

## Příloha 1

### Aplikace metody in situ chemické oxidace v zahraničí

#### Obsah

OBSAH.....	1
ÚVOD.....	1
IN SITU CHEMICKÁ OXIDACE V USA.....	2
IN SITU CHEMICKÁ OXIDACE V DALŠÍCH ZÁPADNÍCH ZEMÍCH.....	4
POUŽITÁ LITERATURA .....	5

#### Úvod

In situ chemická oxidace je při sanacích horninového prostředí využívána již poměrně dlouhou dobu. První aplikace při skutečném čištění kontaminovaných lokalit byly realizovány v USA již koncem osmdesátých let minulého století. Používání se rychle rozšířilo v 90. letech, kdy bylo na základě validačních studií federálních úřadů, např. U.S. Environmental Protection Agency, Robert S. Kerr Environmental Research Center (Huling 2002), U.S. Department of Energy) a některých státních institucí (například North Carolina Underground Injection Control Program (Easley a kol. 2004), Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, Bechtel, BWXT, Idaho, LLC, University of Waterloo, Canada (Parker, 2002), prokázáno, že chemická oxidace in situ je **účinnou a dobře aplikovatelnou sanační technologií**, zejména ve spojení s dalšími sanačními technikami, jako biologické dočištění, vakuová extrakce půdního vzduchu (venting), air-sparging, apod. Na počátku 90. let minulého století bylo používání chemické oxidace legislativně upraveno v SRN i v některých spolkových zemích (například v Sasku):

- „D4 Bodenluftabsaugung – UV-Oxidation / katalytische Oxidation“  
<http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/alfaweb/berichte/mza18/recht0037.html#Heading712>
- [http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/Sabfaweb/sabfaweb-nt/print/mza2\\_01.pdf](http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/Sabfaweb/sabfaweb-nt/print/mza2_01.pdf)

Praktické používání ISCO je velmi rozšířené a akceptované mnoha státními dohlížecími a kontrolními orgány v Americe, Asii i Evropě. ISCO se zařazuje na třetí místo v četnosti používání při sanacích starých zátěží v USA (EPA REACH IT System). Na webových stránkách bylo možné najít informace o cca 150 aplikacích technologie ISCO

v USA. Od roku 2006 je však online přístup do databáze REACH IT pozastaven a k dispozici jsou pouze omezené informace:

- <http://www.cluin.org/vendor/vendorinfo/>

Pořadí četnosti používání sanačních technologií v USA je následující:

1. Solidification/Stabilization
2. Bioremediation (ex situ) - Land Treatment
3. **Chemical Treatment - Oxidation / Reduction**
4. Air Sparging (in situ) - Groundwater
5. Bioremediation (in situ) - Other

Oxidace manganistanem draselným se původně používala v minulých dekáдах při odstraňování fenolů,  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{S}^{\text{II}}$  z odpadních vod. Ve druhé polovině devadesátých let 20. století byla testována a aplikována při sanaci zemin a podzemních vod kontaminovaných organickými kontaminanty, například chlorované uhlovodíky (PCE, TCE, vinylchlorid), BTEX, PAU, MTBE v USA, Kanadě (Yin Y. - Allen H.E. 1999, ITRC 2001) a v Austrálii (Beck P. et al 2003).

Technologie ISCO je ve světě v současné době naprosto běžná a za dobu praktického používání velmi dobře vyzkoušená a ověřená. Vzhledem k tomu, že četnost jejích aplikací rok od roku stoupá, je zřejmé, že použití této technologie v praxi prokázalo, že je výhodná, účinná a nepřináší nepřiměřená rizika pro životní prostředí, lidské zdraví a ekosystémy.

## In situ chemická oxidace v USA

V USA jsou remediační technologie (ne povinně) posuzovány v rámci Environmental Security Technology Certification Program (**ESTCP**):

- <http://www.estcp.org/about/>

Program je financován ministerstvem obrany USA – Department of Defence. Hlavním cílem tohoto programu je posuzovat inovační sanační technologie a hodnotit jejich účinnost a ekonomiku. Mezi nejpodstatnější kritéria hodnocení patří účinnost technologie a snížení nákladů na sanaci. Strategie ESTCP je taková, že vybírá laboratorně ověřené technologie s tržním potenciálem a přes různé stupně „scale-up“ je dovedou do provozní aplikace. Nad provozním ověřením dohlíží odborníci. Výsledky pak slouží k celkovému hodnocení té které technologie.

Samotná metoda ISCO i metoda in situ chemické oxidace ve spojení s dalšími podpůrnými postupy byla testována v rozmezí let 1994 až 1998. V roce 1999 byla publikována zpráva o prověření této technologie s jejím hodnocením, které jednoznačně prokázalo její **výhody a bezpečnost** (ESTCP 1999). V I. fázi hodnocení bylo sledováno a prověřováno celkem 42 lokalit, kde byla ISCO aplikována v různých stupních (pilotní testy, provozní aplikace), ve II. fázi pak dalších 12 lokalit. Z výsledků vyplynulo, že ve většině případů přinesla aplikace samotné ISCO nebo v kombinaci s podporovanou bioremediací či s přirozenou atenuací velmi dobré výsledky. Nezdar byl zaznamenán na lokalitě s nepříznivými hydrogeologickými vlastnostmi, kde vznikaly zkratové proudy, jejichž vliv nebylo možné eliminovat.

Podobné posuzování sanačních technologií provádí i U.S. Environmental Protection Agency (**EPA**). Posouzení je komplexní, takže kromě hodnocení účinnosti je hodnoceno i riziko plynoucí z použití technologie pro životní prostředí, lidské zdraví a ekosystémy, její

vliv na biodiversitu, ekonomika použití, akceptovatelnost technologie veřejností, atd. **Technologie ISCO byla prověřena a byla hodnocena jako inovativní, bezpečná a účinná technologie pro praktické použití při sanaci starých zátěží („brownfields“):**

- <http://clu-in.org/techfocus/default.focus/sec/In%5FSitu%5FOxidation/cat/Overview/>
- <http://207.86.51.66/download/remed/chemox.pdf>

Na stránkách, které EPA věnuje technologickým inovacím (<http://www.epa.gov/tio/>) je mezi mezi několika sty dokumenty věnovanými sanačním technologiím také sekce technické podpory (<http://www.epa.gov/tio/tsp>), v níž je mimo jiné dostupný materiál Engineering Issue, který detailně informuje o technologických aspektech ISCO.

Další organizace, která posuzovala technologii ISCO v USA byl **SERDP** (The Strategic Environmental Research Program). I tento program je financovaný ministerstvem obrany USA a jeho cílem je provádět hodnocení a „scale-up“ sanačních technologií, které mají přímý vztah k sanaci starých zátěží v armádě. Zhodnocení technologie ISCO bylo kladné a v závěru bylo doporučeno její používání:

- <http://www.serdp.org/general/>

Z federálních orgánů USA se k technologii ISCO vyjádřilo i ministerstvo energetiky U.S. Department of Energy, Office of Environmental Management, výsledek hodnocení byl rovněž kladný:

- <http://www.osti.gov/bridge/>
- <http://apps.em.doe.gov/ost/itsrall.html>

Podobná hodnocení technologie ISCO jako ESTCP a EPA prováděl i U.S. Geological Survey (USGS), Interstate Regulatory & Technology Council (ITRC) a Groundwater Remediation Technologies Analysis Center (GWRTAC) a některé další. ITRC je národní americká koalice zabývající se rozvojem technologických programů, sdružující více než 35 amerických států, tři federální agentury, průmyslové podniky a další veřejné instituce. Např. materiál z roku 2001 zpracovala pracovní skupina ISCO ve složení 16 odborníků.

- [http://toxics.usgs.gov/topics/rem\\_act/solvent\\_plume.html](http://toxics.usgs.gov/topics/rem_act/solvent_plume.html)
- <http://www.itrcweb.org>
- <http://www.clu-in.org/download/toolkit/inchem.pdf>

V provozním měřítku využívá metodu ISCO nebo kombinované technologie (např. ISCO + biologické metody) v USA množství společností. Níže je uveden jejich výběr s www adresou. Např. jen ve státě Florida bylo v letech 1997 – 2005 provedeno více než 20 aplikací:

- <http://www.dep.state.fl.us/waste/categories/pcp/pages/chem.htm>
- ORIN Remediation, Inc. <http://www.orinrt.com/remediation.asp>
- ARS Technologies, Inc. <http://www.arstechnologies.com/>
- Calgon Carbon, Canada, Inc. [http://www.oceta.on.ca/profiles/calgon/calgon\\_tech.html](http://www.oceta.on.ca/profiles/calgon/calgon_tech.html)
- Magnum Water Technology, Inc. [www.magnumwater.com](http://www.magnumwater.com)
- Hydroxyl Industrial Systems, Inc. [www.hydroxyl.com](http://www.hydroxyl.com)
- PCI-Wedeco Environmental Technologies <http://www.pci-wedeco.com>
- Trojan Technologies, Inc. [www.trojanuv.com](http://www.trojanuv.com)
- Applied Process Technologies Inc. [www.aptwater.com](http://www.aptwater.com)
- Kerfoot Technologies, Inc. <http://www.kerfoottechnologies.com>
- Active Environmental Services, Inc. <http://www.active-environmental.com/>

- ETTL Engineers and Consultants, Inc. <http://www.ettlinc.com/Remediation.htm>
- MECX, Inc. <http://www.mecx.net/Remediation/index.cfm>
- Xpert Design and Diagnostics LLC, Inc. <http://www.xdd-llc.com/Services/ChemOx.htm>
- EA Engineering, Science, and Technology, Inc. <http://www.eaest.com/>
- In-Situ Oxidative Technologies, Inc. <http://www.insituoxidation.com/>
- Groundwater and Environmental Services, Inc. <http://www.gesonline.com/Default.asp>
- Environmental Strategies Consulting LLC, Inc. <http://www.environmental-strategies.com/>
- Environmental Waste Management Associates, Inc. <http://www.ewma.com/>
- GeoSyntec Consultants, Inc. <http://www.geosyntec.com/public.asp>
- Hargis + Associates Inc. <http://www.hargis.com/index2.cfm>
- Superior Environmental Corp.  
<http://www.superiorenvironmental.com/Brix?pageID=158&article=153>
- The Whittman Companies, Inc. <http://www.whitmanco.com/innovative.shtml>
- LFR, Inc. [http://www.lfr.com/default\\_Frames.htm](http://www.lfr.com/default_Frames.htm)
- Sumas Inc. <http://www.sumas.com/bioremediation/bos.htm> (bio/chemical oxidation system)
- Resource Control Corporation <http://www.rcc-net.com/>
- TRC Raviv Associates, Inc. <http://www.danraviv.com/drai/svcs-remedial.htm>
- Cirrus Environmental Services, Inc. <http://www.cirrusenviro.com/services.html>
- Gloder ssociates, Inc. <http://www.golder.com/>
- Remedial Construction Services, Inc. <http://www.recon-net.com/overview2.html>
- Barr, Inc. <http://www.barr.com/Environmental/SiteAssess/RiskMgmt.htm>
- SAIC EEMG Harrisburg, Inc. <http://www.saiceemg.com/mainset.html>
- Green Environmental Inc. <http://www.greenenvironmental.com/index.htm>
- Surbec Environmental L.L.C., Inc. <http://www.surbec-art.com/index.htm> (ozone generator)
- Weiss Associates, Inc. <http://www.weiss.com/>
- Princeton Groundwater, Inc. <http://www.princeton-groundwater.com>
- Allwest Remediation, Inc. <http://www.allwestrem.com/contractingbody.htm>

## In situ chemická oxidace v dalších západních zemích

Technologie ISCO se využívají v Kanadě:

- The C3 Group, Inc. <http://www.c3group.com/c3environmental/cleanox.htm>
- Hydrogeo Plus, Inc. [www.hydrogeoplus.com](http://www.hydrogeoplus.com)

Ve Velké Británii:

- QDS Ltd. <http://www.qdsltd.com/>
- Conestoga-Rovers & Associates (UK) Ltd.,  
<http://www.cra.co.uk/pdf/Remediation%201%20pager.pdf>
- Willacy Oil Services Limited <http://www.willacyoil.com/>

V Nizozemí:

- Arcadis, n.v. <http://www.arcadis-global.com/>

V SRN:

- LOBBE <http://www.lobbe.info/>

- Intergeo <http://www.intergeo-umwelt.com/>
- Biopract GmbH <http://www.biopract.de/html/news.htm>

V Rakousku:

- Ingenieuregemeinschaft Stunder und Zangl OEG

V Itálii:

- SET Subsoil Environment Technologies, s.r.l. <http://www.setsrl.com>

V Asii:

- Kossge Technologies, South Korea <http://www.kossge.or.kr/>

## Použitá literatura

- S. G. Huling and B. E. Pivetz. 2006. *EPA Ingeneering issue: In situ chemical oxidation*. Dostupné na <http://www.epa.gov/ada/download/issue/600R06072.pdf>.
- Beck P. et al (2003): *In Situ Remediation of Trichlorethylene Using a Potassium Permanganate Oxidising Fluid: Chemical Process, Site Background and Pilot Test*. In: *Proceeding of the XXXth Congress of International Association of Hydrogeologists hold in October 2003 in Mar del Plata (Argentina) „Groundwater and Human Development“*, pp. 163 –170
- Easly, M.F., Ross, W.G., Klimek, A.W. (2004): *North Carolina Nonpoint Source Pollution Management Program, Second Update*, North Carolina Department of Environment and Natural Resources Division of Water Quality Planning Branch, 2004
- *Environmental Security Technology Certification Program*. 1999. *Technology status review: In situ oxidation*, <http://www.estcp.gov>.
- Huling, S.G. (2002): *In-situ Fenton's oxidation: A critical analysis*, U.S. EPA Seminar: *In Situ treatment of groundwater contaminated with non-aqueous phase liquids*, Chicago, IL, December 11, 2002
- ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council). 2001: *Technical and Regulatory Guidance for In Situ Chemical Oxidation of Contaminated Soil and Groundwater*. June 2001. <http://www.itrcweb.org>
- ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council). 2005: *Technical and Regulatory Guidance for In Situ Chemical Oxidation of Contaminated Soil and Groundwater*, 2nd ed. ISCO-2. Washington, D.C.: Interstate Technology & Regulatory Council, In Situ Chemical Oxidation Team. Available on the Internet at <http://www.itrcweb.org>.
- Parker, B.L. (2002): *Full-scale permanganate remediation of a solvent DNAPL source zone in a sand aquifer*, U.S. EPA Seminar: *In Situ treatment of groundwater contaminated with non-aqueous phase liquids*, Chicago, IL, December 11, 2002
- US EPA. 1998. *Field application of in situ remediation technology: chemical oxidation*. Office of Solid Waste and Emergency Response, Technology Innovation Office, Washington, D.C., EPA 542-R-98-008. Available at <http://www.gwrtac.org>.
- Yin, Y. and H. E. Allen, 1999. *In situ chemical treatment*. Ground Water Remediation Technology Analysis Center, Technology Evaluation Report TE-99-01. <http://www.gwrtac.org>.