

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra geoenvironmentálních věd



Bakalářská práce

**Pozůstatky historické těžby uranových rud
v příbramském ložisku a jejich sanace**

Oldřich Nosek, DiS.

Vedoucí práce: doc. Mgr. Martina Vítková, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Autor práce:	Oldřich Nosek
Studijní program:	Územní technická a správní služba v životním prostředí
Vedoucí práce:	doc. Mgr. Martina Vítková, Ph.D.
Garantující pracoviště:	Katedra geoenvironmentálních věd
Jazyk práce:	Čeština
Název práce:	Pozůstatky historické těžby uranových rud v příbramském ložisku a jejich sanace
Název anglicky:	Relics of historical uranium ore mining in the Příbram deposit and their remediation
Cíle práce:	Zhodnotit současný stav a posoudit možnosti sanace a rekultivace uranových hald na Příbramsku včetně výběru nejvhodnějšího druhu transportu materiálu, jeho zpracování a druhotného využití.
Metodika:	Bakalářská práce bude zahrnovat teoretickou i praktickou část. Na základě doporučené a další vyhledané literatury bude vypracována rešerše zahrnující historii těžby uranových rud na Příbramsku, sanační přístupy a možnosti rekultivace oblastí po těžbě uranu (včetně konkrétních příkladů u nás i ve světě) atd. Dále bude popsána studovaná lokalita a zpracován přehled současného stavu a dosud provedených rekultivačních činností (zpracování odvalových hald a jejich druhotné využití na stavební kamenivo, proběhlá sanace kalových polí, čištění důlních vod). Student bude v úzkém kontaktu s místními subjekty, které jsou do sanace zapojeny (tj. správcem deponií a čistírny důlních vod, podnikem DIAMO, společností Ecoinvest, s vedením Hornického muzea). Diskuze bude zahrnovat zejména zhodnocení dosavadního postupu sanačních prací a návrh další rekultivace s ohledem na získané informace a poznatky z dostupné literatury (české i zahraniční). Závěr bude stručný, jasný a srozumitelný a bude odrážet záměr a cíle BP.
Doporučený rozsah práce:	30-40 stran (jinak dle potřeby)
Klíčová slova:	uran; těžba; uranové haldy; důlní vody; rekultivace
Doporučené zdroje informací:	<ol style="list-style-type: none">1. ANTUNES, S., C., GONÇALVES, F., PEREIRA, R., 2007. Acute and Chronic Toxicity of Effluent Water from an Abandoned Uranium Mine. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 53 (2).2. BAREŠOVÁ J., BERÁNEK J. (ed.): Historie a současnost podnikání na Příbramsku. Městské knihy. Žehušice.3. CAMPBELL, K., M., GALLEGOS, T., J., LANDA, E., R., 2015. Biochemical aspects of uranium mineralization, mining, milling, and remediation. Applied Geochemistry, 57 (6).4. CHARBENEAU R. J., ROHLICH G. A., 1981: Resource impact evaluation of in-situ uranium groundwater restoration. University of Texas at Austin. Austin.5. MELO, D., BURKART, W., 2011. Uranium: Environmental Pollution and Health Effects. Encyklopédia of environmental Health.6. VALENTA, V., 1997. Po stopách uranového hornictví na Příbramsku. In: Podbrdsko. Okresní úřad Příbram pro Státní okresní archiv v Příbrami a Okresní muzeum Příbram. Příbram. 4.7. VALENTA, V., 1998. Co předcházelo těžbě uranu. In: Podbrdsko. Okresní úřad Příbram pro Státní okresní archiv v Příbrami a Okresní muzeum Příbram. Příbram. 5.8. VELFL J., 1998: Příbram v průběhu staletí. Městský úřad Příbram. Příbram.9. VELFL, J., 2003. Z historie hornictví a hutnictví na Příbramsku.10. VELFL J., 2010: Zmizelé Čechy – Příbram. Paseka. Praha.
Předběžný termín obhajoby:	2023/24 LS - FŽP

Elektronicky schváleno: 6. 3. 2024
prof. RNDr. Vladislav Chrástný, Ph.D.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 7. 3. 2024
prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.
Děkan

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Pozůstatky historické těžby uranových rud v příbramském ložisku a jejich sanace" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 24. 3. 2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval paní doc. Mgr. Martině Vítkové, Ph.D. za vedení bakalářské práce a cenné rady, které mi poskytla. Dále bych chtěl poděkovat zaměstnancům hornického muzea v Příbrami za poskytnuté informace a v neposlední řadě děkuji také své rodině za trpělivost a podporu při mém studiu.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zaměřuje na vlastnosti a parametry odvalů hlušiny po bývalých uranových dolech na Příbramsku. Hlavním cílem práce bylo zhodnotit, jaký dopad bude mít těžba kameniva z těchto odvalů po bývalých uranových dolech na blízké okolí a dále porovnat jednotlivé možné varianty sanace a rekultivace těchto odvalů.

První část tvoří literární rešerše, která obsahuje teoretická východiska a vymezuje základní pojmy související s uranem, jeho těžbou a historickým vývojem příbramského regionu se zaměřením na těžbu uranu. Tato východiska byla následně využita jako podklad pro vypracování vlastní praktické části práce, jenž se zaměřuje na posouzení současného stavu odvalů a možnosti jejich sanace. Vyhodnocení dat v praktické části vybranou metodou bylo provedeno zmapováním odvalů určených k likvidaci, analýzou jejich obsahu, záboru pozemků, hmotnosti a objemu materiálu na nich uložených a dopadem na životní prostředí. Bylo také provedeno interview se zaměstnanci hornického muzea Příbram s cílem zjištění názoru na problematiku likvidace odvalů.

Praktická část se zaměřuje nejprve na posouzení současného stavu odvalů a následně definuje čtyři možné varianty sanace a rekultivace odvalů včetně transportu materiálu, jeho třídění, zpracování, možného využití na stavební kamenivo a využití rekultivovaných ploch okolními obcemi. Jako nejvýhodnější byla vyhodnocena varianta č. 4, která spočívá v transportu hlušiny z okolních odvalů na jeden centrální odval šachty č. 16 pomocí visuté pásové dopravy. Hlavní výhodou této varianty oproti ostatním je krátká doba realizace a centralizace hlušiny na jeden hlavní odval. Rozsáhlou uvolněnou plochu záboru po ostatních odvalech bude možné nově využívat. Zároveň tato varianta představuje minimální zátěž dopravní infrastruktury těžkou technikou během transportu hlušiny na centrální odval, zejména díky visuté pásové dopravě. Přemístěný materiál se po transportu bude zpracovávat centrálně pouze u tohoto hlavního odvalu v závislosti na regionální poptávce. Nevýhodou pak může být hluk a prašnost jak při transportu visutou pásovou dopravou, tak při výrobě stavebního kameniva. I tak ale tato varianta vykazuje nejnižší zápornou bilanci negativních dopadů na životní prostředí a místní obyvatele, proto byla vyhodnocena jako nejlepší.

Klíčová slova: uran; těžba; uranové haldy; důlní vody; rekultivace

Abstract

This bachelor's thesis focuses on the properties and parameters of tailings dumps after the former uranium mines in the Příbram region. The main goal of the work was to evaluate the impact of the mining of aggregates from these dumps after the former uranium mines on the nearby surroundings and to further compare the individual possible options for remediation and recultivation of these dumps.

The first part consists of a literature search, which contains theoretical starting points and defines basic concepts related to uranium, its mining and the historical development of the Příbram region with a focus on uranium mining. These starting points were further used for the practical part of the work, which focuses on the assessment of the current state of the dumps and the possibility of their remediation. The evaluation of the data was carried out by mapping the dumps intended for disposal, analyzing their content, land occupation, weight and volume of the material stored on them and the impact on the environment. An interview was also conducted with the employees of the Příbram mining museum with the aim of finding out their opinion on the issue of waste disposal.

The practical part focuses first on the assessment of the current state of the dumps and then defines four possible variants of remediation and recultivation of the dumps, including the transport of material, its sorting, processing, possible use for building aggregates and the use of reclaimed areas by surrounding municipalities. Variant No. 4 was evaluated as the most beneficial, which consists in the transport of tailings from the surrounding dumps to one central dump of shaft No. 16 using a suspended belt conveyor. The main advantage of this variant is the short implementation time and the centralization of tailings on one main dump. It will be possible to use the extensive freed area of the occupation after the other dumps. At the same time, this option represents a minimal load on the transport infrastructure with heavy equipment during the transport of tailings to the central dump, especially due to the overhead belt transport. The relocated material will be processed centrally after transport only at this main dump, depending on regional demand. The disadvantage can be noise and dust both during transport by overhead belt conveyor and during the production of building aggregates. Even so, this option shows the lowest portion of negative impacts on the environment and local residents, therefore evaluated as the best.

Keywords: uranium; mining; uranium heaps; mine water; reclamation

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Cíle práce	10
3 Teoretická východiska	11
3.1 Základní pojmosloví.....	11
3.1.1 Uran a jeho objev	11
3.1.2 Radioaktivita uranu	12
3.2 Těžba uranové rudy	12
3.2.1 Povrchová těžba	12
3.2.2 Hlubinná těžba	13
3.2.3 Chemické loužení <i>in-situ</i>	14
3.3 Využití uranu.....	15
3.4 Historie těžby uranu	15
3.4.1 Od středověku až do r. 1945	15
3.4.2 Poválečné období	16
3.5 Zásoby uranu	18
3.5.1 Zásoby uranu v České republice.....	19
3.5.2 Zásoby uranu ve světě.....	21
3.6 Hornické město Příbram	22
3.6.1 Vývoj do r. 1945	22
3.6.2 Poválečný rozvoj hornictví v Příbrami	23
3.7 Příbramské uranové haldy	24
3.7.1 Podpovrchové rekultivace.....	25
3.7.2 Výsypky a odkladiště.....	25
3.7.3 Dopad těžby uranu na lidské zdraví.....	26
4 Metodika	27
5 Praktická část práce.....	29
5.1 Současný stav odvalů na Příbramsku.....	29
5.1.1 Šachta č. 16 a centrální odval	31
5.2 Budoucnost těžby kamení z odvalů.....	31
5.3 Návrh technologie výroby stavebního kameniva	35
5.3.1 Protihluková opatření výrobní linky	35
5.3.2 Protiprachová opatření výrobní linky	37
5.3.3 Protivibrační opatření výrobní linky.....	37
5.3.4 Možné technické řešení čtvrté varianty	38

5.3.5	Visutá nadzemní pásová doprava	42
5.4	Územní a socioekonomické souvislosti	44
5.4.1	Dálnice D4	45
5.4.2	Odpor veřejnosti proti likvidaci odvalů	46
6	Výsledky a diskuse	48
6.1	Analýza variant	48
6.1.1	Ekonomické hledisko	48
6.1.2	Dopad na životní prostředí a zdraví lidí	49
6.1.3	Záběr s využitím pozemků	50
6.2	Dopad na vzhled krajiny	51
6.3	Nejnovější poznatky	51
7	Závěr	53
8	Seznam použitých zdrojů	54
8.1	Seznam použité literatury a internetových zdrojů	54
8.2	Seznam použitých zdrojů obrázků	57
9	Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk	59
9.1	Seznam obrázků	59
9.2	Seznam tabulek	60
9.3	Seznam použitých zkratk	60

1 Úvod

Těžba na příbramském uranovém ložisku včetně průzkumných a likvidačních prací trvala celkem 44 let, hlavní těžba probíhala mezi lety 1950–1990. Právě díky uranovým dolům získala Příbram masivní průmyslový rozmach a práci zde našly tisíce lidí. Součástí této náročné práce byla také častá zranění i úmrtí např. vlivem závalu materiálem. Jiní zase mohli být v budoucnu dotčeni zdravotními komplikacemi spojenými se stykem s radioaktivními uranovými rudami.

Viditelným dokladem po bývalých uranových dolech v současnosti mohou být dochované těžební věže na některých šachtách a zejména obří odvaly hlušiny, které postupně podléhají přirozené sukcesi náletovými dřevinami, travami a rostlinami. I tak lze pozůstatky po těžbě pozorovat třeba jen při projíždění regionem. Odvaly vznikly postupným navážením hlušiny z vytěžených šachet a štol. Nachází se v pásu východně až jižně od města Příbram ve vzdálenosti už zhruba od 2 km. Odvaly brání územnímu rozvoji přilehlých obcí a způsobují značnou environmentální zátěž. Z toho důvodu se začalo uvažovat o možné likvidaci odvalů a transportu hlušiny z odvalů. V současné době se o pozůstatky těžby jako jsou důlní díla, odvaly a jiné stará Diamo Státní Podnik, Odštěpný Závod – Správa Uranových Ložisek (dále také „s. p. Diamo“).

Hlavní otázkou, která vyvstala je, zda realizovat likvidaci odvalů, nebo ne. Státní podnik Diamo předložil několik možných variant likvidace. Vzhledem k tomu, že se jedná o miliony tun hlušiny, lze předpokládat velmi zdlouhavý proces likvidace tohoto odpadu. Před samotnou likvidací odvalů, je nutné uvažovat způsob jejího provedení se všemi možnými typy dopravy s ohledem na danou lokalitu a na možnosti využití dopravy v daných podmínkách. Musí být kladen velký důraz na co nejnižší dopad daných způsobů likvidace na životní prostředí, ochranu krajiny a také na co nejnižší dopad na životy obyvatel, kteří žijí v přímé blízkosti odvalů nebo v místech, kterými by procházely hlavní transportní trasy hlušiny. Odvaly na Příbramsku jsou úzce spjaty s historií města Příbram již po několik desetiletí. Je možné je pozorovat i ze vzdáleného okolí, zejména pak v oblasti kolem dálnice D4 poblíž obcí Dubenec a Háje, dále pak poblíž obcí Brod a Lešetice. Na Příbramsku v současné době stále žije několik desítek bývalých havířů. Již během těžby se pracovalo s myšlenkami sanace a rekultivace odvalů, ale k finálnímu záměru realizace se dospělo až před několika lety.

2 Cíle práce

Cílem této bakalářské práce bylo zhodnocení a porovnání jednotlivých variant sanace a rekultivace uranových odvalů a výběru nejvhodnějšího druhu transportu materiálu, jeho zpracování a druhotného využití. Výběr nejlepší varianty dopravy, případně kombinace doprav, které by byly nejvhodnější pro místní region s ohledem na životní prostředí i životy obyvatel. Dílčím cílem práce bylo zjistit současný stav odvalů a budoucí potenciální využití získaných ploch pro územní rozvoj obcí i regionu.

3 Teoretická východiska

Tato kapitola vymezuje základní pojmy související s objevem uranu, jeho charakteristikou, těžbou, využitím a historickým vývojem příbramského regionu se zaměřením na těžbu uranu. Tato východiska byla následně využita jako podklad pro vypracování vlastní praktické části práce, jež se následně zaměřuje na posouzení současného stavu odvalů a možnosti jejich sanace.

3.1 Základní pojmosloví

3.1.1 Uran a jeho objev

Uran (chemická značka U, latinsky Uranium) je radioaktivní chemický prvek - kov ze skupiny aktinoidy Mendělejevovy chemické tabulky prvků, původně stříbřitě bílé lesklé barvy, která se vlivem oxidace U postupně mění na popelavě šedou. Jako objevitel uranu jako prvku je uznáván chemik Martin Heinrich Klaproth (1743-1817), který objev realizoval v r. 1879 při analytickém rozboru specifického nerostu – smolince z jáchymovské oblasti (důl George Wagsfort ve Wittingshalu u Johanngestadt v Sasku). Klaproth detekoval oxid uraničitý UO_2 a uvedl, že se jedná o dosud neznámý prvek (Arapov, 1984).

Působením kyselin a termiky získal žlutý prášek – tzv. uranovou žluť, kterou (mylně) považoval za čistý kov, což přednesl na půdě Pruské akademie věd roku 1789 a tento prvek pojmenoval podle planety Uran (byla objevena 1781), avšak stejně jako další jím objevené prvky (zirkon a cer) se mu jej nezdařilo získat v čistém kovovém stavu. Uran jako ryzí kov byl tak poprvé izolován v Paříži chemikem Eugenem - Melchiorem Péligotem (Engels & Nowak, 1977) r. 1841, a to redukcí chloridu uraničitého UCl_4 s kovovým draslíkem v anaerobním prostředí (redukcí je nazývána chemická reakce vyznačující se snižováním oxidačního čísla prvku, tj. prvek získává elektrony) (Arapov, 1984). V přirozeném přírodním prostředí Země se uran vyskytuje jako směs izotopů ^{238}U (99,274 2 %), ^{235}U (0,720 4 %) a omezeně i ^{234}U (0,005 4 %).

3.1.2 Radioaktivita uranu

Radioaktivita uranu byla prokázána až v roce 1896 Henri Becquerelem při zkoumání fluorescence. Závěrem jeho zkoumání různých látek je, že některé minerály vyzařují na fotografický papír určitý charakter neviditelného záření. Marie Curie-Sklodovská společně se svým manželem, Pierrem Curie, z jáchymovského smolince izolovala následně další přírodní radioaktivní prvky – polonium a poté radium, které vykazuje mnohem vyšší emanaci záření než uran (Engels & Nowak, 1977) (Kašpar, 1959). Definovaný termín radioaktivita je schopnost nestabilních atomových jader vybraných nuklidů přeměňovat se na jiná jádra za současného uvolňování neviditelného radioaktivního záření v posloupnosti stupňů záření α , β a γ (Vacík, 1999). Veškeré přírodní radioaktivní prvky počínaje atomovým číslem 81 lze zařadit do tří tzv. rozpadových řad končících vždy konečným produktem radioaktivního rozpadu, kterým je olovo (Engels & Nowak, 1977). Uran je svojí hustotou (1,7x vyšší než olovo) v poměru hmotnost / objem jedním z nejtěžších prvků, což pozitivně determinuje jeho užití i mimo jaderné oblasti (např. jádra munice z ochuzeného uranu).

3.2 Těžba uranové rudy

Pro těžbu uranu se využívají v současnosti tři způsoby. Vždy se jedná o činnost prováděnou hornickým způsobem (Petrová, Soudek, & Vaněk, 2013).

3.2.1 Povrchová těžba

Povrchová těžba je používána u zrudnění dosažitelného do hloubky cca 120 m. Kladem je odvětrání radonu, nízké zřizovací náklady, provoz bez kontaminovaných oplachovaných vod a kalů. Záporům je prašnost, hlučnost, významný a zjevný zásah do krajiny. V Evropě není využíváno (Petrová, Soudek, & Vaněk, 2013).

3.2.2 Hlubinná těžba

Hlubinná těžba se využívá u vyšších procent zrudnění. Těžená ruda je rozlámána a následně vyvážena na povrch k dalšímu drcení, mletí, praní a třídění. Tato forma těžby byla využívána v ČR. Plusem je minimalizace zásahu do krajinného rázu těžební oblasti, nižší hluk, prašnost, menší objem hlušiny, negativem je nákladovost mokré výroby, zařizovací vybavení dolu, technologická náročnost hygienických opatření a kontaminace vod. Běžně lze z rudné rubaniny získat po úpravě loužením (kyselinou sírovou či alkalizací) až 95-98 % obsaženého uranu, a to i přes nízkou počáteční míru zrudnění (i pouze 0,3 %) (Puchnar, 2017). Výsledkem je zisk tzv. žlutého koláče, který je dále obohacován (Obr. 1). Zbylý kalový rmut je čerpán do nádrží (Petrová, Soudek , & Vaněk, 2013).

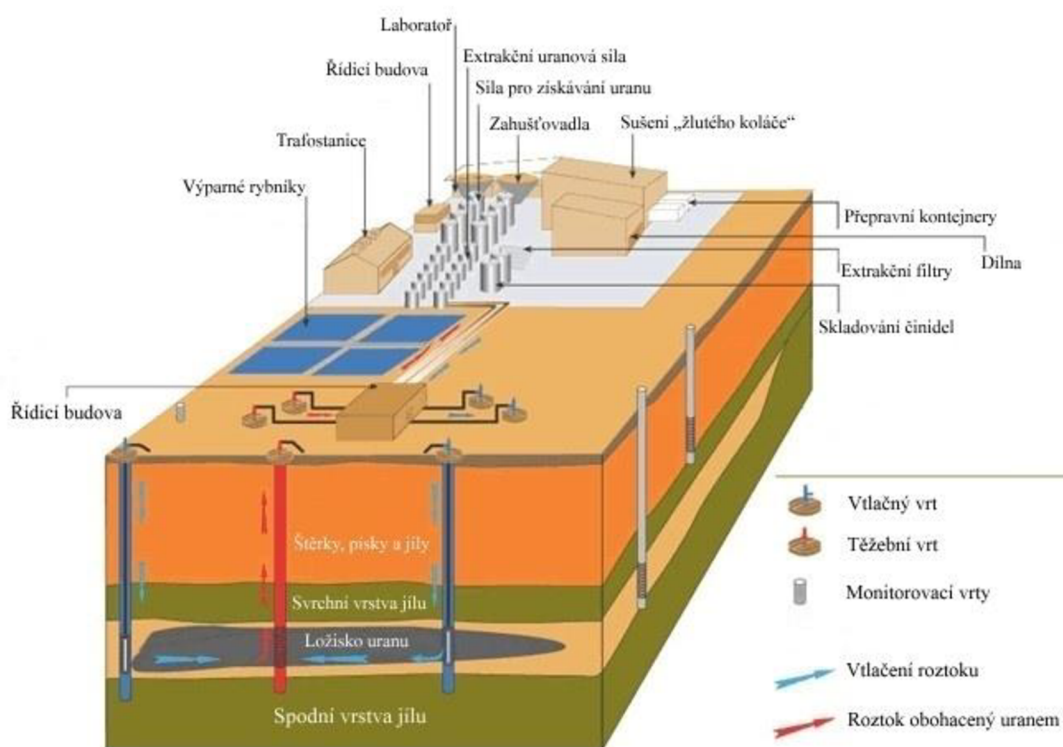


Obrázek 1: Vyloužený oxid uranu U_3O_8 , tzv. „žlutý koláč“.

Zdroj: <https://www.svetenergie.cz>

3.2.3 Chemické loužení *in-situ*

Chemické loužení *in-situ* lze charakterizovat jako vtlačení vodného roztoku s rozpuštěným oxidačním činidlem do ložiska pomocí vrtu. Roztok chemickým způsobem zapříčiní oxidaci uranu a jeho následné sycení roztoku, který je odčerpáván druhým (čerpacím) vrtem, proces probíhá opakovaně (Obr. 2). Po vytěžení takto koloidního uranu na rentabilní hladině (zpravidla cca 2/3 kovnatosti ložiska) je vrt sanován, aby nedošlo ke kontaminaci podzemních vod v oblasti (Petrová, Soudek, & Vaněk, 2013).



Obrázek 2: Chemické loužení uranu *in-situ*.

Zdroj: <https://world-nuclear.org> (vlastní úprava)

V roce 2020 byl podíl vytěženého uranu následující: 46 % pocházelo z povrchových a hlubinných dobývek, 50 % z vyluhování *in-situ* a 4 % z vedlejší těžby při dobývání jiných surovin (včetně recyklátů odvalů). V roce 2020 pocházelo více než 50 % světové produkce z 10 dobývek v Kanadě, Kazachstánu, Austrálii, Namibii a Nigeru. Vzhledem k tomu, že některé státy nepožadují recyklaci loužených roztoků (např. i Austrálie), vznikají značné rozdíly v nákladech nadále deformující trh (Petrová, Soudek, & Vaněk, 2013).

3.3 Využití uranu

Uran se používal již historicky v oblasti jáchymovského sklářství k barvení skla a glazur, kterým dodával specifický zelený, případně žlutý odstín, avšak po rozšíření povědomí o negativních účincích toto využití značně pokleslo. Nízké intenzity záření se využívá k léčebným účelům v lázeňství (v ČSR např. již od 20. let 20. stol. v Jáchymově) (Starý & kol., 2006).

Pro realizaci v jaderném průmyslu (elektrárenství) se začal uran jako palivo využívat masověji až po 2. světové válce; výkonem jaderného reaktoru byla poprvé dodána elektřina 20. prosince 1951, první jaderná elektrárna schopná dodávat cíleně proud do sítě domácností byla zprovozněna v roce 1954 v Obninsku v SSSR (Mírové využití jádra slaví 60. výročí, první elektrárna vznikla v Obninsku, 2014) (Historie a předchůdci SÚJB, 2018).

Nespornou výhodou pro toto užití je nízký podíl nákladů vstupní suroviny na cenu energie (v podmínkách ČR je v dlouhém období cca 15%) (Vaněk, 1970). Významné je použití rovněž ve vojenském průmyslu. Při dosažení iniciace řetězové reakce v nadkritickém množství dochází k uvolnění vícero typů různých energií (tlakové, termické, elektromagnetické a rovněž radiační a ionizační působení) (Jaderné reakce a jaderná energie, 2016).

3.4 Historie těžby uranu

3.4.1 Od středověku až do r. 1945

Prvotní necílenou těžbu uranových rud lze datovat v českých zemích již v 16. století, kdy středověcí horníci dobývající stříbrné rudy detekovali šedočerný nerost kovového vzhledu. Již tehdy byl z různých důvodů (absence stříbra v místě výskytu, podobnosti se smůlou, avšak možná i kvůli intuici v souvislosti s negativními účinky na zdraví) nazýván smolincem (var. smolkou). Vzhledem k tomu, že nebylo známo možné využití, byl v případě potřeby vytěžen deponován jako hlušina. Jak již bylo uvedeno výše v textu, hlavní využití bylo od 2. pol. 19. století zejména jako zbarvující přísada do skla, kdy lze označit těžbu jako cílenou ve vyšším měřítku. Podle Ottova slovníku naučného bylo v r. 1904 vytěženo 17 193 kg uranu, a to výhradně na uranovém zrudnění v jáchymovské oblasti (Majer, 2004).

3.4.2 Poválečné období

Ihned po válce strategie tvorby zásob i výrobní spotřeba radioaktivních nerostů pro účely konstrukce nukleárních zbraní i následně rozvoje energetiky v SSSR vedly ke strmému rozvoji těžby v tehdejší Československu, které mělo významná ložiska. Již v závěru roku 1945 Československá Republika a Sovětský svaz uzavřeli mezinárodní dohodu o vyhledávání, těžbě a dodávkách československých radioaktivních surovin do SSSR, kterou měl v gesci (až do r. 1992) tehdy vzniklý Československý uranový průmysl, s. p. (ČSUP). Značný význam měla lokace a forma výskytu v daném prostředí; nacházejí se v různých hloubkách (až několik km), což ovlivňuje možnosti dobývání (loužením, přímou těžbou). Uranová ložiska v ČR jsou hydrotermálního původu a vznikly jako výsledek tektonické činnosti různými cestami migrace geotermálních roztoků, kdy hlavní minerály uranového zrudnění v českých zemích je smolince tzv. 1. generace odhadovaného stáří 250-290 mil. let, smolince 2. generace 208 milionů let (Majer, 2004).

Od roku 1946 byla ověřována oblast starých odvalů v Jáchymově po těžbě rud. Zdejší prvotní poznatky z průzkumu a těžby ložisek determinovaly základy budování a rozvoje uranového průmyslu v tuzemsku a také rozvoj průzkumných metod. S využitím emanačních metod v tradičních rudních revírech byla nalezena další uranová ložiska – Horní Slavkov (1946), Příbram (1947). K hlavním lokalitám s výskytem uranového zrudnění v ČR patřilo Jáchymovsko, Horní Slavkov a ve středních Čechách Příbram, kde bylo zjištěno zrudnění s výskytem uranu u cca 50 % z 2 500 žil a odžilků, z nichž více než polovina byla zrudněna uranem, dále Stráž pod Ralskem, Hamr na Jezeře a další. Zejména na počátku 50. let došlo k rapidnímu nárůstu těžby uranu, kdy maximální produkce dosáhla až 3 000 tun uranu za rok, a do ukončení aktivní těžby, resp. zpracování v České republice bylo od roku 1945 vytěženo, resp. následně vyrobeno z vytěžené rudy 110 000 t U_3O_8 . Rekordním rokem těžby je 1960, kdy byla překročena hranice 30 000 t (Blažek, 2009).

Průzkum příbramského ložiska je datován do roku 1947, kdy radiometricky zkoumala staré odvaly z rudných prací skupina geologického průzkumu Jáchymovských dolů. Nálezy rud patří do jihovýchodní lokace od bohutínského rudného ložiska, v oblasti Lešetic, dále Hájů a Bytízu. Hloubení šachet (Vojna 1 - Lazsko a Vojna 2 – Kamenná u Příbrami) bylo zahájeno v roce 1948. V druhé polovině roku 1956 vedení uranových dolů přijalo rozhodnutí o prohlubování příbramského ložiska z předpokládané hloubky 500 m

na 1 000 m. Průměrná produktivita uranového obsahu v rubanině byla 2,12 g/m³ a vytěženo bylo 48 432 t uranu, tj. 96,5 % z celkového obsahu uranu z tohoto ložiska, který činil 50 200 t (Kafka, 2003).

Uranová produkce byla tuzemským významným průmyslovým odvětvím v České republice, v produkci uranového koncentráту zaujímala Česká republika přední příčky ve světě (8.-9. místo). Z hlediska počtu zaměstnanců v uranovém průmyslu byl rekordní r. 1955 (více než 46 000 pracovníků). V průběhu let však došlo k vyčerpání nejvíce rentabilních těžebních lokalit, a situaci dále ovlivnily externí ekonomické a politické trendy. Vzhledem k světové nadprodukcí uranu v letech 1970-1985 v kontextu zpomalení výstavby jaderných elektráren došlo k rozkolísání tržních cen v globálním měřítku a po roce 1989, kdy byly na světový trh umístěny rovněž uvolněné zásoby zemí bývalého východního bloku, klesla cena až na 19 USD/kg. Přesto bylo zobchodováno pouhých 20 % disponibilní nabídky (Blažek, 2009).

V reakci na tento vývoj již v říjnu 1989 přijala vláda ČSSR Usnesení č. 94 o útlumovém programu pro těžbu uranu a související činnosti, avšak tento dokument již pouze potvrzoval probíhající trend čs. uranového hornictví. Od roku 1993 se ČSÚP transformoval do dnešního státního podniku DIAMO. Po roce 1992 měla roční produkce uranu v ČR silně degresivní trend, kdy z cca 10 000 t klesala na cca 4 t v r. 2004, následně dále na 193 t uranu v r. 2014. V roce 1999 byl vydán základní koncepční dokument ve vztahu k nerostným surovinám a dobývání vyhrazených nerostů s názvem Surovinová politika, který definoval taxativně tyto cíle: „ukončit těžbu uranu a zabezpečit ochranu jeho významných zdrojů pro další případné využití“ a „zabezpečit sanace dlouhodobých následků těžby uranu“. Lze ovšem konstatovat, že další právní akty ovlivňující těžbu a zpracování uranových rud nekorespondovaly s takto vytčenou politikou. Jedná se zejména o:

- usnesení č. 1316 vlády České republiky ze dne 12. října 2005 k dotěžení zásob uranu na ložisku Rožná v lokalitě Dolní Rožinka,
- usnesení č. 565 vlády České republiky ze dne 23. května 2007 k prodloužení těžby uranu na ložisku Rožná v lokalitě Dolní Rožinka a

- usnesení č. 1086 vlády České republiky ze dne 22. prosince 2014 k dalšímu postupu těžby uranu na ložisku Rožná v lokalitě Dolní Rožínka a k předpokladům další možné těžby uranu v České republice

Je prokazatelné, že cena oxidu uranu U_3O_8 (Obr. 3) na světových trzích ziskovostí dlouhodobě překračovala nákladovost rentability těžby na již otevřených těžebních lokalitách v ČR, což vedlo k rozsáhlým kritickým diskuzím (zaměstnanost x ekologie x ekonomičnost).

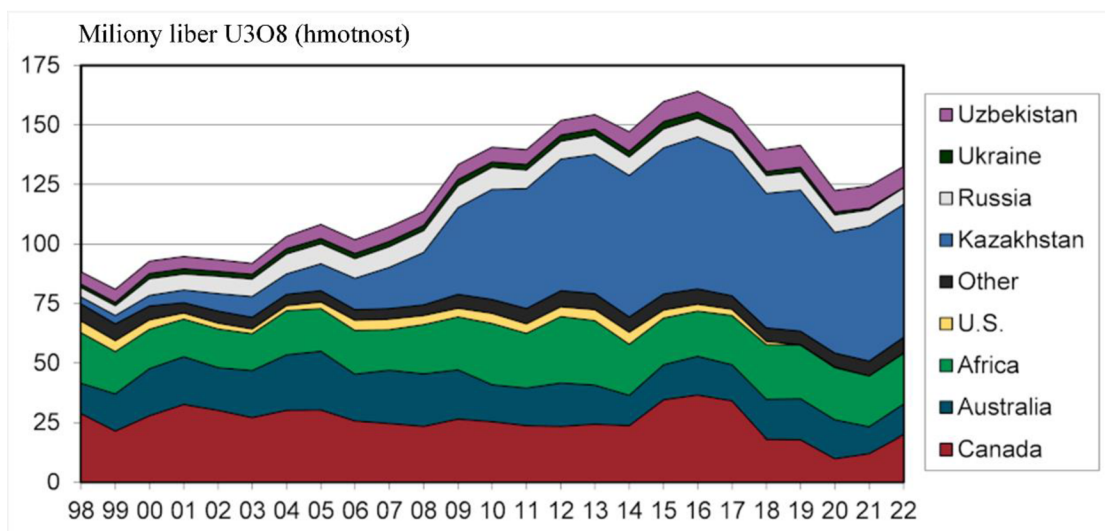


Obrázek 3: Vývoj ceny uranu v letech 1988-2015.

Zdroj: <https://energetika.tzb-info.cz> (vlastní úprava)

3.5 Zásoby uranu

Uranové doly v roce 2023 provozuje aktivně 20 států. Stávající obchodovatelná produkce dosahuje ve světovém měřítku sumární hodnoty 67 000 t tun uranu *per annum*. Aktuálně je největším producentem na světě Kazachstán, avšak z pohledu objemu disponibilních zásob uranu patří prvenství Austrálii. Kazachstán, Kanada, Austrálie, Niger, Rusko a Namibie má na celosvětové těžební produkci 85% podíl (Obr. 4) (Majling, 2015). Zatím světové známé zásoby uranu dosahují odhadu 5,7 milionů tun a v případě jejich spotřeby výhradně v jaderných reaktorech jsou dostačující na cca 90 let (Uranium Mining Overview, 2023).



Obrázek 4: Zásoby uranu ve světě v letech 1998-2022.

Zdroj: <https://www.uxc.com>

3.5.1 Zásoby uranu v České republice

Uran tvoří příměs v mnoha horninách zemské kůry a jeho minerály jsou součástí mnoha lokací. Celkem je v ČR evidováno 203 rudních výskytů. Pouze některá zrudnění jsou však významná pro současné technologické možnosti (Obr. 5). Dalším významným faktorem je jeho rentabilita (Tab. 1).

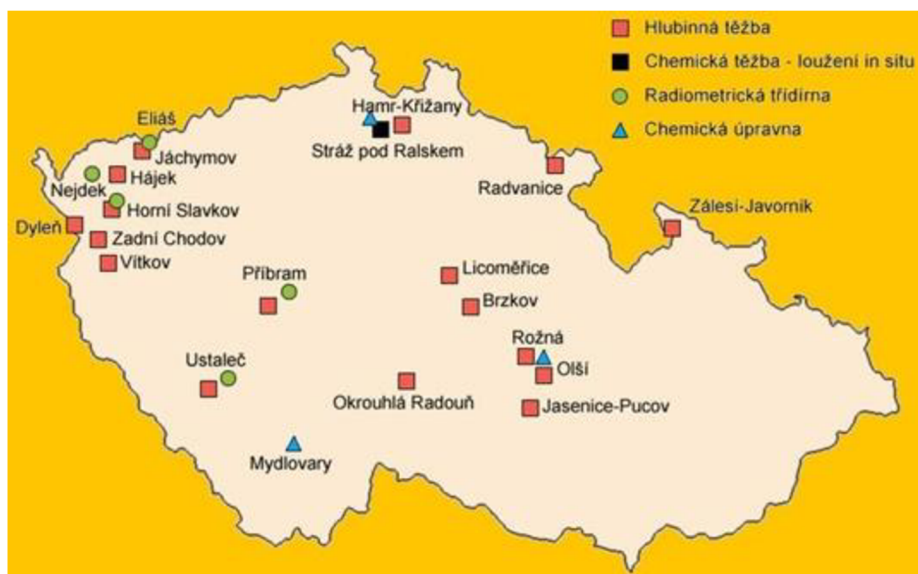
Tabulka 1: Zásoby uranu v ČR.

Počet ložisek; zásoby; těžba

* V současnosti nevyužitelné prognózní zdroje pískovcového typu v české křídové pánvi

Rok	2017	2018	2019	2020	2021
Počet ložisek celkem	7	7	7	7	7
z toho těžených	1	1	0	0	0
Zásoby celkem, t U	134 948	134 948	134 862	134 833	134 825
bilanční prozkoumané	1 300	1 300	1 300	1 300	1 300
bilanční vyhledané	19 448	19 448	19 448	19 448	19 448
nebilanční	114 200	114 166	114 114	114 085	114 077
vytěžitelné	276	276	276	276	276
Těžba, t U	56	34	33	29	27
Produkce koncentráту, t U*	59	29	33	28	26

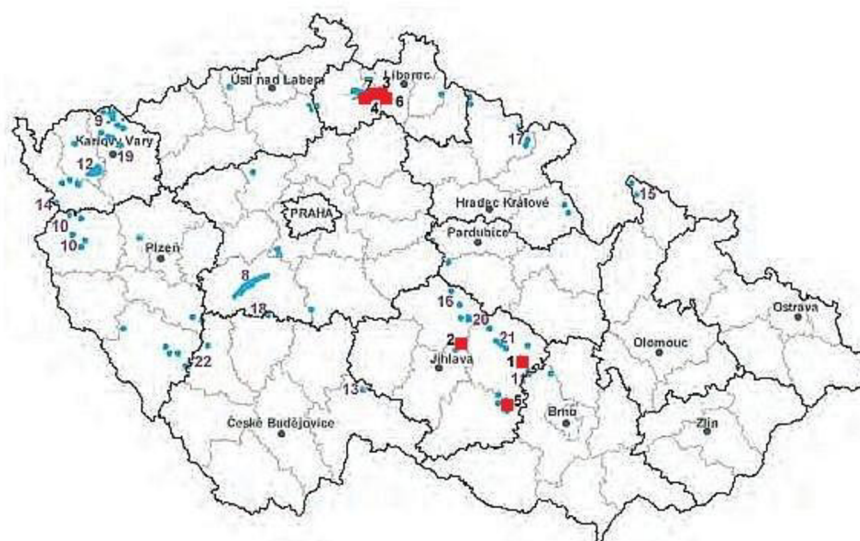
Zdroj: <https://cgs.gov.cz>



Obrázek 5: Mapa výskytu uranu včetně zpracování.

Zdroj: <https://www.psp.cz>

Česká republika je historicky s celkovou produkcí přes 113 000 t uranu (1946–2018) celkově v pořadí na 12. místě na světě, řadu let se udržovala na 8., resp. 9. příčce. Ještě v r. 1992 dosahoval podíl ČR na světové produkci 4 %, dle posledních dostupných statistik (2021) je produkce 30 t *per annum* 0,1% podílem na světové těžbě. Těžba uranu v ČR probíhá nyní pouze ve formě čištění vod v rámci sanací, majoritně po těžbě *in-situ* loužením uranových rud. Není předpoklad zahájení těžby v dohledné době, ačkoliv zásoby v těžitelném stavu jsou ve vybraných ložiskách nadále k dispozici (Obr. 6).



Obrázek 6: Výhradní evidovaná ložiska uranové rudy v České republice.

Zdroj: <https://oenergetice.cz>

3.5.2 Zásoby uranu ve světě

Následující přehled vykazuje identifikované zásoby uranu ve světě při realizovatelné ceně pod 130 USD/kg (Tab. 2 a Tab. 3).

Tabulka 2: Zásoby uranu ve světě.

Zásoby		
2019		
Země	mil. t	%
Austrálie	1 692 700	27,5
Kazachstán	906 800	14,7
Kanada	564 900	9,2
Rusko	486 000	7,9
Namibie	448 300	7,3
Jižní Afrika	320 900	5,2
Brazílie	276 800	4,5
Niger	276 400	4,5
Čína	248 900	4,0
Mongolsko	143 500	2,3
Uzbekistán	132 300	2,2
Ukrajina	108 700	1,8
Botswana	87 200	1,4
Tanzanie	58 200	0,9
Jordánsko	52 500	0,9
USA	47 900	0,8
ostatní	295 800	4,8
svět	6 147 800	100,0

Zdroj: vlastní zpracování na základě publikace Uranium 2020 dostupné z <https://read.oecd-ilibrary.org>

Tabulka 3: Zásoby uranu ve světě část 2.

2020			
Země	mil. t	% svět	% EU
EU	65 511	1,1	100,0
Španělsko	34 350	0,6	52,4
Slovinsko	12 200	0,2	18,6
Švédsko	9 595	0,2	14,6
Portugalsko	7 000	0,1	10,7
Finsko	1 500	0,0	2,3

Zdroj: vlastní zpracování na základě online publikace Uranium 2020, dostupné z <https://read.oecd-ilibrary.org>

Mimo uvedenou klasifikaci (kondici bilančnosti zdrojů) a bilanci zásob zemí EU jsou v EU vykazovány zásoby 17 956 tun uranu v Maďarsku.

3.6 Hornické město Příbram

3.6.1 Vývoj do r. 1945

Vztah Příbrami k hornictví je více než tisíciletý. Již ve starých pověstech českých je věštba o vrchu březovém, plném stříbra, lidová slovesnost zachytila rovněž zavalení příbramských dolů při sporu Horymírem z Neumětel.

Písemným pramenem o těžbě je však až listina z 21. dubna 1311. V blízkém okolí Příbrami se nachází zlatonosné potoky, a na významném ložisku na Březových Horách a v jihozápadně ležícím Bohutíně zpracovávaly ve 13. stol. stříbronosné rudy rovněž s obsahem dalších prvků, zejm. řady Pb – Zn, v okolí (Žežice) se těžily rovněž železné klobouky vystupující k povrchu – tzv. gosánný. Příbram se stává v 17. století horním královským městem (vedle již takto privilegovaných Březových Hor ležících v těsném sousedství, s nimiž se posléze ve 20. století sjednotila), avšak během staletí význam těžby postupně upadal. Nový rozmach oživil těžbu změnou od ke způsobu hlubinného dobývání svislými jámami s rozrážkami (dříve převládalo podpovrchové dobývání s úpadními šikmými jámami či štolami) (Ježek, Historie dobývání stříbra, olověných a železných rud na Příbramsku, 1975).

Hlavní zásluhu v této iniciaci má Jan Antonín Alis, rodák z blízké Vysoké Pece (dnes součást Bohutína), který své zkušenosti nabral na ostravském a kutnohorském revíru. Zejména jeho zásluhou byl březohorský rudní revír v 19. stol. jedním z nejvýznamnějších ve světovém měřítku. Bylo zde dosaženo několika světových prvenství. Alisem zaražený důl Vojtěch dosáhl v roce 1875 poprvé na světě 1 000 m svislé hloubky při použití jediného těžního lana, důl Anna byl ve třetí dekádě 19. stol. nejhlubším dolem na světě, koncem 19. století bylo prostřednictvím březohorského důlního závodu dodáno na trh 97,7 % celé rakousko-uherské produkce stříbra (cca 100 kg denně) a olova, což přinášelo až 2 miliony zlatých *per annum* (Ježek, 1992) (Velfl, Příbram v průběhu staletí, 2003).

Vědecký rozvoj byl zajištěn rovněž vznikem montánního učiliště v Příbrami, které se postupně transformovalo do Vysoké školy báňské (v r. 1946 přestěhována do Ostravy). Po stoletém období rozmachu v polovině 90. let 19. století přišly důsledky hluboké hospodářské krize, do níž se hornictví dostalo kvůli poklesu cen stříbra a dalších drahých kovů na světových trzích. Tato situace se o sto let později opakovala i při těžbě

uranu 20. stol. tak zastihlo revír stříbrnosného zrudnění v udržovacím stavu; hlavní rentabilní ložiska již byla vydobyta. Ztráta pracovních příležitostí měla svůj odraz rovněž v demografii. Počet obyvatel města: 1890 – 13 421, 1930 – 10 469, 1950 – 9 945. Válečné období bylo sice ve znamení opětovné otvírky několika uzavřených dolů, avšak k rozvoji nedošlo, německá válečná mašinérie na území protektorátu realizovala tzv. rabování ložisek (Valenta V. , 1995).

3.6.2 Poválečný rozvoj hornictví v Příbrami

Od r. 1945 byla realizována obnova a částečná modernizace několika dolů. Již v prvním čtvrtletí r. 1946 Ministerstvo průmyslu ČSR zřídilo Příbramské rudné doly jako národní podnik, avšak vzhledem k vyčerpání rentabilní části ložiska již vzestup rudného hornictví na Příbramsku nenastal a v r. 1978 byla aktivní těžba ukončena. Přesto nadále byly produkovány rudné prvky opakovaným přemíláním starých odvalů na úpravně Březové hory za použití modernějších technologií, a to až do r. 1994. V rudních revírech Březové Hory a Bohutín se v poválečném období vytěžilo celkem 509 t stříbra, 65 000 t olova a 37 600 t zinku (Ježek & Suček, 1996).

Další kapitolu hornictví začalo v Příbrami psát uranové ložisko, a to od r. 1947. Strategická surovina ovlivnila život celého města. Počet obyvatel do r. 1980 vzrostl o více než 300 %. Personální zajištění výroby byl příslib přidělení bytu pracujícím v uranových dolech do dvou let. Plánovaná výstavba nového sídliště s 900 byty se již před její realizací v r. 1954 ukázala jako nedostatečná a byla navýšena na 3000 bytových jednotek, územní plán předpokládal výstavbu domů pro 37 200 obyvatel (Velfl, Cílek, Doležalová, & kol., 2022).

V r. 1968 došlo k navýšení původního územního plánu na 50 000 obyvatel, nicméně maximum v roce 1985 čítalo 39 376. Příbram z relativně chudšího rudného hornického města dosahovala špičkové životní úrovně doprovázené odpovídající výstavbou (nemocnice, kulturní zařízení, lesoparky, sportoviště, školství). Po celou dobu se však tato i bytová výstavba potýkala i násobným překračováním časového plánu, neboť platy stavbařů byly oproti hornickým nízké a rovněž preference dodávek stavebních materiálů směřovala do výstavby hornických provozů. Smutnou kapitolu tvoří tzv. pracovní lágry, které dodávaly značnou část pracovní síly z řad politických vězňů (Velfl, Cílek, Doležalová, & kol., 2022).

3.7 Příbramské uranové haldy

Příbramské ložisko (Obr. 7) se stalo největším realizovaným dobývacím prostorem uranového zrudnění v Československu. Postupně bylo v letech 1948-1965 zahloubeno 25 hlavních šachet s číselným značením (Vojna: 1 a 2, Kamenná: 3, 3A a 3C, Lešetice: 4, Brod: 5 a 6, Třebско: 7, Jeruzalém: 9, Bytíz: 10, 11 a 11A, Háje 16 a 21, Dubenec: 19, Drásov: 20, Skalka: 22, Obořiště: 23, Libice: 24 a Daleké Dušníky: 25) (Pauliš, Kopecký, & Černý, 2007).



Obrázek 7: Uranový revír Příbram.

Zdroj: <https://www.montanistika.cz>

Vyrubaný prostor je odhadován na 44,5 mil. m³, z toho cca 2/3 představoval v blízkosti důlních děl uložený odval (26 lokací). Těžba byla realizována otvirkou celkem 41 jam. Sanaci samovolným rostlinným pokryvem znemožňuje biologická inertnost odvalu bez obsahu humusu, spolu se značným sklonem a vyvýšením výsypkového tělesa a kusovostí, kdy nelze po desítkách let nalézt významný výskyt náletových rostlin (Kafka, 2003).

3.7.1 Podpovrchové rekultivace

Likvidace jednotlivých úseků ložiska byla zahájena postupně a již za provozu byla řešena závážkami; po ukončení těžby nebyly čerpány důlní vody a došlo postupně k zátopu, mimo jam šachet 16, 11A a 13, které díky hranici doteku granitu posloužily k výstavbě podzemního zásobníku stlačeného zemního plynu. Jámy č. 10 a 21 byly zasypány r. 1990, stejně tak i jámy č. 17, č. 11 a 19. Jáma č. 5 byla zakryta betonovým poklopem a zasypána. Po definitivním ukončení čerpání důlních vod v letech 1995 a 1996 byly zasypány rovněž i jámy č. 2 a 9 (Kafka, 2003).

3.7.2 Výsypky a odkladiště

Kalová pole (I, II.) mezi obcemi Dubno, Háje a Bytíz jsou realizačně sanována závozem a pokrytím zeminou k biologické výsadbě. Rekultivace na dosud realizovaných hlušínových haldách probíhaly odvozením určitého objemu materiálu a následným snížením sklonu svahů za pomoci těžké techniky. Odvaly č. 7, 21 a 23 byly postupně odtěženy, část hlušiny z dolu 21 byla detekována jako zdroj stříbra a byla přetříděna úpravárenskými metodami. Nižší terénní odvaly pozic šachty č. 1, 5, 10 a 20 byly následně zčásti zalesněny. Materiál z jam č. 11, 11A a 16 byl zpracováván úpravárenským způsobem (drcení, třídění) na kamenivo a kamenné drtě (Kafka, 2003).

U odvalu šachty č. 2 došlo k realizaci návozu vyvezeného bahna z příbramského revitalizovaného rybníku (Fialův) a prostor odvalu byl následně zalesněn. Zalesnění, které se jeví jako jeden z vhodných způsobů, obecně nepodporuje řada specifíků odvalů (zrnitost, svahovitost, sesedání, omezená soudržnost, nulový obsah biologických látek, propustnost tělesa, retence vody aj.). Zmírnit některé podmínky lze pouze částečně. Rovněž vytváření nových podmínek dodaným materiálem nese svá omezení (rybníční a čistírenské kaly či lesní výsadba ohrožená rovněž např. okusem) (Archiv DIAMO, př89-K14-pol5, 1989).

3.7.3 Dopad těžby uranu na lidské zdraví

Přetrvávajícím problémem pozůstatků uranového hornictví je zejména ionizující záření, jež se v nebezpečných koncentracích vyskytuje zejména v uzavřených prostorech s aktivitou rozpadových prvků radonové řady (plynné skupenství). Způsobují v lidském organismu zejména růst novotvarů z poškození buněk působením záření. Tyto plynné prvky vystupují na povrch země i v oblastech bez těžby (včetně obydlí) a jsou za vhodných podmínek rozptýleny odvětráním či jinak eliminovány (protiradonová opatření). Z daného důvodu však není vhodné využití hlušin pro výstavbu a v obydlených oblastech je problémem rovněž i pouze transport tohoto materiálu (prašnost, rozsyp...) (Radioaktivita - specifikum uranového hornictví, 2020).

4 Metodika

Pro zhotovení této bakalářské práce bylo nutné se seznámit se samotnými odvaly, jejich velikostí, objemem materiálu i jejich umístěním v krajině. K přesnému začlenění pod daný katastrální úřad obce či města byl využit portál ikatastr.cz a k měření vzdálenosti odvalů od obcí případně od ostatních objektů, byly použity mapy.cz. Pro těžbu kameniva byl určen předem vytipovaný seznam odvalů s obsahem uranových rud a těžkých kovů se zátěží na životní prostředí, který předložil s. p. Diamo v rámci záměru sanace a rekultivace odvalů v roce 2017. Pro vyhodnocení dat v praktické části práce bylo provedeno zmapování a vytipování odvalů určených k likvidaci analýzou jejich obsahu, záborem pozemků, hmotností a objemem materiálu na nich uložených a dopadem na životní prostředí podle měřeného i předpokládaného obsahu radioaktivního materiálu, radionuklidů, úniků radonu, vlivu na znečištění důlních vod i vzdáleností od zástavby.

Hmotnost kameniva byla vypočítána na základě matematického vzorce, který předpokládá průměrnou hmotnost kameniva na 1 m³ objemu kolem 1,8 t. K vypočítání celkové hmotnosti odvalů jsme tedy použili výpočet: počet m³ * 1,8 = hmotnost v tunách. Tento výpočet používá Diamo k určení hmotnosti stavebního kameniva, které se bude z odvalů těžit a nabízet pro stavební účely.

K fyzickému zdokumentování centrální plochy odvalu a těžní věže šachty č. 16 byly pořízeny vlastní fotografie na mobilní telefon. Údaje o velikosti a složení odvalů byly čerpány z odborné literatury s. p. Diamo, webů Ekomonitoru, obce Háje, MěÚ Příbram a techniky zpracování kameniva také z interních zdrojů ECOINVESTU. Některé obrázky byly upraveny a doplněny o popisky, případně byly popisky přeloženy do češtiny. Pro získání názoru veřejnosti na záměr sanace a rekultivace odvalů bylo uskutečněno interview se zaměstnanci hornického muzea Příbram. Výběr respondentů spočíval v dlouhodobé pracovní spolupráci autora s hornickým muzeem Příbram, kde někteří ze zaměstnanců jsou buď přímo bývalí havíři z uranových dolů Příbram a mají v dané tématice vysoké znalosti, anebo mají profesně k této tématice velmi blízko a zároveň se s nimi autor osobně zná. Rozhovorů se zúčastnil bývalý havíř pan Vojtěch Kříž a Jan Falát mladší, člen spolku Řimbaba, syn bývalého havíře Jana Faláta st. a další zaměstnanci hornického muzea v Příbrami, kteří byli součástí provozu či likvidace pozůstatků zanechaných po těžbě v příbramském uranovém revíru.

Nakonec byla provedena analýza a porovnání jednotlivých variant sanace odvalů, výhody i nevýhody jednotlivých variant s ohledem na dobu realizace, finanční náročnost, dopady na životní prostředí a místní zátěž obyvatel. Proběhlo vyhodnocení nejlepší varianty sanace a rekultivace odvalů s nejvyšším přínosem zejména z hlediska rychlosti realizace a co nejnižšího dopadu na životní prostředí a životy obyvatel i přesto, že z jejich pohledu se jako optimální varianta jeví k žádné likvidaci odvalů nepřístupovat.

5 Praktická část práce

Praktická část se zaměřuje nejprve na posouzení současného stavu odvalů a následně definuje čtyři možné varianty sanace a rekultivace odvalů včetně transportu materiálu, jeho třídění, zpracování, možného využití na stavební kamenivo a využití rekultivovaných ploch. V rámci každé varianty dochází k její analýze, jež zahrnuje vyhodnocení pozitivních i negativních aspektů ve vazbě na jejich dopady vůči životnímu prostředí a zatížení místních obyvatel s následným vyhodnocením nejlepší varianty sanace odvalů.

5.1 Současný stav odvalů na Příbramsku

Po těžbě na uranových dolech, která trvala celých 44 let, zůstalo dochováno mnoho odvalů v širokém okolí. Několik let zde probíhají jednání ohledně těžby kameniva a sanace určitých odvalů. Na odvalech po těžbě uranu v příbramském ložisku (Obr. 8) se aktuálně nachází téměř 28 milionů m^3 (asi 40 milionů tun) materiálu. Odvaly obsahují přibližně 400 000 t uranových rud. Z principu se jedná o velkou ekologickou zátěž pro tento region a je proto důležité, aby byl zvolen vhodný a šetrný způsob, jakým bude probíhat likvidace, s co nejmenším dopadem na životní prostředí. Na jaře roku 2017 se konalo jednání pod vedením odštěpného závodu státního podniku Diamo. Koncepti představil ředitel Zbyněk Skála. Zahrnovala čtyři možné varianty likvidace odvalů (Kahan, 2017).



Obrázek 8: Základní charakteristika uranového ložiska Příbram.

Zdroj: <http://www.ekomonitor.cz>

Odval šachty č. 15 (Obr. 9) je největší a nejvíce radioaktivní v celém uranovém revíru. Nachází se na něm přibližně 12,76 mil. t radioaktivního materiálu a zhruba 640 t uranu. Zároveň tento odval obsahuje nejvíce přírodních radionuklidů, které znamenají zvýšenou radiační zátěž pro blízké okolí, zejména pro přilehlé obce Brod a Lešetice. Radiaci v Brodě monitoroval SÚJB v letech 2000 až 2015 a byla odhadnuta na zhruba 0,5 mSv za rok. Maximální limit 1 mSv za rok tedy není překračován (Smutná, 2016).



Obrázek 9: Odval šachty č. 15 - největší odval hlušiny po uranových dolech.

Zdroj: <https://www.idnes.cz>

Vyčištěný materiál z odvalů by bylo možné nadále využívat pro stavební účely. Po vytržení materiálu a separaci uranu by jej bylo možné využívat jako jaderné palivo pro provoz jaderných elektráren. Vhodnost použití uranu z odvalů ale samozřejmě závisí na kvalitě uranu a tím je ovlivněno i možné využití. To by bylo pro ČR velmi ekonomicky výhodné. Podle dosavadních průzkumů se nová ložiska uranu v ČR nachází právě v příbramském podzemí a také v severočeské křídě. ČR by mohla být z hlediska potřeb uranu pro průmysl, zejména pro jaderné elektrárny, zcela soběstačná (Lepka, 2003).

5.1.1 Šachta č. 16 a centrální odval

Šachta č. 16 byla zaražena roku 1957 a těžba uranu zde probíhala až do roku 1976 jakožto posílení těžby uranu v bytízské oblasti. Původně byla projektována do 22. patra, tj. do 1 160 m hloubky, nakonec ale její hloubka v roce 1975 dosáhla 1 838,4 m, čímž se stala nejhlubší jámou ve střední Evropě. Roku 1989 byly na 21. patře zahájeny práce na tlakových uzávěrech průzkumných překopů pro výstavbu podzemního zásobníku plynu Háje (PZP Háje) a v dubnu 1992 byla zahájena výstavba plynového zásobníku. V červenci 1998 byly dokončeny likvidační práce na 21. patře a ložisko se začalo samovolně zatápět. Objem materiálu na odvalu činí přibližně 573 496 m³ (Historie bývalých uranových dolů Příbram (I. část), 2013).

Centrální odval se nachází v katastrálním území obce Háje, od které je vzdálen zhruba 400 m. V blízkosti odvalu na severovýchodě se nachází také obec Bytíz, od které je vzdálen přibližně 900 m, severně od odvalu se nachází Věžnice Příbram (Bytíz) vzdálená zhruba 700 m a odkaliště s. p. Diamo vzdálené zhruba 800 m. Těžební věž šachty č. 16 leží zhruba 200 m přes silnici II/118 spojující Příbram, Háje a Jablonnou. V těsné blízkosti odvalu ve vzdálenosti přibližně 600 m východně prochází dálnice D4 (iKatastr, 2023).

5.2 Budoucnost těžby kamení z odvalů

Likvidace odvalů je dlouhodobě plánována jako součást zahlazování pozůstatků hornické činnosti. S. p. Diamo zveřejnil na začátku roku 2017 koncepci se čtyřmi možnými variantami likvidace odvalů, která vyplývá z jednání v prosinci 2016 v Milíně, kde s. p. Diamo seznámil s touto koncepcí zástupce všech obcí dotčených sanací a rekultivací na uranovém ložisku Příbram.

Z vyhodnocení koncepce likvidace odvalů vyplývá, že likvidace odvalů vyžaduje významnou technickou, organizační a finanční podporu státu. Dle aktuální regionální poptávky po stavebním kamenivu o objemu 120 tisíc tun materiálu za rok, by dle aktuální koncepce mohla být likvidace odvalů hotova za přibližně 300 let. Je zjevné, že i kdyby se doba likvidace zkrátila přibližně na polovinu, je tato koncepce nesmyslná z důvodu dlouhodobého působení odvalů na lidské zdraví a ekosystémy, tak z důvodu dlouhodobého

blokování územního rozvoje obcí dočasnými stavbami v souvislosti s likvidací odvalů (DIAMO, 2017).

První varianta likvidace odvalů spočívá v postupném odtěžování odvalů dle regionální poptávky po kamenivu. Tato varianta je velmi zdlouhavá a odhaduje se na přibližně 300 let. Při navýšení poptávky by bylo možné teoreticky zkrátit dobu na cca 150-250 let. Po kompletním odtěžení odvalů a důkladné sanaci a rekultivaci bude zátěž ŽP zcela odstraněna a uvolněné území bude možné využívat okolními obcemi bez omezení. Z hlediska územního rozvoje obcí je tato varianta kvůli době trvání likvidace špatně přijatelná (DIAMO, 2017).

Druhá varianta spočívá v sanaci a rekultivaci odvalů na místě v časovém horizontu přibližně 20 let. Sklon svahu odvalů by musel být snížen na max. 18° (současný sklon svahů je cca 38°) a vytvoření kužele, který zabere nejmenší plochu. Tím by se plocha odvalu více než zdvojnásobila a zvětšil by se zábor pozemků až na cca 70 ha, navíc tvar kužele je nepřirozený, a ne příliš přípustný tvar. Nevýhodou také je, že plocha nutná k sanaci a rekultivaci kužele by zabrala více než čtyřnásobek plochy v porovnání s první variantou. Zrekultivovaný odval by bylo možné zpřístupnit veřejnosti, ale byla by zde trvalá stavební uzávěra z důvodu rizika narušení izolační vrstvy a výronu radonu (DIAMO, 2017).

Třetí varianta spočívá v částečném odtěžení odvalů a následné sanaci a rekultivaci na místě. Odtěžený materiál z odvalů by byl přetříděn a vyčištěn. Částečné odtěžení by umožnilo rekultivaci zbytku odvalu bez nadměrného záboru pozemků. Oproti druhé variantě by byla plocha zbytkového odvalu pro sanaci a rekultivaci větší jen minimálně. Doba realizace by byla přibližně 75-125 let. Stejně, jako ve druhé variantě, by byl zrekultivovaný odval zpřístupněn veřejnosti a byla by zde trvalá stavební uzávěra z důvodu rizika narušení izolační vrstvy a výronu radonu (DIAMO, 2017).

Čtvrtá varianta spočívá v přesunu odvalů na jiné místo, na kterém by byl následně materiál zpracován na stavební kamenivo. Kamenivo z většiny odvalů (kromě odvalu u Kamenné) by bylo v časovém horizontu 8-21 let převezeno na jiné místo v blízkém okolí v maximální vzdálenosti 10 km. Jako vhodné pro převoz se jeví odvaly č. 4, 5, 6, 9, 10, 15 a 19, které mají aktuální zábor cca 67 ha a hmotnost kolem 29 mil. t. Minimální plocha, na kterou lze uložit materiál z těchto odvalů, by byla cca 35 ha, ale při dodržení sklonu svahu 18° , tj. sklonu, při kterém lze svahy odvalu rekultivovat, by plocha centrálního odvalu mohla zabírat až 70 ha. Problém se zpracováním kameniva ale zůstane, pouze se přesune

na centrální odval, který díky vhodnému umístění nebude bránit územnímu rozvoji okolních obcí. Nový centrální odval by se měl nacházet v místech, kde bude možné materiál postupně zpracovávat na stavební kamenivo v závislosti na regionální poptávce (podobně jako u první varianty) v dlouhodobém horizontu 50-100 let. Vytríděné uranové a jiné rudy budou převáženy do odštěpného závodu GEAM na Dolní Rožínku k dalšímu zpracování. Území vzniklé odtěžením odvalů by bylo možné využívat k územnímu rozvoji obcí bez omezení. Také se předpokládá přetřídění a rozdrčení části kameniva na jemnou frakci pro zasypaní dutin dolového pole pomocí vrtů (DIAMO, 2017).

V září 2017 následně zveřejnil s. p. Diamo novou koncepci likvidace odvalů na Příbramsku, která navazuje na původní koncepci z jara, ovšem již s detailněji popsány konkrétními postupy. Tvorba nové koncepce likvidace odvalů po těžbě uranu na Příbramsku se musí opírat o výsledky připomínkových řízení k těžebním záměrům proběhlých v minulosti. Nejvíce obav a připomínek vzbuzovaly následující body:

- hluk a prach vzniklý při výrobě kameniva
- riziko znečištění a kontaminace okolí radionuklidy a jinými látkami při výrobě a přepravě kameniva
- problémová dopravní situace na dotčených komunikacích
- nerostné bohatství odvalů není komplexně využito
- v záměrech chybí závěrečná sanace a rekultivace
- neproběhly biologické, hydrogeologické a geologické posudky
- záměr nerespektuje územní plány

Hlavními důvody pro záměr likvidace odvalů je ekologická zátěž a zátěž územního rozvoje. Opakovanými měřeními bylo zjištěno, že odvaly obsahují kontaminanty ve významném množství v podobě arsenu, olova, kadmia, uranu a radia. Odvaly obsahují až 400 000 t uranové rudy s vysokou mírou záření gama o hodnotě až 400 $\mu\text{Gy/hod}$. Z těchto důvodů není možné odvaly zpřístupnit veřejnosti. Z výsledků měření společnosti OPV, s. r. o., Praha vyplývá, že odvaly znamenají střední míru environmentálního rizika. Otázka jako zdrojů vysokých koncentrací radonu nebyla dosud uspokojivě vyřešena. Jak z dlouhodobých měření, tak i z měření za použití speciální měřicí techniky RAMONIS v roce 2016 v obci Brod vyplývá, že koncentrace radonu jsou velmi nízké během zimy a letních dnů, a naopak velmi vysoké během letních nocí, kdy bylo naměřeno až 6 000 Bq/m^3

i více. Důvodem vysokých koncentrací radonu mohou být přízemní inverze s pomalým prouděním vzduchu. Dále může docházet k pohybu a stékání těžšího chladného vzduchu s koncentracemi radonu do údolí k níže položeným obcím. Nutno podotknout, že dosud nebyl překročen limit ozáření obyvatel 1 mSv/rok v dotčených přílehlých obcích. Vlivem odvalů na vznik radonu se zabývá také Katedra fyziky atmosféry Matematicko-fyzikální fakulty UK v Praze na základě požadavku s. p. Diamo. Stávající koncepce likvidace a rekultivace odvalů předpokládala, že veškerý materiál z odvalů bude zpracován na stavební kamenivo pro stavební účely. Kvůli privatizaci ale musel v roce 1996 s. p. Diamo předat výrobní linku společnosti ECOINVEST a přišel o možnost aktivně řešit likvidaci odvalů svépomocí. Mohl tak pouze podporovat zájmy externích privátních společností. MŽP ve prospěch privátních společností vydalo souhlasná stanoviska k dokumentaci EIA pro posuzování vlivu těžby odvalů na životní prostředí. Stanoviska byla doposud vydána na odvaly jámy č. 9 s objemem 4,06 mil. t materiálu, na odval jámy č. 11 s objemem 5,28 mil. t materiálu a odval jámy č. 19 s objemem 7,18 mil. t materiálu. Na odval jámy č. 15 s objemem 12,76 mil. t materiálu zatím nebylo souhlasné stanovisko vydáno (DIAMO-2, 2017). Složení a objem jednotlivých odvalů (Tab. 4).

Tabulka 4: Vlastnosti a objem hlušiny jednotlivých odvalů.

Označení odvalu	Převažující horniny	Kov	Objem [m ³]
Odval jámy č. 1	Proterozoické břidlice	U	439 203
Odval jámy č.2	Proterozoické břidlice	U	645 119
Odval jámy č.3, 3A	Proterozoické břidlice	U	756 130
Odval jámy č.3C	Granodiority, rohovce	U	119 170
Odval jámy č.4	Proterozoické břidlice, prachovce, pískovce	U	2 456 199
Odval jámy č.5	Proterozoické břidlice	U	466 908
Odval jámy č.6	Proterozoické břidlice	U	1 394 160
Odval jámy č.9	Proterozoické břidlice, kontaktní rohovce	U	2 252 655
Odval jámy č.10	Proterozoické břidlice, prachovce, droby	U	333 995
Odval jámy č.11	Kambrické břidlice, droby	U	281 614
Odval jámy č.11 - jižní	Kambrické břidlice, droby	U	1 569 722
Odval jámy č.11 - severní	Kambrické břidlice, droby	U	2 561 727
Odval jámy č.11A	Proterozoické břidlice, pískovce, droby	U	573 213
Odval jámy č.15	Proterozoické břidlice	U	7 507 639
Odval jámy č.16	Rohovce, granodiority	U (Pb)	573 496
Odval jámy č.19	Proterozoické břidlice, slepence, droby	U (Pb)	3 791 488
Odval jámy č.20	Kambrické břidlice	U	555 954
Odval jámy č.21	Rohovce	U (Ag)	120 514
Celkem			26 398 906
Z toho nezrekultivované odvaly v majetku s. p. DIAMO			< 25 000 000

Zdroj: <http://www.ekomonitor.cz>

5.3 Návrh technologie výroby stavebního kameniva

S. p. Diamo připravil v souvislosti se záměrem likvidace odvalů návrh výrobní (drticí a třídící linky) pro výrobu stavebního kameniva. Jednalo by se o separační linku pro separaci uranových rud, ostatních rud a kalcitu, počítá se i s mokrým tříděním kameniva. Samozřejmostí je zakrytování výrobní linky kvůli prachu a hluku. V závislosti na použité koncepční variantě likvidace odvalů mohou vzniknout dvě varianty nasazení výrobní linky. První varianta nasazení výrobní linky počítá s první a třetí koncepční variantou likvidace odvalů, kdy výrobní linka by byla umístěna vždy u konkrétního odvalu a likvidace odvalu a výroba kameniva by probíhala vždy lokálně, přičemž vhodným umístěním linky by bylo možné hluk z výroby omezit. Druhá varianta nasazení výrobní linky počítá se čtvrtou koncepční variantou likvidace odvalů v blízkosti centrálního odvalu (DIAMO, 2017).

5.3.1 Protihluková opatření výrobní linky

S. p. Diamo proto zadal specializované společnosti na protihluková opatření požadavek na vypracování studie před osazením výrobní linky tak, aby hluk z výroby byl co nejnižší. Počítá se také s tím, že by byl pravidelně prováděn monitoring hluku ve 21 stabilních bodech intravilánu okolních obcí (Tab. 5). Cílem studie na protihluková opatření má být minimalizace vzniku hluku a jeho dopadu na okolí. Toho by mohlo být docíleno následujícími opatřeními:

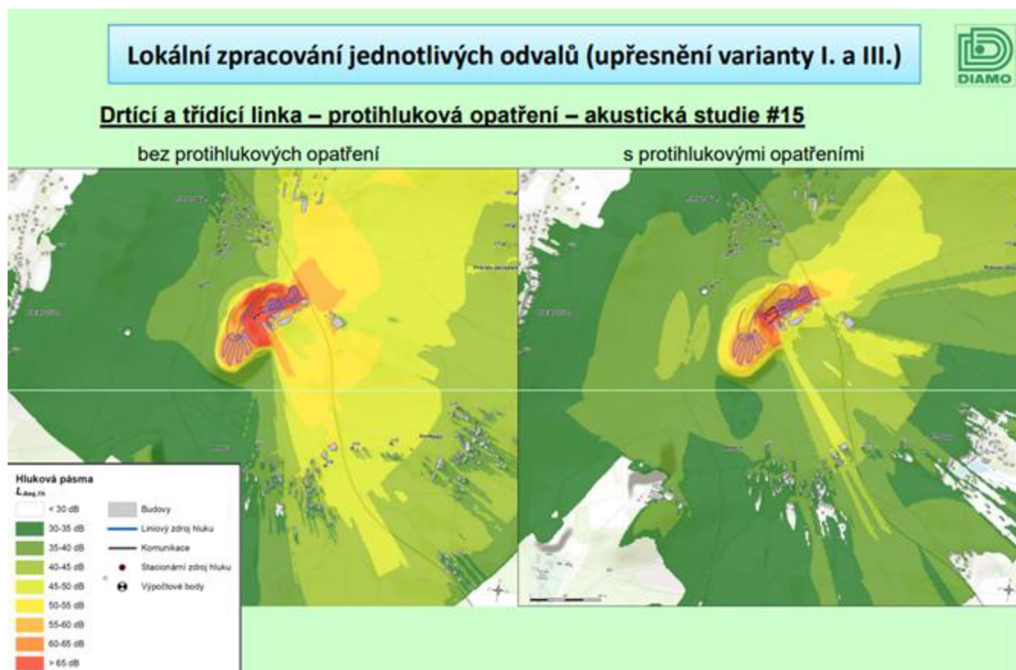
- Vhodným umístěním linky (zákryt odvalu, tvary terénu)
- Umístěním linky do haly, případně zakrytováním nejhluchnějších prvků
- Montáží protihlukových stěn, ev. vytvořením valů z kameniva
- Zakrytováním pásových dopravníků
- Omezením pracovní doby

Byla vypracována příkladová studie pro vybrání nejvhodnějšího místa pro umístění výrobní linky v areálu šachty č. 15. Celkem bylo zkoumáno 8 variant umístění linky ve stabilním čase a posléze po snížení odvalu o 25 m, což odpovídá posunu v čase o 12 let při zpracování 250 000 t za rok. Úkolem bylo navrhnout taková opatření, která by snížila vznik a šíření hluku ve svém okolí v rádiu 2,5 km od výrobní linky. Z výsledku studie očekávatelně vyplynulo, že je možné učinit taková technická opatření, která by dokázala minimalizovat vznik i dopad hluku na blízké okolí. (Obr. 10) (DIAMO, 2017).

Tabulka 5: Vypočtené ekvivalentní hodnoty hluku ve 21 bodech intravilánu obcí.

Výpočtový bod	Výška bodu nad terénem [m]	Vypočtené ekvivalentní hladiny akustického tlaku A z provozu zdrojů hluku a vnitroareálové dopravy		Hygienický limit
		L _{Aeq,8h} (dB)		
		Var 2	Var2b	L _{Aeq,8h} (dB)
		výška 549 m n. m.	výška 538 m n. m.	
Den	Den	Den		
V01	4,5	35,4	35,2	50
V02	4,5	36,6	35,8	
V03	4,5	42,1	38,6	
V04	4,5	39,9	38,7	
V05	1,5	38,9	38,5	
V06	4,5	36,8	36,7	
V07	4,5	36,3	36,2	
V08	4,5	36,7	36,7	
V09	4,5	35,1	37,1	
V10	4,5	30,2	32,2	
V11	4,5	30,3	31,5	
V12	4,5	43,2	41,5	
V13	4,5	44,3	34,7	
V14	4,5	44,4	32,3	
V15	4,5	46,0	35,6	
V16	1,5	46,9	38,7	
V17	1,5	33,4	33,6	
V18	1,5	45,0	35,3	
V19	4,5	33,7	25,7	
V20	4,5	43,6	41,3	
V21	4,5	46,4	40,4	

Zdroj: <http://www.haje-obec.cz>



Obrázek 10: Drtící a třídící linka pro zpracování odvalů - protihluková opatření.

Zdroj: <http://www.haje-obec.cz>

5.3.2 Protiprachová opatření výrobní linky

Proces výroby kameniva bude taktéž zahrnovat opatření pro eliminaci tvorby prachu a budou průběžně vyhodnocovány a aktualizovány. Může se jednat o následující opatření:

- Těžený materiál z odvalu je přirozeně vlhký, tudíž není třeba žádné zvláštní opatření, v suchém období se bude materiál zkrápět a mlžit
- Výrobní linka i dopravní pásy budou zakrytované, případně budou uzavřeny v hale
- Výrobní linka i nakládka kameniva bude vybavena mlžením

Mlžením výrobní linky a materiálu v celém procesu výroby a transportu lze efektivně snížit množství prachu produkované zejména v suchém letním období, nebo by mělo vznik prachu téměř eliminovat (DIAMO, 2017).

5.3.3 Protivibrační opatření výrobní linky

Protivibrační opatření vychází zejména z vhodného umístění drtící a třídící linky na základě geologického průzkumu kvůli eliminaci vibrací přes podloží. Dále je možné výrazně redukovat množství vibrací použitím vhodného typu drtičů, použitím pružných závěsů strojů a antivibračních gumových či korkových podložek pod stroje (DIAMO, 2017).

5.3.4 Možné technické řešení čtvrté varianty

Jedním z nejdůležitějších faktorů ve čtvrté variantě bylo vyhodnocení vhodného umístění centrálního odvalu. Vzniklo několik možných variant umístění, ale s ohledem na zábor pozemků byly navrženy dvě varianty. První varianta počítá s vyšším zábohem pozemků s rozlohou centrálního odvalu kolem 68 ha. Výhodou této varianty je sklon svahu do 18 °, tedy by bylo možné svahy odvalu rekultivovat, nevýhodou je téměř dvojnásobný zábor pozemků v porovnání s druhou variantou (viz. druhá varianta). Počítá se pouze s pozemky ve vlastnictví státu, obcí a firmy ECOINVEST (Obr. 11 a Obr. 12) (DIAMO, 2017).



Obrázek 11: Možné řešení 4. varianty sanace odvalů - vizualizace.

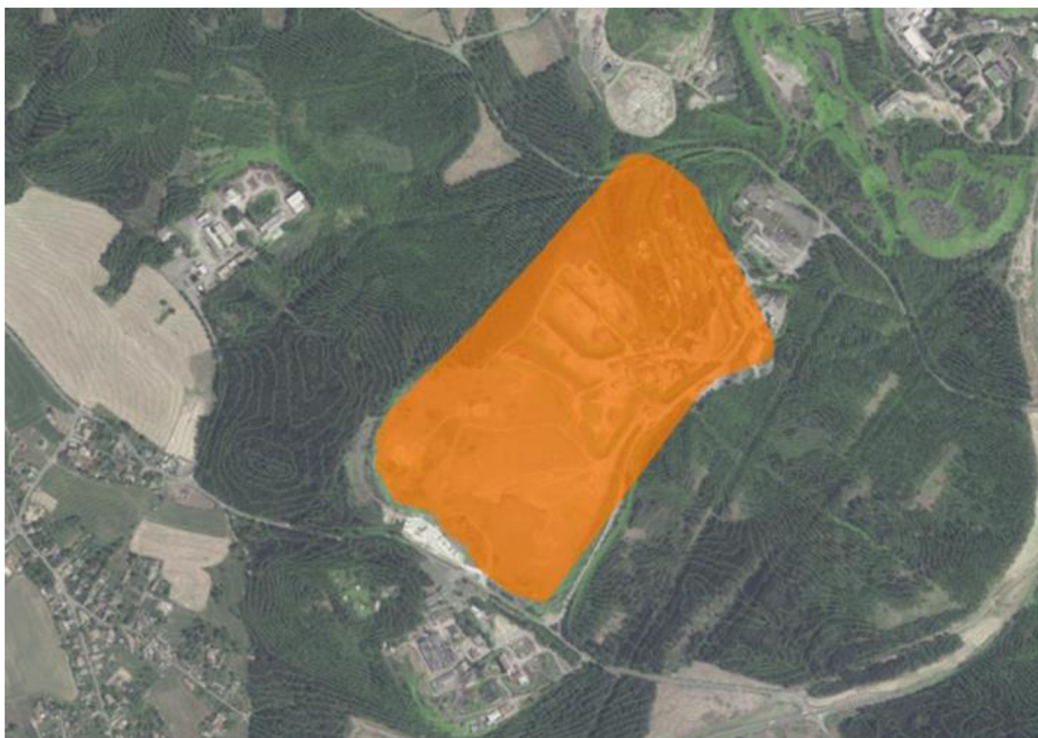
Zdroj: <http://www.ekomonitor.cz/>



Obrázek 12: Možné řešení 4. varianty sanace odvalů – vizualizace 2.

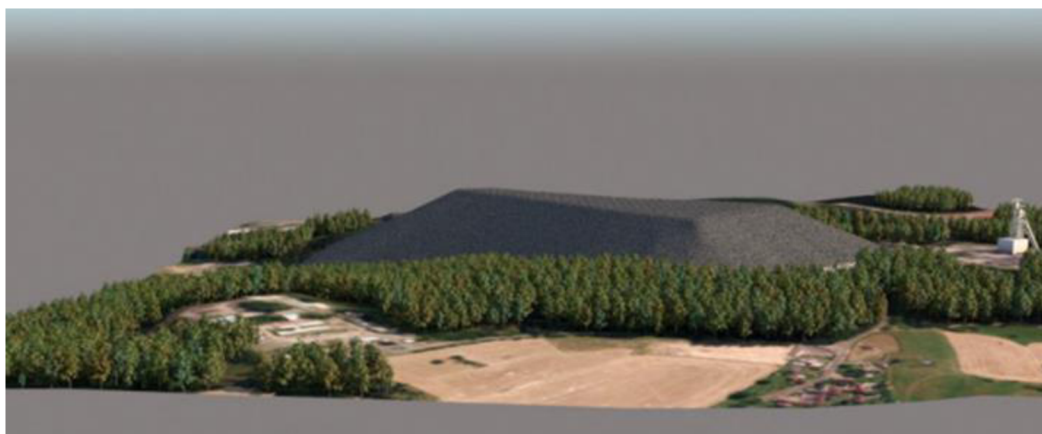
Zdroj: http://www.ekomonitor.cz

Druhá varianta počítá s minimálním záborem pozemků, kdy plocha záboru by byla mnohem nižší než u první varianty, cca 36 ha. Nevýhodou je vyšší sklon svahu, cca 30°. Maximální výška koruny odvalu by byla přibližně o 35 m vyšší než u první varianty a sahala by zhruba do 650 m n. m. tato varianta zahrnuje pouze pozemky ve správě s. p. Diama a společnosti ECOINVEST (Obr. 13 a Obr. 14). V obou variantách se počítá s objemem přibližně 29 mil. t materiálu transportovaného na centrální odval.



Obrázek 13: Možné řešení 2. varianty sanace odvalů - vizualizace.

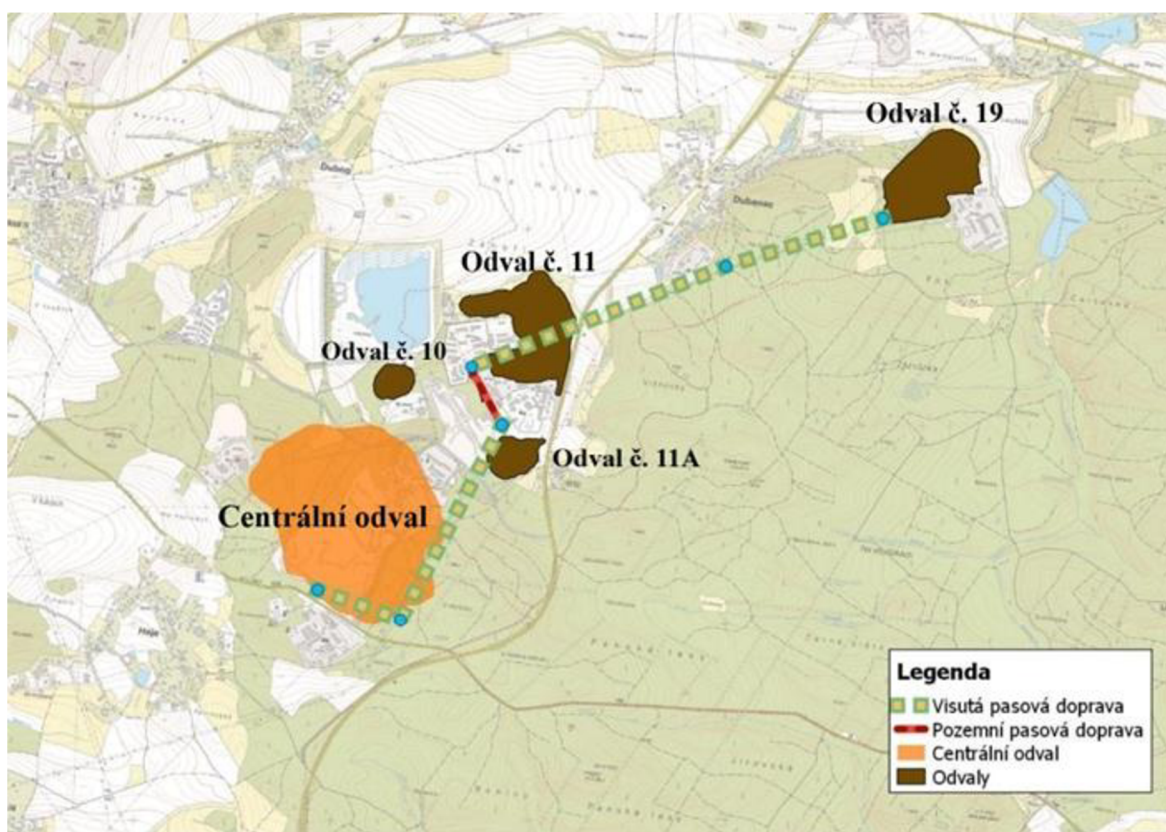
Zdroj: <http://www.ekomonitor.cz>



Obrázek 14: Možné řešení 2. varianty sanace odvalů - vizualizace 2.

Zdroj: <http://www.ekomonitor.cz>

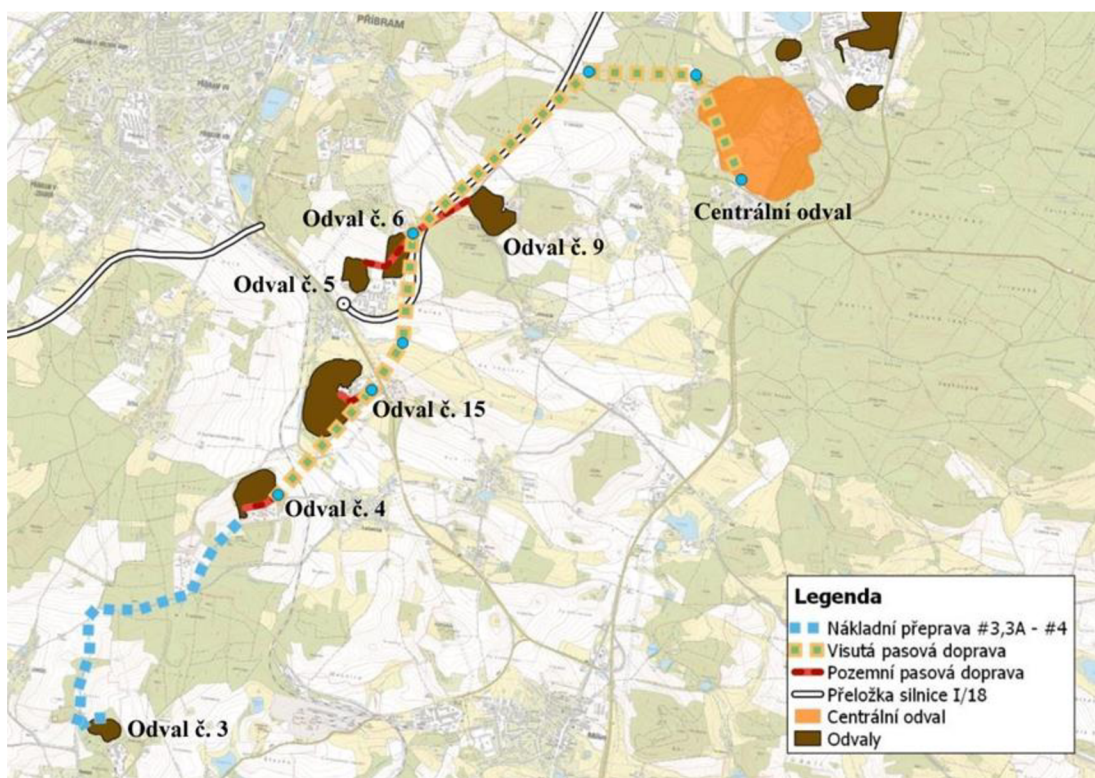
Pro přesun materiálu na centrální odval byly vyhotoveny dvě trasy přepravy materiálu – trasa sever (Obr. 15) a trasa jih (Obr. 16). Trasa sever se týká čtyř odvalů bývalých uranových dolů nacházejících se severně od centrálního odvalu. Jednalo by se o odvaly šachty č. 19 (Dubenec), kde bude začínat visutý pásový dopravník, přes odval šachty č. 11 a 11A (Bytíz) až na centrální odval v areálu šachty č. 16 (Háje). V areálu šachty č. 11 a 11A se těžba kamení týká ještě blízkého odvalu šachty č. 10. Všechny tyto tři odvaly by byly propojeny mezi sebou pozemním pásovým dopravníkem (Obr. 17), který by se napojoval na centrální visutý dopravník, po kterém by kamenivo putovalo až na centrální odval. Vzdálenost mezi centrálním dopravníkem a zástavbou by byla minimálně 150 m (DIAMO-2, 2017).



Obrázek 15: Návrh na realizaci sanace - centrální odval, visutá a pozemní doprava.

Zdroj: Vlastní zpracování na základě <http://www.ekomonitor.cz>

Trasa jih se týká 6 odvalů bývalých uranových dolů nacházejících se jižně od centrálního odvalu. Jednalo by se o odvaly šachty č. 9 (Háje), šachty č. 15, č. 5, č. 6 (Brod), šachty č. 4 (Lešetice), šachty č. 3 (Kamenná). Trasa jih bude začínat u odvalu č. 3, odkud bude materiál těžen a převážen nákladní pozemní dopravou k šachtě č. 4, kde bude kamenivo nakládáno na centrální visutý dopravník, který povede přes odval šachty č. 15, odval č. 6 a odval č. 9 na centrální odval umístěný v areálu šachty č. 16. Odvaly č. 5, č. 6 a č. 9 budou propojeny pozemní pásovou dopravou a kamenivo bude nakládáno na centrální visutý dopravník. Trasa centrálního visutého dopravníku mezi odvaly č. 6 a centrálním odvalem je plánována vést zhruba 2 km souběžně s projektovaným jihovýchodním obchvatem Příbrami, přeložkou silnice I/18. Vzdálenost mezi centrálním dopravníkem a zástavbou by byla minimálně 400 m (DIAMO-2, 2017).



Obrázek 16: Návrh na realizaci přesunu odvalů.

Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat dostupných z <http://www.ekomonitor.cz>



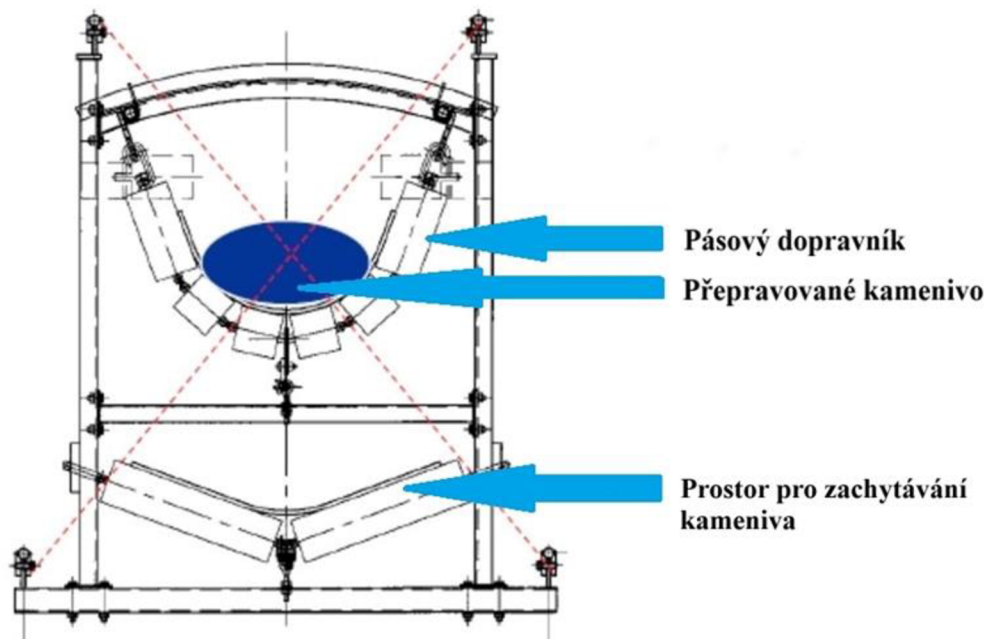
Obrázek 17: Ukázka pozemního pásového dopravníku.

Zdroj: <http://www.ekomonitor.cz>

5.3.5 Visutá nadzemní pásová doprava

Při využití čtvrté varianty likvidace odvalů s přesunem kameniva na centrální odval se počítá s využitím povrchových i visutých pásových dopravníků s přepravní kapacitou až 1 200 t materiálu za hodinu. Tento typ dopravy kombinuje některé prvky z visuté lanovkové dráhy a z pásové dopravy. Nejprve se plánuje začít likvidací odvalů v jižní části ložiska, tj. trasy jih, kde bude přednostně realizován převoz materiálu z nejvzdálenějšího odvalu č. 3. Doba těžby odvalů v jižní části ložiska se odhaduje na 15 let, v případě nepřetržitého provozu by doba mohla být zkrácena až na 6 let při vícesměnném provozu. Pro odvaly v severní části ložiska, tj. u trasy sever, je plánováno započítání těžby po ukončení „trasy jih“ a odvaly by měly být odtěženy během 6 let. Celková doba transportu materiálu se odhaduje na 21 let, v případě nonstop provozu na cca 8 let. V rámci protiprachových a protihlukových opatření je možné dopravníky v celé své délce zakrytovat dle potřeby. Minimální výška dopravníků nad terénem bude 5 m v rámci průjezdnosti terénu. Zároveň tak bude minimalizováno riziko úrazu člověka nebo zvířat a bude i zabráněno nedovolenému

zásahu do mechanismu dopravníku jinými osobami. Rozestupy podpěr budou v rozsahu od 300 m do 1 000 m, čímž bude minimalizovaný zábor pozemků a plochu na hlavních trasách budou zabírat pouze podpěry dopravníků (Obr. 18 a Obr. 19). Díky tomu nebude nutné budovat migrační koridory pro zvěř, čímž se ušetří nemalé finanční prostředky a zvěř by tak neměla být příliš ovlivněna (DIAMO-2, 2017).



Obrázek 18: Technický řez visutým nadzemním dopravníkem.

Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat dostupných z <http://www.ekomonitor.cz>.



Obrázek 19: Ukázka visutého nadzemního dopravníku.

Zdroj: <http://www.ekomonitor.cz>

5.4 Územní a socioekonomické souvislosti

Navrácení původního krajinného rázu rekultivací odvalů může mít za cíl např. zvýšení kvality a stability ekosystémů i plnění socioekonomických funkcí krajiny a společenských potřeb. Může ovšem dojít k protichůdnosti cílů a nemusí být reálné oba cíle splnit zároveň. Ve fázi analýzy a výběru nejvhodnější varianty způsobu rekultivace hraje roli důležitost jednotlivých aspektů a také jejich reálný vliv. Čím blíže je však rekultivované území městu, tím více bude rekultivace ovlivněna socioekonomickými potřebami společnosti a faktory jako ekonomický přínos, rychlost rekultivace, využití prostoru po rekultivaci atd. V 80. i 90. letech měly socioekonomické potřeby společnosti vysokou prioritu, nicméně poslední dobou se ve velké míře zohledňuje také ochrana přírody a biodiverzity. (Štýs, Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin, 1981), (Štýs, 1997).

Jelikož se město Příbram nachází vzdálené pouze několik km od těchto odvalů, které město obklopují od severovýchodu až po jih, lze předpokládat zásadní vliv socioekonomických potřeb oproti těm ekologickým. Mezi hlavní důvody, které hrají v prospěch rekultivace jsou zejména cíle obnovení původního krajinného rázu a zbavení se související ekologické zátěže radioaktivními a těžkými kovy a také uvolnění plochy až 1,4 mil. m², kterou odvaly zabírají a možností využít prostor rekultivovaných odvalů ku prospěchu obyvatel. Dále hraje roli také ekonomický zisk z prodeje stavebního kameniva, u kterého je klíčová celková bilance nákladů a výnosů, závislá zejména na způsobu provedení rekultivace a době trvání. Ekonomicky nejvýhodnější metoda však nemusí být ta nejšetrnější pro přírodu a dopady na ni.

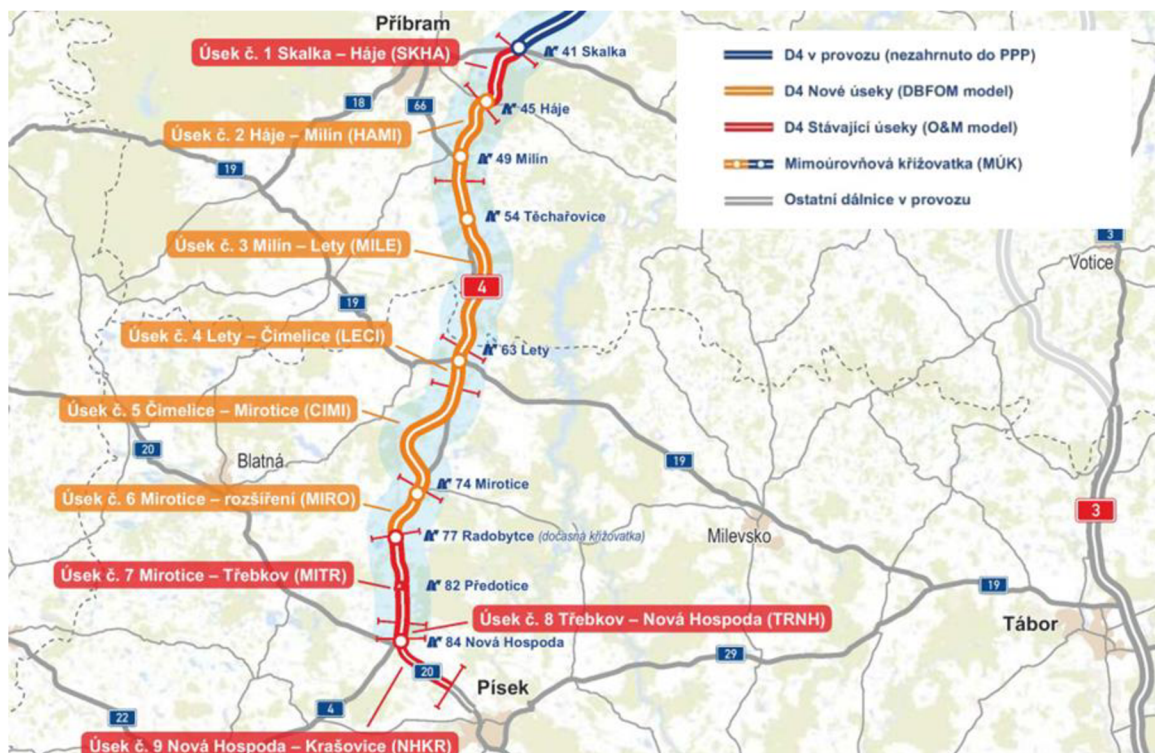
Mezi další výhody související s rekultivací můžeme zahrnout nové pracovní příležitosti během výstavby a montáže potřebné technologie, dále při třídění, zpracovávání, transportu kameniva anebo monitoringu procesů atd. V důsledku možného využití současných komunikací může také dojít k posílení dopravní infrastruktury, případně k výstavbě nových komunikací, např. plánovaného jihovýchodního obchvatu města.

Mezi nevýhody může patřit snížení kvality života obyvatel v blízkém okolí vlivem těžké dopravy, hluchosti, prašnosti a šíření zbytkového prachového uranu do okolí, což může v konečném důsledku vést i ke snížení hodnoty staveb a pozemků. Navíc na některých odvalech byla zjištěna vysoká biodiverzita s ohroženými druhy z červeného seznamu, tyto druhy by však byly rekultivací odvalů přímo ohroženy.

5.4.1 Dálnice D4

Významnou stavbou, která přímo souvisí s likvidací odvalů a mohlo by zde být využito stavební kamenivo z odvalů, je dálnice D4. V současné době začíná u Jíloviště u Prahy a končí poblíž obce Háje nedaleko Příbrami. Hlavní důvod možného využití kameniva z odvalů je ten, že budoucí navazující úsek dálnice od obce Háje směrem na jih (Obr. 20) se nachází v těsné blízkosti několika stovek m od potenciálního centrálního odvalu, kde by se nacházela taktéž třídící linka společnosti ECOINVEST. Dostavba dálnice D4 započala v červnu roku 2021 v rámci projektu PPP (Public Private Partnership). Projekt PPP D4 realizuje sdružení Via Salis složené z francouzských firem VINCI Highways a Meridiam. Jde o dostavbu 32 km úseku mezi Háji na Příbramsku a Miroticemi na Písecku.

Celý projekt by měl být hotov na konci roku 2024. Dostavba dálnice D4, případně stavba jihovýchodního obchvatu města je ideální příležitostí pro využití stavebního kameniva z odvalů. Po přetřídění materiálu by se získalo ohromné množství použitelného stavebního kameniva, čímž by se mohlo kamenivo druhotně zužitkovat a nebylo by nutné jej těžit a dovážet z kamenolomů. Zároveň by se tím zamezilo dalšímu narušení krajiny a otevírání nových dobývacích prostor, navíc by toto řešení mělo vzhledem k těsné blízkosti dálnice i ekonomické výhody. Na dostavbě D4, která se staví v režimu PPP, je na konci roku 2022 po 18 měsících od startu hotova více než třetina prací (Holakovský, 2022).



Obrázek 20: Vizualizace výstavby D4.

Zdroj: pribram.cz

5.4.2 Odpor veřejnosti proti likvidaci odvalů

Se záměrem likvidace odvalů se neztotožňuje velký počet obyvatel Příbramska, zejména pak těch v přilehlých dotčených obcích, se kterými odvaly přímo sousedí. V roce 2020 vznikla za iniciativy obcí Háje a Petrovice petice proti těžbě těchto odvalů. Petice získala dohromady přibližně 1 000 podpisů jak fyzických, tak elektronických na internetu. Obyvatelé se obávají uvolnění radiace do ovzduší při manipulaci s odvaly, a především také dlouhotrvajícího hluku, narušení klidu a vzniku a šíření prašnosti a navrhují odvaly nechat ve stávajícím stavu. S. p. Diamo předložil dokumenty, které dokládají zvýšené hodnoty radonu a gama záření, nejvíce pak v obcích Brod, Příbram – Sázký, Dubenec, Bytíz a Háje. Inspekce životního prostředí a hygienici se ale problémem zatím nezabývali ani nezabývají. S. p. Diamo počítá s měřením hluku v dotčených obcích při zpracovávání materiálu na statických místech. Samotné obce budou moci určit, kde bude měření probíhat.

Odpůrci nevidí důvod pro likvidaci odvalů – jsou tu s námi již několik desetiletí a vnímají je spíše jako ikonu krajiny a města s hornickou minulostí, odtěžením odvalů bychom potlačovali hornickou minulost. V září 2020 dokonce odpůrci zorganizovali protest

proti likvidaci odvalů před pobočkou s. p. Diamo v Příbrami, kterého se účastnilo asi 60 lidí. Ředitel s. p. Diamo Zbyněk Skála nabídl kritikům jednání u kulatého stolu, ti to ale odmítli. Stoupenci naopak zastávají názor odtěžení odvalů kvůli snížení zátěže životního prostředí a poukazují na radonovou zátěž, kterou odvaly způsobují. Podle vyjádření s. p. Diamo způsobují odvaly střední ekologickou zátěž a mělo by se přistoupit k jejich likvidaci. Na MŽP aktuálně probíhají dvě řízení k posouzení vlivu na životní prostředí (EIA), jedno pro odval šachty č. 15 a druhé pro odval šachet č. 11 a 19, které patří mezi největší a obsahují největší objem vytěžené hlušiny ze všech odvalů v celém uranovém revíru (ČTK, 2020), (ČTK 2, 2020).

6 Výsledky a diskuse

6.1 Analýza variant

Varianta 1 nevyžaduje žádné okamžité investice. Vzhledem k časovému horizontu realizace až 300 let je komplikovaná pro výpočet celkových budoucích nákladů. Je také sporné, zda v tomto horizontu lze kalkulovat sanaci a rekultivaci dotčených pozemků.

Varianta 2 by pouze rozšiřovala problém se záborem území odvaly. Předpokládají se intenzivní práce v horizontu zhruba 20 let související s přepravou techniky a materiálu v rámci samotného odvalu. Byly by také využívány pozemní komunikace pro přesuny techniky a sanačních materiálů.

Varianta 3 efektivně neřeší problém se záborem pozemků a nepřináší zhodnocení poloviny uloženého materiálu. Počítá se s masivním využíváním místních komunikací k přepravě sanačních, rekultivačních i odvalových materiálů v horizontu zhruba 75-125 let.

Varianta 4 předpokládá úplné odstranění odvalů v průběhu maximálně 21 let. Na rozdíl však od první varianty by byla likvidace odvalů mnohem rychlejší a neprobíhala by na místě, ale veškerá hlušina by byla pomocí visutých pásových dopravníků a pozemních dopravníků dopravována na centrální odval, ze kterého by se následně hlušina zpracovávala na stavební kamenivo dlouhodobě v horizontu až 100 let v závislosti na regionální poptávce. Výhodou je eliminace zátěže místních komunikací těžkou nákladní dopravou a urychlení celého procesu likvidace (DIAMO, 2017).

6.1.1 Ekonomické hledisko

Při analýze sanace odvalů po těžbě uranu bylo posuzováno také ekonomické hledisko realizace jednotlivých variant, nákladová náročnost a výnosnost. Vzhledem k velkým rozdílům a specifikům konkrétních variant likvidace odvalů se předpokládají výrazné rozdíly v nákladech i výnosech. Za ekonomicky nejnáročnější variantu je považována varianta 4, která ale dosahuje nejnižší záporné bilance v porovnání s ostatními variantami a zároveň předpokládá nejvyšší výnosy dané zejména ziskem velkého množství stavebního kameniva a jeho distribuci v závislosti na požadavcích trhu. Dále se očekávají velké zisky na prodeji zbytkových rud včetně uranových a také prodejem uvolněných pozemků. Za nejméně ztrátovou byla tedy označena varianta 4 s přesunem hlušiny na centrální odval

a následným zpracováváním na stavební kamenivo na místě. Jako druhá nejvýhodnější se jeví varianta 1 s postupným odtěžováním jednotlivých odvalů na místě v závislosti na poptávce po kamenivu, ale vzhledem k době realizace až 300 let je velmi složité tuto variantu hodnotit. Jako další v pořadí ekonomické výhodnosti se jeví varianta 2 se zvýšeným záborem pozemků a úpravou svahu odvalů na max. 18 ° a poslední je varianta 3, kde náklady na rekultivace nedorovnávají minimální zisk z prodeje.

6.1.2 Dopad na životní prostředí a zdraví lidí

Odvaly obsahují velké množství těžkých kovů, uranu a také radonu, které produkují ionizující záření. Z hlediska likvidace odvalů je nutné si uvědomit, že právě uranové rudy, které jsou obsažené v odvalech jsou zdrojem radonu. Dále je potřeba počítat s tím, že radon bude samovolně v uranových rudách vznikat i zanikat v dlouhodobém horizontu přesahujícího životnost jakéhokoli technického díla vytvořeného člověkem (Sisol, 2020).

V souvislosti s řešením následků po uranové těžbě je prováděn monitoring přechodu radionuklidů do plodin a flóry včetně vlivu na vzorky živých organismů, zejména na ryby v radionuklidy nejvíce zatíženém toku řeky Kocáby. Důlní vody jsou čištěny v ČDV Příbram II a následně se vlévají do řeky Kocáby. Z dlouhodobého monitoringu vyplývá, že kvalita vody za vyústěním z ČDV Příbram je vyšší než před ní a vypouštěná důlní voda významně neovlivňuje faunu ani flóru na rizikovém území toku (Kučera, 2019).

V důsledku manipulace s odvaly lze očekávat zvýšení hluku, prašnosti, případně emisí ze záření. Všechny varianty těžby odvalů byly navrhovány s minimalizací vzniku hluku při provádění prací, a to např. omezením couvání stavební a nákladní techniky a zamezením spuštění bezpečnostního akustického signálu nebo využívání techniky a strojů pro zpracování materiálu s elektrickým pohonem. Může však dojít ke zhoršení subjektivně vnímané kvality života, např. vlivem dopravy materiálu přes obce, poškození pozemních komunikací, poškození budov vibracemi. Odtěžování odvalů se zcela jistě promítne do zatížení dopravní infrastruktury přepravou materiálu. Vzhledem k velkému množství materiálu (cca 25 mil. m³ ~ 40 mil. t) nelze přepravu uskutečnit bez povšimnutí okolních obyvatel. Při všech variantách sanace byl kladen důraz na co nejnižší možnou míru zatížení pozemních komunikací a dopravní infrastruktury tak, jak je to jen možné. Logickým východiskem minimalizace dopadu likvidace odvalů na dopravní infrastrukturu se pak nabízí použití visutých dopravníků s intenzivním odtěžením odvalů.

6.1.3 Záběr s využitím pozemků

Záběr pozemků je spjat se samotným vznikem odvalů. Brání možnosti územního rozvoje obcí a blokuje značnou plochu, kterou by bylo možné využít jiným způsobem ku prospěchu obyvatel. Odvaly mají záběr o celkové ploše 1,4 mil. m² (140 ha) se svahy s úhlem 38 °, které nejsou nijak upraveny. V případě vhodně rekultivovaných odvalů by získanou plochu bylo možné využít např. pro volnočasové aktivity. Plochy po rekultivaci budou sloužit pro územní rozvoj konkrétních obcí. Zástupci těchto obcí mají určitou představu o budoucím využití těchto ploch od parků, rozhleden, zalesnění či zastavění, avšak v současné době neexistuje žádná koncepce pro využití těchto rekultivovaných ploch (DIAMO-2, 2017).

Rekultivace odvalů proběhly v ČR již v minulosti po ukončení těžby na jiných dolech. Kupříkladu důl Nosek nacházející se několik km od Kladna, později přejmenovaný na důl Tuchlovice, je bývalý černouhelný důl, po kterém po ukončení těžby zůstal hlušínový odval s velkým obsahem pískovce, jílovce, uhelné hmoty a ostatních materiálů s kusovostí do 20 cm. Odval začal podléhat výrazné erozi a průběžně docházelo k sesuvům i kvůli velké sypkosti uloženého materiálu. Těleso odvalu bylo vyhodnoceno jako nestabilní a z bezpečnostních důvodů se přikročilo k jeho sanaci a rekultivaci. Technické práce byly dokončeny roku 2011. Došlo k odtěžení materiálu z horní části odvalu a přisypem materiálu k patě odvalu byl stabilizován a snížením sklonu svahu bylo zamezeno dalším sesuvům. Na takto upravený odval byla navezena haldovina o mocnosti 0,9 m a na temeni byla navážkou haldoviny vytvořena vyhlídka. Dále byly vytvořeny umělé tůňe a hromady kamení pro obojživelníky. Plochy okolo paty odvalu byly osázeny dřevinami. Nakonec byla část odvalu povezena zeminou a tato část byla zatravněna a byly vysázeny keře. Plochy, které zatravněny nebyly a byly pokryty pouze haldovinou, byly ponechány přirozené sukcesi (Obr. 21). Rekultivace tohoto odvalu může posloužit jako vzor pro řešení podobných situací s rekultivací jiných odvalů, např. i těch na Příbramsku (Vladimír & Němec, 2011).



Obrázek 21: Rekultivovaný odval dolu Tuchlovice.

Zdroj: slon.diamo.cz

6.2 Dopad na vzhled krajiny

Odvaly od doby svého vzniku představují zátěž pro životní prostředí a symbolizují oblast poznamenanou těžební činností. Pokud by ale došlo ke vhodné rekultivaci a úpravě odvalu, mohlo by jít i o dochovaný estetický prvek krajiny, který by mohl být ikonou regionu s hornickou historií. Z pohledu přirozeného zarůstání odvalů vegetací by teoreticky bylo možné do nich vůbec nezasahovat, ale vzhledem k vlastnostem a charakteru materiálu je toto potřeba zvážit (Sisol, 2020).

6.3 Nejnovější poznatky

Těžba měla být započata do roku 2022, ale proces sanace odvalů zahájen nebyl. Překážkou může být např. problém s odkupem pozemků pro vybudování centrálního visutého dopravníku, finanční náročnost projektu i vzácné druhy fauny i flóry na současných odvalech. Výhodou by byla dostatečná zásoba stavebního kameniva, což by mělo odvrátit záměry pro lomovou těžbu, nevýhodou by bylo také částečné omezení toku migrace zvířat. Na odvalech č. 11 a č. 16. byly prováděny výzkumy a bylo zjištěno, že odvaly vykazují vysokou biodiverzitu s početnými druhy z červeného seznamu i nově objevené druhy. I přesto však v roce 2024 nadále probíhá lokální odtěžba pouze odvalů č. 11 a č. 19 v objemu 340 000 t/rok. Odvalový materiál je upravován mobilní drticí a třídící linkou vybavenou

mlžením. Při těžbě odvalů je prováděna radiometrická kontrola. Přetříděné kamenivo z odvalů je následně využíváno při realizaci dopravních staveb, např. při dostavbě dálnice D4. Součástí záměru je také lesotechnická rekultivace plochy odvalů a částečné obnovení bývalého rybníka Konvalinka. V roce 2024 jde o jediné probíhající činnosti související s odtěžbou odvalů po uranových dolech na Příbramsku. Žádná ze zmíněných koncepcí likvidace všech odvalů v revíru však nebyla zatím realizována (Krajský úřad Středočeského kraje, 2024).

7 Závěr

Státní podnik Diamo představil koncepci se čtyřmi možnými variantami likvidace odvalů. Proběhlo několik významných setkání Diamo se zástupci dotčených obcí, kterým byly varianty předloženy. Zástupci se shodli na čtvrté variantě, která spočívá v dopravě hlušiny z jednotlivých odvalů pomocí visutého pásového dopravníku na centrální odval, který by vznikl poblíž bývalé šachty č. 16 nedaleko obce Háje. Vytríděné a očištěné kamenivo by se ukládalo na centrální odval, uranové a ostatní rudy by byly převáženy na GEAM Dolní Rožínku. Zátěž dopravní infrastruktury nákladní technikou se předpokládá zejména při převozu hlušiny z odvalu č. 3 u obce Kamenná na 3 km vzdálený odval č. 4 u Lešetic a také při následném odvozu přetříděného kameniva nebo zbytkových uranových či ostatních rud. Čtvrtá varianta představuje nejvíce šetrnou variantu pro své okolí a životní prostředí s výjimkou obce Háje, jejíž obyvatelé budou přímo dotčeni vznikem centrálního odvalu. Likvidací odvalů by byla odstraněna zásadní ekologická zátěž zejména v podobě úniků těžkých kovů a radonu do blízkého okolí.

Většina respondentů provedeného interview vnímá odvaly hlavně jako historický pozůstatek hornické činnosti na Příbramsku a jako unikátní ikonu krajiny. V případě těžby odvalů se obávají dlouhotrvající prašnosti a hluku, úniků emisí a radiace do ovzduší, zhoršení kvality podzemních vod a zátěže pozemních komunikací a infrastruktury. Přiklánějí se spíše k ponechání odvalů v současném stavu bez jakýchkoli zásahů. Těžba odvalů by se projevila různým způsobem na životy obyvatel okolních obcí, hlavně dle vzdálenosti strojů a techniky od zástavby.

I přesto se záměr těžby jeví jako správný. Stát se i přes finanční náročnost projektu snaží ekologické zátěže odstranit a obnovit původní ráz krajiny. Náklady na těžbu by byly částečně pokryty výnosy z prodeje stavebního kameniva a mohly by vzniknout i nové pracovní příležitosti. Odstraněním odvalů a jejich negativního vlivu na životní prostředí získáme volné plochy, které by se mohly v budoucnu stát zájmem investorů a mohly by pomoci rozvoji celého regionu, avšak v současnosti neexistuje žádná koncepce na využití takto rekultivovaných ploch.

8 Seznam použitých zdrojů

8.1 Seznam použité literatury a internetových zdrojů

1. Antunes, S., Goncalves, C., & Pereira, F. (2007). *Acute and Chronic Toxicity of Effluent Water from an Abandoned Uranium Mine*. Archives of Environmental Contamination and Toxicology.
2. Arapov, J. A. (1984). *Československý uranový průmysl*. Státní nakladatelství technické literatury.
3. Barešová, J., & Beránek, J. (2003). *Historie a současnost podnikání na Příbramsku*. Žehušice: Městské knihy.
4. Blažek, L. (2009). *Ohřejeme se v 21. století?: o výstavbě a rozvoji palivo-energetické základny*. Praha: Futura.
5. Campbell, K., Gallegos, T., & Landa, E. (2015). *Biochemical aspects of uranium mineralization, mining, milling, and remediation*. Applied Geochemistry.
6. ČTK 2. (6. 9. 2020). *Odpůrci těžby uranových hald na Příbramsku předali MŽP petici*. Získáno 30. 3. 2023, z ekolist.cz: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/odpurci-tezby-uranovych-hald-na-pribramsku-predali-mzp-petici>
7. ČTK. (6. 7. 2020). *Uranové odvaly ke krajině patří. Na Příbramsku sepsali petici proti odtěžení*. Získáno 30. 3. 2023, z idnes.cz: https://www.idnes.cz/praha/zpravy/pribram-tezba-haldy-petice.A200705_164604_praha-zpravy_vlc
8. DIAMO. (2017). *Koncepce likvidace odvalu po těžbě uranu na Příbramsku - krátká verze: Podklad pro pracovní jednání se zástupci dotčených obcí*. Získáno 20. 3. 2023, z [haje-obec.cz](http://www.haje-obec.cz): http://www.haje-obec.cz/assets/File.ashx?id_org=3655&id_dokumenty=1986
9. DIAMO-2. (19. 9. 2017). *Nová koncepce likvidace odvalů po těžbě uranu na Příbramsku*. Získáno 20. 3. 2023, z [ekomonitor.cz](http://www.ekomonitor.cz): http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/filepath/prezentace/0506_rychtarik__pasek.pdf
10. DIAMO-3. (1989). *Archiv DIAMO, př89-K14-pol5*. Příbram: ČSÚP.

11. Engels, S., & Nowak, A. (1977). *Chemické prvky - historie a současnost*. Bratislava: Alfa.
12. *Historie a předchůdci SÚJB*. (2018). Získáno 15. 11. 2023, z sujb.cz: <https://www.sujb.cz/o-sujb/15-let-sujb/historie-a-predchudci-sujb>
13. *Historie bývalých uranových dolů Příbram (I. část)*. (18. 8. 2013). Získáno 10. 11. 2023, z zdarbuh.cz: <https://www.zdarbuh.cz/reviry/ud-pribram/historie-byvalych-uranovych-dolu-pribram/>
14. Holakovský, M. (14. 12. 2022). *Dostavba dálnice D4 na Příbramsku a Písecku je hotová už z více než třetiny*. Získáno 27. 3. 2023, z pribramskydenik.cz: https://pribramsky.denik.cz/zpravy_region/dostavba-dalnice-d4-na-pribramsku-a-pisecku-je-hotova-uz-z-vice-nez-tretiny-2022.html
15. Charbeneau, R. J., & Rohlich, G. A. (1981). *Resource impact evaluation of in-situ uranium groundwater restoration*. Austin: University of Texas at Austin.
16. *iKatastr*. (2023). Získáno 25. 11. 2023, z ikatastr.cz: <http://www.ikatastr.cz>
17. *Jaderné reakce a jaderná energie*. (2016). Získáno 24. 11. 2023, z astronuklfyzika.cz: <https://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika3.htm>
18. Ježek, V. (1975). *Historie dobývání stříbra, olověných a železných rud na Příbramsku. Sborník hornická Příbram*. Příbram: Rudné doly n. p. Příbram.
19. Ježek, V. (1992). *Smutné vzpomínání*. Příbram: Rudné doly .
20. Ježek, V., & Suček, P. (1996). *Březohorský rudní revír*. Příbram: Uhlí/Rudy 44.
21. Kafka, J. (2003). *Rudné a uranové hornictví České republiky*. Ostrava: Anagram.
22. Kahan. (1. 5. 2017). *V Kahan: Zpravodaj města Příbram (Sv. 26)*. Příbram: Městský úřad Příbram.
23. Kašpar, J. V. (1959). *Nerosty radioaktivních prvků, jejich vznik a vývoj*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury.
24. Krajský úřad Středočeského kraje. (19. 1. 2024). *Posuzování vlivů na životní prostředí - zahájení zjišťovacího řízení záměru "Využití odvalového materiálu z odvalu jámy č. 11" v k. ú. Dubenec u Příbramě, Háje u Příbramě a Bytíz*. Získáno 9. 2. 2024, z obecdubno.cz: <https://www.obecdubno.cz/soubory/1131.pdf>
25. Kučera, R. (2019). *Příbramské uranové ložisko*. Stráž pod Ralskem: DIAMO.
26. Lepka, F. (2003). *Český uran 1945-2002: Neznámé hospodářské a politické souvislosti*. Liberec: Knihy 555.

27. Majer, J. (2004). *Rudné hornictví v Čechách, na Moravě a ve Slezsku: obrazy z dějin těžby a zpracování*. Praha: Libri.
28. Majling, E. (24. 10. 2015). *Největší světoví producenti uranu*. Získáno 1. 12. 2023, z oenergetice.cz: <https://oenergetice.cz/zahranicni/nejvetsi-svetovi-producenti-uranu>
29. Melo, D., & Burkart, W. (2011). *Uranium: Enviromental Pollution and Health Effects*. Encyklopedia of enviromental Health.
30. Pauliš, P., Kopecký, S., & Černý, P. (2007). *Uranové minerály České republiky a jejich naleziště: Uranmineralien der Tschechische Republik und ihre Fundstellen*. Kutná Hora: Kuttna.
31. Petrová, Š., Soudek, P., & Vaněk, T. (2013). *Remediace oblastí těžby uranu v České republice*. Ústav experimentální botaniky AVČR. Praha: Laboratoř rostlinných biotechnologií. Načteno z http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2013_04_283-291.pdf
32. Puchnar, J. (23. 3. 2017). *Těžba a zpracování uranu: část 1*. Získáno 11. 12. 2023, z O ENERGETICE: <https://oenergetice.cz/elektrina/tezba-zpracovani-uranu-cast-1>
33. *Radioaktivita - specifikum uranového hornictví*. (2020). Získáno 12. 10. 2023, z [zdarbuh.cz](https://www.zdarbuh.cz): <https://www.zdarbuh.cz/reviry/ud-dolni-rozinka/radioaktivita-specifikum-uranoveho-hornictvi/>
34. Sisol, M. (2020). *Štúdia porovnania jednotlivých variantov sanácie odvalov*. Košice, SR: Technická univerzita v Košiciach.
35. Smutná, M. (5. 8. 2016). *Radioaktivní halda u Příbrami se těžit jen tak nezačne. EIA je k ničemu*. Získáno 30. 3. 2023, z [idnes.cz](https://www.idnes.cz): https://www.idnes.cz/praha/zpravy/tezba-odvalu-uran-pribramsko.A160803_140739_praha-zpravy_mav
36. Starý, J., & kol., a. (2006). *Surovinové zdroje České republiky: Nerostné suroviny (stav 2006)*. Praha, Česká republika: Ministerstvo životního prostředí ČR: Geofond.
37. Štýs, S. (1981). *Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury.
38. Štýs, S. (1997). *Rekultivace*. Most: Mostecká uhelná společnost a. s. .
39. *Uranium Mining Overview*. (01. 08. 2023). Získáno 15. 10. 2023, z world-nuclear.org: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/uranium-mining-overview.aspx>

40. Vacík, J. (1999). *Přehled středoškolské chemie* (2. . vyd.). Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
41. Valenta , V. (1995). *Závěrečná zpráva ložiska Příbram*. Příbram: SokA Příbram.
42. Valenta, V. (1997). *Po stopách uranového hornictví na Příbramsku*. Příbram: Okresní úřad Příbram pro Statní okresní archiv v Příbrami a Okresní muzeum Příbram.
43. Valenta, V. (1998). *Co předcházelo těžbě uranu*. Okresní úřad Příbram pro Státní okresní archiv v Příbrami a Okresní muzeum Příbram.
44. Vaněk, V. (1970). *Uran a rozvoj jaderné energetiky*. Zbraslav nad Vltavou: Ústřední informační středisko pro jaderný program.
45. Velfl, J. (1998). *Příbram v průběhu staletí*. Příbram: Městský úřad Příbram.
46. Velfl, J. (2003). *Příbram v průběhu staletí* (2. vyd.). Příbram: Městský úřad Příbram.
47. Velfl, J. (2003). *Z historie hornictví a hutnictví na Příbramsku*. Příbram.
48. Velfl, J. (2010). *Zmizelé Čechy Příbram*. Paseka nakladatelství.
49. Velfl, J., Cílek, V., Doležalová, P., & kol., a. (2022). *Uranová Příbram*. Praha: Dokořán.
50. Vladimír, P., & Němec, I. (2011). *Rekultivace odvalu dolu Tuchlovice*. Získáno 3. 12 2023, z slon.diamo.cz: https://slon.diamo.cz/hpvt/2011/_Zahlaz/Z%2005.pdf

8.2 Seznam použitých zdrojů obrázků

1. Obrázek 1: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/jadernoelektrany/jaderna-elektrarna-podrobne/charakteristika-zdroje/palivo#&gid=1&pid=2>.
2. Obrázek 2: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/in-situ-leach-mining-of-uranium.aspx>
3. Obrázek 3: <https://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/15439-tezba-uranu-v-ceske-republice>.
4. Obrázek 4: https://www.uxc.com/p/products/rpt_usa
5. Obrázek 5: <https://www.psp.cz/sqw/text/orig2.sqw?idd=84776>
6. Obrázek 6: <https://oenergetice.cz/ostatni/historie-a-soucasnost-tezby-uranu-v-cr>

7. Obrázek 7: https://cdn.xsd.cz/resize/3645284a5f0f3c3393bd0f0336ae987d_resize=1848,1386_.jpg?hash=fcaa5f22f249914163623a366c1c62c7
8. Obrázek 8: http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/filepath/prezentace/0506_rychtarik__pasek.pdf
9. Obrázek 9: https://www.idnes.cz/praha/zpravy/pribram-tezba-haldy-petice.A200705_164604_praha-zpravy_vlc/foto/VLC848819_cimg8230.jpg
10. Obrázek 10: http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/filepath/prezentace/0506_rychtarik__pasek.pdf
11. Obrázek 11: http://www.haje-obec.cz/assets/File.ashx?id_org=3655&id_dokumenty=1986
12. Obrázek 12: http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/filepath/prezentace/0506_rychtarik__pasek.pdf
13. Obrázek 13: http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/filepath/prezentace/0506_rychtarik__pasek.pdf
14. Obrázek 14: http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/filepath/prezentace/0506_rychtarik__pasek.pdf
15. Obrázek 15: http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/filepath/prezentace/0506_rychtarik__pasek.pdf
16. Obrázek 16: http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/filepath/prezentace/0506_rychtarik__pasek.pdf
17. Obrázek 17: http://www.haje-obec.cz/assets/File.ashx?id_org=3655&id_dokumenty=1986
18. Obrázek 18: http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/filepath/prezentace/0506_rychtarik__pasek.pdf
19. Obrázek 19: http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/filepath/prezentace/0506_rychtarik__pasek.pdf
20. Obrázek 20: <https://www.pribram.cz/clanek/ministerstvo-vyzvalo-k-podani-nabidek-na-dostavbu-a-provozovani-dalnice-d4/15687/>
21. Obrázek 21: https://slon.diamo.cz/hpvt/2011/_Zahlaz/Z%2005.pdf

9 Seznam obrázků, tabulek, grafů a zkratk

9.1 Seznam obrázků

Obrázek 1: Vyloužený oxid uranu U_3O_8 , tzv. „žlutý koláč".....	13
Obrázek 2: Chemické loužení uranu in-situ.	14
Obrázek 3: Vývoj ceny uranu v letech 1988-2015.	18
Obrázek 4: Zásoby uranu ve světě v letech 1998-2022.	19
Obrázek 5: Mapa výskytu uranu včetně zpracování.	20
Obrázek 6: Výhradní evidovaná ložiska uranové rudy v České republice.	20
Obrázek 7: Uranový revír Příbram.	24
Obrázek 8: Základní charakteristika uranového ložiska Příbram.	29
Obrázek 9: Odval šachty č. 15 - největší odval hlušiny po uranových dolech.	30
Obrázek 10: Drticí a třídící linka pro zpracování odvalů - protihluková opatření.	37
Obrázek 11: Možné řešení 4. varianty sanace odvalů - vizualizace.	38
Obrázek 12: Možné řešení 4. varianty sanace odvalů – vizualizace 2.	38
Obrázek 13: Možné řešení 2. varianty sanace odvalů - vizualizace.	39
Obrázek 14: Možné řešení 2. varianty sanace odvalů - vizualizace 2.	39
Obrázek 15: Návrh na realizaci sanace - centrální odval, visutá a pozemní doprava.....	40
Obrázek 16: Návrh na realizaci přesunu odvalů.	41
Obrázek 17: Ukázka pozemního pásového dopravníku.	42
Obrázek 18: Technický řez visutým nadzemním dopravníkem.	43
Obrázek 19: Ukázka visutého nadzemního dopravníku.	43
Obrázek 20: Vizualizace výstavby D4.....	46
Obrázek 21: Rekultivovaný odval dolu Tuchlovice.	51

9.2 Seznam tabulek

Tabulka 1: Zásoby uranu v ČR.	19
Tabulka 2: Zásoby uranu ve světě.	21
Tabulka 3: Zásoby uranu ve světě část 2.	21
Tabulka 4: Vlastnosti a objem hlušiny jednotlivých odvalů.	34
Tabulka 5: Vypočtené ekvivalentní hodnoty hluku ve 21 bodech intravilánu obcí.	36

9.3 Seznam použitých zkratk

ČDV – Čistírna důlních vod
ČSUP – Československý uranový průmysl
EIA – Environmental impact assessment
OPV – Ochrana podzemních vod
S. p. Diamo – Státní podnik Diamo
SÚJB – Státní úřad pro jadernou bezpečnost