

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**  
**Zdravotně sociální fakulta**

**Vliv těžby a zpracování uranové rudy v oblasti Dolní Rožínky na  
okolní prostředí**

**Bakalářská práce**

**Vypracovala:** Marta Stránská, DiS.

**Vedoucí práce:** Ing. Jiří Jež

3. května 2010

## **Abstract**

### **The impact of uranium ore mining and processing on the environment in the Dolní Rožínka locality**

Beginnings of uranium mining in the Czech Republic date back to 1945. At that time uranium mining developed rapidly and the demand for uranium ore rose. There were two new uranium deposits discovered near Rožná and Olší during the summer and autumn 1956, and in 1957 the excavation of R1 shaft near Rožná started. Since 1958 uranium ore has been mined from this deposit, located in the district of Žďár nad Sázavou in the Vysočina region. Nowadays it is the last exploited underground deposit of uranium in the Czech Republic. The end marketable product from the extraction and dressing process is uranium concentrate (so called yellow cake) in the form of ammonium diuranate and a by-product from the disposal of excess water from the dressing plant is marketable sodium sulphate. However, mining operations at the Rožná locality have affected the environment, caused changes in the relief, water regime, draining, vegetation and fauna. Moreover, this activity affected health and quality of life of miners, their families and all residents in this locality.

Operations by GEAM Dolní Rožínka (a branch of the state enterprise DIAMO) and the impact on the environment is monitored in accordance with Section 18 of Act No 17/1992 on the environment. Annually, since 1990s, monitoring is conducted in accordance with documented monitoring programmes which are approved and their results discussed by the competent administrative authorities, professional supervisory bodies (the State Office for Nuclear Safety), and are available to the general public. Based on an evaluation of the results recorded to date in the regular monitoring of the environment, it was proved that the mining and processing of uranium ore in the Dolní Rožínka locality does not result into serious pollution or harm to the environment. Local inhabitants differ in their views. It can be caused by insufficient information supply about mining and processing of uranium ore due to low interest or even concealing in the past. This publication should be used as a source of information for both general public and study purposes.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma „Vliv těžby a zpracování uranové rudy v oblasti Dolní Rožínky na okolní prostředí“ jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zdravotně sociální fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 3. května 2010

.....  
Marta Stránská

**Poděkování:**

Chtěla bych touto cestou poděkovat panu Ing. Jiřímu Ježovi za ochotu, vzorné vedení a věnovaný čas při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat podniku GEAM za poskytnuté materiály.

## Obsah

<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>6</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>8</b>
<b>1 SOUČASNÝ STAV .....</b>	<b>10</b>
1.1 HISTORIE A SOUČASNÝ STAV TĚŽBY A ÚPRAVY URANU .....	10
1.2 CHARAKTERISTIKA LOKALITY .....	11
1.3 VÝVOJ TĚŽBY URANU V ČR.....	13
1.4 URAN.....	13
1.4.1 Zdroje uranu .....	14
1.4.2 Radionuklidy v uranovém hornictví.....	14
1.4.3 Dobývací metody.....	18
1.4.4 Způsob těžby a úpravy rudy .....	20
1.5 ODKALIŠTĚ NA LOŽISKU ROŽNÁ.....	27
1.5.1 Sanace a rekultivace odkališť.....	29
1.5.2 Technologie uzavírání odkališť.....	32
1.6 EKOLOGICKÉ ASPEKTY TĚŽBY A ZPRACOVÁNÍ URANOVÝCH RUD .....	33
1.6.1 Vlivy při těžbě rudy.....	34
1.6.2 Vlivy při úpravě rudy .....	36
1.6.3 Vlivy na ekosystémy a jejich složky.....	38
1.7 RADIOAKTIVITA .....	45
1.7.1 Radiační ochrana.....	46
1.7.2 Radiační jednotky.....	47
1.7.3 Veličiny radiační ochrany.....	48
1.7.4 Vymezení pojmů.....	49
1.7.5 Organizační a technické zabezpečení radiační ochrany.....	49
1.7.6 Měření, hodnocení a zaznamenání veličin a parametrů v radiační ochraně.....	50
<b>2 CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY .....</b>	<b>54</b>
2.1 CÍL PRÁCE .....	54
2.2 HYPOTÉZY.....	54
<b>3 METODIKA .....</b>	<b>55</b>
3.1 POSTUP PŘI HODNOCENÍ KRITICKÉ SKUPINY OBYVATEL .....	55
3.1.1 Popis metodiky při hodnocení ozáření obyvatel.....	56
3.1.2 Výpočet úvazku efektivní dávky z vnějšího záření gama .....	57
3.1.3 Výpočet úvazku efektivní dávky inhalací Rn a produktů jeho přeměny.....	58
3.1.4 Výpočet úvazku efektivní dávky směsi dlouhodobých radionuklidů.....	58
3.1.5 Výpočet úvazku efektivní dávky ingescí vody, potravin a půdy.....	58
3.1.6 Odběry vzorků.....	59
<b>4 VÝSLEDKY.....</b>	<b>62</b>
4.1 PRŮKAZ OPTIMALIZACE RADIAČNÍ OCHRANY V OKOLÍ PRACOVÍŠŤ.....	62
4.1.1 Kritická skupina obyvatel.....	62
4.2 ZÁJEM A INFORMOVANOST LIDÍ.....	73
<b>5 DISKUSE .....</b>	<b>75</b>
5.1 PRŮKAZ OPTIMALIZACE RADIAČNÍ OCHRANY .....	75
5.2 VÝSLEDKY MONITOROVÁNÍ V ROCE 2009 .....	76
5.3 INFORMOVANOST OBYVATEL .....	77

<b>6</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>78</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>80</b>
<b>8</b>	<b>KLÍČOVÁ SLOVA .....</b>	<b>83</b>
<b>9</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>84</b>

## Seznam použitých zkratek

<b>Zkratka:</b>	<b>Význam:</b>
<b>a<sub>ekv</sub></b>	ekvivalentní objemová aktivita radonu
<b>Bi</b>	bismut
<b>Bq</b>	becquerel
<b>Bq/g</b>	becquerel na gram
<b>Bq/m<sup>3</sup></b>	becquerel na metr krychlový
<b>CRPO</b>	centrální registr profesních ozáření
<b>CSOD</b>	celostátní služba osobní dozimetrie
<b>E</b>	efektivní dávka
<b>E(τ)</b>	úvazek efektivní dávky
<b>EOAR</b>	ekvivalentní objemová aktivita radonu
<b>Gy</b>	gray
<b>H</b>	dávkový ekvivalent
<b>ha</b>	hektar
<b>H<sub>p</sub>(d)</b>	osobní dávkový ekvivalent
<b>H<sub>T</sub></b>	ekvivalentní dávka
<b>H<sub>T</sub>(τ)</b>	úvazek ekvivalentní dávky
<b>ISL</b>	in situ leaching - těžba loužením uranu v podzemí
<b>IZ</b>	ionizující záření
<b>J/Kg</b>	joule na kilogram
<b>K1</b>	odkaliště K1
<b>K2</b>	odkaliště K2
<b>mSv</b>	milisievert
<b>Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	síran sodný
<b>NPE</b>	nejvyšší přípustná expozice
<b>OADZ alfa</b>	objemová aktivita dlouhodobých zářičů
<b>PAA</b>	polyakrylamid
<b>Pb</b>	olovo

<b>Po</b>	polonium
<b>Q</b>	jakostní činitel
<b>Ra</b>	radium
<b>Rem</b>	röntgen je zastaralá jednotka radioaktivity
<b>Rn</b>	radon
<b>SÚJB</b>	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
<b>SÚJCHBO</b>	Státní ústav pro jadernou, chemickou a biologickou ochranu
<b>Sv</b>	sievert
<b>SZLAB</b>	středisko zkušebních laboratoří odstěpný závod GEAM
$t_{1/2}$	poločas rozpadu
<b>Th</b>	thorium
<b>TLD</b>	termoluminiscenční dozimetr
<b>TZL</b>	tuhé znečišťující látky
<b>U</b>	uran
<b>v.v.i.</b>	vědecko – výzkumný institut
<b>X</b>	záření x
<b>ZCHÚ</b>	závod Chemická úpravna



## Úvod

Za počátek uranového hornictví v České republice lze považovat zahájení těžby na ložisku Jáchymov, kde v roce 1945 vzniká předchůdce dnešního státního podniku DIAMO, těžební organizace Československý uranový průmysl. V té době úplně nové průmyslové odvětví se rychle rozvíjelo a se zvyšujícím se požadavkem na těžbu uranové rudy byla vyhledávána a předávána k těžbě další ložiska uranu. V létě a na podzim roku 1956 byla nalezena uranová ložiska Rožná a Olší, v říjnu 1957 bylo zahájeno hloubení jámy R 1 na ložisku Rožná a koncem roku byly vytěženy první tuny uranové rudy. Dosud zde těží uranovou rudu o.z. GEAM.

Rozvoj těžby uranu na přelomu 50. a 60. let 20. století byl nepřehlédnutelným zásahem do harmonické kulturní krajiny. Těžba a zpracování uranové rudy ovlivňuje veškeré složky životního prostředí i život lidí v blízkém okolí. V průběhu těžby dochází k ovlivnění ovzduší emisemi prachu při drcení a přepravě rudy, k uvolňování radonu při odvětrávání prostoru dolů, odvalů hlušiny a odkališť. Půda v okolí těžebních a zpracovatelských závodů je často kontaminována spadem radioaktivního prachu. K ovlivnění povrchových vod dochází vypouštěním důlních vod jak v době exploatace ložiska, tak po jeho likvidaci a zatopení. Podzemní vody jsou ovlivněny průsaky z odkališť. Objevují se klasické projevy hlubinného dolování, jako terénní propady, částečná nebo úplná ztráta vody v tocích, rybnících a studních a trvalé odnětí půdy ze zemědělského půdního fondu.

Za pomoci sanačních technologií došlo k zlepšení stavu životního prostředí. Sledování působení těžby uranu na životní prostředí v Dolní Rožínce je zajišťováno především ve smyslu atomového zákona. Výsledky zjištěné při monitoringu jsou projednávány se Státním úřadem pro jadernou bezpečnost (SÚJB) a zaznamenávány.

V dnešní době je patrný stoupající zájem obyvatel o informovanost v oblasti radioaktivity a záření. Problematika uranového průmyslu v Dolní Rožínce je pro veřejnost velmi málo objasněna. Těžbu uranu si každý spojuje s produkcí vysokého objemu radioaktivních odpadů. Otázka rizik, úpravy uranu, funkce odkališť a hlavně vlivu těžby uranu, ať už na zaměstnance nebo blízké okolí, patří mezi aktuální témata.

DIAMO, státní podnik Stráž pod Ralskem, jako nástupnická organizace Československého uranového průmyslu, je firma, zajišťující dvě hlavní činnosti. Prvním úkolem je odstraňování ekologických zátěží po těžbě rud a uhlí. Druhou činností je produkce uranového koncentráту pro českou jadernou energetiku. Jedním ze čtyř odštěpných závodů státního podniku DIAMO je o.z. GEAM v Dolní Rožínce.

Hlavním důvodem výběru tohoto tématu je zjištění skutečnosti o informovanosti obyvatel žijících v blízkém okolí Uranových dolů Dolní Rožínka a vlivu těžby uranu na jejich zdraví. Práce bude sloužit jako ucelený zdroj informací jak pro širokou veřejnost, tak pro studijní účely.

## 1 Současný stav

### 1.1 Historie a současný stav těžby a úpravy uranu

Ložisko Rožná bylo objeveno v roce 1954 pěším a autogama průzkumem. Průzkumné práce zde do roku 1958 prováděl závod GP JD (Geologický průzkum Jáchymovských dolů) Nové Město na Moravě. Tehdejší závod KHB v Chotěboři zahájil hloubení jámy R 1 27. října 1957. Od tohoto dne je možné datovat zahájení těžební činnosti v oblasti a vznik Uranových dolů Dolní Rožínka.

Hlubinná těžba uranových rud ložiska Rožná probíhá od roku 1958. K výraznému poklesu těžby dochází v roce 1985. Mezi základní těžené minerály patří uraninit a coffinit. Nejhlubší jámou, osmi hlavních těžebních jam ložiska Rožná, ústící na povrch je jáma R 3, která byla na konečnou hloubku 1 200,5 m dohloubena v roce 1973. K těžbě na povrch slouží pouze jáma R 1, kterou je těžena rubanina z hornických prací, probíhajících v oblasti slepé jámy R7S (viz příloha 1.)

Vrcholu zpracování uranové rudy bylo dosaženo v roce 1980, kdy bylo zpracováno 580,7 tisíc tun U rudy. Do roku 1990 se na úpravně zpracovávaly i rudy z ložisek Olší, Pucov, Licoměřice, Slavkovice, Brzkov, Březinka, kde je těžba již ukončena. Důlní díla na těchto ložiscích jsou zlikvidována, kromě těch, které slouží k odvodnění důlních prostor. [12]

Celková produkce uranu v ČR za období 1945 – 2007 je více než 110 tisíc tun. Česká republika se tedy řadí na 9. místo mezi státy s největší produkcí uranu – za USA, Kanadu, Německo, Jižní Afriku, Austrálii, Ruskou federaci, Kazachstán a Uzbekistán.

## *1.2 Charakteristika lokality*

Státní podnik DIAMO prošel do roku 1991 řadou změn. Sídli ve Stráži pod Ralskem a zajišťuje svoji činnost v regionech pomocí čtyř odštěpných závodů. Jeho cílem je významně se podílet na řešení útlumu hornictví v ČR a řešení následků po těžbě uranové rudy. DIAMO je držitelem certifikátu shody s normou ČSN EN ISO 9001:2001 pro sanační a likvidační činnost. Státní podnik má zkušené odborníky a disponuje technickým, technologickým a programovým vybavením pro řešení problematiky ochrany životního prostředí. Jeho speciálním úkolem je oblast čištění důlních vod. Organizační strukturu tvoří úsek kanceláře ředitele státního podniku, úsek pro ekonomiku a personalistiku, úsek pro výrobu a úsek ekologie a sanačních prací.

### *Odštěpné závody*

1. Těžba a úprava uranu ve Stráži pod Ralskem (TUÚ) – realizuje likvidační a sanační práce po hlubinné a chemické těžbě na ložisku Stráž pod Ralskem.
2. GEAM v Dolní Rožínce – realizuje dobývání a úpravu uranu, zajišťuje likvidační a sanační práce po těžbě rud a uhlí v moravských oblastech.
3. Správa uranových ložisek v Příbrami (SUL) – realizuje likvidační a sanační práce po těžbách rud v českých oblastech.
4. ODRA v Ostravě – realizuje likvidaci a sanaci bývalých areálů dolů v ostravské, petřvaldské a karvinské dílčí pánvi a zajišťuje čerpání důlních vod a správu vodních jam Jeremenko a Žofie.

Hlavní činností o.z. GEAM v Dolní Rožínce je těžba a zpracování uranové rudy, zahlazování následků po hornické činnosti uranových, rudných a lignitových dolů v moravské oblasti kromě Ostravy. Dále pak přeprava radioaktivních a nebezpečných věcí a provozování skládky komunálního odpadu. Mezi nejdůležitější činnosti z hlediska ochrany životního prostředí na ložisku Rožná patří čištění důlních a odkalištních vod, protiprašná opatření a sanace zasažených území. [5,6]

Obec Dolní Rožínka leží 11 km jihozápadně od Bystřice nad Pernštejnem v nadmořské výšce 502 m. Patří do kraje Vysočina. Dobývací prostor ložiska Rožná o současné rozloze 8,76 km<sup>2</sup> je situován v katastrálních územích obcí Bukov, Milasín, Rožná, Dolní Rožínka, Horní Rožínka, Rodkov, Blažkov a Horní Rozsídka. Těžba zde byla zahájena v roce 1958. Geologický průzkum v okolí Dolní Rožínky začal v roce 1954 a o dva roky později zde bylo nalezeno jedno z největších uranových ložisek, ze kterého se dosud vytěžilo více jak 16 milionů tun uranové rudy. Těžba dosud probíhá na ložisku Rožná. V květnu 2007 vláda ČR schválila další pokračování těžby a úpravy uranu po dobu ekonomické výhodnosti (viz příloha 2.). [18]

Ložisko Rožná je na rozhraní dvou geomorfologických podcelků – Bítýšské a Nedvědicke vrchoviny. Nachází se v tektonicky výrazném pásu charakteristickém provrásněním komplexu do protáhlých izoklinálních vrás. Složení uranové mineralizace je tvořeno převážně uranitem a coffinitem. V horninovém komplexu na ložisku Rožná je především zastoupena skupina hornin strážeckého molubdanika. Terén nad ložiskem je z části zalesněn, část slouží jako pastviny a zbytek je zemědělsky obděláván. Těžba byla zahájena v roce 1958. Od roku 1968 je v provozu chemická úpravna a dvě odkaliště. Ložisko bylo otevřeno 11 jámami, v podzemí je nyní cca 500 km důlních chodeb. Hloubka dobývání se pohybuje v intervalu 950 až 1 100 m pod povrchem. Do roku 2006 zde bylo vytěženo dobývacími pracemi 15, 683 mil. t uranové rudy s průměrným obsahem 1,16 kg U/t rudy, což znamená 18191,7 t uranu.

Ložisko má stejný název jako obec, v jejímž katastrálním území se nachází. Součástí obce Rožná je místní část Dvořiště, která je situovaná pod hrází odkaliště K1 a v blízkosti chemické úpravný. Obyvatelé osady Dvořiště představují nejexponovanější skupinu obyvatel v zájmové oblasti. Při exploataci ložiska byly postupně použity různé způsoby dobývání. Od 70. let nejdříve převažovala metoda výstupkového dobývání a později metoda sestupného lávkování na zával pod umělým stropem. Změna v dobývací metodě souvisí s postupem potrubní fronty do hlubších částí ložiska a s tím spojenou změnou geologických podmínek. [8,14]

### **1.3 Vývoj těžby uranu v ČR**

Český masiv je velmi bohatý na výskyt uranu. Uranová ruda zde byla těžena již od roku 1840 v Jáchymově a využívala se pro získávání radia a polonia. V České republice se uran dobýval v Okrouhlé Radouni v jižních Čechách (1972 - 1990) u Vítkova v západních Čechách (do roku 1991), v Jáchymově (do r. 1967), v okolí Příbrami (1948 - 1991), v Zadním Chodově (do roku 1992), na Dyleni (do roku 1994), v Hamru a Křižanech poblíž Stráže pod Ralskem (do roku 1990), v Zálesí v Rychlebských horách a na dalších lokalitách. V dnešní době pokračuje těžba jen na ložisku Rožná. Ročně se zde vytěží 200 - 300 tun uranu. Jinou metodou získávání uranu je chemické loužení, které u nás probíhalo ve Stráži pod Ralskem (do r. 1996) v severních Čechách, kde v současnosti probíhá sanace, při níž je opět získáván uran. Uranová ruda se upravovala v předúpravkách (Příbram, Jáchymov) a úpravkách (MAPE Mydlovary - do roku 1991, Dolní Rožínka a Stráž pod Ralskem) (viz příloha 3.). [20]

### **1.4 Uran**

Uran je těžký, kujný, chemicky poměrně stálý kov, patří mezi aktinoidy, jejichž všechny známé izotopy jsou radioaktivní. Poločas rozpadu většiny aktinoidů je krátký. Vyloučením a následným opětným vysrážením došlo ke zkoncentrování a vytvoření velkého počtu oxidických minerálů, z nichž ekonomicky nejdůležitější je smolinec neboli uraninit a karnotit. V přírodě se vyskytuje v nejrůznějších formách. Uran je v čistém stavu stříbrobílý lesklý kov. Rozmělněný na prášek je samozápalný. Při postupném zahřívání je nejprve křehký a později při dalším zvyšování teploty plastický. Hustota (specifická hustota) při 20°C je 19,05 g.cm<sup>-3</sup>. V roce 1789 objevil prvek Martin Heinrich Klaproth. Kovový uran se podařilo získat v roce 1841 francouzskému chemikovi Melicharu Peligotovi. Název uran je podle nově objevené planety Uran, která dostala jméno podle boha Urana z řecké mytologie. V roce 1896 Henri Becquerel objevil radioaktivitu uranu. Pro účely jaderného průmyslu se začal uran využívat během druhé světové války. [19]

#### 1.4.1 Zdroje uranu

Uran netvoří obvykle souvislá ložiska jako jiné kovy. Uranové minerály jsou buď samy sloučeninami těžkých kovů a uranu nebo provázejí sloučeniny těžkých kovů. Vyskytuje se v rudách, které ho obsahují jen několik málo procent. Ložiska s koncentracemi nad 1 % uranu se vyskytují jenom ojediněle a to ještě v množstvích nejvýše několika tisíc tun. Uranové rudy obsahují kromě uranu samotného i jiné radioaktivní látky z uran - radiové rozpadové řady. Z důvodu nízkého obsahu uranu v rudě navazuje na vlastní těžbu nákladné zpracování za účelem jeho koncentrování. Existují různé typy uranových ložisek, která nelze za současných ekonomických podmínek hospodárně těžít, nebo v nich lze uran těžít pouze jako vedlejší produkt. [3]

*Zdroje těžby uranu* - ložiska břidlice, uran v mořské vodě, těžba zlata, mědi či fosfátů.

*Sekundární zdroje uranu* - získávání uranu ze zbytků po zpracování rudy, uran získaný přepracováním vyhořelého jaderného paliva, vysoce obohacený uran z jaderných zbraní, jehož obohacení se upravilo na úroveň potřebnou pro jaderné palivo, uran ze skladů nízkého obohaceného a přírodního uranu. [3]

#### 1.4.2 Radionuklidy v uranovém hornictví

Součet efektivních dávek, podílejících se na ozáření pracovníků v uranovém hornictví, je tvořen třemi podíly. První podíl zaujímá vnější záření gama, druhou složkou je Radon 222 (dceřiné produkty přeměny radonu) a třetí složku ozáření pracovníků v uranovém hornictví představují dlouhodobé radionuklidy uran-radiové řady emitující záření alfa. Jedná se o  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  a  $^{210}\text{Po}$ . Jsou součástí respirabilní i nerespirabilní složky prašného aerosolu v ovzduší.

## Uran – U

Přírodní uran se skládá z izotopu -  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  a  $^{238}\text{U}$ . Obsah izotopu  $^{238}\text{U}$  v přírodním uranu je 99,27% (poločas rozpadu  $4,49 \times 10^9$  let). Izotop  $^{235}\text{U}$  je zastoupen jen 0,72% v přírodním uranu, je radioaktivnější (poločas rozpadu  $7,13 \times 10^8$  let) než izotop  $^{238}\text{U}$ . Izotop  $^{238}\text{U}$  je nestabilní a rozpadá se radioaktivním rozpadem. Při rozpadu vznikají alfa částice a těžké produkty radioaktivního rozpadu. Thorium je nestabilní produkt radioaktivního rozpadu uranu, jeho rozpad pokračuje do vzniku stabilního olova. Působením vody, větru a zvětráváním hornin se stává uran přirozenou součástí půd. Vlivem eroze přechází do vodních toků a jezer.

### *Zdroje expozice uranu*

K expozici uranem dochází vzduchem, vodou, potravinami i kontaktem s půdou. Průměrná množství uranu v potravinách se pohybují mezi 0,08 až 70  $\mu\text{g}/\text{kg}$  a v pitné vodě mezi 0,4 až 1,4  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Většina obyvatel ČR přijímá určité množství uranu v potravě každý den. Denní příjem uranu je vyšší zejména v oblastech s uranovými doly nebo zpracovatelskými závody. Také potraviny, pěstované v těchto oblastech a pitná voda, mohou vykazovat vyšší obsah uranu. V jezerech a řekách přechází jen velmi malé množství uranu do ryb.

### *Expoziční cesty organismů*

Jedna z expozičních cest je vdechnutí prachu s obsahem uranu. Většina uranu plíce opustí při kašli a vydechování. Část uranu může být polknuta při vykašlávání a část může z plic přejít do krve, ledvin a moči je vyloučena ven. Kolem 99% uranu opouští tělo ve stolici a moči v průběhu několika dnů. Malé množství (kolem 1%) vstupuje do krve, projde ledvinami a opět je vyloučeno v průběhu několika dní močí. V kostech zůstává několik let. Ačkoliv je uran radioaktivní, typ jeho záření neprochází kůží.



### *Vliv na zdraví*

Vliv přírodního uranu na zdravotní stav člověka nebyl zcela jasně prokázán. Byl však pozorován určitý vliv na ledviny u horníků v uranových dolech. Stupeň poškození ledvin závisí na množství uranu vstupujícího do organismu a jeho chemické formě. U zvířat byly pozorovány poruchy ledvin po expozici velkými koncentracemi přírodního uranu v potravě, pitné vodě a vzduchem.

U člověka ani u zvířat běžně nezpůsobuje přírodní uran rakovinu. Je zde možný vznik rakoviny při polykání nebo vdechování velkého množství přírodního uranu, protože vyšší expozice radioaktivním materiálem zvyšuje pravděpodobnost vzniku rakoviny. Rakovina se může vyvinout za mnoho let po požívání nebo vdechování radioaktivního materiálu. Při koncentracích blízkých přirozeným koncentracím je jen velmi malé nebezpečí, protože většina radiace je zadržena již kůží. Uran může ovlivňovat reprodukci a vývoj plodu.

Referenční dávka pro chronickou orální expozici (RfD) je stanovena na 0,003 mg/kg/den. Referenční koncentrace pro chronickou expozici inhalací (RfC) není stanovena.[19]

### **Radium – Ra**

Vzniká při radioaktivním rozpadu uranu a thoria, vyskytuje se v přírodě, má kovový vzhled. V malém množství se vyskytuje v půdách, horninách, uhlí, rostlinách a potravě. Při rozpadu radia vzniká alfa, beta a gama záření.

### *Expoziční cesty organismů*

Radium, stejně jako uran se do těla dostává vdechnutím nebo polknutím, nikoli přes kůži. Při vdechnutí může v plicích setrvat po dobu několika měsíců, přechází do krve a tak je distribuován do ostatních částí organismu. V průběhu měsíců pak v malém množství opouští tělo v moči a stolici.

## Vliv na zdraví

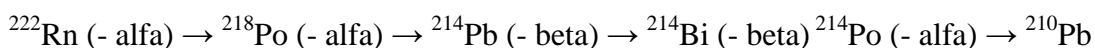
Radium je označováno jako silný lidský karcinogen. Vyšší dlouhodobé dávky způsobují poškození zdraví včetně anemie, lámání zubů, rakoviny (zvláště kostí) a smrt. Většina těchto účinků se vyvine po dlouholeté expozici v důsledku uvolňovaného gama záření.[19]

## Radon – Rn

Radon se vyskytuje v podobě tří přirozených izotopů:

- $^{220}\text{Rn}$  z thoriové rozpadové řady  $t_{1/2} = 51,5 \text{ s}$ ,
- $^{221}\text{Rn}$  z aktiniové rozpadové řady  $t_{1/2} = 3,9 \text{ s}$ ,
- $^{222}\text{Rn}$  z uran-radiové rozpadové řady  $t_{1/2} = 3,8 \text{ dne}$  – dozimetricky nejvýznamnější z hlediska ozáření pracovníků nebo obyvatel.

Poprvé byl prvek radon izolován a studován Ruthefordem a Soddyem v roce 1902 (*radius* latinsky paprsek). Radon je plynem o hustotě 9,73 g/l. Malá množství, která jsou dnes potřebná, se získávají jako produkt radioaktivního rozpadu  $^{226}\text{Ra}$  (z 1 g  $^{226}\text{Ra}$  se za 30 dní získá 0,64 cm<sup>3</sup> Rn).



Radon se s poločasem rozpadu 3,82 dne následně rozpadá na tzv. dceřiné produkty rozpadu radonu: kovy polonium - Po, bismut - Bi a olovo- Pb. Tyto kovy mají tu vlastnost, že se usazují na povrchu prachových částic a tvoří tzv. aerosoly, které se volně pohybují po místnosti nebo sedají na předměty v objektech. Radioaktivní rozpad prvků probíhá buď vyzářením částice alfa (tzn. uvolněním jádra hélia  $4\text{He}$ ), částice beta (tzn. uvolnění jednoho elektronu), případně doplňujícím zářením gama (elektromagnetické záření) a kvalitativní změnou původního prvku na jiný nový prvek s nižším atomovým číslem.

### *Expoziční cesty organismů*

Při vdechování vzduchu jsou částice zachycovány v plicích, převážně v dolních cestách dýchacích a to v závislosti na jejich velikosti. Vydechnut je samotný radon a odhaduje se, že jeho příspěvek k poškození plicní tkáně je nejvýše 1 – 3%.

### *Vliv na zdraví*

Za dominantní toxikologickou vlastnost v případě dlouhodobé expozice relativně malými dávkami je považována možnost vzniku nádorových onemocnění (karcinogenita) a genetické změny. Příčinou zdravotních problémů není vdechování samotného radonu, ale vdechování jeho krátkodobých produktů přeměny –  $^{218\text{n}}\text{Po}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{214}\text{Po}$ . Produkty přeměny zůstávají v malém množství jako volné ionty, ve větší míře se zachycují na povrchu aerosolových částic ve vzduchu a pak mohou být vdechovány. Z hlediska rizika ozáření obyvatelstva je podstatně větší riziko zjišťováno v uzavřených prostorech, zejména v bytové sféře. V některých oblastech je riziko pronikání radonu z podlaží do budov značné. V současné době je u nás platná směrná hodnota pro ozáření osob z radonu v budovách. Druh poškození jedince závisí mimo jiné na velikosti obdržené dávky, podmínkách expozice, druhu záření a typu ozáření.[17]

#### 1.4.3 Dobývací metody

Pro dobývání jsou používány 2 základní metody. Jednotlivé varianty se od sebe liší především různým provedením přípravných prací na bloku (situování komína v zóně nebo v jejím podlaží a situování mezipatrových rozrážek).

### *Výstupkové dobývání se zakládáním vydobytých prostor*

Tato metoda spočívá ve vzestupném dobývání (od spodního patra směrem k hornímu) dobývkového bloku horizontálně vedenými výstupy o výšce 3m. Základní rozměry bloku jsou 60 – 65 m (výška) krát 50 - 60 m (délka). V hranicích bloku jsou předraženy blokové komíny společné pro dva sousední bloky. Uprostřed bloku mezi nimi může být zvedán pomocný komín, který slouží k odtěžování rubaniny. Vyztužování je prováděno dřevem. Základka je používána vlastní, je získána ražbou chodbic do nadloží a umožňuje použití této dobývací metody pro dobývání nevytěžených zásob (viz příloha 4.). [8]

### *Sestupné lávkování na zával pod umělým stropem*

“Sestupné lávkování na zával pod umělým stropem” je jediná metoda uplatňovaná na ložisku Rožná od roku 1998. Princip spočívá v sestupném dobývání ( z horního patra směrem ke spodnímu) v odpracování bloku sestupně řazenými lávkami výšky 3 m pod umělým stropem. Vydobyté prostory, které vznikají, jsou zaplňovány závalem průvodních hornin. Prostorové vymezení bloku je 60 – 65 m (výška) krát 50 – 60 m (délka) s tím, že patrová rozrážka je situována uprostřed bloku. Po vydobytí lávky, jejíž šířka závisí na průběhu zrudnění, je na urovnanou počvu položen umělý strop z kulatiny a drátěného pletiva. Zával průvodních hornin je vyvolán destrukcí dřevěné výztuže lávky (použitím trhací práce). Při mocnostech nad 4 m je lávka rozdělena na pásy o šířce maximálně do 4 m, které jsou dobývány a postupně zavalovány od nadloží směrem do podloží. (viz příloha 5.) [8]

#### 1.4.4 Způsob těžby a úpravy rudy

Máme dva způsoby těžby uranové rudy - hornický způsob (povrchová a hlubinná těžba) a těžba loužením uranu v podzemí pomocí vrtů z povrchu – metoda ISL (in situ leaching). Příbram, Okrouhlá, Radouň, Dolní Rožínka a Hamr na Jezeře jsou oblasti, kde se těžil uran hlubinnou těžbou. Metoda ISL se používala ve Stráži pod Ralskem.

#### **Chemická úpravna**

Pro úpravu rudy je na ložisku Rožná v provozu od roku 1968 chemická úpravna, která využívá alkalické loužení uranových rud (viz příloha 6.). Dříve byla těžená ruda převážena na zpracování do Jižních Čech (úpravna MAPE MYDLOVARY). Těžená rudnina obsahuje biotit, živec, křemen, pyrit, chlorit, jílovité minerály, grafit a karbonáty. Vlastní uranové minerály jsou uranitit a coffinit. Konečným produktem je koncentrát uranu tzv. žlutý koláč. Jsou to soli uranu, kde převažuje diuranát amonný  $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$ . [8]

Základní proces výroby po vytěžení rudy a jejím drcení a mletí je rozdělen do tří technologických okruhů:[11]

- převod kovu z rudy do roztoku vyloužením,
- separace kovu z roztoku iontovou výměnou na ionexech,
- vysrážení kovu do formy diuranátu amonného.

#### **Úprava rudy**

Výroba uranového koncentráту probíhá v chemické úpravně, je to složitý proces a skládá se z několika částí:( viz příloha 7.).

- 1/ Příjem, úprava rudy
- 2/ Mletí
- 3/ Zahušťování rmutu (rozemleté rudy v kapalné bázi)
- 4/ Alkalické (karbonátové) loužení
- 5/ Alkalická sorpce
- 6/ Eluce
- 7/ Srážení diuranátu
- 8/ Zahušťování
- 9/ Rafinace koncentráту uranu
- 10/ Filtrace koncentráту
- 11/ Sušení produktu

Skladování, expedice produktu a vlastní výrobní proces je zajišťován při realizaci řady obslužných a souvisejících činností, a to:

- komplex zpracování technologických odpadních vod včetně úpravy vod, elektrodialýzy, reverzní osmózy, odparky (včetně izolace odpadního síranu sodného), ionexového čištění ,
- příprava a skladování surovin a pomocných látek (soda, čpavek, kyselina dusičná, kyselina sírová, sloučeniny mědi, flokulanty, ionex atd.),
- skladování produktu (uranový koncentrát),
- výroba tepla – kotelna,
- čerpání a ukládání zpracovaného rmutu – odkaliště I, II ,
- čištění vod z neaktivní kanalizace – biologická čistírna odpadních vod. [25]

### *1. Příjem, úprava rudy*

Pomocí nákladních automobilů s mechanickým vyklápěním je dopravena ruda do závodu. Navážení rudy na depo je regulováno stanovenými předpisy. Depo je určeno jako kontrolované pásmo závodu CHÚ. Pravidla regulují frekvenci, označení vozidel, místo navezení podle jakosti rudy. Buldozerem je rudnina nahrnována na rošt přijímacího zásobníku, kde jsou nalepeny polštáře, periodicky nafukované stlačeným

vzduchem, které zabraňují nalepování rudniny na stěny. Po propadnutí roštům je ze zásobníku dopravována přes násypku článkovým podavačem na šikmý transportní pás, odkud je transportována na mlýnici. Součástí zařízení je elektromagnet, který zachycuje kovové předměty. Proud rudniny je dělen pomocí soustavy klapek a výsypek do příslušných sekcí parabolického zásobníku pro jednotlivé mlýny. Dopravní pásy jsou vybaveny blokačním systémem, kterým při výpadku některého dopravníku (popř. i kulového mlýna), dochází k automatickému zastavení dopravníků ve směru od mlýnů k přijímacímu zásobníku. Přesypy dopravních cest jsou opatřeny odsáváním. V prostoru pod přijímacím zásobníkem se nachází jímka, do které se shromažďuje voda a odtud je periodicky čerpána do objektu zahušťovačů. [25]

## 2. Mletí

Mletí je dvoustupňové, probíhá v uzavřeném cyklu s recyklací rmutu na soustavě kulových mlýnů. Ve vodném prostředí dochází k třídění částic, které je zajišťováno spirálovými klasifikátory a kontrolnímu třídění na hydrocyklonech. Jako přídatná voda se používá sliv zahušťovačů. K rudnině se dávkuje odpady (kaly) s obsahem mědi, které v dalším průběhu výrobního procesu (alkalické loužení) působí katalyticky. V prostoru pod mlýny jsou oplachové jímky opatřené samonasávacím čerpacím zařízením, do každé jímky je vyveden tlakový vzduch.

Velikost rudniny po rozemletí: [25]

Obsah velikosti částic + 0,126 mm      max. 6 váhových %

Obsah velikosti částic - 0,071 mm      max. 65 váhových %

## 3. Zahušťování

Zde dochází k úpravě poměru pevné a kapalné báze (p : k) 1 : 1. Na třech kruhových zahušťovačích typu DORR rudnina sedimentuje, vyčeřená voda z těchto zahušťovačů je čerpána zpět na mlýnici jako technologická voda. Doplnění probíhá

automaticky. K zlepšení sedimentačních vlastností rozemleté rudy je přidáváno flokulační činidlo typu polyakrylamid (PAA). Flokulační činidlo je dávkováno injektorem na přívodní trase rmutu a do hlavy zahušťovačů. Zahuštěný rmut je čerpán do předlohy v přízemí objektu, ze které je potom čerpán do loužení. Pro vznik tetraamoměďnatého katalyzátoru v loužení je na provozu zahušťovačů dávkován do předlohy zahuštěného rmutu připravený roztok síranu měďnatého. [25]

#### 4. Loužení

Cílem operace je vyloužení uranu z rozemleté rudy do roztoku ve formě uranyltrikarbonátu. Alkalické atmosférické loužení sodou probíhá v sedmi kolonách linky, které jsou zapojené za sebou za nepřímého ohřevu při teplotě 80 °C.

Zahuštěný rmut ( $p : k = 1 : 1$ ) je čerpán do linky loužících kolon přes přehříváč. Z poslední kolony se vrací cca 50 % vylouženého rmutu na vyčleněný zahušťovač. Po promytí a ochlazení technologickou vodou (sliv zahušťovačů před loužením) je s přídatkem flokulačního činidla rmut zahuštěn a dávkován do sorpce.[25]

#### 5. Sorpce

Sorpční linku tvoří osm sorpčních kolon šachovnicově uspořádaných, jejichž obsah je promícháván vzduchem. Vyloužený uran se zahuštěným vylouženým rmutem ze zahušťovače je veden na sorpční linku, kde je uran nasorbován na silně bazický ionex. Rmut přitéká do první sorpční kolony a odtéká z osmé kolony linky a s minimální koncentrací uranu je po průchodu sorpcí uložen na odkališti KI. [25]

#### 6. Eluce

Na válcových sítích dochází k odmytí ulpělých částic rudniny z ionexu technologickou vodou z odkaliště, kde je ionex regenerován elučním činidlem ve dvou



linkách složených z předřadné a vlastní regenerační pulsační kolony otápěné parou a míchané vzduchem. Vymytý ionex, který je v pulsační komoře eluován protiproudem elučního roztoku přepadá přes hranu pulzační kolony do drenáže. Eluční roztok, obohacený kovem, odtéká přes propustné lože do spodní části kolony, odkud je odtažován do předřadné kolony k další operaci. Pro zlepšení sorpčních vlastností ionexu dochází k nápravné regeneraci ionexu kyselinou dusičnou. Zregenerovaný ionex je dávkován do sorpce, po oddělení roztoku kyseliny dusičné, která se vrací zpět do regenerační kolony. [25]

### *7. Srážení diuranátu*

Ohřátý eluát, po procesu usazování a promývání je odváděn do rozkyselovacích a srážecích kolon. Po úpravě pH roztoku na  $< 3,5$  koncentrovanou kyselinou sírovou je srážen uran amoniakem. Dávkování kyseliny a amoniaku je prováděno automaticky pneumatickými regulačními ventily. Obsah kolon je míchán vzduchem. [25]

### *8. Zahušťování*

Z poslední srážecí kolony je suspenze diuranátu vedena do zahušťovače koncentrátu. Diuranát amonný je oddělen od roztoku, který je čerpán zpět na regeneraci ionexu. K urychlení sedimentace koncentrátu je dávkován do zahušťovače zředěný roztok flokulantu (PAA). [25]

### *9. Rafinace koncentrátu*

V rafinační koloně je zahuštěný chemický koncentrát rafinován  $\text{NH}_3$  nebo  $\text{HNO}_3$  a promyt vodou. Chemický koncentrát, který vyhovuje svými kvalitativními vlastnostmi je po poslední promývice uložen v repulpační nádrži. Na základě laboratorního rozboru vzorku je rozhodnuto o usušení či případné další rafinaci. Pořadí a počet rafinací, promývek, konverzí a odběr dalších vzorků určuje technolog. [25]

## *10. Filtrace*

Zde se chemický koncentrát ze skladovacích (repulpačních) nádrží čerpá do okruhu, ze kterého se odebírá jeho část na sušení. Hrubší podíly rmutu (nečistoty, třísky, hrudky apod.) se oddělují na vibračním síti a proteklý rmut je shromažďován v míchací nádrži, odkud je dávkovacím čerpadlem čerpán do atomizéru sušící komory. [25]

## *11. Sušení*

Sušení se provádí ve spalovací komoře sušárny, spaliny zemního plynu. Atmosférický vzduch přisáván směšovací částí potrubí snižuje teplotu spalin na požadovanou teplotu a po smísení jsou spaliny nasávány do sušící komory. Je zde odlučovací systém, který se skládá ze dvou baterií po čtyřech odlučovacích cyklonech, proudového odlučovače, pěnové pračky, odtahových ventilátorů a lamelového odlučovače kapek na střeše objektu. Spaliny a vodní páry ze sušící komory jsou odsávány ventilátorem pomocí tohoto systému. Odloučený koncentrát z odlučovacích cyklonů se shromažďuje v zásobníku. [25]

## *12. Skladování, expedice*

Sušený chemický koncentrát uranu je balen do typově schválených obalů (kovové sudy o objemu 200 l). V těchto obalech je produkt skladován ve skladu a následně transportován. Všechny uvedené sklady jsou vybaveny systémem fyzické ochrany jaderného materiálu v nich skladovaného, způsob zajištění je stanoven v interní dokumentaci s.p. DIAMO. [8,25]

## Suroviny a pomocné látky

*Uranová ruda* - ruda je navážena do prostoru depa, které je kontrolovaným pásmem závodu CHÚ. Pracoviště depa není obsazeno pracovníky, je zabezpečeno proti vstupu nepovolaných osob.

*Soda* - roztok sody je čerpán z přípravní a skladován v sodojemu (stojatá ocelová válcová nádrž o objemu 1250 m<sup>3</sup>). Sodový roztok je ze sodojemu dopravován přes čerpací stanici do míst spotřeby (alkalické loužení, eluce, úprava roztoku pro LNV a EDA) cirkulační smyčkou.

*Amoniak* - sklad čpavku tvoří ocelová ležatá nádrž průměru 2,8 m a délky 14,4 m o objemu 80 m<sup>3</sup>.

*Kyselina sírová, kyselina dusičná* - jsou skladovány ve skladu kyselin v nádržích o objemu 100 m<sup>3</sup>. Nádrže jsou umístěny v nepropustné záchytné havarijní vaně, mají odvětrání vyvedené na střechu a jsou opatřeny stavoznakem a vybaveny signalizací max. a min. hladiny. Do provozních zásobníků v objektech výroby jsou čerpány po potrubním mostě.

*Hydroxid sodný* - 40% - ní roztok NaOH je přepravován v kontejnerech (barely á 1000 l - „HOBOCK“), přečerpáván do zásobní nádrže NaOH, kde se naředí na koncentraci 5 % brýdovým kondenzátem, nebo VCA. Zásobní nádrž 1,5 m<sup>3</sup> je opatřena dávkovacím čerpadlem a stavoznakem.

*Flokulant* - roztok flokulantu se připravuje v míchací nádrži. Flokulant v pevném stavu je dodáván do objektu v pytlích á 30 kg na paletách.

*Síran měďnatý, odpadní kaly s obsahem mědi* - roztok síranu měďnatého rozpuštěného vodou se připravuje v míchací násypce v objektu zahušťovačů. Síran v pevném stavu je dodáván do objektu v pytlích á 30 kg na paletách. Pro používání odpadů s obsahem Cu, nakupovaných od konkrétních dodavatelů, je důležité vypracování testů laboratoří chemické úpravy a splnění přijímacích podmínek. Odpadní kaly s obsahem mědi jsou naváženy na stanovené místo rudného depa.

*Ionex* - typu AMP je dodáván na závod CHÚ v PE pytlích na paletě a pomocí vzduchové mamutky (liftu) přečerpán do zásobníku o objemu 60 m<sup>3</sup>. Jako zásobník slouží kolona staré sorpční linky s keramickou výstelkou.

*Vápno* - dodávky CaO jsou realizovány autocisternou. Vápno se nachází ve vyzděném přístavku mlýnice s izolovanou podlahou, spádovanou do jímky. V objektu jsou umístěny dva zásobníky sypkých hmot, každý o objemu 60 m<sup>3</sup>, opatřené oklepávacími filtry pro zachycení prachových podílů vápna. Z vápna je připravováno vápenné mléko skladované v zásobní nádrži o objemu 50 m<sup>3</sup>.

*Síran sodný* - vzniká při čištění odkalištní vody v odpařovací stanici. Zásobník síranu sodného je válcová nádoba s kapacitou 70 t. V případě potřeby je možné využít velkokapacitní silo v areálu vlečky. Je prodáván pro výrobu pracích prášků.

*Pomocné prostředky - mlecí koule* - jsou skladovány v zásobnících v hlavní budově výroby, do určeného prostoru za jednotlivými mlýny jsou převáženy v bednách mostovým jeřábem. [25]

## **1.5 Odkaliště na ložisku Rožná**

### **Odkaliště**

Po zpracování uranové rudy vzniká odpadní rudina (tzv. rmut), která je deponována v odkalištích K1 a K2. Na odkaliště K2 byly od roku 1991 ukládány neutralizované kaly z linky detoxikace. Odkaliště K1 a K2 představují největší existující tvary antropogenní transformace reliéfu na ložisku Rožná. Obě odkaliště mají vybudován systém obvodových obtokových příkopů k zachycování srážkových vod a vody z pramenišť. Prosakující voda z odkališť je zachycována podzemním drenážním systémem a vracena zpět do odkaliště. [10]

### *Odkaliště K1*

Odkaliště K1 bylo uvedeno do provozu v roce 1968. Vzniklo na místě rybníka, nejprve jako údolní hrázové odkaliště. Pozdějším úplným ohrázením se odkaliště změnilo na odkaliště nadúrovňové, nepravidelně prstencové. Slouží pro ukládání vylouženého rmutu. Má uzavřený systém vod bez vypouštění. Výstavba probíhala etapovitě tak, že údolí bylo postupně uzavřeno hrázemi po celém obvodu. Celková maximální výška hrázového systému odkaliště K1 je 54 m a má plochu 64 ha. Hrázový systém K1 je budován z haldoviny jako propustný a je těsněn naplaveným rmutem. Naplavování rmutu bylo prováděno z obvodových hrází. Pomocí obvodového patního drénu jsou průsakové vody přečerpávány zpět do sedimentačního prostoru. Od roku 1992 proběhla změna koncepce naplavování rmutu. Na plázcích jsou realizovány mezihrázky po celém obvodu odkaliště a byl vyplněn prostor mezi obvodovou hrází a mezihrázkami. Do laguny odkaliště přes mezihrázky docházelo k odvodňování rmutu. Tento systém se uplatňuje dosud a umožňuje vytvořit dostatečný akumulací prostor pro volné vody v odkališti. Odkaliště jsou vybavena čerpacími stanicemi, které drenážní vody přečerpávají zpět do laguny odkaliště. Odtud jsou odkalištní vody čerpány plovoucí čerpací stanicí do chemické úpravy, technologie úpravy uranových rud nebo do technologie čištění volných vod. Technologie uzavírání odkališť K1, K2 je stejná. Musí dojít k přetvarování a vyplnění tělesa odkaliště do projektovaného tvaru (K1 – střeovitý tvar, K2 – úžlabí). Na tělese odkaliště se musí vybudovat krycí, těsnící a biologicky oživitelné vrstvy a zatravnění celé plochy s hnízdovitou výsadbou mělce kořenících dřevin (viz příloha 8.). [10,11,]

### *Odkaliště K2*

Jeho provoz byl zahájen v roce 1980. Nachází se v údolí Zlatkovského potoka, který byl převeden štolou do toku Nedvědičky. Plocha je 27,4 ha. Do roku 1986 se zde ukládal uranový rmut. Po roce 1990 plní odkaliště úlohu pro deponii sanačních materiálů produkovaných detoxikační linkou. Z obou stran údolí uzavírají hráze

s čerpacími stanicemi prosáklých drenážních vod. Při selhání zařízení pro vracení zachycených průsakových vod u obou hrází hrozí vznik rizikového faktoru. Koruny obou hrází sahají do úrovně 516,0 m.n.m. Konečný sanační materiál bude aplikován jako výplňový při sanaci odkaliště K1. Odkaliště K2 bude sloužit jako akumulací prostor pro ukládání drenážních vod odkaliště K1 po jeho uzavření. Pro zlepšení kvality podzemních vod bylo v průběhu provozu realizováno mnoho investičních staveb a nápravných opatření.(viz příloha 9). [11,26]

#### 1.5.1 Sanace a rekultivace odkališť

Pod pojmem sanace a rekultivace odkališť si představíme složitý komplex technických prací. Cílem sanace je zapouzdření odkališť a vytvarování těles odkališť (K 1 a K 2) do projektovaného stavu tak, aby bylo zabráněno přístupu srážkové vody do odkaliště, odstraněna prašnost a snížena radiační a jiná rizika na minimum. Toto lze provést po odstranění volné vody v odkalištích, což je součástí sanačních prací.

U odkaliště K 1 bude konečnou podobou střeovitý tvar. Stávající volný prostor odkaliště bude vyplněn haldovinou z odvalů, stavební sutí a jinými materiály (včetně sanačních materiálů produkovaných vlastní linkou detoxikace) v celkovém množství více než 1 400 tis. m<sup>3</sup>. Na vytvarovaný výplňový materiál bude položen těsnící prvek (např. minerální těsnění ve formě vhodného jílu nebo bentofix) a dále krycí vrstva včetně biologicky oživitelné zeminy. Biologická rekultivace bude travní s výsadbou mělce kořenících křovin a dřevin.

Podstatnou technickou komplikací uzavření odkaliště K 1 je vyplnění tzv. tekutého středu. Tento problém je řešen naplavováním rmutu do středu odkaliště v posledních letech těžby.

Po uzavření odkaliště K 1 bude sloužit jako akumulací (vyrovnávací) prostor odkalištních kontaminovaných vod odkaliště K 2. Protože v průběhu sanace budou i nadále vznikat tzv. produkty hornické činnosti (např. kaly z čištění vod), bude na sanovaném odkališti K 1 vytvořen izolovaný a zabezpečený prostor pro jejich ukládání.

K uzavírání odkaliště K 2 dojde až po zlikvidování volné vody. Konečným tvarem v tomto případě bude úžlabí, bez výrazné potřeby výplňového materiálu, s nutností pouze terénního vyrovnání, položení izolačního a krycího prvku. Vzhledem k tomu, že v drenážním systému odkaliště budou i nadále kontaminované vody, bude pro vyrovnání sezónních vlivů vytvořen (opět na sanovaném odkališti K 1) izolovaný akumulací prostor.

Zatímco výplňový materiál, tj. materiál pod izolačním prvem, bude převážně vlastní, izolační a pokryvná vrstva bude z cizího (externího) materiálu. V jednotlivých variantách se jedná o potřebu 725 – 1 200 tis. m<sup>3</sup> cizích materiálů.

Vlastní technické řešení způsobu sanace a rekultivace obou odkališť je z úvodní projektové dokumentace Interprojekt – odpady – Ing. J. Novotný (1998) v současné době jasné a v prováděcích projektech se může lišit již jen v detailech. Rychlost snižování množství volných vod rozhoduje zároveň o rychlosti sanace odkališť, která je důležitá jak z hlediska ekologického, tak i ekonomického.

V dokumentaci E.I.A. bylo uvažováno několik variant nakládání s odkalištními vodami. Základní variantou je snižování množství volných vod vybudováním nových čistících kapacit. Varianta začerpání volných vod odkaliště K 1 do dolu byla zpracována na základě požadavku MPO ČR – podmínka č. 4 schvalovacího protokolu č. 43/1997/42/4220 – TPL Technického projektu likvidace těžby a úpravy uranu v ložiskové oblasti Rožná. Dokumentace E.I.A. rozpracovala a navrhla variantu postupného začerpání odkalištních vod do hlubokých horizontů ložiska Rožná. V rozporu s dokumentací E.I.A., odborným posudkem i průběhem veřejného projednání nebyla varianta začerpání odkalištních vod do dolu stanoviskem MŽP doporučena. Aktualizace TPL (1999) s touto variantou nepočítá, proto byly v posledních 5 letech na chemické úpravě zbudovány nové technologie pro čištění odkalištních vod a zvýšena celková čistící kapacita na 500 tis. m<sup>3</sup> vod/rok.

Plochy pod odvaly, jejichž materiál bude použit při sanaci odkaliště K 1, budou rekultivovány na les ochranného charakteru. Rovněž plochy po těžebních areálech budou rekultivovány na les.

Významnou stavbou, která má přímý vztah k sanaci a rekultivaci odkališť, je realizace odvodňovací štolý k odvádění důlních vod ze zatopeného dolu. Tato stavba je projektována v severním předpolí odkaliště K 1 a může snížit přítoky čistých vod do drenážního systému odkaliště K 1.

Realizací technických prací (+20 let) nekončí péče o tyto objekty. I nadále bude nutno čistit důlní vody, vody z drenážních systémů, udržovat v chodu čerpací stanice vod, potrubní mosty, udržovat obvodové příkopy, pečovat o zeleň atd. I po provedené rekultivaci zůstanou odkaliště dle horního zákona ložiskem a stejně jako ústí důlních děl na povrch budou věčným břemenem krajiny.

Rekultivace odkališť, odvalů a areálů o. z. GEAM Dolní Rožínka je svou podstatou stavbou ekologickou, řešící zahlazování následků hornické uranové činnosti. Je charakteristická značným objemem zemních prací a převozem velkého množství materiálu. Pro sanaci odkaliště K 1 bude použito cca 1 600 tisíc m<sup>3</sup> vlastního materiálu a cca 520 tisíc m<sup>3</sup> cizího materiálu, případně ještě 390 tisíc m<sup>3</sup> minerálního těsnění. To vyvolává značné nároky na dopravu a následně přináší emise hluku, plyných škodlivin a emisí tuhých znečišťujících látek. Podle provedených rozptylových studií jsou příspěvky hluku i základních škodlivin během sanace na přijatelné úrovni.

Minimalizace uvolňování radionuklidů do životního prostředí je řešena jak vlastní sanací odkališť, tak sanací a rekultivací odvalů a areálů o. z. GEAM v ložiskové oblasti Rožná. V současnosti, ani v průběhu sanace nebude překročen základní obecný limit pro obyvatelstvo 1 mSv/rok. [11,26]

Způsoby rekultivace – (viz příloha 10) první typ se používá pro rekultivaci odvalů hlušiny, které nejsou pro životní prostředí velkým rizikem. V případě aktivnějšího materiálu na povrchu odvalu, se tento odveze do odkaliště nebo se překryje mocnější vrstvou zeminy pro odstínění gama záření (typ 2). Typ tři se používá pro odkaliště, která jsou pro okolí největším rizikem, je nutné je odstínit a zamezit průsaku srážek skrz těleso odkaliště.



### 1.5.2 Technologie uzavírání odkališť

Podle technického projektu likvidace byly navrhovány jako izolační prvek folie HDPE o síle 1,5 mm. Životnost této folie není vyšší než 30 let, proto je tento prvek nahrazen minerálním těsněním (jíl nebo bentofix). Minerální těsnění je přirozenější, plastické a má stabilní funkci.

#### Vrstvy krycí a izolační konstrukce odkaliště:

- biologicky oživitelná vrstva - 0,2 m (rybniční bahno),
- krycí vrstva - 0,6 m vrstva zeminy,
- drenážní vrstva - plošný drenážní prvek o tloušťce 18 mm (geodrén, secudrain),  
- drenážní prvek na svazích vytvořený z tříděného kameniva  
32 mm o celkové mocnosti 0,15 m,
- geotextilie,
- minerální těsnění – jíl 2 - 3 x 0,2 m, nebo bentofix 1 x 0,07 m,
- upravená plocha odkaliště včetně svahů.

#### Uzavření a překrytí odkališť má za cíl následující:

- odstranit prašnost,
- odstínit gama záření,
- snížit výdajnost radonu,
- výrazně snížit infiltraci srážkových vod do tělesa odkaliště,
- začlenit odkaliště do okolní krajiny.

Pro izolaci odkališť je navrženo použití minerálního těsnění v podobě bentonitových rohoží (bentofix). Pokládání těsnícího prvku bude předcházet úprava tvaru těles odkališť a úprava základové spáry pod těsnícím prvkem. Bude respektován stávající tvar vzdušných líců obvodových hrází, což zamezí možnosti případného poškození stávajících etážových drenážních systémů. Pro vyrovnání

základové spáry pod těsnícím prvkem bude sloužit vlastní jemnozrný materiál (kontaminované podloží pod odvaly, materiál prosívek, rmut apod.) Krycí a těsnící vrstva je popsána dle postupu výstavby od spodu nahoru:

*Těsnící prvek* ve formě bentonitových matrací o šířkách 4,5 m bude pokládán s přesahy 0,25 m na upravené podloží. Propustnost těchto matrací je garantována v řádu nižším než  $10^{-9}$  m/s.

*Drenážní prvek* je tvořen oboustrannou geotextilií o tloušťce 1,8 cm , pouze pro plochu nad těsnícím prvkem. Vzhledem k horizontální pružnosti tohoto prvku není vhodný pro poměrně strmé svahy obvodových hrází, proto je na svazích navržen drenážní prvek z drceného kameniva 16 – 63 mm o tloušťce 0,2 m.

*Separáční geotextilie* (300 g/m<sup>2</sup>) bude položena jen na povrchu drenážního prvku z drceného kameniva, který chrání proti znehodnocení prosypáním zeminou krycí vrstvy.

*Krycí vrstva* inertní zeminy o tloušťce 0,6 m chrání spolu s výše položenou biologicky oživitelnou vrstvou těsnící prvek proti promrznání a spolupodílí se na stínícím efektu gama záření a výdajnosti radonu. Je podkladní vrstvou biologické rekultivace.

*Biologicky oživitelná vrstva* o tloušťce 0,2 m tvoří povrch krycího prvku a je podkladem biologické rekultivace. Na svazích je prováděna ve směsi 3 objemové díly zeminy a 1 díl inertního kameniva.

*Biologická rekultivace* povrchu odkališť se navrhuje zatravněním v celé ploše s následnou hnízdovitou výsadbou (15 % plochy) mělce kořenících keřovitých dřevin. [11,26]

## **1.6 Ekologické aspekty těžby a zpracování uranových rud**

Těžba a zpracování rudy přináší vedle spousty pozitiv, také negativní dopady na blízké okolí provozů. Vytěžená hornina obsahuje značné množství balastní hlušiny, která se musí oddělit od vlastní rudy. Proto jsou typické pro provozování těžby a zpracování uranu velké haldy hlušiny a kalů po chemickém zpracování, ve kterých se nacházejí radioaktivní doprovodné prvky uranu a nevyložené zbytky uranu. Odvaly

se skládají z horniny, která jako krycí vrstva nebo mezivrstva obsahuje příliš málo uranu. Tato hornina může přispívat k ohrožení životního prostředí svým obsahem, množstvím uranu a jeho radioaktivních produktů rozpadu. Úpravy uranové rudy produkují chemickou sloučeninu obsahující uran - diuranát amonný. Proces zpracování rudy produkuje odpady. Těžební materiál se nachází převážně v pevných odpadech. Odpad se ukládá na haldy nebo do kalojemů - obsahuje radioaktivní látky a těžké kovy. Kromě pevných odpadů je i velké množství odpadních vod. Odpadní vody jsou charakteristické vysokou solností a obsahem radioaktivních prvků. Rozpuštěné radioaktivní látky se mohou z haldy či kalojemu uvolnit prosakující srážkovou vodou, mohou se dostat do životního prostředí odvátným prachem, přes výrony radonu a jako rozpuštěné látky. Během provozu dolu se odčerpává velké množství vody do řek, potoků nebo jezer. Odčerpávání má za úkol snižování hladiny spodní vody. Při těžbě uranové rudy dochází k záboru půdy negativně poznamenávajícímu ráz krajiny. Dochází k narušování lesních porostů se všemi důsledky na ekosystém. Z uranového dolu se dostává přes ventilaci velké množství vzduchu zatíženého radonem a prachem. Zatížení horníků se udržuje v povolených mezích. Zatížení obyvatel v okolí přetrvává i po zastavení těžby uranu, dokud se štol v rámci útlumových prací provětrávají. V uranových dolech bylo a je zaměstnáno desítky tisíc lidí, horníků, kterým hrozí trvalé poškození zdraví. Patří sem rakovina plic či rakovina kůže.

Negativní dopady při získávání uranu lze rozdělit do několika oblastí, které vycházejí přímo z účinků radioaktivity - trvalé ohrožení zaměstnanců, obyvatelstva, následky nehod, účinky na krajinu a ekologické poměry v těžebních oblastech. [20]

### 1.6.1 Vlivy při těžbě rudy

#### *Vlivy vytěžené hlušiny*

Při odstraňování nadloží v povrchové těžbě a při ražbě štol nezrudněnými zónami v hlubinné těžbě vzniká hlušina. V oblasti Dolní Rožínky je prováděna těžba

klasickým způsobem, jejímž následkem vzniká vydobyvý podzemní prostor, odvaly hlušiny na povrchu, místní poklesy spojené s praskáním budov, vozovek či jiných staveb a povrchové objekty dolů. Haldy hlušiny obsahují chudé rudy s nízkým obsahem uranu pro zpracování a radioaktivní složky o vysoké koncentraci oproti nezatížené hornině. V době zakládání a likvidace odvalů vzniká velký problém prašnosti. Z měření u pat hald vyplývá, že dávkový ekvivalent ionizujícího záření je zde několikanásobně vyšší oproti přírodnímu pozadí.

I po ukončení hornické činnosti budou všechny tyto haldy ohrožovat životní prostředí a obyvatele několik let z důvodů uvolňování radonu a průsaků radioaktivních a toxických složek do spodních vod. Existuje i riziko poškození obyvatel v širším okolí, protože se radon šíří velmi rychle větrem. Průsakové vody, které mizí ve spodních vodách jsou dalším problémem hald. V rámci zahlazování následků těžby jsou prováděny demolice nevyužívaných objektů, opravy popraskaných budov, jsou rekultivovány odvaly a provádí se čerpání a čištění důlních vod. Hlušina byla dříve zpracovávána na štěrk nebo cement a používala se při výstavbě silnic nebo železnic. Tímto se radioaktivní látky rozšířily do velké oblasti. Do roku 1991 byl obsah uranu v těžném materiálu až 200 g/t a obsah radia až 2,22 Bq/g. Tím se rozšířily radioaktivní látky ve velké oblasti. [20]

Další nebezpečí při těžbě uranu představuje voda, prosakující uloženou hlušinou, protože hrozí kontaminace podzemních i povrchových vod. Voda se z podzemí musí neustále odčerpávat, aby se udržela hladina podzemních vod dostatečně nízko. Technologická voda odčerpávaná z blízkosti uranových ložisek obsahuje radioaktivní látky a tímto dochází k následné kontaminaci vodních toků.

#### *Rizika pro zaměstnance v důlním provozu*

Zaměstnanci v důlním provozu musí dodržovat preventivní opatření z důvodu účinků radioaktivního záření. Osobní dozimetry, které jsou povinnou výbavou každého horníka se pravidelně vyhodnocují, zda nedošlo k překročení hodnoty dávky stanovené zákonem. V případě příjmu větší dávky, než je vnitřním předpisem stanoveno pro

sledované období (měsíc), je takový pracovník přeřazen na pracoviště s nižší radiací, či dokonce na povrch. Expoziční doba pracovníka v podzemí uranových dolů je stanovena ve výši 2100 směn. Důležitá je dodávka čerstvého vzduchu do podzemí, odvod opotřebovaných větrů spolu se škodlivými důlními plyny na povrch a dobré mikroklimatické podmínky na pracovištích. K hlavním plynným škodlivinám v uranovém dole patří radon, který je členem uran – radiové rozpadové řady, oxidy dusíku vznikající při trhacích pracích a zplodiny z motorů důlních lokomotiv. V dole je použit podtlakový větrný systém, umístěný na povrchu větrací jámy R6. Čerstvý vzduch proudí do podzemí několika jamami v celkovém objemu 220 m<sup>3</sup> za sekundu. Větrání pracovišť je zajišťováno, jak je obvyklé, lutnovými tahy se samostatnými ventilátory. Lutny jsou zavedeny až na čelby dobývek. Opotřebované větry z pracovišť odcházejí přes vydobyté prostory a určenými důlními díly na výdušné překopy a dále do výdušné jámy R6. Jelikož ústí jámy R6 se nachází v údolí, během inverze dochází ke zvýšeným koncentracím radonu na povrchu. Proto je kompletní systém větrání řízen počítačem a aktuálně regulován.

Důlní vody, které obsahují rozpuštěný uran, radon a další toxické látky se mohou vypouštět do veřejných toků až po dokonalém vyčištění v tzv. dekontaminačních stanicích.[4,7]

### 1.6.2 Vlivy při úpravě rudy

#### *Vliv odkališť z úpravy uranových rud*

Do odkalovacích nádrží se ukládají zbytky z procesu úpravy rudy ve formě kalu. Usazovací nádrže neboli kalojemy se zakládají buď ve stávajících sníženinách, nebo se zřizují přehradní hráze, či hráze, uzavírající obvod zamýšleného prostoru. Kal kromě uranu obsahuje všechny součásti rudy - 85 % *původní radioaktivity rudy*, protože není možné odstranit produkty jako thorium 230 a radium 226 a 5 až 10 % *původně v rudě*

*obsaženého uranu.* Množství kalu a vytěžené rudy je stejně velké, protože při obsahu uranu např. 0,1 % zůstane 99,9 % odpadní rudy.

Radium 226 obsažené v kalu se průběžně rozpadá na radioaktivní plyn radon 222. Radon 222 má krátký poločas rozpadu - 3,8 dne. Při rozpadu radia 226 vzniká další radon, který uniká z vnitřku deponie kalů a znečišťuje atmosféru. Unikající radon z důvodu dlouhého poločasu rozpadu radia 226 (1620 let) představuje dlouhodobé nebezpečí. V kalcích ovšem není pouze radium 226, ale i jeho předchůdce v rozpadové řadě, Thorium 230. Teprve po zhruba 1 miliónu let odezní radioaktivita kalů, a tím i radonové emise. Kal obsahuje také škodliviny ze zpracované uranové rudy - arzén, různé těžké kovy a chemikálie, které se použily při procesu úpravy rudy. Škodliviny obsahující soli se v suchých oblastech mohou pohybovat k povrchu, kde jsou vystaveny erozi a mohou se také uvolnit do životního prostředí. Radionuklidy, obsažené v deponii kalů vysílají gama záření, které na povrchu dosahuje dvaceti - až stonásobku přirozeného pozadíového záření. Záření gama ubývá se vzdáleností od deponie, proto je zde velké riziko pouze pro obyvatele v bezprostředním okolí. Z dlouhodobého monitoringu povrchových vod vyplývá, že provoz a existence odkališť nemá vliv na kvalitu povrchových vod. Vliv na podzemní vody je jen lokální v úzce vymezených oblastech. Prašný spad v okolí odkališť je během ročního sledování srovnatelný s průměrem pozadí. Změny na reliéfu jsou nejzřetelnější. Hlavními prvky, které vznikají při činnosti člověka po těžbě uranové rudy jsou odvaly hlušiny a odkaliště. Na porušení zemského povrchu mají vliv i hornické práce. Velké nebezpečí představuje radioaktivita v okolí hald, úpraven uranové rudy a odkališť. Hlušinové haldy zaujímají v krajině několik desítek hektarů. Chybějící vegetační kryt způsobuje rychlé ohřátí povrchu haldy vlivem sluneční radiace a to způsobuje vznik stoupavých vzdušných proudů, které mají vliv na klimatické podmínky. [20]

### 1.6.3 Vlivy na ekosystémy a jejich složky

Vlivy na ekosystémy je důležité sledovat v určité posloupnosti od jednotlivých neživých složek prostředí až ke složce živé. Zákon č. 244/1992 Sb., zahrnuje postup při posuzování vlivů na životní prostředí.

Při posuzování vlivů sanací na životní prostředí musí být z legislativního hlediska brán zřetel zejména na:

- horní zákon (44/88 Sb.),
- vodní zákon (138/73 Sb.),
- atomový zákon (18/97 Sb.) a prováděcí vyhlášky, zvláště 184/97 Sb. [27]

#### **Vlivy na reliéf a podloží**

Studie přímých antropogenních vlivů na reliéf je založena na tvrzení, že vznik umělého tvaru reliéfu v krajině není škodlivý a nevede ke zhoršení kvality životního prostředí. Naopak jiné to je v případě nepřímých antropogenních transformací, které vznikají působením vnějších činitelů. Přímé formy působení mohou být rozrušovány a vznikají tzv. odvozené formy – nepřímé, které představují narušení vazeb ekosystému. Na vzniku nepřímých – sekundárních forem se mohou podílet jak vodní a větrná eroze tak gravitační jevy. Mezi gravitační jevy patří sesuvy půdy a bahnotoky, plíživé pohyby a napětí v důsledku nerovnoměrného sedání kalů. Jedná-li se o zakonzervovaná odkaliště a haldy hlušiny, je zde riziko, že obsahují látky, které mohou ohrozit životní prostředí svým proniknutím do povrchových a podzemních vod, do ovzduší a potravinových řetězců. Z těchto tvrzení vyplývá, že vzniku nepřímých vlivů se dá zabránit soustavným monitoringem, souborem technických opatření a podrobnými informacemi o přírodních procesech, které působí v krajině.

V hodnocení procesu sanace tvarů antropogenní transformace je důležité rozlišit krátkodobé vlivy, způsobené při likvidační fázi (ty mohou trvat 10. let) od dlouhodobých vlivů konečné podoby transformace. Jsou to vlivy, které zůstanou

v krajině (haldy hlušiny, nádrže, sanovaná odkaliště) po dobu stovek až tisíc let. V koncepci technické likvidace jsou obsaženy návrhy na likvidaci podzemních a povrchových dolů a provozy chemické úpravy s odkalištěm na ložisku Rožná.

Haldy hlušiny – obě haldy R1 a R2 + R3 jsou svojí frontální částí situovány do údolí, kde dochází k častému řícení a sesuvům. Ostatní svahy jsou postiženy erozními rýhami. Tyto haldy budou sloužit jako výplňový materiál při sanaci odkaliště K1.

Odkaliště – zde byly vybudovány obvodové zachycovací příkopy, které mají zabránit styku s povrchovými vodami a odvádět vodu do vodotečí. Na východní straně představuje riziko malý potok, který přitéká od Zlatkova. Tato strana odkaliště je zemědělsky využívána, v jistém ročním období bez ochranné vegetace a členitější reliéf představuje náchylnost k erozi. Eroze z vnějších svahů odkališť může představovat závažný problém. S růstem sklonu a délky intenzita eroze narůstá. Správným použitím ochranného vlivu vegetace se sníží riziko svahových pohybů. Dalším řešením protierozní ochrany je použití hrubších kamenů, balvanů a vnějšího násypu. Vysoké i příliš nízké hodnoty pH usazovaných kalů při alkalickém procesu úpravy rudy, urychlují zvětrávání. Odkaliště K1 a K2 se vyznačují vysokou akumulací radioaktivních sloučenin a látek s vysokým obsahem  $Ra^{226}$ , U,  $Ru^{222}$  a další radionuklidy. Tyto látky působí biochemicky a vyznačují se vyzařováním IZ (gama). Účinky IZ závisí na druhu, síle a době, po kterou je organismus záření vystaven. Odkaliště kromě radioaktivních látek obsahují různé galvanické, čistírenské kaly, saponáty, organické a ropné látky a různé chemické sloučeniny (síran, sloučeniny železa, mědi, vápna). Tyto látky mohou reagovat s vodou, jsou ve vodě rozpustné a vytvářet více toxické sloučeniny. [15]

### **Vliv na ovzduší a klima**

V areálu závodu Chemické úpravy se nacházejí dva velké zdroje znečišťování ovzduší. Je to středotlaká plynová kotelna, mlýnice a dva střední zdroje - výduchy hlavní výroby a sušárna uranového koncentráту. Ve vystupujících odpadních plynech se vyskytují znečišťující látky, především amoniak, TZL a také emitované látky ve



spalinách zemního plynu. Zdroje znečišťování jsou pravidelně prověřovány měřením emisí autorizovanými laboratořemi.

Cílem ošetření emisních výstupů z procesu mletí je především odloučení TZL, rozhodující aparaturní celky jsou vybaveny mokkými odlučovači. V průběhu výroby je nutné odloučit z odplynů amoniak, který je jednou ze vstupujících surovin a je v odplynech z aparátů několika technologických uzlů obsažen. Odtahované spaliny ze sušárny produktu procházejí systémem cyklónů, pěnové pračky a odlučovače kapek. Na odtazích spalin z jednotlivých kotlů středotlaké kotelny, které jsou zaústěny do společného komínu, nejsou odlučovače instalovány.

Pro zjištění kvality ovzduší se provádí pravidelný imisní monitoring (prašný spad), sledování radiační zátěže (ekvivalentní objemová aktivita radonu, objemová aktivita radonu, dávkový příkon záření gama) a měření vystupujících důlních plynů (radon). Naměřené hodnoty prašného spadu a překročení referenčních úrovní radiační zátěže jsou průběžně vyhodnocovány, zjišťovány jejich příčiny a přijímána nápravná opatření. [15]

### **Problematika radonu v ovzduší**

Plynný radon se při přeměně uvolňuje do pórů hornin, kde prostředím difunduje, část se rozpustí ve vodě, část unikne do atmosféry a část zůstane obsažena v pórech. Objemová aktivita radonu v půdním vzduchu závisí na hmotnostní aktivitě rádia v půdě, na propustnosti podloží a na koeficientu emanace, což je podíl objemové aktivity radonu, který se uvolní z pevné fáze do systému pórů. Běžné hodnoty jsou – v hloubce 1m pod povrchem země 1-100 kBq/m<sup>3</sup>.

Množství radonu, které uniká do atmosféry, popisuje rychlost plošné exhalace radonu ze zemského povrchu. Udává se v mBq/m<sup>2</sup>. Veličina je závislá na objemové aktivitě v půdním vzduchu a propustnosti vrchních vrstev půdy. Důležité jsou podmínky na povrchu země. V zimním období je většina transportních cest uzavřena, protože je povrch zmrzlý a je pokryt sněhem. Plynný radon se z povrchu uvolňuje jen málo, a tudíž jsou relativně vyšší hodnoty objemové aktivity radonu v půdním vzduchu

a nižší zimní hodnoty rychlosti plošné exhalace radonu z povrchu. V létě je povrch většinou suchý a rozpukaný a plynný radon se z povrchu půdy uvolňuje snadněji. Proto jsou tedy vyšší letní hodnoty rychlosti plošné exhalace radonu z povrchu.

Ve volném prostředí se radon uvolněný do atmosféry rychle rozptýluje a jeho hodnoty v ovzduší jsou vyjádřeny v Bq/m<sup>3</sup>. V uzavřených prostorech - v budovách se radon může hromadit. Jeho koncentrace je závislá na množství radonu vnikajícího do daného prostoru a na ventilaci. Mezi nejvýznamnější zdroje zvýšených objemových aktivit patří kontaminovaný vzduch, který proniká do objektů z podloží. [17]

### **Vliv na vodu**

Těžbou je ovlivňována podzemní i povrchová voda. Území je nadměrně vysušováno, nebo zamokřováno.

Během řízeného zaplavování a zvyšování hladiny v dolech bude část důlních vod čerpána a odváděna štolou do čistírny důlních vod v areálu Chemické úpravny a vypouštěna do Nedvědičky. Do čistírny budou čerpány důlní vody a průsakové kontaminované vody. Po určitém čase, kdy poklesnou koncentrace kontaminantů pod přípustné hodnoty, důlní vody nebudou čerpány a nově vyražená štola umožní jejich samovolný výtok do vodoteče. Nízké průtoky v toku Nedvědičky se vyskytují nejvíce v měsících srpnu, září a říjnu. Tato období nízkých vodností představují velké riziko při vypouštění vod z důlní a upravárenské činnosti, protože koncentrace znečišťujících látek je v tomto období největší. Je proto důležitý pravidelný monitoring jakosti podzemních vod Nedvědičky, jakosti vody v Nedvědičce pod areálem odkališť a nové čistírny důlních vod. Monitoring bude nutné provádět i po skončení technických likvidačních prací. Po sanaci a zapouzdrění odkališť bude důležité uchovat stávající systém záchytu drenážních vod, odvod těchto vod k dekontaminaci a jejich vypouštění do Nedvědičky. Při postupném zaplavování dolů a zvyšování hladiny vody v dolech je riziko prostupu důlní vody přes praskliny a pukliny na povrch. Oblast soutoku Nedvědičky a Rožíneckého potoka, kde je vrt č. 84 a oblast šurfu č. 48 Habří, patří mezi kritické oblasti, kde by mohlo dojít k vývěrům. Při vypouštění odkališťích vod do dolů

je riziko úniku a nekontrolovatelné šíření odkalištích vod v podzemí. Nemůže zde být tedy jistota, že důlní prostory mají v podzemí hermeticky těsnou, uzavřenou a dokonale izolovanou jámu, ze které odkalištní voda neunikne a nebude kontaminovat podzemní vody, proto se nezačerpání odkalištní vody do podzemí dolu na ložisku Rožná jeví jako opodstatněné a správné. [15]

### **Čištění důlních vod**

Čištění důlních vod čerpaných ze zatopeného dolu je dlouhodobý a tedy i nákladný proces. V průběhu exploatace ložiska dochází k oxidaci minerálů vzdušným kyslíkem a tedy převedení potenciálních kontaminantů do formy ve vodě rozpustné. Po uzavření a přirozeném zatopení dolu jsou tedy tyto zoxidované minerály louženy a koncentrace kontaminantů v důlní vodě řádově vzroste v porovnání se stavem v době exploatace. Koncentrace kontaminantů v zatopeném dole se s místem mění, dochází k tzv. zonální stratifikaci. Tuto skutečnost je nutné zohlednit při návrhu čerpacího místa a konečného řešení odvodnění dolu, aby nedocházelo k nekontrolovaným výronům kontaminované důlní vody a doba, po kterou je nutné důlní vodu čistit, byla co nejkratší. Výše uvedené poznatky získané monitoringem již zatopených dolů jsou podkladem pro návrh odvodnění dolu Rožná. Návrh předpokládá vyražení odvodňovací štoly ve dvou časově oddělených etapách (viz příloha 11.). V první etapě, pro kterou je nutné zajistit provoz jámy R3, bude vyražen z jámy R3 překop v celkové délce 980 m (na kótě cca 111 m od ohlubeně jámy R3) do místa napojení na čerpací vrty u závodu Chemické úpravny (ZCHÚ). Pro gravitační odvod vod, které v současné době dotují odkaliště K 1 z oblasti dolu Jasan budou realizovány do překopu drenážní (perforované) vrty. V prostoru před ZCHÚ budou provedeny do překopu dva zapažené vrty, kterými budou důlní vody čerpány k čištění na ZCHÚ. V době, kdy bude možno vypouštět důlní vody z ložiska bez čištění, bude vyražena 2. etapa odvodňovací štoly – v původně navržené trase, ve zbývajícím délce 580 m pro gravitační odvod, v té době již nekontaminovaných důlních vod, do toku Nedvědičky. [7]

Až po odstranění všech volných vod ze sedimentačního prostoru odkaliště lze dokončit uzavírání odkališť. Existují tři technologie k likvidaci volných vod z odkališť:

- Odpařování vod v odpařovací stanici s následnou krystalizací síranu sodného ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). Výsledným produktem je čistá voda, která je vypouštěna do vodoteče a krystalický síran sodný v objemu cca 8000 t za rok, který je prodáván jako surovina pro výrobu pracích prášků.
- Membránové procesy (elektrodialýza a reverzní osmóza) - působením stejnosměrného elektrického pole (elektrodialýza – ED) nebo tlaku (reverzní osmóza – RO) dochází k separaci nabitých částic solí přes iontově selektivní membrány. Výsledkem membránových procesů je *voda s minimální koncentrací solí*, která je vypouštěna spolu s vodou z odpařovací stanice do vodoteče a *silně koncentrovaný roztok*, který je zpracováván odpařovací stanici.
- Iontovou výměnou jsou čištěny srážkové vody z areálu chemické úpravny slabě kontaminované radionuklidy. [8,11]

### **Vliv na půdu**

Původní půdní kryt byl na mnoha místech těžební a úpravárenskou činností značně převrstven cizorodým, často toxickým a radioaktivním materiálem. Tímto se zcela změnil edatop biocenóz, obzvláště výrazně v tělesech odkališť. Změnil se soubor podmínek půdního prostředí. Není možné, aby při rekultivaci byl původní půdní stav obnoven, je ale nutné, aby toxické a radioaktivní sedimenty byly správně a bezpečně utěsněny a překryty na povrchu dostatečně silnou biologickou aktivní plochou. Aktivní plocha má odpovídat povrchovým horizontům kyselých kambizemí, která umožňuje návrat původních druhů rostlin. I zde je důležitý pravidelný monitoring – sledování a vyhodnocování kontaminace půd. [15]

## Vliv na biotu

Nejvýraznější změnu v biotě podmínila výstavba odkališť. Zanikla pod nimi dřívější pestrá mozaika biotopů (břehových porostů podél přirozených koryt toků, polokulturních luk a maloplošných polí, rybníku, lesů) a vznikly biotopy nové, kulturní krajiny velmi cizí (mohutná tělesa hrázového systému rozlehlé vodní hladiny).

*Flora* – lokality, kde se nachází 5 zvláště chráněných druhů rostlin jsou v dostatečné vzdálenosti a nejsou ohroženy procesem sanace.

*Fauna* – z 20 zvláště chráněných druhů živočichů jsou ohroženy populace ptáka bramborníčka černohlavého a ještěrky obecné. Oba druhy se vyskytují v travinnobylinných ladech slunných svahů hrázového systému odkaliště K1. Při biologických rekultivacích je důležité, aby nedošlo k celoplošnému zalesnění a zůstala zde zachovaná travinnobylinná lada s keři. Místní populace dalších zvláště chráněných a ohrožených druhů ( hmyzožraví a masožraví ptáci jestřába lesního, čáp černý, ťuhýk obecný, ledňáček říční, skorec vodní), může být dlouhodobě ovlivněna zamořením potravního řetězce toxickými a radioaktivními látkami i negativními změnami ( toxické a radioaktivní látky) v Nedvědičce. Při vypouštění dekontaminovaných vod je důležité, aby byly ředěny dostatečnými průtoky z Nedvědičky a nedošlo k ohrožení raka říčního.

Pozornost by se měla také věnovat běžné zvěři, např. zvěř srnčí, která také přichází do styku s volnou hladinou toxických a radioaktivních vod na odkališti K2. Jejich přístupu k odkališti je možné zabránit oplocením.

*Terestrické ekosystémy (geobiocenózy)* - těžební a úpravárenská činnost uranových rud způsobila další fragmentaci, zmenšování a místy i přímou likvidaci přírodě blízkých společenstev. Zcela viditelné změny jsou způsobené výstavbou rozlehlých odkališť, zanikla přírodě blízká mozaika terestrických ekosystémů. Změna reliéfu i půd znamená u odkaliště K 1 i K 2 zánik segmentů jasanových olšin, v případě K 2 zřejmě definitivní přerušení jejich plynulosti v důsledku převedení spodního toku Zlatkovského potoka štolou.

*Vodní ekosystémy (hydrobiocenózy)* - Podstatnější vlivy lze předpokládat na hydrobiocenózy, zejména vodního toku Nedvědičky, kde se nachází odtok čištěných (dekontaminovaných) odkalištních a důlních vod. V případě nedostačující dekontaminace a nedostatečného ředění může dojít k zamoření potravního řetězce vodní bioty. Inhibiční vliv radionuklidů pozorujeme v buněčném dělení, ve snižování produkce vajíček a počtu mláďat, čímž vzrůstá mortalita. Při nízkém zamoření dochází k postupné koncentraci radionuklidů směrem k vyšším článkům potravních řetězců, radionuklidy se kumulují a jejich vliv pozorujeme i v následných generacích.

Závažné je i tepelné znečištění vod z Chemické úpravny. Negativní vlivy oteplené vody však zatím nebyly pozorovány, protože dochází k dostačujícímu ředění vodami Nedvědičky. Za vysokou teplotu vody je považována již hodnota 30°C, teplota vody nad 32°C je pak pro většinu organismů tekoucích vod smrtelnou hranicí.

Pro monitoring ovlivněných terestrických a vodních ekosystémů těžebními, úpravárenskými a sanačními aktivitami, vzniklo v zájmovém území 24 testovacích ploch. Jejich rozloha zaujímá celou škálu možných negativních vlivů v různých biotopech a v různé pozici vzhledem ke zdrojům kontaminace a narušení. Nejvíce testovacích ploch je lokalizováno do hrázového systému odkališť. [15]

### **1.7 Radioaktivita**

Radioaktivita je schopnost některých jader vysílat tzv. radioaktivní záření, u kterého ani v nízkých dávkách nemůžeme vyloučit škodlivý vliv na živý organismus. Jádro se může přeměnit v jiné a změní strukturu, izotop jednoho prvku se mění na izotop druhého prvku nebo ztrácí část energie při své přeměně. Radioaktivita může být přirozená, nebo umělá. Existuje několik druhů přirozeného radioaktivního záření. Záření *alfa*, *beta* a *gama* vychází z radioaktivních látek, které se nazývají radioizotopy.

*Záření alfa* – jedná se o velké částice, které odstíní i list papíru a můžeme se před ním snadno chránit. Je nebezpečné při vdechnutí nebo požití. Radioaktivní substance se v těle hromadí a vydávají záření (viz tab. 1).

<b>Plíce</b>	Radon222	alfa
	Uran238	alfa
	Plutonium239	alfa
	Krypton 85	beta + gama
<b>Kosti</b>	Radium 226	alfa

**Tab.1: Záření alfa v těle**

*Záření beta* – proud záporně nabitých elektronů. Rozlišujeme  $\beta^-$  (elektrony) a  $\beta^+$  (kladně nabitě pozitrony).

*Záření gama* – je elektromagnetické záření vysoké frekvence, nemá elektrický náboj a nereaguje na elektrické pole.

**Přírodní záření tvoří** - radon, thorium, kosmické, zemské a vnitřní záření(v těle).

**Složení umělého záření** – lékařství, jaderná energie, jaderné zbraně, ozáření pracujících a různé. [29]

### 1.7.1 Radiační ochrana

#### *Atomový zákon*

Zákon č.18/1997 Sb. je základním legislativním dokumentem, který stanovuje požadavky na mírové využívání jaderné energie při provozu jaderných zařízení a pro výkon dozoru nad jadernou bezpečností jaderných zařízení. Nazývá se Atomový zákon. Tento zákon je doplněn prováděcími předpisy, které stanovují podrobnosti k provádění jednotlivých činností, majících vliv na jadernou bezpečnost nebo s jadernou bezpečností souvisejících. Novelty tohoto zákona vyvolaly i změny prováděcích předpisů. Významně se změnila vyhláška SÚJB o radiační ochraně, která vstoupila v platnost v roce 2002 pod č. 307/2002 Sb. a byla novelizována vyhláškou č. 499/2005 Sb. [1]

Tento zákon upravuje:

- a) způsob využívání jaderné energie a ionizujícího záření a podmínky vykonávání činností souvisejících s využíváním jaderné energie a činností vedoucích k ozáření,
- b) systém ochrany osob a životního prostředí před nežádoucími účinky ionizujícího záření,
- c) povinnosti při přípravě a provádění zásahů vedoucích ke snížení přírodního ozáření a ozáření v důsledku radiačních nehod,
- d) zvláštní požadavky pro zajištění občanskoprávní odpovědnosti za škody v případě jaderných škod,
- e) podmínky zajištění bezpečného nakládání s radioaktivními odpady,
- f) výkon státní správy a dozoru při využívání jaderné energie, při činnostech vedoucích k ozáření a nad jadernými položkami. [1]

### 1.7.2 Radiační jednotky

Přehled radiačních jednotek používaných v radiační ochraně.

- *Efektivní dávkový ekvivalent* nás informuje o míře škodlivosti záření. Měří se v sievertech (Sv).
- *Aktivita* je rychlost radioaktivní přeměny jádra. Vyjadřuje se v becquerelech (Bq). 1 Bq je jeden rozpad za sekundu.
- *Poločas rozpadu* je doba, za kterou aktivita klesne na polovinu. Informuje nás jak aktivita klesá.
- *Absorbovaná dávka* vyjádřena v gray (Gy), rovná se joulu na kilogram J/kg. Energie absorbovaná jedním kilogramem látky.
- *Dávkový ekvivalent* vyjádřen v sievertech (Sv). Sv jsou ekvivalentní J/kg. Různá záření, která vyvolávají stejný fyzikální efekt, nemusí vyvolat stejný biologický efekt. Dávkový ekvivalent se rovná faktor kvality krát absorbovaná dávka.



Poněvadž faktor kvality u X, beta, gama záření se rovná 1, je 1 Gy roven 1 Sv , jinak 100 původních rem. [22]

### 1.7.3 Veličiny radiační ochrany

Veličinami radiační ochrany rozumíme:

- *Ekvivalentní dávka*  $H_T$  – součin radiačního váhového faktoru  $w_R$  a střední absorbované dávky  $D_{TR}$  v orgánu nebo ve tkáni T pro ionizující záření R.
- *Efektivní dávka*  $E$  – součet součinů tkáňových váhových faktorů  $W_T$  a ekvivalentní dávky  $H_T$  v ozářených tkáních nebo orgánech T.
- *Kolektivní efektivní ( ekvivalentní dávka)* - součet efektivních ( ekvivalentních) dávek všech jednotlivců v určité skupině.
- *Úvazek efektivní dávky*  $E(\tau)$ , *ekvivalentní dávky*  $H_{T(\tau)}$  – časový integrál příkonu efektivní dávky, ekvivalentní dávky po dobu  $\tau$  od příjmu radionuklidu.
- *Dávkový ekvivalent*  $H$  – součin absorbované dávky v uvažovaném bodě tkáně a jakostního činitele  $Q$ , který vyjadřuje rozdílnou biologickou účinnost různých druhů záření.
- *Osobní dávkový ekvivalent*  $H_p(d)$  – dávkový ekvivalent v daném bodě pod povrchem těla v hloubce tkáně  $d$ .
- *Ekvivalentní objemová aktivita radonu*  $a_{ekv}$  - součet objemové aktivity  $a_1$  polonia 218 objemové aktivity  $a_2$  olova 214 a objemové aktivity  $a_3$  bismutu 214, který je určen vztahem  $a_{ekv}=0,106.a_1+0,513.a_2+0,381.a_3$
- *Příjem* – aktivita radionuklidu přijatá do lidského organismu z prostředí při vdechnutí nebo požití.
- *Konverzní faktor příjmu* – koeficient udávající efektivní dávku připadající na jednotkový příjem. [22]

#### 1.7.4 Vymezení pojmů

*Limity ozáření* - organizace, které provádějí činnost vedoucí k ozáření jsou povinny omezit ozáření osob tak, aby činnost vedoucí k ozáření nepřesáhla stanovené limity. Pro pracovníky, kteří jsou vystaveni jak zevnímu (gama záření) tak vnitřnímu ozáření (vdechnutí produktů přeměny radonu) jsou stanoveny odvozené limity. Nepřekročení těchto limitů se považuje za splnění požadavků nepřekročení základních limitů. Odvozené limity odpovídají úvazku efektivní dávky 20 mSv. Pomocí veličiny  $E$  – součet efektivní dávky ze zevního ozáření gama ( $E_{ext}$ ) a úvazek efektivních dávek z vnitřního ozáření (to jsou produkty přeměny radonu  $E_{int,Rn}$  z vdechnuté směsi dlouhodobých radionuklidů emitující záření alfa uran radiové řady  $E_{int,dl,alfa}$ ) hodnotíme celkové ozáření pracovníků vyjádřeno v mSv. [22]

*Soustavný dohled* nad radiační ochranou je zajištěn dohlížečskými osobami a dalšími osobami, které jsou stanoveny v programu zabezpečení jakosti. Náplní dohlížečské osoby je sledovat a hodnotit plnění povinností držitele povolení při zajištění všech opatření k bezpečnému nakládání se zdroji IZ, pomáhat vedoucím pracovníkům, upozorňovat je na zjištěné nedostatky a podávat jim návrhy na jejich odstranění při plnění povinností držitele povolení k zajištění radiační ochrany. Dohlížečská osoba informuje pracovníky o práci se zdroji IZ, vzdělávání radiačních pracovníků, bezpečném nakládání se zdroji, zajišťuje přípravu programu monitorování a podílí se na měření a hodnocení podle schváleného programu monitorování. Řádně vede dokumentaci, evidenci o pohybu a stavu zdrojů IZ předepsanou z hlediska radiační ochrany. Zajišťuje přijímací zkoušky, zkoušky dlouhodobé stability a zkoušky zajištění provozní stálosti zdrojů IZ. [22]

#### 1.7.5 Organizační a technické zabezpečení radiační ochrany

*Sledované pásmo* – území, které je stavebně odděleno, kde se předpokládá, že za běžného provozu nebo za předvídatelných odchylek od běžného provozu by ozáření mohlo překročit obecné limity. Na vchodech je sledované pásmo označeno znakem

radiačního nebezpečí a upozorněním „Sledované pásmo se zdroji ionizujícího záření“. Provádí se zde monitorování pracoviště, vymezuje se na odkalištích, v čistírnách důlních vod, v areálech závodů na těžbu a zpracování uranové rudy, na pracovištích, kde se provádí likvidační práce a zpracování kameniva z odvalů po těžbě a úpravě uranové rudy. [22]

*Kontrolované pásmo* – část pracoviště stavebně oddělená, kde se předpokládá, že za běžného provozu nebo za předvídatelných odchylek od běžného provozu by ozáření mohlo překročit tři desetiny limitů pro radiační pracovníky. Platí zákaz vstupu nepovolaných osob. Na vchodech je kontrolované pásmo označeno znakem radiačního nebezpečí a upozorněním „Kontrolované pásmo se zdroji ionizujícího záření“. Kontrolované pásmo se vymezuje – ve skladech uranového koncentrátu, na pracovištích čistících stanic odpadních a důlních vod, kde se provádí srážení uranových solí a jejich shromažďování, na podzemních pracovištích, kde jsou těženy radioaktivní suroviny. Pracoviště pro těžbu a zpracování uranové rudy jsou pracovišti III.kategorie. [22]

#### 1.7.6 Měření, hodnocení a zaznamenání veličin a parametrů v radiační ochraně

##### *Ochrana zdraví horníků před účinky ionizujícího záření*

Pracovníci jsou vystaveni nepříznivým faktorům pracovního prostředí s výraznými dopady na jejich zdravotní stav. Významná skupina pracovníků je na důlních pracovištích vystavena působení fibrogenního prachu. Za fibrogenní se považuje prach, který po vdechnutí (tzv. respirabilní prach) může s ohledem na své vlastnosti (biologická účinnost, složení) vyvolat onemocnění zaprášením plic. Za respirabilní je považován takový prach, který vzhledem ke svým rozměrům (do 5  $\mu\text{m}$ ) se po vdechnutí může dostat až do plic. Biologicky aktivní složka důlního prachu je oxid křemičitý (křemen). Biologický účinek této látky je odpovědný za vznik choroby z povolání - uhlokopské pneumokoniózy. Mezi hornickou veřejností je tato choroba

známá spíše pod názvem silikóza, která zhoršuje funkci plic. Toto poškození je nevratné a s postupem doby se zhoršuje. Jedním ze stěžejních úkolů hygienické služby (vzhledem k účinkům fibrogenního prachu na zdravotní stav člověka), je vytvoření systému kategorizace pracovišť a prací neboli stanovení míry rizika, kterou působí fibrogenní prach vyskytující se v pracovním prostředí důlních pracovišť na zdravotní stav horníků. Míra rizika je vyjádřena naměřenou koncentrací sledované škodliviny a zdravotním stavem důlních pracovníků ovlivňovaných touto škodlivinou. Kategorizace důlních pracovišť je prováděna průběžně v měsíčních intervalech. Zařazení pracovišť do jednotlivých kategorií rizika fibrogenního prachu má bezprostřední dopad na počet % naplnění nejvyšší přípustné expozice (NPE). Prašná expozice je vyhodnocována sledováním počtu směn odpracovaných na důlních pracovištích v příslušné kategorii rizika. Všichni důlní pracovníci musí být před dovršením 100 % NPE odesláni na mimořádnou lékařskou preventivní prohlídku. Je také nutné používání ochranných pomůcek a povinná hygienická očista horníků po vyfárání. [13]

### *Osobní monitorování*

Každá osoba vystavená profesnímu ozáření je radiačním pracovníkem. Pro účely monitorování se radiační pracovníci podle ohrožení zdraví ionizujícím zářením zařazují do kategorie A nebo B na základě očekávaného ozáření za běžného provozu včetně předvídatelných poruch a odchylek od běžného provozu s výjimkou ozáření v důsledku radiační nehody nebo havárie. Do kategorie A jsou zařazeni radiační pracovníci, kteří by mohli podle vyhlášky obdržet efektivní dávku vyšší než 6 mSv ročně nebo ekvivalentní dávku vyšší než tři desetiny limitu ozáření pro oční čočku, kůži a končetiny. Všichni pracovníci kategorie A musí být vybaveni osobními dozimetry. Ostatní radiační pracovníci jsou zařazeni do kategorie B. Pracovníci se zařazují do uvedených kategorií na základě typu prováděných radiačních činností a odhadu možných dávek, které lze při nich obdržet. Pracovníci povrchových pracovišť

a pracovníci v podzemí uranových dolů jsou pracovníky kategorie A a B v souladu s platnou legislativou. Na těchto pracovištích je vymezeno kontrolované pásmo. Osobní monitorování se provádí pomocí osobních dozimetrů. Tyto dozimetry měří a vyhodnocují složky, které se podílí na ozáření pracovníků. Získané veličiny, které jsou důležité z hlediska radiační ochrany jsou vymezené v programu monitorování, který je podmínkou pro povolení radiační činnosti v souladu s platnou legislativou V programu monitorování jsou stanoveny referenční úrovně ( záznamová, vyšetřovací a zásahová). Jsou to hodnoty, které jsou předem stanovené a rozhodují o následných postupech a opatřeních. Program monitorování umožňuje průběžné sledování a hodnocení pracovního prostředí i osobních dávek. Držitel povolení musí zajistit pravidelnou výměnu a vyhodnocení osobních dozimetrů, radiačním pracovníkům musí zajistit přístup k výsledkům osobního monitorování. Výsledky monitorování slouží k ověřování požadavků limitování ozáření. Regulační komise je výkonný orgán, který navrhuje potřebná opatření, aby během roku nedošlo k překročení základních limitů pro pracovníky, pravidelně každý měsíc hodnotí výsledky osobní dozimetrie a monitorování pracovního prostředí. U pracovníků skupiny B - odhady dávek těchto pracovníků provádí úsek dozimetrie SZLAB na základě výsledků monitorování pracovišť a času stráveného pracovníkem na pracovišti. Výsledky (odhady dávek) jsou pravidelně jednou za čtvrtletí předávány odpovědným vedoucím pracovníkům a archivovány na SZLAB.

System osobního monitorování je realizován na o. z. GEAM pomocí osobních dozimetrů Algade, a dále TLD (CSOD Praha). O. z. GEAM v rámci systému státní evidence ozáření pracovníků se zdroji IZ zpracovává a předává osobní data pracovníků, včetně přidělení osobního kódu (pod kterým je každý registrován) do Centrálního registru profesionálních ozáření SÚJB. Skupinu osobních kódů a kód pracoviště pro přidělování pracovníkům o. z. GEAM poskytuje CRPO. Výsledky osobních dávek pracovníků jsou předávány CRPO na základě „Dohody o provádění osobní dozimetrie zaměstnanců o. z. GEAM“ mezi o. z. GEAM Dolní Rožínka a SÚJCHBO, v.v.i. Kamenná, který provádí vyhodnocování osobní dozimetrie.

Princip dozimetru ALGADE – pracovní ovzduší je pomocí vzduchového čerpadla prosáváno přes filtr, který zachytí rozpadové produkty uranu. Produkty ozařují detekční fólii (KODAK LR 115) a leptáním v roztoku louhu se zviditelní vzniklé poruchy struktury. Následuje mikroskopické vyhodnocení vyleptaných stop, z jejichž hustoty se vypočítá příjem latentní energie produktů přeměny radonu. Na základě laboratorního měření aktivity alfa zářičů, zachycených na mikrovláknech filtru se měří objemová aktivita dlouhodobých radionuklidů, záření alfa v polétavém prachu (viz příloha 12).

Termoluminiscenční dozimetry jsou vhodné krystalické látky, v nichž ionizující záření vyvolává excitace a zachycení elektronů v energeticky vyšších stavech. Při zahřátí jsou zachycené elektrony uvolňovány. Látka vyzařuje světlo, jehož celková energie je úměrná energii ionizujícího záření pohlceného v látce. Detekce vyzářené energie je zpravidla prováděna scintilačními detektory. Používají se různé druhy TL materiálů, mezi nejznámější patří různými stopovými prvky dopované LiF, CaF<sub>2</sub>, MgBeO<sub>4</sub>, BeO, apod. Termoluminiscenční dozimetry (LiF), se používají k detekci zevního ozáření. Osobní dozimetr se nosí na levé straně hrudníku, na ochranné přilbě nebo napájecím zdroji svítilny pokud nestanoví program monitorování jinak. Na Rožné se používají dozimetry ALGADE, které se nosí na opasku. [7,23]

### *Monitorování pracovišť*

Monitoring pracovišť je zaveden na všech pracovištích, kde je prováděna radiační činnost, při které se přírodní radionuklidy využívají pro své štěpné a radioaktivní charakteristiky. Je zde vymezeno buď kontrolované nebo sledované pásmo. Povinností organizace je také monitorovat neprovozované odvaly, odkaliště a další pozůstatky po těžbě radioaktivních surovin. Překročení referenčních úrovní stanovených v monitorovacím programu je zapisováno zaměstnanci úseku dozimetrie do „Knih překročených referenčních úrovní. S výsledky jsou seznámeni odpovědní zaměstnanci, kteří jsou povinni zajistit odstranění příčin zvýšených hodnot a do této knihy zapsat způsob odstranění. Rovněž se zde uvádějí výsledky následných kontrolních měření. [7]

## 2 Cíl práce a hypotézy

### 2.1 Cíl práce

Vliv těžby a zpracování uranové rudy na okolí je stále velmi aktuální a diskutované téma, jak mediích, tak i v běžném životě.

Cílem mé práce je vymezení pojmů radioaktivita a radioaktivní prvky ve spojitosti s uranovou těžbou, přiblížení těžby uranové rudy a při ní vznikajících rizik pro zaměstnance a okolí, nastínění problémů souvisejících s rekultivací a sanací území po těžbě uranové rudy, vysvětlení funkcí odkališť a zjištění informovanosti obyvatel žijících v blízkosti uranových dolů.

Prvořadou aktivitou, vedoucí k vytvoření teoretické části bakalářské práce je shromáždění a prostudování odborné literatury, dokumentů a článků v časopisech a dalších zdrojů, zaměřujících se na těžbu a zpracování uranové rudy. V praktické části bych chtěla uvést výsledky měření a vyhodnocování při výpočtu ozáření obyvatelstva - tzv. kritické skupiny obyvatel, v důsledku uvolňování přírodních radionuklidů do životního prostředí. V posledním oddíle bych se chtěla zabývat vyhodnocením dotazníků o informovanost 30 obyvatel, žijících v blízkosti uranových dolů a srovnáním vypočtených dávek pro jednotlivce z kritické skupiny obyvatel.

### 2.2 Hypotézy

Ve své práci jsem si stanovila dvě hypotézy. Zda jsem toto své tvrzení potvrdila popisují v závěru práce.

- 1) Uranový průmysl v Dolní Rožínce má velký vliv na složky životního prostředí, okolní obyvatele i vlastní pracovníky uranových dolů.
- 2) Informovanost místních obyvatel je nedostačující.

### 3 Metodika

Metodika práce spočívala nejdříve ve shromáždění informací z dostupné literatury, internetových zdrojů, článků a dokumentů, které mi byly poskytnuty. Navštívila jsem také odštěpný závod GEAM Dolní Rožínka, kde jsem se účastnila měření a vyhodnocování při výpočtu ozáření obyvatelstva - tzv. kritické skupiny obyvatel, v důsledku uvolňování přírodních radionuklidů do životního prostředí. Probíhalo zde vyhodnocení zdrojového členu, transportu radionuklidů a expozice na základě skutečného měření jednotlivých veličin. Zároveň jsem se snažila zjistit informovanost a zájem lidí o vliv těžby a zpracování uranu na jejich okolí, pomocí dotazníků.

#### 3.1 Postup při hodnocení kritické skupiny obyvatel

Jednou z důležitých věcí pro posouzení vlivu materiálů, látek a předmětů obsahujících radionuklidy na životní prostředí a zdraví obyvatel, je tzv. zhodnocení ozáření kritické skupiny obyvatel uvolněnými radionuklidy. SÚJB v roce 2008 vydal 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*. Vymezení kritické skupiny obyvatelstva je poměrně složitá a pracná úloha. Kritická skupina definovaná Atomovým zákonem je tzv. modelová skupina fyzických osob, která je z daného zdroje a danou cestou ozáření nejvíce ozařována. Při analýze, která skupina obyvatel je kritickou, je třeba vycházet z kvalifikovaného výběru všech takových skupin obyvatelstva, které v důsledku pobytu, pracovní činnosti, cestování, způsobu života, stravovacích zvyků a dalších příčin mohou být významněji exponovány. Pro všechny tyto skupiny je důležité provést analýzu všech významných expozičních cest a výpočet kolektivních a individuálních dávek jako součet efektivních dávek. Do kritické skupiny patří ti, u kterých vychází největší efektivní dávka od všech radionuklidů a všemi cestami. Pokud je příspěvek některého radionuklidu nebo některé cesty dominantní, je možno jej označit jako kritický radionuklid nebo kritickou cestu. [21]



### 3.1.1 Popis metodiky při hodnocení ozáření obyvatel

Metodický postup při hodnocení ozáření obyvatel musí vycházet z těchto podkladů:

- přehledu zdrojů přírodní radioaktivity, možných způsobů jejího uvolňování včetně kvantifikace (analýza zdroje),
- rozboru transportu radioaktivity – zjištění předpokládané cesty šíření radionuklidů, stanovení koncentrace radionuklidů ve složkách životního prostředí včetně potravních řetězců,
- kontroly jednotlivých expozičních cest a vymezení skupiny obyvatelstva, která přichází v úvahu jako „kritická skupina“,
- vymezení kritického radionuklidu a kritické cesty, z výpočtu/odhadu individuálních a kolektivních dávek.

Pravdivé a správně změřené hodnoty mají vždy při hodnocení větší váhu než hodnoty teoreticky odhadnuté. Kontinuální měření je důležitější než náhodné bodové měření, jeho výsledky mají vyšší váhu při jeho hodnocení. Měřidla musí být ověřena podle zákona o metrologii. Citlivost měřících metod je volena tak, aby umožňovala stanovit spolehlivě a s dostatečnou přesností obsah radionuklidů důležitých z hlediska ozáření kritické skupiny. Při posuzování uvolňování přírodní radioaktivity musíme brát v úvahu možné přírodní radionuklidy jako zdroje a jejich způsoby šíření do – ovzduší, povrchových a podzemních vod, uložení pevných nebo kapalných látek v půdě, skládkách a v podzemních prostorech. [21]

*Analýza zdrojů* - stanovení zdrojového členu – (aktivity uvolněné za jednotku času). Zdrojový člen se stanoví přímo při kontrolovaném vypouštění známých objemů a objemových aktivit do vody a vzduchu.

Uvolnění radioaktivity probíhá – do ovzduší, do povrchových a podzemních vod, uložení do pevných nebo kapalných látek půdy a na skládky. Při analýze uvolňování aktivity do ovzduší se jedná o posouzení řízeného a neřízeného uvolnění radionuklidů ve formě plynu (radonu), aerosolů a kontaminovaného prachu do ovzduší, jejich transport, stanovení koncentrace v ovzduší a ve spadu v daném místě. Při analýze uvolňování aktivity do vod jde opět o posouzení řízeného a neřízeného uvolnění radionuklidů do povrchových vod a jejich další transport a stanovení koncentrace v tocích v sedimentech v daném místě. Obsah přírodních radionuklidů v potravních řetězcích je vesměs velmi nízký a jejich měření je zpravidla velmi náročné. Ověřování obsahu v potravních řetězcích měřením je tedy spíše výjimečné, provádí se jen jako upřesnění v případech, kdy by tato expoziční cesta mohla být kritickou.

Individuální a kolektivní dávky se stanoví jakou součet efektivních dávek (úvazků efektivních dávek) přes všechny expoziční cesty, kde je důležité uvážit jak v daném místě počítat s přírodním pozadím. Za hodnoty pozadí se berou konkrétní hodnoty v posuzované lokalitě. Výpočet dávek musí zahrnovat – zevní ozáření, vnitřní ozáření v důsledku inhalace radionuklidů, vnitřní ozáření v důsledku ingesce radionuklidů. [21]

### 3.1.2 Výpočet úvazku efektivní dávky z vnějšího záření gama

K výpočtu úvazku efektivní dávky z vnějšího záření gama použijeme následující vzorec (viz rovnice 1).

$$E_{\text{gama}} = 0,7 \cdot S \cdot (H_x - H_{xp}) \cdot 2000 + 0,7 \cdot S \cdot (H_x - H_{xp}) \cdot 7000 \quad (1)$$

Při tomto výpočtu efektivní dávky ze zevního ozáření se vychází z expozice ve volném terénu a při pobytu v budovách. Expozicí v budovách máme na mysli ozáření z přírodních zdrojů, nacházejících se mimo budovy, kde se počítá se stínící schopností budov, která je vyjádřena stínícím faktorem. [21]

### 3.1.3 Výpočet úvazku efektivní dávky inhalací Rn a produktů jeho přeměny

U výpočtu efektivní dávky od „radonu“ v důsledku inhalace produktů přeměny radonu vycházíme z expozice ve volném prostředí.[21]. Veličiny dosadíme do vzorce (viz rovnice 2).

$$E_{Rn} = k \cdot (a_{EOAR} - a_{EOAR,O}) \cdot 2000 \quad (2)$$

### 3.1.4 Výpočet úvazku efektivní dávky směsi dlouhodobých radionuklidů

Úvazek efektivní dávky inhalací směsi dlouhodobých radionuklidů uran – radiové řady emitujících záření alfa se určí výpočtem (viz rovnice 3).

$$E_{AVAL} = K \cdot h_{inh,R} \cdot (a_{dl,alfa} - a_{dl,alfa,p}) \cdot 2000 \cdot V_{inh} + h_{inh,R} \cdot (a_{dl,alfa} - a_{dl,alfa,p}) \cdot 7000 \cdot K \cdot V_{inh} \quad (3)$$

Opět vycházíme z expozice ve volném terénu a při pobytu v budovách. Pod pojmem expozice v budovách myslíme expozici v důsledku inhalace prachu a aerosolů z venkovního prostředí. Při infiltraci venkovního vzduchu do budov dojde ke snížení koncentrace prachu a aerosolů ve vzduchu, který vstupuje do budovy. Zavádíme tedy bezrozměrný faktor snížení koncentrace prachu při infiltraci.[21]

### 3.1.5 Výpočet úvazku efektivní dávky ingescí vody, potravin a půdy

Úvazek efektivní dávky z ingescce vody a potravin kontaminovaných přírodními radionuklidy určíme ze vztahu (viz rovnice 4).

$$E_{ingesci} = \sum (p \cdot U \cdot \sum (C_r - C_r^p) \cdot h_{ing,r,r}) \quad (4)$$

Při výpočtu úvazku efektivní dávky z ingesce lokálních zdrojů vody a potravin se vychází z „potravinového koše“, tj. skladby potravin posuzované skupiny osob Podíl lokálních zdrojů potravy na spotřebě potravy se zohledňuje bezrozměrným faktorem. V případě malých dětí je třeba v některých případech uvažovat o ingesci půdy. [21]

### 3.1.6 Odběry vzorků

Abychom mohli zhodnotit kritickou skupinu obyvatel musí zaměstnanci střediska zkušebních laboratoří o.z. provádět pravidelný monitoring. Patří sem odběry vzorků, jejich měření a zpracování výsledků analýz, 1x týdně kontroly integrálních dozimetrů ALGADE a 1x měsíčně výměny hlavic v těchto dozimetrech ( hlavice jsou zasílány k vyhodnocení ).

Zaměstnanci střediska zkušebních laboratoří o. z. GEAM předávají výsledky zkoušek na OE v souladu se směnicí SM-GEAM-08-02. Výsledky jsou převedeny specialistou do digitalizované podoby a ukládány na server. Tato uložená data jsou 1x denně zálohována na vnější zálohovací jednotku. Na základě předávacího protokolu jsou data předávána do správního archivu o. z. GEAM podle spisového skartačního řádu o. z. GEAM v digitalizované podobě 1x ročně.

*Odběry vzorků prašného spadu* - dvojice sedimentačních vzorkovnic (kádinka o objemu 2 l, průměr hrdla 133 mm) se umístí do držáku na sloupech na stanovených místech ve sledovaném území tak, aby byl co nejvíce vyloučen vliv větrného stínu nosného sloupu a plní se každá 400 ml destilované vody obsahující přibližně 10 % propanolu nebo izopropanolu.

- v zimním období lze užít roztok v poměru až 1 : 1,
- v letním období a v době velkých veder je nutné dolévat obsah vzorkovnic výše zmíněným roztokem tak, aby fixační roztok nevyschl,
- odkryté nádoby se exponují 1 měsíc,
- při převozu do laboratoře jsou nádoby umístěny svisle ve vhodných přepravech a zabezpečeny tak, aby nemohlo dojít k vylití obsahu,

- ve vzorcích je sledováno váhové množství sedimentu, po vysušení a vyžhání je sediment dále analyzován na obsah U a Ra226 ( viz tab. 2),
- jednotlivé měřicí body jsou umístěny ve směru převládajících větrů od možných zdrojů prašnosti vzhledem k okolním obcím. Body 31, 32, 33 a 34 jsou stacionární monitorovací stanice v okolních obcích.

**Měřicí body:** 36 – Rožná  
 31 – stanice Rodkov  
 32 – stanice Zlatkov  
 33 – stanice Dvořiště  
 34 – stanice Dolní Rožínka

Monitorovaná veličina	Způsob monitorování	Frekvence měření	Záznamová úroveň	Vyšetřovací úroveň
U [mg . m <sup>-2</sup> . 30 d <sup>-1</sup> ]	fixační roztok ve vystavených nádobách	měsíčně	0,2	1,50
Ra <sup>226</sup> [Bq . m <sup>-2</sup> . 30 d <sup>-1</sup> ]		měsíčně	2,0	35

Tab. 2: Způsob monitorování

Přednostně jsou brány výsledky z dozimetrů ALGADE, alternativně je možné provádět hodnocení ozáření i z výsledků měření prašného spadu ( viz příloha 13). My jsme ve svém měření použili výsledky z dozimetrů ALGADE.

*Odběr vzorků vod* - řádně označené vzorky vod (na vzorkovnici je napsáno označení odběrného místa, datum odběru a případně způsob konzervace vzorku) odvázejí příslušní „vzorkaři“ do laboratoře SZLAB. Odběry se provádějí 4x ročně. Do této skupiny jsou zařazeny profily monitorované na tocích Nedvědička a jejich přítoků:

- tok Nedvědička, profil Rožná ( NERO ),
- tok Nedvědička, profil Nedvědice ( NENE ),
- tok Zlatkovský potok, profil ústí do Nedvědičky ( III ) ,
- tok Rožínecký potok, profil ústí do Nedvědičky ( ROPO ),

Odběry vzorků vzduchu v okolí se provádí aerosolovým vzorkovačem ALGADE s průměrnými hodnotami 80l/h, jehož hlavice je osazena stopovým detektorem. Detektory se vyhodnocují každý měsíc v laboratoři SÚJCHBO v Kamenné (viz tab.3, příloha 14.).

<b>Měřící body:</b>	31	Rodkov
	32	Zlatkov
	33	Dvořiště
	34	Dolní Rožínka
	36	p. Nečesánek, Rožná 85
	42	p. Bureš, Rozsochy 106
	43	p. Uher, Rožná 32

Monitorovaná veličina	Způsob monitorování	Frekvence měření	Záznamová úroveň	Vyšetřovací úroveň	Zásahová úroveň
OADZ alfa [Bq . m <sup>-3</sup> ]	ALGADE	Měsíčně	0,0002	0,009	0,05
EOAR [Bq . m <sup>-3</sup> ]	ALGADE	Měsíčně	1	45	63
příkon fot. dáv. ekv. [μSv . h <sup>-1</sup> ]	TLD	4 × ročně	0,05	0,7	1

Tab. 3: Integrované měření

Návrh limitů a referenčních úrovní radionuklidů vychází ze zhodnocení ozáření kritické skupiny obyvatel uvolněnými radionuklidy v blízkém okolí. Referenční úrovně jsou hodnoty pro předem stanovené postupy nebo opatření. Dělíme je na záznamovou úroveň, vyšetřovací úroveň a na zásahovou úroveň. Jestliže dojde k překročení záznamové úrovně je třeba vše zaznamenat. Při překročení vyšetřovací úrovně se zjišťují příčiny a důsledky, které následně vznikly. Při překročení zásahové úrovně jsou zahájena a zavedena opatření.

## 4 Výsledky

### 4.1 Průkaz optimalizace radiační ochrany v okolí pracovišť

Zhodnocení ozáření kritické skupiny obyvatel. Výpočet dávky obsahuje – zevní ozáření, vnitřní ozáření v důsledku ingesce radionuklidů, vnitřní ozáření v důsledku inhalace radionuklidů.[21]

#### 4.1.1 Kritická skupina obyvatel

##### a) úvazek efektivní dávky z vnějšího záření gama

K výpočtu použijeme vztah (1):

$$E_{\text{gama}} = 0,7 \cdot S \cdot (H_X - H_{XP}) \cdot 2000 + 0,7 \cdot S \cdot (H_X - H_{XP}) \cdot 7000 \quad (1)$$

$H_X$  - venkovní příkon fotonového dávkového ekvivalentu ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ) (viz tab. 4) ,

$E_{\text{gama}}$  - efektivní dávka od zevního ozáření (viz tab. 5) jednotka ( $\mu\text{Sv}$ ) ,

$H_{XP}$  - příkon fotonového dávkového ekvivalentu pozadí,

0,7 - konvenční faktor pro přepočtení příkonu fotonového dávkového ekvivalentu na efektivní dávku,

S - bezrozměrný stínící faktor (venku = 1, v budovách = 0,1) doba pobytu na jednotlivých místech:

- ve volné přírodě - venku až 2000 h/rok

- v budovách - 7000 h/rok

Výsledky jsou získány vyhodnocením termoluminiscenčních dozimetrů, exponovaných vždy po dobu 3 měsíců. Čísla bodů v tabulce odpovídají označení monitorovacích míst dle schváleného programu monitorování.

V obci Rožná je integrální měření příkonu fotonového dávkového ekvivalentu prováděno ve dvou monitorovacích bodech, pro výpočet úvazku efektivní dávky byly použity hodnoty z bodu 43 - Uher, které jsou v roce 2009 vyšší než hodnoty v bodě 36 – Nečesánek.

Číslo bodu	Monitorovací bod	$H_x [\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}]$				
		1. čtvrtletí	2. čtvrtletí	3. čtvrtletí	4. čtvrtletí	$\bar{\phantom{x}}$
31	Rodkov	0,148	0,121	0,138	0,142	0,137
32	Zlatkov	0,118	0,103	0,110	0,107	0,110
33	Dvořiště	0,134	0,116	0,127	0,123	0,125
43	Rožná	0,128	0,124	0,143	0,146	0,135
34	Dolní Rožínka	0,131	0,126	0,136	0,132	0,131
42	Poz. - Rozsochy	0,116	0,090	0,110	0,193	0,127

Tab. 4: Příkon fotonového dávkového ekvivalentu v okolních obcích za rok – 2009

V obcích Zlatkov a Dvořiště byla v roce 2009 zjištěna nižší průměrná hodnota příkonu fot. dávkového ekvivalentu než v pozadovém bodě, příspěvek k úvazku celkové efektivní dávky od gama záření se tedy v obcích Zlatkov a Dvořiště neuplatní.

Číslo bodu	Monitorovací bod	$E_{\text{gama}} [\mu\text{Sv}\cdot\text{rok}^{-1}]$
31	Rodkov	18,9
32	Zlatkov	-
33	Dvořiště	-
43	Rožná	15,12
34	Dolní Rožínka	7,56

Tab. 5: Úvazek efektivní dávky z vnějšího záření gama – za rok 2009



## b) úvazek efektivní dávky inhalací Rn a produktů jeho přeměny

K výpočtu efektivní dávky použijeme vztah (2):

$$E_{Rn} = k \cdot (a_{EOAR} - a_{EOAR,O}) \cdot 2000 \quad (2)$$

$E_{Rn}$  - efektivní dávka od radonu a jeho produktů přeměny ( viz tab. 7),

$a_{EOAR}$  - ekvivalentní objemová aktivita radonu [ $Bq \cdot m^{-3}$ ] z měsíčních měření ,

$a_{EOAR,O}$  - hodnota pozadí EOAR v dané lokalitě [ $Bq \cdot m^{-3}$ ] z měsíčních měření

(pro venkovní prostředí je brán monitorovací profil v obci Rozsochy),

K - koeficient přepočtu objemové aktivity radonu na efektivní dávku pro:

obyvatelstvo ( $k = 6 \text{ nSv} \cdot \text{h}^{-1} / \text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ )

- doba pobytu osob v prostředí (2000 h/rok)

### EOAR v okolních obcích za rok 2009

Při posuzování radiační zátěže obyvatelstva se vychází z měřených hodnot ekvivalentní objemové aktivity radonu. Odběry vzorků vzduchu v okolí se provádí aerosolovým vzorkovačem ALGADE s průměrnými hodnotami 80l/h, jehož hlavice je osazena stopovým detektorem. Detektory se vyhodnocují každý měsíc v laboratoři SÚJCHBO v Kamenné. Důsledkem několika významných zdrojů radonu v okolí obce Dvořiště a Rožná jsou hodnoty EOAR velice vysoké. Je to především z důvodu odkaliště, rudného depa na závodě Chemická úpravna, odvalu jámy R1 a větráním podzemí dolu Rožná 1. Významným přirozeným zdrojem radonu je samotný zemský povrch, každá jeho část. Existence těchto zdrojů je navíc umocněna nepříznivou morfologií terénu. Na základě závěrů studie „Odborný posudek – opakované měření okamžitých hodnot objemové aktivity radonu v monitorovací síti v okolí ložiska Rožná,

radon v. o. s., Ing. Martin Neznal, 3. 12. 2008“ je brán jako pozad'ový bod 42-Rozsochy.

Výsledky měření indikují, že u výsledných hodnot OAR ve vzduchu není rozhodující vydatnost jednotlivých zdrojů, ale spíše podmínky uvolňování radonu z jednotlivých zdrojů a zejména rozptylové podmínky. Měsíční průměrné hodnoty ekvivalentní objemové aktivity mají významně vyšší příspěvek ráno – tzv. ranní maximum, kdy se vlivem zhoršených rozptylových podmínek zvyšuje koncentrace radonu v blízkosti zemského povrchu (viz tab. 6).

Číslo bodu	Monitorovací bod	EOAR [Bq.m <sup>-3</sup> ]												
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Ø
31	Rodkov	9	4	5	5	9	7	7	8	8	8	10	7	7
32	Zlatkov	7	5	5	4	6	5	5	6	8	8	8	7	6
33	Dvořiště	55	8	15	26	7	15	18	28	3	17	21	11	19
43	Rožná	23	7	9	16	24	19	26	34	35	12	12	9	19
34	Dolní Rožínka	11	6	5	10	15	10	16	16	21	13	18	13	13
42	Poz.- Rozsochy	12	4	4	7	12	8	10	16	18	13	13	11	11

Tab. 6: EOAR v okolních obcích – rok 2009

Nižší průměrná hodnota ekvivalentní objemové aktivity radonu za rok 2009 byla zjištěna v obcích Rodkov a Zlatkov oproti pozad'ovému bodu. Příspěvek k úvazku celkové efektivní dávky od R<sub>n</sub> se v obcích Rodkov a Zlatkov neuplatní. V obci Rožná je integrální měření ekvivalentní objemové aktivity radonu prováděno ve dvou monitorovacích bodech, pro výpočet úvazku efektivní dávky byly použity hodnoty z bodu 43, které jsou pro rok 2009 vyšší než hodnoty v bodě 36.

Číslo bodu	Monitorovací bod	E <sub>Rn</sub> [μSv.rok <sup>-1</sup> ]
31	Rodkov	-
32	Zlatkov	-
33	Dvořiště	96,00
43	Rožná	96,00
34	Dolní Rožínka	24,00

Tab. 7: Úvazek efektivní dávky inhalací R<sub>n</sub> a produktů jeho přeměny – za rok 2009

**c) úvazek efektivní dávky inhalací směsi dlouhodobých radionuklidů uran-radiové řady emitujících záření alfa**

K výpočtu efektivní dávky použijeme vztah (3):

$$E_{AVAL} = K \cdot h_{inh,R} \cdot (a_{dl,alfa} - a_{dl,alfa,p}) \cdot 2000 \cdot V_{inh} + h_{inh,R} \cdot (a_{dl,alfa} - a_{dl,alfa,p}) \cdot 7000 \cdot K \cdot V_{inh} \quad (3)$$

$E_{AVAL}$  - úvazek efektivní dávky od směsi dlouhodobých zářičů alfa uran-radiové rozpadové řady (viz tab. 9),

$h_{inh,R}$  - přečtový koeficient pro přepočtení příjmu inhalací na efektivní dávku (20/1850 mSv·Bq<sup>-1</sup>),

$a_{dl,alfa}$  - objemová aktivita radionuklidů v ovzduší [Bq·m<sup>-3</sup>] z měsíčních měření,

$a_{dl,alfa,p}$  - objemová aktivita radionuklidů v ovzduší pozadí [Bq·m<sup>-3</sup>] z měsíčních měření (pozadí je měřeno v obci Rozsochy, v roce 2009 nebyla naměřena hodnota vyšší než je mez detekce, do výpočtu je tedy z důvodu konzervativního přístupu použita 0 mBq·m<sup>-3</sup>) (viz tab. 8),

$V_{inh}$  - množství vdechnutého vzduchu za hodinu, použitá doporučená hodnota 0,97 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup> pro dospělého jedince,

$K$  - bezrozměrný faktor (venku = 1, v budovách = 0,5) doba pobytu na jednotlivých místech:

- ve volné přírodě - venku až 2000 h/rok

- v budovách - 7000 h/rok

Číslo bodu	Monitorovací bod	A <sub>VAL</sub> [mBq.m <sup>-3</sup> ]												
		1. čtvrtletí			2. čtvrtletí			3. čtvrtletí			4. čtvrtletí			Ø
31	Rodkov	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,4	<0,2	<0,2	0,2
32	Zlatkov	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	<0,2	<0,2	0,2
33	Dvořiště	0,4	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,2
36	Rožná	0,4	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	<0,2	<0,2	0,2
34	Dolní Rožínka	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,2
42	poz.-Rozsochy	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,2	<0,2	<0,2	0,2

Tab. 8: AVAL v okolních obcích – rok 2009

Číslo bodu	Monitorovací bod	E <sub>AVAL</sub> [μSv.rok <sup>-1</sup> ]
31	Rodkov	11,54
32	Zlatkov	11,54
33	Dvořiště	11,54
36	Rožná	11,54
34	Dolní Rožínka	11,54

Tab. 9: Úvazek efektivní dávky inhalací směsi dlouhodobých radionuklidů uran – radiové řady emitující záření alfa – za rok 2009

#### d) úvazek efektivní dávky ingescí

Úvazek efektivní dávky E z ingescce vody a potravin kontaminovaných přírodními radionuklidy, kterou obdrží referenční osoba. K výpočtu použijme vztah (4).

$$E_{Rn} = k \cdot (a_{EOAR} - a_{EOAR,O}) \cdot 2000 \quad (4)$$

- sčítá se přes všechny posuzované radionuklidy a přes tzv. „potravinový koš“ konkrétní posuzované skupiny osob

E<sub>ingescí</sub> - úvazek efektivní dávky [Sv] ( viz tab. 10),

p - podíl příjmu vody nebo potravin z lokálního zdroje na ročním příjmu; místně specifická hodnota, doporučená hodnota: voda: p = 1, potraviny: p = 0,25,

- U - roční příjem vody [l] nebo potravin [kg] referenční osobou, doporučená hodnota: voda: U = 700 l/rok, brambory = 90 kg/rok, ryby = 5 kg/rok,
- $C_r$  - objemová aktivita radionuklidu r ve vodě [ $Bq.l^{-1}$ ] nebo hmotnostní aktivita radionuklidu r v jednotlivém druhu potravin [ $Bq.kg^{-1}$ ],
- $C_r^P$  - přirozená (požadovaná) objemová aktivita radionuklidu r ve vodě [ $Bq.l^{-1}$ ] nebo přirozená (požadovaná) hmotnostní aktivita radionuklidu r v jednotlivém druhu potravin [ $Bq.kg^{-1}$ ],
- $h_{ing,r}$  - konverzní faktor pro přepočítání příjmu radionuklidu požitím na úvazek: efektivní dávky pro referenční osobu [ $Sv.Bq^{-1}$ ]  
konverzní faktor pro příjem  $^{238}U$  ingescí =  $4,5 \cdot 10^{-8} Sv.Bq^{-1}$   
konverzní faktor pro příjem  $^{226}Ra$  ingescí =  $2,8 \cdot 10^{-7} Sv.Bq^{-1}$   
koeficient pro přepočítání  $U_{nat}$  z mg/l na Bq/l je 25,1 Bq/l = 1 mg/l

Monitorovací bod	Objemová aktivita						Odhad průměrné ef.dávky po odečtu pozadí [ $\mu Sv.rok^{-1}$ ]		
	$U_{nat}$ ve vodě [ $mg.l^{-1}$ ]	$Ra^{226}$ ve vodě [ $mBq.l^{-1}$ ]	$U^{238}$ v zelenině [ $Bq.kg^{-1}$ ]	$Ra^{226}$ v zelenině [ $Bq.kg^{-1}$ ]	$U^{238}$ v ryby [ $Bq.kg^{-1}$ ]	$Ra^{226}$ v ryby [ $Bq.kg^{-1}$ ]	$E_{ing.}$ voda	$E_{ing.}$ potravin	$E_{ing.}$ celkem
Rodkov	-	-	< 0,92	< 0,23	< 0,88	< 1,05	-	2,08	2,08
Zlatkov	-	-	< 0,92	< 0,23	< 0,88	< 1,05	-	2,08	2,08
Dvořiště	0,014	30	< 0,92	< 0,23	< 0,88	< 1,05	3,64	2,08	5,72
Rožná	0,012	30	< 0,92	< 0,23	< 0,88	< 1,05	1,82	2,08	3,90
Dolní Rožínka	-	-	< 0,92	< 0,23	< 0,88	< 1,05	-	2,08	2,08
Pozadí									
Tok Nedvědička - Albrechtice	0,01	30	-	-	-	-	-	-	-
Doporučené hodnoty <sup>1</sup>	-	-	0,05	0,1	0,02	0,1	-	-	-

Tab. 10: Odhad průměrné efektivní dávky pro kritickou skupinu obyvatel související s přímou ingescí vody a potravin v roce 2009 v [ $\mu Sv.rok^{-1}$ ]

### e) celková efektivní dávka pro kritickou skupinu

Celková efektivní dávka pro kritickou skupinu je dána součtem příspěvků od jednotlivých zdrojů, kde použijeme vztah (5):

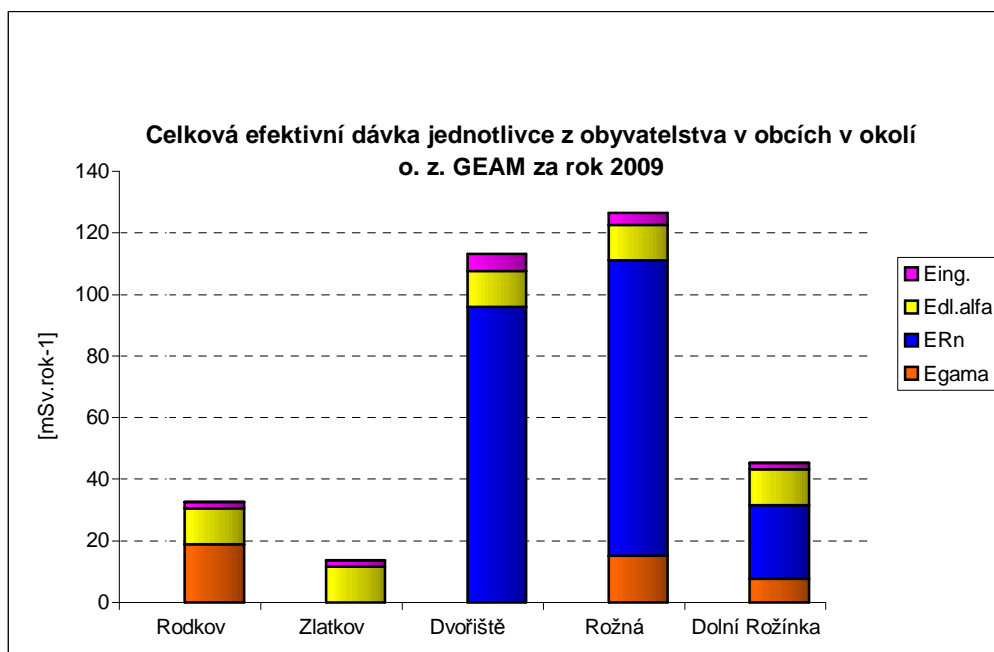
$$E_{celk} = E_{gama} + E_{Rn} + E_{dl,alfa} + E_{ing} \quad (5)$$

Nejvyšší celková efektivní dávka byla naměřena v obci Rožná a Dvořiště, které je součástí obce Rožná. Je to v důsledku toho, že obě tyto obce jsou situovány pod hrází odkaliště K1, v blízkosti chemické úpravný. Obyvatelé v obci Dvořiště představují nejexponovanější skupinu obyvatel v zájmové oblasti. Důvodem je i malý počet obyvatel ( viz tab. 11).

Obec	$E_{gama}$	$E_{Rn}$	$E_{dl,alfa}$	$E_{ing}$	$E_{CELK}$	Počet obyvatel	$E_{KOL}$ [Sv/rok <sup>-1</sup> ]
	[ $\mu Sv \cdot rok^{-1}$ ]						
Rodkov	18,90	-	11,54	2,08	32,52	95	0,0031
Zlatkov	-	-	11,54	2,08	13,62	128	0,0017
Dvořiště	-	96,00	11,54	5,72	113,26	28	0,0032
Rožná	15,12	96,00	11,54	3,90	126,56	529	0,0669
Dolní Rožínka	7,56	24,00	11,54	2,08	45,18	659	0,0298

Tab. č. 11: Celková efektivní dávka jednotlivce z obyvatelstva a kolektivní efektivní dávka obyvatel v obcích v okolí ložiska Rožná za rok 2009

Graf nám ukazuje, že nejvyšší celková efektivní dávka jednotlivce pro rok 2009 patří obci Rožná a Dvořiště. Největší podíl na jejich celkové efektivní dávce má  $E_{Rn}$  - efektivní dávka od radonu a jeho produktů přeměny. Podíl  $E_{ing}$  - úvazek efektivní dávky z ingesce vody a potravin a  $E_{dl,alfa}$  - úvazek efektivní dávky od směsi dlouhodobých zářičů je u těchto obcí stejný a částečně přispívá k celkové efektivní dávce. Na dávce v obci Rodkov se nejvíce podílí  $E_{gama}$  - efektivní dávka od zevního ozáření. V obci Zlatkov má největší zastoupení  $E_{dl,alfa}$ . Dolní Rožínka patří na třetí místo s nejvyšší celkovou efektivní dávkou, kde z grafu vyplývá, že se na dávce nejvíce podílí  $E_{Rn}$ , dále  $E_{dl,alf}$ ,  $E_{gama}$  a v poslední řadě  $E_{ing}$  (viz obr. 1).

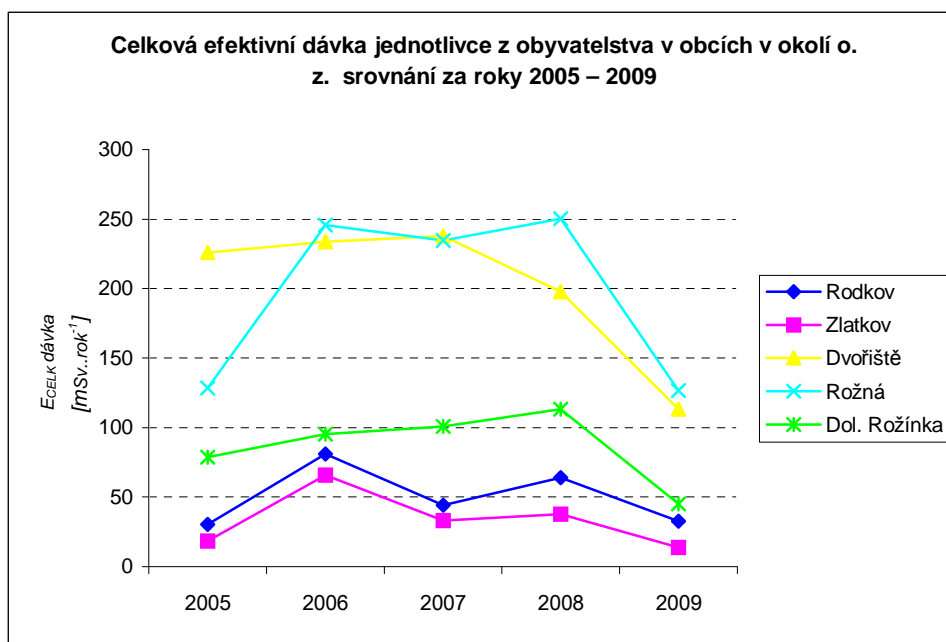


*Obr. 1: Závislost celkové efektivní dávky na jedince v jednotlivých obcích*

V pětiletém expozičním období v obcích Rodkov a Zlatkov je ustálený stav. Výkyvy jsou způsobeny tím, že se v některých letech při výpočtu neuplatnil příspěvek gama záření a příspěvek od radonu. To znamená, že hodnoty naměřené v pozadových bodech byly vyšší než v daných obcích. Vyšší hodnoty v obcích Rožná a Dvořiště jsou způsobeny velkým příspěvkem od Rn a produktů jeho přeměny v důsledku několika významných zdrojů radonu v okolí těchto obcí. Pokles hodnot pro tyto obce v roce 2009 odráží pokles příspěvku od radonu. Nižší hodnoty EOAR v obcích Rožná a Dvořiště v roce 2009 pravděpodobně souvisí s nižší exhalací radonu z povrchu terénu (červen, červenec 2009 – velmi deštivé období) a s lepšími rozptylovými podmínkami. Výsledné hodnoty (viz tab. 12) v grafickém rozložení (viz obr. 2).

Obec	$E_{\text{CELK}} [\mu\text{Sv.rok}^{-1}]$				
	2005	2006	2007	2008	2009
Rodkov	30,59	80,75	44,35	63,80	32,52
Zlatkov	18,59	65,77	33,11	37,57	13,62
Dvořiště	226,07	233,96	237,95	197,85	113,26
Rožná	128,57	245,50	234,71	247,91	126,56
Dol. Rožínka	78,59	95,39	100,60	113,32	45,18

Tab. 12 : Celková efektivní dávka jednotlivce z obyvatelstva v obcích v okolí ložiska Rožná



Obr. 2: Závislost celkové efektivní dávky

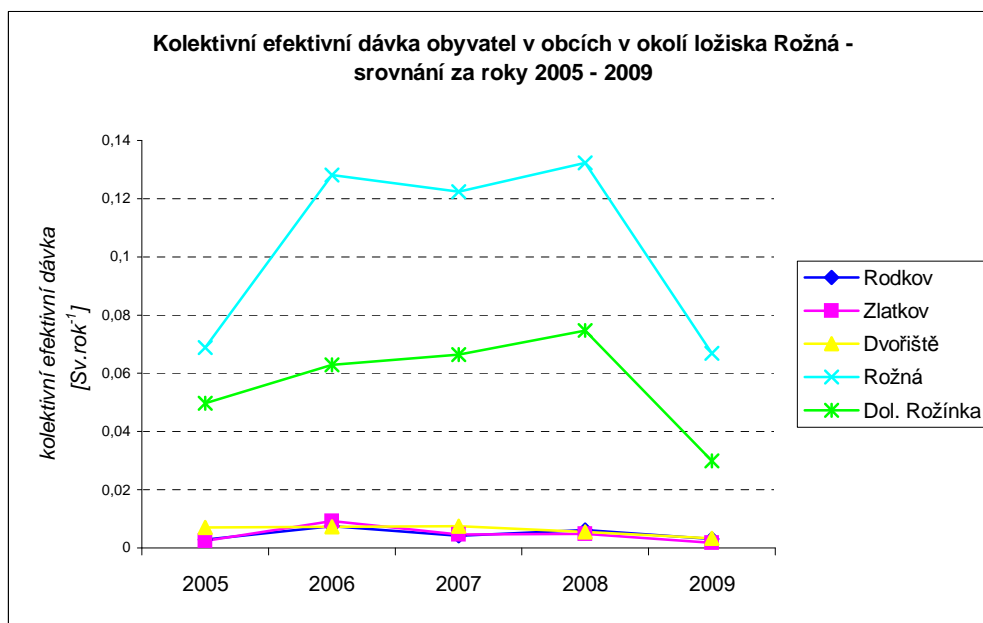


Vývoj sumy kolektivních efektivních dávek obyvatel obcí v okolí ložiska Rožná odráží vývoj v obci Rožná, která k sumě přispívá největším podílem ( viz tab. 13).

Obec	$E_{KOL}$ [Sv.rok <sup>-1</sup> ]				
	2005	2006	2007	2008	2009
Rodkov	0,0028	0,0074	0,0041	0,0061	0,0031
Zlatkov	0,0025	0,0093	0,0047	0,0048	0,0017
Dvořiště	0,0070	0,0073	0,0074	0,0055	0,0032
Rožná	0,0688	0,1282	0,1225	0,1311	0,0669
Dol. Rožinka	0,0496	0,0629	0,0663	0,0747	0,0298
<b>Celková suma</b>	<b>0,1307</b>	<b>0,2150</b>	<b>0,2050</b>	<b>0,2222</b>	<b>0,1047</b>

Tab. 13: Kolektivní efektivní dávka obyvatel v obcích v okolí ložiska Rožná

Na grafickém znázornění vidíme, že největší  $E_{KOL}$  v průběhu pěti let jsou v Rožné. K velkému výkyvu došlo v roce 2006 a 2008. V roce 2009 došlo k výraznému poklesu, což souvisí s vydatnými dešťovými srážkami v letním období. Tím je způsobena nižší emanace radonu z půdy. Na druhé místo se řadí obec Dolní Rožínka, kde je v pětiletém období ustálený stav a výjimku tvoří rok 2008. U obcí Dvořiště, Zlatkov a Rodkov je stav také ustálený (viz obr. 3).



Obr. 3: Závislosti kolektivní efektivní dávky obyvatel v okolí Rožná za rok 2005- 2009

## 4.2 Zájem a informovanost lidí

Během seznamování se s problematikou vlivu těžby a zpracování uranové rudy na okolí, jsem pomocí dotazníků zkoumala informovanost a zájem lidí o toto „velice aktuální téma“. Dotazníky jsem rozdala lidem žijícím v okolních vesnicích. - Rozsochy, Dvořiště, Bystřice nad Pernštejnem, Bohuňov, Bobrová, Dolní Rožínka, Velké Janovice, Strážek a Radkov, skupině 30 obyvatel. Průzkumu se zúčastnilo 13 žen a 17 mužů o průměrném věku 39 let, kteří odpovídali na 14 otázek.

1. *Vaše pohlaví.*
2. *Váš věk.*
3. *Obec kde bydlíte.*
4. *Chemická značka uranu.*
5. *Co je uran?*
6. *Kdo objevil radioaktivitu? (vyberte možnosti)*
  - a) Pierre Curie a Maria Curie-Skłodowska
  - b) Henri Becquerel
  - c) Wilhelm Conrad Roentgen
7. *Víte, jak se uran těží?*
8. *Víte, co je hlušina?*
9. *Víte, co je odkaliště a k čemu slouží?*
10. *Co znamená sanace a rekultivace odkališť?*
11. *Kde jinde se ještě těží uran v ČR?*
12. *Jaký plyn představuje největší nebezpečí při těžbě uranu?*
13. *Jak se nazývá schopnost prvků vydávat záření?*
14. *Názor na těžbu uranu.*

Odpovědi na jednotlivé otázky se lišily:

*Otázka č. 4* - správně odpovědělo 24 lidí, že se jedná o chemickou značku U, zbylých 6 odpověď neznalo.

*Otázka č. 5* – co je uran, všichni věděli, že se jedná o radioaktivní chemický prvek.

*Otázka č. 6* – zaškrtno pouze 5 lidí správnou odpověď b. - Henri Becquerel.

*Otázka č. 7 – 22* dotázaných napsalo, že těžba uranu probíhá v dole a odtud je dopravena k dalšímu zpracování. U dalších 8 nebyla odpověď žádná.

*Otázka č. 8* - odpověď, že se jedná o horninu (odpad), která neobsahuje zájmovou oblast těžného nerostu se opakovala téměř v každém dotazníku u lidí průměrného věku 45 let. Ostatní, jejichž věk byl kolem 25 let na otázku buď neodpověděli, nebo napsali jednoduchou odpověď ANO.

*Otázka č. 9 a 10* – pod pojmem odkaliště si opět polovina dotázaných průměrného věku 45 let představuje odkaliště jako úložiště nevyužitého vytěženého materiálu, které vzniklo po chemickém zpracování uranové rudy. A pod názvem sanace a rekultivace odkališť si představují úpravu poškozeného území a následné uzpůsobení tohoto území k civilizovanému užití. Druhá polovina, kterou tvoří lidé kolem 25 let opět neodpověděla nebo odkaliště vidí pouze jako jámku pro odpad po těžbě uranu a rekultivaci a sanaci jako její následné čištění .

*Otázka č.11* – v této otázce se všichni shodli, že uran ČR se v současné době těží pouze v oblasti Rožná.

*Otázka č. 12 – 13* – zde 25 dotázaných vědělo, že se jedná o prvek radon a o radioaktivitu vyjadřující schopnost prvků vydávat záření . U zbylých 5 lidí nebyla odpověď žádná.

*Otázka č.14* - podle zhodnocení názorů se třetina dotázaných o dění v jejich okolí nezajímá. Odpovědi na otázky byly stručné a pravdivé. Jednalo se zde spíše o lidi průměrného věku 45 let, kteří těžbu uranu vidí jako jediný ekologicky využitelný zdroj výroby elektrické energie, vývoz strategické suroviny pro náš stát a palivo budoucnosti. Lidé jako pozitivní přínos v těžbě uranu vidí zdroj pracovních míst v dané oblasti, kde je ale nutné dodržovat bezpečnostní opatření ( povolená doba expozice) a pak se není třeba tolik obávat o zdraví horníků a lidí žijících v bezprostřední blízkosti. Jaký má názor na těžbu uranu další třetina dotázaných osob průměrného věku 30 let? Pro tyto lidi těžba uranu představuje „zlo“, je zdraví škodlivá a jediné pozitivum vidí v dobrém zaměstnání. Poslední třetina z této skupiny na otázku, jaký mají názor na těžbu uranu buď neodpověděla, nebo napsala, že se o těžbu uranu nezajímá.

## 5 Diskuse

### 5.1 Průkaz optimalizace radiační ochrany

Zátěž kritické skupiny obyvatel v obcích Rodkov, Zlatkov, Dvořiště, Rožná a Dolní Rožínka se považuje za dostatečně prokázanou, vzhledem k § 17, odst. 4, vyhl. č. 307/2002 Sb., když roční efektivní dávka u žádné osoby nepřekročí 50  $\mu\text{Sv}$ . V případě vyšší hodnoty se musí provést optimalizace radiační ochrany postupy podle § 17, odst. 3, vyhl. č. 307/2002 Sb. Z tabulky 14 vyplývá, že rozumně dosažitelná úroveň radiační ochrany se považuje za dostatečně prokázanou u obcí Rodkov, Zlatkov a Dolní Rožínka. Pro Rožnou a Dvořiště se musí tedy provést optimalizace, tj. stanovit „přínos opatření“, který vyplývá z rozdílu  $E_{\text{kol.}} - E_{\text{kol.,50}}$ . Pro obce Dvořiště a Rožná se při výpočtu přínosu opatření uplatní § 17, odstavec (3), písmeno b), tj. součinitel 1 mil. Kč/Sv. (viz tab.14)

Obec	Počet obyvatel	Směrná hodnota [ $\mu\text{Sv}$ ]	$E_{\text{kol.,50}}$ A [Sv]	$E_{\text{kol.}}$ B [Sv]	Rozdíl B – A [Sv]	Přínos opatření * [Kč]	Přínos opatření za 50 let [tis. Kč]
Rodkov	95	50	0,0048	0,0031	- 0,0017	-	-
Zlatkov	128	50	0,0064	0,0017	- 0,0047	-	-
Dvořiště	28	50	0,0014	0,0032	0,0018	1 800	90
Rožná	529	50	0,0265	0,0669	0,0404	40 400	2 020
Dolní Rožínka	659	50	0,0330	0,0298	- 0,0032	-	-
Celkem:						42 200	2110

Tab. 14: Výpočet přínosu opatření podle § 17, vyhl. č. 307/2002 Sb.

Opatřením pro snížení zátěže by bylo okamžité překrytí odkališť inertním materiálem nebo přemístění větrací stanice na jinou jámu. Náklady na tato opatření by byly vysoké. Řádově by se jednalo v případě překrytí odkališť o miliardy Kč a v případě větrací stanice o desítky milionů Kč.

## 5.2 Výsledky monitorování v roce 2009

Výsledky monitoringu jsou vyhodnocovány vzhledem k referenčním úrovním, které jsou stanoveny v monitorovacím plánu. Jestliže dojde k překročení některé z úrovní musí být pořízen zápis, ve kterém jsou analyzovány příčiny překročení a jsou uvedena přijatá opatření. Tyto zápisy jsou uloženy v „Knize záznamů o překročení referenčních úrovní“ na odboru ekologie a sanací o. z. GEAM.

### Monitorování vod

*Zásahové úrovně* - zásahové úrovně radionuklidů v okolí nebyly v roce 2009 na monitorovacích profilech vod překročeny.

*Vyšetřovací úrovně* - v okolí činnosti o.z. GEAM byla v roce 2009 na monitorovacích profilech vod a dnových sedimentů překročena jedenkrát. Vlivem extrémních srážek v průběhu června a července došlo zřejmě k průsaku kontaminovaných vod z odvalu RI do podzemních vod v oblasti tohoto monitorovacího vrtu v lokalitě Rožná.

### Monitoring ovzduší

*Zásahové úrovně* – v okolí činnosti o.z. GEAM nebyla v roce 2009 překročena zásahová úroveň radionuklidů.

*Vyšetřovací úrovně* - v roce 2009 došlo k překročení vyšetřovacích úrovní na měřícím bodu 33 – Dvořiště KI. V lednu bylo zjištěno překročení vyšetřovací úrovně ( $45 \text{ Bq/m}^3$ ) pro ekvivalentní objemovou aktivitu radonu. Zjištěná hodnota byla  $55 \text{ Bq/m}^3$ . Zvýšení pravděpodobně souviselo s vlivem atmosférických podmínek. Je to v důsledku několika významných zdrojů radonu v okolí obce Dvořiště. Především z důvodu odkaliště, rudného depa na závodě Chemická úpravna, odvalu jámy R1 a větráním podzemí dolu Rožná 1. Významným přirozeným zdrojem radonu je samotný

zemský povrch a každá jeho část. Existence těchto zdrojů je navíc umocněna nepříznivou morfologií terénu.

### **5.3 *Informovanost obyvatel***

Jelikož bydlím v blízkosti Dolní Rožínky, myslím si, že problematika těžby a úpravy uranu a její negativní dopad na okolí, tu není zrovna aktuální a oblíbené téma. Já osobně se domnívám, že těžba a následná úprava uranové rudy na ložisku Rožná v brzké době neskončí a místní krajina bude i nadále vystavována negativním jevům, které jsou s těžbou spojeny nebo ji doprovází. Mám pocit, že místní lidé se o to nechtějí moc zajímat a nebo si nějaká rizika nepřipouští i když si jich jsou vědomi. Myslím, že lidé žijící v této oblasti, by měli být více seznámeni nejen s klady, ale i riziky, které s těžbou uranu souvisí.

## 6 Závěr

Bakalářská práce, na téma vliv těžby a zpracování uranové rudy v oblasti Dolní Rožínky na okolní prostředí, ujednotila veškeré mé informace týkající se tohoto odvětví. Je známo, že uran je radioaktivní látka, která s sebou přináší určitá rizika např. radioaktivitu, ale také si pod tímto pojmem můžeme představit výhodné energetické využití. Dozvěděla jsem se řadu důležitých informací, o kterých jsem měla jen minimální znalosti. Důvodem, proč jsem sepsala tuto práci je, že bych chtěla lidem, žijícím v oblasti Dolní Rožínky, přiblížit problematiku těžby a zpracování uranu a třeba i jen trochu změnit jejich názor. Myslím si, že cíle, které jsem si stanovila se mi podařilo splnit. V jednotlivých kapitolách na základě dokumentů, které mi byly poskytnuty, popisují historii a současný stav tohoto odvětví, způsob těžby uranu a jeho zpracování, sanaci a rekultivaci odkališť, vysvětlení pojmu radioaktivita a ekologické aspekty těžby a zpracování uranové rudy. Zhodnocení ozáření kritické skupiny obyvatel uvádím v metodické části práce.

První hypotéza, zda má uranový průmysl v Dolní Rožínce velký vliv na složky životního prostředí, okolní obyvatele i vlastní pracovníky uranových dolů se mi nepotvrdila. Těžba způsobuje únik radonu, který se díky ní dostává na povrch, výskyt těžkých kovů, jejichž velká koncentrace je v tělesech odkališť, kde se ukládají kaly z chemické úpravy uranové rudy a změnu reliéfu. Životní prostředí ovlivňuje kromě zmiňované radioaktivity přítomnost některých těžkých prvků v hlušinových odvalech, důlních a odkalištích vodách. Na základě vyhodnocení dosavadních výsledků pravidelného monitoringu životního prostředí, bylo prokázáno, že v důsledku těžby a zpracování uranové rudy v oblasti Dolní Rožínky, nedochází k závažnému znečišťování nebo poškozování životního prostředí. V průběhu roku 2009 bylo zaznamenáno několik překročení vyšetřovacích a zásahových úrovní. Všechna překročení zásahových úrovní byla ihned hlášena na SÚJB RC Kamenná a byla přijata opatření pro zamezení jejich opakování. Použitím výsledků monitorování bylo výpočtem přínosu opatření a jeho srovnáním s náklady na opatření pro snížení radiační zátěže kritické skupiny obyvatel prokázáno, že radiační ochrana je optimalizována. O. z. GEAM věnuje dlouhodobé úsilí

a nemalé finanční prostředky k omezení negativních vlivů na životní prostředí. Postupně dochází k zlepšování stavu sledovaných veličin, parametrů a jednotlivých složek životního prostředí. S ohledem na úroveň technického a organizačního zabezpečení těžby a zpracování uranu v Dolní Rožínce lze konstatovat, že ani prodloužení těžby ve stávajícím dobývacím prostoru nebude mít negativní vliv na životní prostředí. Nevyvolá ani žádná další mimořádná opatření na jeho ochranu.

Druhá hypotéza o informovanosti místních obyvatel se potvrdila. Zejména mladší generace lidí o toto téma nemá zájem a v těžbě uranu vidí pouze výhodné zaměstnání. Místní lidé se o těžbu uranu nezajímají, jsou si vědomi rizik, která s ní souvisí. Někteří se domnívají, že je nutné dodržovat bezpečnostní opatření a pak se není třeba obávat o zdraví horníků a lidí žijících v bezprostřední blízkosti. V dnešní době má člověk k dispozici velké množství zdrojů (internet, knihy, časopisy, atd.), kde je možno získat mnoho dalších informací z této oblasti. Neinformovanější věkovou kategorií jsou lidé kolem 45 let. Místní obyvatelé se s následky těžby budou muset vyrovnávat ještě několik dalších desítek let. V současné době již probíhá sanace a rekultivace poškozeného území. Myslím si, že by měl být kladen větší důraz na informovanost obyvatel, žijících v této oblasti.

Doufám že tato práce bude sloužit jako ucelený zdroj informací o těžbě a vlivu uranu na okolí Dolní Rožínky. Věřím, že se najdou lidé, kteří budou mít zájem o nahlédnutí do této práce, která bude i jako internetový zdroj na stránkách JCU.



## 7 Seznam použitých zdrojů

- [1] Atomový zákon č.18 / 1997 Sb., v platné znění, vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně v platném znění
- [2] BAJER, T. a kol. : Hodnocení rizik na životní prostředí způsobených vodami vytékajícími ze zatopeného dolu Olší (oponentský posudek), Univerzita Pardubice, 1996
- [3] BERNARD, M. a kol.URAN - bude se u nás znovu těžit (online). Calla, květen 2008.<[http://www.calla.cz/data/energetika/ostatni/uran\\_brozura.pdf](http://www.calla.cz/data/energetika/ostatni/uran_brozura.pdf)>, ISBN: 978-80-903910-5-5
- [4] CIMALA, Z. Po stopách průzkumu a těžby uranových ložisek na Moravě a Východních Čechách. Dolní Rožínka, červen 1997, 130. str.
- [5] DIAMO,státní podnik Stráž pod Ralskem (online). Dostupné z <<http://www.diamo.cz/cinnosti-podniku>>
- [6] DIAMO,státní podnik Stráž pod Ralskem (online). Dostupné z: <<http://www.diamo.cz/odstepne-zavody>>
- [7] DIAMO,státní podnik Stráž pod Ralskem Vyhodnocení programu monitorování a dodržování ustanovení vyhlášky SÚJB č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění pozdějších předpisů Odštěpného závodu GEAM. (online),březen 2009. Dostupné z:<[http://www.diamo.cz/images/stories/files/geam/radiacni\\_ochrana\\_2008.pdf](http://www.diamo.cz/images/stories/files/geam/radiacni_ochrana_2008.pdf)>
- [8] DIAMO. 50. výročí zahájení těžby uranu na ložisku Rožná 1957- 2007. Státní podnik odštěpný závod GEAM Dolní Rožínka 60 str.
- [9] HELEŠIC, J. Hydrobiologické sledování toků v okolí ložiska Rožná 2009. Ústav botaniky a zoologie MU laboratoř biologie tekoucích vod.Brno 2009
- [10] HRÁDEK, M. – LACINA, J. Monitoring změn krajiny v okolí Rožné v důsledku těžby a úpravy uranových rud (online). Ústav geoniky AV ČR Ostrava, pracoviště Brno. Dostupné z: <<http://slon.diamo.cz/hpvt/2001/sekce/sanace/09/S09.htm>>
- [11] JĚŽ, J.Sanace následků těžby a úpravy uranové rudy v oblasti Dolní Rožínky (online) DIAMO, státní podnik odštěpný závod GEAM. Dostupné z: <<http://slon.diamo.cz/hpvt/2008/sanace/S01.pdf>>
- [12] KOLEKTIV o. z. Technický projekt likvidace(Likvidace těžby a úpravy uranu na lokalitách ve správě o. z. GEAM Dolní Rožínka),březen2005
- [13] KRAJSKÁ HYGIENICKÁ STANICE. Ochrana zdraví horníků před účinky škodlivé prašnosti (online). (cit. 2005-04-11).Moravskoslezský kraj Ostrava. Dostupné z <[http://www.khsova.cz/01\\_tisk/clanky\\_hornici.php](http://www.khsova.cz/01_tisk/clanky_hornici.php)>

- [14] KRÍŽ, P. Modelování postupu a monitoring průběhu zatápění podzemí uranového dolu Rožná I(online). DIAMO státní podnik, odštěpný závod GEAM. Dostupné z: <<http://slon.diamo.cz/hpvt/2004/index.htm>>
- [15] LACINA, Jan a kol. Podklady k E.I.A. koncepcce sanace odkališť K1 a K2 u Rožné, část B: Vlivy na ekosystémy, jejich složky a funkce. Ústav geomy AV ČR , Brno, červenec 1998, 50 str.
- [16] MATRKA a kol. : Průmyslová toxikologie (skripta), Univerzita Pardubice, 1994
- [17] NEZNAL, M. Odborný posudek- opakované měření okamžitých hodnot objemové aktivity radonu v monitorovací síti v okolí ložiska Rožná-DIAMO,s.p.o., o,z. GEAM, Dolní Rožínka, 3.12. 2008, 23 str.
- [18] NOVÁK, Jan a kol. Studie hodnocení dopadů činnosti DIAMO s.p., o.z. GEAM Dolní Rožínka a připravované sanace a rekultivace odkališť na ozáření obyvatelstva v oblasti Rožná. Stráž pod Ralskem, červen 1998, 96 str.
- [19] PLUSKAL, O. Úvod do geologie uranových ložisek (skripta), Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1973
- [20] SEQUENS, E. - HLASOVÁ, E. a kol. Ekonomické a ekologické důsledky těžby uranu v České republice. České Budějovice: Sdružení Jihočeské matky, 1992. (online). Dostupné z: <<http://www.jihoceskematky.cz/old/informations/uran.htm>>
- [21] SÚJB – Radiační ochrana. Doporučení, Postupy při výpočtu ozáření obyvatelstva přírodními radionuklidy uvolňovanými do životního prostředí a při posuzování zásahů v oblastech ovlivněných hornickou činností (online). Praha 2008, 34 str. Dostupné z: <[http://www.sujb.cz/docs/18\\_PZIZ\\_ukon\\_horn\\_cinnost\\_revize.pdf](http://www.sujb.cz/docs/18_PZIZ_ukon_horn_cinnost_revize.pdf)>
- [22] 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.
- [23] SÚJB – Radiační ochrana. Doporučení, Zabezpečení osobního monitorování při činnostech vedoucích k ozáření Část I. – zevní ozáření, (online). Dostupné z:<[http://www.sujb.cz/docs/28-dozimetrie\\_zevni\\_2007.pdf](http://www.sujb.cz/docs/28-dozimetrie_zevni_2007.pdf)>
- [24] ŠANDA, V. Dotěžení zásob uranu na ložisku Rožná v lokalitě Dolní Rožínka(online).25.1.2006. Dostupné z: <<http://www.enviweb.cz/clanek/odpady/62205/>>

- [25] TECHEM CZ, s.r.o. Žádost o vydání integrovaného povolení pro provoz souboru zařízení podle zákona č.76/2002 Sb. o integrované prevenci a omezování znečištění. Chemická úpravna uranové rudy ve společnosti DIAMO, státní podnik odštěpný závod GEAM Dolní Rožínka, Praha, květen 2006
- [26] TOMÁŠEK, J. Dokumentace o hodnocení vlivu na životní prostředí stavby, Sanace a rekultivace odkališť, Mníšek pod Brdy, srpen 1998, 67 str.
- [27] TOMÁŠEK, J. – LUNDÁKOVÁ, I., Zkušenosti s posuzováním vlivu na životní prostředí dle 244/92 Sb. zahlazování následků hornické uranové činnosti (online). Středisko odpadů Mníšek s.r.o. Dostupné z <<http://slon.diamo.cz/hpvt/2001/sekce/sanace/03/S03.htm>>
- [28] Uran prvek. Dostupné z: <[http://www.ester.eu/uran\\_prvek\\_cs.html](http://www.ester.eu/uran_prvek_cs.html)>
- [29] WIKIPEDIA. Dostupné z: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Radioaktivita>>

## **8 Klíčová slova**

Uranová ruda

Radiační ochrana

Životní prostředí

Těžba rudy

Dolní Rožínka

Sanace a rekultivace

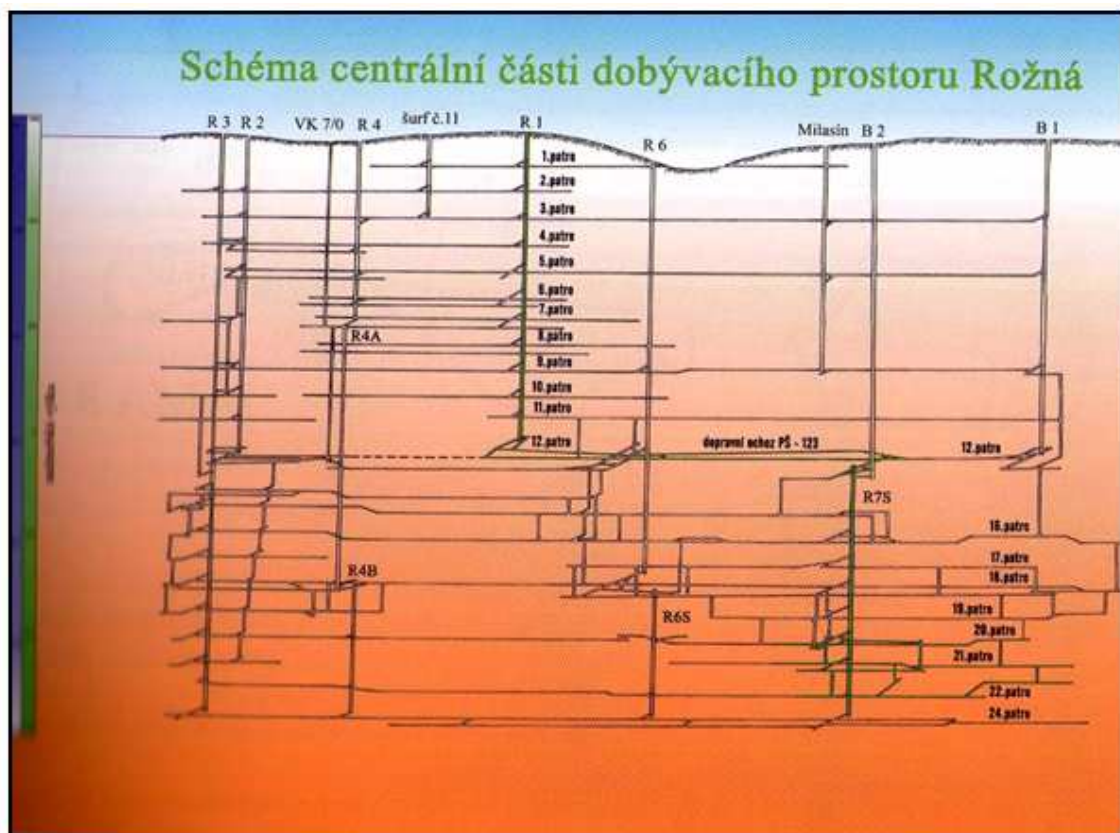
Kritická skupina obyvatel

## 9 Přílohy

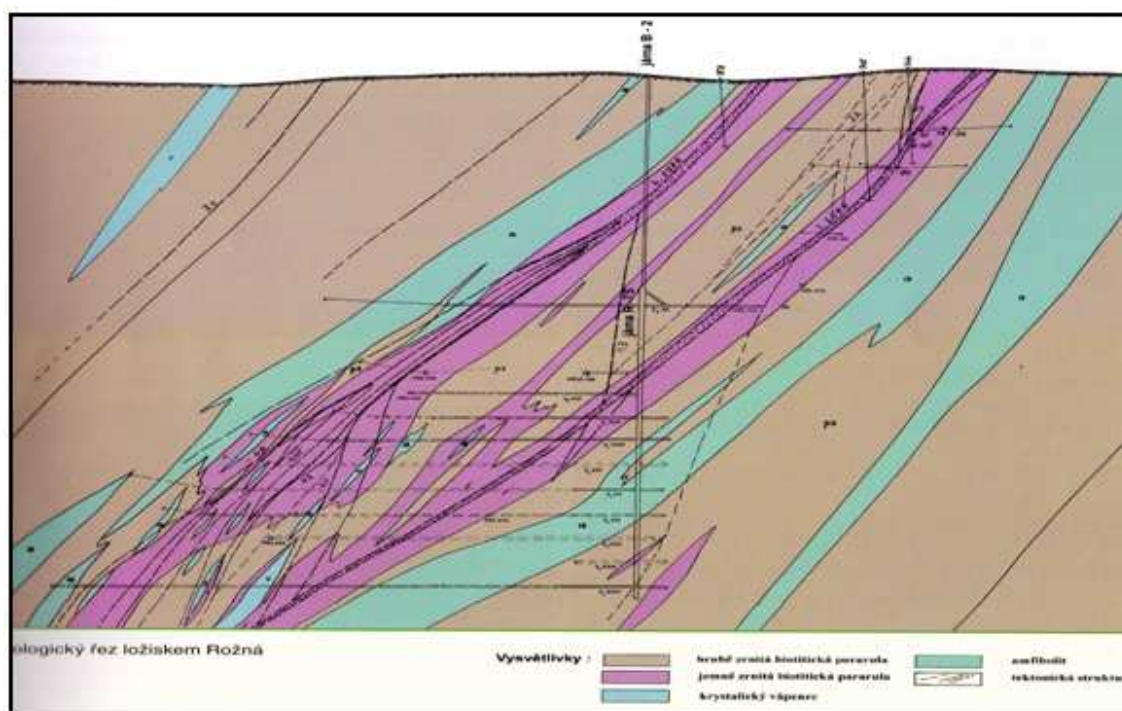
Seznam příloh:

1. Schéma centrální části dobývacího prostoru Rožná
2. Geologický řez ložiskem Rožná a topografická mapa okolí Rožné
3. Vývoj těžby uranu v České republice v jednotlivých letech
4. Schéma dobývací metody výstupkové dobývání se zakládáním vydobytych prostor
5. Schéma dobývací metody sestupné lávkování na zával pod umělým stropem
6. Chemická úprava Dolní Rožínka
7. Technologie výroby uranu na Chemické úpravně D. Rožínka, produkce uranu
8. Letecký snímek odkaliště K1
9. Letecký snímek odkaliště K2
10. Způsoby rekultivace
11. Schéma odvodnění
12. Aerosolový vzorkovač ALGADE
13. Dvojice sedimentačních vzorkovnic pro odběr prašného spadu
14. Měření venkovního příkonu fotonového dálkového ekvivalentu

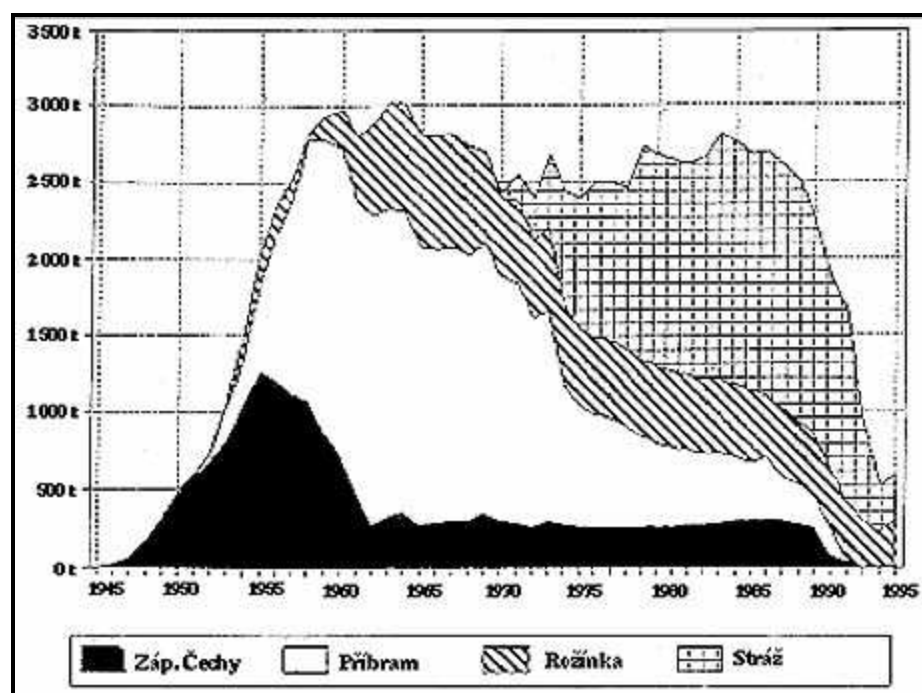
Příloha 1. Schéma centrální části dobývacího prostoru Rožná[8]



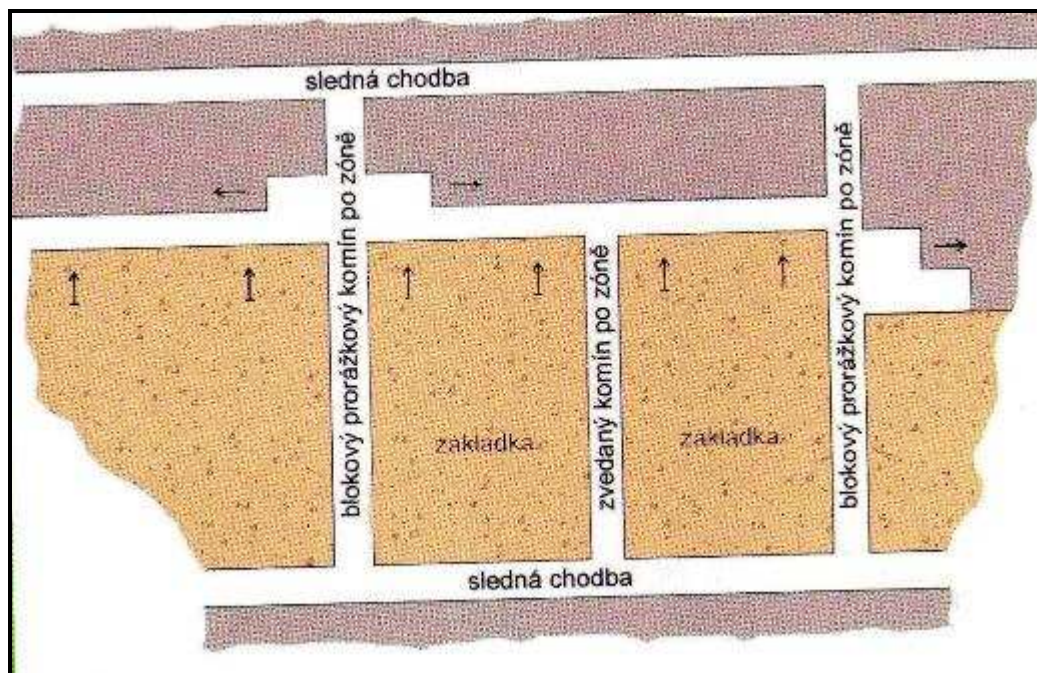
Příloha 2. Geologický řez ložiskem Rožná a topografická mapa okolí Rožné [8]



Příloha 3. Vývoj těžby uranu v České republice v jednotlivých letech [20]

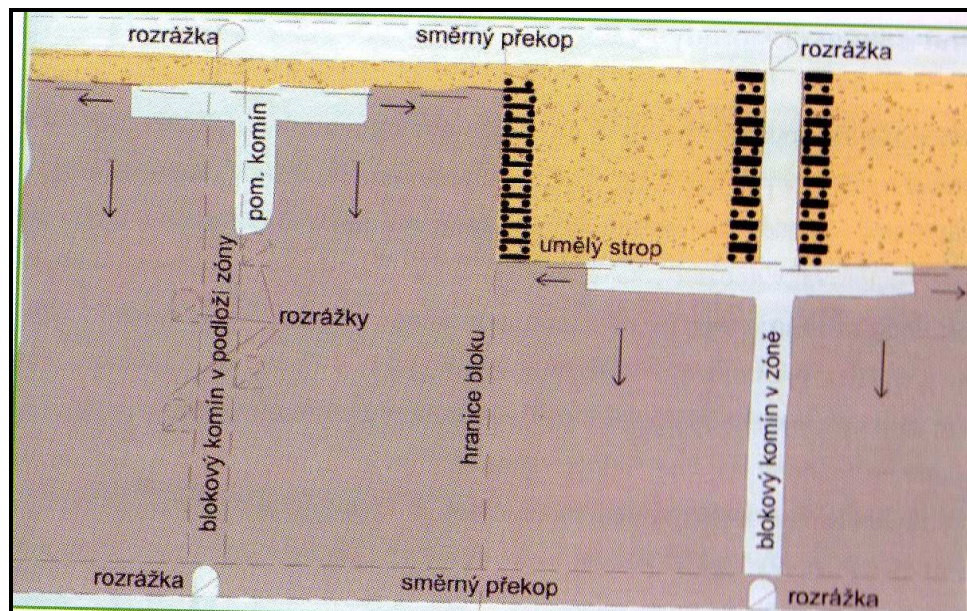


Příloha 4. Schéma dobývací metody - výstupkové dobývání se zakládáním vydobytych prostor[8]





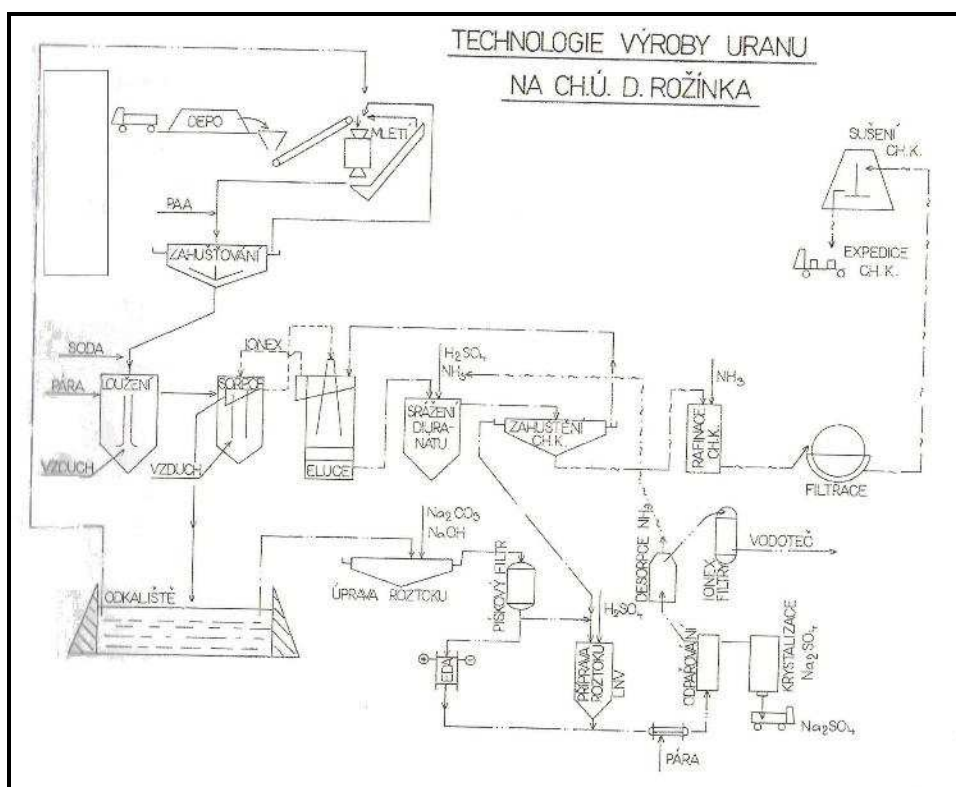
**Příloha 5. Schéma dobývací metody - sestupné lávkování na zával pod umělým stropem chemická úpravna Dolní Rožínka[8]**



**Příloha 6. Chemická úpravna Dolní Rožínka[8]**



**Příloha 7. Technologie výroby uranu na CH.Ú. D. Rožínka, produkce uranu**









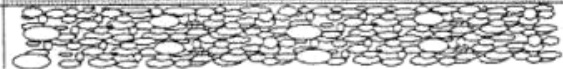





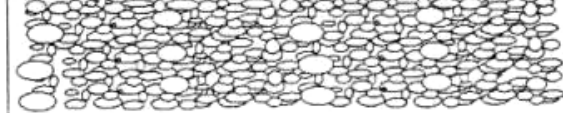
**Příloha 8. Odkaliště K1[26]**



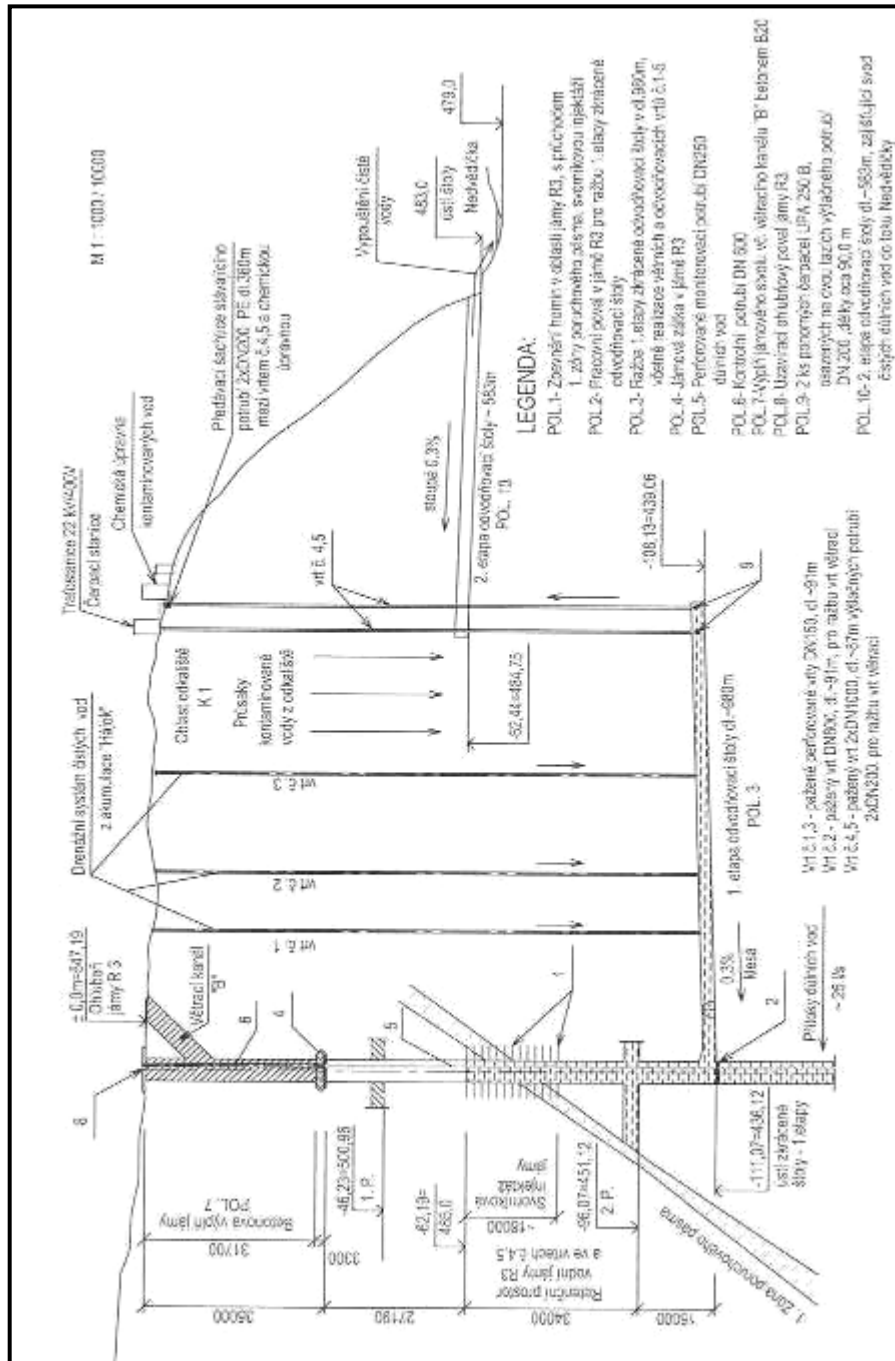
**Příloha 9. Odkaliště K2[26]**



## Příloha 10. Způsoby rekultivace

<b>Recultivation type</b>		
		
...0,3 m		recultivation layer, $k_f = 10^{-5} \dots 10^{-8} \text{ m/s}$
		waste rock dump
<b>Storage type</b>		
		
0,1...0,3 m		recultivation layer, $k_f = 10^{-5} \dots 10^{-8} \text{ m/s}$
0,9...1,4 m		storage layer, $k_f = 5 \cdot 10^{-6} \dots 1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$
		waste rock dump/ tailings/dams
<b>Multi-barrier type</b>		
		
0,1...0,3 m		recultivation layer, $k_f = 10^{-5} \dots 10^{-8} \text{ m/s}$
0,3...1,5 m		storage/frost protection layer, $k_f = 5 \cdot 10^{-6} \dots 1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$
0,2...0,3 m		drainage layer, $k_f 10^{-3} \dots 10^{-5}$
0,3...0,6 m		sealing layer, $k_f = 10^{-8} \dots 1 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$
		<ul style="list-style-type: none"> <li>tailings including interim cover and equalizing material</li> <li>waste rock dump</li> </ul>

**Příloha 11. Schéma odvodnění**



## Příloha 12. Aerosolový vzorkovač ALGADE



**Příloha 13. Dvojice sedimentačních vzorkovnic pro odběr prašného spadu**



**Příloha 14. Měření venkovního příkonu fotonového dálkového ekvivalentu**

