

Příloha č. 1

ING. ZDENĚK ČÍŽEK, CSc.

- soudní znalec v oboru chemie
- soudní znalec v oboru ochrana životního prostředí a nakládání s odpady

- 1 -

ZNALECKÝ POSUDEK č. 98 / 15

**ZPŮSOBY SANACE NÉSATUROVANÉ ZÓNY LOKALITY
LAGUNY OSTRAMO OSTRAVA
(STUDIE PROVEDITELNOSTI SANACE)**

Zpracoval: Ing. Zdeněk Čížek, CSc.

- soudní znalec v oboru chemie
- soudní znalec v oboru ochrana přírody a nakládání s odpady
- osoba pověřená MŽP k hodnocení nebezpečných vlastností odpadů

Žichlice 74, 330 11 Třemošná u Plzně

Zpracováno pro:

Ministerstvo financí ČR
Letenská 15
118 10 Praha 1

| | |
|----------------|----|
| Počet stran: | 52 |
| Počet výtisků: | 3 |
| Počet příloh: | 2 |

Výtisk č.:

Žichlice, 23. června 2015

Obsah posudku

| | |
|--|----|
| 1. Úvod | 3 |
| 2. Podstata řešené problematiky | 4 |
| 3. Identifikace aktuálního stavu předmětné části sanované lokality | 8 |
| 3.1. Geografické vymezení území | 8 |
| 3.2. Geologická stavba podloží lagun | 9 |
| 3.3. Charakteristika nesaturované zóny <i>LAGUNY OSTRAMO</i> | 9 |
| 4. Možné způsoby sanace nesaturované zóny | 20 |
| 5. Posouzení možných reálných variant řešení sanace | 29 |
| 5.1. Výběr hodnotících kritérií (parametrů hodnocení) | 29 |
| 5.2. Hodnocení variant sanace z pohledu environmentálních parametrů | 32 |
| 5.3. Hodnocení variant sanace z pohledu ekonomické náročnosti | 39 |
| 5.4. Hodnocení variant sanace z pohledu časové náročnosti | 43 |
| 5.5. Hodnocení variant sanace z pohledu technické a systémové náročnosti | 45 |
| 5.6. Hodnocení variant sanace z pohledu legislativních aspektů | 46 |
| 6. Souhrnné hodnocení vybraných sanačních variant | 47 |
| 7. Závěr | 50 |
| Použité informační zdroje | |
| Přílohy | |

1. ÚVOD

Následující znalecký posudek byl vypracován na základě požadavku Ministerstva financí ČR – viz Smlouva o dílo č. 06469-2015-4502-S-0193/97-01-001-X00719 ze dne 27.3. 2015. Účelem posudku bylo vypracování tzv. *Studie proveditelnosti sanace nesaturované zóny v prostoru LAGUNY OSTRAMO v Ostravě*, tzn. především identifikace možných variant provedení sanace nesaturované zóny lagun, dříve používaných pro ukládání odpadů ze zpracováníropy na různé ropné produkty, a zvážení a posouzení jejich ekonomických, environmentálních a dalších parametrů a efektů z pohledu jejich možné praktické realizace pro daný účel.

Zaměření, rozsah a charakter studie vycházely ze zadání ze strany MF ČR a respektovaly jak místinelly, pro sanaci dané lokality stanovené a během dosavadního průběhu sanačního zásahu modifikované příslušnými orgány (MŽP, ČIŽP, KÚ Severomoravského kraje), tak i omezení a vymezení vyplývající z aktuální environmentální legislativy ČR. Pro zpracování studie byly využity existující technické podklady a informace o dosavadním průběhu sanace lokality *LAGUNY OSTRAMO* a o současném stavu sanované lokality, poskytnuté zadavatelem studie, resp. získané autorem studie z dalších informačních zdrojů. Použity byly rovněž dostupné informace o sanačních metodách a postupech, užívaných pro řešení obdobné problematiky v ČR a v zahraničí, a další pro řešenou problematiku relevantní údaje a impulsy. Možné způsoby dokončení sanace byly objektivizovány cestou vážení a porovnání jejich parametrů (technických, ekonomických, environmentálních, časových, realizačních) a provedení jejich hodnotové analýzy.

Cílem a účelem studie proveditelnosti bylo vytvořit soubor kvalifikovaných a objektivních podkladů a informací v dané záležitosti, využitelných jako zdroj pro další rozhodování o způsobu dokončení sanace lokality *OSTRAMO*. Veškerá ve studii proveditelnosti uváděná stanoviska a názory mají proto výhradně informativní charakter a nečiní si žádný nárok na ovlivňování dalších kroků v dané záležitosti.

2. PODSTATA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Sanace lokality *LAGUNY OSTRAMO*, tj. lagun s odpady z procesu zpracování ropy a výroby různých ropných produktů v bývalém státním podniku *OSTRAMO*, nacházejících se v Ostravě v části Mariánské Hory, patří mezi největší (a již řadu let mediálně nejsledovanější) případy odstraňování starých ekologických zátěží v ČR. Rozhodnutí vlády ČR o sanaci dané lokality (s gescí dané problematiky ze strany s.p. *DIAMO*) padlo již v roce 1996. Od té doby až do současnosti byla ve věci odstraňování dotčené ekologické zátěže v lokalitě *LAGUNY OSTRAMO* i mimo lokalitu učiněna řada kroků technického charakteru, prezentováno bylo široké spektrum názorů, posudků a stanovisek a padlo značné množství nejrůznějších rozhodnutí na celostátní i regionální úrovni. Realitou ovšem je, že dokončení eliminace zmíněné ekologické zátěže doposud zůstává otevřenou záležitostí.

Vzhledem k tomu, že do současné doby provedené kroky a úkony v dané záležitosti byly již mnohokrát popsány a jsou předmětem bohaté technické dokumentace, množství písemných podkladů a řady znaleckých posudků a odborných vyjádření, není v této studii dosavadní vývoj sanace lokality *LAGUNY OSTRAMO* detailně popisován a analyzován, ale účelově jsou uváděny pouze jednotlivé relevantní momenty s odkazem na související dokumentaci.

Sanačnímu zásahu předcházel průzkum lokality a v roce 1999 vypracování analýzy rizik (zpracovatel – *AQ-test s.r.o.*). Návázal doprůzkum lokality (1999, realizátor – *Geologický průzkum a.s.*) a zpracování studie proveditelnosti sanace lokality (2001, zpracovatel – *CH2M HILL ČR s.r.o.*). Vítězem veřejné obchodní soutěže na dodavatele veřejné zakázky „Nápravná opatření – Laguny OSTRAMO“, vyhlášené s.p. *DIAMO* v roce 2003, se v srpnu 2004 stalo Sdružení ČISTÁ OSTRAVA, zahrnující společnosti *Geosan Group a.s.*, *Aquatest a.s.* a *OHL ŽS a.s.* Sanační projekt „Nápravná opatření Laguny OSTRAMO“, vypracovaný vybraným realizátorem sanace, byl po připomínkovém řízení schválen ze strany MŽP a FNM koncem roku 2005, čímž bylo věcné řešení dané ekologické zátěže otevřeno a

zahájeno. Supervizním dohledem nad průběhem a výsledky realizace nápravných opatření v lokalitě *OSTRAMO* byla pověřena společnost *GEOtest Brno a.s.*

Technická podstata a koncepce nápravných opatření v lokalitě *LAGUNY OSTRAMO*, prezentovaná schváleným sanačním projektem, zahrnovala především provedení následujících zásadních kroků a úkonů:

- a) odštězení tekutých a kašovitých frakcí z jednotlivých lagun, tzn. v lagunách uložených odpadů ze zpracováníropy (kyselých dehtů, goudronů, sledží), a jejich přepracování na tzv. alternativní palivo, využitelné pro vhodné účely (např. v cementářském průmyslu),
- b) odštězení kontaminovaných zemin a dalších obdobných materiálů z jednotlivých lagun po odstranění kapalných frakcí, tj. zemin ze dna, stěn a okolí lagun, případných návozů tuhých odpadů v lagunách a dalších tuhých odpadů, a jejich dekontaminace technologií tzv. *nepřímé termické desorpce (ITD)*,
- c) sanace saturované zóny uvnitř prostoru stávající těsnící stěny cestou promývání horninového prostředí (včetně řešení sahace podzemních vod v lokalitě),
- d) sanace znečištěného okolí lagun technologií promývání roztokem biotenzidu a biodegradace „in situ“,
- e) provedení dalších doplňujících prací, souvisejících s realizací sanace, kontrolou jejich dopadů na životní prostředí a s posačením stavem lokality.

Především první dva zmíněné kroky ad a) a ad b), to znamená odstranění kapalných frakcí a extrémně kontaminovaných tuhých frakcí (tedy eliminace zdroje kontaminace v lokalitě), při tom představují co do objemu, technické náročnosti a finančních nákladů dominantní fáze celé akce.

Po otevření prostoru pro rozběh sanačního procesu postupně proběhla řada souvisejících legislativních a organizačních úkonů, tj. posouzení vlivů stavby na životní prostředí (r. 2007, zpracovatelé – *SCES-Group s.r.o.* a *Ekosystém s.r.o.*),

vydání integrovaného povolení pro provoz technologických zařízení (r. 2009; *KÚ Moravskoslezského kraje*), zpracování studie EIA, vypracování řady metodických změn k sanačnímu projektu, atd.

V případě technické realizace zásadních sanačních kroků byla v období let 2007 až 2009 uskutečněna hlavní část fáze *ad a)*, tedy odtěžení tekutých frakcí z lagun R0, R1 a R2 v lokalitě *LAGUNY OSTRAMO* (ca. 200 tis. tun) a jejich přepracování na palivo (palivo *GEOBAL*, připravované v první fázi reakčním smíšením kyselých kapalných frakcí s vápnem a uhlím prachem, později již bez přídavku uhlenného prachu). Výsledné palivo bylo z lokality postupně přepraveno do míst jeho plánovaného využití (Polsko, Ústecký kraj). Odtěžení a přepracování kapalného obsahu laguny R3 resp. částečně i R2 (ca. 90 tis. tun dehtů, tedy ve vztahu k původní bilanci množství dehtů v sanované lokalitě „*nadbilanční*“ kvantum dehtů) je samostatnou kapitolou sanačního zásahu a předmětem současně probíhajícího řízení pro výběr jejího realizátora.

Fáze *ad a)* řešení ekologické zátěže není předmětem zpracovávané studie, a nebude proto jakkoliv analyzována a komentována. Za zmínku snad stojí pouze jistá zvláštnost, že vyrobené palivo mělo v místě svého vzniku statut výrobku (dle rozhodnutí *KÚ Moravskoslezského kraje*), ale v místě svého přechodného uložení a plánovaného využití v rámci ČR dostalo statut nebezpečného odpadu (dle rozhodnutí *KÚ Ústeckého kraje*).

V rámci realizace fáze *ad b)* sanačního zásahu, tj. odtěžení a dekontaminace kontaminovaných zemin a různých tuhých odpadů z prostoru lagun R0, R1 a R2 po odstranění tekutých frakcí, byla od zahájení sanace provedena řada projektovaných prací, jejichž výsledkem bylo a bohužel, doposud je již několik let trvající zablokování dalšího postupu sanace. Přičinou tohoto stavu je skutečnost, že technologické zařízení, postavené ve smyslu projektu v lokalitě *OSTRAMO* společností *PROKOP INVEST a.s.*, tzn. dvě jednotky pracující na principu nízkotlaké tepelné desorpce, určené pro dekontaminaci znečištěných tuhých frakcí v lagunách, byly v roce 2010 při provádění jejich ověřovacích zkoušek zhotovitelem zařízení odstaveny s tím, že jejich provoz není bezpečný. Jako argument byly zhotovitelem

technologického zařízení prezentovány tzv. „nové skutečnosti“, údajně neznámé při projektování a výrobě dekontaminačních jednotek. Uváděn byl především údajný vývoj vodíku a dalších plynů během dekontaminačního procesu, tedy plynů, které mohou tvořit třaskavou směs a ohrozit tak bezpečnost provozu technologického zařízení. Na vzniklý stav navázala mnohá jednání ve věci, vypracováno bylo několik znaleckých posudků a otázka vývoje vodíku resp. dalších problematických plynů byla ověřována řadou laboratorních a čtvrtprovozních experimentů na několika odborných pracovištích (VŠCHT Praha, DEKONTA a.s., aj.) – viz výsledky experimentálních prací, realizovaných v roce 2013 v rámci dílčího projektu *Metodická změna č. 22.* Veškerá jednání na dané téma, jejichž výsledkem mělo být provedení vhodných úprav a technických doplňků postavené dekontaminační technologie, ovšem doposud nevedla k žádnému realizačnímu cíli.

Analýza této problematiky rovněž není předmětem zpracovávané studie, a nebude proto zdě dále jakkoliv rozvíjena. Dle soukromého názoru autora studie ovšem podstata celého problému (vývoj velkého množství plynné fáze z kontaminovaného materiálu během jeho tepelné expozice) spočívá především v samotné nevhodné koncepci navržené a zhotovené dekontaminační technologie, kdy - dle projektu - měl být v podtlaku do termoreaktoru, vyhřátého na vysokou pracovní teplotu (ca. 340 °C), vkládán materiál určený k dekontaminaci přímo ve svém nativním stavu, tedy materiál s extrémně vysokým podílem vody a s významnými obsahy různých těkavých plynných složek (zejména metanu, sulfanu, oxida uhelnatého, oxidu siřičitého, aj.), tj. vesměs plynných produktů dlouholetých chemických a biochemických procesů probíhajících v lagunách. Výsledkem teplotního šoku vsázky do reaktoru pak je uvolnění obrovského množství plynů a par z materiálu a vyloučit nelze ani vznik a přítomnost dalších problematických plynných sloučenin – reakčních produktů tepelných procesů v termoreaktoru.

Sanační kroky **ad c)** ani **ad d)** zatím provedeny nebyly – s výjimkou vybudování sanačního drénu za hraničí lagun a čerpání vod z objektu lagun. Tento úkon ovšem zřejmě spíše zkomplikoval situaci v lokalitě (mobilizace solné kontaminace mimo laguny, stahování organické kontaminace z okolí lokality *OSTRAMO*, atd.).

3. IDENTIFIKACE AKTUÁLNÍHO STAVU PŘEDMĚTNÉ ČÁSTI SANOVANÉ LOKALITY

Účelem následující části studie je identifikace současného stavu předmětné části sanované lokality *OSTRAMO*, tj. kvantitativní a kvalitativní popis nesaturované zóny lagun R0, R1, R2 a R3. S ohledem na fakt, že detailní obecná speciace dané lokality (lokalizace, historie vzniku, územní, geologické a hydrogeologické podmínky, atd.) byla předmětem řady předchozích dokumentů, nejsou údaje tohoto charakteru v rámci studie znovu detailně rozváděny. Z podkladových materiálů vybírány a uváděny byly pouze ty skutečnosti, které jsou relevantní pro zpracování studie proveditelnosti posuzovaného sanačního zásahu. (Základní informace o umístění a geologii posuzované lokality jsou uvedeny v *Příloze č. 1* ke studii.)

3.1. Geografické vymezení území

Lokalita *LAGUNY OSTRAMO* se nachází v průmyslové zóně města na severním okraji Ostravy v městském obvodu Mariánské Hory a Hulváky. Laguny leží při soutoku řek Odry a Ostravice v pravobřežní okrajové části údolní nivy řeky Odry. V širším okolí lokality *OSTRAMO* je při tom dislokována celá řada podniků těžkého i lehkého průmyslu, umístěna je sem čistírna odpadních vod a v prostoru údolní nivy se vyskytuje i několik skládek odpadů. Ze severozápadní strany přiléhá k lagunám rozsáhlý areál kolejisti ČD, pozemek firmy *Trojek 739/321* a jeho vlečka + vlečka při Škubalové. Západně od kolejisti protéká povrchový tok - Černý příkop a za jeho korytem se zvedají svahy Haldy (pozůstatek důlní těžby). Na jihozápadě sousedí laguny s pozemky patřícími *OKK Koksovny, a.s.*, které jsou dlouhodobě pronajímány (v současné době je zde v provozu betonárka společnosti *FRISCHBETON s.r.o.*). Na severovýchodě na lokalitu *OSTRAMO* navazuje areál firmy *Trojek, s.r.o.* (dříve *ZACHEMO*) a prostory bývalé rafinérie minerálních olejů *OSTRAMO – Vlček a spol. s.r.o.*, jejímž potřebám původně areál lagun *OSTRAMO* sloužil. Podél jihovýchodní hranice se nachází skládka stavební sutí *MIU* v majetku *Statutárního města Ostrava* a dále čtyřproudová komunikace Mariánskohorská. Nejbližší vzdálenost obytné zástavby od lagun je kolem 500 m. Plocha, kterou zaujmají laguny, činí cca 8,7 ha.

3.2. Geologická stavba podloží lagun

Geologickou stavbu podloží lagun *OSTRAMO* tvoří následující vrstevní sled: antropogenní navážky, povodňové hlíny, štěrky a miocenní jíly. Mocnost *navážek* antropogenního původu se pohybuje kolem několika metrů (dokumentována je mocnost od 0,1 do 5,3 metru, průměrně ca. 3,3 m). Nejvyšší mocnosti dosahují navážky v severovýchodním a jihozápadním okolí lagun, kde je terén dorovnán až na úroveň korun jejich hrází. Materiálové složení navážek je variabilní, z velké části jde o haldovinu. Vrstva navážkových zemin se většinou skládá z písku, prachu a jílu. Povodňové *hlíny* v údolní terase řeky Odry dosahují mocnosti až 3,0 m, průměrně kolem 1,8 m. Typický je jejich neostřý přechod do podloží. Přičíté až jílovité *štěrky* v údolní terase Odry se vyznačují proměnlivým poměrem štěrku a ostatních složek. Štěrkové valouny zde dosahují rozměrů do 80 mm, řidčeji až 120 mm. Mocnost štěrků je nejčastěji ca. 4 až 8 m, průměrně v širším okolí 6,6 m.

Ve vzdálenosti cca. 2,7 km jihozápadně od areálu lagun je situován zdroj podzemních vod Nová Ves, využívaný pro hromadné zásobování obyvatel. Jímací území má vyhlášena ochranná pásma, nejbližší vzdálenost vnějšího ochranného pásma 2. stupně od areálu lagun činí 1,5 km a nezasahuje do zájmového území.

3.3. Charakteristika nesaturované zóny lokality *LAGUNY OSTRAMO*

Jak již bylo konstatováno, nesaturovanou zónu lokality *LAGUNY OSTRAMO* představují zeminy ze dna, stěn a z bezprostředního okolí lagun spolu s dalšími tuhými navážkami (stavební odpady, vyvápněné frakce po procesu zpracovávání dehtů na palivo, apod.) a s relikty po odtěžení organických kapalných frakcí (malé objemové frakce původních kyselých sledží, apod.). V případě lagun R0, R1 a R2 (viz schématický náčrt dispozice jednotlivých lagun v *Příloze č. 1*) je při tom k dispozici poměrně kvalifikovaný popis charakteru kontaminovaného materiálu a stupně jeho kontaminace. S ohledem na předpokládaný stav a charakter nesaturované zóny v oblasti laguny R3 po odtěžení kapalné fáze z laguny pak lze

s vysokou jistotou zmíněné údaje o stavu lokality extrapolovat i na tuto její část. Naproti tomu uváděné kvantitativní informace o množství kontaminovaných materiálů v lokalitě se výrazným způsobem liší. Současný rozptyl množstevních údajů o celkové tonáži kontaminovaných materiálů (vycházející z realizačního projektu sanace a navazujících upřesnění) se pohybuje v širokém rozmezí – podle různých zdrojů v intervalu od ca. 320.000 až do 480.000 tun (mj. z toho důvodu bylo nutné pro srovnání a posouzení jednotlivých možných variant sanace lokality přjmout pracovní uzanci o celkovém množství kontaminovaného materiálu v nesaturované zóně – viz dále použitá pracovní tonáž 400.000 tun). Největší podíl znečištěných materiálů se nachází v oblasti nejstarších lagun R0 a R1 (ca. 70 %), relativně malý podíl kontaminovaných materiálů připadá na lagunu R2 a přibližně jednu čtvrtinu celkového objemu kontaminované tuhé materiálové frakce lze očekávat v oblasti laguny R3 po jejím vyprázdnění.

Kvalitativní informace o materiálové podstatě nesaturované zóny lokality *OSTRAMO* a o charakteru a stupni její kontaminace vyplynuly z detailního popisu lokality v podkladové dokumentaci (mj. podpořeného i opakovánou prohlídkou lokality autorem studie v letech 2009, 2012 a 2014) a především z výsledků laboratorních rozborů rozsáhlého počtu vzorků, doposud v lokalitě v rámci průzkumných prací odebraných a postupně analyzovaných na různých laboratorních pracovištích (především *Zdravotní ústav Ostrava* a *LABTECH s.r.o. Brno*).

Objektivní a pro zpracování studie relevantní údaje o stavu lagun R0, R1 a R2 vyplývají, resp. lze vyvodit zejména z výsledků průzkumu těchto lagun, prováděného v rámci tzv. *Metodické změny č. 22* v roce 2013 pracovníky společnosti *AQUATEST a.s.*, *Geosan Group a.s.* a *CZ BIJO a.s.* Během zmíněného průzkumu byl proveden popis aktuálního stavu jednotlivých lagun po odtěžení kapalné fáze z lagun (v dalším textu je pro jednoduchost jednotně používán termín „*kyselé sledže*“) a poměrně detailní popis materiálového charakteru a stupně kontaminace tuhé fáze v lagunách: Laguny R0, R1 a R2 byly rozděleny geometrickou sítí o velikosti čtverců 20 x 20 metrů, v rozích a středu každého prvku sítě byly dle možností provedeny průzkumné vrty materiélem až do podloží a z hloubky po jednom metru byly odebírány průměrné

vzorky kontaminovaného materiálu. Realizováno tak bylo několik desítek vrtů a odebráno celkem několik set vzorků z nesaturované zóny. Odebrané vzorky byly materiálově popsány a poté byly všechny v laboratořích *Zdravotního ústavu Ostrava* podrobeny chemickým rozborům, orientovaným na stanovení obsahu nepolárních extrahovatelných látek (NEL), uhlovodíků $C_{10/40}$, monocyklických aromatických uhlovodíků (BTEX) a hodnot pH vodného výluhu. Účelově redukovaný počet vzorků byl následně analyzován v rozsahu dalších parametrů, identifikujících charakter a stupeň kontaminace materiálu (polycyklické aromatické uhlovodíky - PAU, těžké a toxické kovy, polychlorované bifenyly - PCB, extrahovatelné organicky vázané halogeny - EOX, kyanidy, volná kyselina sírová, vyluhovatelnost) a případný obsah uvolnitelných plynných složek v materiálu (metan, sulfan, oxid siřičitý, chlorované alifatické uhlovodíky, vodík, celkový těkavý organicky vázaný uhlík - TOC). Omezený počet vzorků (celkem 8 tzv. typových vzorků charakterizujících vizuálně typové frakce kontaminovaných materiálů) pak byl analyzován v dalších laboratořích (*LABTECH s.r.o. Brno*) v souvislosti s ověřováním efektivnosti použití technologie nepřímé tepelné desorpce pro dekontaminaci materiálů. Z výsledků provedených průzkumných prací vyplývá následující souhrn informací o charakteru a stupni znečištění nesaturované zóny jednotlivých lagun v lokalitě *OSTRAMO*.

Laguna R0

Materiálová skladba:

Tuhý obsah v oblasti laguny R0 tvoří převážně kontaminované zeminy různého charakteru (jíly, písky, štěrky, hlíny) s místy významným a velmi variabilním (v jednotlivých částech laguny specifickým) podílem tuhých odpadů; tj. betonu, stavební suti, popílků, hlinek, tuhých organických frakcí z rafinace, apod.

Charakter a stupeň kontaminace:

Hlavním kontaminantem jsou látky typu NEL (nepolární extrahovatelné látky), přítomné ve velmi širokém koncentračním intervalu od stovek miligramů v kilogramu až po ca. 300.000 mg/kg. Protože podíl uhlovodíků $C_{10/40}$ na celkovém množství NEL se pohybuje na hladině asi 50 %, lze půdstatnou část přítomných NEL charakterizovat jako těžké uhlovodíky víceméně tuhého charakteru s vysokým

bodem tání (parafiny, asfalty, produkty chemických a biochemických procesů blížící se rozkladným produktům až na bázi elementárního uhlíku). To je také hlavní příčinou nízké využitelnosti NEL vodou u naprosté většiny i extrémně znečištěných frakcí, jež se pohybuje kolem hodnoty jednoho miligramu NEL v litru. Obsahy dalších organických kontaminantů jsou naproti tomu – až na několik lokálně zvýšených hodnot – vesměs na velmi nízké koncentrační hladině. Koncentrace BTEX, PAU a EOX dosahují hodnot jednotek až desítek miligramů v kilogramu, přítomnost látek typu PCB nebyla prokázána. Na velmi nízké úrovni jsou rovněž obsahy anorganických kontaminantů: identifikované koncentrace těžkých a toxických kovů (As, Cd, Cr, Cu, Ni, V, Pb, Zn) dosahují hodnot jednotek a desítek miligramů v kilogramu a leží tak vesměs na úrovni obvyklých obsahů těchto prvků v zeminách a betonech. Hodnoty pH vodného výluku ve všech vzorcích se pohybují na úrovni 7,5 – 10,5 (neutrální resp. mírně alkalické v oblastech zvýšené přítomnosti betonového odpadu), volná kyselina sírová nebyla prokázána v žádném vzorku z laguny.

Laguna R1

Materiálová skladba:

Tuhý obsah laguny tvoří převážně kontaminované zeminy (jíly, píska, štěrky), významným pak je podíl tzv. nadsítných frakcí z předchozího procesu vápnění kyselých sledží a podíl dalších zavápněných frakcí z období, kdy laguna R1 byla využívána jako přechodná deponie zavápněných sledží při výrobě paliva GEOBAL. Lokálně se v prostoru laguny R1 vyskytují rovněž zbytky původních kyselých sledží.

Charakter a stupeň kontaminace:

Dominantním kontaminantem této části nesaturované zóny jsou opět látky typu NEL, jejichž koncentrace se pohybuje na hladině od desítek tisíc až do ca. 300.000 miligramů v kilogramu. Protože podíl uhlovodíků C_{10/40} na celkovém obsahu NEL se pohybuje opět na hranici 50 – 60 %, lze látkám NEL přisuzovat obdobný charakter jako látkám NEL v oblasti laguny R0, tj. vysoký podíl těžkých NEL tuhého charakteru. Využitelnost nepolárních látek vodou je opět velmi nízká, pohybuje se na úrovni kolem jednoho miligramu NEL v litru. Bezvýznamné jsou koncentrace dalších

organických kontaminantů: obsahy BTEX, PAU a EOX dosahují hodnot jednotek až desítek miligramů v kilogramu, přítomnost látek typu PCB prokázána nebyla. Obsahy sledovaných anorganických kontaminantů (těžké a toxické kovy) leží – obdobně jako v prostoru laguny R0 – opět na víceméně pozadových hladinách, vyloučena byla přítomnost kyanidů. Hodnota pH vodného výluhu se ve většině odebraných vzorků pohybuje kolem neutrální oblasti ($\text{pH} \sim 7,5$). Lokálně identifikovány byly ovšem i kyselé frakce (vyznačující se hodnotami $\text{pH} 2,4$ až $3,7$), včetně přítomnosti volné kyseliny sírové na koncentrační úrovni až 10.000 mg/kg .

Laguna R2

Materiálová skladba:

Laguna R2 obsahuje nejmenší množství kontaminovaného materiálu. Jedná se především o zeminy a lokální zbytky původních sledží (částečně stabilizovaných).

Charakter a stupeň kontaminace:

Rozhodující kontaminaci této části nesaturované zóny opět představují látky typu NEL v koncentracích ca. 50.000 až 250.000 mg/kg. Podíl uhlíkovodíků $C_{10/40}$ při tom tvoří ca. 60 % nepolárních extrahovatelných látek, tedy mírně vyšší podíl než ve starších lagunách. Velmi nízké jsou naproti tomu obsahy dalších organických kontaminantů: obsahy BTEX, PAU a EOX dosahují hodnot jednotek až desítek miligramů v kilogramu, prokázána nebyla přítomnost látek typu PCB. Obsahy sledovaných anorganických kontaminantů (těžké a toxické kovy) leží – obdobně jako v prostoru lagun R0 a R1 – na pozadových hladinách, vyloučena byla přítomnost kyanidů. Hodnoty pH výluhu z odebraných vzorků dosahují převážně slabě kyselých až neutrálních hodnot ($\text{pH } 3,8$ – $5,2$).

Laguna R3

V případě laguny R3 lze – s ohledem na původ laguny a dosavadní způsob jejího využití – po odstranění a zpracování kapalného obsahu laguny očekávat zcela obdobnou materiálovou skladbu i charakter a stupeň kontaminace tuhé fáze, jako vykazuje laguna R2, tzn. především zeminu znečištěnou extrémními koncentracemi

látek typu NEL, doprovázenými víceméně bezvýznamnými obsahy dalších organických kontaminantů a těžkých a toxických kovů. Bližší kvalitativní specifikaci této části nesaturované zóny v lokalitě *LAGUNY OSTRAMO* ovšem bude možné provést až cestou jejího dodatečného průzkumu.

Postranní a dělící hráze lagun

Látkovou podstatu hrází tvoří kontaminované zeminy s případným malým podílem tuhých odpadů. Podstatou kontaminace jsou zbytky kyselých sledží především na bázi látek typu NEL, bezvýznamné jsou obsahy dalších organických a anorganických kontaminantů.

Kromě shora uvedených skutečností vyplňula z výsledků průzkumu nesaturované zóny lokality; tj. tuhé fáze v lagunách R0, R1 a R2, některá další významná fakta, relevantní pro zpracovávanou studii. Jde především o výstupy z provedených komplexních analýz tzv. typových vzorků (vzorky M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 a M8, odebrané z vizuálně typických a vzájemně se lišících míst v lagunách R0, R1 a R2) – viz následující tabulka 2 (identifikace typových vzorků) a tabulky 3a a 3b (výsledky analýz typových vzorků). Jde především o následující poznatky:

- Z výsledků stanovení tzv. celkového organického uhlíku (TOC) v jednotlivých typových vzorcích (tedy parametru, který nejlépe charakterizuje celkové organické znečištění tuhých frakcí v lagunách) lze vyvodit, že látky typu NEL v řadě vzorků ani zdaleka nereprezentují podstatu jejich organického znečištění (viz především vzorky M3, M4, M6 a M7 – vzorky s malým podílem uhlovodíků C_{10/40}). Z toho plyne fakt, že kromě látek typu NEL tvoří podstatu organického znečištění i organické látky polárního charakteru a ve značné míře rovněž produkty chemické a biochemické degradace ropných zbytků z rafinačního procesu, v současnosti přítomné v již neextrahovatelném (elementárním formám uhlíku se blížícím) a vodou nevyluhovatelném stavu. Minimální příspěvek k celkovému organickému znečištění naopak představují sulfonáty z rafinačních technologií.

- Podstatu anorganického znečištění tuhých fází v lagunách představují především sírany, pocházející z kyselých rařinačních procesů. Velmi omezený až bezvýznamný je naproti tomu výskyt volné kyseliny sírové. Zvýšený obsah uhličitanů v některých vzorcích pak jednoznačně identifikuje přítomnost uhličitanu vápenatého, tj. přítomnost karbonátových frakcí z procesu vápnění sledží po reakci vápenatých sloučenin se vzdušným oxidem uhličitým na karbonáty.

Tabulka 2 - Seznam typových frakcí kontaminovaných zemin z prostoru lagun

| Frakce | Místo odběru | Charakteristika |
|---------------|---|--|
| M1 | R0, vrt F3, hloubka 1 – 2 metry | písek s malou příměsí drobného kameniva, bez přítomnosti volné organické fáze, bez významných pachových projevů |
| M2 | R0, sonda DE6/7, hloubka 4 – 6 m | mokrá mazlavá černá zemina, výrazný pach po ropných látkách |
| M3 | R1, vrt G11, hloubka 4 – 5 m | zemina s příměsí cihel a kalů, výrazný pach po ropných látkách |
| M4 | tuhé zbytky v laguně R1 po odtěžení kalů | směs zeminy, cihel, betonu a kamení, identifikována významná přítomnost produků zřejmě degradace ropných látek, bez výrazných pachových projevů |
| M5 | R0, vrt C6, hloubka 2 – 3 metry | mokrá zemina bez výrazných projevů kontaminace |
| M6 | R1, vrt E11, hloubka 3,5 – 4,5 m | vlhká zemina s mírně kyselou reakcí, výrazný pach po ropných látkách |
| M7 | R2, vrt JK-17/18, hloubka 2 – 3 m | vlhká zemina s mírně kyselou reakcí, výrazný pach pop ropných látkách |
| M8 | R2, vrt HI-14/15, hloubka 0 – 1 m | silně kyselá zemina, malé projevy kontaminace ropnými látkami |

Tabulka 3a - Výsledky analýz vzorků typových frakcí M1, M2, M3, M4

| Parametr | Jednotka | M1 | M2 | M3 | M4 |
|---------------------|-----------------------------------|--------|-----------------|----------------|----------------|
| sušina | % hm. | 88,2 | 79,6 | 77,6 | 74,9 |
| ztráta žlh. (850°C) | % hm. sš. | 3,1 | 32,1 | 20,2 | 44,5 |
| As | mg/kg sš. | 2,5 | 6,6 | 10,8 | 5,4 |
| Cd | mg/kg sš. | 0,12 | 0,19 | 0,74 | 1,53 |
| Cr | mg/kg sš. | 47 | 21 | 29 | 20 |
| Cu | mg/kg sš. | 23 | 74 | 81 | 159 |
| Ni | mg/kg sš. | 4,1 | 20 | 35 | 23 |
| Pb | mg/kg sš. | 3,0 | 39 | 422 | 280 |
| Zn | mg/kg sš. | 40 | 133 | 337 | 722 |
| Hg | mg/kg sš. | 0,03 | 0,16 | 0,37 | 0,77 |
| EOX | mg/kg sš. | 0,5 | 26 | 21 | 96 |
| Σ CIU | mg/kg sš. | 0,6 | 4,6 | 4,1 | 12 |
| Σ BTEX | mg/kg sš. | < 0,1 | 1,7 | 10,4 | 1,1 |
| Σ PCB | mg/kg sš. | < 0,01 | 0,08 | 0,05 | 0,03 |
| Σ PAU | mg/kg sš. | 1,4 | 0,77 | 3,4 | 3,6 |
| NEL | mg/kg sš. | 269 | 142.000 | 88.300 | 120.000 |
| C _{10/40} | mg/kg sš. (% NEL) (ca. 100) | 271 | 126.000 (89) | 29.200 (33) | 58.700 (49) |
| C _{10/23} | mg/kg sš. | 45 | 10.400 | 6.130 | 11.300 |
| TOC | % hm. sš. | 1,2 | 4,5 | 22,7 | 18,4 |
| PAL-A | mg/kg sš. | 4,4 | 92 | 124 | 198 |
| pH výluhu | | 11,0 | 8,1 | 7,3 | 9,9 |
| sírany | mg/kg sš. | 13.500 | 9.370 | 42.600 | 93.800 |
| dusičnany | mg/kg sš. | 3,0 | 0,9 | 3,3 | < 0,2 |
| uhličitany | mg/kg sš. | 54.600 | 6.000 | 24.600 | 49.700 |
| amonné lonty | mg/kg sš. | 0,1 | 0,2 | 32 | 1,2 |
| volná kys. sírová | | ne | ne | ne | Ne |

Vysvětlivky k tabulce:C_{10/40} suma uhlovodíků C₁₀ – C₄₀C_{10/23} suma uhlovodíků C₁₀ – C₂₃

TOC celkový organický uhlík

PAL-A povrchově aktívní látky (identifikuje hladinu obsahu sulfonátů

% NEL hodnota uvádí podél uhlovodíků C_{10/40} na celkovém obsahu NEL

Sílne vytisklé hodnoty v tabulce identifikují významné hodnoty kontaminace vzorků.

Tabulka 3b - Výsledky analýz vzorků typových frakcí M5, M6, M7, M8

| Parametr | Jednotka | M5 | M6 | M7 | M8 |
|---------------------|------------------------------|--------|-----------------|-----------------|----------------|
| sušina | % hm. | 68,9 | 79,3 | 85,0 | 73,3 |
| ztráta žlh. (850°C) | % hm. ss. | 42,5 | 30,6 | 39,4 | 9,4 |
| As | mg/kg ss. | 6,8 | 11,1 | 9,1 | 8,2 |
| Cd | mg/kg ss. | 0,46 | 0,47 | 2,40 | 0,23 |
| Cr | mg/kg ss. | 26 | 19 | 16 | 4,9 |
| Cu | mg/kg ss. | 60 | 83 | 154 | 8,1 |
| Ni | mg/kg ss. | 49 | 20 | 15 | 4,4 |
| Pb | mg/kg ss. | 82 | 170 | 403 | 39 |
| Zn | mg/kg ss. | 348 | 266 | 744 | 64 |
| Hg | mg/kg ss. | 0,37 | 0,16 | 0,27 | 0,11 |
| EOX | mg/kg ss. | 1,5 | 7,4 | 77 | 16 |
| Σ CIU | mg/kg ss. | 1 | 5 | 22 | 1 |
| Σ BTEX | mg/kg ss. | 2 | 8 | 23 | 5 |
| Σ PCB | mg/kg ss. | 0,05 | 0,60 | 0,63 | 0,04 |
| Σ PAU | mg/kg ss. | 27,1 | 67,9 | 70,3 | 9,1 |
| NEL | mg/kg ss. | 34.100 | 220.000 | 284.000 | 41.800 |
| C _{10/40} | mg/kg ss. (% NEL) (80) | 27.300 | 122.000 (55) | 110.000 (39) | 33.800 (81) |
| C _{10/23} | mg/kg ss | 6.520 | 14.400 | 12.700 | 9.300 |
| TOC | % hm. ss. | 1,6 | 25,6 | 29,1 | 2,1 |
| PAL-A | mg/kg ss. | 85 | 185 | 151 | 38 |
| pH výluhu | | 5,9 | 3,0 | 3,4 | < 1 |
| sírány | mg/kg ss. | 21.400 | 140.000 | 72.300 | 33.100 |
| dusičnany | mg/kg ss. | 2 | 2 | 7 | 23 |
| uhličitaný | mg/kg ss. | 8.600 | 1.900 | < 100 | < 100 |
| amonné ionty | mg/kg ss. | 3 | 85 | 215 | 24 |
| volná kys. sírová | | ne | ano | ano | Ano |

Vysvětlivky k tabulce:C_{10/40} suma uhlovodíků C₁₀ – C₄₀C_{10/23} suma uhlovodíků C₁₀ – C₂₃

TOC celkový organický uhlík

PAL-A povrchově aktívny látky (identifikuje hladinu obsahu sulfonátů)

% NEL hodnota uvádí podíl uhlovodíků C_{10/40} na celkovém obsahu NEL

Silně vytisklé hodnoty v tabulce identifikují významné hodnoty kontaminace vzorků.

Nesaturovanou zónu v lagunách R0, R1, R2 a R3 v lokalitě *LAGUNY OSTRAMO*, tj. předmět studie proveditelnosti sanace tohoto subjektu, je tedy možné co do množství, látkové podstaty a charakteru a stupně znečištění charakterizovat následovně:

- (a) Nesaturovanou zónu představuje materiálový korpus dle různých zdrojů o hmotnosti ca. 320.000 až 480.000 tun, dislokován v prostoru lagun R0, R1, R2 a R3 a v jejich těsné blízkosti. **Látkovou podstatu korpusu**, tj. ca. 90 % hmoty, tvoří **vlhká kontaminovaná zemina** (hlína, písek, štěrk, jíly) s variabilně situovanými podíly některých anorganických typů odpadů (demoliční odpady, betony, vyvápněné frakce, apod. – především v lagunách R0 a R1) a malých zbytků původních kyselých sledží (především v lagunách R2 a R3).
- (b) **Podstatu kontaminace** nesaturované zóny představují organické látky z činností v dané lokalitě historicky provozovaných, tj. především **látky z procesu kyselé rafinace minerálních olejů**. Dominantní složkou kontaminace jsou tzv. **nepolární extrahovatelné látky (NEL)** v kapalném a tuhém skupenství, z nichž ca. 50 až 60 % spadá pod parametr uhlovodíky C_{10/40}, tj. do oblasti olejových frakcí. Jen málo významný podíl látek typu NEL při tom tvoří lehké ropné frakce (uhlovodíky C_{10/23}), za významný je naproti tomu možné označit podíl těžkých ropných uhlovodíků s vysokým bodem tání (parafiny, asfalty, apod.) a rovněž podíl již víceméně „mrtvých“ organických zbytků, produktů chemické a biochemické degradace organických zbytků z rafinačního procesu.
- (c) **Organická kontaminace** je v celém objemu nesaturované zóny co do výskytu a stupně **extrémně heterogenní**, obsahy NEL se (bez možnosti určení alespoň přibližných koncentračních trendů) pohybují v koncentračním intervalu od stovek či jednotek tisíc miligramů v kilogramu až po hodnoty na hladině 300.000 až 400.000 mg/kg. Průměrný obsah látek typu NEL v celém objemu nesaturované zóny leží na úrovni ca. 100.000 až 150.000 mg/kg.

- (d) Za v podstatě *bezvýznamnou* lze naproti tomu považovat *přítomnost dalších organických znečišťujících látek*, tj. monocyklických aromatických uhlovodíků (BTEX – viz např. zásadní rozpor se zdůvodněním tzv. „nových skutečností“ ve věci údajné nebezpečnosti provozu v lokalitě postaveného technologického zařízení ITD), polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) či povrchově aktivních látek. Na bezvýznamných hladinách leží i koncentrace organických halogenderivátů (chlorované alifáty, apod.) a jednoznačně vyloučena byla přítomnost látek typu PCB (polychlorované bifenoly).
- (e) Z hlediska posuzování charakteru a stupně znečištění nesaturované zóny je významnou skutečností *absence přítomnosti významných obsahů těžkých a toxicitkových kovů*, kdy obsahy arsenu, kadmia, chromu, mědi, niklu, olova, rtuti a zinku leží vesměs (až na některé lokální anomálie) na koncentračních úrovních, obvyklých pro zeminy či stavební odpady. Z ostatních anorganických znečišťujících látek, odvoditelných ze způsobu využívání lagun OSTRAMO, se v některých částech nesaturované zóny vyskytují zvýšené obsahy síranů; přítomnost volné kyseliny sírové v nesaturované zóně je naproti tomu pouze výjimečná. Vyloučena byla v korpusu nesaturované zóny přítomnost kyanidů.
- (f) Neopomenutelnou složkou kontaminace nesaturované zóny jsou některé *plynné frakce*, typické pro dlouhodobě skladované kapalné odpadní frakce z kyselé rafinace minerálních olejů. Jedná se především o produkty chemických a biochemických procesů v kyselých sledžích, tj. oxid siřičitý, sulfan, metan, resp. další plyny. Přítomnost těchto složek v oblasti nesaturované zóny byla jednoznačně identifikována organolepticky a prokázána byla při laboratorních a čtvrtiprovozních experimentech, orientovaných na problematiku ověřování technologie ITD pro dekontaminaci zemin. Koncentrační hladiny přítomnosti těchto složek v tuhých materiálech v lagunách (tj. složek, jejichž obsah se rychle mění – klesá v důsledku postupného odvětrávání v závislosti na teplotě, způsobu manipulace s materiály v lagunách a na mnoha dalších faktorech) ovšem cestou provedených laboratorních analýz nebyly spolehlivě stanoveny (pravděpodobně následkem nevhodného způsobu odběru a zejména skladování vzorků zemin).

4. MOŽNÉ ZPŮSOBY SANACE NESATUROVANÉ ZÓNY

Pro sanaci nesaturované zóny v oblasti *LAGUNY OSTRAMO* v Ostravě, tj. sanaci materiálového korpusu na bázi znečištěných zemin v prostoru a těsné blízkosti lagun R0, R1, R2 a R3 po odstranění kapalné fáze z lagun, je teoreticky k dispozici poměrně široké spektrum sanačních technik, metod a postupů. Následující kapitola se zabývá obecným výčtem možných způsobů sanace, jejich popisem a základní charakteristikou. Přehled možných přístupů k sanaci nesaturované zóny v oblasti lagun *OSTRAMO* spolu se základním kvalitativním hodnocením v úvahu připadajících sanačních variant za použití jednoduché hodnotící stupnice (+ / 0 / -) shrnuje následující tabulka 4.

Tabulka 4 - Možné způsoby sanace nesaturované zóny *OSTRAMO*

| Způsob sanace | Možné varianty | Základní hodnocení |
|--|--|--------------------|
| A - Inaktivní řešení sanace | A1 - Nulový postup bez jakéhokoliv opatření A2 - Nulový postup s administrativními opatřeními | - - |
| B - Pasivní řešení sanace | B1 - Svrchní nepropustný překryv bez PTS B2 - Zapouzdření do ekokontejmentu | 0 + |
| C - Aktivní postupy sanace „OFF SITE“ | C1 - Odtěžení, odvoz, dekontaminace technologií TD C2 - Odtěžení, odvoz, dekontaminace spalováním C3 - Odtěžení, odvoz, chemická dekontaminace (extrakce) C4 - Odtěžení, odvoz, vývoz do zahraničí | + |
| D - Pasivní postupy sanace „OFF SITE“ | D1 - Odtěžení, odvoz, odstranění v nativním stavu D2 - Odtěžení, odvoz, odstranění v biologicky upraveném stavu D3 - Odtěžení, odvoz, odstranění ve stabilizovaném stavu | + |
| E - Aktivní postupy sanace „ON SITE“ | E1 - Odtěžení, dekontaminace technologií TD, zpětné využití E2 - Odtěžení, dekontaminace spalováním, zpětné využití E3 - Odtěžení, chemická dekontaminace, zpětné využití | + |
| F - Konzervační postupy Sanace „ON SITE“ | F1 - Biologická úprava v místě, zapouzdření do ekokontejmentu F2 - Stabilizace v místě, zapouzdření do ekokontejmentu | 0 + |
| G - Hybridní postupy sanace | G1 - Selektivní odtěžení kontaminovaných frakcí, jejich odvoz, úprava a konzervace nekontaminovaných frakcí v místě G2 - Kombinace dekontaminace v místě a konzervačních technik G3 - Kombinace odvozu kontaminovaných frakcí a zakonzervování nekontaminovaných frakcí v místě (kazeta) | + |

Poznámka:

V tabulce použité členění možných způsobů sanace má (spolu s použitou terminologií) pouze orientační význam a slouží výhradně k dalšímu popisu a hodnotovému oceňování jednotlivých variant sanace.

A – Inaktivní řešení sanace

Jako „inaktivní (nulové) řešení sanace“ jsou ve studii označeny takové přístupy k sanaci nesaturované zóny, kdy je nesaturovaná zóna, tj. tuhý obsah v jednotlivých lagunách po odstranění kapalné fáze z lagun, ponechán bez jakýchkoliv dalších technických zásahů, a to ve volně přístupném režimu (*varianta A1*) nebo v režimu uzavřené oblasti (*varianta A2*), a monitorován je pouze proces tzv. „přirozené atenuace“, tedy postupný pokles stupně znečištění kontaminovaných zemin následkem samovolně probíhajících fyzikálních (odvětrávání plynných složek), chemických a biochemických procesů (biochemické odbourávání organické kontaminace, zreagování zbytků volné kyseliny sírové, atd.).

Velmi příznivým parametrem takového řešení by pochopitelně byla jeho ekonomická stránka (postup s minimálními náklady na jeho realizaci). Vzhledem k mnoha negativním aspektům tohoto postupu (extrémně vysoký stupeň organické kontaminace, velmi pomalý průběh přirozených atenuačních procesů v případě NEL zasahujících pouze lehké uhlvodíkové frakce, nekontrolovatelné uvolňování znečišťujících látek zejména do podzemních a povrchových vod, naprostý nesoulad postupu s environmentální legislativou a se stanovisky rozhodujících orgánů, apod.) a zejména s ohledem na neobhájitelnost takového postupu směrem k obyvatelstvu v lokalitě lze takovýto přístup k sanaci jednoznačně vyloučit bez jakéhokoliv dalšího jeho hodnocení (viz přiřazený **záporný stupeň základního hodnocení** postupu).

B – Pasivní řešení sanace

Za „pasivní řešení sanace“ jsou v rámci studie považovány postupy, založené na pouhém uzavření materiálového korpusu nesaturované zóny v jeho nativním stavu (tj. bez jakékoliv úpravy současného stavu kontaminovaných zemin) do izolovaného bloku, více či méně vylučujícího přímý kontakt kontaminovaného materiálu s jeho okolím a omezujícího úniky kontaminujících látek do bezprostředního okolí. Jako *varianta B1* je označeno řešení na principu prostého překrytí povrchu kontaminovaných tuhých frakcí (po jejich mechanické úpravě do vhodného tvaru) nepropustnou (například betonovou nebo jílovou) vrstvou, zabraňující vstupu

srážkových vod do zakrytého materiálu a přímému kontaktu kontaminovaného materiálu s okolím a s atmosférou. Variantou B2 pasivního řešení se rozumí realizace technicky sofistikovanějšího způsobu izolace kontaminovaného materiálu nesaturované zóny (opět v jeho stávajícím = nativním stavu) od okolí, tzn. vytvoření nejen svrchní ochrany materiálu, ale i postraňní nepropustných stěn výsledného izolovaného bloku cestou stavby nových podzemních těsnících stěn nebo provedením generální opravy stěn stávajících. Součástí obou variant pasivního řešení sanace je průběžný dlouhodobý monitoring uzavřeného bloku, tzv. *ekokontejnementu*, na okolí.

Za výhody takového řešení lze považovat především jeho poměrně snadnou technickou realizaci a finanční úspornost. Jeho nevýhody ovšem spočívají v méně příznivých environmentálních faktorech a legislativních pohledech na řešení. Uzavřením velkého materiálového korpusu s vysokým stupněm organické kontaminace v jeho stávajícím stavu do nepropustného bloku může vzniknout jakýsi chemický reaktor, jehož existence může být spojena s dlouhodobým průběhem řady dalších chemických a biochemických (převážně anaerobních) reakcí v materiálovém tělese, zejména s vývojem bioplynu s vysokým podílem metanu, sirovodíku a dalších problematických plnů, a tedy i s případnou nutností jejich záchytu a eliminace. Z uvedených důvodů by pravděpodobně bylo nezbytné celou lokalitu vytvořeného ekokontejmentu dlouhodobě považovat za uzavřenou zónu bez možnosti přístupu a využití. Varianty pasivních postupů pak jsou po legislativní stránce v rozporu s dosud přijatými rozhodnutími ve věci sánace lokality *LAGUNY OSTRAMO*.

Oběma zmíněným variantám byl přesto přisouzen **neutrální resp. kladný stupeň základního hodnocení** a budou předmětem další hodnotové analýzy.

C – Aktivní postupy sanace „OFF SITE“

Uváděné „aktivní postupy OFF SITE“ sanače nesaturované zóny jsou věsměs založeny na odtěžení veškerého kontaminovaného materiálu z lagun, jeho transportu do míst, vybavených vhodnými dekontaminačními technologiemi, na provedení dekontaminace materiálu a následném účelovém naložení s dekontaminovaným

materiálem v místě dekontaminace či jinde (včetně případného zpětného transportu materiálu do lokality *LAGUNY OSTRAMO* a jeho využití například jako zásypového materiálu v lagunách). Jako možné způsoby dekontaminace se v tomto případě obecně nabízejí termické metody, tj. tepelná desorpce (*varianta C1*) nebo přímá tepelná expozice – spalování (*varianta C2*), některé fyzikálně-chemické a chemické metody, např. extrakční promývání, venting, aj. (*varianta C3*) či další. V úvahu při tom připadá realizace dekontaminačních postupů v podmírkách ČR nebo i v zahraničí (*varianta C4*).

Hlavní výhodou použití aktivních dekontaminačních postupů mimo lokalitu *OSTRAMO* by bylo odstranění kontaminovaného materiálu ze sanované lokality a z jejího okolí a v některých případech dosažení vysokého (resp. dostatečného) stupně dekontaminace materiálu. Manipulace s několika stovkami tisíc tun kontaminovaného materiálu cestou jeho odtěžení z lagun a transportu mimo lokalitu jsou ovšem kroky, zatížené řadou přímých i nepřímých dopadů na ekosystém přímo v lokalitě *OSTRAMO*, během transportu materiálu (tento by musel být realizován v režimu přepravy odpadu kategorie *N-nebezpečný*) i v místě jeho dekontaminace.

Mezi negativní stránky některých variant takového řešení pak patří skutečnost, že nasazením některých uvažovaných dekontaminačních technologií pro dekontaminaci materiálu nelze z principiálních důvodů, ověřených a potvrzených souborem dříve provedených laboratorních a čtvrtiprovozních experimentů, dosáhnout požadovaného stupně dekontaminace (například v případě využití technologie nízkoteplotní nepřímé termické desorpce se její prokázaná účinnost odstranění látek typu NEL z tuhé fáze v lagunách pohybuje na hladině pouze 40 – 60 %). Využití dalších dekontaminačních technologií s teoretičky dostatečnou účinností (různé fyzikální a chemické metody) je možné vzhledem k charakteru a celkovému množství kontaminovaného materiálu v lagunách považovat za principiálně, realizačně, kapacitně i ekonomicky neprůchodné. Za specifickou formu řešení, ovšem zřejmě zatíženou předpokládanými vysokými ekonomickými náklady na realizaci a složitými organizačními problémy na mezinárodní úrovni, je možné považovat *variantu C4*, tzn. transport materiálu k jeho dekontaminaci v zahraničí.

Variantám C1, C2 a C4 byl přisouzen kladný stupeň základního hodnocení a budou předmětem další hodnotové analýzy. Variantě C3 byl naproti tomu přisouzen záporný stupeň základního hodnocení a nebude proto dále posuzována.

D – Pasivní postupy sanace „OFF SITE“

Ve studii uváděné „pasivní postupy OFF SITE“ sanace nesaturované zóny jsou opět žaloženy na odtěžení veškerého kontaminovaného materiálu z lagun a jeho transportu do míst s možnostmi odstranění materiálu jako odpadu v jeho nativní formě nebo ve formě upravené vhodnou úpravárenskou technologií. Technicky nejjednodušší variantou v tomto směru by pochopitelně byla varianta D1, tedy uložení odpadu na skládku v jeho stávající formě (bez jakékoliv úpravy odpadu), tj. na skládku skupiny S-NO (skládka nebezpečného odpadu). Takovýto přístup k řešení je ovšem v rozporu se stávající odpadovou legislativou CR pro ukládání odpadů na skládky (viz povinnost ukládat odpady na skládky v upraveném stavu). Mnohé frakce nativního odpadu by při tom s velkou pravděpodobností ani nevyhověly limitům III. výluhové třídy, podmiňujícím možnost odstranění odpadu na daný typ skládky. Jako možné varianty úpravy odpadu se nabízejí biologická úprava odpadu (varianta D2) či úprava vhodnou stabilizací odpadu (varianta D3).

Výhodou pasivních postupů OFF SITE by opět bylo kvantitativní odstranění kontaminovaného materiálu z lokality LAGUNY OSTRAMO. Za záporné stránky takového řešení je ovšem nutno považovat problematiku manipulace s velkým množstvím kontaminovaného materiálu při jeho odstraňování z lagun a při transportu (v režimu odpad kategorie N-nebezpečný) mimo lokalitu a negativní dopady toho procesu na složky ekosystému v lokalitě OSTRAMO, během přepravy materiálu i v místě dalšího nakládání s ním. Při posuzování úspěšnosti a dopadů možných způsobů úpravy materiálu pak je nezbytné uvést, že biologickou úpravu materiálu (tzv. *biodegradaci*, doposud experimentálně na kyselých sledžích z lokality OSTRAMO nijak neověřenou) lze z principiálních důvodů pro daný typ kontaminace materiálu (extrémně vysoký podíl biologicky neodbouratelných těžkých frakcí látek typu NEL, hodnota pH prostředí) s vysokou pravděpodobností považovat za nepříliš efektivní a v praxi nereálný.

Variantám řešení sanace D1, D2 a D3 byl přisouzen kladný stupeň základního hodnocení a budou předmětem další hodnotové analýzy.

E – Aktivní postupy sanace „ON SITE“

Podstata ve studii uvedených „aktivních postupů ON SITE“ sanace lokality spočívá v postupném odtěžování kontaminovaného materiálu z prostoru a okolí lagun v lokalitě OSTRAMO, jeho dekontaminaci vhodnou technologií přímo v lokalitě a ve zpětném uložení dekontaminovaného materiálu v prostoru lagun. Za obecně možné dekontaminační techniky lze při tom považovat termické metody, tj. tepelnou desorpci (*varianta E1*) nebo přímou tepelnou expozici – spalování (*varianta E2*), nebo některé fyzikálně-chemické a chemické metody, např. extrakční promývání, venting, aj. (*varianta E3*). Jde tedy co do principu o obdobné dekontaminační techniky jako v případě uvedených aktivních postupů OFF SITE, realizované dodatečnou výstavbou potřebného technologického zařízení přímo v lokalitě LAGUNY OSTRAMO nebo cestou využití jejich mobilní verze.

Za hlavní výhodu takovýchto způsobů sanace lze považovat vyloučení nutnosti přepravy obrovského množství kontaminovaného materiálu mimo lokalitu sanace a s tím spojené environmentální problémy a náklady. Do jisté míry problematickou stránkou daného řešení ovšem je výběr vhodné dekontaminační technologie z hlediska její účinnosti, technických parametrů (realizovatelnost, průchodnost, kapacita) a parametrů ekonomického charakteru (náklady na výstavbu v podstatě jednoúčelové technologie, způsoby a možnosti jejího následného využívání, atd.). V případě technologie tepelné desorpce (*varianta E1*) by tak bylo zřejmě nezbytné počítat s nutností totální přestavby stávajícího technologického zařízení v místě nebo s výstavbou technologického zařízení nového. Z hlediska účinnosti dekontaminace znečištěných zemin lze nejlepší výsledky očekávat od technologie přímé tepelné expozice – spalování (*varianta E2*), otázkou však může být průchodnost v tomto směru se nabízejícího mobilního technologického zařízení, resp. celková náročnost výstavby zařízení stacionárního (v praxi – výstavba nové spalovny). Využití ostatních dekontaminačních technologií (*varianta E3*) s teoreticky dostatečnou účinností (různé

fyzikální a chemické metody) je i v tomto případě možné považovat za principiálně, realizačně, kapacitně i ekonomicky neprůchodné.

Z uvedených důvodů byl *variantě E3* přisouzen záporný stupeň základního hodnocení a nebude dále posuzována. Ostatním variantám byl přisouzen kladný stupeň základního hodnocení a budou předmětem další hodnotové analýzy.

F – Konzervační postupy sanace „ON SITE“

Za „konzervační postupy sanace ON SITE“ jsou v rámci studie účelově označeny postupy sanace nesaturované zóny v lokalitě *OSTRAMO*, založené na principu vhodné úpravy kontaminovaného materiálu nesaturované zóny (tzn. účelové změny jeho stávajících vlastností) přímo v prostoru lagun a poté v uzavření upraveného materiálového korpusu do izolovaného ekokontejmentu za pomocí rekonstruované (nebo nové) podzemní těsnící stěny a vhodného způsobu překrytí lokality nepropustnou materiálovou vrstvou. Jako možné technologie úpravy kontaminovaného materiálu v lagunách se obecně nabízejí biologická úprava znečištění zeminy (*varianta F1*) a úprava vhodnou technikou tzv. *stabilizace* (*varianta F2*). V případě úpravy kontaminovaného materiálu biologickou metodou (jak již uvedeno z principiálních důvodů pravděpodobně nepříliš účinnou) lze tuto označit i za částečnou dekontaminaci materiálu, neboť v případě její aplikace lze očekávat jisté snížení obsahu především lehčích uhlovodíkových frakcí v zemině. V případě úpravy kontaminovaného materiálu nesaturované zóny stabilizací, tj. převedením kontaminujících složek na ve vodě neropustné (těžké a toxicke kovy, volná kyselina sírová) či vodou nevyluhovatelné formy (látky typu NEL, většina ostatních organických kontaminantů), se jako nevhodnější jeví metoda tzv. *vysokoteplotní vápenné stabilizace*, jejíž vysoká účinnost ve vztahu ke kontaminovaným zeminám z lokality *OSTRAMO* byla mj. experimentálně ověřena a potvrzena v rámci realizace dílčího projektu *MZ č. 22* (u stabilizátů připravených z kyselých sledží o obsahu 400.000 až 500.000 mg NEL v kilogramu se hodnoty vyluhovatelnosti látek typu NEL pohybovaly na hladině max. 0,1 mg/l).

Za zásadní výhodu uvedených konzervačních postupů sanace *ON SITE* (zejména *varianty F2*) lze považovat jejich poměrně malou realizační a ekonomickou

náročnost a současně dosažení vysokého stupně vyloučení negativních dopadů finálního řešení (vytvoření zcela stabilního ekokontejmentu) na okolní složky životního prostředí. Pozitivním momentem tohoto řešení může být rovněž fakt, že takto sanovaná lokalita může být v konečné fázi, tj. po příslušné rekultivaci tvaru, povrchu a okolí lagun, využívána jako volně přístupný krajinný prvek. Za jisté nedostatky lze naproti tomu označit rozpor takového řešení sanace nesatuované zóny *LAGUNY OSTRAMO* s dosud přijatými rozhodnutími o způsobu odstraňování dané ekologické zátěže na úrovni krajských i celostátních institucí (například v rozporu se sanačními limity stanovenými pro stupeň kontaminace zemin v prostoru lagun). Tento rozpor je však možno změnit na základě přehodnocení přístupu k sanaci jako takové..

Oběma uvedeným variantám sanace byl přisouzen **kladný stupeň základního hodnocení** a budou předmětem další hodnotové analýzy.

G – Hybridní postupy sanace

Kromě shora uvedených základních možných přístupů k sanaci nesatuované zóny lokality *LAGUNY OSTRAMO* a jejich variant mohou připadat v úvahu i některé „hybridní postupy sanace“, tj. postupy, které účelným způsobem kombinují dvě či více různých variant. Možnou variantou tak může být např. selektivní odtěžení nejvíce kontaminovaných frakcí v lagunách, jejich odvoz mimo lokalitu a dekontaminace (TD, spalovna, resp. úprava a uložení) v místě jejich zpracování a současně zakonzervování (v upraveném – stabilizovaném - stavu) méně kontaminovaných frakcí přímo v lagunách (*varianta G1*). Jinou variantou může být dekontaminace extrémně znečištěných frakcí aplikací termických dekontaminačních postupů (tepelná desorpce, spalování) přímo v lokalitě *OSTRAMO* a poté zakonzervování méně kontaminovaných frakcí spolu s částečně dekontaminovaným materiélem vhodnou stabilizační technikou přímo v lagunách (*varianta G2*). Mezi hybridní varianty lze zařadit i odtěžení a odvoz nejvíce znečištěných frakcí k jejich dekontaminaci mimo lokalitu *LAGUNY OSTRAMO* a vhodný způsob zakonzervování (např. v uzavřené kazetě) málo kontaminovaných frakcí v jejich nativní formě (viz *varianta G3*).

Možných hybridních sanačních variant, více či méně se lišících v kombinaci základních kroků nebo pouze v detailech, se pochopitelně nabízí více. Každý z hybridních postupů sanace má při tom svá pozitiva i negativa technického, realizačního i ekonomického charakteru. Výhodou takového řešení může být významné omezení celkového množství kontaminovaného materiálu, určeného k manipulaci a dalšímu nakládání s ním. Nevýhodu naproti tomu může být nutnost selektivního přístupu ke kontaminovanému materiálu v lagunách, založeného na výsledcích chemických rozborů dílčích objemů materiálu, a s tím související náročný způsob jeho selektivního odtažování. Dosavadním průzkumem doložená zjištění o extrémní heterogenitě charakteru a stupně kontaminace materiálu nesaturované zóny v lokalitě spolu s absencí jakýchkoliv trendů či koncentračních gradientů distribuce kontaminujících látek takovýto přístup k sanaci navíc významně komplikuje.

Všem třem uvedeným hybridním variantám sanace byl přisouzen **kladný stupeň základního hodnocení** a budou předmětem dalšího kriteriálního posuzování.

Na základě celkové, v obecné rovině provedené analýzy možných způsobů sanace nesaturované zóny lokality *LAGUNY OSTRAMO* lze tedy konstatovat, že existuje poměrně široké spektrum použitelných přístupů k sanaci. Skutečností při tom je, že možné varianty sanace se od sebe z mnoha hledisek (technická a časová náročnost jednotlivých variant sanace, finanční náklady na realizaci, environmentální parametry v průběhu a po sanačním zásahu, dopady řešení sanace nesaturované zóny na způsoby sanace saturované zóny a podzemních vod v lokalitě, možnosti dalšího využití sanované lokality po sanaci, legislativní aspekty jednotlivých sanačních variant, jejich kompatibilita či rozpor s dosud přijatými rozhodnutími ve věci sanace lokality *OSTRAMO*, atd.) až diametrálně odlišují. V tomto směru také bylo možné již ve fázi základního hodnocení variant některé varianty vyřadit jako víceméně neprůchodné či nevyhovující a dále se jimi nezabývat. Ostatní varianty pak byly předmětem jejich hodnocení cestou *hodnotové analýzy* za použití tzv. *multikriteriálního hodnocení*. K tomu účelu byla aplikována *klasifikační (bodovací) metoda*, kdy každému použitému hodnotícímu kritériu (parametru hodnocení) byla autorem studie přisouzena specifická bodovací stupnice, která – dle názoru autora – s dostatečnou mírou objektivity vystihovala význam a závažnost daného kritéria.

5. POSOUZENÍ MOŽNÝCH REÁLNÝCH VARIANT ŘEŠENÍ SANACE

Následující část studie se zabývá otázkami objektivního posouzení jednotlivých možných variant sanace nesaturované zóny lokality *LAGUNY OSTRAMO*. Jak již bylo uvedeno, pro daný účel bylo zvoleno multikriteriální parametrické hodnocení jednotlivých posuzovaných variant za použití klasifikační (bodovací) metody.

5.1. Výběr hodnotících kritérií (parametrů hodnocení)

Pro hodnocení posuzovaných sanačních variant byla po úvaze zvolena následující kritéria, tj. parametry, relevantní pro posuzované varianty:

- parametr environmentální schůdnosti a bezpečnosti (*PAR ENVI*),
- parametr ekonomické náročnosti (*PAR EKO*),
- parametr časové náročnosti (*PAR TIME*),
- parametr technické systémovosti (*PAR TECHS*),
- parametr legislativní průchodnosti (*PAR LEG*).

Přehled jednotlivých použitých parametrů hodnocení uvádí následující tabulka 5 a na tabulku navazující komentář.

Tabulka 5 - Parametry hodnocení jednotlivých variant sanace nesaturované zóny

| <i>Parametr hodnocení</i> | <i>Charakteristika parametru</i> |
|--|---|
| <i>PAR ENVI</i> – Environmentální schůdnost a bezpečnost | Environmentální schůdnost a bezpečnost během sanace v lokalitě <i>OSTRAMO</i> , mimo lokalitu <i>OSTRAMO</i> a po sanaci lokality |
| <i>PAR EKO</i> – Ekonomická náročnost | Ekonomická náročnost přípravy sanace (včetně případných investic), vlastního sanačního zásahu a posanačního stavu |
| <i>PAR TIME</i> – Časová náročnost | Časová náročnost technické přípravy sanace a vlastní sanace |
| <i>PAR TECHS</i> – Technická a organizační systémovost | Technická náročnost a logistiká přípravy sanace a vlastní sanace |
| <i>PAR LEG</i> – Legislativní a společenská průchodnost | Legislativní a společenská průchodnost z pohledu platné environmentální legislativy, z pohledu návaznosti na dosavadní rozhodnutí ve věci sanace lokality <i>LAGUNY OSTRAMO</i> a z pohledu přístupů veřejnosti |

PAR ENVI – Environmentální schůdnost a bezpečnost

Daný parametr zahrnuje komplexní posouzení příslušné varianty sanace z pohledu možných negativních dopadů na složky životního prostředí v průběhu sanačního zásahu, tzn. dopady během vlastního zásahu přímo v lokalitě *OSTRAMO* a v jejím okolí, dopady po ukončení sanačního zásahu a v případě variant *OFF SITE* i možné negativní dopady v místě nakládání s kontaminovaným materiálem (včetně transportu materiálu jako nebezpečného odpadu). V úvahu jsou brány především vlivy na ovzduší, dopady na saturovanou zónu v lokalitě a na podzemní a povrchové vody a rovněž následné dopady na celou lokalitu v posačně etapě. Hodnocení parametru vychází především z obecných názorů na environmentální bezpečnost a na dopady potenciálních sanačních postupů a z dosavadních praktických poznatků z realizace jednotlivých technických kroků posuzovaných sanačních variant. Akceptován byl rovněž celkový charakter a způsob využívání území, ve kterém se lokalita *LAGUNY OSTRAMO* nachází (průmyslová zóna s řadou průmyslových podniků, možných zdrojů kontaminace a potenciálních ekologických zátěží).

Vlastní hodnocení parametru bylo provedeno cestou odborné expertizy s tím, že danému parametru byly v případě každé posuzované varianty sanace na čtyřstupňové bodovací stupnici přisouzeny hladiny environmentální schůdnosti a bezpečnosti v intervalu od hodnoty 1 (nejnižší hladina) do hodnoty 4 (nejvyšší přisouzená hladina environmentální bezpečnosti).

PAR EKO – Ekonomická náročnost

Parametr ekonomické náročnosti vystihuje přibližné celkové finanční náklady, které by bylo nezbytné vynaložit na realizaci jednotlivých posuzovaných sanačních variant, tj. náklady na přípravu sanace, náklady na vlastní realizaci sanačního zásahu a náklady spojené s posační fází zásahu.

Hodnocení daného parametru bylo provedeno cestou rámcové finanční analýzy a odborného odhadu jednotlivých dílčích nákladů, vycházejícího z obvyklých cen základních technických a technologických úkonů, dle předpokladu nezbytných pro standardní realizaci sanace. Rovněž v tomto případě jsou tomuto parametru na čtyřstupňové bodovací stupnici přisuzovány hladiny ekonomické náročnosti v intervalu od hodnoty 1 (nejvyšší sanační náklady) do hodnoty 4 (nejnižší náklady).

PAR TIME – časová náročnost

Parametr časové náročnosti vyjadřuje předpokládané časové nároky na přípravu sanace a především nároky na vlastní provedení jednotlivých posuzovaných variant sanačního zásahu.

Hodnocení parametru časové náročnosti bylo provedeno cestou odborného odhadu, založeného na obvyklých časových náročích základních technických a technologických úkonů a operací, předpokládaných pro standardní realizaci sanace. Po zkušenosti s předchozími etapami sanace lagun, ale i s jinými projekty byla autorem studie do tohoto parametru zahrnuta i časová náročnost na projektovou přípravu, která v některých případech může dosahovat srovnatelné doby jako u vlastní realizace (procesy EIA, IPPC, stavební a územní řízení, schvalování realizačního projektu, apod.). Tomuto parametru jsou na třístupňové bodovací stupnici přisuzovány hladiny náročnosti v intervalu hodnot 1 až 3 (vysoká časová náročnost, střední, resp. nižší náročnost).

PAR TECHS – Technická a organizační systémovost

Parametr označený jako technická a organizační systémovost vystihuje obecné technické a logistické nároky na přípravu a vlastní realizaci jednotlivých posuzovaných variant sanace. Postihuje tak především technickou a logistickou náročnost přípravy sanační technologie (např. stavbu dekontaminačního zařízení), technickou a logistickou náročnost vlastní realizace sanačního procesu (např. problematiku provozu používané technologie) a stejnou problematiku po ukončení sanace.

Hodnocení parametru technické systémovosti opět bylo provedeno cestou odborné expertizy, vycházející z obvyklých nároků na technickou realizaci předpokládaných technických úkonů a operací. Danému parametru jsou na dvoustupňové bodovací stupnici přisuzovány hladiny náročnosti v intervalu hodnot 1 a 2 (vysoká náročnost, resp. nižší náročnost).

PAR LEG – Legislativní a společenská průchodnost

Parametr legislativní a společenské průchodnosti zohledňuje kompatibilitu jednotlivých posuzovaných sanačních variant s platnou environmentální legislativou

a s dosavadními rozhodnutími, přijatými kompetentními orgány (MŽP, ČIŽP, MF, územní orgány) ve věci sanace lokality *LAGUNY OSTRAMO*, a respektuje i možné přístupy veřejnosti ke způsobu, průběhu a výsledkům sanace.

Hodnocení dáného parametru vychází ze stávající situace (především z aktuálních rozhodnutí ve věci sanace), může být ovšem ovlivněno dalšími stanovisky a názory (např. změnami dosavadních správních rozhodnutí a stanovisek), případně reagujícími na výstupy z projednávání studie proveditelnosti sanace. Danému parametru jsou na dvoustupňové bodovací stupnice přisuzovány hodnoty hodnocení v intervalu hodnot 1 a 2 (rozpor, resp. soulad s legislativní průchodností).

Za **nejvýznamnější parametry** pro hodnocení jednotlivých variant sanace nesaturované zóny lze bezpochyby označit **parametry environmentální (PAR ENV)** a **parametry ekonomické (PAR EKO)**, kterým je také přisuzována nejvyšší váha posuzování, tj. kromě širší bodové stupnice hodnocení posuzovaných variant i vyšší hodnoty použitých *koeficientů váhy - K_v* (viz dále). Z pohledu některých na řešení ekologické zátěže *LAGUNY OSTRAMO* zainteresovaných orgánů je zvýšený důraz kladen na časovou náročnost sanace (*PAR TIME*). Naopak zbývajícím parametry hodnocení (*PAR TECHS*, *PAR LEG*) je přisuzována jen nižší význam.

5.2. Hodnocení variant sanace z pohledu environmentálních parametrů

Hodnocení jednotlivých variant sanace z pohledu environmentálních parametrů (*PAR ENV*) bylo provedeno na základě obecných poznatků o možných dopadech posuzovaných variant (předpokládaných použitých kroků) na složky ekosystému. Pro hodnocení variant byla použita následující stupnice environmentální bezpečnosti: stupeň 1 (nízká, nevhovující), stupeň 2 (základní, využívající), stupeň 3 (velmi dobrá) a 4 (vysoká). Výsledky hodnocení uvádí následující přehled:

Varianta B1 – Svrchní překryv bez podzemní těsnící stěny

Za jediné pozitivní stránky této varianty sanace z environmentálního hlediska by bylo možné považovat minimální rozsah manipulace s kontaminovaným materiélem

v lokalitě, omezující se pouze na rovnoměrné rozhrnutí materiálu (relativně malý únik zbylé plynné fáze z kontaminovaného materiálu do ovzduší v lokalitě), a zabránění přímým vnikům srážkových vod do materiálu nesaturované zóny. Základní negativní stránka varianty naproti tomu spočívá ve skutečnosti, že v prostoru lagun by zůstal veškerý znečištěný materiál ve svém původním stavu, tzn. s aktuálními obsahy znečišťujících látek (NEL, sírany, atd.) v jejich nezměněné koncentraci, formě a tím i mobilitě. Tato skutečnost by se s vysokou pravděpodobností dlouhodobě promítala do posačního období v podobě téměř neměnící se kontaminace saturované zóny v lokalitě, pokračujících úniků některých kontaminantů do podzemních vod a dalších příspěvků k celkovému znečištění okolí lokality a případně i v podobě znečišťování atmosféry následkem pokračující tvorby bioplynu a jeho úniků do okolí. Za negativní environmentální projev dané varianty sanace by bylo možné považovat rovněž významné omezení až vyloučení jakýchkoliv předpokládaných způsobů využití lokality po sanaci. *Varianta sanace B1* byla proto z environmentálního hlediska **ohodnocena stupněm 1** (nízká, nevhovující).

Varianta B2 – Svrchní překryv a zapouzdření do ekokontejmentu

Za pozitivní stránku této varianty sanace z environmentálního hlediska by bylo možné považovat vedle minimálního rozsahu manipulace s kontaminovaným materiálem v lokalitě (rovnoměrné rozhrnutí materiálu a relativně malý únik zbylé plynné fáze z kontaminovaného materiálu do ovzduší v lokalitě) především uzavření kontaminovaného materiálu nesaturované zóny do víceméně izolovaného objektu, vytvořeného svrchním nepropustným překrytím a bočními podzemními těsnícími stěnami, tzn. oddělení materiálu nesaturované zóny od přímého styku s okolím. Základní negativní stránka varianty naproti tomu opět spočívá ve skutečnosti, že v prostoru lagun by zůstal veškerý znečištěný materiál ve svém původním stavu, tzn. s aktuálními obsahy znečišťujících látek v jejich nezměněné koncentraci, formě a mobilitě. Za další problematické aspekty takového řešení lze označit negativní vliv na saturovanou zónu v lokalitě, možný další vývoj bioplynu a zřejmě problematické využití lokality po sanaci. *Variante B2* byl z environmentálního pohledu písouzen **stupeň hodnocení 2** (základní, vyhovující).

Varianta C1 – Odtěžení, odvoz, dekontaminace technologií tepelné desorpce

Hlavní pozitivní stránkou takovéto varianty je fakt, že by došlo k úplnému odstranění kontaminovaného materiálu z lokality, k jeho dekontaminaci či významné úpravě k tomu (z hlediska účinnosti a environmentální bezpečnosti) vhodnou technologií na k tomu vhodném místě a k vhodnému odstranění nebo využití dekontaminovaného či upraveného materiálu, včetně jeho zpětného využití v lokalitě *OSTRAMO*. Jisté negativní stránky varianty naopak sebou přináší nutnost manipulace s velkým objemem kontaminovaného materiálu při jeho odtěžování a transportu (jak již uvedeno – transport materiálu v režimu odpadu *kategorie N-nebezpečný*) do místa dekontaminace. I přes zmíněné problematické stránky byl variantě *C1* z environmentálního pohledu přidělen **stupeň hodnocení 4** (vysoký).

Varianta C2 – Odtěžení, odvoz, dekontaminace spalováním

Hodnocení této varianty sanace nesaturované zóny z pohledu environmentálních parametrů (tj. pozitiva a negativa varianty) je prakticky zcela obdobné jako v případě předchozí *varianty C1*. Variantě *C2* proto byl v tomto směru přidělen **stupeň hodnocení 4** (vysoký).

Varianta C4 – Odtěžení, odvoz, vývoz do zahraničí

Rovněž sanační *Variantu C4* lze z environmentálního pohledu posuzovat jako zcela analogickou předchozím aktivním sanačním variantám *OFF SITE C1 a C2*, a byl jí proto přidělen **stupeň hodnocení 4** (vysoký).

Varianta D1 – Odtěžení, odvoz, odstranění v nativním stavu

Na sanační *variantu D1* lze z environmentálního hlediska pohlížet ze dvou odlišných pohledů. Její výhodou ve vztahu k sanované lokalitě je úplné odstranění kontaminovaného materiálu z lokality, velkou nevýhodou varianty lze naproti tomu spatřovat v nutnosti nakládání s materiélem v jeho nativním stavu jako s odpadem *kategorie N-nebezpečný* – včetně dopravy a odstranění materiálu jeho uložením na skládku skupiny *S-NO*. Otázkou (laboratorními zkouškami dosud neověřovanou) navíc je, zda by kontaminovaný materiál (odpad *kategorie N-nebezpečný*) splnil kritéria (limity *III. třídy využitelnosti*) pro jeho skládkování. Variantě sanace *D1* byl z uvedených důvodů přidělen **stupeň hodnocení 1** (nízký, nevyhovující).

Varianta D2 – Odtěžení, odvoz, úprava biologickou metodou, odstranění

Na variantu D2 lze z environmentálního hlediska pohlížet analogicky jako na sánační variantu D1. Výhodou varianty by bylo úplné odstranění kontaminovaného materiálu z lokality OSTRAMO. Jak však vyplývá z dosavadních poznatků o efektivitě biologické úpravy obdobně kontaminovaných materiálů (přítomnost kyselých frakcí, vysoký podíl biologicky prakticky neodbouratelných kontaminantů), zřejmě by biologická úprava daného materiálu proběhla jen s velmi nízkou účinností. Tento fakt spolu s nutností manipulace s kontaminovaným materiálem jako s nebezpečným odpadem vedl k tomu, že dané variantě byl přidělen **stupeň hodnocení 1** (nízký).

Varianta D3 – Odtěžení, odvoz, úprava stabilizací, odstranění

Výhoda sánační varianty D3 spočívá opět především v úplném odstranění kontaminovaného materiálu z prostoru lagun a (za předpokladu volby vhodné metody stabilizace materiálu) ve velmi účinné a kvalitní úpravě materiálu, umožňující jeho bězproblémové odstranění například uložením na vhodnou skládku. Nevýhodou naproti tomu je nutnost transportu obrovského množství kontaminovaného materiálu v režimu odpadu *kategorie N-nebezpečný*. Dané variantě sanace byl přisouzen **stupeň hodnocení 3** (velmi dobrý).

Varianta E1 – Odtěžení, dekontaminace technologií TD v místě, zpětné využití

Za výhodu této sánační varianty, realizované přímo v prostoru lagun, lze z environmentálního pohledu považovat významný stupeň dekontaminace materiálu nesaturované zóny (v závislosti na typu a parametrech zvolené technologie tepelné desorpce) a s tím spojenou minimalizaci možných negativních dopadů do prostoru lagun zpětně uloženého dekontaminovaného materiálu na složky životního prostředí v lokalitě po ukončení sanace (vlivy na saturovanou zónu, na podzemní a povrchové vody a na atmosféru). Vzhledem k tomu i k možnostem alespoň částečného využití sanované lokality byl sánační variantě E1 přidělen **stupeň hodnocení 3** (velmi dobrý).

Varianta E2 – Odtěžení, dekontaminace spalováním v místě, zpětné využití

Pozitivní projevy posuzované sánační varianty E2 z environmentálního hlediska jsou zcela obdobné, jako v případě varianty E1, navíc lze od dáné varianty

z principiálních důvodů očekávat vyšší stupeň dekontaminace materiálu. Sanační variantě E2 byl proto přidělen rovněž stupeň hodnocení 3 (velmi dobrý).

Varianta F1 – Biologická úprava v místě, zapouzdření do ekokontejmentu

Jistou výhodou posuzované varianty sanace by mohla být alespoň částečná dekontaminace materiálu nesaturované zóny cestou biodegradace hlavních organických kontaminantů. S ohledem na již konstatovanou nízkou účinnost biodegradačního procesu ve vztahu k charakteru materiálu nesaturované zóny, ale na druhé straně s ohledem na způsob řešení izolovaného ekokontejmentu by bylo možné očekávat obdobné environmentální projevy dané varianty jako v případě varianty B2. Sanační variantě F1 byl proto přidělen stupeň hodnocení 1 (nízký, nevhovující).

Varianta F2 – Stabilizace v místě, zapouzdření do ekokontejmentu

Za hlavní výhodu varianty sanace F2 je možné považovat (v případě použití vhodné stabilizační technologie) možnost dosažení vysokého stupně stabilizace kontaminovaného materiálu, tj. převedení kontaminujících složek (NEL a další organické látky, sulfáty, volná kyselina sírová) na stabilní (nemobilní a vodou nevylučovatelné) formy. V kombinaci s řešením stabilizované nesaturované zóny jejím uzavřením do ekokontejmentu lze přidělit sanační posuzované variantě F2 stupeň hodnocení 3 (velmi dobrý).

Varianta G1 – Selektivní odřezání a odvoz, úprava a konzervace zbytků v místě

Environmentálním přínosem takovéto hybridní varianty sanace by bylo odstranění nejproblematičtějších frakcí z lokality a s tím spojená snazší a efektivnější úprava frakcí s nižším stupněm kontaminace v lokalitě. Jistým nedostatkem by opět byl transport materiálu v režimu nakládání s nebezpečným odpadem. Dané variantě sanace lze (s ohledem na způsob konzervace zbylého materiálu v lokalitě) přisoudit stupeň hodnocení 3 až 4 (velmi dobrý až vysoký).

Varianta G2 – Částečná dekontaminace v místě, konzervace

Hlavní výhodou takovéto sanační varianty (dekontaminace znečištěných frakcí termickými metodami) z environmentálního hlediska by bylo dosažení významného

stupně dekontaminace nejznečištěnějších frakcí materiálu nesaturované zóny. S ohledem na způsob následného zakonzervování částečně dekontaminovaného materiálu v lokalitě (až po variantu vytvoření ekokontejmentu či uzavřené kazety) lze uvedené hybridní variantě sanace přisoudit **stupeň hodnocení 3 až 4** (velmi dobrý až vysoký).

Varianta G3 – Selektivní odtěžení a odvoz, konzervace zbytků v místě

Environmentálním přínosem takovéto hybridní varianty sanace by bylo odstranění nejproblematičtějších frakcí z lokality a efektivnější zakonzervování frakcí s nižším stupněm kontaminace v jejich původním stavu v lagunách. Jistým nedostatkem by opět byl transport materiálu v režimu nakládání s nebezpečným odpadem. Dané variantě sanace lze (s ohledem na způsob konzervace zbylého materiálu v lokalitě) přisoudit **stupeň hodnocení 3** (velmi dobrý).

Výsledky provedeného hodnocení posuzovaných sanačních variant z hlediska environmentální bezpečnosti shrnuje následující tabulka 6. Z tabulky je patrné, že nejvyšší stupeň environmentálního hodnocení lze zcela objektivně přisoudit sanačním variantám *OFF SITE*, založeným na úplném odtěžení kontaminovaného materiálu, jeho odvozu z lokality a následné dekontaminaci mimo lokalitu (*varianty C1, C2, C4*). Vesměs vysoké hodnocení je přisuzováno i hybridním sanačním variantám v případě vhodné kombinace jednotlivých sanačních kroků (*varianty G1, G2, G3*). Z variant sanace *ON SITE* pak vysoké environmentální hodnocení vykazují varianty dekontaminace resp. stabilizace znečištěného materiálu v místě s následným zpětným uložením upraveného materiálu do prostoru lagun. Za zcela nevhodující z pohledu environmentální bezpečnosti je možné naproti tomu jednoznačně považovat sanační *varianty B1, D1, D2 a F1*. Proto tyto varianty nebyly dále hodnoceny ve světle dalších parametrů hodnocení.

Specifickým aspektem environmentálního hodnocení jednotlivých sanačních variant je jejich předpokládaný následný dopad na saturovanou zónu, zejména na jakost podzemních vod. Pro posouzení tohoto aspektu bylo použito třístupňové *pomocné kritérium hodnocení PV* na hladině významnosti 1 (významný dopad), 2 (omezený dopad) a 3 (bez dopadu). Z hodnot tohoto kritéria v tabulce 6 je patrné, že

nejmenší až víceméně vyloučené dopady na podzemní vody lze očekávat od sanačních variant založených na principu úplného odstranění kontaminovaného materiálu z lokality (pochopitelně v případě úplného odstranění kontaminovaných frakcí). Významné dopady na podzemní vody je naproti tomu možné předpokládat od sanační *varianty B1*. Hodnocení možných dopadů jednotlivých sanačních variant na saturovanou zónu, především na podzemní vody v lokalitě, provedené cestou odborného odhadu, je ovšem velmi přibližné a – zejména v případě konzervačních variant – přímo závislé na způsobu a úrovni provedení konkrétních konzervačních opatření (PTS, ekokontejnmént, kazeta, stabilizace kontaminantů v materiálu, atd.).

Tabulka 6 - Souhrnný výsledek environmentálního hodnocení sanačních variant

| Posuzovaná varianta sanače | PAR ENVI | PV |
|---|-----------------|-----------|
| B1 - Svrchní nepropustný překryv bez PTS | 1 | 1 |
| B2 - Zapouzdření do ekokontejnmantu | 2 | 2 |
| C1 - Odtěžení, odvoz, dekontaminace technologií TD | 4 | 3 |
| C2 - Odtěžení, odvoz, dekontaminace spalováním | 4 | 3 |
| C4 - Odtěžení, odvoz, vývoz do zahraničí | 4 | 3 |
| D1 - Odtěžení, odvoz, odstranění v nativním stavu | 1 | 3 |
| D2 - Odtěžení, odvoz, odstranění v biologicky upraveném stavu | 1 | 3 |
| D3 - Odtěžení, odvoz, odstranění ve stabilizovaném stavu | 3 | 3 |
| E1 - Odtěžení, dekontaminace technologií TD v místě, zpětné uložení do ekokontejnmantu | 3 | 2 |
| E2 - Odtěžení, dekontaminace spalováním v místě, zpětné uložení do ekokontejnmantu | 3 | 3 |
| F1 - Biologická úprava v místě, zapouzdření do ekokontejnmantu | 1 | 2 |
| F2 - Stabilizace v místě, zapouzdření do ekokontejnmantu | 3 | 3 |
| G1 - Seletivní odtěžení kontaminovaných frakcí, jejich odvoz, v místě zpracování nekontaminovaných frakcí | 3 – 4 | 3 |
| G2 - Kombinace dekontaminace v místě a konzervačních technik | 3 – 4 | 3 |
| G3 - Kombinace seletivního odtěžení a odvozu kontaminovaných frakcí a konzervace zbytků v původním stavu v kazetě | 3 | 2 |

PV - hodnocení sanačních variant z hlediska možných následných dopadů na podzemní vodu

5.3. Hodnocení variant sanace z pohledu ekonomické náročnosti

Hodnocení ekonomické náročnosti (PAR EKO) posuzovaných variant sanace nesaturované zóny OSTRAMO bylo provedeno cestou finanční analýzy, založené na odborném odhadu nákladů na jednotlivé pracovní úkony a nezbytné technické kroky každé z posuzovaných variant sanace s využitím obvyklých jednotkových cen. Do posuzování již nebyly zahrnuty ty varianty, které byly environmentálním hodnocením shledány jako nevhodující (B1, D1, D2, F1). Finanční analýza je uložena v archivu autora studie, v následujícím textu jsou použity z analýzy vyplývající relevantní údaje.

Aby bylo možné finanční náročnost sanačních variant objektivně posoudit, byly jako premisa pro hodnocení zvoleny a použity následující výchozí údaje o posuzované nesaturované zóně:

| | |
|---|------------------------|
| ◦ celková hmotnost kontaminovaných zemin | 400.000 tun |
| ◦ celkový objem kontaminovaných zemin | 222.000 m ³ |
| ◦ specifická hmotnost kontaminovaných zemin | 1,8 t/m ³ |
| ◦ celková plocha lagun R0 + R1 + R2 + R3 | 80.000 m ² |
| ◦ celkový obvod lagun R0 + R1 + R2 + R3 | 1.200 m |
| ◦ mocnost kvarterních vrstev | max. 15 m |
| ◦ mocnost nepropustných sedimentů | min. 100 m |

Pro zjednodušení výpočtů ekonomické náročnosti jednotlivých sanačních variant byly akceptovány následující ekonomicke úvahy:

- Každé posuzované variantě byly na základě hrubého odhadu přisouzeny náklady (více či méně obdobné pro všechny varianty) na technickoadministrativní úkony před zahájením sanace (dokumentace prací, proces EIA, IPPC, aj.) a na úkony po sanaci (rekultivace území, posanacní monitoring, aj.), a to ve výši ca. 100 000 000 Kč; uváděné odhady cen jsou bez DPH.
- Každá s variant řešení nesaturované zóny bude mít určitý vliv na rozsah, způsob a délku sanace saturované zóny, zejména na podzemní vody, což se následně

promítne i do celkových nákladů na řešení sanace lokality *LAGUNY OSTRAMO*. Ze systémového hlediska i z odborných důvodů nejsou tyto náklady promítnuty přímo do cenových odhadů v této studii. Obecně však lze konstatovat, že v případech variant, které nepočítají se zapouzdřením kontaminace saturované zóny do pasivního prvku, budou náklady na sanaci podzemní vody významně vyšší.

V návaznosti na shora uvedené premisy a zjednodušení byly provedeny odhady přibližných nákladových hladin pro jednotlivé sanacní varianty s následujícími výsledky:

Varianta B2 – Svrchní překryv a zapouzdření do ekokontejmentu

Vlastní náklady na realizaci této varianty sanace, po věcné stránce zahrnující rozprostření kontaminovaného materiálu bez jeho jakékoliv úpravy po ploše lagun R1, R2, R3 a R4, překrytí materiálu nepropustnou vrstvou a okolní uzavření materiálu podzemní těsnící vrstvou do hloubky ca. 1 m do nepropustného podloží, lze odhadnout na ca. 300 000 000 Kč. Po přičtení paušálních nákladů 100 000 000 Kč lze tedy celkovou cenu sanace odhadnout na částku ca. **400 000 000 Kč**.

Varianta C1 – Odtěžení, odvoz, dekontaminace technologií tepelné desorpce

Vlastní náklady na realizaci dané sanacní varianty, věcně zahrnující úplné odtěžení kontaminovaných materiálů z lagun, jejich odvoz mimo prostor lagun, externí dekontaminaci technologií tepelné desorpce a uložení dekontaminovaného materiálu jako odpadu kategorie O-ostatní na skládku skupiny S-OO, lze odhadnout na částku ca. 2 000 000 000 Kč. Při započtení paušálních nákladů (100 000 000 Kč) představují celkové náklady na tuto variantu ca. **2 100 000 000 Kč**.

Varianta C2 – Odtěžení, odvoz, dekontaminace spalováním

Vlastní náklady na realizaci varianty C2 sanace, spočívající v úplném odtěžení kontaminovaných materiálů z lagun, jejich odvoz mimo prostor lagun, externí dekontaminaci spalováním a následné uložení dekontaminovaného materiálu jako odpadu kategorie O-ostatní na skládku skupiny S-OO, lze odhadnout na částku ca.

náklady na případnou stavbu příslušného technologického zařízení (uvažována je varianta s případnou aplikací mobilního spalovacího zařízení).

Varianta F2 – Stabilizace v místě, zapouzdření do ekokontejmentu

Náklady na realizaci této varianty sanace, po věcné stránce zahrnující postupné přepracování kontaminovaného materiálu jeho stabilizací vhodnou stabilizační technologií přímo v místě lagun, rozhrnutí stabilizátu po ploše lagun, vytvoření nepropustného překrytí a zapouzdření do ekokontejmentu, lze odhadnout na částku ca. 700 000 000 Kč a po započtení paušální částky 100 000 000 Kč na ca. 800 000 000 Kč.

Varianta G1 – Selektivní odtěžení a odvoz, konzervace zbytků v místě

Náklady na realizaci hybridní varianty sanace G1, po věcné stránce zahrnující odtěžení nejvíce znečištěných frakcí kontaminovaného materiálu (10 až 20 % z celkového množství), jejich odvoz a externí dekontaminaci či úpravu mimo lokalitu, stabilizace a rozhrnutí méně znečištěných frakcí po ploše lagun, vytvoření nepropustného překrytí a zapouzdření do ekokontejmentu, lze odhadnout (po započtení paušální částky 100 000 000 Kč) na ca. 1 100 000 000 Kč.

Varianta G2 – Částečná dekontaminace v místě, konzervace

Náklady na realizaci hybridní varianty sanace G2, po věcné stránce zahrnující částečnou dekontaminaci nejvíce znečištěných frakcí vhodnou technologií (TD, spalování) přímo v lokalitě a následnou stabilizaci materiálu spojenou s jeho rozhrnutím po ploše lagun, vytvoření nepropustného překrytí a zapouzdření do ekokontejmentu, lze odhadnout na částku ca. 900 000 000 Kč a po započtení paušální částky 100 000 000 Kč na ca. 1 000 000 000 Kč.

Varianta G3 – Selektivní odtěžení a odvoz, konzervace zbytků v místě

Náklady na realizaci hybridní varianty sanace G3, po věcné stránce zahrnující odtěžení nejvíce znečištěných frakcí kontaminovaného materiálů (10 až 20 % z celkového množství), jejich odvoz a externí dekontaminaci mimo lokalitu, a konzervaci méně znečištěných frakcí v lagunách v jejich nativním stavu vytvořením kazety, lze (včetně paušální částky) odhadnout na částku ca. 800 000 000 Kč.

2 700 000 000 Kč, po započtení paušálních nákladů a nákladů na sanaci saturované zóny na celkovou částku ca. 2 800 000 000 Kč.

Varianta C4 – Odtěžení, odvoz, vývoz do zahraničí

Realizační náklady *varianty C4*, zahrnující úplné odtěžení kontaminovaných materiálů z lagun, jejich odvoz mimo prostor lagun do zahraničí, vhodnou dekontaminaci a uložení dekontaminovaného materiálu, lze velmi přibližně odhadnout na ca. 2 300 000 000 Kč.

Varianta D3 – Odtěžení, odvoz, úprava stabilizací, odstranění

Vlastní náklady na realizaci *varianty D3* sanace, včně spočívající v úplném odtěžení kontaminovaných materiálů z lagun, jejich odvozu mimo prostor lagun, externí úpravu stabilizací a následném uložení jako odpadu *kategorie O-ostatní* (resp. *kategorie N-nebezpečný* - dle výsledků laboratorní kontroly), je možné odhadnout na ca. 1 100 000 000 Kč (resp. 2 500 000 000 Kč).

Varianta E1 – Odtěžení, dekontaminace technologií TD v místě, zpětné využití

Náklady na realizaci této varianty sanace, po věcné stránce zahrnující postupné odtěžení kontaminovaného materiálu, jeho dekontaminaci vhodnou technologií tepelné desorpce přímo v místě lagun, vrácení upraveného materiálu zpět a jeho rozhrnutí po ploše lagun, vytvoření nepropustného překrytí a zapouzdření do ekokontejmentu, lze odhadnout na částku ca. 1 700 000 000 Kč a po započtení paušální částky 100 000 000 Kč na ca. 1 800 000 000 Kč. V uvedené ceně nejsou započteny náklady na případnou stavbu příslušného technologického zařízení či dodávku a instalaci mobilního zařízení.

Varianta E2 – Odtěžení, dekontaminace spalováním v místě, zpětné využití

Náklady na realizaci *varianty sanace E1*, po věcné stránce zahrnující opět postupné odtěžení kontaminovaného materiálu, jeho dekontaminaci spalováním přímo v místě lagun, vrácení upraveného materiálu zpět a jeho rozhrnutí po ploše lagun, vytvoření nepropustného překrytí a zapouzdření do ekokontejmentu, lze odhadnout na částku ca. 2 300 000 000 Kč a po započtení paušální částky 100 000 000 Kč na ca. 2 400 000 000 Kč. V uvedené ceně nejsou započteny

Shora uvedené finanční částky, přisouzené jednotlivým posuzovaným variantám sanace nesaturované zóny lokality OSTRAMO jsou pochopitelně jen přibližné (jejich nejistotu lze odhadnout na asi $\pm 20\%$) a slouží především k porovnání jednotlivých variant. Také pro hodnocení variant z ekonomického hlediska byla použita následující stupnice 1 až 4: stupeň 1 (náklady nad 2 mld. Kč), stupeň 2 (náklady nad 1,5 mld. Kč), stupeň 3 (náklady nad 1 mld. Kč) a 4 (náklady do 1 mld. Kč). Porovnání jednotlivých variant z ekonomického hlediska uvádí tabulka 7.

Tabulka 7 - Souhrnný výsledek ekonomického hodnocení sanačních variant

| Posuzovaná varianta sanace | PAR EKO | Mld. Kč |
|--|----------------|----------------|
| B2 - Zapouzdření do ekokonteijnmentu | 4 | 0,4 |
| C1 - Odtěžení, odvoz, dekontaminace technologií TD | 1 | 2,1 |
| C2 - Odtěžení, odvoz, dekontaminace spálováním | 1 | 2,3 |
| C4 - Odtěžení, odvoz, vývoz do zahraničí | 1 | 3,0 |
| D3 - Odtěžení, odvoz, odstranění ve stabilizovaném stavu | 1 | 2,5 |
| E1 - Odtěžení, dekontaminace technologií TD v místě, zpětné uložení do ekokonteijnmentu | 2 | 1,8 |
| E2 - Odtěžení, dekontaminace spálováním v místě, zpětné uložení do ekokonteijnmentu | 1 | 2,4 |
| F2 - Stabilizace v místě, zapouzdření do ekokonteijnmentu | 4 | 0,8 |
| G1 - Selektivní odtěžení kontaminovaných frakcí, jejich odvoz, v místě zpracování nekontaminovaných frakcí | 3 | 1,1 |
| G2 - Kombinace dekontaminace v místě a konzervačních technik | 4 | 1,0 |
| G3 - Kombinace odtěžení a odvozu kontaminovaných frakcí a konzervace zbytků v původním stavu v kazetě | 4 | 0,8 |

• PAR EKO - hodnocení variant z ekonomického pohledu

• Mld. Kč - přibližná cena varianty

5.4. Hodnocení variant sanace z pohledu časové náročnosti

Časová náročnost sanace (PAR TIME) nesaturované zóny lokality OSTRAMO je parametr objektivně s nižší váhou posuzování, je mu však z různých stran (MŽP, MF, ČIŽP, KÚ Severomoravského kraje, Město Ostrava, veřejnost) přisuzován různě

vysoký význam. Z obecného pohledu lze konstatovat, že časová náročnost vlastní realizace všech dále posuzovaných sanačních variant (stanovená odborným odhadem na základě obvyklých časových nároků jednotlivých kroků a úkonů) se může pohybovat na hladině 2 až 5 let, přičemž v případě sanačních variant *OFF SITE* významný podíl na celkové době sanace zaujímá nakládání s vymístěnými kontaminovanými materiály mimo lokalitu *OSTRAMO*. K časovému intervalu realizace sanace je nutno navíc přičítat poměrně variabilní dobu, nezbytnou pro projednání zvolené sanační varianty a získání k tomu potřebných souhlasných stanovisek, povolení a podkladů (EIA, IPPC, stavební řízení, vývozní povolení, atd.).

Hodnocení jednotlivých variant sanace (nehodnoceny již vyloučené varianty *B1*, *D1*, *D2*, *F1*) z pohledu časové náročnosti na hladinách 1 (časová náročnost nad 6 let), 2 (nad ca. 4 roky) a 3 (do ca. 4 let) uvádí následující tabulka 8.

Tabulka 8 - Hodnocení sanačních variant dle časové náročnosti

| <i>Posuzovaná varianta sanace</i> | <i>PAR TIME</i> |
|--|-----------------|
| B2 - Zapouzdření do ekokontejmentu | 3 |
| C1 - Odtěžení, odvoz, dekontaminace technologií TD | 3 |
| C2 - Odtěžení, odvoz, dekontaminace spalováním | 3 |
| C4 - Odtěžení, odvoz, vývoz do zahraničí | 3 |
| D3 - Odtěžení, odvoz, odstranění ve stabilizovaném stavu | 2 |
| E1 - Odtěžení, dekontaminace technologií TD v místě, zpětné uložení | 2 |
| E2 - Odtěžení, dekontaminace spalováním v místě, zpětné uložení | 1 |
| F2 - Stabilizace v místě, zapouzdření do ekokontejmentu | 2 |
| G1 - Selektivní odtěžení kontaminovaných frakcí, jejich odvoz, v místě zpracování nekontaminovaných frakcí | 1 |
| G2 - Kombinace dekontaminace v místě a konzervačních technik | 2 |
| G3 – Kombinace selektivního odtěžení a odvozu kontaminovaných frakcí a konzervace zbytků v původním stavu v kazetě | 2 |

Poznámka: Do doby realizace sanačních variant *OF SITE* (*C1*, *C2*, *C3*) není zahrnut čas nezbytný pro provedení operací mimo lokalitu *OSTRAMO*.

5.5. Hodnocení variant sanace z pohledu technické a systémové náročnosti

Technická a systémová náročnost (*PAR TECHS*) variant sanace nesaturované zóny lokality *OSTRAMO* je hodnotící parametr s nižší váhou posuzování. Jednotlivým posuzovaným variantám sanace lze ovšem přiznat různý stupeň náročnosti z pohledu daného parametru (náročnost na technickou přípravu sanace, na zajištění úspěšného průběhu sanace a dopadů sanace po jejím ukončení, náročnost na logistické zajištění sanačního zásahu, atd.), a proto bylo provedeno hodnocení variant i z tohoto hlediska (nehodnoceny již vyloučené *varianty B1, D1, D2, F1*).

Hodnocení jednotlivých posuzovaných variant sanace z tohoto pohledu na hladině 1 (vyšší náročnost) a hladině 2 (nižší náročnost), provedené cestou odborného odhadu, uvádí následující tabulka 9.

Tabulka 9 - Hodnocení sanačních variant dle technické a systémové náročnosti

| Posuzovaná varianta sanace | PAR TECHS |
|--|------------------|
| B2 - Zapouzdření do ekokontejmentu | 2 |
| C1 - Odtěžení, odvoz, dekontaminace technologií TD | 2 |
| C2 - Odtěžení, odvoz, dekontaminace spalováním | 2 |
| C4 - Odtěžení, odvoz, vývoz do zahraničí | 2 |
| D3 - Odtěžení, odvoz, odstranění ve stabilizovaném stavu | 2 |
| E1 - Odtěžení, dekontaminace technologií TD v místě, zpětné uložení | 1 |
| E2 - Odtěžení, dekontaminace spalováním v místě, zpětné uložení | 1 |
| F2 - Stabilizace v místě, zapouzdření do ekokontejmentu | 2 |
| G1 - Selektivní odtěžení kontaminovaných frakcí, jejich odvoz, v místě zpracování nekontaminovaných frakcí | 1 |
| G2 - Kombinace dekontaminace v místě a konzervačních technik | 1 |
| G3 - Kombinace selektivního odtěžení a odvozu kontaminovaných frakcí a konzervace zbytků v původním stavu v kazetě | 2 |

5.6. Hodnocení variant sanace z pohledu legislativních aspektů

Legislativní a společenská průchodnost jednotlivých variant pro sanaci nesaturované zóny *LAGUNY OSTRAMO* představuje poslední z parametrů (*PAR LEG*), použitých pro hodnocení variant. Ve vztahu k platné environmentální legislativě ČR se pochopitelně jedná o významný parametr hodnocení. Protože však žádná z posuzovaných variant sanace není v přímém rozporu s tuzemskými zákony a vyhláškami, těžiště posuzování variant spočívá spíše v hodnocení stupně jejich souladu s dosavadními rozhodnutími ve věci sanace lokality *OSTRAMO* (zejména s aktuálně platným stanoviskem MŽP z roku 2014 – viz Příloha č. 2), včetně jistého respektování názorů veřejnosti na danou problematiku.

Hodnocení jednotlivých posuzovaných variant sanace hlediska (nehodnoceny již vyloučené varianty *B1, D1, D2, F1*) z legislativního pohledu, provedené na hladině 1 a 2 (rozpor, resp. soulad s legislativní průchodností), uvádí následující tabulka 10.

Tabulka 10 - **Hodnocení sanačních variant z pohledu legislativních aspektů**

| Posuzovaná varianta sanace | PAR LEG |
|--|----------------|
| B2 - Zapouzdření do ekokontejmentu | 1 |
| C1 - Odtěžení, odvoz, děkontaminace technologií TD | 2 |
| C2 - Odtěžení, odvoz, děkontaminace spalováním | 2 |
| C4 - Odtěžení, odvoz, vývoz do zahraničí | 2 |
| D3 - Odtěžení, odvoz, odstranění ve stabilizovaném stavu | 2 |
| E1 - Odtěžení, děkontaminace technologií TD v místě, zpětné uložení do ekokontejmentu | 1 |
| E2 - Odtěžení, děkontaminace spalováním v místě, zpětné uložení do ekokontejmentu | 2 |
| F2 - Stabilizace v místě, zapouzdření do ekokontejmentu | 1 |
| G1 - Selektivní odtěžení kontaminovaných frakcí, jejich odvoz, v místě zpracování nekontaminovaných frakcí | 2 |
| G2 - Kombinace děkontaminace v místě a konzervačních technik | 2 |
| G3 - Kombinace selektivního odtěžení a odvozu kontaminovaných frakcí a konzervace zbytků v původním stavu v kazetě | 2 |

6. SOUHRNNÉ HODNOCENÍ VYBRANÝCH SANAČNÍCH VARIANT

Následující část studie proveditelnosti sanace nesaturované zóny lokality *LAGUNY OSTRAMO* shrnuje celkové hodnocení jednotlivých variant sanace. Z hodnocení při tom byly vyřazeny varianty, kterým byl při základním hodnocení přiřazen základní stupeň hodnocení, tj. *varianty A1, A2, C2, E3*, a rovněž varianty, které byly z pohledu environmentální bezpečnosti hodnoceny stupněm 1 (nízká, nevyhovující), tj. *varianty B1, D1, D2, F1*. Při celkovém hodnocení ostatních variant, dle autora studie potenciálně použitelných pro daný účel, byl použit již zmíněný *koeficient váhy* K_v , přisouzený významu a váze jednotlivých hodnotících parametrů. Dominantním parametrem hodnocení, tj. environmentálnímu (*PAR ENV*) a ekonomickému (*PAR EKO*) parametru hodnocení, byl při tom přidělen *koeficient váhy* $K_v = 3$, ostatním méně významným parametry (*PAR TIME, PAR TECHS, PAR LEG*) byl přisouzen *koeficient váhy* $K_v = 1$. Následující tabulky 11, 12 a 13 pak shrnují celkové hodnocení jednotlivých variant sanace; tabulka 11 hodnotí varianty s důrazem na environmentální pohledy (*koeficient* $K_v = 3$ použit pro význam environmentálního hodnocení), tabulka 12 s důrazem na ekonomické pohledy (*koeficient* $K_v = 3$ použit pro význam ekonomického hodnocení) a tabulka 13 uvádí celkové hodnocení při použití *koeficientu* $K_v = 3$ pro oba dominantní hodnotící pohledy.

Z tabulky 11 je patrné, že z preferenčně environmentálního hlediska nejlépe vycházejí *varianty sanace C1, C2 a C4* (varianty založené na odvozu a zpracování kontaminovaného materiálu externím způsobem) a *varianty G1, G2 a G3* (varianty úpravy kontaminovaného materiálu v místě a následné zabezpečení upraveného materiálu cestou vytvoření ekokonteijnmentu resp. kazety). Z tabulky 12 vyplývá, že při preferování ekonomického pohledu lze nejlepší hodnocení přisoudit *variantě B2* (varianta s nízkým environmentálním hodnocením) a *variantám F2, G1, G2 a G3*, tedy variantám, účelně kombinujícím vhodné naložení s kontaminovanými frakcemi materiálu (*OFF SITE, ON SITE*) s následným zabezpečením upraveného (dekontaminovaného, stabilizovaného) materiálu cestou jeho bezpečného zajištění v lokalitě (ekokonteijnmentu, kazeta).

Tabulka 11 - Souhrnné hodnocení sanačních variant s důrazem na parametr PAR ENVI

| Varianta sanace | PAR ENVI | PAR EKO | PAR TIME | PAR TECHS | PAR LEG | Σ |
|--|-----------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|----------|
| B2 - Zapouzdření do ekokontejnmentu | 6 | 4 | 3 | 2 | 1 | 16 |
| C1 - Odtěžení, odvoz, dekontaminace technologií TD | 12 | 1 | 3 | 2 | 2 | 20 |
| C2 - Odtěžení, odvoz, dekontaminace spalováním | 12 | 1 | 3 | 2 | 2 | 20 |
| C4 - Odtěžení, odvoz, vývoz do zahraničí | 12 | 1 | 3 | 2 | 2 | 20 |
| D3 - Odtěžení, odvoz, stabilizace | 9 | 1 | 2 | 2 | 2 | 16 |
| E1 - Odtěžení, dekontaminace technologií TD v místě | 9 | 2 | 2 | 1 | 1 | 15 |
| E2 - Odtěžení, dekontaminace spalováním v místě, zpětné uložení | 9 | 1 | 1 | 1 | 2 | 14 |
| F2 - Stabilizace v místě, ekokontejnement | 9 | 4 | 2 | 2 | 1 | 18 |
| G1 - Selektivní odtěžení, odvoz znečištěných frakcí, v místě zpracování čistých frakcí | 10 | 3 | 1 | 1 | 2 | 17 |
| G2 - Kombinace dekontaminace v místě a konzervačních technik | 10 | 4 | 2 | 1 | 2 | 19 |
| G3 - Kombinace odtěžení a odvozu kontaminovaných frakcí a | 9 | 4 | 2 | 2 | 2 | 19 |

Tabulka 12 - Souhrnné hodnocení sanačních variant s důrazem na parametr PAR EKO

| Varianta sanace | PAR ENVI | PAR EKO | PAR TIME | PAR TECHS | PAR LEG | Σ |
|--|-----------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|----------|
| B2 - Zapouzdření do ekokontejnmentu | 2 | 12 | 2 | 1 | 1 | 18 |
| C1 - Odtěžení, odvoz, dekontaminace technologií TD | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 13 |
| C2 - Odtěžení, odvoz, dekontaminace spalováním | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 13 |
| C4 - Odtěžení, odvoz, vývoz do zahraničí | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 13 |
| D3 - Odtěžení, odvoz, stabilizace | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 12 |
| E1 - Odtěžení, dekontaminace technologií TD v místě | 3 | 6 | 1 | 1 | 1 | 12 |
| E2 - Odtěžení, dekontaminace spalováním v místě, zpětné uložení | 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 11 |
| F2 - Stabilizace v místě, ekokontejnement | 3 | 12 | 2 | 2 | 1 | 20 |
| G1 - Selektivní odtěžení, odvoz znečištěných frakcí, v místě zpracování čistých frakcí | 4 | 9 | 1 | 2 | 2 | 18 |
| G2 - Kombinace dekontaminace v místě a konzervačních technik | 4 | 12 | 1 | 1 | 1 | 19 |
| G3 - Kombinace odtěžení a odvozu kontaminovaných frakcí a | 4 | 12 | 2 | 2 | 2 | 22 |

Z celkového hodnocení jednotlivých sanačních variant (viz tabulka 13), založeného na přidělení koeficientu váhy $K_v = 3$ rozhodujícím parametrům, tj. environmentálnímu a ekonomickému pohledu, pak plyně, že nejvyšší hodnocení vykazují varianty F2, G1, G2 a G3, tzn. vesměs varianty, které environmentálně účelně a ekonomicky přijatelně kombinují úpravu kontaminovaného materiálu přímo v místě s následným sofistikovaným zabezpečením upraveného (dekontaminovaného, stabilizovaného) materiálu v prostoru lagun. (ekokontejnment, kazeta, apod.). Za výhodu takovýchto postupů lze považovat i jejich pozitivní dopady na saturovanou zónu a podzemní vody v lokalitě LAGUNY OSTRAMO (pravděpodobně bez nutnosti navazující sanace nesatuřované zóny) a možnost úměrného využití sanované lokality po její rekultivaci s ohledem na lokalizaci daného území v kontextu jejího okolí.

Tabulka 13 - Souhrnné hodnocení sanačních variant s důrazem na environmentální a ekonomické parametry PAR ENVI a PAR EKO

| Varianta sanace | PAR ENVI | PAR EKO | PAR TIME | PAR TECHS | PAR LEG | Σ |
|--|-------------|------------|-------------|--------------|------------|----------|
| B2 - Zapouzdření do ekokontejnmentu | 6 | 12 | 2 | 1 | 1 | 22 |
| C1 - Odtěžení, odvoz, dekontaminace technologií TD | 12 | 3 | 2 | 2 | 2 | 21 |
| C2 - Odtěžení, odvoz, dekontaminace spalováním | 12 | 3 | 2 | 2 | 2 | 21 |
| C4 - Odtěžení, odvoz, vývoz do zahraničí | 12 | 3 | 2 | 2 | 2 | 21 |
| D3 - Odtěžení, odvoz, stabilizace | 9 | 3 | 2 | 2 | 2 | 19 |
| E1 - Odtěžení, dekontaminace technologií TD v místě, ekokontejnment | 9 | 6 | 1 | 1 | 1 | 18 |
| E2 - Odtěžení, dekontaminace spalováním v místě, uložení v ekokontejnmentu | 9 | 3 | 1 | 2 | 2 | 17 |
| F2 - Stabilizace v místě, ekokontejnment | 9 | 12 | 2 | 2 | 1 | 26 |
| G1 - Selektivní odtěžení, odvoz znečištěných frakcí, v místě zpracování čistých frakcí | 10 | 9 | 1 | 2 | 2 | 24 |
| G2 - Kombinace dekontaminace v místě a konzervačních technik | 10 | 12 | 1 | 1 | 1 | 25 |
| G3 - Kombinace odtěžení a odvozu kontaminovaných frakcí a | 9 | 12 | 2 | 2 | 2 | 27 |

7. ZÁVĚR

Na základě požadavku Ministerstva financí ČR byla vypracována studie proveditelnosti sanace nesaturované zóny lokality *LAGUNY OSTRAMO*, navazující na aktuální stav odstraňování staré ekologické zátěže v dané lokalitě. Pro zpracování studie byly použity především poměrně rozsáhlé technické podklady o sanované lokalitě a o dosavadním průběhu sanace a s tím souvisejících problémech, poskytnuté zadavatelem studie. Další podklady, relevantní pro řešenou problematiku, byly autorem studie získány z jiných zdrojů, mj. vyplýnuly i z výsledků řešení dílčího projektu *Metodická změna č. 22*, jehož byl autor studie spoluřešitelem. Akceptovány byly rovněž mnohé konkrétní i obecné poznatky a zkušenosti, vyplývající z dosavadního průběhu a výsledků odstraňování starých ekologických zátěží v ČR v posledních ca. 20 letech, a významným impulzem pro zpracování studie se staly i diskuse s řadou odborníků v daném oboru.

Z analýzy obecně možných způsobů sanace nesaturované zóny vyplynulo, že teoreticky existuje poměrně široké spektrum sanačních metod a postupů využitelných pro daný účel, navzájem se ovšem lišících technickou podstatou, výsledným efektem sanačního zásahu i náklady na jeho realizaci. Na podkladě rozboru environmentálních, ekonomických a dalších parametrů jednotlivých obecně využitelných sanačních variant jich byla hned při úvodním hodnocení řada vyřazena, neboť – dle názoru posuzovatele – nesplňovaly požadavky na alespoň základní řešení sanace nesaturované zóny. Zbývající potenciální varianty sanace byly podrobeny komplexnímu posuzování z hlediska souboru k tomu zvolených parametrů a kritérií (environmentální, ekonomické, časové, technické, legislativní) na k tomu zvolených hodnotících hladinách. Při souhrnném hodnocení jednotlivých variant sanace byl s ohledem na odlišný význam jednotlivých použitých parametrů hodnocení využit tzv. *koefficient váhy*, přisuzující v hodnocení rozhodující váhu environmentálním a ekonomickým parametru variant sanace. Výsledky provedeného posuzování, dle názoru autora studie, na dostupné míře objektivity ve světle stávajících informací o lokalitě *LAGUNY OSTRAMO* charakterizují výhody a

nevýhody jednotlivých posuzovaných variant sanace (včetně možných dopadů posuzovaných variant na saturovanou zónu, zejména na podzemní vody).

Vypracovaná studie proveditelnosti si pochopitelně nečiní žádné nároky na zvýhodňování, potlačování či preferování jakékoli posuzované varianty sanace. Může tak být vhodným podkladem a objektivním informačním zdrojem pro další rozhodování o způsobu sanace nesaturované zóny dané lokality i pro celkové řešení a dokončení odstraňování staré ekologické zátěže *LAGUNY OSTRAMO*. Je při tom věcí každého potenciálního hodnotitele předložených posuzovaných variant sanace nesaturované zóny *OSTRAMO*, jaké své, subjektivní či vnějšími podmínkami objektivizované pohledy (preference, váhy přisuzované jednotlivým použitým kritériím hodnocení, apod.), do svého hodnocení promítne.

Z pohledu objednatele studie coby investora nápravných opatření v lokalitě *LAGUNY OSTRAMO* pak je důležité do celkového řešení dané staré ekologické zátěže účelně (technicky a ekonomicky) zahrnout i průniky jednotlivých variant sanace nesaturované zóny do sanace saturované zóny, zejména do sanace a monitoringu podzemní vody v lokalitě. Toto může významným způsobem (spolu s řešením problematiky tzv. nadbilančních kalů) výrazně ovlivnit celkový finanční a časový rámec realizace nápravných opatření.

Žichlice, 23. června 2015

Přílohy:

Příloha č. 1 - Situační schéma lokality *LAGUNY OSTRAMO* (3 obrázky)

Příloha č. 2 - Stanovisko MŽP z 28.3. 2014

Znalecká doložka:

Znalecký posudek jsem vypracoval jako znalec jmenovaný rozhodnutím Krajského soudu v Plzni, č.j. Spr 1094/80 ze dne 8.4.1980 v oboru chemie (analytická chemie, materiálová problematika aj.), a rozhodnutím Krajského soudu v Plzni, č.j. Spr 1482/98 ze dne 20.11.1998 v oboru ochrana přírody (ochrana a poškozování složek životního a pracovního prostředí, nakládání s odpady, aj.). Posudek byl zapsán pod č. 98/15 do znaleckého deníku jeho autora.

Seznam použitých podkladů

1. Analýza rizika ekologické zátěže skládky odpadů DIAMO, s. p. (tzv. laguny OSTRAMO), AQ-test, spol. s r.o., 1999.
2. Doprůzkum skládky odpadů DIAMO, s. p. (tzv. laguny OSTRAMO), Geologický průzkum Ostrava a.s., 2001.
3. Studie proveditelnosti sanace lagun Ostramo, CH2M Hill International Services, 2001
4. Realizační projekt – Nápravná opatření – laguny OSTRAMO, sdružení „Sdružení ČISTÁ OSTRAVA“, 2005 a schválené metodické změny č. 1 až 19 tohoto projektu.
5. Dokumentace pro stavební povolení „Nápravná opatření – laguny OSTRAMO II.etapa“, Hutní projekt Frýdek Místek a.s., 08/2008.
6. Nápravná opatření – laguny Ostramo - Závěrečná zpráva z průzkumných prací pro identifikaci solanek, AQUATEST a.s., 2012.
7. Projekt dokončení sanace – laguny Ostramo, ARTECH, 2012 (včetně příloh).
8. Aktualizovaná analýza rizika - laguny OSTRAMO, ET CONSULTING s.r.o., 2012.
9. „Polohopisné a výškopisné zaměření laguny OSTRAMO částí R2,R3 a geobaly a nadstítné“, ke dni 13.12.2011, GEOINVENT s.r.o.
10. Návrh metodické změny č 18 - Realizační projekt – Nápravná opatření – laguny OSTRAMO, sdružení „Sdružení ČISTÁ OSTRAVA“, 2012.
11. Souhrnná zpráva dosud realizovaných prací, Nápravných opatření – laguny Ostramo, „Sdružení ČISTÁ OSTRAVA“, 2012.
12. Expertní posouzení nových skutečností při projektové přípravě, výstavbě a provozu nepřímé termické desorpce v rámci nápravných opatření v prostoru lagun OSTRAMO s návrhem dalšího řešení (Ing. Karel Bičovský, znalecký posudek č. 134/12).
13. Návrh metodické změny č 21 - Realizační projekt – Nápravná opatření – laguny OSTRAMO, sdružení „Sdružení ČISTÁ OSTRAVA“, 2012.
14. „Odstranění nadbilančních kalů z lagun Ostramo“, Studie proveditelnosti, CZ BIJO a.s., prosinec 2013.
15. Závěrečná zpráva MZ22 : „Podpora projektového dořešení úprav technologie ITD, Závěrečná zpráva prací v rámci Metodické změny č. 22 projektu NOLO“, CZ BIJO a.s., květen 2014.
16. Konzultace se zhotovitelem prací MZ č. 22.
17. Stanovisko MŽP k realizaci nápravných opatření vedoucích k odstranění staré ekologické zátěže „Laguny Ostramo“ v Ostravě – Mariánských Horách“, 28. 3. 2014, č.j.: 21534/ENV/14.
18. Archiv zpracovatele posudku.