

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZDRAVOTNĚ SOCIÁLNÍ FAKULTA



Bakalářská práce

**Ochrana pracovníků, obyvatel a životního prostředí při těžbě a zpracování
uranové rudy**

Vypracovala: Eliška Pilecká

Vedoucí práce: Ing. Hana Solnická

2007

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Ochrana pracovníků, obyvatel a životního prostředí při těžbě a zpracování uranové rudy“ vypracovala samostatně a použila jen parametrů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Českých Budějovicích dne 15. května 2007

.....

Eliška Pilecká

Poděkování:

Chtěla bych touto cestou poděkovat paní Ing. Haně Solnické za ochotu, vzorné vedení a věnovaný čas při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat panu Ing. Josefu Smetanovi, vedoucímu střediska laboratoří a monitoringu DIAMO s. p., o. z. SUL Příbram, paní Ing. Janě Šeflové, inspektorce SÚJB R C Kamenná, a pracovníkům SÚJCHBO Kamenná za spolupráci a poskytnuté materiály.

Abstract

In the Czech republic uranium had been mined in Jáchymov (till 1967), near Příbram (1948 – 1991), in Okrouhlá Radouň in the south of Bohemia (1972 – 1990), near Vítkov in the west of Bohemia (till 1991), in Zadní Chodov (till 1992), in Dyleň (till 1994), in Hamr and Křížany near Stráž under Ralsko (till 1990), in Zálesí in Rychlebské Mountain and in many other locations.

The mining of uranium influenced in considerable way health and quality of miners' lives, and also lives of their relatives and up to now it still influencing quality of lives of people living near mining locations.

Above all the uranium industry made irreparable changes in our country and the leftovers are up to now influencing the quality of our environment. That's why there is a must to pay special attention to this area.

Nowadays in the Czech republic there is registered around 3768 old uranium mines, out of it there is 2523 mining cannons which are obliged to be regularly controlled. The negative influences are marked as old burdens of already eliminated mining or modifying act on our environment or in some other way threatening public interests. According to the character of negative expression we distinguish mining burdens, it means negative influence of mining activity on stableness of the surface, and ecological burdens, it means negative influence on our environment.

In my opinion a matter of uranium industry is very rarely known to the wide public. The main reason why is it like this can be the fact that in the period of main expansion of uranium industry in the Czech republic all the information connected to the research, mining or maintaining of uranium, were top secret. The second reason can be no existence of complete source of information that could be used for study purposes and the same time for informing general public. That is why this study should purvey such source.

Obsah:

ÚVOD

1. HISTORIE URANOVÉHO HORNICTVÍ V ČESKÝCH ZEMÍCH

2. SOUČASNÝ STAV

2. 1. Těžba a zpracování uranové rudy v závislosti na charakteru uranového ložiska
2. 2. Organizační zajištění uranové činnosti
2. 3. Útlum těžby a likvidace následků těžby
2. 4. Radiační ochrana při těžbě a zpracování uranové rudy
 2. 4. 1. *Ochrana pracovníků při těžbě a zpracování uranové rudy*
 2. 4. 2. *Radionuklidy v uranovém hornictví*
 2. 4. 3. *Vývoj legislativy*
 2. 4. 4. *Osobní dozimetrie a monitorování pracovišť*
 2. 4. 5. *Technická opatření k ochraně zdraví pracovníků*
 2. 4. 6. *Zdravotní péče o pracovníky uranových dolů*
 2. 4. 7. *Studie o radiační karcinogenezi*
 2. 4. 8. *Radiační ochrana obyvatel a životního prostředí*
 2. 4. 9. *Ozáření obyvatel z provozovaných dolů a úpraven*
 2. 4. 10. *Vlivy následků těžby uranu*
 2. 4. 11. *Vyřazované provozy a staré zátěže*
 2. 4. 12. *Monitorování výpustí a okolí*
 2. 4. 13. *Problematika důlních vod*
 2. 4. 14. *Možnosti ozáření obyvatel a kumulace radionuklidů v životním prostředí*
 2. 4. 15. *Charakteristika zátěží životního prostředí a jejich možná řešení*
 2. 4. 16. *Čištění důlních vod na ložisku Příbram*
 2. 4. 17. *Zpracování hlušinyového materiálu z odvalů uranových dolů na tříděné kamenivo*

3. CÍLE A HYPOTÉZY

3. 1 Cíl práce
3. 2. Hypotéza

4. METODIKA

4. 1. Účast na pravidelném měření radioaktivity v Jáchymově

- 4. 1. 1. Odběr a analýza sedimentovaného prachu v podzemí dolu Svornost*
- 4. 1. 2. Odběr a analýza vzorků v rámci programu monitorování*
- 4. 2. Kontrolní odběry vzorků vod v povodí řeky Kocáby
- 4. 3. Výpočet ozáření kritické skupiny obyvatel uvolněnými radionuklidy z vypouštěné důlní vody z ČDV Příbram II pomocí jednoduchého konzervativního modelu
 - 4. 3. 1. Analýza uvolňování aktivity do vod*
 - 4. 3. 1. 1. Analýza zdrojového členu*
 - 4. 3. 1. 2. Analýza transportu radionuklidů v prostředí*
 - 4. 3. 2. Transport a obsah přírodních radionuklidů v potravním řetězci, zhodnocení ozáření obyvatel uvolněnými radionuklidy*
 - 4. 3. 2. 1. Přestup radionuklidů do rostlin*
 - 4. 3. 2. 2. Přestup radionuklidů do masa a mléka*

5. VÝSLEDKY

- 5. 1. Problematika sedimentů
- 5. 2. Transport a obsah přírodních radionuklidů v potravním řetězci - výsledky
- 5. 3. Expoziční cesty a výpočet dávek
- 5. 4. Vymezení kritické skupiny obyvatelstva

6. DISKUZE

- 6. 1. Výroba tříděného kameniva z odvalového materiálu, Ecoinvest Příbram
- 6. 2. Pravidelné měření radioaktivity v Jáchymově
- 6. 3. Výsledky ozáření kritické skupiny obyvatel uvolněnými radionuklidy z vypouštěné důlní vody z ČDV Příbram II
- 6. 4. Informovanost obyvatel

7. ZÁVĚR

8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

9. KLÍČOVÁ SLOVA

10. PŘÍLOHY

ÚVOD

Po druhé světové válce se stal uran velmi žádanou surovinou. V poválečném Československu byly pro jeho těžbu dobré předpoklady. Bylo možno navázat na dosavadní nevelkou těžbu uranu v Jáchymově, která zde probíhala od konce 19. století. Tehdejší Jáchymovské doly se v několika následujících letech rozrostly v obrovský hospodářský kolos – uranový průmysl. Zároveň s intenzifikací těžby v jáchymovském rudním revíru probíhal intenzivní průzkum a otevírání důlních děl v příbramském, hornoslavkovském, západomoravském a západočeském rudním rajónu, na uranových ložiskách Zálesí v Rychlebských horách a Okrouhlé Radouni u Jindřichova Hradce (viz příloha 1). Nové hospodářské odvětví mělo v r. 1955 již 47 000 zaměstnanců.

Téma mé bakalářské práce jsem si vybrala proto, že pocházím z Příbramska, které bylo jednou z největších těžebních lokalit v České republice. V uranových dolech pracoval do roku 1991 můj otec jako důlní zámečník. Pracoval zde také můj dědeček a mnoho mých dalších známých žijících na Příbramsku. Těžba uranové rudy po více než čtyři desetiletí ovlivňovala i život obyvatel celého regionu. Rychlý růst těžních věží, odvaly hlušinyho materiálu, zakládání odkališť, výdušné jámy, výpusti důlních vod, přeprava rudniny po veřejných komunikacích vyvolávaly u obyvatel často obavy a nedůvěru především v počátcích uranové činnosti. K těmto negativním pocitům přispívala skutečnost, že v době největšího rozkvětu uranového průmyslu byly veškeré informace související s výzkumem, těžbou či zpracováním uranové rudy utajené, stejně tak jako informace ekonomické povahy. Domnívám se, že problematika uranového průmyslu byla dosud široké veřejnosti velmi málo objasněna. Chtěla bych proto, aby se moje bakalářská práce stala uceleným zdrojem informací o tomto odvětví, použitelným jak pro studijní účely, tak pro širokou veřejnost, a přispěla k objektivnímu hodnocení a objasnění stavu radiační ochrany v uranovém průmyslu v minulosti i v současné době.

Těžba uranu se v nemalé míře týká kvality životního prostředí. Vládní usnesení z let 1991 – 2002 o útlumu těžby a úpravy uranové rudy v České republice byla přijata nejen na základě ekonomických ukazatelů (tehdejší ceny uranu na světových trzích), ale uplatnily se zde i snahy ekologů na ukončení činnosti uranového průmyslu v České republice a odstranění následků jeho činnosti.

V současné době je evidováno na území České republiky 3768 starých zátěží uranového průmyslu, z toho 2523 hlavních důlních děl, která je nutno sledovat

a pravidelně kontrolovat. Jako staré zátěže jsou přitom označovány negativní vlivy již zlikvidované těžební nebo úpravárenské činnosti na životní prostředí, nebo jinak ohrožující veřejné zájmy. Podle charakteru negativního projevu se pak může jednat o zátěže báňské, to znamená negativní vliv důlního díla na stabilitu povrchu, a zátěže ekologické, to znamená negativní vliv na životní prostředí.

V neposlední řadě je nutné poukázat na vliv uranového průmyslu na zdraví horníků i občanů žijících v okolí míst, kde probíhala nebo probíhá uranová činnost. Uranovými doly prošly desítky tisíc lidí, horníků i politických vězňů a mnozí z nich si díky tomu odnesli trvalé poškození zdraví či předčasně zemřeli.

1. HISTORIE URANOVÉHO HORNICTVÍ V ČESKÝCH ZEMÍCH

Těžba uranu má v České republice dlouhou tradici. Její počátky spadají do Jáchymova, kde se již v 16. století těžila stříbrná ruda. V hloubkách kolem dvěstěpadesáti metrů naráželi horníci na neobyčejný černý kámen, který znamenal konec stříbrnosné žíly. Tento kámen, který byl „kamenem smůly“, se proto začal nazývat smolince a odhazoval se na haldy. Čistý uran ze smolince se koncem 18. století podařilo chemikům připravit ve formě šedočerného, těžko tavitelného prášku, jehož soli hrály všemi barvami. Tento objev vedl k prvnímu průmyslovému využití uranu, který měl Jáchymovu zajistit obrovský rozkvět. Zjistilo se totiž, že soli uranu překrásně zbarvují sklo i keramiku a přímo v Jáchymově byla poté zahájena výroba uranových barev. Sklo, které se barvilo uranem ze smolince, začalo být velmi oblíbené, zejména v Indii a v zemích Dálného východu. V polovině 19. století jáchymovské doly dodávaly barvy do mnoha evropských sklářských hutí, používaly se prakticky až do počátku 2. světové války.

Uran jako prvek je znám od roku 1789, kdy byl objeven M. H. Klaprothem, kovový uran se však poprvé podařilo získat v roce 1841 M. Peliotovi. V roce 1896 byla objevena radioaktivita uranu A. H. Becquerelem. O dva roky později, kdy z jáchymovských rud získali manželé Curieovi dva nové prvky, radium a polonium, začaly v Jáchymově přípravy pro průmyslovou výrobu radia v tehdejší továrně na uranové barvy. První gram ^{226}Ra byl z uranové rudy získán v Jáchymově v roce 1907. Během let 1907 až 1939 byla zdejší roční produkce 2,5 - 5,5 g radia, které bylo používáno především pro lékařské účely. I když byla těžba výnosná, zůstávaly její objemy nevýznamné a v provozu byly udržovány až do roku 1945 pouze tři doly - důl Wernerův (později Rovnost), důl Svornost a Štola saských šlechticů (později Bratrství).

Skutečný průmyslový rozvoj těžby a výroby uranu nastal na Jáchymovsku až po roce 1945. V listopadu 1945 byla podepsaná mezivládní dohoda o výzkumu a těžbě uranové rudy mezi Československou republikou a SSSR (viz příloha 2). Jednání mezi oběma vládami probíhala od srpna 1945, kdy Sovětský svaz projevil zájem o česká uranová ložiska, konkrétně o jáchymovské doly. Dohodu o těžbě uranu a dodatkový protokol obě vlády schválily a podepsaly 23. listopadu 1945.

Poznání, že štěpení atomového jádra uranu může být prostředkem ničivé síly, a politická situace v té době vedly k výrobě obrovského arzenálu jaderných zbraní.

Surovinou se stal i československý uran. První sovětská atomová bomba byla vyrobena právě z jáchymovského uranu. Až mnohem později přibyla těžba pro účely získávání jaderného paliva do atomových elektráren.

Studium archivních údajů a mineralogických sbírek vyústilo v rozsáhlý vyhledávací průzkum, při kterém za využití povrchové radiometrie a emanačních metod byla nalezena nová žilná ložiska uranových rud v Horním Slavkově (1946), Příbrami (1947), Rybníčku-Radvanicích (1947), Zadním Chodově (1952) a v Rožné-Olší (1954), a postupně se zdokonalováním metod průzkumu další ložiska a rudné výskyty uranu. V letech 1963 - 1968 byla nalezena v severočeské křídové pánvi ložiska nového, pískovcového typu ve Stráži pod Ralskem, Hamru, Břevništi, Osečné-Kotli, a Hvězdově. V průběhu bezmála půl století bylo na území České republiky prozkoumáno na 200 ložisek a 74 z nich bylo těženo. Podle přístupné dokumentace bylo mimo jiné vyhloubeno 678 jam a šurfů, vyraženo 391 štol a 1238 komínů, a otevřeno 16 lomů. Za období let 1946 – 1996 byla celková produkce uranu v České republice téměř 105 tisíc tun, což řadilo v té době Českou republiku v produkci uranu na páté místo na světě. (5)

S obdobím po druhé světové válce je spojena i neslavná kapitola těžkého zneužívání politických vězňů při těžbě uranu a tuhý režim v oblasti utajování údajů o uranu, který vedl k izolaci průzkumné a těžební činnosti na uran ve vztahu k ostatní geologické činnosti na území našeho státu.

Počátkem 60. let byla ukončena těžba v revírech Horní Slavkov a Jáchymov a hlavní podíl z celkové výroby uranu pocházel z příbramské oblasti (68 %).

V létech 1976 - 1988 byl stabilní celkový objem výroby uranu zabezpečován při postupném poklesu těžby v příbramské oblasti a nárůstu v severočeské oblasti a zhruba neměnném podílu těžby z ložisek západočeské a moravské oblasti. Přitom vzhledem k rostoucím hloubkám a obtížnějším báňsko-geologickým podmínkám dobývání na ložiscích žilného a zónového typu a k náročnosti zpracování těžko loužitelných rud ze severočeských ložisek postupně narůstaly výrobní náklady na 1 kg uranu v chemickém koncentráту.

V souvislosti se změněnými podmínkami odbytu produkce (do roku 1989 byl odběratelem celého objemu výroby bývalý SSSR) byl v roce 1989 schválen program útlumu výroby uranu. Vzhledem ke značným prozkoumaným zásobám rud bylo prakticky zastaveno vyhledávání a průzkum, od roku 1994 nejsou prováděny žádné terénní vyhledávací a průzkumné práce na uran. Od roku 1989 byla postupně ukončena

těžba následujících ložisek: Olší (1989), Vítkov II (1990), Okrouhlá Radouň (1990), Břevniště (1990), Příbram (1991), Dyleň (1991), Zadní Chodov (1992), Hamr (1995) a Stráž pod Ralskem (1996). Produkce uranu se od roku 1995 stabilizovala na úrovni okolo 600 t uranu ročně oproti 2407 t uranu v roce 1990.

Základem koncepce útlumu těžby a úpravy uranu se stala analýza technických řešení co nejrychlejšího uzavření dolů s nejvyššími náklady na těžbu a výrobu uranu v chemickém koncentrátu. Hledaly se optimální podmínky pro útlum těžby a úpravy uranu, které by zohledňovaly technické možnosti likvidace dolů a úpraven a umožnily docílit plynulé snižování počtu pracovních míst a převádění pracovníků na jiné práce. Obavy z rizika hromadného propouštění pracovníků byly tak silné, že této problematice byla věnována zvláštní pozornost jak v usneseních vlády, tak i v přípravě a zajišťování náhradních výrob v rámci Československého uranového průmyslu (dále jen ČSUP). Náhradní výroby v socialistické ekonomice byly orientovány zvláště do strojírenských, stavebních a chemických výrob. Vláda vzala na vědomí usnesení č. 94 ze dne 19. října 1989, že útlumový program je soubor technických, ekonomických, personálních a sociálně zdravotních opatření ve státním podniku ČSUP, v důsledku kterých dojde při plynulém snižování těžby a výroby uranu v chemickém koncentrátu ke ztrátě pracovních míst a současně k rozvoji náhradních výrob.

V kapitole věnované historii uranového hornictví nejsou zmíněna slovenská ložiska v bývalé Československé republice. Slovenská ložiska neměla v celkové bilanci těžby uranu podstatnější význam (nepřesáhla 3% podíl z naší celkové bilance). (6)

2. SOUČASNÝ STAV

2. 1. Těžba a zpracování uranové rudy v závislosti na charakteru uranového ložiska

Základní typy uranových ložisek v České republice jsou žilná a pískovcová. Převážná většina našich ložisek jsou ložiska žilná, soustředěná např. v příbramském rudním rajónu, v Jáchymově, Horním Slavkově, západních Čechách aj. Dalším velkým rudním rajónem žilného a vtroušeninového typu je rajón západomoravský s ložisky Rožná a Olší aj. Rudné žíly v nejvýznamnějších ložiskách mají většinou strmý sklon a obsahují bohaté rudy s mocností od několika centimetrů do několika metrů. Hlavním uranovým minerálem je smolinec, ale i další – kalcity s obsahem uranu, koffinit aj.

Ložisko uranové rudy v severočeské křídové oblasti je ložisko pískovcového typu. Jedná se o poslední objevené ložisko uranu na našem území, které je zároveň největší ložisková oblast v Čechách. Otevírka ložiska pískovcového typu pro hornický způsob těžby vyžaduje oproti žilným ložiskům odlišné metody a způsoby práce. Pro oba typy ložisek je nutné volit i rozdílné dobývací metody i způsob větrání dolů. (5)

V severočeské křídové oblasti byl používán i další způsob těžby uranové rudy, chemické loužení z podzemí pomocí vlačných a odčerpávacích vrtů. Jako loužicího media se používal cirkulující kyselý roztok. Uran se při tomto způsobu separuje z výluhu sorpcí na ionexu a po eluci se sráží na diuranát amonný, filtruje a suší. Tento způsob těžby byl pro svá obrovská ekologická rizika ukončen. Je realizována pouze útlumová těžba s postupným omezováním a ukončováním (viz kapitola 2. 3.).

Úprava uranových rud se provádí hydrometalurgickým zpracováním (kyselým nebo alkalickým loužením). V poválečném období se používalo třídění rud gravitačním způsobem, později radiometricky. První hydrometalurgická úpravna byla postavena v Nejdku počátkem 50. let, v Mydlovarech v r. 1962 a v Dolní Rožínce v r. 1968. Naše největší hydrometalurgická úpravna byla vybudována ve Stráži pod Ralskem v r. 1979. Jediná v současné době provozovaná úpravna uranových rud je v Dolní Rožínce. Využívá sodového loužení rozemleté rudy, loužení musí probíhat v oxidačním prostředí. Vyloužený uran je sorbován na ionexu a zahušťován elucí. Eluát se sráží, filtruje a rafinuje ve formě koncentráту jako diuranát amonný, tzv. „žlutý koláč“. Koncentrát se suší a plní do sudů. Uran ve formě koncentráту je jadernou položkou, a proto prostory, kde se skladuje, jsou jaderným zařízením. Vyloužený rmut je ukládán do kalového pole, které je součástí technologie úpravny. Karbonátové loužení je relativně šetrné

k životnímu prostředí. Uranová ruda z pískovcového ložiska se zpracovává horkým kyselým loužením. (5)

2. 2. Organizační zajištění uranové činnosti

Po řadě reorganizačních změn ve struktuře uranových dolů, navazujících na původní poválečnou těžbu národního podniku Jáchymovské doly, došlo v r. 1965 k ustavení koncernového podniku ČSUP. Byl to hospodářský kolos s mnoha podpůrnými provozy, zahrnující např. úpravny uranových rud, Základnu rozvoje uranového průmyslu, Vývojový závod uranového průmyslu, Projektový ústav uranového průmyslu, Pozemní inženýrské stavby a další závody. V době dotěžování příbramského ložiska přesídlilo vedení ČSUP do nové a největší ložiskové oblasti – Stráže pod Ralskem. Od 1. května 1992 byla organizace přejmenována na DIAMO, státní podnik, se sídlem ve Stráži pod Ralskem. (6)

DIAMO, s. p., má 3 odštěpné závody, provozující uranovou činnost. Stručná charakteristika současného stavu na závodech:

- GEAM, o. z. Dolní Rožínka - jediné ložisko, kde dosud probíhá těžba v hlubinném dole a úprava uranové rudy na chemické úpravně (viz kapitola 2. 1.). Těžba na dole Rožná I je zajištěna do konce roku 2008, v současné době probíhá na 20., 21. a 22. patře za velmi příznivých ekonomických ukazatelů, které s vysokou pravděpodobností umožní pokračování těžby až za rok 2010. V oblasti je realizována výstavba největší investice DIAMO, s. p., v posledním období „Rozšíření kapacity čištění odkalištních vod na Dolní Rožínce“, která bude v dubnu 2007 uvedena do zkušebního provozu (viz příloha 3. a 4.).
- Těžba a úprava uranu, o. z. Stráž pod Ralskem – hlubinná i chemická těžba uranu byla ukončena. Probíhá pouze útlumová těžba s postupným omezováním a ukončováním. Za tím účelem byla vystavěna stanice likvidace kyselých roztoků (SLKR). Při sanaci ložiska po chemické těžbě uranu se předpokládá vyšší využití neutralizačních technologií. Za tím účelem byla rekonstruována stávající neutralizační stanice NDS 6, která bude zpracovávat až 5,5 m³/min kontaminovaných vod (viz kapitola 2. 3.).

- Správa uranových ložisek, o. z. Příbram – závod spravuje staré zátěže v bývalých těžebních, úpravárenských a průzkumných oblastech v České republice kromě dvou výše uvedených. V současné době je nejzávažnějším problémem řešení vypouštěných kontaminovaných důlních vod po zatopení ložiska Příbram. K čištění důlních vod byla vybudována nová čisticí stanice u jámy č. 19 Příbram II, na které probíhá zkušební provoz. Byla zvýšena kapacita stávající ČDV Příbram I – Bytíz. Zkušební provoz na intenzifikované ČDV Příbram I byl zahájen 11. prosince 2006. Problematice čištění důlních vod na ložisku Příbram je věnována samostatná kapitola 2. 4. 16.

2. 3. Útlum těžby a likvidace následků těžby

V České republice byl příslušnými usneseními vlád schválen program útlumu těžby uranu. Jeho záměrem je postupná likvidace všech těžebních a úpravárenských kapacit uranu na našem území. Útlum uranového hornictví probíhá ve všech lokalitách, kde se v minulosti uran těžil. V současné době se uran těží pouze v hlubinném dole v Dolní Rožínce. Uran se jako nutný kontaminant získává také z procesu sanace a likvidace chemické těžby ve Stráži pod Ralskem a z provozu čisticích stanic kontaminovaných důlních vod. Těžba v Dolní Rožínce (kolem 330 t ročně) je plně financována z prodeje uranu. Na dotace těžby nejsou a nemohou být použity prostředky státního rozpočtu. V letech 1995 až 2000 se odbyt přírodního uranu řídil smlouvou s akciovou společností ČEZ a státním podnikem DIAMO, od roku 2001 se řídí novou obchodní smlouvou. Současná výše těžby uranu v ČR představuje asi 15 % uranu těženeho před zahájením útlumu, tj. před rokem 1990.

Proces útlumu těžby a úpravy uranových rud v ČR je velmi složitý a vyžaduje současné řešení řady závažných technických, technologických, ekonomických, ekologických a sociálních otázek, včetně zabezpečení výplaty zákonných sociálních dávek pracovníkům dotčeným útlumem. Výrazně se liší od zahlazování následků klasické hornické (povrchové nebo hlubinné) těžby uhlí a rud. Odlišnost spočívá především v tom, že při realizaci útlumu těžebních a úpravárenských kapacit uranových rud je nutné řešit tyto *mimořádné problémy*:

- *Čištění důlních vod*, které jsou jedním z hlavních zdrojů přírodních radionuklidů (uranu, radia a thoria) uváděných do životního prostředí. Takto kontaminované důlní vody je nutné před vypouštěním do vodotečí vyčistit tak, aby splňovaly limity obsahu

radionuklidů pro vypouštění vod do veřejných vodotečí podle rozhodnutí příslušných vodohospodářských orgánů. Množství důlních vod vypouštěných do veřejných vodotečí je obrovské, např. v roce 1999 bylo naměřeno 20 361 869 m³, což odpovídá čtyřnásobnému objemu Máchova jezera.

- Rozsahem ve světě ojedinělou a velmi složitou *likvidaci následků chemické těžby uranu ve Stráži pod Ralskem*. Podstatou chemické těžby uranu je vtláčení kyseliny sírové prostřednictvím vrtů do uranonosného horizontu do hloubky asi 250 m. Za dobu chemické těžby uranu (32 let) bylo do podzemí vtláčeno téměř 5 mil. t kyseliny sírové a dalších chemikálií. Dnes je takto kontaminováno 186 mil. m³ vod na ploše asi 24 km². Zároveň byl v průběhu těžby negativně ovlivněn nadložní horizont, který je důležitým středoevropským zdrojem kvalitní pitné vody o objemu 3 mld. m³. V tomto objemu je chemickou těžbou ovlivněno asi 80 mil. m³ vod při celkovém množství rozpuštěných látek kolem 30 tis. t. Kontaminované vody jsou v současné době nepřetržitou sanační činností stabilizovány; jinak by proudily rychlostí 0,1 m/den jihozápadním směrem k prameništi využívaných pitných vod.

Na podzemním vyluhování ve Stráži pod Ralskem došlo k ukončení těžby uranu v polovině roku 1994, kdy se přestala dávkovat kyselina do technologických roztoků vtláčovaných do podzemí. Cirkulace roztoků v cyklu loužení a získávání uranu z roztoku pokračuje dále, uranový koncentrát je však již získáván v režimu sanace podzemí. Byla vystavěna stanice likvidace kyselých roztoků (SLKR). Podmínkou realizace sanace s využitím SLKR je čerpání zakyselených důlních vod stávajícími technologiemi vyluhovacích polí a chemických stanic k separaci uranu z roztoků vyvedených na povrch. Cílem je odstranění kontaminace cenomanských a turonských vod. Uran získaný z čerpaných kontaminovaných vod (tzv. „likvidační“ uran) je zpracováván v nízkokapacitní chemické úpravně na diuranát amonný. Stejným způsobem jsou zpracovávány i produkty z čistících stanic důlních vod, např. z Příbrami, které jsou sem dováženy. Řešeno je rovněž zpracování a komerční využití dalšího produktu, kamence hlinito-amonného. Započatý proces sanace podzemí bude technicky i ekonomicky náročný. Celková doba sanace je v současnosti odhadována na 30 let. (5, 6)

- *Sanaci chemické úpravny v Mydlovarech*, kde během provozu v letech 1962 až 1991 vzniklo 36 mil. t kalů obsahujících radionuklidy, zejména z uran-radiové řady (viz příloha 5), které byly ukládány do postupně budovaných odkališť o celkové ploše 285 ha.

- *Likvidaci starých zátěží* vzniklých za dobu existence uranového průmyslu od roku 1945 (celkem je jich evidováno více než 6 400).

Program útlumu těžby a úpravy uranových rud je tvořen souborem vládních usnesení (jde o usnesení vlády ČR č. 533/1991, 366/1992, 429/1993, 244/1995, 170/1996, 427/1997, 750/1999, 913/1999, 687/2000, 1107/2000, 21/2000, 685/2001, 689/2002) a konkretizován technickými projekty likvidace jednotlivých těžebních oblastí a lokalit. Podle zpracovaných technických projektů likvidace představují náklady na útlum uranového průmyslu do roku 2035 částku 66,8 mld. Kč.

Útlumem těžby uranu dochází ke značnému snížení geologických zásob uranu, protože v likvidovaných dolech budou zásoby trvale znepřístupněny. Na území ČR ale stále existují ložiska uranu, která by bylo možné v nezbytně nutném případě těžít.

Státní podnik DIAMO je od roku 2002 certifikovanou organizací pro oblast sanačních a likvidačních činností. Rozhodnutím Ministerstva průmyslu a obchodu ČR se k 1. 11. 2001 stal nástupnickou organizací bývalého s. p. Rudné doly Příbram a od 1. 1. 2002 i utlumované části OKD, a. s., Ostrava, kde vznikl jeho nový odštěpný závod Odra. V souvislosti s převzetím části OKD však DIAMO musí řešit problémy ve dvou nových oblastech – v péči o kulturní památky a v řešení výstupu metanu. Odra, o. z., Ostrava má do výkonu vlastnických práv svěřeno 29 nemovitých a 9 movitých kulturních památek, z toho 10 národních nemovitých kulturních památek, které jsou převážně ve špatném technickém stavu. Vláda ČR svým usnesením č. 687 ze dne 12. 7. 2000 vzala na vědomí vyhodnocení účelnosti vynaložení finančních prostředků na sanaci následků těžby a úpravy uranu od zahájení do roku 2000 a výhled jejich vynakládání v dalším období na základě stanovených priorit a uznala nezbytnost provádění sanace následků těžby uranu s cílem minimalizovat dopady na životní prostředí a znehodnocení rozsáhlých podzemních zdrojů pitné vody.

2. 4. *Radiační ochrana při těžbě a zpracování uranové rudy*

2. 4. 1. *Ochrana pracovníků při těžbě a zpracování uranové rudy*

Pracovníci v podzemí uranových dolů jsou vystaveni třem možným způsobům ozáření. Je to zevní záření gama, ozáření z inhalace produktů přeměny radonu a ozáření z inhalace směsi dlouhodobých radionuklidů uran-radiové řady emitujících záření alfa.

Monitorní význam má i depozice radionuklidů na kůži nechráněných částí těla horníků. Proto je nutné používání ochranných pomůcek a povinná hygienická očista horníků po vyfárání. Radiační situace v uranovém dole je silně závislá na složení vzdušného aerosolu. Ovzduší uranového dolu lze pak z fyzikálního hlediska označit jako heterogenní disperzní systém sestávající se ze složek analytických a jemně i hrubě disperzních aerosolů. Spektrum a složení aerosolu je ovlivněno kovnatostí dobývané rudy, množstvím rozpracovaných dobývek a plochou odkryté zrudnělé horniny, množstvím a kontaminací výronových vod, velikostí důlního pole, barometrickým tlakem a jeho změnami, metodou dobývání včetně využívané mechanizace a celou řadou dalších faktorů. V rozhodující míře je však spektrum a složení aerosolu ovlivněno rozvodem a intenzitou důlního větrání. Nad dodržováním požadavků radiační ochrany provádí v každé důlní organizaci soustavný dohled pracovník se zvláštní odbornou způsobilostí v radiační ochraně. (5)

2. 4. 2. Radionuklidy v uranovém hornictví

V uranovém hornictví se setkáváme s přírodními radionuklidy uran-radiové rozpadové řady, počínající radionuklidem ^{238}U . Přírodní uran U_{nat} je tvořen izotopy ^{238}U (99,2831 %), ^{235}U (0,7115 %) a ^{234}U (0,0054 %). V horninách Českého masivu, a tedy v našich uranových ložiskách, nebyl zjištěn zvýšený výskyt ^{232}Th a dalších členů thoriové rozpadové řady. (5)

Součet efektivních dávek podílejících se na ozáření pracovníků v uranovém hornictví je tvořen třemi podíly.

Prvním podílem je vnější záření gama. Rozhodujícím zdrojem záření gama je ^{226}Ra , které je současně i význačným zářičem alfa. Od roku 1961 byly v uranovém hornictví zavedeny osobní filmové dozimetry, pro zjišťování tohoto ozáření pracovníků. Při inhalaci rozpustných sloučenin ^{226}Ra se vstřebává asi 35 % přijatého množství. Po vnitřní kontaminaci radiem se tento prvek v těle chová podobně jako vápník, téměř 99 % zadrženého množství se ukládá v kostech. Počáteční změny při inkorporaci Ra jsou nepatrné, nebyly nalezeny velké změny ani v krevním obraze, pozdní změny jsou lokalizovány v kostech. Patří sem destrukce kostí, často komplikované infekcí a nádory v kostech nebo v blízkém okolí. ^{226}Ra se vylučuje převážně stolicí (až 10krát více než močí) a biologický poločas je u lidí asi 45 roků. Jeho první rozpadový produkt radon se vylučuje plícemi. Na této okolnosti je založeno i stanovení deponovaného radia

na podkladu změřením množství radonu ve vydechovaném vzduchu. Fyzikální poločas přeměny radia je 1620 roků, energie záření alfa 4,78 MeV a záření gama 0,19 MeV. (13)

Druhou složkou, které se v uranovém hornictví přisuzoval největší význam, je radon 222 (^{222}Rn). Proto byl od samých počátků těžby ^{222}Rn monitorován. Je to dozimetricky nejvýznamnější izotop ze tří v přírodě se vyskytujících izotopů radonu. (5) Radon je nejtěžší plyn ze skupiny inertních plynů, je přirozeně radioaktivní a je zářičem alfa. Fyzikální poločas přeměny ^{222}Rn je 3,82 dní a energie záření alfa dosahuje 5,486 MeV. Radon se lehce rozpouští ve vodě i v krvi a do organismu se dostává především dýchacími cestami, ale prochází i neporušenou kůží. K nejtěžším změnám dochází v plicích, kde vzniká radiační pneumonitida. Dlouhodobá expozice může vést ke vzniku plicních nádorů. (13)

Dozimetrický význam radonu spočívá v tom, že je mateřským prvkem krátké rozpadové řady tvořené takzvanými krátkodobými produkty přeměny radonu. Jsou to izotopy ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po . Tyto radionuklidy s krátkými poločasy rozpadu (od zlomků sekundy po desítky minut) mají charakter pevných látek a po svém vzniku se vážou na aerosolové částice v ovzduší. Při vdechování jsou, v závislosti na velikosti aerosolových částic, zachycovány v plicích. (5)

Třetí složku ozáření pracovníků v uranovém hornictví představují dlouhodobé radionuklidy uran-radiové řady emitující záření alfa. Jedná se o ^{238}U , ^{234}U , ^{230}Th , ^{226}Ra a ^{210}Po . Jsou součástí respirabilní i nerespirabilní složky prašného aerosolu v ovzduší. Dlouhodobé radionuklidy jsou v osobní dozimetrii uranového průmyslu systematicky zjišťovány a zaznamenávány teprve od roku 1997 v souvislosti s novou legislativou v radiační ochraně, zákonem číslo 18/1997 Sb. a prováděcími vyhláškami Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (dále jen SÚJB). Do té doby byly zajišťovány pouze nahodile, nebo pro potřeby různých studií a jejich podílu na ozáření horníků se nepřisuzoval zásadní význam. Výsledky dvouletého osobního monitorování však prokázaly, že jejich podíl na ozáření pracovníků je více než 30 %. (5)

Vzhledem k poměrně malé intenzitě záření je uran toxičtější jako chemický jed než jako zářič. Všechny izotopy uranu jsou zářiče alfa s velmi měkkou složkou záření gama. Při inhalaci se v organismu zadrží asi 25 % přijatého množství a následně se hromadí v kostech a v ledvinách. Záření se může uplatnit jen u nerozpustných sloučenin, které se zadrží v organismu po dlouhou dobu. (13)

2. 4. 3. Vývoj legislativy

Nebezpečí ohrožení zdraví horníků dobývajících radioaktivní rudu bylo poprvé zohledněno ve Výnosu Revírního báňského úřadu v Karlových Varech z roku 1938. Tehdy byla stanovena povinnost nuceného větrání pracovišť ($2\text{m}^3/\text{min}$ na pracovníka) a limit objemové aktivity radonu stanoven na dvě Macheovy jednotky v litru ovzduší ($26940\text{ Bq}/\text{m}^3$).

V poválečné historii uranového průmyslu byla legislativa tvořena předpisy a výnosy Státní báňské správy. Předpis Ústředního báňského úřadu (dále jen ÚBÚ) pro uranové doly číslo 3987/1957 stanovil limitní objemovou aktivitu radonu v ovzduší $3700\text{ Bq}/\text{m}^3$. Doplněk předpisu ÚBÚ číslo 3987/1957 vydaný v roce 1960 stanovil jako limitní hodnotu pro objemovou aktivitu radonu v ovzduší $1110\text{ Bq}/\text{m}^3$. Výnos ÚBÚ v dohodě s hlavním hygienikem ČSSR „Doplnkové předpisy pro doly a úpravny s výskytem přírodních radioaktivních látek“ z roku 1966 uceleně stanovil povinnosti organizací a pracovníků včetně nejvyšších přípustných koncentrací radioaktivních látek v ovzduší. Poprvé byla stanovena limitní hodnota pro koncentraci latentní energie produktů přeměny radonu a to $4 \cdot 10^4\text{ MeV}/\text{l}$.

V roce 1972 vstoupila v platnost Vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČSSR číslo 59/1972 Sb., O ochraně zdraví před ionizujícím zářením. Tato vyhláška měla pro uranový průmysl zásadní význam v tom, že zavedla pro hodnocení ozáření pracovníků produkty přeměny radonu limit ročního příjmu latentní energie a stanovila pro něj hodnotu $8 \cdot 10^{10}\text{ MeV}$.

Zásadní změnu v radiační ochraně v uranovém průmyslu představuje zákon číslo 18/1997 Sb. (Atomový zákon) a jeho prováděcí předpisy ve formě vyhlášek SÚJB. Novelu atomového zákona z roku 2002 i následnou změnu prováděcích předpisů lze z hlediska požadavků radiační ochrany při těžbě a zpracování přírodních radioaktivních materiálů hodnotit velmi pozitivně. Pro organizace, provozujících hornickou činnost nejen při těžbě a úpravě uranové rudy, ale i při likvidačních a sanačních pracích, poskytuje nová legislativa jednoznačná kritéria a postupy pro zajištění prováděných činností z hlediska radiační ochrany (nakládání s materiály kontaminovanými radionuklidy z hornické činnosti, proces povolování činností, požadavky na dokumentaci aj.). Za zmínku stojí již zařazení činností, při které jsou přírodní radionuklidy využívány pro své šetrné a množivé charakteristiky mezi tzv. radiační činností (§ 2 odst. 1, písm. bb) Atomového zákona), zavedení kategorizace pracovišť,

změny v klasifikaci zdrojů aj. ve vyhlášce SÚJB č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, v platném znění. (23, 17)

2. 4. 4. Osobní dozimetrie a monitorování pracovišť

Monitorování pracovního prostředí a osobní monitorování se provádí podle schváleného monitorovacího programu, který je podmínkou pro povolení radiační činnosti v souladu s platnou legislativou (Atomový zákon, vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb.). Program monitorování umožňuje průběžné sledování a hodnocení pracovního prostředí i osobních dávek. V programu monitorování jsou stanoveny referenční úrovně jako hodnoty, které rozhodují o následných postupech a opatřeních, které jsou předem stanovené. V uranovém průmyslu je zaveden institut „Komise pro výsledky osobní dozimetrie a regulaci pracovníků“. Tato komise pravidelně každý měsíc hodnotí výsledky osobní dozimetrie a monitorování pracovního prostředí za účelem zabezpečit nepřekročení povolených osobních dávek a jejich rovnoměrné rozložení.

Všichni pracovníci v podzemí uranových dolů a pracovníci vybraných povrchových pracovišť jsou pracovníky kategorie A v souladu s platnou legislativou a jsou vybaveni osobními dozimetry. Na těchto pracovištích je vymezeno kontrolované pásmo. (5, 23)

V současné době používané osobní dozimetry umožňují integrální měření a vyhodnocení všech tří složek, které se na ozáření podílejí. Osobní dozimetry ALGADE (používané především na pozemních pracovištích v Dolní Rožínce) i dozimetry OD 88 jsou založeny na stejném principu. Vzduchovým čerpadlem (průtok 5 l/hod) je prosáváno pracovní ovzduší přes filtr. Rozpadové produkty radonu, zachycené na filtru, ozařují detekční fólii (KODAK LR 115) a vzniklé poruchy struktury jsou zviditelňovány leptáním v roztoku louhu. Vyleptané stopy jsou vyhodnocovány mikroskopicky. Z hustoty stop je pak vypočítán příjem latentní energie produktů přeměny radonu. Objemová aktivita dlouhodobých radionuklidů, zářičů alfa v polétavém prachu (a následně i příjem dlouhodobých zářičů alfa) je hodnocen na základě laboratorního měření aktivity alfa zářičů, zachycených na mikrovláknovém filtru. K detekci vnějšího ozáření gama jsou používány termoluminiscenční dozimetry (LiF, termoluminiscenční sklo). Na monitorovaných pracovištích je používáno „jednoměsíční“ expoziční období. Osobní dozimetry ALGADE i OD 88 jsou povinně nošeny na opascích pracovního oblečení. Výsledky měření osobními dozimetry jsou

vyhodnocovány jako celková efektivní dávka, která je součtem efektivní dávky ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření, a to produkty přeměny radonu a vdechováním směsi dlouhodobých radionuklidů uran-radiové řady, které emitující záření alfa.

Monitorování pracovního prostředí a osobní dozimetrie pracovníků kategorie A v uranovém průmyslu vychází ze základního limitu (celková efektivní dávka činí 100 mSv za dobu pěti po sobě jdoucích roků), z odvozených limitů (pro dávkový ekvivalent zevního ozáření gama 20 mSv/rok, pro inhalační kontaminaci směsí dlouhodobých radionuklidů emitujících záření alfa 1850 Bq/rok, pro příjem latentní energie produktů přeměny radonu 17 mJ/rok) a ze směrných hodnot pro povrchové znečištění radionuklidy, které jsou pro vnější povrch osobních ochranných pomůcek, provozních zařízení a pracovních ploch v kontrolovaných pásmech 30 kBq/m² a mimo kontrolovaná pásma 3 kBq/m². (24)

Záznamová, vyšetřovací a zásahová referenční úroveň se zpravidla volí jako podíly základních limitů. Překročení zásahové úrovně je zpravidla podnětem k činnosti nebo zavedení opatření definovaných v programu monitorování. Na podzemních pracovištích uranových dolů jsou voleny zásahové úrovně 100 µGy/h pro dávkový příkon zevního záření gama, 1,54 Bq/m³ pro objemovou aktivitu směsi dlouhodobých radionuklidů emitujících záření alfa, 12,8 µJ/m³ pro koncentraci latentní energie produktů přeměny radonu a 30 kBq/m² pro povrchové znečištění radionuklidy. Při překročení zásahových úrovní jednotlivých veličin dozimetrická služba okamžitě zastaví práci na pracovišti a odvolá osádku. Po komplexním posouzení vzniklého stavu a zjištění a odstranění příčin musí být pracoviště dozimetricky přeměřeno a teprve poté mohou být práce znovu zahájeny. (5)

2. 4. 5. Technická opatření k ochraně zdraví pracovníků

Pracovníci uranových dolů jsou vybavováni osobními ochrannými pomůckami a osobními integrálními dozimetry všech tří možných složek ozáření. Pracovní prostředí v dole je z hlediska radiační ochrany monitorováno podle monitorovacího programu schváleného SÚJB. Podle požadavků legislativy Státní báňské správy jsou prováděna i další měření škodlivin a větrní sítě dolu. Podle požadavků hygienického dozoru jsou prováděna měření ve vztahu k dalším rizikovým faktorům pracovního prostředí.

V úpravách uranových rud je technologický proces uzavřen a téměř plně automatizován tak, že vyžaduje jen malou personální obsluhu. Těmito technologicko-organizačními opatřeními se výrazně snižuje riziko pro pracovníky. Nejvíce rizikovým pracovištěm je sušárna a plnárna koncentrátu. Na těchto pracovištích jsou pracovníci povinně vybaveni osobními ochrannými pomůckami včetně respirátorů a osobních integrálních dozimetrů. Jsou stanovena přesná pravidla pro přístup pracovníků do jednotlivých částí technologického procesu a pracoviště jsou velmi dobře odvětrávána.

Zabezpečení co možná nejpříjemnějších podmínek v pracovním prostředí uranových dolů je v rozhodující míře otázkou dobrého větrání. První měření objemové aktivity radonu provedl v Jáchymově F. Běhounek v roce 1924. Tehdy ze šesti odběrů zjistil průměrnou hodnotu 159 kBq/m^3 . V roce 1928 ho následoval Santholzer, který svými pokusy dokázal účinnost umělého větrání na snížení objemové aktivity radonu v ovzduší dolu. Na podkladě těchto pokusů se stal základem pro větrání uranových dolů Výnos revírního báňského úřadu v Karlových Varech číslo 1835 z roku 1938. Tento výnos mnohými svými ustanoveními předběhl natolik dobu, že některé zásady byly plněny až v poválečné historii uranového hornictví.

K zabezpečení dobrého větrání je nutné splnit některé předpoklady, a to stanovit potřebné množství větrů pro pracoviště, pracovní bloky a pro celý důl podle radonové výdejnosti a velikosti odkryté zrudnělé plochy, podle ředění větrů po trhacích pracích, podle počtu dieslových mechanismů a podle velikosti provětrávaných objemů. Je nutné stanovit rozvody větrů tak, aby na pracoviště byly přiváděny čerstvé větry, dále je nutné provést výpočet větrní sítě a určit potřebné ventilátory, regulační a izolační opatření. Výpočty potřebného množství čerstvých větrů vycházejí z různých modifikací uplatnění znalostí o závislosti intenzity větrání (rychlost výměny vzduchu), rychlosti emise radonu, stupni porušení radioaktivní rovnováhy, míře kontaminace čerstvých větrů a některých dalších skutečností. Pro projekční výpočty nově otevíraných dolů, nebo jejich částí, se vychází ze znalosti rychlosti emise radonu z geologických vzorků rudy, nebo z analogie z obdobných zrudnění. Tímto způsobem se stanovuje základní množství větrů, průběžně upřesňované s rozvojem otvírky dolu.

Při provozu dolu musí být dodržovány některé hlavní zásady, a to, že hlavní ventilátor musí být opatřen náhradním ventilátorem pro případ poruchy, izolační opatření větrních oddělení a vydobytých prostor musí být udržovány v dobrém stavu, technickými opatřeními se musí minimalizovat prašnost při operacích s rozpojenou

zrudnělou horninou, separátní lutnové tahy musí být dokonale utěsněny v celé délce a jejich sání umisťováno pouze v čerstvých větrech, ústí lutnových tahů musí končit v předepsané vzdálenosti od čelby, aby nevznikaly nevětrané prostory v pracovních místech, vývěry vod musí být podchyceny do zakrytých stružek nebo potrubí, aby se omezilo uvolňování radonu do ovzduší dolu, v okolí vtažných jam a vtažných větrných cest musí být zabráněno tvorbě sedimentovaného prachu, suché větrné cesty musí být zkrápěny roztoky hydroskopických solí nebo pěnou a motory používaných mechanismů musí být pravidelně kontrolovány a seřizovány. (5)

2. 4. 6. Zdravotní péče o pracovníky uranových dolů

V roce 1949 byla zahájena pravidelná měření objemové aktivity radonu na pracovištích uranového průmyslu, jejichž výsledky byly předpokladem pro výpočet expozice pracovníků. Od roku 1961 byly zavedeny osobní filmové dozimetry a v roce 1969 se začalo s měřením koncentrace latentní energie produktů přeměny radonu. Pravidelné měření objemové aktivity směsi dlouhodobých zářičů alfa uran-radiové řady bylo zahájeno teprve od roku 1997. Pro každého pracovníka v riziku ionizujícího záření je vedena a archivována osobní dozimetrická karta. V souladu s ustanovením prováděcích předpisů Atomového zákona jsou nově údaje o osobních dávkách pracovníků v uranovém průmyslu zařazeny do státního systému evidence ozáření. Všichni pracovníci, kteří přicházeli do uranového průmyslu po roce 1949, se podrobovali vstupním lékařským prohlídkám. Původně zdravotní péči zabezpečoval Ústav pracovního lékařství v Karlových Varech. Po zřízení Závodního ústavu národního zdraví v uranovém průmyslu v roce 1954, jehož součástí byl i Ústav hygieny práce v uranovém průmyslu (dále jen ÚHP ÚP), byl zaveden systém pravidelných preventivních prohlídek. V roce 1956 bylo zavedeno lůžkové oddělení pro rozsáhlejší preventivní prohlídky horníků s dobou expozice delší než osm let. Pro horníky, kteří ukončili práci v uranovém průmyslu po odpracování 2100 směn, byly v roce 1977 zavedeny následně preventivní prohlídky. Hygienický dozor v hygieně práce a v radiační hygieně vykonával v uranovém průmyslu ÚHP ÚP, v jehož čele stál zástupce hlavního hygienika ČSR pro uranový průmysl. Součástí tohoto dozoru bylo i zjišťování účinků uranových dolů na zdraví pracovníků formou rozsáhlých epidemiologických studií. Ústav rovněž shromažďoval poznatky o kumulaci radionuklidů v okolí závodů uranového průmyslu a jejich vlivu na životní prostředí.

Od roku 1995 vykonává dozor v radiační ochraně a jaderné bezpečnosti uranového průmyslu Státní úřad pro jadernou bezpečnost. (5)

2. 4. 7. Studie o radiační karcinogenezi

Třebaže byly účinky důlního prostředí na zdraví horníků pozorovány již v 16. století, první epidemiologické studie výskytu rakoviny plic ve vztahu ke kumulativní expozici produktů přeměny radonu zejména jako důsledek rozsáhlé těžby uranu ve čtyřicátých a padesátých letech, byly zahájeny až v šedesátých letech minulého století. V roce 1962 to byla americká studie Colorado Plateau, v roce 1964 studie newfoundlandských fluoritových dolů, v roce 1970 studie horníků západočeských uranových dolů a později řada studií v Kanadě, Švédsku, Francii, Austrálii a Číně. Všechny prokázaly statisticky velmi významný účinek kumulativní expozice, nicméně kvantitativní vyjádření míry rizika se ještě velmi lišilo. Proto byly studie analyzovány společně za použití jednotné metodiky a první taková analýza zahrnovala studie Colorado, Ontario, Saskatchewan, a Malmberget, což dohromady představovalo 459 případů. Ve stejné době bylo v české studii pozorováno 484 případů, avšak z politických důvodů nebyla česká účast na projektu možná. Nicméně poslední společné zpracování hornických studií, realizované v NCI Bethesda již českou studii zahrnuje. Výsledky analýzy potvrdily přímou závislost rizika na kumulativní expozici a prokázaly dále úbytek relativního rizika s dosaženým věkem, s časem od expozice a expozičním příkonem.

Profesionální expozice radonu byla i v Čechách předmětem vědeckého zkoumání již ve třicátých letech minulého století, kdy soukromý dar T. G. Masaryka umožnil činnost takzvané Komise pro výzkum jáchymovské hornické nemoci. První epidemiologické šetření výskytu rakoviny plic mezi horníky ve vztahu ke kumulativní expozici bylo zahájeno v roce 1970 Josefem Ševcem, který si již tehdy uvědomoval důležitost získání přímých epidemiologických podkladů pro hodnocení rizika v podmínkách uranových dolů. V následujících dvaceti letech Ševc se spolupracovníky publikoval mnoho výsledků založených na sledování původní kohorty a založil další dvě hornické kohorty a rozsáhlou studii obyvatel středočeského kraje exponovaných radonu v domech.

Ševcovy epidemiologické studie zahrnují tři skupiny horníků, kteří byli vystaveni vyšším koncentracím radonu a jeho rozpadovým produktům (viz tabulka 1.).

První a nejdéle sledovaná skupina horníků jáchymovských uranových dolů, kteří pracovali v podzemí v letech 1948 – 1959, zahrnuje 4 320 osob. Horníci druhé skupiny, jejichž počet dosáhl 5 624 horníků, pracovali v příbramských uranových dolech v letech 1968 - 1975, to znamená za podmínek, kdy expozice radonu byly v důsledku hygienických opatření podstatně nižší. Třetí sledovaná skupina horníků o rozsahu 914 osob pracovala v lupkových dolech na Rakovnicku v letech 1960 - 1980.

Individuální expozice rozpadovým produktům přeměny radonu byly v prvním případě odhadovány na základě četných měření koncentrací radonu na jednotlivých podzemních pracovištích a na základě evidovaných údajů o délce a typu pracoviště. Ve druhé studii byly expozice odhadovány nejprve na podkladě údajů o větrání a od roku 1978 byly stanoveny na základě osobní dozimetrické evidence. V případě třetím vycházely expoziční odhady z osobních dozimetrických listů v plném rozsahu.

Ke konci roku 1995 bylo ve všech třech sledovaných souborech evidováno celkem 3880 úmrtí, z nichž bylo 911 případů rakoviny plic.

Tab. 1: *Výsledky Ševcovy epidemiologické studie zahrnující tři skupiny horníků (5)*

Soubor	Sledování	Rozsah	rakovina plic	RR	Zemřeli	WLM	Délka expozice (roky)
1	1952-1995	4320	790	4,79	66 %	155	9
2	1969-1995	5624	55	1,51	11 %	7	5
3	1960-1995	914	66	2,19	45 %	18	14

WLM (working level month)- inhalace latentní energie záření alfa produktů přeměny radonu o koncentraci $1,3 \cdot 10^5$ MeV/l po dobu 170 hodin, které odpovídá příjem těchto radionuklidů v hodnotě 4,266 mJ ($2,6 \cdot 10^{10}$ MeV)

- vyjádřeno pouze z historických důvodů

RR- relativní riziko

Od roku 1949 do roku 1998 prošlo pracovišti v riziku ionizujícího záření v podzemí uranových dolů téměř 100 tisíc pracovníků, nejvíce v oblasti Jáchymov a Horní Slavkov (40 364 horníků) a v oblasti ložiska Příbram (30 265 horníků). K tomu je třeba přiřadit další tisíce pracovníků v úpravárnách, v dopravě a na dalších povrchových pracovištích zařazených do rizikové kategorie. Přehled o vývoji ozáření pracovníků je

patrný z tabulky 2. Výrazný pokles objemových aktivit radonu dokladuje účinnost opatření zaváděných ve větrání.

Tab. 2: Průměrná objemová aktivita radonu na pracovištích uranových dolů v České republice v letech 1949 - 1969. Podklady převzaty z archivu ÚHP UP Kamenná.

Rok	Průměrná hodnota objemové aktivity ²²²Rn [kBq/m³]	Rok	Průměrná hodnota objemové aktivity ²²²Rn [kBq/m³]
1949	51,8	1960	10,7
1950	39,6	1961	10,0
1951	30,0	1962	11,1
1952	29,2	1963	7,8
1953	19,2	1964	7,0
1954	15,2	1965	7,0
1955	16,6	1966	6,3
1956	17,7	1967	6,7
1957	8,1	1968	6,3
1958	11,1	1969	4,8
1959	10,7		

Na počátku sedmdesátých let zavedené nové větrací systémy v celém uranovém průmyslu vedly k tomu, že ani jednotlivě nebyla překračována limitní hodnota $8 \cdot 10^{10}$ MeV (vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 59/1972 Sb., o ochraně zdraví před ionizujícím zářením). Až do zavedení osobních integrálních dozimetrů všech tří složek ozáření v roce 1997 byla efektivní dávka pracovníků stanovována výpočtem z monitorování pracovního prostředí a z doby pobytu na pracovišti. V současné době je efektivní dávka počítána z výsledků osobních integrálních dozimetrů ozáření pracovníků v uranových dolech.

Tab. 3: Ozáření pracovníků v uranovém průmyslu krátkodobými produkty přeměny radonu. Podklady převzaty z ročních zpráv ČSÚP, od roku 1991 DIAMO, s. p. Stráž pod Ralskem (5)

Rok	Počet horníků	Průměrná hodnota příjmu produktů přeměny radonu [1.10^{10} MeV]
1975	9954	3,07
1980	8481	2,36
1985	8113	2,15
1990	4744	1,76
1995	1422	0,87

Jako ilustraci současných podmínek lze uvést výsledky osobního monitorování horníků v Dolní Rožince v roce 1998, kdy ze 428 pracovníků v podzemí obdržel jeden 38,9 mSv/rok (limit činí 50 mSv), což byla nejvyšší obdržená dávka. Nejvyšší počet pracovníků (142) byl v první skupině s obdrženou dávkou do 4,17 mSv/rok a více než polovina pracovníků byla ve skupině s obdrženou roční dávkou do 8,34 mSv. Kolektivní dávka všech pracovníků byla 4090 mSv a průměrná efektivní dávka 9,56 mSv. (5)

Na epidemiologické studie prováděné Ševcem a spolupracovníky navázal nově řešený úkol hodnocení profesionality leukémie ve vztahu k obdržené dávce. Ke studii byl použit dřívější soubor horníků uranových dolů (kohorty 1 a 2) doplněný o kohortu 2 000 horníků našich cínových dolů. Úkol „Odhad dávky na kostní dřev u horníků uranových dolů“ analyzuje zvýšený výskyt leukémie u uranových horníků v daném souboru ve vztahu ke kumulované ekvivalentní dávce na kostní dřev. Byla zjištěna statisticky významná závislost relativního rizika na kumulované dávce na kostní dřev, na jejíž velikosti se rozhodující měrou (více než 50 %) podílí příspěvek z vnitřního ozáření inhalací dlouhodobých radionuklidů alfa v poléťavém prachu, který se navíc zvyšuje s dobou uplynulou od ozáření. Příspěvek z expozice radonu byl přitom minimální. V závěru posuzované práce jsou na základě definovaných vztahů odvozeny koeficienty relativního rizika a navržen přístup k hodnocení profesionality leukémie. (20)

2. 4. 8. Radiační ochrana obyvatel a životního prostředí

Těžba a zpracování uranových rud může ohrožovat obyvatele a životní prostředí ve svém okolí plynnými, kapalnými i pevnými přírodními radioaktivními látkami. U provozovaných dolů to pak může být zejména vzduch odváděný výdušnými jamami z důlního pole, prašnost těženého a odvalového materiálu a možné jsou i úniky čerpané důlní vody. Z úpraven a kalových polí připadají v úvahu především případné úniky technologické vody a aerosoly z ventilačního zařízení. U starých zátěží to jsou průsaky vod kontaminovaných přírodními radionuklidy z odvalů, prašný aerosol a výronové vody ze zatopených důlních děl. Na území České republiky ovlivnila činnost uranového průmyslu životní prostředí ve více než 200 lokalitách, kde za půl století vzniklo celkem 46 milionů m³ odvalů vytěžené horniny a téměř 600 ha ploch kalových polí. V oblasti severočeské křídové pánve bylo při chemickém loužení v podzemí kontaminováno 186 milionů m³ cenomanských a 80 milionů m³ turonských podzemních vod. K minimalizaci těchto vlivů je nutné provádět monitorování a přijímat technická opatření k nápravě vzniklého stavu. (5)

2. 4. 9. Ozáření obyvatel z provozovaných dolů a úpraven

Z hlediska ozáření obyvatel v okolí těžby a úpravy uranových rud připadá v úvahu pět možných zdrojů ozáření a těmi jsou výduchy z dolů, přepravní trasy rudy, které jsou kontaminované úsypy na vozovku a přilehlé okolí, důlní a úpravárenské vody obsahující radionuklidy, které jsou vypouštěné do vodotečí, odvaly z hlušiny a velké odkalištní plochy.

Výduchy z dolů kontaminují ovzduší radonem a produkty jeho přeměny a to v závislosti na relativní vlhkosti vzdušiny. Výduchy mohou kontaminovat ovzduší i prašným aerosolem obsahujícím radionuklidy, nebo formou velkých objemů kontaminované kondenzační vody. Odvaly hlušiny z těžby jsou zdrojem zevního ozáření, velké prašnosti s obsahem radionuklidů, mohou být i zdrojem exhalace radonu a znečištění vodotečí průsakem srážkových vod. Velké odkalištní plochy jsou opět zdrojem exhalace radonu, prašnosti s obsahem radionuklidů, zevního ozáření a jsou i zdrojem potenciální kontaminace podzemních vod jako zdrojů pitné vody.

Je zřejmé, že z uvedených zdrojů mohou být ovlivněny základní složky životního prostředí, tedy ovzduší, voda a půda a jejich užíváním i člověk. Proto je jejich

sledování součástí sledování výpustí a okolí těžby a úpravy uranových rud. Většina z uvedených možností ovlivnění obyvatel je minimalizována zavedenými technickými opatřeními. Monitoruje se ovzduší, povrchové i podzemní vody a půdy.

2. 4. 10. Vlivy následků těžby uranu

Za následky těžby uranu lze principiálně považovat velké množství hald vytěžené hlušiny nacházejících se na území České republiky a dále pak skládky kalů z úpravy uranových rud.

- Vlivy vytěžené hlušiny

Hlušina vzniká v povrchové těžbě při odstraňování nadloží a v hlubinné těžbě při ražbě štol nezrudněnými zónami. Haldy hlušiny obsahují často zvýšené koncentrace radioaktivních složek oproti nezatížené hornině. Jiné haldy obsahují chudé rudy, jejichž obsah uranu je příliš nízký pro zpracování. Přechod mezi hlušinou a chudou rudou je plynulý a závisí na technických možnostech a ekonomických podmínkách těžby. Při hornickém způsobu těžby uranové rudy vzniklo na území České republiky 38 velkých hlušinových odvalů o celkovém objemu 43 177 000 m³ na ploše 2 460 000 m².

Tab. 4: Hlušinové odvaly po těžbě uranu v České republice (12)

Region	Objem hald v tis. m ³	Rozloha v tis. m ²
Západní Čechy	10662	641
Severní Čechy	1302	114
Příbramsko	28511	1299
Dolní Rožínka	2623	406
CELKEM	43098	2460

Z měření u pat hald vyplývá, že dávkový ekvivalent ionizujícího záření zde může být několikanásobně vyšší oproti přírodnímu pozadí. Rovněž se zde vyskytuje velký problém týkající se prašnosti, zejména v době zakládání nebo likvidace odvalů. Všechny tyto haldy ohrožují obyvatele a životní prostředí i po ukončení těžby z důvodů uvolňování radonu a průsaků radioaktivních a toxických látek do spodních vod.

V současné době je hlušina zpracovávána mnohými soukromými firmami na kamenivo, šterk, pro stavbu silnic, železnic a podobně (viz kapitola 2. 4. 17.).

- Vlivy skládek kalů z úpravy uranových rud

Zbytky z procesu úpravy rud se zpravidla vedou ve formě kalu do odkalových nádrží, kde se ponechají samy sobě. Usazovací nádrže (kalojemy) se zakládají buď ve stávajících sníženinách, nebo se zřizují přehradní hráze, nebo hráze uzavírající obvod zamýšleného prostoru. V takovýchto odkalištích je v České republice deponováno několik desítek milionů tun kalů.

Množství kalů je prakticky stejně velké, jako množství vytěžené rudy. Při obsahu uranu například 0,1 % zůstane 99,9 % odpadního materiálu. Kal obsahuje kromě uranu ještě všechny součásti rudy, to znamená, že kal může obsahovat až 82 % původní radioaktivity rudy, protože dlouhodobé rozpadové produkty jako ^{230}Th a ^{226}Ra se neodstraní. Jelikož z technických důvodů nelze z rudy získat veškerý uran, obsahuje kal ještě 5 - 10 % původně v rudě obsaženého uranu.

V kalu obsažené ^{226}Ra se průběžně rozpadá na radioaktivní plyn ^{222}Rn . Část tohoto radonu unikne z vnitřku deponie kalů a znečistí atmosféru. Vznikající radon má sice poměrně krátký poločas rozpadu (3,8 dne), ale z rozpadu radia vzniká stále další a další radon. Proto představuje radon z důvodu dlouhého poločasu rozpadu radia (1 620 let) dlouhodobé nebezpečí. V kalech ovšem není pouze ^{226}Ra , ale i jeho předchůdce v rozpadové řadě ^{230}Th . Jeho poločas rozpadu činí 80 000 let, a produkuje tak kontinuálně stále nové ^{226}Ra . Teprve zhruba po 1 milionu let by mohla odeznít radioaktivita kalů, a tím i radonové emise do té míry, že bude určována pouze zbytkovým obsahem ^{238}U , který sám produkuje nové ^{230}Th .

Kromě toho jsou v kalu obsažené i jiné škodliviny, které pocházejí ze zpracované uranové rudy, jako je například arzén nebo jiné těžké kovy. Dodatečně obsahuje kal ještě chemikálie, které byly použity při procesu zpracování rudy. Všechny tyto nebezpečné látky se mohou dostávat ze své bezpečné izolace pod zemí a ve formě jemného písku nebo kalu se mohou šířit v životním prostředí. V deponii kalu se navíc látky nacházejí v geochemické nerovnováze, což vede uvnitř deponie k nejrůznějším procesům, které s sebou přinášejí další rizika. Jako příklad mohu uvést problém solí obsažených v deponiích. Tyto soli zabraňují odvodnění kalů, které je nezbytné ke zvýšení stability deponie a k poklesu úniku průsakové vody. Na druhé straně vedou tyto soli k vysušování sousedních oblastí s nižším obsahem solí a tím mimo jiné k tvorbě trhlin v pokrytí deponie. V suchých oblastech se mohou škodliviny obsahující soli pohybovat k povrchu, kde jsou vystaveny erozi a mohou se uvolnit do životního prostředí.

Z důvodů jejich vlastností představují kaly z úpraven uranových rud zvlášť problematický potenciál ohrožení. Radionuklidy obsažené v deponii kalů vysílají gama záření, které na povrchu dosahuje dvacetí až stonásobku záření přirozeného pozadí. Se vzdáleností od deponie ovšem záření gama rychle ubývá, proto je největší riziko pro obyvatele žijící v bezprostředním okolí.

Deponie kalů mohou být vystavovány erozi nejrůznějšími způsoby. Srážky mohou vést ke tvorbě erozních rýh, při povodních může být poničena celá deponie, kořeny rostlin a zvířata mohou proniknout přímo do deponie, a tím umožnit únik uloženého materiálu, zvýšit emise radonu a urychlit erozi způsobovanou povětrnostními vlivy. Pokud povrch kalojemu vyschne, může jemný písek rozvát vítr na okolní pozemky. Hráze deponií kalu mnohdy nejsou konstruovány obzvlášť stabilně, někdy bývají zhotoveny dokonce z hrubších částic samotného kalu nahrnutím. Dále může dojít k selhání hrází v důsledku silných přívalových dešťů, pokud vodní hladina nastoupá příliš rychle, což se v minulosti již opakovaně stalo na území Nového Mexika a Kanady.

Průsaková voda uvolňující se z deponií kalu zatěžuje spodní i povrchovou vodu. Obyvatelstvo tedy může být ohroženo ^{226}Ra a jinými nebezpečnými látkami, jako je arzen a podobně. Problém průsakových vod je obzvlášť důležitý u kyselých kalů, protože zúčastněné radionuklidy jsou v kyselém prostředí pohyblivější. Chování průsakových vod v podloží závisí na komplikovaných hydrogeologických podmínkách. Lze je předvídat pouze po provedení náročných měření a počítačových modelací. Vedle uvolňování radonu představují průsaky hlavní nebezpečí, které je spojeno s kalojemou z úpraven uranové rudy. (12)

Tab. 5: Rozsah a objem odkališť v České republice (k roku 1995) (12)

Odkaliště	Plošný rozsah v ha	Objem v tis. m ³
Stráž pod Ralskem	187,0	19 236,0
Dolní Rožínka (GEAM)	90,1	9 827,4
MAPE Mydlovary	292,7	23 969,0
Příbram	44,1	238,3
Západní Čechy	20,1	2 798,0
Celkem	634,0	56 068,7

2. 4. 11. Vyřazované provozy a staré zátěže

Vyřazování z provozu se řídí podmínkami schválenými SÚJB a musí splňovat kritéria podle platné legislativy. Jsou to zejména bezpečnostní rozbor a záruky radiační ochrany, monitorovací programy, vnitřní havarijní plán, harmonogram a termíny vyřazovacích činností včetně plánovaného využití místa po vyřazení z provozu a některé další. Technologické celky se rozebírají a třídí k dekontaminaci a k dalšímu zpracování, nebo jsou ukládány na určeném místě. Budovy jsou buď asanovány, nebo uvolňovány k dalšímu využití. Celé areály jsou pak dekontaminovány a rekultivovány podle způsobu dalšího využití, může se jednat o zalesnění až po náhradní průmyslové činnosti. Úvodní důlní díla, jako jsou jámy, komíny a podobně, jsou zasypávána odvalovým materiálem. Doly jsou zatápěny přirozenými přítoky vod po ukončení čerpání důlních vod. Hydrogeologické studie stanoví předpokládaná místa a objemy vod, které budou vytékat z dolu po jeho zatopení. Nejčastěji se volí způsob udržování vodní hladiny na stanovené kótě řízeným čerpáním vod do dekontaminačních stanic, které jsou projektovány na předpokládané množství vod a objemové aktivity uranu a radia. Uran je zachycován na ionexových kolonách a radium je odstraňováno srážením. Postupné zatopení ložisek a dekontaminace vod zajišťuje produkci technologických kalů, sráženin a eluátů, které musí být zpracovány v úpravárnách na uranový koncentrát, a nebo ukládány do kalových polí. Odvaly a kalová pole jsou postupně sanovány. Materiál z odvalů se částečně zpracovává na tříděné kamenivo pro další řízené využití (viz kapitola 2. 4. 17.) a pro zásyp úvodních důlních děl a propadů, odvaly jsou posléze rekultivovány a osazovány zelení. Odvaly jsou kontaminované radionuklidy uran-radiové rozpadové řady v rozsahu koncentrací 100 – 2 500 Bq/kg. To závisí zejména na lokalitě, na stáří odvalu, protože v počátcích rozvoje těžby se využíval jen čistý smolinec a velmi bohaté rudy a ostatní materiál byl ukládán do odvalů. Jenom v okolí Příbrami se odhaduje, že v odvarech je uloženo 1 900 t uranu. Kalová pole jsou vysoušena a převrstvována stínícími a rekultivačními materiály. Tímto způsobem se efektivně zabraňuje průsaku srážkové vody do odkaliště a transportu radionuklidů obsažených v prachu z povrchu odkališť do okolního prostředí. Dále vrstva materiálu snižuje dávkový příkon záření gama na povrchu odkaliště, a výrazně tak snižuje exhalaci radonu z povrchu odkaliště. Sedimenty kalových polí mají dosti nehomogenní rozložení hmotnostních aktivit radionuklidů. Koncentrace uranu je v jednotkách až stovkách mg/kg a hmotnostní aktivita ^{226}Ra 100 – 4 000 Bq/kg. Odvaly, výsypky a kalová pole nejsou klasifikovány

jako odpady, ale jako produkty hornické činnosti s možností využití jako druhotný zdroj surovin.

Těžba uranových rud ve více než 200 lokalitách na našem území představuje téměř 4 000 starých zátěží. Ty lze označit zčásti jako zátěže báňsko-technického charakteru, kam patří důlní díla proražená na povrch, nebo přibližující se povrchu blíže než 50 m a spojená s nebezpečím vytváření poklesů, nebo otevřených propadů. Dále jsou to opuštěné odvaly, odkaliště, lomy a zcela nebo částečně zlikvidované areály dolů a úpraven. Tyto zátěže ovlivňují životní prostředí zvýšeným obsahem radionuklidů v ovzduší, půdě a ve vodách. Z těchto důvodů je nutné provádět kompletní inventarizaci starých zátěží, jejich popis včetně zpracování monitorovacích programů, stanovení způsobů transportu a kumulace radionuklidů v životním prostředí a návrhů nutných technických opatření a dále stanovení jejich priorit. I když ekologických zátěží je podstatně méně než báňsko-technických pozůstatků, je jejich řešení složitější a finančně velmi náročné. Důvod spočívá v tom, že v počátečním období těžby a zpracování uranových rud nebylo zajištěno řízené uvolňování radionuklidů do životního prostředí a vyřazováním z provozu se mnohdy jen povrchně zahlazovaly stopy po těžbě, aniž by se řešily možné dlouhodobé projevy. Je proto velice důležité provést optimalizační ohodnocení radiačních rizik a stanovit prioritu a rozsah nutných nápravných opatření s ohledem na stávající radiační zátěž dané lokality a na předpokládané další využití lokality. Jedině zdůvodnění pozitivního přínosu odvrácení dávky pro osoby u již existující situace by mělo zaručovat, že přínosy zásahu převáží nad riziky. Hornickou činností byla narušena původní rovnováha přírodních poměrů, která vznikala dlouhodobě a dá se proto předpokládat i dlouhodobá náprava tohoto stavu. (5)

2. 4. 12. Monitorování výpustí a okolí

Monitorování výpustí a okolí pracoviště se zdroji ionizujícího záření (případně i staré zátěže) je nedílnou součástí programu monitorování. Je zajišťováno provozovatelem pracoviště, resp. majitelem anebo správcem staré zátěže. Monitorování výpustí slouží ke kontrole dodržování podmínek uvolňování radionuklidů do životního prostředí, k včasnému zjištění případných nedovolených úniků a jejich důsledků na okolí pracoviště, nebo k signalizování odchylek od běžného provozu. Monitorování okolí se provádí ve vybraných bodech a trasách měření zejména dávkových příkonů, aktivit, objemových a hmotnostních aktivit radionuklidů uvolňovaných z pracoviště

se zdroji ionizujícího záření. Monitorují se výpusti do povrchových toků a povrchové toky, kde sledovanými veličinami je koncentrace U_{nat} a objemová aktivita ^{226}Ra v několika monitorovacích profilech. V sedimentech na dně toků se stanovuje obsah U_{nat} (resp. hmotnostní aktivita ^{238}U) a hmotnostní aktivita ^{226}Ra . Při sledování podzemních vod jsou sledovány monitorovací vrty v blízkosti důlních děl a studny v okolních obcích, a to i když je zásobování pitnou vodou zajištěno z veřejného vodovodu. Sleduje se koncentrace U_{nat} a objemová aktivita ^{226}Ra . V ovzduší ovlivněném výpustěmi z výdušných jam, komínů sušáren a prašným aerosolem jsou na dotčeném území sledovány objemy uranu a radia v prašném spadu, objemová aktivita dlouhodobých zářičů alfa uran-radiové řady, ekvivalentní objemová aktivita radonu a dávkový příkon záření gama. Na pozemcích, které přiléhají k důlním zařízením, je stanovována hmotnostní aktivita ^{238}U a ^{226}Ra v půdách i v pícninách a plodinách. Výsledky slouží ke kontrole dodržování povolených výpustí a k výpočtu velikosti a rozložení efektivních dávek a jejich úvazků v okolí pracovišť se zdroji ionizujícího záření. Součástí monitorování výpustí a okolí je rovněž vymezení referenčních úrovní a stanovení kritérií pro potřebné postupy a opatření. Příkladem monitorování okolí uranových ložisek jsou dlouhodobá měření ekvivalentní objemové aktivity radonu v okolí odvalů a na okrajích dotčených obcí, které dlouhodobě provádí ÚHP UP a od roku 1995 SÚJB. (4)

2. 4. 13. Problematika důlních vod

Podmínkou provozu podzemních pracovišť při hlubinné těžbě je spolehlivé čerpání důlních vod. V počátečních letech těžby uranu v České republice byly důlní vody odváděny přímo do veřejných vodotečí. Byly tak zdrojem znečištění povrchových (někdy i podzemních) vod vypouštěnými radionuklidy a jejich kumulace ve složkách životního prostředí (v sedimentech). Důsledky této dřívější kontaminace jsou zjišťovány dosud.

Likvidace hlubinných uranových dolů v České republice v nedávné minulosti byla po ukončení nezbytných prací v podzemí dolů v souvislosti s jejich likvidací provedena přirozeným zatopením. Po zatopení dolů jsou pak z podzemí řízeně a kontrolovaně vyváděny důlní vody, které by přesáhly stanovenou výšku hladiny v dole (dále používán pojem „nadbilanční vody“).

Úroveň hladiny je stanovena pro každé ložisko vzhledem k morfologii okolního terénu a je určující pro to, aby kontaminované důlní vody nemohly nekontrolovatelným únikem ohrozit okolní prostředí. Zcela zásadním úkolem uranového hornictví ve vztahu k životnímu prostředí, jak při těžbě ložiska, tak následně i při likvidaci dolů a zahlazování následků těžby, je totiž minimalizace negativního vlivu uvolňovaných radionuklidů na okolní prostředí a zdraví obyvatelstva. (7) U provozovaných dolů je množství důlních vod násobně vyšší než u zatopených, jejich kvalita je však příznivější. U zatopených dolů v příznivějším případě nedochází vůbec k odvodu důlních vod, ve většině případů je však nutno udržovat stálou hladinu vody buď čerpáním nebo vybudováním gravitačního odvodňovacího systému z důvodu zabránění nekontrolovaného vývěru vod puklinami nebo vrty, komíny apod. (21)

Zdrojem radioaktivity vod je především radon, který je nahromaděn v dutinkách a spárách hornin. Voda procházející těmito dutinami, které obsahují radon ve velkých koncentracích, se radonem nasytí a při vytékání pramínek do důlního prostředí dává radonem i důlní ovzduší. Obohacování vod radonem nastává i v případech, kdy vodní toky protékají stařinami a vyrubanými prostory, ve kterých jsou velké koncentrace radonu. Sycení vody radonem závisí na teplotě vody i okolí a na rozdělovacím koeficientu.

Radioaktivitu a toxicitu důlních vod samozřejmě ve značné míře způsobují kromě radonu mnohé další radioaktivní i neradioaktivní látky, které se v horninách v důlním prostředí běžně nacházejí. Jsou to zejména rozpuštěné sloučeniny uranu, radia, thoria, železa, arsenu, některé další těžké kovy a jiné.

Pracemi, provedenými u nás i v zahraničí, bylo dokázáno, že více než 90 % radonu rozpuštěného v důlní vodě se dostává do ovzduší. Radon se z vody velmi rychle a kvantitativně vypuzuje jakýmkoliv „vytřepáváním“, čeřením, přepadáváním vody přes terénní nerovnosti a podobně, což představuje riziko kontaminace vzduchu a ohrožení obyvatelstva v dané lokalitě. (18)

Prakticky každý vodní pramen obsahuje určité množství rozpuštěného radonu. Aktivita pramenů se pravidelně sleduje, a to zejména v lázeňských oblastech, kde je někdy radioaktivní voda i léčivým zdrojem (např. Lázně Jáchymov). Určitou aktivitu vykazuje i pitná voda. Odstraňování radioaktivních a jiných toxických látek z vody je v některých případech velmi nesnadné a nákladné.

Chemismus důlních vod se v průběhu otvírky a exploatace ložisek uranu mění podle rozsahu infiltračního území, celkové plochy obnaženého povrchu důlních děl,

mineralogického složení horninového prostředí včetně reziduí nevytěžených uranových a jiných radioaktivních minerálů v důlních dílech a také dosažené hloubky dobývání. V průběhu zatápění hlubinných dolů v rámci jejich likvidace dochází k dalším významným změnám obsahu rozpuštěných látek ve vodách (uran, radium, železo aj.), kdy se několikanásobně zvyšuje jejich obsah a to zejména v době, kdy výrazně převládá oxidační prostředí. Graf (viz příloha 6.) zobrazuje změny obsahu uranu v důlních vodách od počátku exploatace až po likvidaci dolů zatopením sumárně za ložiska Litoměřice, Vítkov, Zadní Chodov, Okrouhlá Radouň a Příbram. Fázi zatápění dolů v těchto lokalitách odpovídá prudký pokles množství odváděné důlní vody.

Důlní vody zatopených bývalých uranových dolů tak představují, vzhledem k jejich značným objemům (např. ložisko Příbram – předpokládaný celkový objem vod cca 23 mil. m³, ložisko Rožná – celkový objem vod v ložisku bude po zatopení cca 11,3 mil. m³), významný druhotný zdroj uranu. Dosud získané poznatky dokládají, že obsah uranu v důlních vodách se významně mění (zvyšuje) s hloubkou a zejména po ustálení vodního režimu dochází k výrazné vertikální stratifikaci vod v zatopeném dole.

S ohledem na vysoké koncentrace rozpuštěných složek v důlní vodě (nad stanovenými limity pro vypouštění) je nutné v současné době nadbilanční vodu vyváděnou ze zatopených dolů před vypouštěním do vodotečí čistit a kontaminanty zachycovat. Tímto způsobem je ze zlikvidovaných a zatopených uranových dolů stále získáván uran jako doprovodný efekt čištění důlních vod i dlouho po ukončení klasické exploatace ložiska. Technické řešení uplatňované na jednotlivých lokalitách pak vychází z požadavku, aby ze zatopeného dolu byly vyváděny důlní vody s minimálními obsahy kontaminantů. (7)

2. 4. 14. Možnosti ozáření obyvatel a kumulace radionuklidů v životním prostředí

Z pracovišť uranového průmyslu se mohou radioaktivní látky dostávat do životního prostředí. Proto jsou stanoveny uvolňovací hodnoty, při kterých je možno vypouštět do vod, nebo do ovzduší, nebo jinak uvádět do životního prostředí látky obsahující radionuklidy. Jedním z kritérií je, že v kalendářním roce nepřesáhne průměrná efektivní dávka u kritické skupiny obyvatel ve sledované oblasti 10 μ Sv a současné kolektivní dávka nepřesáhne 1 Sv. Pokud obsah radionuklidů v látkách přesáhne uvolňovací hodnoty, ale jejich znečištění radionuklidy je menší, než naplňuje vymezení

pojmu radioaktivní odpad, potom je k jejich uvolňování do životního prostředí nutné zvláštní povolení SÚJB. V dokumentaci pro správní řízení je pak velmi důležité správně určit kritickou skupinu obyvatel, kteří jsou vystaveni větší expozici, než kterákoliv jiná skupina lidí. Tyto zásady plynoucí ze zákona č.18/1997 Sb. nově a poprvé jednoznačně definují možnosti řízeného uvolňování radionuklidů do životního prostředí a ochranu obyvatel.

Při průzkumu, těžbě a zpracování uranových rud, zejména v počátcích rozvoje této činnosti, docházelo k prakticky neomezenému uvolňování radionuklidů do ovzduší, vod a půdy. Řízený způsob uvolňování radionuklidů byl nejdříve uplatněn u výpustí do povrchových vodních toků. Důsledkem toho byla výstavba velkého množství čistících a dekontaminačních stanic, které zabezpečovaly dodržování povolených výpustních limitů. Tím byly položeny základy pro rozvoj monitorování výpustí a později i okolí důlně-úpravárenských závodů uranového průmyslu a vytvořeny podmínky pro výpočet kumulace radionuklidů v životním prostředí a dávkové zátěže obyvatel v okolí území dotčených těžbou a zpracováním uranových rud. (5)

2. 4. 15. Charakteristika zátěží životního prostředí a jejich možná řešení

Zahlazování následků průzkumu, těžby a úpravy uranové rudy, prováděné v rámci realizace útlumového programu uranového průmyslu, představuje soubor technických opatření, která zahrnují odstraňování zátěží:

- po průzkumu a hlubinné těžbě uranu, tzn. likvidace důlních děl, povrchových areálů, odvalů a provoz dekontaminačních stanic, respektive čistíren důlních vod
- po úpravě a zpracování uranové rudy, tzn. likvidace areálů chemických úpraven a sanaci a rekultivaci odkališť s obsahem radioaktivních kalů
- po chemické těžbě uranu, tzn. výstavba a provoz technologických zařízení pro vyvedení kontaminovaných roztoků z podzemí, jejich zahušťování na odpařovací stanici a dále výstavba a provoz technologií na přepracování tohoto produktu na hospodářsky využitelné suroviny. (2)

Specifickou zátěží uranového průmyslu je kontaminace životního prostředí, zejména všech vod a materiálů přirozenými radionuklidy. V sanačních opatřeních to znamená především realizovat dekontaminační stanice se speciálními technologiemi na odstranění radionuklidů a s kontaminovanými materiály nakládat v rámci zařízení s. p. DIAMO jako s produkty hornické činnosti.

2. 4. 16. Čištění důlních vod na ložisku Příbram

V době těžební činnosti byly přítoky důlní vody do ložiska Příbram okolo 70 l/s, což představuje více jak 2,1 mil. m³ čerpaných a čištěných důlních vod za rok. Čištění bylo zajišťováno provozem 4 dekontaminačních stanic, které s více než 90% účinností odstraňovaly rozpuštěný uran. V souvislosti se zatápěním hlubokých horizontů ložiska a výstavbou plynového zásobníku (vystaven na 21. patře v hloubce 1 000 m pod povrchem v nerozřádaném důlním poli jámy č. 16, hlavním investorem byl Transgas Praha s. p.) toto množství postupně klesalo na 1,6 mil. m³ za rok a po předání zásobníku investorovi bylo zahájeno trvalé zatápění příbramského ložiska uranové rudy.

Původní prognózy předpokládaly, že k zatopení ložiska dojde nejdříve po roce 2012. Postup zatápění a stoupaní hladiny důlní vody byly pravidelně monitorovány a aktualizovanou prognózou v roce 2001 byl upřesněn a stanoven termín zatopení ložiska na rok 2008. V roce 2002, kdy i tato oblast byla zasažena přívalovými dešti, došlo k podstatnému nárůstu hladiny důlní vody a i upřesněný termín (rok 2008) musel být na počátku roku 2003 revidován. Nová prognóza stanovila termín nastoupaní hladiny důlní vody na začátek roku 2006.

Toto upřesnění znamenalo okamžitě zahájit práce na stavbě nové čistící stanice důlních vod (ČDV) včetně doprovodných staveb, tzn. čerpání a přívod kontaminovaných vod na ČDV, odvedení vyčištěných vod do veřejné vodoteče (říčka Kocába), vybudování kazet pro ukládání vzniklých kalů na odkališti Bytíz I (viz příloha 7.) a další opatření.

Zpracování projektové dokumentace včetně vyřízení legislativy a provedení výběrového řízení formou veřejné zakázky dle zákona 199/1994 Sb. v platném znění potřebné k vlastnímu zahájení stavby trvalo 18 měsíců a bylo zajištěno k 1. červenci 2004. V tuto dobu se nacházela hladina důlní vody v ložisku cca 160 m pod přelivnou hranou. Vlastní práce na stavbě byly zahájeny v srpnu 2004 s termínem dokončení k 31. 12. 2005. Toto datum odpovídalo potřebné rezervě pro spuštění čistící stanice

dle předpokladů vycházejících ze sledovaného stoupání hladiny důlní vody v ložisku v daném období. V průběhu výstavby bylo pravidelně měřeno stoupání hladiny a až do 1. čtvrtletí roku 2005 vše naznačovalo, že stavba i stoupání hladiny je v souladu s prognózami a harmonogramem výstavby. Koncem 1. čtvrtletí roku 2005 ovšem nastal zlom, kdy stoupání hladiny přestalo kopírovat aktualizované předpoklady a docházelo k vyšším přírůstkům. V návaznosti na tyto skutečnosti bylo reálné, že dostoupaní hladiny důlní vody na přelivnou hranu může dojít již v měsíci září 2005. Z těchto důvodů byly urychleny veškeré práce na stavbě tak, aby pro případ naplnění tohoto katastrofického termínu byla připravena technologie k náhradnímu způsobu čištění důlních vod. Současně se hledal způsob omezení stoupání hladiny důlních vod v ložisku.

Jedinou možností, jak snížit stoupání hladiny důlních vod v ložisku, bylo odčerpávat část důlních vod z podzemí a dekontaminovat je na stávající čistící stanici průsakových vod v oblasti Bytíz (viz příloha 8.). Problém ale byl, že tato čistící stanice byla projektována na čištění průsakových vod o objemu 6, max. 12 l/s. K omezení stoupání hladiny však bylo nutno zpracovávat cca 25 l/s čerpaných důlních vod s podstatně vyššími koncentracemi a současně nepřekračovat limity stanovené SÚJB a vodohospodářských orgánů pro vypouštění vod do vodoteče. I tento problém se však podařilo vyřešit. Ve spolupráci s firmou Lhoist, která zapůjčila zařízení na náhradní dávkování vápna bez nutnosti složitěho vápenného hospodářství, které se zkoušelo shodou okolností za jiným účelem na lokalitě Kutná Hora k naprosto odlišnému složení důlních vod. Těmito opatřeními a využitím veškerého intelektuálního i fyzického potenciálu se podařilo omezit stoupání hladiny důlní vody v ložisku a tím vytvořit předpoklad k řádnému dokončení stavby a spuštění technologie do zkušebního provozu bez prozatímních řešení a opatření. Hlavní sledovaný cíl, tj. dostavba a uvedení nové ČDV Příbram II (příloha 9.) do zkušebního provozu v říjnu roku 2005, byl nakonec za úzké spolupráce odštěpných závodů SUL Příbram a GEAM Dolní Rožínka (dodavatel projektu a technologie ČDV) včetně dodavatele stavební části SMP CZ, a. s., Praha splněn.

Čistírna důlních vod Příbram II slouží k odstraňování především uranu a radia z důlní vody tak, aby mohly být tyto vody vypouštěny do veřejné vodoteče v souladu s platným rozhodnutím vodohospodářských orgánů a SÚJB.

Navržená technologie je založena na principu iontové výměny a vracení iontů těžkých kovů do nerozpustných (eventuelně omezeně rozpustných) sloučenin tzn., že umožňuje:

- snížení koncentrace uranu jeho sorpcí na iontoměničích a následnou regeneraci – eluci iontoměniče. Jedná se o technologii již několik desítek let používanou při získávání uranu na o. z. TÚU ve Stráži pod Ralskem, kapacitně upravenou pro obsah uranu v čištěných důlních vodách,
- odstranění přítomných iontů železa oxidací,
- snížení koncentrace radia spolusrážením síranu radnatého se síranem barnatým,
- eliminaci případných zvýšených koncentrací ostatních iontů těžkých kovů přidávkem suspenze vápenného hydrátu,
- sedimentaci vznikajících sraženin v usazovacích nádržích s následnou filtrací na kalolisu.

ČDV je projektována na maximální výkon cca 80 l/s, což je zajištěno soustavou čerpadel Grundfos SP 160/2 umístěných v jámě č. 19, kterými je důlní voda dopravena do akumulární nádrže v objektu ČDV. Odtud je voda čerpána na kolony s náplní ionexu, kde dochází k sorpci uranu. Důlní voda zbavená uranu odtéká do rozdělovače nátoku před areačními reaktory, kde je dávkován roztok chloridu barnatého (pro snížení koncentrace radia) a dle potřeby (podle měřených hodnot pH) vápenný roztok. Chemicky upravená důlní voda natéká do dvojice zahušťovačů typu Dorr, kde dochází k sedimentaci nerozpuštěných látek a vyčeřená důlní voda přepadá do předlohy pískových filtrů. Zde je dočištěna a potrubím odvedena zpět do jámy č. 19 a dále podzemním přivaděčem uloženým ve štole o délce 314 m do potrubí umístěném ve výkopu v délce 494 m přes výpustný objekt do toku Kocába.

Usazený kal ze zahušťovačů je na komorovém kalolisu odvodněn a následně odvážen a ukládán do vybudovaných kazet na odkaliště Bytíz I.

Podobně je dále prováděna eluce (regenerace) promytého ionexu, který je následně vrácen zpět do technologického procesu. Eluční roztok je dále upravován do konečné suspenze (diuranát sodný), který je ze zásobníkových nádrží odvážen autocisternou k dopravě na o. z. TÚU Stráž pod Ralskem.

Tab. 6: Kvalitativní parametry čerpané důlní vody před vstupem do ČDV a porovnány s ukazateli stanovenými v rozhodnutích příslušnými orgány ochrany ŽP (11)

	<i>DV vstup</i> Průměr 1.- 8. 06	Limit		<i>DV výstup</i> Průměr 1.- 8. 06
		„p“	„m“	
pH	7,53	6-9		7,8
Fe (mg/l)	13,1	5	6	1,8
Zn (mg/l)	0,05	0,5	1,0	0,05
Nl (mg/l)	36,9	30	40	23
Cu (mg/l)	0,09	0,2	0,4	0,087
As (mg/l)	0,26	0,1	0,2	0,03
RL (mg/l)	3744	5000	6000	3965
SO₄ (mg/l)	2160	3000	4000	1919
Cl (mg/l)	114,6	800	900	259
U (mg/l)	8,43	0,75	1,0	0,49
Ra (mBq/l)	1293	350	500	153
Q (l/s)		35	35	81,4

Dosavadní zkušební provoz ČDV Příbram II dále bohužel ukázal, že i když je průměrné čerpané množství důlní vody za leden – červenec 2006 75,4 l/s, nedochází ke snižování hladiny důlní vody v podzemí příbramského ložiska uranové rudy tak, jak bylo prognózováno.

K ustálení hladiny důlních vod bylo v období jarního tání a dlouhotrvajících deštích v průběhu dubna a května 2006, kdy spadlo v úhrnu 234,8 mm/m² dešťových srážek, nutno čerpat cca 95 - 100 l/s.

Stávající čerpací systém na ložisku (jámy č. 19 a 15) umožňuje nárazově čerpat a zpracovat maximálně do 110 l/s. Při tomto maximálním čerpání dochází po odeznění prvotního nárůstu k dennímu odčerpání hladiny v průměru o 3 - 4 cm.

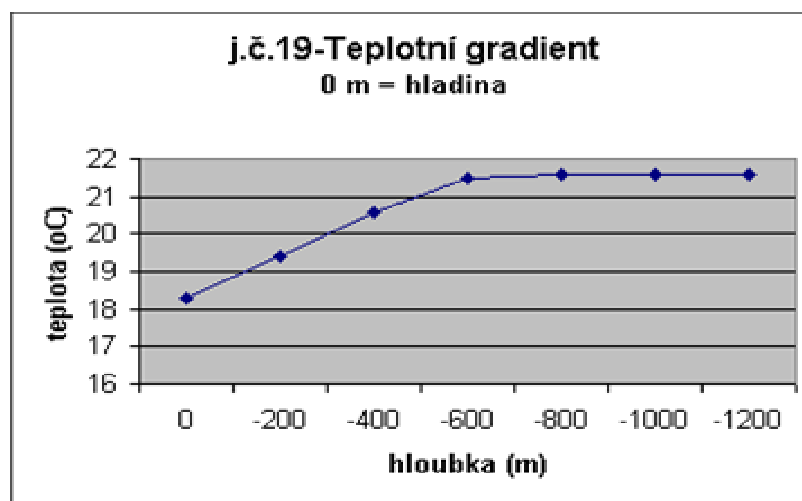
Provoz ČDV Příbram II při výkonu 80 l/s čištěné důlní vody je na hranici technologických možností bez možnosti jakékoli odstávky. V současné době je navíc před vydáním nové rozhodnutí SÚJB, kde se předpokládá snížení limitní hodnoty u ukazatele uran („p“=0,6 a „m“=0,7 mg/l) ve vypouštěné důlní vodě, což nutně povede ke snížení provozního výkonu ČDV z důvodu častější regenerace ionexu.

Vzhledem k tomu, že nelze do budoucna předpokládat, že by se tato situace každoročně neopakovala a bude problematické podchytit tyto zvýšené přítoky v rámci retence dolového pole, je nutné řešit tyto nadbilanční vody intenzifikací stávající „ČDV Příbram I Bytíz“, a to spolu s využitím možnosti akumulace těchto vod

na kalovém poli (odkaliště Bytíz I). Kapacita intenzifikované ČDV Příbram I bude 40 l/s. Dne 11. 12. 2006 byla stanice uvedena do zkušebního provozu. (3)

V neposlední řadě je nutno zmínit další ukazatel, který při stanovení způsobu a podmínek vypouštění důlní vody do veřejné vodoteče (tok Kocába) nebyl vzat v úvahu, a tím je teplota vypouštěné důlní vody. Na obrázku č. 1 je zachycen teplotní gradient v jámě č. 19 v rámci zonálního monitoringu z března 2004, jehož cílem bylo získat znalosti o vertikální a horizontální geochemické zonálnosti důlních vod, základních rysech jejího vývoje a porovnání s vývojem u různých typů ložisek.

Obr. 1: Teplotní gradient jámy č. 19 (březen 2004) (7)



Důlní voda o teplotě cca 18 °C vstupující do technologického procesu čištění získá ještě další 2 – 2,5 °C, takže při spojení s veřejnou vodotečí (tok Kocába) neklesne teplota vypouštěné důlní vody pod 20 °C včetně zimního období. Vzhledem k tomu, že cca po 100 m se tok Kocába vlévá do chovného rybníka Červený, dochází v zimním období k jeho částečnému nezamrznutí a z toho plynou problémy s ochranou nasazené rybí obsádky např. ve vztahu ke kormoránům, kteří jsou potom schopni provést její naprostou devastaci.

Znamená to, že i tato problematika bude muset být v blízké době řešena stejně zodpovědně jako odstraňování radionuklidů, těžkých kovů a dalších. (8)

2. 4. 17. Zpracování hlušínového materiálu z odvalů uranových dolů na tříděné kamenivo

Odvaly hlušínového materiálu představují jeden z nejzávažnějších pozůstatků po těžbě uranové rudy v krajině. Uložený materiál je dlouhodobým zdrojem ozáření obyvatel v okolí odvalů – zevním ozářením v jejich bezprostřední blízkosti, exhalací radonu, prachu s obsahem přírodních radionuklidů a vymýváním radionuklidů průsakovými vodami do veřejných vodotečí. Jejich likvidace je jedním z nejnáročnějších problémů při odstraňování následků těžby, především pro jejich obrovské objemy (viz tab. 4). Jednou z cest je jejich rekultivace, která je však z technického a ekonomického hlediska náročná a nelze ji provést na všech odvalech. Některé odvaly zřejmě nadále zůstanou chráněnými nerostnými ložisky pro jejich obsah v budoucnu využitelných kovů.

V průběhu zpracování mé bakalářské práce jsem se podrobněji seznámila s podmínkami, za kterých lze z odvalového materiálu vyrábět stavební kamenivo. Výrobou a distribucí tříděného kameniva se zabývá např. firma ECOINVEST PŘÍBRAM, s. r. o. (viz příloha 11.), která do současné doby zpracovává materiál z nedalekého odvalu jámy č. 16. Podmínky technologického zpracování, spočívajícího v drcení, třídění (radiometrické, velikostní) a praní kameniva včetně výstupní radiometrické kontroly a kontrolních měření radioaktivity výrobků jsou stanoveny rozhodnutím SÚJB. Tímto rozhodnutím jsou rovněž stanoveny podmínky uvádění radionuklidů do životního prostředí distribucí vyrobeného kameniva a jeho použitím. Podmínky pro použití vycházejí z platné legislativy, zejména vyhlášky SÚJB č. 307/ 2002 Sb., v platném znění (§ 96).

Podle rozhodnutí SÚJB (9) smí ECOINVEST PŘÍBRAM, s. r. o., uvádět radionuklidy do životního prostředí za těchto podmínek:

1. Materiál z odvalu uranových dolů:

- Bude zpracováván technologií drcení, třídění a praní.
- Aktivní materiál na technologickém dopravníku bude registrován radiometrickou scintilační sondou a oddělován.
- Z frakce 0 - 4 mm bude aktivní podíl oddělován na kuželovém separátoru.
- Kontrolní měření dávkového příkonu záření gama budou prováděna v místě těžby (v případě, že dojde ke zvýšení výnosu aktivních materiálů z výroby), ve výrobě (ze sfukovače a kuželového separátoru, a to denně), na výstupu (1x čtvrtletně

na deponiích všech frakcí a navíc každému odběrateli bude z každé dodávky a z každé frakce měřen kontrolní náklad)

2. Kamenivo vyrobené z odvalové suroviny uranových dolů, jehož hmotnostní aktivita ^{226}Ra nepřesáhne 1000 Bq/kg, smí být použito jen pro tyto účely:

- Pro stavbu vozovek, pokud dojde ke zpevnění materiálu a k povrchové úpravě zamezující jeho drobení (např. pokrytí asfaltem, betonem apod.). Povrchová úprava bude provedena do šesti měsíců ode dne dodávky materiálu.
- Pro úpravu lesních cest bez nutnosti povrchové úpravy.
- Pro výstavbu účelových ploch (letišť, parkovišť apod.) s nutností povrchové úpravy.
- K zásypu výkopů pro vodovodní či jiná potrubí, včetně meliorací s následným převrstvením vhodným materiálem do šesti měsíců od dodávky materiálů, mimo pásma hygienické kontroly.
- K výrobě betonových panelů pro hloubkové a povrchové stavby, pokud nebudou součástí uzavřených prostor.
- Pro výrobu betonových směsí ke stavbě hrází pro vodohospodářské účely (potoky, rybníky apod.).
- Pro stavbu a úpravu kolejových svršků.
- Pro výrobu zámkové dlažby pro venkovní použití.

3. Kamenivo vyrobené z odvalové suroviny uranových dolů, jehož hmotnostní aktivita ^{226}Ra nepřesáhne 300 Bq/kg, smí být použito pro výrobu betonových směsí používaných pro stavby s pobytovým prostorem.

4. 1x měsíčně budou odebrány vzorky všech v daném období vyráběných frakcí kameniva a zámkové dlažby, k jejíž výrobě bylo použito kamenivo z odvalové suroviny uranových dolů, ke stanovení hmotnostní aktivity ^{226}Ra v akreditované laboratoři.

5. Kamenivo, jehož hmotnostní aktivita ^{226}Ra nepřesáhne 1 000 Bq/kg, bude deponováno výrobcem v areálu výrobce na místě k tomu určeném v maximálním množství 500 t. Následně bude tento nevyužitý materiál ukládán v souladu se smluvní dohodou Ecoinvest, s. r. o., a s. p. DIAMO. 2x ročně bude odebrán vzorek tohoto

materiálu ke stanovení hmotnostní aktivity ^{226}Ra v akreditované laboratoři. Výsledky měření budou archivovány.

6. Výrobce je povinen prokazatelně seznámit odběratele s podmínkami pro využití kameniva vyrobeného z odvalové suroviny uranových dolů. Každý odběratel potvrdí písemně, že bude plnit podmínky použití kameniva stanovené tímto rozhodnutím.

7. Výrobce provede evidenci vozidel odvázejících kamenivo. (9)

Podobným způsobem je odvalový materiál zpracováván a využíván i v dalších bývalých těžebních lokalitách. Dopravní stavby Olomouc, a. s., v období výstavby dálnice D5 zakoupily drtírnu hlušínového materiálu včetně odvalu v Zadním Chodově a vytříděné kamenivo použily k stavbě části dálnice a celniště Rozvadov. Po ukončení stavby byla provozovna drtírny včetně odvalového materiálu prodána firmě ZAPA beton, a. s., která ve výrobě a distribuci pokračuje. Pochopitelně, že obě firmy mají příslušná povolení SÚJB pro tuto činnost.

3. CÍLE A HYPOTÉZY

3. 1. Cíl práce

Cílem mé bakalářské práce bylo shromáždění dostupných informací, jejich zpracování v jednotnou a souhrnnou bakalářskou práci a co nejdůrobnější seznámení se s problematikou uranového průmyslu především na Příbramsku. Dále bylo cílem mé bakalářské práce objasnění stavu radiační ochrany v minulosti a při současně prováděných uranových činnostech. Podrobněji jsem se zaměřila na stav radiační ochrany v souvislosti s čištěním důlních vod na Příbramsku.

Tato bakalářská práce by měla posloužit jako ucelený zdroj informací o problematice radiační ochrany při těžbě a zpracování uranové rudy pro studijní účely či pro lepší informovanost široké veřejnosti. Možný je i přínos pro pracoviště SÚJCHBO Kamenná.

3. 2. Hypotéza

Na základě dostupných informací objasnění stavu radiační ochrany v uranových dolech a jiných provozech s uranovou činností.

V souvislosti s likvidacemi provozů klasických uranových činností lze očekávat některé problémy (např. výrony důlních kontaminovaných vod), které budou vyžadovat nový postup jejich řešení (viz kapitola 2. 4. 16.).

4. METODIKA

4. 1. Účast na pravidelném měření radioaktivity v Jáchymově

Během mé dvacetidenní stáže na pracovišti SÚJCHBO Kamenná v červnu 2006 mi bylo umožněno zúčastnit se pravidelného měření radioaktivity v dole Svornost v Jáchymově a v jeho okolí. Z dolu Svornost je čerpána radioaktivní voda pro léčebné účely Lázní Jáchymov.

Po příjezdu do Jáchymova a seznámení se s okolím dolu jsem se svými průvodci sfárala na 13. patro dolu Svornost. Kromě odběru vzorků (viz dále) mi byla umožněna i prohlídka asi dvou kilometrů chodeb tohoto důlního díla.

4. 1. 1. Odběr a analýza sedimentovaného prachu v podzemí dolu Svornost

Na třech místech bývalých podzemních pracovišť (chodba Daniel, Kuh-Daniel) jsme odebrali vzorky prachu, sedimentovaného na povrchových plochách štol. Vzorky pak byly předány ke gamaspektrometrickému měření a vyhodnocení hmotnostních aktivit obsažených radionuklidů. Ve vzorcích sedimentovaného prachu byly zjištěny radionuklidy uran–radiové řady, a to průměrně: 205 Bq ^{238}U /kg, 305 Bq ^{226}Ra /kg, hodnoty ^{210}Po se pohybovaly na úrovni několika tisíc Bq/kg (\varnothing 4000 Bq/kg). Tento odběr byl proveden na základě požadavku výzkumné práce v rámci pokračujících studií vztahu dávky a účinku ionizujícího záření u horníků uranových dolů. Zejména v posledních letech je zdůrazňován význam složky ozáření z polétavého prachu (viz kapitola 2. 4. 7.).

Hmotnostní aktivity radionuklidů thoriové a aktiniové řady (^{232}Th , ^{228}Th , ^{235}U) byly zjištěny na úrovni 40 Bq/kg.

4. 1. 2. Odběr a analýza vzorků v rámci programu monitorování

Další odběry vzorků vod a vodních sedimentů byly provedeny v rámci monitorovacího programu Léčebných lázní Jáchymov, a. s., a to části monitorování výpustí. Monitorovací místa vod jsou volena tak, aby podchytila zdroje případné kontaminace Jáchymovského potoka, kterými mohou být buď vypouštěné důlní vody, nebo použité radonové vody z lázní. Vzorky vody z profilů V0 až V4 jsou odebírány jedenkrát za čtvrtletí a postoupeny ke stanovení koncentrace uranu a objemové aktivity

^{226}Ra . V profilech V0, V1 a V5 jsou dvakrát ročně odebrány vzorky dnových sedimentů, ve kterých je provedeno stanovení hmotnostní aktivity ^{238}U a ^{226}Ra .

Na odběru výše uvedených vzorků jsem se podílela. Vzorky vody byly odebrány do plastových lahví a ihned po odběru okyseleny konc. HNO_3 v množství 10 ml na litr vzorku (zabránění depozice radionuklidů na stěny odběrových nádob). Laboratorní stanovení uranu ve vodách bylo provedeno fluorimetrickou metodou, k měření byl použit fluorimetr Jarrel – Ash. ^{226}Ra bylo stanoveno metodou EDTA, spolusrážením s barnatými ionty ve formě síranu a po smíchání a vysušení se scintilátorem ZnS (Ag) byla aktivita měřena scintilační sondou na měřicí soupravě JKA 1100. Hmotnostní aktivity ^{238}U a ^{226}Ra v dnových sedimentech (stejně tak v sedimentovaném prachu v bodě 4_a) byly vyhodnoceny na základě gamaspektrometrického měření analyzátozem CANBERA 35 PLUS s polovodičovým Ge detektorem.

Pozn. Profil V5 je v programu monitorování uveden jako profil kontrolní. Je to stálé odběrové místo vod se speciálním režimem odběru formou slévaného vzorku. Vyhodnocení na obsah uranu a ^{226}Ra se provádí 1x měsíčně. Vzorek z tohoto profilu nebyl předmětem našeho odběru.

Monitorování podle schváleného programu monitorování zajišťuje pro Léčebné lázně Jáchymov, a. s., SÚJBCHO, který má povolení SÚJB k provádění služeb významných z hlediska radiační ochrany pro tuto činnost. Laboratorní měření se provádějí ve zkušební laboratoři akreditované ČIA. K měření se používají metrologicky ověřená měřidla podle zákona č. 505/1991 Sb. V příloze 12. je se svolením Ing. Reichelta, odpovědného pracovníka Léčebných lázní Jáchymov, a. s., uveden protokol o měření odebraných vzorků vod a sedimentů.

4. 2. Kontrolní odběry vzorků vod v povodí řeky Kocáby

Dne 2. 3. 2007 jsem se zúčastnila kontrolního odběru vzorků vod, které provedl SÚJBCHO Kamenná v povodí řeky Kocáby se zaměřením mimo jiné na kontrolu činnosti ČDV Příbram I – Bytíz a ČDV Příbram II.

Při kontrolním odběru vzorků na ČDV Příbram II jsem měla možnost podrobně se seznámit nejen s okolím obou zmíněných čistících stanic, ale také s mechanismem čištění důlních vod na ČDV Příbram II. Prohlídku ČDV a podrobný výklad mi poskytl Ing. Kramář, vedoucí provozu.

4. 3. Výpočet ozáření kritické skupiny obyvatel uvolněnými radionuklidy z vypouštění důlní vody z ČDV Příbram II pomocí jednoduchého konzervativního modelu

V následující části práce jsem se pokusila na základě mně dostupných podkladů a informací odhadnout radiační zátěž obyvatel, způsobenou radionuklidy uvolňovanými do životního prostředí vodami, vypouštěnými z nově vybudované ČDV Příbram II. Při hodnocení ozáření kritické skupiny jsem postupovala podle metodiky, uvedené v doporučení SÚJB (16, 17), kterou jsem aplikovala na konkrétní případ uvolňování přírodní radioaktivity.

K výpočtům jsem dále použila údaje, vztahy a výsledky měření uvedené v materiálech DIAMO, s. p., o. z. SUL Příbram (1).

Před vlastním hodnocením jsem provedla v osadě Cihelna průzkum možností ovlivnění obyvatel uvolňovanými radionuklidy v souvislosti se stravovacími návyky. Zjištěné výsledky: Obyvatelé jsou zásobováni pitnou vodou z veřejného vodovodu. Převážná většina pěstuje zeleninu, brambory a ovoce pro vlastní spotřebu, vodu z Kocáby používají k zalívce. Chovají drobné hospodářské zvířectvo (drůbež, králíky), rovněž převážně pro svou spotřebu. Zvláštní stravovací návyky nemají. Hovězí dobytek zde není pěstován, ryby vhodné ke konzumaci v přílehlém úseku Kocáby nejsou. Podle Statistického lexikonu obcí ČR 2002 v osadě trvale žije 43 osob, z toho 20 žen, 7 dětí ve věku 0 – 14 let, 3 osoby ve věku nad 65 let. Počet trvale obydlených domů je 14.

4. 3. 1. Analýza uvolňování aktivity do vod

Jde o posouzení neřízeného a řízeného uvolnění přírodních radionuklidů do povrchových vod, jejich další transport a stanovení koncentrace ve vodních tocích a sedimentech v daném místě. Z těchto údajů lze poté provést analýzu expozičních cest a dávek skupinám obyvatelstva.

4. 3. 1. 1. Analýza zdrojového členu

Zdrojem přírodní radioaktivity jsou v posuzovaném případě převážně radionuklidy uran–radiové rozpadové řady, obsažené v důlní vodě. Průměrné koncentrace sledovaných radionuklidů ve vytékající důlní vodě byly odvozeny z výsledků zonálního vzorkování v jámě š. č. 11 A Bytíz a monitorování důlních vod v průběhu zatápění ložiska. Hodnoty jsou uvedeny v tab. 7.

Tab. 7: Předpokládaná průměrná koncentrace resp. aktivita v samovolně vytékající důlní vodě (14)

	^{238}U (mg/l)	Ra^{226} (Bq/l)
Předpokládaná průměrná koncentrace resp. aktivita ve vytékající důlní vodě	8,6 mg/l tj. 105, 8 Bq ^{238}U /l resp. 215,9 Bq/l	1,4

Pozn.: Pro přepočítání koncentračních údajů na aktivitu byla použita konverze $1 \text{ mg } U_{\text{nat}} = 12, 3 \text{ Bq } ^{238}\text{U}$, resp. $25,1 \text{ Bq}$ směsi přírodních radionuklidů uranu

Posuzovanými radionuklidy jsou: přírodní uran, který je dominantní kontaminant důlních vod v uranovém ložisku a ^{226}Ra , které je dlouhodobým zdrojem ^{222}Rn a dalších produktů jeho přeměny ($^{210}\text{Pb} + \text{Po}$). Měření a vyhodnocování obsahu U_{nat} a ^{226}Ra ve složkách životního prostředí v oblastech dotčených uranovou činností jsou nezbytnou součástí monitorovacích programů DIAMO, s. p. U_{nat} a ^{226}Ra budou pro naše hodnocení označeny jako kritické radionuklidy.

A) Posouzení zdroje při neřízeném vypouštění důlních vod:

K neřízenému vypouštění by docházelo, kdyby důlní vody vtékaly bez čištění přímo do řeky Kocáby. Jestliže budeme uvažovat, že v současné době je průměrné množství vytékajících vod 80 l/s a jejich složení uvedené v tab. 7, pak emise radionuklidů z podzemí vytékajícími důlními vodami by byla následující:

Tab. 8: Emise radionuklidů z podzemí vytékajícími nečištěnými důlními vodami (12)

Emise uranu z podzemí vytékajícími důlními vodami při 80 l/s	688mg U_{nat} /s, 21,7 t/rok tj. 17, 3 kBq/s, resp. 8, 5 kBq ^{238}U /s $5,4 \cdot 10^{11}$ Bq/rok, resp. $2, 6 \cdot 10^{11}$ Bq ^{238}U /rok
Emise ^{226}Ra z podzemí vytékajícími důlními vodami při 80 l/s	112 Bq/s tj. $3,53 \cdot 10^9$ Bq/rok

B) Posouzení zdroje při řízeném vypouštění důlních vod:

Řízeným způsobem jsou důlní vody vypouštěny po jejich vyčištění na ČDV. Kvalitativní radionuklidové složení vyčištěných a surových důlních vod je shodné, jejich kvantitativní zastoupení je však rozdílné. Technologie ČDV je zaměřena v první řadě na snížení koncentrace uranu, proto poměr mezi koncentracemi U_{nat} a ^{226}Ra ve vyčištěné vodě je menší než v nečištěné důlní vodě. K odhadu zdrojového členu, tj. množství uvolňovaných radionuklidů, jsem využila kritérií stanovených pro vypouštění radionuklidů vyčištěnými vodami rozhodnutím SÚJB (10) pro období zkušebního

provozu ČDV (vzhledem k dosavadní poměrně krátké době zkušebního provozu se mi nepodařilo získat dostatečné množství reprezentativních výsledků měření).

Pro modelový výpočet byly použity pro koncentrace radionuklidů ve vypouštěných vodách hodnoty vyšetřovacích úrovní – pro koncentraci $U_{\text{nat}} = 0,6 \text{ mg/l}$ a pro objemovou aktivitu $^{226}\text{Ra} = 300 \text{ mBq/l}$, které byly stanoveny jako horní meze obvykle se vyskytujících hodnot v průběhu zkušebního provozu. Současným reálným podmínkám odpovídá rovněž průměrné množství vypouštěných vod 80 l/s . Emise radionuklidů by za výše uvedených podmínek byla:

Tab. 9: Množství radionuklidů vypouštěných z ČDV během zkušebního provozu

Radionuklid	U_{nat}	^{226}Ra
Koncentrace / Objemová aktivita	0, 6 mg / l	0, 3 Bq / l
Emise při 80 l/s	0, 048 g/s tj. 1, 2 kBq/s, resp. 0, 59 kBq $^{238}\text{U/s}$ 1, 5 t/rok tj. $3, 76 \cdot 10^{10} \text{ Bq/rok}$, resp. $1, 85 \cdot 10^{10} \text{ Bq } ^{238}\text{U/ rok}$	24 Bq/s $7, 5 \cdot 10^8 \text{ Bq/rok}$

Z porovnání neřízeného a řízeného způsobu vypouštění důlních vod je zřejmé, že jejich čištěním na ČDV se sníží aktivita zdrojového členu více než o jeden řád.

4. 3. 1. 2. Analýza transportu radionuklidů v prostředí

V posuzovaném případě řízeného vypouštění čištěných důlních vod z ČDV se uplatní především mechanismus smíchání a následného šíření kontaminace vodotečí po smíchání vod. Vyčištěné důlní vody jsou vypouštěny do řeky Kocáby asi 100 m nad ústím Drásovského potoka. Řeka Kocába přitéká k výpustnímu profilu ČDV od svého soutoku s Dubeneckým potokem, který přivádí povrchové vody z bývalé těžební oblasti Bytíz. Pro výpočet koncentrace radionuklidů v toku Kocáby za výpustí budeme předpokládat promíchání kontaminantů z výpusti s vodou toku a použijeme směšovací rovnici:

$$C_3 = \frac{C_1 Q_1 + C_2 Q_2}{Q_1 + Q_2}$$

kde C_3 - je koncentrace resp. objemová aktivita příslušného radiologického ukazatele po smíšení vod vytékajících z ČDV s vodami přitékajícími od profilu „Kocába po soutoku s Dubeneckým potokem“;

C_1 - koncentrace resp. objemová aktivita příslušného radiologického ukazatele ve vodách Kocáby přitékajících k výpustnímu profilu;

Q_1 - průtok vod v toku přitékajícím k výpustnímu profilu (Kocába);

C_2 - koncentrace resp. objemová aktivita příslušného radiologického ukazatele na výpustním profilu ČDV;

Q_2 - množství vod vypouštěných z ČDV (14)

Do rovnice dosadíme následující hodnoty průměrných průtoků a koncentrací radionuklidů (10, 14):

$$\begin{array}{lll} C_1(U_{\text{nat}}) = 0,158 \text{ mg/l} & C_1(^{226}\text{Ra}) = 0,044 \text{ Bq/l} & Q_1 = 37 \text{ l/s} \\ C_2(U_{\text{nat}}) = 0,6 \text{ mg/l} & C_2(^{226}\text{Ra}) = 0,3 \text{ Bq/l} & Q_2 = 80 \text{ l/s} \end{array}$$

$$C_3(U_{\text{nat}}) = \frac{C_1 Q_1 + C_2 Q_2}{Q_1 + Q_2} = \frac{0,158 \cdot 37 + 0,6 \cdot 80}{37 + 80} = \underline{0,46 \text{ mg/l}}$$

$$C_3(^{226}\text{Ra}) = \frac{C_1 Q_1 + C_2 Q_2}{Q_1 + Q_2} = \frac{0,044 \cdot 37 + 0,3 \cdot 80}{37 + 80} = \underline{0,22 \text{ Bq/l}}$$

Tyto koncentrace můžeme očekávat v úseku Kocáby mezi výpustním profilem ČDV a soutokem s Drásovským potokem, kde pak dochází k dalšímu smíchání a ředění kontaminace. Jak bylo dříve uvedeno, k tomuto úseku řeky přiléhá osada Cihelna.

4. 3. 2. Transport a obsah přírodních radionuklidů v potravním řetězci, zhodnocení ozáření obyvatel uvolněnými radionuklidy

Při odhadu zvýšení obsahu radionuklidů ve složkách potravinového řetězce v důsledku výpusti důlních vod z ČDV do řeky Kocáby jsem postupovala podle Doporučení SÚJB (16, 17). V případě nedostatku vlastních podkladů jsem použila údaje z analogického výpočtu úvazků efektivní dávky prostřednictvím potravinového

řetězce pro obyvatele obce Dubenec. (1) Uvažovala jsem přitom přestup do těch složek potravinového řetězce, které jsou produkovány a konzumovány obyvateli osady Cihelna. Posuzován byl přestup ^{238}U (reprezentujícího U_{nat}) a ^{226}Ra .

4. 3. 2. 1. Přestup radionuklidů do rostlin

A) Kořenový přestup

Jedná se o přestup radionuklidů z půdy do krmiv, zeleniny, ovoce a brambor. Koncentrační faktory pro kořenový přechod radionuklidů jsou uvedeny v příloze Doporučení SÚJB 2000 (16). Výpočet jsem však nemohla provést, neboť neznám hmotnostní aktivity přírodních radionuklidů v zemědělské půdě v posuzovaném území. Pro odhad této složky jsem proto převzala údaje o zvýšení aktivity radionuklidů v plodinách způsobeném kořenovým transportem v nedaleké obci Dubenec (1) (výsledky v kapitole 5. 2. tab. 10).

B) Povrchová kontaminace rostlin

Pro výpočet zvýšení obsahu radionuklidů v rostlinách, které pochází ze zavlažování kontaminovanou vodou, jsem použila vztah z (16). Koeficienty potřebné pro výpočet jsem převzala z Vyhodnocení programu monitorování a dodržování ustanovení vyhlášky SÚJB č. 307/2002 Sb. (výsledky uvedeny v kapitole 5. 2. tab. 11 a 12) (1).

Použité parametry:

Aktivita radionuklidů v závlahové vodě, tj. voda v řece Kocábě po vtoku výpusti z ČDV:

- $0,46 \text{ mg } U_{\text{nat}}/\text{l} = 5,66 \text{ Bq } ^{238}\text{U}/\text{l}$
- $0,22 \text{ Bq } ^{226}\text{Ra}/\text{l}$

Hodnoty přírodního pozadí ve vodě, tzn. Kocába po soutoku s Dubeneckým potokem, před vtokem výpusti z ČDV:

- $0,158 \text{ mg } U_{\text{nat}}/\text{l} = 1,94 \text{ Bq } ^{238}\text{U}/\text{l}$
- $0,044 \text{ Bq } ^{226}\text{Ra}/\text{l}$

Výpočet:

Zelenina, ovoce, brambory

$$C^2(^{238}\text{U}) = (5,66 - 1,94) \cdot \frac{1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 0,2}{2 \cdot 5,7 \cdot 10^{-7}} = \underline{7,83 \text{ Bq/kg}}$$

$$C^2(^{226}\text{Ra}) = (0,22 - 0,044) \cdot \frac{1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 0,2}{2 \cdot 5,7 \cdot 10^{-7}} = \underline{0,37 \text{ Bq/kg}}$$

Krmivo

$$C^2(^{238}\text{U}) = (5,66 - 1,94) \cdot \frac{1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 0,2}{0,85 \cdot 5,7 \cdot 10^{-7}} = \underline{18,4 \text{ Bq/kg}}$$

$$C^2(^{226}\text{Ra}) = (0,22 - 0,044) \cdot \frac{1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 0,2}{0,85 \cdot 5,7 \cdot 10^{-7}} = \underline{0,87 \text{ Bq/kg}}$$

4. 3. 2. 2. Přestup radionuklidů do masa a mléka

Hovězí dobytek není v zájmovém území chován, v úvahu přichází z lokálně ovlivněných zdrojů pouze konzumace masa drobného hospodářského zvířectva (převážně drůbež a králíci). Zvýšení aktivity přestupem radionuklidů do masa je počítáno podle vzorce z (16). Příslušné koeficienty byly opět převzaty z (1). Vypočítané údaje o navýšení aktivity v krmivu jsou převzaty z tabulky č. 12 (kapitola 5. 2.). Příspěvek aktivity z půdy není zahrnut, protože je možné předpokládat, že bude zanedbatelný (výsledky uvedeny v kapitole 5. 2. tab. 13)

Výpočet:

$$C^m(^{238}\text{U}) = (18,4 \cdot 0,5 + 3,72 \cdot 0,5) \cdot 0,0004 = \underline{0,004 \text{ Bq/kg}}$$

$$C^m(^{226}\text{Ra}) = (0,87 \cdot 0,5 + 0,176 \cdot 0,5) \cdot 0,0005 = \underline{0,0003 \text{ Bq/kg}}$$

5. VÝSLEDKY

Problematice zatápění ložiska Příbram v rámci likvidačního programu uranové činnosti a výstavbě nové čisticí stanice důlních vod Příbram II na bývalé šachtě č. 19 jsem se věnovala v kapitole 2. 4. 16. Včasné, resp. urychlené dokončení stavby a uvedení ČDV do zkušebního provozu v říjnu 2005 zabránilo samovolnému nekontrolovanému výtoku důlních vod do životního prostředí, jehož následky by byly velmi závažné.

Čerpané důlní vody jsou po vyčištění vypouštěny v souladu s povolením příslušného vodohospodářského orgánu do řeky Kocáby v úseku, k němuž přiléhá část obce Drásov – osada Cihelna (viz příloha 13.).

5. 1. Problematika sedimentů

Modelování sedimentace a kvalifikovaný odhad kumulace radionuklidů v sedimentech v reálném přírodním toku považuji za velmi obtížné. V praxi je proto dávána přednost monitorování hmotnostních aktivit radionuklidů v sedimentech v referenčních monitorovacích bodech se zaměřením na vývoj kumulace radionuklidů v čase. Monitorovacím místem pro odběr sedimentů za výpustí z ČDV Příbram II je vtok Kocáby do Červeného rybníka, označený jako profil Kocába – Drásov, Červený rybník (viz příloha 12.). Odběry vzorků sedimentů v tomto profilu provádí DIAMO, s. p., o. z. SUL 1 x ročně podle programu monitorování. Mimořádné odběry, 3 x během r. 2005, sloužily k definování stavu před zprovozněním ČDV. Obsahy radionuklidů ve vzorcích sedimentů se pohybovaly u koncentrace přírodního uranu 28, 05 až 60, 57 mg/kg (resp. 345 až 745 Bq ^{238}U /kg) a hmotnostní aktivity ^{226}Ra 54 až 197 Bq/kg. (1)

5. 2. Transport a obsah přírodních radionuklidů v potravním řetězci - výsledky

Tab. 10: Zvýšení aktivity radionuklidů v plodinách způsobené kořenovým transportem v Bq/kg

	Krmivo	Ovoce, zelenina	Brambory
C ¹ (^{238}U)	+ 3,74	+ 3,74	+ 3,74
C ² (^{226}Ra)	+ 1,03	+ 0,52	+ 0,15

Tab. 11: Zvýšení aktivity radionuklidů v plodinách způsobené povrchovou kontaminací rostlin (v Bq/kg)

	Krmivo	Ovoce, zelenina	Brambory
$C^2 (^{238}\text{U})$	+ 18,4	+ 7,83	+ 7,83
$C^2 (^{226}\text{Ra})$	+ 0,87	+ 0,37	+ 0,37

Tab. 12: Zvýšení aktivity radionuklidů v plodinách celkem (v Bq/kg)

$C = C^1 + C^2$	Krmivo	Ovoce, zelenina	Brambory
$C (^{238}\text{U})$	+ 22,14	+ 11,57	+ 11,57
$C (^{226}\text{Ra})$	+ 1,9	+ 0,89	+ 0,52

Tab. 13: Vzrůst aktivity přírodních radionuklidů v mase drobného hospodářského zvířectva v důsledku výpusti z ČDV do řeky Kocáby (v Bq/kg)

$C^m (^{238}\text{U})$	+ 0,004
$C^m (^{226}\text{Ra})$	+ 0,0003

5. 3. Expoziční cesty a výpočet dávek

Při posuzování ozáření obyvatel výpustí čištěných důlních vod z ČDV do řeky Kocáby je dominantní expoziční cesta ozáření v důsledku ingesce lokálních zdrojů vody a potravin (tzn. kritická cesta).

Úvazek efektivní dávky E_{ing} z ingesce vody a potravin, kontaminovaných přírodními radionuklidy, kterou obdrží referenční osoba, se stanoví podle vztahu uvedeného v (16). Podíl potravin z místních zdrojů na krytí spotřeby jsem podle (16) uvažovala 0,25. Podíl vody z řeky na krytí spotřeby je uvažován nula, neboť obyvatelé osady Drásov - Cihelna jsou zásobováni pitnou vodou z veřejného vodovodu. Roční spotřeba potravin referenční osobou a spotřeba masa (drobného hospodářského zvířectva a ostatní) jsem převzala z tab. č. 8 v příloze Doporučení SÚJB (16). E_{ing} jsem získala součtem příjmu ^{238}U a ^{226}Ra v posuzovaných potravinách.

Tab. 14: Přehled zvýšení aktivity v potravinách z místní produkce a výpočet souvisejícího příjmu radionuklidů potravinovým řetězcem

Spotřeba potravin z místních zdrojů (kg/rok)	²³⁸ U		²²⁶ Ra	
	Navýšení aktivity celkem (Bq/kg)	Příjem radionuklidu v důsl. navýšení aktivity (Bq/rok)	Navýšení aktivity celkem (Bq/kg)	Příjem radionuklidu v důsl. navýšení aktivity (Bq/rok)
Maso 17 x 0,25	+ 0,004	0,017	+ 0,0003	0,013
Brambory 90 x 0,25	+ 11,57	260,33	+ 0,52	11,7
Zelenina 75 x 0,25	+ 11,57	216,94	+ 0,89	16,69
Ovoce 50 x 0,10	+ 11,57	57,85	+ 0,89	4,45
Příjem radionuklidů celkem		535		33

Úvazek efektivních dávek z ingesce potravin jsem pak vypočítala z příjmu radionuklidů ²³⁸U a ²²⁶Ra za použití konverzních faktorů uvedených v příloze č. 5 Doporučení SÚJB (17).

Úvazek efektivní dávky z příjmu ²³⁸U:

$$535 \text{ Bq/rok} \cdot 4,5 \cdot 10^{-8} \text{ Sv/Bq} = \underline{\underline{24,1 \text{ } \mu\text{Sv/rok}}}$$

Úvazek efektivní dávky z příjmu ²²⁶Ra:

$$33 \text{ Bq/rok} \cdot 2,8 \cdot 10^{-7} \text{ Sv/Bq} = \underline{\underline{9,2 \text{ } \mu\text{Sv/rok}}}$$

Vypočítaný úvazek efektivní dávky ingescí přes potravinový řetězec pak je **33,3 μ Sv/rok.**

5. 4. Vymezení kritické skupiny obyvatelstva

Zdrojem ozáření obyvatelstva v posuzovaném případě jsou přírodní radionuklidy uvolňované výpustí z ČDV Příbram II do řeky Kocáby. Za kritické radionuklidy zde považujeme U_{nat} a ²²⁶Ra. Za dominantní expoziční cestu pro obyvatele lze považovat vnitřní kontaminaci v důsledku ingesce potravin z lokálních zdrojů a označujeme ji jako kritickou cestu. Vzhledem k popsanému přestupu radionuklidů z kontaminované vody do potravního řetězce bude příjem z tohoto zdroje největší v úseku největší koncentrace U_{nat} a ²²⁶Ra ve vodě. Jedná se o úsek na řece Kocábě

od vtoku výpusti z ČDV až po soutok s Drásovským potokem, kde pak dochází k ředění. K tomuto úseku Kocáby přiléhá osada Drásov - Cihelna, jejíž obyvatelé tvoří vzhledem k popsané expoziční cestě kritickou skupinu obyvatel, tj. skupinu osob, která je rozumně homogenní z hlediska ozáření z daného zdroje ionizujícího záření a dané cesty ozáření a charakterizuje jednotlivce z obyvatelstva, kteří obdrží nejvyšší efektivní nebo ekvivalentní dávky danou cestou, nebo z daného zdroje. (16)

Úvazek efektivní dávky pro jednotlivce z obyvatelstva Cihelny způsobený výpustí čištěných důlních vod z ČDV je 33,3 $\mu\text{Sv/rok}$, kolektivní dávka pro obyvatelstvo Cihelny je 1,4 mSv/rok.

Tyto hodnoty byly spočítány pro podmínky zkušebního provozu ČDV. Podmínkou trvalého provozu bude dosažení příznivějších parametrů kvality vypouštěných vod - dle projektové dokumentace 0,15 mg U_{nat}/l a 0,3 Bq/l.

Příští výpočty efektivních dávek obyvatel z výpusti ČDV bude možné provést již na základě dostatečného počtu výsledků monitorování.

6. DISKUZE

6. 1. Výroba tříděného kameniva z odvalového materiálu, Ecoinvest Příbram

Zpracování hlušinového materiálu z odvalů uranových dolů a jeho využití jako stavebního materiálu za přesně stanovených a kontrolovaných podmínek je podle mého názoru velmi vhodný přístup k řešení negativního vlivu odvalů na životní prostředí. Navíc, šetří se tím ostatní „cennější“ přírodní materiály, které by byly pro výše uvedené účely použity.

Přístup veřejnosti i jejích zástupců je však k tomuto způsobu likvidace odvalů často negativní. Svědčí o tom např. aktuálně projednávaný záměr na zpracování odvalu jámy č. 9 Příbram – Háje, který byl zastupiteli obce Háje i Radou města Příbram zamítnut. Zásadní problém vidím v nedostatečné informovanosti veřejnosti a jejích zástupců dané tím, že k osvětlení projednávané problematiky nejsou přizváni odborníci v radiační ochraně.

6. 2. Pravidelné měření radioaktivity v Jáchymově

Zjištěná několikanásobná hmotnostní aktivita ^{210}Po v sedimentovaném důlním prachu vede k hypotéze, že dlouhodobé dceřinné produkty ^{210}Pb a ^{210}Po vznikly ze vzdušného ^{222}Rn následně, v letech po ukončení těžby. U prachu v souvislosti s těžbou (vrtání) se předpokládá, že všechny členy uran–radiové řady jsou v radioaktivní rovnováze (osobní sdělení Ing. Buriana, SÚJCHBO Kamenná).

Výsledky stanovení koncentrace uranu a objemové aktivity ^{226}Ra ve vzorcích vod potvrzují, že v žádném z profilů nebyly překročeny vyšetřovací úrovně, stanovené monitorovacím programem.

6. 3. Výsledky ozáření kritické skupiny obyvatel uvolněnými radionuklidy z vypouštěné důlní vody z ČDV Příbram II

Vypočítaný úvazek efektivní dávky pro jednotlivce z obyvatelstva Cihelny způsobený výpustí čištěných důlních vod z ČDV Příbram II, 33, 3 $\mu\text{Sv}/\text{rok}$ a kolektivní dávka 1, 4 mSv/rok splňují požadavky kritérií pro uvádění radionuklidů do životního prostředí podle (24). Tyto hodnoty byly spočítány pro podmínky zkušebního provozu ČDV a to s použitím pesimálního konzervativního přístupu.

Příští výpočty efektivních dávek obyvatel z výpusti ČDV bude možné provést již na základě dostatečného počtu výsledků monitorování.

6. 4. Informovanost obyvatel

Během seznamování se s problematikou radiační ochrany v uranovém průmyslu jsem měla několikrát možnost přesvědčit se o mizivé informovanosti obyvatel o tomto tématu. I během provádění krátkého výzkumu v osadě Drásov - Cihelna o možnosti ovlivnění obyvatel uvolňovanými radionuklidy v souvislosti se stravovacími návyky jsem se mnohdy setkala se značnou nedůvěrou a skepsí v souvislosti s provozem ČDV Příbram II, která pramenila z naprosté neinformovanosti obyvatel.

7. ZÁVĚR

Cílem předložené bakalářské práce bylo shromáždění a zpracování dostupných informací o stavu radiační ochrany při těžbě a úpravě uranové rudy v minulosti až po současně prováděné uranové činnosti a poskytnutí uceleného zdroje informací, týkajících se této problematiky, jak pro odbornou, tak pro laickou veřejnost.

Domnívám se, že stanoveného cíle se mi podařilo dosáhnout. V příslušných kapitolách dokumentuji na základě dostupných podkladů úroveň radiační ochrany od skromných začátků v prvních letech těžby a zpracování uranové rudy v České republice až po zajištění ochrany nejen pracovníků, ale i obyvatelstva a životního prostředí v současné době, včetně realizace rozsáhlých monitorovacích programů.

V průběhu posuzovaného období padesáti let došlo k výrazné změně charakteru uranových činností v naší republice, od rozsáhlé těžby a jednoduché úpravy uranové rudy po moderní způsoby těžby ve velkých hloubkách (20. - 22. patro), složité hydrometalurgické procesy, až po likvidaci a sanaci bývalých uranových provozů.

Přes řadu kritických připomínek k činnosti uranového průmyslu, souvisejících především s jeho dřívějším výsadním postavením, je třeba konstatovat, že tento resort dosáhl velmi vysoké úrovně v technickém a organizačním zajištění radiační ochrany jak svých pracovníků, tak obyvatelstva a okolí svých provozů.

Vzhledem k postupnému vytěžování světových zásob energetických surovin a rizikem energetických krizí je možné, že se ceny uranu v budoucnu podstatně zvýší. Není proto vyloučeno, že budou opět otevřena naše nevytěžená ložiska uranu, případně dojde ke zpracování bohatých odvalů aj. V těchto případech by byly rovněž využity dosud nabyté znalosti a zkušenosti se zajištěním radiační ochrany při těžbě a zpracování radioaktivních surovin.

Pevně věřím, že tato práce poslouží jako ucelený zdroj informací jak pro odbornou, tak i pro laickou veřejnost.

8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. BICAN, R., SKÁLA, Z., SMETANA, J. Vyhodnocení programu monitorování a dodržování ustanovení vyhlášky SÚJB č. 307/2002 Sb. O radiační ochraně, o. z. Správa uranových ložisek Příbram, 2005. 85 str.
2. DIAMO s. p. Stráž pod Ralskem. Environmentální zátěže ve správě DIAMO s. p. Stráž pod Ralskem. (on line) Platný: <http://www.diamo.cz/cinnost/EnviZat06.pdf>. [6. 4. 2007]
3. DIAMO s. p. Podnikový časopis. Stráž pod Ralskem: 2007, XIII, č. 1, str. 2.
4. HEMER, M., JURDA, M., NĚMEC, M., SOLNICKÁ, H. Radiační monitorovací síť v oblastech dotčených těžbou a zpracováním uranových rud. Sborník XX. Jáchymov: Radiohygienické dny, 1996.
5. KLENER, V. Principy a praxe radiační ochrany. 1.vyd. Praha: Azin CZ, 2000. 620 str.
6. LEPKA, F. Český uran, neznámé hospodářské a politické souvislosti 1945 – 2002. 1. vyd. Liberec: knihy 555, 2003. 104 str. Fakta a svědectví. ISBN 80-8660-06-0
7. MICHÁLEK, B. Důlní vody zatopených hlubinných uranových dolů. (on line) Platný <http://proatom.luksoft.cz/view.php?cislocclanku=2006060601>. [12. 1. 2007]
8. PILECKÁ, E. Některé následky těžby uranu a jejich likvidace. seminární práce. Jihočeská univerzita, Zdravotně sociální fakulta, 3 ART-P, 2006
9. Rozhodnutí SÚJB. č. j. 23779/2005 ze dne 14. 11. 2005
10. Rozhodnutí SÚJB. č. j. 46957/2006 ze dne 15. 9. 2006
11. ŘEHOŘ, V. KRAMÁŘ, L. Čištění důlních vod střední a východní části příbramského ložiska uranové rudy. (on line) Platný http://www.diamo.eu/hpvt/2006/sanace/s_12.htm. [5. 4. 2007]
12. SEQUENS, E., HLASOVÁ, E. Ekonomické a ekologické důsledky těžby uranu v České republice. České Budějovice: Sdružení Jihočeské matky, 1992. 54 str.
13. SLOUKA, V. Základy toxikologie radioaktivních látek. 1. vyd. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, n. p., 1962. 148 str.
14. SMETANA, J., BICAN, R. Dokumentace k žádosti o stanovisko k realizaci záměru „ČDV Příbram“ v rámci investiční akce „Čištění důlních vod příbramského uranového ložiska“. Příbram: DIAMO s. p., o. z. SUL, Provoz čistících stanic, 3. 11. 2003. 15 str.
15. Statistický lexikon obcí ČR 2002
16. SÚJB - Radiační ochrana. Doporučení, Postupy při výpočtu ozáření kritické skupiny osob v souvislosti s uvolňováním přírodních radionuklidů do životního prostředí

a při posuzování zásahů v oblastech s ukončenou hornickou činností. Praha, září 2000. 32 str.

17. SÚJB – Radiační ochrana. Doporučení, Požadavky radiační ochrany pro organizace provozující hornickou činnost, která může vést k ozáření pracovníků, obyvatel, nebo životního prostředí. Praha, listopad 2003. 39 str.
18. ŠÁDA, J. Dozimetrie. Příbram: GŘ ČSÚP, 1973. 63 str.
19. ŠANDA, V. Dotěžení zásob uranu na ložisku Rožná v lokalitě Dolní Rožínka. (on line) Platný http://www.enviweb.cz/?env=eia_archiv_gccaf/K_otazce_obnoveni_tezby_uranu_Co_bylo_rozhodnuto_jiz_minuly_rok_MPO_CR_o_lozisku_Rozna.html. [5. 4. 2007]
20. TOMÁŠEK, L. Analýza aktuálních problémů radiační ochrany v oblasti expozic obyvatelstva ČR ionizujícím záření, Závěrečná zpráva o řešení programového projektu SSUJ 00572004, Oblast profesionální expozice, Odhad dávky na kostní dřev u horníků uranových dolů. Praha: SÚRO, listopad 2005
21. TOMÁŠEK, J., LUNDÁKOVÁ, I. Zkušenosti s posuzováním vlivu na životní prostředí dle zákona č. 244/92 Sb. - zahlazování následků hornické uranové činnosti. (on line) Platný <http://www.diamo.cz/hpvt/2001/sekce/sanace/03/S03.htm>. [7. 12. 2006]
22. VALIŠ, Z. Uran je pro Česko znovu atraktivní. (on line) Platný <http://www.radio.cz/cz/clanek/70134> [5. 4. 2007]
23. Vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb., kterou se mění vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně
24. Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (Atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů. Ve znění zákona č. 13/2002 Sb.

9. KLÍČOVÁ SLOVA

Radiační ochrana

Uranový průmysl

Uran

Radium

Sanace

Monitorování

Kritická skupina obyvatel

Úvazek efektivní dávky

10. PŘÍLOHY

Seznam příloh:

1. Uranová mapa ČR
2. Dohoda a protokol o rozšíření těžby rud a koncentrátů v ČSR obsahující radium a jiné radioaktivní prvky a o jejich dodávkách do SSSR
3. Těžní věž dolu Rožná I.
4. Čistička důlních vod na odkališti Rožná I.
5. Uran-radiová rozpadová řada
6. Změny obsahu uranu v důlních vodách
7. Odkaliště Příbram Bytíz I.
8. Čistička důlních vod Příbram Bytíz I.
9. Čistička důlních vod Příbram II., v pozadí odval šachty č. 19
10. Výpusť ČDV Příbram II.
11. Společnost Ecoinvest Příbram s. r. o
12. Protokol č. 218 (poskytl SÚJCHBO Kamenná)
13. Dubenec a okolí
14. Hrudka smolince
15. Areál SÚJCHBO Kamenná, v pozadí odval šachty č.2
16. Těžní věž šachty č.11, Dubenec
17. Obec Lešetice (Příbramsko), v pozadí odval šachty č. 15

Příloha 1. Uranová mapa ČR



Příloha 2. Dohoda a protokol o rozšíření těžby rud a koncentrátů v Československé republice obsahující radium a jiné radioaktivní prvky a o jejich dodávkách do SSSR (2)

DOHODA

Mezi vládou Svazu Sovětských Socialistických Republik a vládou Československé Republiky o rozšíření těžby rud a koncentrátů v Československu, obsahujících radium a jiné radioaktivní prvky, jakož i o jejich dodávkách Svazu Sovětských Socialistických Republik.

Vláda Svazu Sovětských Socialistických Republik a vláda Československé Republiky dohodly se jak následuje:

Část 1.

Československá vláda organizuje státní podnik pro výzkum a exploataci všech nalezišť, obsahujících radium a jiné prvky, které náleží Československému státu.

Část 2.

Československá vláda učiní vše k maximálnímu zvýšení těžby rudy a koncentrátů, obsahujících radium a jiné radioaktivní prvky v obvodu města Jáchymova

Část 3.

Vláda Sovětského svazu poskytne všestrannou technickou pomoc pro výzkum a exploataci výše uvedených nalezišť. Tato pomoc bude pozůstávat jednak ve vysílání odborníků pro organizaci vyhledávání a průmyslového výzkumu nalezišť i pro práci na těžbě rudy a koncentrátů, též v dodávce nutného zařízení a materiálu.

Část 4.

Obě vlády utvoří stálou československo- sovětskou komisi se sídlem v Praze, sestávající ze čtyř členů (po dvou z každé vlády). Tato komise má tyto úkoly:

- a) vypracování směrnic za účelem rozšíření geologicko- výzkumných prací a zvýšení těžby rudy a koncentrátů
- b) Propracování plánů těžby rudy a koncentrátů, při čemž základná plány musí být sestaveny zavčas na dobu nejméně 5-ti let s postupným zvyšováním plánu v případě, že výsledky geologického průzkumu dají pro to podklad.
- c) Řešení všech otázek, které vznikají v rámci plnění smlouvy o technické pomoci a dodávkách.
- d) Určení cen za rudy a koncentráty a za radium v soulase s paragrafem 5. této smlouvána podkladě svéstojných nákladů s připočtením normálního procenta zisku.

Komise provádí svoji činnost podle statutu, který se zřídí. Rozhodnutí komise jsou právoplatná při souhlasu obou stran. V případě, že českoslovenští a sovětské členové komise se nedohodnou, věc bude řešena přímo oběma vládami.

Část 5.

Československo-sovětská komise rozhodne ve smyslu paragrafu 4, která část vytěžené rudy a koncentrátů zůstane v Československu pro jeho nutné hospodářské a vědecké potřeby. Všechna ostatní vytěžená ruda i koncentráty obsahující radium a jiné radioaktivní prvky, budou odevzdávat Svazu Sovětských Socialistických Republik,

přičemž 50 % radia bude se vracet Československu, pokud bude vytěženo z rud a koncentrátů poskytovaných z Československa na zpracování v SSSR.

Vzájemné vyúčtování, vyplývající z postoupení rudy a koncentrátů na zpracování do SSSR a z navrácení radia do Československa, bude se provádět na základě cen za rudu a koncentráty i cen za radium, ustanovených za souhlasu obou vlád, s uhrazením vzniknuvších rozdílů buď v dodávkách zboží, aneb ve valutě dle dohody stran.

Část 6.

Ze sovětské strany souhlasí se s tím, aby byli vysláni do Československa mezi odborníky jeden odborník v hodnosti technického ředitele, jeden odborník v hodnosti vrchního inženýra a jeden odborník v hodnosti přednosta technické kontroly Jáchymovského závodu.

Část 7.

Obě strany jsou zajedno v tom, že budou si vyměňovati vědecké poznatky, týkající se využití rud a koncentrátů, obsahujících radium a jiné radioaktivní prvky.

Část 8.

Tato dohoda nabývá okamžitě platnosti po jejím podepsání a je platná na dobu 20-ti let.

Sepsáno v Praze 23. listopadu 1945 ve dvou autentických exemplářích, každý v českém a ruském jazyce, při čemž oba texty mají stejnou platnost.

Na základě zplnomocnění
vládou Československé republiky
(H. RIPKA)

Na základě zplnomocnění vládou
Svazu sovětských socialistických republik
(I. BAKULIN)

PROTOKOL

k dohodě mezi vládou Československé Republiky a vládou Svazu Sovětských Socialistických Republik o rozšíření těžby rud a koncentrátů v Československu, obsahujících radium a jiné radioaktivní prvky, jakož i o jejich dodávkách Svazu Sovětských Socialistických Republik.

V souvislosti s dnešním podepsáním dohody v Praze mezi vládou Československé Republiky a vládou Svazu Sovětských Socialistických Republik o rozšíření těžby rud a koncentrátů v Československu, obsahujících radium a jiné radioaktivní prvky, jakož i o jejich dodávkách Svazu Sovětských Socialistických Republik, byla uzavřena dohoda:

1. Z celkového množství těžných rud a koncentrátů, obsahujících radium a jiné radioaktivní prvky, po dobu prvních pěti roků platnosti citované dohody zůstane v Československu pro jeho hospodářské a vědecké potřeby množství do 10 % těchto rud a koncentrátů.
2. Vláda Československé Republiky přenechá podle potřeby sovětských členů československo - sovětské komise vhodné místnosti v Jáchymově a v Praze.
3. Za účelem zabezpečení důvěrnosti těžby rud a koncentrátů, obsahujících radium a jiné radioaktivní prvky, a jejich dodávek Svazu Sovětských Socialistických Republik československo - sovětská komise ustanoví odpovídající řád v Jáchymovských a jiných možných podnicích v Československu.
4. Shora uvedená dohoda mezi vládou Československé Republiky a vládou Svazu Sovětských Socialistických Republik je přísně důvěrná.

Sepsán v Praze 23. listopadu 1945 ve dvou autentických exemplářích, každý v českém a ruském jazyce, při čemž oba texty mají stejnou platnost.

Na základě zplnomocnění
vládou Československé republiky
(H. RIPKA)

Na základě zplnomocnění vládou
Svazu sovětských socialistických republik
(I. BAKULIN)

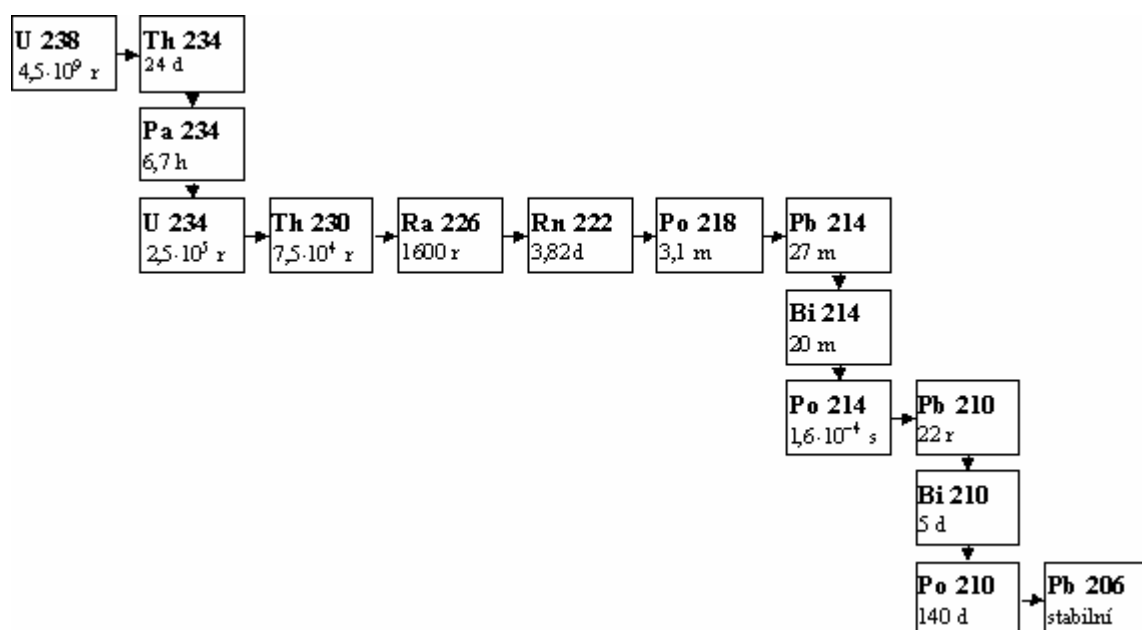
Příloha 3. Těžní věž dolu Rožná I. (19)



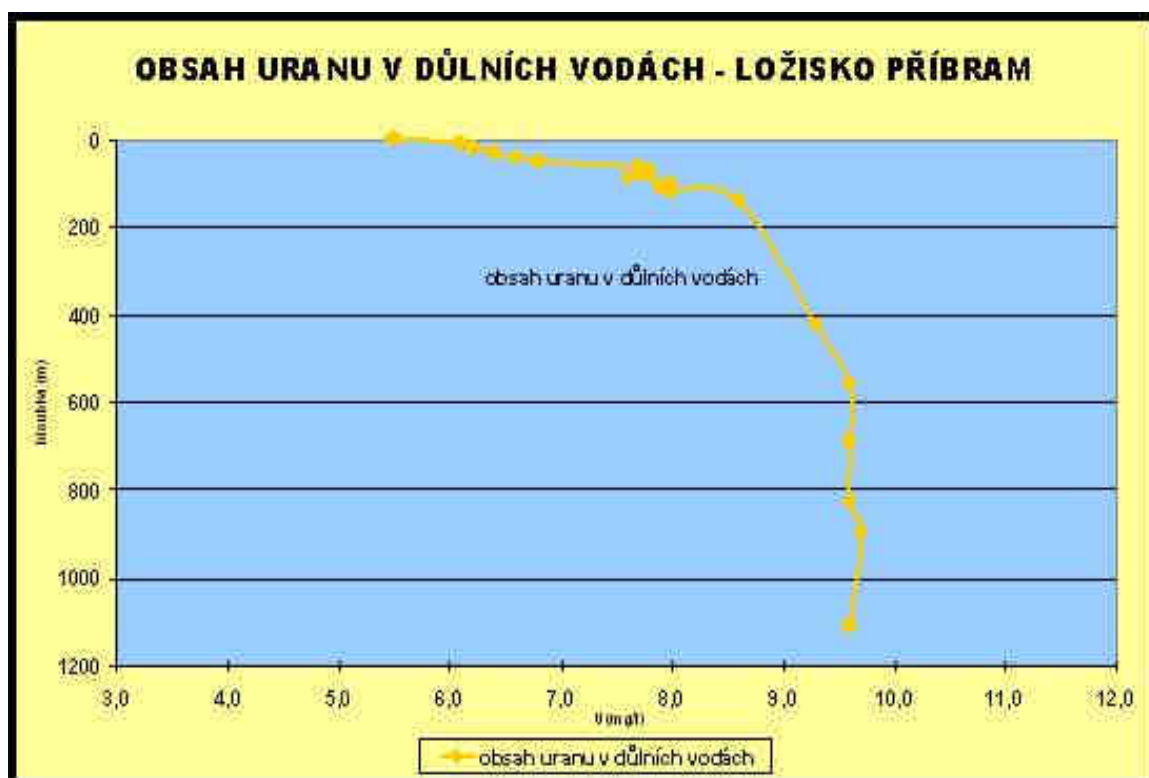
Příloha 4. Čistička důlních vod na odkališti Rožná I. (19)



Příloha 5. Uran-radiová rozpadová řada



Příloha 6. Změny obsahu uranu v důlních vodách (11)



Příloha 7. Odkaliště Příbram Bytíz I. (foto: Eliška Pilecká, 2. 3. 2007)



Příloha 8. Čistírna důlních vod Příbram I. Bytíz (foto: Eliška Pilecká, 2. 3. 2007)



*Příloha 9. Čistírna důlních vod Příbrami II. , v pozadí odval šachty č. 19
(foto: Eliška Pilecká, 2. 3. 2007)*




Příloha 10. Výpusť ČDV Příbram II. (foto: Eliška Pilecká, 2. 3. 2007)



Příloha 11. Společnost Ecoinvest Příbram s. r. o. (foto: Eliška Pilecká, 31. 3. 2007)



	Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany	31-07-2006
	PŘÍBRAM - KAMENNÁ, 262 31 MILÍN	SPIS. K ZALOŽENÍ
	Centrální zkušební laboratoř	
	Zkušební laboratoř akreditovaná ČIA pod č. 1127	
	Pracoviště: Laboratoř osobní dozimetrie a monitorování	
	Tel.: 318 600217, 318 600215	Fax: 318 626056
		E-mail: lodm@sujchoo.cz

PROTOKOL č. 218

Počet listů : 2

List č. 1

Č.j. : J/1.5.3 6/1471/06-Ve

Zakázka č.: 06/154
Předmět zkoušky: radiologický rozbor lázeňských vod a sedimentů
Zadavatel: Léčebné lázně Jáchymov
Datum přijetí vzorků: 29.6.2006
Datum měření: 30.6 – 17.7.2006

Metodika měření: ČSN 83 05 33, PNČ 83 05 01, int met.M - 5
Měření provedli: Havejová, ing. Veselá
Za zadavatele přítomen:
Datum vystavení protokolu: 17.7.2006

Použité měřicí přístroje:

přístroj	typ	v.č.	platnost ověření
fluorimetr	Jarrel - Ash	32 577	9051-OL- 3633/04-1
spektrometr	JKA 1100	9203	9051-OL- 3633/04-2
CANBERRA	35 PLUS	2881969	9011-OL-U 3558/2004



Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany

PŘÍBRAM - KAMENNÁ, 262 31 MILÍN

Centrální zkušební laboratoř
Zkušební laboratoř akreditovaná ČIA pod č. 1127
Pracoviště: Laboratoř osobní dozimetrie a monitorování

Tel.: 318 600217, 318 600215

Fax: 318 626055

E-mail: lodm@sujchbo.cz

OBEBLANO
3 1-07- 2006
SPIS K ZALOZENÍ

PROTOKOL č. 218

Počet listů : 2

List č. 2

Č.j. : J/1.5.3.6/1471/06-Ve

Podrobný popis předmětu zkoušky:

- 1/ stanovení objemové aktivity Ra-226 a stanovení uranu v lázeňských vodách
- 2/ gamaspektrometrické stanovení Ra-226 a U-238 v sedimentech

Výsledky měření:

ad 1/

Vzorek č.	obj.akt.Ra - 226 (Bq · l ⁻¹)	obsah uranu (mg · l ⁻¹)
V 0	< 0,020	0,0011
V 1	0,043	0,015
V 2	0,13	0,033
V 3	2,08	0,039
V 4	0,16	0,11

ad 2/

Vzorek č.	Ra - 226 (Bq · kg ⁻¹)	U - 238 (Bq · kg ⁻¹)
V 0	289	124
V 1	122	109
V 5	411	394

Datum : 17.7.2006

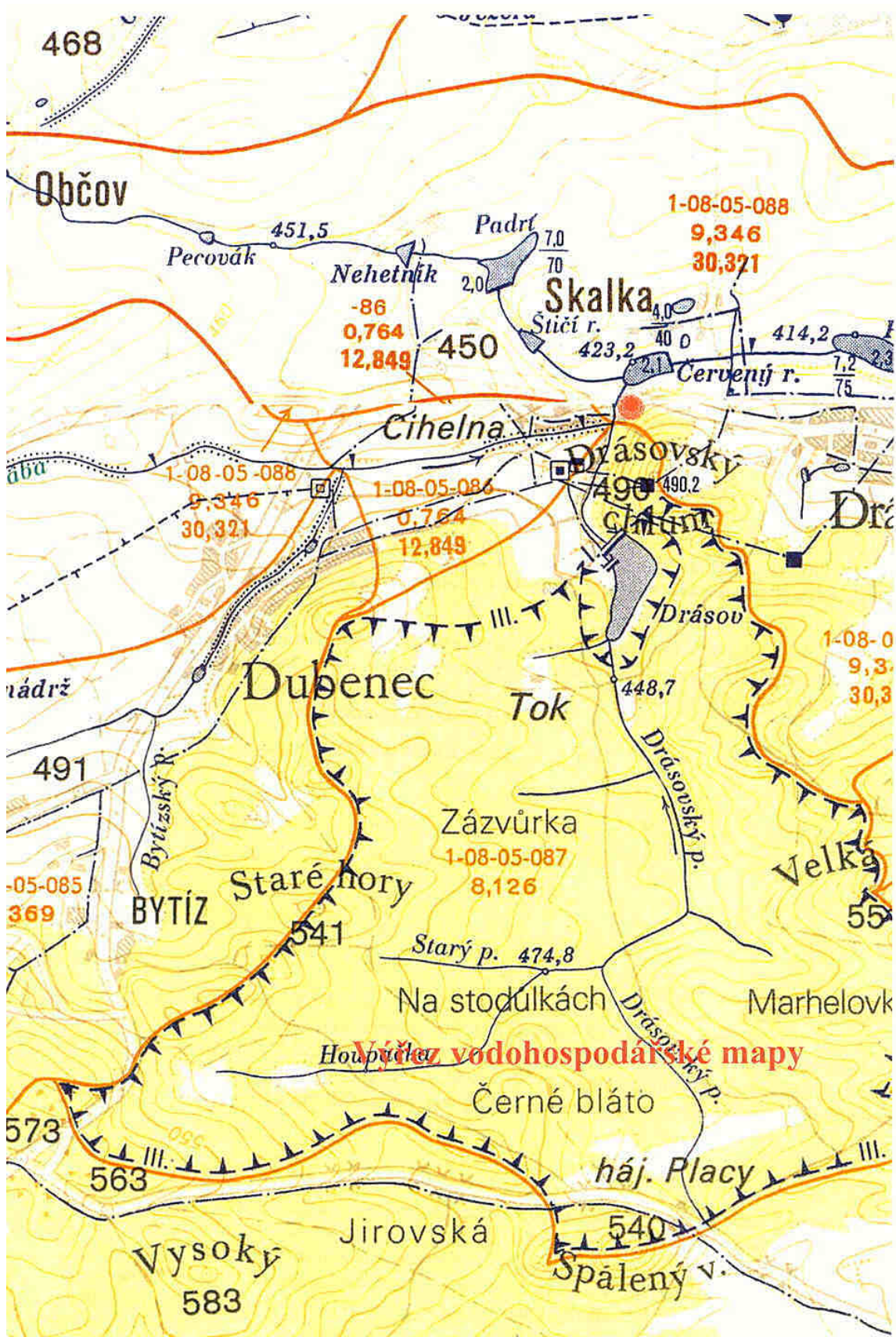
Ing. Veselá Zdeňka

vedoucí laboratoře osobní dozimetrie a monitorování

Výsledky zkoušek se týkají jen předmětu těchto zkoušek. Bez písemného svolení laboratoře se nesmí protokol reprodukovat jinak, než celý.



Příloha 13. Dubenec a okolí (14)



Příloha 14. Hrudka smolince (22)



*Příloha 15. Areál SÚJCHBO Kamenná, v pozadí halda č. 2
(foto: Eliška Pilecká, 2. 3. 2007)*



Příloha 16. Těžní věž šachty č.11, Dubenec (foto: Eliška Pilecká, 9. 3. 2007)



*Příloha 17. Obec Lešetice (Příbramsko), v pozadí halda č.15
(foto: Eliška Pilecká, 2. 3. 2007)*

