

Závěrečná zpráva

projektu geologických prací

(Smlouva o dílo č. MŽP-OG- 36/07/GP, č. ú. ČGS 6372)



Vliv těžby, úpravy a zpracování nerostných surovin na životní prostředí

Vedoucí projektu : RNDr. Petr Rambousek

Zprávu sestavili :
RNDr. Petr Rambousek
Doc. RNDr. Bohdan Kříbek, DrSc.
RNDr. Zdeňka Petáková
RNDr. Michal Poňavič
Ing. Ilja Knésl
RNDr. Zuzana Skácelová
Mgr. Veronika Kopačková

Česká geologická služba

Praha, září 2009

Obsah:

Úvod	3
1.0 Úkol a údaje o území	4
1.1 Základní identifikace projektu.....	4
1.2 Stav problematiky a cíl geologických prací	4
1.3 Stav legislativy v problematice sledování vlivů těžby.....	5
1.4 Vymezení hlavních plánovaných přínosů projektu	8
2.0 Provedené geologické práce	9
2.1 Rozsah a objem geologických prací	9
2.2 Použité metodiky.....	10
2.3 Počty, druhy a způsob odběru vzorků, měření a pozorování	11
2.4 Způsob lokalizace geologických prací (vzorků, měření).....	12
2.5 Střety zájmů chráněných zvláštními právními předpisy.....	12
3.0 Výsledky provedených prací.....	12
3.1 Přehled výsledků jednotlivých dílčích úkolů	12
3.1.1. DÚ1 : Kontaminace půd, řečištních sedimentů a vegetace radionuklidy a vybranými těžkými kovy v okolí starých hald na Žacléřsku se zvláštním zřetelem k úloze produktů zvětrávání fosilní organické hmoty při retenci těžkých kovů	12
3.1.2. DÚ2: Mapování starých zátěží po těžbě rtuti a jejím technologickém užití na území ČR	14
3.1.3. DÚ3: Výtok sirných důlních vod z historických dobývek polymetalických rud v okolí Ratibořických Hor na Táborsku, mobilita vybraných těžkých kovů	15
3.1.4. DÚ4 : Vymezení kontaminace půd, řečištních sedimentů a vegetace těžkými kovy v okolí vybraných skláren v České republice.	16
3.4.5. DÚ5: Upřesnění ploch s vyšším podílem přirozených radioaktivních prvků (K, U, Th) v místech dřívější průzkumné těžby uranových rud v Krkonoších	17
3.1.6. DÚ6: Detekce a diskriminace hlavních polutantů vyhodnocením superspektrálních satelitních dat Aster a tvorba spektrální knihovny v oblasti Sokolovska.	18
3.2 Výčet publikačních výstupů	19
4.0 Závěry a doporučení	20
4.1. Využitelnost výsledků s ohledem na záměr.....	20
4.2. Problémy, které je nutno dořešit.....	21
4.3. Srovnání přínosů s projektovaným záměrem.....	21
4.4 Možné přínosy pro legislativu a normy	21
4.5 Doporučení aplikace metodiky , event. návrh následných projektů	22
5. Čerpání finančních prostředků za poslední rok řešení	22
6. Místo a způsob uložení hmotné dokumentace	23
7. Seznam literatury, archivních materiálů, podkladů z webu	24
Seznam příloh:	24

Úvod

Historický vývoj na území naší republiky je úzce svázán s rozvojem hornictví a úpravou nerostných surovin. Těžba nerostných surovin provází naši společnost od nejstarších, historicky datovaných období až po současnost. Během doby se rozvíjely specifické potřeby surovin, technik jejich získávání a množství jejich spotřeby. Těžba nerostných surovin přinesla do našeho území prosperitu, rozvoj nových městských aglomerací, rozvoj technologií i pokrok v tvorbě legislativních kodexů. Na druhé straně je nutno si uvědomit, že hornická činnost zanechala v krajině výrazné stopy. Vizuelně vnímáme především ty pozůstatky těžby, které se projevují především na morfologii krajiny odvaly, propady či těžebními řezy lomů. Další skupinu tvoří ty jevy, které nejsou na první pohled zřetelné. Jsou jimi především znečištění podzemních a povrchových vod, kontaminace půdy a ionizující záření. Především identifikaci a výzkumu těchto jevů, za použití nových technik, je na typových lokalitách věnována práce autorského kolektivu, který předkládá tuto závěrečnou zprávu.

1.0 Úkol a údaje o území

1.1 Základní identifikace projektu

Název projektu: Vliv těžby, úpravy a zpracování nerostných surovin na životní prostředí (reg. č. MŽP-OG- 36/07/GP, č. ú. ČGS 6372)

Řešené území – území ČR

Objednatel: OG OOHPP MŽP ČR – aktuální stav

Řešitelská organizace: Česká geologická služba, Klárov 3, 118 Praha 1

Odpovědný řešitel: RNDr. Petr Rambousek, odb. ložisek nerostných surovin

Řešitelé DÚ: Doc. RNDr. Bohdan Kříbek, DrSc.

RNDr. Zdeňka Petáková

RNDr. Michal Poňavič

Ing. Ilja Knésl

RNDr. Zuzana Skácelová

Mgr. Veronika Kopačková

1.2 Stav problematiky a cíl geologických prací

Problematika antropogenního znečištění těžbou, především acidita prostředí (Acid Mine Drainage – AMD), je v principu stará jako systematická těžba sulfidických rud. Příkladem řešení snah o eliminaci jsou ochranná opatření na těžebných pyritových ložiskách v Čechách, např. v Lukavici u Chrudimi (Vodička 1953, Rambousek, Pošmourný 2008). Systematický výzkum mechanismů AMD, a s tím provázející kontaminaci dalšími toxickými prvky, započal v 70. letech minulého století. U nás v souvislosti s rozvojem geochemických metod a větším zaměřením na ochranu přírody se výzkum kontaminací, způsobených těžbou rozvíjí v 80. letech. Během 90. došlo k obrovskému rozvoji geochemických metodik v souvislosti s útlumem těžby a zajištěním území dotčených těžbou a dále se zdokonalilo přístrojové vybavení, které umožnilo využití dalších nových postupů pro monitoring a detekci kontaminace v územích dotčených těžbou. Po roce 2000 dochází ve světě i k bouřlivému rozvoji metod dálkového průzkumu v souvislosti s novými generacemi citlivých senzorů. Právě díky mezinárodně řešené problematice odpadů z těžby se jí podařilo aplikovat i v našich podmínkách a dále rozvíjet.

Podobný vývoj, ale soustředěný do kratšího časového intervalu, prodělala problematika měření radionuklidů v životním prostředí. V současnosti díky citlivým analytickým metodám zaznamenáváme i systematický výzkum zátěže potravinového řetězce toxickými prvky a radionuklidy. Problém znečištění toxickými prvky ze zpracování nerostných surovin je též velice mladou aktuální problematikou, zakotvenou i mezinárodně ve Směrnici EU č. 2006/21/ES o nakládání z odpady z těžby.

Naším cílem projektu byl výzkum projevů těžby a úpravy nerostných surovin na životní prostředí na typových lokalitách s využitím nových metodik a technologií. Společným jmenovatelem je zátěž těžbou a zpracováním nerostných surovin v různých časových horizontech, sledování kontaminantů a zákonitostí jejich šíření v horninovém prostředí. Náplní je sledování kontaminací v půdě, vodě, potočních sedimentech a sledování potenciálního ovlivnění potravinového řetězce.. S výsledky je seznamována česká i zahraniční odborná veřejnost formou zpráv a veřejných publikací v odborných časopisech, na konferencích a odborných seminářích. Výstupy sledují i zaváděnou legislativu EU o odpadech z těžebního průmyslu a připravovanou směrnici o znečištění půd a mohou tvořit jejich odbornou podporu při implementaci. Vyvíjené a aplikované metodické postupy budou

sloužit orgánům životního prostředí a státní báňské správě k optimálnějšímu zadávání studií pro monitoring horninového prostředí postiženého těžbou nerostných surovin. Projekt byl koncipován jako modulární s dobou řešení 2,5 roku..

1.3 Stav legislativy v problematice sledování vlivů těžby

Legislativa k hodnocení kontaminace těžební činností je věcí interdisciplinární a relativně rozsáhlá. Komplexní zhodnocení této problematiky a rozbor jednotlivých právních norem všech stupňů na národní a evropské úrovni je spíše námětem pro samostatnou studii. Na tomto místě považujeme za nutné se zastavit u některých, relativně nových právních aspektů, dotýkajících se problematiky vlivu těžby na životní prostředí.

K částečnému komplexnímu pohledu směřuje implementace směrnice EP a Rady č. 2006/21/ES o nakládání s odpady z těžebního průmyslu. Vzhledem k tomu, že svým rozsahem a legislativně definovanými podmínkami geochemického a hydrogeochemického monitoringu horninového prostředí dotčeného těžbou a úpravou nerostných surovin je tato právní norma jedinou, která konkrétně hovoří o riziku kontaminace v souvislosti s těžbou a úpravou nerostných surovin. Proto jí zde bude věnován širší prostor. Možnosti její praktické implementace a podpory v našich podmínkách byly jedním z cílů projektu. Problémem bylo, že díky parlamentním legislativním řízením byla české implementace v podobě Zák. 157/2009 přijata až 4. června 2009, tedy v závěru projektu. Prováděcí vyhlášky ČBÚ č. 428/2009 Sb. (o provedení některých ustanovení výše uvedeného zákona, mimo jiné o vytváření finanční rezervy na eliminaci případných škod) a vyhláška ČBÚ č. 429/2009 Sb. (o náležitostech plánu nakládání s těžebním odpadem, limitech obsahu nebezpečných látek apod.) byly legislativně přijaty až po ukončení projektu. Po celou dobu řešení však byla situace konzultována s pracovníkem ČBÚ (ing. Jan Kaňka) a byla sledována odborná diskuse v této problematice.

Horní zákon č. 44/1988 Sb. v jeho aktuálním znění nezná termín odpad z těžby, v ustanovení § 4 považuje opuštěné odvaly, výsypky a odkaliště vzniklé hornickou činností za ložiska nerostů. Proto se na ukládání produktů hornické činnosti na odvalech, výsypkách a odkalištích na základě ustanovení § 2 odst. 1 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, nevztahoval režim zákona o odpadech. Ustanovení § 30 odst. 3 horního zákona ukládá báňské organizaci ukládat skryvkové hmoty a hlušiny a podle možnosti je účelně využívat. Ustanovení § 31 horního zákona ukládá báňské organizaci zajistit sanaci a rekultivaci pozemků dotčených těžbou – to se plně týká odvalů, výsypek a odkališť. K tomu je uloženo vytvářet finanční rezervy na sanaci a rekultivaci.

Ustanovení § 4 odst. 1 vyhlášky č. 104/1988 Sb., o hospodárném využívání výhradních ložisek, o povolování a ohlašování hornické činnosti a ohlašování činnosti prováděné hornickým způsobem, ve znění pozdějších předpisů, ukládá báňské organizaci zjišťovat a evidovat množství hmot ukládaných na odvalech, výsypkách a odkalištích.

V ustanovení § 2 odst. 2 vyhlášky č. 492/1997 Sb., o evidenci zásob výhradních ložisek nerostů, se zásoby ložiska, které nebyly využity, ale s hlušinou vyvezeny na odvaly nebo výsypky považují za těžební ztráty.

Zákon č. 289/1995 Sb. a jeho novely, o lesích, vymezuje lesy rostoucí na odvalech a výsypkách jako lesy ochranné.

Příloha č. 7 vyhlášky č. 13/1994 Sb., o upravení podrobností ochrany zemědělského půdního fondu, stanovuje, že součástí plánů rekultivace těžbou dotčeného území musí být deklarován rozsah odvalů a výsypek a technický postup při jejich rekultivaci.

Provoz odvalů a odkališť se až donedávna neřídil pravidly (Kaňka 2009), která by řešila celou problematiku kompletně. Bílá místa v odpadové legislativě a nakládání s těžebními odpady nyní řeší zákon č. 157/2009 Sb., o nakládání s těžebním odpadem a o změně některých

zákonů (dále jen "zákon"), který zavedl do českého práva směrnici EP a Rady 2006/21/ES o nakládání s odpadem z těžebního průmyslu.

Přijetím zákona byla doplněna řada platných předpisů, které se zabývají problematikou provozu odvalů a odkališť jako míst, kam je ukládán odpad. S pojmy odval nebo odkaliště však zákon přímo nepracuje. Zavádí pro ně nový pojem - "úložné místo", která rozdělují do dvou rizikových kategorií. I. kategorií tvoří nebezpečné odpady a riziková úložiště. Kategorii II. ostatní úložná místa. Zákon se přímo nevztahuje na nakládání s odpadem po těžbě radioaktivních nerostů. I nadále platí požadavky na provoz odvalů a odkališť ve smyslu současných právních norem.

Nově zavedený pojem "těžební odpad" musí splňovat 2 podmínky. Jednak se musí jednat o odpad, kterého se provozovatel zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se ho zbavit. Za druhé musí tento odpad vznikat při činnostech uvedených v § 2 odst. 1 písm. a) nebo b). Pokud je obdobný materiál prodán jako skutečný katalogový odpad anebo použit jako výrobek ve smyslu příslušných nařízení vlády, zákon o těžebních odpadech se na takový odpad nevztahuje.

Pro činná úložná místa zákon stanovuje plány nakládání s odpadem. Provoz úložného místa budou povolovat OBÚ, neboť tyto úřady povolují i další hornickou činnost. Povinností OBÚ bude informovat veřejnost v rámci povolovacího řízení (§ 9 odst. 5) prostřednictvím portálu veřejné zprávy. Účast veřejnosti se řídí správním řádem a zákonem o ochraně přírody a krajiny. Zákon pamatuje i na případné nepříznivé přeshraniční dopady nakládání s těžebními odpady. Kompetence jsou zde stanoveny především pro ČBÚ. Jedná-li se úložné místo kategorie I, může se k povolovacímu řízení vyjadřovat i veřejnost jiného státu. I nadále ale bude platit, že pro ukládání jiných odpadů než těžebních do vytěžených prostor platí směrnice skládková, zavedená vyhláškou č. 294/2005 Sb. Do povrchových vod bude možno ukládat těžební odpady jen v podobě kalů, a to navíc jen při splnění podmínek stanovených vodním zákonem.

Provozovatel po ukončení provozu úložného místa je povinen kontrolovat jeho geotechnickou a chemickou stabilitu a minimalizovat negativní vliv na životní prostředí, zejména s ohledem na podzemní a povrchové vody. Zajistí pravidelný monitoring, není-li určeno jinak, podává každé 2 roky zprávu o výsledcích monitoringu báňskému úřadu. Zákon zavazuje provozovatele předcházet tvorbě průsaků a znečištění povrchových a podzemních vod a půdy těžebním odpadem, popřípadě tvorbu průsaků a znečištění vod minimalizovat (zde je promítnut zákon o předcházení újmám).

Novinkou je i to, že provozovatel je povinen tvořit finanční rezervu pro případ havárie, tvorba této rezervy je úměrná předpokládaným nákladům na sanaci potenciálních škod, vyplývajících z modelové rizikové analýzy, schválené Českým báňským úřadem. V souvislosti s tím je provozovatel povinen vytvořit havarijní plán pro úložiště I. kategorie.

V § 16 zákona je řešeno zahlazování hornické činnosti, kdy jsou vytěžené prostory při rekultivačních nebo stavebních pracích vyplňovány zpětně těžebním odpadem. Provozovatel přitom musí zajistit stabilitu těžebního odpadu, předcházet znečištění půdy a vod a zajistit monitorování.

Úkoly kontrolních orgánů veřejné správy jsou definovány v § 17 zákona, kde hlavním pověřeným orgánem je Český báňský úřad a obvodní báňské úřady.

Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s Českým báňským úřadem zjišťuje výskyt uzavřených úložných míst a opuštěných úložných míst, která mají nebo by mohla mít závažný nepříznivý vliv na životní prostředí nebo lidské zdraví a vede registr úložných míst a zajišťuje jeho pravidelnou aktualizaci. Vedením registru může pověřit jinou právnickou osobu, v tomto případě ČGS-Geofond. Lhůta pro jeho zveřejnění je dána odstavcem 3 §24 do 1.5. 2012.

Úloha krajských úřadů je ve vypracování či úpravě havarijních plánů na základě podkladů provozovatele a v zapracování, v součinnosti s provozovatelem, do havarijního plánu kraje opatření pro omezení rizik vyplývajících z provozu úložného místa kategorie I.

Paragrafy 18 a 19 popisují kontrolní činnost orgánů v rozsahu své působnosti a sankce za správní delikty.

Zajímavostí a specifikem české legislativní implementace je paragraf 24, který jediný v zákoně uvádí konkrétní hodnoty. Týká se obsahu kyanidů v těžebním odpadu, obsahy jsou limitovány legislativními lhůtami. Hodnoty jsou následující:

- a) 50 ppm ode dne nabytí účinnosti tohoto zákona,
- b) 25 ppm ode dne 1. května 2013,
- c) 10 ppm ode dne 1. května 2018,
- d) 10 ppm u úložných míst povolených ode dne nabytí účinnosti tohoto zákona.

Přijetí zákona o těžebním odpadu si vyžádalo i dílčí změnu zákona č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon). Dochází zejména k zakotvení výslovné kompetence obvodních báňských úřadů k povolování staveb úložných míst (s výjimkou odkališť) mimo hranice těžby. Bylo třeba novelizovat vodní zákon vzhledem k tomu, že mezi povolované činnosti podle vodního zákona se dostává i ukládání těžebního odpadu do povrchových vod (ty jsou definovány v § 2 vodního zákona), dále je to souhlas ke stavbám, k nimž není třeba povolení podle vodního zákona a které mohou ovlivnit vodní poměry, což tedy budou úložná místa - odkaliště. Krajské úřady budou navíc stanovovat podmínky i pro vypouštění průsaků z úložných míst. Spolu s přijetím zákona o těžebních odpadech bylo třeba novelizovat rovněž zákon o odpadech. Jedná se o dílčí zpřesnění zákona z hlediska terminologického i věcného, a o jeho provázání s nově přijatým zákonem o těžebních odpadech.

Kaňka (2009) konstatuje, že na území ČR existuje cca 8500 objektů, z nichž 400 by mohlo být v kategorii nebezpečných. Ze starší publikace Dvořáka, Brádlarové a Kaňky (2004) vyplývá odhad že v ČR je na odvalech, výsypkách a odkalištích uloženo více než 75 miliard m³ hmot vzniklých při hornické činnosti a to ve všech regionech ČR. Rozložení v jednotlivých regionech ukazuje přehled dle správních obvodů OBÚ (odpovídající roku 2004).

OBÚ	Počet odvalů (n)	Objem odvalů (tis. m ³)	Počet výsypek (n)	Objem výsypek (tis. m ³)	Počet odkališť (n)	Objem odkališť (tis. m ³)
Brno	210	22 072			25	18 859
Kladno	70	57 400	7	1 005	1	3 500
Liberec	29	4 724			3	22 841
Most	11	719	22	1 841 052	3	2 050
Ostrava	19	45 274 054	11	8 213 219	32	14 518 650
Plzeň	4	752 000	3	953 500	13	1 449 000
Příbram	432	42 402			18	32 539
Sokolov	7	1 087	35	1 905 093	4	1 973
Trutnov	19	55 252	1	8 050	6	26 977
Celkem ČR	801	46 209 710	79	12 921 919	105	16 076 389

Vlastní vyhodnocení kontaminantů v půdách a zeminách vychází z účelu sledování zájmových složek.

Pro hodnocení toxicity haldového materiálu byla použita legislativní vyhláška MŽP č. 376/2001 Sb o toxicitě odpadů, kde jsou jednotlivé testovací postupy normalizovány a je možno provádět nezávislá srovnání.

V rámci vyhodnocování starých zátěží je užíván Metodický pokyn MŽP z 31.7. 1996, zveřejněného ve Věstníku MŽP 3/1996. V tomto pokynu jsou vymezena kritéria znečištění v kategoriích A,B,C pro zeminy, podzemní vody a půdní vzduch.

V oblasti půdy je novinkou vyhláška MŽP č. 17/2009 Sb. o zjišťování a nápravě ekologické újmy na půdě v návaznosti na Zák. č. 167/2008 o předcházení ekologické újmy a její nápravě. Stanoví metody a způsob zpracování analýzy rizik, způsob hodnocení vhodnosti a proveditelnosti nápravných opatření a vymezení cílů nápravných opatření. Vymezuje způsob posouzení účinků na lidské zdraví a dále posouzení těchto rizik plynoucích z přímého nebo nepřímého látek na zemský povrch nebo pod něj. Součástí je příloha s osnovou Závěrečné zprávy o průzkumu ekologické újmy na půdě, která je přízpusobenou osnovou zprávy o geologických pracích.

Znečištění z průmyslové činnosti je kodifikováno Nařízením vlády č. 145/2008, které stanovuje seznam znečišťujících látek a prahových hodnot pro ohlašování integrovaného registru znečišťování životního prostředí.

Hodnocení kontaminace neznámého původu, či přírodního pozadí, je srovnáváno s údaji Vyhlášky 13/1994 Sb. a její přílohy o úpravě podrobností zemědělského půdního fondu. K porovnání jsou používány i hodnoty Beneše (1993,1994): Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí, kde jsou udávány průměrné hodnoty a vymezeny mezní hodnoty pro půdu a vodu.

Problém důlních vod, jako jednoho z hlavních médií přenosu kontaminace, je obecně odvozen v Zák č. 44/1988 Sb. (horní zákon). Pojem důlních vod vymezuje též Zák. č.254/2001 o vodách a změně některých zákonů (vodní zákon), v jeho příloze 1 jsou vyjmenovány zvláště nebezpečné a nebezpečné látky. Grmela a Blažko (2004) při diskusi o důlních vodách podotýkají, že mnohotvárnost forem důlních vod je příčinou problémů s vytvořením jednoduché definice, která by jednoznačně vystupovala v báňské, vodohospodářské, odpadové i environmentální legislativě. Důsledkem uváděné specifické tvorby důlních vod vzniká v jejich hodnocení problém nejen mezirezortní, ale také problém interdisciplinární, například mezi přírodními vědami a technickými (báňskými) vědami. Za příslušnými ustanoveními zákonů o nakládání s důlními, resp. „zvláštními“ vodami, je totiž potřebné vidět různé odborné aspekty, týkající se např. lokalizace a charakteru důlních děl, jejich odvodňovacího účinku a vlivu na změny hydrogeologických a hydrochemických poměrů ložiskového území. Kvalita a množství důlních vod se v době aktivní těžby ložiska často velmi výrazně liší od stavu po ukončení těžby a opuštění ložiska, jejich zařazení však již ne. Z celé řady dotýkajících se zákonů a vyhlášek má pro problematiku projektu největší význam Nařízení vlády č. 61/2003 o ukazatelích a hodnocení přípustného znečištění povrchových a odpadních vod. V části přílohy B jsou uvedeny emisní limity průmyslových vod pro těžbu nerostných surovin (uhlí, uranu, rud a stavebních surovin) a dále emisní standardy jednotlivých nebezpečných prvků.

1.4 Vymezení hlavních plánovaných přínosů projektu

Hlavními přínosy projektu, sjednocujícími rozdílné metodiky, mechanismy dotčení území a metody indikace narušení území, jsou kromě konkrétního kontaminačního zmapování území především typové metodiky. Ty by měly sloužit k posuzování podobně postižených lokalit a k volbě optimálních postupů a technik při identifikaci a monitoringu následku těžby v

horninovém prostředí. Konkrétněji je pojednáno o jednotlivých přínosech v rámci charakteristiky řešených dílčích projektů.

Z hlavních očekávaných přínosů uvádíme:

- *upřesnění metodiky zjišťování kontaminace radiogenními izotopy na místech dotčených těžbou radioaktivních surovin*
- *zjištění mechanismů akumulace toxických prvků v horninovém prostředí dotčeném těžbou či úpravou nerostných surovin a možnosti migrace kontaminantů do biomasy (potravinového řetězce)*
- *mechanismy redox prostředí na povrch vytékajících důlních vod*
- *upřesnění metodik mapování území s historickou těžbou či využíváním rtuti pro upravnářské účely*
- *využití analýzy spekter hyperspektrálních a superspektrálních snímků dálkového průzkumu Země pro identifikaci a monitoring území postižených povrchovou těžbou uhlí*
- *vybudování etalonové spektrální knihovny pro území dotčená povrchovou těžbou uhlí, která by mohla být navržena jako průmyslový vzor*

2.0 Provedené geologické práce

2.1 Rozsah a objem geologických prací

Práce probíhaly v 6 samostatných dílčích úkolech, metodika a specifika prací odpovídala řešenému tématu. Podrobněji jsou jednotlivá témata dokladována v přílohách k této svodné zprávě. Byla řešena následující témata – dílčí úkoly (DÚ), umístění lokalit na území ČR poskytuje obrázek č. 1:

DÚ 1 - Kontaminace půd, řečištních sedimentů a vegetace radionuklidy a vybranými těžkými kovy v okolí starých hald na Žacléřsku se zvláštním zřetelem k úloze produktů zvětrávání fosilní organické hmoty při retenci těžkých kovů.

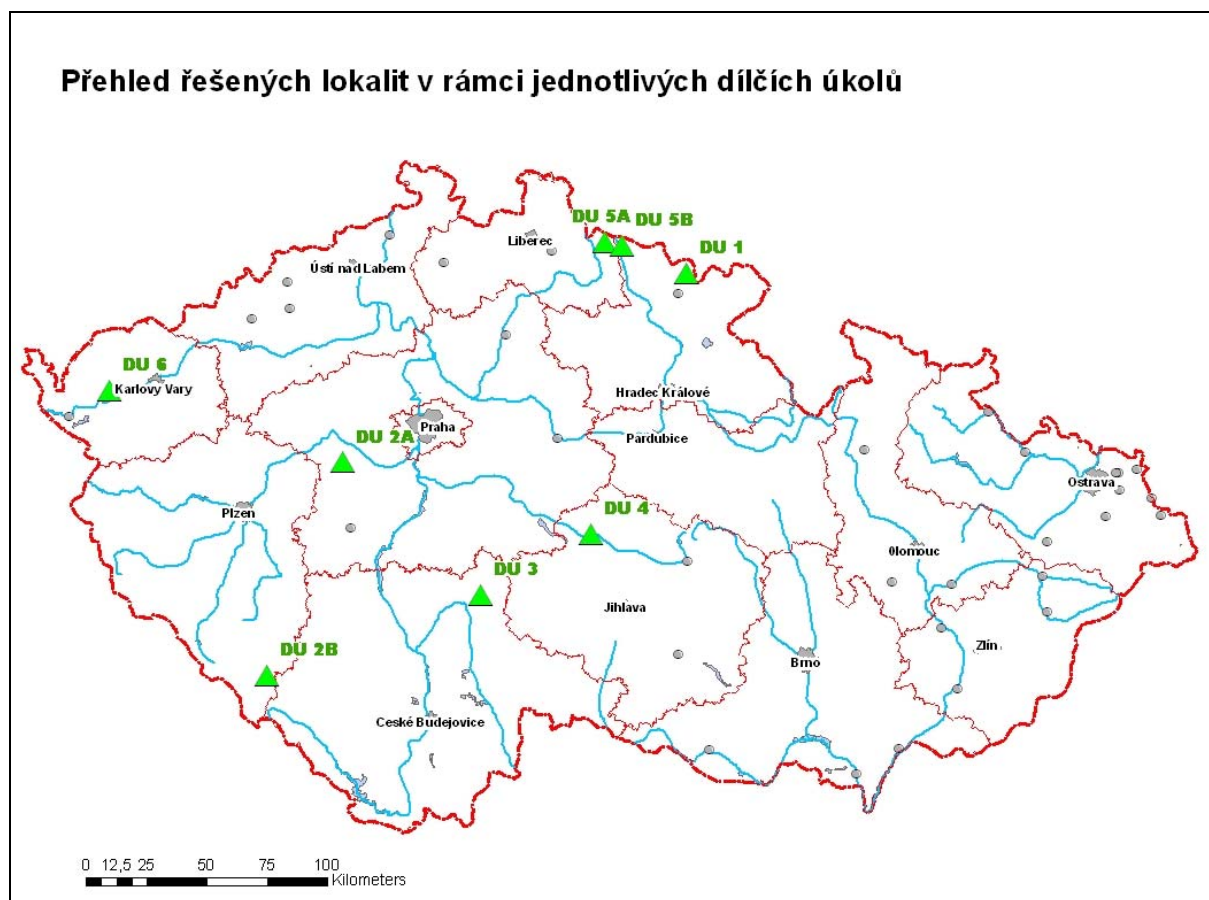
DÚ 2 - Mapování starých zátěží po těžbě rtuti a jejím technologickém užití na území ČR.

DÚ 3 - Mobilita vybraných těžkých kovů ve výtoku důlních vod z historických dobývek Ratibořických Hor na Táborsku.

DÚ 4 - Vymezení kontaminace půd, řečištních sedimentů a vegetace těžkými kovy v okolí vybraných skláren v České republice.

DÚ 5 - Upřesnění ploch s vyšším podílem přirozených radioaktivních prvků (K, U, Th) v místech dřívější průzkumné těžby uranových rud v Krkonoších.

DÚ 6 - Detekce a diskriminace hlavních polutantů vyhodnocením superspektrálních satelitních dat Aster a tvorba spektrální knihovny v oblasti Sokolovska.



Obr. 1: Přehled řešených lokalit na území ČR s vyznačením čísel dílčích úkolů.

Údaje o prováděných typech prací a jejich objemu jsou uvedeny podrobně ve zprávách dílčích úkolů.

2.2 Použité metodiky

Na tomto místě uvádíme výčet nedůležitějších metodických postupů, podrobněji metodiku rozvádějí jednotlivá témata.

V rámci DÚ 1 bylo aplikována, mimo chemických metod, kontinuální i bodová radiometrická měření a stanovení koncentrace radonu v haldových materiálech v terénu. Radiometrická měření byla provedena přístrojem PTF 2 v majetku České geologické služby. Množství radonu v haldových materiálech bylo stanoveno aparaturou EMMA-2. Hořelá i nehořelá uhelná hmota byla studována na mikroskopu-mikrofotometru Ústavu srůstury a mechaniky hornin AV ČR. Byly sledovány koncentrace stopových prvků v biomase, vyrostlé na haldách.

V rámci DÚ 2 byla aplikována analytická metoda na stanovení celkového obsahu Hg, založená na atomové absorpci.

V rámci DÚ 3 byly odebrány důlní vody pro stanovení standardních analytických parametrů a dále na bakteriologické rozборы pro identifikaci bakterií pomocí fylogenetické analýzy 16S rDNA.

Při řešení DÚ4 byla využita pro zjištění mobility olova analýza dostupných stopových prvků (Mehlich III) metodou AAS, sekvenční analýza a pro zjištění původu kontaminačního olova izotopická analýza Pb.

Pro terénní měření v rámci DÚ5 byl použit terénní gamaspektrometr.

V rámci dílčího úkolu 6 bylo provedeno spektrometrické měření in situ pozemním spektrometrem ASD FieldSpec a měření pH vod a půd in situ přístrojem pH-212 Voltcraft.

Prakticky pro všechny DÚ byl využit přenosný polní analyzátor RFA Innov-x Alpha, který se ukázal jako velice výkonným a ekonomickým zařízením s velkým polem využitelnosti právě v řešené problematice.

2.3 Počty, druhy a způsob odběru vzorků, měření a pozorování

Detailní údaje s podrobným vysvětlením vzorkovacích a instrumentálních technik tvoří doprovod jednotlivých výstupů dílčích zpráv. Tabulka 1 udává představu o objemu geologických prací. Přehled udává počty všech odebraných vzorků během doby řešení projektu, které byly použity pro interpretace a sestavení výstupu zprávy. Část analytického stanovení těchto vzorků však byly hrazena z jiných zdrojů.

Typ analýzy	DÚ1	DÚ2	DÚ3	DÚ4	DÚ5	DÚ6	Cekem metody
CHA-hornina	3	1	5				9
CHA- voda	19		6		10		35
CHA-půda	218	21	17	296			552
CHA-stream	33	22	8			6	69
mineralogie	15			4	5	28	52
petrografie	5				5		10
Spektrometrie					400	355	755
polní RFA				398		50	448
pH						100	100
Mehlich				9			9
sekvenční an. půdy				6			6
an. rostlin	22						22
bakt. rozbor vody			2				2
izotopy				25			25
Celkem stanovení po DÚ	315	44	38	738	426	533	2094

Tabulka č. 1: Přehled typů a počtů provedených analýz a měření v rámci projektu

2.4 Způsob lokalizace geologických prací (vzorků, měření)

Všechny odběry a měření byly lokalizovány systémem GPS, většinou již s pozemní korekcí polohy (syst. WAAS). Polohy všech bodů jsou součástí příloh.

2.5 Střety zájmů chráněných zvláštními právními předpisy

Práce se dotkly území KRNAP, kde vedení parku vyšlo projektu vstříc, zahrnuje ho formálně ke svým aktivitám a vystavilo příslušná povolení. Doklad o jednání je součástí příloh projektu DÚ 5. Podobně vyšlo vstříc i vedení Šumavského národního parku. Vzhledem k tomu, že práce probíhaly v ochranném pásmu parku a na území CHKO, bylo povolení řešeno neformálně elektronickou cestou a ústní dohodou. Práce na DÚ 6 probíhaly v dobývacích prostorech sokolovské pánve. Zde byla situace vyřešena povolením těžaře, Sokolovské uhelné společnosti a.s., a doprovodem jejího pracovníka.

3.0 Výsledky provedených prací

3.1 Přehled výsledků jednotlivých dílčích úkolů

3.1.1. DÚ1 : Kontaminace půd, řečištních sedimentů a vegetace radionuklidy a vybranými těžkými kovy v okolí starých hald na Žacléřsku se zvláštním zřetelem k úloze produktů zvětrávání fosilní organické hmoty při retenci těžkých kovů

Vedoucí úkolu: Bohdan Kříbek

Cílem projektu bylo podle úvodního zadání v roce 2007 a podle modifikací projektu v letech 2008 a 2009 posoudit množství toxických prvků v haldovině a v humusu vybraných, neminerálních a silně mineralizovaných hald na Žacléřsku a zjistit rozsah znečištění řečištních sedimentů ve vodotečích pod nimi. Dále měl být sledován vstup toxických kovů do vegetace a humusu. Podle zadání mělo být sledováno i množství těžkých kovů v haldovině které je přístupné pro metabolismus rostlin. Zvláštní pozornost měla být věnována záchytu těžkých kovů fosilní i recentní organickou hmotou na haldách a ve vodotečích. Rámcově měla být sledována možnost použití fosfátů jako stabilizátorů těžkých kovů na haldách a ve vodotečích. Všechny plánované výstupy byly v průběhu řešení splněny s výjimkou modelování použití fosfátů jako stabilizátoru těžkých kovů. Tato problematika nebyla řešena, neboť provedené práce prokázaly, že těžké kovy vymývané z hald jsou velmi účinně akumulovány (sorbovány a kompletovány) organickou hmotou. Přínosem projektu mělo být poznání procesů které určují distribuci a mobilitu toxických kovů v haldových materiálech a jejich mobilizaci dešťovými a povrchovými vodami v dlouhodobém časovém horizontu.

V rámci dílčího úkolu byla provedena rekognoskace opuštěných hald po těžbě uhlí a uranových rud v oblasti Jestřábích hor (bývalý důl Z. Nejedlý a bývalý důl Kolektiv, katastrální území Rtně v Podkrkonoší) a v oblasti Žacléře (bývalý důl J. Šverma a bývalá šachta Kateřina). Na lokalitě Bečkov (bývalý uhelný a uranový důl Novátor) byl proveden detailní geochemický a mineralogický výzkum haldového materiálu, humusu, vod, řečištních sedimentů a vegetace.

Řešením bylo zjištěno, že vytékající vody z haldy dolu Z. Nejedlý nepřekračují hodnoty přípustného znečištění povrchových vod podle přílohy č. 3. nařízení vlády ČR č. 61 ze dne 29. ledna 2003, obsahy toxických kovů v haldovině jsou nízké.

Kyselé povrchové vody (pH 5,05) v oblasti opuštěných hald dolu Kolektiv překračují hodnoty přípustného znečištění povrchových vod podle přílohy č. 3 nařízení vlády ČR č. 61 pro Al, Co, Cu, Ni, Mn, Zn Se a U, vysoké jsou i obsahy síranů. Haldovina obsahuje zvýšené obsahy As (106-149 ppm ve frakci < 0,2 mm), olova (642-1 402 ppm) a mírně zvýšené obsahy uranu (11-75 ppm U). Bioextrakcí dochází v humusu na povrchu haldy k hromadění zinku (148-354 ppm), v menší míře jsou z haldoviny bioextrahovány i další prvky (Cu, Mo, Pb a U).

Vody povrchového toku odvodňujícího území bývalého úložiště uhelných kalů dolu J. Šverma v Žacléři (Důlní potok) vysoce překračují hodnoty přípustného znečištění povrchových vod podle přílohy č. 3. nařízení vlády ČR č. 61 ze dne 29. ledna 2003 v případě sulfátů. Obsahy sulfátů dosahují až 1 482 mg/l; přípustná hodnota 300 mg/l). Překročeny jsou rovněž přípustné hodnoty pro Mg, Mn, Co, Ni a Se.

Haldovina rekultivovaných i nerektivovaných hald na Žacléřsku obsahuje nízké obsahy toxických kovů včetně uranu stejně jako deponie škváry z bývalé teplárny. Naopak, vysoké obsahy kovů, zejména As (max. 264 ppm), Hg (max. 658 ppm), Se (max. 522 ppm), olova (max. 220 ppm) a Zn (max. 338 ppm) byly nalezeny ve vyhořelých částech haldy Eliška. Výluhy z vyhořelé haldoviny nesplňují maximálně přípustné hodnoty pro toxické odpady podle vyhlášky 376/2001 vzhledem v velmi nízké hodnotě pH (3,18 a 3,56), obsahy vyloužitelných kovů a fenolů jsou však ve výluhu nízké. Limitní hodnotě se však blíží obsahy kadmia.

Povrchové vody vytékající z haldy bývalého uhelného a uranového dolu Novátor na lokalitě Bečkov překračují hodnoty přípustného znečištění povrchových vod podle přílohy č. 3. nařízení vlády ČR č. 61 v případě uranu, kadmia, selenu a zinku. Vytékající voda však protéká mokřinatým terénem silně zarostlým vegetací, kde velmi rychle dochází k sorpci kovů organickou hmotou a k rychlému snižování jejich obsahů v protékající vodě. Obsahy kovů v akvatickém humusu mokřiny při úpatí haldy dosahují vysokých hodnot (Cu: 4974 ppm, Pb: 1704 ppm, Zn: 1 231 ppm, U: 455 ppm, Mo: 60 ppm), tj. dochází k účinné sorpci/komplexaci organickou hmotou.

Ve srovnání s původním haldovým materiálem na stejné lokalitě obsahuje vyhořelá část haldy v Bečkově vysoké obsahy kovů a polokovů. Maximální obsahy dosahují u olova až 45 000 ppm (4,5%), u arzenu 2 680 ppm, u uranu 822 ppm a u selenu až 513 ppm. Přes velmi vysoké obsahy kovů splňuje vyhořelá haldovina (s výjimkou velmi nízké hodnoty pH) požadavky vyhlášky 376/2001 o hodnocení toxických odpadů. Nízkou toxicitu vyhořelých hald lze vysvětlit vznikem velmi nerozpustných minerálních fází v průběhu kaustických procesů. Toxické kovy jsou z vyhořelé haldoviny extrahovány a stabilizovány vegetací (zejména břízami). Obsah zinku v míze bříz dosahují až 13,08 mg/l, olova až 0,3 mg/l, mědi 0,11 mg/l, v menší míře obsahuje míza i arzen, kadmium a molybden. V listech břízy je přednostně akumulován zinek, méně měď, olovo a arzen. Obsahy uranu jsou velmi nízké. V průběhu ročního cyklu se obsahy As, Pb a Zn v listech postupně zvyšují, naopak obsahy Se a Cu klesají. Stejně prvky nalezené v listech bříz jsou akumulovány v humusu.

Dosažené výsledky mohou být použity nejen pro zhodnocení vlivu starých uhelných hald na jednotlivé složky životního prostředí na Žacléřsku, ale mohou být podkladem pro vypracování modelu pohybu toxických látek v hořelých i nehořelých uhelných haldách obecně. Tento model se může stát základem pro prognózování dlouhodobého vývoje uhelných deponií od okamžiku ukončení těžby až do vzdálené budoucnosti a může do značné míry přispět k vypracování efektivních technologií pro omezení vlivu starých zátěží na životní prostředí.

Velmi významným metodickým přínosem projektu je použití přenosného rentgen-fluorescenčního spektrometru pro rychlou analýzu haldoviny a vegetace. Výsledky dosažené uvedenou technologií nemohou v žádném případě nahradit laboratorní stanovení prvků, mohou však poskytnout rychlou informaci o chemickém složení substrátů, zejména o obsazích toxických kovů a polokovů v odpadech po těžbě nerostných surovin.

3.1.2. DÚ2: Mapování starých zátěží po těžbě rtuti a jejím technologickém užití na území ČR

Vedoucí úkolu: : RNDr. Zdeňka Petáková

Základním cílem tohoto dílčího projektu je zhodnocení obsahu rtuti v půdě a horninovém prostředí v bezprostředním okolí starých zátěží (těžba a technologické využití rtuti) a vymezení případného rozsahu kontaminace přírodního prostředí rtutí.

V přípravné, rešeršní, části řešení projektu byly pro detailní studium distribuce Hg v půdním a horninovém prostředí zvolena dvě zájmová území: Svatá a Kašperské Hory. Hlavní přínosy řešeného projektu představuje jednak zhodnocení aktuálního celkového obsahu Hg v orné půdě v j. až jv. okolí obce Svatá a jednak studium distribuce Hg ve fluvialních sedimentech na území CHKO Šumava, v bezprostředním okolí Kašperských Hor.

Na lokalitě Svatá byla pozornost zaměřena především na zhodnocení množství rtuti v orné půdě v bezprostřední blízkosti zaniklého dolu Hg rud. Nejvyšší naměřený obsah Hg v orné půdě v okolí Svaté je $0,686 \text{ mg.kg}^{-1}$, průměrné množství je $0,525 \text{ mg.kg}^{-1}$. Obsah Hg v žádném ze studovaných vzorků nepřekračuje mezní koncentrace Hg definované Vyhláškou MŽP 13/94 Sb., pro půdy ostatní. **Uvedené obsahy Hg v orných půdách na lokalitě Svatá sice nepředstavují závažnou hygienicko-ekologickou zátěž, je však důležité vyvarovat se další možné kontaminace zemědělských půd ionty Hg^{2+} (např. hnojením odpadními kaly se zvýšeným množstvím Hg apod.).**

Na lokalitě Kašperské Hory byla studována distribuce rtuti ve stream sedimentech v blízkosti historických úpraven zlata (které využívaly rtu't v technologickém procesu). Nejvyšší zjištěné množství rtuti ve stream sedimentech odebraných z koryt vodních toků Zlatého potoka a Losenice je $0,324 \text{ mg.kg}^{-1}$, vypočtený průměrný celkový obsah Hg je $0,145 \text{ mg.kg}^{-1}$. Ve studovaných vzorcích dnových sedimentů odebraných ve vertikálních profilech odkalovací nádrže historické úpravy zlata bylo nejvyšší zjištěné množství rtuti celkem $0,658 \text{ mg.kg}^{-1}$, vypočtené průměrné množství rtuti je $0,344 \text{ mg.kg}^{-1}$. Předpokládáme, že majoritní podíl rtuti ve dnových sedimentech je přítomný ve formě stabilních organokomplexních sloučenin. Pokud by došlo k prudké změně redox potenciálu prostředí sedimentační nádrže, nebo pokud by byl dnový sediment náhle rozplaven, může za specifických podmínek dojít k uvolnění vázané rtuti. Studované dnové sedimenty sice obsahují zvýšená množství rtuti, avšak vzhledem k tomu, že celkový objem těchto sedimentů se pohybuje v řádu X m^3 , nepředstavují dnové sedimenty významnou zátěž přírodního prostředí. **Tyto výsledky naznačují, že v místech významné historické těžby a zpracování zlata v širším okolí Kašperských Hor nejsou sedimenty koryt vodních toků nijak zatíženy Hg kontaminací.**

Při zhodnocení plošné distribuce Hg v j. okolí obce Svatá byla identifikována část nevýrazné anomálie, která se nalézá v s. okraji studovaného území, v těsné blízkosti obce. Cílem této studie bylo provést zhodnocení obsahu Hg v orné půdě, z tohoto důvodu nebyly prováděny odběry vzorků půd a antropogenních sedimentů v zastavěném území obce Svatá. Doporučujeme proto vypracovat následnou studii, která bude zaměřena převážně na zhodnocení obsahu Hg na zastavěném území obce Svatá.

3.1.3. DÚ3: Výtok sirtých dūlních vod z historických dobývek polymetalických rud v okolí Ratibořických Hor na Tábořsku, mobilita vybraných těžkých kovů

Vedoucí úkolu: RNDr. Michal Poňavič

Cílem této studie je přispět k porozumění mechanismů na lokalitách s historickou těžbou polymetalických rud: zvětrávání primárních sulfidických minerálů, vznik novotvořených minerálních fází, transport těžkých kovů v jednotlivých sférách přírodního prostředí. Hlavním cílem tohoto dílčího projektu bylo zhodnotit vliv sirtých dūlních vod na životní prostředí, z hlediska kontaminace vodního prostředí Ratibořského potoka těžkými kovy. Na podkladě těchto znalostí je možno při monitoringu či sanaci přijmout odpovídající opatření. Přínosem tohoto dílčího projektu je i detailní popis a charakteristika zcela ojedinělého fenoménu, kterým je výtok sirté dūlní vody z historických dobývek polymetalických rud. Pro oblast Ratibořkohorského, ani Starovožického revíru, kde se výtok sirtých vod nalézá, nebyla obdobná práce doposud zpracována.

V blízkosti ústí obou štol byly stanoveny monitorovací body, na kterých probíhalo v letech 2007–2009 opakované měření Eh–pH charakteristik dūlních vod, odběry vzorků vod (stanovení hlavních, stopových prvků a vybraných těžkých kovů (Pb,Cu,Ni a Cd), odběry stream sedimentů a bakteriologické analýzy. Další monitorovací body byly stanoveny na Ratibořském potoce, který zájmovým územím protéká, a to nad a pod přítoky zmíněných dūlních vod.

Z výsledků provedených stanovení vyplývá, že v obou sledovaných dūlních komplexech odvodňovaných štolou Sv. Kateřiny i Sv. Michaela dochází v systému voda–ruda oxidací primárních sulfidických minerálních fází k uvolňování těžkých kovů do dūlních vod.

V bezprostředním okolí ústí štoly Sv. Michaela dochází k intenzivnímu srážení oxyhydroxidů železa. Relativně nízký obsah studovaných kovů ve vodách lze interpretovat tak, že podstatná část kovů je vázána na vznikající oxyhydroxidy a to buď přímo koprecipitací případně sorpcí na povrchu tak jak popisováno v současné odborné literatuře.

Vnitřní prostor štoly Sv. Kateřiny je zaplněn jílovitopísčitymi sedimenty. Výsledky naznačují, že na jílové minerály těchto sedimentů jsou vázány těžké kovy, které byly uvolněny do dūlních vod. Dūlní vody vytékají z ústí štoly Sv. Kateřiny jsou charakteristické zápachem unikajícího sulfanu, na vzniku sulfanu se zcela nepochybně podílí heterotrofních bakterie, které se doposud nepodařilo určit–vytékající voda je filtrována jílovitopísčitymi sedimenty, které velkou část vyplavených buněk zachycují.

Ve vodním toku Ratibořského potoka byly zjištěny relativně vysoké obsahy kovů, mohou být způsobeny antropogenní kontaminací vodního toku, a to kontaminací recentní (černá skládka přibližně 300 m s od ústí štoly Sv. Michaela), příp. historickými úpravárenskými kaly vznikajícími při drcení a mletí rudy. V dotčeném úseku Ratibořského potoka byly nově nalezeny zbytky stoupuven a odkališť.

Závěrem je možno konstatovat, že sirté dūlní vody ze štoly Sv. Kateřiny ani dūlní vody s intenzivním srážením oxyhydroxidů železa (v okolí ústí štoly Sv. Michaela) se žádným způsobem nepodílejí na dotaci, či dokonce kontaminaci prostředí Ratibořského potoka těžkými kovy. Těžké kovy v dūlních vodách, které se uvolnily oxidací sulfidických minerálních fází v dūlním systému odvodňovaném štolou Sv. Kateřiny jsou v bezprostředním okolí ústí štoly vázány na jílové minerály (kaolinit) přítomné v jílovitopísčitych sedimentech, kterými je ústí štoly zaplněno. Oproti tomu, těžké kovy v dūlních vodách vytékajících ze systému dobývek Michaelského cechu jsou zachycovány oxyhydroxidy železa (koprecipitací, sorpčními procesy).

3.1.4. DÚ4 : Vymezení kontaminace půd, řečištních sedimentů a vegetace těžkými kovy v okolí vybraných skláren v České republice.

Vedoucí úkolu: Ing. Ilja Knésl

Cílem dílčího projektu je identifikovat možnou kontaminaci území průmyslovým zpracováním sklářské suroviny – olovnatého křit'álu. Metodicky vychází práce ze zkušeností získaných při environmentálním mapování v Zambii a Namibii, kde byla systematicky studována kontaminace půd těžkými kovy způsobená těžbou a zpracováním zlatých a měděných rud. Projekt rovněž vychází ze zkušeností získaných při environmentálně-geochemickém mapování průmyslové kontaminace městských aglomerací, zejména Prahy. Výsledky projektu mohou významně doplnit naše znalosti o zdrojích průmyslové kontaminace a jejím chování v životním prostředí v České republice.

Na základě studia zdrojů kontaminace a plošné distribuce geochemických dat lze předpokládat, že výrazné maximum obsahů olova ve svrchní vrstvě půdy severozápadně od sklářské hutě (tj. po směru převládajících větrů v oblasti Světlé nad Sázavou) je způsobeno prašným spadem z hutě. Toto potvrzují i výsledky studia izotopického složení olova v povrchové vrstvě půdních profilů. Používání olovnatého benzínu jako zdroje vysokých obsahů olova v povrchové vrstvě půdy v okolí sklárny je možno vyloučit, neboť anomálně vysoké obsahy tohoto kovu se nacházejí mimo hlavní komunikace v oblasti Světlé nad Sázavou.

Izotopické složení olova ve spodní části studovaných půdních profilů se od povrchové vrstvy půdy liší, a blíží se izotopickému složení olova v matečné hornině. Navíc obsahy olova ve spodní části půdního profilu jsou ve srovnání s povrchovou vrstvou daleko nižší.

Mimo olova obsahuje povrchová vrstva půdy studované oblasti i mírně zvýšené obsahy zinku a arzénu. Vzhledem k poměrně vysokým obsahům arzénu a zinku v odprachu z hutě je možno předpokládat, že i v tomto případě je jejich hlavním zdrojem sklářská huť. Naopak, plošná distribuce mědi v povrchové vrstvě půdy je ve srovnání s uvedenými kovy jiná. Nejvyšší obsahy mědi byly zjištěny podél elektrifikované železniční trati a je tedy pravděpodobné, že zdrojem mědi je železniční doprava (otěr z trolejí a z elektromotorů).

Obsahy olova v půdách severozápadně a jihovýchodně od sklářské hutě v půdách překračují maximálně přípustné hodnoty podle Vyhlášky č. 13 Ministerstva životního prostředí z 29. 12. 1993 (limit pro ostatní půdy: 134 ppm). Nadlimitní hodnoty jsou lokalizovány po směru převládajících větrů. Nachází se převážně v neobydlených městských částech v blízkosti sklárny. Celkem zabírá oblast s nadlimitními hodnotami 119,4 ha, z toho zastavěné části zabírají 44,7 ha a zemědělské plochy s nadlimitními hodnotami zabírají 18,4 ha.

Hodnoty pro zinek (limit pro ostatní půdy: 200 ppm) jsou překročeny zejména v oblasti podél řeky Sázavy a na dvou bodech v těsném okolí sklárny. Nadlimitní hodnoty podél břehů řeky Sázavy je snad možno vysvětlit ukládáním kontaminovaných povodňových sedimentů. Tomuto vysvětlení odpovídají vysoké obsahy zinku a dalších kovů v analyzovaných řečištních sedimentech. Celkem zabírá území 35,1 ha.

Přípustné hodnoty pro arsen (maximálně přípustná hodnota: 30 ppm) jsou překročeny pouze na dvou odběrových místech. Naopak, obsahy mědi jsou velmi nízké a limitní hodnoty (100 ppm pro ostatní půdy) nepřekračují.

Je však třeba zdůraznit, že toto srovnání kontaminace půd s uvedenou vyhláškou je pouze předběžné, neboť se jedná o stanovení celkových obsahů uvedených kovů rentgen-fluorescenční spektrometrií a nikoliv o výluh v *aqua regia* (lučavce královské) jak požaduje norma.

Olovo má značné inhibiční účinky na množství životně důležitých funkcí v živých organizmech.

Rostlinami je olovo přijímáno jednak kořenovým systémem, jednak z prachu deponovaného na povrchu listů. Atmosférická depozice může činit až 80 % olova akumulovaného rostlinami. Bylo by proto dobré rozšířit tuto studii o monitoring obsahů přístupného pro rostliny a živočichy ve vymezené silně kontaminované oblasti.

3.4.5. DÚ5: Upřesnění ploch s vyšším podílem přirozených radioaktivních prvků (K, U, Th) v místech dřívější průzkumné těžby uranových rud v Krkonoších

Vedoucí úkolu: RNDr. Zuzana Skácelová

V současné době je ve světě sledována nejen zbytková radioaktivita haldoviny a okolního půdního pokryvu, ale také druhotně vznikající kontaminace vytékající důlní vodou (výzkum koloidních roztoků a migrace radioaktivních prvků). Geofyzikální průzkum pro upřesnění ploch s vyšším podílem přirozených radioaktivních prvků (K, U, Th) v místech dřívější průzkumné těžby uranových rud a opakované měření přináší informace o změnách jejich obsahů v půdním pokryvu a o migraci v závislosti na čase a přírodních podmínkách. Lokality a plochy pro výzkum a sledování této zátěže byly vymezeny v místech dřívější těžby uranových rud v oblasti Krkonošského národního parku. Pro vypracování metodiky a zpracování dat byla vybrána lokalita Harrachov-Rýžoviště jako zátěž po průzkumné těžbě v relativně malém plošném rozšíření a lokalita Medvědin jako významný těžební rudní výskyt v 50. letech s následnou likvidací a zajištěním důlních děl.

Měření gamaspektrometrie uskutečněná na bývalé lokalitě průzkumné uranové těžby Harrachov-Rýžoviště přinesla zajímavá data o distribuci radioaktivního materiálu v jemnozrnných fluviálních sedimentech. V krátkém časovém intervalu dochází k rozplavování horninového materiálu s relativně vyššími obsahy uranu (do 25 ppm) do vzdálenosti cca 50 –70 m od paty haldy. Ve východní a především střední části území se akumulují vodou prosycené a více kontaminované jíly a kaly. Výsledky jsou prezentovány v mapách izoliní obsahu uranu na příloze 1. Plocha kontaminace zůstává opakovaně v obou letech víceméně stejná, hodnoty eU v ppm jsou zvýšené především pod haldou a poukazují na přemístění materiálu v některých úsecích měřených profilů. Laboratorní analýzy jemnozrnných sedimentů pod patou haldy prokázaly sekundární kontaminaci důlními vodami. V důlním díle se uranové zrudnění (UO₂) dostává do styku s vodou, kde při vzájemné reakci vzniká „těžko rozpustná“ forma čtyřmocného U⁴⁺. Kritická fáze nastává pokud se důlní vody dostanou do styku s povrchovými vodami. Při oxidačních procesech (změna pH) se mění valence uranu z IV na VI, který je „snadno rozpustný“. Tato mobilní forma uranu může být dále transportována vyvěrajícími důlními vodami ve formě koloidů (směs jemných nanočástic). Díky koloidní absorpci mohou být kontaminovány mikroorganismy v blízkosti důlního díla nebo ve vodních tocích.

Výsledky výzkumu potvrdily, že i když nedochází k bezprostřednímu ohrožení, přesto opuštěné důlní dílo částečně ovlivňuje svou radioaktivitou blízké okolí. Jedná se především o transport snadno rozpustné a mobilní formy uranu důlními vodami ve formě koloidů, které jsou absorbovány živými organismy. Během relativně krátké doby dochází k přemístění kontaminovaného materiálu (jemnozrnných fluviálních sedimentů), který se může akumulovat desítky metrů od zdrojové oblasti (ústí štoly a haldy). Tyto sedimenty obsahují jak uran z primárního zdroje zrudnění, tak i sekundárně uranem znečištěný materiál koloidy a organickou hmotou.

Výsledky z odběru vod na lokalitě Harrachov ukázaly relativně vyšší obsahy *Al* u povrchových vod protékajících tělesem haldy (Har-3), kde dochází k jejímu obohacování a mírně zvýšené obsahy *As* a *Sr* u vývěru vody ze štoly, kde se projevil charakter důlní vody (Har-1 a Har-2).

Na lokalitě Medvědí je kontaminovaný materiál z těžby uranového zrudnění soustředěn především v prostoru všech tří proměřovaných hald, vysoké hodnoty eU ukazují na přítomnost rudy (ve větším množství byly nalezeny vzorky uranových slíd) přímo na haldách. Obsahy uranu zde překračují limitní hodnoty. Také na této lokalitě dochází ke splavování jemnozrnných sedimentů a akumulaci pod haldami. Tyto jíly a kaly obsahují opět jak uran z primárního zdroje, tak i sekundární kontaminaci ve formě koloidů z vyvěrající důlní vody. Podle analyzovaných vzorků se kontaminovaný materiál splavuje až stovky m podél Žlebského ručeje.

Analýzy povrchových vod na lokalitě Medvědí potvrdily vliv důlního díla na jejich geochemické složení. Vysoké hodnoty **As**, **Pb**, **Al** svědčí o podílu mineralizace především v důlních vodách, kde dochází k přímému styku s rudními polohami v horninách. Nejvyšší hodnoty **As** a **Pb** a zvýšené obsahy **Be** a **Al** měl vzorek vody odebrané přímo u vývěru štoly III. patra, kde je maximální podíl důlní vody a její geochemické složení přímo souvisí se typem zrudněním ložiska. Nejvyšší obsahy **Be** a **Al** a zvýšené obsahy **Pb** a **As** měla voda vyvěrající u paty třetí haldy, kde se jedna pravděpodobně o smíšenou vodu důlní s povrchovou a prostupující tělesem třetí haldy s maximální plochou i mocností. Vyšší hodnoty **Al**, **As** a **Pb** měla také voda vytékající ze štoly I. patra. Vysoké obsahy **As** měla také voda vytékající ze štoly V. patra. Tyto vody patrně představují nejnížší hladinu v důlním vodě, kde dochází k maximálnímu průtoku celým systémem šachet a štol a mísení jednotlivých typů s povrchovou vodou. Svědčí o tom také nejvyšší hodnota obsahu **Sr²⁺**. Nejnížší hodnoty analyzovaných prvků měly vzorky vody odebrané na západním okraji paty třetí haldy v korytě Žlebského ručeje, kde se patrně jednalo o povrchovou vodu s minimálním podílem důlních vod.

Nejvyšší hodnoty uranu (avšak podlimitní) byly naměřeny pro vzorek odebraný z vývěru ze štoly V. patra, tedy nejnižší položeného otevřeného odvodnění celého těžebního prostoru. Jedná se patrně o vliv celého otevřeného ložiska na důlní vodu, která u vývěru štoly V. patra představuje nejdéle kolující element ve zrudněném prostředí.

Interpretace analýzy vzorků vod byla kladně ovlivněna skutečností, že odběry probíhaly v období velmi nízkého stavu hladiny spodních vod (vodoteč Žlebský ručej byl vyschlý stejně jako prameniště ve vrcholové části Medvědína). Výsledky odběrů pravděpodobně velmi dobře odrážejí koloběh důlních vod v těžebním prostoru i jejich mísení s prameny povrchové vody.

3.1.6. DŮ6: Detekce a diskriminace hlavních polutantů vyhodnocením superspektrálních satelitních dat Aster a tvorba spektrální knihovny v oblasti Sokolovska.

Vedoucí úkolu: Mgr. Veronika Kopačková

V rámci České republiky je využívání hyperspektrálních technologií a spektroskopie v geologii a jejích aplikovaných vědách v začátcích. V oblasti hyperspektrálních (HS) a spektroskopických aplikací bylo v minulosti v rámci České republiky provedeno několik studií zabývajících se především studiem zdraví vegetace a jejími fyziologickými změnami. Pilotní studie vyhodnocovala stav jehličnanů v Krušných horách, další dvě HS náletové kampaně byly provedeny na testovací lokalitě Bílý Kříž v Moravsko-slezských Beskydech v letech 2004 a 2006 využívající senzor AISA Eagle VNIR (Ústav systémové biologie a ekologie AV ČR, Brno).

V rámci rozvinutí aplikace těchto metod dálkového průzkumu na identifikaci impaktů těžby nerostných surovin, především povrchové těžby uhlí, byly v zadání projektu sledovány tyto následující cíle:

1. Vytvoření spektrálních knihoven odrazivosti přírodních povrchů v rámci ČR vycházející z pozemních měření v těžbou dotčených oblastech

2. Vyvinout automatizované postupy pro získání informační báze z distančních dat (zaměřeno na družicová data ASTER/TERRA, společný vesmírný program NASA/JPL).

Provedená studie prokázala, že satelitní data ASTER lze využít pro prostorové mapování kyselých ploch vznikajících v důsledku povrchové těžby lignitu za předpokladu, že je použita řízené klasifikace pracující se spektrálními vlastnostmi vybraných cílových povrchů (např. metoda LSU). Jako vstup pro klasifikaci je vhodné využít vytvořené spektrální knihovny typových povrchů (spektroradiometrická měření pořízená pozemním spektrometrem in situ a v laboratorních podmínkách).

Statisticky významné lineární závislosti nalezené mezi derivovanými spektrálními parametry a obsahem oxy-hydroxidů popř. obsahem organické složky by bylo vhodné v budoucnu využít pro vytvoření lineárního modelu, který by umožnil kvantifikovat zastoupení těchto dvou složek pouze na podkladě spektroradiometrických měření. Pro ověření lineárního modelu bude nutné provést validaci na dalším počtu vzorků (alespoň 10 ks), u kterých bude nutné provést další semikvantitativní určení minerálů. Teprve poté lze určit s jakou přesností tato metoda pracuje. V případě dosažení dobrých validačních výsledků se bude jednat o velmi rychlou a efektivní metodu.

Také v případě obsahu Hg, As a Cu bylo dosaženo velmi dobrých statistických závislostí a lze se domnívat, že v případě dobrých výsledků pro validační vzorek, bude možno využít nalezené lineární vztahy i pro určení kvantitativního zastoupení těchto kovů v povrchovém substrátu.

Data a výsledky vycházející z tohoto projektu lze v budoucnu použít pro další hyperspektrální aplikace.

Nová metodika umožňuje rychlé plošné vymezení kyselého substrátu a substrátu bohatého organickou komponentou, která obsahuje vysoké koncentrace těžkých kovů (především Hg a As). Metody kvantitativní spektroskopie vykázaly velmi dobré výsledky pro kvantitativní stanovení oxy-hydroxidů, TOC a obsahu Hg, As a Cu. Za předpokladu pozitivních výsledků dosažených na validačním vzorku se bude jednat o novou metodu umožňující velmi rychlé a jednoduché stanovení výše zmíněných veličin.

3.2 Výčet publikačních výstupů

Řada dílčích výstupů byla publikována a přednášena na odborných konferencích. Níže uvedený přehled podává informaci o dosavadních publikacích.

Kříbek B., Malec J., Barnet I., Knésl I., Lukeš P. (2008): Biochemická akumulace těžkých kovů na haldě opuštěného uhelného a uranového dolu v Bečkově u Žacléře. Zprávy o geologických výzkumech v roce 2007, 167-172.

Knésl I., Lukeš P., Dempírová L., Kříbek B. (2009): Rychlé stanovení stopových prvků přenosnou rentgen- fluorescenční spektrometrií v geologickém výzkumu, při prospekci a v některých environmentálních aplikacích. Zprávy o geologických výzkumech v roce 2008 (v tisku).

Kříbek B., Malec J., Barnet I., Knésl I., Lukeš P., Sýkorová I. (2008): Geochemical behaviour and bioextraction of metals after spontaneous combustion of coal and uranium waste pile in Rybníček, Czech Republic. Environmental Geology (v tisku).

Petáková Z., Poňavič M., Mašek D., Velebil D. (2009): Mapování starých zátěží po těžbě rtuti ve Svaté u Berouna. Zprávy o geologických výzkumech v roce 2008. Praha

Poňavič, M. (2008): Chování a mobilita vybraných těžkých kovů ve dvou výtociích důlních vod v okolí Ratibořských Hor v Jihočeském kraji.- Zpr. geol. výzk. v Roce 2007

Skácelová Zuzana – Hanák Jaromír – Štěpánka Mrázová (2009): Vlivy průzkumné uranové těžby na životní prostředí – gamaspektrometrická měření obsahu uranu v jemnozrnných

- fluviálních sedimentech na lokalitě Harrachov-Rýžoviště (Krkonoše). – Zprávy o výzkumech v r. 2008. ČGS (in print)
- Kopačková, V., Rambousek, P. (2007): Mining Remote Sensing and its role in implementation of Czech and EU Directives - a case study for Sokolov open pit mine. In Šandová M.: Extractive Industry and the Environment in the Central Europe EIECE 2007, s. 17-21. Těžební unie, Euromines. Brno. ISBN 1802-5870.
- Chevrel, S., Kopačková, V., Bourguignon, A., Rojík, P., Metelka, V. (2008): Application of high altitude and ground-based spectroradiometry in the monitoring of hazardous waste derived from Sokolov open-pit mine. In Rapantova, N.: Proceedings Mine Water and the Environment, s. 371-374. International Mine Water Association. Neuveden. ISBN 978-80-248-1767-5.
- Kopačková, V., Chevrel, S., Bourguignon, A., Rajch, M. (2008): Spectral mineral mapping utilizing high altitude and ground-based spectroradiometry: Case studies from Sokolov open-pit mine, Czech Republic, and Sechura desert, Peru. – 33rd International Geological congress, Oslo, August 6-14, 2008, presentation at session: GTR-04 Hyperspectral remote sensing and image spectroscopy, CD-ROM.
- Chevrel, S., Kopačková, V., Bourguignon, A., Rojík, P., Metelka, V. (2008): Monitoring Hazardous Wastes Using Space-borne and Ground-based Spectroradiometry. In Fourrier A., Tibbet M., Weiersbye I., Dye P.: Mine Closure 2008, s. 651- 662. Australian Centre for Geomatics. Perth., ISBN 978-0-9804185-6-9.
- Kopačková, V., Bourguignon, A., Chevrel, S., Rojík, P., (v tisku): Effect of mineralogical and geochemical properties on reflectance properties of waste from Sokolov open pit lignite mine, Czech Republic. In.: Mine Closure 2009, Australian Centre for Geomatics. Perth., (v tisku).
- Kopačková, V., Bourguignon, A., Chevrel, S., Koubová, M., Rojík, P., (v tisku): Využití spektrometrických měření pro identifikaci kyselých zvětralinových substrátů – studie ze Sokolovské pánve. Zprávy o geologických výzkumech v roce 2008. Česká geologická služba, Praha. (v tisku)

Přednáška na konferenci: Skácelová Zuzana, Mrázová Štěpánka, Dudík-Schulmannová Barbora, Goliáš Viktor (2009): Geofyzikální měření uranových zátěží na území KRNAP. – OVA'09 – Nové poznatky a měření v seizmologii, inženýrské geofyzice a geotechnice, Ostrava, 7.-9.4. 2009

Přednáška na konferenci: Mrázová Štěpánka, Skácelová Zuzana (2009): Geofyzikální měření uranových zátěží na vybraných území KRNAP. 7. mezinárodní vědecká konference Geoekologické problémy Krkonoš, Szklarska Poreba, 21.-23. 09. 2009

4.0 Závěry a doporučení

4.1. Využitelnost výsledků s ohledem na záměr

Předchozí rekapitulace cílů a výsledků dílčích projektů ukazuje, že zásadní cíle projektu byly naplněny. Řešení projektu přineslo dvojí efekt.

Jednak detailní zpracování území dotčených těžbou či úpravou nerostných a přínos nových údajů pro území. Tato data mohou být využita pro monitoring, či v budoucnu pro další sanační práce.

Druhým efektem je metodický přínos, který je aplikovatelný na další lokality a v řadě případů může zefektivnit environmentální mapování, monitoring území i vlastní sanaci. Zde je veliký přínos identifikace fází v DÚ1, rozvoj aplikace spektrálních analýz dat dálkového průzkumu na povrchovou těžbu hnědého uhlí v sokolovské pánvi a využití mobilního RFA pro analýzy stopových prvků v polních podmínkách.

Vystupuje ještě třetí důležitý aspekt, a to publikační aktivita řešitelů, která zpřístupňuje tato nová řešení odborné veřejnosti a může napomoci zavedení nových postupů rychleji do praxe. Zájem o výsledky řešení projevily jak dotčené obce, tak správní orgány a orgány ochrany přírody. Konkrétní žádosti, zatím neoficiální, o pokračování prací přicházejí z vedení KRNAP, CHKO a správa ŠUNAP, z karlovarského kraje. O metodu monitoringu pomocí analýzy spektrálních dat dálkového průzkumu Země projevil neoficiálně zájem ČBÚ.

4.2. Problémy, které je nutno dořešit

Během řešení a především během interpretací vystupuje problém srovnání se zákonnými nebo doporučenými limity. Obzvláště hmatatelná je tato situace v oblasti vyhodnocení kontaminace půd a substrátů odvalů po těžbě. Problém byl diskutován v úvodu v legislativní kapitole.

4.3. Srovnání přínosů s projektovaným záměrem

Z řešených dílčích projektů vyjímáme následující přínosy projektů.

Aplikací terénní gamaspektrometrie a užitím polního přístroje RFA byla zefektivněna metodika zjišťování kontaminace radiogenními izotopy na místech dotčených těžbou radioaktivních surovin na Žacléřsku, Medvědině a Rýžovišti u Harrachova.

Detailním rozbořením minerálních fází, výzkumem úlohy organické fáze, zjištěním faktorů nabohacení uvnitř vyhořelých hald na Žacléřsku byly detailizovány mechanismy akumulace toxických prvků v horninovém prostředí dotčeném těžbou či úpravou nerostných surovin. Rozbořením biomasy, vyrostlé na haldách, byla pozorována migrace kontaminantů do biomasy (potravinového řetězce) a vymezeny skupiny „vnímavějších“ rostlin k sorpci toxických prvků.

Na lokalitě Ratibořské Hory byly dokumentovány mechanismy redox prostředí na povrch vytékajících důlních vod. Nad rámec původního záměru bylo započato i s výzkumem úlohy bakterií v úloze redoxních a oxidačních procesů.

Byla upřesněna metodika mapování území s historickou těžbou či využíváním rtuti pro upravnářské účely na lokalitách Svata a Kašperské Hory. Ukázala se potřeba zahrnout do mapování i území obce s možnou potencionální kontamicí půd.

Ve spolupráci s BRGM Francie byly rozvinuta metodika využití analýzy spekter hyperspektrálních a superspektrálních snímků dálkového průzkumu Země pro identifikaci a monitoring území postižených povrchovou těžbou uhlí aplikovaná na území sokolovské pánve.

Byla vybudována etalonové spektrální knihovna pro území dotčená povrchovou těžbou uhlí. Oproti zadání projektu byly navíc zpracovány korelace dat knihovny, které odvozují přímou detekci toxických prvků (Hg, As, Cu).

4.4 Možné přínosy pro legislativu a normy

Velké množství zpracovaných vzorků, vypracovaná zpráva o korelaci měření polního přístroje RFA dávají možnost využití těchto zkušeností k formulaci připravovaných vyhlášek ČBÚ, realizujících Zákon č. 157/2009 o nakládání s těžebním odpadem. Mohly by se uplatnit v oblasti metodiky monitoringu či při zjišťování inertnosti těžebního odpadu, případně zjišťování toxických prvků v těžebním odpadu.

Připomínka zazněla k aplikaci Vyhl. MŽP č. 376/2001 . Substráty vyhořelých hald v Žacléři a v Bečkově byly testovány z hlediska jejich nebezpečných vlastností podle Vyhl. 376/2001 – odpad – výluh – tab. 6.2. Přesto, že testované materiály obsahují extrémně vysoké obsahy rtuti, selenu, arzenu a dalších toxických prvků, nebyly ve vodních výluzích nalezeny nadlimitní obsahy uvedených prvků. Bylo by proto třeba ověřit, zda použitá metodika je vhodná i pro testování materiálů z hořených hald, kde mohou být toxické složky do roztoku uvolňovány pomaleji ve srovnání s průmyslovými odpady.

4.5 Doporučení aplikace metodiky , event. návrh následných projektů

Závěry dílčích projektů ukazují na účelnost pokračování některých témat. Z DÚ1 vyplývá obecné doporučení k efektivnímu využití techniky přenosného RFA v tématech s identifikací velkého množství vzorků v těžbou dotčených oblastech. Dále doporučuje z hlediska lokálního podobně prověřit i další lokality na Žacléřsku.

Z DÚ2 vyplývá rozšířit mapování i na obydlenou aglomeraci obce Svatá a ověřit dalšími odběry kontaminaci rtuti po úpravě zlata v okolí Kašperských Hor na území CHKO Šumava.

DÚ 3 doporučuje prohloubit spolupráci s biologií při upřesnění mechanismu redox prostředí důlních vod a úlohy bakterií v tomto procesu.

DÚ4 doporučuje zaměřit se kromě identifikace kontaminace olovem i na jeho další možnou toxikaci rostlin a živočichů.

DÚ 5 dospěl k velmi konkrétním výsledkům o které projevil zájem vedení KRNAP a doporučuje pokračovat v monitoringu, případně rozšířit monitoring na další lokality na území KRNAP (např. Labská, Svatý Petr).

DÚ6 Doporučuje dopracovat metodiku v oblasti identifikace jílových minerálů (ty mohou vznikat v oblastech AMD druhotně jako produkty rozpadu slíd či živců a tak toto postižení mohou nepřímo indikovat) Vzhledem k tomu, že nebyl nalezen žádný statisticky významný vztah pro kvantifikaci jílových minerálů je nutné vytvořit další spektrální parametry (obsah absorpčního píku, index asymetrie) a studovat jejich závislost na obsahu a zastoupení jílových minerálů.

Celkově doporučujeme na podkladě rozvinutých metodik aplikovat postupy při podpoře implementace prováděcích vyhlášek OBÚ k Zák. č. 157/2009 Sb. následným, úzce zaměřeným projektem.

Řešení projektu ukázalo, že výzkum problematiky kontaminace životního prostředí v území dočených těžbou a úpravou nerostných surovin je účelný a přináší výsledky aplikovatelné v praxi. Z tohoto důvodu by bylo účelné v aktuálních a společensky žádaných tématech pokračovat.

5. Čerpání finančních prostředků za poslední rok řešení

Stav čerpání plánovaného rozpočtu ve vztahu k reálnému čerpání k ukazuje následující příložená tabulka č.2.

Stav čerpání odpovídá finalizaci prací v posledním roce řešení. Osobní náklady jsou ekvivalentní odpracovaným kapacitám. Čerpání materiálových nákladů bylo vynaloženo na materiál na vzorkování a nezbytný spotřební materiál pro zabezpečení pracovních výtisků map a tiskových podkladů. Externí služby představují nezbytnou opravu výpočetní techniky (tiskárny) a konferenční poplatky na konference. Cestovní náklady jsou sumou cestovních náhrad a kilometrovného ČGS. Služby ČGS jsou náklady na chemické analýzy laboratoří ČGS a práce mineralogických laboratoří.

Nákladová položka a náklady (v tis.Kč)	Plánované čerpání na rok 2009 (dle Dodatku č. 1 ke smlouvě)	Předběžný odhad čerpání k 30.9. 2009
Osobní náklady	276	276
Materiál	10	8
Externí služby	10	13
Cestovní náklady	40	45
Služby ČGS-analýzy	20	18
publikační náklady	19	15
režie	68	68
Celkem	443	443

Tabulka č. 2: Přehled čerpání nákladů v posledním roce řešení

6. Místo a způsob uložení hmotné dokumentace

Hmotná dokumentace - dokladové vzorky a analytické zbytky budou uloženy v archívu hmotné dokumentace ČGS v Lužné u Rakovníka.

7. Seznam literatury, archivních materiálů, podkladů z webu

Dvořák J., Brádlarová L., Kaňka J. (2004): Předpokládaný vývoj právních úprav na základě dokumentů přijímaných v rámci Evropské unie. HPVT 2004. Příbram

Kaňka J. (2009): Nová úprava pro těžební odpady. Odpady. www.odpady.ihned.cz

www.mzp.cz

www.mzp.cz/ippc

www.mver.cz

www.ekolist.cz

www.cenia.cz

Seznam příloh:

Příloha č. 1: DÚ 1 - Kontaminace půd, řečištních sedimentů a vegetace radionuklidy a vybranými těžkými kovy v okolí starých hald na Žacléřsku se zvláštním zřetelem k úloze produktů zvětrávání fosilní organické hmoty při retenci těžkých kovů.

Příloha č. 2: DÚ 2 - Mapování starých zátěží po těžbě rtuti a jejím technologickém užití na území ČR.

Příloha č. 3: DÚ 3 - Mobilita vybraných těžkých kovů ve výtoku důlních vod z historických dobývek Ratibořických Hor na Tábořsku.

Příloha č. 4: DÚ 4 - Vymezení kontaminace půd, řečištních sedimentů a vegetace těžkými kovy v okolí vybraných skláren v České republice.

Příloha č. 5: DÚ 5 - Upřesnění ploch s vyšším podílem přirozených radioaktivních prvků (K, U, Th) v místech dřívější průzkumné těžby uranových rud v Krkonoších.

Příloha č. 6: DÚ 6 - Detekce a diskriminace hlavních polutantů vyhodnocením superspektrálních satelitních dat Aster a tvorba spektrální knihovny v oblasti Sokolovska.

Příloha č. 7: DVD s texty zpráv a přílohami