

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí
Katedra geoenvironmentálních věd



Sanace transformátorových olejů na lokalitě ČKD Elektrotechnika

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Andrea Juanola Freixas
Autor: Bc. Michal Turek

2013

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra geoenvironmentálních věd

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Turek Michal

Regionální environmentální správa - kombinované Praha

Název práce

Sanace transformátorových olejů na lokalitě ČKD Elektrotechnika

Anglický název

Remediation of transformer oil at the site CKD Elektrotechnika

Cíle práce

Cílem práce je v literární rešerši přehledně shrnout nejčasteji využívané technologie pro odstranění ropného znečištění a v rámci vlastní části na základě převzatých podkladů a vlastních prací zhodnotit probíhající sanaci lokality ČKD Elektrotechnika, Praha 9 v letech 2006 - 2012. Dále pak s využitím programu ArcGis vypracovat mapový podklad postupu dekontaminace za vybraná období.

Metodika

Diplomat si vyhledá dostupnou i doporučenou literaturu na jejímž základě vypracuje přehlednou literární rešerši se zaměřením na problematiku technologií a postupů vedoucích k odstranění kontaminace ropnými látkami. Student shrne zkušenosti nejenom z ČR, ale i ze světa. V rámci vlastní části navštíví lokalitu ČKD Elektrotechnika, na které popíše a na základě naměřených a poskytnutých dat vyhodnotí úspěšnost probíhajících sanačních prací. Bude vycházet z vlastního průzkumu, studia poskytnutých materiálů (výtěžnost ropných látek za uvedené období, měření výšky fáze, ...) a ze spolupráce s odborníky z dekontaminační společnosti. Součástí výstupů bude vypracování mapových podkladů lokality postupu dekontaminace s využitím programu ArcGis. Práce bude rozdělena do těchto částí: 1 Úvod, 2 Cíle práce, 3 Metodika, 4 Literární rešerše (legislativa, souč. stav, technologie), 5 Vlastní část (ČKD Elektrotechnika), 6 Výsledky, 7 Diskuze, 8 Závěr.

Harmonogram zpracování

- VI. - IX. 2012 návštěva lokality, pořízení fotodokumentace, shromažďování podkladů k vypracování lit. rešerše i vlastní části, konzultace s firmou provádějící dekontaminační práce
- IX. 2012 konzultace, struktura lit. rešerše
- IX. 2012 - XII. 2012 vypracování lit. rešerše
- I. 2013 konzultace, předložení lit. rešerše a její oprava, zápočet ZS
- I. - III. 2013 zpracování vlastní části DP
- III. 2013 předložení kompletní DP k opravám, zápočet LS
- IV. 2013 odevzdání finální verze DP

Rozsah textové části

30 literární rešerše, 25 vlastní část, jinak dle potřeby

Klíčová slova

ropné znečištění, brownfields, dekontaminace, ČKD Elektrotechnika

Doporučené zdroje informací

Brož, M., a kol.: Závěrečná zpráva z průzkumu znečištění horninového prostředí v areálu Polygon BC (dříve ČKD Elektrotechnika). Ekosystem spol, s.r.o., Praha 2003.

Ceccanti, B., Masciandaro G., Garcia, C., Macci C., Doni, S.: Soil bioremediation: Combination of earthworms and compost for the ecological remediation of a hydrocarbon polluted soil. *Water, Air and Soil Pollution*, vol 177, 1-4(2006). 383-397.

Černík, M. a kol.: Chemicky podporované in situ sanační technologie. VŠCHT, Praha, 2010.

Kolektiv autorů: Kompendium sanačních technologií. Vodní zdroje Ekomonitor spol., s.r.o., 2006, Chrudim, 280 s., ISBN 80-86832-15-5.

Sborníky konference Sanační technologie VII. - XV., Vodní zdroje Ekomonitor, spol., s.r.o., Chrudim 2004-2012.

Nadim, F., Hoag, G.E., Liu, S., Carley, R.J., Zack, P.: Detection and remediation of soil and aquifer systems contaminated with petroleum products: an overview. *Journal of Petroleum Sciences and Engineering* 26 (2000) 169-178.

Okoh, A. I., Trejo-Hernandez, M. R.: Remediation of petroleum hydrocarbon polluted systems: Exploiting the bioremediation strategies. *African Journal of Biotechnology*, 2006. 5 (25), 2520-2525.

Widdowson, M.A., Shearer, S., Andersen, R.G., Novak, J.T.: Remediation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Compounds in Groundwater Using Poplar Trees. *Environmental Science and Technology*, 2005, 39 (6), 1598-1605.


Metodický pokyn MŽP pro průzkum kontaminovaného území, Věstník MŽP, č. 9, září 2005.

Metodický pokyn MŽP, Zásady zpracování studie proveditelnosti opatření pro nápravu závadného stavu kontaminovaných lokalit, červen 2007.

Metodický pokyn MŽP Analýza rizik kontaminovaného území, Věstník MŽP č. 3, březen 2011.

Vedoucí práce

Juanola Freixas Andrea, Ing.


doc. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.
Vedoucí katedry




prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.
Děkan fakulty

V Praze dne 6.9.2012

Prohlášení autora DP

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci „Sanace transformátorových olejů na lokalitě ČKD Elektrotechnika“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Andrey Juanola Freixas a uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem při zpracování čerpal.

V Praze dne.....

.....

Michal Turek

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí své diplomové práce Ing. Andrei Juanola Freixas za odborné vedení, poskytování velmi cenných rad a informací a také za trpělivost a ochotu při psaní této práce. Dále bych rád poděkoval panu Ondřeji Pokornému ze společnosti AGSS, s.r.o. za poskytnutí dat pro zpracování, odborné rady a připomínky při řešení. V neposlední řadě také své rodině a blízkým za podporu během celého studia.

Abstrakt

Tato diplomová práce vytváří základní přehled jednotlivých metod vhodných pro sanaci ropných látek a to jak z podzemní vody tak také pro sanaci zemin. Metody jsou rozděleny podle typu na *in situ* a *ex situ*. Součástí literární rešerše je také základní charakteristika starých ekologických zátěží a přehled souvisejících legislativních předpisů, které jsou důležité pro celý proces odstraňování starých ekologických zátěží. Pozornost je také zaměřena na problematiku a zkušenosti s ekologickými zátěžemi v zahraničí. V praktické části je sepsána základní charakteristika lokality ČKD Elektrotechnika (popis lokality a přírodní podmínky). Dále je praktická část zaměřena na dosud provedené průzkumné a sanační práce a popisuje fungování zvolené sanační metody. Hlavním cílem praktické části bylo zhodnocení sanačních prací a vytvoření mapových podkladů, ze kterých bude zřejmé jakým způsobem se vyvíjela úroveň dekontaminace celé lokality. Na základě výsledků z vytvořených mapových podkladů je patrné, že v průběhu sledovaného období v důsledku efektivit vybraných sanačních metod došlo k účinnému snižování množství fáze ropných uhlovodíků a eliminace kontaminace sanované lokality.

Klíčová slova

ropné znečištění, brownfields, dekontaminace, ČKD Elektrotechnika, ArcGIS

Abstract

This diploma work creates a basic overview of methods suitable for the remediation of oil from both groundwater and also for soil remediation. The methods are classified according to the type for in situ and ex situ. The literature review is a basic characteristic of old environmental burdens and overview of relevant laws and regulations, which are important for the process of removing old ecological burdens. Attention is also focused on the issues and experiences with environmental burdens abroad. In the practical part is drawn basic characteristic of location ČKD Elektrotechnika (description of the location and natural conditions). Furthermore, this practical part focuses on the exploration and remediation work carried out so far and describes the operation of the selected remediation methods. The main aim of practical part was to evaluate the remediation work and the creation of map data, from which it will be clear, how developed the level of decontamination of the whole area. Based on the results generated from maps is evident that, during the period following effectiveness of selected remediation methods was effectively reduced power phase of petroleum hydrocarbon contamination and elimination of rehabilitated sites.

Keywords

oil pollution, brownfields, decontamination, ČKD Elektrotechnika, ArcGIS

1. Úvod	10
2. Cíle DP	11
3. Metodika	12
4. Staré ekologické zátěže	14
4.1. Legislativa v ČR.....	16
4.1.1. Etapy procesu odstraňování starých ekologických zátěží	18
4.2. Legislativa v zahraničí	20
4.2.1. Slovensko	20
4.2.2. Německo.....	21
5. Charakteristika polutantů vyskytujících se na lokalitě.....	22
5.1. Nepochlorné extrahovatelné látky (NEL).....	22
5.2. Polychlorované bifenyly (PCB).....	23
6. Sanační technologie.....	24
6.1. Sanační technologie <i>in-situ</i>	25
6.1.1. Bioremediace	26
6.1.2. Bioslurping	27
6.1.3. Air sparging	29
6.1.4. Vertikální bariéry – reaktivní bariéry	31
6.1.5. Venting	32
6.2. Sanační technologie <i>ex-situ</i>	33
6.2.1. Air stripping	34
6.2.2. Ošetřování půdy po vytěžení na dekontaminační ploše	35
6.2.3. Kompostování	36
6.2.4. Solidifikace a stabilizace	38
6.2.5. Termická desorpce	39
6.3. Inovační sanační technologie	41
6.3.1. Dynamický podzemní stripping	42
6.3.2. Nanotechnologie.....	43
7. Vlastní část.....	45
7.1. Popis lokality.....	45
7.2. Přírodní podmínky	46
7.3. Průzkumné práce v areálu ČKD Elektrotechnika	47
7.4. Uložená nápravná opatření.....	48

7.5. Přehled průzkumných a sanačních prací v období let 1993 -2003.....	48
7.6. Použitá sanační technologie	50
8. Výsledky.....	51
8.1. Stav sanačních prací k 4.4.2006.....	51
8.2. Stav sanačních prací k 9.3.2007	51
8.3. Stav sanačních prací k 4.3.2008.....	52
8.4. Stav sanačních prací k 10.3.2009	52
8.5. Stav sanačních prací k 30.3.2010.....	52
8.6. Stav sanačních prací k 12.4.2011	53
8.7. Stav sanačních prací k 14.3.2012.....	53
8.8. Porovnání účinnosti sanačních prací na vrtech EM-10 a ČŠ-8.....	54
8.8.1. EM-10.....	54
8.8.2. ČŠ-8.....	55
8.9. Celkové zhodnocení sanačních prací	56
9. Diskuze.....	57
10. Závěr	59
11. Přehled literatury a použitých zdrojů.....	60
12. Přílohy.....	72

1. Úvod

Staré ekologické zátěže, které se vyskytují na území České republiky jsou historickým dědictvím časů, kdy ochrana životního prostředí a nakládání se závadnými látkami nebyly na vysoké úrovni. Po roce 1990 došlo v oblasti odstraňování starých ekologických zátěží k zavedení systematických postupů (MŽP 2009).

Staré ekologické zátěže se nacházeli i v areálu společnost ČKD (Československá – Kolben – Daněk). Tato společnost v minulosti patřila k nejvýznamnějším podnikům československého a českého průmyslu, v době svého největšího rozmachu vyráběla ocelové konstrukce, železniční vagóny, dopravní systémy, energetická zařízení ale také zbrojní vybavení (ČKD 2012).

Společnost ČKD Elektrotechnika se specializovala zejména na výrobu elektrických motorů, generátorů a také transformátorů. Kontaminace půdy a podzemní vody ropnými látkami a polychlorovanými bifenyly byla způsobena činností právě těchto provozů. Od roku 1997 provádí společnost EKOSYSTEM spol. s r.o. sanaci lokality, která vede k odstranění starých ekologických zátěží způsobených činností společnosti ČKD Elektrotechnika (BROŽ 2003, SULEK a kol. 2006).

Sanace znečištění horninového prostředí a podzemní vody je v praxi realizována širokou škálou metod a postupů, mezi které patří různé biologické a fyzikálně-chemické metody. Dalším možným kritériem rozdělení sanačních metod je místo aplikace ve vztahu ke znečištěné lokalitě (*in situ*, *ex situ*) (FRANKOVSKÁ a kol. 2010).

V současné době je v sanační praxi aplikováno mnoho technologií založených na fyzikálních principech. Tyto technologie bývají zpravidla časově a finančně náročné a také mívají nízkou účinnost. Z tohoto důvodu je trendem dnešní doby přechod od těchto metod k chemickým či biologickým metodám (ČERNÍK a kol. 2010).

2. Cíle DP

Hlavním cílem diplomové práce je zhodnotit probíhající sanaci lokality ČKD Elektrotechnika, Praha 9 v letech 2006 – 2012.

Dílčí cíle práce jsou:

- shromáždit a seznámit se s odbornou literaturou a současnými trendy v oblasti odstraňování ekologických zátěží
- vypracovat přehlednou literární rešerši, která bude popisovat nejčastěji využívané technologie pro odstranění ropného znečištění
- vypracovat mapové podklady dekontaminace s využitím programu ArcGIS

3. Metodika

V rámci zpracování diplomové práce jsem v průběhu roku 2012 a 2013 několikrát navštívil společně s pracovníky společnosti EKOSYSTEM spol. s r.o. a AGSS, s.r.o. lokalitu ČKD Elektrotechnika v Praze 9. Při těchto návštěvách jsem pořizoval průběžnou fotodokumentaci lokality a společně s pracovníky bylo prováděno měření výšky fáze RU a odběr vzorků podzemní vody. Pro měření hladiny podzemní vody a fáze RU na lokalitě byly použity tyto přístroje a měřidla:

- Měřič rozhraní fáze ropných látek – voda OWI-20,
- Hladinoměr úrovně hladiny podzemní vody.

Vzorky podzemní vody na stanovení NEL byly odebírány za statické stavu kalovkou a poté byly odvezeny k laboratornímu zpracování.

Z poskytnutých dat byly v průběhu zpracování diplomové práce vypracovány tabelární a grafické výstupy, které znázorňují výtěžnost ropných látek v jednotlivých letech. Vzhledem ke skutečnosti, že samotná sanace podzemních vod probíhala již od roku 1998 bylo jako referenční datum zvoleno 22.03.2005, které bude sloužit jako bod pro vyhodnocení úspěšnosti sanačních prací.

Pro vyhodnocení probíhající sanace a zpracování mapových podkladů byly zvoleny sanační a monitorovací objekty, které se nacházeli v hlavním kontaminačním mraku. Konkrétně se jedná o následující objekty: sanační vrty IS-1, IS-6B, IS-8, IS-8A, IS-9, IS-10, IS-11, IS-12, IS-13, monitorovací vrty EH-4, EH-5, EH-6, EH-8, EH-9, EH-14, vrty pro postsanační monitoring EM-10, sanační jímky na sanačních drénech ČŠ-1, ČŠ-2, ČŠ-3, ČŠ-4, ČŠ-6, ČŠ-7, ČŠ-9, ČŠ-10.

Vybrané vzorky byly odebírány v jednotlivých letech vždy v průběhu měsíce března a dubna. Data získaná z těchto vzorků byla základem pro vypracování mapových podkladů postupu dekontaminačních prací. Mapové podklady postupu kontaminačního mraku jsem vypracoval s využitím programu ArcGis 9.3. Jako základ mapových podkladů byly použity papírové mapy ze Závěrečné zprávy z průzkumu znečištění horninového prostředí v areálu POLYGON BC, spol. s r.o. v Praze 9. Mapy byly naskenovány a poté byla v programu ArcGIS provedena vektorizace mapových pokladů. Poté následovalo vložení dat z jednotlivých let

a jednotlivých objektů do programu ArcGIS. Vytvořené mapové podklady odpovídají znečištění, které je v tomto případě prezentováno výškou fáze RU a odpovídá následujícím datům 04.04.2006, 09.03.2007, 04.03.2008, 10.03.2009, 30.03.2010, 12.04.2011, 14.03.2012.

Pro vytvoření mapových podkladů, které znázorňují postup dekontaminace, byla použita interpolační funkce Spatial Analyst Tools – Interpolation – IDW (Inverse Distance Weighted), která hodnotu v každém bodě počítá jako vážený průměr okolních měření. Váhami jsou převrácené hodnoty měření od daného bodu tzn. čím je měření blíže, tím větší má vliv). Dále je nutné určit parametr Power, což je exponent, kterým se dají váhy umocnit tzn. čím větší je hodnota tohoto parametru, tím větší váhu mají bližší měření oproti vzdálenějším. V tomto případě jsem pro vytvoření mapových podkladů zvolil hodnotu tohoto parametru 2. Výsledné mapy reprezentují výšku fáze RU (cm) v jednotlivých letech sledovaného období.

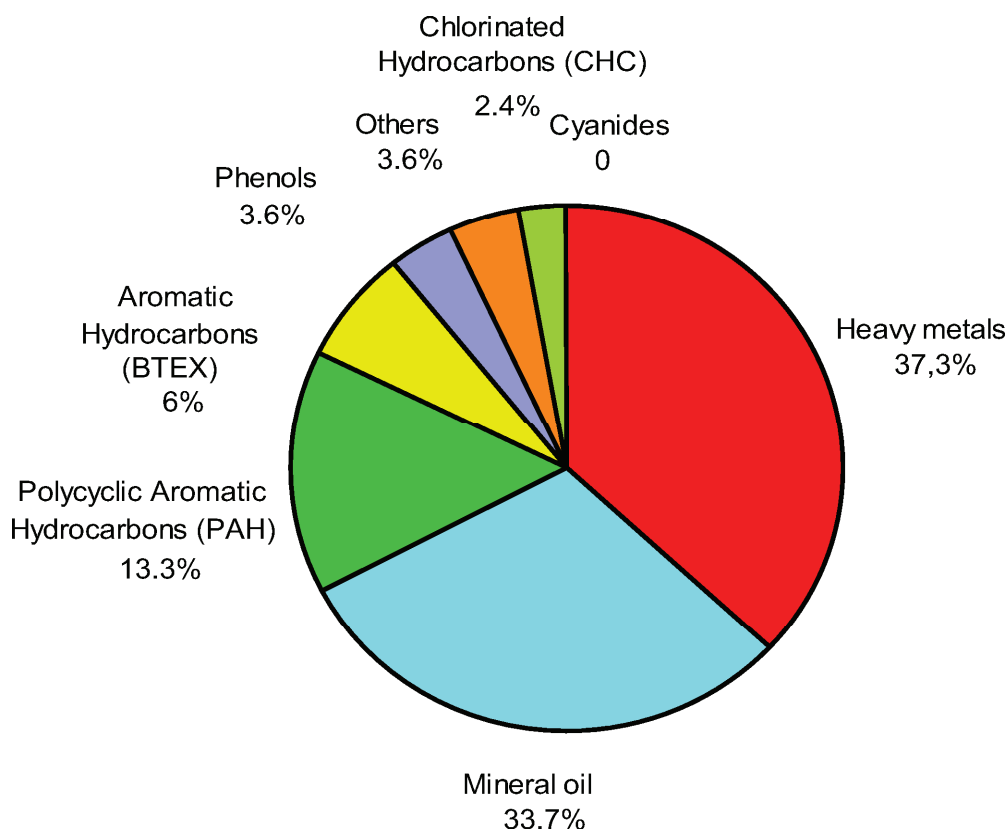
4. Staré ekologické zátěže

V dnešní době již zřejmě nikdo neví, kde a kdy došlo ke vzniku pojmů „ ekologická zátěž“ případně „stará ekologická zátěž“. Přívlastek „stará“ vznikl nejspíše pouze pro potřeby oddělení éry před rokem 1989 a po něm. Jednalo se pouze o politicko – filozofický čin, který nemá vliv na obsah ekologických zátěží. Velmi pravděpodobně toto označení vzniklo z německého „Altlasten“. Podle Ministerstva životního prostředí lze za starou ekologickou zátěž považovat závažnou kontaminaci v horninovém prostředí, kontaminaci podzemních nebo povrchových vod, pokud k této kontaminaci došlo nevhodným nakládáním s nebezpečnými látkami v minulosti (ropné látky, pesticidy, PCB, chlorované a aromatické uhlovodíky, těžké kovy apod.). Uvedenou kontaminaci lze považovat za starou ekologickou zátěž pouze pokud původce kontaminace neexistuje nebo není znám. Staré ekologické zátěže nejsou řešeny pouze v posledních letech, jejich řešení bylo v minulosti odlišné jak svým obsahem a objemem, ale i terminologickým popisem. V bývalé ČSSR byly staré ekologické zátěže řešeny od konce 70. let, převážně se řešili havárie na podzemních vodách, neřešily se kontaminované zeminy, stavby ani technologická zařízení, která byla příčinou vzniku havárie a mohla tedy v budoucnu tvořit případný zdroj znečištění. V počátcích se většině případů jednalo o sanace podzemních vod na vojenských újezdech, zejména na letištích v okolí stáčíren PHM, až později se začaly řešit jiné provozy, především provozy využívající odmašťovací prostředky na bázi chlorovaných uhlovodíků (VUČKA 2005).

V České republice začal od 90. let proces odstraňování ekologických zátěží spojených s privatizovaným majetkem, které vznikly před privatizací. Stát se v průběhu privatizace zavázal formou ekologické smlouvy uzavřené mezi státem a nabyvatelem majetku k odstranění ekologické zátěže. Povinnost hradit finanční náklady za likvidaci ekologických zátěží tedy dále zůstala na státu a nepřešla společně s majetkem na nabyvatele. Finance použité na odstranění ekologických zátěží nejsou čerpány ze státního rozpočtu, ale jedná se o část výnosů z privatizace státního majetku. Nejprve byl k řešení závazku pověřen Fond národního majetku ČR (dále jen „FNM ČR“). K 1.1. 2006 byl FNM ČR zrušen a řešení závazku přešlo do kompetence Ministerstva financí ČR (dále jen MF ČR) (PLEVA 2008).

Proces odstraňování ekologických zátěží podle uzavřené ekologické smlouvy zajišťuje MF ČR, dále nabyvatel a také Ministerstvo životního prostředí, které je v jednotlivých krocích realizace odborným garantem procesu (MF ČR 2012).

Podle průzkumů, která provedla Evropská agentura životního prostředí (EEA – European Environmental Agency) se v členských státech EEA nachází cca. 3 mil. potenciálních zdrojů znečištění, počet pravděpodobných kontaminovaných míst 1,8 mil a počet lokalit na kterých byla kontaminace potvrzena průzkumnými pracemi EEA odhaduje na 250 tis. Nejčastějšími kontaminujícími látkami jsou těžké kovy (37%) a minerální oleje (67 %) (JÁNOVÁ 2009).



Obr. 1. Přehled kontaminantů ohrožujících půdu a podzemní vodu v Evropě (EEA 2008).

4.1. Legislativa v ČR

V současné době neexistuje v českém právním řádu zákon, který by komplexně řešil proces odstraňování starých ekologických zátěží (VUČKA 2005).

Proces odstraňování starých ekologických zátěží v ČR upravují především tyto zákony a usnesení vlády ČR:

- zákon č. 92/1991 Sb. o podmínkách převodu majetku státu na jiné osoby, ve znění pozdějších předpisů,
- zákon č. 178/2005 Sb., o zrušení Fondu národního majetku ČR,
- zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) ve znění pozdějších předpisů,
- Usnesení vlády z 10. ledna 2001 č. 51 - „Zásady vypořádání ekologických závazků vzniklých při privatizaci“, ve znění pozdějších usnesení vlády, zejména č. 167 z r. 2004 (MF ČR 2012)

V rámci procesu odstraňování starých ekologických zátěží se nápravná opatření ukládají v souladu s § 42 a § 115 odst. 16 vodního zákona. Podle vodního zákona lze opatření k nápravě uložit pouze původci nebo také nabyvateli majetku získaného podle zákona č. 92/1991 Sb., o podmínkách převodu majetku státu na jiné osoby, ve znění pozdějších předpisů (MZe 2005).

Z hlediska pojmů je problematika odstraňování starých ekologických zátěží řešena v množství zvláštních právních předpisů v oblasti životního prostředí. V těchto zákonech nedošlo ke sjednocení užívaných pojmů ačkoliv se jedná o řešení toho samého problému (VUČKA 2005).

Zákon č. 17/1992 Sb. o životním prostředí ve svém textu zmiňuje současně dva pojmy „únosné zatížení“ a „ekologická újma“ (VUČKA 2005).

Dle § 5 zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů je únosné zatížení území takové zatížení území lidskou činností, při kterém nedochází

k poškozování životního prostředí, zejména jeho složek, funkcí ekosystémů nebo ekologické stability.

Druhým pojmem, který zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů definuje je „ekologická újma“, ta je podle § 10 charakterizována jako ztráta nebo oslabení přirozených funkcí ekosystémů, vznikající poškozením jejich složek nebo narušením vnitřních vazeb a procesů v důsledku lidské činnosti.

V rámci procesu odstraňování starých ekologických zátěží jsou hlavními zákony zejména zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech, zákon č. 183/2001 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a v neposlední řadě také zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví (MZe 2005).

V roce 2008 vstoupil v platnost zákon č. 167/2008 Sb. o předcházení ekologické újmy a o její nápravě (dále jen „zákon o předcházení ekologické újmy“), který do českého právního řádu zapracovává směrnici Evropského parlamentu a Rady 2004/35/ES o odpovědnosti za životní prostředí v souvislosti s prevencí a nápravou škod na životním prostředí (MŽP 2012).

Dle § 1 zákona o předcházení ekologické újmy zákon upravuje práva a povinnosti osob při předcházení ekologické újmy a při její nápravě, došlo-li k ní nebo hrozí-li bezprostředně na chráněných druzích volně žijících živočichů či planě rostoucích rostlinách, na přírodních stanovištích, na vodě nebo půdě. Zákon o předcházení ekologické újmy se vztahuje na ekologickou újmu nebo bezprostřední hrozbu jejího vzniku, jsou-li způsobeny:

provozní činností uvedenou v příloze č. 1 k tomuto zákonu,

- provozováním činnosti neuvedené v příloze č. 1 k tomuto zákonu v rozporu s právními předpisy,
- provozováním činnosti neuvedené v příloze č. 1 k tomuto zákonu pokud hrozí vznik nebo bezprostřední hrozba ekologické újmy na chráněném druhu volně žijících živočichů či planě rostoucích rostlin nebo na přírodním stanovišti,

- provozováním činnosti neuvedené v příloze č. 1 k tomuto zákonu a je příčinná souvislost mezi provozní činností provozovatele, která je vykonávána v rozporu s právními předpisy, a vznikem nebo bezprostřední hrozbou ekologické újmy uvedené v písmenu c).

Principy zákona

Princip prevence – pokud hrozí riziko ekologické újmy má provozovatel vybraných činností povinnost provádět nutná preventivní opatření a hradit náklady s tím spojené. Dále má povinnost informovat příslušný orgán státní správy, který může ukládat preventivní opatření, jejich podmínky a stanovit lhůtu k vykonání.

Princip „znečišťovatel platí“ – provozovatel činnosti při které došlo k ekologické újmě nebo k bezprostřední hrozbě takové újmy, nese za toto finanční odpovědnost. Provozovatelé vybraných činností musí vytvářet takové postupy, které povedou k minimalizaci rizik vzniku ekologické újmy.

Princip naturální restituce – pokud dojde ke vzniku ekologické újmy, je při její nápravě dána přednost nápravným opatřením před finančním plněním a je především vyžadována efektivní dekontaminace a obnovení závadného stavu do původního anebo směrem k tomuto stavu.

Princip objektivní odpovědnosti – odpovědným za provedení nápravných opatření je provozovatel vybraných činností uvedených v příloze č. 1 k zákonu o předcházení ekologické újmě. Ke vzniku odpovědnosti za závadný stav, resp. povinnosti provést nápravné opatření, stačí prokázat příčinnou souvislost mezi činností provozovatele a vznikem ekologické újmy (MŽP 2012).

4.1.1. Etapy procesu odstraňování starých ekologických zátěží

Identifikace a určení míry rizika pro zdraví člověka a jednotlivé složky životního prostředí je hlavním problémem odstraňování starých ekologických zátěží. Komplexní proces odstraňování kontaminace má být zakončen odstraněním negativního vlivu na životní prostředí. Z tohoto důvodu je nutné celý proces rozdělit na jednotlivé etapy a podle výsledků v těchto etapách rozhodovat o dalším postupu, který bude co nejvhodnější (MZe 2005).

Přípravné práce

V rámci této etapy je důležité zdokumentovat a zhodnotit bývalou činnost, která probíhala v rámci kontaminovaného areálu. Pokud mají společnosti povědomost o kontaminaci území a jsou k dispozici výsledky geologických průzkumů není v rámci této etapy nutné provádět další průzkum. Dalším zdrojem informací kromě analýzy činnosti společnosti před privatizací jsou i archivní údaje. Pokud má společnost údaje o znečištění území je nutné provést porovnání s kritérii stanovené MŽP. Cílem této etapy je zajistit informace o kontaminaci území, zhodnocení nejistot a doporučení dalšího postupu (MZe 2005).

Analýza rizik

Předmětem analýzy rizik je popis existujících a případných rizik ze starých zátěží. Primárně je důležité provést průzkum kontaminovaného území. Požadavky na průzkum kontaminovaného území jsou stanoveny v Metodickém pokynu MŽP č. 13 z roku 2005 (Metodický pokyn MŽP pro průzkum kontaminovaného území). Analýza rizik musí určit nápravná opatření a stanovit cílové parametry pro jednotlivé znečišťující látky. Kritéria pro znečišťující látky musí být stanovena v souladu s reálnými možnostmi jejich dosažení na každé konkrétní lokalitě. Z tohoto důvodu je důležité akceptovat rozdílná technická, právní a finanční hlediska každé lokality. Dále je v rámci analýzy rizik zpracován model znečištěné lokality, který vychází z informací o zdrojích znečištění, směrech proudění kontaminace a dále o příjemcích rizik (MZe 2005).

Studie proveditelnosti

Pokud se jedná o sanaci velkého rozsahu nebo při aplikaci komplikovaných sanačních technologií a dále v případě vybraných nebezpečných látek je doporučeno vypracování studie proveditelnosti. Základní motivací pro vypracování studie je shrnout již známé technologie, zpracovat variantní řešení sanace i s rizikovostí jednotlivých metod včetně nákladů. Navrženou technologii je možné prověřit pomocí pilotního testu nebo poloprovozního pokusu (MZe 2005).

Sanace

Sanace jako takové lze rozdělit na sanační zásahy pasivní což je konzervace SEZ na místě a aktivní, kdy je předmětem odstranění kontaminovaných zemin nebo

čištění znečištěné podzemní vody. Jako hlavní výstup z vytvořené analýzy rizik je návrh nápravných opatření, ty slouží jako podklad pro správní řízení. Uložená nápravná opatření musí být definována jak věcně tak i časově. Důležitou součástí nápravných opatření je monitoring, který je nutné provádět ve všech fázích sanačního procesu (MZe 2005).

4.2. Legislativa v zahraničí

V většině ostatních evropských zemích není stejně jako v České republice vymezena odpovědnost za ekologické škody zvláštním zákonem. Tyto speciální zákony v oblasti odpovědnosti za ekologické škody jsou vydávány v posledních 15 až 20 letech. Ne pro každou zemi je prioritou mít tuto oblast upravenou speciálním zákonem. V případě, že v dané zemi takovýto zákon neexistuje je tato problematika řešena obecnými zákony, které upravují odpovědnost za škody (např. Občanský zákoník). Odpovědnost za škody lze řešit také složkovými zákony životního prostředí, jedná o oblasti lesního hospodářství, vodního hospodářství, odpadového hospodářství, hornické činnosti a také provoz jaderných zařízení (PSUTKA 2011).

Zvláštní zákony upravující odpovědnost za škody na životním prostředí jsou součástí právního řádu v zemích, kde je ochrana životního prostředí velkým tématem. Tradičně jde o země jako je Švédsko, Dánsko, Finsko a také Německo. Švédský právní řád se může pochlubit jedním z nejstarších a nejucelenějších zákonů v oblasti odpovědnosti za škody na životním prostředí. Původ současné úpravy pochází z roku 1969, kdy byl vydán zákon o ochraně životního prostředí (Environmental protection act). Např. Rakousko dlouhodobě připravovalo přijetí zvláštního zákona upravujícího škody na životním prostředí. Do právního řádu byl zákon BGBI I 55/2009 zařazen až s transpozicí evropské směrnice č. 2004/35/ES (PSUTKA 2011).

4.2.1. Slovensko

Na Slovensku schválila v říjnu roku 2011 Národní rada SR zákon č. 409/2011 Sb. o některých opatřeních na úseku ekologických zátěží (zák. č. 409/2011 Z. z. o niektorých opatreniach na úseku environmentálnej záťaže a o zmene a doplnení niektorých zákonov). Tímto došlo na Slovensku k ukončení téměř 8 let trvajícího procesu přípravy „zákona o environmentálnych záťažiach“. Zákon je účinný

od 1. ledna 2012 a v oblasti životního prostředí přináší nové podmínky pro systematické řešení problematiky ekologických zátěží (JÁNOVÁ, GAŠPARÍKOVÁ 2012).

Předmětem uvedeného zákona jsou především práva a povinnosti osob při identifikaci ekologických zátěží, práva a povinnosti původce ekologické zátěže a také sankce za porušení povinností podle tohoto zákona. Podle zákona za ekologickou zátěž odpovídá:

- původce ekologické zátěže,
- povinná osoba,
- stát zastoupený příslušným ministerstvem.

Zákon přesně určuje povinnou osobu a její povinnosti, ale i povinnosti původců a státu. Zákon stanovuje dva případy ve kterých je původce osvobozen od zodpovědnosti za ekologickou zátěž. Jedná se o případy, kdy se stát zavázal odstranit ekologickou zátěž na základě smlouvy uzavřené před nabitím účinnosti tohoto zákona nebo na základě rozhodnutí vlády Slovenské republiky (například znečištění po Sovětské armádě), anebo v případě pokud ekologická zátěž vznikla v důsledku ukládání odpadů, které bylo v souladu s platným povolením (JÁNOVÁ, GAŠPARÍKOVÁ 2012).

4.2.2. Německo

V Německu je již od roku 1991 účinný zákon řešící odpovědnost za škody na životním prostředí. Zákon vyšel pod číslem BGB1.I S. 2634 ze dne 10.12.1990 pod názvem Umwelthaftungsgesetz (UmweltHG). Kromě tohoto zákona má Německo i další zákony (PSUTKA 2011).

Dalšími předpisy ve kterých jsou řešena opatření na odstraňování starých ekologických zátěží je zákon o ochraně půdy (Bodenschutzgesetz, BBodSchG „Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten“ ze dne 17. března 1998, BGB1. I S. 502) (RADA 2011) a nařízení o starých zátěžích a ochraně půdy. Pokud je podezření, že je konkrétní lokalita kontaminována

provádí se v první řadě její evidence a vyhodnotí se stupeň jejího znečištění. Pokud na dané lokalitě hrozí akutní nebezpečí dochází k okamžitému odstranění zátěže. V případě, že je nutná sanace kontaminované lokality, provádí se přímo dekontaminace nebo se provádějí opatření k zabránění šíření škodlivin (PLUS 2012).

Podle § 2 německého zákona o ochraně půdy jsou starými ekologickými zátěžemi především místa bývalých skládek odpadů a dále plochy nepoužívaných zařízení, kde bylo nakládáno s nebezpečnými látkami a pokud na těchto místech došlo ke znečištění půdy (JURIS 1999).

V současné době jsou v Německu největším problémem zátěže z první a druhé světové války ale také z 80. let 20. století. Tyto zátěže souvisejí s výrobou zbraní pro armádu. Na těchto místech byly zpracovávány a skladovány specifické látky pro výrobu výbušnin, chemických bojových látek a hořlavin. V 90. letech 20. století provedl Spolkový úřad životního prostředí inventarizaci při které bylo zjištěno celkem 3240 míst s podezřením na tento druh znečištění. Především se jedná o areály, kde byla munice vyráběna, skladována a také tam kde docházelo ke střelbě nebo výbuchům a také sklady chemických látek (PLUS 2012).

5. Charakteristika polutantů vyskytujících se na lokalitě

V zájmovém území bylo zjištěno znečištění zemin a podzemních vod, znečištění bylo způsobeno především ropnými látkami (NEL) a polychlorovanými bifenyly (PCB) (SULEK a kol. 2006).

5.1. Nepolární extrahovatelné látky (NEL)

Ropa je kapalina přírodního původu, která je tvořena směsí kapalných uhlovodíků. Tyto kapalné směsi obsahují i plynné, tuhé uhlovodíky, ale i organické sloučeniny a minerální příměsi (FRANKOVSKÁ a kol. 2010).

Znečištění půdy a vody ropnými látkami patří mezi nejčastější znečištění životního prostředí, to tvoří až 80 % všech případů (ČÍŽEK a kol. 2000).

Jako ropné látky jsou označovány uhlovodíky a směsi uhlovodíků, které mají při teplotě + 40°C stále tekuté skupenství a jsou zařazeny do skupiny nepolárních uhlovodíků analyzovaných jako nepolární extrahovatelné látky – NEL. Rozpustnost a mísitelnost ropných uhlovodíků s vodou je dána širokou škálou faktorů, např. se zvyšující se teplotou se zvyšuje rozpustnost ropných uhlovodíků ve vodě (ŠEDIVÝ 1992).

Samotné NEL lze označit za organické látky s převahou uhlovodíkového charakteru, jejichž molekuly mají nepolární charakter. Konkrétně se jedná o uhlovodíky z parametrem C₁₀ až C₄₀ (ČGS 2013).

Ropné uhlovodíky je možné na základě technických parametrů rozdělit do 4 skupin:

- benzíny (C₄ až C₁₀) - obsahují alkany, isoalkany, cyklopentany, cyklohexany a benzen,
- petroleje (C₁₂ až C₁₈) - obsahují alkany, isoalkany, alkylnaftyleny, alkylbenzeny, dicykloalkany, tricykloalkany, vyšší aromatické uhlovodíky, kondenzované a nekondenzované PAU,
- plynové oleje (C₁₆ až C₂₄) - oproti petrolejům je ve skupině plynových olejů zvýšený podíl cyklických, cykloaromatických uhlovodíků. Naopak je v této skupině méně alkanů, izokanů a nealkylovaných aromatických uhlovodíků,
- mazací oleje (C₂₄ až C₄₀) – v této skupině jsou dominantním typem uhlovodíků alkylykloalkany (ŠEDIVÝ 1992).

5.2. Polychlorované bifenyly (PCB)

Polychlorované bifenyly jsou skupinou antropogenních chemikálií, které podle Stockholmské úmluvy přijaté v roce 2001 patří do skupiny perzistentních organických znečišťujících látek (POP). Největší celosvětová produkce PCB byla v letech 1930 až 1980. Kvůli obavám z negativního vlivu na lidskou populaci došlo v roce 1970 v některých zemích k omezení produkce PCB. V roce 1985 přistoupilo Evropské společenství k razantnímu omezení výroby a prodeje PCB (GOMEZ a kol. 2013).

I přes to, že byla průmyslová produkce ukončena již v 80. letech 20. století jsou PCB díky své vysoké odolnosti, vysoké toxicitě a silné akumulaci v biologických systémech stále velký ekologický problém. Do doby než byly zjištěny jejich toxické účinky na organismy byly PCB s vysokou teplotní stabilitou a chemickou odolností velmi žádanými produkty (FRANKOVSKÁ a kol. 2010).

V současné době se PCB již nevyrábí. Využití našli zejména jako přenašeče tepla v průmyslových zařízeních vyžadující vysoké teploty (obalovny živičných směsí). Další využití bylo jako chladicí oleje v transformátorech napětí a kondenzátorech, zde našli uplatnění díky svým výborným izolačním vlastnostem a stabilitě. PCB byly ovšem využívány i jako spotřební materiál např. přísady do barev, nátěrových hmot a také jako součást přípravků na ochranu rostlin (IRZ 2013).

V letech 1959 – 1984 byly PCB vyráběny ve společnosti Chemko Strážné. Nejvýznamnějšími odběrateli směsí PCB byly hlavně průmyslové podniky, Barvy a laky Praha (Delor 106/80 X), ZEZ Žamberk (Delor 103), ČKD Praha (Delor 103, Hydolor) (PETRLÍK 2010).

Polychlorované bifenyly obsahují teoreticky 209 jednotlivých sloučenin (kogenerů). Tyto sloučeniny mají odlišné fyzikální a chemické vlastnosti i toxicitu. Rozdíl mezi těmito vlastnostmi jednotlivých PCB je dán stupněm chlorace a umístěním atomu chloru na aromatických jádrech. V rámci komerčního využití se používá pouze 130 kogenerů (IRZ 2013).

6. Sanační technologie

Znečištění může vstupovat do životního prostředí ať už v důsledku nehody a úniku během přepravy nebezpečných látek, likvidace a uložení odpadů, nebo z průmyslových zařízení. Problémy spojené se sanací lokalit kontaminovaných ropnými látkami mají demonstrovat, že je nutné vytvořit sanační technologie, které jsou proveditelné, rychlé a dají se aplikovat v široké škále aplikací (KHAN a kol. 2004).

Sanaci kontaminovaného prostředí lze realizovat rozsáhlým spektrem metod a postupů. Jako klasické sanační metody můžeme označit různé biologické a fyzikálně – chemické procesy, tzn. procesy, které probíhají přirozeně a samovolně. V současnosti významný rozvoj sanačních technologií umožňuje odstraňovat prakticky jakékoliv znečištění. Významný vliv na výběr nejvhodnější sanační technologie na odstranění znečištění z daného území mají především vlastnosti přírodního prostředí, charakter a rozsah znečištění, množství finančních prostředků a také místo znečištěného území zejména s ohledem na chráněná území a obytné zóny (FRANKOVSKÁ a kol. 2010).

Sanační metody lze rozdělit podle následujících kritérií:

- druh znečištěného média (horninové prostředí, voda, půdní vzduch),
- místo aplikace sanačních metod ve vztahu ke znečištěné lokalitě (*in-situ*, *ex-situ*)
- princip sanace znečištění (biologické, fyzikálně – chemické metody).

Impulzem pro hledání a zavádění nových, přijatelnějších technologií jsou především omezení jednotlivých sanačních metod v konkrétních podmínkách (FRANKOVSKÁ a kol. 2010).

6.1. Sanační technologie *in-situ*

Sanace starých ekologických zátěží v lokalitě, kde dlouhodobě působily znečišťující látky neprobíhá pouze v nesaturované zóně, ale je nutné ji provádět i satureované zóně. Technologie *in situ* je velmi často používanou metodou pro čištění podzemních vod. Tato technologie je založena na chemických, fyzikálních a biologických principech nebo jejich kombinacích. Technologie *in situ* jsou nejčastěji využívány v lokalitách, kde jsou kontaminovány velké objemy podzemních vody, ale i v lokalitách, kde není možné aplikovat technologie *ex situ* ať už z prostorových nebo jiných důvodů (MATĚJŮ 2006a).

Uvedené metody je možné využít pro odstranění velkého množství polutantů z podzemní vody. Metody byly v praxi aplikovány při odstraňování ropných uhlovodíků (alkany, benzen, toluen, ethylbenzen, xylen, isoalkany, cyklické alkany), polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU), ale i při odstraňování

anorganických znečišťujících látek (např. dusičnanů, síranů) (FRANKOVSKÁ a kol. 2010).

6.1.1. Bioremediace

Bioremediace je skupina technologií využívající mikroorganismy k rozkladu nebo přeměně nebezpečných kontaminantů na materiály jako jsou oxid uhličitý, voda, anorganické soli a další vedlejší produkty, které jsou méně nebezpečné než původní materiály (US EPA 2006).

Přírozně vyskytující se mikroorganismy mohou být schopny v nesaturovaných zónách rozložit uhlovodíky a další organické sloučeniny, pokud je hladina kontaminace nízká. V mnohých případech je možné zvýšit degradační schopnosti mikroorganismů přidáním živin, kyslíku a vody (NADIM a kol. 2000.)

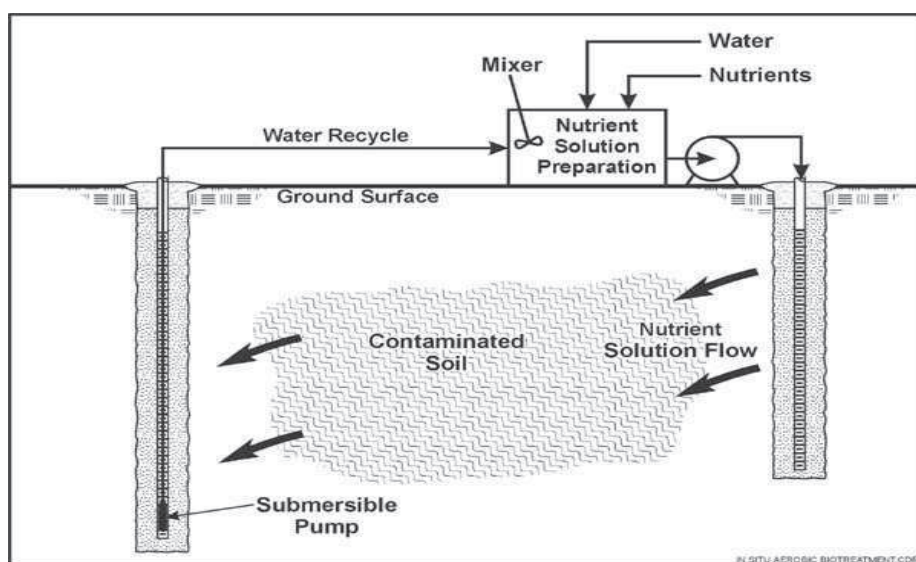
MATĚJŮ (2006c) uvádí, že základem podporované bioremediace jsou mikrobiální aktivity, které přispívají k rozkladu nebo transformaci znečišťující látky na její netoxické nebo méně toxické formy.

Využití mikroorganismů má za cíl odstranit, případně snížit koncentraci znečišťujících látek v lokalitě. Metoda bioremediace byla použita např. při sanaci aljašského pobřeží Prince Williama po havárii ropného tankeru Exxon Valdez v roce 1989 (POPE 2011).

Cílem této metody je stimulovat organismy k růstu aby využívali znečišťující látku jako zdroj potravy a energie. Podporovaná bioremediace se využívá především na lokalitách, kde nejsou v dostatečném množství dostupné látky na udržení odpovídající populace organismů pro zmírnění vlivů znečišťující látky. Před realizací metody podporované bioremediace na dané lokalitě je nutné získat informace o propustnosti horninového prostředí, hydrogeologických poměrech, pH, teplotě a rozsahu znečištění. Dalším důležitým prvkem jsou informace o typu, koncentraci a biodegradovatelnosti znečišťujících látek a přítomnost organismů schopných degradovat danou znečišťující látku (FRANKOVSKÁ a kol. 2010).

(NADIM a kol. 2000) uvádí, že pro zachování nejlepších výsledků je důležité aby se živiny a kyslík dostali až k samotnému znečištění. Z tohoto důvodu je použití této metody neefektivnější na lokalitách s dostatečně propustnou půdou. V případě, že na lokalitě dosahuje hodnota pH vysokých hodnot, může to mít za následek snížení aktivity a různorodosti mikroorganismů.

Použitelnost metody podporované bioremediace je především při odstranění cyklických alkanů, monoaromatických uhlovodíků, chlorovaných uhlovodíků, některých polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) a některých anorganických polutantů (MATĚJŮ 2006c).



Obr.č. 2: Schéma uspořádání vrtů u metody Bioremediace (NAVFAC 2013a)

6.1.2. Bioslurping

Bioslurping je nová sanační metoda *in situ*, která při odstraňování znečištění z podzemní vody a půdy kombinuje prvky bioventingu a vakuového čerpání. Při aplikaci této metody je současně podporována aerobní bioremediace (KHAN a kol. 2004).

Oproti ostatním sanačním metodám, které odstraňují volnou fázi, bioslurping čistí současně dvě oddělená geologická prostředí. Metoda umožňuje odstraňovat volnou fázi společně s výpary znečišťující látky zachycených v půdě (půdní vzduch) v rámci jednoho procesu. V průběhu procesu se oddělí podzemní voda od volné fáze, pokud je to nutné vyčistí se a následně dojde k jejímu vypuštění. Extrakce plynů

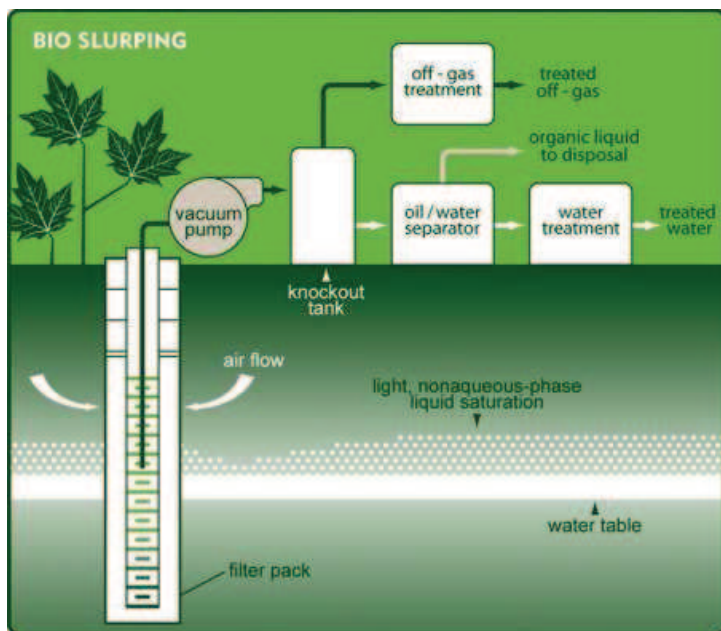
zabezpečuje aeraci v nesaturované zóně a tím dochází ke zvýšení obsahu kyslíku a tedy i k rozsahu aerobní biodegradace, při tom mikroorganismy rozkládají uhlovodíky a produkují vodu a CO₂ (FRANKOVSKÁ a kol. 2010).

Metoda se využívá při sanaci kontaminované zeminy v nesaturované zóně a při odstraňování volné fáze znečišťující látky z hladiny podzemní vody. Typickým využitím metody bioslurpingu je při sanacích kontaminací způsobených nerozpustnými organickými látkami, které jsou lehčí než voda (benzín, motorová nafta, letecké palivo a další ropné uhlovodíky). Hlavními výhodami této metody je snížení poměru čerpané podzemní vody k odstraněnému množství kontaminantů v porovnání s ostatními sanačními metodami. Díky tomuto je možné minimalizovat náklady na akumulaci, čištění a vypouštění čerpané podzemní vody (FRANKOVSKÁ a kol. 2010).

Technologie bioslurpingu byla testována v pilotním projektu na lokalitě v bývalém průmyslovém areálu ČKD Elektrotechnika v Praze – Vysočanech. Na lokalitě se vyskytovalo obtížně odstranitelné masivní znečištění NEL, které mělo proměnlivou mocnost volné fáze ropných produktů na hladině podzemní vody. Hladina podzemní vody se v areálu vyskytovala v hloubce kolo 7,5 m pod terénem. Volná fáze se na hladině podzemní vody pohybovala v rozmezí povlaku až do výšky cca 40 cm. Bioslurping je technologie, která je náročná na obsluhu, zejména kvůli intervalovému čerpání, posouvání trubky podle aktuální hladiny podzemní vody. Kvůli technické náročnosti automatického řídicího systému, který zajišťoval intervalové čerpání, odpouštění čerpané fáze a vody oddělené v odlučovači a také teplotní ochranu chodu vývěvy, byl instalován až po úspěšném základním testování (SLOUKA a kol. 2006).

Metodu bioslurpingu je nejvhodnější aplikovat jako podpůrnou metodu použitelnou pro zvýšení kapacity sanačních prací na lokalitách z těžko odstranitelnou kontaminací NEL. S ohledem na uvedené skutečnosti je nevhodnější řešením využití této metody společně s jinými technologiemi. Jako pozitivum lze považovat mimořádně rychlé odstranění ropné fáze z hladiny, nasazení i při nízkých vydatnostech podzemní vody a tím i snížení nákladů na sanační práce. Další neopomenutelnou výhodou této metody je konstrukce vrtů, které je možné po odstranění fáze z hladiny využít pro následnou sanaci podzemní vody odlišným

způsobem. Nejvhodnější způsob aplikace této metody je na lokalitách, kde bylo uvažováno o odtěžení kontaminovaných zemin, ale nebylo to možné např. z důvodu špatné přístupnosti nebo v místech s nebezpečím narušení statiky budov (SLOUKA a kol. 2006).



Obr. č. 3: Schéma – Bio slurping (OILSPILLSOLUTIONS 2013)

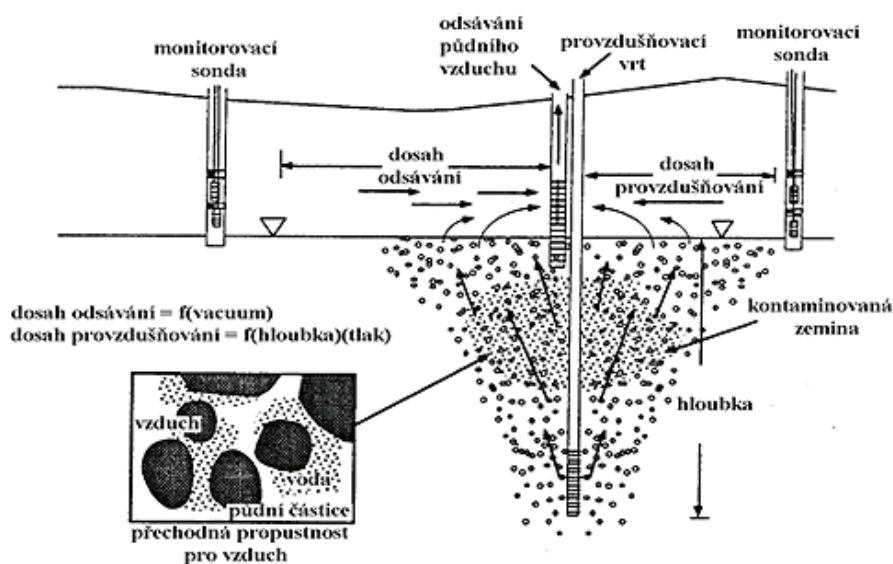
6.1.3. Air sparging

Air sparging je sanační metodou, která se používá *in situ*. Její použití snižuje koncentrace těkavých kontaminantů, které jsou vázány na půdu nebo jsou rozpuštěny v podzemní vodě (HERČÍK 2006).

Základem metody air spargingu je vhánění stlačeného vzduchu pod hladinu podzemní vody sítí air spargingových vrtů. Vzduch, který je vtlačěn do systému nejprve projde filtrem umístěným v samotném vrtu a poté proniká póry horniny a stoupá k hladině podzemní vody. Vzduch vtlačovaný do jednotlivých vrtů při průchodu kontaminovanými vrstvami saturované zóny váže těkavé složky kontaminantů obsažených v hornině a rozpuštěné v podzemní vodě, ty jsou následně odnášeny do nesaturované zóny. V nesaturované zóně dochází ventingovým systémem k odsávání těkavé složky obsažené v půdním vzduchu. Tento ventingový systém je spojen s filtrací na povrchu. Vzduch vháněný pod hladinu podzemní vody

pomáhá zlepšovat průběh aerobního biodegradačního procesu v saturevané a nesaturevané zóně (PROKŠOVÁ a kol. 2006).

Metoda air spargingu je použitelná při sanaci lokalit, které jsou kontaminovány palivy, ředidly, chlorovanými uhlovodíky nebo jinými těkavými látkami. Nejvhodnější použití air spargingu je pro sanaci vysoce těkavých látek, které mají relativně malou rozpustnost ve vodě. Air sparging se využívá při sanaci v samotném ohnisku kontaminace, kde je v pórech obsažen také kontaminant ve fázi, nebo pro sanaci kontaminačního mraku, kde je znečišťující látka rozpuštěna v podzemní vodě. Dalším možným využitím pro technologii air spargingu je vytvoření bariéry zabraňující šíření kontaminovaných vod mimo lokalitu (HERČÍK 2006).



Obr. č. 4: Schéma uspořádání metody Air sparging (ATE CR 2013a)

Při použití metody air spargingu je stlačený vzduch vháněn perforovanou pažnicí pod hladinu podzemní vody. Hloubka, ve které je stlačený vzduch vháněn, se pohybuje v rozmezí 2 až 4 m pod hladinou podzemní vody. Vzduch v horninovém prostředí proniká póry nebo puklinami a stoupá k hladině podzemní vody. V horninové prostředí dochází ke vzniku provzdušněného kužele, jehož vznik je způsoben rozptýlením proudícího vzduchu. Dosah air spargingového vrtu je určen šířkou provzdušněného kužele u hladiny podzemní vody (HERČÍK 2006).

6.1.4. Vertikální bariéry – reaktivní bariéry

Propustné reaktivní bariéry pro čištění podzemních vod jsou záležitostí posledních dvou desetiletí. Objevily se jako slibná alternativa ke klasickým metodám sanačního čerpání (GIBERT a kol. 2011).

Bariéra je podzemní zóna, která brání nebo ovlivňuje šíření kontaminantu v horninovém prostředí. Vertikální bariéra je nenáročná na energie a obsluhu, to je dosaženo přirozeným prouděním podzemních vod. Dalším pozitivním hlediskem je, že již samotnou instalací dochází ke snižování kontaminace. Nejsou tedy nutné žádné další sanační zásahy (ČERNÁ, ŘIČICA 2006).

K eliminaci a sanaci kontaminačního mraku se využívá podzemní propustná čistící zóna tzv. propustná reaktivní bariéra (ČERNÁ, ŘIČICA 2006).

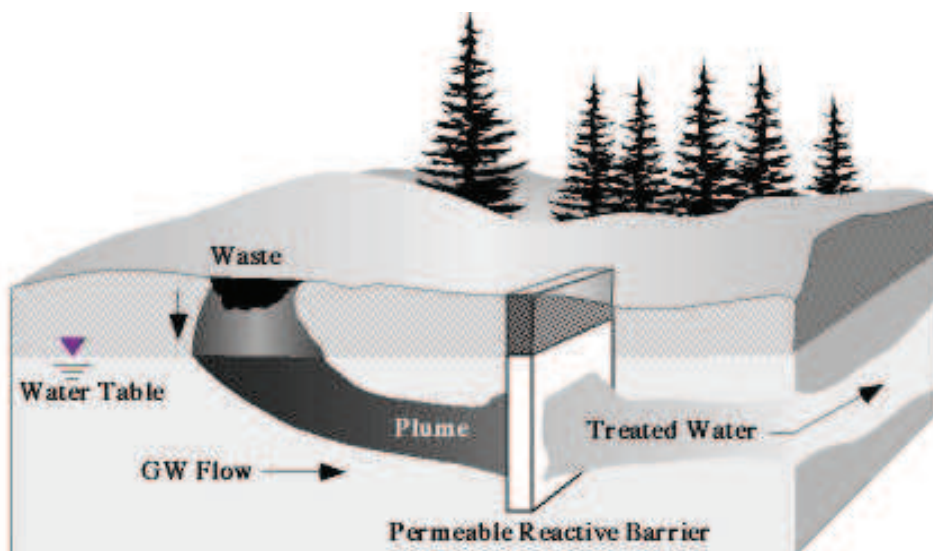
Zóna je vyplněna reaktivním materiálem, prostupem přes tuto zónu a vhodně zvoleným materiálem dochází ke snížení kontaminace (FRANKOVSKÁ a kol. 2010).

Nejčastěji využívanými výplňovými materiály pro použití při sanačních pracích jsou aktivní uhlí, popílek, zeolit, rašeliny, ale také i nanočástice elementárního železa. Výplňové materiály jsou navrhovány v závislosti na vlastnostech kontaminantů (PING XIN 2013).

Propustná reaktivní bariéra může být od nejjednodušší varianty v podobě propustné bariéry bez výplně, kde sanace probíhá za podpory např. stripování vzduchem. Složitější variantu pak je ta, kde je bariéra tvořena systémem zasakovacích vrtů, kterými se aplikují reaktivní látky. Další možnou variantu reaktivní bariéry je systém biospargingových vrtů, které slouží jako podpora biodegradace. Použití této metody je možné i v případě, že je lokalita kontaminována více znečišťujícími látkami. V tomto případě se instaluje více reaktivních bariér s použitím různých reaktivních materiálů (ČERNÁ, ŘIČICA 2006).

Jednou z hlavních výhod při použití bariér je rychlost sanačního zásahu, kdy prakticky okamžitě dochází k ochraně podzemních vod. Sanace pomocí bariér

je prováděna zpravidla *in situ* a není tedy zatíženo i jiné území. Další neopomenutelnou výhodou je, že instalované filtrační brány jsou kdykoliv přístupné a je tedy možné systém operativně přizpůsobovat aktuálním podmínkám sanace (ŘIČICA, RŮŽIČKA 2000).



Obr. č. 5: Schéma reaktivní bariéry (NEWCASTLE.EDU 2013)

6.1.5. Venting

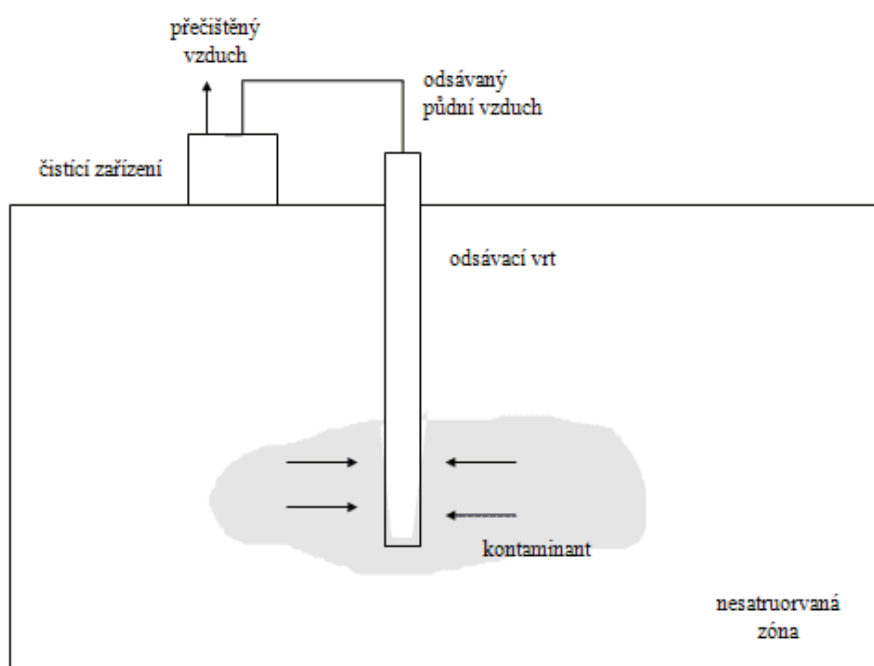
Při sanaci nenasurované zóny je jednou z nejzákladnějších a zároveň nejpoužívanějších metod, právě venting. Základem této metody je odsávání znečištěného půdního vzduchu pomocí podtlakového pole, které je způsobeno ventingovou stanicí (HOCKE, PASTUSZEK 2006).

JOHNSON a kol. (1990) říká, že ventingové systémy jsou vhodné k sanaci zbytkového znečištění v nenasurovaných zónách a lze je kombinovat z čerpáním znečištění z hladiny podzemní vody. Naproti tomu (HOCKE, PASTUSZEK 2006) uvádí, že metodu ventingu nelze využít při nízkých koncentracích znečišťujících látek.

Ventingový systém funguje tak, že je soustava vertikálních vrtů napojena na kompresor, který z horninového prostředí odsává půdní vzduch. Příměsí půdního vzduchu je i kontaminující látka. Odsátý půdní vzduch je na dekontaminační jednotce vyčištěn do takové míry aby mohl být vypuštěn do atmosféry a splňoval příslušné limity (FRANKOVSKÁ a kol. 2010).

Tuto metodu je možné využít při sanaci na lokalitách, kde je znečištění tvořeno zejména těkavými organickými látkami, chlorovanými uhlovodíky a ropnými látkami. Při rozhodování, zda je při sanaci konkrétní lokality vhodné využít ventingového systému je důležité vědět o jakou se znečišťující látku se jedná a dále jaká je její těkavost (HOCKE, PASTUSZEK 2006).

Omezení použití u této metody je dáno zejména propustností a vlhkostí zeminy, kdy zvýšená vlhkost zemin způsobuje snížení účinnosti ventingu a zároveň je příčinou vyšší energetické náročnosti. Dalším faktorem, který omezuje použití metody ventingu je propustnost a mocnost nesaturované zóny. V zeminách s vysokým obsahem jemných částic je zhoršená propustnost pro půdní vzduch a tím se zvyšují i energetické nároky na sanaci. V případě, že je mocnost nesaturované zóny nižší než 1,5 m je použití této metody prakticky vyloučeno (HOCKE, PASTUSZEK 2006).



Obr. č. 6: Schéma ventingového vrtu (ATE CR 2013b)

6.2. Sanační technologie *ex-situ*

Při použití sanačních technologií *ex situ* dochází nejprve k vyčerpání podzemní vody, mimo horninové prostředí a až poté dochází k aplikaci zvolené sanační metody. Použité technické prostředky při aplikaci metod *ex situ* jsou zpravidla náročnější na velikost použité plochy než v případě využití metody *in situ* (MATĚJŮ 2006b).

Sanační metody *ex situ* je vhodné využít při sanaci kontaminantů rozpuštěných ve vodě nebo také při sanaci kontaminantů ve volné fázi. Metody *ex situ* jsou stále častěji součástí integrovaných sanačních metod. V rámci těchto metod hrají čím dál důležitější roli metody *in situ*. Uplatnění sanačních metod *in situ* se s postupem času zvyšuje a získává stále větší význam. (FRANKOVSKÁ a kol. 2010).

US EPA (2007a) uvádí, že v letech 1986 – 2005 došlo v USA při sanaci kontaminovaných podzemních vod k poklesu procentuálního podílu metod *ex situ* v porovnání s metodami *in situ*.

Pokud se jedná o délku trvání sanace při stejném objemu podzemní vody a přítomnosti stejné znečišťující látky, bývá použití metody *ex situ* zpravidla kratší. Z organizačního hlediska je totiž jednodušší provádět monitoring a další potřebné zásahy při použití metod *ex situ* (MATĚJŮ 2006b).

6.2.1. Air stripping

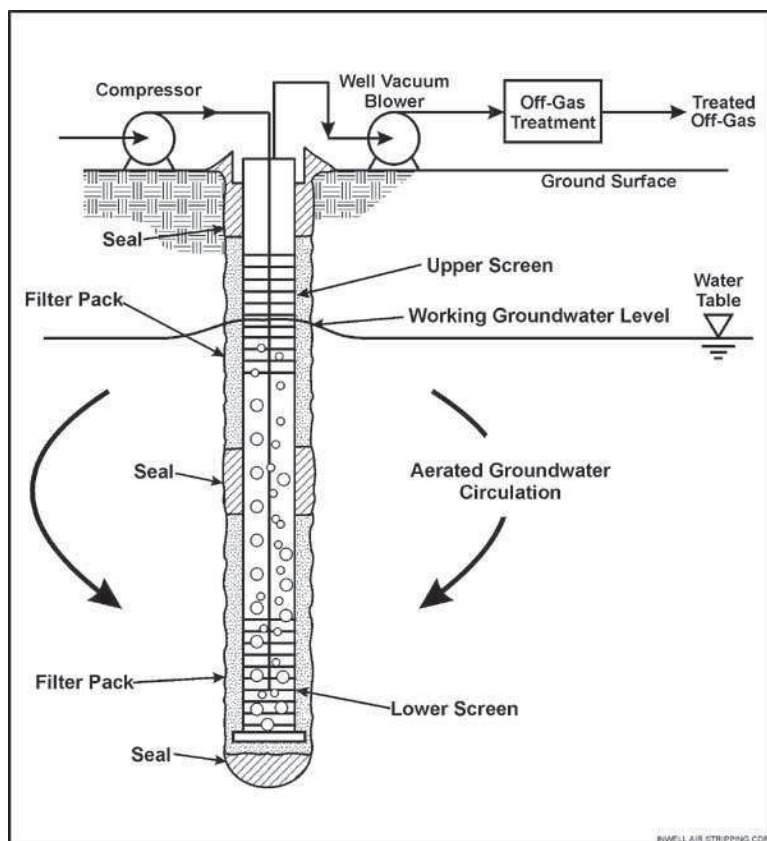
Air stripping je proces, kdy proudící vzduch prochází přes kontaminované podzemní vody a kontaminanty obsažené ve vodě přecházejí do plynné fáze. Air stripping odstraňuje zejména těkavé organické látky. Těkavé organické látky jsou látky, které se snadno odpařují, což znamená že se mohou snadno přeměnit na plynné skupenství. Procházející vzduch pomáhá urychlovat proces přeměny na plynné skupenství (US EPA 2012).

Nejčastěji používaným plynem při procesu stripování je atmosférický vzduch, zároveň je možné použít i vodní páru a to zejména v případech kdy je požadována vyšší teplota pro přechod do plynné fáze u látek s menší těkavostí. Air stripping se využívá při sanaci lokalit kontaminovaných organickými těkavými látkami nebo plyny rozpuštěnými ve vodě jako je např. benzen, toluen. Dále je možné tuto metodu využít při sanaci ropných uhlovodíků jako je benzín a nafta (CHARVÁT 2006).

Výhodou použití strippingu, zejména vertikálních stripovacích věží, je vysoká účinnost odstranění znečištění, která dosahuje téměř 99 %. Horizontální stripovací zařízení mají oproti vertikálním věžím tu výhodu, že mají menší rozměry, jsou méně náchylné na zanášení otvorů a tím pádem i méně náročné na údržbu. Nevýhodou

použití této metody je zejména možné zanášení otvorů anorganickými sloučeninami dále pak vysoké provozní náklady při nízkých koncentracích znečištění (FRANKOVSKÁ a kol. 2010).

V dnešní době je tato technologie považována za nejlepší dostupnou technologii při odstraňování těkavých organických látek z podzemní vody (CHARVÁT 2006).



Obr. č. 7: Schéma – Air Stripping (NAVFAC 2013b)

6.2.2. Ošetřování půdy po vytěžení na dekontaminační ploše

Při odstraňování znečištění na dekontaminační ploše je využíváno schopnosti mikroorganismů snižovat úroveň znečištění nebo jej úplně odstraňovat. Tím pádem vznikají méně toxické nebo zcela čisté látky. Pro ošetření znečištěných zemin se využívají biologické metody jako je mineralizace, případně transformace na formy, které nemají tak toxické vlastnosti. Další možností je imobilizace polutantů (fixace, akumulace). Pokud se optimalizují podmínky pro stimulaci mikroorganismů přítomných ve znečištěném materiálu, je možné tuto aktivitu využít při degradaci nebo transformaci organického znečištění (KYCLT 2006).

Metoda ošetření půdy na dekontaminační ploše je ekonomicky výhodná a zároveň účinná biologická metoda, která je vhodná pro čištění půd, ale také pro stavební materiály jako jsou cihly, beton a stavební suť. Tato metoda najde využití při odstraňování znečištění ropnými uhlovodíky, polycyklickými aromatickými uhlovodíky, mastné kyseliny. Při rozhodování o nasazení této metody je důležité provést relevantní laboratorní testy, aby koncentrace znečišťujících látek nepůsobila na mikroorganismy jako překážka v rozkladu znečišťujících látek (KYCLT 2006).

Znečištěnou zeminu je možné ošetřit dvěma způsoby. Jedním ze způsobů ošetření je statický způsob v rámci kterého je hromada kontaminovaného materiálu vlhčena a jsou do ní dodávány roztoky minerálních živin a kyslíku. Další možností ošetření je dynamický způsob, při kterém je kontaminovaný materiál na ploše přehazován a homogenizován a současně sou upravovány technické a kvalitativní hodnoty jako je pH, přidávání minerálních živin, dodávka mikroorganismů, vlhčení, provzdušňování a odlehčování celulózovými materiály (FRANKOVSKÁ a kol. 2006).

6.2.3. Kompostování

Kompostování je řízený biologický proces, při kterém jsou organické kontaminanty, za aerobních a anaerobních podmínek přeměněny na neškodné vedlejší produkty. Pro zachování správné funkce kompostu musí být udržována stabilní teplota, zpravidla 54 až 65°C (FRTR 2007).

Při kompostování kontaminovaných zemin je nutné zvýšit porozitu a upravit poměr C:N aby bylo dosaženo optimálního poměru pro termofilní biologický rozklad. Těchto parametrů se dosáhne přimícháním vylehčovacího organického materiálu jako je dřevěná štěpka, piliny, sláma, kůra a také zelený odpad. Poté se materiál uloží do tvaru, který se shoduje s vybavením zařízení pro dekontaminaci. Zakládka je intenzivně provzdušňována kyslíkem. Polutanty obsažené v dekontaminovaném materiálu jsou aerobně biologicky rozkládány nebo transformovány za termofilních podmínek. Část polutantů je také pohlcována vznikajícími huminovými látkami (MATĚJŮ 2006e).

Kompostování jako takové najde uplatnění při dekontaminaci půdy, která je znečištěna biologicky rozložitelnými polutanty. Při použití aerobního termofilního kompostování je snižována koncentrace a toxicita polychlorovaných bifenyků a výbušnin (TNT, RDX). Kompostování je možné využít i při sanaci lokalit kontaminovaných persistentními organickými polutanty (MATĚJŮ 2006e).

Kompostování jako jedna z metod vhodných pro sanaci kontaminovaných zemín se ukazuje vhodným až v posledních letech. V současné době je tato metoda využívána při sanacích lokalit, kde je počáteční koncentrace ropných uhlovodíků pod 50 000 mg/kg sušiny. Do zakládky se v různém poměru přidávají organické materiály pro zlepšení průběhu biodegradace (MATĚJŮ 2006e).

Kompostování je procesem, který je velmi náročný na místo. Dále je nutné ověřit koncentraci těžkých kovů v kontaminované zemině. Vysoký obsah těžkých kovů může být toxický pro rozkládající mikroorganismy (FRTR 2007).

ŠLEJŠKA (1998) ex. BAČÍK (1994) uvádí, že přidáním organického materiálu v podobě starších pilin do zakládky se zvýšila rychlost degradace ropných látek oproti přidání hrubě drcené kůry viz tab. č. 1.

kompost. materiál	slož. směsi kal : org. hm.	obsah ropných látek mg/kg				odbouráno rop. látek [%]		
		7/90	10/90	3/91	7/91	7-10	7-3	7-7
starší piliny	1:1	14 098	8 648	1 625	37	39	88	99
	1:3	7 825	4 251	1 099	192	45	86	98
	1:9	5 100	3 195	1 282	340	37	75	93
čerstvé piliny	1:1	13 533	9 591	5 792	491	29	57	97
	1:3	11 045	7 227	8 902	337	35	20	97
	1:9	6 492	5 304	1 603	363	18	75	94

Tab. č. 1: Vliv materiálu na rychlost degradace ropných látek (ŠLEJŠKA 1998 ex. BAČÍK 1994) – vlastní zpracování.

Konkrétně se jednalo o aplikaci organického materiálu do kalů ze sedimentačních nádrží, kde byla koncentrace ropných látek 23 130 mg/kg (ŠLEJŠKA 1998 ex. BAČÍK 1994).

6.2.4. Solidifikace a stabilizace

Stabilizace a solidifikace (S/S) je fyzikálně-chemická metoda, která se využívá při likvidaci odpadů, použití této metody významně redukuje jejich negativní vlivy. (ITRC 2011) uvádí, že solidifikace imobilizuje kontaminaci pomocí fyzikálních změn, oproti tomu stabilizace imobilizuje kontaminaci pomocí chemických změn. Primárním určením této metody, která byla vyvinuta v 60. letech, je využití při zpracování jaderných odpadů. Metoda (S/S) je v současné době nejvíce využívána pro snížení nebezpečných vlastností odpadů před jejich uložením na skládku. Dalším možným využitím této metody je použití v rámci sanace kontaminovaných lokalit. Z ekonomického pohledu se použití této metody jeví jako velice konkurenceschopné a to ať účinností, přiměřenými náklady nebo možností využití různých variant (MATIC, RŮŽIČKA 2006).

Solidifikace a stabilizace je využívána pro velké množství kontaminantů. V rámci solidifikace/stabilizace dochází k míšení pojiva a kontaminovaného média. Může se jednat o zeminy, sedimenty, kaly nebo průmyslové odpady. Proces solidifikace/stabilizace neodstraňuje kontaminaci, pouze imobilizuje znečištění (ITRC 2011).

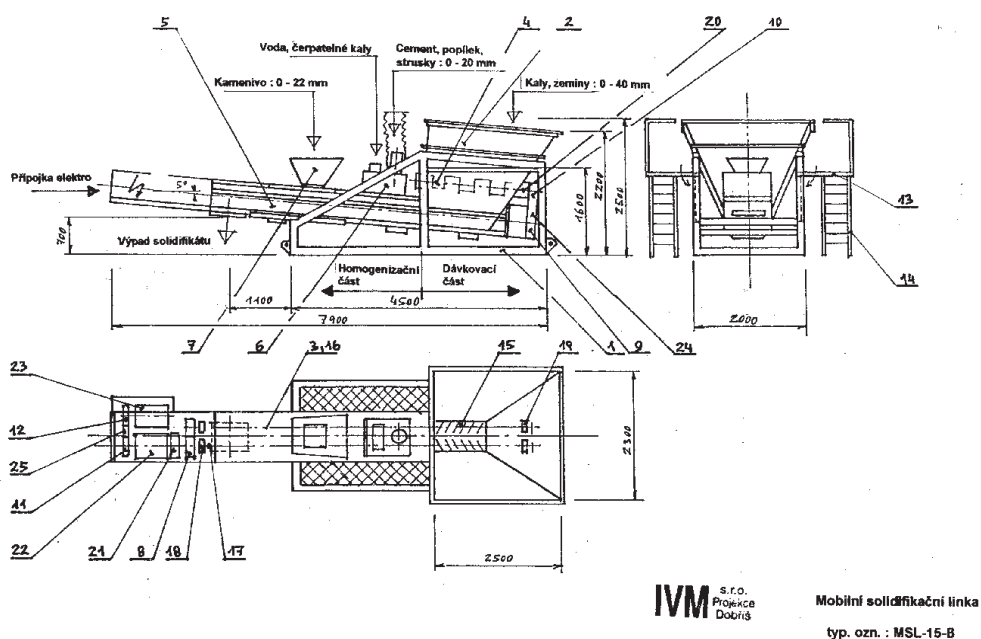
Při solidifikaci je kontaminant fyzicky modifikován a uzavřen do monolitického a mechanicky odolného „obalu“, který má omezenou propustnost (RŮŽIČKA, MATIC 2006).

Materiál použitý při solidifikaci/stabilizaci nejen, že nebezpečný materiál zpevňuje, ale také imobilizuje a snižuje jeho nebezpečné vlastnosti. Výsledkem těchto interakcí jsou pevné látky, které mají nižší nebezpečné vlastnosti než původní odpad (MALVIYA, CHAUDHARY 2006).

Při uzavření kontaminantu do solidifikačního materiálu nemusí dojít k ovlivnění jeho chemických vlastností. Oproti tomu stabilizace působí chemicky na kontaminovaný materiál tím, že škodliviny přítomné v kontaminovaném materiálu váže do stabilní a slabě rozpustné formy, která poté má pro okolní prostředí snížené nebo nulové riziko (RŮŽIČKA, MATIC 2006).

Metodu solidifikace/stabilizace *ex situ* lze využít při sanaci široké škály kontaminovaných materiálů, které obsahují organické i anorganické škodlivé látky jako jsou těžké kovy, PAU, NEL a chlorované uhlovodíky. Dále je možné tuto metodu využít i při sanaci škodlivin jako jsou pesticidy, azbest a herbicidy (LEONARD a kol. 2010).

Základem metody je solidifikace/stabilizace *ex situ* je promíchávání kontaminovaného materiálu s pojivem nebo s podpurnými chemickými reagenty. Jako nejpoužívanější pojiva se aplikují cement, popílký nebo vysokopecní struska. Jako pojivo lze využít i vápenný hydrát, který může být aplikován ve zvláštních případech (RŮŽIČKA, MATIC 2006).



Obr. č. 8: Mobilní solidifikační linka MSL-15-B (IVMS 2013)

6.2.5. Termická desorpce

Termická desorpce je inovativní technologie při které je kontaminovaná zemina vykopána a zahřívána na teplotu 100 - 600°C. Znečišťující látky, které mají bod varu v tomto rozmezí se odpařují a oddělují se od půdy. Odpařené kontaminanty v plynné fázi jsou ukládány a poté ošetřovány jinými prostředky (KHAN a kol. 2004).

V rámci termické desorpce dochází na původní lokalitě k vytěžení kontaminované zeminy, poté zemina prochází procesem předúpravy a následně je termicky dekontaminována. Technologie spočívá ve vystavení kontaminovaných zemin vysokým teplotám v rotačním desorbéru. V desorbéru působí na kontaminované zeminy různé teploty a tím dochází k uvolnění znečišťující látky od zeminy a přechodu do plynné fáze. Během procesu nedochází ke změně mechanických vlastností zeminy a ta může být znovu použita k terénním úpravám na dané lokalitě (STRAKA 2006).

Výše teploty uvnitř desorbéru je závislá na druhu kontaminovaného materiálu, který je nutné v rámci konkrétní sanace odstranit. Podle provozní teploty dělíme termickou desorpci na 2 typy:

- *Vysokoteplotní termická desorpce – High Temperature Thermal Desorption (HTTD)* – je technologie při které jsou kontaminované zeminy zahřívány až na teplotu 320 – 560°C. Při použití této technologie je možné snížit obsah cílového kontaminantu na méně než 5 mg/kg. Technologie je často kombinována s metodou spalování, solidifikace/stabilizace nebo dechlorací v závislosti na charakteru lokality (FRTR 2007). Vysoko teplotní termickou desorpci lze aplikovat při odstraňování PAU, PCB, pesticidů a těžkých kovů (KHAN a kol. 2004)
- *Nízkoteplotní termická desorpce - Low Temperature Thermal Desorption (LTTD)* – je technologie při které se provozní teplota pohybuje v rozmezí 90 – 320°C, nejvyšší účinnost se v praxi ukázala při odstraňování ropných látek ze všech typů půd. Kontaminující látky jsou v zařízení odstraňovány s 95% účinností a zároveň nedochází ke změně fyzikálních vlastností půdy. Pokud nedojde k překročení horní teplotní hranice, zůstávají organické složky v půdě nepoškozené a tím je v ošetřené půdě zachována přirozená biologická aktivita (FRTR 2007).

Použití metody termické desorpce je omezeno zejména vlastnostmi kontaminované zeminy. Metodu nelze použít u kontaminovaných zemin s vysokou teplotou varu, dále jsou nevhodné materiály s vyšší vlhkostí, ty způsobují snížení výkonu celého

procesu. Dále je nutné v závislosti na povaze desorbovaných kontaminantů přizpůsobit systém čištění procesních plynů. Vzhledem k tomu, že zařízení na termickou desorpci není spalovnou je důležité respektovat limity organických polutantů u vstupní suroviny (STRAKA 2006).

V České republice je zařízení nepřímé termické desorpce používáno při odstraňování starých ekologických zátěží z Laguny Ostramo (GROF 2011).

V zařízení bude zpracováván odpad ze staré ekologické zátěže Laguny Ostramo. Jedná se o zeminy s obsahem do 45 % hmot. NEL. Zařízení je projektováno s cílem dosažení takové dekontaminace aby bylo možné zeminu použít jako zpětný zásyp lagun. Celková vstupní kapacita zařízení je 474 931 t odpadů což představuje kapacitu 20 t/hod. (KÚ MSK 2009).



Obr. č. 9: Zařízení nepřímé termické desorpce v lokalitě Laguny Ostramo (ČISTÁ OSTRAVA 2013)

6.3. Inovační sanační technologie

US EPA (2007a) uvádí jako definici inovačních technologií: inovační sanační technologie je alternativní sanační technologie, která byla aplikována jen v omezeném počtu případů a není dostatek informací o nákladech a účinnosti. Inovační sanační technologie má potenciál stát se technologií, která bude mít nižší náklady na realizaci a vyšší efektivnost.

Kontaminované půdy a podzemní vody jsou velkým problémem životního prostředí. Zejména se jedná o lokality, kde v minulosti působily průmyslové a jiné podniky a další aktivity, které vedly ke zvýšení koncentrací širokého spektra znečišťujících látek v půdě, sedimentech a povrchových a podzemních vodách (CUNDY a kol. 2008).

V současné době je zřejmé, že tradiční metody, které jsou využívány v oblasti odstraňování starých ekologických zátěží již nejsou dostačující a je proto nutné aplikovat nové technologie, které byly doposud využívány pouze ve fázi výzkumu (SLOUKA a kol. 2006).

Sanace kontaminované půdy je obecně velmi obtížná, protože kontaminanty jsou často pevně vázány na půdní částice. Tradiční sanační technologie jsou stále častěji nahrazovány inovačními technologiemi a to zejména kvůli vysokým nákladům na odstranění znečištění (WANG a kol. 2004).

Toto je hlavním důvodem k masivnímu nárůstu v oblasti výzkumu a vývoje alternativních *in situ* a *ex situ* technologií pro sanaci kontaminovaných zemin a vod (CUNDY a kol. 2008).

Vývoj nových a inovativních technologií a metod pro odstraňování znečišťujících látek, které zatěžují životní prostředí, je důležitým krokem pro vyčištění všech kontaminovaných lokalit (US EPA 2000).

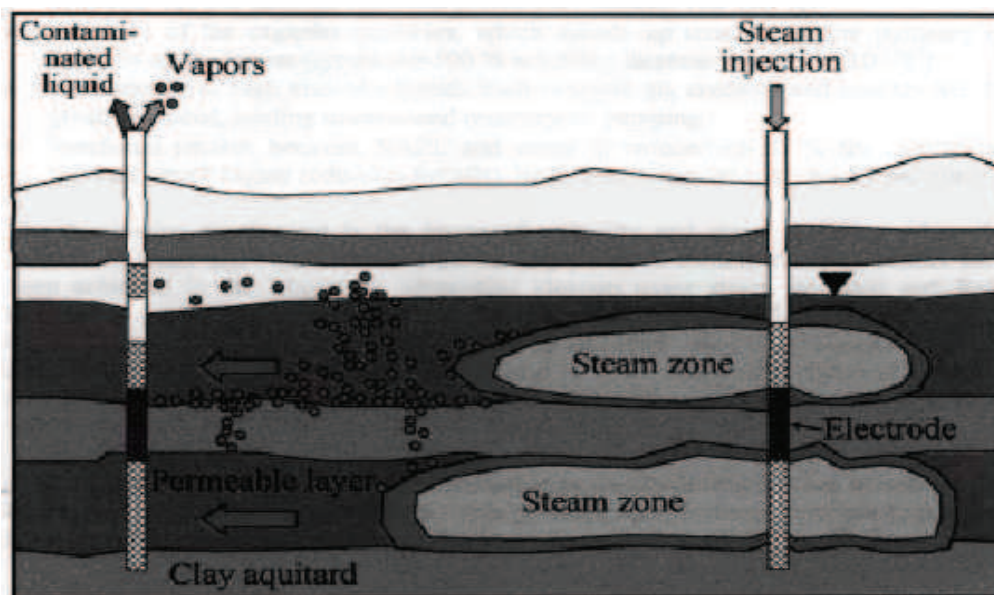
6.3.1. Dynamický podzemní stripping

Tato technologie je kombinací zatlačování páry, elektrického odporového ohřevu pro ohřev podzemních prostor ke zvýšení tlaku par kontaminantů čímž urychluje průběh odstraňování kontaminantů (DAILY a kol. 1995).

Pára je zatlačována do propustných zemin a následně jsou vzniklé organické kontaminanty čerpány na povrch. Velký elektrický proud se používá v nepropustných vrstvách, ve kterých je pára neúčinná. Aplikaci páry a elektrického proudu je možné opakovat podle konkrétních podmínek v dané lokalitě (DAILY a kol. 1995).

Účelem spojení uvedených sanačních postupů je mobilizace polutantu a jeho následného transportu k extrakčním vrtům. Z těchto vrtů je následně odváděn vakuovou extrakcí (MATĚJŮ 2006d).

Technologii dynamického podzemního strippingu lze využít při odstraňování ropných uhlovodíků, chlorovaných ethylenů a kreosotu. Aplikace při odstraňování znečištění tohoto charakteru byla ověřena přímo v provozních podmínkách. V rámci laboratorních a pilotních testů byla technologie použita i pro další látky nerozpustné ve vodě, které jsou těžší nebo lehčí než voda. Použitelnost této technologie je jak při odstraňování znečištění ze saturované tak i z nesaturované zóny (MATĚJŮ 2006d).



Obr. č. 10: Schéma Podzemního dynamického strippingu (zdroj: KONETIC 2013)

6.3.2. Nanotechnologie

V posledních letech byla vyvinuta široká škála nanomateriálu, které je možné využít v oblasti životního prostředí. Nanomateriály byly například využity k sanaci půd a podzemních vod kontaminovaných chlorovanými rozpouštědly nebo ropnými látkami. Z hlediska životního prostředí jsou nanomateriály zajímavé zejména díky velikosti svého povrchu, který je nesrovnatelně větší než u klasických materiálů. Díky této vlastnosti umožňují větší reaktivitu při chemických nebo biologických procesech, v rámci kterých urychlují snižování koncentrací kontaminantů (US EPA 2007b)

Na odstraňování ekologických zátěží jsou nejvhodnější a nejpoužívanější nanočástice elementárního železa (nZVI), které fungují jako silné redukční činidlo. Dalším úspěšně využívaným materiálem jsou nanočástice na bázi uhlíku, které lze využít při odstraňování PAU, pesticidů, farmaceutik a dalších látek (OLESZCZUK 2009).

V současné době je vyvíjena řada dalších nanomateriálů, které je možné využít při adsorpci nebo odstranění znečišťujících látek. Nanomateriály lze využít jako součást *in situ* nebo *ex situ* procesů. Nově vyvinutými částicemi pro odstraňování znečištění je TiO₂, nanotrubičky, Feritin (CLU-IN 2013).

V České republice byla provedena laboratorní studie a následný pilotní test nanočástic elementárního železa v rámci odstranění kontaminace podzemních vod v areálu textilního závodu KARA Trutnov. Za pomoci nanočástic elementárního železa (NANOFER 25S) byla sanována kontaminace chlorovanými uhlovodíky a šestimocným chromem. Kontaminace byla způsobena neodborným nakládáním s chlorovanými ethyleny a sloučeninami chromu při zpracování kožešin. Koncentrace chlorovaných uhlovodíků ve vrtu ME-24, který byl umístěn ve vnitřní části areálu KARA, poklesla po týdnu aplikace z počátečních 4200 ug/l na 1300 ug/l a po 45 dnech aplikace poklesla hodnota na 20 ug/l (NANO IRON 2011).

7. Vlastní část

7.1. Popis lokality

Zájmové území areálu ČKD Elektrotechnika se nachází na území městské části Praha 9 – Vysočany. Areál je vymezen od jihu ulicí Kolbenova, ze severu železniční tratí ČD Praha – Vysočany – Lysá nad Labem.



Obr. č. 11: Lokalita zájmového území v roce 2012 (Michal Turek 2013)

Lokalita Praha – Vysočany byla dříve oblastí ve které byla soustředěna především strojírenská výroba široké škály strojů a zařízení (SULEK a kol. 2006).

Hlavním výrobním programem podniku ČKD Elektrotechnika byla oblast těžké elektrotechniky. Činnost tohoto podniku byla zaměřena především na výrobu výkonových elektrických motorů a generátorů, dále na výrobu transformátorů a výkonové polovodičové aplikace charakteru kusové a malosériové výroby. Hlavními činiteli z hlediska negativního vlivu na životní prostředí byly provozy transformátorů, točivých strojů (obrábění), olejová hospodářství (podzemní a nadzemní nádrže a stáčiště ropných produktů) a delorová hospodářství. Výrobní činnost v areálu byla ukončena v roce 1998 vyhlášením konkursu na společnost ČKD

Elektrotechnika, a.s. V roce 2002 byly zahájeny a v roce 2003 ukončeny demoliční práce při kterých došlo k demolici výrobních hal (BROŽ 2003).

Budoucím využitím zájmového území je výstavba moderního polyfunkčního centra, které bude zahrnovat administrativní plochy a byty, ale i prodejní plochy, stravovací zařízení a další služby. Součástí celého komplexu budou podzemní garáže (SULEK a kol. 2006).

7.2. Přírodní podmínky

Zájmové území se dle geomorfologického členění ČR nachází ve východní části Pražské kotliny. Plocha areálu ČKD Elektrotechnika leží v nadmořské výšce přibližně 210 – 213 m.n.m. Areál se mírně svažuje k jihu až jihozápadu, severní, relativně rovinatá část areálu je z velké části vytvořena zemními pracemi, které zde v minulosti probíhali (SULEK a kol. 2006).

Z geologického hlediska patří předmětná oblast k pražské pánvi barrandienské oblasti, která je tvořena horninami paleozoika. Vlastní území areálu má geologické podloží tvořené ordovickými jílovitými až prachovitými břidlicemi, které jsou překryty kvartérními uloženinami, převážně písčitého a písčitojílovitého charakteru a antropogenními uloženinami nestejnorožného materiálu různé mocnosti. Ordovické břidlice mají z velké části šedou barvu, ve svrchní vrstvě jsou silně zvětralé a získávají charakter jílu až jílovitých písků s úlomky zvětralé horniny. S přibývajícím hloubkou přecházejí do pevných hornin s typickou břidličnatě úlomkovitou strukturou. V závislosti na tvaru terénu se břidlice vyskytují na většině areálu v hloubce 7 až 9,3 m pod terénem (BROŽ 2003).

Lokalita areálu ČKD Elektrotechnika se nachází v hydrogeologickém rajónu 625 – Proterozoikum a paleozoikum v povodí přítoků Vltavy. Jižním směrem ve vzdálenosti cca 600 m od areálu se nachází potok Rokytka (číslo hydrogeologického pořadí 1-12-01-026). V areálu je možné rozlišit dva druhy zvodní. Prvním typem je zvodně v průlinově propustném prostředí kvarterních sedimentů. Druhý typ zvodně se nachází v puklinovém prostředí ordovických břidlic. Podzemní voda proudí směrem k jihu až jihozápadu. Hladina podzemní vody

je volná, ustálená hladina podzemní vody se v lokalitě pohybuje v hloubce 5,6 až 8,3 m pod úrovní terénu (BROŽ 2003).

7.3. Průzkumné práce v areálu ČKD Elektrotechnika

Pro potřeby hodnocení koncentrací znečišťujících látek v areálu byla určena kritéria označena A,B,C, která umožňují vyhodnotit úroveň znečištění a určit kategorii podle jeho závažnosti.

Kritérium A

Do této skupina je možné zařadit takové hodnoty, které odpovídají přirozeným obsahům sledovaných látek v přírodě. Pokud nedojde k překročení těchto hodnot, nejedná se o znečištění, ale o normální obsahy sledovaných látek.

Kritérium B

Překročení hodnot odpovídajícím této skupině je posuzováno jako znečištění. Toto překročení může mít negativní vliv na životní prostředí, ale i na zdraví člověka. Pokud dojde k překročení stanovených hodnot je potřeba se touto kontaminací zabývat. V rámci tohoto šetření se zkoumá, zda se jedná o závažnou ekologickou zátěž a případně jaká jsou její nebezpečí.

Kritérium C

Překročení hodnot odpovídajícím této skupině je považováno za znečištění znamenající riziko pro životní prostředí a zdraví člověka. Případné riziko a jeho velikost je nutné určit pouze jeho analýzou (BROŽ 2003).

Dále byl pro potřeby hodnocení znečištění horninového prostředí celý areál rozdělen na 3 vertikální sektory, kdy:

Sektor I - představuje zeminy nesaturované zóny do hloubky cca. 0,5 m pod úroveň terénu (včetně stavebních konstrukcí) tzv. přípovrchová zóna.

Sektor II – do této skupiny patří zeminy nesaturované zóny od 0,5 m pod úrovní terénu až na úroveň zóny, která je ovlivněna hladinou podzemní vody.

Sektor III – saturované zóna společně s podzemní vodou s fází ropných látek.

V rámci průzkumných prací byla zjištěna abnormální kontaminace horninového prostředí ropnými látkami. Nejvíce zastoupenými znečišťujícími látkami jsou

transformátorové a strojní oleje. Tyto oleje obsahují i malé množství PCB (cca 2 až 44 mg PCB na kg oleje) (BROŽ 2003).

7.4. Uložená nápravná opatření

Nápravná opatření uložená k odstranění znečištění ropnými látkami a PCB horninového prostředí a podzemních vod v areálu ČKD Elektrotechnika, a.s. byla uložena v roce 1996 rozhodnutím ČIŽP (č.j. 1/OV/0519/96/Ci) ve kterém byly stanoveny cílové limity pro ukončení sanace.

	Zeminy [mg/kg sušiny]	Podzemní voda [mg/l]
NEL	2500	5
PCB	50	0,01

Tab. č. 2: Stanovené cílové limity zeminy a podzemních vod (BROŽ 2003) – vlastní zpracování

V roce 2000 byla rozhodnutím ČIŽP (č.j. 1/OV/4989/00/Ci) uložena nápravná opatření s cílovými ukazateli znečištění horninového prostředí a podzemních vod ropnými látkami. Tyto ukazatele byly stanoveny k dlouhodobému udržení jakostního parametru v podzemních vodách NEL – 3 mg/l a PCB – 0,01 mg/l. Rozhodným místem pro určení těchto parametrů je hranice areálu s Kolbenovou ulicí (BROŽ 2003)

7.5. Přehled průzkumných a sanačních prací v období let 1993 -2003

Před zahájením samotné sanace byla v areálu ČKD Elektrotechnika provedena řada průzkumných prací. V roce 1993 provedla společnost ČKD Technické laboratoře, a.s. ekologický audit pro závod ČKD Elektrotechnika, a.s., ve kterém byly vyhodnoceny závazky podniku z hlediska ochrany životního prostředí.

V roce 1995 byla společností ČKD Technické laboratoře, a.s. a společností EKOSYSTEM spol. s r.o. realizována ekologická riziková analýza pro závod ČKD Elektrotechnika, a.s.

V letech 1997 a 1999 byly společností EKOSYSTEM spol. s r.o. realizovány Závěrečné zprávy o doplňkovém průzkumu znečištění v areálu ČKD Elektrotechnika, a.s. (BROŽ 2003).

Provedenými průzkumy byly určeny jako hlavní ohniska znečištění oblasti:

- oblast č. 180/A a 183/C (5. komora)
- oblast č. 137 (sklad trafoolejů)
- rozhraní oblastí 138/B a 139/B (prostor jižně od severního stáčiště trafoolejů)
- oblast č. 100 sever (stáčení trafoolejů)
- oblast č. 100 jih (zkušebna transformátorů)



Obr.č. 12: Situace na lokalitě ČKD Elektrotechnika – rozdělení na jednotlivé oblasti (Michal Turek 2013)

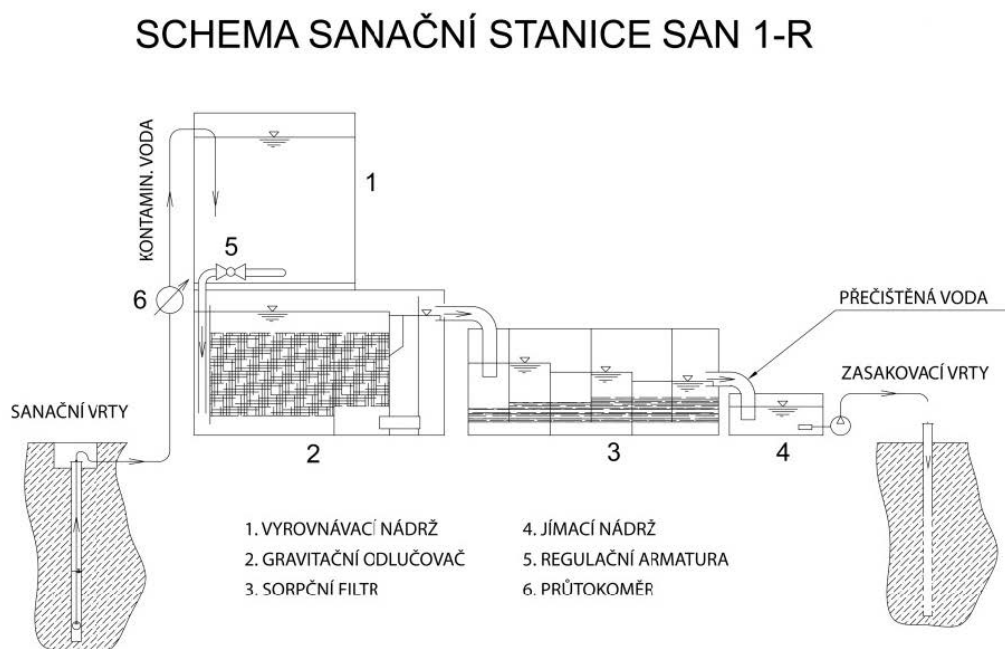
V září roku 1997 byly zahájeny sanační práce skladu delorů (oblast č. 150A). V rámci těchto prací byly odtěženy betony a zemina kontaminovaná PCB a také část zemin kontaminovaných ropnými látkami. V průběhu sanačních prací bylo k odstranění odvezeno 258,33 t zeminy znečištěné PCB a 50,54 t zeminy znečištěné ropnými látkami. Kontaminovaný odpad z demolic objektů byl odvezen

k biodegradaci na dekontaminační plochu společnosti Remonta, a.s. v obci Mratín (BROŽ 2003).

7.6. Použitá sanační technologie

Pro sanaci podzemních vod v areálu ČKD Elektrotechnika byla zvolena metoda sanačního čerpání podzemních vod. Cílem bylo zabránit šíření plovoucí fáze ropného produktu mimo areál a také odstranit maximální množství ropného produktu.

Na lokalitě byly použity sanační stanice SAN1-R a SANX-R, které jsou určeny pro sanaci podzemních vod znečištěných NEL o měrné hmotnosti do 1 g/cm^3 (ropné látky – oleje, tuky).



Obr.č. 13: Schéma sanační stanice SAN1-R (EKOSYSTEM 2012b)

Do vyrovnávací nádrže je přiváděna znečištěná voda, která následně řízeně vytéká do gravitačně – koalescenčního odlučovače, v tom je separována volná fáze kontaminantu, který je odtud průběžně odváděn do sběrné nádrže. Poté co je voda takto předčištěna protéká labyrintovým sorpčním filtrem s náplní textilního sorbentu. Na tomto filtru dochází k zachycení nerozpuštěných a částečně také rozpuštěných NEL (EKOSYSTEM 2012a).

8. Výsledky

Sanační práce, které jsou prováděny na lokalitě mají za účel zabránit šíření plovoucí fáze ropného produktu a také dlouhodobé udržení jakostního parametru NEL a PCB v podzemních vodách na hranici areálu ČKD Elektrotechnika s ulicí Kolbenova. Na základě naměřených a získaných dat, lze konstatovat, že sanace lokality probíhala v souladu s vydanými rozhodnutími ČIŽP. Umístění jednotlivých skupin vrtů přehledně znázorňuje „Situace objektů na lokalitě ČKD Elektrotechnika“ v příloze (příloha č. 11).

8.1. Stav sanačních prací k 4.4.2006

V tomto období probíhalo čerpání a monitoring podzemní vody ve všech sledovaných monitorovacích a sanačních objektech s výjimkou sanačních jímek ČŠ-6, ČŠ-7, ČŠ-9, ČŠ-10, které byly zapojeny do sanačního čerpání až dne 29.8.2006. K největšímu poklesu mocnosti fáze RU došlo na sanačním vrtu IS-8A, kde došlo k poklesu z původní hodnoty 12 cm na 3 cm fáze RU. Oproti tomu došlo na většině vrtech k nárůstu výšky fáze, největší nárůst byl zaznamenán na sanačním vrtu IS-9 a na monitorovacím vrtu EH-8, na těchto vrtech došlo k nárůstu z hodnoty 0,01 cm fáze, což odpovídá filmu RU na hladině podzemní vody, na hodnotu 10 cm fáze RU. Dalšími vrty, kde byl zaznamenán nárůst výšky fáze oproti předchozímu roku byly vrty IS-1, IS-6B, IS-8, IS-10, EH-4, EH-5, EH-6, EH-14.

V průběhu tohoto období od 22.3.2005 bylo vytěženo 12,5 t produktu RU, které bylo vyseparováno z 27 035 m³ vyčerpané podzemní vody.

8.2. Stav sanačních prací k 9.3.2007

Čerpání podzemní vody v tomto období probíhalo 337 dnů, za tuto dobu bylo vyčerpáno 36 757 m³ podzemní vody ze které bylo separováno 17,4 t produktu RU, což odpovídá průměrně hodnotě 51,6 kg/den produktu RU.

V tomto období byla podzemní voda čerpána ze všech sledovaných objektů. Oproti minulému období došlo k poklesu výšky fáze u všech sledovaných sanačních a monitorovacích vrtů. Výjimku tvoří pouze vrt postsanačního monitoringu EM-10 ve kterém došlo k nepatrnému navýšení výšky fáze. Stejně jako v minulém období

u monitorovacího vrtu EH-8 lze tuto skutečnost přičíst blízkosti zasakovacího drénu (ZD-1) a také může být tento nárůst způsoben tím, že se nachází poblíž 5. komory.

8.3. Stav sanačních prací k 4.3.2008

V období od 10.3.2007 do 4.3.2008 bylo ze sanačních vrtů a jímek vyčerpáno celkem 31 673 m³ ze které bylo vyseparováno 10,9 t produktu RU. Čerpání podzemních vod v tomto období probíhalo 359 dnů. Průměrně bylo denně vytěženo 30,3 kg produktu RU.

V průběhu tohoto období i nadále klesaly u jednotlivých vrtů výšky fáze ropných látek. K mírným nárůstům hodnot došlo u sanačních vrtů IS-1, IS-8A, IS-10, IS-13. U monitorovacích vrtů došlo k nárůstu u vrtů EH-4, EH-5, EH-14. Dále došlo k mírným nárůstům hodnot u sanačních jímek ČŠ-1, ČŠ-9. K největšímu zvýšení došlo u sanačního vrtu IS-10, kde se oproti předchozímu měření zvýšila hodnota z 0,01 cm na 7 cm, zároveň došlo ke zvýšení hodnoty i oproti měření v roce 2006.

8.4. Stav sanačních prací k 10.3.2009

V březnu 2009 byla na všech sanačních a monitorovacích objektech zaznamenána téměř nulová hodnota výšky fáze RU, tzn. že byl na hladině podzemní vody zaznamenán pouze film RU. Výjimku tvořili pouze 4 vrty a to konkrétně monitorovací vrt EH-4, u kterého došlo k nárůstu z 0,5 cm na 14 cm výšky fáze. Dalšími objekty u kterých došlo k nárůstu jsou sanační jímký ČŠ-6, ČŠ-7, ČŠ-9. U jímký ČŠ-6 došlo ke zvýšení výšky fáze ze 4 cm na 10 cm. V případě jímký ČŠ-7 byl zaznamenán nárůst výšky fáze z původních 0,5 cm na 8 cm.

V tomto období bylo ze sanačních vrtů vyčerpáno celkem 32 970 m³ ze které bylo vyseparováno 10,9 t produktu RU. Čerpání podzemních vod v tomto období probíhalo celkově 369 dnů, průměrně tedy bylo vytěženo 29,5 kg ropného produktu za den.

8.5. Stav sanačních prací k 30.3.2010

V tomto období byla podzemní voda čerpána ze všech sledovaných sanačních objektů. Monitoring podzemních vod probíhal taktéž ve všech sledovaných monitorovacích objektech. U sanačních vrtů, které se nacházely v jižní části areálu byly naměřeny nulové hodnoty znečištění. U monitorovací vrtů EH-4 a EH-5 došlo

oproti předchozímu měření k nárůstu výšky fáze RU. V případě vrtu EH-4 se výška fáze RU zvýšila ze 14 cm na 15 cm. U vrtu EH-5 došlo k mnohem znatelnějšímu nárůstu, kdy se hodnota zvýšila z 0,01 cm na 10 cm výšky fáze RU.

K nárůstu výšky fáze došlo i u těchto sanačních objektů IS-11, IS-12, IS-13, ČŠ-1, ČŠ-2, ČŠ-3, ČŠ-4, ČŠ-10, z těchto objektů byl nárůst neznatelnější u sanačního vrtu IS-13, kde výška fáze narostla o 6 cm (z původní 0,01 cm na aktuálních 6 cm). Naopak k největšímu snížení výšky fáze došlo u sanační jímky ČŠ-7 u které se výška fáze snížila z 8 cm na současných 0,1 cm.

V tomto cyklu bylo vyčerpáno celkem 35 096 m³ podzemní vody ze které bylo vyseparováno 12,2 t produktu RU. Sanační čerpání probíhalo celkem 284 dnů, což odpovídá průměrně 31,7 kg ropného produktu za den.

8.6. Stav sanačních prací k 12.4.2011

V dubnu 2011 díky pokračujícím sanačním pracím i nadále klesala výška fáze RU na většině sledovaných sanačních a monitorovacích objektech, čímž bylo dosaženo téměř optimálního stavu v kvalitě podzemních vod. Výjimkou jsou pouze sanační vrty IS-8A, IS-12 a sanační jímky ČŠ-7, ČŠ-9. V případě objektů IS-8A, ČŠ-7 a ČŠ-9 došlo k pouze zanedbatelnému nárůstu, pouze v desetinách cm. U sanačního vrtu IS-12 byl zaznamenán výrazný nárůst výšky fáze oproti minulému období. Výška fáze se zvýšila z 0,5 cm na 25 cm.

Ve sledovaném období bylo vyčerpáno celkem 30 380 m³ podzemní vody ze které bylo na sanačních stanicích vyseparováno 6,9 t produktu RU. Sanační čerpání v tomto období probíhalo 375 dnů. Průměrně bylo vytěženo 18,4 kg ropného produktu za den.

8.7. Stav sanačních prací k 14.3.2012

V posledním sledovaném období bylo na všech sanačních a monitorovacích objektech dosaženo nulových hodnot nebo byl zaznamenán pouze film na hladině podzemní vody. Pouze u sanační jímky ČŠ-3 byla zaznamenána výška fáze RU 0,3 cm. K největšímu poklesu došlo u sanačního vrtu IS-12, kde se hodnota snížila z 25 cm na hodnotu 0,1 cm.

Sanace probíhala celkem 335 dnů v průběhu kterých bylo vyčerpáno 28 992 m³ podzemní vody. V tomto období bylo z podzemní vody vyseparováno celkem 4,1 t produktu RU, což je 12,2 kg ropných látek za den.

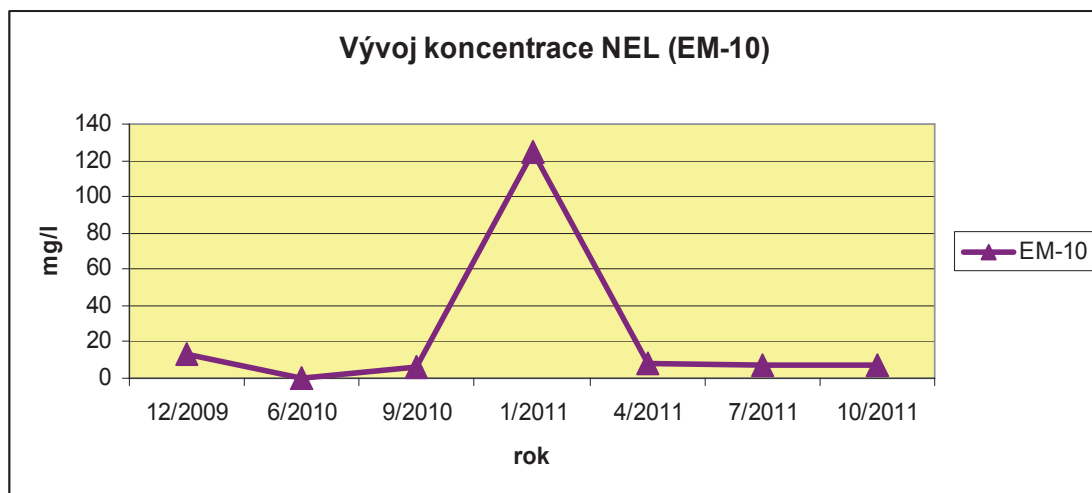
8.8. Porovnání účinnosti sanačních prací na vrtech EM-10 a ČŠ-8

Vzhledem k tomu, že jsou cílové limity znečištění stanoveny jako koncentrace v mg/l vybral jsem si pro zhodnocení účinnosti sanačních prací monitorovací a sanační vrty, které se nacházejí přibližně v centru sanované lokality, v přímém kontaktu resp. přímo v kontaminačním mraku.

Vrt EM-10 se nachází v severní části hlavního kontaminačního mraku. Druhý vrt ČŠ-8 se nachází přibližně 35 m jižním směrem od vrtu EM-10.

8.8.1. EM-10

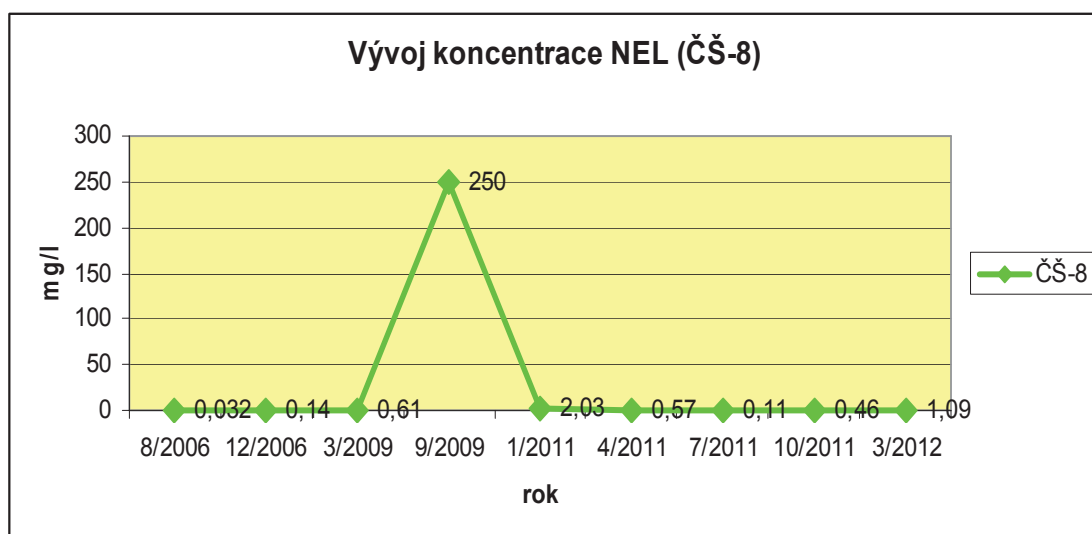
Monitorovací vrt se nachází v oblasti označené 182/B, která byla v minulosti využívána jako obrobna. Vrt byl instalován již v roce 1999 a v průběhu let na něm byl podle postupující sanace prováděn monitoring výšky fáze, od roku 2009 byly z tohoto vrtu odebírány vzorky pro stanovení koncentrací NEL. V současné době na tomto vrtu probíhá postsanační monitoring. Nejvyšší koncentrace NEL byly na tomto vrtu zaznamenány v roce 2011, konkrétně 17.1.2011, kdy koncentrace NEL dosáhla 125 mg/l. Při dalších odběrech byly zjištěné koncentrace řádově nižší, 12.10.2011 dosáhla koncentrace NEL pouze 7,13 mg/l. Vývoj koncentrace NEL v podzemních vodách na objektu EM-10 znázorňuje obr. č. 15.



Obr. č. 14: Vývoj koncentrace NEL v podzemních vodách u objektu EM-10 (Michal Turek 2013)

8.8.2. ČŠ-8

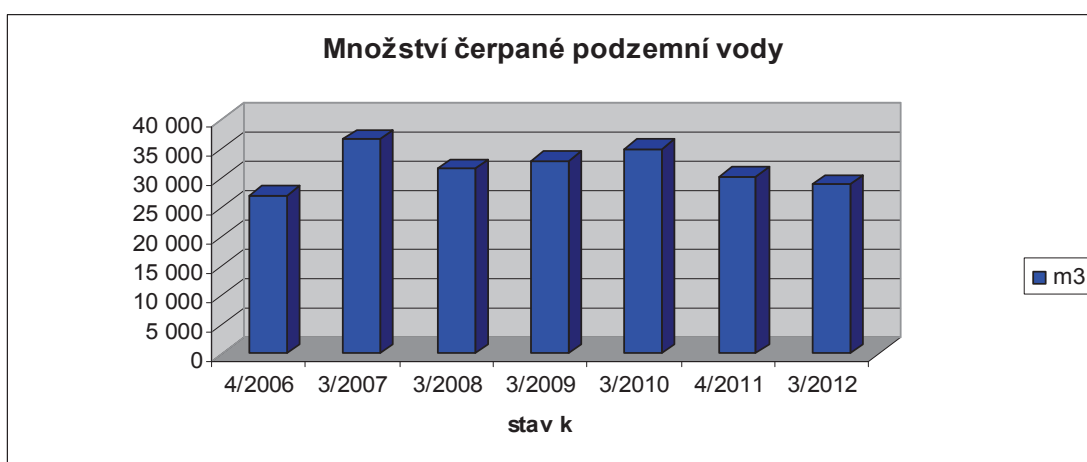
Sanační jímka ČŠ-8 se nachází východním směrem od hlavního kontaminačního mraku. Do provozu byla sanační jímka uvedena 29.8.2006 a tvoří součást sanačního drénu SD-1. Nejvyšší koncentrace NEL byla na tomto objektu zaznamenána 9.9.2006, kdy zjištěná hodnota dosáhla koncentrace 250 mg/l. Naopak nejnižší koncentrace byla na objektu zjištěna při prvním odběru vzorků dne 29.8.2006. Od roku 2009 koncentrace NEL v podzemních vodách průběžně klesaly, až v březnu roku 2012 dosáhly hodnoty 1,09 mg/l což je hodnota pod stanoveným cílovým limitem. Vývoj koncentrace NEL v podzemních vodách znázorňuje obr. č. 16.



Obr. č. 15: Vývoj koncentrace NEL v podzemních vodách u objektu ČŠ-8 (Michal Turek 2013)

8.9. Celkové zhodnocení sanačních prací

V průběhu sanace od roku 2006 do roku 2012 byly kvalitativní změny podzemní vody sledovány v rozmezí 3-4 měsíců. Při maximálním nasazení probíhalo sanační čerpání najednou ze 23 vrtů. Vrtvy byly propojeny s jednou ze 4 sanačních stanic. Na jednu sanační stanici připadlo v průběhu sledovaného období průměrně 6 sanačních vrtů. Od března 2005 do března 2012 bylo sanačním čerpáním vyčerpáno 222 903 m³ podzemní vody, nejmenší množství podzemní vody bylo vyčerpáno v období let 2005 až 2006, kdy bylo vyčerpáno 27 035 m³.



Obr. č. 16: Množství čerpané podzemní vody v letech 2006 – 2012 (Michal Turek 2013)

Z vyčerpané podzemní vody bylo v průběhu 7 let vyseparováno 74,9 t produktu ropných látek, nejmenší množství ropných látek bylo vyseparováno ke konci sanačních prací od dubna 2011 do března 2012



Obr. č. 17: Množství vytěženého ropného produktu v letech 2006 – 2012 (Michal Turek 2013)

Přečištěná podzemní voda ze sanačních stanic byla do půdy zasakována prostřednictvím zasakovacích drénů ZD-1 a ZD-3, které se nacházejí v severní resp. v západní části sanovaného areálu, jejich umístění je znázorněno na situaci v příloze (příloha č. 11).

Ve sledovaném období byla největší výška fáze zaznamenána u sanačního vrtu IS-12, kde hodnota v roce 2011 dosahovala 25 cm. Tato hodnota v průběhu roku 2011 klesala až v březnu roku 2012 dosáhla hodnoty 0,1 cm. V březnu roku 2012 bylo na všech sledovaných sanačních a monitorovacích vrtech dosaženo téměř nulových hodnot výšky fáze. Nejvyšší hodnota byla naměřena u sanační jímky ČŠ-3, kde byla naměřena hodnota 0,3 cm.

Mapové podklady znázorňující postup sanačních prací v průběhu let 2006 až 2012 jsou znázorněny v příloze (příloha č. 12 až příloha č. 18).

Podle hodnot výšky fáze i koncentrací NEL v jednotlivých sledovaných vrtech je zřejmé, že sanační práce na lokalitě ČKD Elektrotechnika dosáhly v průběhu let stanovených cílových limitů, které byly na počátku stanoveny ČIŽP.

9. Diskuze

Při pohledu na mapové podklady postupu dekontaminace lokality ČKD Elektrotechnika je zřejmé že použitá technologie sanačního čerpání byla vhodně zvolenou metodou, která v průběhu let dokázala odstranit znečištění ropnými látkami.

Oproti tomu US EPA (1996) uvádí, že metoda sanačního čerpání není schopna v horizontu 5 až 10 let dosáhnout úrovně koncentrace znečišťujících látek, tak jak byla stanovena ve fázi návrhu projektu. Dále uvádí, že kompletní sanace podzemních vod pomocí metody sanačního čerpání je pro mnoho, ne-li většinu lokalit nereálný cíl.

Podobně o metodě sanačního čerpání mluví i SCHRENK a kol. (2007), který uvádí, že metoda sanačního čerpání musí být pro dosažení stanovených cílů na dané lokalitě provozována delší časové období, zpravidla to bývá několik i desítky let. Jako vhodnou alternativu k sanačnímu čerpání uvádí metodu Air Sparging, která byla nasazena na sanaci prostoru po bývalé vojenské čerpací stanici. Jako výhody v tomto

konkrétním nasazení uvádí nízké náklady oproti odtěžbě znečištěné zeminy a také účinnější sanaci podzemních vod oproti metodě sanačního čerpání.

Nárůst hodnot výšky fáze RU na hladině podzemní vody v prvním sledovaném období lze pravděpodobně přičíst intenzivnímu vymývání nesaturevané zóny, které bylo způsobeno zasakováním množství přečištěné vody do zasakovací drénu ZD-1. Toto promývání vytlačovalo ropné látky směrem k vrt EH-8, který se nachází cca 10 m jižním směrem (tedy ve směru proudění podzemní vody) od zasakovacího drénu. Vrt EH-8 je umístěn poblíž jednoho z hlavních ohnisek znečištění ve kterém byla prováděna montáž transformátorů a byla zde při průzkumu prokázána maximální kontaminace NEL 22 900 mg/kg suš.

HAVLÍK a kol. (2000) uvádí, že při sanaci lokality Lovochemie a.s. Lovosice se zvýšená intenzita čerpání podzemních vod pozitivně projevila v nárůstu mocnosti fáze ropných látek a zároveň došlo k rapidnímu zvýšení denní výtěžnosti fáze.

Při porovnání s jinými lokalitami, kde bylo cílem sanačních prací odstranění znečištění způsobeného ropnými látkami a kde byly použity jiné sanační metody, je zřejmé, že při dekontaminaci lokality ČKD Elektrotechnika dosahovala průměrná roční výtěžnost ropných látek znatelně nižších hodnot.

Intenzivní sanace lokality letiště Hradčany byla zahájena v roce 1997. Na lokalitě bylo průzkumem zjištěno, že podzemní voda kontaminovaná ropnými látkami se vyskytuje na 13,8 ha. Na této ploše se mocnost fáze RU pohybovala v rozmezí 1 cm až 1m. V průběhu let 1997 – 2006 bylo sanací odstraněno 3 667 tun RU (PROKŠOVÁ a kol. 2007)

Ve sledovaném období, tedy v rozmezí let 2006 – 2012 bylo na lokalitě ČKD Elektrotechnika z podzemní vody vyseparováno 74,9 t produktu RU, což odpovídá 10,7 t/rok oproti tomu při sanaci letiště Hradčany bylo roční množství vytěženého produktu RU 366,7 t. V případě, že roční vytěžené množství produktu RU vztáhneme na plochu, odpovídá 1 ha na lokalitě ČKD Elektrotechnika 2,1 t/ha/rok a v případě letiště Hradčany to je 26,5 t/ha/rok.

V současné době je na všech objektech dosažen cílový limit, ale to zda je podzemní voda a nesaturevaná zóna skutečně dekontaminována ukáže teprve probíhající postsanační monitoring, který potrvá následující 2 roky.

10. Závěr

Staré ekologické zátěže jsou závažným problémem, který je nutné řešit. V současné době probíhá sanace na mnoha lokalitách, kde v minulosti vládnu čilý průmyslový ruch a výroba. S vývojem moderních technologií a metod se zvyšuje šance na odstranění stále většího množství kontaminantů a tím pádem je možné provést úspěšnou, z dlouhodobého hlediska udržitelnou sanaci na většině lokalit. Nicméně kompletní sanace všech lokalit je záležitost mnoha dalších let. I přesto, že v současnosti je ochrana životního prostředí na velmi vysoké úrovni, nelze do budoucna vyloučit vznik nových lokalit, kde bude nutné řešit odstranění ekologické zátěže.

V této diplomové práci jsem se věnoval průběhu sanace transformátorových olejů v bývalém areálu společnosti ČKD Elektrotechnika, který v minulosti patřil k jednomu z největších průmyslových podniků na našem území. Proces odstraňování starých ekologických zátěží v areálu společnosti ČKD Elektrotechnika přispěl k dosažení pozitivního stavu životního prostředí v celém areálu, ale také v jeho blízkém okolí.

Sanací transformátorových olejů z podzemních vod a odtěžbou kontaminovaných zemin na úrovni nenasatované zóny bylo zabráněno průniku kontaminovaných podzemních vod mimo hranice areálu, což dokazuje monitorovací vrt EM-1, který je umístěn v ul. Nemocniční, a v průběhu sanačních prací na něm nebylo zjištěno jakékoliv znečištění podzemních vod.

Jako sanační metoda bylo zvoleno sanační čerpání, které není příliš náročné na technologie a spolehlivě dokáže odstranit znečištění způsobené ropnými látkami. Postup a úspěšnost dekontaminace podzemních vod v letech 2006 - 2012 dokazují vytvořené mapové podklady, které byly vytvořeny pomocí analytické funkce v programu ArcGIS 9.3. Jako datový základ pro tvorbu map byly použity hodnoty z pravidelného měření výšky fáze RU v areálu.

Závěrem lze říci, že sanace lokality ČKD Elektrotechnika proběhla úspěšně a byly splněny všechny cílové limity znečištění a tím pádem je lokalita připravena pro budoucí využití vlastníkem.

11. Přehled literatury a použitých zdrojů

BROŽ M., 2003: Závěrečná zpráva z průzkumu znečištění horninového prostředí v areálu POLYGON BC, spol. s r.o. v Praze 9 (dříve ČKD Elektrotechnika). EKOSYSTEM spol. s r.o., Praha,

ČERNÁ M., ŘIČICA J., 2006: Bariéry vertikální. In: Matějů V. (ed.): Kompendium sanačních technologií. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 241 s. ISBN: 80-86832-15-5.

ČERNÍK M. a kol. 2010: Chemicky podporované *in situ* sanační technologie. VŠCHT Praha, 336 s. ISBN: 978-80-7080-767-5

ČÍŽEK Z., LEGNER M., ŽILKOVÁ O., 2000: K problematice možností stanovení stupně degradace ropné kontaminace. In: Halousková O. (ed): Sanační technologie III. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim.

FRANKOVSKÁ J., SLANINKA I., KORDÍK J., JURKOVIČ L., GREIF V., ŠOTTNÍK P., DANANAJ I., MIKITA S., DERCOVÁ K., JÁNOVÁ V., 2010: Atlas sanačních metod environmentálních zátěží. Atlas sanačních metod environmentálních zátěží. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, ISBN 978-80-89343-39-3

HAVLÍK T., VANĚK J., POLÁK M., 2000: Sanace kontaminovaných vod a zemin v areálu Lovochemie, a.s. Lovosice. In: Halousková O. (ed): Sanační technologie III. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim.

HERČÍK F., 2006: Air sparging. In: Matějů V. (ed.): Kompendium sanačních technologií. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 241 s. ISBN: 80-86832-15-5.

HOCKE J., PASTUSZEK F., 2006: Venting. In: Matějů V. (ed.): Kompendium sanačních technologií. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 241 s. ISBN: 80-86832-15-5.

CHARVÁT T., 2006: Air stripping. In: Matějů V. (ed.): Kompendium sanačních technologií. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 241 s. ISBN: 80-86832-15-5

KYCLT R., 2006: Ošetřování půdy a ostatních pevných materiálů po vytěžení na dekontaminační ploše. In: Matějů V. (ed.): Kompendium sanačních technologií. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 241 s. ISBN: 80-86832-15-5

MATĚJŮ V., 2006a: Technologie *in situ*. In Matějů V. (ed.): Kompendium sanačních technologií. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 241 s. ISBN: 80-86832-15-5.

MATĚJŮ V., 2006b: Technologie *ex situ*. In Matějů V. (ed.): Kompendium sanačních technologií. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 241 s. ISBN: 80-86832-15-5.

MATĚJŮ V., 2006c: Podporovaná bioremediace. In: Matějů V. (ed.): Kompendium sanačních technologií. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 241 s. ISBN: 80-86832-15-5.

MATĚJŮ V., 2006d: Dynamický podzemní stripping. In Matějů V. (ed.): Kompendium sanačních technologií. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 241 s. ISBN: 80-86832-15-5.

MATĚJŮ V., 2006e: Kompostování. In Matějů V. (ed.): Kompendium sanačních technologií. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 241 s. ISBN: 80-86832-15-5.

MATIC N., RŮŽIČKA M., 2006: Použití technologie stabilizace a solidifikace při sanačních pracích. In: Burkhard J., Halousková O. (eds): Sanační technologie IX. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim.

PROKŠOVÁ S., HERČÍK F., MACHÁČKOVÁ J., 2006: Aplikace Air Spargingu při sanaci bývalého vojenského letiště Hradčany. In: Burkhard J., Halousková O. (eds): Sanační technologie IX. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim.

PROKŠOVÁ S., HERČÍK F., MACHÁČKOVÁ J., 2007: Výsledky sanace zemin a podzemních vod kontaminovaných leteckým petrolejem v prostoru bývalého vojenského letiště Hradčany. In: Burkhard J., Halousková O. (eds): Sanační technologie X. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim.

PSUTKA J., 2011: Odpovědnost za ekologické škody v občanském právu. Wolters Kluwer ČR, a.s., Praha, 436 s. ISBN: 978-80-7357-559-5

RŮŽIČKA M., MATIC N., 2006: Solidifikace a stabilizace ex situ. In: Matějů V. (ed): Kompendium sanačních technologií. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim. 241 s. ISBN: 80-86832-15-5

ŘIČICA J., RŮŽIČKA M., 2000: Reakční bariéry – vhodná sanační alternativa. In: Halousková O. (ed): Sanační technologie III. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim.

SLOUKA J., SMĚLÝ O., PAŠEK L., 2006: Zkušenosti s některými netradičními sanačními technologiemi (Bioslurping, chemická oxidace in situ, reverzní osmóza). Sanační technologie IX (Sborník konference) 84 – 89.

STRAKA M., 2006: Termická desorpce. In: Matějů V. (ed): Kompendium sanačních technologií. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 241 s. ISBN: 80-86832-15-5

ŠEDIVÝ J., 1992: Vlastnosti a chování ropných látek v přírodních podmínkách, analytické stanovení ropných látek. Sborník referátů E'92, Bijo TC, Praha.

ŠLEJŠKA A., 1998 ex. BAČÍK J., 1994: Kompostování kontaminovaných zemin a remediace znečištěných půd aplikací kompostů. In: Halousková O., Málková A., Pilařová P. (eds): Sanační technologie I – Praktické zkušenosti z aplikace sanačních technologií při likvidaci starých zátěží. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim.

VUČKA P., 2005: Staré ekologické zátěže – minulost, současnost a budoucnost. Konference „Životní prostředí České republiky – stav a perspektiva“ zaměřené na staré ekologické zátěže. Planeta 10/2005, 10 – 11.

Internetové zdroje

ATE CR 2013a: Schéma uspořádání metody Air sparging (online) [cit. 10.3.2013], dostupné z <http://www.ate-cr.cz/files/images/sanace-air-sparging.png>

ATE CR 2013b: Schéma ventingového vrtu (online) [cit. 10.3.2013], dostupné z <http://www.ate-cr.cz/files/images/sanace-venting.png>

CLU-IN 2013: Nanotechnology: Applications for Environmental Remediation. The Hazardous Waste Clean-Up Information (CLU-IN), online: [http://www.clu-in.org/techfocus/default.focus/sec/Nanotechnology: Applications for Environmental Remediation/cat/Application/#10](http://www.clu-in.org/techfocus/default.focus/sec/Nanotechnology:_Applications_for_Environmental_Remediation/cat/Application/#10) cit. 10.2.2013

CUNDY A. B., HOPKINS L., WHITBY R. L. D., 2008: Use of iron-based technologies in contaminated land and groundwater remediation: A review. Science of The Total Environment, Volume 400, Issue 1-3, 42-51, online: <http://www.sciencedirect.com/infodroje.czu.cz/science/article/pii/S0048969708007201> cit. 20.3.2013

ČGS, 2013: Organická analýza hornin, ropy a plynů. Česká geologická služba, online: http://www.geology.cz/extranet/sluzby/laboratore/organicka-analyza/sluzby/analyticke_operace, cit. 9.2.2013

ČISTÁ OSTRAVA 2013: Zařízení nepřímé termické desorpce v lokalitě Laguny Ostramo (online) [cit. 9.2.2013], dostupné z

http://www.cistaostrava.cz/download/gallery/1/th_DSC0050.jpg

ČKD 2012: „Vyrábíme vše, od špendlíku po lokomotivu“. ČKD Magazín 2/2012, online: http://www.ckd.cz/kiwi_files/casopisy/magazin_02_2012.pdf, cit. 24.3.2013

DAILY W. D., RAMIREZ A. L., NEWMARK R. L., UDELL K., BUETNNER H. M., AINES R. D., 1995: Dynamic underground stripping: Steam and electric heating for in situ decontamination of soils and groundwater. United States Patent no. 5,449,251, online: <http://www.google.cz/patents?hl=cs&lr=&vid=USPAT5449251&id=7sggAAAEBAJ&oi=fnd&dq=Dynamic++underground++stripping+&printsec=abstract#v=onepage&q=Dynamic%20%20underground%20%20stripping&f=false> cit. 10.3.2013

EEA 2008: Overview of contaminants affecting soil and groundwater in Europe (online) [cit. 20.12.2012], dostupné z <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/overview-of-contaminants-affecting-soil-and-groundwater-in-europe>

EKOSYSTEM 2012a: Sanační stanice SAN1-R, online: <http://www.ekosystem.cz/sanacni-prace/sanacni-stanice-san-1r>, cit. 12.1.2013

EKOSYSTEM 2012b: Sanační stanice SAN1-R (online) [cit. 15.3.2013], dostupné z http://www.ekosystem.cz/wp-content/gallery/schema-sanacnich-stanic/thumbs/thumbs_schema-san-1-r.jpg

FRTR, 2007: Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, Version 4.0, Federal Remediation Technologies Roundtable. online: http://www.frtr.gov/matrix2/top_page.html, cit. 25.02.2013

GIBERT O., RÖTTING T., CORTINA J. L., PABLO J. de, AYORA C., CARRERA J., BOLZICCO J., 2011: In-situ remediation of acid mine drainage using a permeable reactive barrier in Aznalcóllar (Sw Spain). Journal of Hazardous Materials, Volume 191, Issues 1-3, 287-295, online:
<http://www.sciencedirect.com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0304389411005206> cit. 23.2.2013

GOMEZ H. I., DIAS-FERREIRA C., RIBEIRO A. B., 2013: Overview of in situ and ex situ remediation technologies for PCB-contaminated soils and sediments and obstacles for full-scale application. Science of the Total Environment, Volumes 445-446, pages 237-260, online:
<http://www.sciencedirect.com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0048969712015318>, cit. 9.2.2013

GROF A., 2011: Sanace ropných lagun Ostramo – nabídka a skutečnost. online:
<http://odpady.ihned.cz/c1-53647450-sanace-ropnych-lagun-ostramo-nabidka-a-skutecnost> cit. 14.2.2013

IRZ 2013: Polychlorované bifenyly: Integrovaný registr znečištění, Ministerstvo životního prostředí, online:
http://www.irz.cz/repository/latky/polychlorovane_bifenyly.pdf, cit: 9.2.2013

ITRC 2011: Development of Performance Specifications for Solidification/Stabilization. ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council). online: www.itrcweb.org/Guidance/GetDocument?documentID=95, cit. 15.2.2013

IVMS 2013: Mobilní solidifikační linka MSL-15-B (online) [cit. 10.3.2013], dostupné z http://www.ivms.cz/image/solidifikace_2.gif

JÁNOVÁ V., 2009: Environmentálne záťaž – stav riešenia v Európe a na Slovensku. ENVIROMAGAZÍN MČ 2/2009, online:
http://www.enviromagazin.sk/enviro2009/enviromc2/03_env_zataze.pdf, cit. 10.12.2012.

JÁNOVÁ V., GAŠPARÍKOVÁ B., 2012: Zákon o environmentálnych záťažach konečne schválený. ENVIROMAGAZÍN 1/2012, online:

http://www.enviromagazin.sk/enviro2012/enviro1/08_zakon.pdf, cit: 10.12.2012

JOHNSON P. C., STANLEY C. C., KEMBLOWSKI M. W., BYERS D. L., COLTHART J.D., 1990: A Practical Approach to the Design, Operation, and Monitoring of In Situ Soil-Venting Systems. Groundwater monitoring & remediation, Volume 10, Issue 2, online:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.17456592.1990.tb00347.x/ppvFlow?execution=e2s1>, cit. 12.2.2013

JURIS 1999: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten, online: http://www.juris.de/purl/gesetze/_ges/BBodSchG, cit. 06.01.2013

KHAN F. I., HUSAIN T., HEJAZI R., 2004: An overview and analysis of site remediation technologies. Journal of environmental management, Volume 71, Issue 2, 95-122. online:

<http://www.sciencedirect.com/infodroje.czu.cz/science/article/pii/S0301479704000313>, cit. 30.1.2013

KONETIC 2013: Dynamic underground stripping (online) [cit. 20.1.2013], dostupné z

<http://img.konetic.or.kr/konetic/xml/%EC%8B%A4%EC%9A%A9%ED%99%94%EA%B8%B0%EC%88%A0/image/31C5A0245029-1.JPG>

KÚ MSK 2009: Rozhodnutí Krajského úřadu Moravskoslezského kraje č.j. MSK 154420/2008, online:

[http://www.mzp.cz/www/ippc.nsf/0/2FD80E95422EDE9DC125758300415EC8/\\$FILE/Rozhodnuti%20GEOSAN%20GROUP.pdf](http://www.mzp.cz/www/ippc.nsf/0/2FD80E95422EDE9DC125758300415EC8/$FILE/Rozhodnuti%20GEOSAN%20GROUP.pdf) cit. 3.3.2013

LEONARD S. A., STEGEMANN J. A., 2010: Stabilization/solidification of petroleum drill cuttings: Leaching studies. Journal of Hazardous Materials, Volume 174, Issue 1-3, 484 -491, online:

<http://www.sciencedirect.com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0304389409015398>, cit: 1.2. 2013

MALVIYA R., CHAUDHARY R., 2006: Factors affecting hazardous waste solidification/stabilization: A review. Journal of Hazardous Materials, Volume 137, Issue 1, 267-276, online:

<http://www.sciencedirect.com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0304389406000896>, cit: 30.1. 2013

MF ČR 2012: Postup likvidace - metodika postupu řešení ekologických zátěží. Ministerstvo životního prostředí České republiky, online:

http://www.mfcr.cz/cps/rde/xchg/mfcr/xsl/fnm_postup_likvidace.html,
cit. 02.01.2013

MZe, 2005: Katalog opatření, Staré ekologické zátěže, Ministerstvo zemědělství, Praha, online: http://eagri.cz/public/web/file/36999/8_stare_ekologicke_zateze.pdf,
cit. 12.1.2013

MŽP 2009: Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2009.

Ministerstvo životního prostředí ČR, online: [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFYXSS4W/\\$FILE/rocenka2009.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFYXSS4W/$FILE/rocenka2009.pdf), cit. 24.3.2013

MŽP 2012: Ekologická újma. Ministerstvo životního prostředí České republiky, online: http://www.mzp.cz/cz/ekologicka_ujma, cit: 03.01.2013

NADIM F., HOAG G.E., LIU S., CARLEY R.J., ZACK P., 2000: Detection and remediation of soil and aquifer systems contaminated with petroleum products: an overview. Journal of Petroleum Science and Engineering 26, 169-178. online:

<http://www.sciencedirect.com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0920410500000310>, cit. 20.2.2013

NANOIRON 2011: Successful Pilot Injection of Nanoscale Zero-Valent Iron for Groundwater Remediation in Kara Trutnov site in Czech Republic, online:

http://www.nanoiron.cz/images/stories/pilot_study_cz_kara.pdf cit. 22.2.2013

NAVFAC 2013a: Schéma uspořádání vrtů u metody Bioremediace (online) [cit. 10.3.2013], dostupné z

<https://portal.navfac.navy.mil/portal/pls/portal/docs/1/3090933.JPG>

NAVFAC 2013b: Schéma – Air Stripping (online) [cit. 10.3.2013], dostupné z

<https://portal.navfac.navy.mil/portal/pls/portal/docs/1/3089740.JPG>

NEWCASTLE.EDU 2013: Schéma reaktivní bariéry (online) [cit. 11.3.2013], dostupné z

<http://www.newcastle.edu.au/Resources/Research%20Centres/CGMM/Research/Geo-remediation/1-1permeable-reactive-barrier.jpg>

OILSPILLSOLUTIONS 2013: Schéma – Bio slurping (online) [cit. 1.3.2013], dostupné z http://www.oilspillsolutions.org/3R_se_bioslurp.jpg

OLESZCZUK P., 2009: Advantages and risk related with carbon nanomaterials (CNMs) application for water remediation. Mini review. Universitatis Mariae Curie-Sklodowska, Lublin – Polonia,

online: <http://dlibra.umcs.lublin.pl/dlibra/doccontent?id=3784&dirids=1> cit. 1.3.2013

PETRLÍK J., 2010: Polychlorované bifenyly (PCB). Arnika. online:

<http://arnika.org/polychlorovane-bifenyly-pcb> cit. 5.3.2013

PING XIN B., HUNG WU CH, HAN WU CH, WEN LIN CH, 2013:

Bioaugmented remediation of high concentration BTEX-contaminated groundwater by permeable reactive barrier with immobilized bead. Journal of Hazardous Materials, Volumes 244-245, 765-772, online:

<http://www.sciencedirect.com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0304389412010989> cit. 11.3.2013

PLEVA K., 2008: Ekonomická a právní analýza možných variant řešení odstraňování ekologických zátěží vzniklých před privatizací a návrh optimálního řešení. Zpráva pro MF ČR od společnosti ATKEARNEY, online:
http://www.mfcr.cz/cps/rde/xbcr/mfcr/Priloha_1_Ekonomicka_a_pravni_analyza_pdf.pdf, cit. 30.12.2012

PLUS 2012: Sanace starých ekologických zátěží v Německu. PLUS Časopis Česko-německá obchodní a průmyslové komory, č. 2/2012, ISSN 1213-3469, online:
http://tschechien.ahk.de/fileadmin/ahk_tschechien/Plus-Ausgaben/ausgaben_pdf/2012/plus_022012.pdf, cit. 23.12.2013

POPE G., GORDON K., BRAGG J., 2011: Fundamental Reservoir Engineering Principles Explain Lenses of Shoreline Residual Oil Twenty Years after the Exxon Valdez Oil Spill. Society of Petroleum Engineers, online:
<http://www.onepetro.org/mslib/servlet/onepetroreview?id=SPE-141809-MS>, cit. 31.01.2013

RADA T., 2011: Kvalitativní ochrana půdy při stavební činnosti z pohledu práva. Disertační práce. Právnická fakulta Masarykovy Univerzity, online:
http://is.muni.cz/th/44102/pravf_d/Disertacni_prace_Tomas_Rada.txt, cit. 27.02.2013

SCHRENK V., HIESTER U., KIRCHHOLTES H. J., BÄRLIN M., 2007: The Use of Innovative Remediation Technologies in Brownfield Redevelopment Projects. Revitalising industrial sites, online: http://www.revit-nweurope.org/selfguidingtrail/37_Use_of_Innovative_Remediation_Techniques.pdf, cit. 5.4.2013

SULEK B., 2006: KOLBEN BUSINESS PARK. Oznámení dle zákona ČNR č. 100/2001 Sb, DHV CR, spol. s r.o., online: http://portal.cenia.cz/eiasea/detail/EIA_PHA182, cit. 17.01.2013

URBANIST 2013: Letecký snímek na areál ČKD Elektrotechnika před zahájením sanace (online) [cit. 7.4.2013], dostupné z

<http://www.urbanist.eu/images/airfoto/CKD-air-3.jpg>

US EPA 1996: Pump-and-Treat Ground-Water Remediation. A Guide for Decision Makers and Practitioners. United States Environmental Protection Agency.

EPA/625/R-95/005, online: <http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/30004PC8.pdf>, cit. 4.4.2013

US EPA 2000: Innovative Remediation Technologies: Field-Scale Demonstration Projects in North America, 2nd Edition, Year 2000 Report. United States

Environmental Protection Agency. EPA 542-B-00-004, online: http://www.clu-in.org/download/remed/nairt_2000.pdf, cit. 9.1.2013

US EPA 2006: Engineering Issue In Situ and Ex Situ Biodegradation Technologies for Remediation of Contaminated Sites. United States Environmental Protection Agency, EPA-625-R-06-015.

online: <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=600003SE.txt>, cit. 13.02.2013

US EPA 2007a: Treatment technologies for site cleanup: Annual status report.

Twelfth edition, United States Environmental Protection Agency, EPA-542-R-07-

012. online: http://www.epa.gov/tio/download/remed/asr/12/asr12_full_document.pdf, cit. 20.02.2013

US EPA 2007b: Nanotechnology White Paper. Science Policy Council. United States Environmental Protection Agency, online:

<http://www.epa.gov/ncer/nano/publications/whitepaper12022005.pdf>, cit. 08.02.2013

US EPA 2012: A Citizen's Guide to Air Stripping. United States Environmental Protection Agency, EPA 542-F-12-002.

online: http://www.epa.gov/tio/download/citizens/a_citizens_guide_to_air_stripping.pdf, cit. 29.12.2012.

WANG S., MULLIGAN C. N., 2004: An evaluation of surfactant foam technology in remediation of contaminated soil. Chemosphere, Volume 57, Issue 9, 1079-1089, online: <http://www.sciencedirect.com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0045653504006964>, cit. 17.1. 2013.

Legislativa

Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, v platném znění

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách, v platném znění (vodní zákon)

Zákon č. 167/2008 Sb., o předcházení ekologické újmě a její nápravě, v platném znění

12. Přílohy



Příloha č. 1: Letecký snímek na areál ČKD Elektrotechnika před zahájením sanace (URBANIST 2013)



Příloha č. 2: Pohled na sanační stanice (Michal Turek 2012)



Příloha č. 3: Usazovací nádrž sanační stanice SAN1-R (Michal Turek 2012)



Příloha č. 4: Monitorovací vrt EH-6 (Michal Turek 2012)



Příloha č. 5: Těžba nesaturované zóny v roce 2012 společně s budováním záporové stěny (Michal Turek 2012)



Příloha č. 6: Těžba kontaminované zeminy v roce 2012 (Michal Turek 2012)



Příloha č. 7: Mezideponie kontaminované zeminy (Michal Turek 2012)



Příloha č. 8: Základy bývalých výrobních hal (Michal Turek 2012)

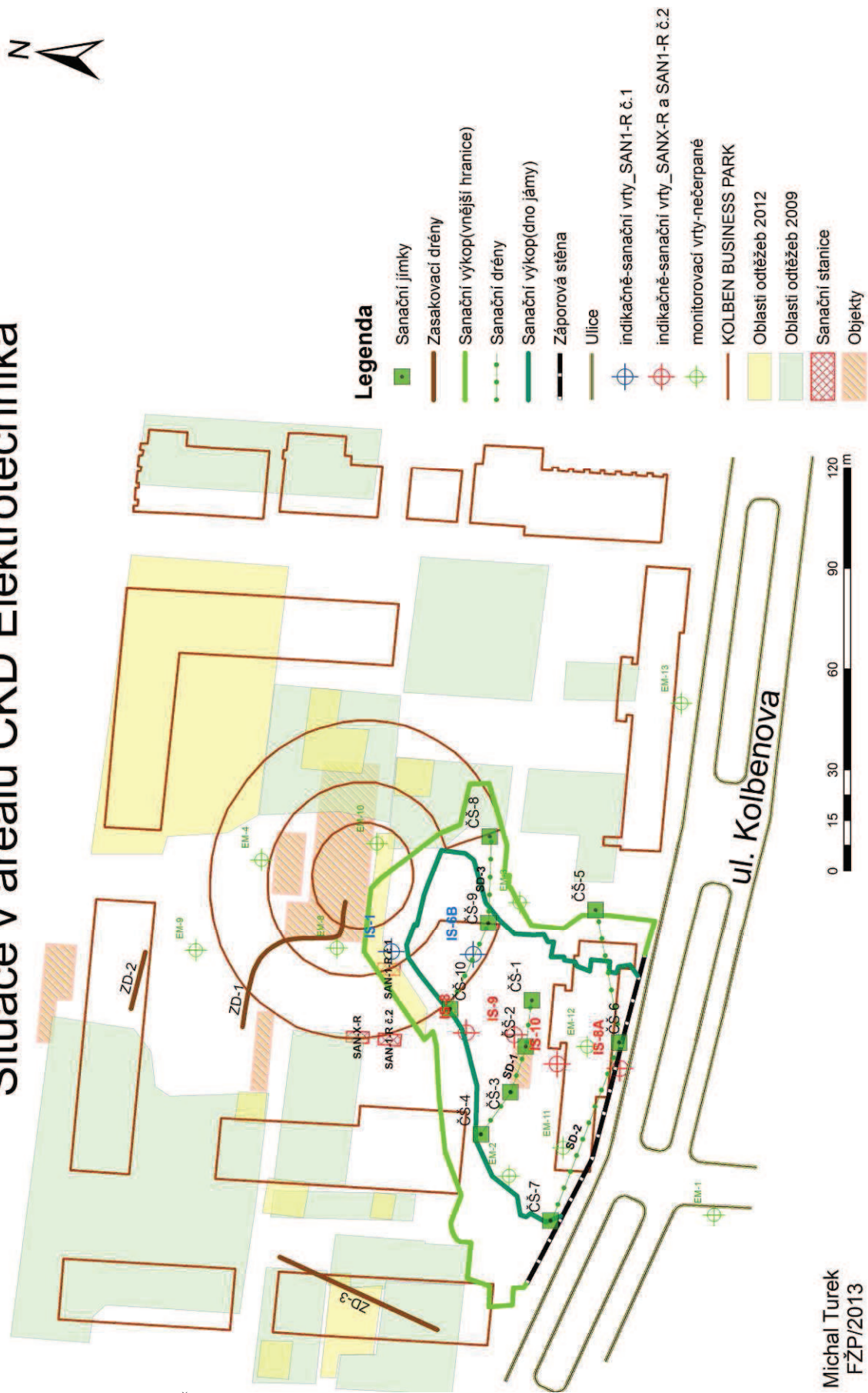


Příloha č. 9: Pohled na vrty postsanačního monitoringu – 11/2012 (Michal Turek 2012)



Příloha č. 10: Měření výšky fáze ve vrtu EM-12 (Michal Turek 2012)

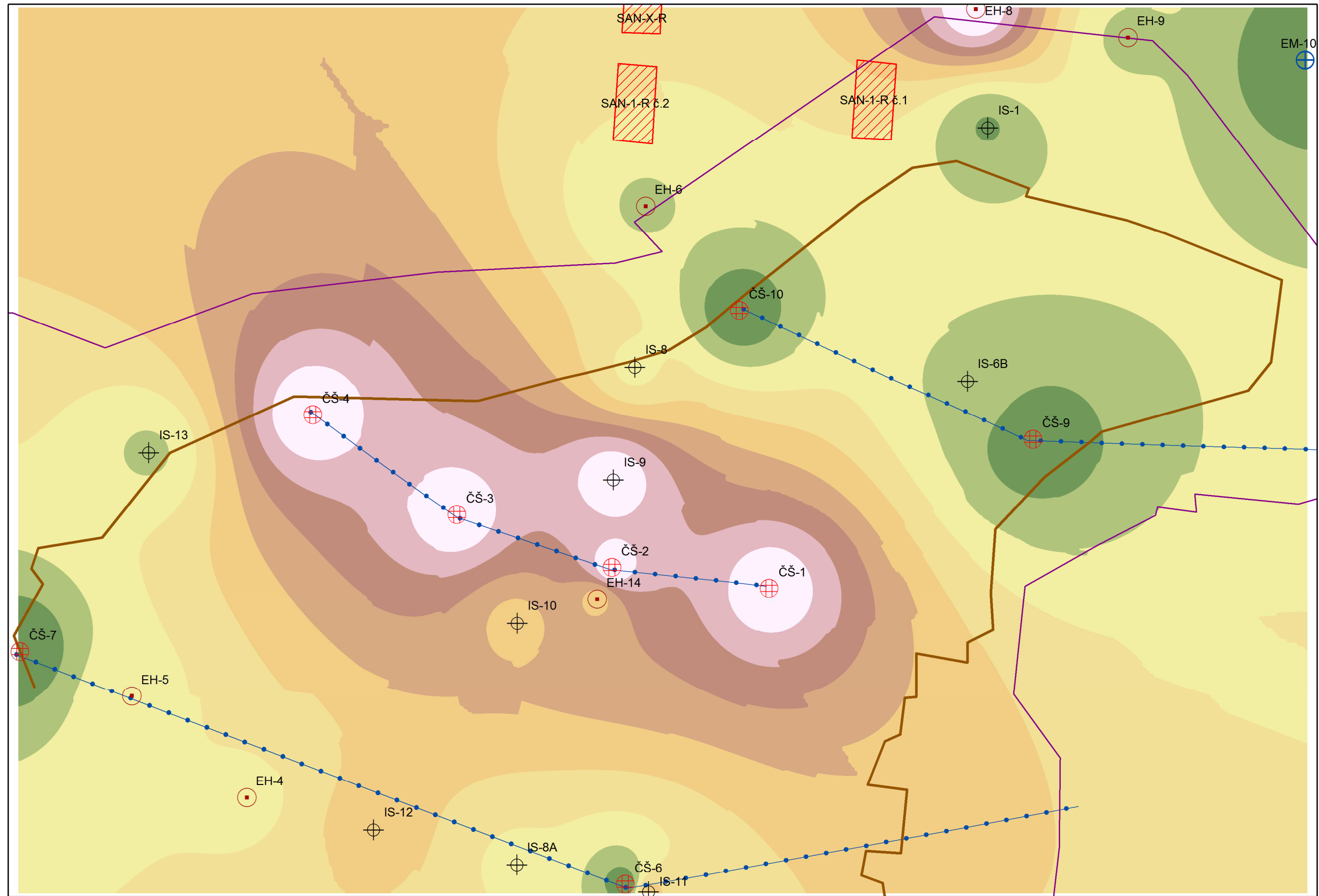
Situace v areálu ČKD Elektrotechnika



Příloha č. 11: Situace objektů v areálu ČKD Elektrotechnika (Michal Turek 2013)

Michal Turek
FŽP/2013

Kontaminace RU v roce 2006

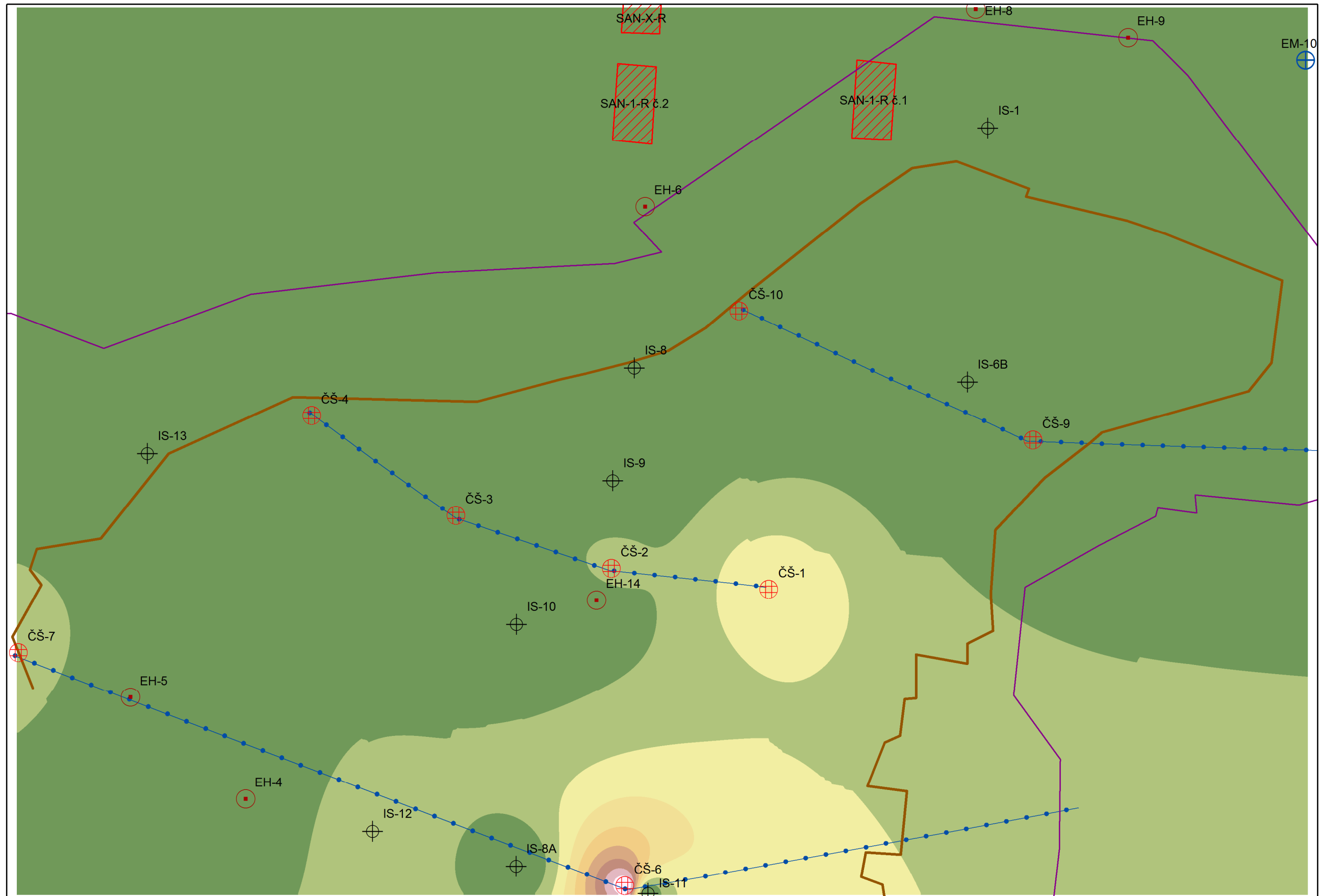


Michal Turek
FŽP ČZU 2013

Legenda

- | | | | | | | |
|-----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------|------------------------|
| ⊕ (red) | ostatní monitorovací vrty | 0,000047377 - 1,11113786 | 3,333318825 - 4,444409306 | 6,666590272 - 7,777680753 | — (purple) | Sanační výkop(hranice) |
| ⊕ (blue) | postsanační monitoring | 1,111137861 - 2,222228342 | 4,444409307 - 5,555499788 | 7,777680754 - 8,888771235 | — (brown) | Sanační výkop(dno) |
| ⊕ (black) | sanačně čerpané vrty | 2,222228343 - 3,333318824 | 5,555499789 - 6,666590271 | 8,888771236 - 9,999861717 | — (blue dots) | Sanační drény |
| ⊕ (red) | sanační jímky | | | | ▨ (red hatched) | Sanační stanice |

Kontaminace RU v roce 2007

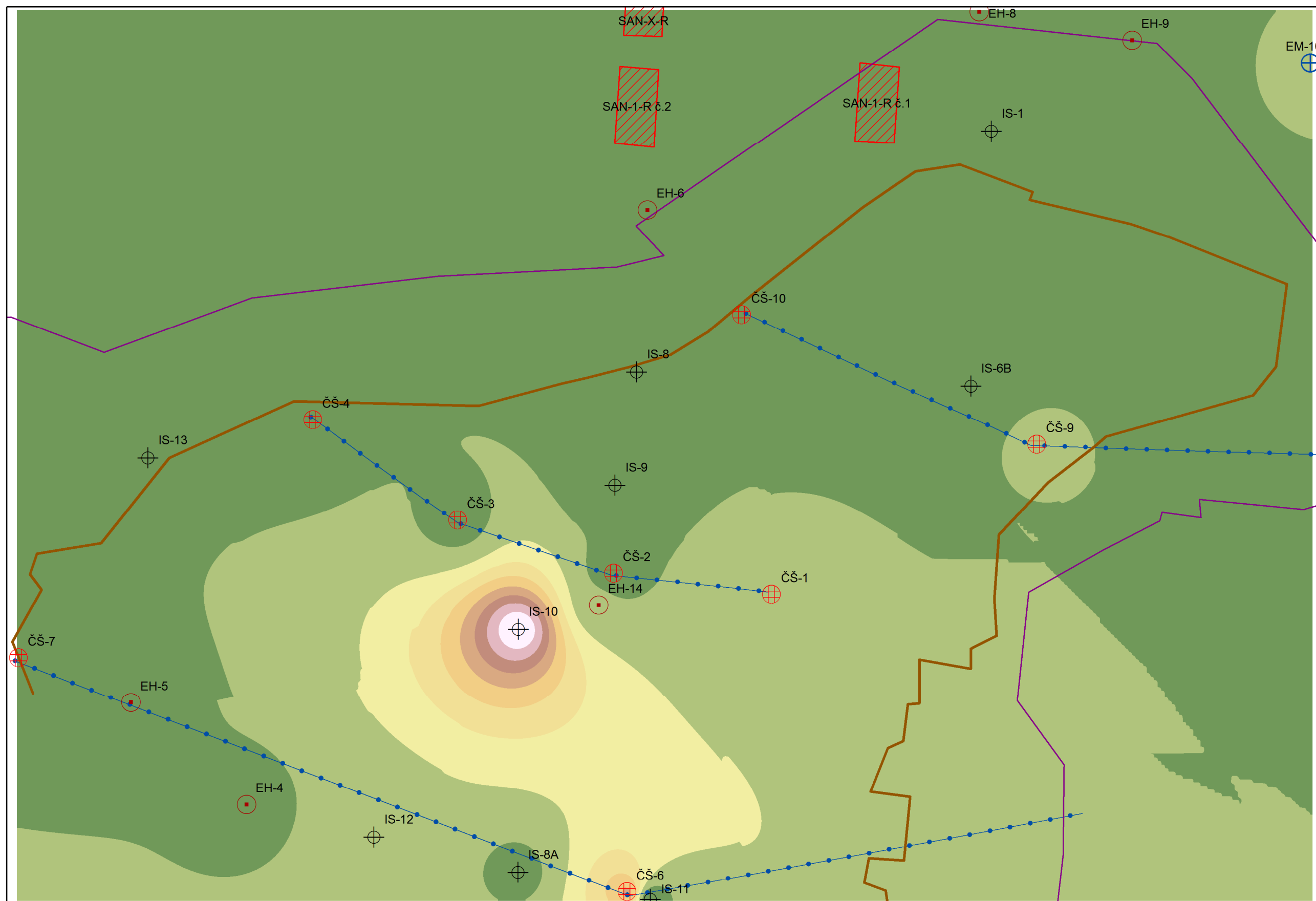


Michal Turek
FŽP ČZU 2013

Legenda

⊕ (red)	ostatní monitorovací vrty	█ (dark green)	0,000005178 - 0,664457738	█ (yellow)	1,993362859 - 2,657815419	█ (brown)	3,98672054 - 4,6511731	— (purple)	Sanační výkop(hranice)
⊕ (blue)	postsanační monitoring	█ (light green)	0,664457738 - 1,328910298	█ (orange)	2,65781542 - 3,322267979	█ (pink)	4,651173101 - 5,31562566	— (brown)	Sanační výkop(dno)
⊕ (black)	sanačně čerpané vrty	█ (yellow)	1,328910299 - 1,993362858	█ (dark orange)	3,32226798 - 3,986720539	█ (light pink)	5,315625661 - 5,98007822	— (blue dots)	Sanační drény
⊕ (red)	sanační jímky							▨ (red hatched)	Sanační stanice

Kontaminace RU v roce 2008

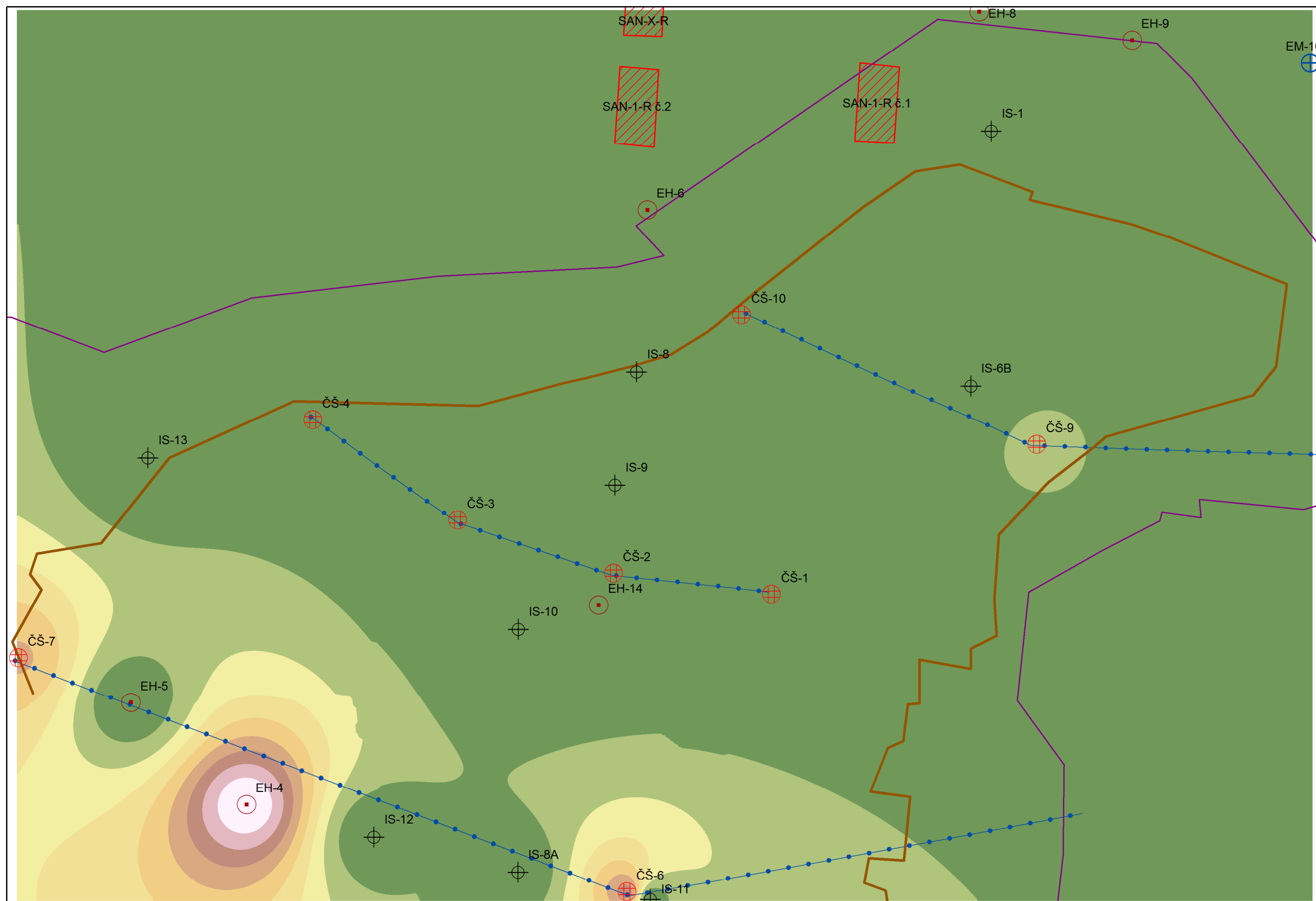


Michal Turek
FŽP ČZU 2013

Legenda

- | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|--|---------------------------|--|---------------------------|--|---------------------------|--|------------------------|
| ⊙ | ostatní monitorovací vrty | | 0,000003704 - 0,777594627 | | 2,332776474 - 3,110367396 | | 4,665549242 - 5,443140164 | | Sanační výkop(hranice) |
| ⊕ | postsanační monitoring | | 0,777594627 - 1,55518555 | | 3,110367397 - 3,887958318 | | 5,443140165 - 6,220731087 | | Sanační výkop(dno) |
| ⊕ | sanačně čerpané vrty | | 1,555185551 - 2,332776473 | | 3,887958319 - 4,665549241 | | 6,220731088 - 6,99832201 | | Sanační drény |
| ⊕ | sanační jímky | | | | | | | | Sanační stanice |

Kontaminace RU v roce 2009

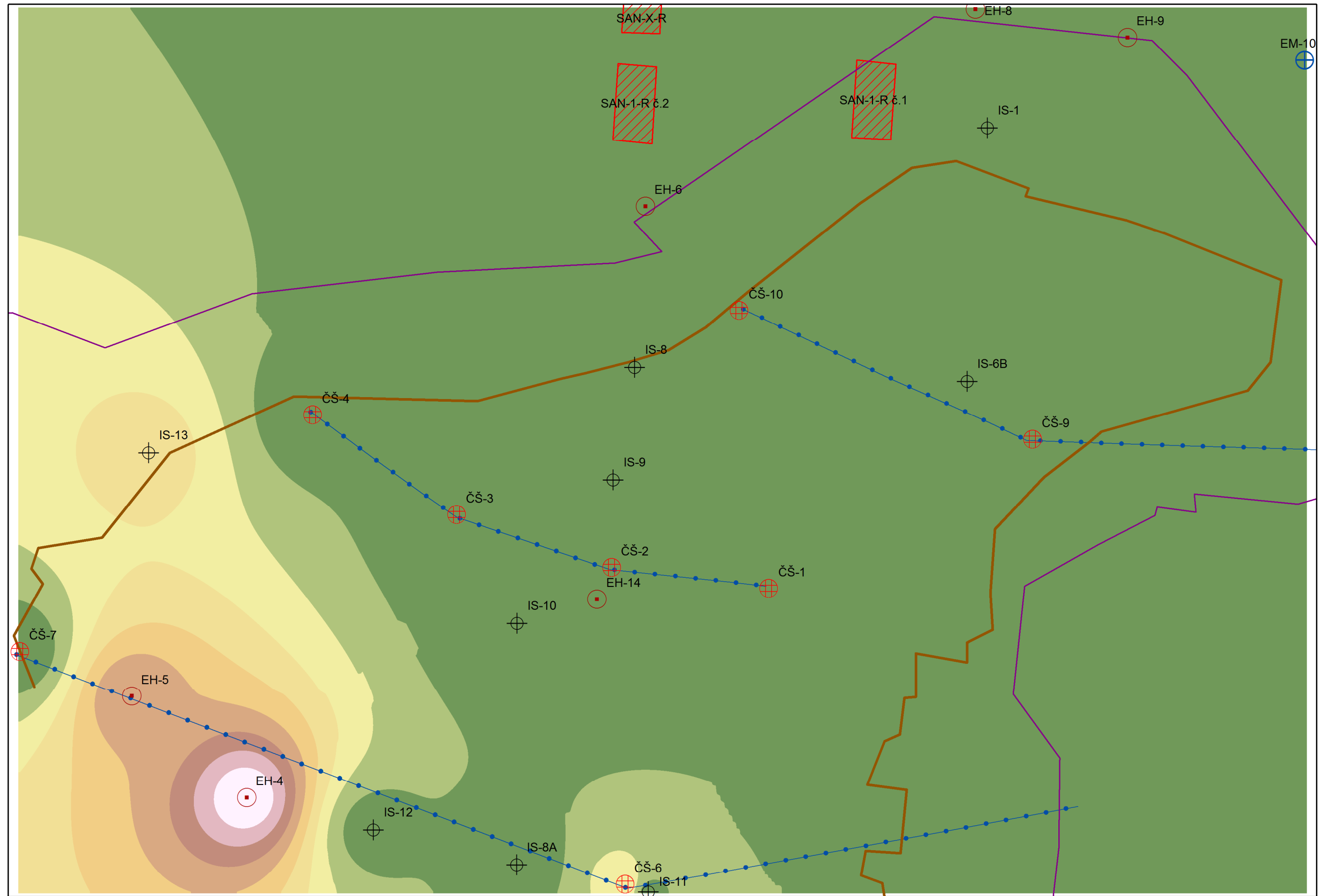


Michal Turek
FŽP ČZU 2013

Legenda

⊕ (red)	ostatní monitorovací vrty	0,000000181 - 1,555031726	4,665094815 - 6,220126359	9,330189448 - 10,88522099	— (purple)	Sanační výkop(hranice)
⊕ (blue)	postsanační monitoring	1,555031727 - 3,11006327	6,22012636 - 7,775157903	10,885221 - 12,44025254	— (brown)	Sanační výkop(dno)
⊕ (black)	sanačně čerpané vrty	3,110063271 - 4,665094814	7,775157904 - 9,330189447	12,44025255 - 13,99528408	— (blue dots)	Sanační drény
⊕ (red)	sanační jímky				▨ (red hatched)	Sanační stanice

Kontaminace RU v roce 2010

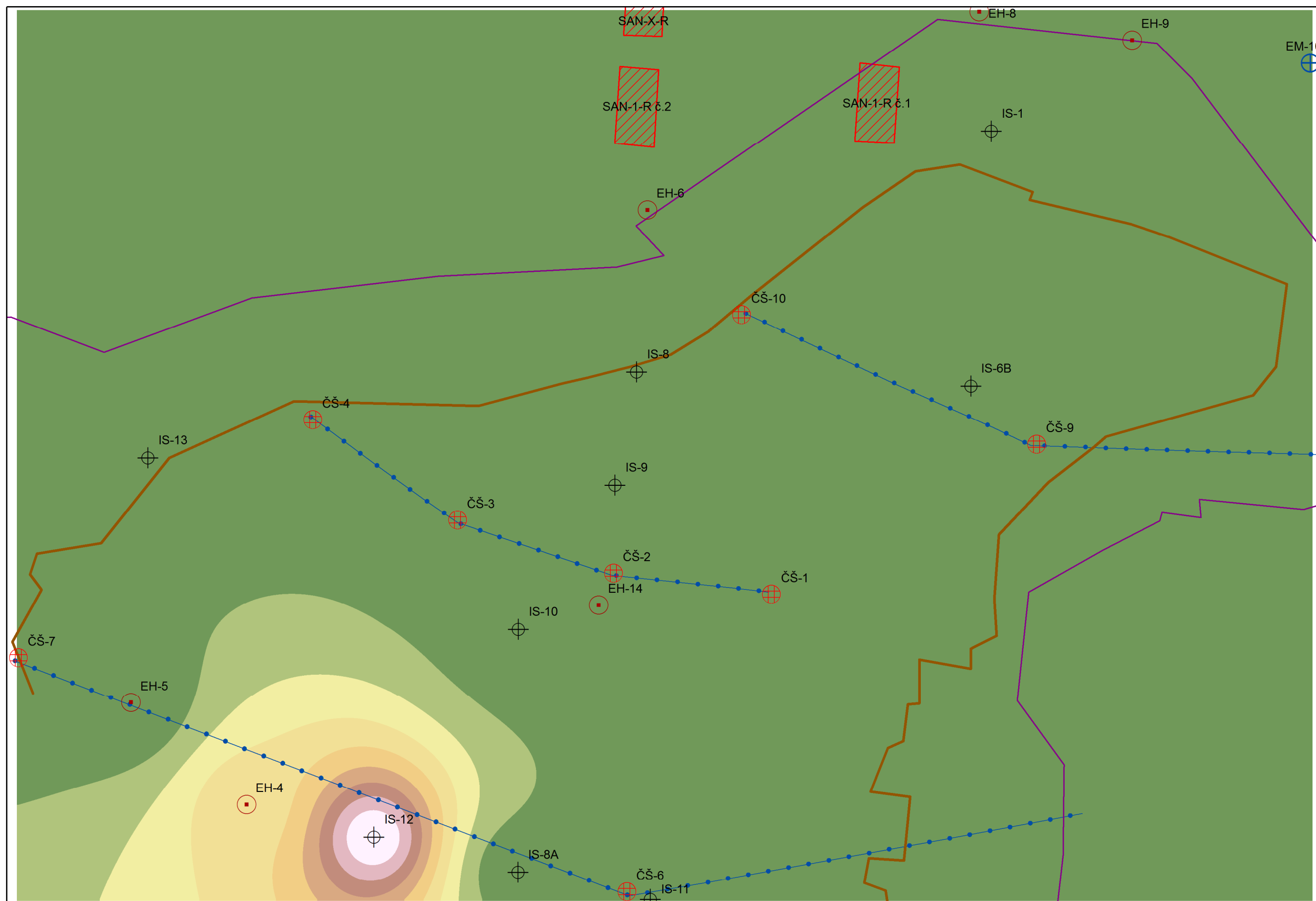


Michal Turek
FŽP ČZU 2013

Legenda

- | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|--|---------------------------|--|---------------------------|--|---------------------------|--|------------------------|
| ⊙ | ostatní monitorovací vrty | | 0,00004282 - 1,666190563 | | 4,998563125 - 6,664749405 | | 9,997121968 - 11,66330825 | | Sanační výkop(hranice) |
| ⊕ | postsanační monitoring | | 1,666190564 - 3,332376843 | | 6,664749406 - 8,330935686 | | 11,66330826 - 13,32949453 | | Sanační výkop(dno) |
| ⊕ | sanačně čerpané vrty | | 3,332376844 - 4,998563124 | | 8,330935687 - 9,997121967 | | 13,32949454 - 14,99568081 | | Sanační drény |
| ⊕ | sanační jímky | | | | | | | | Sanační stanice |

Kontaminace RU v roce 2011

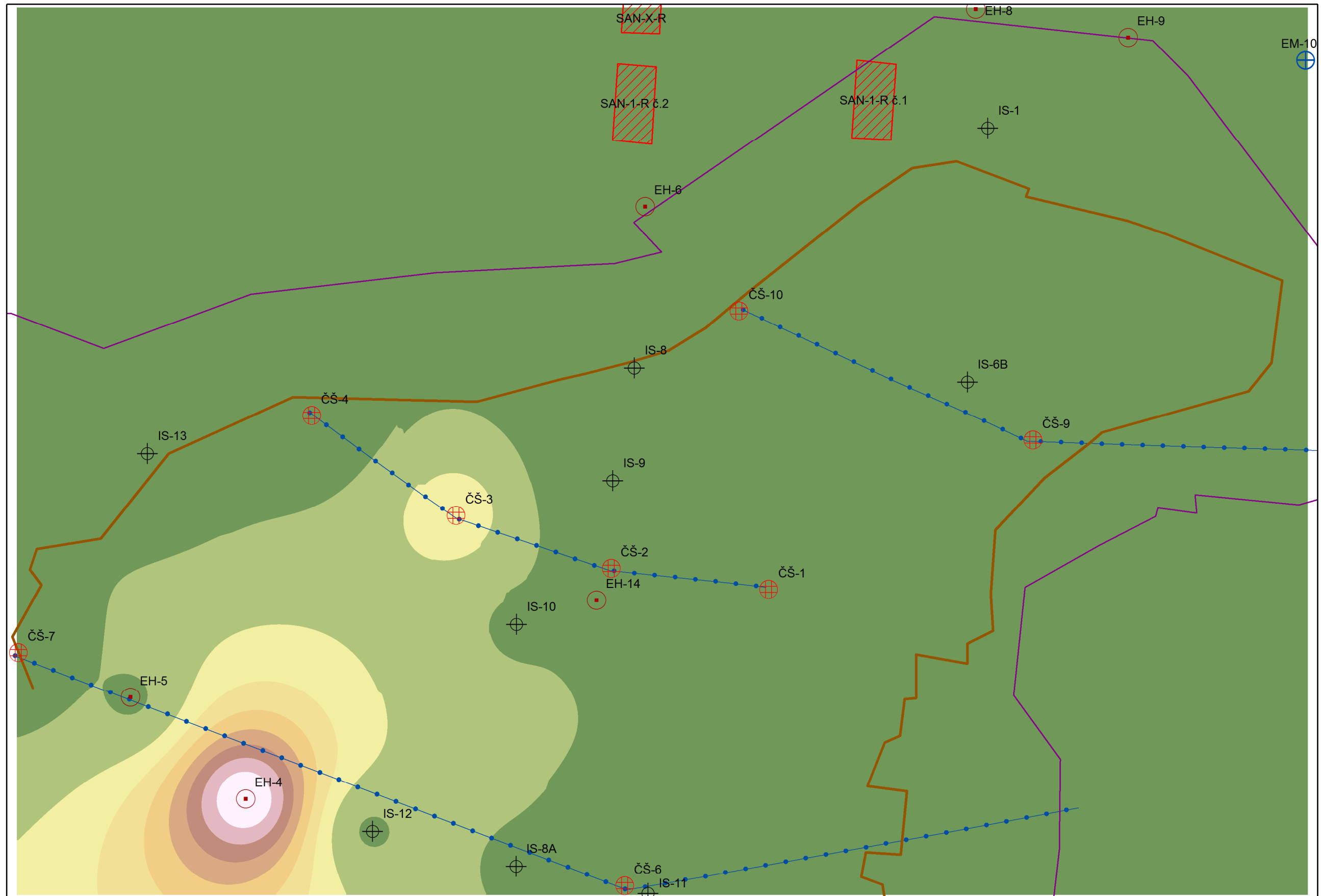


Michal Turek
FŽP ČZU 2013

Legenda

⊕	ostatní monitorovací vrty		0,00000703 - 2,776302327		8,328905575 - 11,1052072		16,65781046 - 19,43411207		Sanační výkop(hranice)
⊕	postsanační monitoring		2,776302328 - 5,552603951		11,10520721 - 13,88150882		19,43411208 - 22,21041369		Sanační výkop(dno)
⊕	sanačně čerpané vrty		5,552603952 - 8,328905574		13,88150883 - 16,65781045		22,2104137 - 24,98671532		Sanační drény
⊕	sanační jímky								Sanační stanice

Kontaminace RU v roce 2012



Michal Turek
FŽP ČZU 2013

Legenda

- | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|--|---------------------------|--|---------------------------|--|---------------------------|--|------------------------|
| ⊕ | ostatní monitorovací vrty | | 0,000000736 - 0,111075135 | | 0,333223933 - 0,444298332 | | 0,66644713 - 0,777521529 | | Sanační výkop(hranice) |
| ⊕ | postsanační monitoring | | 0,111075135 - 0,222149534 | | 0,444298332 - 0,555372731 | | 0,777521529 - 0,888595928 | | Sanační výkop(dno) |
| ⊕ | sanačně čerpané vrty | | 0,222149534 - 0,333223933 | | 0,555372731 - 0,66644713 | | 0,888595928 - 0,999670327 | | Sanační drény |
| ⊕ | sanační jímky | | | | | | | | Sanační stanice |