

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra ekologie a životního prostředí



Vliv hlubinné těžby a jejího útlumu na krajinu v Ostravsko –  
karvinském revíru

The Impact of Underground Mining And Its Attenuation on the Landscape in  
the Ostrava – Karviná District

Pelagia Siwková

Diplomová práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Mgr. v oboru

Ochrana a tvorba krajiny

Vedoucí práce: RNDr. Petr Hekera, Ph.D.

Olomouc 2023



Bibliografická identifikace:

Siwková P. 2023. Vliv hlubinné těžby a jejího útlumu na krajinu v Ostravsko – karvinském revíru [diplomová práce]. Olomouc: Katedra ekologie a ŽP PřF UP v Olomouci. 63 s. 2 přílohy. Česky.

### Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou vlivů hlubinné těžby a jejího útlumu na krajinu v Ostravsko – karvinském revíru. Hlubinná těžba černého uhlí představuje destrukční a devastující proces v krajině, který velmi negativně působí na mnohé složky životního prostředí. V největší míře ovlivňuje litosféru. Součástí první části absolventské práce je popis negativních vlivů hlubinné těžby černého uhlí na krajinu Karvinska, stručný popis zájmového území vybraných lokalit a seznámení s metodikou, na základě které byla provedena laboratorní analýza odebraných uhelných kalů. Pomocí archivních snímků a aktuálních fotografií, zhotovených i s využitím dronu, byla zdokumentována změna v krajině, způsobená intenzivní těžbou uhlí v OKR. V druhé části byly sledovány koncentrace těžkých kovů – kadmia, olova, mědi, chromu, niklu a zinku v uhelných kalech za využití metody atomové absorpční spektrometrie. Nejvyšší koncentrace těžkých kovů byly naměřeny na lokalitách jáma H<sub>1</sub>, jáma H<sub>2</sub>, jáma H<sub>3</sub>, kde jsou uloženy kaly z aktivního černouhelného Dolu ČSM a na lokalitě Pilňok, kde se ukládaly kaly z již uzavřeného černouhelného dolu ČSA. Pouze u prvku olovo došlo k překročení limitní hodnoty, stanovené vyhláškou č. 257/2009 Sb. o používání sedimentů na zemědělské půdě, a to celkově u čtyř vzorků. Preventivní hodnoty rizikových prvků v zemědělské půdě, ustanovené vyhláškou č. 153/2016 Sb. o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy, byly překročeny na zájmových lokalitách celkově u čtyř (kadmium, olovo, měď, zinek) ze šesti zkoumaných prvků.

Klíčová slova: změny v krajině, těžké kovy, uhelné kaly, Ostravsko – karvinský revír, uhelné hornictví

Bibliographical identification:

Siwková P. 2023. The Impact of Underground Mining And Its Attenuation on the Landscape in the Ostrava – Karviná District [master's thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacký University Olomouc. 63 pp. 2 Appendices. Czech.

### Abstract

This master's thesis deals with the issue of the impact of underground mining and its attenuation on the landscape in the Ostrava – Karviná district. Underground mining of hard coal represents a destructive and devastating process in the landscape, having detrimental effect on many components of the environment, most of all affecting the lithosphere. The first part of the thesis contains a description of the negative impacts of underground coal mining on the landscape of the Karviná district, a brief description of the area of interest and selected locations, and familiarisation with the methodology on the basis of which the laboratory analysis of tailings was carried out. The change in the landscape of OKR induced by intensive heavy coal mining is illustrated with the help of archival and current photographs, some of which were taken by a drone. In the second part, the concentrations of heavy metals: cadmium, lead, copper, chromium, nickel and zinc in mine tailings were studied using the atomic absorption spectroscopy technique. The highest concentrations of heavy metals were measured at the H<sub>1</sub> pit, H<sub>2</sub> pit and H<sub>3</sub> pit locations, where the tailings from the active ČSM hard coal mine were accumulated, and at the Pilňok location, where the tailings from the already closed ČSA hard coal mine were gathered. Lead is the only element that exceeded the limit value set by Decree No. 257/2009 Coll. on the use of sediments on agricultural land, in a total of four out of six samples. At the sites of interest, the preventive values for risk elements in agricultural soil, as established by Decree No. 153/2016 Coll. on the determination of details of agricultural soil quality protection, were exceeded for four (cadmium, lead, copper, zinc) out of the six examined elements.

Keywords: changes of landscape, heavy metals, coal sludges, Ostrava – Karviná coal basin, coal mining



## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Petra Hekery, Ph.D. a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci dne 31. července 2023

.....  
podpis

## Obsah

Seznam tabulek .....	viii
Seznam grafů.....	viii
Seznam obrázků .....	ix
Seznam příloh.....	xii
Seznam použitých zkratk.....	xiii
Poděkování.....	xiv
1 Úvod .....	1
2 Cíle práce.....	2
3 Materiál a metody.....	3
3.1 Vymezení a charakteristika zájmového území.....	3
3.2 Dopady hlubinné těžby černého uhlí na životní prostředí .....	4
3.3 Změny v krajině.....	5
3.4 Důlně indukovaná seismicita.....	22
3.5 Hydrologické poměry .....	22
3.6 Ovzduší.....	27
3.7 Zemědělství a lesnictví .....	30
3.8 Rekultivace krajiny.....	31
3.9 Budoucnost těžby černého uhlí .....	38
3.10 Těžké kovy .....	39
3.11 Biotoxicita těžkých kovů.....	40
3.12 Charakteristika vybraných těžkých kovů .....	42
3.13 Limitní hodnoty těžkých kovů ve vodním a půdním prostředí .....	46

3.14	Výběr lokalit .....	47
3.15	Odběry vzorků .....	50
3.16	Zpracování vzorků .....	51
3.17	Laboratorní analýza .....	52
4	Výsledky .....	53
5	Diskuse .....	59
6	Závěr .....	63
7	Literatura .....	64
8	Přílohy .....	81
8.1	Fotodokumentace.....	81
8.2	Tabulky .....	94

## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1:</b> Odebrané vzorky černouhelných kalů ze zájmových lokalit v OKR.....	51
<b>Tabulka 2:</b> Mezní hodnoty těžkých kovů dle tříd kvality vody .....	94
<b>Tabulka 3:</b> Limitní hodnoty těžkých kovů v půdě .....	94
<b>Tabulka 4:</b> Preventivní hodnoty obsahů rizikových prvků v zemědělské půdě zjištěné extrakcí lučavkou královskou .....	95
<b>Tabulka 5:</b> Proměny Darkova v číslech v letech 1980–1999.....	96
<b>Tabulka 6:</b> Přehled černouhelných dolů v karvinské podoblasti OKR.....	97
<b>Tabulka 7:</b> Koncentrace těžkých kovů v odebraných černouhelných kalech .....	98
<b>Tabulka 8:</b> Obsah vybraných těžkých kovů v uhelných kalech na zájmových lokalitách .	98

## Seznam grafů

<b>Graf 1:</b> Obsah Cd v uhelných kalech.....	53
<b>Graf 2:</b> Obsah Pb v uhelných kalech .....	54
<b>Graf 3:</b> Obsah Cu v uhelných kalech.....	55
<b>Graf 4:</b> Obsah Cr v uhelných kalech.....	56
<b>Graf 5:</b> Obsah Ni v uhelných kalech.....	57
<b>Graf 6:</b> Obsah Zn v uhelných kalech .....	58
<b>Graf 7:</b> Obsah vybraných těžkých kovů v uhelných kalech na zájmových lokalitách .....	61

## Seznam obrázků

<b>Obrázek 1:</b> Mapa zájmového území (upraveno dle: Černý, 2003) .....	4
<b>Obrázek 2:</b> Halda Ema z roku 1962 ( Lesková, 2012) .....	6
<b>Obrázek 3:</b> Letecký záběr z dronu na haldu Ema (Niemiec, 2018) .....	6
<b>Obrázek 4:</b> Historický pohled na Důl ČSM v obci Stonava před poklesem povrchu (Kurial, 2008) .....	8
<b>Obrázek 5:</b> Pokles povrchu u Dolu ČSM v obci Stonava (Siwková, 2023).....	8
<b>Obrázek 6:</b> Poklesová kotlina (Siwková, 2023) .....	9
<b>Obrázek 7:</b> Letecký záběr z dronu na odkaliště u Dolu ČSM (Niemiec, 2023).....	10
<b>Obrázek 8:</b> Historický pohled na nové rodinné domky ve Stonavě (Kubačáková, 2000) .	13
<b>Obrázek 9:</b> Současný pohled na místo zbouraných rodinných domků ve Stonavě (Siwková, 2023) .....	13
<b>Obrázek 10:</b> Historický pohled na Kostel svatého Petra z Alkantary (digi.archives.cz, 2015)	15
<b>Obrázek 11:</b> Letecký záběr z dronu na Kostel svatého Petra z Alkantary (Niemiec, 2023).	15
<b>Obrázek 12:</b> Historický pohled na kolejový most nad tratí Košice – Bohumín ve Stonavě (Lukačik, 1977).....	16
<b>Obrázek 13:</b> Letecký záběr z dronu na místo, kde stával odstřelený kolejový most nad tratí Košice – Bohumín ve Stonavě (Niemiec, 2023).....	17
<b>Obrázek 14:</b> Historický pohled na zámek Solca hrabat Larisch – Mönnichů v Karviné – Doly (karvina.cz <sup>1</sup> , 2016) .....	18
<b>Obrázek 15:</b> Současný pohled na lokalitu, kde se nacházel zámek Solca hrabat Larisch – Mönnichů v Karviné – Doly (Siwková, 2023) .....	18
<b>Obrázek 16:</b> Historický pohled na zaniklý Důl Hohenegger (zdarbuh.cz <sup>1</sup> ,2023).....	19
<b>Obrázek 17:</b> Letecký záběr z dronu na zrekultivovanou plochu v místech již zaniklého Dolu Hohenegger (Niemiec, 2023).....	20
<b>Obrázek 18:</b> Historický pohled na bývalou hlavní silnici přes obec Louky nad Olší (Rajsigl, 2021) .....	21

<b>Obrázek 19:</b> Letecký záběr z dronu na bývalou hlavní silnici obce Louky nad Olší (Niemiec, 2023) .....	21
<b>Obrázek 20:</b> Letecký záběr z dronu na areál Vodní jámy Jeremenko (Niemiec, 2023) ....	26
<b>Obrázek 21:</b> Letecký záběr z dronu na areál vodní jámy Žofie (Niemiec, 2023) .....	26
<b>Obrázek 22:</b> Prohořívající halda Ema (Niemiec, 2018) .....	29
<b>Obrázek 23:</b> Degazační stanice Eleonora v obci Doubrava (Siwková, 2023) .....	29
<b>Obrázek 24:</b> Kogenerační jednotka v průmyslové zóně Dolu František v obci Horní Suchá (Siwková, 2023).....	30
<b>Obrázek 25:</b> Historický pohled na rekultivaci území Lipiny (Kratochvíl a kol., 2002) ....	34
<b>Obrázek 26:</b> Letecký záběr z dronu na zrekultivované území Lipiny (Niemiec, 2023) ...	35
<b>Obrázek 27:</b> Historický pohled na rekultivaci území Darkov (Kratochvíl a kol, 2002) ....	36
<b>Obrázek 28:</b> Letecký záběr z dronu na zrekultivované území Darkov (Niemiec, 2023) ...	36
<b>Obrázek 29:</b> Historický pohled na rekultivaci území pod doubravským odvalem (okd.cz <sup>2</sup> , 2010) .....	37
<b>Obrázek 30:</b> Letecký záběr z dronu na Dinopark Ostrava (Niemiec, 2023) .....	38
<b>Obrázek 31:</b> Zájmová lokalita Pilňok – Letecký záběr z dronu (Niemiec, 2023).....	48
<b>Obrázek 32:</b> Zájmová lokalita Pohraniční kolonie – Letecký záběr (Niemiec, 2023) .....	48
<b>Obrázek 33:</b> Letecký záběr z dronu na bývalý Důl ČSA (Niemiec, 2023) .....	49
<b>Obrázek 34:</b> Letecký záběr z dronu na Důl ČSM (Niemiec, 2023) .....	49
<b>Obrázek 35:</b> Současný pohled na bývalou křižovatku ulic Havlíčková a Svatopluka Čecha v Karviné – Doly (Siwková, 2023) .....	81
<b>Obrázek 36:</b> Letecký záběr z dronu na souvislou zátopu v krajině (Niemiec, 2023) .....	81
<b>Obrázek 37:</b> Detailní pohled na odkaliště u Dolu ČSM (Siwková, 2023) .....	82
<b>Obrázek 38:</b> Historický způsob naplavování uhelných kalů (Kratochvíl a kol., 2002) ....	82
<b>Obrázek 39:</b> Vzorek uhelných kalů (Siwková, 2022) .....	83
<b>Obrázek 40:</b> Těžba uhelných kalů pomocí sacího bagru (Niemiec, 2023) .....	83

<b>Obrázek 41:</b> Výstražná tabule v Karviné – Doly – Pozor důlní vlivy (Siwková, 2023)....	84
<b>Obrázek 42:</b> Kostel svaté Barbory v Karviné 9 – Louky (Siwková, 2023) .....	84
<b>Obrázek 43:</b> Historický pohled na domy v Karviné – Doly pod kostelem svatého Petra z Alkantary (Kuča, 1998) .....	85
<b>Obrázek 44:</b> Současný pohled na místo bývalé české obecné školy na Hoheneggeru (Siwková, 2023).....	85
<b>Obrázek 45:</b> Současný pohled na bývalou ulici v Karviné – Doly (Siwková, 2023).....	86
<b>Obrázek 46:</b> Historický pohled na starý zámek v Karviné – Darkov (Chmiel, Szymik 1999)	86
<b>Obrázek 47:</b> Současný pohled na bývalé místo pekárny Fajkis (Siwková, 2023) .....	87
<b>Obrázek 48:</b> Historický pohled na výstavbu Beethovenovy ulice v Havířově (Benatzky a kol., 1995) .....	87
<b>Obrázek 49:</b> Historický pohled z roku 1960 na kostel svatého Petra z Alkantary (Kuča, 1998) .....	88
<b>Obrázek 50:</b> Současný pohled na šedomodrou fasádu kostela svatého Petra z Alkantary (Siwková, 2019).....	88
<b>Obrázek 51:</b> Poklesová kotlina u kostela svatého Petra z Alkantary (Siwková, 2023) .....	89
<b>Obrázek 52:</b> Letecký záběr z dronu na bývalý Důl Gabriela (Niemiec, 2023).....	89
<b>Obrázek 53:</b> Nový kostel svaté Barbory ve tvaru slzy (Siwková, 2023) .....	90
<b>Obrázek 54:</b> Výpusť důlních vod do řeky Ostravice (Niemiec, 2023) .....	90
<b>Obrázek 55:</b> Historický pohled na budovy statku tzv. starý dvůr, na Těšínské ulici, v pozadí Důl Darkov (Chmiel, 2001) .....	91
<b>Obrázek 56:</b> Zákazová tabule na lokalitě Pohraniční kolonie (Siwková, 2022) .....	91
<b>Obrázek 57:</b> Detailní pohled na lokalitu Pilňok (Siwková, 2022) .....	92
<b>Obrázek 58:</b> Odběr vzorku uhelných kalů pomocí půdní sondýrky (Siwková, 2022).....	92
<b>Obrázek 59:</b> Detailní pohled na lokalitu Pohraniční kolonie (Siwková, 2022) .....	93
<b>Obrázek 60:</b> Dron DJI Mavic Pro (Siwková, 2023).....	93

## **Seznam příloh**

8 Přílohy .....	81
8.1 Fotodokumentace .....	81
8.2 Tabulky .....	94



## **Seznam použitých zkratk**

AAS – Atomová absorpční spektrometrie

ČSA – Důl Československé armády

ČSM – Důl Československého svazu mládeže

OKD – Ostravsko – Karvinské doly

OKR – Ostravsko – karvinský revír

PAU – Polycyklické aromatické uhlovodíky

POP – Perzistentní organické polutanty

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla v první řadě poděkovat panu RNDr. Petru Hekerovi, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce, za poskytnuté odborné rady, konzultace a pomoc v laboratoři, jeho laskavost, velkou trpělivost a čas. Poděkování patří také paní Ing. Miluši Hlavaté, Ph.D. za poskytnuté odborné rady, materiály a konzultace. Dále bych chtěla poděkovat celé rodině a přátelům za obrovskou podporu a zájem při mém studiu. Jmenovitě mé matce Mgr. Gražynie Siwkové za korekturu textu, mému staršímu bratrovi Ing. Dominiku Niemiecovi Ph.D. za výpomoc s grafickou úpravou práce a pomoc při pořízení fotodokumentace pomocí dronu, dále pak mému otci Ing. Karolu Siwkovi za pomoc s výběrem vhodných lokalit k fotodokumentaci, a v neposlední řadě mému partnerovi Miroslavovi Krausovi za jeho lásku, pochopení a podporu.

V Olomouci dne 31. července 2023

# 1 Úvod

„Depresivní podrytá krajina opuštěna hospodáři, obětovaná dobývání černého zlata. Poloodklizené ruiny pohlcuje divočina nikým nesázené zeleně, jen síť rozpadajících se cest ukazuje, kudy ještě nedávno kráčeli lidé. Uvědomovali si, že podkopávají své domy, když sjížděli do hlubin šachet vydělávat na černý chléb?“ (Koutecká, 2015)

Karvinsko, srdce kdysi tepajícího životem, těžce urbanizovaného průmyslového regionu, vzájemně propojeného černými žilami. Regionu stále spojovaného pro mnohé, jak už napovídá výše citovaný úryvek knihy „Vábení ostravské robky“, pouze se zdevastovanou, silně antropogenní krajinou, plnou všudypřítomného šedivého oparu smutku, vylidněných a srovnaných se zemí kolonií a domovů těžce pracujících horníků. Posledním památníkem někdejší, dnes již zašlé slávy, jsou vysoké, osamocené věže těžebních šachet, z kterých již dávno slavnostně vyjel poslední vozík, plný černého zlata, zdroje prosperity a bohatství zdejšího regionu. Tito chátrající obři tiše pozorují krajinu, která pod jejich betonovým dohledem prošla nejednou metamorfózou, v důsledku které zcela změnila svůj dřívější vzhled. Zdejší obyvatelstvo, tvořené převážně starousedlickými rody, je houževnaté a tvrdé, ale také chovající ve velké úctě své hornické kořeny s čímž také souvisí i předávání havířského folkloru a kultury dalším generacím. Tuto mentalitu pochopí jen nezaujatý pozorovatel s otevřenou myslí a znalostí historie kraje. Vidina bohatství a zisku přilákala do černé země mnohé cizince, neznalé zdejší krajiny, či zvyklostí. Stala se katalyzátorem populačního a urbanizačního vývoje regionu. Příroda představovala pouze zdroj a po desítky let byla odstavená na vedlejší kolej. Byla nahrazena vše pohlcující městskou pustinou, útočištěm pro nově příchozí dělníky s rodinami a držena v šachu všude přítomným těžkým průmyslem. Místní příroda, ačkoliv upadla v nemilost a zapomnění, se dnes pomalu, ale jistě vzpamatovává ze svého dlouhého spánku a někdy až nečekanou rychlostí si bere zpět své ztracené državy. Výtvary doby dávno minulé tvoří betonovou krajinu duchů, na které se již na první pohled podepsal nemilosrdný zub času. Ta se najednou mění na hustou zelenou džungli, ze které se ozývají hlasy vzácných druhů zvířat, vracejících se na svá stará teritoria.

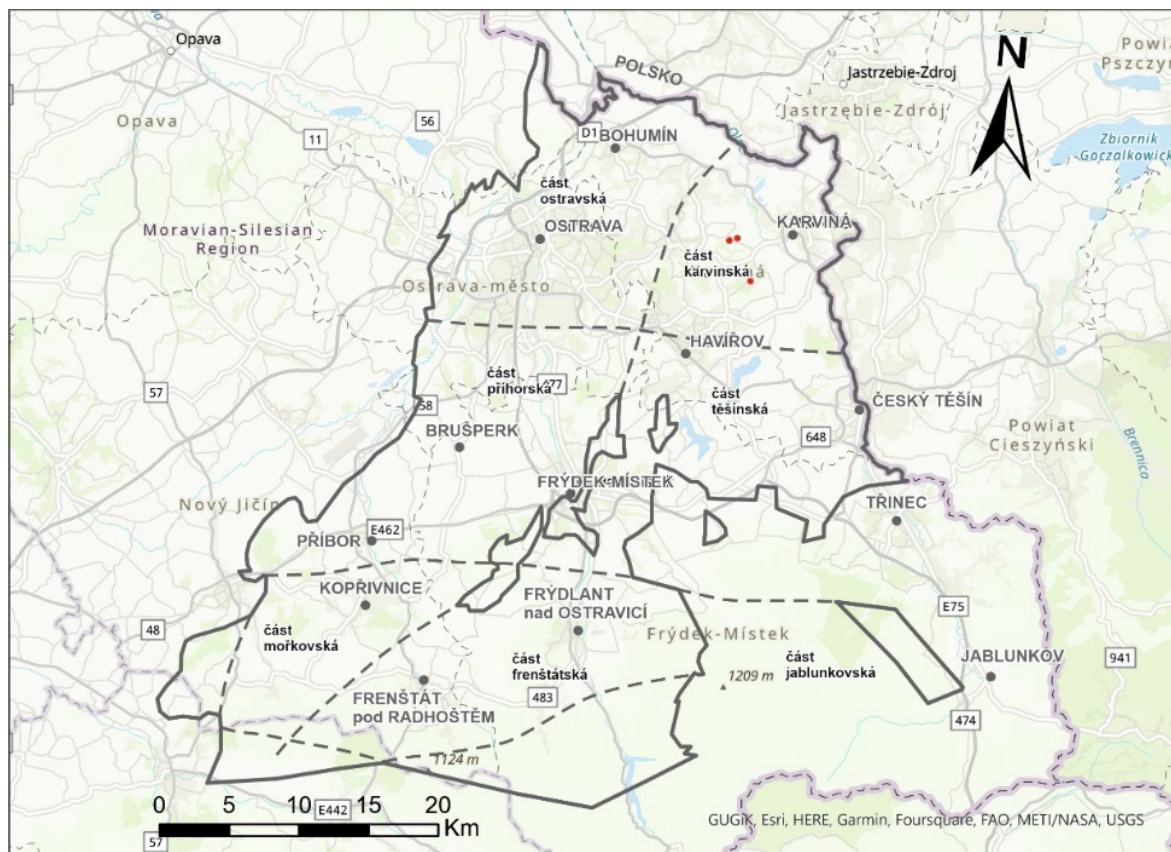
## **2 Cíle práce**

- Dokumentace vlivů hlubinné těžby černého uhlí na změny v krajině, na příkladu vybraných lokalit karvinské části OKR
- Hodnocení obsahu a současného rizika pro životní prostředí vybraných těžkých kovů v uhelných kalech deponovaných na odkalištích dolů ČSA a ČSM

### **3 Materiál a metody**

#### **3.1 Vymezení a charakteristika zájmového území**

Ostravsko – Karvinský revír (dále OKR) (viz Obrázek 1) je hlavní černouhelnou oblastí v naší republice (vice než 90 % zásob). Uhlí zde bylo objeveno již v roce 1763–1770 a těží se od třicátých let devatenáctého století až do dnes, aktuálně ve značném útlumu. Geologický průzkum s cílem nalézt uhelná ložiska, nařídila císařovna Marie Terezie. Revír je situován v jižní části hornoslezské černouhelné pánve (zabírá asi 6 % rozlohy) a jeho celková rozloha činí 310 km<sup>2</sup>. Území je vnitřně členěno na oblast ostravsko – karvinskou a podbeskydskou. Dále je možné rozdělit ostravsko – karvinskou oblast na podoblast ostravskou, která je vymezená orlovskou stružkou a zahrnuje ostravskou a petřvaldskou pánev. Podoblast karvinská se rozkládá východním směrem od orlovské stružky a je vymezená až česko – polskou hranicí. Oblast podbeskydská se skládá z frenštátské, těšínské, jablunkovské, příborské a mořkovské podoblasti. Zájmovou oblast tvoří ostravská pánev propojená s Moravskou bránou, která se na jihovýchodě stýká s Podbeskydskou pahorkatinou a na západě přilehá k Opavské pahorkatině. Vzhledem k zeměpisné poloze revíru náleží k mírně teplým a mírně vlhkým oblastem. Nejčastějším půdním typem v revíru jsou hnědozemě a podzoly. Půdotvorné procesy v největší míře probíhaly na sprašových hlínách a zvětralinových pláštích beskydského podhůří. Hlavními vodními toky OKD jsou řeky Odra, Ostravice a Olše. (Černý, 2003; Huplík, 2004; Martinec a kol., 2006)



Obrázek 1: Mapa zájmového území (upraveno dle: Černý, 2003)

### 3.2 Dopady hlubinné těžby černého uhlí na životní prostředí

Těžba nerostných surovin vždy velmi negativně působí na mnohé složky životního prostředí. Míra ovlivnění je závislá především na geologické stavbě, mocnosti, hloubce a kvalitě uhelného ložiska, dobývacích metodách, fyzikálně mechanických vlastnostech nadložních hornin a také celkové délce báňské činnosti v daném revíru. Mezi projevy hornické činnosti patří např. deformace povrchu jako následek poddolování, seismická aktivita, výrony plynů, prostorové zatížení krajiny, znečištění úpravnickými procesy uhlí, ukládání těžebního odpadu v krajině, vznik důlních škod, změna režimu podzemních a povrchových vod. Vodní toky jsou zejména ohroženy kontaminací sírany a těžkými kovy, v důsledku těžby se mění i celý hydrogeologický režim exploatované oblasti. Kvalitu ovzduší silně ovlivňuje zvýšená prašnost provázející báňskou činností, prohořívání hald, lokálně zvýšená doprava, energetika a těžký průmysl spojený s hornickou aktivitou. Přírodní krajina je odlesňována a znehodnocována, ustupuje ve prospěch industrializované krajiny. Zemědělská půda je znehodnocována a zabírána pro účely výstavby nových sídlišť a kolonií k ubytování velkého přílivu nové pracovní síly a tvorbě inženýrských sítí. Dlouhodobá zátěž vyvíjená činností člověka na krajinu hornických revíru je jen těžce napravitelná a velmi nákladná. (Grygárek a kol., 2007; Martinec a kol., 2006; Černý, 2003; Ďurica a kol., 2010; Müllerová, Vašíček, 1988; Blatt, 1997)

### 3.3 Změny v krajině

Hlubinná těžba černého uhlí představuje destrukční a devastující proces, který v největší míře ovlivňuje litosféru. Hmota, která se nacházela před intervencí člověka pod povrchem, se nyní dostává do podmínek nových, na povrch země. Na území ovlivněném těžbou vzniká nová specifická krajina. Negativní vliv těžby je ve většině případů bezprostředně spojen s hornickou činností, avšak může vzniknout i nepřímo, jako vedlejší efekt této činnosti. Z jedné strany dochází k odvalování hlušiny, čímž vznikají elevace z nasypných odvalů (haldy) a na straně druhé vznikají deprese (poklesové kotliny) v místech rozsáhlých a intenzivních propadů poddolovaného terénu. Tvoří se terénní stupně, vlny a trhliny. Negativní vliv poddolování často přerůstá ve velkoplošnou degradaci všech základních krajinných složek a prvků. (Grygárek a kol., 2007; Hlavatá, 2005; Černý, 2003; Havrlant, 1980; Kratochvíl a kol., 2002; Neya, 1996)

**Odvaly** (viz Obrázek 2) představují typický rys těžební krajiny. Byly zakládány prakticky u všech dolů a sloužily jako uložště karbonské hlušiny. Různí se od sebe tvarem, objemem, rozlohou, výškou i složením. Kuželové haldy tvořily v minulosti dominantu především v ostravské části OKR (dosahovaly výšky až 80 m). Ke dnešnímu dni se zachovala pouze halda Ema jako technická památka (viz Obrázek 3), ostatní byly zplanýrovány při rekultivačních pracích. Odvaly představují cizorodý prvek, který negativně narušuje estetiku (viz Obrázek 2) krajinného rázu, ale především stanoví prostorovou zátěž v krajině. Velkým problémem, hlavně v minulosti, bylo jejich časté samovznícení a dlouholeté haldové požáry, které bezprostředně ohrožovaly zdraví obyvatelstva. Patřily mezi hlavní znečišťovatele ovzduší v regionu a ničily mnohé bioty. Některé starší odvaly jsou dodnes termicky aktivní a v současnosti probíhá výzkum, zda by se daly využít jako alternativní zdroj energie. Hlušina, tvořící haldy, je na povrchu dlouhodobě vystavována atmosférickým a klimatickým vlivům, v důsledku čeho se mohou těžké kovy, obsažené v kovových rudách v hlušíně, vyluhovat do vodních toků. Zvětrávací procesy jsou doprovázené až spontánní oxidací uhelné hmoty. Produktem hoření odvalů jsou různé exhaláty, především: CO, CO<sub>2</sub>, organické látky, oxidy dusíku a síry, vypálené horniny i nově vzniklé druhotné minerály rozpustné ve vodním prostředí. Jedná se o produkty ve všech třech skupenstvích a jejich dopad na životní prostředí je proto komplexní a není jednoduché odhadnout jeho rozsah. Zvětrávací procesy taktéž napomáhají k rozvoji primární sukcese ve specifických podmínkách hald. Typická je pro odvaly teplomilná a suchomilná flora a fauna. Vlhkost, která se udržuje ve zvětralině, vytváří ideální podmínky pro uchycení vegetace s postupnou tvorbou půdního horizontu, která se na odvaly dostává spontánně náletem či



zoochorií. Hlušina byla taktéž využívána pro vyrovnání nebo navýšení terénu postiženého poklesy, nasypávání hrází kolem vodních toků či podkladový materiál pro stavbu silnic a železnic a v současné době i jako rekultivační materiál. (Grygárek a kol., 2007; Hlavatá, 2005; Černý, 2003; Havrlant, 1980; Havrlant, 2004; diamo.cz<sup>1</sup>, 2022; Manahan, 2013)



**Obrázek 2:** Halda Ema z roku 1962 ( Lesková, 2012)



**Obrázek 3:** Letecký záběr z dronu na haldu Ema (Niemiec, 2018)



**Poklesy povrchu** (viz Obrázek 4 a viz Obrázek 5) jsou dalším charakteristickým jevem báňské činnosti. Dochází k nim, kdy při těžbě targetové nerostné suroviny dojde k vzniku volných prostor v horninovém prostředí. Touto činností dojde k narušení rovnovážného napětového stavu horninového prostředí, které bude mít tendence opětovně se navrátit do rovnovážného stavu, čímž vyvolá deformace v okolí nově vzniklých volných prostor. Odhaduje se, že od začátku hornické činnosti v Ostravsko – Karvinském revíru poklesy přesáhly místně i 40 m. Takto indukované deformace se projeví až na povrchu a jsou mnohdy doprovázeny destrukcí povrchových objektů (viz Obrázek 35): domovní fond, mosty (viz Obrázek 12). Trvalá údržba je nutná i u inženýrských sítí. Pohyby terénu také působí nežádoucně na půdní fond, což se projevuje jeho degradací doprovázenou snížením výnosů z polí. Vyskytnou-li se poklesy v nivách řek, dochází k jejich rychlému zaplavování podzemní vodou a tím i k vzniku bezodtokových poklesových kotlin (viz Obrázek 6), které se postupem času mění na bažinu či jezero. Jedná se o velkoplošný jev souvislých zátopů v krajině (viz Obrázek 36). Poklesová kotlina vznikne dojde-li, na jedné straně v podélném profilu k nárstu erozivní činnosti, a na straně druhé, k poklesu sklonu a zaplavování vedlejšího území. Ve spodní části kotliny dochází ke snížení původní hodnoty sklonu dna. Hladina vody, ale nenásleduje tento trend, čímž nastává její relativní zvyšování. Změna průtokových rychlostí a ztráta sklonu je doprovázena ukládáním splavenin, což vede k postupnému navyšování dna. Proto se celý úsek označuje jako sklonově pasivní. V horní části vzrůstá podélný sklon dna, což zapříčiňuje nárst erozní činnosti a tímto postupně dochází k prohlubování dna, čímž se celý tento úsek stává sklonově aktivní. Využití poklesových kotlin je velmi variabilní. Mohou být plošně asanovány s využitím karbonské hlušiny, ponechány jako vodní plocha, nebo jako v minulosti, přetvořovány na odkaliště. Typickým jevem pro hornicky ovlivněné oblasti, jsou neustále vyvíjející a měnící se podoby vodních ploch. Vlivem antropogenní činnosti se utvořila v oblasti OKR unikátní biologicky cenná jezera – mokřadní krajina, která se stala biotopem mnoha zvláště chráněných druhů jako je např.: rak říční, vydra říční, bobr evropský, užovka podplamatá, skokan ostronosý, nepukalka plovoucí, leknín bílý, židoviník německý a krušík bahenní. Nalézají se zde 11 maloplošných zvláště chráněných území. Obdobný fenomén, nově vzniklých mokřadů s vysokou biodiverzitou vzešlým zaplavením důlních propadlin, můžeme pozorovat také na území Chomutovska a Sokolovska. (Martinec a kol., 2005; Černý, 2003; Havrlant, 1980; Koutecká, 2015; Weissmannová a kol., 2004; Hlavatá, 2005; Skácelová, 2011; Martinec a kol., 2006; Hortvík, 2003; Klečka, 2004)



**Obrázek 4:** Historický pohled na Důl ČSM v obci Stonava před poklesem povrchu (Kurial, 2008)



**Obrázek 5:** Pokles povrchu u Dolu ČSM v obci Stonava (Siwková, 2023)





**Obrázek 6:** Poklesová kotlina (Siwková, 2023)

**Odkaliště** (viz Obrázek 7) jsou prostory přírodně či umělé ohraničené. Jedná se o další typický rys montánní krajiny. Vždy znázorňují citelný antropogenní zásah do krajinného rázu a představují často nechtěné nevzhledné dominanty a zátěž v krajině. Svou přítomností ovlivňují geologické a hydrogeologické poměry, podílejí se na změně kvality podzemních, povrchových, odpadních i drenážních vod, řadí se i mezi největší plošné zdroje zvýšené prašnosti v ovzduší. Riziko pro okolní krajinu představují i možné havarijní přetoky v období zvýšených stavů vodní hladiny. Kalojemy charakterizuje velká záborová plocha, mohutný objem a nezřídka taktéž výrazné množství odtékajících odpadních vod, které mohou být toxické v různé míře pro člověka, živočichy i rostliny (viz Obrázek 37). Tyto vody mohou být kyselé i alkalické, nezřídka obsahují rozpuštěné kovy, komplexy organických složek z úpraven uhlí, huminové a karboxylové kyseliny. Jejich funkcí je trvalé nebo dočasné uskladnění hydraulicky transportovaného průmyslového odpadu, akumulují se v nich velké objemy kalů. Jedná se o specifický druh skládek dříve nevyužitelného odpadu, dnes tento odpad má významný energetický potenciál pro další využití. Usazovací nádrže také slouží k čištění odpadních vod z úpraven uhlí a používaly se i k dočišťování koksárenských fenol – čpavkových vod. Z hlediska zákona číslo 541/2020 Sb. zákon o odpadech, se jedná v případě odkališť a hlušinových odpadů, dle § 2 Působnost zákona

o těžební odpad a je z působnosti tohoto zákona vyňat. Náleží do působnosti zákona č. 44/1988 Sb. zákon o ochraně a využití nerostného bohatství tzv. horní zákon, ve znění pozdějších předpisů. Problematika odkališť a kalů byla v minulosti (viz Obrázek 38) projednávána odděleně a bez návaznosti na úpravny uhlí, řešilo se následek, a ne příčinu vzniků kalů. Nepříznivý vliv ukládaných odpadů na životní prostředí je do jisté míry eliminován pomocí technické a biologické rekultivace, která vytvořila příhodné podmínky pro biologickou expanzi druhů. (Bulíček, Jindřich, 1976; Hlavatá, 2005; Kratochvíl a kol., 2002; Martinec a kol., 2006; Zákon č. 44/1988 Sb., 1988; Zákon č. 541/2020 Sb., 2020; Bubák a kol., 2010)



**Obrázek 7:** Letecký záběr z dronu na odkaliště u Dolu ČSM (Niemicc, 2023)

**Uhelné kaly** (viz Obrázek 39) představují postranní produkt úpravy uhlí (odpad) vznikající flotací, který je dále ukládán do usazovacích nádrží tzv. odkališť. Jedná se o směs jemných částic hornin (do 1 mm) a uhlí. Procentuální obsah popela v kalech je různý a dle tohoto kritéria je můžeme rozdělit do dvou kategorií. Kaly s obsahem popela 50–60 % vznikají při nedokonalém zpracování jemnozrnných frakcí v úpravkách a jsou dále využívány jako energetická surovina ve formě granulátu. Tvoří je směs surových kalů a flotačních hlušin (nejjemnější frakce hlušin obsahující zbylou uhelnou substanci, jsou dotřídovány v uhelných prádlech). Granulát se dále uplatňuje např. v: teplárnách, cementárnách a koksovnách jako příměs do koksárenských a základových směsí.

Kaly s obsahem popela méně než 50 % mají charakter nebezpečného odpadu a je nutné je dekontaminovat, protože jsou nasycené různými chemickými škodlivinami. Vznikají při sorpčním čištění koksárenských fenol – čpavkových vod. Lze je dále využít v omezené míře také v koksovárnách či jsou spalovány ve spalovnách nebezpečného odpadu. Od roku 1998 již nejsou produkovány nové uhelné kaly v odkalištích, ale lisují se za použití moderních technologií v kalolisech. Těžba kalů z usazovacích nádrží probíhá klasicky bagry. U nádrží nacházejících se pod úrovní hladiny podzemní vody těžba probíhá hydraulicky, pomocí speciálních sacích bagrů (viz Obrázek 40). Tento proces může trvat mnoho let a po vytěžení následuje vodohospodářská rekultivace. V minulosti kaly sloužily jako palivo pro domácnosti, ale po zprísnění podmínek pro jejich spalování byl jejich prodej pro drobné spotřebitele ukončen. (Martinec a kol., 2006; Černý, 2003; Hlavatá, 2005; Slivka, 2002; Knob a kol., 1991)

**Změny v krajině způsobené těžbou uhlí** silně ovlivnily kromě krajiny, také životní osudy místního obyvatelstva. Ve jménu zaměstnanosti, rozvoje, sociálního rozkvětu a celkové ekonomické prosperity regionu byly důlními vlivy (viz Obrázek 41) zdevastovány mnohé obce a některé jejich čtvrti zcela srovnány se zemí. Tento tragický osud postihl např. Stonavu, se kterou územní plán obce z 1986 roku prakticky vůbec nepočítal. Měly zde setrvat pouze černouhelné doly, kaliště, brigádnické ubytovny a v neposlední řadě měla vzniknout nová koksovna. Louky nad Olší – téměř celá obec zmizela z mapy. Dochoval se pouze kostel svaté Barbory, přezdívaný „kostel duchů“ (viz Obrázek 42). Karvinou – Doly, Karvinou – Staré Město, Karvinou – Ráj, Darkov - 70 % jeho rozlohy zmizelo pohřbené pod nánosy hlušiny (viz Tabulka 5), Orlovou, Petřvald, Doubravu, Dolní a Horní Suchou, kde části Podlesí a Paseky byly zcela vylidněné. Lidem doslova před očima zmizely jejich domy (viz Obrázek 43), zahrady, školy (viz Obrázek 44), ulice (viz Obrázek 45), krásné parky (viz Obrázek 14), úrodná pole, zámky (viz Obrázek 46), kostely, hotely, rybníky, pekárny (viz Obrázek 47). Zaplatili vysokou daň za to, že se „narodili na uhlí“, které ovšem přineslo obživu mnoha generacím. Jako náhrada za zbourané domovy byly budovány v některých sídlech osady tzv. finských domků a hornických kolonií. Nově bylo vybudováno město Havířov (viz Obrázek 48), kde jak vlastníkům, tak i nájemníkům byly dány k dispozici náhradní byty v panelové výstavbě. Všeobecný nepříznivý vývoj sídel ovlivněných těžbou nebyl ale mnohým občanům lhostejný, naopak je motivoval k nalezení východiska. K nastartování transformace přispěla i politická změna po roce 1989, zpusťosené obce se

pustily do všeobecné revitalizace a zlepšování životních podmínek pro své obyvatele. Bohužel, ne vždy snaha o obnovení zástavby na jejím původním místě byla moudrou volbou např.: v obci Stonava na přelomu tisíciletí byla vybudována nová obytná čtvrť rodinných domků (viz Obrázek 8), která opětovně musela být zlikvidována v důsledkům stále přetrvávajících důlních vlivů (viz Obrázek 9). Přistoupilo se k přijetí nových zákonů např.: o ochraně přírody a krajiny (zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny), o posuzování vlivů na životní prostředí (zákon č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů), došlo taktéž k novelizaci horního (zákon č. 44/1988 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství) a stavebního zákona (zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu), čímž se situace pro důlní organizace značně zkomplikovala. Nově jim byla zákonem daná povinnost zahlazovat následky důlní činnosti, vyplácet náhrady za vzniklé důlní škody, jednat s majiteli nemovitostí v oblastech zasažených těžbou, rozvíjela se oboustranně výhodná spolupráce s obcemi. Důlní škody jsou horním zákonem definované jako: „škody způsobené na hmotném majetku vyhledáváním a průzkumem ložisek, pokud se provádí důlními díly, dobýváním výhradních ložisek, zřizováním, zajišťováním a likvidací důlních děl a lomů, včetně jejich zařízení, odvalovým, výsypkovým a kalovým hospodářstvím organizací, úpravou a zušlechťováním nerostů, prováděnými v souvislosti s jejich dobýváním, jakož i škody způsobené zvláštními zásahy do zemské kůry“ (Zákon č. 44/1988 Sb., 1988). Organizace odpovědné za vznik škod tohoto typu jsou povinné od roku 1991 vytvářet rezervu finančních prostředků k zajištění vypořádání s dotčenou stranou a zároveň zaručit sanaci a rekultivaci pozemků postižených těžbou (viz 3.8 Rekultivace krajiny). Důležitým příjmem sídel, v jejichž katastrálním území probíhala báňská činnost, se staly kompenzace stanovené horním zákonem jako: úhrady z dobývacích prostorů a vydobytých vyhrazených nerostů. Tyto úhrady byly vypláceny příslušným těžebním společností, které pak převáděly náležející částky do rozpočtu obcí. Cílem spolupráce bylo vytvořit harmonicky vyváženou krajinu, poskytnout příležitost k rozvoji zdravého životního prostředí a navrátit zpustošené plochy zpět do produkčního procesu. (Chmiel, 2001; Kubačáková a kol., 2000; Pěgřim, 2005; Kratochvíl a kol., 2002; Rajsigl, 2021; Smolová, 2008; zakonyprolidi.cz, 2023; Kaštovský, 2011)





**Obrázek 8:** Historický pohled na nové rodinné domky ve Stonavě (Kubačáková, 2000)



**Obrázek 9:** Současný pohled na místo zbouraných rodinných domků ve Stonavě (Siwková, 2023)

Krajina Karvinska prošla v minulosti bouřlivými změnami. Bez pochyby si zachovala své charakteristické prvky báňské minulosti a je zde i nadále patrný silný vliv člověka na okolní krajinu. Najdou se však i taková místa, kde by nezkušené oko mladé generace ani nepoznalo, že zde jejich předkové fáráli, bydleli a prožívali celé své životy. Někdy jen s údivem hledíte na historické fotografie, stojíc na stejném místě, které se změnilo k nepoznání. Níže si dovolím uvést pár takovýchto příkladů změn krajiny v čase.

**Kostel svatého Petra z Alkantary** neboli „šikmý kostel“, není třeba jej dlouho představovat. Je ikonickou sakrální stavbou situovanou v Karviné – Doly, dobře známou v celé republice. Je zapsán v České knize rekordů a kuriozit jako nejšikmější kostel. Byl postaven v roce 1736 v barokním slohu (viz Obrázek 49). Důlní činnost se velmi výrazně podílela na jeho osudu. Bylo zde vytěženo celkově 27 slojí v mocnosti takřka 53 metrů, v důsledku, čeho poklesl o neuvěřitelných 37 m a došlo k denivelaci jihovýchodním směrem o 6,8°. Z bezpečnostních důvodů a obav o zhroucení celé stavby, byl dvakrát zkrácen. Roku 1992 byl vydán demoliční výměr k jeho likvidaci, ke které ale nikdy nedošlo. Později v letech 1994–1995 proběhla generální technická rekonstrukce, která objekt zpevnila speciálními táhly zabraňujícími zřícení. O 20 let později se kostel dočkal dalších oprav i současné šedomodré fasády (viz Obrázek 50). a patří dnes mezi nejvyhledávanější turistické cíle v okrese Karviná. V současnosti je údolí obklopující kostel, o rozloze 22 ha, zrekultivované (viz Obrázek 11). Po obrovské haldě Žofie, nacházející se kdysi v jeho blízkosti, zůstala pouze fotografie (viz Obrázek 10). Negativním vlivem poklesů terénu, došlo na lokalitě k vytvoření dvou vodních ploch. Ta v bezprostřední blízkosti kostela byla oceněná jako zajímavý krajinářský prvek s mikroklimatickou funkcí, díky čemu byla zachována (viz Obrázek 51). Druhá vodní plocha, tvořená rozlitém korytem Karvinského potoka, měla charakter bezodtoké kotliny, nebyla zachovaná. V rámci rekultivačních prací, které na lokalitě probíhaly od roku 1998–2006, byly zavezené četné zátopy v blízkosti Karvinského potoka. Došlo k obnovení odvodnění území prostřednictvím vyspádování a nově vytvořeného umělého koryta potoka, kde dříve odtékaly důlní vody z Dolu Gabriela (viz Obrázek 52). Na terénní úpravy se spotřebovalo celkově 220 tisíc m<sup>3</sup> hlusiny. (Matroszová, Kravčík, 2016; karvina.cz<sup>2</sup>, 2016; Kratochvíl a kol., 2002; starakarvina.cz, 2022; Hortvík, 2003; okd.cz<sup>2</sup>, 2010; Huplík, 2004; Marschalko a kol., 2016)





**Obrázek 10:** Historický pohled na Kostel svatého Petra z Alkantary  
(digi.archives.cz, 2015)



**Obrázek 11:** Letecký záběr z dronu na Kostel svatého Petra z Alkantary (Niemicc, 2023)

**Kolejový most** nad tratí Košice – Bohumín, mezi závody Dolu Československého svazu mládeže (dále ČSM) ve Stonavě (viz Obrázek 12), byl zlikvidován dne 7.1.1977 za použití 160 kg trhaviny. Příčinou demolice byly poškozené nosné pilíře mostu následkem těžební činnosti. Praskliny na pilířích se denně zvětšovaly až o milimetr. Silniční doprava přes tento most, od zjištění závady do detonace, byla zcela zastavena a rychlost vlaků v tomto úseku výrazně omezena. Dokončená Košicko – Bohumínská dráha představovala důležitou dopravní spojnici, napojenou na hutní a báňské podniky v OKR, umožňovala vývoz jejich produktů do okolních zemí a jejichovější konkurenceschopnost. Dnešní stav místa, kde stával odstřelený most znázorňuje Obrázek 13. (Olš, 1977; Matěj a kol., 2008)



**Obrázek 12:** Historický pohled na kolejový most nad tratí Košice – Bohumín ve Stonavě  
(Lukačík, 1977)





**Obrázek 13:** Letecký záběr z dronu na místo, kde stával odstřelený kolejový most nad tratí Košice – Bohumín ve Stonavě (Niemiec, 2023)

**Zámek Solca** byl situován v již zaniklé osadě Solca (dnes Karviná – Doly), kde se už od 13. století získávalo sůl odpařováním ze solných pramenů. V dobách intenzivní těžby černého uhlí z nedalekého Dolu Barbora tekly silně mineralizované důlní vody do Soleckého potoka a dále pak do Olše. Zámek byl vystavěn v novorenesančním stylu roku 1873 jako hlavní rodové sídlo rodu hrabat Larisch – Mönnichů a obklopoval jej anglický park o rozloze 80 ha (viz Obrázek 14). Jednalo se o největší zámek Těšínského Slezska. V průběhu let byl objekt různě přestavován, upravován, měnil svého majitele, funkci, a dokonce vyhořel. V 1944 byl obsazen německou armádou a následně zkonfiskován jako německý majetek. Na začátku 50. let se již výrazně začaly projevovat známky poddolování celé budovy, a tak bylo rozhodnuto o zbourání nejvíce poškozené části. Definitivní demolice zámku proběhla v roce 1953. V této době došlo také k přejmenování zámeckého parku Solca na Sady Zdeňka Nejedlého. Park dále sloužil veřejnosti. Konaly se zde, mimo jiné, hornické slavnosti. Koncem 60. let již nebylo možné park využívat pro veřejné účely. Na vině byly důlní škody a zatopení jeho severní části. Definitivní rozebrání přilehlých zámeckých budov proběhlo v roce 1980 a nedlouho po tom zanikl nadobro i samotný zámecký park (viz Obrázek 15). V areálu se dnes



zachovaly už pouze zbytky zdí, bočních opor schodiště a sloupů zadní brány, různé kovové artefakty ale i schodiště vedoucí ke zbořené rodové hrobce Larisch – Mönnichů. Aktuálně je místo označené informační tabulí v českém a polském jazyce. (Spolek Stará Karviná, 2023; karvina.cz<sup>1</sup>, 2016; prazdnedomy.cz, 2021; Januszek, 2023; zanikleobce.cz, 2008)

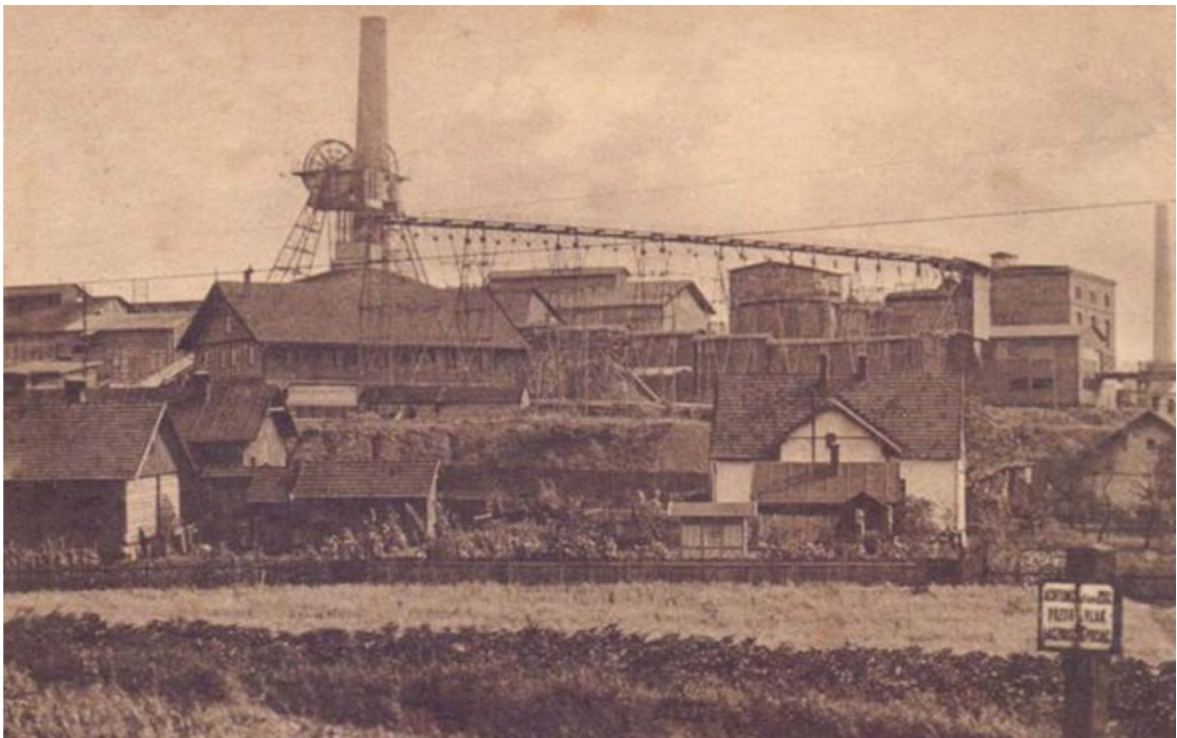


**Obrázek 14:** Historický pohled na zámek Solca hrabat Larisch – Mönnichů v Karviné – Doly (karvina.cz<sup>1</sup>, 2016)



**Obrázek 15:** Současný pohled na lokalitu, kde se nacházel zámek Solca hrabat Larisch – Mönnichů v Karviné – Doly (Siwková, 2023)

**Důl Hohenegger** (viz Obrázek 16) pojmenovaný po vědci Ludvíku Hoheneggerovi, patřil mezi první doly v OKR a těžilo se v něm po dlouhých osmdesát let. Březen roku 1895 se zapsal tragicky do historie šachty. Došlo k výbuchu dynamitu, následovaném výbuchem uhelného prachu, přičemž přišlo o život padesát dva pracovníků. Důl zanikl 17. února 1969 zasypáním těžební jámy drceným kamenem. V současné době je důlní komplex plně zlikvidován, území, na kterém se rozprostíral již bylo dávno zrekultivováno a najdeme zde zemědělsky využívaná pole (viz Obrázek 17). (zdarbuh.cz<sup>1</sup>, 2023; Kratochvíl a kol., 2002; mining.cz, 2005)



**Obrázek 16:** Historický pohled na zaniklý Důl Hohenegger (zdarbuh.cz<sup>1</sup>,2023)





**Obrázek 17:** Letecký záběr z dronu na zrekultivovanou plochu v místech již zaniklého Dolu Hohenegger (Niemiec, 2023)

**Louky nad Olší** (viz Obrázek 18) byla původní, dnes již neexistující vesnice, umístěná na sever od současné městské části Karviné, označované jako Karviná 9 – Louky. Charakteristickým znakem Louk byly lesy, pole a rybníky, které tvořily dominantu krajiny. Obci protéká potok Loucká Mlýnka a nacházejí se zde již pouze dva rybníky: Velký mlýnský rybník a Velký rybník. Sídla ustoupila v důsledku značných poklesů terénu, vyvolaných intenzivní těžbou. K dnešnímu dni se dochoval pouze kostel svaté Barbory a kousek původní asfaltové silnice, která vedla bývalým centrem obce (viz Obrázek 19). Kostel byl vyňat z fondu kulturních památek a je majetkem OKD a., s. a léta se hovoří o jeho demolici. Budova má po celé své výšce vertikální prasklinu a je vychýlená o  $1^{\circ} 42'$ . Postupem času (rok 2001) byl pro potřeby věřících postaven nový kostel svaté Barbory, projektovaný ve tvaru slzy (viz Obrázek 53). Tento zvláštní tvar, dle slov autora Ladislava Mirte, má vyjádřit smutek nad krajinou zdevastovanou těžbou černého uhlí. (Rajsigl, 2021; cirkev.cz, 2001; zanikleobce.cz, 2009; loukynadolzou-cz, 2015; Gawlas; 2018; Marschalko a kol., 2016)



**Obrázek 18:** Historický pohled na bývalou hlavní silnici přes obec Louky nad Olší (Rajsigl, 2021)



**Obrázek 19:** Letecký záběr z dronu na bývalou hlavní silnici obce Louky nad Olší (Niemiec, 2023)

### 3.4 Důlně indukovaná seismicita

Při dobývání hlubinném či povrchovém nerostných surovin dochází ke změnám v konfiguraci napěťových poměrů exploatované oblasti a objemovým změnám, čehož následkem může být náhlé porušení horninového masívu. Vznikají tak antropogenně indukované seismické jevy jako např.: důlně indukovaný seismický jev, důlní otřes, anomální geomechanický jev a otřesový jev, která mají často podobný charakter jako slabá přirozená zemětřesení. Tento negativní důsledek rubání uhlí přetrvává v OKR již více než 100 let. Důlně indukovaná seismicita má vliv na zatížení povrchových objektů a nejsilnější z těchto dějů mohou způsobit poškození či destrukci důlních děl. Vibrační projevy jevů nabývají na významu hlavně u liniových a výškových staveb a také u chatrných a starých objektů neodpovídajících stavebním předpisům. Výrazný útlum těžby přispěl k poklesu počtu a intenzity seismických jevů, avšak tento problém zcela nevymizel. Selektivní těžba způsobila vyšší zatížení stávajících důlních polí. Komplikací je nutnost dobývání do větších hloubek a také zbytkových ploch uhelných slojí ve složitých podmínkách. Předpovědět vývoj seismické aktivity v OKR není jednoduché, nicméně je jasné, že bude trvat roky, než horninový masiv dosáhne opětovně rovnovážného stavu. Každý silnější otřes způsobí opětovnou redistribuci napětí, která může být příčinou vzniku dalších otřesových jevů. Nejsilnější důlní otřes byl zaznamenán na Dole ČSA v roce 1983 s magnitudem 3,8. Po této katastrofě byl zahájen intenzivní seismologický výzkum, byla vybudována regionální síť seismických stanic tzv. Seismický polygon OKD. K poslednímu tragickému důlnímu otřesu došlo v lednu v roce 2023 na Dole ČSM – Jih, kdy jeden zaměstnanec porubu přišel o život a deset dalších bylo zraněno. (Brázdil, Kirchner a kol., 2007; Palkovská, 2023; Soukup, Honus, 2023; Martinec a kol., 2006; Doncel a kol., 2022)

### 3.5 Hydrologické poměry

Těžba černého uhlí zasáhla do vodopisu krajiny zejména ovlivněním odtokových poměrů. Svou přítomností tvořila a přetvářela povrchové vodní plochy. Přirozené vodní plochy, které se zde vyskytovaly v dobách před nástupem těžkého průmyslu, hlavně v nivách řek a plochých oblastech, byly postupně vytlačeny. Při procesu úpravy uhlí bylo nutné vytvářet nové nádržní prostory, přistupovalo se plošně ke zřizování odkališť a uložišť hlušin. Nezřídka byly k tomu účelu využívány dřívější rybníční soustavy. První výraznější rozvoj výstavby rybníků nastal až v době XIV. – XV. století. Navzdory zdejšími podmínkám, které



v této oblasti nebyly tak přívětivé, jako v některých lokalitách střední či jižní Moravy a Čechách, i zde byly budovány rozsáhlé rybníční soustavy. Před nástupem industrializace se rybníky vyskytovaly např.: na Stružce od Orlové až po Vrbici, v nivě řeky Odry v úseku od Svinova po Heřmanice a také na řece Olši v části od Louk nad Olší po Věřňovice. Obrovské nároky průmyslu na vodu vedly postupně ke vzniku samostatného, dynamicky se rozvíjejícího, víceúčelového systému vodního hospodářství báňského sektoru. Mnohotvárnost vodních ploch představovala klíčový bod vodního hospodářství celého revíru. Nepříznivý vliv hornické činnosti na vodní toky se projevil nejčastěji ve formě absolutních či relativních poklesů a horizontálních posuvů, které mají zvláště velký vliv na správné fungování antropogenních říčních objektů: např. jezů, vyústění a spádových stupňů. Vlastní říční koryta, jako liniový prvek, jsou velmi poddajná a snadno se přizpůsobují vychýlení a nově vzniklým deformacím terénu. Zásadním faktorem u vodních toků jsou sklonové poměry a absolutní hodnoty poklesů. Deformace, zapříčiněné vertikálními poklesy, způsobují změnu podélného profilu, čímž dochází ke změně odtokovém režimu v oblasti ovlivněné hornickou činností. Míra ovlivnění odtokových poměrů člověkem se s odstupem času jen velmi obtížně určuje. Často chybí záznamy o příčině zásahu i zvoleného způsobu řešení problému. Charakteristickým rysem toků postižených dobýváním uhlí je rozkolísanost a vysoká hodnota povodňových průtoků (Martinec a kol., 2006; Maníček, 2003; Martinec a kol., 2005). Povodeň v průmyslové krajině představuje nemalý problém a její vznik bezprostředně ohrožuje provoz průmyslových podniků a také nezbytné infrastruktury k zajištění jejich provozuschopnosti. Jsou to např.: přívody elektrické energie, plynu, tepla, silniční a železniční komunikace, potrubní a silniční mosty, výroby a rozvodny elektrické energie. Ohrožená je jakost vody, nastane-li zatopení průmyslových podniků. Dalším potenciálním nebezpečím jsou haldy, výsyvky a skládky situované v nivách vodních toků. Svou přítomností ovlivňují vzdouvání vody a mohou nasměrovat proudící vodu na zástavbu a průmyslové areály. (Březina, 2011)

Podzemní vody mají v poddolovaných oblastech jen omezený význam. Režim těchto vod bývá silně narušen, nejvíce v důsledků půdních poklesů. Každé znečištění podzemních vod se jen velmi složitě eliminuje. Pojem důlní vody se vztahuje dle zákona č. 44/1988 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství tzv. horní zákon, ve znění pozdějších předpisů na všechny povrchové i podzemní vody, které jednou pronikly do prostorů hlubinných anebo povrchových dolů, pískoven, štěrkoven, kamenolomů a hlinišť. Zákon nepovažuje tyto vody

za vody odpadní a tak jsou po předčištění v průmyslových čistírnách odpadních vod vypouštěny (viz Obrázek 54) se souhlasem vodohospodářského orgánu a po dohodě s obvodním báňským úřadem, při dodržení stanovených limitů, do povrchových vodních toků tak, aby nedošlo ke zhoršení funkcí vodotečí či ohrožení vodních organismů v nich žijících. Všechna voda, která je z důlních prostor čerpána v průběhu těžby, a i roky po jejím útlumu (prevence proti zatopení důlních prostor), pak následně vypuštěná do životního prostředí, se v rámci vodního hospodářství monitoruje. Důlní vody představují potenciální zdroj kontaminace řek, potoků a jejich sedimentů, neboť obsahují široké spektrum látek, jenž se přirozeně nevyskytují na povrchu. Jsou charakteristické svým zápachem, salinitou, vysokým obsahem síranů, chloridů, těžkých kovů (zvláště Fe a Ba), mohou obsahovat i radioaktivní prvky jako např. radium, taktéž jsou výrazně teplejší nežli povrchové vody. Využívají se jako recyklovaná voda v úpravárnách uhlí, jejich odpadní teplo lze využít i jako alternativní tepelný zdroj, v budoucnu se možná budou využívat i jako zdroj pitné vody (aktuálně nerentabilní a technicky náročné) a silně mineralizované důlní vody, bohaté především na jód, brom, našly své uplatnění v balneologii. Z hydrochemického hlediska jsou to fosilní mořské vody třetihorního původu zakonzervované v písčitéch slojích. Jejich léčivé vlastnosti jsou do dnes využívány v lázních Klimkovice a Darkov k léčbě pohybového aparátu, kardiovaskulárního a nervového systému, kožních i gynekologických nemocí. Léčivý pramen, přezdívaný „darkovské zlato“, byl na území Darkova objeven již v roce 1862 a první sanatorium bylo zřízeno o deset let později. V minulosti (asi do roku 1992) na Dole František, situovaném v obci Horní Suchá, se jodobromové vody jímalo a následně odpařovalo v místním solivaru, za účelem získání tzv. darkovské soli. Jedná se o koupelovou sůl, která obsahuje 0,005 ‰ jodu a 0,034 ‰ bromu. Solné prameny byly taktéž v dobách minulých odpařovány v dnes již zaniklé osadě Solca. V polské části hornoslezské černouhelné pánve se minerální důlní vody taktéž uplatňovaly k léčebným účelům už od dob minulého století. V současnosti se využívají pouze v lázeňském městečku Goczałkowice – Zdrój. Zařazení důlních vod je neměnné bez ohledu na aktuální stav hornických prací. Množství a kvalita vod se často velmi výrazně liší v době aktivně probíhající těžby se stavem po jejím ukončení a opuštění ložiska. Je přímo závislá na velikosti zdrojů antropogenního a přírodního původu. Mezi základní antropogenní zdroje řadíme např.: vody různého původu používané k provozním účelům při báňské činnosti tzv. technické vody. Tyto vody byly uměle přivedeny do důlních děl ze zemského povrchu. Vody zdržené ve starých důlních dílech,

tzv. stařinové vody. Jedná se o vody se silně pozměněným chemizmem. K přírodním zdrojům náleží např.: vody ze spodnobadenského pokryvu karbonu, kvarterních sedimentů, vody karbonské, puklinovo – průlinových systémů zvětralinového pláště karbonu a hlubšího podloží produktivních pánevních sedimentů. (Krásný a kol., 2012; Schejbalová, 2003; tezb-a-vyuziti-cerneho-uhli.webnode.cz, 2011; Mareš, 1975; Grmela, Blažko, 2004; Kalavská, Holoubek, 1987; okd.cz<sup>1</sup>, 2012; Chmiel, 2001; laznedarkov.cz, 2023; Černý, 2003; sanatoria-klimkovice.cz, 2023; Pluta, Jackowicz-Korczyński, 2008; Grmela, 2017; Heviankova a kol., 2015; Banks a kol., 2004; Pluta, 2008)

Z ostravské části OKR jsou veškeré důlní vody přečerpávány do Vodní jámy Jeremenko (bývalý Důl Maršál Jeremenko) (viz Obrázek 20) v Ostravě, kde jsou následně vypouštěny do řeky Ostravice. Lokalita patří pod působnost DIAMO, s. p. Z petřvaldské části OKR přečerpávání důlních vod probíhá do Vodní jámy Žofie (bývalý Důl Žofie) (viz Obrázek 21) situované v Orlové a dále jsou vypouštěny prostřednictvím spletitého systému stružek (vždy pojmenované dle názvu katastrálního území jimž protékají), do retenční nádrže Heřmanický rybník či Vrbického jezera, a nakonec do řeky Odry. Lokalita opět spadá pod DIAMO, s. p., areál slouží v současné době i jako velkoplošná solární elektrárna. Důlní vody z karvinské části OKR jsou částečně také přečerpávány Vodní jámou Žofie, ale i vypouštěny do řeky Olše, která je přítokem Odry, prostřednictvím menších místních potoků jako např. Karvinský a Solecký. (Heviankova a kol., 2015; zdarbuh.cz<sup>3</sup>, 2023; zdarbuh.cz<sup>4</sup>, 2023; Martinec a kol., 2005; Dvoracek a kol., 2022)





**Obrázek 20:** Letecký záběr z dronu na areál Vodní jámy Jeremenko (Niemiec, 2023)



**Obrázek 21:** Letecký záběr z dronu na areál vodní jámy Žofie (Niemiec, 2023)

### 3.6 Ovzduší

Znečištění ovzduší se v lokálním měřítku může zásadně lišit. Jeho charakter je dán množstvím a typem specifických emisních zdrojů, meteorologickými podmínkami a reliéfem dané oblasti. Důlní činnost, společně s hutním průmyslem, rostoucí dopravou, lokálními topeništi a znečištěním z okolních států (hlavně Polsko), patřila mezi nejvýznamnější znečišťovatele ovzduší v OKR. Větrací šachty emitovaly do okolí různé exhaláty jako např.: uhelný prach, metan, vodní páru, oxidy dusíku, oxid uhelnatý, oxid uhličitý, sirovodík, oxid siřičitý, polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU). Hoření hald (viz Obrázek 22) se taktéž významně podílelo na plošném znečištění ovzduší v celém regionu. Termicky aktivní odvaly produkovaly velké množství plynných složek, mimo jiné např.: oxidy síry, oxidy dusíku, oxid uhelnatý a uhličitý a zřejmě i fluor. K aerosolům, obsahujícím organické polutanty obsažené ve vodní páře, patřily hlavně uhelné dehty a fenolické látky. K dnešnímu dni stále patří zájmové území mezi oblasti s nejvíce znečištěným ovzduším v České republice a taktéž v Evropě. Dominantními škodlivinami ovzduší v regionu jsou částice polévatého prachu, hlavně vdechovatelná frakce  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$ , obsahující karcinogenní benzo(a)pyren, benzen a perzistentní organické polutanty (POP). Tyto látky nepříznivě působí na respirační zdraví místního obyvatelstva, častá jsou taktéž nádorová onemocnění, zvýšený je i počet alergických pacientů a nemoci oběhové soustavy. Typickým plicním onemocněním postihujícím horníky je antrakóza neboli onemocnění černých plic. Jedná se o formu pneumokoniózy způsobenou dlouhodobým vdechováním uhelného prachu, který se ukládá do celých plic a způsobuje na nich černé skvrny. Specifická léčba neexistuje a progresivní stav nemoci je nevratný. (Hůnová, Janoušková, 2004; Ney, 1996; msk.cz, 2021; Bílek a kol., 2004; cistenebe.cz, 2023; Černý, 2003; Manahan, 2013)

Všechny černouhelné doly, situované v OKR, patří mezi tzv. doly plynující, s výskytem metanu, ale i radioaktivního plynu radonu. Vlivem báňské činnosti byl narušen rovnovážný stav horninového masívu. Při pohybu hornin z drcené uhelné substance a poškozené horninové vrstvy nastane uvolňování metanu v podloží a nadloží uhelných slojí, čehož následkem vznikne vertikální a horizontální komunikace pro důlní větry. Důlní plyny tvoří prakticky pouze metan a oxid uhličitý v různých koncentracích. Přítomnost metanu v dolech vždy představovala nemalé bezpečnostní riziko a jeho výskyt byl ze zákona bedlivě sledován již od velkého důlního neštěstí v roce 1884. Důlní prostory byly intenzivně nuceně

odvětrávány, jako protivýbušná prevence, výsledná koncentrace CH<sub>4</sub> nesměla převýšit 1 % a důlní plyny byly výdušnou jámou odváděny do atmosféry. Na konci padesátých let minulého století se přistoupilo k tzv. řízené podtlakové degazaci slojí, jejíž cílem bylo metan dále využít jako čisté a vysoce výhřevné palivo. Dělo se tak prostřednictvím nově založené firmy (dnes Green Gas DPB a.s.) s pomocí čtyř degazačních stanic. V oblastech s nejvyšší plynodajností jsou v provozu do dnes (viz Obrázek 23). Riziko výstupu plynů na povrch je ovšem stále reálné, a tak tato specifická zátěž přetrvává v krajině i nadále a svou existencí ohrožuje život a zdraví místních a také stále se zvětšující zástavbu. V dnešní době je důlní plyn spalován v přibližně 200 kogeneračních jednotkách s průměrným výkonem od 400 do 2000 kW na různých lokalitách Karvinska, Ostravska a Frýdecko – Místecka. Jedna z největších kogeneračních jednotek v kraji (viz Obrázek 24) je situována v obci Horní Suchá v průmyslové zóně bývalého černouhelného Dolu František. Důlní plyn se jeví jako zajímavý druhotný ekologický zdroj energie pro výrobu elektřiny a tepla. Aktuálně probíhá průzkum dalších vhodných ložisek a připravuje se spuštění dalších jednotek. (Černý, 2003; Martinec a kol., 2006; Vavrušák, 2005; okd.cz<sup>1</sup>, 2012; Opluštil, 2009; dpb.cz, 2023)

V dobách útlumu těžby v Ostravsko – karvinském uhelném revíru se přistoupilo k zatápění již nevyužívaných důlních prostor, čímž došlo ke zmenšení prostorů vyplněných důlním plynem, který je především tvořen metanem. Tento plyn je považován za odvěkého nepřítele horníků a svou přítomností v uhelných slojích způsobuje značné problémy. V důsledku plošného zatopení, docházelo v nezatopených prostorách ke zvyšování tlaku, což mělo za následek vytlačování důlních plynů na povrch. Po ukončení řízeného zatápění především v Ostravské části OKR se situace zvýšeného výstupu důlních plynů postupně navrátila do původního stavu před zahájením zatápění. (Beňová, 2012)





**Obrázek 22:** Prohořívající halda Ema (Niemiec, 2018)



**Obrázek 23:** Degazační stanice Eleonora v obci Doubrava (Siwková, 2023)





**Obrázek 24:** Kogenerační jednotka v průmyslové zóně Dolu František v obci Horní Suchá (Siwková, 2023)

### 3.7 Zemědělství a lesnictví

Společně s rozvojem hlubinného hornictví černého uhlí nastávají také změny ve využívání zemědělských ploch. Zemědělsky využívaná půda často podléhá záboru ve prospěch vzrůstajících nároků těžkého průmyslu na prostor a dynamicky probíhající urbanizaci v daném revíru. Obrovské plochy v krajině najednou zaujímají externí projevy těžby jako jsou např. technologická zařízení na zpracování a třídění uhlí, odvaly, odkaliště a technologie nezbytná pro průběh vlastní těžby. Daná oblast se pak stává nevhodnou pro pěstování zemědělských plodin i živočišnou výrobu, což způsobuje zemědělcům nemalé finanční ztráty. Mezi hlavní negativa báňské činnosti na zemědělství je znehodnocování půdy. Propady poddolovaného terénu jsou často doprovázené zátopou, která snižuje možnost dalšího zemědělského využití. Zvýšená hladina spodních vod přispívá k okyselení, vyluhování spodních půdních horizontů a podzolizaci. Suchý pokles se projevuje deformací terénu. Problematická je také kontaminace půdy toxiny (např. těžkými kovy). Vysoušení orné půdy často znamená menší zisk z hektaru a nemalou investici do zavlažování. Velkým problémem je odstraňování orniční vrstvy, čehož následkem je poškození či úmrtí rostlinných a živočišných organismů přirozeně se zde vyskytujících. Odňatou vrstvu ornice lze pak znovu použít při rekultivačních pracích. (Martinec a kol., 2006; Neya, 1996; Maňour, 2001)



Uhelné hornictví bylo v minulosti prioritou v OKR a lesní hospodářství šlo „ruku v ruce“ s tímto trendem a nároky. Zaměřovalo se především na produkci báňského dříví. Záporné projevy těžby na odvětví lesnictví je obdobné jako u zemědělství. I zde dochází ke snížení produkce v důsledku záborů půdy. Lesní porost je dále negativně ovlivňován měnícími se hydrologickými podmínkami v exploatované oblasti, vznikajícími deformacemi terénu. Stejně jako zemědělská půda i lesy ustupují těžkému průmyslu a zástavbě. Poškození lesů se může projevit mnoha způsoby. Mezi charakteristické projevy patří plošné usychání stromů, což vede ke vzniku bezlesých oblastí, chlorózy, při které dojde k úbytku chlorofylu, následkem čeho je odbarvení listů, později nekrózy listů. Dále zapříčiňují prořidnutí korun stromů, čímž dochází ke změně světelných a vlhkostních podmínek v celém lese. Taktéž nadměrný počet prachových částic v ovzduší komplikuje rostlinám proces fotosyntézy, transpirace a fotorespirace. Mezi nejvíce citlivé dřeviny na poškození kouřovými plyny (především sirnatými zplodinami) patří jedle, modřín, a smrk. Větší odolnost na tento typ znečištění vykazují listnaté stromy jako je buk lesní, dub, lípa srdčitá, olše lepkavá a habr obecný. Lesní porost plní také důležitou funkci z hlediska hydrologické rovnováhy území a jeho narušení se mnohdy projevuje snížením hladiny podzemní vody a vysycháním okolní krajiny. Odlesněná krajina je i více náchylná k vodní a větrné erozi, poněvadž chybí kořeny, které by zpevňovaly a stabilizovaly půdu. Lesy představují životní prostředí pro nespočet organismů, při jejich narušení nastává ztráta biodiverzity. Náhradní výsadbu, prováděnou při lesnických rekultivacích, ztěžuje často špatný stav půd. Mladé rostliny v těchto zhoršených podmínkách se špatně ujímají a rostou pomalu. (Huplík, 2004; Maňour, 2001; Neya, 1996; Gabzdil, 2004)

### **3.8 Rekultivace krajiny**

Rekultivace je soubor procesů, jenž usiluje o obnovení přirozených biologických funkcí v krajině, která byla zásadním způsobem ovlivněna lidskou činností např. průmyslovou výrobou, těžbou nerostných surovin či masivní výstavbou. Cílem těchto prací je uvést degradované území do stavu, v němž by mohlo opět fungovat jako soběstačný, ekologicky stabilní a funkční ekosystém, současně aby bylo esteticky příjemným, rekreačně využitelným životním prostředím s ekonomickým potenciálem pro život člověka. Proces asanačně – rekultivačních aktivit probíhá za účasti zastupitelstva zainteresovaných obcí, orgánů státní správy, ale i široké veřejnosti, vše v souladu s platnými územními plány,

horním zákonem (zákon č. 44/1988 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství, ve znění pozdějších předpisů), zákonem o ochraně zemědělského půdního fondu (zákon č. 332/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů), lesním zákonem (zákon č. 289/1995 Sb. o lesích a o změně a doplnění některých zákonů ve znění pozdějších předpisů) a vyhláškou Českého báňského úřadu č. 242/1993 Sb. Jde o časově i finančně velmi náročný proces, který je součástí výrobního procesu. Jedná se o tzv. přímou povinnost společnosti poškozující životní prostředí. Způsob provedení prací se může od sebe výrazně lišit v závislosti na budoucím záměru využití konkrétních lokalit, avšak tradičně jej můžeme rozdělit do dvou fází – technické a biologické. Úvodní část zahrnuje práce technické povahy a její součástí jsou terénní modelace nového reliéfu krajiny (zde se využívá vytěžená důlní hlušina, hlušina z úpraven uhlí a někdy i překryvová zemina). Jedná se o nejdůležitější část technické rekultivace, která nejednou tvoří novou krajinu od samotného základu – demolice objektů a odstranění původní zbylé poškozené zeleně a svrchní vrstvy půdy (ta se vrací na své původní místo po dokončení modelací terénu). Dále zde patří hydromeliorační (důležité je, aby v krajině samovolně nevznikaly bezodtoké kotliny), protierozní, hydrotechnická (obnova vodotečí) a stabilizační (především u svahů) opatření. V této fázi se také dle potřeby staví příjezdní, hospodářské a inženýrské komunikační sítě (zpřístupnění rekultivovaných pozemků). Konec technické části nastává rozprostřením zeminového překryvu v místech budoucích travnatých a zalesněných ploch. Sekundární biologická část rekultivačních prací je etapou závěrečnou. Je prováděna s cílem navrátit poškozené krajně zeleň, plnohodnotnou plochu, pokryv (právě v této fázi probíhá proces zatravnění, výsadby keřů a stromů), vrátit krajinu místním lidem, a především vytvořit vhodné životní podmínky pro návrat živočišných a rostlinných organizmů. Důležité je o nově vysazenou zeleň po dobu několika následujících let správně pečovat. S odstupem času je ponechána kontrolovaným procesům sukcese bez větších antropogenních zásahů. Biologickou část rekultivace můžeme dále rozdělit dle charakteru prováděných prací na zemědělskou, lesnickou a vodohospodářskou. Hlavním cílem zemědělské je zlepšit chemické a fyzikální vlastnosti rozprostřeného zeminového překryvu. V minulosti byly opuštěné a poničené sídelní struktury plošně přeměňovány na zemědělské plochy pro potřeby socialistického zemědělství pomocí mnohametrových navážek hlušiny. Lesnickou část, která obnáší výsadbu stromového a keřového patra, které je velmi žádoucí v oblastech s malým podílem lesů. Dříve byla výsadba realizovaná z ekonomického hlediska přímo do čerstvé hlušiny. Druhovú skladbu

dřevin je především podmíněná substrátem, na němž se zakládá. Vodohospodářskou část – což znamená obnovu narušeného vodního režimu. V dobách minulých, před rokem 1989, nově vzniklé mokřady byly cíleně zasypávány při asanačně – rekultivačních pracích. Dnes je tento trend opačný a mokřady jsou ponechávány jako cenné biotopy. Avšak ne všechna území poškozená hlubinnou těžbou černého uhlí je nutné rekultivovat tradiční cestou. Alternativním přístupem je ponechat část lokalit přirozené sukcesi, což je zdaleka nejlevnější řešení. Ostatně tak se děje na většině lokalit ještě před nástupem tradičních rekultivačních prací, které jsou-li provedené velkoplošně a necitlivě, mohou znamenat zkázu pro tyto nově vzniklé ekosystémy. Opuštěná montánní krajina umožňuje vznik četných refugií, která jsou z biologického a krajinářského hlediska velmi cenná a poskytují mnohým rostlinným a živočišným organismům útočiště před rozpínající se městskou zástavbou. (Huplík, 2004; okd.cz<sup>2</sup>, 2010; Martinec a kol., 2006; Klečka, 2004; okd.cz<sup>3</sup>, 2012; zakonyprolidi.cz, 2023; Střelec, 2004; Knob a kol., 1991; Slíva, 2005)

Počátky snah o rekultivaci sahají v OKR do období před II. světovou válkou. Nebyla to nijak organizovaná činnost, avšak vycházela z úcty, jež lidé chovali ke své rodné půdě. Projevovala se především výsadbou keřů a stromů. První obrat nastal koncem 50. let minulého století a to rokem 1957 ve formě zákona č. 41/1957 Sb. § 52 o rekultivaci půdy. Zákon nařizoval zmírňovat a odstraňovat rušivé vlivy těžby na životní prostředí. V následujících letech se intenzivní hlubinná těžba začala čím dál více negativně projevat na místní krajině. Jako reakce začaly postupně vznikat podniky, které řešily tyto palčivé problémy. V důsledku těchto snah se podařilo mimo jiné zrekultivovat většinu kuželových hald (velice typických prvků pro krajinu OKR) a také ztlumit některé termicky aktivní odvaly. V 60.–80. letech obnovovací práce probíhaly pod označením „Asanačně rekultivační akce“, jejichž hlavním cílem bylo navrácení degradovaného území původnímu zemědělskému využití. Dělo se tak pomocí obrovských objemů produkované karbonské hlušiny, která sloužila k zavážení vznikajících depresí. Druhým obratem v legislativním přístupu k asanačně – rekultivačním aktivitám byla 90. léta, konkrétně novela horního zákona. Zákon č. 541/1992 Sb. ustanovením § 31 odst. 5 nařizoval organizacím povinnost zajistit sanaci všech pozemků dotčených těžbou. Součástí sanačních prací byla likvidace vzniklých škod na krajině i komplexních územních struktur. Ovšem až zákon č. 168/1993 Sb. vytvořil v legislativě povinnost rekultivace pozemků dotčených báňskou činností, tak jak jej známe dnes. (Makarius, 2005; Huplík, 2004)

**Území Lipiny** (viz Obrázek 26) o rozloze 51 ha představuje celorepublikově unikátní rekultivační projekt nacházející se v nivě řeky Olše a Stonávky. První práce byly zahájeny havarijními skrývkami již v roce 1985. O využití této lokality se vedly dlouhé diskuse a původním záměrem bylo její zrekultivování na ornou půdu, nebo celoplošné zalesnění. Nakonec v roce 2007 definitivně padlo rozhodnutí pro vybudování v industriální krajině rekreačně sportovního areálu pro veřejnost v unikátním prostředí těžebních věží. Technická část rekultivace (viz Obrázek 25) probíhala 6 let (1998–2004) a pak následovala roční biologická část (2005–2006). Náklady na rekultivační práce byly odhadnuty asi na 63 miliony korun (do odhadu nejsou započítány náklady na dočasné odvalování hlušiny a havarijní skrývky), projekt byl financován společností OKD, a.s. a také pomocí ekologické dotace. Samotné budování golfového hřiště a příslušného zázemí bylo zahájeno až v roce 2009. Prvně bylo třeba zajistit potřebné finance umožňující vznik takto ambiciózního projektu. Celkové náklady na hřiště byly vyčísleny na 180 milionů korun. Třetinu potřebných prostředků pokryl Regionální program Moravskoslezského kraje. Golfový resort Lipiny byl oficiálně otevřen veřejnosti 2. května 2012. Jedná se o osmnáctijamkový golfový areál jak pro profesionální, tak i rekreační hráče. (okd.cz<sup>2</sup>, 2010; golflipiny.cz, 2023; Huplík, 2004)



**Obrázek 25:** Historický pohled na rekultivaci území Lipiny (Kratochvíl a kol., 2002)



**Obrázek 26:** Letecký záběr z dronu na zrekultivované území Lipiny (Niemiec, 2023)

**Karvinské moře** je obrovská rekreační vodní plocha (32 ha), nacházející se v bezprostřední blízkosti černouhelných dolů (viz Obrázek 28) v bývalém centru Darkova. Tato vodní plocha se může pyšnit čistou vodou vhodnou ke koupání, která je i adekvátním prostředím pro vodní živočichy choulstivé na její kvalitě. Tento rekultivační projekt patří mezi největší ve Slezsku a na Moravě. Svým rozsahem je srovnatelný s projekty odstraňujícími vlivy povrchové těžby hnědého uhlí v severních Čechách. Jeho cílem bylo vytvořit příměstskou sportovní a rekreační oblast pro obyvatele Karviné i vedlejších obcí. Technická část (viz Obrázek 27) trvala 12 let. Mezi lety 1997–2009 došlo k přemístění okolo 5 milionu m<sup>3</sup> hlušiny. V rámci prací bylo obnoveno 145 ha území postiženého důlními vlivy. Biologická část, započatá v roce 1999, byla definitivně ukončena až v roce 2014. Zahrnovala především výsadbu dřevin a zatravnění velkých ploch. Celkové náklady činily bezmála 630 milionů korun. Potřebné finanční prostředky poskytla společnost OKD, a.s., ministerstvo financí České republiky prostřednictvím státní ekologické dotace. Lokalita byla oficiálně zpřístupněná veřejnosti roku 2018 na základě nájemní smlouvy mezi městem Karviná a soukromým vlastníkem pozemku. (visitkarvina.cz, 2020; Harmata, 2022;



Krůčková, 2018; okd.cz<sup>2</sup>, 2010; Huplík, 2004) Historicky se na této lokalitě nacházely také budovy statku tzv. starý dvůr (viz Obrázek 55), které byly ve vlastnictví hraběte Larische – Mönnicha. Definitivní zkáze podlely až o letních povodních 1997 roku (Chmiel, 2001).



**Obrázek 27:** Historický pohled na rekultivaci území Darkov (Kratochvíl a kol, 2002)



**Obrázek 28:** Letecký záběr z dronu na zreklamované území Darkov (Niemiec, 2023)

**Dinopark Ostrava** (viz Obrázek 30) je největším dinoparkem v naší republice, jednou z nejvíce navštěvovaných atrakcí v kraji a naprosto unikátním rekultivačním projektem. Ačkoliv v rozporu se svým názvem jej nenalezneme v Ostravě, nýbrž na hranici Doubravy a Orlové. Zábavný park byl vybudován na místě dlouho nevyužívaného prostoru (brownfieldu), původně zamýšleném jako rezerva pro další ukládání karbonské hlušiny, pod doubravským odvalem. Postupem času toto území zarůstalo náletovými dřevinami např. křídlatkou japonskou a sloužilo jako černá skládka. V dobách útlumu těžby na Dole Doubrava se začalo přistupovat k rekultivačním pracím (viz Obrázek 29). Původním záměrem byla veřejná zeleň. Celkové náklady financované OKD, a.s., byly odhadnuty na 7 milionů korun. Technická část byla zahájena v roce 2007 a trvala pouze jeden rok. Hlavním cílem bylo přetvořit a překrýt zdejší lokalitu zeminou a následně ji zatravnit. V roce 2008 následovala biologická část, která podle původních plánů měla trvat až do roku 2012, avšak v roce 2009 byla předčasně ukončena a toto území bylo pronajaté firmě West Media za účelem vybudování Dinoparku. Centrální část bývalého odvalu byla vytvarována dle požadavků provozovatelů parku. Unikátní montánní krajina, pokrytá prohořelými pozůstatky haldy a malými mokřadními jezírky, byla ponechána v původním stavu a vytváří velmi věrohodnou iluzi krajiny mezozoika. (okd.cz<sup>2</sup>, 2010; zdarbuh.cz<sup>5</sup>, 2023)



**Obrázek 29:** Historický pohled na rekultivaci území pod doubravským odvalem (okd.cz<sup>2</sup>, 2010)





**Obrázek 30:** Letecký záběr z dronu na Dinopark Ostrava (Niemiec, 2023)

### 3.9 Budoucnost těžby černého uhlí

Uhelné hornictví má v Ostravsko – karvinském revíru dlouholetou historii. Těží se zde více jak 200 let a nachází se zde poslední těžené černouhelné ložisko v České republice. Těžba aktuálně probíhá pouze v jižní části Hornoslezské uhelné pánve, v posledním činném hlubinném dole – Dole ČSM s lokalitami Sever a Jih, situovaném v obci Stonava. V současnosti jediným producentem černého uhlí v republice je těžební společnost OKD, a.s., kterou po bankrotu v roce 2016 převzal stát. Hornická činnost je v posledních letech ve výrazném útlumu a dny největší slávy uhlí jsou již dávno za námi. Rubání uhlí se dlouhodobě ekonomicky a ekologicky nevyplácelo, navíc spotřeba uhlí v kraji rok od roku klesala a jeho cena celosvětově taktéž. Doly byly v průběhu let slavnostně uzavřeny, těžební věže odstřeleny, jámy zasypany, technické areály našly nové využití, havíři byli rekvalifikováni na nové pracovní pozice, okolní krajina byla zrekultivována. Trendem současnosti je odklon od „špinavé“ uhelné energie a posun k více ekologickým „zeleným“ zdrojům. Dle původních prognóz a odhadů, se rokem 2023 měla definitivně uzavřít jedna dlouhá kapitola v dějinách

zdejšího kraje. Avšak nejistá válečná doba a vzniklá globální energetická krize daly uhlí ještě jednu šanci, než definitivně zazní jeho labutí píseň. Rekordní čtyřnásobný vzestup ceny a strategický charakter této energetické suroviny obnovil rentabilitu těžby, která byla rozhodnutím vlády ČR ze dne 16.12. 2022 prodloužena v Dole ČSM do konce roku 2025. Dle odborné studie z roku 2022, zpracované státním podnikem DIAMO, by v budoucnu bylo možné praktické obnovení hlubinné těžby v již uzavřených dolech ČSA a Darkov (uzavřeny na začátku roku 2021), avšak příprava by trvala dlouhých 6 let a odhadované celkové náklady by činily bezmála 10 miliard korun. Další komplikací znovuotevření dolů je nedostatek asi 2 700 kvalifikovaných zaměstnanců, kteří byli po uzavírkách dolů propuštěni. Vzhledem k těmto závěrům je vysoce nepravděpodobné, aby se někdy v budoucnu těžba v již dříve uzavřených dolech někdy obnovila a dle slov generálního ředitele Ing. Romana Sikory, MBA se s prodloužením těžby po roce 2025 v OKR nepočítá. Konečné rozhodnutí se bude jistě odvíjet od aktuálních ekonomicko – politických poměrů a případného technického pokroku. V současnosti probíhá spolupráce mezi britskou společností Gravitricity, státním podnikem DIAMO, VŠB – Technickou univerzitou Ostrava a firmou Huisman s cílem ověřit proveditelnost projektu vybudování velkého gravitačního uložště energie v jámě Dolu Darkov. (Černý, 2003; Motýl, 2021; okd.cz<sup>1</sup>, 2012; Brzóska, 2022; Kelnerová, 2022; Malá, 2022; seznamzpravy.cz, 2022; Kubátová, 2023; diamo.cz<sup>2</sup>, 2022)

### 3.10 Těžké kovy

Jeden z vedlejších jevů hlubinné těžby černého uhlí je časté dostávání se na povrch důlních vod. Tyto vody obsahují mimo jiné látky, taktéž zvýšené obsahy těžkých kovů, ve formě suspenze důlních kalů. Skupina prvků, obecně označovaná jako těžké kovy, není přesně specifikovaná a můžeme se tak setkat s více definicemi. Všeobecně lze říct, že tento termín se vztahuje na skupinu kovů a metaloidů, kterých atomová hustota je větší než 5 g/ cm<sup>3</sup>, anebo pětkrát a více větší než hustota vody, což zahrnuje prvky: arsen, olovo, železo, kobalt, kadmium, chrom, nikl, zinek, stříbro a šest prvků platinové skupiny (rhodium, ruthenium, osmium, iridium, palladium, platina). Těžké kovy mohou být také definovány s ohledem na afinitu jejich solí, srážet sulfid sodný za vzniku málo rozpustných sulfidů, tvořit chemické vazby s karboxylovými kyselinami a aminovou skupinou, vysrážet fosfátové biosloučeniny nebo katalyzovat jejich rozklad. Klasifikace dle koordinační chemie je řadí mezi kovy třídy B, jenž zahrnuje non – esenciální, vysoce toxické prvky jako např.: Hg, As, Pb, Cd a Ni.

Pojem těžké kovy se často používá ve spojení se znečištěním, kontaminací či hrozbou pro životní prostředí a nutno říct, že rozhodně patří mezi nejvíce škodlivě nerozložitelné znečišťující látky, které se navíc lehce metabolizují a dlouhodobě akumulují v sedimentech, půdě, kalech, trofických řetězcích a potravinářských výrobcích, avšak stanoví i jednu ze stavebních složek zemské kůry a taktéž se přirozeně vyskytují v biomase živých organismů. Přírodním zdrojem těžkých kovů v biogeochemických cyklech je zvětrávání hornin bohatých na kovové prvky, vulkanická činnost, lesní požáry či výpar z půdního a vodního prostředí. Mezi antropogenní aktivity, jež tyto cykly nepříznivě narušují, patří: těžba a zpracování nerostných surovin, hutní, chemický, polygrafický, sklářský a textilní průmysl, urbanizace, zemědělství, spalování fosilních paliv a odpadů, průmyslové odpadní vody a exhalace z automobilové dopravy, výluh ze skládek odpadů. (Ackova, 2018; Pitter, 2009; Manahan, 2013; Pujari, Kapoor, 2021, Horáková a kol., 2012; He a kol., 2013)

### **3.11 Biotoxicita těžkých kovů**

Toxicita těžkých kovů je daná formou výskytu daného kovu, ve většině případů největší škodlivost má forma iontová a ne komplexní, výjimku stanoví rtuť, která je jedovatá i ve své elementární formě. Škodlivé látky vnikají do biosféry prostřednictvím propojeného koloběhu enviromentálních sfér (atmosféra, hydrosféra, pedosféra, antroposféra, geosféra) a akumulují se v biomase primárních producentů. Kořeny rostlin jsou vstupním místem pro těžké kovy, mohou být absorbovány prostřednictvím listů, v důsledku ukládání na jejich povrchu. Relativně vysoká rozpustnost organokovů např. v tukové tkáni ryb, vede až k postupnému předávání těchto škodlivin v potravních řetězcích a výsledné nadměrné bioakumulaci v biomase terciárních konzumentů, nalézajících se na nejvyšších trofických úrovních. Vzhledem k jejich dlouhodobé perzistenci v životním prostředí patří těžké kovy také mezi významné genotoxické látky. Podle vlivu na živočišné a rostlinné organizmy můžeme je rozdělit do dvou skupin na: toxické a esenciální. Esenciální těžké kovy (např.: Co, Ni, Fe, Zn, Se, Mo, V, Cu, Mn) jsou skupinou kovů přirozeně se vyskytujících v malých koncentracích v tělech živých organismů, nejčastěji jako složky proteinů a enzymů. Zajišťují správné fungování mnohých fyziologických a biochemických procesů (např. růst rostlin), jejich nerovnováha zapříčiňuje zdravotní komplikace a nahromadění v organismu ve vyšších koncentracích či jejich nedostatek způsobuje smrt. Toxické těžké kovy jsou látky antropogenního i přírodního původu, vyznačující se vysokou

nebezpečností pro živé organizmy. Míra toxicity (škodlivost) je často individuální pro konkrétní druh organismu a závisí na velikosti, stáří a rychlosti metabolismu, typu, dávce, koncentraci a chemické formě dané látky, délky expozice i způsobu vstupu. Mezi nejtoxičtější těžké kovy, ohrožující zdraví člověka zvířat i rostlin patří rtuť, olovo, arsen, kadmium a cín. Tyto výše zmíněné kovy jsou extrémně toxické, inhibují nadzemní i podzemní růst rostlin, způsobují oxidační stres narušením procesu fotosyntézy a ve vysokých koncentracích zapříčiňují i smrt. Toxicita těžkých kovů v rostlinách závisí na biologické dostupnosti těchto prvků v půdě, pH, přítomností organické hmoty a kationtové výměnné kapacitě půdy. V průběhu evoluce si rostliny vyvinuly specifické detoxikační mechanismy, prostřednictvím kterých se brání vysokým hladinám jedovatých látek v půdě. Kovy mohou být celkově vyloučeny z organismu, či zachovány pouze na úrovni kořenů, anebo přeměněny na fyziologicky více tolerovatelné formy. Otrava těžkými kovy u člověka je ve většině případů zapříčiněná ingestí v potravě, či absorpcí kůží a v pracovním prostředí inhalací par toxického prvku. Princip toxického účinku těžkých kovů na živý organizmus je založený na jejich vazbě s jednou nebo více reaktivními skupinami, které jsou nezbytné pro správný průběh biochemických procesů v těle. Těžké kovy tvoří vazby především se skupinami:  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{SH}$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{HPO}_4$ , prostřednictvím kterých se kompetitivně vážou na makromolekuly, proteiny, enzymy a tímto nahrazují přirozeně se vyskytující prvky v biologických vazbách. Existuje mnoho způsobů, jak toxické kovy mohou ovlivnit správné fungování organismu např. inhibicí enzymů, poškozením buněk, změnou v produkci a funkci hormonů a molekul, jež jsou vytvářeny a distribuovány po těle, tvorbou volných radikálů, vyvoláním oxidačního stresu. Volné radikály neboli reaktivní formy kyslíku či dusíku, vznikají také v reakcích, při kterých jsou katalyzovány těžkými kovy. V posledních letech je problematika škodlivosti volných radikálů předmětem mnoha studií. Za určitých podmínek a dané kombinaci těžkých kovů, může dojít k vzájemnému potencování jejich jedovatých účinků tzv. synergismu. Antagonisty těžkých kovů jsou tzv. chelatovné látky, které po vytvoření vazby s těžkými kovy je inaktivují a následně umožní jejich bezpečnou exkreci z intoxikovaného organismu. (Das a kol., 2020; web2.mendelu.cz., 2020; Manahan, 2013; Ackova, 2018; Shah a kol., 2010; Manahan, 2010; Hynie, 2005)



### 3.12 Charakteristika vybraných těžkých kovů

**Kadmium** je poměrně vzácný stříbrný chalkofilní kov, který není esenciální pro žádný živý organismus. Podobně jako výše zmíněná rtuť i kadmium je známé pro svou kumulativní schopnost v orgánech, svalovině a vodních sedimentech. I malé množství je toxické pro organismus (více jak olovo) a jeho odstranění z těla je velmi složité. Další nebezpečnou vlastností tohoto kovu je tzv. synergismus, zesiluje toxické účinky mědi a zinku, který doprovází v rudách ale i vodách. Tyto dva kovy jsou si z chemického hlediska velice blízké a v některých případech může dokonce kadmium nahradit zinek jako stavební součást enzymů, což způsobuje mnohé zdravotní problémy. V půdním prostředí se přirozeně vyskytuje jako chemická součást minerálů, půdního roztoku a organických sloučenin vázaných na půdní koloidy. Nejvíce se kumuluje ve svrchní vrstvě půd (do 5 cm) a s rostoucí hloubkou jeho koncentrace rapidně klesá. Jeho přítomnost v půdě je limitujícím faktorem pro mnohé rostliny, zvláště pak negativně působí na půdní mikroflóru. Ve vodním prostředí se nalézá v oxidačním stupni II. Toxicita kadmia negativně ovlivňuje zejména práci ledvin, způsobuje ale i poškození nervového a imunitního systému, zvýšenou lámavost kostí, neplodnost, psychické problémy, bolesti žaludku, průjemy a zvracení, poruchy růstu a zraku, vysoký krevní tlak. Souvislost mezi jedovatostí kadmia a výskytem rakoviny je nadále studována. Antropogenním zdrojem kadmia ve vodách je spalování plastového odpadu, fosilních paliv, fosfátová hnojiva, odpadní vody z úpraven kovů a báňské činnosti, fotografický, polygrafický a letecký průmysl. U nekuřáků je nejvýznamnějším zdrojem kontaminace potrava. Houby, kakao a měkkýši se řadí mezi potraviny s nejvyšším stopovým množstvím kadmia. (Manahan, 2013; Horáková a kol., 2012; web2.mendelu.cz., 2020; Richter, 2004; Tölgyessy a kol., 1989; Gray, 2012)

**Olovo** je toxický měkký těžký kov, který má relativně nízký bod tání, dá se velmi jednoduše tvarovat a kumuluje se především v sedimentech. V přírodních podmínkách se vyskytuje především v mnoha minerálech, které jsou poměrně špatně rozpustné ve vodě jako např.: galenit a draselné nerosty (slídy, živce). Hojně bývá zastoupený v kyselých vyvěřelých horninách. V půdním prostředí je olovo jen velmi málo pohyblivé, velice dobře jej jímají humusové látky a jílovité minerály. Podobně jako u kadmia i koncentrace olova je nejstěžejnější v prvních 5 cm půdy a s přibývajícím hloubkou jeho obsah klesá. Ve vodách se olovo vyskytuje v rozpustných formách  $Pb^{2+}$  a  $PbCO_3$ . O jeho škodlivosti se přesvědčili již Římané, kteří jej původně využívali ke konstrukci potrubí na pitnou vodu. Dnes se k těmto

účelům už nevyužívá. Stejně jako rtuť patří olovo k nejrozšířenějším toxickým polutantům moderní doby. Intoxikace olovem působí nepříznivě zejména na centrální nervovou soustavu, krevní řečiště, vylučovací soustavu a ledviny, játra, rozmnožovací soustavu, způsobuje také vývojové vady, retardaci u dětí a anemii. Mezi největší antropogenní zdroje znečištění olovem patřily v době minulé emise motorových vozidel, neboť olovnatá sloučenina tetraethylplumban byla přidávána do benzínové směsi jako antidetonátor. Dnes zdrojem znečištění jsou především průmyslové odpadní vody ze zpracování rud, barevné metalurgie, výroby akumulátorů, sklářský a keramický průmysl. (Pitter, 2009; Richter, 2004; Gray, 2012; Kalavská, Holoubek, 1987; Tölgyessy a kol., 1989; Manahan, 2010)

**Měď** je měkký lesklý kov, který je přirozeně součástí sulfidických rud, patří mezi esenciální těžké kovy, avšak ve vysokých dávkách může být toxický, zvláště pro vodní organizmy. Rozpustnost mědi ve vodním prostředí je podmíněna hodnotou pH, při hodnotách menších než 6 se nejběžněji vyskytuje v podobě jednoduchého iontu  $\text{Cu}^{2+}$  a dalších komplexních sloučenin, přičemž při vyšších hodnotách pH se setkáme s nerozpustnou formou v hydroxo a uhličitanových komplexech  $[\text{CuOH}]^+$  a  $[\text{Cu}(\text{CO}_3)_2]^{2-}$ . V minulosti byla měď ve formě malachitu či azuritu rozdrčeného na prach používána jako barvivo k barvení látek, příměs do barev, a dokonce i jako jed. Její antimikrobiální vlastnosti, bez újmy pro vyšší organizmy, jsou ceněné především ve zdravotnictví a vodárenství. Ve vyšších koncentracích ve vodě zanechává nepříjemnou pachut'. Pro svůj líbivý vzhled je odedávna používána ve šperkařství. Další užitečnou vlastností mědi je její elektrická vodivost, velké množství je každoročně spotřebováno pro výrobu elektrického vedení. Nadbytek mědi odpovídá za poškození jater, ledvin a způsobuje hemolýzu, avšak i její deficit škodí a projevuje se anémií, poruchami zraku, také růstu a depigmentací. Mezi antropogenní zdroje znečištění patří především vypouštění odpadních vod z povrchových úpraven kovů, splach z měděných okapů a střech, výroba i obrus automobilových součástí a taktéž nadměrné používání algicidních preparátů ve vodách. (Gray, 2012; Kalavská, Holoubek, 1987; Horáková a kol., 2012; Tölgyessy a kol., 1989; Pitter, 2009)

**Chrom** je mimořádně lesklý kov, který se navíc vyznačuje vysokou odolností vůči korozi. Tento prvek se ve volné přírodě vyskytuje jen málo např. jako minerál chromit a krokoit, nejvyšší koncentrace se nalézají v základních horninách jako jsou peridotity a pyroxenity. Třetí oxidační stupeň Cr (III) je velmi stabilní s vysokou komplexační schopností, patří mezi biogenní prvky, plní důležitou úlohu při metabolismu sacharidů, ale

je toxický pro ryby. Šestý oxidační stupeň Cr (VI) je méně stabilní, má potvrzené karcinogenní a mutagenní účinky se schopností vázat se na DNA i RNA. V tomto oxidačním stupni ovlivňuje také zbarvení a senzorické vlastnosti vody. Ve vodním prostředí velmi dobře probíhá sorpce kovu na hydratované oxidy železa, manganu, hliníku atd. V půdě se většinou vyskytuje jako málo pohyblivý kationt  $\text{Cr}^{3+}$  vázaný na oxidy hliníku a železa, avšak dobře rozpustná forma chromu škodí jak zvířatům, tak i rostlinám. Kontaminaci půd lze úspěšně snížit pomocí vápnění, aplikací organických látek a přihnojováním fosforem. Antropogenní zdroje chromu pocházejí především z odpadních vod, z povrchové úpravy kovů, inhibitorů koroze používaných např.: v chladicích okruzích, galvanického pokovování, textilního a kožešinového průmyslu. (Tölgyessy a kol.,1989; Gray, 2012; Richter, 2004; Kalavská, Holoubek, 1987; Pitter, 2009; Horáková a kol., 2012)

**Nikl** je lesklý, stříbrobílý, chalkofilní, kujný kov s feromagnetickými vlastnostmi, který dobře odolává vzduchu či vodě. V přirozeném prostředí se vyskytuje v zemské kůře, horninovém podloží, minerálech, které jsou často doprovázené antimonem, sírou či arsenem a rudách kde bývá spolu s kobaltem. Využívá se ve formě nátěru, někdy i v kombinaci s chromem (svítivější lesk), jako prevence proti rezivění, v automobilovém průmyslu k výrobě nárazníků, výrobě mincí, je skladovou součástí nerezových ocelí a nikl – železných slitin určených k výrobě tryskových motorů a konstrukčních slitin. Niklové sloučeniny se taktéž používají jako katalyzátory a pigmenty. Vysoké hodnoty tohoto těžkého kovu ve vodách, představují vážné toxikologické riziko především pro vodní organizmy. Na člověka působí jako potenciální karcinogen a patří mezi signifikantní kožní alergeny. Akutní intoxikace se projevuje nejčastěji poškozením nervové soustavy a zažívacího traktu. Chronická otrava ovlivňuje nejvíce pokožku jako tzv. niklový svrab. Nikl do životního prostředí uměle proniká prostřednictvím odpadních vod z povrchové úpravy kovů, keramického a sklářského průmyslu. (prvky.com, 2017; Kalavská, Holoubek, 1987; Pitter, 2009; Tölgyessy a kol.,1989; Gray, 2012)

**Zinek** je relativně měkký esenciální kov s antikorozními vlastnostmi, který snadno reaguje s anorganickými kyselinami či organickými látkami. V přírodě se nachází v mnoha minerálech jako např.: sfalerit, wurtzit, smithsonit nebo kalamín. Ve vodním prostředí se vyskytuje v II oxidačním stupni, ale taktéž ve formě iontových asociátů ( $\text{ZnSO}_4$ ) a hydroxokomplexů. Jeho toxicita člověku není nebezpečná, leč opět je silně jedovatý pro vodní živočichy. Zinek je pro lidské tělo velmi prospěšný, je kofaktorem více než

300 enzymů a metaloproteinů, které plní důležitou funkci v syntéze proteinu, RNA a DNA i mitotickém buněčném dělení. Tento prvek je nejvíce zastoupeným kovem v mozku. Vystavení výparům oxidu zinečnatého může vyvolat tzv. horečku ze svářečských dýmů, která se projevuje horečkou, slabostí, zimnicí, a dalšími symptomy připomínající chřipkové onemocnění. Tento stav je reverzibilní a obvykle odezní do pár hodin od vdechnutí toxinů. Naopak deficit zinku ovlivňuje negativně růst těla či sexuální vývoj, způsobuje poruchy čichových a chuťových vjemů. Umělým zdrojem zinku v prostředí jsou odpadní vody z povrchové úpravy kovů, spalování fosilních paliv, čistírenské kaly, hnojiva, automobilový průmysl, ale i srážkové vody z pozinkovaných střeš a okapů. (Horáková a kol., 2012; Kalavská, Holoubek, 1987; web2.mendelu.cz., 2023; Pitter, 2009; Manahan, 2013)

**Rtuť** na rozdíl od všech ostatních kovů, které jsou pevné krystalické látky, je tekutá. Až po zchlazení v tekutém dusíku změní svou podobu na tvárný pevný kov, připomínající cín. Ve formě organických nebo anorganických sloučenin je jedním z nejtoxičtějších kovů na planetě. Nebezpečí rtuti spočívá v jejím vysokém kumulačním koeficientu (až  $10^6$ ), a tak se snadno ukládá ve velkém množství v rostlinné i živočišné biomase či vodních sedimentech nebo půdě. V půdním prostředí se vyskytuje ve třech formách: elementární (těkavá a slabě rozpustná ve vodě), dvojmocná anorganická forma (je charakteristická vysokou afinitou ke mnoha anorganickým a organickým ligandům, zvláště pak ke sirmým funkčním skupinám) a methylrtuť (tvoří vysoce odolné sloučeniny v životním prostředí). Hlavním antropogenním zdrojem kontaminace půd rtutí jsou imise fosilních paliv, především spalování uhlí a lignitu, čistírenské kaly, hnojiva bohatá na dusík, fosfor, draslík a fungicidy. Pro snížení kontaminace je doporučováno zvýšit pH (např. vápněním) zasažené zeminy. Ve vodním prostředí ji nalezneme opět ve formě elementárního prvku, dále jako dobře rozpustné anorganické soli a různé organické sloučeniny např. methylrtuť a dimethylrtuť (nebezpečné z důvodu vysoké rozpustnosti v lipidech a schopnost procházet membránami buněk). Prodlení mezi expozicí a otravou rtutí je velmi dlouhé, poškozuje zejména ledviny a centrální nervovou soustavu, což mohlo v dobách minulých vést až k šílenství, dále způsobuje paralýzu, slepotu, poškození chromozomů a vrozené defekty. Při vdechnutí rtuťových výparů jsou zasaženy nejdříve plíce a mozek. Antropogenním zdrojem rtuti ve vodách jsou především průmyslové a srážkové vody. Mezi největší globální zdroje znečištění rtutí patří extrakce zlata ze zlatonosných rud. (Gray, 2012; Jursík, 2011; Tölgyessy a kol., 1989; Horáková a kol., 2012; Richter, 2004; Kalavská, Holoubek, 1987; Manahan, 2010)



**Arsen** je vysoce toxický prvek. V životním prostředí jej nalezneme v horninách obsahujících uhelnou příměs a sulfidy. Vysoké hodnoty prvku jsou typické i pro jílové sedimenty. Ve středověku byly jeho sloučeniny hojně používány jako účinný jed a v 19. století byl populárním zeleným pigmentem na tapetách. Jedovatost arzenu se charakterizuje nejčastěji neurologickými, kožními a hematologickými změnami, může způsobit i rakovinu. Letální dávka pro člověka je menší než 30 mg a ke chronické otravě postačí denní dávka 10 mg. V půdním prostředí se arsen nalézá ve formě málo rozpustných (zvláště v kyselých půdách) arsenitanů, arseničnanů hliníku a železa. V podmínkách suchého klimatu se jeho sloučeniny téměř nepohybují. Kontaminace půd je v největší míře způsobena emisemi popílku a odsiřovacích produktů z kotelen. Dekontaminace je prováděna aplikací vápencem, vysokými dávkami fosforu a síranem železnatým. Ve vodách tento těžký kov se nejčastěji nachází v nestálé oxidační formě As (III) a nejstálejší variantě As (V). Minerální vody, bohaté na tento prvek ( $<0,7 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ), jsou označovány jako arzenové vody. Nebezpečnou vlastností (stejně jako u rtuti, kadmia a olova) je schopnost akumulování se v sedimentech a biomase vodních organismů. K antropogennímu znečištění vodotečí arsenem nejčastěji dochází prostřednictvím těžkého průmyslu a spalováním fosilních paliv. (Richter, 2004; Tölgyessy a kol., 1989; Kalavská, Holoubek, 1987; Gray, 2012; Manahan, 2010)

### **3.13 Limitní hodnoty těžkých kovů ve vodním a půdním prostředí**

Limitní hodnoty pro obsah těžkých kovů v černouhelných kalcích a vodních sedimentech nejsou v České republice právně definovány, avšak legislativa určuje, vyhláškou č. 257/2009 Sb. o používání sedimentů na zemědělské půdě, mezní hodnoty pro obsah těchto kovů v půdě (viz Tabulka 3). Vyhláška č. 153/2016 Sb. o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu, diktuje preventivní hodnoty obsahů rizikových prvků v zemědělské půdě (viz Tabulka 4), stanoví také další indikační hodnoty, při jejichž překročení může dojít k ohrožení zdravotní nezávadnosti potravin či krmiv, ohrožení růstu rostlin a produkční funkce půdy a také ohrožení zdraví lidí i zvířat. Dle obsahu těžkých kovů ve vodním prostředí jsou vody rozděleny normou ČSN 75 7221 Kvalita vod – Klasifikace kvality povrchových vod z roku 2017 (revize normy z roku 1998) do pěti tříd kvality (viz Tabulka 2). Mezní hodnoty těžkých kovů v pitné vodě jsou stanoveny nařízením vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod

a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. (mozaika-ur.cz, 2017; mzp.cz, 2023; Vyhláška č. 153/2016 Sb., 2016; Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., 2015)

### **3.14 Výběr lokalit**

Tato diplomová práce se ve své první části věnuje ostravsko – karvinské oblasti revíru s důrazem na karvinskou podoblast. V praktické části práce se soustřeďuje již pouze na karvinskou podoblast. Výběr vhodných lokalit byl limitován hned několika faktory. Především zdlouhavým procesem udělení oficiálního povolení od společnosti vlastníci vhodné lokality k odběrů vzorků. Bez příslušného povolení je vstup nepovolaným osobám na uložště těžebního odpadu zakázán (viz Obrázek 56). Dalším limitujícím faktorem byl samotný stav lokalit, které již v naprosté většině prošly procesem rekultivace, v důsledku čehož byla vhodná místa k odběrů kalů zlikvidována, navzdory velkému množství dolů nacházejících se historicky na tomto území (viz Tabulka 6). Pro účely zpracování této diplomové práce byly státní společnosti DIAMO, o. z. DARKOV autorce zpřístupněny dvě lokality: Pilňok a Pohraniční kolonie, na kterých jsou uloženy černouhelné kaly z Dolu ČSA (viz Obrázek 33). Těžba na tomto dole byla ukončena na začátku roku 2021. Zájmová lokalita Pilňok (viz Obrázek 31) se nachází v městské části Karviná – Doly (GPS 49.824064, 18.501679), v bezprostřední blízkosti ulic Stonavská a Solecká. Podél lokality vedou silnice III. třídy č. 47212 a 4749. Lokalita Pohraniční kolonie (viz Obrázek 32) je situována v obci Doubrava (GPS 49.848551, 18.477172) podél silnice III. Třídy č. 47214. Státní společnosti OKD, a. s., bylo povoleno podrobit odebrané vzorky kalů laboratorní analýze a zpracovat výsledky, avšak osobní přístup na vybrané lokality, na kterých se nacházejí uhelné kaly z Dolu ČSM, závodu Sever i Jih (viz Obrázek 34) - posledního aktivního hlubinného černouhelného dolu v OKR, a na jednu lokalitu Doubrava I., která slouží jako uložště těžebního odpadu z Dolu ČSA, nebyl autorce umožněn. Lokalita Doubrava I. (49.851001, 18.484782) se nachází taktěž v obci Doubrava podél silnice III. Třídy č. 47214. Jedná se o protilehlou lokalitu k lokalitě Pohraniční kolonie.



**Obrázek 31:** Zájmová lokalita Pilňok – Letecký záběr z dronu (Niemiec, 2023)



**Obrázek 32:** Zájmová lokalita Pohraniční kolonie – Letecký záběr (Niemiec, 2023)





**Obrázek 33:** Letecký záběr z dronu na bývalý Důl ČSA (Niemiec, 2023)



**Obrázek 34:** Letecký záběr z dronu na Důl ČSM (Niemiec, 2023)



### 3.15 Odběry vzorků

Odběr vzorků kalů z lokalit ve vlastnictví DIAMO, s. p., o. z. DARKOV proběhl se souhlasem ředitele odštěpeného závodu, na základě oficiálně podané žádosti. Předmětem žádosti byly lokality odkaliště Pilňok a Pohraniční kolonie. Na obou těchto lokalitách bylo povoleno odebrat celkem pět různých vzorků. Odběr kalů z lokality Dolu Lazy byl zamítnut. Konečné zasypání jámy proběhlo 17. října 2022 (Kaboň, 2023). Odebrání vzorků se uskutečnilo dne 20. dubna 2022 za asistence dvou pracovníků DIAMO, s. p. Na lokalitě Pilňok (viz Obrázek 57) byly odebrány z odkaliště tři vzorky (viz Tabulka 1) dle metodiky společnosti DIAMO pomocí půdní sondýrky (viz Obrázek 58). Na lokalitě Pohraniční kolonie (viz Obrázek 59) byly odebrány dva vzorky (viz Tabulka 1) z povrchu odkaliště. K odběru povrchových vzorků bylo přistoupeno s ohledem na charakter lokality. Zájmová oblast Pohraniční kolonie je v rámci rekultivačních prací ponechána přirozené sukcesi. V době odběru probíhal na lokalitě biologický průzkum s využitím fotopasti. Nebylo předpokládáno, že zdejší koncentrace těžkých kovů bude nikterak výrazná. Odebrané kaly byly jednotlivě přemístěny do označených čistých plastových nádobek.

Vzorky kalů z lokalit patřících OKD, a. s., byly odebrány se svolením vedoucího úpraven. Povolení odběru se vztahovalo na lokality Dolu Československého svazu mládeže (ČSM) jam: H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, B<sub>1</sub>, C a také na lokalitu Doubrava I. Dolu Československé armády (ČSA). Odebrání vzorků se uskutečnilo dne 25. dubna 2022 a 26. dubna 2022, kaly byly odebrány pracovníky OKD, a. s. Autorce nebyl umožněn osobní přístup. Z každé již výše zmíněné jámy Dolu ČSM byl odebrán jeden směsný vzorek (viz Tabulka 1) o váze asi 500 g, který byl následně jednotlivě umístěn do plastového sáčku a řádně označen. U lokality Doubrava I. Dolu ČSA (viz Tabulka 1) byly odebrány dva směsné vzorky o váze asi 500 g, které byly následně jednotlivě umístěny do plastových sáčků a řádně označeny. Těchto sedm vzorků bylo po předchozí domluvě předáno autorce pracovníkem OKD, a. s.

Fotodokumentace zájmového území ve vlastnictví DIAMO, s. p., o. z. DARKOV a ostatních terénních fotografií (viz Fotodokumentace) byla pořízena fotoaparátem a dronem DJI Mavic Pro (viz Obrázek 60) z výšky 120 m. Na lokalitách nacházejících se ve vlastnictví OKD, a. s., autorce nebylo umožněno pořízení fotodokumentace.

**Tabulka 1:** Odebrané vzorky černouhelných kalů ze zájmových lokalit v OKR

Lokalita	Vzorek	Důl	Ukončení těžby
Pilňok	1	ČSA	Ano (2021)
Pilňok	2	ČSA	Ano (2021)
Pilňok	3	ČSA	Ano (2021)
Pohraniční kolonie	4	ČSA	Ano (2021)
Pohraniční kolonie	5	ČSA	Ano (2021)
Jáma H <sub>1</sub>	6	ČSM	Ne (do 2025)
Jáma H <sub>2</sub>	7	ČSM	Ne (do 2025)
Jáma H <sub>3</sub>	8	ČSM	Ne (do 2025)
Jáma B <sub>1</sub>	9	ČSM	Ne (do 2025)
Jáma C	10	ČSM	Ne (do 2025)
Doubrava I.	11	ČSA	Ano (2021)
Doubrava I.	12	ČSA	Ano (2021)

### 3.16 Zpracování vzorků

Prvním krokem při přípravě odebraných vzorků kalů k laboratorní analýze, bylo jejich sušení v domácích podmínkách. Sušení probíhalo v uzavřené místnosti. Vzorky byly individuálně vysypány na označený papír a rozprostřeny po celé jeho ploše.

Laboratorní analýza byla realizována v laboratoři Katedry ekologie a životního prostředí Univerzity Palackého v Olomouci. Druhým krokem bylo prosévání přes plastová síta. Všechny vzorky byly proseté dvakrát nejdříve přes hrubší 1,5 mm a pak přes jemnější síto 1 mm. Hrubší frakce, které neprošly sítím byly odstraněny jako potenciálně nebezpečný odpad.

Třetím krokem bylo dodatečné dosušení homogenizovaných vzorků kalů v laboratorní sušárně Sanyo po dobu 30 min. při teplotě 105 °C. Z každého vzorku bylo naváženo na laboratorní váze GX- 1000 firmy A&D Weighing 500 mg do mineralizačních nádob. Následně byla přidána mineralizační činidla 2 ml kyseliny dusičné (dále HNO<sub>3</sub>) a 6 ml kyseliny chlorovodíkové (dále HCl), tedy v poměru 1:3. Práce s kyselinami probíhala v digestoři. Celá směs byla pak promíchána. Vzorky byly mineralizované v mikrovlnném mineralizačním zařízení Speedwave 2 by BERGHOF Products + Instruments GmbH po dobu 50 min. Proces mineralizace proběhl dvakrát. Pro kontrolu tzv. blank, posloužil vzorek,

který obsahoval pouze  $\text{HNO}_3$  a  $\text{HCl}$ , taktéž v poměru 1:3. Zmineralizované vzorky byly po vychladnutí otevírány v digestoři a přelévány z mineralizačních nádob do odměrné baňky a dále naředěny destilovanou vodou na konečný objem 50 ml. Takto zředěné vzorky byly protřepány a následně přefiltrovány pomocí filtračního papíru do označených plastových vzorkovnic.

### 3.17 Laboratorní analýza

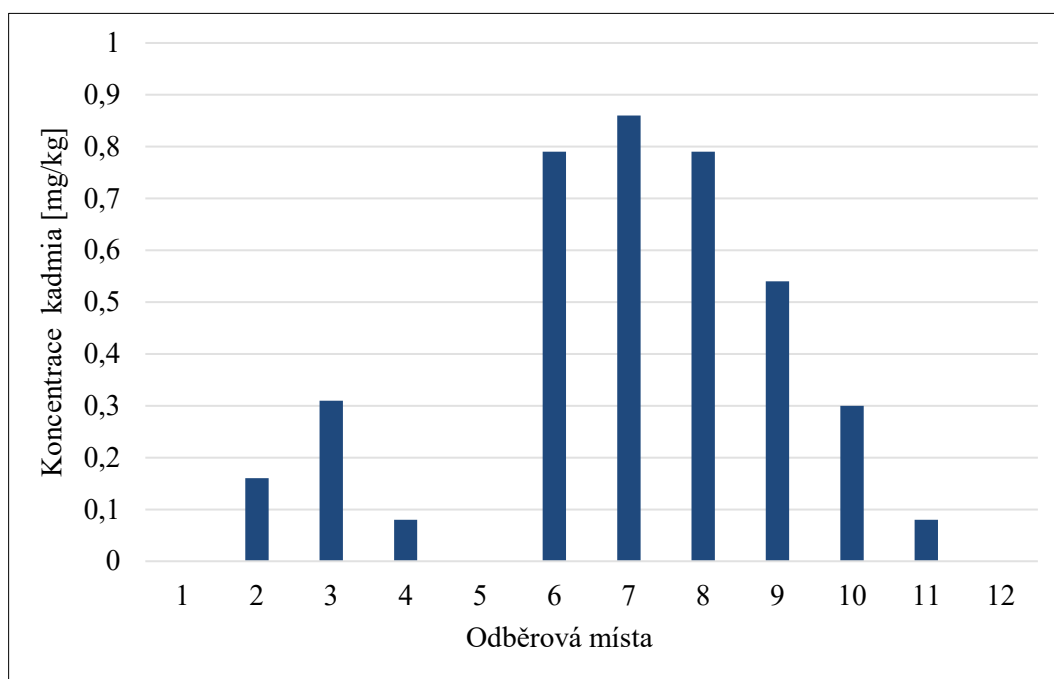
Ke konečnému stanovení obsahů těžkých kovů v odebraných vzorcích uhelných kalů byla použita metoda atomové absorpční spektrometrie (dále AAS) pomocí spektrometru Avanta  $\Sigma$  firmy GBC Scientific Equipment. Při použití tohoto přístroje nebylo možné zjistit, zda se ve vzorcích nacházejí toxické prvky Hg a As.

AAS je optickou metodou kvantitativní elementární analýzy, využívanou pro určení celkových obsahů mnoha prvků, převážně těch kovových, v různých typech vzorků. Velkou předností této metody je její vysoká citlivost (setiny až stovky ppm), selektivita a to, že je tzv. pro prvek specifická. Takto lze určit zájmový prvek bez nutnosti předchozích chemických úprav a separací, a to i za přítomnosti ostatních prvků ve vzorku. Hojně se využívá při monitoringu nízkých obsahů toxických prvků v životním prostředí, zvláště pro analýzu vod, neboť vyžaduje vzorky v roztoku. Metoda AAS využívá jako analytickou vlastnost absorpci záření volnými atomy sledovaného prvku v základním stavu. Pokles primárního záření je dán mírou koncentrace volných atomů prvku, který záření absorboval. Rozdíly energií mezi jednotlivými elektronovými stavy atomu jsou jedinečné pro každý prvek, jelikož jsou funkcí vzájemného působení elektricky kladně nabitého jádra a pro daný prvek zcela specifické konfigurace elektronového obalu. Tato analytická metoda je metodou srovnávací. Porovnávají se zde, pro daný prvek, hodnoty naměřené s hodnotami referenčními. Měřenou veličinou je absorbance, její hodnota je mírou koncentrace zájmového prvku. Výsledná absorbance není závislá na velikosti zářivého zdroje, avšak hustota zářivé energie má přímý vliv na velikost nejmenší měřitelné absorbance, a tak je tímto faktorem ovlivněná i mez detekce. (matca.cz, 2023; Prchal, 2016; Hrdlička, 2017; Kaňa, Mestek, 2023; Horáková a kol., 2012)

Výsledky měření pomocí AAS spektrometru byly vyhotoveny v podobě textového dokumentu. Ten byl konvertován s použitím software Microsoft Excel do finální podoby tabulek (viz Tabulky) a grafů. (viz Výsledky a Diskuse)

## 4 Výsledky

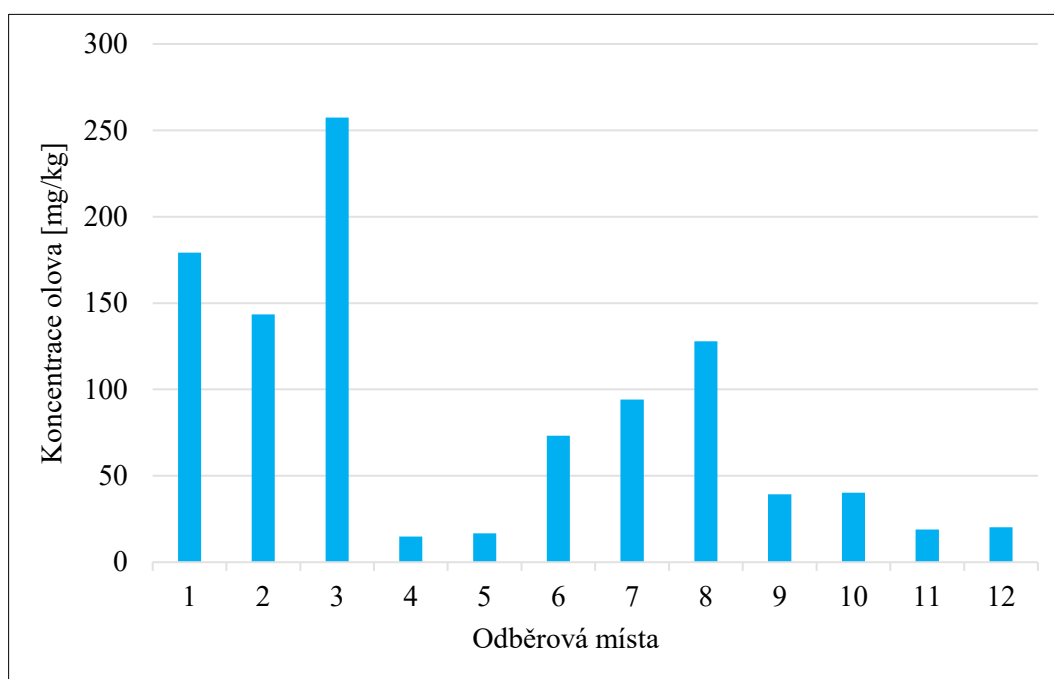
Koncentrace pro kadmium v odebraných černouhelných kálech (viz Tabulka 7) byly graficky zpracovány (viz Graf 1). Nejvyšší obsahy (0,86 mg/kg a 0,79 mg/kg) byly naměřeny u vzorků 6,7, a 8, které pocházejí z lokalit jáma H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> a H<sub>3</sub>, kde se ukládaly kaly ze stále aktivního Dolu ČSM (viz Tabulka 1). Oproti tomu nejnižší koncentrace (0,08 mg/kg) byla naměřena u vzorků 4, a 11. Vzorky pocházejí z lokality Pohraniční kolonie a Doubrava I., zde jsou uloženy kaly z již uzavřeného Dolu ČSA (viz Tabulka 1). U vzorků 1, 5, a 12 výsledná hodnota měření byla pod mírou detekce přístroje, proto nebyla zahrnuta do konečných výsledků. Ani u jednoho ze vzorků nedošlo k překročení limitní hodnoty pro kadmium 1 mg/kg (viz Tabulka 3), stanovené vyhláškou č. 257/2009 Sb. o používání sedimentů na zemědělské půdě. Avšak u čtyř vzorků 6,7,8 a 9 došlo k překročení preventivní hodnoty rizikového prvku kadmia v zemědělské půdě, jak pro běžné půdy 0,5 mg/kg, tak i lehké půdy 0,4 mg/kg (viz Tabulka 4), určené vyhláškou č. 153/2016 Sb. o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy.



**Graf 1:** Obsah Cd v uhelných kálech

Obsah olova v analyzovaných černouhelných kálech (viz Tabulka 7) znázorňuje (viz Graf 2). Nejvyšší koncentrace (257,47 mg/kg) byla naměřena u vzorku 3, který pochází z lokality Pilňok. Další dva vzorky (1 a 2), pocházející z této lokality, vykazovaly taktéž vysoké koncentrace (179,28 mg/kg a 143,37 mg/kg) (viz Tabulka 1). Na tomto místě byly

ukládány kaly z uzavřeného Dolu ČSA. Poslední vzorek (8), obsahující vysoké koncentrace olova (127,87 mg/kg), byl odebrán z lokality jáma H<sub>3</sub>, kde se ukládaly kaly z aktivního Dolu ČSM (viz Tabulka 1). Nejnižší koncentrace (14,93 mg/kg) byla naměřena u vzorku 4. Vzorek pochází z lokality Pohraniční kolonie, ostatní vzorky (5, 11 a 12) z lokality Pohraniční kolonie a Doubrava I. Tam jsou uloženy kaly z uzavřeného Dolu ČSA, které vykazovaly také velmi nízké obsahy (16,66 mg/kg, 18,87 mg/kg a 20,22 mg/kg) (viz Tabulka 1). Celkově u čtyř ze vzorků došlo k překročení limitní hodnoty pro olovo 100 mg/kg (viz Tabulka 3), stanovené vyhláškou č. 257/2009 Sb. o používání sedimentů na zemědělské půdě. Dohromady až u šesti vzorků 1,2,3,6,7 a 8 byly překročeny preventivní hodnoty pro olovo v zemědělské půdě. Výsledné obsahy překročily stanovené koncentrace jak pro běžné půdy 60 mg/kg, tak i půdy lehké 55 mg/kg (viz Tabulka 4), určené vyhláškou č. 153/2016 Sb. o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy.

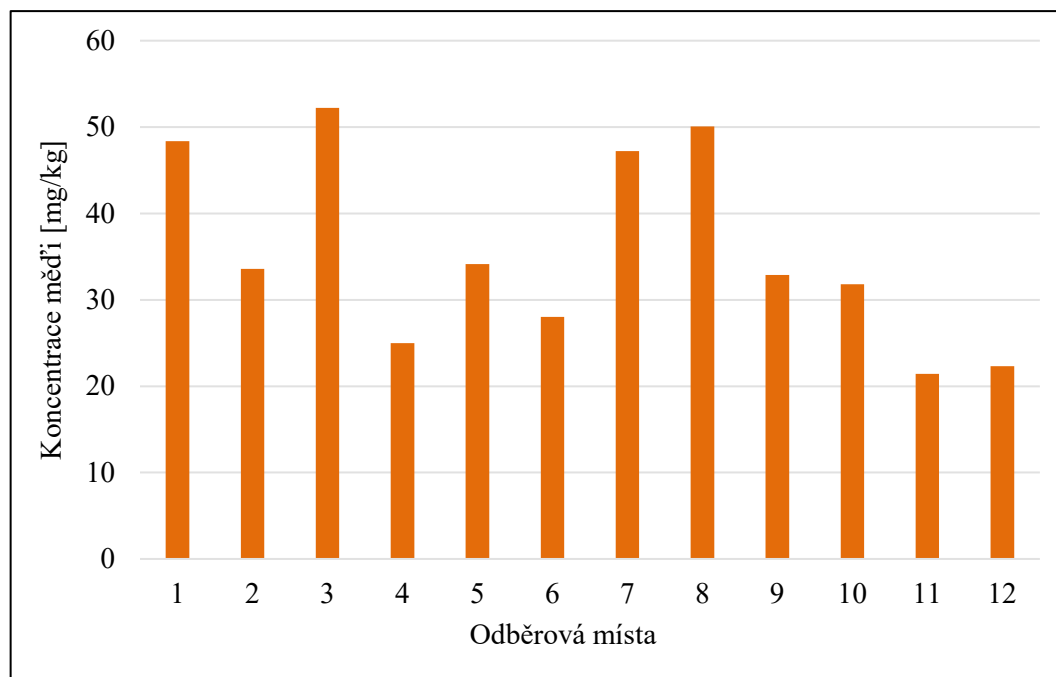


**Graf 2:** Obsah Pb v uhelných kalech

Koncentrace mědi ve zkoumaných černouhelných kalech (viz Tabulka 7) jsou vyjádřeny v grafu (viz Graf 3). Nejvyšší obsahy byly naměřeny u vzorku 3 (52,23 mg/kg) pocházejícího z lokality Pilňok, kde byly ukládány kaly z Dolu ČSA a u vzorku 8 (50,08 mg/kg) pocházejícího z lokality jáma H<sub>3</sub>, kde byly ukládány kaly z Dolu ČSM (viz Tabulka 1). Nejnižší koncentrace (21,41 mg/kg) byla naměřena u vzorku 11, pocházejícího z lokality Doubrava I., kde jsou skladovány kaly z Dolu ČSA (viz Tabulka 1). Ve všech odebraných



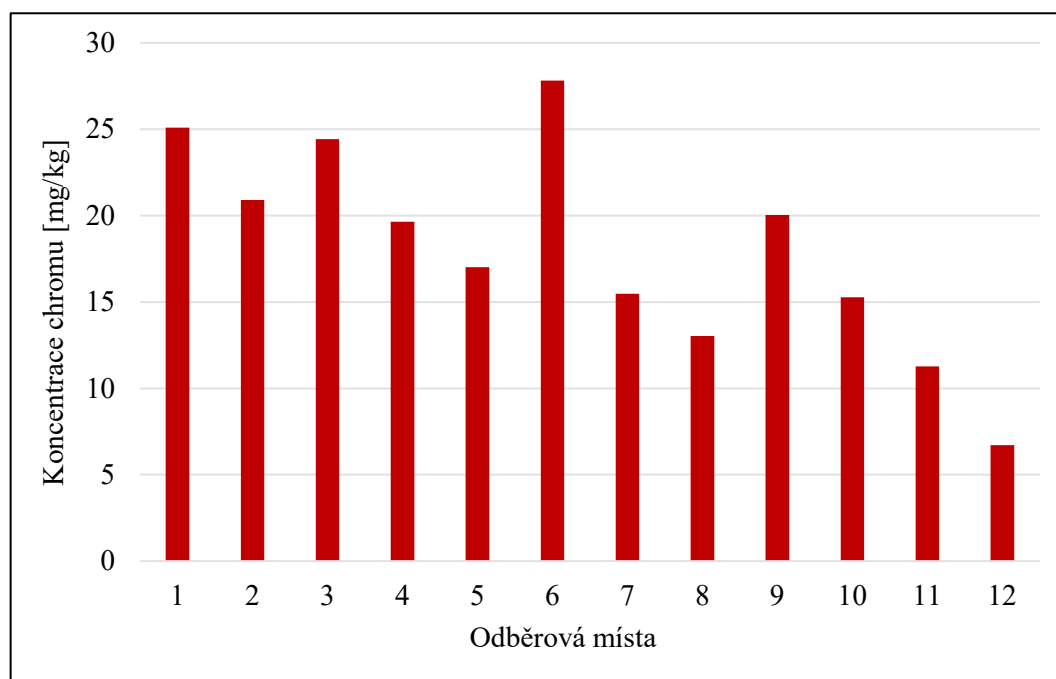
vzorcích naměřené obsahy mědi byly vyrovnané. Ani u jednoho ze vzorků nedošlo k překročení limitní hodnoty pro měď 100 mg/kg (viz Tabulka 3), stanovené vyhláškou č. 257/2009 Sb. o používání sedimentů na zemědělské půdě. Nicméně tři vzorky 1,3 a 8 přesáhly preventivní hodnoty mědi v zemědělské půdě, pro lehké půdy 45 mg/kg (viz Tabulka 4), ustanovené vyhláškou č. 153/2016 Sb. o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy.



**Graf 3:** Obsah Cu v uhelných kalech

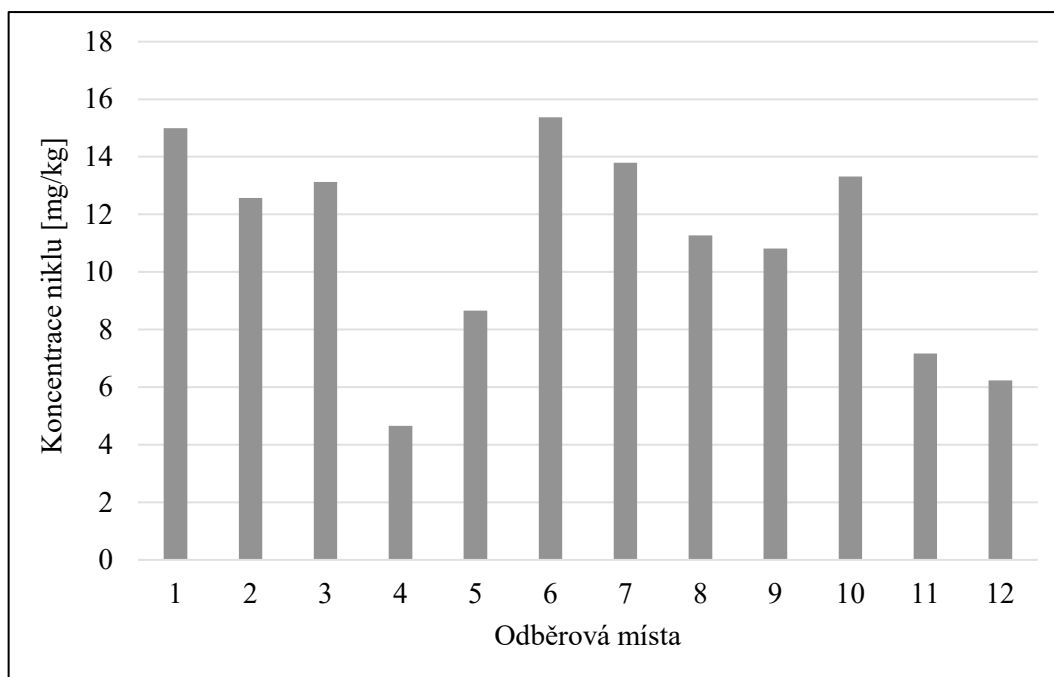
Obsahy chromu ve vzorcích černouhelných kalů (viz Tabulka 7) byly zpracovány do vizuální podoby (viz Graf 4). Nejvyšší koncentrace (27,82 mg/kg, 25,1 mg/kg a 24,42 mg/kg) byly naměřeny u vzorků 6, 1 a 3, které pocházejí z lokality jáma H<sub>1</sub>, kde se ukládaly kaly z Dolu ČSM a lokality Pilňok (viz Tabulka 1). Na tomto místě byly ukládány kaly z Dolu ČSA. Nejnižší obsah (6,71 mg/kg) byl naměřen u vzorku 12, odebraného z lokality Doubrava I., kde se nacházejí kaly z Dolu ČSA (viz Tabulka 1). Ve všech vzorcích podrobených laboratorní analýze, byly naměřené koncentrace chromu nízké a velice vyrovnané s výjimkou výše zmíněného vzorku 12. Ani u jednoho ze vzorků nedošlo ani zdaleka k překročení limitní hodnoty pro chrom 200 mg/kg (viz Tabulka 3) stanovené vyhláškou č. 257/2009 Sb. o používání sedimentů na zemědělské půdě. Žádný z odebraných vzorků uhelných kalů se nepřiblížil preventivní hodnotě rizikového prvku chromu v zemědělské

půdě, pro běžné půdy 90 mg/kg a lehké půdy 55 mg/kg (viz Tabulka 4) určené vyhláškou č. 153/2016 Sb. o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy.



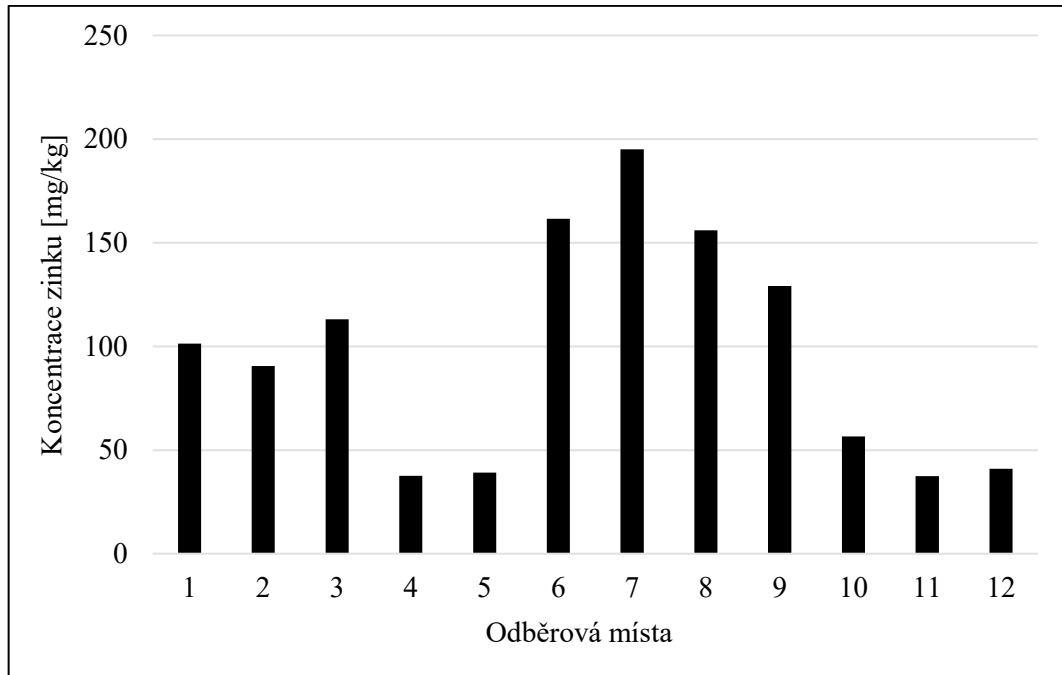
**Graf 4:** Obsah Cr v uhelných kalech

Koncentrace niklu v odebraných kalech (viz Tabulka 7) je graficky představen (viz Graf 5). Nejvyšší obsahy (15,37 mg/kg a 14,99 mg/kg) byly naměřeny u vzorku 6 a 1, které pocházejí z lokality jáma H<sub>1</sub>. Na tomto místě byly ukládány kaly z Dolu ČSM a lokality Pilňok (viz Tabulka 1), kde se v minulosti ukládaly kaly z Dolu ČSA. Nejnižší koncentrace (4,66 mg/kg) byla naměřena u vzorku 4. Vzorek pochází z lokality Pohraniční kolonie. Ostatní vzorky (5, 11 a 12) z této lokality a lokality Doubrava I., kde jsou uloženy kaly z Dolu ČSA (viz Tabulka 1), vykazovaly taktéž nízké koncentrace niklu (8,66 mg/kg, 7,17 mg/kg a 6,24 mg/kg). Naměřené koncentrace pro prvek nikl byly na všech lokalitách vyrovnané ale nízké. Z tohoto důvodu nedošlo ani u jednoho ze vzorků s výraznou rezervou k překročení limitní hodnoty 80 mg/kg (viz Tabulka 3), stanovené vyhláškou č. 257/2009 Sb. o používání sedimentů na zemědělské půdě. Taktéž žádný z odebraných vzorků kalů nepřevýšil preventivní hodnoty niklu v zemědělské půdě, a to pro běžné půdy 50 mg/kg a lehké půdy 45 mg/kg (viz Tabulka 4) nařízené vyhláškou č. 153/2016 Sb. o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy.



**Graf 5:** Obsah Ni v uhlých kálech

Zjištěné hodnoty pro zinek v odebraných černouhlých kálech (viz Tabulka 7) byly zpracovány do sloupcového grafu (viz Graf 6). Nejvyšší obsahy (194,99 mg/kg, 161,53 mg/kg a 156,03 mg/kg) byly naměřeny u vzorků 7, 6 a 8, které pocházejí z lokality jáma H<sub>2</sub>, jáma H<sub>1</sub> a jáma H<sub>3</sub> (viz Tabulka 1), kde se ukládaly kaly z Dolu ČSM. Nejnižší koncentrace (37,38 mg/kg a 37,64 mg/kg) byly naměřeny u vzorků 11 a 4. Tyto vzorky pocházejí z lokality Doubrava I. a Pohraniční kolonie (viz Tabulka 1) zde se ukládaly kaly z Dolu ČSA. Další vzorky (5 a 12), odebrané ze stejných lokalit, vykazovaly také nízké hodnoty (39,07 mg/kg, 66 mg/kg, a 40,98 mg/kg). Ani u jednoho ze vzorků nedošlo k překročení limitní hodnoty pro zinek 300 mg/kg (viz Tabulka 3), stanovené vyhláškou č. 257/2009 Sb. o používání sedimentů na zemědělské půdě. Avšak u čtyř vzorků 6, 7, 8 a 9 došlo k překročení preventivní hodnoty zinku v zemědělské půdě, pro běžné půdy 120 mg/kg (viz Tabulka 4). Celkově u pěti vzorků taktéž došlo k převýšení preventivní hodnoty zinku v zemědělské půdě pro lehké půdy 105 mg/kg (viz Tabulka 4), stanovená vyhláškou č. 153/2016 Sb. o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy.



**Graf 6:** Obsah Zn v uhelných kálech

## 5 Diskuse

Výsledky laboratorní analýzy provedené na odebraných vzorcích uhelných kalů dokazují, že na všech zájmových lokalitách v životním prostředí stále přetrvávají těžké kovy, a to ve větších, či menších koncentracích. Pro účely zpracování této diplomové práce bylo v roce 2022 navštíveno celkově 8 lokalit, které stále slouží jako uložště těžebního odpadu z černouhelných dolů. Autorka si je vědoma skutečnosti, že pro objektivnější závěry by bylo třeba provést analýzu vzorků z většího množství lokalit, avšak se musela podřídit zamítavému rozhodnutí společnosti vlastníci další příhodné lokality k výzkumu.

Lokalita Pilňok, nacházející se v katastru města Karviná, dle naměřených výsledků, je jednou z lokalit nejvíce zatížených přítomností těžkých kovů. Konkrétně prvky olovo, měď, chrom a nikl vykazovaly zvýšené koncentrace oproti ostatním lokalitám (viz Tabulka 8, Graf 7). Nejsignifikantnější výsledek byl zaznamenán u olova, kdy všechny tři vzorky (1, 2 a 3) (viz Tabulka 7, Graf 2), pocházející z tohoto místa, překračovaly limit stanovený vyhláškou č. 257/2009 Sb. o používání sedimentů na zemědělské půdě. U vzorku 3 (viz Tabulka 7) byl tento limit překročen o více jak 2,5násobek stanovené hodnoty (viz Tabulka 3). Možným vysvětlením takto zvýšené hodnoty může být i automobilová doprava (Pitter, 2009), neboť lokalita Pilňok je situována v bezprostřední blízkosti dvou velmi frekventovaných silnic III. třídy č. 47212 a 4749. Tuto hypotézu podporuje i fakt, že na zbylých lokalitách, kde jsou taktéž uloženy kaly z Dolu ČSA, byly výsledné hodnoty pro prvek olovo výrazně nižší (viz Graf 7). Na této lokalitě došlo také k překročení preventivní koncentrace rizikových prvků (olova, mědi a zinku) v zemědělské půdě, stanovené vyhláškou č. 153/2016 Sb. o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy (viz Tabulka 4).

Lokalita Pohraniční kolonie se nalézá v obci Doubrava. Již při odběru vzorků za asistence pracovníků DIAMO, s. p. bylo autorce sděleno, že tato lokalita je ponechána procesům samovolné sukcese a není momentálně v plánu ji rekultivovat jiným způsobem. V době odběru na lokalitě probíhal zoologický průzkum za využití fotopasti. Ze všech navštívených lokalit měla tato nejvýraznější vegetační pokryv (viz Obrázek 32). Z výše zmíněných důvodů bylo předpokládáno, že koncentrace těžkých kovů budou zde nízké. Tato domněnka se potvrdila u všech sledovaných prvků, kde výsledné hodnoty pro tuto lokalitu patřily k nejnižším (viz Tabulka 8, Graf 7). Výjimkou byla pouze měď u vzorku 5 a chrom

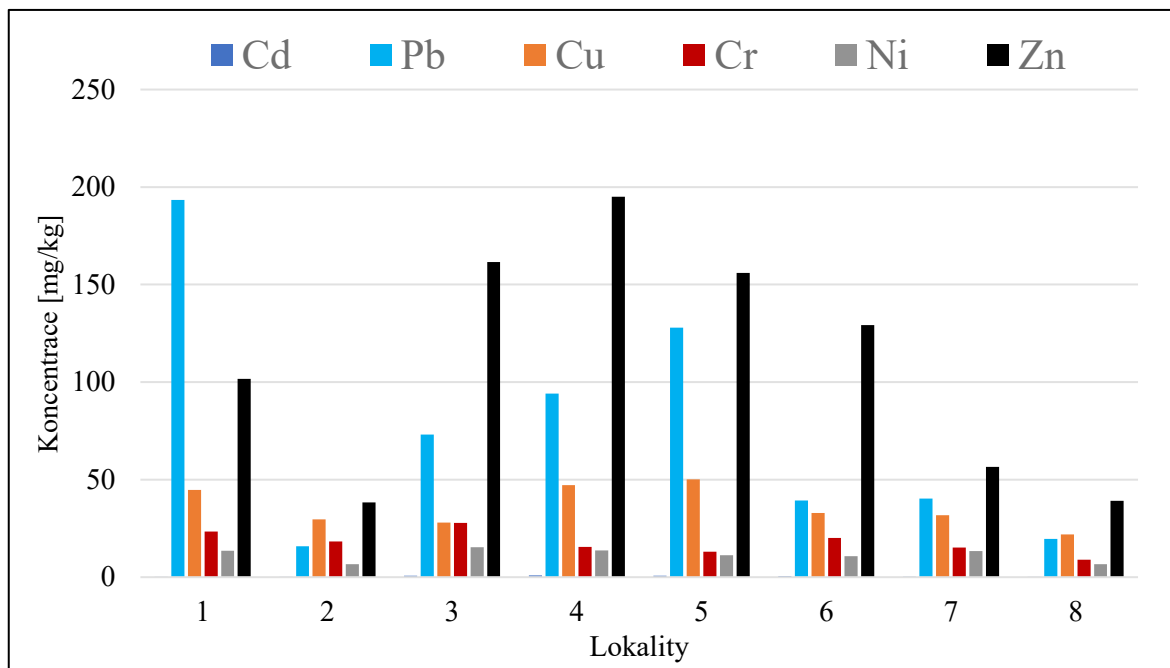


u vzorku 4 (viz Tabulka 7). I když naměřené koncentrace se nikterak výrazně nelišily od ostatních vzorků z jiných lokalit (viz Graf 7), tak nutno říct, že se ani nepřibližovaly stanoveným limitům vyhláškou č. 257/2009 Sb. o používání sedimentů na zemědělské půdě (viz Tabulka 3) preventivním hodnotám určeným vyhláškou č. 153/2016 Sb. o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy (viz Tabulka 4). Tudíž vybraný způsob rekultivace se zdá být vhodně zvolen a přetrvávající těžké kovy v půdě nepředstavují riziko pro zde žijící organizmy.

Lokalita Doubrava I. je situována v obci Doubrava. Jedná se o protilehlou lokalitu k lokalitě Pohraniční kolonie. Tato zájmová lokalita je oproti ostatním „suchým“ lokalitám z velké části zatopená a uhelné kaly se zde stále těží pomocí sacích bagrů. Jedná se o poslední zpřístupněnou lokalitu, která sloužila k ukládání těžebního odpadu z Dolu ČSA. Výsledky měření na této lokalitě více méně zrcadlily naměřené hodnoty na lokalitě Pohraniční kolonie (viz Graf 7). U některých prvků, např. měď a chrom (viz Tabulka 7), byly ještě menší.

Lokality Jáma H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, B<sub>1</sub> a C slouží všechny jako uložistiště černouhelných kalů z aktivního Dolu ČSM. Na tyto lokality nebyl autorce umožněn osobní přístup a ani nebyla sdělena jejich přesná poloha. Na lokalitě jámy H<sub>1</sub> byly naměřeny nejvyšší obsahy ze všech lokalit pro prvek chrom a nikl (viz Tabulka 8) a druhá nejvyšší koncentrace pro kadmium (viz Tabulka 8). Na lokalitě jámy H<sub>2</sub> byly zjištěné nejvyšší obsahy ze všech lokalit pro kadmium a zinek (viz Tabulka 8). Zjištěná hodnota se blížila k limitu stanovenému vyhláškou č. 257/2009 Sb. (viz Tabulka 3).

Na lokalitě jáma H<sub>3</sub> obsahy pro prvky kadmium, olovo, měď a zinek, patřily mezi nejvyšší (viz Graf 7). U lokality jáma B<sub>1</sub> koncentrace pro prvek kadmium, chrom, zinek (viz Graf 7) byly nejvyšší. Na lokalitě C, v porovnání s ostatními, byly obecně naměřeny nízké obsahy těžkých kovů. Nejvíce zde zastoupeným kovem byl nikl (viz Tabulka 8). V souvislosti s vyhláškou č. 153/2016 Sb. o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy (viz Tabulka 4), nejvíce zatíženou se jeví lokalita jáma H<sub>3</sub> (viz Tabulka 8), neboť zde odebrané vzorky černouhelných kalů překročily tuto vyhlášku u prvků kadmium, olovo, měď a zinek. Skutečnost, zda těžba stále probíhá, či nikoliv, by neměla mít vliv na obsah těžkých kovů ve vyprodukovaných kalech, neboť od roku 1998 nejsou již nové uhelné kaly produkovány (Černý, 2003). Zjištěné výsledky v této práci tuto skutečnost u některých kovů potvrzují.



**Graf 7:** Obsah vybraných těžkých kovů v uhelných kalech na zájmových lokalitách

Dle zjištěných výsledků lze říci, že těžké kovy, vyluhované do různých složek životního prostředí v důsledku těžby uhlí, nepředstavují v současnosti bezprostřední riziko, avšak monitoring takovýchto míst by měl i nadále pokračovat. Představují totiž potenciální zdroj kontaminace. (Bobrowska – Grzesik, Ochota, 2010) Uhelny kaly v dnešní době mohou být také využívány v rámci cirkulární ekonomiky jako rekultivační materiál pro vytvoření základní vrstvy vegetačního pokryvu. Je ovšem nutné předem kaly otestovat (jejich vlastnosti se mohou lišit v závislosti na vlastnostech ložisek uhlí) a dle zjištěných výsledků aplikovat do půdy jejich správné množství. Autoři polské studie z roku 2022 doporučují taktéž používat k biologické rekultivaci rostlinné druhy, které jsou více odolné ke zvýšeným koncentracím chloridů v půdním prostředí. (Śliwka a kol., 2022) Polská studie z roku 2010, zabývající se obsahem těžkých kovů v půdě odebrané z haldy v městě Gliwice, došla k závěru, že koncentrace těžkých kovů jsou zde vyšší než legislativně stanovené limity a taktéž vyšší než aritmetický průměr koncentrace těžkých kovů pro tuto geografickou oblast. Avšak většina těchto kovů byla přítomna ve frakcích, které jsou jen málo dostupné pro rostliny. (Bobrowska – Grzesik, Ochota, 2010)

Obsah těžkých kovů v důlních vodách je dokonce mnohonásobně menší než v koncentrovaných uhelných kalech, porovnáme-li zde zjištěné výsledky s výzkumem prováděným v roce 2022, na důlních vodách odebraných z vodní jámy Jeremenko.

Naměřené výsledky, za použití metody AAS, pro zinek činily 0,02 – 0,05 mg/L a pro chrom 1,00 – 20,00 mg/L. U olova, mědi, kadmia a niklu byly výsledné hodnoty pod mezí detekce (<1,00 µg/L) přístroje. (Dvoracek a kol., 2022) Tuzemská studie z roku 2020, zaměřující se na problematiku znečištění říčních sedimentů v povodí řeky Odry, mimo jiné došla ke zjištění, že nejpravděpodobněji vlivem vypouštění slaných důlních vod z vodní jámy Žofie a Heřmanického rybníku, došlo v Bohumínské stružce k výraznějšímu nárůstu koncentrace iontů vápníku, draslíku a sodíku. (Vondrák a kol., 2020) Indická studie z roku 2014, zaměřená na sedm těžkých kovů (chrom, kadmium, měď, olovo, mangan, železo) v podzemních vodách oblasti Dhanbad, které je jednou z největších uhelných oblastí v zemi, došla k závěru, že i přes intenzivní těžbu uhlí, která v dané oblasti probíhá více jak sto let, nedošlo ke kontaminaci těžkými kovy a ani se nezvýšila jejich koncentrace v podzemních vodách zájmové oblasti. Koncentrace většiny sledovaných těžkých kovů byla pod stanoveným limitem pro pitnou vodu v Indii (IS: 10500). Zvýšené hodnoty vykazovalo pouze železo a mangan. (Prasad a kol., 2014)

Předmětem mnoha vědeckých prací zaměřujících se na problematiku těžkých kovů v souvislosti s těžbou uhlí, je rtuť. Tento prvek je jedním z nejvíce toxických neesenciálních kovů a jakmile se jednou dostane do životního prostředí, již nikdy se nevrátí do neškodné formy. (Malicka, 2007) Polská studie, která se zabývala obsahem rtuti ve 24 odebraných vzorcích uhelných kalů zjistila, že výsledky se pohybovaly od 15 ng/g do 130 ng/g, což v průměru 87 ng/g odpovídá obsahu rtuti (okolo 80 ng/g) v polském černém uhlí. Tato studie nenalezla žádnou významnou korelaci mezi obsahem rtuti a ostatními složkami uhelných kalů. (Wichliński a kol., 2016)

## 6 Závěr

Tato diplomová práce ve své první části sumarizuje problematiku vlivů hlubinné těžby na krajinu a životní prostředí Ostravsko – karvinského revíru. Dále bylo provedeno srovnání změn v krajině indukovaných intenzivní těžbou černého uhlí, a to pomocí dobových fotografií a aktuálních snímků. Při jejich pořizování byl použit i dron. V praktické části byla vyhotovena analýza těžkých kovů, konkrétně kadmia, olova, mědi, chromu, niklu a zinku u dvanácti odebraných vzorků uhelných kalů za využití metody atomové absorpční spektroskopie (AAS). Všechny vzorky pocházejí z osmi různých lokalit, na kterých jsou uloženy kaly z dvou hlubinných černouhelných dolů (ČSM a ČSA). Odběr vzorků byl umožněn pouze se souhlasem společností vlastnících tyto lokality, na základě oficiálně podané žádosti. Odběr vzorků na zájmových lokalitách se uskutečnil 20. dubna 2022, 25. dubna 2022 a 26. dubna 2022. Nejvyšší koncentrace těžkých kovů byly naměřeny na lokalitách jáma H<sub>1</sub>, jáma H<sub>2</sub>, jáma H<sub>3</sub>, kde jsou uloženy kaly z aktivního černouhelného Dolu ČSM a na lokalitě Pilňok, kde se ukládaly kaly z již uzavřeného černouhelného dolu ČSA. Laboratorní analýza odebraných vzorků byla realizována v laboratoři Katedry ekologie a životního prostředí Univerzity Palackého v Olomouci. Zhodnotit, zda naměřené výsledky stanoví riziko pro životní prostředí Karvinska je dosti obtížné, neboť limitní hodnoty pro obsah těžkých kovů v černouhelných kalcích nejsou v České republice právně definovány. Současná legislativa udává vyhláškou č. 257/2009 Sb. o používání sedimentů na zemědělské půdě mezní hodnoty pro obsah těchto kovů v půdě a s ohledem na obsah těžkých kovů ve vodním prostředí, jsou vody rozděleny normou ČSN 75 7221 Kvalita vod – Klasifikace kvality povrchových vod do pěti tříd kvality. Pouze u olova došlo k překročení limitní hodnoty stanovené vyhláškou č. 257/2009 Sb. a to celkově u čtyř vzorků (1, 2, 3 a 8). Preventivní hodnoty rizikových prvků v zemědělské půdě, ustanovené vyhláškou č. 153/2016 Sb. o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy, byly překročeny na zájmových lokalitách celkově u čtyř (kadmium, olovo, měď, zinek) ze šesti zkoumaných prvků. Nejvíce zatíženou se jeví lokalita Jáma H<sub>3</sub>. Odebrané zde vzorky překročily tuto vyhlášku u všech výše zmíněných prvků.

## 7 Literatura

Ackova, G., D. *Heavy metals and their general toxicity on plants*. Plant Science Today, 2018, 5(1), 15-19 pp.

Banks, D., Skarphagen, H., Wiltshire, R., Jessop, C. *Heat pumps as a tool for energy recovery from mining wastes*. Geological Society, London, Special Publications, 2004, 236(1), 499-513 pp.

Benatzky, J., Borák, M., Byrtusová, V., Hajzlerová, I., Janák, D., Korbelářová, I., Müller, K., Prokop, R., Stibor, J., Švendová, K., Tomolová, V., Žáček, R. *Havířov*. Město Havířov ve spolupráci s Muzeem Těšínska v Českém Těšíně a Slezským ústavem SZM v Opavě, 1995, 189 s.

Beňová, E. *Hodnocení bezpečnostních rizik souvisejících s únikem metanu z podzemních prostor*. Disertační práce, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2012, 194 s.

Bílek, J., Ocelka, T., Doškářová, Š. *Monitoring ovzduší v Moravskoslezském kraji*. In.: Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné. *Sborník referátů z odborné konference – Průmyslová krajina 2004*. 1. vyd., Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, 2004, 264 s. ISBN 80-7248-231-9

Blatt, H. *Our Geologic Environment*. 1. vyd., Upper Saddle River, New Jersey, 1997, 550 s. ISBN 0-13-371022-X

Bobrowska-Grzesik, E., Ochota, P. *Heavy metals in soil from coal mine dump in Gliwice (Metale ciężkie z hałdy pogórnictwej w Gliwicach)*. Ecological Chemistry And Engineering A, 2010, 17(11), 1452–1460 pp.

Brázdil, R., Kirchner, K., Březina, L., Dobrovolný, P., Dubrovský, M., Halásová, O., Hostýnek, J., Chromá, K., Janderková, J., Kaláb, Z., Keprtová, K., Kotyza, O., Krejčí, O., Kunc, J., Lacina, J., Lepka, Z., Létal, A., Macková, J., Máčka, Z., Mulíček, O., Roštínský, P., Řehánek, T., Seidenglanz, D., Semerádová, D., Sokol, Z., Soukalová, E., Štekl, J., Trnka, M., Valášek, H., Věžník, A., Voženílek, V., Žalud, Z. *Vybrané přírodní extrémy a jejich dopady na Moravě a ve Slezsku*. 1. vyd., Brno: Masarykova univerzita, Praha: Český hydrometeorologický ústav, Ostrava: Ústav geoniky AV ČR 2007, 431 s. ISBN 978-80-210-4173-8



Brzóska, J. *Důl ČSM se zatím zavírat nebude, těžba pokračuje* [online]. 1993 - 2023 POLAR televize Ostrava, s.r.o., 2022, [cit. 2023-07-01]. Dostupné z: <<https://polar.cz/zpravy/karvinsko/stonava/11000032981/dul-csm-se-zatim-zavirat-nebude-tezba-pokracuje>>

Březina, P. *Povodeň v průmyslové krajině*. In.: Sdružení pro rozvoj Moravskoslezského kraje. Sborník referátů z odborné konference – Průmyslová krajina 2011. 1. vyd., Sdružení pro rozvoj Moravskoslezského kraje, 2011, 120 s. ISBN 978-80-254-9460-8

Bubák, D., Kaňka, J., Kliment, V., Lorencová, H., Vrána, O. *Příručka k nakládání s těžebním odpadem*. 1. vyd., Těžební unie, Brno 2010, 67 s. ISBN 978-80-254-5840-2

Bulíček, J., Jindřich, J. *Vodohospodářské problémy odkališť*. 1. vyd., Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR ve státním zemědělském nakladatelství v Praze, 1976, 235 s. ISBN 07-088-76

Cirkev.cz: *Karvinští mají nový kostel ve tvaru slzy* [online]. © 2023 Česká biskupská konference, 2001, [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <<https://www.cirkev.cz/archiv/011109-karvinsti-maji-novy-kostel-ve-tvaru-slzy>>

Cistenebe.cz: *Stav ovzduší v Moravskoslezském kraji* [online]. © Čisté nebe o.p.s., 2023, [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <<https://www.cistenebe.cz/stav-ovzdusi-na-ostravsku/ovzdusi-na-ostravsku>>

Černý, I. *Uhelné hornictví v ostravsko-karvinském revíru*. Ostrava: Anagram, 2003, 564 s. ISBN 80-7342-016-3

Das, S., Bagali, S., Das, S. K., Patil, A. V., Bagoji, I. B., Das, K. K., Biradar, M. S. *Introductory Chapter: Free Radical Biology in Metal Toxicities—Role of Antioxidants*. In: *Free Radical Medicine and Biology*. IntechOpen, 2020.

Diamo.cz<sup>1</sup>: *DIAMO, Veolia a VŠB-TUO budou společně testovat využití tepla z prohořívající haldy v Ostravě* [online]. © 2023 DIAMO, státní podnik, 2022, [cit. 2023-07-11]. Dostupné z: <<https://www.diamo.cz/storage/app/media/aktuality/pdf/memor.pdf>>

Diamo.cz<sup>2</sup>: *Na Dole Darkov by mohlo být gravitační úložiště energie, projekt přijel podpořit britský velvyslanec* [online]. © 2023 DIAMO, státní podnik, 2022, [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <<https://www.diamo.cz/storage/app/media/aktuality/pdf/TZ.pdf>>

Diamo.cz<sup>3</sup>: *Závod Útlum – ČSA, Darkov* [online]. © 2023 DIAMO, státní podnik, [cit. 2023-07-22]. Dostupné z: <<https://www.diamo.cz/cs/darkov/lokalita-csa>>

Diamo.cz<sup>4</sup>: *Závod Útlum – Sever, Lazy* [online]. © 2023 DIAMO, státní podnik, [cit. 2023-07-22]. Dostupné z: <<https://www.diamo.cz/cs/darkov/lokalita-lazy>>

Digi.archives.cz: *Digitální archiv Zemského archivu v Opavě* [online]. © Zemský archiv v Opavě & Bach systems, s.r.o. - Archivní Vademecum 2015, [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <<https://digi.archives.cz/da/index.jsp?>>

Doncel, P. P., Möllerherm, S., Rudolph, T., Goerke-Mallet, P. *PostMinQuake: Diagnosis of Post-Mining Induced Seismicity in Former European Hard Coal Basins*. IMWA 2022 – "Reconnect, 393-396 pp. Dostupné z: <<https://www.seznamzpravy.cz/clanek/ekonomika-byznys-trendy-analyzy-uhli-zaziva-renesanci-tezbu-na-karvinsku-zachranila-energeticka-krize-226083>>

Dpb.cz: *Důlní plyn - Těžíme důlní plyn z uzavřených dolů pro jeho ekologické využití* [online]. © 2010-2023 Green Gas DPB a.s., [cit. 2023-07-22]. Dostupné z: <<https://www.dpb.cz/plyn/dulni-plyn/>>

Řurica, D., Suk, M., Ciprys, V. *Energetické zdroje včera, dnes a zítra*. 1. vyd., Moravské zemské muzeum, Brno 2010, 165 s. ISBN 978-80-7028-374-5

Dvoracek, J., Malíková, P., Sousedíková, R., Heviankova, S., Rys, P., Osickova, I. *Water production as an option for utilizing closed underground mines*. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 2022, 122(10), 571-578 pp.

Gabzdil, J. *Vliv průmyslového rozvoje na lesy a lesní hospodářství ostravského regionu do roku 1914*. In.: Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné. *Sborník referátů z odborné konference – Průmyslová krajina 2004*. 1. vyd., Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, 2004, 264 s. ISBN 80-7248-231-9

Gawlas, R. *Louky* [online]. 2018 Hej Karviná!!!, [cit. 2023-07-12]. Dostupné z: <<http://www.hejkarvina.cz/louky/>>

Golflipiny.cz: *O Golf Resortu Lipiny* [online]. © Golf Resort Karviná-Lipiny 2023, [cit. 2023-07-22]. Dostupné z: <<https://www.golflipiny.cz/o-resortu/>>

Gray, T. W. *Prvky: obrazový průvodce všemi známými atomy ve vesmíru*. V Praze: Slovart, 2012, 244 s. ISBN 978-80-7391-544-5

Grmela, A. *Možnost využití důlních vod z bývalých dolů na Ostravsku* [online]. © EkoAuto s.r.o., 2017, [cit. 2023-07-22]. Dostupné z: <<https://www.energieinfo.cz/2017/01/moznost-vyuziti-dulnich-vod-z-byvalych-dolu-na-ostravsku/>>

Grmela, A., Blažko, A. *Důlní vody a jejich začlenění v legislativě České republiky* [online]. © DIAMO, státní podnik, 2004, [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <<https://slon.diamo.cz/hpvt/2004/Z/Z06.htm>>

Grygárek, J., Kryl, V., Petroš, V., Hudeček, V. *Základy hornictví*. 2. vyd., Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava 2007, 216 s. ISBN 80-248-0690-8

Harmata, J. *Karvinské moře - Koupání v čisté vodě v jezeře na poddolovaném území* [online]. © 2015-2021 Helena Rybáková, Jan Harmata, Martin Janoška, Monika Bláhová, Tamara Dostálová, Tomáš Šedovič, Vít Rybák, Vladimír Svoboda, Zora Harmatová, 2022, [cit. 2023-07-10]. Dostupné z: <<https://egeon.cz/cile/3312/karvinske-more?c=6794>>

Havrlant, M. *Antropogenní formy reliéfu a životní prostředí v ostravské průmyslové oblasti*. 1. vyd., Pedagogická fakulta v Ostravě ve Státním pedagogickém nakladatelství v Praze, 1980, 154 s. ISBN 14-054-80

Havrlant, M. *Antropogenní formy reliéfu Ostravska* In.: Mikulík, O., Havrlant, M., Hrádek, M., Ides, D., Kallabová, E., Kirchner, K., Klusáček, P., Kolibová, B., Müllerová, J., Quitt, E., Pokluda, F., Rafajová, A., Střítežská, Š., Šotnar, P., Zapletalová, J. *Soubor map vlivu útlumu hlubinné těžby černého uhlí na krajinu a životní prostředí Ostravska*. Brno: Akademie věd České republiky, Ústav geoniky, 2004. Documenta geonica, 2004. ISBN 80-86407-03-9

He, B., Yun, Z., Shi, J., Jiang, G. *Research progress of heavy metal pollution in China: sources, analytical methods, status, and toxicity*. Chinese Science Bulletin, 2013, 58, 134-140 pp.

Heviankova, S., Klimko, T., Lusk, K., Vsetecka, M., Marschalko, M. *Mine waters from ore and coal mining in Czech Republic*. Inžynieria Mineralna, 2015, 16(1), 97-102 pp.

Hlavatá, M. *Vliv jemnozrnných odpadů z těžby černého uhlí na krajinu*. In.: Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, Sdružení pro rozvoj Moravskoslezského kraje. *Sborník referátů z odborné konference – Průmyslová krajina 2005*. 1. vyd., Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, Sdružení pro rozvoj Moravskoslezského kraje, 2005, 216 s. ISBN 80-239-4596-3

Horáková, M., Janda, V., Koller, J., Kollerová, L., Palatý, J., Koubíková, J., Pokorná, D., Ptáková, H., Schejbal, P., Smrčková, Š., Strnadová, N., Sýkora, V., Ptáková, H. *Analytika vody*. 2. vyd. opr. a rozš. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2012, 335 s. ISBN 978-80-7080-520-6

Hortvík, K. *Vysvětlivky a komentář k mapám vlivu poddolování s poklesy dobývání za léta 1961-1989, 1961-1999 a 1990-1999*. In.: Martinec, P. a kol. Atlas map vlivu útlumu hlubinné těžby černého uhlí v české části hornoslezské pánve na povrch a životní prostředí. Akademie věd České republiky, Ústav Geoniky Ostrava, 2003. ISBN 80-86360-36-9

Hrdlička, A. *Atomová absorpční a emisní spektrometrie* [online]. Analytická chemie – praktikum, 2017 © 2023 Masarykova univerzita, [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <[https://is.muni.cz/el/sci/jaro2017/C7640/um/8\\_IA\\_emisni\\_a\\_absorpci\\_spektrofotometrie\\_navod.pdf](https://is.muni.cz/el/sci/jaro2017/C7640/um/8_IA_emisni_a_absorpci_spektrofotometrie_navod.pdf)>

Hůnová, I., Janoušková, S. *Úvod do problematiky znečištění venkovního ovzduší*. Praha: Karolinum, 2004. ISBN 80-246-0796-4

Huplík, J. *Vývoj rekultivací v regionu a rekultivační stavby*. In.: Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné. *Sborník referátů z odborné konference – Průmyslová krajina 2004*. 1. vyd., Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, 2004, 264 s. ISBN 80-7248-231-9

Hynie, S. *Mechanismus působení toxických látek* [online]. Ústav lékařské biochemie, 1. LF UK v Praze, 2005, [cit. 2023-07-05]. Dostupné z:

<<https://ulbld.lf1.cuni.cz/file/275/Mechanismus%20p%C5%AFsoben%C3%AD%20toxick%C3%BDch%20l%C3%A1tek.pdf>>

Chmiel, J. *Karviná Darkov – Karwina Darków*. PRO PRINT spol. s. r. o., 2001, 155 s. ISBN 80-238-7442-X

Chmiel, J., Szymik, J. *Stará Karviná ve fotografii*. OKD, a.s., Důl Darkov, o. z., Karviná 1999, 231 s.

Januszek, T. *Nová kniha o staré Karviné. Pojd'te poznat tajemství zámeckého parku Solca* [online]. © VLTAVA LABE MEDIA a.s., 2023, [cit. 2023-07-15]. Dostupné z:

<[https://karvinsky.denik.cz/zpravy\\_region/tri-roky-patrani-a-vzpominek-pametniku-na-svete-je-knizka-o-zamku-a-parku-solca.html](https://karvinsky.denik.cz/zpravy_region/tri-roky-patrani-a-vzpominek-pametniku-na-svete-je-knizka-o-zamku-a-parku-solca.html)>

Jursík, F. *Anorganická chemie kovů*. Vysoká škola chemicko-technologická, 2011, 152 s. ISBN 80-7080-504-8

Kaboň, L. *Zasypávání jámy, Důl Lazy, 17. října 2022, Orlová* [online]. © VLTAVA LABE MEDIA a.s., 2022, [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <<https://moravskoslezsky.denik.cz/>>

Kalavská, D., Holoubek, I. *Analýza vod*. Bratislava: Alfa, 1987, 264 s. ISBN 80-05-00065-0

Kaňa, A., Mestek, O. *Atomová absorpční spektrometrie* [online]. Ústav analytické chemie VŠCHT Praha, 2023, [cit. 2023-07-06]. Dostupné z:

<<https://old.vscht.cz/anl/lach2/AAS.pdf>>

Karvina.cz<sup>1</sup>: *Solca, největší zámek Těšínského Slezska* [online]. © Karviná 2016, [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <<https://www.karvina.cz/deje-se/solca-nejvetsi-zamek-tesinskeho-slezska>>

Karvina.cz<sup>2</sup>: *Šikmý kostel sv. Petra z Alkantary – rarita v celém Česku* [online]. © Karviná 2016, [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <<https://www.karvina.cz/mesto-karvina/sikmy-kostel-sv-petra-z-alkantary-rarita-v-celem-cesku>>



Kaštovský, V. *Dosavadní výsledky procesování programu řešení ekologické revitalizace po hornické a hutnické činnosti v Moravskoslezském kraji v gesci Ministerstva průmyslu a obchodu*. In.: Sdružení pro rozvoj Moravskoslezského kraje. *Sborník referátů z odborné konference – Průmyslová krajina 2011*. 1. vyd., Sdružení pro rozvoj Moravskoslezského kraje, 2011, 120 s. ISBN 978-80-254-9460-8

Kelnerová, B. *Těžba na Dole ČSM se prodlouží prozatím o půl roku, další možnosti mají vyplynout z analýzy* [online]. 1993 - 2023 POLAR televize Ostrava, s.r.o., 2022, [cit. 2023-07-1]. Dostupné z: <<https://polar.cz/zpravy/moravskoslezsky-kraj/cely-ms-kraj/11000030856/tezba-na-dole-csm-se-prodlouzi-prozatim-o-pul-roku-dalsi-moznosti-maji-vyplynout-z-analyzy>>

Klečka, J. *Ochrana přírody a rekultivace – Zamyšlení nad praxí a možnostmi*. In.: Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné. *Sborník referátů z odborné konference – Průmyslová krajina 2004*. 1. vyd., Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, 2004, 264 s. ISBN 80-7248-231-9

Knob, J., Kostruch, J., Ďurišová, A., Petříčková, Z. *Zalesňování odvalů černouhelné hlušiny v Ostravsko-karvinském revíru (OKR)*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 1991, 41 s.

Koutecká, V., Kunc, L. *Vábení ostravské robky*. České Budějovice: Elysiion, 2015, 120 s. ISBN 978-80-87757-05-5

Krásný, J., Císlarová, M., Čurda, S., Datel, J., V., Dvořák, J., Grmela, A., Hrkal, Z., Kříž, H., Marszałek, H., Šantrůček, J., Šilar, J. *Podzemní vody České republiky: Regionální hydrogeologie prostých a minerálních vod*. Česká geologická služba, Praha 2012, 1144 s. ISBN 978-80-7075-797-0

Kratochvíl, K., Bayer, L., Mančář, M., Kowalczyk, B., Wija, M., Batorek, B., Mikš, Z., Kempný, K., Jahn, A., Svrčina, P., Volf, S., Palowski, L., Witoszek, J., Piekár, J., Kaluža, V., Adamiec, R., Folwarczny, E., Vidlička, L., Bronislav, F., Durčák, J., Žebroek, V., Kloza, O., Olšar, L., Ludovít, J., Sniegoň, K. *Důl Darkov*. 1. vyd., KARBON INVEST, a.s., Důl Darkov, 2002, 131 s.

Krůčková, P. *Karvinské moře se mění na rekreační zónu* [online]. © VLTAVA LABE MEDIA a.s., 2018, [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <[https://karvinsky.denik.cz/zpravy\\_region/karvinske-more-se-meni-na-rekreacni-zonu-20180710.html](https://karvinsky.denik.cz/zpravy_region/karvinske-more-se-meni-na-rekreacni-zonu-20180710.html)>

Kubačáková, O., Jelen, L., Kurial, J., Kratochvíl, K., Lipowski, K., Mančař, M., Folwarczny, E., Feber, O., Topiarz, V., Chmiel, J. *Stonava*. 1. vyd., KARBON INVEST, a.s., Důl Darkov, 2000, 123 s.

Kubátová, Z. *Uhelná renesance oddaluje smrt „odepsaného“ kolosu* [online]. © Seznam Zprávy, a.s., © Seznam.cz, a.s., 2023, [cit. 2023-07-07]

Kuča, M. *Pamětní listy římsko-katolického farního kostela sv. Petra z Alkantary v Karvině-Dolech*. OKD, a.s., Důl Darkov, o.z., Karviná-Doly, 1998.

Kurial, J. *Důl ČSM Stonava 1958-2008*. Důl ČSM, VOJ OKD, a.s., Ostrava, 2008, 312 s.

Laznedarkov.cz: *Historické Lázně Darkov 1867–2022 - Léčíme Vás již 155. sezónu* [online]. © Lázně Darkov, a.s., [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <<https://www.laznedarkov.cz/historicke-lazne-darkov>>

Lesková, I. *V Ostravě se zase bude těžit uhlí. Ale jen z haldy* [online]. © 1999–2023 MAFRA, a. s., 2012, [cit. 2023-07-24]. Dostupné z: <[https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/firma-chce-tezit-z-ostravske-haldy-uhli.A120406\\_160749\\_ostrava-zpravy\\_jog](https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/firma-chce-tezit-z-ostravske-haldy-uhli.A120406_160749_ostrava-zpravy_jog)>

Loukynadolzou-cz.webnode.cz: *Louky nad Olzou* [online]. © 2015 loukynadolzou, [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <<https://loukynadolzou-cz.webnode.cz/>>

Lukačík, A. *Historický pohled na kolejový most nad tratí Košice – Bohumín ve Stonavě* In: Olš, *Sto šedesát kilo trhaviny pod mostem* [online]. © Zemský archiv v Opavě & Bach systém, s.r.o. – Archivní Vademecum 2023, 1977, [cit. 2023-07-25]. Dostupné z: <[https://digi.archives.cz/da/PaginatorMedia.action?rowTxt=172&\\_sourcePage=BbEsQwkDYKvsbEn2eU4KFEISQ4CTeHhVD9MPgb-GwiWWAUSPY9Tsomr\\_m8RLkA-VVes5axwrHuiQFVxcGh7K5W2EUln0EB43z\\_GccqtXSSA%3D&\\_\\_fp=Igg4SHuTOcG7EIJk7C5bJf0g8ErlywPVpnfuOpRYvQxOoW6LsAnFoXESW7VlOnP2](https://digi.archives.cz/da/PaginatorMedia.action?rowTxt=172&_sourcePage=BbEsQwkDYKvsbEn2eU4KFEISQ4CTeHhVD9MPgb-GwiWWAUSPY9Tsomr_m8RLkA-VVes5axwrHuiQFVxcGh7K5W2EUln0EB43z_GccqtXSSA%3D&__fp=Igg4SHuTOcG7EIJk7C5bJf0g8ErlywPVpnfuOpRYvQxOoW6LsAnFoXESW7VlOnP2)>

Makarius, R. *Vytváření finančních prostředků na sanace a rekultivace podle současné legislativy* In.: Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, Sdružení pro rozvoj Moravskoslezského kraje. *Sborník referátů z odborné konference – Průmyslová krajina 2005*. 1. vyd., Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, Sdružení pro rozvoj Moravskoslezského kraje, 2005, 216 s. ISBN 80-239-4596-3

Malá, M. „*Těžba uhlí v OKD jistě neskončí*“. *Také na Mostecku se může těžit ještě desítky let* [online]. © 2023 Echo Media, a.s., © ČTK, 2022, [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <<https://echo24.cz/a/Sp3Fb/tezba-uhli-v-okd-jiste-neskonci-take-na-mostecku-se-muze-tezit-jeste-desitky-let>>

Malicka, M. *The reduction of mercury and its compounds from industrial areas wastewaters*. In: Białecka, B., Grabowski, J. *Environmental protection in industrial agglomerations*. 1. vyd., Group of Publications and Printing Services of CMI (GIG), Katowice, Central Mining Institute, 2007, 121 s. ISBN 978-83-61126-00-3

Manahan S. E. *Fundamentals of Environmental and Toxicological Chemistry: Sustainable Science*. 4th. edition, CRC Press, 2013, 590 p. ISBN 978-1-4665-5316-3

Manahan, S. E. *Environmental Chemistry*. 9th Edition, CRC Press, Taylor and Francis Group, LLC, 2010, 783 p. ISBN 978-1-4200-5920-5

Maníček, J. *Mapa ovlivnění vodních toků a vodních ploch dobýváním černého uhlí v české části hornoslezské pánve se zákresem záplav povodně v r. 1997*. In.: Martinec, P. a kol. *Atlas map vlivu útlumu hlubinné těžby černého uhlí v české části hornoslezské pánve na povrch a životní prostředí*. Akademie věd České republiky, Ústav Geoniky Ostrava, 2003. ISBN 80-86360-36-9

Maňour, J. *Nový zákon o posuzování vlivů záměrů na životní prostředí a hornická činnost* [online]. EIA – Posuzování vlivů na životní prostředí 03/2001, Ročník VI, [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <<https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.mzp.cz%2Fweb%2Fedice.nsf%2F5542BFD0E24BDF4AC1256FC80049DD15%2F%24file%2FEIA3t.ext.doc&wdOrigin=BROWSELINK>>

Mareš, J. *Vliv člověka na životní prostředí Ostravska*. Geografický ústav ČSAV v Brno, Studio Geographica, Brno, 1975.

Marschalko, M., Duraj, M., Niemiec, D., Yilmaz, I., Pryvalov, A. *Churches influenced by underground mining in the Karvina region used for the purposes of geotourism*. *Procedia engineering*, 2016, 161, 2271-2275 pp.

Martinec, P. *Vliv ukončení hlubinné těžby uhlí na životní prostředí*. Ostrava: Pro Ústav geoniky AV ČR v Ostravě vydalo nakl. Anagram, 2006, 128 s. ISBN 80-7342-098-8

Martinec, P., Zamarský, V., Šňupárek, R. *Vliv hlubinné těžby černého uhlí a jejího útlumu na krajinu a životní prostředí regionu a stav realizovaných revitalizačních opatření*. In.: Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, Sdružení pro rozvoj Moravskoslezského kraje. *Sborník referátů z odborné konference – Průmyslová krajina 2005*. 1. vyd., Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, Sdružení pro rozvoj Moravskoslezského kraje, 2005, 216 s. ISBN 80-239-4596-3

Matca.cz: *Atomová absorpční spektrometrie* [online]. © 2023 MATCA, [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <<https://matca.cz/technologie/analyticke-metody/aas/>>

Matěj, M., Klát, J., Korbelářová, I. *Cultural monuments of the Ostrava-Karviná Coalfield*. Ostrava: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Ostravě, 2008, 196 s. ISBN 978-80-85034-41-7

Matroszová, V., Kravčík, R. *Šikmý kostel sv. Petra z Alkantary - Česká Pisa jako výmluvný svědek pohnutého karvinnského osudu* [online]. © Karviná 2016, [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: <<https://www.karvina.cz/deje-se/kostel-sv-petra-z-alkantary>>

Mining.cz: *Hornictví na Karvinsku v roce 1932* [online]. © CZECH MINING CLUB 2005, [cit. 2023-07-18]. Dostupné z: <<http://www.mining.cz/TEXTY/Karvina/Karvina.htm>>

Motýl, I. *Zoufalí havíři si stěžují: OKD s námi vyj\*balo. Doly Darkov a ČSA příští týden končí* [online]. © FTV Prima spol. s r.o., 2021, [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <<https://cnn.iprima.cz/zoufali-haviri-si-stezuji-okd-s-nami-vyj-alo-doly-darkov-a-csa-pristi-tyden-konci-19518>>

Mozaika-ur.cz: *ČSN 75 7221 Kvalita vod - Klasifikace kvality povrchových vod* [online]. © 2023 Národní síť zdravých měst ČR, 2017, [cit. 2023-07-22]. Dostupné z: <<https://mozaika-ur.cz/cz/metodiky/csn-75-7221-kvalita-vod-klasifikace-kvality-povrchovych-vod>>

Msk.cz: *Ovzduší a zdraví* [online]. © Moravskoslezský kraj, 2021, [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <[https://www.msk.cz/cs/temata/zivotni\\_prostredi/ovzdusi-a-zdravi-5414/](https://www.msk.cz/cs/temata/zivotni_prostredi/ovzdusi-a-zdravi-5414/)>

Müllerová, J., Vašíček, Z. *Geologie v tvorbě ochraně životního prostředí*. 1. vyd., Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava 1988, 157 s.

Mzp.cz: *Vyhláška č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě* [online]. © 2008–2023 Ministerstvo životního prostředí, [cit. 2023-07-23]. Dostupné z: <<https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/%24%24OpenDominoDocument.xsp?documentId=FBD46B97EB830C0DC1257657002A741E&action=openDocument>>

*Nářízení vlády č. 401/2015 Sb. Nářízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech* [online]. © AION CS, s.r.o. 2010–2023, [cit. 2023-07-22]. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401>>

Neya, R., Mokrzycki, E. ed., *Surowce mineralne Polski - Surowce energetyczne - Węgiel kamienny, Węgiel brunatny*. Centrum PPGSMiE PAN Kraków, 1996, 394 s. ISBN 83-86286-67-9

Okd.cz<sup>1</sup>: *Těžíme uhlí* [online]. © 2012 OKD, a. s., [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <<https://www.okd.cz/cs/tezime-uhli>>

Okd.cz<sup>2</sup>: *Vracíme krajině život - Rekultivace krajiny na Ostravsko-Karvinsku* [online]. OKD, a.s, 2010, [cit. 2023-07-22]. Dostupné z: <[https://www.okd.cz/files/dokums\\_raw/okd\\_rekultivacni\\_brozura\\_cz.pdf](https://www.okd.cz/files/dokums_raw/okd_rekultivacni_brozura_cz.pdf)>

Okd.cz<sup>3</sup>: *Životní prostředí – Rekultivace* [online]. © 2012 OKD, a. s., [cit. 2023-07-22]. Dostupné z: <<https://www.okd.cz/cs/zivotni-prostredi/rekultivace>>



Olš. *Sto šedesát kilo trhaviny pod mostem* [online]. © Zemský archiv v Opavě & Bach systém, s.r.o. – Archivní Vademecum 2023, 1977, [cit. 2023-07-25]. Dostupné z: <Digitální archiv ZA v Opavě (archives.cz)>

Opluštil, J. *Důlní plyn jako druhotný zdroj energie pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla* [online]. © Topinfo s.r.o. 2001-2023, 2009, [cit. 2023-07-22]. Dostupné z: <<https://energetika.tzb-info.cz/kogenerace/5644-dulni-plyn-jako-druhotny-zdroj-energie-pro-kombinovanou-vyrobu-elektriny-a-tepla>>

Palkovská, J. *Otřes v dole na Karvinsku zabil horníka, pět havířů převezli do nemocnic* [online]. © 1999–2023 MAFRA,, a., s., [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <[https://www.idnes.cz/ostrava/zpravy/dulni-tres-csm-karvinsko-hornici.A230112\\_121314\\_ostrava-zpravy\\_pp#:~:text=Ot%C5%99es%20v%20dole%20na%20Karvinsku%20zabil%20horn%C3%ADka%2C%20p%C4%9Bt,horn%C3%ADk.%20Dal%C5%A1%C3%AD%20zran%C4%9Bn%C3%A9%20hav%C3%AD%C5%99e%20z%C3%A1chran%C3%A1%C5%99i%20rozvezli%20do%20nemocnic.>](https://www.idnes.cz/ostrava/zpravy/dulni-tres-csm-karvinsko-hornici.A230112_121314_ostrava-zpravy_pp#:~:text=Ot%C5%99es%20v%20dole%20na%20Karvinsku%20zabil%20horn%C3%ADka%2C%20p%C4%9Bt,horn%C3%ADk.%20Dal%C5%A1%C3%AD%20zran%C4%9Bn%C3%A9%20hav%C3%AD%C5%99e%20z%C3%A1chran%C3%A1%C5%99i%20rozvezli%20do%20nemocnic.>)>

Pěgřim, M. *Horní Suchá 1305 – 2005*. 1. vyd., Havířov: Milan Pěgřim, 2005, 160 s. ISBN 80-903567-0-2

Pitter, P: *Hydrochemie*. Praha: VŠCHT Praha, 2009, ISBN 978-80-7080-701-9

Pluta, I. *Using of Mine Tailings in Treatment of Mine Waters in the Upper Silesian Coal Basin (Poland)*. Mine Water And The Environment, Proceedings, 2008, 391-393 pp.

Pluta, I., Jackowicz-Korczyński, J. *Possibility of Using Waters from the Closed Coal Mines of the Upper Silesian Coal Basin (Poland) as the Resources of the Potentially Medicinal Waters*. Mine Water And The Environment, Proceedings, 2008, 91-+ pp.

Prasad, B., Kumari, P., Bano, S., Kumari, S. *Ground water quality evaluation near mining area and development of heavy metal pollution index*. Applied water science, 2014, 4(1), 11-17 pp.

Prazdnedomy.cz: *Zámek Solca - Karviná-Doly* [online]. 2021, [cit. 2023-07-11]. Dostupné z: <<https://prazdnedomy.cz/domy/objekty/detail/7160-zamek-solca-karvina-doly>>

Prchal, J. *Laboratoř atomové absorpční spektrometrie* [online]. © VŠCHT Praha 2014, 2016, [cit. 2023-07-016]. Dostupné z: <<https://clab.vscht.cz/aas/spektrometrie-aas>>

Prvky.com: *Periodická tabulka – Nikl* [online]. © 2009-2017, [cit. 2023-07-22]. Dostupné z: <<http://www.prvky.com/28.html>>

Pujari, M., Kapoor, D. *Heavy metals in the ecosystem: Sources and their effects*. In: Heavy metals in the environment. Elsevier, 2021, 1-7 pp.

Rajsigl, O. *Kostel duchů: Karviná-Louky, dříve Louky nad Olzou*. 1. vyd., Oldřich Rajsigl, 2021, 96 s. ISBN 978-80-270-8870-6

Richter, R. *Těžké kovy v půdě* [online]. © 2020 Mendelova univerzita v Brně, 2004, [cit. 2023-07-24]. Dostupné z: <[https://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/html/agrochemie\\_pudy/puda\\_tk.htm](https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/puda_tk.htm)>

Sanatoria-klimkovice.cz: *Přírodní léčivý zdroj – Jodobromová solanka* [online]. © 2023 Sanatoria Klimkovice, [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <<https://www.sanatoria-klimkovice.cz/cz/prirodni-lecivy-zdroj/>>

Seznamzpravy.cz: *Černé uhlí nekončí, v dole OKD na Karvinsku se bude těžit až do roku 2025* [online]. © Seznam Zprávy, a.s., © Seznam.cz, a.s., 2022, [cit. 2023-07-23]. Dostupné z: <<https://www.seznamzpravy.cz/clanek/ekonomika-cerne-uhli-nekonci-v-dole-okd-na-karvinsku-se-bude-tezit-az-do-roku-2025-221538>>

Shah, F. U. R., Ahmad, N., Masood, K. R., Peralta-Videa, J. R., Ahmad, F. U. D. *Heavy metal toxicity in plants*. Plant adaptation and phytoremediation, 2010, 71-97 pp.

Schejbalová, B. *Vysvětlivky a komentář k přehledné mapě dolů – dobývacích prostorů, ložisek mimo dobývací prostory a prognózních území v české části hornoslezské pánve se zákresem produkce uhlí, hlušiny a vyčerpané vody*. In.: Martinec, P. a kol. *Atlas map vlivu útlumu hlubinné těžby černého uhlí v české části hornoslezské pánve na povrch a životní prostředí*. Akademie věd České republiky, Ústav Geoniky Ostrava, 2003. ISBN 80-86360-36-9

Skácelová, O. *Zaplavené důlní propadliny – mokřady s vysokou biodiverzitou (příklady ze Sokolovska a Chomutovska)*. In.: Sdružení pro rozvoj Moravskoslezského kraje. *Sborník referátů z odborné konference – Průmyslová krajina 2011*. 1. vyd., Sdružení pro rozvoj Moravskoslezského kraje, 2011, 120 s. ISBN 978-80-254-9460-8

Slíva, J. *Sanačně – rekultivační činnost na území města Karviná*. In.: Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, Sdružení pro rozvoj Moravskoslezského kraje. *Sborník referátů z odborné konference – Průmyslová krajina 2005*. 1. vyd., Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, Sdružení pro rozvoj Moravskoslezského kraje, 2005, 216 s. ISBN 80-239-4596-3

Slivka, V. *Průmyslové odpady a možnosti jejich využití jako druhotné suroviny pro sanaci po báňské činnosti*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2002. Sborník vědeckých příruček. ISBN 80-248-0110-8

Śliwka, M., Kępcys, W., Pawul, M. *Analysis of the properties of coal sludge in the context of the possibility of using it in biological reclamation*. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 2022, 38.

Smolová, I. *Těžba nerostných surovin na území ČR a její geografické aspekty*. 1. vyd., Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2008. ISBN 978-80-244-2125-4

Soukup, J., Honus, A. *Důlní neštěstí na Karvinsku: Jeden mrtvý a několik zraněných* [online]. 2003-2023 Borgis a.s., © 2019-2023 Seznam.cz a.s., © ČTK, DPA, Reuters a fotobanka Profimedia, [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <<https://www.novinky.cz/clanek/krimi-dulni-otres-na-karvinsku-zemrel-hornik-dalsi-jsou-zraneni-40419820>>

Spolek Stará Karviná: *Zámecký park Solca (Park zamkowy Solca)*. 2023, Informační tabule.

Starakarvina.cz: #25 *Kostel sv. Petra z Alkantary* [online]. © 16.09.2022, [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <<http://starakarvina.cz/srovnavacky/25-kostel-sv-petra-z-alkantary/>>

Sřtelec, T. *Od sanací a rekultivací ke komplexní obnově území*. In.: Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné. *Sborník referátů z odborné konference – Průmyslová krajina 2004*. 1. vyd., Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, 2004, 264 s. ISBN 80-7248-231-9

Tezba-a-vyuziti-cerneho-uhli.webnode.cz: *Těžba a využití černého uhlí – Důlní vody* [online]. © 2011, [cit. 2023-07-12]. Dostupné z: <<https://tezba-a-vyuziti-cerneho-uhli.webnode.cz/vlivy-hlub-dobyvani-na-ziv-prostredi/dulni-vody/>>

Tölgyessy, J., Betina, V., Frank, V., Fuska, J., Lesný, J., Monmanová, A., Palatý, J., Piatrik, M., Pitter, P., Prousek, J. *Chémia, biológia a toxikológia vody a ovzdušia*. 2. vyd., Bratislava: Veda, 1989, 531 s. ISBN 80-224-0034-3

Vavrušák, Z. *Důlní plyn – specifická stará zátěž průmyslové krajiny v Ostravsko-Karvinském revíru*. In.: Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, Sdružení pro rozvoj Moravskoslezského kraje. *Sborník referátů z odborné konference – Průmyslová krajina 2005*. 1. vyd., Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné, Sdružení pro rozvoj Moravskoslezského kraje, 2005, 216 s. ISBN 80-239-4596-3

Visitkarvina.cz: *Karvinské Moře – Rekreační zóna s doly na dohled* [online]. © 2020 Mountain Studio, [cit. 2023-07-016]. Dostupné z: <<https://visitkarvina.cz/karvinske-more/?cn-reloaded=1>>

Vondrák, A., Sezimová, H., Mucha, M. *Ekotoxikologické zhodnocení říčních sedimentů na vybraných lokalitách povodí řeky Odry*. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2020, 62(6), 34-43 pp.

*Vyhláška č. 153/2016 Sb. Vyhláška o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu* [online]. © AION CS, s.r.o. 2010–2023, [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-153>>

Web2.mendelu.cz: *Současné stanovení toxických a esenciálních iontů těžkých kovů* [online]. © 2020 Mendelova univerzita v Brně, [cit. 2023-07-24]. Dostupné z: <[https://web2.mendelu.cz/af\\_239\\_nanotech/nanobiometalnet/ucebni-pumucky/UP\\_3\\_Soucasne%20stanoveni%20toxickykh%20a%20esencialni%20iontu%20tezkych%20kovu.pdf](https://web2.mendelu.cz/af_239_nanotech/nanobiometalnet/ucebni-pumucky/UP_3_Soucasne%20stanoveni%20toxickykh%20a%20esencialni%20iontu%20tezkych%20kovu.pdf)>

Weissmannová, H. Ostravsko. In: Mackovičín, P., Sedláček, M. *Chráněná území ČR, svazek X*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 2004, 456 s. ISBN 80-86064-67-0

Wichliński, M., Kobyłecki, R., Bis, Z. *Badania zawartości rtęci w mulach węglowych*. Polityka Energetyczna, 2016, 19.

*Zákon č. 44/1988 Sb. Zákon o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon)* [online]. © AION CS, s.r.o. 2010–2023, [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1988-44>>

*Zákon č. 541/2020 Sb. Zákon o odpadech* [online]. © AION CS, s.r.o. 2010–2023, [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541#p2>>

*Zákon č. 544/2020 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony* [online]. © AION CS, s.r.o. 2010–2023, [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-544>>

Zakonyprolidi.cz: *Sbírka zákonů ČR* [online]. © AION CS, s.r.o. 2010–2023, [cit. 2023-07-25]. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz>>

Zanikleobce.cz: *Karvinná (Karwin) - Historie města Karvinná* [online]. © 2005-2022 zanikleobce.cz, Pavel Beran, 2008, [cit. 2023-07-20]. Dostupné z: <<http://www.zanikleobce.cz/index.php?detail=1449981>>

Zanikleobce.cz: *Louky (Lonkau) také: Louky nad Olší* [online]. © 2005-2022 zanikleobce.cz, Pavel Beran, 2009, [cit. 2023-07-20]. Dostupné z: <<http://www.zanikleobce.cz/index.php?obec=8295>>



Zdarbuh.cz<sup>1</sup>: *Důl Hohenegger v Karviné* [online]. © 2008–2023, zdarbuh.cz, [cit. 2023-07-20]. Dostupné z: <<https://www.zdarbuh.cz/reviry/okd/dul-hohenegger-v-karvine/>>

Zdarbuh.cz<sup>2</sup>: *Důl Julius Fučík v Petřvaldě* [online]. © 2008–2023, zdarbuh.cz, [cit. 2023-07-22]. Dostupné z: <<https://www.zdarbuh.cz/reviry/okd/dul-julius-fucik-v-petrvalde/>>

Zdarbuh.cz<sup>3</sup>: *Důl Maršál Jeremenko v Ostravě* [online]. © 2008–2023, zdarbuh.cz, [cit. 2023-07-22]. Dostupné z: <<https://www.zdarbuh.cz/reviry/okd/dul-marsal-jeremenko-v-ostrave/>>

Zdarbuh.cz<sup>4</sup>: *Důl Žofie v Orlové* [online]. © 2008–2023, zdarbuh.cz, [cit. 2023-07-22]. Dostupné z: <<https://www.zdarbuh.cz/reviry/okd/dul-zofie-v-orlove/>>

Zdarbuh.cz<sup>5</sup>: *Pohled na rekultivace se mění. Vznikají golfové areály, průmyslová zóna, park dinosaurů nebo unikátní vodní plocha pro přírodu i lidi* [online]. © 2008–2023, zdarbuh.cz, [cit. 2023-07-22]. Dostupné z: <<https://www.zdarbuh.cz/media/pohled-na-rekultivace-se-meni-vznikaji-golfove-arealy-prumyslova-zona-park-dinosauru-nebo-unikatni-vodni-plocha-pro-prirodu-i-lidi/>>

## 8 Přílohy

### 8.1 Fotodokumentace



**Obrázek 35:** Současný pohled na bývalou křižovatku ulic Havlíčková a Svatopluka Čecha v Karviné – Dolní (Siwková, 2023)



**Obrázek 36:** Letecký záběr z dronu na souvislou zátoku v krajině (Niemić, 2023)





**Obrázek 37:** Detailní pohled na odkaliště u Dolu ČSM (Siwková, 2023)



**Obrázek 38:** Historický způsob naplavování uhelných kalů (Kratochvíl a kol., 2002)





**Obrázek 39:** Vzorek uhelných kalů (Siwková, 2022)



**Obrázek 40:** Těžba uhelných kalů pomocí sacího bagru (Niemiec, 2023)





**Obrázek 41:** Výstražná tabule v Karviné – Doly – Pozor důlní vlivy (Siwková, 2023)



**Obrázek 42:** Kostel svatě Barbory v Karviné 9 – Louky (Siwková, 2023)





**Obrázek 43:** Historický pohled na domy v Karviné – Doly pod kostelem svatého Petra z Alkantary (Kuča, 1998)



**Obrázek 44:** Současný pohled na místo bývalé české obecné školy na Hoheneggeru (Siwková, 2023)





**Obrázek 45:** Současný pohled na bývalou ulici v Karviné – Doly (Siwková, 2023)



**Obrázek 46:** Historický pohled na starý zámek v Karviné – Darkov (Chmiel, Szymik 1999)





**Obrázek 47:** Současný pohled na bývalé místo pekárny Fajkis (Siwková, 2023)



**Obrázek 48:** Historický pohled na výstavbu Beethovenovy ulice v Havířově (Benatzky a kol., 1995)





**Obrázek 49:** Historický pohled z roku 1960 na kostel svatého Petra z Alkantary (Kuča, 1998)



**Obrázek 50:** Současný pohled na šedomodrou fasádu kostela svatého Petra z Alkantary (Siwková, 2019)





**Obrázek 51:** Poklesová kotlina u kostela svatého Petra z Alkantary (Siwková, 2023)



**Obrázek 52:** Letecký záběr z dronu na bývalý Důl Gabriela (Niemiec, 2023)





**Obrázek 53:** Nový kostel svaté Barbory ve tvaru slzy (Siwková, 2023)



**Obrázek 54:** Výpusť důlních vod do řeky Ostravice (Niemiec, 2023)





**Obrázek 55:** Historický pohled na budovy statku tzv. starý dvůr, na Těšínské ulici, v pozadí Důl Darkov (Chmiel, 2001)



**Obrázek 56:** Zákazová tabule na lokalitě Pohraniční kolonie (Siwková, 2022)



**Obrázek 57:** Detailní pohled na lokalitu Pilňok (Siwková, 2022)



**Obrázek 58:** Odběr vzorku uhelných kalů pomocí půdní sondýrky (Siwková, 2022)





**Obrázek 59:** Detailní pohled na lokalitu Pohraniční kolonie (Siwková, 2022)



**Obrázek 60:** Dron DJI Mavic Pro (Siwková, 2023)

## 8.2 Tabulky

**Tabulka 2:** Mezní hodnoty těžkých kovů dle tříd kvality vody (upraveno dle: Normy ČSN 75 7221)

Ukazatel	Značka	Jednotka	Třída I	Třída II	Třída III	Třída IV	Třída V
Kadmium	Cd <sub>celk.</sub>	μg/l	< 0,1	< 0,5	< 1	< 2	≥ 2
Olovo	Pb <sub>celk.</sub>	μg/l	< 3	< 8	< 15	< 30	≥ 30
Měď	Cu <sub>celk.</sub>	μg/l	< 5	< 15	< 30	< 60	≥ 60
Chrom	Cr	μg/l	< 5	< 15	< 35	< 70	≥ 70
Nikl	Ni <sub>celk.</sub>	μg/l	< 3	< 6	< 12	< 40	≥ 40
Zinek	Zn	μg/l	< 15	< 50	< 100	< 200	≥ 200
Rtuť	Hg <sub>celk.</sub>	μg/l	< 0,05	< 0,06	< 0,08	< 0,1	≥ 0,1
Arsen	As	μg/l	< 1	< 10	< 20	< 50	≥ 50

**Tabulka 3:** Limitní hodnoty těžkých kovů v půdě (upraveno dle: Vyhláška č. 257/2009 Sb.)

Ukazatel	Značka	Jednotka	Limitní hodnoty
Kadmium	Cd	mg.kg <sup>-1</sup>	1
Olovo	Pb	mg.kg <sup>-1</sup>	100
Měď	Cu	mg.kg <sup>-1</sup>	100
Chrom	Cr	mg.kg <sup>-1</sup>	200
Nikl	Ni	mg.kg <sup>-1</sup>	80
Zinek	Zn	mg.kg <sup>-1</sup>	300
Rtuť	Hg	mg.kg <sup>-1</sup>	0,8
Arsen	As	mg.kg <sup>-1</sup>	30



**Tabulka 4:** Preventivní hodnoty obsahů rizikových prvků v zemědělské půdě zjištěné extrakcí lučavkou královskou (upraveno dle: Vyhláška č. 153/2016 Sb.)

Ukazatel	Značka	Jednotka	Preventivní hodnota	
			Běžné půdy	Lehké půdy
Kadmium	Cd.	mg.kg <sup>-1</sup>	0,5	0,4
Olovo	Pb.	mg.kg <sup>-1</sup>	60	55
Měď	Cu.	mg.kg <sup>-1</sup>	60	45
Chrom	Cr	mg.kg <sup>-1</sup>	90	55
Nikl	Ni.	mg.kg <sup>-1</sup>	50	45
Zinek	Zn	mg.kg <sup>-1</sup>	120	105
Rtuť	Hg	mg.kg <sup>-1</sup>	0,3	0,3
Arsen	As	mg.kg <sup>-1</sup>	20	15

**Tabulka 5:** Proměny Darkova v číslech v letech 1980–1999 (upraveno dle: Chmiel, 2001)

<b>Ulice</b>	<b>Počet domů v roce 1980</b>	<b>Počet zbořených domů</b>	<b>Počet zbylých domů v roce 1999</b>
Bogoczova	19	18	1
Brožíkova	22	10	12
Čelakovského	15	15	0
Fügnerova	26	26	0
Hálkova	12	12	0
Klicperova	24	20	4
Křížikova	25	22	3
Lázeňska	70	0	70
Lázeňský park	15	0	15
Resslova	5	5	0
Myslbečova	15	15	0
Lipiny	71	64	7
Okrajová	26	26	0
Parcelní	21	21	0
Jungmannova	12	12	0
Říční	21	21	0
Samoty	8	4	4
Sládkova	6	3	3
Sukova	16	16	0
Svornosti	33	10	23
Šafaříkova	12	12	0
Těšínská	59	25	34
U Mlýnky	25	25	0
U Nového dvora	10	10	0
U Potoka	15	1	14
U Olše	32	1	31
U Stonávky	21	21	0
Záplotí	8	8	0
Nový dvůr	3	3	0
<b>Celkem</b>	<b>647</b>	<b>426</b>	<b>221</b>

**Tabulka 6:** Přehled černouhelných dolů v karvinské podoblasti OKR (upraveno dle: Černý, 2003; Havrlant, 1980; diamo.cz<sup>3</sup>, 2023; diamo.cz<sup>4</sup>, 2023; Pěgřim, 2005; Kratochvíl a kol., 2002; zdarbuh.cz<sup>2</sup>, 2023; zdarbuh.cz<sup>4</sup>, 2023)

<b>Název</b>	<b>Poloha</b>	<b>Ukončení těžby</b>
Důl Československé armády	Karviná, Doubrava	Ano (2021)
Důl Darkov	Karviná	Ano (2021)
Důl Československého svazu mládeže	Stonava	Ne (2025)
Důl Gabriela	Karviná	Ano (1996)
Důl František	Horní Suchá	Ano (1999)
Důl 9. květen	Stonava	Ano (2016)
Důl Doubrava	Doubrava	Ano (1998)
Důl Jindřich	Karviná	Ano (1999)
Důl Lazy	Orlová	Ano (2019)
Důl Dukla	Dolní Suchá	Ano (2008)
Důl Hohenegger	Karviná	Ano (1969)
Důl Barbora	Karviná	Ano (2002)
Důl Žofie	Orlová	Ano (2002)
Důl Hlubina	Karviná	Ano (1966)
Důl Jan Karel	Karviná	Ano (2021)
Důl Václav	Orlová	Ano (1973)
Důl Františka	Karviná	Ano (1965)

**Tabulka 7:** Koncentrace těžkých kovů v odebraných černouhelných kálech

Lokalita	Vzorek	Cd [mg/kg]	Pb [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Cr [mg/kg]	Ni [mg/kg]	Zn [mg/kg]
Pilňok	1	< 0,08	179,28	48,38	25,1	14,99	101,41
Pilňok	2	0,16	143,37	33,59	20,91	12,57	90,49
Pilňok	3	0,31	257,47	52,23	24,42	13,13	113,06
Pohraniční kolonie	4	0,08	14,93	25,00	19,65	4,66	37,64
Pohraniční kolonie	5	< 0,08	16,66	34,13	17,02	8,66	39,07
Jáma H1	6	0,79	73,18	28,04	27,82	15,37	161,53
Jáma H2	7	0,86	94,17	47,21	15,47	13,79	194,99
Jáma H <sub>3</sub>	8	0,79	127,87	50,08	13,04	11,27	156,03
Jáma B <sub>1</sub>	9	0,54	39,28	32,87	20,04	10,81	129,16
Jáma C	10	0,30	40,25	31,80	15,27	13,32	56,60
Doubrava I.	11	0,08	18,87	21,41	11,28	7,17	37,38
Doubrava I.	12	< 0,08	20,22	22,31	6,71	6,24	40,98

**Tabulka 8:** Obsah vybraných těžkých kovů v uhelných kálech na zájmových lokalitách

Vzorek	Lokalita	Cd [mg/kg]	Pb [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Cr [mg/kg]	Ni [mg/kg]	Zn [mg/kg]
1, 2, 3	Pilňok	0,15	193,37	44,73	23,47	13,56	101,65
4, 5	Pohraniční kolonie	0,04	15,79	29,56	18,33	6,66	38,35
6	Jáma H <sub>1</sub>	0,79	73,18	28,04	27,82	15,37	161,53
7	Jáma H <sub>2</sub>	0,86	94,17	47,21	15,47	13,79	194,99
8	Jáma H <sub>3</sub>	0,79	127,87	50,08	13,04	11,27	156,03
9	Jáma B	0,54	39,28	32,87	20,04	10,81	129,16
10	Jáma C	0,30	40,25	31,80	15,27	13,32	56,60
11, 12	Doubrava I.	0,04	19,54	21,86	8,99	6,70	39,18