

ENVIRONMENTAL IMPACTS ASSESSMENT OF REMEDIATION USING LCA METHOD

HODNOCENÍ ENVIRONMENTÁLNÍCH DOPADŮ SANACE POMOCÍ METODIKY POSUZOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU

Helena Burešová, Vladimír Kočí, Hana Motejlová

VŠCHT Praha, Ústav chemie ochrany prostředí, Technická 5, 166 28 Praha 6,

e-mail: helen.bures@seznam.cz

Abstract:

The remediation of contaminated sites is carried out in order to reduce risks to human health and ecosystems. Even if remediation provides a cleaner local environment, it may also have negative secondary environmental impacts on the local, regional and global scale, such as depletion of natural resources (consumption of energy, fuel and materials), air and water pollution, noise etc.

Life cycle assessment (LCA) is a useful tool for assessing the total environmental impact of a remediation project. LCA is a method considering the overall environmental impact over the whole life cycle of a product, process or activity. It is the so called „from cradle to grave“ concept. In a LCA study, all processes of a life cycle should be included from obtaining primary raw materials to removing or recycling of wastes.

Assessment of a remediation technology is usually based on an initial and final concentration of pollutants. The LCA approach enables to consider not only the environmental impacts of the contamination but also the impacts of the remediation process. If the sum of secondary impacts and impacts of residual contamination is lower than the impacts of the initial contamination, the chosen remediation technology is beneficial from the environmental point of view. In the decision-making, LCA can help to choose the best technology to reduce the environmental burden of the remediation service or to find the most burdening part of process in order to improve it.

In this study, we used data from a concrete remediation in the Czech Republic. Soil polluted with chlorinated ethylenes was treated using ex situ venting. Primary environmental impacts of initial contamination and secondary impacts of remediation process associated with ex situ soil venting were assessed and compared using GaBi software and database.

Keywords:

Site remediation, Life cycle assessment (LCA), Contaminated sites, Ex situ venting

Abstrakt

Metoda LCA (Life Cycle Assessment - Posuzování životního cyklu) je vhodným nástrojem k zhodnocení rozsahu vlivů procesů na životní prostředí. Tuto metodu je možné využít i pro hodnocení environmentálních dopadů sanačních prací. V příspěvku jsou hodnocena data u konkrétního sanačního projektu, a to ex situ ventingu prováděného v areálu MOTOCO a.s. v Českých Budějovicích firmou Vodní zdroje, a.s. v rámci II. fáze rozsáhlých sanačních prací této lokality v období od srpna 2003 do září 2004. Jedná se o starou ekologickou zátěž především chlorovanými alifatickými nenasycenými uhlovodíky na bázi chlorovaných ethylenů, patřícími mezi tzv. DNAPLs (dense non-aqueous phase liquid), které díky své těkavosti přestupují do půdního vzduchu a ovzduší. Jako hlavní kontaminant zde byl určen toxický perchlorethylen (PCE).

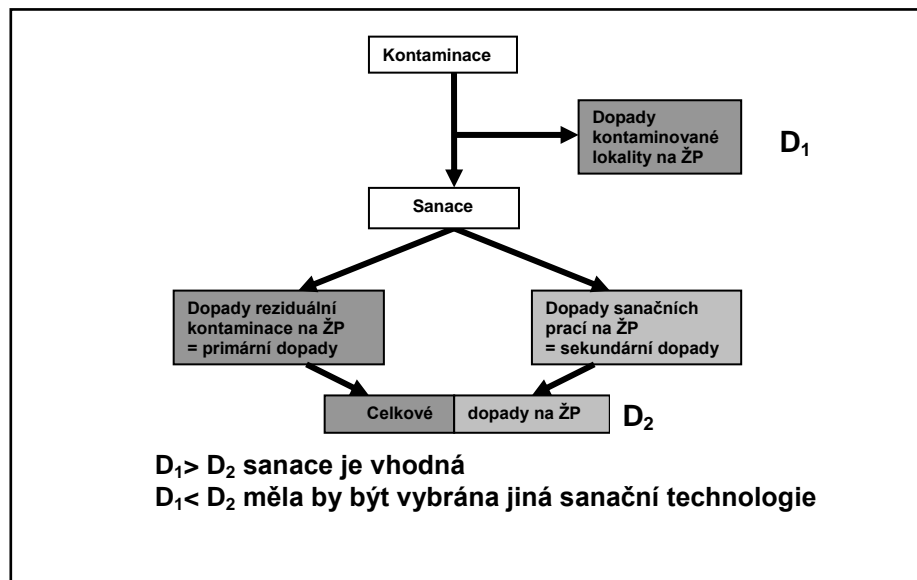
Byly uvažovány veškeré materiálové a energetické vstupy, procesy a následné výstupy emisí, odpadů a kontaminantů na lokalitě s použitím softwaru a databáze GaBi 4 (PE INTERNATIONAL, Německo).

V práci bylo zjištěno, že při sanačních pracích došlo k přenosu problému (environmentální zátěže) z jedné lokality na druhou a z jedné kategorie dopadu do druhé. Hlavní příčinou přenosu kontaminace byla velká energetická a palivová náročnost sanačního zásahu. Dosahování příliš nízkých sanačních limitů může způsobovat zátěž životního prostředí.

Sanace kontaminovaných území mají kromě samozřejmých pozitivních dopadů, jako je zajištění čistšího a bezpečnějšího lokálního prostředí, také vlivy negativní. Sanace se podílejí na

environmentálních dopadech na lokální, regionální a globální úrovni, jako např. na globálním oteplování, vyčerpávání přírodních zdrojů, tvorbě smogu, hluku apod.

Metoda Life Cycle Assessment (LCA) byla vyvinuta k hodnocení celkových dopadů produktů a technologií na životní prostředí, tzv. od kolébky do hrobu. Metody hodnocení sanačních projektů založené na LCA berou v potaz nepříznivé dopady již při výběru vhodné technologie. Data o environmentálních dopadech poskytnutá metodou LCA společně s daty technickými a ekonomickými mohou sloužit jako pomoc při vybírání nejvhodnější sanační technologie. LCA lze také využít po skončení projektu, a data sesbíraná během sanace jsou pak mnohem detailnější. Účelem tohoto dodatečného hodnocení je vylepšení sanačních technologií, vylepšení znalostí o dopadech na životní prostředí a vylepšení hodnotícího rámce LCA před zahájením sanace. [1]



Obr. 1 Schéma porovnávání primárních a sekundárních dopadů při hodnocení sanací [2]

Na obr. 1 je zobrazeno schéma porovnávání primárních a sekundárních dopadů při hodnocení sanačních projektů. Primární dopady vyjadřují samotnou kontaminaci dané lokality a její vlivy na ŽP. Sekundární dopady pokrývají negativní vlivy způsobené prováděním sanačních prací, jako jsou např. emise vzniklé dopravou, spotřebou energie nebo skládkováním, spotřeba surovin, vznik nebezpečných odpadů atd. Pokud součet těchto dopadů je po sečtení s dopady zbytkové kontaminace po ukončení sanačních prací menší než dopady původní kontaminace, je zvolená sanační metoda z environmentálního pohledu přínosná.

Popis lokality

V této práci jsou hodnocena data u konkrétního sanačního projektu, a to ex situ ventingu prováděného v areálu MOTOCO a.s. v Českých Budějovicích firmou VODNÍ ZDROJE, a.s. v rámci II. fáze rozsáhlých sanačních prací této lokality v období od srpna 2003 do září 2004. Jednalo se o starou ekologickou zátěž především chlorovanými alifatickými nenasycenými uhlovodíky na bázi chlorovaných ethylenů, patřící mezi tzv. DNAPLs (dense non-aqueous phase liquid), které vzhledem ke své těkavosti přestupují do půdního vzduchu a ovzduší. Nejvíce byla znečištěna zemina odtěžená z prostoru tzv. odmašťovny, kde se po léta provádělo odmašťování pomocí chlorovaných rozpouštědel. Jako hlavní kontaminant zde byl určen toxický perchlorethylen (PCE).



Obr. 2 Ventingové těleso

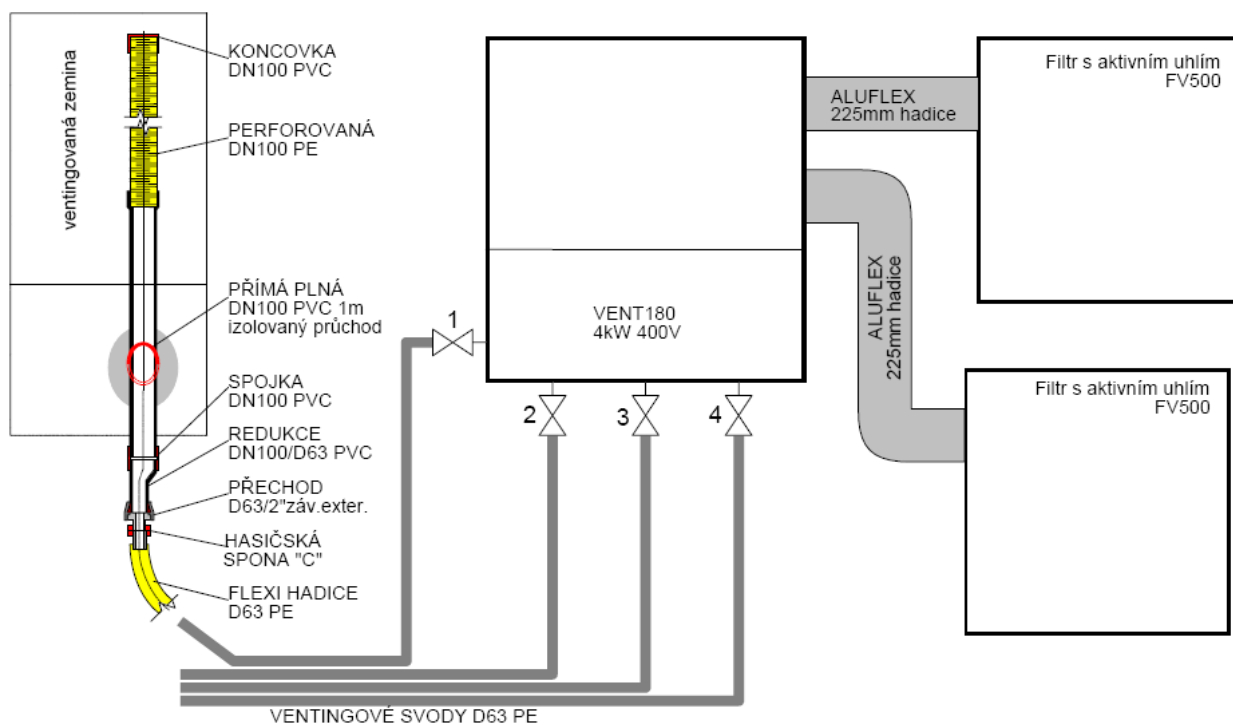
V období únor-červen 2003 bylo na území závodu odtěženo 750 t nejvíce znečištěné zeminy, která způsobovala primární kontaminaci podzemních vod. Použitou sanační technologií byl ex situ venting (viz obr. 2). Plocha na venting byla nejdříve zpevněna pomocí písku a panelů. Následně zde byla položena geotextilie a HDPE fólie, na kterou byla navážena pomocí strojního mechanismu UDS vytěžená půda do vrstvy 0,5 m. Na vrstvu zeminy byl do štěrkového lože položen ventovací systém skládající se z 10 větví drenážních trubek PE/PVC D100. Následně byl systém zakryt další 0,5 m vrstvou zeminy a celé těleso bylo překryto pomocí HDPE fólie, která byla přitavena k podkladové vrstvě.

Vývody ventingových větví z uzavřeného tělesa přes izolační folii byly řádně utěsněny a jejich záhlaví upraveno pro připojení svodů k sanační jednotce (flexi D63 PE potrubí). Odsávání půdního vzduchu z jednotlivých větví bylo prováděno pomocí sanační jednotky VENT 180 (příkon 4 kW) tak, že najednou byly odsávány vždy 4 větve. Odsátá vzdušnina byla odváděna na dva filtry FV-500, kde docházelo k záchytu odsátých chlorovaných uhlovodíků na náplni s granulovaným aktivním uhlím (GAC) (viz obr. 3).

Po skončení ventingu bylo těleso otevřeno a vyčištěná půda a 4,3 t obalů tělesa byly odvezeny na 15 km vzdálenou skládku. Znečištěné filtry byly předány odborné firmě a regenerovány k opětovnému použití nízkotlakou parou. Dle původního plánu sanace měla být vyčištěná půda použita k terénním pracím v areálu podniku přímo na svém původním místě. Bohužel k tomuto záměru nedošlo z důvodu rychlých stavebních úprav, kdy se vysanovaná půda již nestihla použít.

(10x) VENTINGOVÁ VĚTEV

VENTINGOVÁ JEDNOTKA VENT180



Obr. 3 Schéma technologie ex situ venting

Metodika

V této práci byla k hodnocení sanace použita metodika LCA dle standardní procedury obsažené v normách ISO 14040 [3] a ISO 14044 [4]. Oproti standardnímu postupu byly provedeny určité odchylky týkající se především procedurální části, nemající vliv na výsledné hodnoty.

Postup studie LCA sestává ze čtyř částí:

1) Definice cílů a rozsahu

Pro sestavení studie LCA byly použity následující předpoklady:

- funkce: odstranění kontaminantů ze zeminy na úroveň sanačních limitů,
- funkční jednotka: množství kontaminované zeminy na lokalitě MOTOCO,
- referenční tok: 750 t kontaminované zeminy.

2) Inventarizační analýza (LCI)

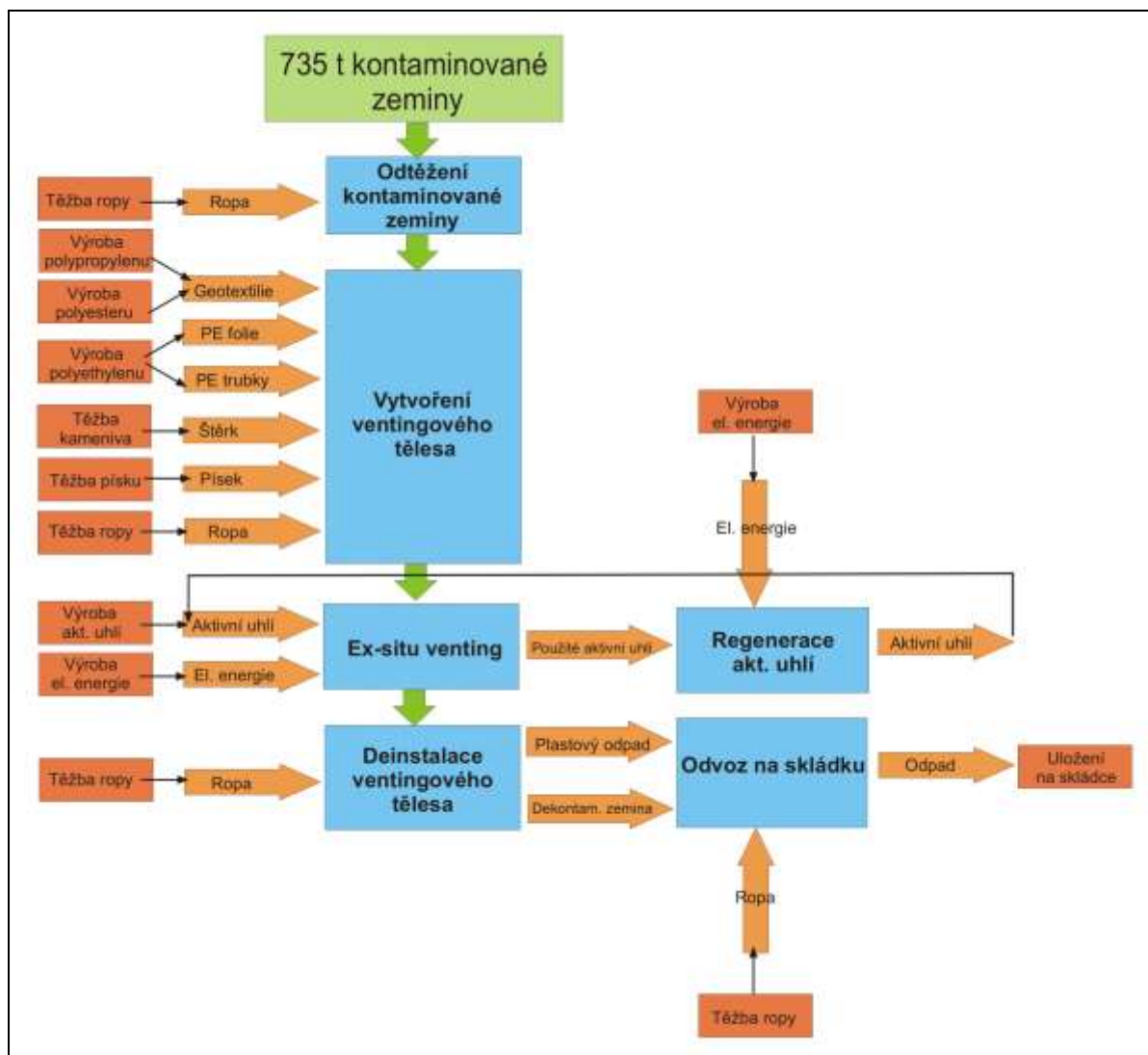
V rámci inventarizační analýzy (LCI) se vypočetly veškeré ekovektory zúčastněných procesů a bylo vytvořeno schéma mapující materiálové a energetické vstupy, procesy a následné výstupy emisí, odpadů a kontaminantů na lokalitě (viz obr. 4).

3) Hodnocení dopadů (LCIA)

Bylo provedeno za použití softwaru a databáze GaBi 4 (PE INTERNATIONAL, Německo) a charakterizačních modelů metodiky CML 2001. Pro porovnání dopadů byla provedena normalizace používající jako referenční výsledek indikátoru kategorie dopadu sumu hodnot Evropa 25+3. Do výsledků nebyla započítána kategorie dopadu mořská ekotoxicita.

4) Interpretace životního cyklu

Při hodnocení byly zjištěny environmentální dopady znečištěné lokality před zahájením sanačních prací a následně byly porovnány s dopady samotného provádění sanace. Jako další možný scénář byl uvažován stejný průběh sanace bez odvezení sanované zeminy na skládku a namísto toho s jejím použitím ke stavebním úpravám přímo v areálu podniku.



Obr. 4 Diagram znázorňující toky a procesy ex situ ventingu

Výsledky

V tab. 1 a 2 jsou uvedeny potencionální environmentální dopady znečištěné lokality ve stavu před sanací a ve stavu po provedení ex situ ventingu. Je patrné, že odstranění kontaminantu mělo účinnost zmírnění environmentálních dopadů až 99,8 %. (K určení stavu před sanací byly použity nejvyšší naměřené hodnoty PCE v zeminách, které dosahovaly až 1910 mg/kg půdy).

Tab. 1 Výsledky indikátorů kategorií dopadu metodiky LCIA CML2001 - Dec. 07 pro kontaminovanou lokalitu před a po sanaci

Kategorie dopadu	Stav před ventingem	Stav po ventingu
Ekotoxicita sladkovodní (FAETP inf.) [kg DCB-Equiv.]	3,129	0,006
Humánní toxicita (HTP inf.) [kg DCB-Equiv.]	9012	18
Ekotoxicita terestrická (TETP inf.) [kg DCB-Equiv.]	424	0,85

Tab. 2 Normalizované výsledky indikátorů kategorií dopadu metodiky LCIA CML2001 - Dec. 07. Normalizace byla provedena pro Evropu 25+3 pro kontaminovanou lokalitu před a po sanaci

Kategorie dopadu	Stav před ventingem	Stav po ventingu
Ekotoxicita sladkovodní (FAETP inf.)	6,11E-12	1,22E-14
Humánní toxicita (HTP inf.)	8,92E-10	1,79E-12
Ekotoxicita terestrická (TETP inf.)	3,66E-09	7,32E-12
Suma	4,55E-09	9,12E-12

Tab. 3 obsahuje hodnoty jednotlivých kategorií dopadů způsobených prováděním samotné sanační technologie. Součet příspěvků jednotlivých dopadů po normalizaci dosahuje hodnoty 1,05E-07, což je řádově vyšší než součet dopadů na ŽP kontaminované lokality před sanací 4,55E-09. Za předpokladu, že získaná data o sanaci lokality byla úplná, lze dojít k závěru, že environmentální dopady samotného sanačního procesu byly větší než dopady kontaminantu obsaženého v půdě před sanací. Došlo tedy k přenosu problému (environmentální zátěže) z jedné lokality na druhou a z jedné kategorie dopadu do druhé. Hlavní příčinou přenosu kontaminace byla velká energetická a palivová náročnost sanačního zásahu.

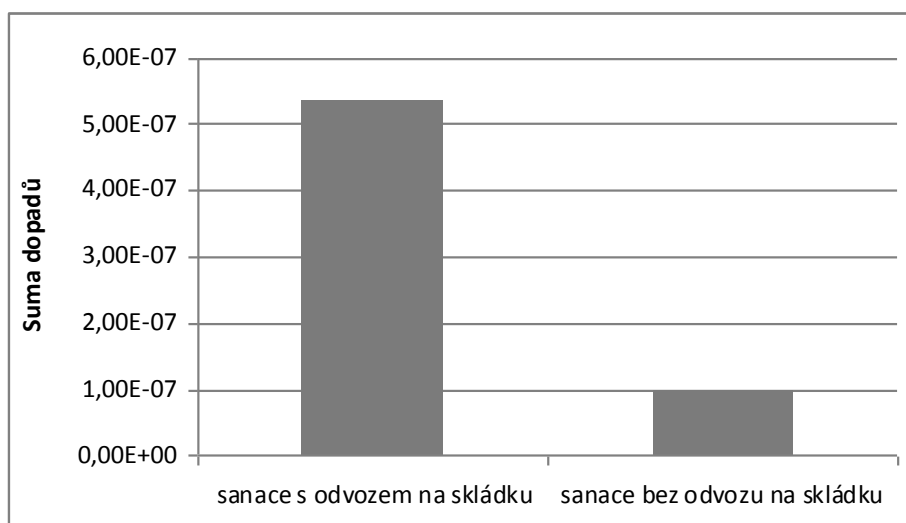
Tab. 3 Výsledky indikátorů kategorií dopadu a normalizované výsledky indikátorů kategorií dopadu metodiky LCIA CML2001 - Dec. 07 pro ex situ venting. Normalizace byla provedena pro Evropu 25+3 pro ex situ venting.

Kategorie dopadu	Výsledky indikátorů	Normalizované výsledky
Abiotické suroviny (ADP)	569 kg Sb-Equiv.	3,37E-08
Acidifikace (AP)	699kg SO ₂ -Equiv.	4,16E-08
Eutrofizace (EP)	26 kg Phosphate-Equiv.	1,39E-09
Ekotoxicita sladkovodní (FAETP inf.)	138 kg DCB-Equiv.	2,70E-10
Globální oteplování (GWP 100)	52415 kg CO ₂ - Equiv.	1,01E-08
Humánní toxicita (HTP inf.)	3532 kg DCB-Equiv.	3,50E-10
Úbytek stratosférického ozónu (ODP inf.)	0,004 kg CFC11- Equiv.	4,30E-07
Tvorba fotooxidantů (POCP)	43 kg Ethene-Equiv.	5,13E-10
Ekotoxicita terestrická (TETP inf.)	98 kg DCB-Equiv.	1,60E-08
Suma		1,05E-07

Druhý uvažovaný scénář obsahoval stejný průběh sanace, ale místo odvozu dekontaminované zeminy na 15 km vzdálenou skládku bylo do studie zahrnuto její použití ke stavebním úpravám přímo na lokalitě. Součet příspěvků jednotlivých dopadů po normalizaci dosahuje v tomto případě hodnoty 8,31E-10. Při provnání environmentálních dopadů dvou scénářů sanace (viz obr. 5) lze vidět, že při použití vyčištěné zeminy přímo na lokalitě došlo k jejich více než pětinasobnému snížení. Skutečnost, že doprava velkých objemů při ex situ sanacích je významným nepříznivým faktorem, byla již zjištěna v několika zahraničních studiích [1, 6, 7].

Tab. 4 Výsledky indikátorů kategorií dopadu a normalizované výsledky indikátorů kategorií dopadu metodiky LCIA CML2001 - Dec. 07 pro ex situ venting. Normalizace byla provedena pro Evropu 25+3 pro ex situ venting bez odvozu dekontaminované zeminy na skládku

Kategorie dopadu	Výsledky indikátorů	Normalizované výsledky
Abiotické suroviny (ADP)	550 kg Sb-Equiv.	3,26E-08
Acidifikace (AP)	666 kg SO ₂ -Equiv.	3,96E-08
Eutrofizace (EP)	20 kg Phosphate-Equiv.	1,07E-09
Ekotoxicita sladkovodní (FAETP inf.)	134 kg DCB-Equiv.	2,62E-10
Globální oteplování (GWP 100)	49169 kg CO ₂ - Equiv.	9,44E-09
Humánní toxicita (HTP inf.)	3324 kg DCB-Equiv.	3,29E-10
Úbytek stratosférického ozónu (ODP inf.)	0,004 kg CFC11- Equiv.	4,29E-07
Tvorba fotooxidantů (POCP)	39 kg Ethene-Equiv.	5,12E-10
Ekotoxicita terestrická (TETP inf.)	96 kg DCB-Equiv.	1,48E-08
Suma		8,31E-10



Obr. 5 Porovnání celkových environmentálních dopadů dvou scénářů sanace – a) odvoz a skládkování dekontaminované zeminy, b) použití zeminy přímo v místě původu

Závěr

V práci bylo zjištěno, že environmentální dopady původní kontaminované lokality byly menší než dopady realizovaného scénáře provedení sanačních prací včetně odvozu zeminy na 15 km vzdálenou skládku. Z tohoto výsledku vyplývá, že při dosahování příliš nízkých sanačních limitů, použití energeticky a palivově náročné technologie a nevhodně zvoleného sanačního scénáře může způsobená nadměrná zátěž životního prostředí převyšovat zátěž způsobenou původní situací. Problémy jako emise, odpady a znečištění jsou v takových případech pouze přenášeny z místa na místo.

Porovnáním skutečného průběhu sanace s imaginárním scénářem, ve kterém byla půda místo odvozu na skládku použita přímo v původním areálu, bylo zjištěno, že environmentální dopady druhé verze jsou pětkrát menší než uskutečněná sanace. Doprava při ex situ metodách sanací je obecně významným faktorem zatížení ŽP. Tímto srovnáním dvou verzí sanačních prací bylo demonstrováno možné použití LCA v sanační praxi.

Poděkování

Autoři děkují za poskytnutí dat společnosti VODNÍ ZDROJE, a.s. a Mgr. Ivo Černému a Mgr. Petru Hosnédrovi.

Použitá literatura

- [1] SUÉR, P., NILSSON-PALEDAL, S., NORRMAN, J., 2004: LCA for Site Remediation: A literature Review. *Soil&Sediment Contamination* 13, 415-425
- [2] VOLKWEIN, S., HURTIG, H.W., KLÖPFFER, W., 1999: Life cycle assessment of contaminated sites remediation. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 5, 263-274
- [3] ISO 14040 Environmental management-Life cycle assessment-Principles and framework. International standard ISO 14040, 2006
- [4] ISO 14044 Environmental management-Life cycle assessment-Requirements and guidelines. International standard ISO 14044, 2006
- [5] ISO 14044 Environmental management-Life cycle assessment-Requirements and guidelines. International standard ISO 14044, 2006
- [6] BLANC, A., MÉTIVIER-PIGNON, H., GOURDON, R., ROUSSEAUX, P., 2004: Life cycle assessment as a tool for controlling the development of technical activities: Application to the remediation of a site contaminated by sulphur. *Advances in Environmental Research* 8. 613-627
- [7] CADOTTE, M., DESCHENES, L., SAMSON, R., 2007: Selection of a Remediation Scenario for a Diesel-Contaminated Site Using LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 239-251