



## ZKUŠENOSTI MINISTERSTVA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ S VYUŽÍVÁNÍM INOVATIVNÍCH TECHNOLOGIÍ PŘI NÁPRAVĚ STARÝCH EKOLOGICKÝCH ZÁTĚŽÍ V ČR

**František Pánek**, David Topinka

Ministerstvo životního prostředí, Vršovická 65, 100 10 Praha 10

e-mail: [Frantisek.Panek@mzp.cz](mailto:Frantisek.Panek@mzp.cz), [David.Topinka@mzp.cz](mailto:David.Topinka@mzp.cz)

Ministerstvo životního prostředí  
Vršovická 65  
Praha 10, 100 10

Ústředna: ++420-2-6712-1111  
Fax: ++420-2-6731-0308  
Email: [info@mzp.cz](mailto:info@mzp.cz)



## Inovativní technologie

- začátek rozvoje ve světě koncem 80-tých let minulého století, jejich používání se rozšířilo v 90 letech (především v USA a západní Evropě).
- na základě statistické sledování (U.S. EPA, 1982-2002) vyplynulo, že z celkového počtu řešených kontaminovaných míst připadalo cca 21% na inovativní technologie,
- v České Republice se řada těchto technologií řadí mezi relativně nové, perspektivní a rozvíjející se metody a postupy, které čím dál tím více získávají svoje uplatnění při odstraňování ekologických zátěží.



## Definování pojmu „Inovativní technologie“

Jedna z možných definic (U.S. EPA, 2000, 2001, 2004) zní:

Inovativní technologií je alternativní sanační technologie, která byla jen velmi omezeně použita v provozním měřítku, není k dispozici dostatek informací o její ekonomice, a účinnosti. Tato inovativní technologie by měla přinášet méně nákladnou a proveditelnou alternativu pro sanace kontaminovaných půd a podzemních vod, měla by ve srovnání se stávajícími technologiemi zrychlovat sanaci a zvyšovat účinnost sanačního zákroku.



## Základní technologické principy

Inovativní technologie (standardní sanační technologie):

- procesy chemické (oxidace, redukce),
- fyzikálně-chemické (srážení, koagulace, absorpce, adsorpce, iontové výměny, membránové procesy, atd.),
- biologické (biologická činnost mikroorganismů),
- ostatní



## **1.) Technologie založené na chemických procesech, oxidačně - redukční procesy**

Principem oxidačně-redukčních (redoxních) reakcí je buďto přímý elektronový transfer (přímá oxidace, např.  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{O}_2$ ), nebo majoritně se uplatňující oxidace nepřímá (ostatní oxidační činidla), tj. radikálový mechanismus.



**1a) Oxidační procesy** – k odbourávání polutantu se využívají silná oxidační činidla. Nejběžněji používané jsou manganistany v pevné nebo kapalné formě (K, Na), peroxidy, zejména Fentonovo činidlo, ozon, popř. ozon v kombinaci s peroxidem (peroxon), peroxodisírany, zejména  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ . Každá z výše uvedených oxidačních látek má svá specifika, míru využitelnosti pro jednotlivé polutanty, výhody a nevýhody použití. Obecně jsou tyto metody označovány jako ISCO (In situ Chemical Oxidation).

Lokalita	Financováno	Hlavní kontaminanty	Fáze sanace	Aplikovaná chemická látka
Milovice - tábor	MŽP	CIU, NEL	sanace ukončena (dočištění)	peroxid vodíku
Kuřivody	MŽP	CIU	sanace	manganistan draselný
MOTOCO a.s. České Budějovice	MF ČR	CIU	sanace ukončena	manganistan draselný
PILANA TOOLS a.s., Zhorovice	MF ČR	CIU	sanace ukončena	manganistan draselný
VISTEON- AUTOPAL Nový Jičín	MF ČR	CIU	sanováno celkově 5 lokalit, san. ukončena na čtyřech	manganistan draselný
Autopal Hluk	MF ČR	CIU, NEL	sanace ukončena	manganistan draselný
BENET Group	MF ČR	CIU, hliník, formaldehyd, kyselina sírová	sanace	manganistan draselný
KARA Trutnov	MF ČR	CIU	sanace pilotní pokus	manganistan draselný peroxid vodíku
Pražská Plynárenská	MF ČR	PAU, NEL	pilotní pokus	peroxid vodíku
GUMOTEX a.s., Břeclav	vlastníkem	NEL, BTEX	dočištění horninového prostředí, san. ukončena	peroxid vodíku
Skládka prům. odpadů Nový Rychnov	SFŽP, OP Infrastruktura	organochlorové pesticidy, CIU	pilotní pokus	peroxid vodíku

Příklady praktického použití technologie oxidace in situ



**1b) Redukční procesy** - k odbourávání polutantu využívají silná redukční činidla. Nejčastěji se může jednat o disířičitan, sířičitan event. hydrogensířičitan sodný, nanoželezo, dithioničitan, oxid sířičitý, alkalické kovy. Pro použitelnost jednotlivých redukčních činidel platí stejné konstatování jako uvedené u činidel oxidačních. Do této skupiny spadá mimo jiné např. chemická redukce v plynné fázi vodíkem.



Lokalita	Financováno	Hlavní kontaminanty	Fáze sanace	Aplikovaná chemická látka
<u>Permon</u> Křivoklát	MF	<u>Cr<sup>VI</sup></u>	sanace ukončena	<u>pyrosiřičitan sodný</u>
<u>TRW</u> <u>Automotive</u> Jablonec	vlastník	<u>Cr<sup>VI</sup></u>	sanace ukončena	<u>dithioničitan sodný</u>

Příklady praktického použití redukční stabilizace těžkých kovů in situ

Lokalita	Financováno	Hlavní kontaminanty	Fáze sanace	Aplikovaná chemická látka
<u>Spolchemie</u> Ústí nad Labem	MF ČR	CIU	pilotní pokus	<u>Fe - nanočástice</u>
<u>Kuřivody</u>	MŽP	CIU	pilotní pokus	použití <u>Fe-nanočástic</u> (kombinace s kyselinou mléčnou)
<u>VISTEON-</u> <u>AUTOPAL</u>	MF ČR	CIU	Sanace I. etapa	PTS s 9 bran s náplní šterku a $Fe^0$

Příklady praktického použití elementárních kovů ( $Fe^0$ )



## **2.) Technologie založené na fyzikálně-chemických procesech**

Založeny na celé řadě různorodých procesů z nichž nejběžnější jsou specifikovány níže. Míra použití se značně liší především v důsledku různé technické a ekonomické náročnosti.



**2a) Srážecí procesy** - využívají tvorby málo rozpustných sloučenin odstraňovaného kovu či kovů, zejména pak hydroxidů, uhličitánů, hydroxid-uhličitánů, fosforečnanů a sulfidů. Vedle srážení a spolusrážení ovlivňuje výslednou koncentraci kovů i adsorpce na hydratovaných oxidech.

Nejčastěji používané jsou vápno, hydroxid sodný (železnatý), uhličitán sodný, sulfid sodný, vápenatý, či železnatý. Můžeme zde pak hovořit o srážení sulfidovém, hydroxidovém, uhličitánovém, apod.



**2b) Koagulační procesy** - založeny na hydrolýze koagulantů na bázi Fe a Al. Nejčastěji jsou využívány na odstraňování těžkých kovů (TK). Významný vliv na účinnost procesu má, typ koagulantu, hodnota pH, počáteční koncentrace polutantu ve vodách.

Lokalita	Financováno	Hlavní kontaminanty	Fáze sanace
<u>Karbosorb</u>	MF ČR	vysoké koncentrace arsenu v různých formách, RU, PAU, naftalen, CIU, FNI	Sanace As dvoustupňovým srážením (arsenové vody a kaly)

Příklady praktického použití srážecích a koagulačních procesů



**2c) Adsorpční a desorpční procesy** - představují procesy založené na přestupu hmoty, patří do skupiny difúzních procesů. Jedná se o děje probíhající na mezifázovém rozhraní, tj. v místě v zájemného styku dvou fází. Do této skupiny můžeme zařadit mimo jiné např. stripping ve vrtu, apod.



**2d) Procesy iontové výměny** – iontová výměna je reverzibilní reakce, při které iont nesoucí elektrický náboj obsažený v odpovídajícím médiu (kapalina) je vyměněn za podobně nabitý iont aktivovaného iontoměniče (anionaktivní, katioaktivní). Při sanaci vod mohou být použity iontoměniče přírodní (zeolit, jílové minerály) nebo uměle vyrobené ve formě organických polymerů.

Lokalita	Financováno	Hlavní kontaminanty	Fáze sanace
Sklárny Bohemia, Opocnice	MŽP (VaV- 1D/7/22/II/04)	velmi vysoké koncentrace arsenu v různých formách.	pilotní test iontové výměny na lokalitě, laboratorní test pro porovnání metod iontové výměny a membránové separace,

Příklady praktického použití iontové výměny



**2e) Membránové procesy (filtrace, separace)** - principem je schopnost separace vstupního média (plynná nebo kapalná směs) použitím semipermeabilní membrány (polopropusné) v závislosti na fyzikálních a chemických vlastnostech vstupního roztoku. Pro dělení směsí se používají buď porézní membrány, u kterých se využívá rychlosti difúze separovaných složek membránou, nebo porézní polymerní membrány, u kterých probíhá separace mechanismem rozpouštění a difúze v membráně. Nejběžněji používaná je v současné době reverzní osmóza.

Lokalita	Financováno	Hlavní kontaminanty	Fáze sanace
<b>STROJMETAL Kamenice</b>	MŽP (VaV – 1D/7/22/II/04)	zpracování průmyslových odpadních vod s vysokým obsahem solí	provozní aplikace
<b>Skládka prům. odpadů Nový Rychnov</b>	MŽP (VaV – 1D/7/22/II/04)	čištění průsakových vod - kontaminace organickými látkami s vysokým obsahem anorganických solí	provozní aplikace
<b>Pražská plynárenská</b>	MŽP (VaV/730/2/03)	čištění kontaminovaných podzemních vod (PAU)	pilotní test
<b>skládka NO Všebořice</b>	MŽP (VaV – 1D/7/22/II/04)	čištění průsakových vod s vysokým obsahem organického i anorganického znečištění	laboratorní a pilotní test

## Příklady praktického použití reverzní osmózy

**2f) Ostatní fyzikálně chemické procesy** - do této skupiny mohou patřit procesy jejichž vlivem dochází ke změně fyzikálně chemických vlastností dotčeného polutantu, např. aplikace povrchově aktivních látek (PAL), aplikaci páry (SEE), apod.





## **3) Technologie založené na biologických procesech**

- jsou založeny na biologické degradaci, příp. fixaci organických látek,
- jedná se o celou řadu pochodů jako přímou aerobní oxidací, aerobní kometabolismem, anaerobní oxidací, přímou anaerobní redukcí, kometabolickou anaerobní redukcí, abiotickou transformací,
- je využíváno degradační či transformační aktivity přirozených (autochtonech) či vnesených (allochtoních) mikroorganismů,
- mezi nejrozšířenější typy substrátů patří rychle působící substráty, jako syrovátka (sušená, roztok), melasa, laktáty (propionát, butyrát), ethanol, metanol a dlouhodobě působící substráty, jako polyester kyseliny mléčné, emulze jedlých olejů, mulče, komposty.
- do této kategorie spadá celá řada modifikací biologických procesů, jako např. nepřímá redukce těžkých kovů síran redukujícími bakteriemi, biosorpce, biomobilizace, biosparging, bio redukce, a mnoho dalších.

Lokalita	Financováno	Hlavní kontaminanty	Fáze sanace	Aplikovaná chemická látka
<u>Kuřivody</u>	MŽP	CIU	pilotní pokus	použití kyseliny mléčné a <u>Fe-nanočástic</u>
<u>Olomouc Nereďin</u>	MŽP	CIU	začátek sanace	syrovátka
<u>Škoda Plzeň</u>	MF	CIU	dočištění horninového prostředí	heterotrofní substrát
<u>Alstom Mikulov</u>	MF	CIU	dočištění horninového prostředí	heterotrofní substrát
<u>TRW Automotive Jablonec</u>	vlastník	CIU	sanace	syrovátka
<u>ELTON Nové Město nad Metují</u>	MPO (FI-IM2/086)	CIU	pilotní pokus	syrovátka, řepná melasa
<u>OZT, a.s. Toužim</u>	MPO (FI-IM2/086)	CIU	sanace	syrovátka, řepná melasa

## Příklady praktického použití biologické reduktivní dehalogenace

Lokalita	Financováno	Hlavní kontaminanty	Fáze sanace	Aplikovaná chemická látka
<u>Synthesia a.s. Pardubice</u>	MPO (FD-K2/42)	směsné znečištění z chemické výroby	pilotní pokus	<u>in-situ reaktor</u> v systému drén-brána tzv. " <u>trench-and-gate</u> "

## Příklad použití biologické propustné reaktivní bariéry



## **4.) Skupina ostatních procesů nespadaající do výše uvedených**

Mohou sem patřit například procesy, které využívají k separaci látek jejich odlišnou pohyblivost ve stejnosměrném elektrickém poli. Na principu rozdílných elektroforetických mobilit se při ní dělí nabitě molekuly (ionty). Do této skupiny patří např. elektroforéza. Dále sem můžeme zařadit technologii využívající k degradaci organických látek UV-záření, např. fotolytická oxidace (destrukce).



## **Metodické příručky jako podpora inovativních technologií**

2006 - Metodická příručka pro použití oxidačních technologií (ISCO)

2007 - Metodická příručka pro použití reduktivních technologií in situ při sanaci kontaminovaných míst.

[www.env.cz](http://www.env.cz) - rubrika Životní prostředí-Staré ekologické zátěže-Metodiky-Metodiky k problematice starých ekologických zátěží.

2009 – Metodická příručka pro použití technologie reversní osmózy.

Výhodou elektronické verze je možnost postupného doplňování o nové praktické zkušenosti s použitím inovativních technologií.



## Shrnutí:

- primární technologie k dekontaminaci horninového prostředí
- doplňková technologie ke klasickým sanačním postupům (dočištění horninového prostředí, intenzifikace sanace).
  
- hlavní výhody inovativních metod: vysoká účinnost a menší časová náročnost sanace.
  
- nevýhody: minimální praktická odzkoušenost, u některých vyšší finanční náročnost, nezbytná realizace laboratorní a poloprovozní zkoušky za účelem upřesnění technologického postupu přímo ve vztahu ke konkrétní lokalitě.



## ● Závěr:

Použití inovativních technologií v ČR:

nejrozšířenější - metoda ISCO, reduktivní dehalogenace a některé další technologie založené na biologické aktivitě mikroorganismů.

*MŽP obecně podporuje využití inovativních metod včetně jejich uvádění v praxi a doporučuje zvážení jejich aplikací při návrzích sanačních zásahů dle konkrétního charakteru zátěže a konkrétních podmínek na lokalitě.*



## Děkuji za pozornost

Ministerstvo životního prostředí  
Vršovická 65  
Praha 10, 100 10

Ústředna: ++420-2-6712-1111  
Fax: ++420-2-6731-0308  
Email: [info@mzp.cz](mailto:info@mzp.cz)