSTICE A NANOČÁSTICE

Druhy

- přírodní proces (výbuch sopky, větrná bouře nebo lesní požár)
- lidská činnost (spalování uhlí, dřeva nebo odpadů)
- automobily s diesellovými motory
- částice vznikají obrusem pneumatik a povrchového materiálu vozovky
- běžné vaření (i na elektrickém vařiči) v místnosti zvyšuje dočasně koncentraci částic
- cigaretový kouř
- svíčky či sprej na vlasy
- zvířením pevných částic
- stavební činnost
- manipulace se sypkými materiály obecně

Zdroje



Strategie dekontaminace

- rozklad nebo přeměna polutantů (tepelné, biologické a chemické metody)
- extrakce nebo separace polutantů (termická desorpce, praní půd, extrakce rozpouštědly, extrakce půdních par)
- imobilizace polutantů (stabilizace/solidifikace a technologie omezující migraci polutantů)

Rozdělení metod

- fyzikální procesy (např. extrakce, stripování, flotace, elektroremediace atd.)
- chemické procesy (např. redukce, neutralizace, srážení, dechlorace, hydrolýza, polymerace atd.)
- tepelné procesy (zahřívání do 220°C, zahřívání na 220-460°C, zahřívání nad 460°C)
- solidifikační procesy
- biologické procesy





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

FYTOREMEDIACE

PŘÍRODNÍ ATENUACE ?



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

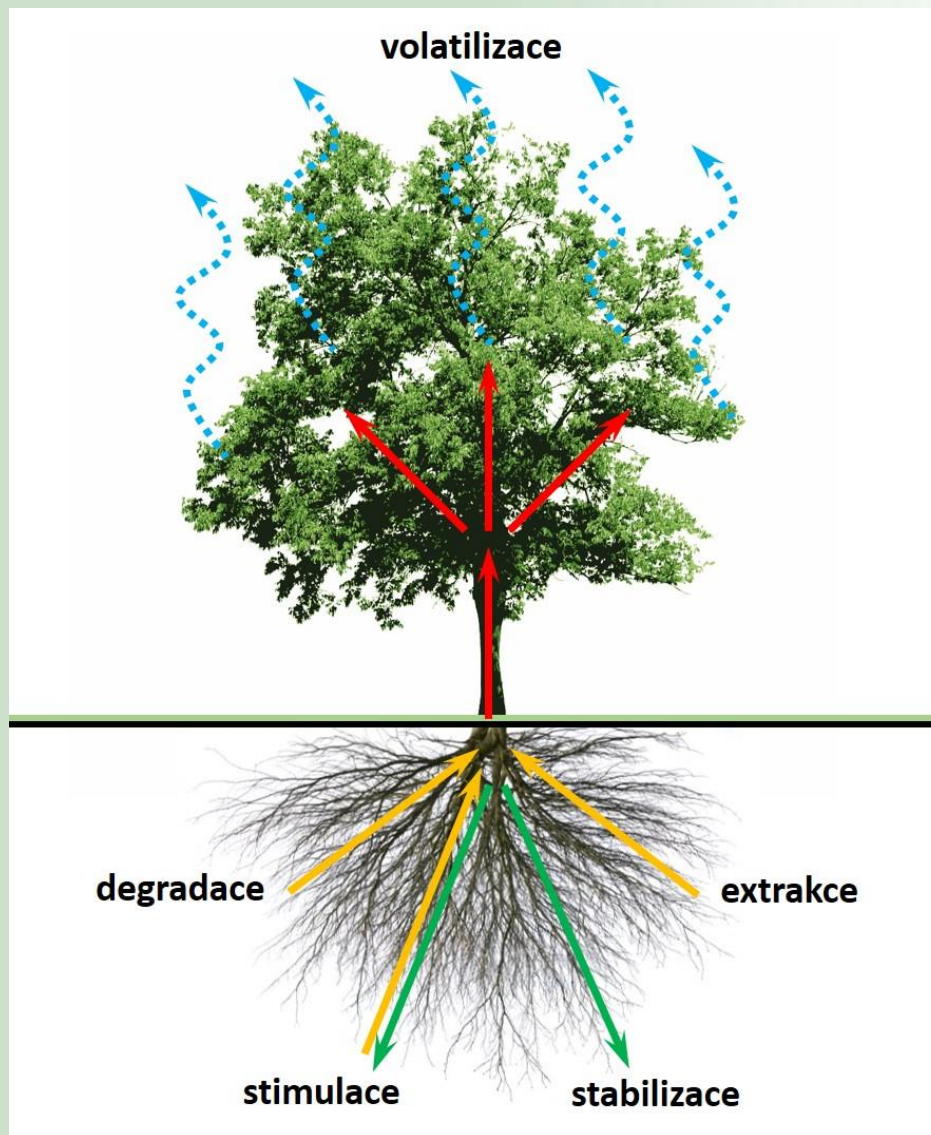


Definice

- Fytoremediace byly definovány jako využití zelených rostlin a s nimi asociovaných mikroorganismů, půdních doplňků a agronomických technik pro odstranění či transformaci kontaminantů z životního prostředí.



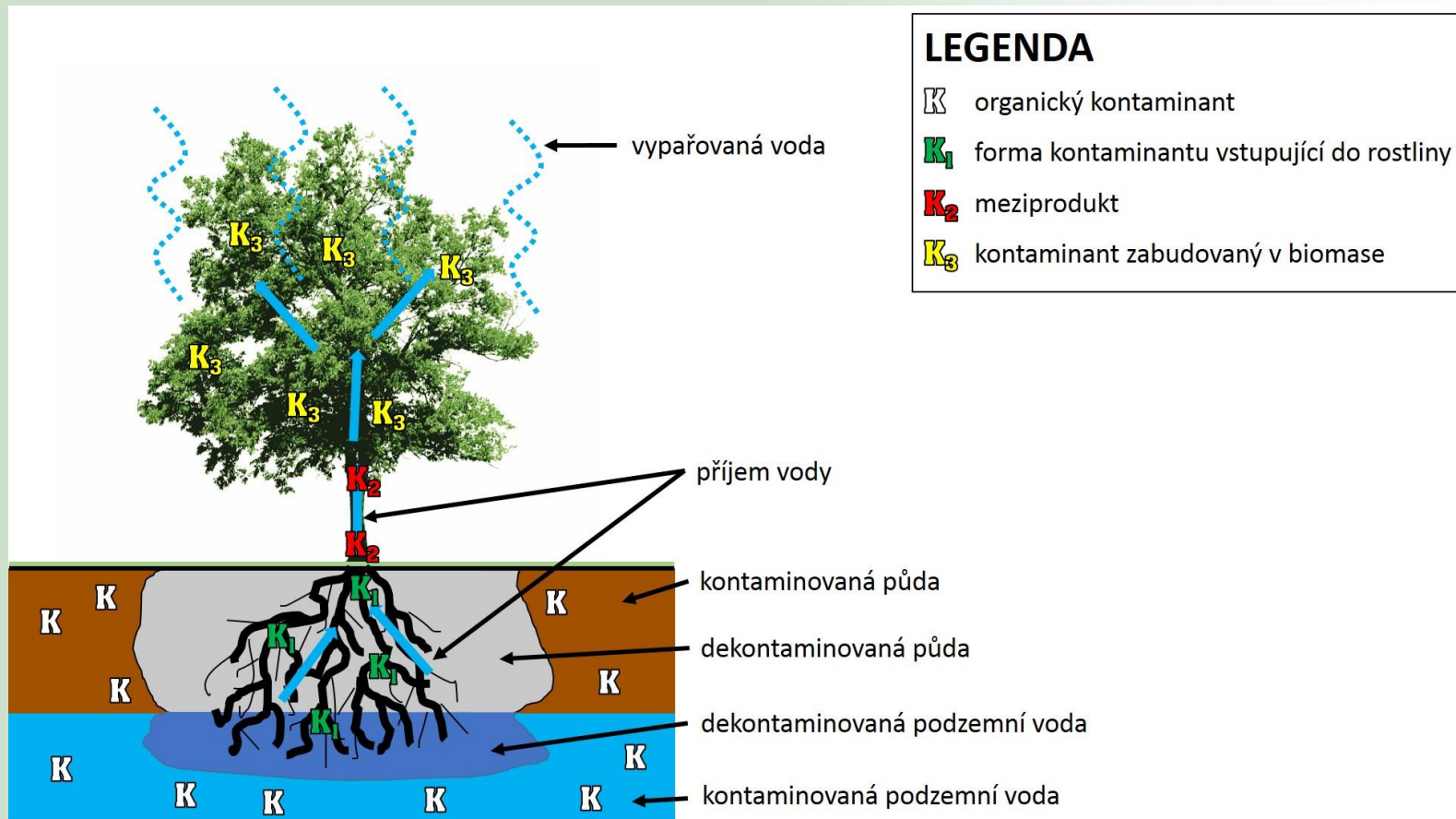
TYPY PROCESŮ





TYPY FYTOREMEDIACE

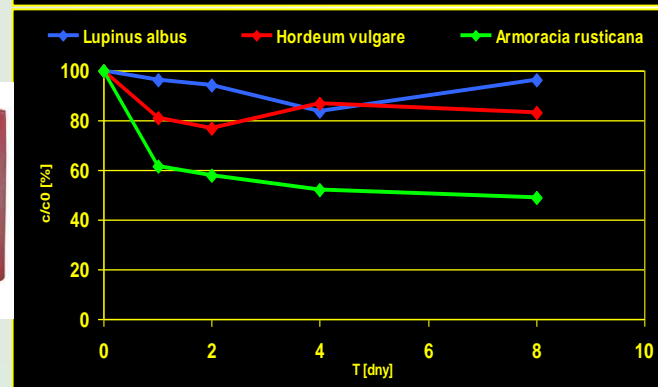
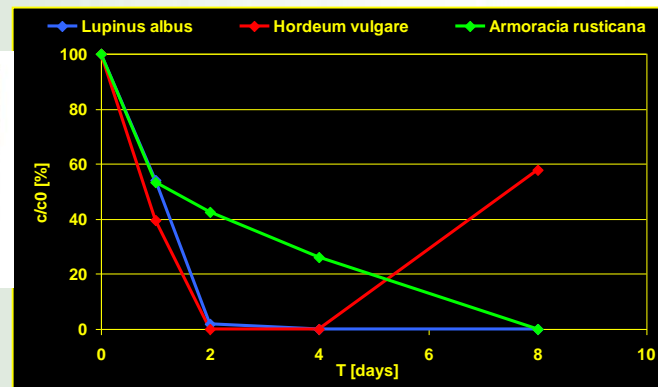
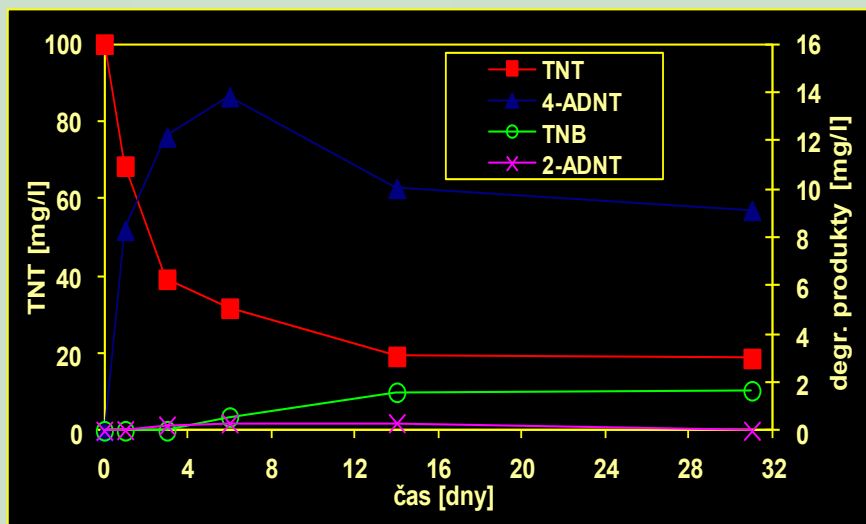
Fytodegradace organických látek



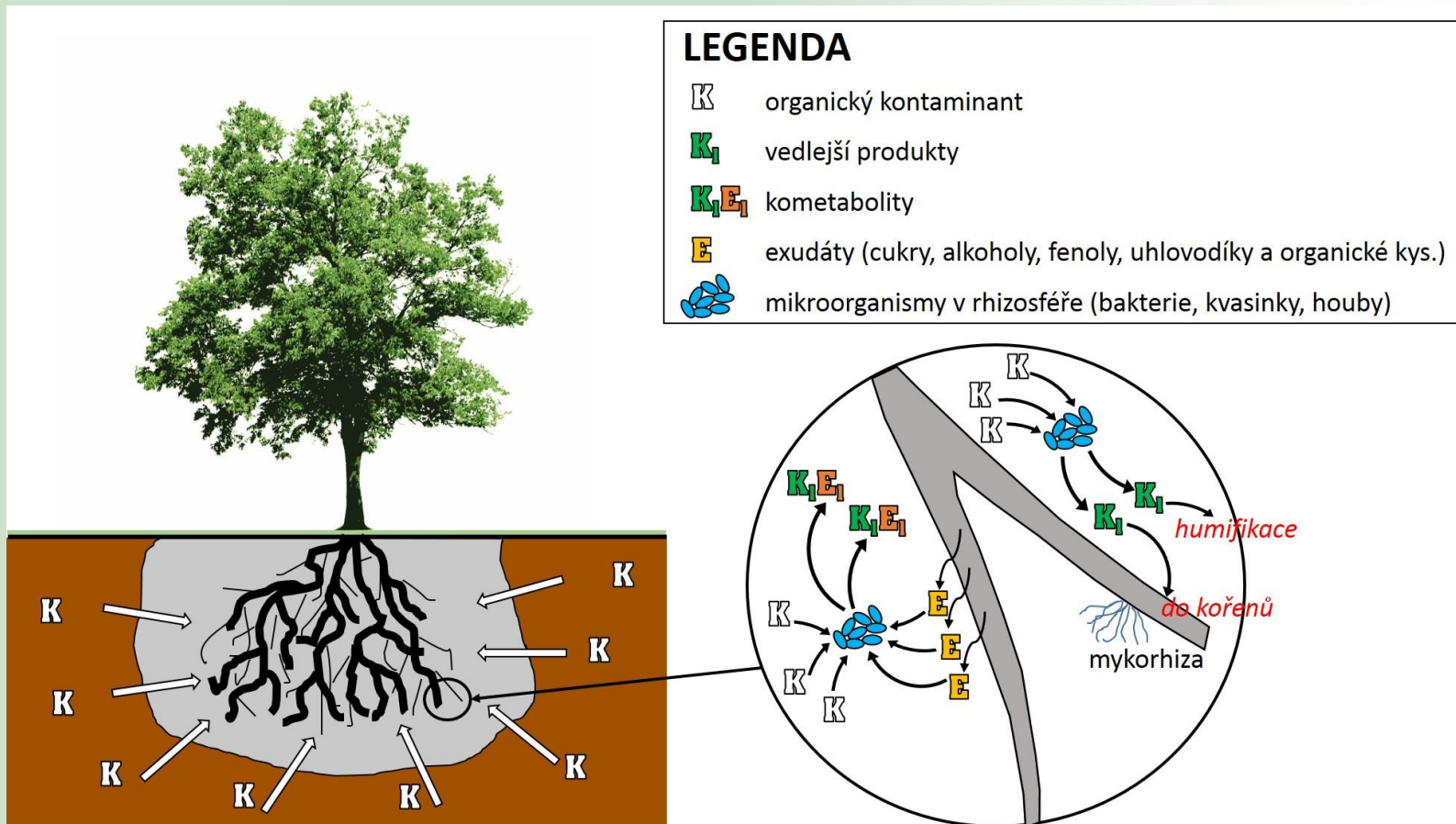
DEGRADACE

Co testujeme ?

- Degradace výbušnin (TNT, nitroglycerin, RDX)
- Odbourávání léčiv (Ibuprofen Paracetamol, Naproxen, Diklofenak)
- Degradace prekurzorů výroby barviv (antrachinonsulfonové kyseliny)
- Degradace pesticidů



Rhizodegradace organických látek



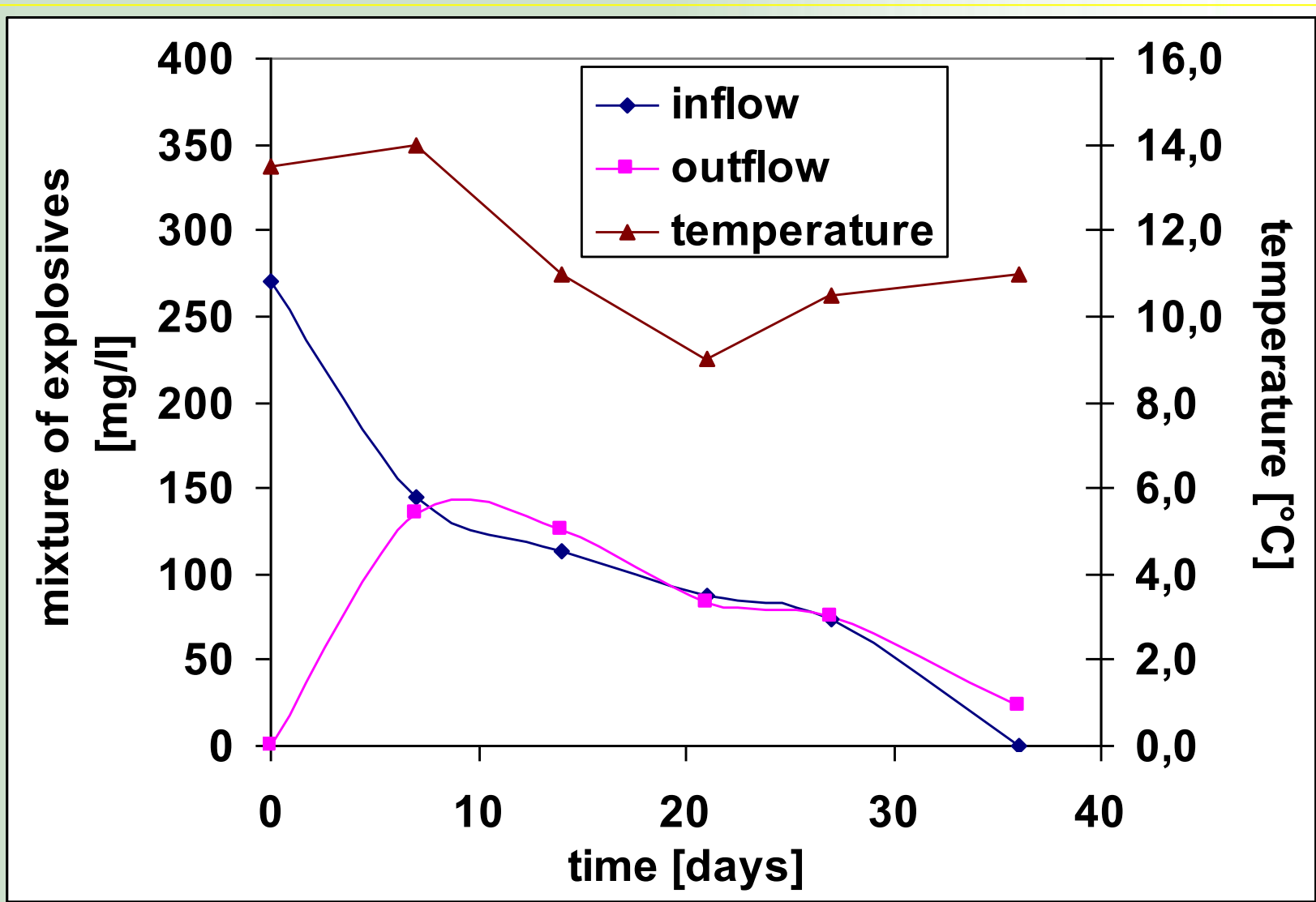
PILOTNÍ UMĚLÝ MOKŘAD



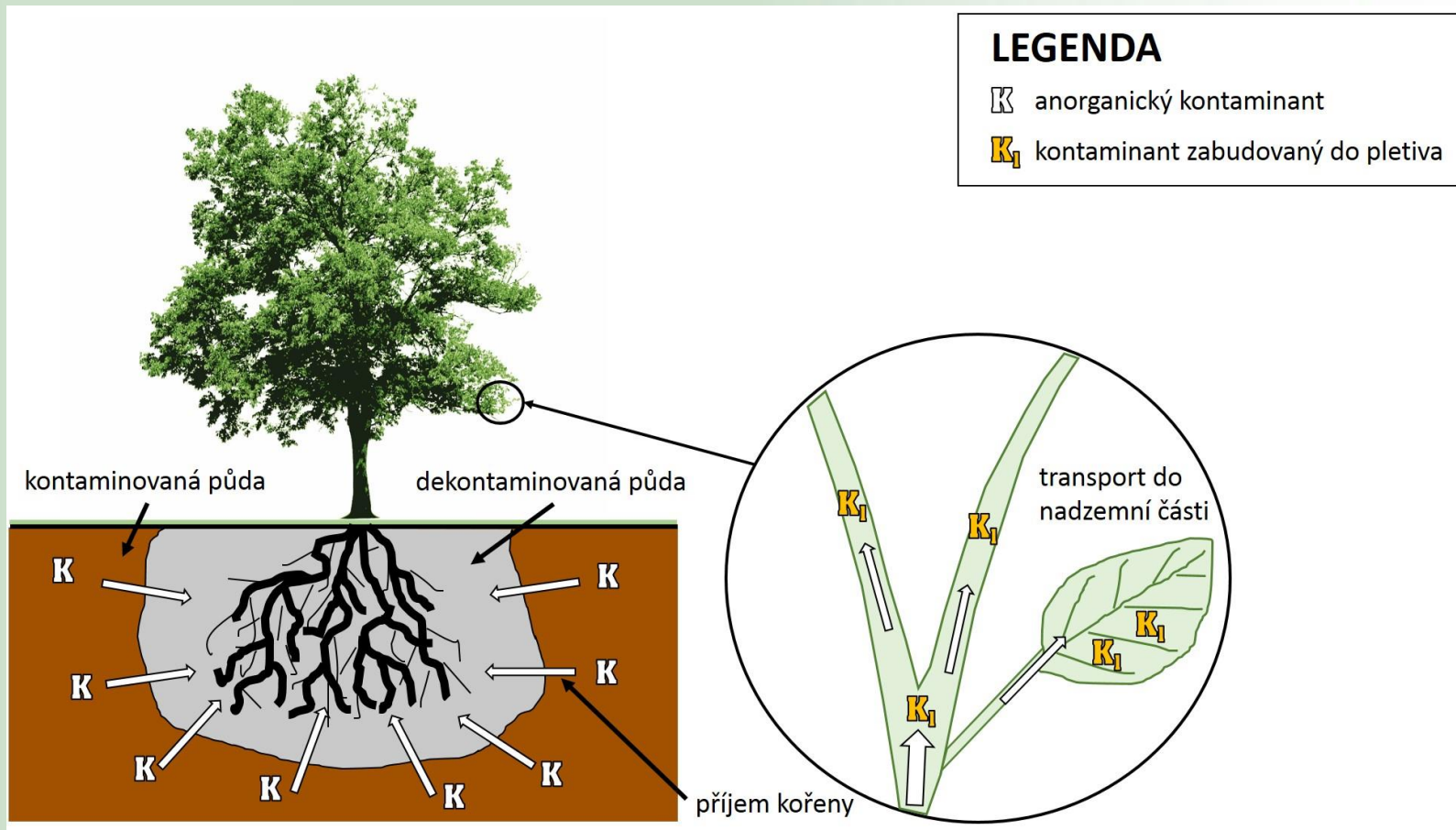
Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.



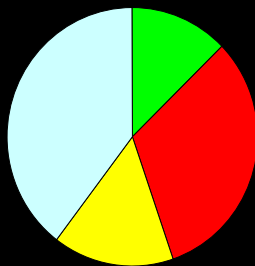
DEGRADACE EXPLOSIV V ODPADNÍ VODĚ



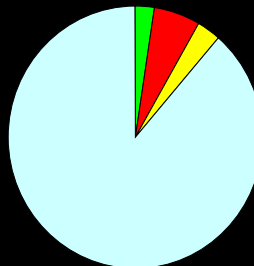
Fytoakumulace anorganických látek



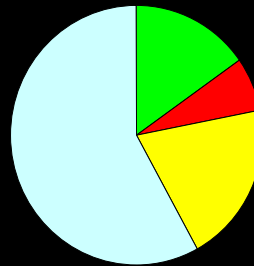
DISTRIBUCE TĚŽKÝCH KOVŮ



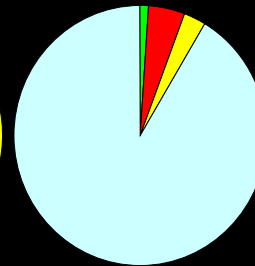
Cd



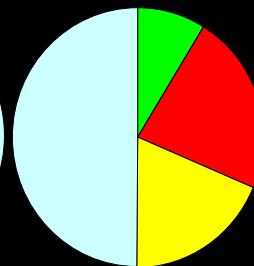
Cr



Cu

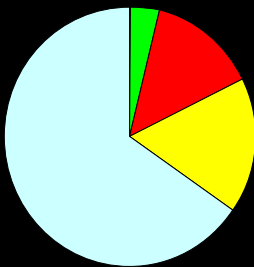
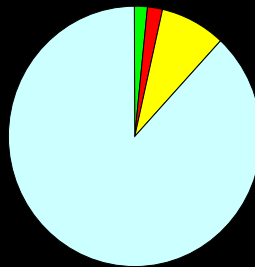
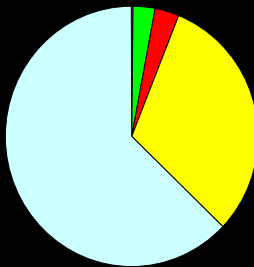
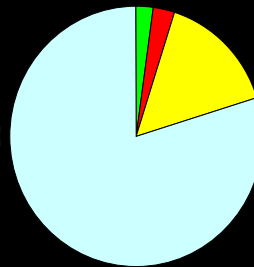
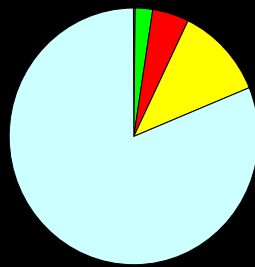


Pb



Zn

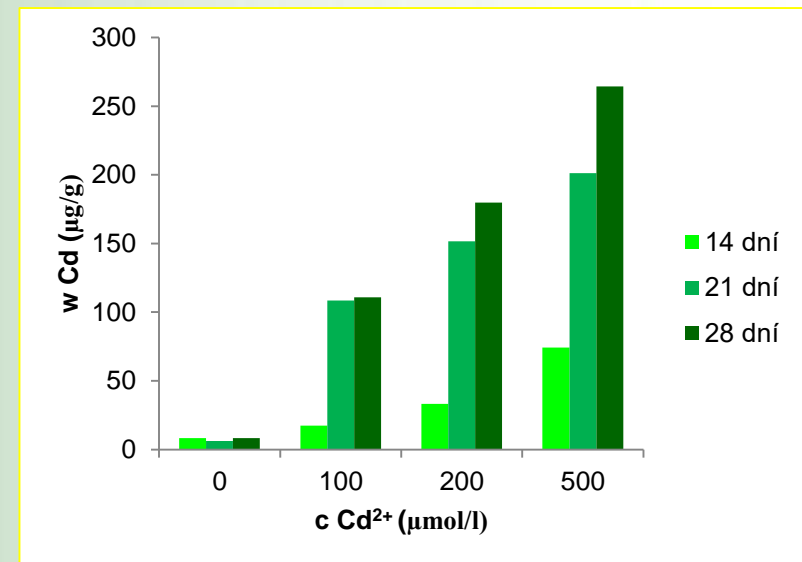
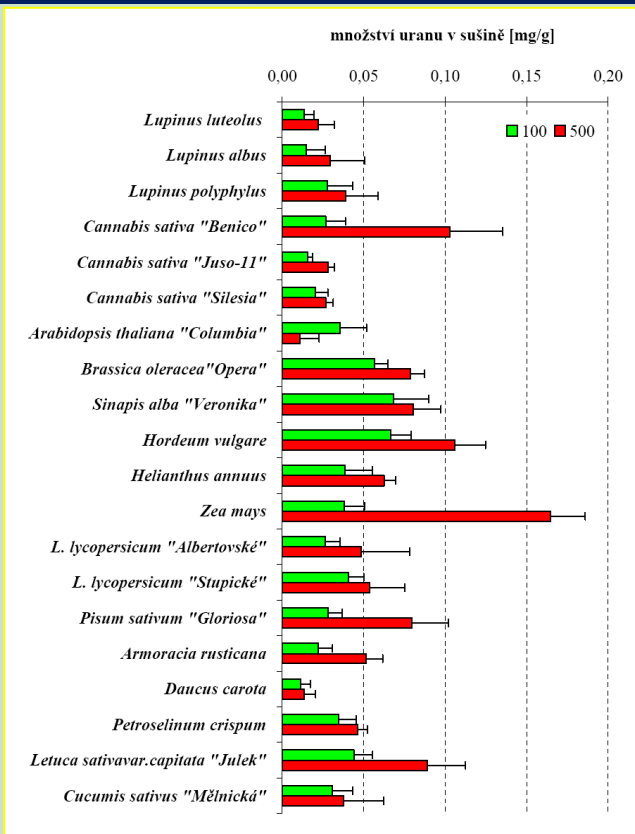
■ seeds
■ stalk
■ leaves
■ roots



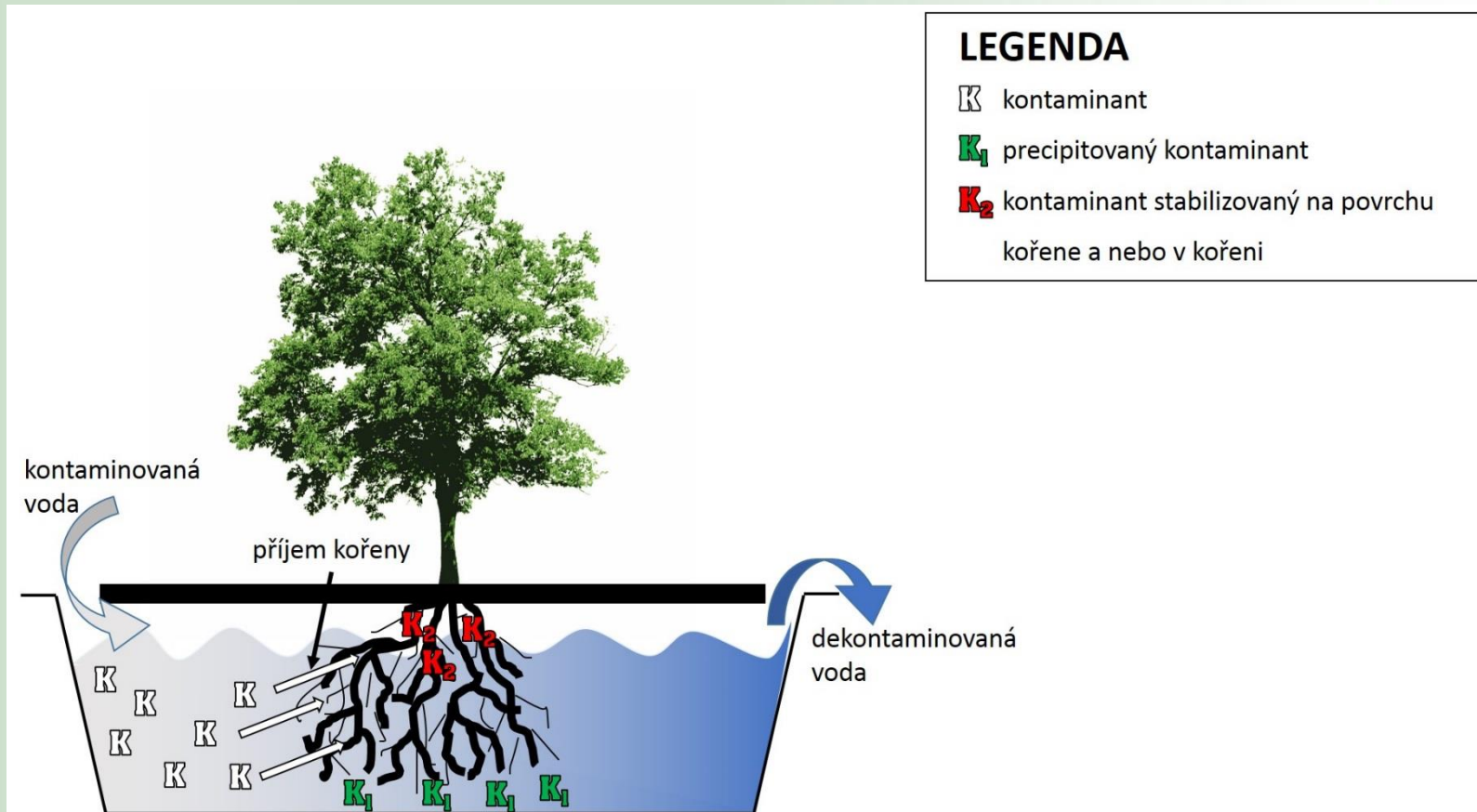
■ bloom
■ seeds
■ stalk
■ leaves
■ roots

Co testujeme ?

- Rychlost akumulace různých toxických kovů a radionuklidů
- Distribuci v rostlině
- Závislost na koncentraci v substrátu



Rhizofiltrace anorganických látek



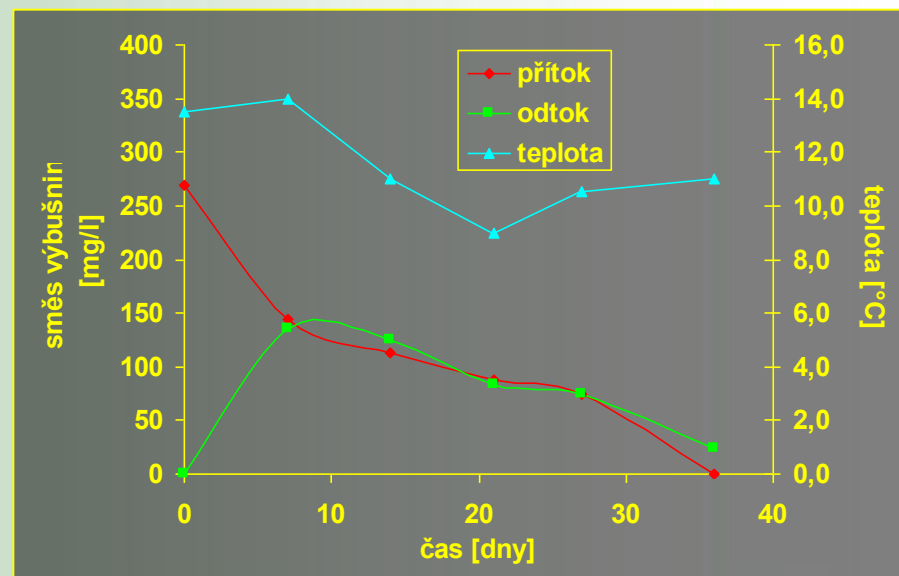
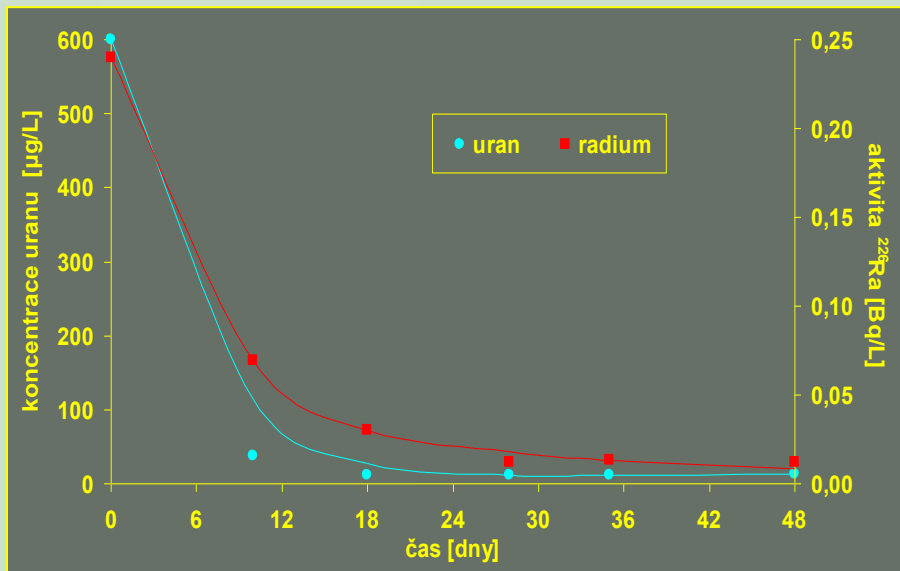
UMĚLÝ MOKŘAD



ÚČINNOST UMĚLÉHO MOKŘADU



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



Fytovolatilizace organických (anorganických) látek

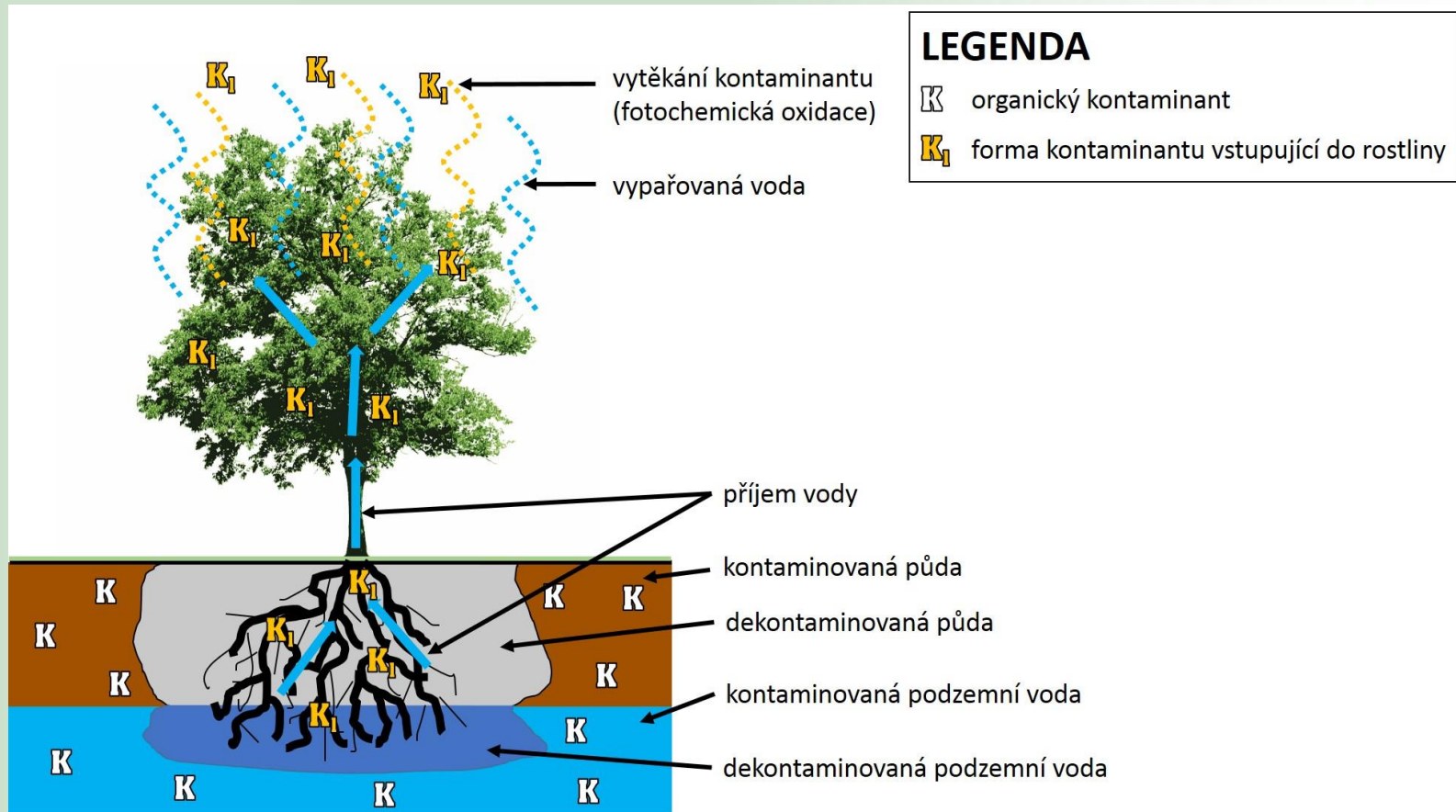
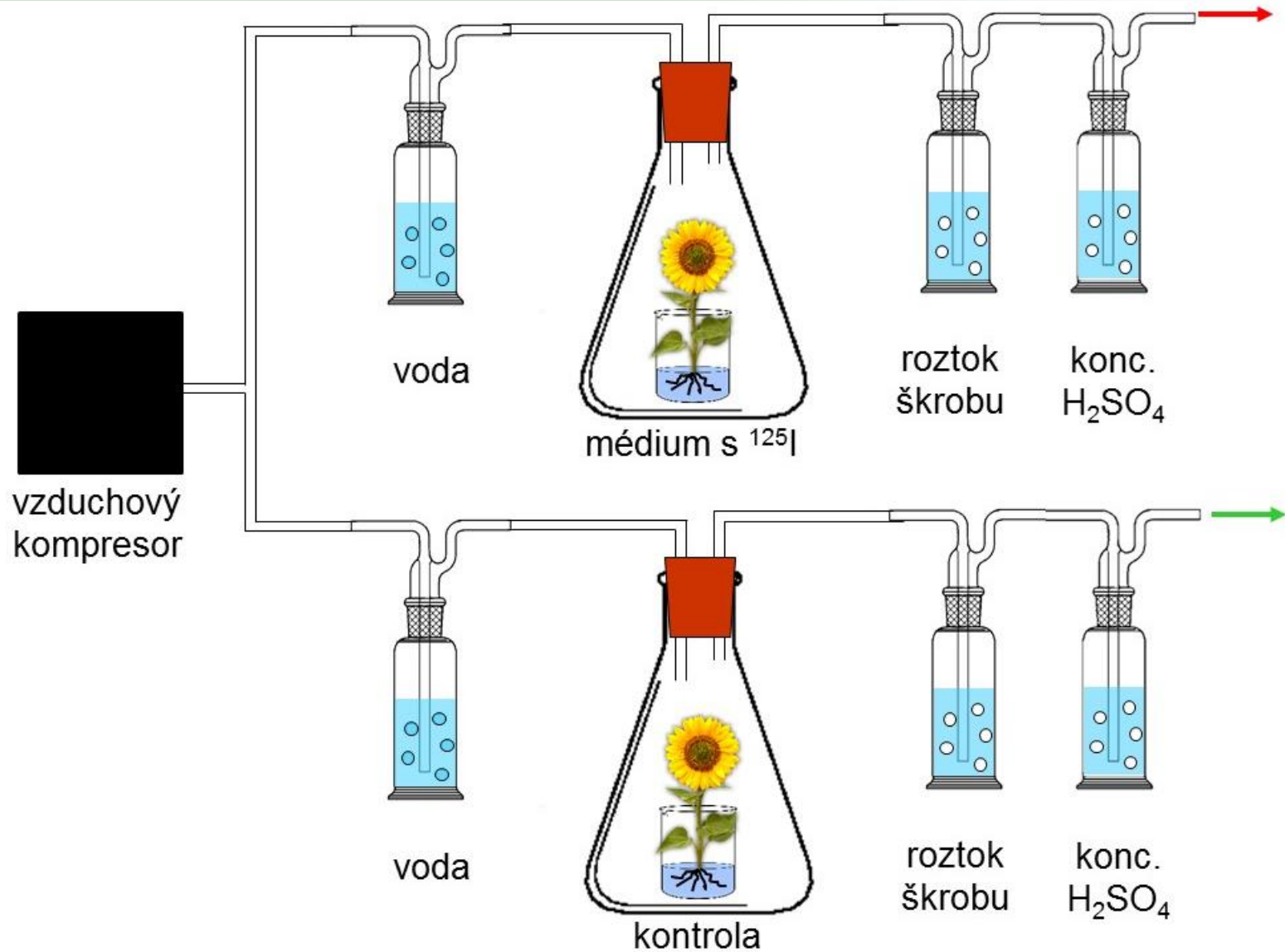


SCHÉMA EXPERIMENTU



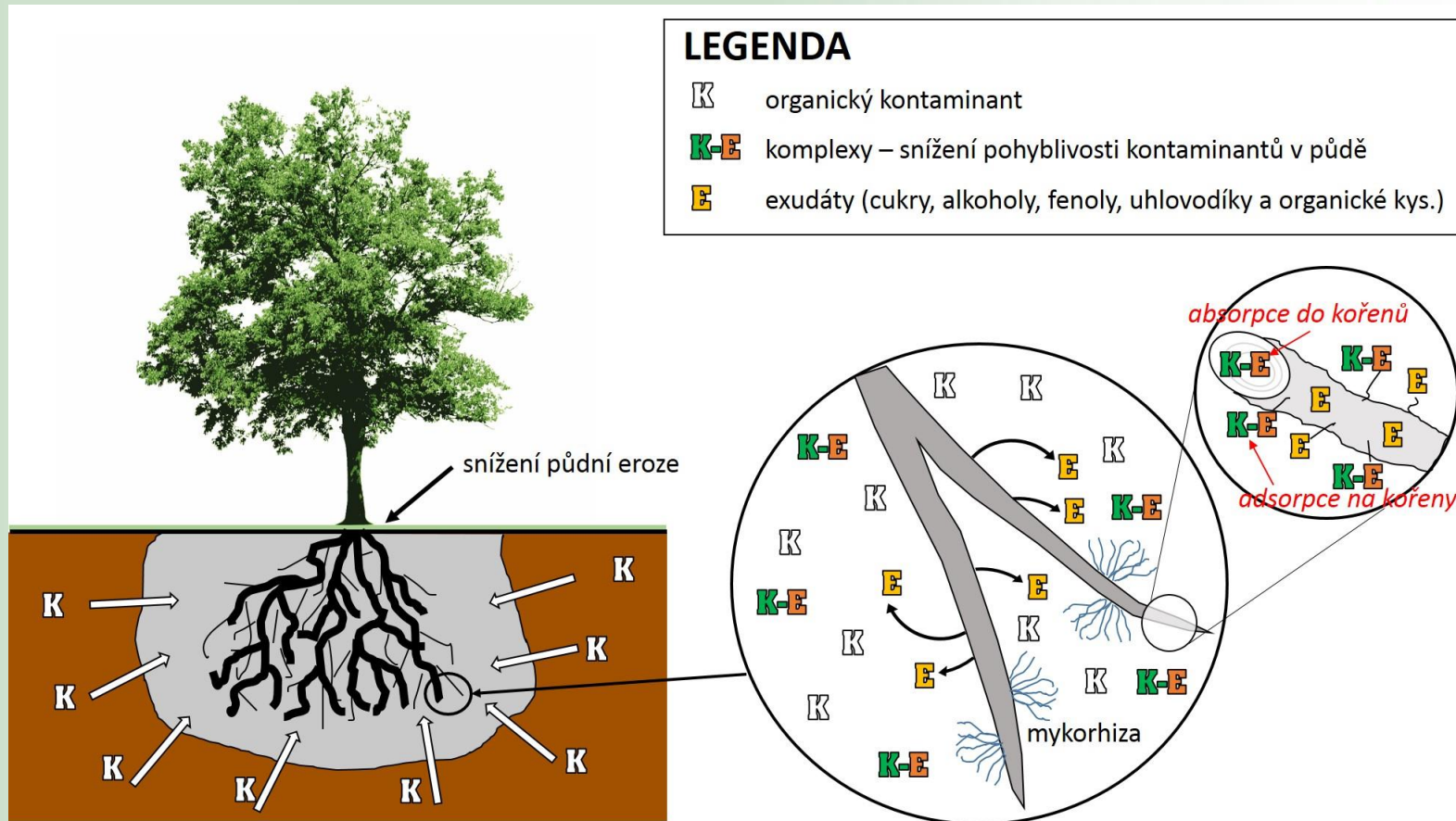
MOŽNÁ FYTOVOLATILIZACE JÓDU

Co testujeme ?

- Časová závislost aktivity (Bq/mL) roztoku škrobu a kyseliny sírové v promývacím aparátu.

	čas [dny]					
	0	5	10	15	19	34
roztok škrobu	10.23	8.35	11.92	9.81	9.55	13.24
kyselina sírová	10.23	10.28	11.61	8.35	12.00	15.46
roztok škrobu (kontrola)	10.23	11.56	10.58	12.79	12.95	16.27
kyselina sírová (kontrola)	10.23	11.75	10.63	9.29	7.84	15.52

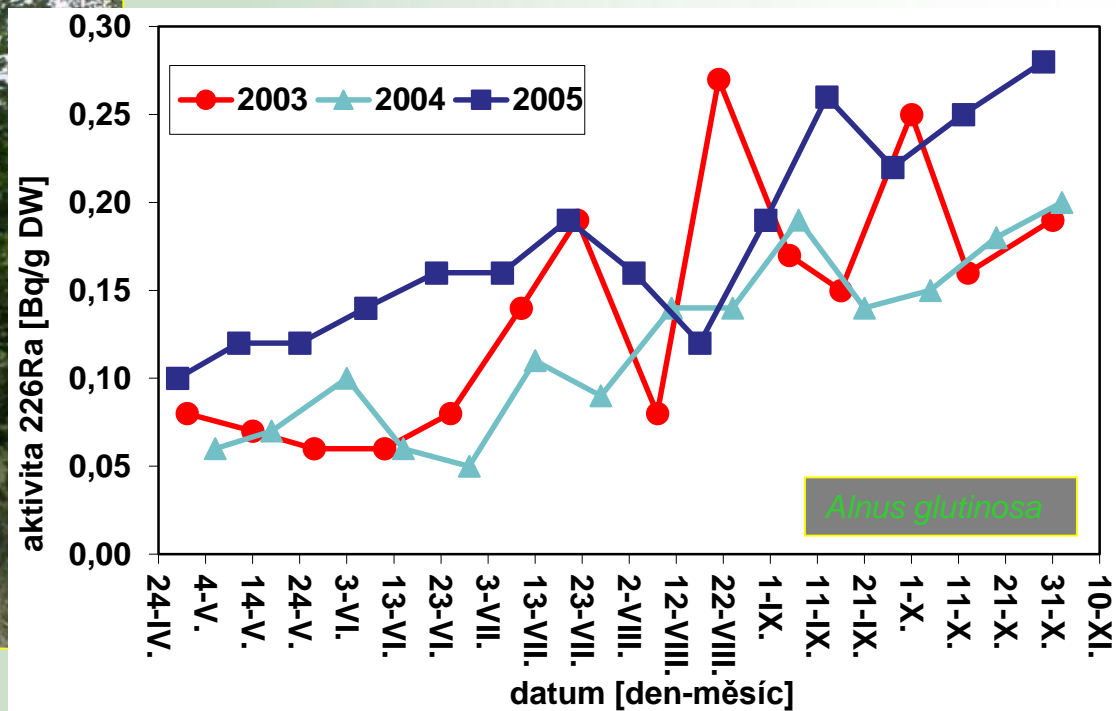
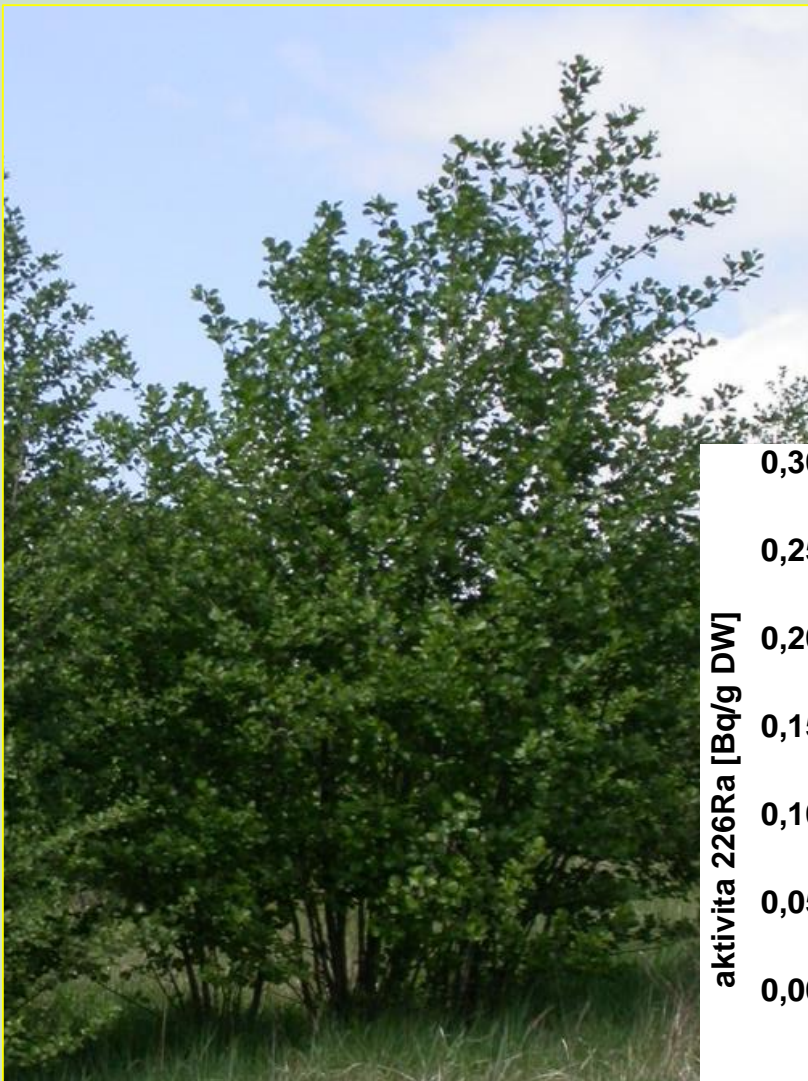
Fytostabilizace anorganických (organických) látek



TRANSFER RADIONUKLIDŮ



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



BIOMONITORING A MOŽNÉ VYUŽITÍ

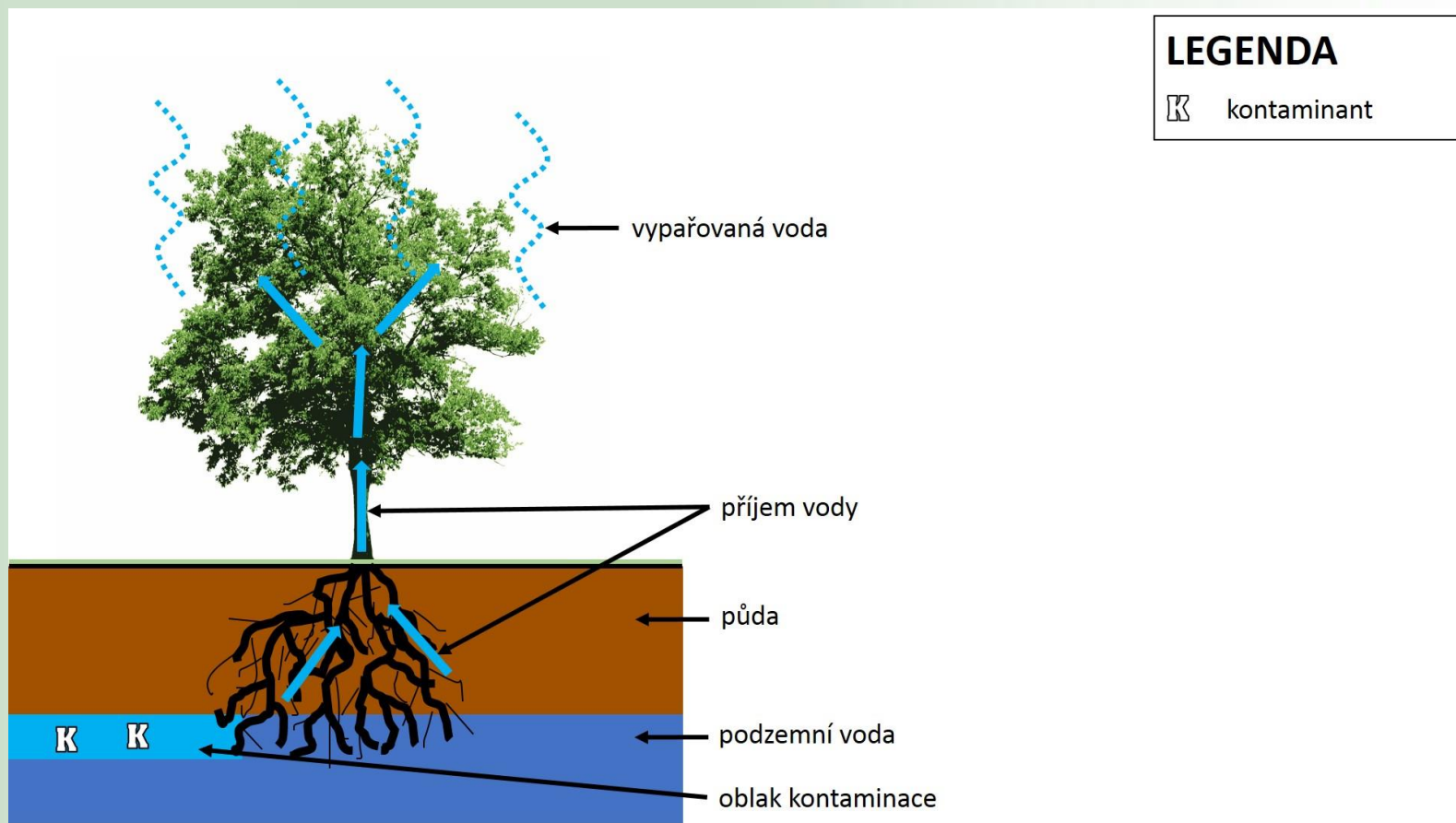


Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.



Rostlinný druh	[Bq ²²⁶ Ra/g]
Linum usitatissimum „Atalante“	0.00
Linum usitatissimum „Jitka“	0.00
Helianthus annuus	0.00
Zea mays	0.00
Cannabis sativa „Beniko“	0.00
Cannabis sativa „Juso-11“	0.00
Cannabis sativa „Silesia“	0.00

Hydraulická kontrola



KONTROLA ŠÍŘENÍ KONTAMINACE VE SPODNÍCH VODÁCH



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





VÝHODY FYTOREMEDIACE

IN SITU

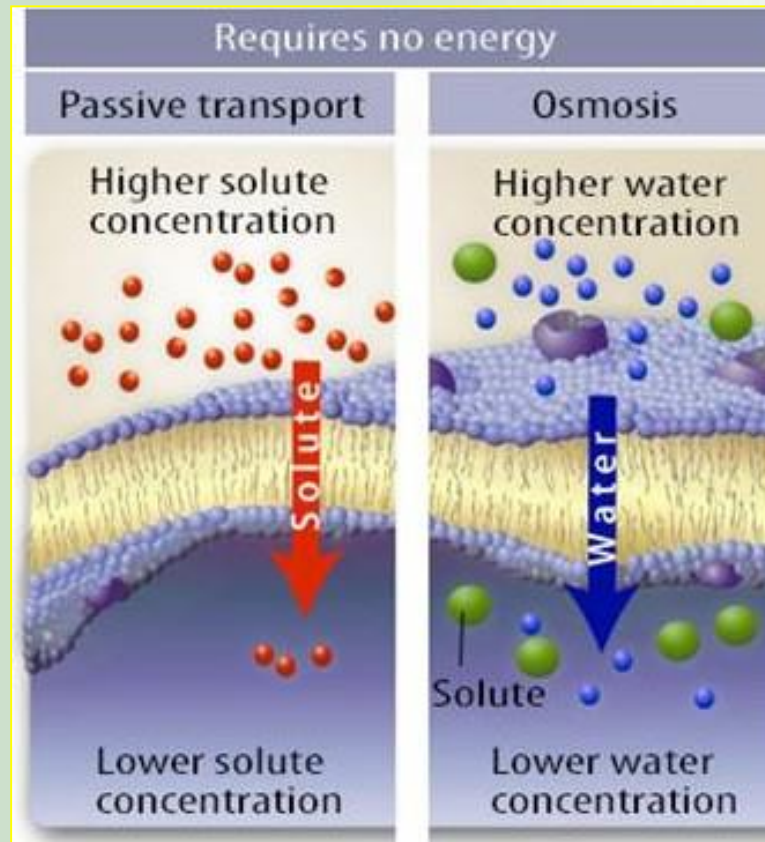


Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.



Definice

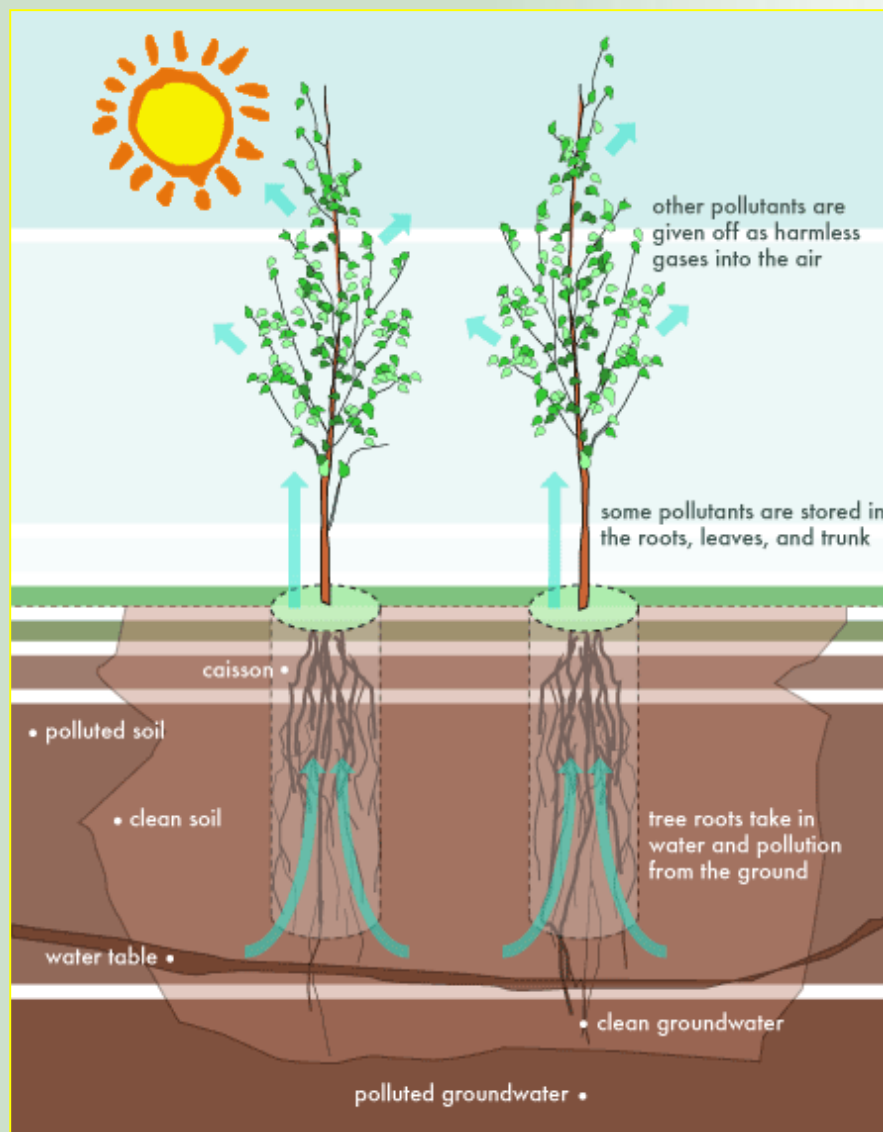
Fytoremediace je pasivní remediační technika na bázi přirozené schopnosti vegetace využívat živiny, které jsou transportovány vzlínáním z půdy a povrchové vody rostlinným kořenovým systémem.



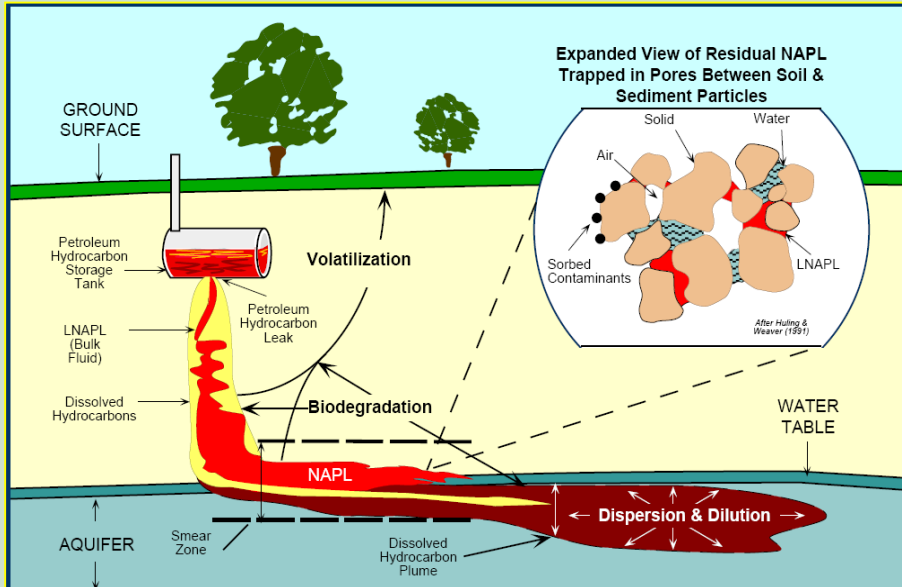
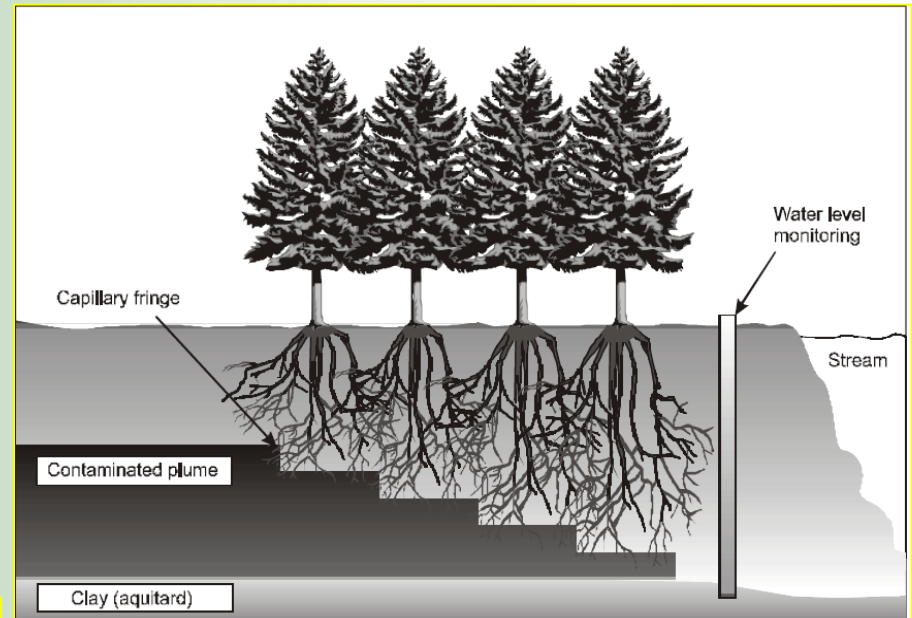
POHÁNĚNA SOLÁRNÍ ENERGIÍ



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



RYCHLEJŠÍ NEŽ PŘÍRODNÍ ATENUACE



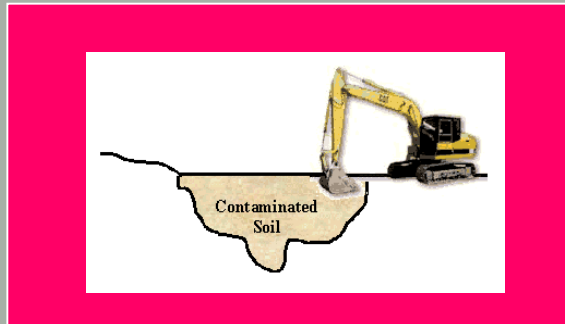
SNÍŽENÍ VZDUŠNÝCH A VODNÍCH EMISÍ



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

Porovnání množství odpadu (404.7 m²)

Bagrování



30 000 tun

Fytoextrakce

Biomasa



1 200 tun

Popel



120 tun

PŮDA ZŮSTÁVÁ NA MÍSTĚ

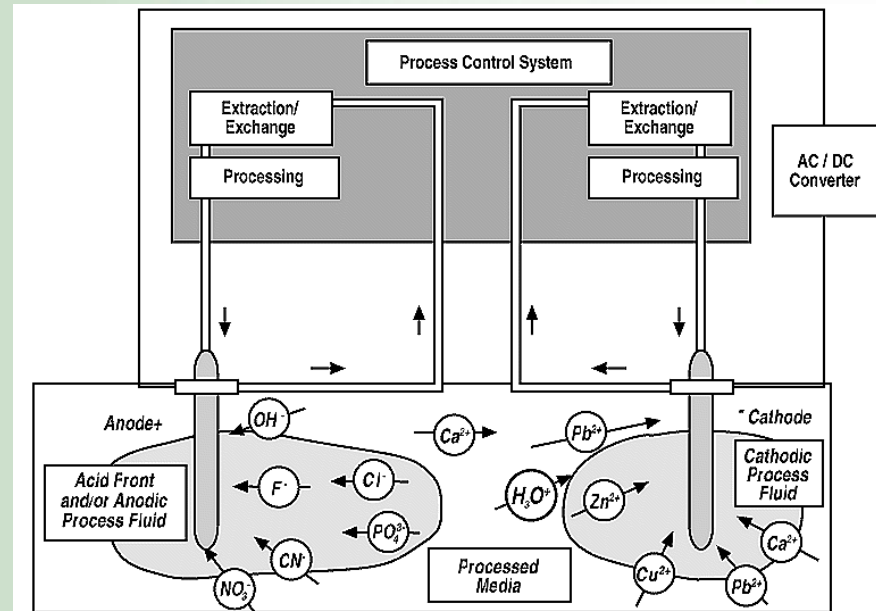


Len (Česká Republika)	EUR / ha
EU bonus na zpracování	364
Dotace na pěstování	243
Semena	117
Stonky na vlákno	749
Obdělávání půdy a sklizeň	-625
Semena pro výsev	-125
Zisk	723

KOMPATIBILNÍ S KLASICKÝMI TECHNOLOGIEMI

Kompatibilní technologie

- Vymývání půdy/mechanická separace
- Vybagrování - *ex situ* zpracování
- Elektrokinetika
- Stabilizace



FINANČNÍ VÝHODNOST

Příklad

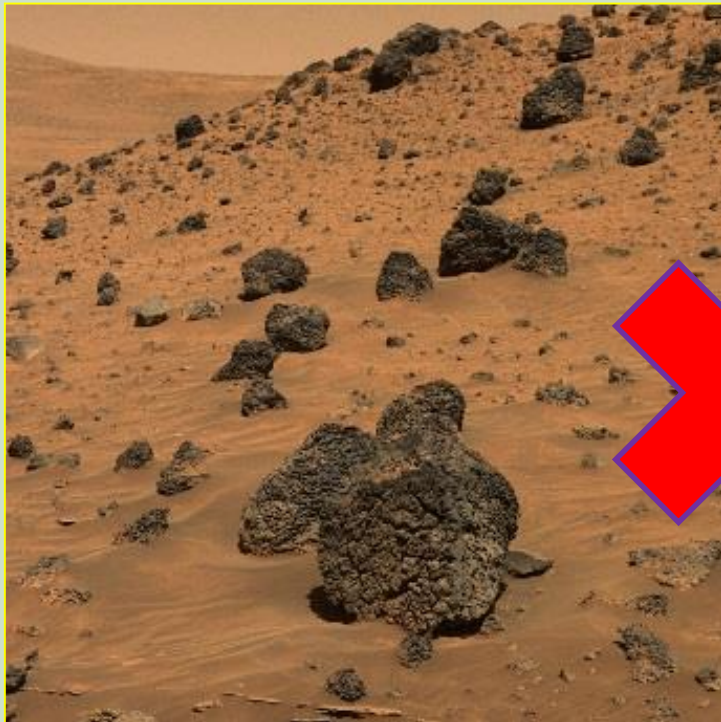
- Finanční výhodnost fytořemediace (rhizosférové bioremediace) půdy s využitím hustě kořenících travin v porovnání jinými technikami (E. Drake, Exxon, Anandale, NJ)

Typ ošetření	Rozpětí ceny \$/tunu
Fytořemediace	10-35
In situ bioremediace	50-150
Půdní venting	20-220
Nepřímé termické	120-300
Promývání půdy	80-200
Solidifikace/stabilizace	240-340
Extrakce rozpouštědly	360-440
Spalování	200-1500

VYSOCE AKCEPTOVATELNÉ VEŘEJNOSTÍ



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





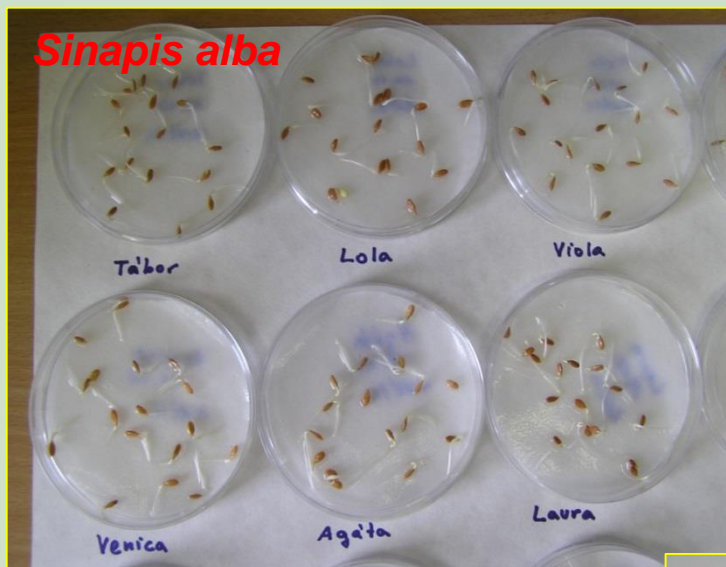
NEVÝHODY FYTOREMEDIACE

NÍZKÁ TOLERANCE ROSTLIN



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

Sinapis alba



Lemna minor



NÍZKÝ TRANSPORT KONTAMINANTŮ Z KOŘENŮ DO NADZEMNÍ ČÁSTI



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



Lupinus albus - akumulace nuklidů ^{210}Pb a ^{109}Cd

MALÉ ROZMĚRY ROSTLIN VHODNÝCH K REMEDIACI



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



NAKLÁDÁNÍ S KONTAMINOVANÝM ROSTLINNÝM ODPADEM



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

Spalování



Kompostování



NEOBEZNÁMENOST ÚŘEDNÍKŮ S TECHNOLOGIÍ

Otázky

- Je možno vyčistit kontaminovanou plochu na požadovaný limit ?
- Za jakou dobu ?
- Nevznikají nějaké toxické meziprodukty nebo produkty ?
- Je to finančně výhodnější než alternativní metody ?
- Je metoda přijatelná pro veřejnost ?



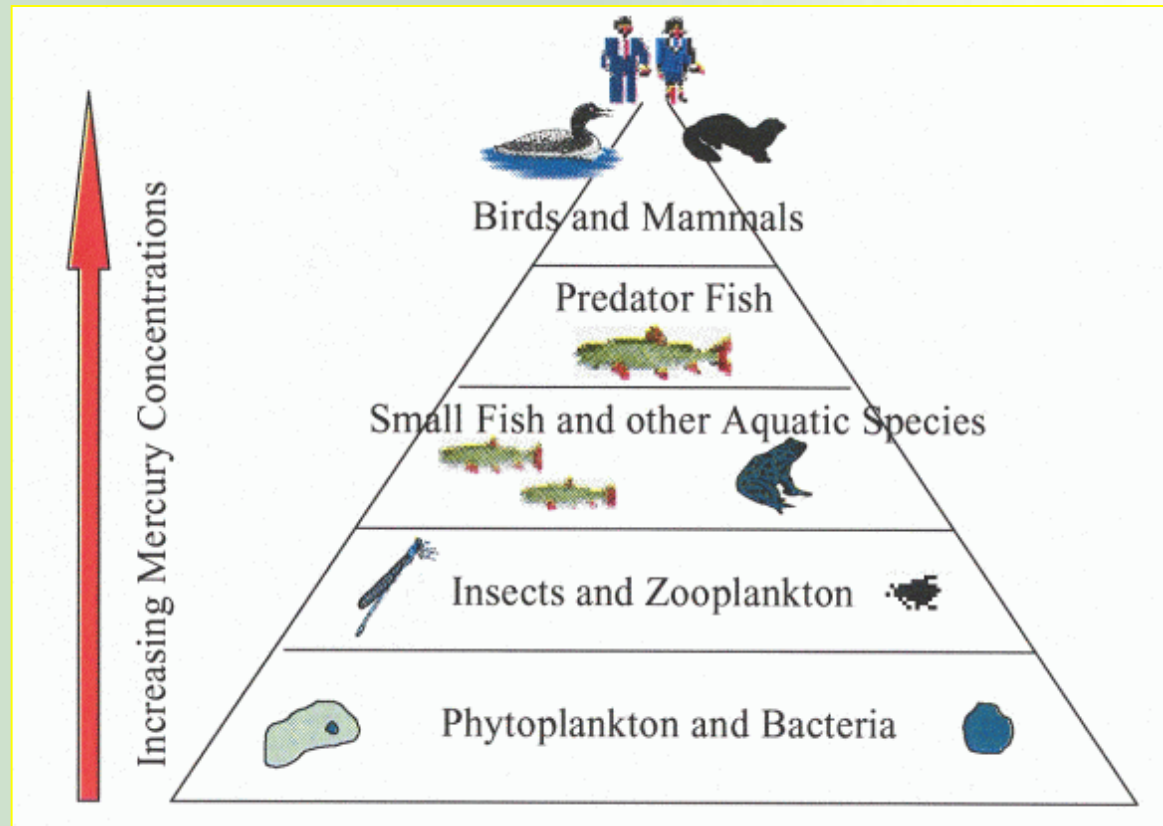
NEBEZPEČÍ KONTAMINACE POTRAVNÍHO ŘETĚZCE



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

Příklad

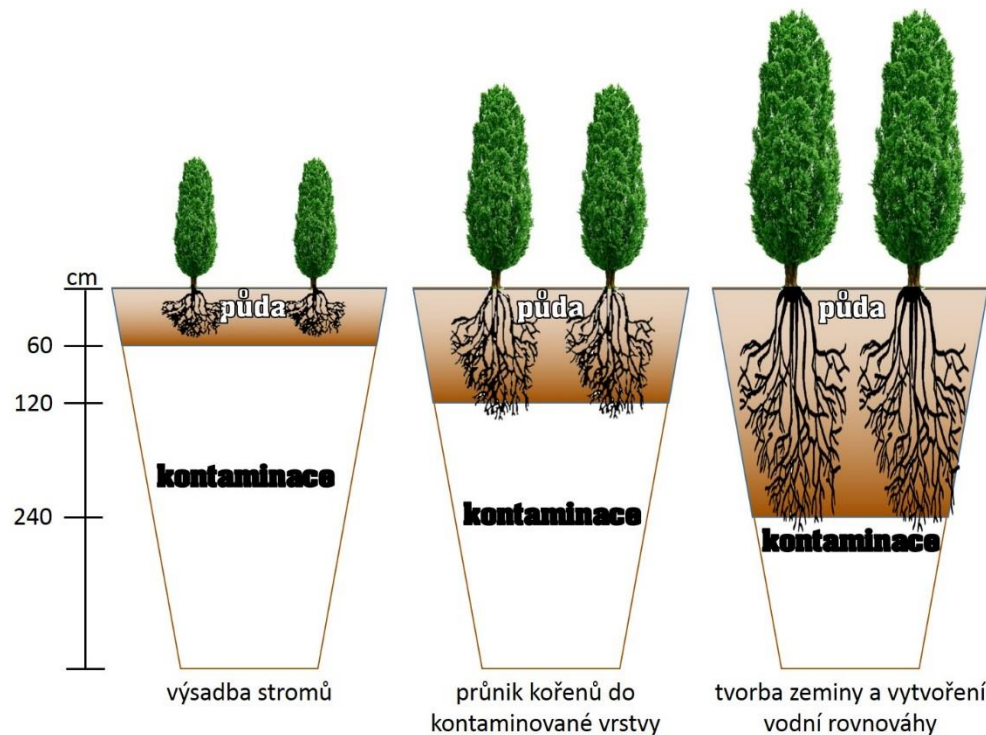
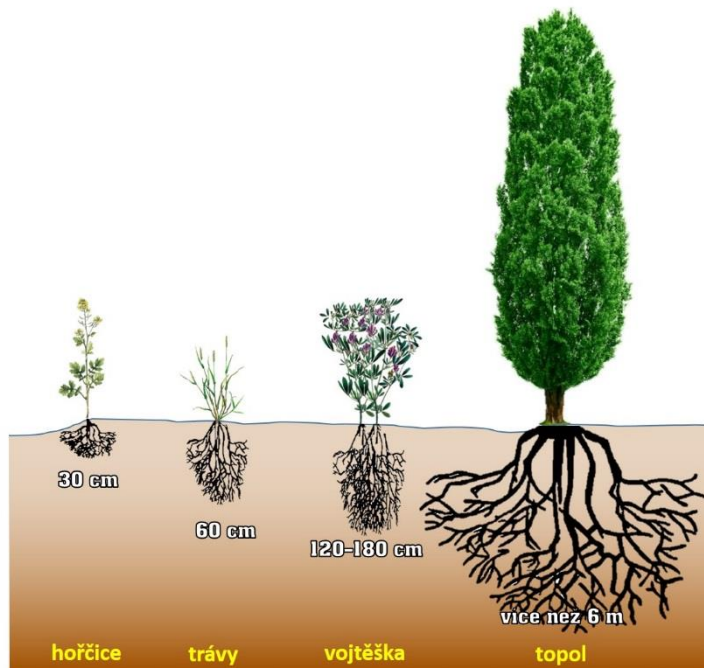
- Akumulace rtuti v potravním řetězci



KONTAMINANTY POD DOSAHEM KOŘENOVÉ ZÓNY



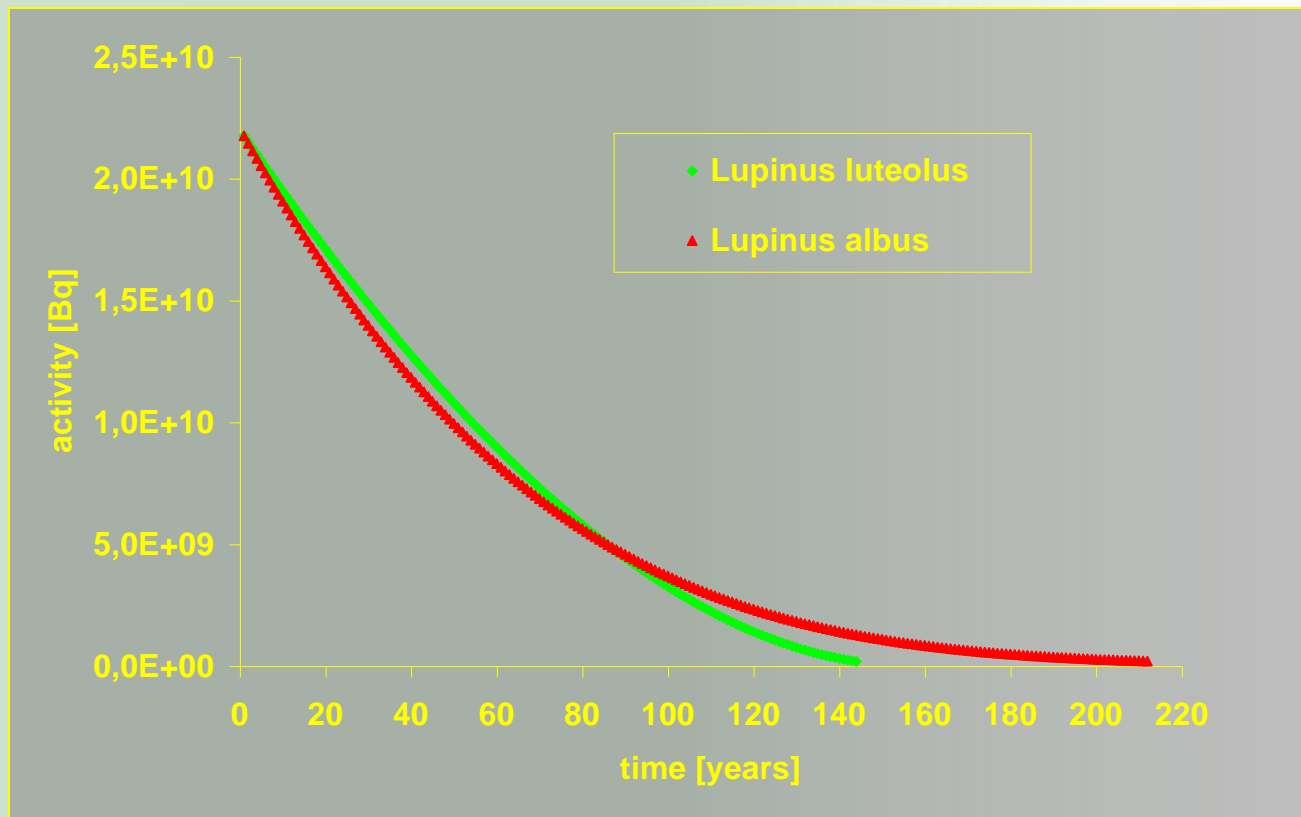
Ústav experimentální
botaniky AV ČR, v. v. i.



DLOUHODOBÝ PROCES

Příklad

- Experiment ověřující dobu potřebnou k odstranění ^{226}Ra z hlušiny po zpracování uranové rudy v Mydlovarech.
- Testovány dva druhy vličího bobu.



KONTAMINANT JE V BIOLOGICKY NEDOSTUPNÉ FORMĚ

Definice

- Rostliny mohou přijmout jen to co je rozpustné ve vodném roztoku.



CHYBÍ ROSTLINY VHODNÉ PRO REMEDIACI



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

Rostliny pro
remediaci



Thlaspi calaminare



Helianthus annuus

Příjem těžkých kovů

Produkce biomasy



PŘÍŠTĚ



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



PŘÍJEM LÁTEK

www.petrsoudek.eu/fytoremediace.html