

Účelová analýza rizik

MOST - Čepirohy

Pozemky p. č. 276/157, 276/158, 276/160, 276/166 a 276/171, k.ú. Čepirohy



Praha – duben 2026

Verze 1: 30.4.2026

Objednatel : AgroGeo s.r.o.
Bořivojova 3130,
415 01 Teplice
IČO: 25476891

Zhotovitel : Chvojka odpady s.r.o.
Ke Hřišti 369
267 05 NIŽBOR
IČO: 196 47 794

Název akce : Průzkum a Účelová analýza rizik terénních úprav plochy pro investiční
záměr výstavby komerčního recyklačního centra v průmyslovém areálu
na Velebudické výsypce u Mostu, p.č., 276/157, 276/158, 276/160,
276/166 a 276/171, k.ú. Čepirohy

Vypracovali : Ing. Petr Chvojka
vedoucí řešitel úkolu a jednatel společnosti Chvojka odpady s.r.o.



RNDr. Ivana Ringsmuthová
oprávněná osoba ve smyslu zák. ČNR č. 62/1988 Sb.



Rozdělovník: Zpráva byla vyhotovena ve třech číslovaných výtiscích

Výtisk č.: 1 objednatel

Výtisk č.: 2 objednatel

Výtisk č.: 3 objednatel

Obsah

1. ÚVOD	8
2. ÚDAJE O ÚZEMÍ	8
2.1. Všeobecné údaje	8
2.1.1. Historie lokality	8
2.1.2. Geografické vymezení území	11
2.1.1. Stávající a plánované využití území	12
2.1.2. Základní charakterizace obydlenosti území	13
2.1.3. Majetkoprávní vztahy	13
2.2. Přírodní poměry zájmového území	14
2.2.1. Geomorfologické a klimatické poměry	14
2.2.1.1. Geomorfologické poměry	14
2.2.1.2. Klimatické poměry – charakteristika (podle Atlasu podnebí Česka 2007)	15
2.2.1. Hydrologické poměry	15
2.2.2. Geologické poměry	17
2.2.3. Hydrogeologické poměry	19
2.2.4. Geochemické a hydrochemické údaje o lokalitě	20
2.2.5. Ochrana přírody	21
3. PRŮZKUMNÉ PRÁCE	21
3.1. Dosavadní prozkoumanost území	21
3.1.1. Základní výsledky dřívějších průzkumných prací na lokalitě	21
3.1.2. Přehled zdrojů znečištění	22
3.1.3. Vytipování látek potenciálního zájmu a dalších rizikových faktorů	22
3.1.4. Předběžný koncepční model znečištění	23
3.2. Aktuální průzkumné práce	24
3.2.1. Metodika a rozsah průzkumných analytických prací	24
3.2.1.1. Zemní práce	24
3.2.1.2. Metodika odběru vzorků	25
3.2.1.3. Rozsah laboratorních analýz	26
3.2.1.4. Metodika laboratorních prací	28
3.2.2. Geodetické práce	28
3.2.3. Použité indikační hodnoty	28
3.2.3.1. Hlavní indikační hodnoty	29
3.2.3.1.1. Metodický pokyn MŽP Indikátory znečištění (2013)	29
3.2.3.1.2. Nařízení 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	30
3.2.3.2. Pomocné indikační hodnoty	31
3.2.3.2.1. Vyhláška č. 273/2021 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady	31

3.2.3.2.2.	Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.....	32
3.2.4.	Výsledky průzkumných prací.....	32
3.2.4.1.	Zemní práce	32
3.2.4.2.	Výskyt škodlivin ve struskovém recyklátu	32
3.2.4.3.	Znečištění zemin	35
3.2.4.4.	Znečištění podzemní vody	37
3.2.4.5.	Znečištění povrchové vody	40
3.2.5.	Shrnutí plošného a prostorového rozsahu a míry znečištění.....	41
3.2.5.1.	Nesaturovaná zóna – vrstva struskového recyklátu	41
3.2.5.2.	Nesaturovaná zóna – historické navážky pod struskou a původní podložní horniny	42
3.2.5.3.	Saturovaná zóna - podzemní voda	43
3.2.5.4.	Povrchová voda	43
3.2.6.	Posouzení šíření znečištění.....	44
3.2.6.1.	Šíření znečištění v nesaturované zóně	44
3.2.6.2.	Šíření znečištění v saturované zóně	44
3.2.6.3.	Šíření znečištění povrchovými vodami	45
3.2.6.4.	Charakteristika vývoje znečištění z hlediska procesů přirozené atenuace	45
3.2.7.	Shrnutí šíření a vývoje znečištění	45
3.2.8.	Omezení a nejistoty.....	46
4.	HODNOCENÍ RIZIKA	46
4.1.	Identifikace rizik.....	46
4.1.1.	Kritéria pro určení zdravotních rizik	47
4.1.2.	Hodnocení rizik pro zdraví člověka	47
4.1.3.	Určení a zdůvodnění prioritních škodlivin a dalších rizikových faktorů	48
4.1.4.	Základní charakteristika příjemců rizik.....	48
4.1.5.	Shrnutí transportních cest a přehled reálných scénářů expozice (aktualizovaný koncepční model)	49
4.2.	Hodnocení zdravotních rizik	50
4.2.1.	Srovnání s platnou legislativou	50
4.2.2.	Hodnocení expozice	50
4.2.3.	Odhad zdravotního rizika	53
4.3.	Hodnocení ekologických rizik	55
4.4.	Shrnutí celkového rizika.....	55
4.5.	Omezení a nejistoty	56
5.	DOPORUČENÍ NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ	57
5.1.	Doporučení cílových parametrů nápravných opatření	57
5.2.	Doporučení a zdůvodnění dalšího postupu nápravných opatření	64
6.	ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ	66

6.1.	Závěry	66
6.1.1.	Shrnutí plošného a prostorového rozsahu a míry znečištění.....	66
6.1.2.	Shrnutí šíření a vývoje znečištění	68
6.1.3.	Hodnocení rizika	68
6.1.4.	Stanovení cílových limitů.....	69
6.2.	Doporučení	70
7.	Použitá literatura	71
8.	Přehled použitých zkratk	72

Seznam obrázků

Obrázek č. 1. :	Poloha lokality na mapě II. vojenského mapování z let 1836 - 1852.....	9
Obrázek č. 2. :	Poloha lokality na mapě III. vojenského mapování z konce 20. a začátku 30. let minulého století -	9
Obrázek č. 3. :	Situace areálu a okolí na letecké mapě z r. 1953 (Celostátní letecké snímkování z 50. let)	10
Obrázek č. 4. :	Situace aktuální situace zájmového území a okolí	10
Obrázek č. 5. :	Struskový recyklát na povrchu pozemků (27.2.2026)	11
Obrázek č. 6. :	Situování zájmového areálu.....	12
Obrázek č. 7. :	Výřez z územního plánu	12
Obrázek č. 8. :	Odtokové poměry – topografická mapa s vyznačením vodotečí a vodních ploch	16
Obrázek č. 9. :	Odtokové poměry – pohled z dronu na areál a širší okolí směrem k JV	16
Obrázek č. 10. :	Výřez z geologické mapy 1:50000.....	18
Obrázek č. 11. :	Výřez z hydrogeologické mapy 1:50000	20
Obrázek č. 12. :	Odběr vzorků a zpětný zásyp po usazení provizorní výstroje.....	25

Seznam tabulek

Tabulka č. 1.	Vlastníci pozemků na zájmové lokalitě a informace o pozemcích	13
Tabulka č. 2.	Orografické zařazení:	14
Tabulka č. 3.	Charakteristika klimatických poměrů dle Quitta	15
Tabulka č. 4.	Regionální příslušnost:	17
Tabulka č. 5.	Předběžný koncepční model	23
Tabulka č. 6.	Hloubky sond CS1 až CS4	24
Tabulka č. 7.	Zaměření hladin podzemní a povrchové vody	26
Tabulka č. 8.	Rozsah dodatečných analýz archivovaných vzorků strusky	26
Tabulka č. 9.	Rozsah analýz pevných vzorků	27
Tabulka č. 10.	Rozsah analýz kapalných vzorků	28
Tabulka č. 11.	Použité indikační hodnoty pro posouzení znečištění	29
Tabulka č. 12.	Přehled mocností strusky v sondách	32
Tabulka č. 13.	Výsledky analýz struskového recyklátu v sušině (mg/kg s.)	33
Tabulka č. 14.	Výsledky analýz struskového recyklátu ve výluhu (mg/l.)	34
Tabulka č. 15.	Výsledky analýz zemin v sušině (mg/kg s.) a ve výluhu (mg/l)	36
Tabulka č. 16.	Výsledky analýz podzemní vody (mg/l)	38
Tabulka č. 17.	Chemické typy v podzemní vodě	40
Tabulka č. 18.	Chemický typ povrchové vody v retenční nádrži	40
Tabulka č. 19.	Výsledky analýz povrchové vody (mg/l)	41
Tabulka č. 20.	Porovnání koncentrací Cr^{6+} ve strusce a podložní zemině sondy CS4. (mg/kg s.)	43
Tabulka č. 21.	Aktualizovaný koncepční model	49
Tabulka č. 22.	Základní parametry výpočtů a výpočet rizika pro pracovníky při zemních pracích	52
Tabulka č. 23.	Výpočet cílové koncentrace pro pracovníky při zemních pracích pro As	58
Tabulka č. 24.	Výpočet cílové koncentrace pro pracovníky při zemních pracích pro Cr^{6+} ..	59
Tabulka č. 25.	Výpočet cílové koncentrace pro pracovníky při zemních pracích pro Cr celkový	60
Tabulka č. 26.	Výpočet cílové koncentrace pro pracovníky při zemních pracích pro Pb	61
Tabulka č. 27.	Porovnání teoretických cílových limitů a nejvyšších koncentrací na lokalitě	63
Tabulka č. 28.	Teoretické maximální akceptovatelné limitní koncentrace rizikových škodlivin pro lokalitu	69

Seznam příloh

- Příloha č. 1: Situace širších vztahů
- Příloha č. 2: Situace sond a odběrů vzorků – topografická mapa
- Příloha č. 3: Situace sond a odběrů vzorků – ortofotomapa 2024
- Příloha č. 4: Situace sond a odběrů vzorků, hydroizohypsy hladin podzemní vody
- Příloha č. 5: Geologické popisy a fotodokumentace sond
- Příloha č. 6: Protokoly laboratorních analýz
- Příloha č. 7: Protokoly odběrů vzorků
- Příloha č. 8: Geodetická zpráva o zaměření odběrných míst
- Příloha č. 9: Vlastnosti prioritních kontaminantů
- Příloha č. 10: Struskový recyklát - Prohlášení o vlastnostech podle nařízení EU č. 305/2011

1. ÚVOD

Předkládaná Účelová analýza rizik (dále ÚAR) pro areál budoucího recyklačního centra v Čepirohách u Mostu byla zpracována s cílem zmapovat a vyhodnotit potenciální zdravotní a ekologická rizika, vyplývající z existence vrstvy struskového recyklátu, který bude zabudován do nové manipulační plochy v rámci plánovaného investičního záměru.

ÚAR není tedy zaměřena na zkoumání všech rizik, která mohou být způsobena např. výskytem různých ekologických zátěží v souvislosti s dlouhodobým využíváním širšího zájmového území, ale jen na ta rizika, způsobená možným uvolňováním škodlivých látek do okolního prostředí přímo ze strusky. A to pro konkrétní lokalitu a konkrétní způsob jejího dalšího využití. Pro splnění tohoto cíle jsme zpracovali metodiku průzkumných prací a způsobu jejich vyhodnocení.

Výstupem analýzy je závěrečné doporučení tzv. „cílových parametrů nápravných opatření“, jejichž dosažením lze dosáhnout eliminaci definovaných rizik.

ÚAR byla zpracována v souladu s metodikou MŽP i s příslušnou složkovou legislativou.

2. ÚDAJE O ÚZEMÍ

2.1. Všeobecné údaje

2.1.1. Historie lokality

Zájmová lokalita se rozprostírá na Velebudické výsypce, při jejím jihozápadním okraji. Velebudická výsypka patří mezi významné antropogenní krajinné prvky v okolí Mostu a její historie souvisí s těžbou hnědého uhlí v severních Čechách. Byla založena v polovině 20. století svými nejnižšími etážemi v místě bývalého povrchového dolu Mariana.

Před masivním rozvojem povrchové těžby, do pol. 20. století, byly pozemky v k.ú. Čepirohy využívány převážně pro zemědělské účely (pole, sady).

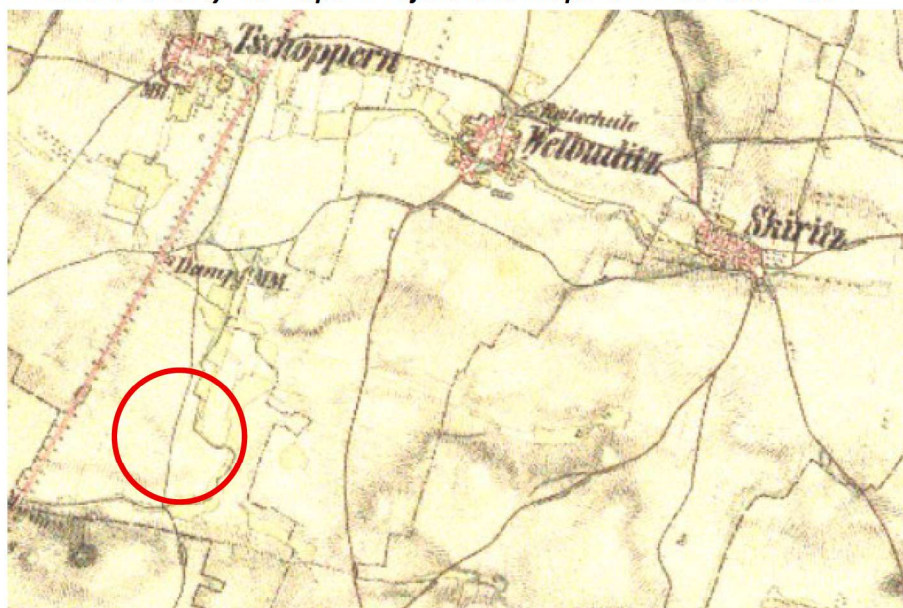
Materiál ukládaný na Velebudickou výsypku tvořila skrývka – zemina a horniny odtěžené nad uhelnými sloji dolu Jan Šverma.

Název „Velebudická“ odkazuje na původní obec Velebudice, která byla stejně jako řada dalších sídel v regionu zlikvidována kvůli těžbě uhlí.

Během své aktivní fáze byla výsypka postupně navršována do značné výšky a rozlohy. Od roku 1973 byla jasná celková koncepce využití území výsypky, a tak její výstavba probíhala plánovitě a s ohledem na koncepci využití.

Podobu území před vybudováním dolu zachycuje mapa tzv. II. vojenského (Františkova) mapování z let 1836 až 1852, viz obr. 1.

Obrázek č. 1. : Poloha lokality na mapě II. vojenského mapování z let 1836 - 1852



Zdroj: geoportal.gov.cz

Obrázek č. 2. : Poloha lokality na mapě III. vojenského mapování z konce 20. a začátku 30. let minulého století -



Zdroj: geoportal.gov.cz.

Pozn.: Speciální mapy III. vojenského mapování v měřítku 1:75 000. Původní mapování probíhalo v 80. letech 19. století, následně však bylo provedeno několik aktualizací. Mapy v této datové sadě byly vydány v období těsně před nebo po druhé světové válce (1935 - 1938 a 1946 - 1947), ale zobrazují stav území nejčastěji z konce 20. a začátku 30. let minulého století.

Obrázek č. 3. : Situace areálu a okolí na letecké mapě z r. 1953 (Celostátní letecké snímkování z 50. let)



Po ukončení ukládání materiálu proběhla rekultivace jak technická (úprava terénu), tak biologická (výsadba vegetace).

Dnes je výsypka vnímána jako součást nově vzniklé krajiny Mostecka. Oblast výsypky je částečně zarostlá vegetací a slouží jako prostor pro přírodu i rekreaci, i když její původ zůstává výrazně průmyslový. Výjimkou je jihozápadní okraj výsypky, kde se nachází výrobně-skladový areál, s provozovnami více firem. Zájmové pozemky jsou součástí tohoto areálu.

Aktuální stav ilustrují fotografie, pořízené dronem při geodetickém zaměřování sond (12.4.2026): Viz obr. č. 4 a také foto na titulní straně ÚAR.

Obrázek č. 4. : Situace aktuální situace zájmového území a okolí



V r. 2022 sem byl navezen struskový recyklát. Byl rozprostřen téměř na většině rozlohy pozemků do vrstvy cca 1 m na ploše cca 20.900 m², tj. celkem cca 20.900 m³.

V popředí jsou zájmové pozemky s rozhrnutým struskovým recyklátem, v pozadí větší část průmyslového areálu a vpravo se zvedá rekultivované těleso Velebudické výsypky.

Obrázek č. 5. : Struskový recyklát na povrchu pozemků (27.2.2026)



2.1.2. Geografické vymezení území

Lokalita se nachází na jihovýchodním okraji města Most. Ve smyslu hospodářsko-správního členění ČR přísluší území do Ústeckého kraje, okresu Most, katastrálně leží v k.ú. Most.

Lokalita leží v průmyslové části Mostu, v okolí není žádná rezidenční zástavba. Pozemky jsou situovány na jihozápadním úpatí rekultivované Velebudické výsypky.

Areál má rozlohu cca 2,36 ha. Samotný areál sousedí na severu a částečně i na západě s objekty průmyslové výroby a skladovými pozemky. Na východě jsou rozsáhlá, přírodě blízká rekultivovaná území Velebudické výsypky, které směrem od areálu stoupají a na vrcholové části výsypky se rozprostírá hipodrom Most. Na jihu těleso výsypky přechází do otevřené kulturní krajiny - louky a pole.

Situace širších vztahů je zřejmá z mapové přílohy č. 1.

Obrázek č. 6. : Situování zájmového areálu

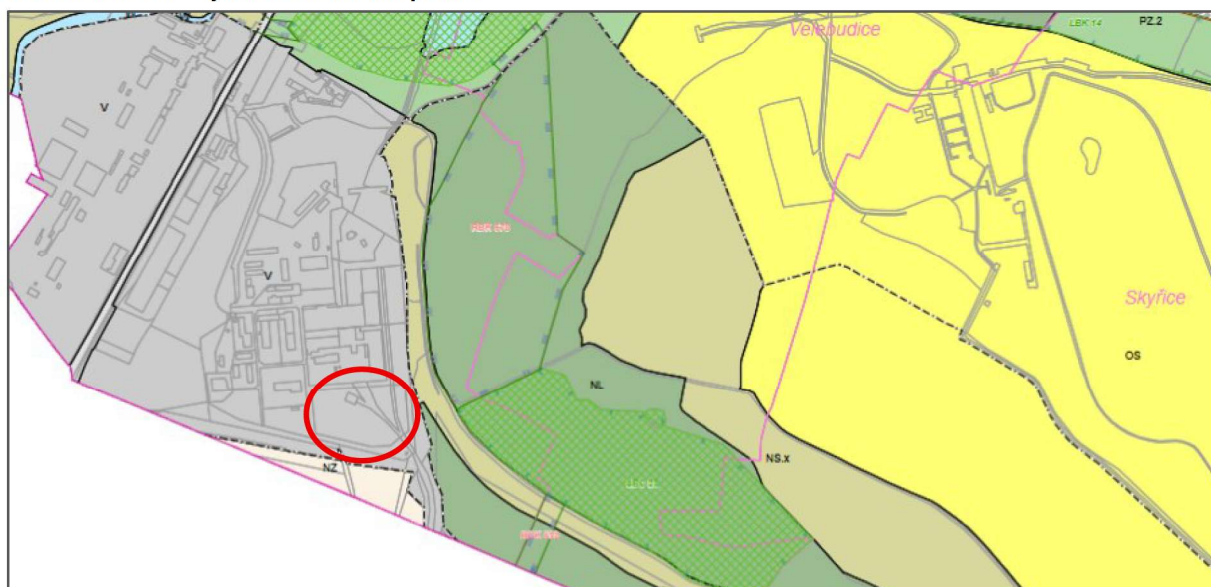


Zdroj:CUZK.gov.cz

2.1.1. Stávající a plánované využití území

Územní plán nepočítá se zásadními změnami ve stávajícím způsobu využití území. Dle platného územního plánu z r. 2021 patří areál k plochám určeným pro výrobu a skladování.

Obrázek č. 7. : Výřez z územního plánu



Vysvětlivky k územnímu plánu:

		V - plocha výroby a skladování			NZ - plocha zemědělská
		NL - plocha lesní			OS - plocha pro tělovýchovu a sport
		NS.x - plocha smíšená nezastavěného území - ostatní zeleň rekultivací			

2.1.2. Základní charakterizace obydlenosti území

Město Most má v současné době přibližně 60 tisíc obyvatel. Zájmová lokalita je však umístěna v průmyslové zóně, kde se nárazově pohybují řádově desítky lidí. I v širším okolí je průmyslová zóna nebo nezastavěné, volné lesní nebo zemědělské pozemky. Nejblíže obytnou zástavbu představují Čepirohy, část města Mostu, první domy leží ve vzdálenosti cca 1,3 km severním směrem. Další nejblíže rezidenční zástavba je na jihu od lokality a sice v obcích Nemilkov a Lišnice. První obytné domy těchto obcí jsou ve vzdálenosti cca 1,5 km.

2.1.3. Majetkoprávní vztahy

Vlastník pozemků dotčeného prováděním průzkumných prací v rámci účelové analýzy rizik je uveden v následující tabulce.

Tabulka č. 1. Vlastníci pozemků na zájmové lokalitě a informace o pozemcích

Seznam nemovitostí na LV

Číslo LV:	4590
Katastrální území:	Čepirohy [619591]

Zobrazení v mapě

Vlastníci, jiní oprávnění

Vlastnické právo

PHASE s.r.o., Pobřežní 249/46, Karlín, 18600 Praha 8

Pozemky

Parcelní číslo

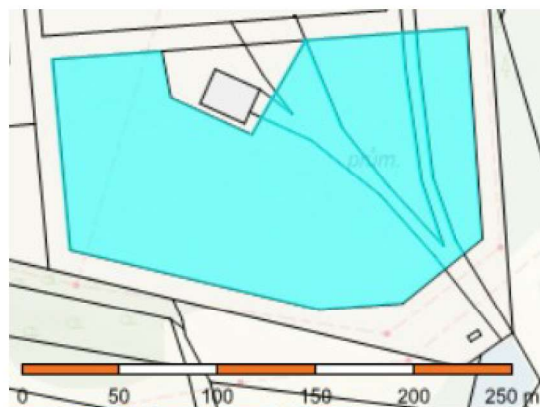
[276/157](#)

[276/158](#)

[276/160](#)

[276/166](#)

[276/171](#)



Obec: Most
Způsob využití: jiná plocha
Druh pozemku: ostatní plocha

p.č.	výměra m ²
276/157	3 064
276/158	2 474

p.č.	výměra m ²
276/160	15 462
276/166	2 551
276/171	24
celkem	23 575

Vlastník pozemku uzavřel dohodu s objednatelem (AgroGeo s.r.o.) a souhlasí s prováděním prací zhotovitelem (Chvojka odpady s.r.o.) v rámci vypracování této Účelové analýzy rizik pro objednatele.

2.2. Přírodní poměry zájmového území

2.2.1. Geomorfologické a klimatické poměry

2.2.1.1. Geomorfologické poměry

Tabulka č. 2. Orografické zařazení:

systém	Hercynský
provincie	Česká vysočina
subprovincie	Krušnohorská soustava
oblast	Podkrušnohorská oblast
celek	Mostecká pánev
podcelek	Chomutovsko-teplická pánev
okrsek	Jirkovská pánev

Morfologicky je okolí lokality poměrně členité, vyvýšeniny s mírnými svahy tvoří uměle navršené výsypky: na východě Velebudická výsypka s hipodromem 335 m n.m., a výsypka severozápadním směrem u Čepiroh, která dosahuje 286 m n.m. Na sever od lokality se nacházejí původní dominanty reliéfu tvořené převážně terciárními horninami: vrch Ressler (415 m n.m.), Šibeník (322 m n.m.), Skřivánčí vrch (332 m n.m.), Liščí vrch (334 m n.m.), Vtelenský vrch (342 m n.m.). Směrem k jihu terén klesá do mělkého údolí, postupně se zvedá na severním úbočí nevelkého vrchu Větrníku (261 m n.m.) v sousedství. Dále k jihu je morfologie terénu méně členitá, spíše zvláňená a povlovná.

Terén na samotné zájmové lokalitě je prakticky plochý. Nadmořská výška se pohybuje mezi 256 a 257 m n. m.

2.2.1.2. Klimatické poměry – charakteristika (podle Atlasu podnebí Česka 2007)

Podle Quittovy klasifikace spadá zájmové území do mírně teplé oblasti T2.

Tabulka č. 3. Charakteristika klimatických poměrů dle Quitta

Počet letních dnů	50 - 60
Počet dnů s průměr. tepl. 10 °C a více	160 - 170
Počet dní s mrazem	100 - 110
Počet ledových dní	30 - 40
Průměrná lednová teplota (°C)	-2 až -3
Průměrná červencová teplota (°C)	18 - 19
Průměrná dubnová teplota (°C)	8 - 9
Průměrná říjnová teplota (°C)	7 - 9
Průměrný počet dní se srážkami 1mm a více	90 - 100
Srážkový úhrn ve vegetačním období v mm	350 - 400
Srážkový úhrn v zimním období v mm	200 - 300
Počet dní se sněhovou pokrývkou	50 - 80
Počet dní zamračených	120 - 140
Počet dní jasných	40 - 50

- okrsek B1 (dle Atlasu podnebí 1958)
- mírně teplý, suchý, s mírnou zimou, lednová teplota nad -3 °C
- průměrné roční srážky: 450 – 500 mm
- průměrná roční teplota vzduchu: 8 - 9 °C
- prům. roč. rel. vlhkost vzduchu: 75 - 80 %

2.2.1. Hydrologické poměry

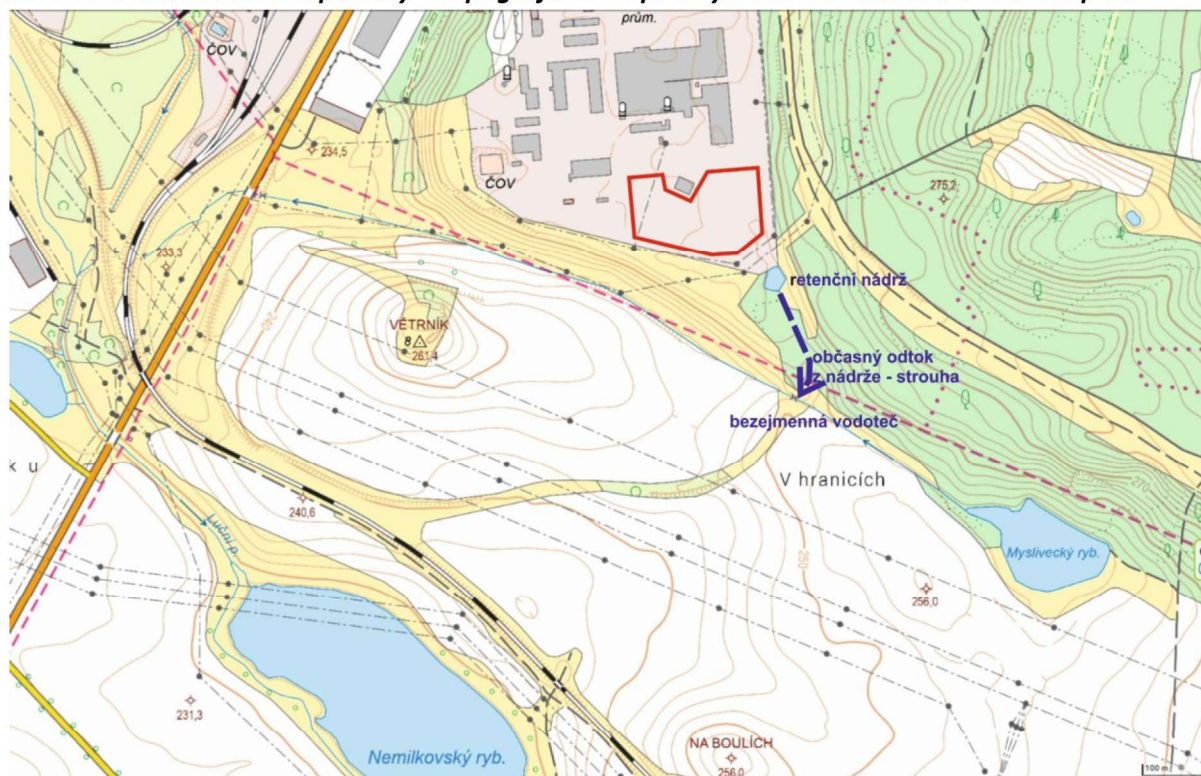
hydrologické pořadí 1-14-01-015, spadá pod pořadí 1-14-01 – Bílina

Zájmové území je odvodňováno směrem k severozápadu bezejmenným přítokem Lučního (Slatinického) potoka. Drobný tok vytéká z Mysliveckého rybníka a odvodňuje jihozápadní stranu výsypky. Luční potok teče z Nemilkovského rybníka směrem k jihovýchodu. Zájmové území je 6 – 10 m výše, než je tok bezejmenného potoka pod ním.

V jihovýchodním cípu zájmové lokality je zachytná nádrž srážkových vod stékajících po svazích Velebudické výsypky. Z této nádrže vede přepadová odvodňovací strouha – občasná vodoteč, která je zaústěná do výše uvedeného bezejmenné vodoteče. Viz obrázek č. 8.

také je vidět na fotografii, pořízené z dronu - viz obrázek č. 9., je zachycena retenční nádrž i odvodňovací strouha (vlevo) V pozadí je Nemilovský rybník.

Obrázek č. 8. : Odtokové poměry – topografická mapa s vyznačením vodotečí a vodních ploch



Zdroj: cuzk.cz

Obrázek č. 9. : Odtokové poměry – pohled z dronu na areál a širší okolí směrem k JV



2.2.2. Geologické poměry

Tabulka č. 4. Regionální příslušnost:

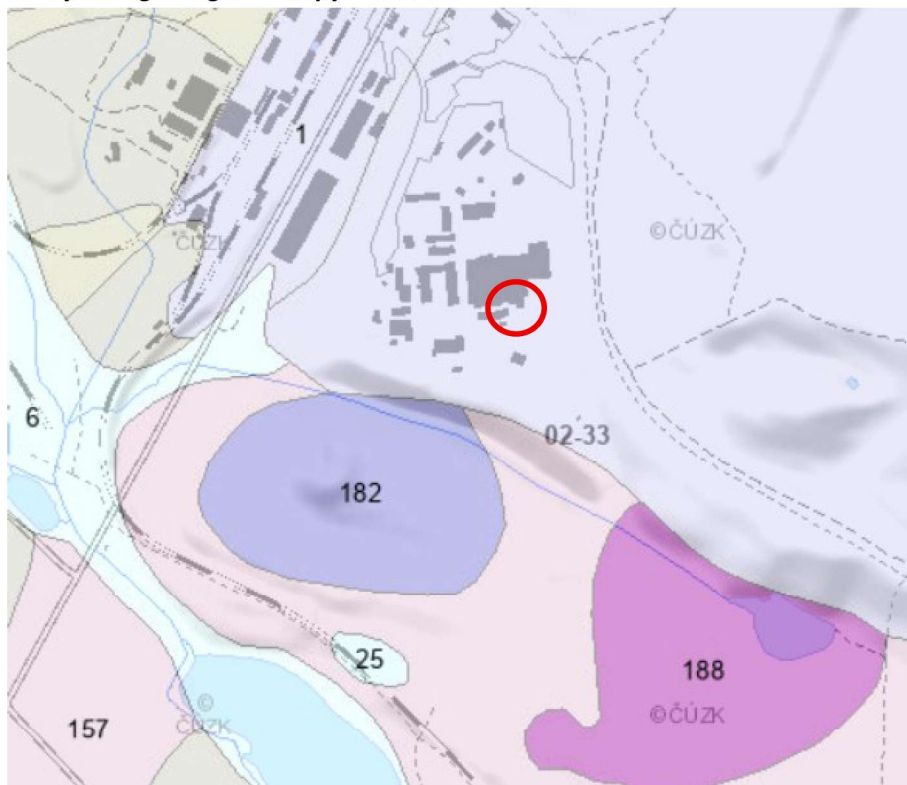
Soustava	Český masiv - pokryvné útvary a postvariské magmatity
Oblast	terciér
Region	podkrušnohorské pánve a přilehlé vulkanické hornatiny
Regionální jednotka	České středohoří

V širším kontextu tvoří neporušené geologické podloží terciérní výplň Mostecké pánve a terciérní vulkanity. K terciérním uloženinám patří lakustrinní sedimenty a kaustobiolity (uhlí, jílovité uhlí, jíly, písky, v menší míře vypálené jíly, porcelanity). Vulkanickou činnost zastupují efuzivní a intruzivní alkalický olivinický bazalt (vrch Větrník), v různém stupni analcimicko-nefelinický bazanit, včetně rozličných fosilních zvětralin těchto vulkanitů. V podloží vlastní lokality lze předpokládat výskyt vulkanogenních hornin: tufů a tufitů (fialový kanafas) a lokální výstupy čedičových hornin.

Zájmová lokalita však leží mimo dosah rostlého skalního podloží, najdeme ji na uměle zbudované Velebudické výsypce, která je vnější výsypkou lomu Jan Šverma. Velebudická výsypka byla založena v polovině 20. století svými nejnižšími etážemi v místě bývalého povrchového dolu Mariana. Na oblast s lomovou činností byly zakládány jednotlivé etáže výsypky. Vzhledem k tomu, že je současná poloha areálu převýšená oproti původnímu terénu o cca 15 m, předpokládáme, že mocnost deponovaného materiálu výsypky je nejméně 15 m a více.

Převážnou část výsypkových zemin tvoří nadložní jíly a jílovce s prachovitou příměsí, místy s nepravidelnými a podružnými polohami štěrků. ojediněle se vyskytují více písčité polohy, a to především ve spodní části výsypkového tělesa. Nadložní jíly jsou kusovité a vzhledem ke stáří výsypkového tělesa cca 15-20 let od jeho dosypání je patrná kusovitost jílovců a jílu. Jíly jsou pod úrovní 1 m pevné až plastické, bez patrných dutin a puklin.

Obrázek č. 10. : Výřez z geologické mapy 1:50000



zdroj: <https://mapy.geology.cz>

Vysvětlivky ke geologické mapě:

◆ KVARTÉR

- 1 navážka, halda, výsypka, odval
- 6 nivní sediment

◆ terciér

□ ◆ podkrušnohorské pánve a přilehlé vulkanické hornatiny

□ ◆ KENOZOIKUM

□ ◆ NEOGÉN

62 písčité štěrky

66 vypálené jíly, porcelanity

79 uhlí, jílovité uhlí, jíly, písky

2038 uhlí

□ ◆ TERCIÉR (PALEOGÉN-TERCIÉR)

157 fosilní zvětraliny vulkanitů nerozlišené

◆ terciér

□ ◆ KENOZOIKUM

□ ◆ TERCIÉR (PALEOGÉN-TERCIÉR)-KVARTÉR

182 alkalický olivinický bazalt

252 pyroklastika bazaltoidních (příp. trachybazaltických) hornin

◆ podkrušnohorské pánve a přilehlé vulkanické hornatiny, rozptýlené alkalické vulkanity

□ ◆ KENOZOIKUM

□ ◆ TERCIÉR (PALEOGÉN-TERCIÉR)

188 anlc.-nefelinický až nef.-analcimický bazanit ("apoleucitický")

2.2.3. Hydrogeologické poměry

číslo hydrogeologického rajonu: 2131 – Mostecká pánev – severní část

Hydrogeologické podmínky jsou na lokalitě jednoduché, protože se oběh mělké vody odehrává v tělese výsypky, která je vysoko nad původním podložím – terciárními vulkanity. Hladina podzemní vody je vázána na načechráný převážně jílovitý materiál výsypky, který obsahuje i propustnější polohy (písky, štěrky). V těchto polohách se zadržuje mělká podzemní voda. Vzniklé zvodně mohou být lokálního charakteru. Infiltrační oblastí je celý povrch výsypky. Ustálená hladina podzemní vody po 4 dnech byla zjištěna v rozmezí 3 až 3,85 m pod terénem, tj. v nadmořské výšce méně než 252 m až 254,01 m n.m. Směr proudění podzemní vody je k okrajům výsypky.

Koeficient propustnosti u výsypkového materiálu se pohybuje od $k_f = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$ pro písčité středně propustné polohy až po $k_f = 2 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$ pro silně ulehlé jíly a jílovce bez mezer.

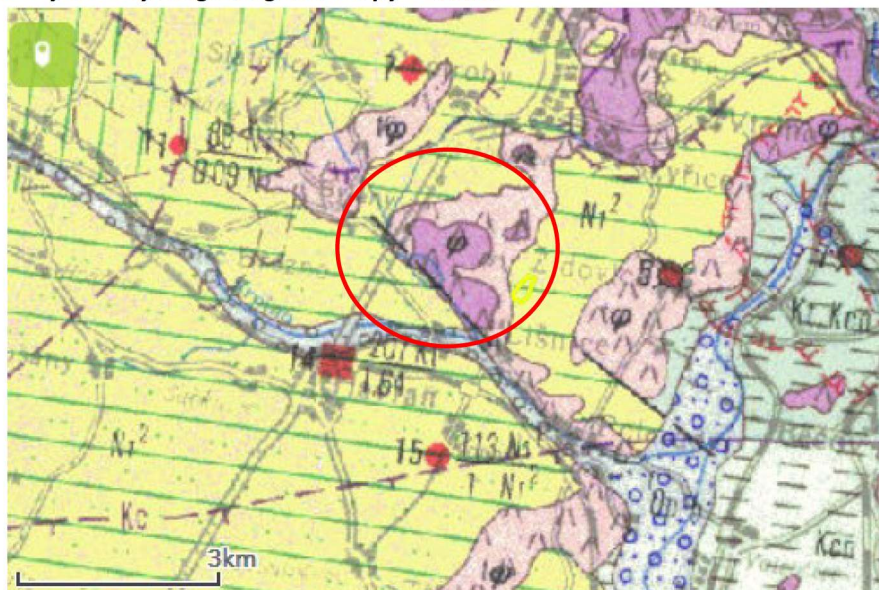
Ve výsypce se zpravidla netvoří jeden klasický „kolektor“, ale voda teče v mozaice vrstev navážek, proudění vody se neřídí klasickými zákonitostmi a je chaotické. V písčitých a štěrkovitých vrstvách teče rychleji, jílovité vrstvy představují bariéry, tedy zdržení.

Podzemní voda se může akumulovat v propustnějších pískách a štěrkách, které ale tvoří nesouvislé, někdy rozsáhlé zvodně. Kvůli heterogenitě výsypky vznikají jílovité čočky, zhutněné vrstvy, jejich důsledkem jsou malé lokální zvodně, kde voda prakticky stagnuje. Kde se může voda ve významnějším množství hromadit je báze výsypky, pokud je pod ní nepropustné podloží. Na Velebudické výsypce dochází k vysoké infiltraci srážek, k rychlé lokální migraci ale také k dlouhodobému zdržení v jílových partiích. Podzemní voda ve Velebudické výsypce proudí nepravidelně v heterogenních navážkách převážně gravitačně dolů a k okrajům výsypky.

V prostředí výsypky se zpravidla nevytváří souvislá hladina podzemní vody jako v přirozeném prostředí, ale jde o lokálně propojený, heterogenní systém, kde je proudění přerušované a řízené především propustností materiálu. Na mapě hydroizohyps v přílozeč.4, která vychází ze skutečně zaměřených ustálených hladin podzemní vody, je znázorněna souvislá zvodeň, která nemusí odpovídat realitě, může jít o více lokálně omezených zvodní.

Následující výřez z hydrogeologické mapy ukazuje, že pod bází výsypky jsou terciární vyvřeliny a jejich tufy a zvětraliny (Φ) s puklinovou propustností, v jejich okolí potom neogenní pánevní sedimenty (N) se smíšenou průlinovo-puklinovou propustností. Tyto horniny nemají pro naši problematiku význam.

Obrázek č. 11. : Výřez z hydrogeologické mapy 1:50000



Zdroj: <https://mapy.geology.cz>

2.2.4. Geochemické a hydrochemické údaje o lokalitě

Na kvalitu horninového prostředí a podzemní vody měla na lokalitě rozhodující vliv těžba hnědého uhlí. Důsledkem těžby je mj. výskyt vyšších koncentrací některých těžkých kovů jak v zeminách (zejména ve výsypkách), tak i v podzemní vodě ovlivněné těžbou.

Olovo se například běžně vyskytuje jako doprovodný prvek v sulfidech (např. v minerálu galenit PbS). V organické hmotě jako je uhlí se váží stopové prvky a ty se uvolňují zvětráváním. V mostecké hnědouhelné pánvi jsou běžné sulfidické minerály (např. pyrit FeS₂). Při jejich oxidaci vzniká kyselina sírová, která zvyšuje rozpustnost a mobilitu kovů, včetně olova. Proto se olovo může dostávat do: důlních vod, zemin a sedimentů. Těžba tedy nezvyšuje obsah olova v hornině, ale urychluje jeho uvolňování a šíření.

Dalším kovem, jehož obsah může být zvýšený zvláště na výsypkách je šestimocný chrom. Vysvětluje hlavně geochemickými procesy po vytěžení a přesunutí hornin. Chrom je přirozenou součástí hornin. Nadložní i podložní horniny (jíly, tufy, vulkanoklastika) obsahují chrom vázaný jako Cr³⁺, který je za běžných podmínek málo rozpustný a relativně málo pohyblivý. Výsypky vytvoří ideální podmínky pro oxidaci, protože vytěžením a navením na výsypku, zásadně se změní prostředí. Materiál je rozvolněný a provzdušněný, tak má vyšší kontakt s kyslíkem a vodou, často má vyšší pH. Za těchto podmínek se Cr³⁺ může měnit na Cr⁶⁺. Klíčovou roli přitom hraje mangan, který se ve výsypkách běžně vyskytuje jako oxidy manganu (MnO₂). Ty fungují jako silná oxidační činidla a může probíhat oxidace chromu: Cr³⁺ → Cr⁶⁺ (oxidace pomocí Mn oxidů). To představuje jeden z hlavních mechanismů, proč se Cr⁶⁺ zde tvoří. Na chemické pochody ve výsypkách má vliv i přítomnost pyritu a dalších sulfidů, protože pyrit se po odkrytí oxiduje za lokálního vzniku kyselin, sekundárních minerálů a změny se redoxních podmínky. To vede k mobilizaci kovů a k jejich případné další chemické přeměně.

Ve výsypkách ale často převažují oxidační podmínky, takže Cr^{6+} přetrvává déle a je mobilní. Na výsypkách docházelo k rychlému zvětvávání čerstvě odkrytého materiálu, který se navíc dostal na velké ploše do kontaktu s vodou. Proto se mobilní a rozpustný Cr^{6+} mohl vyluhovat do vod nebo se šířit prachem.

Chemismus mělké podzemní vody zde ovlivňuje především materiál navážek. Srážková voda se obohacuje složkami přítomnými v navážkách a vznikají mělké vody typu Na-SO_4 a Na-Mg-Ca-SO_4 . Zvýšený je poměrný obsah chloridů.

Povrchová voda nemá typické složení vody v přirozeném prostředí, kde hydrogenuhličitaný jsou naprosto převažujícím aniontem a vápník zcela dominujícím kationtem. Voda z nádrže je typu Mg-Na-Ca-SO_4 , což znamená, že je silně ovlivněna materiálem z výsypky.

2.2.5. Ochrana přírody

Samotná lokalita nepatří ke chráněným územím se zvláštním režimem. Lokalita a její širší okolí nezasahují do zvláště chráněných území stanovených zákonem 114/1992 Sb., ani neleží v jejich vyhlášeném nebo obecně stanoveném pásmu ochrany (např. 50 m od hranic zvláště chráněného území). Území není součástí CHKO ani CHOPAV. Na území se nevyskytují ani žádné památné stromy vyhlášené dle zákona 114/1992 Sb. či připravované k vyhlášení. Na lokalitě se nenacházejí registrované významné krajinné prvky nebo přírodní parky. V blízkosti lokality nejsou žádná ochranná pásma veřejných zdrojů podzemní vody. Místo není poddolováno ani zde nejsou důlní díla.

3. PRŮZKUMNÉ PRÁCE

3.1. Dosavadní prozkoumanost území

3.1.1. Základní výsledky dřívějších průzkumných prací na lokalitě

Dne 3.2.2026 bylo na lokalitě provedeno akreditované vzorkování struskového recyklátu. Pomocí mechanizace byl povrch narušen v pravidelné síti pro odběr 100 dílčích vzorků strusky. Vzorky byly odebrány lopatkou z povrchu struskového recyklátu. Z nich byly vytvořeny 2 směsné vzorky, každý ze souboru 50 ks dílčích vzorků. Metodicky bylo při vzorkování postupováno v souladu s přílohou č. 6, Vyhlášky 273/2021 Sb.

Vzorky byly podrobeny analýzám v intencích Vyhlášky 273/2021 Sb.:

- Tabulka 6.1: Nejvyšší přípustné koncentrace škodlivin ve výluhu vyzrálé strusky,
- Tabulka 6.2: Nejvyšší přípustné koncentrace škodlivin v sušině vyzrálé strusky.

Vodné výluhy vyhověly všem limitům tab. 6.1. limitům tab. 6.1.

U kovů překročily limitní hodnotu dle tab. 6.2. koncentrace celkového chromu, olova a Zn.

Ukazatel TOC byl velmi nízký 0,66 a 0,81 %. PAU (polyaromáty) byly všechny pod mezí detekce. Přítomnost PCDD/F nebyla zjištěna.

Výsledky a vyhodnocení těchto analýz uvádíme v kapitole „3.2. Aktuální průzkumné práce“ a to včetně doplňujících rozborů, provedených až v rámci ÚAR. V archívních vzorcích byly dodatečně zadány rozборы toxického Cr^{6+} , který příloha č. 6 nesleduje a to ani ve výluhu, ani v sušině. Dále byl archívni směsný vzorek strusky podroben ekotoxikologickým testům podle Vyhl. č. 273/2021, tab. 5.3 sloupec II. Tato analýza je primárně určena pro „čisté“ odpady využívané k zasypávání, tj. není pro strusku požadována, avšak v tomto případě je relevantní, ekotoxicita zkoumá případný negativní vliv na živé organismy, tj. na životní prostředí, což odpovídá cílům ÚAR.

Laboratorní protokoly a protokoly o odběrech vzorků jsou součástí příloh č. 6 a 7.

3.1.2. Přehled zdrojů znečištění

Potenciálním zdrojem znečištění je pro ÚAR jen struskový recyklát: Účelová analýza rizik má za úkol zkoumat pouze vliv navezené vrstvy struskového recyklátu jako zdroje případného znečištění okolního prostředí, posoudit jeho vliv na lidské zdraví a ekologická rizika.

Struskový recyklát sem byl navezen v r. 2022. Byla rozprostřena do vrstvy cca 1 m na ploše cca 20.900 m², tj. na zájmových pozemcích se nachází cca 20.900 m³ tohoto materiálu.

Po provedeném vzorkování byly jako potenciálně rizikové polutanty (tj. látky s potenciálem negativně ovlivnit pro okolní prostředí) určeny některé těžké kovy: Cr, Cr^{6+} , Cu Ni, Pb, Zn. Znečištění jiným kontaminantem identifikováno nebylo.

3.1.3. Vytipování látek potenciálního zájmu a dalších rizikových faktorů

Látky, které mohou představovat riziko pro člověka a složky životního prostředí, byly vytipovány na základě výsledků předchozího vzorkování strusky v únoru a březnu 2026. V zájmové lokalitě jsou na základě již provedeného vzorkování určeny jako prioritní potenciální kontaminanty As, celkový chrom Cr, šestimocný chrom Cr^{6+} , olovo Pb. Jiné nadlimitní látky ve strusce nebyly zjištěny.

Dalším rizikovým faktorem, byť dočasným, je:

- Skutečnost, že vrstva struskového recyklátu je uložena volně na přirozeně propustném původním terénu a tudíž může docházet působením atmosférických vlivů k vymývání škodlivin do podloží.
- Skutečnost, že vrstva struskového recyklátu není nijak zakryta, tj. že není chráněna proti větrné erozi. Při pohybu mechanizace po ploše za větrného a suchého počasí hrozí výskyt zvýšené prašnosti.

3.1.4. Předběžný koncepční model znečištění

Definování expozičních scénářů a jejich kvantitativní zhodnocení předpokládá znalost úplné expoziční cesty a potenciálního příjemce. Možnost kontaktu s jednotlivými složkami životního prostředí závisí jak na chování a transportu látek, tak na vlastním potenciálním příjemci. Na základě vyhodnocení všech dostupných informací byly v zájmovém území vytipovány expoziční scénáře znázorněné v tabulce níže, které mohou nastat v podmínkách současného a budoucího využití území.

Následující předběžný koncepční model ukazuje předpokládané expoziční cesty od zdroje znečištění k příjemcům rizik. Hlavní transportní cestu představuje vymývání znečištění do mělké kvartérní zvodně a šíření znečištěného prachu.

Základem předběžného koncepčního modelu je tabulka č. 5 se soupisem všech uvažovaných expozičních cest, které jsou uvažovány v rámci účelové analýzy rizik.

Tabulka č. 5. Předběžný koncepční model

expoziční cesta	transportní cesta	příjemce rizik	poznámka
1	areál je volně přístupný (náhodné pozření, dermální kontakt, inhalace prachu)	náhodní návštěvníci areálu	současné riziko
2	stávající průmyslové využití sousedních areálů (náhodné pozření, dermální kontakt, inhalace prachu)	zaměstnanci sousedních areálů	současné riziko
3	stávající rekreační využití (turistika, cykloturistika) komunikace u východní strany areálu (náhodné pozření, inhalace prachu)	turisté	současné riziko
4	zemní práce na úpravě areálu (náhodné pozření, dermální kontakt, inhalace prachu)	pracovníci provádějící zemní práce	budoucí riziko
5	kontaminovaná podzemní voda – šíření podzemní vodou ve směru proudění	retenční nádrž	podmíněné riziko
6	kontaminovaná podzemní voda migruje k bázi výsypky	ekosystém bezejmenné drobné vodoteče	podmíněné riziko

Hlavní uvažované transportní cesty k příjemcům rizik, které přicházejí v úvahu, je přímý dermální kontakt, náhodné požití a inhalace kontaminovaných prachových částic osobami. Podzemní vodu můžeme vyloučit, protože k jejímu využívání v této oblasti nedochází.

Dalším cílem je podzemní voda a její potenciální vliv na ekosystém kolem retenční nádrže, odtokové strouhy a koridoru nedaleké bezejmenné vodoteče.

Potenciální příjemce rizik představují:

- Náhodní návštěvníci lokality.
- Zaměstnanci v sousedním kovošrotu.
- Pracovníci provádějící výkopové práce.
- Retenční nádrž a její ekosystém, resp. případné subjekty využívající povrchovou vodu (pokud budou zjištěny)
- Drobná vodoteč při patě výsypky a její ekosystém, resp. případné subjekty využívající povrchovou vodu z vodoteče (pokud budou zjištěny).

3.2. Aktuální průzkumné práce

3.2.1. Metodika a rozsah průzkumných analytických prací

3.2.1.1. Zemní práce

Před započítím průzkumných prací proběhla prohlídka lokality. Dne 8.4.2026 byly vybagrovány 4 sondy CS1 až CS4. Vrstva strusky byla ukládána zvlášť, při zpětném zásypu sond byla struska uložena zpět na povrch terénu.

Situace s umístěním všech sond jsou součástí mapových příloh č. 2 až 4.

Metodika vzorkování je v souladu s cílem ÚAR – zjistit rizikový potenciál strusky nejen na zdraví, ale i vůči podložní zemině, případně podzemní i povrchové vodě. Od roku 2022, kdy byla struska v místě rozhrnuta a nebyla zakryta, uplynuly čtyři roky, po které mohlo docházet vlivem atmosférických vlivů k uvolňování škodlivin a jejich migraci do podloží.

Sondy byly proto rozděleny do tří skupin:

- Sondy umístěné v ploše strusky pro dokumentaci případného vlivu vymývání škodlivin ze strusky do podloží (v nesaturované i saturované zóně) – CS2, CS3, CS4,
- Sonda umístěná mimo plochu strusky pro dokumentaci podloží neovlivněného působením strusky. (v nesaturované i saturované zóně) – CS1.

Hloubka sond je uvedena v následující tabulce.

Tabulka č. 6. Hloubky sond CS1 až CS4

sonda	hloubka (m pod terénem)	sonda	hloubka (m pod terénem)
CS1	3,9	CS3	4,1
CS2	4,0	CS4	4,2

Do sond byla instalována provizorní výstroj, drenážní dvojstěnné trubky o průměru 150 mm, pro umožnění pozdějšího odběr vzorků vody a záměr hladin po nastoupaní a ustálení hladin. Po odběru vzorků zemin a dokumentaci byly vystrojené sondy zlikvidovány záhozem a terén byl uveden do původního stavu. Geologický popis a dokumentace sond je v příloze č. 5.

3.2.1.2. Metodika odběru vzorků

Pro dokumentaci případného vlivu vymývání škodlivin ze strusky do podloží (vertikálního průběhu koncentrace sledovaných ukazatelů) byly odebírány vzorky zemin v pravidelných hloubkových intervalech jako bodové. Zeminy byly odebírány až po vyhloubení sondy z neporušeného boku výkopu, vždy po ručním odstranění povrchové vrstvy svislé stěny výkopu, která byla v kontaktu se lžící bagru. Důvodem tohoto postupu bylo eliminovat důsledky možného rozvlečení kontaminace oděrem lžice bagru o stěnu.

Vzorky zemin pro dokumentaci podloží neovlivněného působením strusky ze sond mimo plochu strusky byly odebírány jako směsné, z intervalu, určeného přítomným geologem.

Hloubková úroveň od povrchu terénu byla odečítána z přiloženého pásma. Vzorky byly odebírány lopatkou, která byla po každém odběru vyčištěna.

Protokoly odběrů vzorků zemin jsou v příloze č. 7.

Obrázek č. 12. : Odběr vzorků a zpětný zásyp po usazení provizorní výstroje



Při hloubení sond byla podzemní voda zjištěna pouze u CS 2 (mírné odkapávání z jednoho místa ve spodní části). U ostatních sond nebyla hladina naražena.

Po nastoupaní a ustálení hladin podzemní vody, po 4 dnech (12.4.) byly ze sond odebrány zonálním odběrákem z provizorní výstroje vzorky podzemní vody. Pouze sonda CS 1 – poblíž retenční nádrže – byla suchá, resp. sloupec vody nedosahoval ani 2 cm, odebrat vzorek nebylo možné.

Při odběru 12.4. byla přesně odečtena úroveň hladiny podzemní vody vůči definovanému bodu na zhlaví výstroje v sondách. Současně bylo zhlaví sond (včetně suché ČS 1) geodeticky zaměřeno. Dále byla zaměřena hladina v retenční nádrži. Viz následující tabulka.

Tabulka č. 7. Zaměření hladin podzemní a povrchové vody

datum měření: 12.4.2026	způsob měření	objekt			
položka		CS1	CS2	CS3	CS4
výška zhlaví výstroje nad terénem (m)*	měření metrem	0	0,5	0,35	0,25
výška zhlaví výstroje (m n.m.)	geodetické zaměření	256,48	257,46	256,765	256,516
hladina vody (m od zhlaví)	měření hladinoměrem	> 4,0**	3,45	3,55	4,1
hladina vody (m p. t.)	dopočet	> 4,0**	2,95	3,2	3,85
terén (m n.m.)	dopočet	256,48	256,96	256,415	256,266
hladina vody (m n.m.)	dopočet	<252,5	254,01	253,215	252,416

* hodnota odpovídá terénu před vyhloubením sondy

** suchá sonda

datum měření: 12.4.2026	pozn.	ret. nádrž
položka		CR1
hladina vody (m n.m.)	geodetické zaměření	254,661

3.2.1.3. Rozsah laboratorních analýz

Rozsah analýz v rámci ÚAR vycházel především ze zjištěných rizikových kontaminantů ve strusce při předchozím průzkumu. V zeminách a vodách se sledovaly kovy, které vykazovaly obecně zvýšené koncentrace: Cr, Cr⁶⁺, Cu, Ni, Pb, Zn. Soubor kovů byl ve vzorcích zemin analyzován jak v sušině, tak ve vodném výluhu.

Pro určení geotechnických vlastností a orientační určení propustnosti byl proveden zrnitostní rozbor zemin.

V podzemní a povrchové vodě byl zjišťován úplný chemický rozbor, který zahrnoval základní ukazatele, kationty a anionty, konkrétně pH, vodivost, Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, amonné ionty, sírany, chloridy, hydrogenuhličitany, dusičnany, dusitany, fluoridy, CHSK-Mn, RL.

Celkový rozsah analýz je zřejmý z následujících tabulek:

Tabulka č. 8. Rozsah dodatečných analýz archivovaných vzorků strusky

vzorek	1Č	2Č	struska směs	Počet j.
parametr				
analýzy pevných vzorků v sušině				
Cr ⁶⁺	1	1		2
analýzy pevných vzorků ve výluhu				
Cr ⁶⁺	1	1		2
ekotoxikologické testy			1	1
celkem analýz	2	2	1	5

Tabulka č. 9. Rozsah analýz pevných vzorků

analýzy pevných vzorků v sušině																			
vzorek	CS1/1	CS1/2	CS1/3	CS2/1	CS2/2	CS2/3	CS2/4	CS2/5	CS3/1	CS3/2	CS3/3	CS3/4	CS3/5	CS4/1	CS4/2	CS4/3	CS4/4	CS4/5	Počet j.
parametr																			
Cr	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Cr ⁶⁺	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Cu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Ni	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Pb	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Zn	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
analýzy kovů celkem	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	108
zrnitostní analýzy				1	1					1									3
celkem analýz pevných vzorků v sušině																			111
analýzy pevných vzorků ve výluhu																			
vzorek	CS1/1	CS1/2	CS1/3	CS2/1	CS2/2	CS2/3	CS2/4	CS2/5	CS3/1	CS3/2	CS3/3	CS3/4	CS3/5	CS4/1	CS4/2	CS4/3	CS4/4	CS4/5	Počet j.
parametr																			
Cr	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Cr ⁶⁺	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Cu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Ni	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Pb	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Zn	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
analýzy kovů celkem	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	108
pH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
celkem pevné vzorky ve výluhu																			234
celkem analýz pevných vzorků																			345

Tabulka č. 10. Rozsah analýz kapalných vzorků

analýzy kapalných vzorků					
	podzemní voda			povrch. v.	
vzorek	CS1/2	CS1/3	CS1/4	CR1	Počet j.
parametr					
Cr	1	1	1	1	4
Cr ⁶⁺	1	1	1	1	4
Cu	1	1	1	1	4
Ni	1	1	1	1	4
Pb	1	1	1	1	4
Zn	1	1	1	1	4
fyz. chem. rozbor*	1	1	1	1	4
celkem analýz kapalných vzorků					28

* analýzy pH, vodivost, Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, amonné ionty, sírany, chloridy, hydrogenuhličitany, dusičnany, dusitany, fluoridy, CHSK-Mn, RL

Vzhledem k obecně zvýšenému pozadí koncentrace As v Mostecké pánvi (až 40 mg/kg suš.) a mnohem nižší koncentraci As ve strusce (max. 5,2 mg/kg suš.) nebyl obsah As v zeminách výsypky zjišťován.

3.2.1.4. Metodika laboratorních prací

Chemické a fyzikální rozborů byly prováděny podle vnitřní metodiky akreditované laboratoře Monitoring, s.r.o., analytická laboratoř, Radiová 1122/1, 102 00 Praha 15 – Hostivař
Zrnitostní analýzy provedla akreditovaná laboratoř GEMATEST spol. s r.o. Laboratoř geomechaniky Praha, Dr.Janského 954, 252 28 Černošice.
Protokoly laboratorních analýz jsou v příloze č. 6.

3.2.2. Geodetické práce

Všechny sondy byly detailně geodeticky zaměřeny dne 12.4., tj. současně se vzorkováním. Hladiny podzemní vody byly zaměřeny hladinoměrem od stanoveného bodu na zhlaví výstroje. Pro konstrukci hydroizohyps byla také přímo geodeticky zaměřena hladina v retenční nádrži. Geodetická zpráva je v příloze č. 8.

3.2.3. Použité indikační hodnoty

Pro potřeby posouzení zjištěného znečištění - naměřených koncentrací sledovaných škodlivin v pevných i kapalných vzorcích jsme zvolili tzv. Indikační hodnoty, tj. koncentrace, jejichž překročení může obecně signalizovat výskyt potenciálních zdravotních i ekologických rizik. Vycházeli jsme ze složkové legislativy a metodiky.

Indikační hodnoty jsou rozděleny podle relevance předmětu posuzování (naměřené kontaminace v určité matici) vůči příslušnému konkrétnímu předpisu (vyhláška, nařízení vlády, metodický pokyn) na „hlavní“ a „pomocné“. V následující tabulce je přehled použitých indikačních hodnot pro jednotlivé typy matic.

Tabulka č. 11. Použité indikační hodnoty pro posouzení znečištění

matrice		hlavní indikační hodnoty	pomocné (orientační) indikační hodnoty	
struskový recyklát	sušina	MP MŽP IZ (US EPA) prům.	v. 273/2021, tab. 6.2	
	výluh	MP MŽP IZ (US EPA) vody	v. 273/2021, tab. 6.1	v. 273/2021, tab. 5.2
zeminy a navážky	sušina	MP MŽP IZ (US EPA) prům.	v. 273/2021, tab. 5.1/II	
	výluh	MP MŽP IZ (US EPA) vody	v. 273/2021, tab. 5.2	
podzemní voda		MP MŽP IZ (US EPA) vody	NV401/15, NEK (tab. 1a, 1b, 1c)	v. 252/2004, příl. 1B
povrchová voda			NV401/15, NEK (tab. 1a, 1b, 1c)	MP MŽP IZ (US EPA) vody v. 252/2004, příl. 1B

Následující podkapitoly obsahují informace o použitých předpisech:

3.2.3.1. Hlavní indikační hodnoty

Představují hlavní srovnávací parametry, na kterých je postavena analýza rizik a ze kterých dále vychází při stanovení teoretických maximálních koncentrací pro použitý struskový recyklát a při stanovení návrhu nápravných opatření.

3.2.3.1.1. Metodický pokyn MŽP Indikátory znečištění (2013)

Tento metodický pokyn slouží k indikativnímu posuzování úrovně znečištění zemín, podzemní vody a půdního vzduchu na antropogenně znečištěných lokalitách. V metodickém pokynu jsou uvedeny hodnoty indikátorů vycházející z hodnot americké agentury ochrany životního prostředí – USEPA. Tento metodický pokyn vychází z hodnot USEPA platných v květnu 2013.

Indikátory znečištění jsou specifické koncentrace jednotlivých chemických látek v zemině, podzemní vodě a v půdním vzduchu. Překročení hodnot indikátorů se posuzuje jako indikace znečištění, které by mělo být dále zkoumáno a hodnoceno, a to především z hlediska rizik pro případné příjemce znečištění a ohrožené ekosystémy.

Metodický pokyn je určen pro zhotovitele průzkumů kontaminace a pro všechny subjekty, které výsledky průzkumů kontaminace využívají pro další rozhodování, zejména pro:

- Českou inspekci životního prostředí,
- orgány státní a veřejné správy a organizace v jejich působnosti,

- soukromé subjekty působící v oblasti ochrany životního prostředí,
- ostatní subjekty (zejména stávající vlastníky, nájemce a uživatele kontaminovaných pozemků nebo zájemce o tyto pozemky).

Jako podklad pro odvození hodnot indikátorů znečištění horninového prostředí byly použity tzv. screeningové hodnoty znečištění odvozené americkou agenturou pro ochranu životního prostředí USEPA (United States Environmental Protection Agency). Screeningové hodnoty USEPA tzv. RSL (Regional Screening Levels) jsou koncentrace chemických látek v jednotlivých složkách životního prostředí, konkrétně zemině, ovzduší a pitné, resp. užitkové vodě, jejichž překročení by si mělo vyžádat další průzkum.

Indikátory znečištění nejsou sanační limity a neměly by být jako sanační limity používány pro rozhodnutí správních orgánů v situacích, kdy lze jako podklad pro stanovení sanačních limitů použít výsledek analýzy rizik zpracované dle MP MŽP č. 1/2011

1) Indikátory znečištění zemin:

Indikátory znečištění zemin odpovídají screeningovým hodnotám znečištění zemin RSL, resp. SSL a jsou stanoveny:

- pro průmyslově využívaná území (zahrnující plochy pro výrobu a technickou infrastrukturu), viz RSL Industrial Soil;
- pro ostatní plochy mimo průmyslově využívaná území (např. plochy pro bydlení, plochy veřejného vybavení, plochy smíšené atd.), viz RSL Resident Soil.

2) Indikátory znečištění podzemní vody

Indikátory znečištění podzemní vody jsou stanoveny bez ohledu na způsob využití území.

Indikátory znečištění jsou převzaty screeningové hodnoty znečištění užitkových a pitných vod RSL-tapwater, které vycházejí z expozičních scénářů kontaktu člověka s pitnou a užitkovou vodou, tj. v případech využívání podzemní vody. Hodnoty indikátorů jsou odvozeny na základě kombinace tří expozičních cest, a to perorální (konzumace vody), dermální a inhalační.

3.2.3.1.2. Nařízení 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

V příloze č. 3 Nařízení jsou uvedeny Ukazatele vyjadřující stav povrchové vody, normy environmentální kvality a požadavky na užívání vod. Prakticky se jedná o konkrétní „limitní“ hodnoty, použitelné v rámci ÚAR pro povrchovou vodu, které jsou uvedeny v následujících tabulkách:

- Tabulka 1a: Ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod
- Tabulka 1b: Normy environmentální kvality pro útvary povrchových vod pro látky uvedené v příloze II Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2013/39/EU - prioritní látky a některé další znečišťující látky
- Tabulka 1c: Normy environmentální kvality pro specifické znečišťující látky pro útvary povrchových vod

3.2.3.2. Pomocné indikační hodnoty

Představují „podřízené“ srovnávací parametry vůči hlavním indikátorům, případně mohou sloužit jako doplňující, vedlejší informace o jakosti zkoumané matrice.

3.2.3.2.1. Vyhláška č. 273/2021 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady

Vyhláška mj. stanovuje a upravuje podrobnosti pro využívání odpadů k zasypávání. Stanovuje kritéria a nejvýše přípustné hodnoty pro jednotlivé typy odpadů. Při zasypávání dochází v využití odpadu, tzn. že odpad, charakterizovaný příslušným katalogovým číslem dle Katalogu odpadů přechází okamžikem jeho využití mimo režim odpadů.

Pro odpady typu zemin, hlušin, kamení, stavebních cihlobetonových sutí bez cizích příměsí apod. platí limity, uvedené v příloze č. 5 - Kritéria pro využívání odpadů k zasypávání:

- tabulka č. 5.1 - Nejvýše přípustné koncentrace škodlivin v sušině odpadů
- tabulka č. 5.2 - Nejvýše přípustné koncentrace škodlivin ve výluhu odpadu
- tabulka č. 5.3 - Limitní hodnoty ekotoxikologických testů

Pro odpady typu strusky lze uplatnit limity uvedené v příloze č. 6 - Kritéria pro využívání strusky k zasypávání:

- tabulka č. 6.1 - Nejvýše přípustné koncentrace škodlivin ve výluhu vyzrálé strusky
- tabulka č. 6.2 - Nejvýše přípustné koncentrace škodlivin ve výluhu vyzrálé strusky

Překročení obsahů škodlivin podle příloh č. 5 a 6 lze tolerovat pokud je pro místo aplikace zpracováno hodnocení rizika (analýza rizik) v dané lokalitě a jsou splněna relevantní kritéria, uvedená pro zasypávání, v § 6 a 7 Vyhlášky.

Porovnání naměřených koncentrací s limity, uvedenými v přílohách 5 a 6 jsme provedli, i když není zcela relevantní: Zkoumané materiály nejsou ani nebyly odpadem. Lokalita představuje typické heterogenní horninové prostředí brownfieldu, poznamenané dlouholetou průmyslovou činností, čemuž odpovídají i koncentrace přítomných škodlivin. Struskový recyklát byl na lokalitu přivezen v režimu výrobku, nikoli odpadu. V průběhu následných zemních prací došlo k zarovnání terénu a částečnému promísení strusky s podložními navážkami i se zbytky dosud nezdemolovaných podzemních a povrchových konstrukcí. Recyklát, stejně jako zbytky staveb a historické povrchové navážky lze posuzovat spíše jako

součást horninového prostředí – podle Metodického pokynu MŽP Indikátory znečištění, nikoli jako odpad podle odpadové legislativy.

3.2.3.2.2. Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody

Vyhláška upravuje mj. hygienické limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů jakosti pitné vody. Je tedy zřejmé, že jejich aplikace jako indikačního limitu je velmi orientační. Navíc v oblasti nedochází k využívání podzemní vody. Význam porovnání naměřených ukazatelů s hygienickými limity je spíše v získání komplexnější představy o rozsahu antropogenního znečištění podzemních vod. Pozn.: Podzemní vody by většinou v přirozeném stavu měly být ze své podstaty teoreticky vodami pitnými.

Pro orientační srovnání jsme použili Přílohu č. 1, tabulku B: Fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele pitné vody a jejich hygienické limity.

3.2.4. Výsledky průzkumných prací

3.2.4.1. Zemní práce

Pod cca 1 m mocnou vrstvou strusky se vesměs nacházel materiál výsypky, který představovaly různé typy zemin, převažovaly však jíly tuhé až plastické. Zeminy jsou poměrně monotónní (pevné až tuhé jíly v CS1) nebo vertikálně i horizontálně proměnlivé na krátké vzdálenosti okolo 1 m, a to ve složení (písčité a štěrkovité složce) i barvě (sonda CS2).

Během bagrování nebyla ani jednou naražena hladina podzemní vody, byly zjištěny pouze v sondě CS2 drobné zvodnělé polohy štěrkopísku, ze kterých odkapávala voda (v cca 1 – 2 m pod terénem).

Tabulka č. 12. Přehled mocností strusky v sondách

sonda:	CS1	CS2	CS3	CS4
mocnost strusky (m)	0	1,1	0,9	0,9

3.2.4.2. Výskyt škodlivin ve struskovém recyklátu

Původní (odběr 3.2.2026) i dodatečné analýzy archivovaných vzorků struskového recyklátu (již v rámci ÚAR) shrnují následující tabulky.

Hlavní indikační hodnoty – IZ MP MŽP

Z analyzovaných kovů překročily limitní hodnotu IZ koncentrace arsenu (1,3x a 2,2x) a olova (2,4x a 2,5x).

Pomocné indikační hodnoty vyhláška 273/2021 Sb.

U kovů překročily limitní hodnotu přípustné koncentrace škodlivin koncentrace chromu (7,5x), olova (2x) a zinku (3,6x a 3,9x).

Ukazatel TOC byl velmi nízký 0,66 a 0,81 %. Sledované PAU byly všechny pod mezí detekce. Přítomnost PCDD/F nebyla zjištěna.

Tabulka č. 13. Výsledky analýz struskového recyklátu v sušině (mg/kg s.)

analýzy pevných vzorků v sušině				hlavní indikační hodnoty	pomocné indikační hodnoty
vzorek	j.	1č	2č	MP MŽP IZ prům. (US EPA)	limit v.273/21, tab. 6.2
parametr					
TOC	%	0,81	0,66	-	3
PCDD/F	ng I-TEQ/kg	0	0	17	10
Kovy:					
arsen	mg/kg	5,2	3,1	2,4	45
kadmium	mg/kg	<0,9	<0,8	800	20
chrom	mg/kg	1500	1500	1 800 000*	200
Cr ⁶⁺	mg/kg	0,07	<0,06	5,6	
měď	mg/kg	1700	1100	41000	7000
rtuť	mg/kg	<0,1	<0,1	43	1
nikl	mg/kg	490	490	20000	500
olovo**	mg/kg	1900	2000	800**	1000
zinek	mg/kg	36000	39000	310000	10000
PAU:					
benzo(b)fluoranten	mg/kg	<0,005	<0,005	2,1	-
benzo(k)fluoranten	mg/kg	<0,005	<0,005	21	-
benzo(a)pyren	mg/kg	<0,005	<0,005	0,21	-
indeno(123cd)pyren	mg/kg	<0,005	<0,005	2,1	-
suma 4 PAU	mg/kg	-	-		1

Vysvětlivky k tab. č. 13 a 14 a také č 15 v následující podkapitole:

*) S ohledem na aktuální přístup USEPA nejsou stanoveny screeningové hodnoty RSL pro celkový chrom (na zdrojovém serveru USEPA jsou nicméně uvedeny rovněž screeningové hodnoty pro trojmocný chrom).

Aktuální screeningové hodnoty (RSL), platné v USA jsou pro trojmocný chrom (nerozpustné soli) stanoveny takto:
Zemina (Soil): - Průmyslové oblasti: cca 1 800 000 mg/kg.

Pitná voda (Tapwater): 36 000 µg/l.

Tyto hodnoty jsou extrémně vysoké, protože toxicita Cr³ je při požití velmi nízká.

****)** V případě olova nelze náš konkrétní případ hodnotit jako překročení stanovené indikační hodnoty a to vzhledem k metodice určení koncentrace v MP MŽP IZ, která je odvozena od limitu pro pitnou vodu, což je pro lokalitu a posuzované zeminy pod povrchem absurdní: Pro olovo není v současné době dosažen konsensus na odvození toxikologických parametrů referenční dávky a směrnice karcinogenity. USEPA tak stanovuje pouze screeningové hodnoty RSL v zemině na základě biokinetických modelů olova v krvi. Screeningová hodnota RSL pro vodu není USEPA stanovena, nicméně je doporučeno vycházet z limitní hodnoty pro olovo v pitné vodě. S ohledem na toto doporučení a skutečnost, že v případě olova se jedná o častý a běžný kontaminant, odpovídá pro tento specifický případ hodnota indikátoru znečištění v podzemní vodě nejvyšší mezní hodnotě olova v pitné vodě dle Vyhlášky č. 252/2004 Sb. Nejvyšší mezní hodnotě v pitné vodě pak odpovídá i indikátor znečištění zemin pro případ vymývání znečištění ze zeminy.

Tabulka č. 14. Výsledky analýz struskového recyklátu ve výluhu (mg/l.)

analýzy pevných vzorků ve výluhu				hlavní indikační hodnoty	pomocné indikační hodnoty	
vzorek		1Č	2Č	MP MŽP IZ podz. vody (US EPA)	limit v.273/21, tab. 6.1	limit v.273/21, tab. 5.2, 10.1/l
parametr						
pH při 25°C		10,5	10,5		9 - 11	≥6
sírany	mg/l	290	480	-	1000	100
chloridy	mg/l	1,1	1,5	-	700	80
fluoridy	mg/l	1,3	0,88	0,62	6	1
rozpuštěné látky (RL)	mg/l	610	910	-	-	400
Kovy:						
arsen	mg/l	<0,02	<0,02	0,000045	0,03	0,05
baryum	mg/l	0,082	0,086	2,9	3	2
kadmium	mg/l	<0,002	<0,002	0,0069	0,005	0,004
chrom	mg/l	<0,003	<0,003	36*	0,2	0,05
Cr ⁶⁺	mg/l	<0,05	<0,05	0,000031	-	-
měď	mg/l	0,024	0,009	0,62	1	0,2
rtuť	mg/l	0,00073	0,00044	0,00063	0,0008	0,001
mangan	mg/l	0,081	0,037	0,32	0,3	-
molybden	mg/l	0,089	0,059	0,078	0,5	0,05
sodík	mg/l	4,4	5	-	400	-
nikl	mg/l	0,0036	<0,003	0,3	0,03	0,04
olovo	mg/l	0,044	0,025	-	0,05	0,05
antimon	mg/l	<0,04	<0,04	0,006	0,07	0,006
selen	mg/l	<0,1	<0,1	0,078	0,1	0,01
vanad	mg/l	0,021	0,025	0,063	0,3	-
zinek	mg/l	0,31	0,21	4,7	0,6	0,4

Vodný výluh - hlavní indikační hodnoty – IZ MP MŽP – podzemní voda:

Výluh ze shodných vzorků, ze kterých se stanovovaly koncentrace látek v sušině, nevyhověly hodnotám IZ MP MŽP pro podzemní vodu v jednom ze vzorků v obsahu rtuti: 0,00073 mg/l a molybdenu: 0,089 mg/l (IZ pro Hg v podzemní vodě je 0,00063 mg/l, molybden 0,078 mg/l). Zvýšené koncentrace odpovídaly řádovým hodnotám IZ. V sušině nadlimitní Hg a Mo nebyly zjištěny.

Vodný výluh - Pomocné indikační hodnoty vyhláška 273/2021

Vodné výluhy vyhověly všem limitům daným vyhláškou 273/2021 Sb. tab. 6.1.

Co se týká limitů daných tabulkou č. 5.2, ty byly mírně překročeny v ukazateli molybden, dále nevyhověly sírany (až 4,8x vyšší hodnota než je limit), fluoridy (až 1,3 násobek limitu) a rozpustěné látky (až 4,8x vyšší hodnota než je limit).

Dodatečné analýzy strusky

V obou vzorcích strusky z lokality byl zjišťován obsah Cr^{6+} , v sušině byly koncentrace 0,07 a <0,06 mg/ kg suš., ve vodném výluhu byly v obou případech koncentrace pod mezí stanovitelnosti <0,05 mg/l. Přítomnost nadlimitních koncentrací Cr^{6+} vůči IZ MP MŽP se neprokázala

Ve směsném vzorku strusky byly provedeny ekotoxikologické testy. Limitní parametry dle vyhlášky 273/2021 byly splněny, struska nevykazuje ekotoxicitu. Viz laboratorní protokol č. 169122.

3.2.4.3. Znečištění zemin

Výsledky analýz podložních zemin včetně porovnání s indikačními limity jsou uvedeny v následující tabulce:

Tabulka č. 15. Výsledky analýz zemín v sušině (mg/kg s.) a ve výluhu (mg/l)

analýzy pevných vzorků v sušině																			hlavní indikační hodnoty	pomocné indikační hodnoty
vzorek	CS1/1	CS1/2	CS1/3	CS2/1	CS2/2	CS2/3	CS2/4	CS2/5	CS3/1	CS3/2	CS3/3	CS3/4	CS3/5	CS4/1	CS4/2	CS4/3	CS4/4	CS4/5		
hl. (m p.t.)	0,5-1	2-2,5	3,4-3,9	1,3	1,8	2,3	3,15	4	1,1	1,6	2,1	3,1	4,1	1,1	1,6	2,1	3,2	4,2		
parametr	j.																			
Cr	28	22	31	34	18	36	49	44	23	43	39	26	57	44	26	55	22	42	200	
Cr ⁶⁺	<0,060	<0,060	<0,060	<0,060	<0,060	<0,060	<0,060	<0,060	<0,060	<0,060	<0,060	<0,060	<0,060	0,307	0,085	0,106	<0,060	0,06	-	
Cu	14	13	14	38	21	24	12	31	13	38	12	12	24	21	11	22	13	14	170	
Ni	41	37	43	50	19	51	41	61	34	41	48	44	55	81	36	49	39	24	80	
Pb	25	22	24	57	15	29	27	32	23	47	27	27	36	19	25	33	24	26	200	
Zn	91	85	97	160	64	200	93	280	73	600	100	110	440	100	79	170	110	67	600	

[illegible]

Hlavní indikační hodnoty – IZ MP MŽP

Ve vzorcích zemín nebyl zjištěn ani jeden případ překročení hodnot IZ MP MŽP.

Ve vzorcích zemín ze sond nebyly laboratorními analýzami u Cr^{6+} zjištěny koncentrace škodlivin překračující hlavní indikační hodnoty IZ pro průmyslová území (5,6 mg/kg suš.).

V sondě CS4 byly zaznamenány koncentrace Cr^{6+} max. v desetinách mg/kg suš., nebo pod mezí stanovitelnosti. Nejvyšší naměřená hodnota 0,307 mg/kg s. však představuje pouze 5,5% z limitní koncentrace. U vzorků z ostatních sond byly koncentrace pod mezí stanovitelnosti.

Pomocné indikační hodnoty vyhláška 273/2021 Sb.

Žádná koncentrace analyzovaných kovů v sušině nepřekročila limity dané touto vyhláškou.

Vodný výluh - hlavní indikační hodnoty – IZ MP MŽP – podzemní voda

Koncentrace kovů ve vodném výluhu vyhověla hodnotám indikátorů znečištění ve všech sledovaných ukazatelích.

Vodný výluh - Pomocné indikační hodnoty vyhláška 273/2021 Sb.

Obsahy kovů ve vodném výluhu byly z větší části pod mezí detekce laboratorní metody, nebo velice nízké.

3.2.4.4. Znečištění podzemní vody

Koncentrace sledovaných látek v podzemní vodě z bagrovaných sond ilustruje následující tabulka.

Hlavní indikační hodnoty – IZ MP MŽP

Koncentrace zjišťovaných kovů byl v podzemní vodě podlimitní. Hodnoty IZ byly překročeny v sondě CS2 v koncentraci dusitanů (4,9 mg/l – IZ = 1,6 mg/l), fluoridů (8,1 mg/l – IZ = 0,62 mg/l) a Mn (0,45 a 0,99 mg/l – IZ = 0,32 mg/l).

Pomocné indikační hodnoty - Vyhláška 252/2004 kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu

Mírně zvýšená, hraniční koncentrace Ni: 0,021 mg/l se objevila ve vzorku podzemní vody ze sondy CS4, mírně překročila limit pro pitnou vodu (0,02 mg/l). V podzemní vodě se v dalších vzorcích neobjevily žádné zvýšené koncentrace sledovaných kovů, jejich koncentrace byly nízké nebo pod mezí detekce laboratorní metody.

Pro celou lokalitu je typické ovlivnění kvality podzemní vody vlastnostmi zemín deponovaných ve výsypce, která obsahuje jíly, písky, pískovce, pyritické a uhlonosné vrstvy a ty přirozeně obsahují stopově Ni. Nikl je vedlejší produkt působení silně mineralizované, síranové výsypkové vody. Při kontaktu s vodou dochází k vyluhování kovů z deponovaného materiálu. Voda má mírně zásaditý charakter.

Tabulka č. 16. Výsledky analýz podzemní vody (mg/l)

analýzy kapalných vzorků						hlavní indikační hodnoty	pomocné indikační hodnoty		
		podzemní voda				MP MŽP	v.252/04,	NV401/15,	limit
vzorek	j.	CS1	CS2	CS3	CS4	IZ prům. (US EPA)	příl. 1B	NEK (tab. 1a, 1b, 1c)	v.273/21, tab. 5.2, 10.1/l
parametr									
těžké kovy									
Cr	mg/l	-	0,0025	0,0095	0,0011	-	0,025	0,018	0,05
Cr ⁶⁺	mg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	0,000031		-	-
Cu	mg/l	-	0,11	<0,004	0,014	0,62	1	0,014	0,2
Ni	mg/l	-	<0,003	0,0068	0,021	0,3	0,02	0,034	0,04
Pb	mg/l	-	<0,005	<0,005	<0,005	0,01	0,005	0,014	0,05
Zn	mg/l	-	0,079	0,062	0,18	4,7		-	0,4
chem. a fyz. rozbor						-		-	-
pH při 25°C		-	9,5	8,4	8,2	-	6 - 9,5	5 - 9	≥6
vodivost	mS/m	-	4800	460	590	-	125	-	-
amonné ionty	mg/l	-	6,4	1,6	4,3	-	0,5	0,23	-
sírany	mg/l	-	19000	1800	2600	-	250	200	100
chloridy	mg/l	-	1600	260	230	-	250	150	80
hydrogenuhlíčitany	mg/l	-	55	140	183	-		-	-
dusičnany	mg/l	-	<1	1,5	<1	-	50	5,4	-
dusitany	mg/l	-	4,9	0,1	0,11	1,6	0,5	-	-
fluoridy	mg/l	-	8,1	1,5	3,3	0,62	1,5	0,8	1
CHSK-Mn	mg/l	-	42	2,7	3	-	5	-	-
RL	mg/l	-	8800	3600	4500	-		750	400
Ca	mg/l	-	580	280	290	-	30 - 80	190	-
Fe	mg/l	-	0,24	0,48	1,4	11	0,2	1	-
K	mg/l	-	1700	120	140	-	1 - 10	-	-
Mg	mg/l	-	200	110	200	-	10 - 30	120	-
Mn	mg/l	-	0,45	0,19	0,99	0,32	0,05	0,3	-
Na	mg/l	-	3500	440	550	-	200	-	-

Pomocné indikační hodnoty – Nařízení vlády 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod

Podle tohoto nařízení voda vykazuje 1x nadlimitní obsah mědi v sondě CS2 (0,11 mg/l, hodnota NEK je 0,014 mg/l). V této sondě je překročeno i pH, voda je zásaditější s pH 9,5. U dalších ukazatelů jsou překročeny hodnoty NEK téměř ve všech sondách: amonné ionty, sírany, chloridy, fluoridy, rozpuštěné látky, Mg, Mn, 1x Fe.

Pomocné indikační hodnoty vyhláška 273/2021 Sb. pro výluh

Limity tab. 5.2 a 10.1 této vyhlášky pro těžké kovy překročeny nebyly. Ukazatele, které byly překročeny, a to až o řád jsou: sírany, chloridy, fluoridy a rozpuštěné látky.

Shrnutí kvalitativních vlastností podzemní vody na lokalitě

V podzemní vodě sond CS2–CS4 byla zjištěna extrémně vysoká mineralizace (RL až 8 800 mg/l), velmi vysoká vodivost (až 4 800 mS/m), dominantními jsou síranové vody (až 19 000 mg/l!). Takový chemismus odpovídá silně chemicky pozměněným výsypkovým vodám. Klíčovým procesem je oxidace sulfidů. Při těžbě dochází k odkrytí hornin obsahujících sulfidy (např. pyrit FeS_2), následuje jejich oxidace na sírany: pyrit + kyslík + voda → sírany + železo + kyseliny. Tento proces vede k masivnímu nárůstu SO_4^{2-} (sírany), uvolňování Fe, Mn a dalších kovů, změně pH (často kyselé, ale může být i zásadité). V sondě CS2 má voda pH 9,5, což znamená, že ve vodách výsypky probíhá neutralizace (pravděpodobně karbonátové horniny – CaCO_3) a vznikají tzv. neutralizované důlní vody. Výsledkem je alkalická, ale silně zasolená voda.

Zkoumaná voda má extrémní iontové složení, nejvýraznější je obsah síranů: CS2 - 19 000 mg/l!, vysoký je obsah sodík a draslíku: Na až 3 500 mg/l, K až 1 700 mg/l, chloridů: až 1 600 mg/l. Takový stav ukazuje na vyluhování hornin a případný vliv technologických vod z bývalé těžby. Přítomnost dusíkatých látek signalizuje silný redoxní signál, vody vykazují vysoké NH_4^+ (amonné ionty) až 6,4 mg/l, zvýšené NO_2^- (dusitany) až 4,9 mg/l, nízké NO_3^- . Znamená to, že je ve výsypce redukční prostředí (málo kyslíku) a dochází k rozkladu organiky / starých sedimentů ve výsypce.

Koncentrace většiny kovů těžkých kovů není vysoká (Cr, Pb nízké), ale někde zvýšené: Fe až 1,4 mg/l, Mn až 0,99 mg/l, Ni zvýšené v CS4. Pro důlní vody je tento proces typický, dochází k mobilizaci Fe a Mn při změnách redoxu, tzn. že jejich rozpustnost roste při redukčních podmínkách.

Hodnota CHSK-Mn je až 42 mg/l (CS2), to ukazuje na přítomnost organických látek (např. z uhlí, huminových látek).

Obsah fluoridů činí až 8,1 mg/l (CS2), vysoká hodnota má geochemický původ (minerály ve výsypce).

Původní těžba a vznik výsypky způsobil masivní zvýšení mineralizace vody, extrémně vysoké koncentrace síranů, změnu redoxních podmínek, uvolňování Fe, Mn a Ni, alkalizaci vody. Důsledkem toho je vznik chemicky velmi odlišné podzemní vody od vod v přirozeném stavu. Taková voda je i ekologicky problematická, může způsobovat zasolování půd v extrémních případech změny ekosystémů.

Všechny vody jsou síranového typu (viz tabulka č. 17). V sondě CS2 je složení extrémní Na– SO_4 . Jde o téměř čistý sodný síranový typ, tomu odpovídá nejvyšší mineralizací, nejvyšším SO_4 , Na, K, Cl. Vysoké koncentrace a podíl těchto iontů značí dlouhý kontakt s výsypkou a intenzivní vyluhování spolu s iontovou výměnou. Jde o nejvíce transformovanou, čili stagnující vodu.

V sondách CS3 a CS4 je typ trochu odlišný Na–Ca–Mg– SO_4 / Na–Mg–Ca– SO_4 . Výskyt smíšených kationty znamená, že probíhá iontová výměna ($\text{Ca}^{2+} \leftrightarrow \text{Na}^+$), rozpouštění karbonátů (Ca, Mg), vliv síranů je stále silný.

Klíčovým procesem je iontová výměna, ke které ve výsypce dochází: voda rozpouští sírany a roste koncentrace SO_4 , sírany reagují s horninou (Ca^{2+} a Mg^{2+} se vážou, Na^+ se uvolňuje).

Výsledkem je přechod od Ca–Mg voda → Na voda. Obecně patří Na–SO₄ typy vody ke starším, více proměnlivým.

Podzemní voda v sondě CS2 je extrémně zatížený vzorek, znamená to, že voda v sondě, která je v centrální části zájmového areálu je dlouhodobě stagnující, silně ovlivněná voda materiálem výsypky.

Chemismus vod ve výsypce je charakterizován přechodem od smíšeného Mg–Na–Ca–SO₄ typu k výrazně transformovanému Na–SO₄ typu u podzemních vod, což odráží intenzivní vliv těžby, oxidaci sulfidů, následnou neutralizaci a iontovou výměnu vedoucí k silné mineralizaci a dominanci síranů.

Tabulka č. 17. Chemické typy v podzemní vodě

sonda	CS2	CS3	CS4
typ vody	Na-SO ₄	Na-Ca-Mg-SO ₄	Na-Mg-Ca-SO ₄

3.2.4.5. Znečištění povrchové vody

V nádrži na jv. straně areálu se akumuluje srážková voda z okolních svahů nad ní, složení povrchové vody je tedy ovlivněno kontaktem s okolní zeminou výsypky (dominují sírany), i když relativně krátkým.

Hlavní indikační hodnoty – Nařízení vlády 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod

Koncentrace kovů vyhověly hodnotám, ve čtyřech případech z pěti jsou pod mezí detekce laboratorní metody. Překročení koncentrací bylo zjištěno u rozpuštěných látek (2,7x), u síranů (4,9x), velmi mírně (1,2x) jsou překročeny koncentrace fluoridů. Obsah Mg byl na hranici limitu.

Tabulka č. 18. Chemický typ povrchové vody v retenční nádrži

povrch. v.	CR1
	Mg-Na-Ca-SO ₄

Pomocné indikační hodnoty – IZ MP MŽP

U sledovaných látek, pro které jsou stanoveny hodnoty IZ, nedošlo ve vzorku vody z retenční nádrže k překročení žádného z nich.

Pomocné indikační hodnoty - Vyhláška 252/2004 kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu

Limitům pro pitnou vodu (kterou ovšem voda v nádrži není) nevyhověly koncentrace vodivosti, síranů, Ca, K, Mn, obsah Na byl hraniční.

Koncentrace sledovaných látek v povrchové vodě v umělé retenční nádrži za jv. okrajem areálu jsou v následující tabulce.

Tabulka č. 19. Výsledky analýz povrchové vody (mg/l)

analýzy kapalných vzorků			hlavní indikační hodnoty	pomocné indikační hodnoty	
		povrch. v.	NV401/15, NEK (tab. 1a, 1b, 1c)	MP MŽP IZ prům. (US EPA)	v.252/04, příl. 1B
vzorek	j.	CR1			
parametr					
těžké kovy					
Cr	mg/l	0,0012	0,018	-	0,025
Cr ⁶⁺	mg/l	<0,05	-	0,000031	
Cu	mg/l	<0,004	0,014	0,62	1
Ni	mg/l	<0,003	0,034	0,3	0,02
Pb	mg/l	<0,005	0,014	0,01	0,005
Zn	mg/l	0,039	-	4,7	
chem. a fyz. rozbor			-	-	
pH při 25°C		7,4	5 - 9	-	6 - 9,5
vodivost	mS/m	230	-	-	125
amonné ionty	mg/l	<0,1	0,23	-	0,5
sírany	mg/l	980	200	-	250
chloridy	mg/l	61	150	-	250
hydrogenuhlíčitany	mg/l	220	-	-	
dusičnany	mg/l	<1	5,4	-	50
dusitany	mg/l	<0,05	-	1,6	0,5
fluoridy	mg/l	0,98	0,8	0,62	1,5
CHSK-Mn	mg/l	1,5	-	-	5
RL	mg/l	2000	750	-	
Ca	mg/l	110	190	-	30 - 80
Fe	mg/l	0,07	1	11	0,2
K	mg/l	36	-	-	1 - 10
Mg	mg/l	120	120	-	10 - 30
Mn	mg/l	0,25	0,3	0,32	0,05
Na	mg/l	200	-	-	200

3.2.5. Shrnutí plošného a prostorového rozsahu a míry znečištění

Průzkumné práce byly zaměřeny primárně na výskyt a vertikální distribuci sledovaných rizikových kovů, přítomných ve struskovém recyklátu, do podloží, podzemní a povrchové vody.

3.2.5.1. Nesaturovaná zóna – vrstva struskového recyklátu

Struskový recyklát tvoří svrchní cca 1 m mocnou vrstvu na ploše cca 20.900 m² (z celkové výměry pozemků 23.575 m²), tj. na zájmových pozemcích se nachází cca 20.900 m³ tohoto materiálu.

Koncentrace překračující IZ MP MŽP ve strusce se vyskytují jen u olova a arsenu.

Pro olovo počítá ÚAR příslušná zdravotní rizika ve vazbě na naměřené koncentrace a následně stanovuje teoretickou mezní rizikovou koncentraci, při jejímž překročení ve strusce by již hrozilo reálné zdravotní riziko, odpovídající budoucímu plánovanému způsobu využívání areálu.

Koncentrace arzenu jsou v Mostecké uhelné pánvi přirozeně zvýšené. Běžné hodnoty arzenu v povrchových horizontech zemin obvykle pohybují v rozmezí 20–40 mg/kg sušiny. Na tuto skutečnost reaguje i MP MŽP, který doplňuje konkrétní hodnotu IZ prům. 2,4 mg/kg o následující text: „V případě arsenu jsou v České republice vzhledem ke geochemickým poměrům v horninovém prostředí běžné vyšší koncentrace než uvedené indikátory znečištění. V takových případech jsou indikací znečištění až koncentrace arsenu překračující hodnoty přírodního pozadí v místně-specifických podmínkách hodnocené lokality.“ Koncentrace arzenu ve strusce sice nedosahuje běžných požadových hodnot v půdě, přesto zůstává tento kontaminant rizikovým pro lidské zdraví a **v rámci ÚAR jsme provedli výpočet rizik pro reálné naměřené hodnoty arzenu a stanovili teoretickou mezní rizikovou koncentraci.**

Výpočty reálných potenciálních rizik jsme provedli také pro šestimocný chrom a trojmocný chrom. Pro Cr^{6+} je stanovena teoretická mezní riziková koncentraci, Cr není toxický, proto nelze mezní hodnotu stanovit.

3.2.5.2. Nesaturovaná zóna – historické navážky pod struskou a původní podložní horniny

V zeminách nesaturované zóny, které jsou pod struskou a představují na celém území materiál výsypky nebylo zjištěno žádné znečištění kovy, analýzy v sušině odpovídají požadovým hodnotám, koncentrace ve výluzích jsou buď nepatrné, nebo pod hranici detekce. Žádný ze sledovaných indikačních limitů, hlavní nebo pomocný, překročen nebyl.

Pouze v sondě CS4 byly zaznamenány koncentrace Cr^{6+} mírně nad, nebo na hranici meze stanovitelnosti ve 4 vzorcích z 5ti, odebraných z celého vertikálního profilu sondy ze zemin v podloží strusky, která zde dosahuje vrstvy 0,9 m. Ve svrchním vzorku nejvyšší naměřená hodnota 0,307 mg/kg s. však představuje jen 5,5% z limitní koncentrace. Naměřený chrom nemá žádnou souvislost se struskou, v té jsou koncentrace Cr^{6+} ve dvou směsných vzorcích z celé plochy 0,07, resp. <0,06 mg/kg s. tj. 4,4x nižší. Tento rozdíl v koncentracích, fakt, že se Cr^{6+} vyskytuje téměř v celém profilu sondy od 1 do 4 m a to že propustnost jílovitého podloží je minimální, znamená že chrom sem byl transportován již při budování výsypky ze skrývky původních nadložních hornin povrchového dolu. V ostatních sondách a hloubkových úrovních Cr^{6+} detekován nebyl.

Tabulka č. 20. Porovnání koncentrací Cr^{6+} ve strusce a podložní zemině sondy CS4. (mg/kg s.)

<i>matrice</i>	<i>materiál</i>	<i>vzorek</i>	<i>hloubka (m p.t.)</i>	<i>Cr⁶⁺</i>
				mg/kg
zemina z bagrované sondy SC4	písčité jíl	CS4/1	1,1	0,307
	jíl	CS4/2	1,6	0,085
	jíl	CS4/3	2,1	0,106
	jíl	CS4/4	3,2	<0,060
	ustálená hl. podzemní vody		3,85	
	jíl	CS4/5	4,2	0,060
struska	struskový recyklát	1Č	0-0,1	0,07
	struskový recyklát	2Č	0-0,1	<0,06
hlavní indikační hodnota: MP MŽP IZ prům. (US EPA)				5,6

K rozšíření znečištění sledovanými kovy nedochází, ani do podloží, tím méně do širšího okolí.

3.2.5.3. Saturovaná zóna - podzemní voda

V podzemní vodě se nadlimitní přítomnost sledovaných kovů nikde nevyskytuje, hodnoty vůči hlavnímu indikačnímu limitu jsou velmi nízké, až zanedbatelné.

V podzemní vodě sondy CS4 se objevila ojediněle zvýšená koncentrace Ni (0,021 mg/l) překročila v rámci laboratorní chyby limit pro pitnou vodu, hodnoty IZ (0,3 mg/l) spolehlivě nedosáhla, byla o víc než řád nižší. V podzemní vodě sondy CS2 byla naměřena zvýšená koncentrace Cu, která překročila NV401/2015 (hodnotě IZ, limitu pro pitnou vodu a limitům výluhů 273/2021 Sb. vyhověla). Z pohledu celé lokality jde o lokálně zvýšené koncentrace Ni a Cu, které nebyly v podzemní vodě v širším okolí identifikovány. Koncentrace Ni a Cu ve strusce a především ve výluhu za strusky byly velmi nízké, zvýšená koncentrace tohoto prvku má původ v kontaktu vody s materiálem výsypek. V sondě CS3 se nadlimitní ani zvýšené koncentrace sledovaných kovů neobjevily.

Hodnoty IZ překročily koncentrace fluoridů (ve všech sondách), dusitanů (CS2) a manganu (CS2 a CS4). V podzemní vodě na celé lokalitě najdeme extrémně vysokou koncentraci síranů, chloridů, fluoridů, rozpuštěných látek, vápníku, draslíku, hořčíku a sodíku, vysokou vodivost, CHSK-Mn, vysokou koncentraci amonných iontů, železa a manganu. Jde o typický obraz podzemní vody výsypek, znečištění vlivem uložení strusky na povrch terénu nebylo zjištěno.

3.2.5.4. Povrchová voda

V povrchové vodě byly koncentrace sledovaných kovů pod mezí detekce, případně velmi nízké, ve všech naměřených koncentracích kovů vyhověla přípustným hodnotám pro povrchové vody uvedeným v NV 501/2015 Sb

Z analýz mj. vyplývá, že podzemní voda v areálu neovlivňuje kvalitu vody v retenční nádrži. Viz také hydroizohypsy v příloze č. 4 a kapitoly Přírodní poměry.

V povrchové vodě v umělé nádrži za JV okrajem areálu nebyly zjištěny nadlimitní koncentrace sledovaných kovů v porovnání s použitými limitními hodnotami. Voda se vyznačuje vysokou koncentrací síranů, fluoridů, rozpuštěných látek a vyšším obsahem Mg, které získává po kontaktu se zeminami deponovanými na výsypce.

3.2.6. Posouzení šíření znečištění

3.2.6.1. Šíření znečištění v nesaturované zóně

Šíření znečištění sledovanými kovy ze strusky v nesaturované zóně může být způsobeno pouze promýváním profilu srážkami a migrací případného znečištění vertikálním směrem k hladině podzemní vody, přičemž do hloubky se kontaminační mrak roztahuje do tvaru kužele. Materiál navážek je převážně jílovitý, není však důkladně zhutněný jako hornina v přirozeném stavu a na heterogenitách může docházet k rychlejšímu pohybu.

Potenciálním zdrojem znečištění byla označena vrstva strusky uložená na povrchu terénu. Podle výsledků vzorkování vodných výluhů strusky, které nevykázaly známky znečištění, se kovy ze strusky do podloží nemohou šířit. Koncentrace kovů v podložních výsypkových zeminách jsou velmi nízké, odpovídají přirozeným pozadovým hodnotám.

3.2.6.2. Šíření znečištění v saturované zóně

Kovy se šíří podzemní vodou ve formě rozpustných solí konvekci i difuzí. Pro šíření znečištění podzemními vodami je rozhodující směr proudění. Rychlost proudění podzemní vody na lokalitě závisí na propustnosti kolektoru a na sklonu hladiny.

Směr proudění je podle hydroizohyps (viz příloha č. 4) shodný s morfologií terénu k jihu až jihozápadu, směrem k okrajům výsypky.

V následujícím textu uvádíme orientační výpočet rychlosti proudění. Spád hladiny (hydraulický gradient) podzemní vody je poměrně proměnlivý od 0,9 do 1,7 %, průměrná hodnota je 1,3 %. Ze zrnitostní analýzy byl orientačně určen koeficient propustnosti $k_f = 3 \cdot 10^{-8}$ m/s, to odpovídá charakteru jílovité složky materiálu navážek. Je nasnadě, že v písčitéjších polohách, polohách se štěrkem nebo po diskontinuitách naváženého materiálu je pohyb vody nejméně o řád rychlejší, ovšem jen na krátké vzdálenosti, dokud pohybu nezabrání jílová složka, která je rozhodující a která pohyb výrazně zpomaluje. Jak bylo analyticky zjištěno, podzemní voda ve výsypce se pohybuje velmi pomalu až stagnuje.

Výpočet filtrační rychlosti byl (tj. zdánlivé rychlosti proudění podzemní vody v horninovém prostředí) byl proveden podle následujícího vztahu (Darcyho rychlost je definována jako objem vody, který proteče jednotkovou plochou za jednotku času):

$$v = k \cdot i$$

kde,

k – koeficient filtrace [m.s^{-1}]

i – hydraulický gradient [-]

v – filtrační (Darcyho) rychlost [m.s^{-1}]

Rychlost proudění podzemní vody v zeminách s jílovou složkou je $3,9 \cdot 10^{-10} \text{ m/s} = 0,034 \text{ m/den}$ = 12 cm za rok. Vidíme, že pohyb vody je velmi pomalý v řádech cm za rok, voda prakticky stagnuje. Kovy se šíří v iontové formě tzn. stejně rychle jako podzemní voda, proto je jejich šíření minimální.

3.2.6.3. Šíření znečištění povrchovými vodami

V povrchové vodě retenční nádrže nebyly zjištěny nadlimitní koncentrace sledovaných kovů. Doloženo bylo pouze ovlivnění povrchové vody vlastnostmi zemin na výsypce. Podle směru proudění podzemní vody vidíme, že retenční nádrž podzemní vody z lokality nedrnuje, proto se případné znečištění podzemní vody z území zájmového areálu do povrchové vody v retenci a dále odvodňovací struhou do bezejmenné vodoteče pod výsypkou šířit nemůže.

3.2.6.4. Charakteristika vývoje znečištění z hlediska procesů přirozené atenuace

Těžké kovy v životním prostředí zůstávají, pouze se mění jejich koncentrace a vlastnosti v závislosti na fyzikálně chemických podmínkách, ve kterých se nacházejí. V případě koncentrací Cr^{6+} se na jejich snižování nejvíce uplatní procesy ředění. V případě vhodných podmínek může docházet k jeho redukci na Cr^{3+} a vytváření jeho nerozpustných solí. K této redukci a zároveň kumulaci Cr dochází i v některých živých organismech. V případě Pb při změně podmínek může docházet k jeho dalšímu uvolňování do prostředí.

3.2.7. Shrnutí šíření a vývoje znečištění

Identifikované vysoké koncentrace kovů ve strusce se v nesaturované zóně pod struskou vertikálně nešíří, jak dokládá zonální vzorkování spodních etází zemin pod struskou. Podzemní voda prakticky stagnuje, pohybuje se v max. desítkách cm za rok, k případné migraci kovů může docházet pouze se stejnou rychlostí. Závažné nadlimitní koncentrace kovů v podzemní vodě překračující hodnoty IZ MP MŽP však nebyly zjištěny. Protože v blízkosti nádrže povrchové vody nebyla do hloubky 3,9 m zjištěna naražená ani ustálená hladina podzemní vody, nepředpokládáme přímé ovlivnění vody v nádrži podzemní vodou z výsypky. Nezabezpečená vrstva strusky na povrchu zájmového území, resp. okraje

struskové plochy mohou být teoreticky při extrémních deštích postupně roznášeny do blízkého do okolí – to se ale dosud nepotvrdilo.

Negativní vliv deponované strusky na okolní prostředí nebyl zjištěn.

3.2.8. Omezení a nejistoty

Standardně jsou omezení a nejistoty spojeny s vertikálně i horizontálně proměnlivým charakterem horninového prostředí, s počtem odebraných vzorků, dále s chybou při odběrech vzorků a chybou laboratorních stanovení. V našem případě nemají tato omezení na výstupy ÚAR žádný vliv. Předmět průzkumu a účel vyhodnocení je omezen na potenciálně negativní působení uložené vrstvy struskového recyklátu v místě a to jak na lidské zdraví, tak na okolní prostředí, které je tvořenou výsypkou.

4. HODNOCENÍ RIZIKA

Stanovení rizik vychází ze simulace budoucího stavu lokality, kdy bude v provozu recyklační středisko, případně jiná provozovna obdobného charakteru.

Rizika v této kapitole jsou proto počítána účelově pouze pro jeden zdroj znečištění - struskový recyklát, který se bude nacházet pod novým nepropustným asfaltovým povrchem. Průsaky přes tento povrch budou činit max. 10 % objemu srážek, 90 % objemu bude bezpečně odváděno z povrchu do retenční nádrže, ke kontaktu těchto srážek struskou nedojde.

4.1. Identifikace rizik

Výsledky získané v rámci vypracování této ÚAR provedených průzkumných prací jsou v tabulkách porovnány s platnou legislativou, která se ke konkrétnímu vzorku může vztahovat. Jedná se o:

- Metodický pokyn MŽP Indikátory znečištění (2013),
- Vyhláška 273/2021 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady,
- Vyhláška č. 252/2004 Sb. kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody,
- Nařízení vlády 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.

Rizika jsou v kapitole Hodnocení zdravotních rizik posuzována srovnáním s výpočty rizik dle EPA – limity pro karcinogenní a nekarcinogenní hodnoty a zvláště pro koncentraci olova v krvi.

Odhad rizika pro látky s nekarcinogenním účinkem byl proveden na základě výpočtu indexu nebezpečnosti, což je vyjádřeno jako poměr chronické denní dávky (CDI) případně průměrné denní absorbované dávky (ADD) a příslušné referenční dávky (RfD). Rovnice pro výpočet indexu nebezpečnosti:

$$HI = \frac{CDI}{RfD} \text{ případně } HI = \frac{ADD}{RfD}$$

Jako měřítko rizika karcinogenního účinku u jednotlivce bývá používán celoživotní vzestup pravděpodobnosti vzniku nádorových onemocnění ILCR (Incremental Lifetime Cancer Risk), který je dán násobkem celoživotní průměrné dávky LADD a směrnici karcinogenního rizika SF dle vztahu (MŽP 2005):

$$ILCR = CDI * SF \text{ případně } ILCR = LADD * SF$$

4.1.1. Kritéria pro určení zdravotních rizik

Vypočteným reálným expozicím byla přiřazena míra nebezpečnosti a bylo provedeno slovní hodnocení zjištěných rizik. Pro posouzení míry hodnocených rizik, byla zvolena kritéria dle metodiky US EPA:

1. pro hodnocení nekarcinogenního rizika byl použit index nebezpečnosti, jehož limitní hodnota je 1. Je definovaný jako procento potenciální expozice chemickému prvku k nejvyšší úrovni expozice, kdy ještě nenastanou projevy toxických účinků,
2. pro hodnocení individuálního celoživotního rizika rakoviny ze strany kontaminantů lze použít následující limitní kritéria: ELCR = 1,0E-06 (pravděpodobnost vzniku rakoviny u 1 člověka z milionu, při hodnocení regionálních vlivů obvykle nad 100 ohrožených osob), ELCR = 1,0E-05 (při hodnocení lokálních vlivů pro 10 až 100 osob), ELCR = 1,0E-04 (při hodnocení jednotlivců do 10 osob).

4.1.2. Hodnocení rizik pro zdraví člověka

Komplexní zpracování rizik předpokládá dostatečnou prozkoumanost kontaminovaného území a znalost všech transportních cest, kudy se může znečištění šířit mimo ohnisko znečištění.

Charakterizace rizika je konečná fáze v hodnocení zdravotních rizik. Její podstatou je srovnání výsledku hodnocení expozice, tedy expoziční dávky, s expozičním limitem, tj. toxikologicky akceptovatelným příjmem chemické látky.

Referenční koncentrace RfC (Reference Concentration) a **RfD** (Reference Dose) se používají jako míra potenciální systémové toxicity a rizika, vyplývajícího z expozice chemické látky.

Dávky nebo expozice, které se pohybují pod RfD nebo RfC, pravděpodobně při celoživotní expozici nezpůsobí poškození zdraví člověka.

Charakterizace nekarcinogenního rizika

Podstatou charakterizace rizika je srovnání výsledku hodnocení expozice, tedy expoziční dávky, s expozičním limitem, to je toxikologicky akceptovatelným (tolerovatelným) přísunem chemické látky. Za měřítko rizika nekarcinogenního účinku látky pro zdraví člověka se považuje tzv. index nebezpečnosti (Hazard Index HI = Σ Hazard Quotient HQ). Ten se stanovuje na základě znalosti referenčních dávek RfD a RfC, získaných z analýzy vztahu "dávka - účinek", a měřené nebo modelované průměrné denní dávky. Kritéria pro přijatelnou míru rizika z hlediska velikosti regionu, druhu lokality a vlastností populace jsou při charakterizaci rizika následující: HI = 1

Charakterizace karcinogenního rizika

V tomto případě musíme znát velikost expoziční dávky a faktor směrnice pro chemickou látku. Riziko zvýšení počtu nádorových onemocnění je kalkulováno pomocí faktoru směrnice (SF, Slope Factor) a expoziční dávky (LADD, Lifetime Average Daily Dose) nebo z průměrné celoživotní denní expozice (Chronic Daily Intake - CDI). Následně se hodnotí celoživotní pravděpodobnost možného karcinogenního rizika - individuální celoživotní riziko rakoviny (Individual Lifetime Cancer risk - ILCR).

Zvoleno bylo přijatelné riziko $ELCR = 10^{-5}$ (pravděpodobnost vzniku rakoviny u 1 člověka ze 100000, při hodnocení lokálních vlivů, řádově 10 až 100 ohrožených osob).

4.1.3. Určení a zdůvodnění prioritních škodlivin a dalších rizikových faktorů

Při určení prioritních škodlivin vycházíme z výsledků provedeného průzkumu a z historie lokality. Jako jednoznačně nejvýznamnější kontaminanty ve struskovém recyklátu na lokalitě je možno považovat následující látky:

- arsen (As)
- celkový chrom (Cr)
- šesti mocný chrom (Cr^{6+}) – byl zvolen z důvodu bezpečnosti
- olovo (Pb)

Koncentrace dalších polutantů nebyla nadlimitní v takové míře, aby představovaly riziko. Jejich koncentrace zjištěné ve vzorcích zemin jsou ekologicky nevýznamné, stejně tak jako z pohledu jejich zdravotních rizik.

4.1.4. Základní charakteristika příjemců rizik

Rizika lze v daném případě rozdělit na rizika zdravotní a na rizika ekologická.

Potenciální příjemci rizik byli vytipováni s ohledem na budoucí využití lokality. V budoucnu se počítá se zakrytím zájmového areálu nepropustným asfaltovým povrchem tak, aby zcela pokryl vrstvu strusky.

Riziko v daném případě představuje pouze případ, kdy dojde ke krátkodobým výkopovým pracím a neprodyšný povrch bude po určitou dobu narušen. Za příjemce zdravotních rizik je možno považovat pracovníky, kteří provádějí výkopové práce a přítomný stavební dozor.

Při realizaci enkapsulace strusky odpadá jakékoliv ekologické riziko.

4.1.5. Shrnutí transportních cest a přehled reálných scénářů expozice (aktualizovaný koncepční model)

Jediný reálný scénář, který připadá v budoucnosti v úvahu při zakrytí vrstvy strusky nepropustným povrchem, jsou výkopové práce. Jedinými příjemci rizik v tomto případě jsou pracovníci, kteří provádějí výkopové práce včetně stavebního dozoru. Uvažované transportní cesty k příjemcům rizik, které přicházejí v úvahu, je přímý dermální kontakt, náhodné požití a inhalace kontaminovaných prachových částic osobami.

Rizika plynoucí z kontaktu se struskou lze zcela eliminovat použitím ochranných pracovních pomůcek: rukavic a respirátorů a dodržováním zásad hygieny na pracovišti.

Tabulka č. 21. Aktualizovaný koncepční model

expoziční cesta	transportní cesta	příjemce rizik	poznámka
4	zemní práce na úpravě areálu (náhodné pozření, dermální kontakt, inhalace prachu)	pracovníci provádějící zemní práce, stavební dozor	budoucí riziko

Ostatní expoziční cesty zakrytím strusky mají nereálné transportní cesty a jsou vyloučené.

Vzhledem k tomu, že dojde k zakrytí vrstvy strusky nepropustným povrchem, nepřipadají v úvahu původně zvažované expoziční cesty 1, 2 a 3. V praxi to znamená, že nepřichází v úvahu žádná možnost kontaktu náhodných návštěvníků areálu, turistů nebo zaměstnanců sousedních areálů se struskou.

Ekologické riziko vznikající šířením eventuálního znečištění vymýváním z recyklátu strusky do podzemní vody a následně do retenční nádrže, případně do bezejmenné vodoteče je a bude vyloučeno z těchto důvodů:

- 1) Vodné výluhy strusky prakticky neprokázaly přítomnost sledovaných kovů.
- 2) Vrstva strusky bude zakryta nepropustným povrchem a prostupnost pro srážky se významně sníží.
- 3) Srážková voda z budoucí manipulační plochy bude odvedena buď do samostatného akumulárního zařízení nebo do stávající povrchové nádrže. Část vody (max. 10%) bude

vsáknuta do manipulační plochy. Jde o nekontaminovanou vodu, která nebude mít na kvalitu vody v nádrži negativní vliv.

- 4) Nepředpokládáme komunikaci mezi podzemní vodou a povrchovou vodou v retenční nádrži. V sondě CS1 hluboké 3,9 m nebyla ani 4 dnech naměřena hladina podzemní vody, zatímco v ostatních sondách hladina nastoupala do úrovně 3 až 3,85 m. Lokální zvodeň, která se vytváří pod plochou, kde je navezená struska, směrem k retenční nádrži nebyla zjištěna, nebo hladina je lokálně zakleslá tak hluboko, že ke kontaktu s podložím retenční nádrže nemůže dojít.
- 5) Provedené analýzy koncentrací sledovaných kovů v podzemní vodě signalizují jejich podlimitní koncentrace. Podzemní voda se pohybuje směrem k okrajům výsypky, její pohyb je však velmi pomalý jednotky až první desítky cm za rok. Pokud probíhá infiltrace podzemní vody do povrchové vody vodoteče pod výsypkou, dochází k tomu ve zcela zanedbatelném množství, které se ve vodoteči naředí.

4.2. Hodnocení zdravotních rizik

4.2.1. Srovnání s platnou legislativou

Srovnání výsledků laboratorních rozborů obsahu sledovaných kovů a dalších sledovaných látek ve vzorcích zemín, podzemní a povrchové vody odebraných v rámci průzkumných prací je provedeno v příslušných kapitolách.

4.2.2. Hodnocení expozice

Hodnocení expozice a následná charakterizace rizik ohrožení zdraví z dříve definovaných prioritních kontaminantů (As, Cr celkový, Cr^{6+} , Pb) byly provedeny modelovým výpočtem založeným na metodice RAGS (Risk Assessment Guidance for Superfund Part B, 1991). Model i podkladová data jsou dostupná v on-line modelu v Risk Assessment Information System (Oak Ridge National Laboratory). Model je stejně jako řešení ÚAR založen na metodice zpracované pro řešení zátěží v rámci Superfundu. Tento model využívá toxikologické hodnoty a expoziční parametry a rovnice používané US EPA pro kvantifikaci rizik jednotlivých scénářů využití území. Model zároveň upravuje konečné hodnoty tak, aby nebyly závislé na věku. Detailní informace o předpokladech, vstupních hodnotách a použitých rovnicích modelu jsou dostupné na http://rais.ornl.gov/tools/rais_chemical_risk_guide.html.

Zdroj výpočtů EPA - https://rais.ornl.gov/cgi-bin/prg/PRG_search?select=chem
a https://rais.ornl.gov/cgi-bin/prg/RISK_search?select=chem

Karcinogenní rizika: ELCR = 10^{-5}

Nekarcinogenní rizika: HQ = 1

Adherenční faktor AF byl zadán ve výši $0,12 \text{ mg/cm}^2$, pro srovnání byla rizika počítána na celoživotní expozice ED 5 let, frekvence expozice 30 dní, tj. krátkodobější expozice odpovídající nárazovým výkopovým pracím. Do výpočtů byly zadány maximální zjištěné koncentrace As ($5,2 \text{ mg/kg suš.}$), Cr (1500 mg/kg suš.), Cr^{6+} (do výpočtů byl přidán z hlediska bezpečnosti – $0,07 \text{ mg/kg suš.}$), Pb ($2000 \text{ mg/kg v sušině}$), které byly naměřeny ve strusce na lokalitě Čepirohy. Hodnoty byly zadány na straně bezpečnosti. Hloubka znečištění byla zvolena $0,1 \text{ m}$ pod terénem.

Modelové výpočty byly zadány pro pracovníky, kteří konají zemní práce a stavební dozor (outdoor worker) po zakrytí struskového recyklátu nepropustným povrchem.

Zkratky používané v tabulkách a výstupech výpočtů jsou uvedeny v přehledu použitých zkratek.

Tabulka č. 22. Základní parametry výpočtů a výpočet rizika pro pracovníky při zemních pracích

Chemical	CAS Number	Category	Mutagen ?	VOC ?	RfD (mg/kg-day)	RfD Ref	RfC (mg/m3)	RfC Ref	SfD (mg/kg-day)-1	SfD Ref	IUR (ug/m3)-1	IUR Ref	ABSGi	ABSDerm
Arsenic, Inorganic Chromium(VI)	7440-38-2	Metals	No	No	6,00E-05	IC	1,50E-05	C	3,20E+01	IC	4,30E-03	IC	1,00E+00	3,00E-02
Chromium, Total	7440-47-3	Metals	No	No	9,00E-04	IC	3,00E-05	IC	1,60E-01	IC	1,10E-02	IC	2,50E-02	-
Lead and Compounds	7439-92-1	Metals	No	No	-	-	-	-	-	-	-	-	1,30E-02	-
*Total Risk/Hi														

Chemical	Particulate Emission Factor (m3/kg)	Henry's Law Constant (atm-m3/mole)	Henry's Law Constant (unitless)	H' and HLC Ref	Henry's Law Constant Used in Calcs (unitless)	Normal Boiling Point BP (K)	Critical Temperature TC (K)	TC Ref	TC Ref	Dia (cm2/s)	Diw (cm2/s)	Soil Concentration (mg/kg)	Ingestion Noncarcinogenic CDI (mg/kg-day)	Dermal Noncarcinogenic CDI (mg/kg-day)
Arsenic, Inorganic Chromium(VI)	1,36E+09	-	-	-	-	8,88E+02	1,67E+03	CRC	1,79E-01	2,96E-05	5,20E+00	5,20E+00	3,21E-07	1,13E-07
Chromium, Total	1,36E+09	-	-	-	-	2,92E+03	8,56E+03	YAWS	1,36E-01	1,59E-05	7,00E-02	7,00E-02	7,19E-09	-
Lead and Compounds	1,36E+09	2,45E-02	1,00E+00	EPI	1,00E+00	2,02E+03	5,40E+03	YAWS	2,51E-01	4,62E-05	1,50E+03	1,50E+03	1,54E-04	-
*Total Risk/Hi														

Chemical	Inhalation Noncarcinogenic CDI (mg/m3)	Ingestion Carcinogenic CDI (mg/kg-day)	Dermal Carcinogenic CDI (mg/kg-day)	Inhalation Carcinogenic CDI (ug/m3)	Ingestion HQ	Dermal HQ	Inhalation HQ	Total HI	Ingestion Risk	Dermal Risk	Inhalation Risk	Total Risk
Arsenic, Inorganic Chromium(VI)	1,05E-10	2,29E-08	8,08E-09	7,49E-09	5,34E-03	1,88E-03	6,99E-06	7,23E-03	7,33E-07	2,58E-07	3,22E-11	9,91E-07
Chromium, Total	1,41E-12	5,14E-10	-	1,01E-10	7,99E-06	-	4,70E-08	8,04E-06	8,22E-11	-	1,11E-12	8,33E-11
Lead and Compounds	3,02E-08	1,10E-05	-	2,16E-06	-	-	-	-	-	-	-	-
*Total Risk/Hi												

Olovo je problém hlavně kvůli nekarcinogenním, zejména neurologickým účinkům, přitom pro olovo neexistuje klasická referenční dávka (RfD) a HQ má tudíž omezené použití. Místo HQ a ELCR se mohou použít jiné přístupy. Koncentrace Pb v zemině se převede na denní příjem (hlavně ingescí a inhalací prachu). Z toho se odhadne Pb v krvi (BLL). Výstupem je pravděpodobnost překročení cílové hladiny v krvi (typicky 10 µg/dL historicky, dnes spíš nižší).

Vstupní údaje a scénář expozice

Hodnocení bylo provedeno pro pracovníky vystavené kontaminované strusce během zemních prací v událostním režimu expozice (struska bude zakrytá nepropustnou asfaltovou vrstvou):

- koncentrace Pb: 2000 mg/kg
- expozice: 30 dní/rok po dobu 5 let
- receptor: dospělý pracovník zemních prací
- povrch: většina plochy pod asfaltovou vrstvou (faktor omezení expozice) 0,5
- expoziční cesty: náhodné požití půdy/prachu (ingesce), inhalace resuspendovaného prachu
- dermální expozice není uvažována jako významná

Pro hodnocení byl aplikován model Adult Lead Methodology (toxikokinetický model používaný hlavně agenturou US EPA ALM), který odhaduje koncentraci olova v krvi (BLL: Blood Lead Level — koncentrace olova v krvi) jako hlavní ukazatel zdravotního rizika.

Charakter expozice a kinetika olova

Na rozdíl od dlouhodobé expozice nedochází v tomto scénáři k ustavení ustálené koncentrace olova v krvi. Vzhledem k biologickému poločasu olova v krvi (~30 dní) dochází mezi jednotlivými expozičními periodami k významnému poklesu BLL.

Expozice má tedy epizodický charakter, který vede k nižší průměrné systémové zátěži.

Odhad příjmu – ingesce 12 µg/den

(denní ingesce půdy: 100 mg/den)

Odhad příjmu – inhalace 0,45 µg/den

Odhad koncentrace Pb v krvi (BLL): 1,9 µg/dl

4.2.3. Odhad zdravotního rizika

Teoretické riziko nekarcinogenních účinků je charakterizováno použitím kvocientu nebezpečnosti (HQ, resp. HI), který je vypočten jako poměr průměrné denní dávky k referenční dávce:

$$HQ = ADD / RfD$$

Pokud je $HQ < 1$ je úroveň expozice přijatelná a nehrozí významnější riziko. Reálné riziko nekarcinogenního účinku hrozí při $HQ \geq 1$. Existuje možnost poškození zdraví, ale nemusí se jednat o indikaci závažných zdravotních rizik, protože RfD a výpočet ADD jsou účelově nadhodnocené. Při současném působení více kontaminantů je nezbytné uvažovat sumární koeficient nebezpečnosti:

$$HI\S = HQa + HQb + HQc + \dots + HQn$$

U látek s karcinogenním účinkem se vychází z představy, že škodlivý účinek se může projevit již v nejmenších dávkách a se zvyšující se dávkou roste také pravděpodobnost jeho vzniku.

Nadměrné celoživotní karcinogenní riziko (ELCR), spojené s expozicí látek identifikovaných jako karcinogeny, je vypočteno jako součin konzervativní hodnoty průměrné celoživotní expozice (LADD) a faktoru směrnice karcinogenity (SF):

$$ELCR = LADD \times SF;$$

respektive jako součin chronického denního příjmu (CDI), vztaženého v obecných případech na celoživotní expozici v délce 70 let, a faktoru směrnice karcinogenity (SF), tedy:

$$ELCR = CDI \times SF$$

Vzhledem k uvažované 95% pravděpodobnosti účinků je vypočtená hodnota ELCR většinou horní hranicí rizika a skutečné riziko by nemělo být větší. Za přijatelnou míru rizika jsou považovány tyto hodnoty ELCR:

$1 \cdot 10^{-6}$ (pravděpodobnost vzniku rakoviny u 1 člověka z 1 000 000) při hodnocení regionálních vlivů, obvykle nad 100 ohrožených osob,

$1 \cdot 10^{-5}$ (pravděpodobnost vzniku rakoviny u 1 člověka ze 100 000) při hodnocení lokálních vlivů, řádově mezi 10 a 100 ohroženými osobami,

$1 \cdot 10^{-4}$ (pravděpodobnost vzniku rakoviny u 1 člověka z 10 000) při hodnocení jednotlivců do 10 osob.

Výsledné hodnoty HQ a ELCR získané výše uvedeným modelovými výpočty jsou uvedeny v tabulce č. 21.

Z této tabulky je vidět, že pro pracovníky vykonávajícími zemní práce po zakrytí strusky nepropustným povrchem nekarciogenní riziko žádné nevzniká (hodnota 1 nebyla překročena). Velmi nízké, zanedbatelné karcinogenní riziko vyplývá z přítomnosti arsenu, mírně překračuje ELCR 10^{-6} , což pro lokalitu nemá praktický význam. Vypočtené celkové karcinogenní riziko $1,12 \cdot 10^{-6}$ se nachází při dolní hranici akceptovatelného rozmezí, tudíž nepředstavuje významné zdravotní riziko zvláště proto, že se zabýváme pouze lokálním působením na 10 až 100 osob, a to by mělo smysl řešit při překročení hodnoty ELCR $\times 10^{-5}$. Nejvyšší míru rizika, i když velmi nízkého, byla zaznamenána u arsenu při dermálním kontaktu a ingesci, a u olova při ingesci.

Ve výsledcích výpočtů nebyl rozdíl při použití chronických RfD/RfC hodnot nebo subchronických RfD/RfC hodnot.

Zvláště byla počítána pravděpodobnost překročení cílové hladiny v krvi u olova. Olovo je neurotoxická látka s bezprahovým účinkem, přičemž hlavním indikátorem zdravotního rizika je koncentrace v krvi (BLL).

V hodnoceném scénáři jsou hodnoty Pb v krvi nízké 1,9 µg/dl. Hraniční hodnota pro zvýšenou expozici je 5 µg/dl, pro zdravotní riziko 10 µg/dl.

Významnou eliminací případného rizika je dodržování protiprašných opatření, hygienických zásad a používání ochranných pracovních pomůcek.

4.3. Hodnocení ekologických rizik

Ekologické riziko pro okolní systémy při zakrytí vrstvy strusky nepropustným materiálem nevznikne. 90% srážkové vody bude z budoucí manipulační plochy odvedeno, vsakování srážkové vody do podloží bude omezeno na max. 10 %.

Ekologické riziko vznikající šířením eventuálního znečištění vymýváním z recyklátu strusky do podzemní vody a následně do retenční nádrže, případně do bezejmenné vodoteče bylo vyloučeno pro neexistující transportní cesty. Nebylo prokázáno vyluhování sledovaných kovů ze strusky do podloží. Komunikace mezi podzemní vodou na budoucí manipulační ploše a povrchovou vodou v retenční nádrži nebyla prokázána. Provedené analýzy sledovaných kovů v podzemní vodě nezjistily jejich nadlimitní koncentrace. Podzemní voda se velmi pomalu pohybuje směrem k okrajům výsypky odhadovanou rychlostí v jednotkách až prvních desítkách cm za rok. Pokud probíhá infiltrace podzemní vody do povrchové vodoteče pod výsypkou, dochází k tomu v zanedbatelném množství, které se ve vodoteči naředí.

4.4. Shrnutí celkového rizika

Rizika pro obyvatele.

Při výpočtu rizika byl posuzován budoucí stav, kdy dojde k zakrytí vrstvy strusky asfaltovou směsí. Pro výpočty byly uvažovány maximální zjištěné koncentrace sledovaných kovů ve strusce (As, Cr⁶⁺, celkový Cr, Pb). Teoreticky bylo počítáno s rizikem pro dělníky provádějící výkopové (zemní) práce, případně pro stavební dozor. Zdravotní riziko pro tento scénář nebylo zjištěno (HQ < 1, ELCR = 1,12 · 10⁻⁶). Rizika spojená se stavebními pracemi lze dostatečným způsobem eliminovat užíváním odpovídajících ochranných prostředků a dodržováním základních hygienických pravidel a BOZP.

Vzhledem k tomu, že v okolí areálu bude nadále fungovat provoz v místních průmyslových a skladových areálech a že v okolí je volnočasově využívaná zóna, bude zde docházet ke stálému zvýšenému pohybu osob. Z těchto důvodů je potřeba zvýšenou pozornost zajištění správné funkce nepropustného povrchu manipulační plochy, při případných výkopových pracích zajistit maximální ochranu pohybujících se osob v okolí. Jde v první řadě dodržovat pravidelnou kontrolu a údržbu nepropustného povrchu. V případě, kdy dojde k porušení svrchní ochranné vrstvy nebo k nezbytným zemním pracím je potřeba minimalizovat prašnost, omezit kontakt

s materiálem, využít ochranné pracovní prostředky, zajistit odborný dohled při manipulaci s odkrytým materiálem.

Ekologická rizika

Vzorkováním podzemní a povrchové vody nebyla žádná ekologická rizika zjištěna. V podzemní a povrchové vodě nebyly nadlimitní koncentrace sledovaných kovů zjištěny.

Ekologické riziko pro okolní systémy při zakrytí vrstvy strusky nepropustným materiálem nevznikne. Promývání srážkovou vodou bude razantně omezeno odvedením převážného množství vody z plochy.

Ekologické riziko pro okolní ekosystémy vznikající šířením eventuálního znečištění vymýváním z recyklátu strusky do podzemní vody a následně do retenční nádrže, případně do bezejmenné vodoteče bylo vyloučeno pro neexistující transportní cesty.

4.5. Omezení a nejistoty

Určitou nejistotou provedení hodnocení zdravotního rizika je vždy určité omezení množství vstupních dat. Kontaminace v zemině bývá prostorově heterogenní; vzorkování nemusí zachytit skutečné maximum ani průměr. Nejistotu představují i analytické chyby: laboratorní nejistoty, limity detekce a možné systematické chyby.

Nejistotu představuje také použití vhodných konstant a časových úseků. Výsledek modelového řešení je při akceptování expozičních parametrů závislý na expoziční koncentraci a použitých toxikologických hodnotách. Metodika RAIS je záměrně konzervativní, často je nadhodnocena expozice i riziko, často nezohledňuje lokální podmínky (typ půdy, klima, hydrologie). RAIS obvykle pracuje s celkovou koncentrací v zemině a nebere v úvahu, že jen část kontaminantu je skutečně biologicky dostupná, což může vést k nadhodnocení rizika zejména u kovů.

5. DOPORUČENÍ NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ

Doporučení nápravných opatření vychází z předpokladu, že areál bude upraven tak, že struskový recyklát bude použit jako podkladová vrstva. Na ni bude položena nepropustná vrstva, z jejího povrchu bude odvedena srážková voda. Maximální mocnost strusky je 1 m.

Nepropustným povrchem se rozumí asfaltová směs, beton nebo podobné materiály, které razantně snižují množství vody, která tímto materiálem pronikne. Způsob odvádění vody z finálního povrchu musí omezit množství srážkové vody, která se dostane do kontaktu se struskovým recyklátem, na nejvýše 10 %.

5.1. Doporučení cílových parametrů nápravných opatření

Stanovení teoretických cílových limitních koncentrací v případě zájmového areálu je v relaci s budoucím využitím území: vybudování recyklačního centra, se zakrytím vrstvy struskového recyklátu nepropustným povrchem.

Limitní koncentrace byly počítány pro As, Cr⁶⁺, Cr celkový a Pb, u kterých byly zjištěny nadlimitní hodnoty a jsou považovány za nejrizikovější kovy. Na základě zvolené mezní hodnoty ELCR = $1 \cdot 10^{-5}$ a zvoleného expozičního scénáře byly provedeny výpočty teoretických mezních koncentrací, kdy se už začínají projevovat známky rizika. Za cílové limity byly přijaty hodnoty mezních koncentrací, u kterých se už projevilo nekarcinogenní riziko $HI \geq 1$ a významné karcinogenní riziko $ELCR \geq 1 \cdot 10^{-5}$ používané pro hodnocení lokálních vlivů, řádově mezi 10 a 100 ohroženými osobami.

Zdrojem výpočtů jsou běžně užívané tabulky zveřejněné US EPA - https://rais.ornl.gov/cgi-bin/prg/RISK_search?select=chem.

Adherenční faktor AF byl zadán ve výši 0,12 mg/cm², byla zvolena konzervativní celoživotní expozice ED 10 let, konzervativní frekvence expozice 225 dní, hloubka ohniska 0,1 m. Výpočet cílové koncentrace byl proveden pro pracovníky při zemních pracích.

Tabulka č. 23. Výpočet cílové koncentrace pro pracovníky při zemních pracích pro As

Chemical	CAS Number	Category	Mutagen ?	VOC?	RfD (mg/kg-day)	RfD Ref	RfC (mg/m3)	RfC Ref	SFo (mg/kg-day)-1	SFo Ref	IUR (ug/m3)-1	IUR Ref
Arsenic, Inorganic	7440-38-2	Metals	No	No	6,00E-05	IC	1,50E-05	C	3,20E+01	IC	4,30E-03	IC
Chemical	ABSgi	ABSderm	Particulate Emission Factor (m3/kg)	Normal Boiling Point BP (K)	BP Ref	Critical Temperature TC (K)	TC Ref	Dia (cm2/s)	Diw (cm2/s)	Soil Concentration (mg/kg)	Ingestion Noncarcinogenic CDI (mg/kg-day)	Dermal Noncarcinogenic CDI (mg/kg-day)
Arsenic, Inorganic	1,00E+00	3,00E-02	1,36E+09	8,88E+02	PHYSR OP	1,67E+03	CRC	1,79E-01	2,96E-05	1,00E+01	4,62E-06	9,78E-07
Chemical	Inhalation Noncarcinogenic CDI (mg/m3)	Ingestion Carcinogenic CDI (mg/kg-day)	Dermal Carcinogenic CDI (mg/kg-day)	Inhalation Carcinogenic CDI (ug/m3)	Ingestion HQ	Dermal HQ	Inhalation HQ	Total HI	Ingestion Risk	Dermal Risk	Inhalation Risk	Total Risk
Arsenic, Inorganic	1,51E-09	6,60E-07	1,40E-07	2,16E-07	7,71E-02	1,63E-02	1,01E-04	9,35E-02	2,11E-05	4,47E-06	9,29E-10	2,56E-05

Tabulka č. 24. Výpočet cílové koncentrace pro pracovníky při zemních pracích pro Cr6+

Chemical	CAS Number	Category	Mutagen ?	VOC ?	RfD (mg/kg-day)	RfD Ref	RfC (mg/m ³)	RfC Ref	SF _o (mg/kg-day) ⁻¹	IUR (ug/m ³) ⁻¹	IUR Ref	ABS _{gi}	ABS _{derm}
Chromium(VI)	9	Metals	Yes	No	9,00E-04	IC	3,00E-05	IC	1,60E-01	1,10E-02	IC	2,50E-02	-

Chemical	Particulate Emission Factor (m ³ /kg)	Soil Saturation Concentration (mg/kg)	Henry's Law Constant (atm-m ³ /mole)	Henry's Law Constant (unitless)	H ⁺ and HLC Ref	Henry's Law Constant Used in Calcs (unitless)	Normal Boiling Point BP (K)	BP Ref	Critical Temperature T _c (K)	T _c Ref	D _{ia} (cm ² /s)	D _{iw} (cm ² /s)	Soil Concentration (mg/kg)	Ingestion Noncarcinogenic CDI (mg/kg-day)
Chromium(VI)	1,36E+09	-	-	-	Ref	-	-	Ref	-	Ref	1,36E-01	1,59E-05	1,00E+02	7,71E-05

Chemical	Dermal Noncarcinogenic CDI (mg/kg-day)	Inhalation Noncarcinogenic CDI (mg/m ³)	Ingestion Carcinogenic CDI (mg/kg-day)	Dermal Carcinogenic CDI (mg/kg-day)	Inhalation Carcinogenic CDI (ug/m ³)	Ingestion HQ	Dermal HQ	Inhalation HQ	Total HI	Ingestion Risk	Dermal Risk	Inhalation Risk	Total Risk
Chromium(VI)	-	1,51E-08	1,10E-05	-	2,16E-06	8,56E-02	-	5,04E-04	8,61E-02	1,76E-06	-	2,38E-08	1,79E-06

Tabulka č. 25. Výpočet cílové koncentrace pro pracovníky při zemních pracích pro Cr celkový

Chemical	CAS Number	Category	Mutagen ?	VOC?	RfD (mg/kg-day)	RfD Ref	RfC (mg/m3)	RfC Ref	SFo (mg/kg-day)-1	SFo Ref	IUR (ug/m3)-1	IUR Ref	ABSGi	ABSDerm
Chromium, Total	7440-47-3	Metals	No	No	-	-	-	-	-	-	-	-	1,30E-02	-
Chemical	Particulate Emission Factor (m3/kg)	Soil Saturation Concentration (mg/kg)	Henry's Law Constant (atm-m3/mole)	Henry's Law Constant (unitless)	H' and HLC Ref	Henry's Law Constant Used in Calcs (unitless)	Normal Boiling Point BP (K)	BP Ref	Critical Temperature TC (K)	TC Ref	Dial (cm2/s)	Dial Ref	Soil Concentration (mg/kg)	Ingestion Noncarcinogenic CDI (mg/kg-day)
Chromium, Total	1,36E+09	-	-	-	-	-	2,92E+03	PHYSOP	8,56E+03	YAWS	2,51E-01	4,62E-05	1,80E+06	1,39E+00
Chemical	Dermal Noncarcinogenic CDI (mg/kg-day)	Inhalation Noncarcinogenic CDI (mg/m3)	Ingestion Carcinogenic CDI (mg/kg-day)	Dermal Carcinogenic CDI (mg/kg-day)	Inhalation Carcinogenic CDI (ug/m3)	Ingestion HQ	Dermal HQ	Inhalation HQ	Total HI	Ingestion Risk	Dermal Risk	Inhalation Risk	Total Risk	
Chromium, Total	-	2,72E-04	1,98E-01	-	3,89E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabulka č. 26. Výpočet cílové koncentrace pro pracovníky při zemních pracích pro Pb

Chemical	CAS Number	Category	Mutagen ?	VOC?	RfD (mg/kg-day)	RfD Ref	RfC (mg/m3)	RfC Ref	SfO (mg/kg-day)-1	SfO Ref	IUR (ug/m3)-1	IUR Ref	ABSGi	ABSderm
Lead and Compounds	7439-92-1	Metals	No	No	-	-	-	-	8,50E-03	C	1,20E-05	C	1,00E+00	-
Chemical	Particulate Emission Factor (m3/kg)	Soil Saturation Concentration (mg/kg)	Henry's Law Constant (atm-m3/mole)	Henry's Law Constant (unitless)	H ⁺ and HLC Ref	Henry's Law Constant Used in Calcs (unitless)	Normal Boiling Point BP (K)	BP Ref	Critical Temperature TC (K)	TC Ref	Dial (cm2/s)	Dial (cm2/s)	Soil Concentration (mg/kg)	Ingestion Noncarcinogenic CDI (mg/kg-day)
Lead and Compounds	1,36E+09	-	2,45E-02	1,00E+00	EPI	1,00E+00	2,02E+03	CRC	5,40E+03	YAWS	6,64E-02	2,65E-05	8,00E+03	6,16E-03
Chemical	Dermal Noncarcinogenic CDI (mg/kg-day)	Inhalation Noncarcinogenic CDI (mg/m3)	Ingestion Carcinogenic CDI (mg/kg-day)	Dermal Carcinogenic CDI (mg/kg-day)	Inhalation Carcinogenic CDI (ug/m3)	Ingestion HQ	Dermal HQ	Inhalation HQ	Total HI	Ingestion Risk	Dermal Risk	Inhalation Risk	Total Risk	
Lead and Compounds	-	1,21E-06	8,81E-04	-	1,73E-04	-	-	-	-	7,49E-06	-	2,07E-09	7,49E-06	

Z výpočtů v předchozích tabulkách vyplývá:

- 1) Při modelové koncentraci arzenu 10 mg/kg sušiny může nastat pravděpodobnost vzniku rakoviny u 1 člověka ze 100000. Riziko vzniká ingescí a dermálním kontaktem. Nekarcinogenní riziko nevzniká $HI < 1$.
- 2) Při modelové koncentraci $Cr^{6+} = 100$ mg/kg sušiny může nastat pravděpodobnost vzniku rakoviny u 1 člověka ze 1 000 000, což je vzhledem k využití lokality velice nízká míra pravděpodobnosti. Jde o zanedbatelné riziko. Nekarcinogenní riziko nevzniká $HI < 1$.
- 3) Při modelové koncentraci celkového Cr = 1 800 000 mg/kg sušiny nenastane pravděpodobnost vzniku rakoviny ani nevznikne žádné nekarcinogenní riziko.
- 4) Při modelové koncentraci olova 8000 mg/kg sušiny může nastat pravděpodobnost vzniku rakoviny u 1 člověka ze 1000000, ELCR nepřekračuje hodnotu určenou pro lokalitu 10^{-5} . Riziko vzniká ingescí. Nekarcinogenní riziko nevzniká.

Základní vstupní údaje byly zvoleny na straně bezpečnosti. K dlouhodobému vystavení potenciálnímu riziku během zemních prací po dobu 10 let a po celý rok nikdy nedojde.

Hodnota HI byla vždy nižší než 1, neočekávají se tedy nepříznivé nekarcinogenní zdravotní účinky.

Celkový chrom není nebezpečný, ani u extrémně vysoké modelové koncentrace nebylo zaznamenáno žádné riziko.

Celkové karcinogenní riziko spadá u As, Cr^{6+} , Pb do typického akceptovatelného rozmezí 10^{-6} až 10^{-4} . Indikováno je přijatelné riziko, které je na nižší až střední úrovni tohoto intervalu.

Při koncentraci v zemině 8000 kg/suš. je dlouhodobý obsah olova v krvi BLL = 3,2 µg/dl, hodnota nepřekročila hranici pro zvýšenou BLL (5 µg/dl), je stále pod běžným screeningovým limitem.

Protože rizika, která vznikají v případě arzenu a olova jsou způsobena ingescí a dermálním kontaktem, je možné riziku zcela předejít. Z tohoto důvodu má smysl dodržovat běžná opatření jako jsou:

- hygiena (nejíst a nepít během práce, mytí rukou),
- omezení prašnosti (skrápění, případně respirátor při suchu),
- pracovní rukavice.

Těmito opatřeními se riziko významně snižuje.

V následující tabulce uvádíme teoretické cílové limity, které vycházejí z předchozích výpočtů hraničních rizik. Jde o hodnoty, které jsou ještě akceptovatelné při budoucím využití areálu, kdy dojde k překrytí strusky nepropustným povrchem.

Z následující tabulky je vidět, že hodnoty stanovených limitů jsou vyšší než maximální koncentrace naměřené na lokalitě. Znamená to, že po zakrytí strusky nepropustným povrchem budou splněny podmínky bezrizikového využívání areálu.

Tabulka č. 27. Porovnání teoretických cílových limitů a nejvyšších koncentrací na lokalitě

prvek	teoretické cílové limity (mg/kg suš.)	maximální koncentrace na lokalitě(mg/kg suš.)
Arzén	20	5,2
Chrom ⁶⁺	80	0,07
Olovo	6 400	2 000

Pro celkový chrom nemá smysl určovat cílové limity, protože není nebezpečný.

Pro arzén byla zvolena dvojnásobná hodnota, než byla odvozena z výpočtů US EPA a sice z důvodu výskytu „původních“ vyšších koncentrací arzenu na lokalitě, který pochopitelně US EPA do svých výpočtů nezahrnuje. EIA MZP245 (Vršany) uvádí obsah arzenu ve skryvkových horninách přibližně 1–20 mg/kg běžně, lokálně až ~30 mg/kg v sulfidických zónách (v příloze 7 Kubizňák, Čermák 2009, Základní pedologický průzkum). Arzén je vázán na sulfidické minerály a jeho mobilita se zvyšuje při oxidaci hornin při těžbě, v původní hornině je stabilní a riziko vzniká až při odkrytí a zvětrávání skryvky. Obecně platí, že obsah rizikových prvků (As, Pb, Cd, Hg, Cr, Ni) v půdách a skryvkových horninách odpovídá geologickému prostředí a nepředstavuje nadlimitní kontaminaci dle platné legislativy.

Při koncentraci v zemině 6400 kg/suš. je dlouhodobý obsah olova v krvi BLL = 2,9 µg/dl, hodnota nepřekročí hranici pro zvýšenou BLL (5 µg/dl), je stále pod běžným screeningovým limitem.

Cílové limity pro Cr⁶⁺ a Pb jsou navrženy odborným komplexním posouzením nižší, tj. na stranu bezpečnosti, než jsou hodnoty, pro které byly výpočty provedeny. Je to z více důvodů, které nelze začlenit do platné metodiky výpočtových vzorců: V areálu a jeho blízkosti se bude pohybovat vyšší počet osob (kolem desítek až prvních stovek denně). Jde o zaměstnance, případně návštěvy okolních provozů, které na areál bezprostředně navazují, o lidi využívající turistické cesty na východ od areálu. Ti všichni se dostanou do blízké vzdálenosti. Výsypka je „přirozené“ horninové prostředí, nezasazené antropogenní kontaminací, jen přemístěné. Prakticky to znamená, že rozmístění vrstvy strusky více potenciálně ohrožuje okolí, než kdyby byla struska uložena na kontaminovaném území, kde jsou požadové koncentrace škodlivin řádově vyšší (např. lokality se starou ekologickou zátěží, nesanované, nebo jen částečně sanované brownfieldy apod.) Také poměrně vysoká mocnost strusky (cca 1 m) představuje potenciál zvýšení rizika při porušení krytu během výkopových prací.

Proč však není důvod k razantnějšímu snižování cílových limitů, jsou příznivé přírodní faktory na lokalitě vzhledem k možnému šíření znečištění: Hladina podzemní vody je v úrovni okolo 4 m pod terénem, tj. poměrně mocná „oddělovací“ zóna mezi struskou a hladinou podzemní vody je pozitivním faktorem. Dalšími jsou málo propustné prostředí, velmi pomalá rychlost proudění podzemní vody, její ztížená migrace do povrchové vodoteče.

5.2. Doporučení a zdůvodnění dalšího postupu nápravných opatření

Návrh nápravných opatření, včetně cílových parametrů vychází z optimalizace budoucího bezpečného využívání lokality jako recyklačního centra. V rámci provozování recyklačního centra půjde o obdobné využívání např. jako meziskladové a manipulační plochy pro výrobu recyklátů a dále využitelných výrobků, plochy pro skladování, manipulaci a přepracovávání průmyslových a podobných výrobků, plochy pro mechanismy apod.

Na lokalitě bude vybudována manipulační plocha, struskový recyklát bude použit jako podkladová vrstva. Plocha bude opatřena nepropustným povrchem a bude zajištěn odvod srážkové vody z povrchu mimo plochu. Maximální mocnost vrstvy struskového recyklátu bude 1 m.

Jako nepropustný povrch bude využita asfaltová směs, ta významně sníží množství vody, která tímto materiálem pronikne. Je počítáno s tím, že se omezí pronikání srážkové vody do podloží na max. 10 %.

Protože bude v blízkém okolí areálu docházet ke zvýšenému pohybu osob, je vhodné věnovat zvýšenou pozornost zejména následujícím opatřením:

- Pravidelné kontrole stavu asfaltového povrchu, včasná oprava poruch (trhliny, výtluky, lokální degradace), aby byla zachována funkce bariéry bránící vzniku expozičních cest.
- Zavedení režimu řízení zemních prací (např. informovanost pracovníků o přítomnosti kontaminace).
- Periodické vizuální kontrole a evidenci stavu krytu, případně doplněné o jednoduchý monitoring, umožňující včasnou identifikaci negativních změn.
- Zamezení neřízených zásahů do konstrukčních vrstev, případně vymezení ploch, kde je manipulace se zeminou nepřipustná bez předchozího posouzení.
- Stanovení postupu pro případ odkrytí kontaminovaného materiálu (zajištění plochy, minimalizace prašnosti např. skrápěním, použití osobních ochranných prostředků, odborný dohled).

Způsob použití struskového recyklátu bude v souladu s Prohlášením o vlastnostech podle nařízení EU č. 305/2011, vydaným výrobcem (viz příloha č. 10), kde je uvedeno zamýšlené použití: Nestmelené směsi pro inženýrské stavby a pozemní komunikace (dle ČSN EN 13242+A1). Použití pro zásypy, terénní úpravy, rekultivace a méně zatížené plochy jako podkladová vrstva pod nepropustný povrch (min 90%) s odvodem vody z povrchu. Maximální mocnost vrstvy 1 m.

Tento způsob použití se současně i v souladu s požadavky vyhlášky 273/2021 Sb. v intencích přílohy 6, bod 3, kde jsou popsána dovozená použití a požadavky na uvedené způsoby použití strusky.

Parametry infiltrace srážkových vod do podloží

Jako nepropustný povrch bude využita asfaltová směs, která významně omezuje pronikání srážkových vod do podloží. V rámci návrhu je uvažováno, že množství vody infiltrující do podloží nepřekročí 10 % z celkového objemu srážek dopadajících na řešenou plochu.

Pod konstrukcí zpevněné manipulační plochy je navržena vrstva struskového recyklátu o tloušťce 1 m. Tento materiál vykazuje charakter konstrukční vrstvy s retenční funkcí.

Podložní výsypkový materiál pod vrstvou strusky se vyznačuje značnou heterogenitou. Podzemní voda se může akumulovat v propustnějších píscích a štěrcích, které však tvoří nesouvislé, místy rozsáhlejší zvodně. V důsledku heterogenity výsypky vznikají jílovité čočky a zhutněné vrstvy, jejichž důsledkem jsou malé lokální zvodně, kde voda prakticky stagnuje. Na Velebudické výsypce může docházet k vysoké infiltraci srážek, k rychlé lokální migraci, ale také k dlouhodobému zdržení vody v jílovitých partiích. Podzemní voda ve výsypce proudí nepravidelně v heterogenních navážkách převážně gravitačně směrem dolů a k okrajům výsypky.

Hydrogeologické poměry jsou charakterizovány hladinou podzemní vody v hloubce cca 4 m pod terénem.

S ohledem na značnou nehomogenitu podloží nelze infiltrační vlastnosti jednoznačně popsat jednou hodnotou součinitele filtrace. Koeficient propustnosti výsypkového materiálu se pohybuje přibližně od $k_f = 2 \times 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (píště, středně propustné polohy) do $k_f = 2 \times 10^{-9} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (silně ulehlé jíly a jílovce bez puklin).

Lze předpokládat, že infiltrace probíhá nerovnoměrně, především prostřednictvím propustnějších poloh a preferenčních cest, zatímco méně propustné vrstvy plní částečně retenční funkci.

Při uvažovaném hydraulickém gradientu $i = 0,1$ odpovídá specifický vsakovací výkon (pro příznivější, tj. návrhově uvažovanou propustnější variantu $k_f = 2 \times 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$):

$v = k_f \cdot i = 2 \times 10^{-6} \cdot 0,1 = 2 \times 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, což odpovídá přibližně $0,017 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{den} = 17 \text{ l/m}^2/\text{den}$.

Pro celou manipulační plochu o výměře $23\,575 \text{ m}^2$ tak činí dlouhodobá vsakovací kapacita podloží přibližně: $Q \approx 23\,575 \times 0,017 \approx 400 \text{ m}^3/\text{den}$. Poznámka: při výpočtu jsme pro jednoduchost uvažovali se zakrytím celého pozemku, přesto že struskový recyklát je rozprostřen na menší ploše – cca $20\,900 \text{ m}^2$.

Při návrhové srážce o intenzitě 21 mm za 15 minut dopadne na celou řešenou plochu celkem cca 495 m^3 (zaokrouhleně 500 m^3) srážek. Z toho 10 % představuje 50 m^3 , což odpovídá 2,1 mm srážek, tj. $2,1 \text{ l/m}^2$.

Pod konstrukcí zpevněné plochy je vrstva strusky o tloušťce 1 m, která vykazuje významnou retenční schopnost a přispívá ke zpomalení odtoku a postupnému vsakování srážkových vod.

Retenční objem vrstvy strusky při předpokládané efektivní pórovitosti 25 % je:

$23\,575 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m} \times 0,25 = \text{cca } 5\,900 \text{ m}^3$, což je mnohonásobně více než požadovaných 50 m^3 .

Doba vsaku objemu 50 m^3 při dlouhodobé kapacitě cca $400 \text{ m}^3/\text{den}$ vychází přibližně:

$t \approx 50 / 400 = 0,125 \text{ dne} \approx 3 \text{ hodiny}$ (cca 180 minut).

Krátkodobě nemusí být infiltrace dostatečná, ale díky retenční kapacitě metrové vrstvy strusky bude systém stabilní. Rozhodující je dlouhodobé vsakování, které kapacitně vyhovuje.

Z nepropustného povrchu manipulační plochy musí být zajištěno odvedení 90% srážkové vody. Nabízí se výstavba sběrného žlabu, který by vedl po hranici areálu od vjezdu, podél jižního okraje do prostoru poblíž stávající retenční nádrže. Zde může být odlučovač ropných látek, za kterým může být vhodně dimenzované technické drenážní zařízení pro vsak, případně kombinované s odvodem srážkových vod přes stávající záchytnou nádrž do odtokové strouhy a bezejmenné vodoteče na úpatí výsypky. Konkrétní způsob odvádění srážkových vod z ploch, další nakládání s nimi (přečištění, retence, zasakování, případně řízený odvod do vodoteče apod.), musí být vyřešeno v rámci projektové dokumentace ke změně způsobu využití území). Navržené řešení je z hlediska omezení infiltrace srážkových vod do podloží vyhovující.

6. ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

Předkládaná Účelová analýza rizik zmapovala a vyhodnotila potenciální zdravotní a ekologická rizika, vyplývající z existence vrstvy struskového recyklátu, který bude zabudován do nové manipulační plochy v rámci plánovaného investičního záměru výstavby komerčního recyklačního centra pro využití různých druhů běžně vznikajících odpadů v Čepirohách (Most). ÚAR nebyla zaměřena na zkoumání všech rizik, která mohou být způsobena např. výskytem různých ekologických zátěží v souvislosti s předchozím dlouhodobým průmyslovým využíváním širšího zájmového území, ale jen na ta rizika, způsobená potenciálním uvolňováním škodlivých látek do okolního prostředí přímo ze strusky v předmětném areálu.

V souladu s metodikou MP MŽP na vypracování ÚAR byly provedeny následující práce:

- Odběry a analýzy struskového recyklátu,
- Zonální odběry a analýzy zemin pod vrstvou struskového recyklátu z bagrovaných sond,
- Odběry podzemní a povrchové vody,
- Geodetické zaměření hladiny podzemní a povrchové vody.

6.1. Závěry

Na základě provedených prací byly učiněny závěry, které jsou shrnuty v následujících podkapitolách:

6.1.1. Shrnutí plošného a prostorového rozsahu a míry znečištění

Nesaturovaná zóna – vrstva struskového recyklátu

Struska tvoří svrchní cca 1 m mocnou vrstvu na většině plochy zájmových pozemků. Zaujímá cca 20.900 m², z celkové rozlohy pozemků 23 575m². Struska vykázala nadlimitní koncentrace

As a Pb v sušině vzhledem ke stanoveným indikačním limitům (IZ MP MŽP prům.). Nevyhověla v ukazatelích určených tabulkou 6.2 pro nejvýše přípustné koncentrace škodlivin v sušině vyzrálé strusky uvedené v příloze č. 6 k vyhlášce 273/2021 Sb. obsahem Cr, Pb a Zn. Analýzy vodného výluhu tohoto materiálu však uvolňování těchto škodlivin do okolního prostředí nepotvrdily. Hodnoty IZ ve výluhu ojediněle překročily hodnoty IZ pro podzemní vodu obsah rtuti a molybdenu, naměřené koncentrace se ve druhém vzorku nepotvrdily. Limitům pro koncentrace sledovaných látek ve vodném výluhu v tabulce 6.1. struska vyhověla. Všechny sledované ukazatele byly nízké nebo pod mezí stanovitelnosti. Limitům pro koncentrace sledovaných látek ve vodném výluhu v tabulce 5.2. a 10.1 obsahem většiny látek struska vyhověla. Překročen byl limit pro sírany, fluoridy a Mo.

Nesaturovaná zóna – zeminy výsyvky

V zeminách nesaturované zóny, které jsou pod struskou a představují na celém území materiál výsyvky, nebylo zjištěno nadlimitní znečištění kovy vůči hlavním ani pomocným indikačním limitům.

Koncentrace ve výluhu také vyhověly ve všech odebraných vzorcích hlavním i pomocným indikačním limitům.

Rozšíření znečištění sledovanými kovy do podloží a do širšího okolí se neprokázalo.

Saturovaná zóna - podzemní voda

V podzemní vodě sondy CS4 se objevila ojediněle zvýšená koncentrace Ni (0,021 mg/l) překročila v rámci laboratorní chyby limit pro pitnou vodu, byla o víc než řád nižší než hodnota IZ (0,3 mg/l). V podzemní vodě sondy CS2 byla naměřena zvýšená koncentrace Cu, která překročila NV401/2015 (hodnotě IZ, limitu pro pitnou vodu a limitům výluhů 273/2021 Sb. vyhověla). Z pohledu celé lokality jde o lokálně zvýšené koncentrace Ni a Cu, které nebyly v podzemní vodě v širším okolí identifikovány. Koncentrace Ni a Cu ve strusce byly velmi nízké, zvýšená koncentrace tohoto prvku má původ v kontaktu vody s materiálem výsypek. V sondě CS3 se nadlimitní ani zvýšené koncentrace sledovaných kovů neobjevily.

Hodnoty hlavních indikačních limitů IZ pro těžké kovy nebyly nikde v podzemní vodě překročeny, koncentrace jsou buď velmi nízké, nebo neměřitelné. Naopak překročeny byly koncentrace fluoridů (ve všech sondách), dusitanů (CS2) a manganu (CS2 a CS4).

Pokud bychom posuzovali podzemní vodu podle pomocných indikačních limitů, najdeme na celé lokalitě extrémně vysokou koncentraci síranů, chloridů, fluoridů, rozpuštěných látek, vápníku, draslíku, hořčíku a sodíku, vysokou vodivost, CHSK-Mn, vysokou koncentraci amonných iontů, železa a manganu. Jde o typický obraz podzemní vody výsypek, znečištění vlivem uložení strusky na povrch terénu nebylo zjištěno.

Povrchová voda

V povrchové vodě v umělé nádrži za JV okrajem areálu nebyly zjištěny nadlimitní koncentrace sledovaných kovů v porovnání s použitými limitními hodnotami. Voda se vyznačuje vysokou

koncentrací síranů, fluoridů a vyšším obsahem Mg, které získává po kontaktu se zeminami ve vyšších partiích výsyvky, které odvodňuje.

6.1.2. Shrnutí šíření a vývoje znečištění

V nesaturované zóně pod struskou se identifikované znečištění kovy ve strusce vertikálně nešíří, jak dokládá zonální vzorkování spodních etází zemin pod struskou.

Podzemní voda prakticky stagnuje, pohybuje se v max. desítkách cm za rok, k případné migraci kovů může docházet pouze se stejnou rychlostí. Nadlimitní koncentrace kovů v podzemní vodě překračující hodnoty IZ MP MŽP nebyly zjištěny.

Protože v blízkosti nádrže povrchové vody nebyla do hloubky 3,9 m zjištěna naražená ani ustálená hladina podzemní vody, nepředpokládáme přímé ovlivnění vody v nádrži podzemní vodou z výsyvky.

Negativní vliv deponované strusky na okolní prostředí nebyl zjištěn.

6.1.3. Hodnocení rizika

Hodnocení rizika pro zdraví člověka a ekosystémy bylo provedeno pro budoucí využití areálu, kdy vrstva struskového recyklátu bude pokryta nepropustným povrchem. Riziko bylo počítáno pro maximální naměřené koncentrace As, Cr celkový, Cr^{6+} a Pb v zemině, pro pracovníky provádějící zemní práce, případně pro stavební dozor.

Zdravotní riziko pro tento scénář nebylo zjištěno ($\text{HQ} < 1$, $\text{ELCR} = 1,12 \cdot 10^{-6}$).

V doplňkovém výpočtu jsou hodnoty Pb v krvi nízké 1,9 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Hraniční hodnota pro zvýšenou expozici je 5 $\mu\text{g}/\text{dl}$, pro zdravotní riziko 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$.

Rizika spojená se stavebními pracemi lze dostatečným způsobem eliminovat užíváním odpovídajících ochranných prostředků a dodržováním hygienických pravidel a BOZP.

Vzhledem k tomu, že v okolí areálu bude nadále fungovat provoz v místních průmyslově-komerčních areálech (např. v kovošrotu, v čistírně odpadních vod, truhlářství a dalších objektech) a že v okolí je volnočasově využívaná zóna, bude zde docházet ke stálému zvýšenému pohybu osob. Z těchto důvodů je potřeba zajistit správnou funkci nepropustného povrchu manipulační plochy, při případných výkopových pracích zajistit maximální ochranu pohybujících se osob v okolí. Jde v první řadě dodržovat pravidelnou kontrolu a údržbu nepropustného povrchu. V případě, kdy dojde k porušení svrchní ochranné vrstvy nebo k nezbytným zemním pracím je potřeba minimalizovat prašnost, omezit kontakt s materiálem, využít ochranné pracovní prostředky, zajistit odborný dohled při manipulaci s odkrytým materiálem.

Vzorkováním podzemní a povrchové vody nebyla žádná ekologická rizika zjištěna. V podzemní a povrchové vodě nebyly nadlimitní koncentrace sledovaných kovů zjištěny.

Ekologické riziko pro okolní systémy při zakrytí vrstvy strusky nepropustným materiálem nevznikne. Promývání srážkovou vodou bude razantně omezeno odvedením převážného množství vody z plochy.

Ekologické riziko pro okolní ekosystémy vznikající šířením eventuálního znečištění vymýváním z recyklátu strusky do podzemní vody a následně do retenční nádrže, případně do bezejmenné vodoteče bylo vyloučeno pro neexistující transportní cesty.

6.1.4. Stanovení cílových limitů

V následující tabulce uvádíme teoretické cílové limity, které vycházejí z výpočtů rizik dle metodiky US EPA. Počítány byly pro pracovníky provádějící zemní práce a event. stavební dozor po dobu 10 let. Jde o hodnoty, které jsou akceptovatelné při budoucím využití areálu, kdy dojde k překrytí strusky nepropustným povrchem.

Pro celkový chrom nemělo smysl určovat cílové limity, protože není nebezpečný.

Pro arzén byla s ohledem na umístění lokality zvolena dvojnásobná hodnota, než byla odvozena z výpočtů US EPA a sice z důvodu výskytu vyšších pozadových koncentrací arzenu v celém území, odrážející přirozené geologické prostředí i dlouhodobou průmyslovou činnost. Cílové limity pro Cr^{6+} a Pb jsou navrženy odborným odhadem nižší (na straně bezpečnosti) než jsou hodnoty, pro které byly výpočty provedeny. V areálu a jeho blízkosti se bude pohybovat vyšší počet osob (zaměstnanci, případně návštěvy okolních provozů, které na areál bezprostředně navazují, o lidi využívající turistické cesty na východ od areálu). Výsypka představuje horninové prostředí, které je pouze přemístěné a nepředpokládá se antropogenní kontaminace výsypkového materiálu. Vyšší mocnost strusky (cca 1 m) představuje vyšší potenciální riziko při porušení krytu během výkopových prací.

Tabulka č. 28. Teoretické maximální akceptovatelné limitní koncentrace rizikových škodlivin pro lokalitu

prvek	teoretické maximální akceptovatelné limitní koncentrace (mg/kg suš.)
Arzén	20
Chrom ⁶⁺	80
Olovo	6 400

Hodnoty stanovených limitů jsou výrazně vyšší než maximální koncentrace naměřené na lokalitě.

6.2. Doporučení

Doporučení vychází z investičního záměru - vybudovat recyklační centrum včetně obslužných zařízení a objektů, doporučení zároveň předpokládá i jiné obdobné či alternativní využití lokality - např. meziskladové a manipulační plochy pro výrobu recyklátů a dále využitelných výrobků, plochy pro skladování, manipulaci a přepracovávání průmyslových a podobných výrobků, plochy pro mechanismy apod.

Struskový recyklát bude použit jako podkladová vrstva pro manipulační plochu. Maximální mocnost vrstvy struskového recyklátu bude 1 m. Manipulační plocha musí být v celém výskytu struskového recyklátu opatřena nepropustným povrchem s propustností do 10%. Vsakovací kapacita podloží je vzhledem k budoucímu technickému řešení ploch dostatečná, pozitivní roli bude mít vzhledem ke své retenční kapacitě vrstva strusky, k zavodnění nebo podmáčení manipulační plochy nedojde.

Z nepropustného povrchu manipulační plochy musí být zajištěno odvedení 90% srážkové vody. Konkrétní způsob odvádění srážkových vod z ploch, další nakládání s nimi (přečištění, retence, zasakování, případně řízený odvod do vodoteče apod. musí být vyřešeno v rámci projektové dokumentace ke změně způsobu využití území).

Pro úplnou eliminaci rizik, která by eventuálně mohla vzniknout během zemních prací, pro pracovníky nebo stavební dozor v budoucnu, doporučujeme dodržovat v adekvátní míře standardní opatření BOZP, uplatňované běžně ve všech podobných provozovnách, jako:

- používat příslušné ochranné pomůcky (pracovní rukavice, oděv, boty, respirátor),
- nejíst a nepít během práce, dodržovat mytí rukou,
- technické omezení prašnosti (skrápění, průběžný úklid ploch).

7. Použitá literatura

- CZUDEK, T. et al. Geomorfologické členění ČSR. Stud. geogr. (Brno), č. 23, 1972, 138 s.
- ČHMÚ (2007): Atlas podnebí Česka
- ČSN 75 9010 – Vsakovací zařízení srážkových vod
- DEMEK, J. et al. Zeměpisný lexikon ČSR. Academia Praha, 1987
- EIA MZP245 kol. autorů (2009): Dokumentace záměru PLÁN OTVÍRKY, PŘÍPRAVY A DOBÝVÁNÍ LOMU VRŠANY od roku 2012 se vstupem do DP Slatinice, příloha č. 7
- ECKHARDT, Pavel (1997): Most, Solvay - Alkor Folie, ekologický průzkum, P121664
- QUITT, E. Klimatické oblasti Československa. Stud. geogr.(Brno), č. 16, 1971, 73 s.
- Český úřad zeměměřický a katastrální, <https://nahlizenidokn.cuzk.cz/>
- <https://www.epa.gov>
- https://heis.vuv.cz/hlavni/_mf.asp
- https://rais.ornl.gov/cgi-bin/prg/RISK_search?select=chem
- La Grega Michael, Buckingham Phillip, Evans Jeffrey (1994): Hazardous Waste Management, USA
- Mapy CZ www.mapy.cz
- Metodický pokyn MŽP Analýza rizik kontaminovaného území, (2011), Věstník MŽP č. 3, březen 2011
- Metodický pokyn MŽP pro průzkum kontaminovaného území, (2005), Věstník MŽP, č. 9, září 2005
- Metodický pokyn MŽP Vzorkování v sanační geologii, (2007), Věstník MŽP, č. 2, Příloha 2, únor 2007
- MP MŽP Indikátory znečištění, (2013), Věstník MŽP č.1/2014
- Olmer M., Kessl J. et al. (1990): Hydrogeologické rajóny. VÚV Praha.
- Pitter, P. (1999): Hydrochemie, Vydavatelství VŠCHT, Praha
- Server České geologické služby: <http://www.geology.cz>
- Server GeoWeb – geologické mapy <http://www.gweb.cz>
- Server Národní geoportál <http://geoportal.gov.cz>
- Šráček O., Datel J., Mls J. (2000): Kontaminační hydrogeologie. Universita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum. Praha
- Vodohospodářský informační portál <http://heis.vuv.cz/>
- Základní vodohospodářská mapa 1:50 000: list 02-33 Chomutov
- Zákon 541/2020 Sb. Zákon o odpadech

8. Přehled použitých zkratk

μg	mikrogram
ABS nebo ABSd	Frakce kontaminantů absorbovaných dermálně z půdy (bez jednotek)
ABSd	Dermal Absorption Factor from Soil - absorpční faktor pro dermální kontakt (0 až 1, bezrozměrný)
ABSGI	Fraction of Contaminant Absorbed in Gastrointestinal Tract - podíl kontaminantu absorbovaného v gastrointestinálním traktu (0 až 1, bezrozměrný)
ADD	Average Daily Dose - průměrná denní dávka (mg.kg-1.den-1)
ADI	Acceptable Daily Intake - přijatelný denní příjem (mg.kg-1 .den-1)
AF	Adherence Factor - adhezenční faktor specifický podle typu zeminy a exponované části těla (mg. cm-1)
AR	analýza rizik
AT	Averaging Time - doba průměrování (den)
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
B	poměr Kp pro průchod zrohovatělou částí a živými buňkami pokožky (bezrozměrný)
BLL	Koncentrace olova v krvi (ug.dl ⁻¹)
BW	Body Weight - váha těla (kg)
C nebo Cal EPA	California Environmental Protection Agency Office of Environmental Health Risk Assessment
CA	koncentrace kontaminantu ve vzduchu (ug.m ⁻³)
CAS	Číslo registru služeb chemických abstraktů
CDI	Chronic Daily Intake - chronický denní příjem (mg.kg.den-1)
CF	Conversion Factor - konverzní faktor (například Lem-3 nebo 10-6 kg.mg-1)
CS	koncentrace kontaminantu v zemině (mg.kg-1)
CSF	Cancer Slope Factor
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČSN	chráněné označení českých technických norem
DAD	Dermal Absorbed Dose - dermální absorbovaná dávka (mg.kg-1.den-1)
DAev	Dose Absorbed per Event - absorbovaná dávka na 1 případ (mg.cm-2.případ-1)
Daf	Faktor útlumu ředění
E	průměrná denní absorbovaná dávka - ADD nebo LADD (mg.kg-1.den-1)
EC	průměrná expoziční koncentrace při inhalační expozici (ug.m-3)
ECAO	U.S. EPA Environmental Criteria and Assessment Office
ED	Exposure Duration - trvání expozice (rok)
EF	Exposure Frequency - frekvence expozice (den.rok-1)
EHS	Evropské hospodářské společenství
ELCR	Excess Lifetime Cancer Risk - zvýšené celoživotní riziko vzniku rakoviny (bezrozměrné)
ET	Exposure Time - čas expozice (hod.den-1)
EV	Event Frequency - počet případů za den (případ.den-1)
f	frakce uvolnitelného kontaminantu (0 - 1, bezrozměrná)
FA	Fraction Absorbed - absorbovaný podíl (0 až 1, bezrozměrný)
FI	Fraction Ingested - podíl požitého média z kontaminovaných zdrojů (0-1,bezrozměrný)
f _{oc}	podíl organického uhlíku v zemině (%)
HEAST	Health Effects Summary Tables

HI	index nebezpečnosti (míra prahového účinku – včetně kokancerogenity)
HQ	Hazard Quotient - kvocient nebezpečnosti (bezrozměrný)
CHKO	chráněná krajinná oblast
CHOPAV	chráněná oblast přirozené akumulace vod
i	hydraulický gradient (bezrozměrný)
I nebo IRIS	Integrovaný systém EPA pro informace o rizicích
IARC	International Agency for Research on Cancer
ILCR	Incremental Lifetime Cancer Risk (celoživotní vzestup pravděpodobnosti vzniku rakoviny) (bezrozměrný)
IR	množství požití vody (l.den ⁻¹), množství požití zeminy (mg.den ⁻¹), inhalované množství vzduchu (m ³ .hod ⁻¹), množství požitých potravin (kg.jídlo ⁻¹)
IRIS	Integrated Risk Information System (U.S. EPA)
IUR	Inhalation Unit Risk - riziko inhalační jednotky (ug.m ³) ⁻¹
IZ	Indikátor znečištění MP MŽP
k _f	koeficient filtrace (m.s ⁻¹)
Kd	distribuční koeficient (cm ³ .g ⁻¹)
KN	katastr nemovitostí
Koc	rozdělovací koeficient voda - organický uhlík (cm ³ .g ⁻¹)
Kp	Dermal Permeability Coefficient - koeficient průniku kůží (cm.hod ⁻¹)
Kow	rozdělovací koeficient n-oktanol/voda
Kp	Dermal Permeability Coefficient (koeficient průniku kůží) (cm.hod ⁻¹)
k. ú.	katastrální území
LADD	Lifetime Average Daily Dose - celoživotní průměrná denní dávka (mg.kg ⁻¹ .den ⁻¹)
LC50	letální koncentrace - Koncentrace chemické látky v ovzduší, která zabije 50% pokusných zvířat v průběhu sledovaného období
LOEL	Expozice, při níž byly poprvé pozorovány účinky
LOAEL	Lowest Observed Adverse Effect Level - úroveň nejnížší dávky, při které jsou pozorovány nepříznivé účinky (většinou mg.kg ⁻¹ .den ⁻¹)
M	Mutagen
MF	Modifying Factor - modifikační faktor
MLE	nejpravděpodobnější (průměrná) expozice
m n.m.	metry nad mořem
MP MŽP	Metodický pokyn MŽP
MW	Molecular Weight - molekulová hmotnost (g.mol ⁻¹)
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
n	pórovitost (%)
NEK	norma environmentální kvality
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level - úroveň dávky, při které nejsou pozorovány žádné nepříznivé účinky (většinou mg.kg ⁻¹ .den ⁻¹)
NV	nařízení vlády
OSF	Oral Slope Factor
PAU	polyaromatické uhlovodíky
pb	objemová hmotnost zeminy (g.cm ⁻³)
p.č.	parcelní číslo
percentil	relativní umístění vzhledem k ostatním posuzovaným na stupnici do hodnoty 100, přičemž 100 je nejvyšší umístění
pH	potenciál vodíku (vodíkový exponent), vyjádření konc. vodíkových iontů
PRG	preliminary remediation goal – předběžný cíl sanace

p. t.	pod terénem
R	retardační faktor (bezrozměrný)
RAIS	Risk Assessment Information System (Oak Ridge National Laboratory)
Rba	Relativní faktor biologické dostupnosti
RfC	Reference Concentration - referenční koncentrace (většinou ug.m-3)
Rfc	Chronická inhalační referenční koncentrace (mg/m3)
RfD	Reference Dose - referenční dávka (mg.kg-1.den-1)
RfD nebo RfDo	Chronická orální referenční dávka (mg/kg den)
RfD0	Reference Dose Oral - referenční dávka orální (mg.kg-1.den-1)
RfDabs	Reference Dose Dermal - referenční dávka dermální (mg.kg-1.den-1)
RME	přijatelná maximální expozice
Σ	suma
SA	Surface Area - exponovaný povrch kůže (cm2)
Sb.	sbírka zákonů
SF	Slope Factor - faktor směrnice karcinogenity (mg.kg-1.den-1)-1
SF, SFO, CSFo	Faktor perorálního sklonu (mg/kg den)-1
SFO	Oral Slope Factor - orální faktor směrnice karcinogenity (mg.kg-1.den-1)-1
SFABS	Dermal Slope Factor - dermální faktor směrnice karcinogenity (mg.kg-1.den-1)-1
SZÚ	Státní zdravotní ústav
Tev	trvání případu (hod.případ-1)
Thq	Kvociet cílového nebezpečí
TK	těžké kovy
TOC	celkový organický uhlík
Tst	čas potřebný k dosažení rovnovážného stavu (hod); $Tst = 2,4 \times \tau$
US EPA	United States Environmental Protection Agency
UF	Uncertainty Factor - faktor nejistoty
ÚP	územní plán
ÚSES	územní systém ekologické stability
v	filtrační rychlost proudění podzemní vody (m.s-1)
v _s	skutečná rychlost proudění podzemní vody (m.s-1)
ŽP	životní prostředí