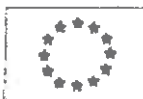




OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti
Evropský fond pro regionální rozvoj

Pro vodu,
vzduch a přírodu



ANALÝZA RIZIK - BÝVALÝ AREÁL AVIA KUTNÁ HORA

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

č.v.: 1000180025/03/1000

Zpracoval:

odpovědný řešitel úkol

Spolupracovala:

Za statutární orgán:

jeanater společnosti EKOSYSTEM spol. s r.o.

LISTOPAD 2019

IDENTIFIKAČNÍ LIST

Identifikační a kontaktní údaje zhotovitele:	EKOSYSTEM spol. s r.o. Na Radosti 184/59, 155 21 Zličín IČ : 44851804 jednatel prostřednictvím [REDAKCE], prokuristy společnosti tel: [REDAKCE] e-mail: [REDAKCE]
Objednatel:	[REDAKCE] Mincířská 107/2, 284 01 Kutná Hora IČO: 63840103 tel: [REDAKCE] e-mail: [REDAKCE]
Zakázka	Analýza rizik – bývalý areál AVIA Kutná Hora
Registrační číslo projektu OPŽP:	CZ.05.3.24/0.0/0.0/17_065/0005341
Typ zprávy:	Závěrečná zpráva
Ev. číslo zprávy:	1000180025/03/1000
Zpracoval:	[REDAKCE] držitel osvědčení MŽP o odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce v oboru hydrogeologie a sanační geologie
Spolupracovala:	[REDAKCE]
Za statutární orgán:	[REDAKCE] jednatel společnosti
Datum zpracování:	18. 11. 2019
Rozdělovník:	[REDAKCE] OERES MŽP ČIŽP OI Praha SFŽP ČR KÚ Středočeského kraje MÚ OŽP Kutná Hora EKOSYSTEM spol. s r.o.

OBSAH:

1	ÚVOD.....	1
1.1	Podkladové materiály	2
1.2	Realizované práce – celkový přehled.....	2
2	Údaje o území	3
2.1	Všeobecné údaje.....	3
2.1.1	Geografické vymezení území.....	3
2.1.2	Historické, stávající a plánované využití zájmového území.....	3
2.1.2.1	Využívání podzemních vod v areálu a okolí.....	4
2.1.3	Základní charakterizace obydlenosti území.....	4
2.1.4	Majetkoprávní vztahy	4
2.1.5	Ochranná pásma a chráněná území	5
2.2	Přírodní poměry zájmového území.....	6
2.2.1	Geomorfologické a klimatické poměry.....	6
2.2.2	Hydrologické poměry.....	7
2.2.3	Geologické poměry.....	7
2.2.4	Hydrogeologické poměry.....	8
2.2.5	Geochemické poměry.....	8
3	Průzkumné práce	9
3.1	Základní výsledky dřívějších průzkumných prací	9
3.2	Přehled známých zdrojů a ohnisek znečištění	10
3.3	Vytipování látek potencionálního zájmu	11
3.4	Předběžný koncepční model znečištění.....	11
3.5	Aktuální průzkumné práce.....	13
3.5.1	Metodika a rozsah prací	13
3.5.2	Rešerše archivních materiálů, terénní rekognoskace lokality, přípravné práce	14
3.5.3	Geofyzikální průzkum	15
3.5.4	Vrtné práce	16
3.5.5	Vzorkovací práce.....	17
3.5.6	Laboratorní práce	19
3.5.7	Geodetické práce.....	22
3.5.8	Záměry hladiny podzemní a povrchové vody.....	23
3.5.9	Výsledky vzorkování zemin.....	24
3.5.10	Výsledky vzorkování podzemních vod.....	28
3.5.11	Výsledky vzorkování povrchových vod.....	33
3.5.12	Modelové řešení.....	33
3.5.13	Sled a řízení, dokumentace	35
3.5.14	Likvidace vrtů	36
3.5.15	Posouzení šíření znečištění.....	36
3.5.15.1	Šíření znečištění v nesaturované zóně.....	36
3.5.15.2	Šíření znečištění v saturované zóně.....	38
3.5.15.3	Šíření znečištění povrchovými vodami	39
3.5.15.4	Charakteristika vývoje znečištění z hlediska přirozené atenuace.....	39

3.5.16	Shrnutí plošného a prostorového rozsahu míry znečištění.....	41
3.5.17	Omezení a nejistoty.....	44
3.5.18	Záznam do databáze SEKM	44
4	Hodnocení rizika.....	45
4.1	Určení a zdůvodnění prioritních kontaminantů a dalších rizikových faktorů	45
4.1.1	Toxikologické vlastnosti prioritních škodlivin	47
4.1.1.1	Vyhodnocení vztahu dávka-účinek prioritních škodlivin	47
4.1.1.2	Toxikologické charakteristiky prioritních škodlivin.....	51
4.1.2	Základní charakteristika příjemců rizik.....	53
4.1.3	Shrnutí transportních cest a přehled reálných scénářů expozice	54
4.1.4	Aktualizovaný koncepční model	54
4.1.5	Výčet reálných expozičních scénářů a jejich parametrů	54
4.1.6	Charakterizace podmínek expozice.....	57
4.2	Hodnocení zdravotních rizik.....	58
4.2.1	Hodnocení expozice.....	58
4.2.2	Odhad zdravotních rizik.....	62
4.3	Hodnocení ekologického rizika	68
4.4	Shrnutí celkového rizika.....	69
4.5	Omezení a nejistoty	71
5	Doporučení nápravných opatření.....	72
5.1	Odvození nerizikových koncentrací ze zdravotních rizik (inverzní metoda).....	72
5.2	Doporučení cílových parametrů nápravných opatření.....	73
5.3	Doporučení postupu nápravných opatření.....	73
5.3.1	Nulová varianta nápravných opatření	73
5.3.2	Varianta aktivního sanačního zásahu	74
5.3.3	Varianta pasivních opatření.....	75
6	Závěr	77
7	Seznam použitých zkratk	82
8	Použité podklady a literatura	83

SEZNAM PŘÍLOH:

Příloha č. 1:	Vyznačení zájmové lokality v topografické mapě
Příloha č. 2:	Výřez z Geologické a Hydrogeologické mapy ČR 1 : 50 000 - list 13 - 32 Kolín
Příloha č. 3:	Situace lokality v informativní katastrální mapě a informativní výpisy k dotčeným pozemkům
Příloha č. 4:	Výřez platného a připravovaného územního plánu města Kutná Hora s vyznačením zájmové lokality
Příloha č. 5:	a) Situace lokality s vyznačením průzkumných prací v katastrální mapě b) Situace lokality s vyznačením průzkumných prací v ortofotomapě
Příloha č. 6:	a) Situace lokality s výsledky znečištění zemin vybranými kontaminanty b) Situace lokality s výsledky znečištění podzemní a povrchové vody c) Situace lokality s vyznačením mocnosti fáze RL ve vrtech a předpokládaného výskytu fáze na hladině podzemní vody d) Situace lokality s vyznačením předpokládané plochy s kontaminovanými zeminami v prostoru bývalého šrotiště
Příloha č. 7	Geologická dokumentace průzkumných děl
Příloha č. 8	Situační mapa s vyznačením hydroizohyps
Příloha č. 9	Zpráva z geofyzikálního průzkumu
Příloha č. 10	Technická zpráva z vrtných prací
Příloha č. 11	Geodetická zpráva
Příloha č. 12	Matematický model
Příloha č. 13	Laboratorní protokoly
Příloha č. 14	Doklad o přepravě a odstranění odpadů vzniklých průzkumnými pracemi
Příloha č. 15	Evidenční list geologických prací
Příloha č. 16	Závazné stanovisko MŽP - OEREŠ
Příloha č. 17	Fotodokumentace
Příloha č. 18	Záznam do databáze SEKM



1 ÚVOD

Společnost EKOSYSTEM spol. s r.o. předkládá závěrečnou zprávu z analýzy rizik provedené v prostoru bývalého areálu AVIA v Kutné Hoře. Zájmová lokalita je situována v severovýchodní okrajové části Kutné Hory, v ulici Masarykova č.p. 59. Na provedení analýzy rizik byla uzavřena smlouva o dílo mezi objednatelem – panem Radkem Hubičkou a zhotovitelem – společností Ekosystem spol. s r.o. dne 21. 8. 2018. Práce se řídily schváleným realizačním projektem (Ekosystem spol. s r.o., říjen 2018).

Analýza rizik byla zpracována v souladu se zadávací dokumentací a podmínkami Operačního programu Životní prostředí (OPŽP), Prioritní osa 3, Specifický cíl 3.4 – Dokončit inventarizaci a odstranit staré ekologické zátěže (č. projektu: CZ.05.3.24/0.0/0./17_065/0005341) a dále v souladu se závazným stanoviskem MŽP - OEREŠ č.j.: 36701/ENV/171658/750/17/ŠM ze dne 26. 6. 2017.

V zájmovém areálu byla v minulosti identifikována stará ekologická zátěž způsobená v minulém století v důsledku dlouholeté strojírenské výroby, během které došlo ke kontaminaci saturované i nesaturované zóny horninového prostředí ropnými látkami.

Předmětem realizovaných průzkumných prací a analýzy rizik byla tři dílčí ohniska znečištění v bývalém areálu AVIA Kutná Hora. Jednalo se o bývalé šrotiště a stáčírnu mazutu a dále o oblast bývalé haly automatárny, kde byla potvrzena kontaminace ropnými uhlovodíky C_{10} - C_{40} . Dále se jednalo o lokální ohnisko kontaminace chlorovaných uhlovodíků v jihovýchodní oblasti areálu.

Cílem realizovaných prací bylo zjistit aktuální míru a rozsah kontaminace a dále ověřit možnou migraci kontaminantu do povrchových vod, případně k jímacím objektům. Dále byla dopočítána zdravotní rizika, zejména s ohledem na možné budoucí stavební práce v zájmové lokalitě.

Analýza rizik byla dále zpracována v souladu s Metodickým pokynem MŽP pro analýzu rizik kontaminovaného území uveřejněném ve Věstníku MŽP, č. 3, březen 2011 a s Metodickým pokynem MŽP pro průzkum kontaminovaného území uveřejněného ve Věstníku MŽP, č. 9, září 2005.

1.1 Podkladové materiály

Základními podkladovými materiály pro vypracování této zprávy byly tyto dokumenty:

- Realizační projekt analýzy rizik - bývalý areál AVIA Kutná Hora (Ekosystem spol. s r.o., říjen 2018)
- Zpráva z geofyzikálního průzkumu - bývalý areál AVIA Kutná Hora (G-impuls, s.r.o., únor 2019)
- Etapová zpráva č. 1 - bývalý areál AVIA Kutná Hora (Ekosystem spol. s r.o., únor 2019)
- Závazné stanovisko MŽP č.j.: 36701/ENV/171658/750/17/ŠM ze dne 26.6.2017.
- Analýza rizika - AVIA Kutná Hora a.s. v konkursu (G-servis Praha s.r.o., březen 2009)
- Metodický pokyn MŽP pro průzkum kontaminovaného území, Věstník MŽP, č. 9, září 2005
- Metodický pokyn MŽP Analýza rizik kontaminovaného území, Věstník MŽP č. 3, březen 2011

1.2 Realizované práce – celkový přehled

Na lokalitě proveden průzkum znečištění nesaturované a satureované zóny s cílem ověřit míru a rozsah znečištění, identifikovat a kvantifikovat zdravotní rizika a rizika pro místní ekosystémy. V rámci analýzy rizik byly realizovány následující skupiny prací. Jejich metodika, rozsah a výsledky jsou dále rozpracovány v dílčích kapitolách.

V rámci analýzy rizik byly realizovány následující práce:

I. etapa

- rešerše archivních materiálů, terénní rekognoskace lokality, přípravné práce
- zpracování realizačního projektu
- geofyzikální průzkum

II. etapa

- vrtné práce (16 ks dočasně vystrojených sond, 10 ks HG vrtů)
- vzorkování zemin, podzemní a povrchové vody
- laboratorní práce
- geodetické práce
- sestavení matematického modelu proudění podzemních vod a vývoje znečištění
- dokumentace, vyhodnocení a interpretace získaných údajů
- aktualizace koncepčního modelu na základě nově zjištěných skutečností
- hodnocení zdravotních a ekologických rizik způsobených znečištěním v areálu
- doporučení cílových parametrů a nápravných opatření
- zpracování závěrečné zprávy
- záznam do databáze SEKM

Průzkumné (geologické) práce v rámci AR byly zaevidovány v Geofondu ČR pod evidenčním číslem 4430/2018.



2 ÚDAJE O ÚZEMÍ

2.1 Všeobecné údaje

2.1.1 Geografické vymezení území

Areál bývalého podniku AVIA Kutná Hora se rozkládá v intravilánu města na ploše cca 95 tis. m², při jeho sv. okraji na rozhraní katastrálních území Kutná Hora (677710) a Sedlec u Kutné Hory (677973). Východní partie lokality mají charakter brownfieldu, v západní části je bývalá výrobní hala automatárny a několik menších staveb. Od historického centra je lokalita vzdálena cca 1,5 km sv. směrem. Přístup do areálu je ze severní strany, z ulice Masarykova (č.p. 59). Z jihu a jz. je areál omezen železnicí a vodotečí Vrchlice. V širším okolí areálu je obytná a smíšená zástavba.

Orientační mapa s lokalizací zájmového území je součástí přílohy č. 1. V informativní katastrální mapě je lokalita vyznačena v příloze č. 3.

2.1.2 Historické, stávající a plánované využití zájmového území

V západní části areálu - spadající do k.ú. Kutná Hora se nachází nesourodý soubor budov a staveb různého stáří se zaměřením na průmyslovou výrobu v oboru strojírenství. V areálu se původně před 2. světovou válkou nacházel cukrovar, který byl následně transformován na objekty zaměřené na strojírenskou výrobu. Stáří budov je tak rozdílné, novější výrobní haly se sociálně administrativní částí a kotelnou vznikly na přelomu 70. a 80. let. Vzhledem k tomu, že bývalý podnik AVIA Kutná Hora byl součástí podniku AVIA Praha a.s. a předtím PRAGA Praha a.s., které prakticky zanikly, je zachovaná technická dokumentace ke stavbám a budovám jen velmi nekompletní.

Stávající využití zájmového území je dle územního plánu města Kutná Hora charakterizováno jako plochy pro průmyslové podniky a kapacitní sklady (Vp), částečně s opatřením z hlediska ŽP (zákon 17/1992 Sb.).

V současnosti jsou bývalé výrobní plochy haly automatárny a další okolní objekty pronajaty nájemcům (autoservisy, automyčka, stavební firma, sklenářství, prodejna dětských kočárků, výroba foliových obalů apod.). V nadzemních podlažích haly bývalé automatárny jsou nebytové prostory (sklady apod.).

Východní část areálu - spadající do k.ú. Sedlec u Kutné Hory je nezastavěná, dříve se zde nacházející objekty byly zdemolovány a prostranství má charakter brownfieldu.

Dle aktuálně projednávaného návrhu nového územního plánu ze září 2019, který je doposud neschválený, se počítá se změnou zájmového území. Areál je uvažován jako „plocha přestavby“ (P4) a zdejší pozemky by měly sloužit jako plochy smíšené obytné – městské (SM). Viz příloha č. 4.

2.1.2.1 Využívání podzemních vod v areálu a okolí

V bezprostředním okolí areálu bývalého podniku AVIA nedochází podle databáze HEIS VÚV k žádnému evidovanému odběru podzemní vody. Cca 600m vzdušnou čarou jihovýchodně od zdrojové oblasti kontaminace na pravém břehu Vrchlice je evidován menší odběr u ČOV (0,34 l/s). Cca 900 m VSV od zdroje kontaminace je evidováno čerpání 0,21 l/s v areálu Philip Morris Kutná Hora. Vzhledem k hydrogeologické pozici evidovaných odběrů a oblastí zájmového areálu nelze předpokládat jakékoli vzájemné ovlivnění.

2.1.3 Základní charakterizace obydlenosti území

Dle údaje z Českého statistického úřadu žilo k 1.1.2019 v Kutné Hoře 20 580 obyvatel. V bývalém areálu AVIA pracuje několik desítek zaměstnanců různých firem, které jsou v areálu v pronájmu. Stálí obyvatelé zde nežijí. V okolí areálu se nachází smíšená zástavba, lehký průmysl je v severním sv. sousedství, západně a jz. převažuje obytná zástavba (bytové domy, rodinné domy se zahradami), jižní okolí za železnicí a vodotečí Vrchlice je tvořeno loukami.

2.1.4 Majetkoprávní vztahy

Zájmové území se nachází na rozhraní katastrálních území Kutná Hora a Sedlec u Kutné Hory na ploše cca 97 tis. m². Parcely jsou ve vlastnictví celkem tří subjektů:

- p. Radek Hubička, Mincířská 107/2, Kutná Hora – Vnitřní Město, 284 01 Kutná Hora,
- CREST REALITY, a.s., Nad Závěrkou 2434/7, Břevnov, 16900 Praha 6
- CREST Ostrava a.s., Vršovická 1527/68b, Vršovice, 100 00 Praha 10

V následující tabulce jsou uvedeny majetkoprávní údaje k pozemkům v zájmovém území, na kterých se počítá s realizací průzkumných prací (vrtné práce, geofyzikální průzkum). Pozemky se nacházejí na rozhraní katastrálních území Kutná Hora a Sedlec u Kutné Hory. Situace lokality v informativní katastrální mapě a informativní výpisy k dotčeným pozemkům jsou v příloze č. 2.

Tabulka 1: Přehled parcel v zájmovém území dotčených průzkumnými pracemi

Parcelní číslo	Kat. území	Výměra pozemku m ²	Vlastník	Druh pozemku	Průzkumné práce
2522	KH	252	Hubička Radek, Mincířská 107/2, Kutná Hora - Vnitřní Město, 284 01 Kutná Hora	zastavená plocha a nádvoří	geofyzika
2535/1	KH	6 099	Hubička Radek, Mincířská 107/2, Kutná Hora - Vnitřní Město, 284 01 Kutná Hora	zastavená plocha a nádvoří	PS-1, PS-2, PS-3, PS-4, PS-5, PS-6, PS-7, PS-10, HG-1, HG-6, HG-7, HG-10, Studna-1

Parcelní číslo	Kat. území	Výměra pozemku m ²	Vlastník	Druh pozemku	Průzkumné práce
2535/3	KH	40	Hubička Radek, Mincířská 107/2, Kutná Hora - Vnitřní Město, 284 01 Kutná Hora	zastavená plocha a nádvoří	geofyzika
2536	KH	2 537	Hubička Radek, Mincířská 107/2, Kutná Hora - Vnitřní Město, 284 01 Kutná Hora	zastavená plocha a nádvoří	PS-11, PS-12, PS-13, PS-14, PS-15, HG-8
3652/5	KH	56	CREST Ostrava a.s., Vršovická 1527/68b, Vršovice, 100 00 Praha 10	ostatní plocha	geofyzika
3652/11	KH	532	CREST Ostrava a.s., Vršovická 1527/68b, Vršovice, 100 00 Praha 11	ostatní plocha	geofyzika
2523	KH	1 921	CREST REALITY, a.s., Nad Závěrkou 2434/7, Břevnov, 16900 Praha 6	ostatní plocha	geofyzika
2524	KH	4 688	CREST REALITY, a.s., Nad Závěrkou 2434/7, Břevnov, 16900 Praha 6	zastavená plocha a nádvoří	PS-8, PS-9, HG-2, HG-4, HG-5, geofyzika
2527/1	KH	1 677	CREST REALITY, a.s., Nad Závěrkou 2434/7, Břevnov, 16900 Praha 6	zastavená plocha a nádvoří	geofyzika
2530/1	KH	7 562	CREST REALITY, a.s., Nad Závěrkou 2434/7, Břevnov, 16900 Praha 6	ostatní plocha	geofyzika
2538	KH	1 566	CREST REALITY, a.s., Nad Závěrkou 2434/7, Břevnov, 16900 Praha 6	ostatní plocha	HG-9
2540	KH	52	CREST REALITY, a.s., Nad Závěrkou 2434/7, Břevnov, 16900 Praha 6	zastavená plocha a nádvoří	Studna-2
3652/1	KH	1 854	CREST REALITY, a.s., Nad Závěrkou 2434/7, Břevnov, 16900 Praha 6	ostatní plocha	geofyzika
3652/12	KH	59	CREST REALITY, a.s., Nad Závěrkou 2434/7, Břevnov, 16900 Praha 6	ostatní plocha	geofyzika
32/7	S	3 684	CREST Ostrava a.s., Vršovická 1527/68b, Vršovice, 100 00 Praha 13	ostatní plocha	HG-3, geofyzika
32/19	S	725	CREST Ostrava a.s., Vršovická 1527/68b, Vršovice, 100 00 Praha 15	ostatní plocha	geofyzika
778/15	S	35 386	CREST Ostrava a.s., Vršovická 1527/68b, Vršovice, 100 00 Praha 24	ostatní plocha	PS-16, geofyzika

Pozn.: Katastrální území: KH = Kutná Hora, S = Sedlec u Kutné Hory

2.1.5 Ochranná pásma a chráněná území

Zájmová lokalita není součástí území se zvláštním ochranným statusem (ochranná pásma vodního zdroje, CHOPAV, CHKO apod.)

2.2 Přírodní poměry zájmového území

2.2.1 Geomorfologické a klimatické poměry

Území leží dle geomorfologického členění (Demek et al., 2006) v těchto jednotkách:

- Systém: Hercynský
- Provincie: Česká vysočina
- Subprovincie: Česká tabule
- Oblast: Středočeská tabule
- Celek: Středolabská tabule
- Podcelek: Českobrodská tabule
- Okrsek: Kolínská tabule

Terén je v prostoru lokality území prakticky rovinný s neznatelným úklonem k toku Vrchlice, tj. od sz. k jv. Nadmořské výšky zde dosahují hodnot cca 221-218 m n.m.

Území okrsku leží zhruba mezi sídly Velim, Kolín, Kutná Hora, Církvice, Červené Pečky a Křečhoř. Zcela uvnitř okrsku leží větší obce Polepy a Nebovidy, větší částí sem zasahuje titulní okresní město Kolín a značnou částí další okresní město Kutná Hora.

Jedná se o plochou pahorkatinu na levém břehu Labe, tvořená cenomanskými pískovci, rulami, migmatity a amfibolity kutnohorského krystalinika. Zaujímá erozně denudační povrch plošin a mírných svahů se sprašovými pokryvy a závěsemi a s nesouměrnými údolími svahových potoků odkrývajících místy na příkřejších východních svazích krystalinické podloží křídových hornin. Při severovýchodním okraji se Labe v Kolíně epigeneticky zařezává do rulového georeliéfu. Pahorkatina je zalesněna z asi 1% (bor, akátiny, nivní lesíky) Dále jsou zde rozsáhlá pole a sady. Okrsek zahrnuje chráněné území PP Lom u Červených Peček a také velké odkaliště pod vrchem Kaňk u Kutné Hory. Nejvyšším bodem okrsku je vrstevnice (295 m) na jihu, při hranici s Hornosázavskou pahorkatinou.

Po klimatické stránce náleží území do okrsku mírně teplého, mírně suchého, převážně s mírnou zimou. Průměrná roční teplota vzduchu je 8,3°C (stanice Čáslav) a roční úhrn srážek činí 578 mm (stanice Kutná Hora).

Řešené území leží v teplé klimatické oblasti T, která je podrobněji specifikována jako klimatická oblast T2 dle Quitta. Pro oblast T2 je charakteristické dlouhé, teplé a suché léto s průměrnou teplotou 18 – 19°C v červenci, krátké přechodné období a krátká mírně teplá a suchá zima. Nejstudenějším měsícem je leden s průměrnou teplotou -2 až -3. Klimatická oblast je dále charakterizována těmito průměrnými údaji:

Tabulka 2: Klimatické charakteristiky

Počet letních dnů	50 - 60
Počet dnů s průměrnou teplotou nad 10°C	160 – 170
Počet mrazových dnů	100 - 110
Počet ledových dnů	30 – 40
Průměrná teplota v lednu	-2 – -3°C
Průměrná teplota v červenci	18 – 19°C
Průměrná teplota v dubnu	8 – 9°C

Průměrná teplota v říjnu	7 – 9°C
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	90 – 100
Srážkový úhrn ve vegetační období	350 – 400 mm
Srážkový úhrn v zimním období	200 – 300 mm
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	40 – 50
Počet dnů zamračených	120 – 140
Počet dnů jasných	40 – 50

2.2.2 Hydrologické poměry

Oblast zájmového území hydrologicky spadá do povodí řeky Vrchlice s č. pořadí hydrologického povodí 1-04-01-033. Jedná se o levobřežní přítok Klejnárky.

Bývalý areál AVIA Kutná Hora sousedí s tokem Vrchlice v kilometráži 3,2 až 3,55. Koryto vodního toku je od prostoru bývalé hlavní výrobní haly - automatárny resp. prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu cca 300 m jv. směrem.

Průtok Vrchlice v měrné stanici LG Malešov dosahuje v průměru $Q_a=0,41$ m³/s a Q_{355} má hodnotu 0,017 m³/s. V měrném profilu LG Vrchlice je $Q_a=0,43$ m³/s (průměrný průtok) a $Q_{355}=0,018$ m³/s.

Vrchlice má vymezeno záplavové území Q100, které včetně aktivní záplavové zóny odpovídá přibližně plošně odpovídá regulovanému korytu a nezasahuje tedy do zájmového areálu.

2.2.3 Geologické poměry

Z regionálně geologického hlediska je zájmové území řazeno ke Kutnohorskému krystaliniku. Skalní podloží je tvořeno metamorfovanými horninami, ortorulami a svorovými rulami. Dle orientačního výpisu z databáze Geofond se metamorfity krystalinika nacházejí v hloubkách cca 17 až 30 m.

Metamorfity jsou překryty svrchnokřídovými křídovými sedimenty spodního turonu (bělohorské souvrství), zastoupenými šedými až šedookrovými slínovci a písčitými slínovci. Skalní podloží je převážně v hloubce cca 9-11 m p.t. V nadloží svrchnokřídových sedimentů se nacházejí v různých mocnostech nivní fluviální sedimenty kvartérního stáří, jedná se o zahliněné štěrky, štěrkopísky a písky o mocnosti 1-4 m, místy s lokálními výskyty černých jílovými hlín (hnilokalů) Tyto uloženiny jsou lokálně překryty kvartérními sprašemi a sprašovými hlínami. Celková mocnost pokrývných útvarů zahrnujících kvartérní sedimenty a recentních navážky dosahuje 7,5 až 10,5 m.

Dle dostupných informací se v prostoru zájmového území, resp. v jeho jižní a centrální části (prostor p. č. 778/8) nacházel rybník, který byl zasypán nesoudržitelnými proměnlivě ulehými navážkami (tvořenými stavebním odpadem a zeminou) o mocnosti cca do 5 m.

2.2.4 Hydrogeologické poměry

Lokalita náleží do hydrogeologického rajonu 434 – Čáslavská křída (základní vrstva).

Hydrogeologické poměry zájmového území jsou ovlivněny především dispozicí k povrchovému toku Vrchlice, která omezeně drénuje území areálu závodu. V zájmovém areálu lze vymezit mělké zvodnění vázané na průlinově propustné kvartérní sedimenty a předpokládané hlubší zvodnění vázané na puklinově propustné skalní podloží (zde reliktní sedimentů sv. křída). Mělké zvodnění je v hydraulické souvislosti s tokem Vrchlice, který představuje místní drenážní bázi pro mělký oběh podzemních vod. Hladina podzemní vody v kvartérním kolektoru je volná a v době provádění průzkumu se byla v ustáleném stavu zastižena v hloubkách 2,55 m p.t. (PS-16) až 5,66 m p.t. (HG-3), průměrně 4,58 m p.t. V nadmořských výškách se jednalo o hodnoty 215,16 až 218,02 m n. m. a průměrně 216,41 m n. m. Sedimenty svrchní křída na rozhraní s kvartérním pokryvem představují díky svému petrografickému vývoji bazální izolátor. Za infiltrační ploch lze označit v daném prostoru s výjimkou staveb a zpevněných ploch celou plochu areálu. Do prostoru dále natékají mělké podzemní vody z širších výše položených partií v prostoru s. a sz. od lokality. Generelní směr proudění je SZS – VJV, s velmi mírným hydraulickým spádem ($i = 0,004$ až $0,007$) k VJV, k místní drenážní bázi (tok Vrchlice). V prostoru šrotiště a stáčírny mazutu je proudění podzemních vod lokálně odchýleno k JJV. Při předpokládané pórovitosti 10% je doba zdržení mezi zdrojovou oblastí a drenáží do Vrchlice vypočtena 130 až 170 dnů.

Realizovanou informativní čerpací zkouškou (Tylš, 1994) na vrtu AKH-4 byly v horninovém prostředí (kvartérní kolektor) ověřeny hodnoty transmisivity $T = 2,44 \cdot 10^{-4}$ až $4,1 \cdot 10^{-4}$ m²/s. V rámci prací AR (Zýma, 2008) byly na všech hydrogeologických vrtech řady AKH realizovány SLUG testy, které ověřily koeficient filtrace kvartérního kolektoru v rozmezí $1 \cdot 10^{-4}$ až $6 \cdot 10^{-6}$ m/s, což odpovídá V. až IV. třídě propustnosti dle Jetela (dostí slabě propustné až mírně propustné prostředí). Z hlediska prostorové distribuce hodnot propustnosti nelze vymezit jednoznačnou závislost na geologických poměrech. Se značnou mírou zjednodušení lze přiřadit vyšší míru propustnosti prostředí blíže k Vrchlici. Nejnížší hydraulická propustnost je dokumentována v širší oblasti šrotiště a stáčírny mazutu.

2.2.5 Geochemické poměry

Podzemní voda je z hydrochemického hlediska vodou hydrogenuhlčitano-vápenatou až hydrogenuhlčitano-sírano-vápenatou, typ Ca - HCO₃⁻, Ca - SO₄ - HCO₃⁻. Hodnoty pH byly v rozmezí 6,9 až 7,7 a voda tedy byla neutrální až lehce zásadité reakce. Mineralizace podzemní vody v areálu se pohybovala rozmezí 746 až 1020 mg/l a jedná se tak o středně mineralizovanou vodu.

3 PRŮZKUMNÉ PRÁCE

3.1 Základní výsledky dřívějších průzkumných prací

Dřívější průzkumné práce jsou dokumentovány v těchto materiálech:

- M. Tyliš a kol. (1994): AVIA Kutná Hora a.s. - průzkum znečištění horninového prostředí a podzemních vod – analýza starých ekologických zátěží. G-servis Praha, s.r.o.
- O. Valenta (2005): Předběžný průzkum kontaminace zeminy, podzemní vody a stavebních konstrukcí - podniky AVIA a Selektu Kutná Hora. EnviCon G, s.r.o.
- V. Wojnarová (2008): Areál závodu AVIA Kutná Hora a.s. (v konkursu) – ekologický posudek. G- servis Praha, s.r.o.
- Z. Zýma (2009): AVIA Kutná Hora a.s. v konkursu - Analýza rizika. G-servis Praha s.r.o.

Průzkumnými pracemi AR (Zýma, 2008) bylo potvrzeno znečištění horninového prostředí a podzemních vod v bývalém areálu závodu AVIA Kutná Hora, a.s. v konkursu.

Zeminy nesaturované zóny (především navážky) jsou kontaminovány vysokými obsahy ropných uhlovodíků, výjimečně byla ověřena kontaminace těžkými kovy (prostor galvanovny) a chlorovanými uhlovodíky (sv. roh haly M1). Výrazným ohniskem znečištění nesaturované a saturované zóny ropnými uhlovodíky se značným hloubkovým dosahem (až 6 m) jsou navážky a kvartérní sedimenty v podloží šrotiště a stáčiště mazutu. Další plošně významná ohniska znečištění, ale s výrazně nižším hloubkovým dosahem, byla zjištěna v podloží haly A+C (v části automatárna) a v prostoru šrotiště u VPZ. Lokálně zvýšené hodnoty NEL (bodové údaje) v nesaturované zóně byly dále zjištěny v prostoru kompresorovny, deemulgační stanice a venkovní skladové plochy na upotřebené oleje.

Vysokou míru kontaminace v prostoru šrotiště potvrzuje i výskyt volné plovoucí fáze ropných uhlovodíků na hladině podzemní vody. Rozsah výskytu volné fáze byl odhadnut na základě gradientu poklesu mocnosti fáze na cca 25 až 30 m ve směru proudění od centra šrotiště. Druhé (minoritní) ohnisko kontaminace podzemních vod látkami typu NEL bylo ověřeno v prostoru šrotiště u VPZ. Zaznamenaný rozsah kontaminačních mraků okolo zdrojů kontaminace lze hodnotit jako nízký. Koncentrace rozpuštěných NEL v podzemní vodě velmi rychle vyznívají na hodnoty desetin až setin mg/l. Na tomto faktu se podílí zejména nízká rychlost proudění, vysoká míra sorpce a další atenuační mechanismy.

Kromě výskytu NEL v podzemní vodě byly v prostoru šrotiště, deemulgační stanice a zejména jv. části areálu zaznamenány zvýšené koncentrace Cl-U (majoritně PCE).

V exploatované studni S-1 (pro užitkové účely) nebyla ověřena zvýšená přítomnost majoritních polutantů (NEL, Cl-U), rovněž v toku Vrchlice nebyla zaznamenána degradace kvalit povrchových vod podél hranice s areálem AVIA nebezpečnými látkami v důsledku drenáže kontaminovaných podzemních vod (Zýma, 2008).

Na základě výsledků dříve realizovaných průzkumných prací, prací v rámci předkládané AR a hodnocení rizik doporučoval zpracovatel AR pro zájmovou lokalitu AVIA Kutná Hora a.s. v konkursu následující soubor opatření:

Při stávajícím průmyslovém využití území

- odstranění plovoucí fáze směsi ropných látek (těžké oleje) a rostlinných olejů z prostoru šrotiště
- monitoring jakosti podzemních a povrchových vod v navrženém rozsahu
- monitoring jakosti exploatované podzemní vody ze studny S-1

Při změně využití území (obytné, rekreační účely apod.)

- předsanační doprůzkum dosahu výskytu PFRL na hladině podzemní vody a míry kontaminace zemin ve vztahu k pozemkům p.č. 2524 a p.č.2523.
- doprůzkum průběhu a obsahu řepných kanálů
- odstranění plovoucí fáze směsi ropných látek (těžké oleje) a rostlinných olejů z prostoru šrotiště
- odtěžení kontaminovaných partií horninového prostředí a stavebních konstrukcí – širší prostor šrotiště
- postsanační monitoring jakosti podzemních a povrchových vod v navrženém rozsahu

3.2 Přehled známých zdrojů a ohnisek znečištění

Hlavní zdroje znečištění jsou známy díky předešlé analýze rizik (Zýma, 2008), která zdokumentovala tři významnější ohniska znečištění. Jsou jimi bývalá automatárna, dnes budova na par. č. 2536, dále bývalý prostor šrotiště a stáčírny mazutu, dnes v severovýchodním rohu par. č. 2535/1 a v neposlední řadě prostor na jihovýchodním okraji par. č. 778/15.

V prostoru bývalé automatárny, šrotiště a stáčírny mazutu byly kvantifikovány zejména vysoké obsahy ropných látek, jak v zemině, tak v podzemních vodách. Na jihozápadním okraji par., č. 778/15 v hydrogeologickém vrtu AKH-3 byl zaznamenán lehce zvýšený obsah PCE v podzemních vodách.

Hala automatárny je třípatrová monolitická budova, kde byla soustředěna v minulosti hlavní výroba podniku AVIA. Budova byla postavena jako cukrovar (zrušen cca v 60. letech). Hlavní výrobní hala je na půdorysu cca 55 x 45 m. V přízemí bylo instalováno až 300 kovoobráběcích strojů. V objektu byl hojně používán řezný olej. Třísky z kovoobrábění byly po odstředění dopravovány do prostoru šrotiště. V sv. části haly byla perchlorová pračka.

V rámci AR (Zýma, 2008) bylo odhadnuto množství plavoucí fáze v rozmezí 4 až 8 m³ (cca 4 – 8 tun) v závislosti na hodnotě efektivní porosity horninového prostředí v rozmezí 5 až 10%. Dále bylo odhadnuto množství znečištěné zeminy nasaturované zóny v prostoru šrotiště a stáčiště na 105 260 kg, v prostoru automatárny na 16 600 kg. Stavební konstrukce automatárny obsahují cca 28 500 kg

kontaminantu typu NEL. Matematickým modelem bylo odhadnuto aktuální množství primárního kontaminantu (ropné uhlovodíky v rozpuštěné formě) v saturované zóně zájmového území na cca 3 kg.

Rozbor fáze ověřil, že olejovitá kapalina je tvořena směsí rostlinných olejů a ropných látek (minerální oleje) v poměru 1,2 : 1. Ropné látky jsou zastoupeny frakcí uhlovodíků v rozmezí C_{14} - C_{40} s maximem mezi C_{27} - C_{28} . Hustota vzorku produktu byla stanovena na 0,9793 mg/ml. Mezní rozpustnost ropných uhlovodíků ve vodě byla stanovena na 1,5 mg/l. Z hlediska určení typu ropných látek jde o těžší typ oleje.

Současný majitel pan Radek Hubička si zbudoval východně od bývalého šrotiště a stáčírny mazutu na pozemku p. č. 2535/1 studnu, ve které byla zdokumentována mocná vrstva fáze ropných látek na hladině podzemní vody.

V rámci rekognoskace zájmového území bylo zjištěno, že došlo k bouracím pracím na pozemcích patřící společnosti CREST Ostrava a.s., avšak zeminy v podzákladí budov obsahující zejména ropné znečištění zůstaly přítomny.

3.3 Vytipování látek potencionálního zájmu

Vzhledem k charakteru využití lokality byly jako potenciální kontaminanty vytipovány:

- ropné látky - parametr C_{10} - C_{40}
- benzen, toluen, ethylbenzen, xylen (dále jen BTEX),
- polyaromatické uhlovodíky (dále jen PAU)
- chlorované ethyleny (dále jen CLET)
- polychlorované bifenylly (dále jen PCB)

Pro dopřesnění aktuálního stavu horninového prostředí byly provedeny též úplné chemické rozborů podzemní vody (dále jen ÚCHR), stanoveny parametry přirozené atenuace, provedeny testy ekotoxicity a mikrobiologické rozborů.

3.4 Předběžný koncepční model znečištění

V rámci zpracování analýzy rizika budou uvažovány možné transportní cesty a expoziční scénáře, které připadají v úvahu při hodnocení rizik. Následující tabulka obsahuje soupis všech uvažovaných expozičních cest, pro které je uvažován rozsah prací v analýze rizik. Předběžný koncepční model pracuje již s doposud neschváleným územním plánem, který předpokládá změnu zařazení pozemků z průmyslových a skladových na plochy smíšené obytné – městské. V tomto předběžném koncepčním modelu znečištění jsou jako ohniska znečištění uvažovány:

1. Prostor bývalého šrotiště a stáčírny mazutu
2. Prostor bývalé automatárny
3. Prostor v okolí průzkumného vrtu AKH-3

Hlavní transportní cestou je vymývání stávajících ohnisek dešťovou vodou a transport podzemní vodou do povrchového toku. Předběžný koncepční model s jednotlivými expozičními scénáři a transportními cestami je shrnut v následující tabulce.

Tabulka 3: Předběžný koncepční model

Expoziční cesta č.	Ohnisko znečištění	Transportní cesta	Příjemce rizik
A1	Prostor bývalého šrotiště a stáčírny mazutu	Únik kontaminantu do nesaturované zóny	Pracovníci při výkopových pracích – expozice dermální, inhalační, ingescí
A2	Prostor bývalého šrotiště a stáčírny mazutu	Únik a rozpuštění látek do podzemní vody – transport podzemní vodou kvartérního kolektoru, event. řepnými kanály	Pracovníci při výkopových pracích – expozice dermální, inhalační a ingescí
A3	Prostor bývalého šrotiště a stáčírny mazutu	Únik a rozpuštění látek do podzemní vody – transport podzemní vodou kvartérního kolektoru, event. řepnými kanály – jímání vod studněmi	Obyvatelstvo – (voda – expozice ingescí, dermální a inhalační)
B1	Prostor bývalé automatárny	Únik kontaminantu do nesaturované zóny	Pracovníci při výkopových pracích – expozice dermální, inhalační, ingescí
B2	Prostor bývalé automatárny	Únik a rozpuštění látek do podzemní vody – transport podzemní vodou kvartérního kolektoru	Pracovníci při výkopových pracích – expozice dermální, inhalační a ingescí
B3	Prostor bývalé automatárny	Únik a rozpuštění látek do podzemní vody – transport podzemní vodou kvartérního kolektoru – jímání vod studněmi	Obyvatelstvo – (voda – expozice ingescí, dermální a inhalační)
C1	Prostor v okolí průzkumného vrtu AKH -3	Únik kontaminantu do nesaturované zóny	Pracovníci při výkopových pracích – expozice dermální, inhalační, ingescí
C2	Prostor v okolí průzkumného vrtu AKH -3	Únik a rozpuštění látek do podzemní vody – transport podzemní vodou kvartérního kolektoru	Pracovníci při výkopových pracích – expozice dermální, inhalační a ingescí
C3	Prostor v okolí průzkumného vrtu AKH -3	Únik a rozpuštění látek do podzemní vody – transport podzemní vodou kvartérního kolektoru – drenáž do povrchové vody	Obyvatelstvo – (voda – expozice ingescí, dermální a inhalační)
C4	Prostor v okolí průzkumného vrtu AKH -3	Únik a rozpuštění látek do podzemní vody – transport podzemní vodou kvartérního kolektoru – drenáž do povrchové vody	Vodní ekosystémy – (rostlinstvo, vodní organismy)

3.5 Aktuální průzkumné práce

3.5.1 Metodika a rozsah prací

Výchozí a obecné požadavky na provádění geologicko-průzkumných prací vycházejí z geologického zákona č. 62/1988 Sb. a navazujících vyhlášek MŽP č. 368/2004 Sb., o geologické dokumentaci a č. 369/2004 Sb., o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek. Zároveň jsou směrodatné a závazné požadavky Metodického pokynu MŽP pro průzkum kontaminovaného území (Věstník MŽP, č. 9, září 2005).

Na lokalitě byly v rámci realizace analýzy rizik provedeny v období I/2019 - VIII/2019 následující průzkumné a vyhodnocovací práce:

I. etapa:

- přípravné práce a detailní rekognoskace
- zpracování realizačního projektu
- geofyzikální průzkum

Výsledky I. etapy byly vyhodnoceny formou samostatné zprávy, předloženy OERŠ MŽP k odsouhlasení a projednány na kontrolním dni. Následně bylo přistoupeno k provádění prací v rámci II. etapy.

II. etapa:

- vrtané průzkumné dočasně vystrojené sondy PS-1 až PS-16 do hloubky 7 m, celková metráž: 112 m
- hydrogeologické vrty HG-1 až HG-10 do hloubky 11 m, celková metráž: 110 m
- odběr vzorků zemin z průzkumných sond a hydrogeologických vrtů
- odběr vzorků podzemní vody z průzkumných sond a hydrogeologických vrtů a stávajících hydrogeologických objektů
- terénní měření na vrtech - měření hladiny podzemní vody, fáze ropných látek, fyzikálně-chemických parametrů
- odběr vzorků povrchové vody z Vrchlice
- laboratorní práce
- geodetické zaměření průzkumných sond, hydrogeologických vrtů a povrchové vody ve Vrchlici
- likvidace dočasně vystrojených PS vrtů – 16 ks (v celkové metráži 112 bm)

- modelové řešení proudění podzemních vod a transportu kontaminantu
- dokumentace, vyhodnocení a interpretace získaných údajů
- aktualizace koncepčního modelu na základě nově zjištěných skutečností
- hodnocení zdravotních a ekologických rizik způsobených znečištěním v areálu
- doporučení cílových parametrů a nápravných opatření
- zpracování závěrečné zprávy
- záznam do databáze SEKM

Získané údaje z průzkumných a analytických prací byly zpracovány do tabelárních přehledů s komentářem a vyhodnocením, dále byly porovnány s hodnotami Metodického pokynu MŽP ČR – Indikátory znečištění z roku 2014 (platného od vydání ve věstníku MŽP v lednu 2014), případně dalšími relevantními regulativy.

3.5.2 Rešerše archivních materiálů, terénní rekognoskace lokality, přípravné práce

V rámci přípravných rešerší byla získána dostupná archivní geologická dokumentace z Geofondu ČR. Jednalo se materiál „Analýza rizik - AVIA Kutná Hora, a.s. v konkurzu“, který vypracovala společnost G-servis Praha s.r.o. v březnu 2009.

Nejpodstatnější poznatky a zjištění byly zohledněny v zadávací a následně v realizační dokumentaci aktuálně řešené AR. V rámci prací realizovaných v roce 2009 byl ověřován rozsah znečištění horninového prostředí a podzemní vody ropnými látkami, těžkými kovy a chlorovanými uhlovodíky, jejichž přítomnost vyplývá z historického využití areálu a to v řadě dílčích potenciálních ohnisek. Jako nejrozsáhlejší bylo identifikováno ropné znečištění navážek a kvartérních sedimentů do hloubky až 6 m a v podzemní vodě v podloží bývalého šrotiště a stáčírny mazutu. Rozsah výskytu fáze ropných látek na hladině podzemní vody byl odhadnut na 20 - 30 m ve směru proudění od centra šrotiště. Další plošně významná ohniska znečištění, ale s výrazně nižším hloubkovým dosahem byla identifikována v podloží haly A+C (bývalá automatárna). Dále byly zaznamenány nepřípustné koncentrace CLET (majoritně PCE) v podzemní vodě jv. části areálu. Archivní podklad poskytli mj. informace o geologické stavbě přípovrchových partií horninového prostředí, mocnosti a skladbě kvartérního pokryvu a hloubce skalního křídového podloží. Tyto a další zde obsažené informace byly využitelné jednak pro zpřesnění interpretace GF měření a následně i pro další průzkumné práce v rámci aktuálně řešené AR.

V rámci rešerší byly získány archivní letecké snímky z období 1936 až 1963 z portálu www.lms.cuzk.cz (Archiv leteckých měřických snímků Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu (VGHMÚŘ), které zachytily historické rozmístění výrobních objektů a infrastruktury v areálu a spolu s geofyzikálním průzkumem byly využity pro lokalizaci vrtných prací.

Dále byla v rámci přípravných prací provedena rekognoskace lokality, v rámci které byly vizuálně ověřeny poměry v zájmovém areálu a pořízena fotodokumentace. Zejména byl prověřen aktuální stav míst, kde mají být realizovány terénní průzkumné práce. Z prohlídky lokality mj. vyplynulo, že objekty původně situované ve východní části areálu tvořené převážně parcelou 778/15, k.ú. Sedlec u Kutné Hory jsou zdemolovány a v tomto prostoru je pouze volné prostranství.

V rámci přípravných prací byly získány souhlasy vlastníků parcel dotčených projektovanými průzkumnými pracemi se vstupem na pozemky a provedením vrtných prací. Současně byly provedeny evidenční a ohlašovací povinnosti vyplývající z geologické legislativy.

3.5.3 Geofyzikální průzkum

Geofyzikální práce provedla subdodavatelská společnost G IMPULS Praha spol. s r.o. dne 29. 1. 2019. Před zahájením terénních měření byla provedena se zástupci subdodavatele prohlídka lokality. Měření proběhlo v prostoru vymezeném projektovou dokumentací s cílem podchytit preferenční linie pro proudění podzemní vody v okolí bývalého stáčíště mazutu. Tyto preferenční linie mohly představovat i tzv. řepné kanály, tj. liniové objekty vybudované v souvislosti s provozem cukrovaru, který se v areálu původně nacházel. Zpráva o výsledcích měření je v příloze č. 9. V rámci geofyzikálního průzkumu byly použity tyto metody:

Georadar

Georadarová metoda nebo také georadar či radiolokační metoda (GPR - angl. ground penetrating radar) je založena na vyslání EM pulzů o vysoké vlastní frekvenci (20 – 2 000 MHz) pod povrch a registraci času příjmu po odrazu od podpovrchových reflexních rozhraní, které jsou projevem změny EM vlastností, hlavně elektrické permitivity. Současné aparatury umožňují prakticky spojitě sledování průběhu odrazných rozhraní do hloubek až mnoha metrů podél měřeného profilu ve formě tzv. georadarových řezů, v nichž je registrovaný čas odrazu transformován na hloubky reflexních ploch podle zjištěné či odhadnuté rychlosti šíření EM vlny v prostředí.

Pro určení této rychlosti se může v případě potřeby v homogenních úsecích profilů provádět tzv. sondážní měření, v němž jsou obě antény (vysílací a přijímací) od sebe vzdalovány od středu. Rychlost lze také zjistit podle tvaru hodochron odražených vln. Hloubkový dosah je nepříznivě ovlivněn vodivostí prostředí. V prostředí o měrném odporu kolem stovek ohm (obvyklé podmínky mělkého řezu v ČR) nelze očekávat větší hloubkový dosah než několik metrů a větší nabízený dosah je výjimečný. Georadar patří mezi nejpobulárnější metody mělkého průzkumu (zvláště v regionech s mělkým pokryvem či s výchozy nevodivých hornin).

Dipólové elektromagnetické profilování (DEMP)

Metoda DEMF používá dvě cívky (antény) - zdrojovou a měřicí. Vzdálenost cívek (řádově 1 – n.10 m) a frekvence zdrojového pole (100 Hz -10 kHz) určují hloubkový dosah. Orientace os cívek je volena podle charakteru sledované vodivostní nehomogenity (detekce strmých tektonických linií, mapování horninových rozhraní, sledování reliéfu vodivého či nevodivého podloží apod.). Základním výstupem z přístroje je naměřená reálná a imaginární proudová složka (I, Q) a výpočet zdánlivého měrného odporu. Přístrojové vybavení pro metody DEMF je náročnější než u stejnosměrných odporových metod a ve vodivém prostředí mají při použití běžných proudových zdrojů značně limitovaný hloubkový dosah (podle typu od prvních metrů až desítek metrů). Kromě toho jsou často nepříznivě limitovány elektromagnetickými šumy. V příznivých podmínkách jsou používány právě pro svou schopnost identifikovat mělce uložené vodivé zóny (například mělké zvodně založené na strukturních prvcích), které mohou být transportními cestami šíření kontaminace. Výsledky metody jsou v podstatě určeny hlavně odporovými (vodivostními) poměry prostředí. Výhodou oproti

stejnoseměrným odporovým metodám je bezkontaktní měření bez nutnosti uzemnění elektrod. Nevýhodou je extrémní citlivost na přítomnost inženýrských sítí, zástavbu apod.

Výsledky geofyzikálního průzkumu:

Geofyzikálním průzkumem byly částečně podchyceny anomálie, které mohou odpovídat řepným kanálům resp. obecně preferenčním zónám z hlediska proudění podzemní vody.

Zjištěné poznatky byly spolu s rešeršními podklady zohledněny pro lokalizaci některých vrtných prací. Finální pozice vrtů byla dále upřesněna s ohledem na vedení inženýrských sítí, případně na provozně-technické možnosti v areálu.

3.5.4 Vrtné práce

Hydrogeologické vrtý

V rámci průzkumných prací bylo vyhloubeno 10 ks hydrogeologických monitorovacích vrtů řady HG-1 až HG-10 do hloubky max. 11 m. V nesoudržných horninách byly hydrogeologické vrtý hloubeny vrtnou soupravou Wirth B1A pod vedením vrtmistra Jana Dolníčka, jádrovým způsobem nasucho, jadrovákem s TK korunkou prům. 178 mm. Ve skalních horninách byly vrtý hloubeny technologií rotačně příklepového vrtání ponorným kladivem se vzduchovým výplachem vrtným průměrem 155 mm. Vrtý byly vystrojeny PVC výstrojí 125/2,7 mm, s perforací o šířce štěrbin 1 mm, uzavřené plným plastovým závitovým dnem. Zhlaví vrtů je pojezdové s úrovní povrchu terénu (hydrantový poklop) nebo přírubové zhlaví (ocelová chránička prům. 165 mm). Hydrogeologický vrt HG-7 byl proveden jako šikmý pod úhlem cca 35°).

Výstroj HG vrtů:	0,0–4,0 m PVC 125/2,7 mm plná
	4,0–11,0 m PVC 125/2,7 mm perforovaná
	Perforace příčná štěrbinová šířky 1 mm, 10–15%.

Zaplášťové úpravy:	0,0–3,0 m zásyp odvrtným materiálem
	3,0–3,5 m cementace
	3,5–4,0 m pískový přechod
	4,0–11,0 m obsyp – štěrková drť – 4–8 mm frakce

Průzkumné sondy

Dále bylo technologií rotačně jádrového vrtání vyhloubeno celkem 16 ks mělkých sond PS-1 až PS-16 v celkové metráži 112 bm. V nesoudržných horninách byly hloubeny vrtnou soupravou HVS-245 pod vedením vrtmistra Pavla Jílka, jádrovým způsobem nasucho, jadrovákem s TK korunkou prům. 178 mm a následně byly dočasně vystrojeny pro odběr vzorků podzemní vody PVC zárubnicí o průměru 125 mm. Vrtání bylo prováděno bez použití vrtného výplachu, tj. na sucho. Po odběrech vzorků a měřeních byla provedena likvidace sond prostým zásypem. K záhozům vrtů byl použit netříděný zásypový štěrkopísek. Základní technické údaje o vrtech jsou uvedeny níže v tabulce.

Tabulka 4: Základní parametry realizovaných vrtů

Název vrtu	Hloubka (m)	Naražená HPV (m p.t.)	Výstroj (mm)	Zapažnicové úpravy (m)
HG-1	11,0	5,3	PVC 125/2,7	0-3 zásyp, 3-3,5 cem., 3,5-4 písek, 4-11 obsyp
HG-2	11,0	4,95	PVC 125/2,7	0-3 zásyp, 3-3,5 cem., 3,5-4 písek, 4-11 obsyp
HG-3	11,0	6,25	PVC 125/2,7	0-3 zásyp, 3-3,5 cem., 3,5-4 písek, 4-11 obsyp
HG-4	11,0	6,1	PVC 125/2,7	0-3 zásyp, 3-3,5 cem., 3,5-4 písek, 4-11 obsyp
HG-5	11,0	7,2	PVC 125/2,7	0-3 zásyp, 3-3,5 cem., 3,5-4 písek, 4-11 obsyp
HG-6	11,0	5,45	PVC 125/2,7	0-3 zásyp, 3-3,5 cem., 3,5-4 písek, 4-11 obsyp
HG-7	11,0	5,3	PVC 125/2,7	0-3 zásyp, 3-3,5 cem., 3,5-4 písek, 4-11 obsyp
HG-8	11,0	5,2	PVC 125/2,7	0-3 zásyp, 3-3,5 cem., 3,5-4 písek, 4-11 obsyp
HG-9	11,0	5,15	PVC 125/2,7	0-3 zásyp, 3-3,5 cem., 3,5-4 písek, 4-11 obsyp
HG-10	11,0	6,4	PVC 125/2,7	0-3 zásyp, 3-3,5 cem., 3,5-4 písek, 4-11 obsyp
PS-1	7,0	5,7	PVC 125/2,7	-
PS-2	7,0	5	PVC 125/2,7	-
PS-3	7,0	6,3	PVC 125/2,7	-
PS-4	7,0	5,55	PVC 125/2,7	-
PS-5	7,0	5,05	PVC 125/2,7	-
PS-6	7,0	5,35	PVC 125/2,7	-
PS-7	7,0	4,95	PVC 125/2,7	-
PS-8	7,0	5,15	PVC 125/2,7	-
PS-9	7,0	5,5	PVC 125/2,7	-
PS-10	7,0	6,4	PVC 125/2,7	-
PS-11	7,0	5,5	PVC 125/2,7	-
PS-12	7,0	4,7	PVC 125/2,7	-
PS-13	7,0	4,6	PVC 125/2,7	-
PS-14	7,0	4,75	PVC 125/2,7	-
PS-15	7,0	4,7	PVC 125/2,7	-
PS-16	7,0	6,8	PVC 125/2,7	-

Výsledky vrtných prací byly zohledněny v popisu geologických a hydrogeologických poměrů v kapitolách 2.2.3 a 2.2.4. Schématická situace areálu s vyznačením pozic sond PS a HG vrtů tvoří přílohu č. 5, geologická dokumentace vrtů tvoří přílohu č. 7, technická zpráva z vrtných prací je v příloze č. 10. Doklad o likvidaci odpadu (vrtného jádra) je uveden v příloze č. 14.

3.5.5 Vzorkovací práce

Vzorkování zemin

Zeminy byly odebírány v průběhu vrtných prací ihned po vytěžení vrtného jádra. Při odběru vzorků z vrtného nářadí byl brán zřetel na to, aby nebyla odebrána zemina z vnitřní a vnější části vrtného nářadí z důvodu možné vzájemné kontaminace vzorků. Vzorky pevného materiálu byly odebírány ze středové části vynesného jádra za použití lopatky do speciálních vzorkovnic dodaných laboratoří

opatřených visačkou s označením lokality, odběrového místa, hloubky odběru, data odběru a požadované analýzy. Velikost a typ použitých vzorkovnic vycházel z požadavku akreditované laboratoře provádějící laboratorní rozborů odebraných vzorků. Vzorky zemin byly odebrány z několika hloubkových úrovní dle předpokládaného hloubkového dosahu kontaminace, organoleptického projevu a samotné hloubky vrtu. Hloubka odběru vzorku zeminy byla určena geologickou službou přítomnou při vrtných pracích. Odběrová zařízení byla při každém odběru z jednotlivých odběrových míst mechanicky pročištěna. Vzorky byly do předání do laboratoře uchovávány v chladicích boxech.

Vzorkování podzemních vod

Odběr vzorků podzemní vody z hydrogeologických vrtů, dočasně vystrojených sond a studní byl prováděn v dynamickém režimu, tzn. po odčerpání minimálně 4 - 6 objemů vodního sloupce ve vrtu nebo po ustálení fyzikálně-chemických parametrů vzorkované vody (T, pH, Eh, vodivost a O₂), jakožto významného kontrolního prvku pro posouzení podmínek v kolektoru. Dynamické vzorkování probíhalo v následujících krocích:

- zaměření hladiny podzemní vody a hloubky vrtu, výpočet objemu vody ve vrtu,
- spuštění čerpadla do vrtu, s umístěním sacího koše do zvolené hloubkové úrovně,
- změření vydatnosti vrtu (l/s),
- změření hladiny a vydatnosti,
- odběr vzorků podzemní vody na konci dynamického čerpání (po ustálení teploty, pH a vodivosti čerpané podzemní vody) – pro polutanty se specifickou hmotností větší než voda a pro rozpustné a mísitelné polutanty,
- odběr vzorků podzemní vody odběrným válcem z hladiny podzemní vody po ukončení čerpání (po ustálení teploty, pH a vodivosti čerpané podzemní vody) a ustálení hladiny do úrovně před zahájením čerpání – pro polutanty se specifickou hmotností lehčí než voda.

Před vlastním odběrem vzorků byla na monitorovaných hydrogeologických objektech potenciometricky změřena úroveň hladiny podzemní vody a změřena možná přítomnost produktu ropných látek na hladině pomocí měřiče fáze.

Odběrová zařízení byla po každém odběru z jednotlivých odběrových míst mechanicky pročištěna a řádně vypláchnuta. Každá vzorkovnice zaplněná vzorkem byla opatřena visačkou s uvedením lokality, jména technika zajišťujícího odběr, názvu vzorku, druhem vody, data odběru a požadované analýzy. Do předání laboratoři byly vzorky uchovávány v chladu a temnu. Velikost a typ použitých vzorkovnic vycházel z požadavku akreditované laboratoře provádějící laboratorní rozborů odebraných vzorků.

3.5.6 Laboratorní práce

Chemické analýzy vzorků zemin a podzemní vody a povrchové vody zajišťovala akreditovaná laboratoř Bioanalitika Cz, s.r.o.

Souhrnný přehled laboratorních rozborů odebraných vzorků zemin a podzemní vody je uveden v tabulkách 5 až 8. Výčet konkrétních látek stanovovaných ve skupinových analýzách, tj. CLET, BTEX, TK a PAU je v tabulce č. 9. Použité laboratorní metody pro jednotlivá stanovení jsou uvedeny na příslušných protokolech obsažených v příloze č. 13.

Tabulka 5: Počet analýz v rámci vrtných a průzkumných prací

Sondy PS-1 až PS-16 - zeminy	Stanovení/analýza	Počet (ks)
	odběry vzorků zemin	32
	stanovení C ₁₀ -C ₄₀ v zeminách	32
	stanovení PAU v zeminách	4
	stanovení CLET v zeminách	1
	stanovení TOC	2
	stanovení základních mikrobiologických parametrů	1
Vrty HG-1 až HG- 10 - zeminy	Stanovení/analýza	Počet (ks)
	odběry vzorků zemin	30
	stanovení C ₁₀ -C ₄₀ v zeminách	30
	stanovení PCB v zeminách	2
	stanovení PAU v zeminách	3
	stanovení TOC	2
	stanovení základních mikrobiologických parametrů	1
	stanovení dle tab. 2.1. a 10.2 Vyhl. 294/2005 Sb.	2
Podzemní voda	Stanovení/analýza	Počet (ks)
	odběry vzorků podzemních vod - dynamicky	28
	Měření PFRL	56
	stanovení C ₁₀ -C ₄₀	28
	stanovení PAU	4
	stanovení CLET	3
	stanovení BTEX	4
	stanovení PCB	2
	stanovení ÚCHR + parametry přirozené atenuace	4
	stanovení – IDENT RU	3
	měření fyzikálně-chemických parametrů	18
Povrchová voda	Stanovení/analýza	Počet (ks)
	odběry vzorků povrchových vod - staticky	2
	stanovení C ₁₀ -C ₄₀	2
	stanovení CLET	2

Tabulka 6: Přehled laboratorních analýz ve vzorcích zemín

Dočasně vystrojené sondy	0 - 3 m	saturovaná zóna
PS-1	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀
PS-2	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀
PS-3	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀
PS-4	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀
PS-5	C ₁₀ -C ₄₀ , PAU	C ₁₀ -C ₄₀
PS-6	C ₁₀ -C ₄₀ , PAU	C ₁₀ -C ₄₀ , TOC
PS-7	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀
PS-8	C ₁₀ -C ₄₀ , PAU	C ₁₀ -C ₄₀ , TOC, mikrobiol.
PS-9	C ₁₀ -C ₄₀ , PAU	C ₁₀ -C ₄₀
PS-10	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀
PS-11	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀
PS-12	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀
PS-13	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀
PS-14	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀
PS-15	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀
PS-16	C ₁₀ -C ₄₀ , CLET	C ₁₀ -C ₄₀

HG vrty	nesaturovaná zóna	zóna kolísání HPV	saturovaná zóna
HG-1	C ₁₀ -C ₄₀ , PAU	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀
HG-2	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀
HG-3	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀
HG-4	C ₁₀ -C ₄₀ , PAU	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀
HG-5	C ₁₀ -C ₄₀ , PAU	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀
HG-6	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀ , mikrobiol., výluh dle 294/2005, ekotoxická	C ₁₀ -C ₄₀ , TOC
HG-7	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀
HG-8	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀ ,	C ₁₀ -C ₄₀
HG-9	C ₁₀ -C ₄₀ , PCB	C ₁₀ -C ₄₀ , PCB	C ₁₀ -C ₄₀
HG-10	C ₁₀ -C ₄₀	C ₁₀ -C ₄₀ , výluh dle 294/2005, ekotoxická	C ₁₀ -C ₄₀ , TOC

Tabulka 7: Přehled laboratorních analýz ve vzorcích podzemní vody

Dočasně vystrojené sondy	1. kolo	2. kolo
PS-1	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL	PFRL
PS-2	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL, fyz.-chem	PFRL
PS-3	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL	PFRL
PS-4	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL, fyz.-chem	PFRL
PS-5	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL	PFRL
PS-6	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL, kvalita RU	PFRL
PS-7	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL	PFRL
PS-8	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL, BTEX, PAU, fyz.-chem,	PFRL
PS-9	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL	PFRL
PS-10	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL	PFRL
PS-11	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL, BTEX, PAU, fyz.-chem	PFRL
PS-12	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL	PFRL
PS-13	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL	PFRL
PS-14	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL	PFRL
PS-15	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL, fyz.-chem	PFRL
PS-16	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL, CLET, fyz.-chem	PFRL
HG-1	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL, fyz.-chem	PFRL
HG-2	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL, fyz.-chem	PFRL
HG-3	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL, fyz.-chem, UHCR+aten.,	PFRL
HG-4	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL, fyz.-chem, PAU,	PFRL
HG-5	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL, fyz.-chem	PFRL
HG-6	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL, fyz.-chem, UHCR+aten.	PFRL
HG-7	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL, fyz.-chem, CLET, BTEX,	PFRL
HG-8	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL, fyz.-chem, CLET, BTEX,	PFRL
HG-9	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL, fyz.-chem, PCB	PFRL
HG-10	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL, fyz.-chem	PFRL
Studna - nátok	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL, fyz.-chem, UHCR+aten.	PFRL
Studna - areál	C ₁₀ -C ₄₀ , PFRL, fyz.-chem, PCB	PFRL

Tabulka 8: Přehled laboratorních analýz ve vzorcích povrchové vody

Místo odběru	Analýza
P1 - Vrchlice (nad areálem)	C ₁₀ -C ₄₀ , CLET
P2 - Vrchlice (pod areálem)	C ₁₀ -C ₄₀ , CLET

Tabulka 9: Upřesnění rozsahu laboratorních analýz a terénních měření

Analýza / měření	Kontaminant
CLET	vinylchlorid, 1,1-dichloreten, cis-1,2-dichloreten, trans-1,2-dichloreten, trichloreten, tetrachloreten
BTEX	benzen, toluen, etylbenzen, xylén
PCB	kongenery 28, 52, 101, 118, 153, 138, 180
PAU	Anthracen, Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthén, Benzo(k)fluoranthén, Benzo(ghi)perylene, Benzo(a)pyren, Fenanthren, Fluoranthén, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Chrysen, Naftalen, Pyren
UCHR	úplný chemický rozbor
PFRL	měření přítomnosti fáze ropných látek na hladině podzemní vody
fyz-chem.	měření fyzikálně chemických parametrů podzemní vody (konduktivita, redox potenciál, O ₂ , pH, teplota)
aten.	parametry pro hodnocení přirozené atenuace
TOC	objem celkového organického uhlíku
IDENT RU	identifikace ropných látek

3.5.7 Geodetické práce

Za účelem sestavení mapy proudění podzemní vody byly geodeticky zaměřeny dočasně vystrojené sondy, hydrogeologické vrty, stávající areálové studny a úroveň hladiny povrchové vody ve Vrchlici. Zaměření bylo provedeno v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém Bpv. Technická zpráva z tohoto zaměření tvoří přílohu č. 11.

Tabulka 10: Přehled provedených geodetických záměrů

Název bodu	Y	X	Z (m) výška terénu nebo poklopu	Z (m) - výška zhlaví	Z- výška betonu kolem trubky	poznámka
HG-1	683593.93	1065481.60	221.20			hydrantový poklop
HG-2	683577.07	1065484.15	221.07			hydrantový poklop
HG-3	683521.11	1065482.23	221.23	221.92	221.33	chránička
HG-4	683546.38	1065487.71	221.46	221.46	221.00	chránička
HG-5	683567.58	1065509.00	220.96			hydrantový poklop
HG-6	683586.19	1065507.30	221.14			hydrantový poklop
HG-7	683651.73	1065505.84	221.39			hydrantový poklop
HG-8	683673.54	1065568.70	221.54			hydrantový poklop
HG-9	683654.66	1065584.18	221.19			hydrantový poklop
HG-10	683591.81	1065492.42	221.13			hydrantový poklop
PS-1	683551.71	1065441.10	221.17			terén v místě sondy
PS-2	683528.03	1065455.63	221.13			terén v místě sondy
PS-3	683589.42	1065465.08	221.25			terén v místě sondy
PS-4	683598.09	1065479.43	221.26			terén v místě sondy

Název bodu	Y	X	Z (m) výška terénu nebo poklopu	Z (m) - výška zhlaví	Z- výška betonu kolem trubky	poznámka
PS-5	683567.09	1065492.06	220.93			terén v místě sondy
PS-6	683597.13	1065487.11	221.17			terén v místě sondy
PS-7	683591.63	1065488.52	221.15			terén v místě sondy
PS-8	683582.16	1065494.94	221.00			terén v místě sondy
PS-9	683585.37	1065499.42	221.10			terén v místě sondy
PS-10	683558.70	1065499.32	220.87			terén v místě sondy
PS-11	683635.47	1065546.17	221.28			terén v místě sondy
PS-12	683660.80	1065558.60	220.50			podlaha v místě sondy
PS-13	683656.46	1065554.28	220.51			podlaha v místě sondy
PS-14	683652.11	1065549.39	220.50			podlaha v místě sondy
PS-15	683678.53	1065534.67	220.53			podlaha v místě sondy
PS-16	683353.47	1065629.82	217.71			terén v místě sondy
ST 1	683580.43	1065503.59	221.66			vršek skruže studny
ST 1			221.10			terén u studny
ST-2	683652.36	1065620.13	218.43			podlaha před dveřmi obezděné studny
ST-2	683653.54	1065619.00	219.46			horní schod před vstupem ke studni
HLA 1	683410.84	1065721.43	215.15			hladina vody Vrchlice
HLA 2	683358.60	1065689.91	215.06			hladina vody Vrchlice
HLA 3	683312.82	1065654.84	214.78			hladina vody Vrchlice

3.5.8 Záměry hladiny podzemní a povrchové vody

Jako podklad pro konstrukci mapy proudění podzemní vody a matematického modelu byly provedeny záměry hladin podzemní vody v geodeticky zaměřených hydrogeologických objektech a sondách a doplněny o záměry nadmořských výšek povrchové vody na 3 profilech Vrchlice. Zkonstruovaná mapa směru proudění podzemní vody je uvedena v příloze č. 8.

Tabulka 11: Přehled záměrů hladin podzemní a povrchové vody

Název bodu	HPV - 10.9.2019 (m od OB)	m n. m.	HPV - 2.10.2019 (m od OB)	m n. m.
HG-1	4,85	216,35	4,94	216,26
HG-2	4,68	216,39	4,85	216,22
HG-3	5,66	216,26	5,1	216,82
HG-4	5,06	216,4	5,75	215,71
HG-5	5,01	215,95	-	-
HG-6	-	-	5,16	215,98
HG-7	3,37	218,02	3,5	217,89

HG-8	4,96	216,58	5,02	216,52
HG-9	4,62	216,57	4,79	216,4
HG-10	4,98	216,15	5,03	216,1
AKH-6	5,24	216,13	5,31	216,06
PS-1	5,23	215,94	5,31	215,86
PS-2	5,26	215,87	5,35	215,78
PS-3	4,9	216,35	5,01	216,24
PS-4	5,4	215,86	5,49	215,77
PS-5	5,05	215,88	5,19	215,74
PS-6	5,1	216,07	5,26	215,91
PS-7	5,65	215,5	5,76	215,39
PS-8	-	-	-	-
PS-9	4,82	216,28	4,95	216,15
PS-10	4,98	215,89	5,1	215,77
PS-11	4,76	216,52	4,55	216,73
PS-12	4	216,5	4,07	216,43
PS-13	4,06	216,45	4,15	216,36
PS-14	4,12	216,38	4,18	216,32
PS-15	-	220,53	-	220,53
PS-16	4,2	213,51	4,28	213,43
Vrchlice 1	-	215,15	-	-
Vrchlice 1	-	215,06	-	-
Vrchlice 1	-	214,78	-	-

3.5.9 Výsledky vzorkování zemin

Z dočasně vystrojených sond řady PS-1 až PS-16 byly odebrány vzorky zemin ze dvou hloubkových úrovní a analyzovány metodou GC/MS. První směsný vzorek byl odebrán z hloubkové úrovně 0-3 m p.t. Druhý směsný vzorek reprezentoval zeminy saturované zóny. Hloubkový interval byl zvolen odpovědným řešitelem na lokalitě. V případě zastižení kontaminované vrstvy byl přednostně odebrán vzorek reprezentující tuto vrstvu.

Ve všech odebraných vzorcích byl sledován parametr $C_{10}-C_{40}$. Dále byl kontrolně v prostoru a stáčírny mazutu určen obsah polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) a v jihovýchodním vrtu (PS-16) určen obsah chlorovaných etylenů (CLET). Ve 2 vzorcích zemin, odebraných ze saturované zóny, bylo provedeno stanovení TOC pro potřeby posouzení šíření znečištění, přičemž v 1 vzorku byl dále proveden mikrobiální rozbor.

Z 10 ks monitorovacích hydrogeologických objektů byly odebrány vzorky zemin ze třech hloubkových úrovní a analyzovány metodou GC/MS. Z každého vrtu byly odebrány 3 směsné vzorky zemin reprezentující zeminy nesaturované zóny, zónu kolísání hladiny podzemní vody a zeminy saturované zóny. Hloubkový interval odběru byl zvolen odpovědným řešitelem na lokalitě. V případě zastižení kontaminované vrstvy byl přednostně odebrán vzorek reprezentující tuto vrstvu.

Ve všech odebraných vzorcích byl sledován parametr $C_{10}-C_{40}$. Dále byl kontrolně v prostoru šrotiště a stáčírny mazutu určen obsah polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) a u vrtu poblíž bývalé

trafostanice (HG-9) také polychlorované bifenylly (PCB). Ve 2 vzorcích zemin, odebraných ze saturované zóny, bylo provedeno stanovení TOC pro potřeby posouzení šíření znečištění, přičemž v 1 vzorku byl dále proveden mikrobiální rozbor.

Ve 2 vybraných vzorcích zemin během vzorkování, vykazujících významné znečištění sledovanými polutanty, byla realizována stanovení vyluhovatelnosti dle tab. 2.1. Vyhlášky č. 294/2005 Sb. a ekotoxicita dle přílohy 10.2 Vyhlášky č. 294/2005 Sb.

Výsledky vzorkování zemin byly vztaženy k příslušným indikátorům znečištění pro průmyslově využívané území ve smyslu MP MŽP 2014.

V prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu byly realizovány dočasně vystrojené sondy PS-1 až PS-10 a hydrogeologické vrty HG-1 až HG-6 a HG-10.

Z hlediska obsahu $C_{10}-C_{40}$ bylo zjištěno překročení indikátoru (1500 mg/kg) v nesaturované zóně v sondě PS-4 (3430 mg/kg) a v saturované zóně v sondě PS-8 (3120 mg/kg). V HG vrtech bylo zastiženo nadlimitní znečištění v případě saturované zóny ve vrtu HG-1 (6420 mg/kg), v nesaturované zóně a v zóně kolísání HPV ve vrtu HG-2 (2100 a 5340 mg/kg) a dále v nesaturované zóně, v zóně kolísání a v saturované zóně ve vrtu HG-10 (1500 a 3360 a 1930 mg/kg).

Zvýšené koncentrace $C_{10}-C_{40}$ (s hodnotami vyššími než 500 mg/kg) byly dále zastiženy ve vrtech PS-3, PS-6, PS-7, PS-9.

Z hlediska obsahu PAU bylo zastiženo překročení v ukazateli benzo(a)pyren (indikátor = 0,21 mg/kg) v nesaturované zóně v sondách PS-5 a PS-9 (0,544 a 0,285 mg/kg) a ve vrtech HG-1 a HG-5 (5,582 a 0,401 mg/kg).

V prostoru haly bývalé automatárny byly realizovány dočasně vystrojené sondy PS-11 až PS-15 a hydrogeologické vrty HG-7 až HG-9

Z hlediska obsahu $C_{10}-C_{40}$ bylo zjištěno překročení indikátoru MP MŽP 2014 v nesaturované i saturované zóně v sondě PS-13 (3680 a 7560 mg/kg) a v saturované zóně v sondě PS-147 (1660 mg/kg). V HG vrtech bylo zastiženo nadlimitní znečištění v případě zóny kolísání HPV ve vrtu HG-7 (1540 mg/kg).

Zvýšené koncentrace $C_{10}-C_{40}$ (s hodnotami vyššími než 500 mg/kg) byly dále zastiženy ve vrtech PS-14 a HG-7 (saturovaná zóna).

Obsah PCB v zemině z ve vrtu HG-9 nepřekročil příslušný indikátor dle MP MŽP 2014 a maximální sumární koncentrace PCB činila 0,181 mg/kg.

Obsahy CLET ověřovaný v zemině ze sondy PS-16 v jv. části areálu byly pod mezí detekce.

Situační mapa s výsledky znečištění zemin je uvedena v příloze 6a.

Tabulka 12: Souhrnný přehled obsahů kontaminantů v zeminách (průzkumné sondy PS-1 až PS-16)





Analýza rizik – bývalý areál AVIA Kutná Hora - závěrečná zpráva

Tabulka 12 - pokrač.: Souhrnný přehled obsahů kontaminantů v zeminách (hydrogeologické vrty HG-1 až HG-10)

Parametr	Lokace			bývalé štětiště																hala bývalé automatařny								bývalé štětiště						
	Vrt	Indikátor medvědí zóna	Datum 2014 - přím. výsledek (sampl.)	HG-1	HG-1	HG-2	HG-2	HG-2	HG-2	HG-3	HG-3	HG-3	HG-3	HG-4	HG-4	HG-4	HG-5	HG-5	HG-5	HG-6	HG-6	HG-6	HG-7	HG-7	HG-7	HG-8	HG-8	HG-8	HG-9	HG-9	HG-9	HG-10	HG-10	
				NSZ	ZK	SZ	NSZ	ZK	SZ	NSZ	ZK	SZ	NSZ	ZK	SZ	NSZ	ZK	SZ	NSZ	ZK	SZ	NSZ	ZK	SZ	NSZ	ZK	SZ	NSZ	ZK	SZ	NSZ	ZK	SZ	NSZ	ZK	SZ
Sušina				98,96	99,18	99,09	99,5	97,6	97,04	98,3	99,3	96,85	97,52	97,08	99,58	98,6	97,96	94,74	97,29	83,16	98,84	98,1	97,81	97,64	97,69	97,82	96,65	96,05	97,11	97,29	99,41	87,59	98,12	
Celkový počet mlet. odbourávacích RL																				<10														
TOC																					1,34												0,688	
Anthracen				0,916	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,01	-	-	0,108	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Benzo(a)anthracen				5,536	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,01	-	-	0,417	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Benzo(b)fluoranthén				6,495	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,01	-	-	0,499	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Benzo(k)fluoranthén				2,986	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,01	-	-	0,238	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Benzo(a)ghi/perylen				3,801	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,01	-	-	0,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Benzo(a)pyren				5,582	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,01	-	-	0,401	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fluoranthren				6,694	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,017	-	-	0,943	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fluoranthén				22 000	15,51	-	-	-	-	-	-	-	-	0,019	-	-	1,472	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Indeno(1,2,3-cd)pyren					2,696	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,01	-	-	0,165	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Chrysen				210	3,726	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,01	-	-	0,503	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Nafalen				18	0,548	-	-	-	-	-	-	-	-	0,016	-	-	0,917	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Pyren				17 000	11,78	-	-	-	-	-	-	-	-	0,021	-	-	1,184	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Suma PAU v sušině				66,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,1	-	-	7,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TCE				6,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PCE				110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1,2-cis-DCE				2 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Chloroform				1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Tetrachlormethan				3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Suma PCB				0,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Suma C10-C40				1 500	239	<25	6 420	2 100	5 340	39,4	41,3	87,2	<25	<25	<25	<25	52,5	<25	<25	121	82,2	76	1 540	712	25,4	<25	79,2	460	<25	0,087	<25	1 500	3 360	1 930



Kontaminace zemin z hlediska hodnocení odpadů

Vodní výluhy ze vzorků zemin byly podrobeny odbornářským analýzám z hlediska vyhlášky č. 294/2005 Sb., tab. 2.1. Vzorkovány byly senzoricky nejvíce kontaminované partie a to ze zóny kolísání HPV zastižené vrty HG-6 a HG-10. Jak vyplývá z následující tabulky, nebyly překročeny nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů pro třídu vyluhovatelnosti IIa, tj. splňuje podmínky pro přijetí odpadu na skládku skupiny S - ostatní odpad (S-OO3).

Tabulka 13: Souhrnný přehled obsahů kontaminantů v zeminách

Parametr	Vrt	Vyhláška č. 294/2005 Sb., tab. 2.1				HG-6	HG-10
	Hloubk a	Třídy vyluhovatelnosti				zóna kolísání HPV	zóna kolísání HPV
		I	IIa	IIb	III		
hodnota pH	mg/l		>= 6	>= 6		7,7	6,9
DOC	mg/l	50	80	80	100	29,4	12,9
chloridy	mg/l	80	1 500	1 500	2 500	<5	10,4
fluoridy	mg/l	1	30	15	50	0,67	0,56
sírany jako SO4 (2-)	mg/l	100	3 000	2 000	5 000	<15	188
RL sušené	mg/l	400	8 000	6 000	10 000	540	650
Hg	mg/l	0,001	0,2	0,02	0,2	0,0081	<0,002
As	mg/l	0,05	2,5	0,2	2,5	<0,005	<0,005
Ba	mg/l	2	30	10	30	0,13	0,098
Cd	mg/l	0,004	0,5	0,1	0,5	<0,0005	<0,0005
Cr	mg/l	0,05	7	1	7	<0,002	<0,002
Cu	mg/l	0,2	10	5	10	<0,01	<0,01
Mo	mg/l	0,05	3	1	3	0,0096	0,012
Ni	mg/l	0,04	4	1	4	0,017	<0,002
Pb	mg/l	0,05	5	1	5	<0,01	<0,01
Sb	mg/l	0,006	0,5	0,07	0,5	0,0069	0,0045
Se	mg/l	0,01	0,7	0,05	0,7	<0,002	<0,002
Zn	mg/l	0,4	20	5	20	0,000388	<0,0002
fenoly	mg/l	0,1	--	--	--	<0,05	<0,05
sušina	%	--	--	--	--	83,16	87,59
C10-C40	mg/kg	--	--	--	--	121	3 360

3.5.10 Výsledky vzorkování podzemních vod

Vzorky podzemních vod byly odebrány z nově zhotovených 10 ks HG vrtů, 16 ks průzkumných sond a ze studny na nátok do bývalého areálu AVIA a ze stávající studny v areálu. Ve všech vrtech, včetně studny byla změřena PFRL, a to ve dvou kolech. V odebraných vzorcích podzemní vody byl sledován parametr C₁₀-C₄₀, přičemž ve 3 případech byl proveden kvalitativní rozbor ropného znečištění. Dále byl kontrolně určen obsah chlorovaných etylenů (CLET), monocyklických aromatických uhlovodíků (BTX) a polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU). Ve vrtech v blízkosti bývalé trafostanice byl

dále určen obsah polychlorovaných bifenyků (PCB).

Aby bylo možné posoudit podmínky ve zvodni ve vztahu k procesům přirozené atenuace, byla ve vrtech provedena měření základních fyzikálněchemických a mikrobiologických parametrů in-situ (teplota, redox potenciál, koncentrace rozpuštěného kyslíku, pH) - viz kap. 3.5.15.4.

Úplný chemický rozbor (ÚCHR) a stanovení atenuačních parametrů byl proveden u 4 objektů. Objekty pro ÚCHR a stanovení atenuačních parametrů byly zvoleny tak, aby postihly přirozené pozadí (pozařadová studna – nátok do areálu), ohnisko kontaminace, čelo a předpolí kontaminačního mraku. Takto získaná data posloužila k vyčíslení parametrů přirozené atenuace.

Výsledky vzorkování podzemní vody byly vztaženy k příslušným indikátorům znečištění pro průmyslově využívané území ve smyslu MP MŽP 2014.

V prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu byly realizovány dočasně vystrojené sondy PS-1 až PS-10 a hydrogeologické vrty HG-1 až HG-6 a HG-10.

Z hlediska koncentrací $C_{10}-C_{40}$ bylo zjištěno překročení indikátoru (0,5 mg/l) ve všech zde situovaných vrtech s výjimkou vrtu HG-2. V případě sond byly nadlimitní koncentrace zastiženy ve všech případech. Nadlimitní koncentrace $C_{10}-C_{40}$ se pohybovaly v rozmezí 0,607 až 27,7 mg/l (HG-6) a průměrně činily 8,34 mg/l.

Z hlediska koncentrací PAU bylo zjištěno překročení ve vrtech HG-4, HG-10 a PS-8 a to v ukazatelích: Benzo(a)anthracen (až 1,503 µg/l), Benzo(b)fluoranthén (až 0,238 µg/l), Benzo(k)fluoranthén (až 0,549 µg/l), Benzo(a)pyren (až 0,355 µg/l), Indeno(1,2,3-cd)pyren (až 0,24 µg/l).

Tabulka 14: Míra překročení indikátorů MP MŽP 2014 pro maximální zastižené koncentrace PAU

Nadlimitní PAU	Násobek překročení (vrt)
Benzo(a)anthracen	51,8 x (HG-10)
Benzo(b)fluoranthén	8,2 x (PS-8)
Benzo(k)fluoranthén	1,9 x (PS-8)
Benzo(a)pyren	122,4 x (PS-8)
Indeno(1,2,3-cd)pyren	8,3 x (HG-10)

Sumární koncentrace PAU se v podzemní vodě pohybovaly v rozmezí 0,146 až 6,969 µg/l (HG-10).

V prostoru haly bývalé automatárny byly realizovány dočasně vystrojené sondy PS-11 až PS-15 a hydrogeologické vrty HG-7 až HG-9

Z hlediska koncentrací $C_{10}-C_{40}$ bylo zjištěno překročení indikátoru MP MŽP 2014 ve všech zde realizovaných vrtech řady PS i HG, kromě sondy PS-15. Koncentrace se pohybovaly v rozmezí 0,607 až 99,2 mg/l (PS-13). Nadlimitní koncentrace 3,19 mg/l byla zastižena také ve vrtu AKH-6, který byl proveden v rámci předchozího průzkumu a vzhledem ke svému stavu a poloze byl nad rámec projektu ověřován také. Průměrná koncentrace nadlimitních $C_{10}-C_{40}$ činila 17,1 mg/l.

Z hlediska koncentrací PAU bylo zjištěno překročení v sondě PS-11 v ukazatelích: Benzo(a)anthracen (0,66 µg/l), Benzo(b)fluoranthén (0,076 µg/l), Benzo(k)fluoranthén (0,071 µg/l), Benzo(a)pyren (až 0,355 µg/l), Indeno(1,2,3-cd)pyren (0,033 µg/l).

Koncentrace BTEX byly v podzemní vodě v prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu (PS-8, PS-11) i v prostoru haly bývalé automatárny (HG-7) ve všech případech pod mezí detekce.

Koncentrace PCB ověřované v podzemní vodě v prostoru trafostanice (HG-9) byly pod mezí detekce.

Koncentrace CLET ověřované v podzemní vodě v jv. části areálu (PS-16) zde byly pod mezí detekce s výjimkou PCE. Zaznamenaná hodnota 1,2 µg/l však neznamenal překročení indikátoru = 9,7 µg/l dle MP MŽP 2014.

Výskyt fáze ropných látek na hladině podzemní vody

Kontaminace C₁₀-C₄₀ se kromě rozpuštěné formy také významně projevila výskytem plovoucí ropné fáze na hladině podzemní vody ve vrtech - viz tab. 15. Nejhorší je situace zejména v prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu - ve vrtech HG-10 a PS-9, kde byla mocnost fáze 20 a 25 cm a dále pak ve vrtech PS-6, 4 a 8. Mocnost fáze byla ověřována dvoukolově s rozstupem cca 1 měsíce a ve druhém kole lze sledovat stejné nebo jako v případě vrtů PS-2, PS-8, PS-13 vyšší mocnosti fáze. Pouze u vrtu HG-2 nebyla ve druhém kole přítomnost fáze zjištěna. Výskyt fáze je graficky znázorněn v příloze č. 6c.

Tabulka 15: Výskyt a mocnost fáze ropných látek na hladině podzemní vody

Lokace	Název vrtu	1. kolo (cm)	2. kolo (cm)
bývalé šrotiště a stáčírna mazutu	HG-2	0,7	0
	HG-6	1	1
	HG-10	25	25
	PS-2	0	0,2
	PS-4	5	5
	PS-6	10	10
	PS-8	5	6
	PS-9	20	20
hala bývalé automatárny	PS-13	0	1,5

Výskyt plovoucí fáze ropných látek na hladině podzemní vody v prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu představuje zásadní negativní projev staré ekologické zátěže. Při interpretaci naměřených hodnot mocnosti fáze ve vrtu je třeba brát v úvahu skutečnost, že reálná mocnost fáze v horninovém prostředí je menší oproti jejímu měřitelnému výskytu ve vrtu. Jednou z metod, jak stanovit vztah mezi mocností fáze ve vrtu a odpovídající mocnosti v horninovém prostředí je metoda dle De Pastroviche (1979).

Vlastností ropné kontaminace je, že mocnost fáze ropných látek je na hladině podzemní vody ve vrtu větší (2 až 10 x) než skutečná mocnost v horninovém prostředí v okolí vrtu. Rozdíl v mocnostech je primárně způsoben tím, že ropné látky se mj. vyskytují v pórech v kapilární trásní nad hladinou podzemní vody. Tato zóna se v monitorovacím vrtu nevyskytuje a vrt tak představuje v horninovém prostředí prostor, kam mohou ropné látky z kapilár přes perforovanou výstroj přednostně drénovat. Dalším efektem je to, že hmotnost nahromaděné fáze ropných látek je schopná stlačit hladinu podzemní vody ve vrtu, což vede k další drenáži ropných látek z okolí vrtu.

Pro přepočet naměřené mocnosti fáze ve vrtu na odpovídající mocnost fáze v horninovém prostředí je možné použít vztah $M_H = (M_N \times (H_V - H_{RL})) / H_{RL}$, kde:

M_H ... mocnost fáze RL v horninovém prostředí (cm)

M_N ... naměřená mocnost RL ve vrtu (cm)

H_V ... měrná hmotnost vody ($1,0 \text{ g/cm}^3$)

H_{RL} ... uvažovaná měrná hmotnost ropných látek ($0,875 \text{ g/cm}^3$ – hydraulický olej)

Při uvažované průměrné mocnosti fáze v prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu v úrovni 11 cm odpovídá průměrná mocnost fáze cca 1,6 cm. Maximální a minimální mocnosti fáze ve vrtech v prostoru šrotiště a stáčírny mazutu, tj. 25 cm (HG-10) a 1 cm (HG-6) pak odpovídají přibližné mocnosti 3,6 cm a 0,14 cm, které jsou očekávatelné v horninovém prostředí v prostoru těchto vrtů. Při uvažované ploše výskytu fáze 820 m^2 a efektivní pórovitosti 10 % je odpovídající množství fáze cca $1,3 \text{ m}^3$.

Identifikace ropných látek

Na vzorcích z vrtů PS-6, HG-6 a HG-10 byla provedena analýza jednotlivých frakcí a bylo stanoveno, že **majoritně je v podzemní vodě zastoupena těžší frakce C21 - C38** (68% v PS-6 a 85% v HG-6 a HG-10). **Majoritně se tedy jedná o těžší minerální oleje doplněné těžkou frakcí C₃₅-C₄₀ (7-9%) a lehkou frakcí (7-25% C₁₀-C₂₀).**

Situační mapa s výsledky znečištění podzemní vody je uvedena v příloze 6b.

okace
bývalé štadiště
bývalá automatárna
jv. okraj areálu
okoli areálu

[illegible]

3.5.11 Výsledky vzorkování povrchových vod

V rámci průzkumných prací byla ověřena jakost povrchové vody ve vodoteči Vrchlice, jejíž regulované koryto souběžně s železniční tratí probíhá podél jv. okraje zájmového území. Povrchová voda byla vzorkována na dvou profilech, z hlediska toku nad a pod areálem - viz příloha č. 6b.

V povrchové vodě byly ověřovány koncentrace $C_{10}-C_{40}$ a CLET. Zjištěné koncentrace byly vztaženy k hodnotám dle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. - Příloha 3, tabulka 1b (NEK - NPK) a 1c. - NEK - RP. Z výsledků vyplynulo, že koncentrace $C_{10}-C_{40}$ činily ve vzorku nad areálem 0,684 mg/l a pod areálem 0,485 mg/l a oba vzorky tak nevyhověly normě environmentální kvality = 0,1 mg/l - viz následující tabulka.

Tabulka 17: Koncentrace $C_{10}-C_{40}$ a CLET v povrchové vodě

Parametr	jednotka	Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. - Příloha 3, tabulka 1c - NEK - RP	P-1 (nad areálem)	P-2 (pod areálem)
TCE	µg/l	-	<0,1	<0,1
PCE	µg/l	-	<0,1	<0,1
1,2-cis-DCE	µg/l	1	<0,1	<0,1
1,2-trans-DCE	µg/l	6,8	<0,1	<0,1
1,1-DCE	µg/l	-	<0,1	<0,1
Tetrachlormethan	µg/l	-	<1	<1
Chloroform	µg/l	-	<0,5	<0,5
1,2-dichlorethan	µg/l	-	<1	<1
$C_{10}-C_{40}$	mg/l	0,1	0,684	0,485

3.5.12 Modelové řešení

Matematický model proudění podzemní vody v širším okolí areálu bývalého závodu AVIA v Kutné Hoře byl zpracován v softwaru MODFLOW2005. Model transportu kontaminace byl zpracován v programu MT3DMS. Vzhledem ke geologické stavbě oblasti, hydrogeologickým charakteristikám a charakteru kontaminace bylo zvoleno jednovrstevné modelové řešení.

Modelové práce zahrnovaly:-

- Model proudění podzemní vody v širší oblasti areálu pro stanovení směru proudění podzemní vody a velikosti průtoku podzemní vody v oblasti kontaminovaného kolektoru.
- Transportní model, který obsahoval:
 - vymezení modelových zdrojů (ohnisek) kontaminace
 - simulace s výpočtem "intenzity zdroje" a stávajícího rozsahu a bilance kontaminace
 - simulace vývoje rozložení kontaminace v případě úplné eliminace jejího zdroje

Předmětem modelového hodnocení bylo šíření kontaminace prostřednictvím podzemní vody ze dvou zdrojů znečištění vymezených provedenými průzkumnými pracemi. Vzhledem k výsledkům analýz byly zpracovány simulace šíření kontaminace ropnými uhlovodíky C_{10} - C_{40} a kontaminace benzo(a)pyrenem (jako vybraného zástupce PAU přítomného v nadlimitní koncentraci). Model je formě samostatného materiálu uveden v příloze č. 12.

Na základě výsledků modelu byly konstatovány tyto hlavní poznatky:

- V plochém území, jehož součástí je i areál bývalého podniku AVIA, je hydraulický gradient velmi mírný a proudění směřuje k jihovýchodu až východojihovýchodu.
- Při předpokládané pórovitosti 10% je doba zdržení mezi zdrojovou oblastí a drenáží do Vrchlice vypočtena 130 až 170 dnů. Celkem je do modelu infiltrováno 12,2 l/s.
- Veškerá voda infiltrovaná v ploše modelu je v modelové koncepci drénována do Vrchlice. Prostorem areálu bývalého závodu AVIA protéká přibližně 8 l/s samotným územím aktuálního průzkumu znečištění v západní části areálu je to pak přibližně 2,4 l/s.
- Transport kontaminace ropných látek byl řešen pro dvě varianty modelu:

Varianta V1 – bez limitu rozpustnosti, kdy byla intenzita zdroje očištěna podle maximální koncentrace stanovené rozbohem pro jednotlivé vrty a sondy samostatně ve zdrojových oblastech automaticky a šrotiště

Varianta 2 – s limitem koncentrace přibližně na hodnotě 1.5 mg/l, který byl stanoven v předchozím průzkumu v areálu (Žýma, 2009).

Z hlediska zjištěné bilance byla pokládána varianta V2 za věrohodnější. Dle varianty V2 došlo k ustálení (rovnováze) koncentrací v kontaminačním mraku po cca 10 letech od počátku kontaminace. Po 40 letech šíření ze zdrojových oblastí a kontaminační mrak dosahuje až k toku Vrchlice pouze v minimálních koncentracích (pod mezí detekce laboratorních metod). Maximální množství rozpuštěné ve vodě bylo vypočteno na 4.2 kg a maximální sorbované množství v kolektoru na 313 kg. Po 40 letech dotace dojde při zadaných parametrech v kolektoru k degradaci celkového množství 2.9 t kontaminantu.

- Po odstranění zdroje kontaminace dojde k velmi rychlému poklesu množství kontaminantu v kolektoru. Ve variantě V2 bude v kolektoru zbývat minimum kontaminace po přibližně 10 letech od sanace.
- Výsledky modelů dokládají, že nárůst znečištění povrchové vody (o 0,2 mg/l), které bylo v oblasti bezprostředně sousedící s areálem AVIA dokumentováno ve Vrchlici, nepochází ze zdrojů v prostoru bývalé automatické a šrotiště.
- Pro simulaci transportu benzo(a)pyrenu je k dispozici jen minimum údajů. Při simulaci transportu benzo(a)pyrenu byla mobilita této látky oproti tabulkovým údajům nadhodnocena, výsledky simulace jsou tak spíše orientační. Při simulaci transportu benzo(a)pyrenu dojde k ustálení koncentrací v kolektoru po cca 30 letech kontaminace. Maximální množství rozpuštěné ve vodě bylo vypočteno na 0.45 g a maximální sorbované množství v kolektoru na 214 g. Po 40 letech dotace dojde při zadaných parametrech v kolektoru k degradaci celkového množství 2 kg kontaminantu. Po

odstranění zdroje benzo(a)pyrenu dojde k postupnému poklesu množství kontaminantu v kolektoru vlivem biodegradace. K úplnému odbourání kontaminace dojde cca 17 let po úplném odstranění zdroje (koncentrace ve všech průzkumných objektech poklesne pod hodnotu indikátoru znečištění MP MŽP 2014).

- Ve variantách současného rozložení kontaminace byly zadány transportní parametry kontaminantů (tabulkové), pro které je současná distribuce kontaminace v kolektoru stabilní. V případě, že by nedošlo k žádnému sanačnímu zásahu, zůstala by situace rozložení kontaminantu v kolektoru obdobná a současná rovnováha mezi tokem kontaminantu z nenasycované zóny a sorpcí a rozpadem v kolektoru by zůstala zachována až do vyčerpání zdroje kontaminace.
- Transportním modelem byla rovněž simulována varianta úplné sanace (odstranění zdroje). Po odstranění kontaminace ze stavebních konstrukcí, nenasycované zóny a fáze na hladině podzemní vody, by klesl koncentrační tok do kolektoru na nulovou hodnotu a v kolektoru by došlo postupně ke snižování množství kontaminace vlivem biodegradace.
- Modelem nebyla simulována varianta, kdy by současné zdroje kontaminace byly shora překryty stavební konstrukcí, která by zabránila infiltraci srážkové vody do kolektoru a snížila intenzitu promývání nenasycované zóny. U této varianty lze jen obtížně kvantifikovat koncentrační tok a celkovou vydatnost zdroje. Lze předpokládat, že ke kontaminaci podzemní vody by docházelo podobnou (jen mírně menší) měrou, jako v současné době až do vyčerpání kontaminantu, který je na hladině podzemní vody v podobě fáze a kontaminantu v nenasycované zóně, který může k hladině podzemní vody sestoupit vlivem gravitačního pohybu. Po vyčerpání této části zdroje by při pohybech úrovně hladiny podzemní vody a změnách mocnosti kapilární třásně mohlo docházet k dílčí, dočasné aktivaci zdroje ovlivněné limitem a rychlostí rozpustnosti kontaminace v proměnlivě nasyceném prostředí.
- Podle modelových simulací transportu z vymezených zdrojů buď kontaminace vůbec nedosáhne (C_{10} - C_{40} varianta V1 a benzo(a)pyren) toku Vrchlice, nebo ho dosáhne ve velmi malých koncentracích (pod úrovní limitu detekce laboratorní metody, varianta V2). Pro potřeby monitoringu i možného neočekávaného vývoje kontaminačního mraku v podmínkách jakéhokoli typu a rozsahu sanace zdrojů (včetně nulové varianty) by bylo vhodné umístit monitorovací vrt/vrty do oblasti současného okraje kontaminačního mraku (ne přímo do zdroje kontaminace ani zcela mimo mrak). Podle výsledků simulací se jako vhodné jeví přibližně lokalizace dříve realizovaných vrtů AHK-10 (kontaminační mrak ze zdroje S – šrotiště) a AHK-7 (kontaminační mrak ze zdroje A – automatárna). Frekvenci odběrů a analýzy vzorků z monitorovacích vrtů navrhujeme v první fázi realizace (cca 2 roky) monitoringu čtyřikrát za rok. V případě vyhodnocení stability stanovených koncentrací nebo jejich očekávaného vývoje by tato frekvence mohla být snížena na dvakrát ročně.

3.5.13 Sled a řízení, dokumentace

Veškeré průzkumné práce byly prováděny v souladu s platnými legislativními předpisy (dle Vyhlášky č. 368/2004 Sb., o geologické dokumentaci a dle Metodického pokynu MŽP pro průzkum kontaminovaného území publikovaného ve Věstníku MŽP, č. 9, září 2005). Geologické práce byly zaregistrovány u České geologické služby - Geofond - viz příloha č. 15.

Geologické práce byly řízeny odpovědným řešitelem z organizace realizující terénní průzkumné práce disponujícím odbornou způsobilostí projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce v oboru sanační geologie. Odběry vzorků zemin, půdního vzduchu a vod byly prováděny v souladu s Metodickým pokynem MŽP „Vzorkovací práce v sanační geologii“, publikovaným ve Věstníku MŽP, č. 2, Příloha 2, únor 2007.

Dokumentace prováděných terénních prací byla průběžně zaznamenávána v protokolech, které jsou archivovány u zhotovitele terénních prací.

3.5.14 Likvidace vrtů

Dočasně vystrojené průzkumné sondy PS-1 až PS-16 v celkové metráži 112 bm byly odstraněny podle ustanovení směrnice ČGÚ č. 8/1985 Sb. (Likvidace vrtů), jejíž platnost sice již de jure pominula, ale hlavní zásady pro daný typ geologických prací de facto platí dále. Dle petrografického profilu vrtů, rozložení jednotlivých zvodní a z hlediska konstrukce výstroje vrtů byla zvolena jako dostačující likvidace vrtů zásypem dle §4 směrnice č. 8/1985 ČGU.

Postup likvidace sond zahrnoval:

- revizi vrtů, odstrojení vrtů (dočasná pažnice PVC 125 mm),
- záměr aktuální hloubky vrtu a hladiny podzemní vody,
- zásep vrtu inertním materiálem (netříděný zásepový šterkopísek) v hloubkovém intervalu dno – 2,0 m pod terénem,
- betonáž ústového mostku v hloubkovém intervalu 2,0 – 1,0 m pod terénem,
- zásep výkopu, úklid pracoviště.

V případě, že nebude účelné na lokalitě ponechat hydrogeologické vrty HG-1 až HG-10 je v rámci projektovaných prací počítáno se zajištěním jejich odborné likvidace tak, aby nemohlo dojít k ohrožení kvality podzemní vody. K rozhodnutí o likvidaci vrtů (zda a kterých) musí dojít až po oponentuře AR a po jejím schválení všemi zainteresovanými stranami.

3.5.15 Posouzení šíření znečištění

3.5.15.1 Šíření znečištění v nesaturované zóně

Migrace kontaminantů v nesaturované zóně probíhá především gravitačně – vertikálním směrem, vlivem infiltrace srážkových vod a samotnou gravitací. Rychlost migrace znečištění v nesaturované zóně závisí zejména na těchto ukazatelích:

- typ kontaminantu

- míra zpevnění povrchu (asfalt, beton, zástavba, zatravnění)
- homogenita zeminy (propustnost)
- sorpční vlastnosti zeminy

Obecně lze říci, že rychlost šíření znečištění v nesaturované zóně je přímo úměrná zrnitostnímu charakteru, ulehlosti a sorpční schopnosti jak antropogenních uloženin, tak podložních hornin. Vertikální pohyb kontaminantů je zpomalován zejména jílovitými polohami, které fungují jako hydraulická bariéra. Při průchodu kontaminantů horninovým prostředím dochází k jejich rozptýlení a částečné sorpci na pevnou matici horninového prostředí. Kontaminant se dále může šířit prostřednictvím preferenčních cest proudění. Těkavé složky se šíří vytékáním do půdního vzduchu a dále do atmosféry. Mezi další hlavní mechanismy transportu kontaminantů zemin nesaturované zóny patří vytváření kontaminovaného polétavého prachu při výkopových a stavebních činnostech v kontaminovaných oblastech.

Množství sorbovaného kontaminantu závisí na povaze látky a obsahu organického uhlíku v pevné fázi horninového prostředí, který je schopen kontaminant vázat. Zjištěný obsah organického uhlíku - TOC byl analyticky stanoven v saturované zóně v pokryvných útvarech, konkrétně ve v prostoru v prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu ve vrtech PS-6, PS-8, HG-6 a HG-10 - viz následující tabulka. Obsah celkového organického uhlíku se pohyboval v rozmezí 0,38 až 1,43%.

Tabulka 18: Množství celkového organického uhlíku v horninovém prostředí

Vrt	Obsah celkového uhlíku v zemině (%)
PS-6	1,43
PS-8	0,38
HG-6	1,34
HG-10	0,688

V případě dvou stanovení podílu celkového organického uhlíku v zemině nad úrovní 1% se jedná o prostředí, které je pro sorpci ropné kontaminace příhodné.

V zájmovém areálu byly jako prioritní kontaminanty vytipovány ropné uhlovodíky a polyaromatické uhlovodíky - PAU. V případě analyticky stanovených zástupců obou látek, tj. (C₁₀-C₄₀ a benzo(a)pyren se jedná o kontaminanty s nízkou mobilitou v podzemní vodě. Tyto látky mají omezenou rozpustnost ve vodě a mají vysokou tendenci k sorpci na organický uhlík obsažený v horninovém prostředí. V případě sumy uhlovodíků C₁₀-C₄₀ je stanovení ekvivalentního distribučního koeficientu komplikováno faktem, že se jedná o poměrně širokou skupinu látek s rozdílnými chemickými vlastnostmi, a navíc stanovené koncentrace ve vzorcích překračují obvykle tabelárně uváděné rozpustnosti pro stanovené frakce. Rozsah rozdělovacího koeficientu K_{oc} pro alifatické uhlovodíky uváděný v odborné literatuře se pohybuje od 2,5.10⁵ l/kg pro skupinu C₁₀-C₁₂ do 1.10¹⁸ l/kg pro frakci těžší než C₃₄. Nižší hodnota K_{oc} indikuje vyšší mobilitu kontaminantu. Obecně tendence sorpce na organickou hmotu u alifatických uhlovodíků s počtem molekul uhlíku ve vzorci vzrůstá. Pro majoritně zastoupenou frakci C₂₁-C₃₄ (těžší minerální oleje kategorie F3) jsou uváděny hodnoty v rozsahu 1.10⁹ až 1.10¹³ l/kg. Tyto hodnoty

indikují velmi silnou tendenci se sorbovat a na jejich podkladu lze předpokládat prakticky nulovou mobilitu kontaminace minerálními oleji.

3.5.15.2 Šíření znečištění v saturované zóně

Proudění podzemní vody je nejvýznamnějším transportním mechanismem šíření kontaminantu advekcí směrem od zdroje znečištění. Vzhledem k tomu, že všechny póry jsou v saturované zóně zaplněny, kontaminant může existovat buď ve formě fáze, volně se pohybující, rozpuštěný ve vodě nebo sorbovaný na povrchu pevné fáze kolektoru.

Ke kontaminaci ropnými látkami (vyjádřenými v rozporech jako $C_{10}-C_{40}$ a PAU) docházelo na povrchu. Po gravitačním transportu přes nenasycenou zónu došlo k akumulaci ropné fáze v prostoru kapilární trásně, proměnlivého nasycení a na hladině podzemní vody. Z tohoto prostoru se ropné látky v možnostech jejich omezené rozpustnosti ve vodě dostávají do podzemní vody a jsou předmětem advektivně-disperzního transportu saturovanou zónou. Současný rozsah kontaminace saturované zóny v zájmové lokalitě je pak výsledkem dlouhodobého uvolňování kontaminantů ze zdroje. V plochém území, jehož součástí je i areál bývalého podniku AVIA, je hydraulický gradient velmi mírný a proudění podzemní vody směřuje k jihovýchodu až východojihovýchodu. Při předpokládané pórovitosti 10% je doba zdržení podzemní vody mezi zdrojovou oblastí a drenáží do Vrchlice vypočtena 130 až 170 dnů.

V saturované zóně, resp. v podzemních vodách byla na základě výsledků průzkumných prací zjištěn výskyt ropné kontaminace tvořené uhlovodíky $C_{10}-C_{40}$ a PAU. Kontaminaci $C_{10}-C_{40}$ lze charakterizovat jako plošnou a vyskytující se v podzákladí haly automatárny a zejména v prostoru bývalého šrotiště, kde ji provází i výskyt fáze ropných látek na hladině podzemní vody. Kontaminaci PAU lze charakterizovat jako bodovou, doprovázející kontaminaci $C_{10}-C_{40}$ a tvořenou zejména benzo(a)pyrenem a benzo(a)anthracenem, tj. spolu s $C_{10}-C_{40}$ dalšími dvěma vytípanými prioritními kontaminanty.

Šíření znečištění v saturované zóně bylo simulováno pomocí transportního modelu, který vycházel z kalibrovaného hydraulického modelu, rozšířeného o popis a parametry transportu. Veškeré parametry byly voleny na straně bezpečnosti.

Zdroj vymezený přítomností fáze ropných látek na hladině podzemní vody je vzhledem k jejich vlastnostem, charakteru kolektoru (vysoké TOC) a zvodně (s minimálním sklonem hladiny) zcela nebo jen velmi omezeně mobilní. Současná poloha zdroje kontaminace $C_{10}-C_{40}$ je více méně shodná s polohou původního zdroje.

Dle dosavadních poznatků o lokalitě se zahrnutím výsledků matematického modelování lze konstatovat, že ropná kontaminace je v daných podmínkách dlouhodobě ustálená až fixovaná a jen s velmi omezenými možnostmi migrace. Ke zmobilnění kontaminace může nicméně dojít v důsledku dlouhodobé či trvalé a současně významné změny hydrogeologických poměrů. Ta může zahrnovat intenzivní jímání podzemní vody v prostoru areálu či v přilehlém okolí nebo zahloubení koryta Vrchlice a tím způsobený intenzivnější přítok podzemní vody do říčního koryta. Tyto možnosti

nicméně nejsou za současné i budoucí situace pravděpodobné a lze jim předejít institucionálními opatřeními zakotvenými v ÚP apod.

3.5.15.3 Šíření znečištění povrchovými vodami

Z geomorfologické dispozice lokality, záměrů hladin podzemní a povrchové vody a z matematického modelu proudění vyplývá, že podzemní voda v zájmovém areálu proudí konformně s terénem pod velmi malým spádem k JV až JJV, tj. k lokální drenáží, bázi kterou zde představuje koryto Vrchlice vedoucí podél jv. okraje zájmového areálu.

Jak je uvedeno v předchozí kapitole, ropná kontaminace je dlouhodobě fixovaná v místech ověřených ohnisek znečištění, tj. v podzákladi haly bývalé automatárny a zejména bývalého šrotiště. Ve vrtech situovaných z hlediska směru proudění podzemní vody pod ohniskem, tj. PS-10, HG3, HG-4 se ropná kontaminace vyskytuje jen v nízkých koncentracích a nebyl zde zaznamenán výskyt fáze nebo filmu na hladině podzemní vody. Obdobné rozložení kontaminace vyplývá i z matematického modelu, který navíc predikuje rozšíření kontaminace do prostoru mezi ohniskem a vodotečí.

Výskyt nízké ropné kontaminace ve vrtech mezi ohnisky a tokem a zejména výsledky modelu dokládají, že výskyt znečištění povrchové vody (o 0,2 mg/l), které bylo v oblasti bezprostředně sousedící s areálem AVIA dokumentováno ve Vrchlici, nepochází ze zdrojů v prostoru bývalé automatárny a šrotiště.

3.5.15.4 Charakteristika vývoje znečištění z hlediska přirozené atenuace

Znečištění podzemní vody na lokalitě způsobují především ropné uhlovodíky v rozpuštěné formě vyjádřené ukazatelem $C_{10}-C_{40}$, které současně provází místy masivní výskyt fáze ropných látek na hladině podzemní vody. Dalším významným kontaminantem jsou některé látky ze skupiny PAU, zejména se jedná o benzo(a)pyren.

Přirozená atenuace je soubor procesů probíhajících v horninovém prostředí a přirozeným způsobem ovlivňujících koncentrace kontaminantů v prostředí. K přirozeným atenuačním procesům patří hydrodynamická disperze, difúze, adsorpce látek na horninové prostředí, degradace, srážení, ředění atd. Pokles koncentrací kontaminantů metodou přirozené atenuace je tedy buď destruktivní, nebo nedestruktivní. Při nedestruktivním poklesu je snižování koncentrací kontaminantů způsobeno fyzikálními procesy, kterými dochází k poklesu koncentrací (ředěním, disperzí, difúzí atd.) bez změny celkového množství kontaminantů v prostředí. Mezi destruktivní procesy u látek organického charakteru naopak patří degradace, kterou dochází nejen ke snižování koncentrace kontaminantu v jednotlivých složkách životního prostředí, ale i jeho celkového množství.

Atenuační procesy probíhají v různém horninovém prostředí v různé intenzitě (v závislosti na propustnosti, porózitě, rychlosti proudění podzemní vody, obsahu organických látek, fyzikálně-chemických a mikrobiálních parametrech atd.) a s různou účinností působí na různé typy

kontaminantů (např. jednoduché uhlovodíky snadno podléhají biodegradacím procesům, uhlovodíky s dlouhými a složitými řetězci a deriváty uhlovodíků bakteriálnímu působení odolávají mnohem více, různé kontaminanty se různě sorbují, různě rozpouštějí apod.).

Přirozená atenuace může vést až k úplnému vymizení polutantu z horninového prostředí, především podzemní vody. Proces je však pomalý a může trvat desítky až stovky let.

Látky ropného původu typu C_{10} - C_{40} , benzen, toluen, ethylbenzen biodegradují v oxidačním nebo mírně redukčním prostředí za využití kyslíku jako elektronových akceptorů, sami jsou elektronovými donory. Tímto podmiňují v přirozeném prostředí vznik anaerobního prostředí, ve kterém jsou následně vhodné podmínky pro rozklad (dechloraci) chlorovaných uhlovodíků, resp. PCE. Existence a rychlost přirozené degradace spočívá zejména v přístupu a množství hlavních akceptorů elektronů (rozp. kyslíku, dusičnanů, síranů, Fe^{3+}).

V případě chlorovaných uhlovodíků dochází nejčastěji k přirozené degradaci procesem reduktivní dechlorace, kdy dochází k postupnému odbourávání molekul chloridů (substitucí za vodík) až na nechlorovaný ethen, příp. ethan (v řadě PCE → TCE → cis1,2DCE → VCE → nechlorovaný ethen → ethan).

Tabulka 19: Terénní měření – fyzikálně – chemické parametry podzemní vody

Lokace	Vrt	konduktivita ($\mu S/cm$)	ORP (mV)	O ₂ (mg/l)	pH	teplota (°C)
prostor bývalého šrotiště a stáčírny mazutu	PS-1	1 149	-117,2	1,3	8,06	13,6
	PS-2	2 189	9,7	0,71	7,79	13,6
	PS-3	2 215	25,8	0,62	7,23	13,9
	PS-4	1 325	-127,9	0,12	7,18	14
	PS-5	1 232	42,7	7,36	7,82	14,5
	PS-6	1 902	-33,4	2,06	7,23	14,1
	PS-7	1 224	-93,1	0,28	7,16	14
	PS-8	1 859	-30,4	1,02	7,03	14
	PS-9	1 054	-20,3	1,6	7,36	14,4
	PS-10	1 054	-3	0,74	7,21	14
	HG-1	1 165	-3,6	1,79	7,31	13,8
	HG-2	1 118	41,6	1,11	7,29	14
	HG-3	1 239	19,4	0,23	7,78	13,2
	HG-4	1 516	103,3	0,52	7,91	12,7
	HG-5	484	44,3	3,32	7,06	14,1
	HG-6	1 068	-18,4	1,8	7,42	14,4
	HG-10	1 140	-22,8	2	7,19	14
prostor haly bývalé automatárny	PS-11	827	49,7	4,2	8,41	15,2
	PS-12	1 723	-4,4	0,77	6,88	15
	PS-13	1 779	-75,7	0,76	7,04	14,8
	PS-14	1 936	-116,9	0,84	7,06	14,5
	HG-7	659	46,7	3,94	7,73	14,9
	HG-8	1 593	107	3,4	7,73	15,1
	HG-9	1 564	-93,2	4,1	8,06	13,6
jv. část areálu	PS-16	1 588	-81,6	1,83	7,73	12,5

Podzemní voda vykazovala pH v rozmezí 6,9 až 8,4 a průměrně 7,5 a celkově ji lze hodnotit jako mírně zásaditou. Konduktivita, která přibližně odpovídá mineralizaci vody, se pohybovala v rozmezí 484,0 a až 2215,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a průměrně činila 1384,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, což odpovídá průměrné mineralizaci cca 1079,6 mg/l. V terénu naměřené hodnoty odpovídají laboratorně stanoveným údajům.

Z hlediska naměřených hodnot elektrochemických ukazatelů a zejména redox. potenciálu a obsahu rozpuštěného kyslíku lze dané prostředí hodnotit jako anoxické. Redox. potenciál se pohyboval v rozmezí -12,9 až 107 mV, průměrně v úrovni -14,1 mV a koncentrace O_2 byly v rozmezí 0,12 až 7,36 mg/l a průměrně 1,9 mg/l.

Ve vzorcích zemin v prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu (PS-8 a HG-6) byla ověřována přítomnost kolonií bakterií odbourávajících ropné látky. V saturované zóně horninového prostředí nebylo zastiženo bakteriologické oživení schopné odbourávat ropné látky, viz následující tabulka:

Tabulka 20: Bakteriologické oživení v zeminách

Vrt	Celkový počet mikr. odbourávajících ropné látky (KTJ/g suš.)
PS-8	< 10
HG-6	< 10

Tabulka 21: Bakteriologické oživení v podzemní vodě (KTJ/100ml)

Parametr	HG-3	HG-4	HG-6	studna - nátok
Mesofilní mikroorganismy	140	320	670	7
Psychrofilní mikroorganismy	250	480	790	41
Anaerobní mikroorganismy	88	127	26	5

V případě kumulace fáze v půdě probíhá proces degradace rychleji na okrajích kontaminovaných partií a v centru akumulace se tento proces téměř zastaví. Podobně biodegradační procesy probíhají na okrajích kontaminačního mraku ve vodě, ale v centru mraku, kde jsou koncentrace vyšší, je proces biodegradace pomalejší.

3.5.16 Shrnutí plošného a prostorového rozsahu míry znečištění

Zeminy:

- V obou řešených kontaminovaných lokalitách, tj. v prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu byla zjištěna místy masivní kontaminace ropnými látkami vyjádřenými jako C_{10} - C_{40} . Intenzivní kontaminaci překračující hodnotu indikátoru MP MŽP 2014 vykazuje jak nesaturovaná zóna, tak zóna kolísání hladiny podzemní vody, tak saturovaná zóna. Míra kontaminace vykazuje horizontálně i vertikálně výraznou variabilitu.
- V prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu byla maximální koncentrace C_{10} - C_{40} v nesaturované zóně až 3430 mg/kg (PS-4), tj. indikátor dle MP MŽP = 1500 mg/kg byl

překročen až 2,3 x. V zóně kolísání HPV byly koncentrace až 5340 mg/kg (HG-2) a indikátor byl překročen 3,5 x. V saturevané zóně bylo maximálně až 6420 mg/kg (HG-1), což znamenalo 4,3 násobné překročení indikátoru.

Tabulka 22: Zonální výskyt kontaminace $C_{10}-C_{40}$ (mg/kg) v horninovém prostředí v prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu

Bývalé šrotiště a stáčírna mazutu		
	max. koncentrace	prům. koncentrace
nesatureovaná zóna	3430 mg/kg (PS-4)	689,3
zóna kolísání HPV	5340 mg/kg (HG-2)	840,1
satureovaná zóna	6420 mg/kg (HG-1)	1287,2

- Plošně lze v bývalém šrotišti vymezit území s kontaminací zemin ropnými látkami s obsahy $C_{10}-C_{40}$ vyššími než indikátor dle MP MŽP 2014 v prostoru přibližně vymezeném vrty PS-4, HG-2, PS-8 a HG-10. Kontaminovaná plocha má cca 900 m².
- V prostoru bývalé haly automatárny byla maximální koncentrace $C_{10}-C_{40}$ v nesaturevané zóně až 3680 mg/kg (PS-13), tj. indikátor dle MP MŽP = 1500 mg/kg byl překročen až 2,5 x. V zóně kolísání HPV byly koncentrace až 1540 mg/kg (HG-7), tj. jednalo se o koncentraci v úrovni indikátoru. V saturevané zóně bylo maximálně až 7560 mg/kg (PS-13), což znamenalo 5 násobné překročení indikátoru.

Tabulka 23: Zonální výskyt kontaminace $C_{10}-C_{40}$ (mg/kg) v horninovém prostředí v prostoru bývalé haly automatárny

Bývalá hala automatárny		
	max. koncentrace	prům. koncentrace
nesatureovaná zóna	3680 mg/kg (PS-13)	731,4
zóna kolísání HPV	1540 mg/kg (HG-7)	1617,9
satureovaná zóna	7560 mg/kg (PS-13)	530,0

- Plošně lze v podzákladí bývalé haly automatárny vymezit území s kontaminací zemin ropnými látkami s obsahy $C_{10}-C_{40}$ vyššími než indikátor dle MP MŽP 2014 v prostoru přibližně vymezeném vrty PS-13, PS-14, PS-5 a HG-7
- Překročení indikátoru dle MP MŽP 2014 bylo v zeminách nesaturevané zóny v prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu zaznamenáno v ukazateli benzo(a)pyren ze skupiny polyaromatických uhlovodíků (PAU). Konkrétně se jednalo o vrty PS-5, PS-9, HG-1 a HG-5. Hodnota indikátoru pro benzo(a)pyren v úrovni 0,21 mg/kg byla v těchto vrtech překročena 1,4 až 26,6 krát.
- Ostatní sledované kontaminanty, tj. CLET a PCB byly v zeminách v prostoru v prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu, bývalé automatárny i v jv. okraji areálu pod mezí detekce.

Podzemní voda:

- V podzemních vodách byly na základě výsledků provedených průzkumných prací zjištěny koncentrace $C_{10}-C_{40}$ a PAU, které místy významně překračovaly příslušné indikátory dle MP MŽP 2014.
- Nadlimitní koncentrace $C_{10}-C_{40}$ byly zaznamenány téměř ve všech vrtech v prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu i v prostoru bývalé automatárny.
- Nadlimitní koncentrace $C_{10}-C_{40}$ v prostoru bývalého šrotiště se pohybovaly v rozmezí 0,61 až 27,8 mg/l a průměrně činily 10,1 mg/l.
- Nadlimitní koncentrace $C_{10}-C_{40}$ v prostoru bývalé haly automatárny se pohybovaly v rozmezí 0,61 až 99,2 mg/l a průměrně činily 17,1 mg/l.
- Podlimitní koncentraci $C_{10}-C_{40}$ v podzemní vodě vykázal pouze jeden vrt - HG-3 situovaný z hlediska proudění podzemní vody na odtoku z prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu a dále jedna sonda PS-14 v interiéru haly automatárny a sonda PS-16 v jv. části areálu.
- Ropnou kontaminaci horninového prostředí provází výskyt fáze ropných látek na hladině podzemní vody. Masivní výskyt fáze byl zastižen v prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu, kde dosahuje až 25 cm. Plocha výskytu fáze zde činí cca 820 m². Při uvažování průměrné mocnosti fáze v horninovém prostředí v tomto prostoru v úrovni 1,6 cm, je předpokládané množství ropných látek ve fázi cca 1,3 m³. Dále byl lokální výskyt fáze zaznamenán ve vrtu PS-2 (0,2 cm) a podzákladí haly automatárny v sondě PS-13 (1,5 cm).
- Nadlimitní koncentrace PAU byly zastiženy v některých vrtech v prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu ve vrtech HG-4, HG-10, PS-8 a v prostoru bývalé haly automatárny v sondě PS-11. V prvním případě se jednalo o Benzo(a)anthracen (až 1,503 µg/l), Benzo(b)fluoranthén (až 0,238 µg/l), Benzo(k)fluoranthén (až 0,549 µg/l), Benzo(a)pyren (až 0,355 µg/l), Indeno(1,2,3-cd)pyren (až 0,24 µg/l). V sondě PS-11 Benzo(a)anthracen (0,66 µg/l), Benzo(b)fluoranthén (0,076 µg/l), Benzo(k)fluoranthén (0,071 µg/l), Benzo(a)pyren (až 0,355 µg/l), Indeno(1,2,3-cd)pyren (0,033 µg/l). Z hlediska překročení indikátoru dle MP MŽP 2014 vykazoval nejvyšší hodnoty benzo(a)pyren, u kterého bylo ve vrtu HG-10 zaznamenáno až 52 násobné překročení.
- Z hlediska ostatních sledovaných kontaminantů, tj. CLET, BTEX a PCB nebylo zaznamenáno překročení příslušných indikátorů znečištění dle MP MŽP 2014. Koncentrace BTEX a PCB byly ve všech případech pod mezí detekce. Kontaminanty ze skupiny CLET byly ověřovány ve vrtu PS-16, kde byla zaznamenána pouze mírně zvýšená koncentrace PCE v úrovni 1,2 µg/l.

3.5.17 Omezení a nejistoty

Mezi hlavní nejistoty a omezení svázané s vyhodnocením výsledků znečištění saturevané a nesaturevané zóny a šíření kontaminantů patří:

- absence četnějšího monitoringu podzemní vody,
- zatíženost výsledků analytických rozborů vzorků zemin, půdního vzduchu a podzemních vod
- nejistotami měření - nejistoty analýz $C_{10}-C_{40}$, PAU v zeminách se pohybují v rozmezí 35% resp (15-35%) a nejistoty analýz v podzemních vodách jsou $C_{10}-C_{40}$ – 30%, PAU 10-25%. V rámci těchto nejistot je nutné posuzovat závěry a předpoklady vyvozené na jejich podkladě (množství a míra kontaminovaných hmot apod.).
- Pokrytí areálu vzorkováním nemohlo být zcela reprezentativní, může tak docházet k částečnému zkreslení skutečného rozsahu kontaminace zemin a podzemní vody na lokalitě a k odchylkám předpokládané koncentrační distribuce prioritních škodlivin v testovaných složkách ŽP.

Přes výše uvedená omezení lze soubor dat považovat za dostatečně rozsáhlý a umožňující důkladné zhodnocení rizik vyplývajících z kontaminace zájmového území.

3.5.18 Záznam do databáze SEKM

Výsledky AR byly zaznamenány do databáze SEKM. Kód priority je A2.1 (nutnost realizace nápravných opatření).

4 HODNOCENÍ RIZIKA

Hodnocení rizika vychází z principů uvedených v Metodickém pokynu MŽP č. 3/2011 pro analýzu rizik kontaminovaného území. Postup hodnocení zdravotního rizika předpokládá nejdříve identifikaci rizik spočívající v určení a zdůvodnění prioritních kontaminantů, v bližší identifikaci příjemců rizik a reálných expozičních scénářů. Následně je pro jednotlivé expoziční scénáře hodnocena nebezpečnost kontaminantů na zdraví obyvatel a životní prostředí. V případě, že jsou překročeny limitní hodnoty legislativních norem, zejména zjištění závažného ohrožení znečištění povrchových nebo podzemních vod, vyžaduje již tato skutečnost nutnost nápravných opatření. Při hodnocení rizik bylo rovněž přihlédnuto k metodikám US EPA.

4.1 Určení a zdůvodnění prioritních kontaminantů a dalších rizikových faktorů

Určení prioritních škodlivin bylo provedeno na základě porovnání známých výsledků chemických analýz sledovaných kontaminantů v zeminách a podzemní vodě se zvolenými srovnávacími hladinami. Jako srovnávací hladiny pro výběr prioritních škodlivin posloužily indikátory znečištění dle MP MŽP 2014. Při statistickém zpracování a hodnocení chemických analýz byl použit aritmetický průměr koncentrací jednotlivých škodlivin nacházející se v intervalu spolehlivosti 95 %.

V zájmovém území byly aktuálně provedenými průzkumy zjištěny v podzemní vodě zvýšené koncentrace polyaromatických uhlovodíků (zejména benzo(a)anthracen a benzo(a)pyren) a dále ropných uhlovodíků C_{10} - C_{40} . V zeminách byly zjištěny vyšší koncentrace benzo(a)pyrenu a C_{10} - C_{40} .

Tabulka 24a: Statistické zpracování výsledků laboratorních analýz zemin a podzemní vody

Zeminy			Podzemní voda						
Parametr	Benzo(a)pyren	Suma C10-C40	Parametr	Benzo(a)anthracen	Benzo(b)fluoranthén	Benzo(k)fluoranthén	Benzo(a)pyren	Indeno(1,2,3-cd)pyren	Suma C10-C40
Vrt	mg/kg	mg/kg	Vrt	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l
MP MŽP 2014	0	1500	MP MŽP 2014	0,0290	0,0290	0,2900	0,0029	0,0290	0,5000
PS-1		25	PS-1						1,05
PS-1		54,7	PS-2						0,614
PS-2		25	PS-3						15,4
PS-2		25	PS-4						27
PS-3		1 300	PS-5						1,77
PS-3		25	PS-6						13,9
PS-4		3 430	PS-7						5,54
PS-4		392	PS-8	0,044	0,238	0,549	0,355	0,005	25,6
PS-5	0,544	25	PS-9						15
PS-5		75,1	PS-10						1,25
PS-6	0,104	716	PS-11	0,066	0,076	0,039	0,071	0,033	0,761
PS-6		669	PS-12						14,1
PS-7		919	PS-13						99,2
PS-7		563	PS-14						0,05
PS-8	0,06	378	PS-16						0,05
PS-8		3 120	HG-1						1,28
PS-9	0,285	255	HG-2						2,71
PS-9		575	HG-3						<0,05
PS-10		25	HG-4	0,002	0,027	0,015	0,018	0,009	2,22
PS-10		236	HG-5						0,78
PS-11		25	HG-6						27,8
PS-11		322	HG-7						0,637
PS-12		61,5	HG-8						0,607
PS-12		25	HG-9						1,11
PS-13		3 680	HG-10	1,503	0,067	0,19	0,351	0,24	19,5
PS-13		7 560	AKH-6						3,19
PS-14		927	Studna nátok						0,05
PS-14		1 660	Studna 2						0,05
PS-15		592	\bar{x}	0,40	0,10	0,20	0,20	0,07	10,04
PS-15		2 560	σ	0,73	0,09	0,25	0,18	0,11	19,97
PS-16		25	95% UCL	1,42	0,23	0,54	0,45	0,23	17,77
PS-16		25	n (počet vzorků)	4	4	4	4	4	28
PS-16		25	t 0,050 pro (n-1)	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,048
HG-1	5,582	239	max. hodnota	1,503	0,238	0,549	0,355	0,24	99,2
HG-1		25	min. hodnota	0,00	0,03	0,02	0,02	0,01	0,05
HG-1		6 420	srovnávací hladina	0,029	0,029	0,29	0,0029	0,029	0,5
HG-2		2 100	míra překročení srovnávací hladiny	13,92	3,52	0,68	68,53	2,47	20,09
HG-2		5 340							
HG-2		39,4							
HG-3		41,3							
HG-3		87,2							
HG-3		25							
HG-4	0,01	25							
HG-4		25							
HG-4		25							
HG-5	0,401	25							
HG-5		52,5							
HG-5		25							
HG-6		25							
HG-6		121							
HG-6		82,2							
HG-7		76							
HG-7		1 540							
HG-7		712							
HG-8		29,4							
HG-8		25							
HG-8		79,2							
HG-9		460							
HG-9		25							
HG-9		25							
HG-10		1 500							
HG-10		3 360							
HG-10		1 930							
\bar{x}	1,00	883,54							
σ	2,03	1 586,86							
95% UCL	2,81	1 286,60							
n (počet vzorků)	7	62							
t 0,050 pro (n-1)	2,37	2,00							
max. hodnota	5,582	7 560							
min. hodnota	0,01	25,00							
srovnávací hladina	0,21	1500							
míra překročení srovnávací hladiny	4,75	0,59							

Tabulka 25b: Expoziční obsahy prioritních škodlivin v zemině (mg/l) a v podzemní vodě (mg/l)

Kontaminant	Zemina		Podzemní voda	
	MLE expozice (95% UCL)	RME expozice (max. obsahy)	MLE expozice (95% UCL)	RME expozice (max. obsahy)
benzo(a)anthracen	-	-	0,00142	0,00150
benzo(a)pyren	2,81	5,58	0,00044	0,00036
C ₁₀ -C ₄₀	1286,60	7560,00	17,70	99,20

Přehled vstupních koncentrací použitých pro následné kvantifikace rizik vyplývajících z MLE a RME expozice jednotlivými expozičními cestami shrnuje tabulka č. 24. Při hodnocení MLE expozice byl použit aritmetický průměr koncentrací prioritních škodlivin nacházející se v intervalu spolehlivosti 95 %. Při hodnocení RME expozice byly použity maximální analyzované koncentrace. U analyzovaných hodnot nacházející se pod mezí detekce použité analytické metody byla použita hodnota v úrovni meze stanovitelnosti konkrétní laboratorní metody.

4.1.1 Toxikologické vlastnosti prioritních škodlivin

4.1.1.1 Vyhodnocení vztahu dávka-účinek prioritních škodlivin

V souvislosti s hodnocením chemických rizik jsou škodliviny podle účinků rozděleny do dvou skupin, a to na polutanty:

- s karcinogenním účinkem, tzv. bezprahovým působením,
- s nekarcinogenním účinkem, tzv. prahovým působením.

Pro karcinogeny se předpokládá, že každá expozice zvyšuje pravděpodobnost vzniku rakoviny nad všeobecný průměr. Pro látky s nekarcinogenním účinkem se vychází z představy, že nepříznivý účinek se projeví teprve po překročení určité úrovně expozice.

Klasifikace karcinogenity podle US EPA:

- A látky, pro které existují dostatečné důkazy o jejich karcinogenních účincích na člověka a zvířata
- B1 látky, pro které existují dostatečné důkazy karcinogenních účinků na zvířata, ale omezené důkazy o karcinogenním působení na člověka
- B2 látky, pro které existují dostatečné důkazy o karcinogenních účincích na zvířatech, ale důkazy karcinogenních účinků na člověka jsou neadekvátní
- C látky, pro které existují pouze omezené důkazy o karcinogenních účincích na zvířata, údaje o karcinogenních účincích na člověka nejsou k dispozici
- D látky, pro které neexistují odpovídající důkazy o karcinogenních účincích na člověka a na zvířata, nebo pro které adekvátní údaje nejsou dostupné

Pro hodnocení potenciálních rizik vyplývajících z krátkodobé expozice osob kontaminanty, tj. expozice trvající od dvou týdnů do 7 let, se používají subchronické referenční dávky a směrnice karcinogenního rizika, při kvantifikaci rizik vyplývajících z dlouhodobé (více než 7 let) nebo opakované expozice (opakovaná expozice v délce roků) se používají chronické referenční dávky a směrnice karcinogenního rizika. Z důvodu předběžné opatrnosti jsou pro výpočet rizik pramenících z kontaminovaných matric použity chronické referenční dávky a směrnice karcinogenního rizika.

Inhalační RfDi (mg/kg/den) uvedené v tabulce č. 25 byly spočítány z inhalačních referenčních koncentrací RfCi uvedených v toxikologických databázích podle vztahu:

$$\text{inhalační RfDi} = \text{inhalační RfCi} \times \text{frekvence dýchání} / \text{tělesná hmotnost}$$

kde:

inhalační RfDi.....	(mg/kg/den)
inhalační RfCi.....	(mg/m ³)
frekvence dýchání.....	vycházíme z údajů US EPA, tj. 20 m ³ /den u dospělého jedince
hmotnost.....	70 kg (dospělý jedinec, US EPA)

Inhalační faktory směrnice CSF byly spočítány ze známé hodnoty inhalační jednotky rizika IUR (μg/m³)⁻¹ podle vztahu:

$$\text{inhalační CSF} = \text{inhalační IUR} \times \text{tělesná hmotnost} \times 1000 / \text{frekvence dýchání}$$

kde:

inhalační SF.....	(mg/kg/den) ⁻¹
inhalační IUR.....	(μg/m ³) ⁻¹
frekvence dýchání.....	vycházíme z údajů US EPA, tj. 20 m ³ /den u dospělého jedince
hmotnost.....	70 kg (dospělý jedinec, US EPA)

Referenční dávky pro dermální expozici nejsou US EPA zavedeny. Vzhledem k tomu, že ze zdravotního hlediska může dermální cesta představovat rizikovější expozici než cesta orální, byly pro účely zpracovávané AR za přibližné referenční dávky pro dermální expozici uvedeny za předpokladu $RfD_i < RfD_o$ stanovené hodnoty referenčních dávek pro inhalační expozici. U kontaminantů s nestanovenými inhalačními referenčními dávkami či u kontaminantů s $RfD_o < RfD_i$ jsou přibližné referenční dávky pro dermální expozici odvozeny z orálních RfD jako absorbovaná referenční dávka. Absorbovaná referenční dávka je vypočtena jako součin orální referenční dávky a frakce látky absorbované trávicím ústrojím, tj. tzv. absorbované RfD, na základě níže uvedeného vztahu:

$$\text{interní RfD} = \text{orální RfDo} \times \text{ABSGI}$$

kde:

interní RfD.....	interní referenční dávka pro danou látku (mg/kg/den)
orální RfDo.....	orální referenční dávka pro danou látku (mg/kg/den)
ABSGI.....	orálně absorbovaná frakce látky (%)

Hodnoty směrnic karcinogenního rizika pro dermální příjem látky (CSF_m) jsou u látek s $CSF_i > CSF_o$ převzaty ze stanovených hodnot směrnic karcinogenního rizika pro inhalační expozici (CSF_i), u látek s neznámými hodnotami CSF_i či u látek s $CSF_o > CSF_i$ jsou hodnoty CSF_m odvozeny z hodnot směrnice karcinogenního rizika při orální expozici jako podíl CSF_o a frakce látky adsorbované trávicím ústrojím na základě níže uvedeného vztahu:

$$\text{interní SF} = SF_o / \text{ABSGI}$$

kde:

interní SF.....	interní faktor směrnice pro danou látku (mg/kg/den) ⁻¹
SF_o	směrnice karcinogenního rizika při orální expozici pro danou látku (mg/kg/den) ⁻¹
ABSGI	orálně absorbovaná frakce látky (%)

Údaje uvedené v Tab. č. 25 jsou čerpány z následujících hlavních zdrojů:

- RAIS databáze, říjen 2019
- WHO: IARC Monographs Database on Carcinogenic Risks to Humans, IARC Lyon.

Rejstřík pojmů použitých v rámci hodnocení rizik:

Bezprahový účinek: Předpoklad účinku genotoxických karcinogenních látek, kdy nelze stanovit bezpečnou úroveň expozice. Jakákoliv dávka již představuje zvýšení pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění.

CSFi (Carcinogenic Slope Factor): Směrnice karcinogenního rizika pro inhalační příjem. Bezrozměrné číslo, vyjadřující karcinogenní potenciál dané látky. Udává zvýšení celoživotní pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění u exponovaného jedince při inhalačním příjmu průměrné celoživotní dávky dané látky ve výši 1 mg/kg/den.

CSFo (Carcinogenic Slope Factor): Směrnice karcinogenního rizika pro orální příjem. Bezrozměrné číslo, vyjadřující karcinogenní potenciál dané látky. Udává zvýšení celoživotní pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění u exponovaného jedince při orálním příjmu průměrné celoživotní dávky ve výši 1 mg/kg/den.

IARC (International Agency for Research on Cancer): Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny se sídlem v Lyonu.

MLE expozice – expozice kvantifikovaná pro statisticky vypočtený maximálně-věrohodný odhad (MLE) koncentrace kontaminantu v místě expozice (tj. expoziční koncentrace). Pro predikci MLE koncentrací byla použita univerzální metoda maximální věrohodnosti (MLE, Maximum Likelihood Estimate) navázaná na asymetrické rozdělení používaná v matematické statistice pro odhadování parametrů v závislosti na pozorovaných (experimentálních) datech. Jedná se o metodu pro nalezení statistiky, která nejlépe s ohledem na asymetrické rozdělení výsledků analytického stanovení obsahů škodlivin v jednotlivých složkách životního prostředí a počet provedených měření odhaduje hledaný parametr rozdělení základního souboru naměřených hodnot náhodných veličin. Za MLE koncentrace byly pro účely předkládané AR použity vypočtené aritmetické průměry analyzovaných koncentrací prioritních škodlivin nacházející se v intervalu spolehlivosti 95 %.

Prahový účinek: Předpoklad účinku nekarcinogenních toxických látek, kdy se předpokládá existence určité bezpečné hladiny expozice, kterou organismus ještě zvládá fyziologickými detoxikačními a reparačními pochody.

RBC (Risk-based Concentration): Koncentrace látky ve vodě, vzduchu a půdě, představující při standardním expozičním scénáři ještě přijatelnou míru rizika toxického nebo karcinogenního účinku. Jsou uvedeny v databázi US EPA RBC Tables.

RfDi: Referenční dávka pro inhalační příjem, udává průměrnou denní dávku dané látky, která pravděpodobně nevyvolá při dlouhodobém příjmu ani u citlivých populačních skupin nepříznivé zdravotní účinky. Přesnost odhadu této dávky je přibližně v rozsahu jednoho řádu. Je udávána v mg/kg/den.

RfDo: Referenční dávka pro orální příjem, udává průměrnou denní dávku dané látky, která pravděpodobně nevyvolá při dlouhodobém příjmu ani u citlivých populačních skupin nepříznivé zdravotní účinky. Přesnost odhadu této dávky je přibližně v rozsahu jednoho řádu. Je udávána v mg/kg/den.

RME expozice – Reasonable Maximum Exposure – expozice kvantifikovaná pro maximálně zjištěné koncentrace kontaminantu v místě expozice. Za RME koncentrace byly použity maximálně analyzované koncentrace prioritních škodlivin v dílčích složkách životního prostředí.

US EPA (United States Environmental Protection Agency): Agentura pro ochranu životního prostředí USA

US EPA – NCEA (US EPA National Center for Environmental Assessment): Národní centrum pro ochranu životního prostředí US EPA, které stanovuje pro aktuální potřebu předběžné a prozatímní referenční hodnoty k hodnocení rizik.

Tabulka 26: Chronické referenční dávky a směrnice karcinogenního rizika prioritních škodlivin

Prioritní škodlivina	Karcinogenní účinky – chronické				
	Směrnice karcinogenity (mg/kg/den)				
	CSFo	zdroj	CSFI	zdroj	CSFderm
Benzo(a)anthracen	1,00E-01	RAIS	2,10E-01	RAIS	1,00E-01
Benzo(a)pyren	1,00E+00	RAIS	2,10E+00	RAIS	1,00E+00
C ₁₀ -C ₄₀	1,00E+00	RAIS	1,58E-02	RAIS	1,00E+00

Prioritní škodlivina	Toxické účinky – chronické					Zdroj: RAIS		
	Retenční dávky RfD (mg/kg/den)							
	RfDi	Zdroj	RfDo	Zdroj	RfDderm	FI (-)	ABS (-)	Kp (cm/hod)
Benzo(a)anthracen	-	-	-	-	-	1	0,1	5,20E-01
Benzo(a)pyren	2,00E-06	RAIS	3,00E-04	RAIS	3,00E-04	1	0,1	7,13E-01
C ₁₀ -C ₄₀	1,71E-02	RAIS	3,00E-02	RAIS	3,00E-02	1	0,1	1,96E+00

4.1.1.2 Toxikologické charakteristiky prioritních škodlivin

Polyaromatické uhlovodíky (PAU)

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) představují skupinu různorodých organických sloučenin obsahujících dva nebo více aromatických cyklů. Laboratorní a terénní studie ukazují, že tyto hydrofobní látky mají vysokou schopnost adsorpce na dispergované částice a tato adsorpce spolu s následnou sedimentací jsou hlavními mechanismy pro odstranění PAU z vody. Fotochemická degradace, volatilizace a mikrobiální degradace hrají podružnou roli.

PAU se vstřebávají plícemi, zažívacím traktem i přes kůži. Absorpce PAU ze zažívacího traktu je rychlá, jsou distribuovány v organismu téměř do všech vnitřních orgánů, zejména bohatých na tukovou tkáň. V organismu PAU podléhají komplexní metabolické přeměně, zahrnující epoxidaci katalyzovanou oxydázovým systémem cytochromu P-450, tvorbu fenolů a diolů a dalších metabolitů, z nichž některé mohou iniciovat vznik nádorového bujení. Metabolity PAU a jejich konjugáty jsou vylučovány hlavně stolicí, méně močí. Konjugáty vylučované žlučí mohou být hydrolyzovány enzymy střevní mikroflóry a zpětně vstřebány. Rozdíly ve struktuře PAU jsou příčinou odlišností i v jejich metabolismu a relativní karcinogenitě.

Polyaromatické uhlovodíky jsou i přes svoji heterogenitu považovány za málo toxické. Společnou vlastností je fotosensibilizace a dráždění pokožky. Podle míry těkavosti mohou dráždit dýchací cesty. Existuje jen málo údajů o perorální toxicitě PAU jiných než benzo(a)pyren, zejména v pitné vodě. Nekarcinogenní účinky těchto látek (inhibice růstu, poškození jater, podráždění kůže) se vyskytují při koncentracích vyvolávajících karcinogenezi. Expozice jak v pracovním, tak i životním prostředí se vždy týká celé směsi PAU, nikoliv jednotlivých látek.

Důkazy, že směsi PAU jsou karcinogenní pro lidi, pocházejí primárně ze studií profesionálního zatížení pracovníků inhalační a dermální expozicí. Hlavním a nejvíce karcinogenním představitelem této skupiny sloučenin je benzo(a)pyren. Přímé důkazy o karcinogenitě jednotlivých látek u lidí chybějí, neboť expozice v pracovním prostředí se vždy týká celé směsi PAU. Karcinogenní potenciál PAU je dán mimo jiné i schopností organismu oxidovat tyto látky při metabolické přeměně. Tato schopnost je mezi jednotlivci rozdílná a do značné míry závisí na genetické výbavě jednotlivce.

Ve skupině těchto uhlovodíků bylo provedeno relativní porovnání jejich karcinogenního potenciálu na základě údajů z dermálních a dalších studií. Tyto hodnoty jsou považovány za konzistentní a jsou užitečným indikátorem karcinogenního potenciálu daného PAU vůči benzo(a)pyrenu. Kvantitativně je karcinogenního potenciál BbF, BkF, DBaH a IP vztažený k BaP (=1) ohodnocen hodnotou 0,1.

Benzo(a)pyren je středně perzistentní v životním prostředí. Váže se na půdu a odolává vyluhování. Při úniku do vody se velmi silně adsorbuje na sedimenty a dispergované částice. Ve většině vod a sedimentů odolává mikrobiálnímu i chemickému rozkladu. Předpokládá se bioakumulace ve vodních organismech, které nejsou schopny tuto látku metabolizovat.

Proniká do organismu nejčastěji dýchacím a trávicím ústrojím, absorpce malého množství látky přes neporušenou kůži připadá v úvahu při přímém kontaktu s kontaminovanou půdou nebo těžkými oleji s obsahem benzo(a)pyrenu. Ze zažívacího traktu se rychle vstřebává, je distribuován v organismu

téměř do všech vnitřních orgánů, zejména bohatých na tukovou tkáň, prochází přes placentární bariéru. V organismu PAU podléhají komplexní metabolické přeměně, zahrnující epoxidaci katalyzovanou oxydázovým systémem cytochromu P-450, tvorbu fenolů a diolů a dalších metabolitů, z nichž některé mohou iniciovat vznik nádorového bujení. Metabolity PAU a jejich konjugáty jsou vylučovány hlavně stolicí, méně močí. Konjugáty vylučované žlučí mohou být hydrolyzovány enzymy střevní mikroflóry a zpětně vstřebány.

Benzo(a)pyren je toxický při perkutánní a perorální expozici. Je embryotoxický a teratogenní u myší. Experimentálně byly prokázány účinky na reprodukci. Příznaky expozice této sloučenině zahrnují podráždění sliznic, dermatitidu, bronchitidu, kašel, ztížené dýchání, zánět spojivek, fotosenzibilizaci, otok plic, reprodukční účinky a leukémii. Kontakt s kůží vede k erytému, pigmentaci, deskvamaci, tvorbě bradavic, keratosám, zarudnutí a ekzému okrajů očních víček. Může dojít k fotosenzibilizaci při pobytu na slunci a alergickým kožním projevům, může se vyskytnout aplastická anémie.

Podle IARC je benzo(a)pyren pravděpodobný humánní karcinogen – skupina 2A, jde o látku karcinogenní pro zvířata s dostatečnou průkazností. Podle US EPA je BaP pravděpodobný humánní karcinogen – skupina B2. Specifická data pro potvrzení karcinogenity u lidí chybějí, neboť ve všech epidemiologických studiích nepůsobí pouze BaP, nýbrž jde o různé směsi PAU.

U zvířat početné studie prokazují karcinogenitu BAP při různých způsobech podání, tumory byly pozorovány jak v místě podání, tak na místech vzdálených od místa aplikace. Benzo(a)pyren může vyvolat růst tumorů i transplacentárně. Podezření na karcinogenitu dále podporují genotoxické účinky v široké řadě testů.

Ropné uhlovodíky (analyticky vyjádřené jako C₁₀-C₄₀)

Ropné látky dělíme z hlediska použitelnosti v zásadě do čtyř skupin: benziny, petroleje, plynové oleje a mazací oleje. Benziny jsou směsi uhlovodíků C₄ až C₁₂, vroucí v rozmezí teplot 30 °C až 210 °C. Plynové oleje ve směsi s petroleji tvoří motorové nafty, vroucí převážně mezi teplotami 150 °C až 360 °C. Petroleje jsou směsi uhlovodíků C₁₂ – C₁₈, plynové oleje C₁₆ - C₂₄.

Minerální oleje se dělí (podle viskozity) na lehké, střední a těžké. V rámci těchto tříd existuje však dlouhá řada označení (strojní, ložiskový, motorový, vyplachovací, převodový, turbínový, kompresorový, vřetenový aj.). Chemicky jde o směs uhlovodíků C₁₆ až C₂₄, z aromátů převládají naftaleny, fenantreny a vyšší polycyklické aromáty.

Patogenní vlivy ropných látek na povrch lidského těla se projevují u osob, které přicházejí do styku s těmito látkami dlouhodobě. Hlavním negativním účinkem ropných látek je zhoršení organoleptických vlastností vody. Voda je nepoživatelná již od koncentrací cca 0,01 mg/l ropných látek.

Přítomnost ropných látek ve vodě se projevuje tvorbou olejovitých filmů na hladině, dochází k omezení přístupu kyslíku a tím k ovlivnění biocenózy vodního toku, průběhu biologických samočisticích procesů. Tvorba olejovitých filmů na hladině vody se projevuje v závislosti na druhu ropné látky při koncentracích ve vodě nad cca 1 mg/l. Rozpustnost ropné látky ve vodě nelze ve skutečnosti přesně stanovit, neboť jde vlastně o směs uhlovodíkových sloučenin nestejně rozpustnosti. Z tohoto důvodu je v nasyceném vodním výluhu ropné látky poměrně zastoupení jednotlivých sloučenin odlišné, než je tomu v loužené ropné látce. Z uhlovodíků jsou nejrozpustnější aromatické uhlovodíky, postupně menší rozpustnost mají dialkeny, alkeny, cykloalkany a alkany.

Avšak vlivem solubilizace se rozpustnost uhlovodíků i s velkým molárním objemem může výrazně zvýšit.

Jejich škodlivost a nebezpečí pro vodu je dána jak toxicitou, přesněji ekotoxicitou, tak především tím, že významně ovlivňují její senzorické vlastnosti chuť a zápach. Tyto vlastnosti mohou být ovlivněny již při koncentracích od 0,01 mg.l-1. V koncentracích asi 0,1 mg.l-1 může být voda již zcela senzoricky znehodnocena, což odpovídá např. 1 kg benzínu v 10 000 m³ vody. Prahová koncentrace pachu závisí na chemickém složení ropné látky. Zvláště senzoricky účinné jsou isoalkany a aromatické uhlovodíky. Z hlediska toxicity je nejvyšší přípustná koncentrace pro vodní organismy obvykle vyšší než prahová koncentrace z hlediska pachu. Její hodnoty se obvykle pohybují v jednotkách až desítkách mg/l v závislosti na chemickém složení. Ropné látky jsou vesměs látky pronikavě páchnoucí, které svou přítomnost prozrazují již v nepatrných koncentracích, jež nejsou toxické ani pro člověka, ani pro zvířata. Mezi velmi silně páchnoucí je možné zařadit automobilové benzíny, mezi silně páchnoucí lehké topné oleje, motorová nafta, letecký petrolej a některé druhy olejů, středně páchnoucí nasycené vodné výluhy tvoří oleje motorové, ložiskové, turbínové.

Toxické vlastnosti ropných látek (resp. výrobků) se vzájemně liší. Příčinou jsou různé druhy použité ropy, nestejné způsoby jejich zpracování, rozdílné destilační frakce.

Ekotoxicita je ovlivňována chemickým složením jednotlivých produktů, rozpustností různých uhlovodíků ropy a ropných produktů ve vodě, mění se v závislosti na stupni emulgace a podobně. Všeobecně se uvádí, že lehčí frakce jsou značně toxičtější než těžší frakce (oleje).

4.1.2 Základní charakteristika příjemců rizik

Cesty, kterými se mohou prioritní škodliviny dostat z jednotlivých kontaminovaných médií (zemín, podzemní vody) do organismu příjemců, exponované osoby a možnost ohrožení dalších složek životního prostředí jsou dány způsobem jak stávajícího, tak budoucího využití zájmového území, vlastnostmi kontaminantů a podmínkami, které ovlivňují jejich migraci.

Identifikovanými příjemci rizik jsou potenciální pracovníci stavebních firem, kteří při provádění stavebních, výkopových prací v předmětném areálu přijdou do styku s kontaminovanou zemínou a podzemní vodou. Vzhledem tomu, že dle připravované změny ÚP města Kutná Hora je areál uvažován jako součást plochy „smíšené - obytné“, jsou další skupinou budoucí obyvatelé (rezidenti) plánovaných bytových domů.

4.1.3 Shrnutí transportních cest a přehled reálných scénářů expozice

4.1.4 Aktualizovaný koncepční model

Tabulka 27: Aktualizovaný koncepční model

Expoziční cesta č.	Transportní cesta	Příjemce rizik
1	Únik kontaminantu do nesaturované zóny	Pracovníci při výkopových pracích – zemina - expozice dermální, inhalační, ingescí
2	Únik a rozpuštění látek do podzemní vody – transport podzemní vodou kvartérního kolektoru	Pracovníci při výkopových pracích – expozice dermální, inhalační a ingescí
3	Únik kontaminantu do nesaturované zóny	Obyvatelstvo – zemina - expozice dermální, inhalační, ingescí
4	Únik a rozpuštění látek do podzemní vody – transport podzemní vodou kvartérního kolektoru	Obyvatelstvo – (voda – expozice ingescí, dermální a inhalační)
5	Únik a rozpuštění látek do podzemní vody – transport podzemní vodou kvartérního kolektoru – drenáž do povrchové vody	Vodní ekosystémy – (rostlinstvo, vodní organismy)

Aktualizovaný koncepční model neuvažuje oproti výchozímu modelu s úniky a transportem kontaminace v prostoru archivní sondy AKH-3 resp. aktuálně realizované sondy PS-16 v jv. cípu zájmového areálu vzhledem k absenci prioritních kontaminantů v tomto prostoru.

Vzhledem k připravované změně ÚP, kdy má být areál využíván jako „plochy smíšené - městské“ byla posuzována zdravotní rizika potenciálních budoucích obyvatelů ve vztahu ke kontaminovaným zeminám a podzemní vodě vyskytující se v prostoru bývalého šrotiště a podzákladí haly bývalé automatárny.

Dále byl uvažován jeden ekologický scénář pro posouzení ohrožení vodních ekosystémů ve vztahu k výše uvedeným ohniskům znečištění.

4.1.5 Výčet reálných expozičních scénářů a jejich parametrů

Veškeré expoziční parametry použité pro kvantifikaci rizik spjatých se zvolenými expozičními scénáři jsou dány odborným odhadem na základě dostupných podkladů a doporučení. Mohou se i významně lišit od skutečných hodnot těchto parametrů. Expoziční faktory svázané s charakteristikou exponovaných osob byly odvozeny pro „průměrného“ člověka, nereflktují individuální rozdíly jednotlivců.

Expoziční faktory jsou převzaty z doporučení uvedených v Metodickém pokynu MŽP pro analýzu rizik kontaminovaného území publikovaném ve Věstníku MŽP, č. 3, březen 2011. Pokud konkrétní

expoziční faktory nejsou v citovaném Metodickém pokynu uvedeny, je vycházeno z odborného odhadu tak, aby byl zachován princip předběžné opatrnosti.

Expoziční scénář č. 1: Dělníci pracující v nesaturované zóně horninového prostředí

Složka prostředí	Expoziční cesta	Škodlivina	Příjemci rizik
Kontaminovaná zemina	Dermální kontakt s kontaminovanou zeminou	<ul style="list-style-type: none"> - Benzo(a)pyren - C₁₀-C₄₀ 	Dělníci externích firem provádějící zemní práce spojené s manipulací nesaturované zeminy při úpravě terénu
	Náhodná ingesce kont. zeminy		
	Inhalace kontaminovaného prachu		

Expoziční scénář č. 2: Dělníci pracující v saturované zóně horninového prostředí

Složka prostředí	Expoziční cesta	Škodlivina	Příjemci rizik
Kontaminovaná podzemní voda	Dermální kontakt s kontaminovanou podzemní vodou	<ul style="list-style-type: none"> - Benzo(a)pyren - Benzo(a)anthracen - C₁₀-C₄₀ 	Dělníci externích firem provádějící zemní práce spojené s manipulací saturované zeminy při úpravě terénu
	Náhodná ingesce kont. vody		
	Inhalace kontaminovaných par		

Tabulka 28: Přehled vstupních expozičních faktorů pro dělníky

Expoziční parametr	Symbol	Jednotka	MLE expozice	RME expozice
Počet pracovníků	-	osoba	<10	<10
Váha dospělého příjemce	BW	kg	70	70
Exponovaná plocha těla pracovníků – dermální expozice kontaminovaným materiálem (odpad/zemina), (muži; obličej, předloktí, ruce, nohy od kolen)	SA	cm ²	3300	3300
Exponovaná plocha těla pracovníků – dermální expozice kontaminovaným materiálem (voda), (muži; obličej, předloktí, ruce, nohy od kolen)	SA	cm ²	1000	1000
Množství náhodně požitá vody	CR	l/hod	0,2	0,2
Inhalované množství par	IR	m ³ /hod	0,6	0,6
Ingesce zeminy	IR	mg/den	50	50
Frekvence expozice (derm., ingesce)	EF	den/rok	20	30
Frekvence expozice (inhalace)	EF	den/rok	225	274
Doba expozice – inhalace, ingesce, dermální kontakt	ET	hod/den	4	8
Délka trvání expozice	ED	roky	1	1
Množství inhalovaného vzduchu při stavební činnosti	IR	m ³ /hod	4,8	4,8
Konverzní převodní faktor 0,001	CF	kg/mg	0,000001	0,000001

Expoziční scénář č. 3: Obyvatelstvo – kontakt s kontaminovanou zemínou

Složka prostředí	Expoziční cesta	Škodlivina	Příjemci rizik
Kontaminovaná zemina	Dermální kontakt s kontaminovanou zemínou	<ul style="list-style-type: none"> - Benzo(a)pyren - C₁₀-C₄₀ 	Obyvatelé
	Náhodná ingesce kont. zeminy		
	Inhalace kontaminovaného prachu		

Expoziční scénář č. 4: Obyvatelstvo – kontakt s kontaminovanou podzemní vodou

Složka prostředí	Expoziční cesta	Škodlivina	Příjemci rizik
Kontaminovaná podzemní voda	Dermální kontakt s kontaminovanou podzemní vodou	<ul style="list-style-type: none"> - Benzo(a)pyren - Benzo(a)anthracen - C₁₀-C₄₀ 	Obyvatelé
	Náhodná ingesce kont. vody		
	Inhalace kontaminovaných par		

Tabulka 29: Přehled vstupních expozičních faktorů pro obyvatele

Expoziční parametr	Symbol	Jednotka	MLE expozice	RME expozice
Počet obyvatel	-	osoba	<100	<100
Váha dospělého příjemce	BW	kg	70	70
Exponovaná plocha těla – dermální expozice kontaminovaným materiálem (odpad/zemina), (muži; obličej, předloktí, ruce, nohy od kolen)	SA	cm ²	5700	5700
Exponovaná plocha těla – dermální expozice kontaminovaným materiálem (voda), (muži; obličej, předloktí, ruce, nohy od kolen)	SA	cm ²	18000	18000
Množství náhodně požitá vody	CR	l/hod	0,05	0,05
Inhalované množství par	IR	m ³ /hod	0,6	0,6
Ingesce zeminy	IR	mg/den	100	100
Frekvence expozice (derm., ingesce)	EF	den/rok	274	274
Frekvence expozice (inhalace)	EF	den/rok	335	350
Doba expozice – inhalace, ingesce, dermální kontakt	ET	hod/den	16,43	16,43
Délka trvání expozice	ED	roky	20	30
Množství inhalovaného vzduchu	IR	m ³ /hod	0,6	0,6
Konverzní převodní faktor 0,001	CF	kg/mg	0,000001	0,000001

4.1.6 Charakterizace podmínek expozice

Doba expozice, frekvence expozice

Doba expozice (hod/den) a frekvence expozice (den/rok) dělníků/obyvatel byly stanoveny odborným odhadem s přihlédnutím k doporučením uvedeným v MP MŽP 3/2011. Frekvence expozice pro dělníky je při terénních pracích uvažována v případě krátkodobých prací ve výši 20 pracovních dnů/rok (MLE expozice) – 30 pracovních dnů/rok (RME expozice) s dobou expozice odpovídající denní pracovní době (8 hod/den). Pro obyvatele je doba expozice uvažována ve výši 16,43 hod/den a frekvence expozice ve výši až 350 dní/rok.

Délka trvání expozice

Expozice dělníků při terénních pracích je uvažována jako nárazová činnost a z tohoto důvodu je její délka odhadnuta na jeden rok. Pro budoucí obyvatele trvale žijící v blízkém okolí je délka trvání expozice odhadnuta na max. 30 let.

Koncentrace kontaminovaného vzduchu

Intenzivní transport kontaminovaného vzduchu ze saturované zóny do ovzduší a jeho inhalaci ve vyšších koncentracích je třeba uvažovat:

- v případě zemních prací a souvisejících činností v saturované zóně,
- výpar z hladiny podzemní vody

Množství uvolněného kontaminovaného vzduchu do ovzduší bude v průběhu zemních prací značně proměnlivé, a to v závislosti na stupni rozpracovanosti prací, použité techniky a ve vazbě na mnoho dalších činitelů. Míra kontaminovaného vzduchu v ovzduší bude tedy velmi variabilní, v závislosti na řadě faktorů, jako je rozsah výkopu, manipulace se, proměnné klimatické podmínky (teplota, dešťové srážky, síla a směr větru atd.).

Koncentrace ve vzduchu byla určena následujícím vztahem:

$$CA = \frac{CW \times H_{inv}}{R \times T}$$

kde CA je koncentrace kontaminantu ve vzduchu nad hladinou podzemní vody, CW je koncentrace kontaminantu ve vodě, H_{inv} je inverzní Henryho konstanta, R je molární plynová konstanta a T je teplota v K.

Expoziční koncentrace škodlivin v inhalovaném vzduchu (CA) nad hladinou podzemní vody jsou vypočteny pomocí výše uvedeného vztahu, uvažováno je ředění vzduchu z důvodu jeho předpokládané cirkulace a tím ředění kontaminantů v pracovním prostředí ve výši 1/100.

V následující tabulce jsou shrnuty koncentrace prioritních kontaminantů ve vzduchu.

Náhodná ingesce podzemní vody

Náhodná ingesce představuje vniknutí vody a par do organismu orální cestou.

Pro odhad množství požití vody dospělými neexistují dostatečná věrohodná data ani v ČR ani ve světě. Současná metodika U.S. EPA doporučuje pro výpočet rizik za množství náhodně požití vody dospělým jedincem použít hodnotu 0,2 l/hod pro dělníky a hodnotu 0,05l/hod pro obyvatele. Skutečné množství požití vody je případ od případu různé (odvislé od jedince, vnějších faktorů).

Exponovaná plocha těla

Pokud se týká dermálního kontaktu dělníků s podzemní vodou při terénních pracích prováděných v zájmovém areálu, je primárně vycházeno z předpokladu používání základních osobních ochranných pracovních prostředků pracovníků (ochranný oděv, ochranná pokrývka hlavy, ochranná obuv). Z tohoto důvodu je jak pro účely hodnocení MLE, tak RME expozice zvolena menší velikost exponované části těla (obličej, ruce, předloktí), než jakou doporučuje MP MŽP 3/2012.

V případě obyvatel je exponovaná část mnohem větší, než u dělníků. Předpokládá se minimální zakrytí povrchu těla při kontaktu s vodou – koupání, sprchování.

Ostatní expoziční parametry použité pro výpočet rizik jsou přebrány z doporučení uvedených v Metodickém pokynu MŽPČR 3/2011.

4.2 Hodnocení zdravotních rizik

4.2.1 Hodnocení expozice

Jak je uvedeno výše, je nutné zdravotní rizika pramenící z účinků prioritních škodlivin zájmové lokality hodnotit pro cestu inhalace kontaminovaného vzduchu a par, náhodné ingesce kontaminované vody a dermální kontakt s kontaminovanou vodou, při vykonávání činností svázaných se zemními pracemi.

Charakteristika jednotlivých expozičních faktorů vstupujících do výpočtu rizik je pro zvolený scénář uvedena v kapitole č. 4, v níž je současně uveden soubor dat, použitých pro výpočet expozičních koncentrací včetně konkrétních hodnot těchto vstupních expozičních koncentrací. Kvantifikace expozic pramenících z toxických a karcinogenních účinků kontaminantů pro jednotlivé expoziční cesty je počítána na základě následujících vztahů:

Dermální kontakt s kontaminovanou podzemní vodou

$$\text{ADD/LADD} = \frac{\text{CW} \times \text{SA} \times K_p \times \text{EF} \times \text{ED} \times \text{ET} \times \text{CF}}{\text{BW} \times \text{AT}}$$

kde:

ADD/LADD... průměrná denní/celoživotní denní absorbovaná dávka (mg/kg/den)	
CW	..... koncentrace kontaminantu v podzemní vodě (mg/l)
CF	..... převodní faktor 10^{-3} l/cm ³
ET	..... doba expozice (hodiny/den)
SA	..... plocha exponovaného úseku kůže (cm ²)
K _p	..... koeficient propustnosti chemické látky, která může být z vody absorbovaná

		kůží (cm/hod)
EF	.....	frekvence expozice (dny/rok) - frekvence expozice uvádí počet dnů v roce, po které probíhá expozice
ED	.....	trvání expozice (roky)
BW	.....	váha těla (kg)
AT	.....	průměrované období (dny) - časový úsek, pro který je počítána průměrná expozice. Pro nekarcinogeny platí vztah $AT = ED \times 365$ dní/rok, pro karcinogeny 70 let $\times 365$ dní/rok.

Náhodná ingesce kontaminované vody

$$CDI = \frac{CW \times CR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

kde:

ADD/LADD...	průměrná denní/celoživotní denní absorbovaná dávka (mg/kg/den)
CW	..... koncentrace kontaminantu v podzemní vodě (mg/l)
CR	..... množství požití vody (l/hod)
ET	..... doba expozice (hodiny/den)
EF	..... frekvence expozice (dny/rok) - frekvence expozice uvádí počet dnů v roce, po které probíhá expozice
ED	..... trvání expozice (roky)
BW	..... váha těla (kg)
AT	..... průměrované období (dny) - časový úsek, pro který je počítána průměrná expozice. Pro nekarcinogeny platí vztah $AT = ED \times 365$ dní/rok, pro karcinogeny 70 let $\times 365$ dní/rok.

Inhalace kontaminovaného vzduchu, par těkavých org. látek při kontaktu s kontaminovanou vodou

$$CDI = \frac{CA \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

kde:

CDI	.....	chronický denní příjem (mg/kg/den)
CA	.....	koncentrace kontaminantu ve vzduchu (mg/m ³)
IR	.....	inhalované množství (m ³ .hod ⁻¹)
ET	.....	doba expozice vyjadřuje počet hodin za den, po které je jedinec expozici vystaven (h/den)
EF	.....	frekvence expozice (dny/rok)
ED	.....	trvání expozice (roky)
BW	.....	váha těla (kg)
AT	.....	doba průměrování (hod) - časový úsek, pro který je počítána průměrná expozice. Pro nekarcinogeny platí vztah $AT = ED \times 365$



Tabulka 30: Expoziční scénář č. 1: Dělníci pracující v nesaturované zóně horninového prostředí

Dermální kontakt se zeminou (mg/kg/den)

Kontaminant	CS (mg/kg)		CF (kg/mg)	SA (cm ²)		AF (mg/cm ²)		ABSD (-)		EF (day/week)		ED (roky)		BW (kg)		AT (day)		Dermální kontakt se zeminou (mg/kg/den)					
	MLE	RME		MLE	RME	MLE	RME	MLE	RME	MLE	RME	MLE	RME	MLE	RME	ADD-N-MLE	ADD-R-MLE	LADD-N-MLE	LADD-R-MLE	ADD-N-MLE	ADD-R-MLE	EQ-N-MLE	EQ-R-MLE
benz(a)pyren	2,61	5,58	1,00E-06	3300	3300	0,1	0,1	0,01	0,1	20	30	1	1	70	365	365	365	1,0E-10	3,1E-10	7,2E-06	2,3E-09	7,6E-10	2,3E-09
C10-C40	1286,60	7560,00	1,00E-05	3300	3300	0,1	0,1	0,01	0,1	20	30	1	1	70	365	365	365	4,2E-07	3,9E-04	2,9E-03	1,5E-09	8,9E-09	8,9E-09

Intalace prachových částic (mg/kg/den)

	CS (mg/kg)		IR (m ³ /hod)	PM10 (mg/m ³)		CF (kg/mg)		ET (hod/den)		EF (day/rok)		ED (roky)		BW (kg)		AT (day)		Intalace tabulek částic (mg/kg/den)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	MLE	RME		MLE	RME	MLE	RME	MLE	RME	MLE	RME	MLE	RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE

Inhalace zemliny (mg/kg/den)

Kontaminant	CS (mg/kg)		IR (mg/den)	CF (kg/mg)	EF (den/rok)		ED (roky)		BW (kg)	FI (-)	AT (den)		Inhalace zeminy kácce (mg/kg/den)									
	MLE	RME			MLE	RME	MLE	RME			CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	EQ-MLE	EQ-RME
benz(a)pyren	2,81	5,58	50	1,00E-06	20	30	1	1	70	1	365	25550	1,1E-07	3,3E-07	1,6E-09	4,7E-09	3,7E-04	1,1E-03	1,1E-08	3,4E-08		
C10-C40	1286,60	7560,00	50	1,00E-06	20	30	1	1	70	1	365	25550	5,0E-06	4,4E-04	7,2E-07	6,3E-06	5,0E-03	4,4E-02	0,0E+00	3,4E-08		

Tabulka 31: Expoziční scénář č. 2: Dělníci pracující v saturované zóně horninového prostředí

Dermální kontakt s podzemní vodou (mg/kg/den)

Kontaminant	CW (mg/l)		SA (cm ²)		Kp (cm/hod)		ET (hod/den)		EF (dny/rok)		ED (roky)		CF	BW (kg)	AT (dny)		Dermální kontakt s vodou (mg/kg/den)									
	MLE	RME	MLE	RME	MLE	RME	MLE	RME	MLE	RME	MLE	RME			ADD-N-MLE	ADD-R-MLE	LADD-N-MLE	LADD-R-MLE	ADD-N-MLE	ADD-R-MLE	ADD-N-MLE	ADD-R-MLE	EQ-N-MLE	EQ-R-MLE		
benz(a)anthracen	1,4E-03	1,5E-03	1000	1000	5,2E-01	4	8	20	30	1	1	1	1,0E-03	70	3,7E+02	3,7E+02	2,6E+04	2,6E+04	2,3E+08	3,3E+08	1,0E+07	-	2,4E+08	7,7E+08		
benz(a)pyren	4,4E-04	3,6E-04	1000	1000	7,1E-01	4	8	20	30	1	1	1	1,0E-03	70	3,7E+02	3,7E+02	2,6E+04	2,6E+04	3,4E+08	3,4E+08	7,9E+03	7,9E+03	1,0E+07	2,5E+07		
C10-C40	1,8E-01	9,9E-01	1000	1000	1,7E+00	4	8	20	30	1	1	1	1,0E-03	70	3,7E+02	3,7E+02	2,6E+04	2,6E+04	9,4E+02	1,6E+03	1,6E+02	2,3E+02	3,9E+04	3,9E+04		
																			9,4E+02	1,6E+03	1,6E+02	2,3E+02	2,1E+05	2,1E+05		
																			SUM	9,4E+02	1,6E+02	2,1E+05	3,9E+04	3,9E+04		

Intalace par při kontaktu s podzemní vodou (mg/m³/den)

Kontaminant	CW (mg/l)		CA (mg/m ³) 1/100	IR (m/hod)	ET (hod/den)		EF (dny/trok)		ED (roky)		BW (kg)	AT (dny)	Intalace par při kontaktu s vodou (mg/m ³ /den)									
	MLE	RME			MLE	RME	MLE	RME	MLE	RME			CDN-MILE	CDN-RME	CDN-MILE	CDN-RME	CDN-MILE	CDN-RME	CDN-MILE	CDN-RME	EQ-MILE	EQ-RME	EQ-MILE	EQ-RME
Kontaminant																						
benzo(a)anthracen	1,4E-03	1,5E-03	3,19E-06	0,6	4	8	20	30	1	1	70	365	26550	26550	1,9E+08	6,6E+11	2,7E+10	-	-	3,3E+11	1,0E+10	
benzo(a)pyren	4,4E-04	3,6E-04	9,89E-07	0,8	4	8	20	30	1	1	70	365	26550	26550	1,9E+09	4,9E+09	2,7E+11	9,3E+04	2,2E+03	1,0E+10	2,5E+10	
C10-C40	1,9E-01	9,9E-01	3,99E-02	2,23E-01	0,6	4	8	20	30	1	1	70	365	26550	26550	7,5E+05	1,9E+03	1,1E+06	2,7E+03	4,8E+02	1,7E+08	2,9E+07
					</																	

Inhalace podzemní vody (mg/l/den)

Kontaminant	CW (mg/l)		CR (l/hod)	ET (hod/den)		EF (den/rok)		ED (roky)		BW (kg)	AT (day)		Inhalace podz. vody (mg/l/den)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	MLE	RME		MLE	RME	MLE	RME	MLE	RME		CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	CDN-MLE	CDN-RME	EQ-MLE	EQ-RME	ELCR-MLE	ELCR-RME																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
benz(a)pyren	1,41E-03	1,50E-03	0,2	4	8	20	30	1	1	70	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550	365	25550





Tabulka 32: Expoziční scénář č. 3: Obyvatelé v kontaktu s kontaminovanou zemínou

Dermální kontakt se zemínou (mg/kg/den)

Kontaminant	CS (mg/kg)		CF	SA (cm ²)		AF (mg/cm ²)	ARSD		EF (day/rok)	ED (roky)	BW (kg)	AT (dny)		Dermální kontakt se zemínou (mg/kg/den)					
	MLE	RME		MLE	RME		MLE	RME		MLE	RME	ADDn-MLE	ADDn-RME	ADDn-MLE	ADDn-RME	LADD-MLE	LADD-RME	HQ-MLE	HQ-RME
benzo(a)pyren	2,81	5,58	1,00E-06	5700	5700	0,04	0,01	0,04	274	274	70	7300	10950	6,9E-08	1,4E-07	2,0E-08	5,8E-08	1,4E-07	4,3E-07
Ch-C18	1286,60	7560,00	1,00E-06	5700	5700	0,04	0,01	0,04	274	274	70	7300	10950	3,1E-05	1,8E-04	9,0E-06	7,9E-05	1,8E-02	1,3E-06
SUMA																		3,4E-03	2,9E-07

Inhalace prachových částic (mg/kg/den)

Kontaminant	CS (mg/kg)		IR (m ³ /hod)	PM10 (mg/m ³)		CF	ET (hod/den)		EF (day/rok)	ED (roky)	BW (kg)	AT (dny)		Inhalace prachových částic (mg/kg/den)					
	MLE	RME		MLE	RME		MLE	RME		MLE	RME	CDIn-MLE	CDIn-RME	CDIn-MLE	CDIn-RME	CDIn-MLE	CDIn-RME	HQ-MLE	HQ-RME
benzo(a)pyren	2,81	5,58	0,6	5	30	1,00E-06	16,43	16,43	335	335	70	7300	10950	2,5550	2,5550	1,416E-06	3,188E-07	3,200E-06	9,0E-01
Ch-C10	1286,60	7560,00	0,6	5	30	1,00E-06	16,43	16,43	335	335	70	7300	10950	2,5550	2,5550	0,00083349	0,01020911	0,00023757	5,65E-01
SUMA																		4,15E-01	5,9E-05

Inhalace zeminy (mg/kg/den)

Kontaminant	CS (mg/kg)		CF	EF (day/rok)		ED (roky)	BW (kg)		FI (l)	AT (dny)		Inhalace zeminy (mg/kg/den)					
	MLE	RME		MLE	RME		MLE	RME		CDIn-MLE	CDIn-RME	CDIn-MLE	CDIn-RME	CDIn-MLE	CDIn-RME	CDIn-MLE	CDIn-RME
benzo(a)pyren	2,81	5,58	100	274	274	1	70	70	1	10950	10950	2,4E-06	6,0E-06	1,0E-06	2,6E-06	8,0E-03	2,0E-02
Ch-C10	1286,60	7560,00	100	274	274	1	70	70	1	10950	10950	1,1E-03	8,1E-03	4,7E-04	3,9E-03	1,1E-01	8,1E-01
SUMA																	

Tabulka 33: Expoziční scénář č. 4: Obyvatelé v kontaktu s kontaminovanou podzemní vodou

Dermální kontakt s podzemní vodou (mg/kg/den)

Kontaminant	CW (mg/l)		SA (cm ²)	Kp (cm/hod)	ET (hod/den)		EF (day/rok)		ED (roky)	CF	BW (kg)	AT (dny)		Dermální kontakt s vodou (mg/kg/den)					
	MLE	RME			MLE	RME	MLE	RME				ADDn-MLE	ADDn-RME	LADD-MLE	LADD-RME	HQ-MLE	HQ-RME	ELCR-MLE	ELCR-RME
benzo(a)pyren	1,43E-03	1,50E-03	18000	0,52	0,25	0,58	335	335	20	30	70	7300	10950	4,4E-05	1,2E-05	4,8E-05	-	9,1E-05	3,5E-05
benzo(a)pyren	4,40E-04	3,55E-04	18000	0,713	0,25	0,58	335	335	20	30	70	7300	10950	1,9E-05	5,3E-06	1,6E-05	6,2E-02	1,7E-01	3,9E-05
Ch-C10	1,77E-01	9,92E-01	18000	1,7	0,25	0,58	335	335	20	30	70	7300	10950	1,8E-04	2,4E-01	5,1E-01	1,0E-03	2,4E-03	1,6E-01
SUMA																			

Inhalace par při kontaktu s podzemní vodou (mg/kg/den)

Kontaminant	CW (mg/l)		CA (mg/m ³)	IR (m ³ /den)	ET (hod/den)		EF (dny/rok)		ED (roky)	BW (kg)	AT (dny)		Inhalace par při kontaktu s vodou (mg/m ³ /den)							
	MLE	RME			MLE	RME	MLE	RME			CD _{in} -MLE	CD _{in} -RME	CD _{in} -MLE	CD _{in} -RME	CD _{in} -MLE	CD _{in} -RME	HQ-MLE	HQ-RME	ELCR-MLE	ELCR-RME
benzo(a)anthracen	1,4E-03	1,5E-03	3,38E-06	0,6	0,25	0,58	335	335	20	30	70	7300	10950	6,3E-09	1,6E-08	6,9E-09	-	6,9E-10	2,7E-09	2,7E-09
benzo(a)pyren	4,4E-04	3,6E-04	9,88E-07	0,6	0,25	0,58	335	335	20	30	70	7300	10950	1,9E-09	5,0E-10	1,6E-09	9,7E-04	1,9E-03	2,1E-09	6,3E-09
C10-C40	1,8E-01	9,9E-01	3,98E-02	0,6	0,25	0,58	335	335	20	30	70	7300	10950	7,8E-05	1,1E-03	2,2E-05	4,6E-04	3,5E-02	3,5E-07	7,3E-06
SUMA																				

Inhalace podz. vody (mg/kg/den)

Kontaminant	CW (mg/l)		CR (l/hod)	ET (hod/den)		EF (day/rok)		ED (roky)	BW (kg)	AT (dny)		Inhalace podz. vody (mg/(kg*den))								
	MLE	RME		MLE	RME	MLE	RME			CDIn-MLE	CDIn-RME	CDIn-MLE	CDIn-RME	CDIn-MLE	CDIn-RME	HQ-MLE	HQ-RME	ELCR-MLE	ELCR-RME	
benzo(a)pyren	1,43E-03	1,50E-03	0,05	0,25	0,58	335	350	20	30	70	7300	10950	2,9E-07	6,0E-07	2,6E-07	-	4,9E-08	1,9E-07	4,9E-08	
benzo(a)pyren	4,40E-04	3,55E-04	0,05	0,25	0,58	335	350	20	30	70	7300	10950	7,2E-08	1,4E-07	2,1E-08	6,0E-08	2,4E-04	4,7E-04	1,5E-07	
C10-C40	1,77E+01	9,92E+01	0,05	0,25	0,58	335	350	20	30	70	7300	10950	2,9E-03	3,9E-02	8,3E-04	1,7E-02	2,9E-01	3,9E+00	0,0E+00	
																	SUMA	3,9E+01	2,0E+07	6,3E+07

4.2.2 Odhad zdravotních rizik

Charakterizace rizika vyplývajícího pro lidské zdraví z nekarzinogenních účinků kontaminantů je provedena porovnáním vypočtených úrovní dávky (ADDn-RME, CDIn-RME, ECn-RME) jednotlivými expozičními cestami s referenčními dávkami uvedenými v tabulkách č. 29 až 32.

Odhad zdravotních nekarzinogenních rizik je vyjadřován pomocí tzv. indexu nebezpečnosti (HQ) - viz rovnice níže, který na základě poměru vypočtené úrovně denní dávky a referenční dávky kvantifikuje relativní riziko ovlivnění zdraví osob nekarzinogenními účinky kontaminantů, kterými jsou osoby exponovány. Celkové riziko nekarzinogenních účinků je vyjádřeno jako součet vypočtených indexů nebezpečnosti pro jednotlivé kontaminanty a expoziční cesty. Indexy nebezpečnosti rovné nebo nižší než 1 jsou považovány za akceptovatelné a naznačují, že hodnocené expoziční scénáře nepředstavují nebezpečí pro lidské zdraví. Reálné riziko nekarzinogenního účinku vystává tehdy, když index nebezpečnosti je větší než 1. Index nebezpečnosti větší než 4 je hodnocen jako havarijní situace, která si vynucuje zahájení sanačních prací v co nejkratší době.

$$HQ = EC/RfD$$

kde:

HQ	..... index nebezpečnosti (bezrozměrný)
RfD	..... referenční dávka (mg/kg/den) viz tab. č. 25
EC	..... denní absorbovaná dávka ADDn resp. chronický denní příjem

Pro inhalační expozici platí:

$$HQ = EC/RfC$$

kde:

HQ	..... index nebezpečnosti (bezrozměrný)
RfC	..... referenční koncentrace (mg/m ³) viz tab. č. 25
EC	..... průměrná expoziční koncentrace při delší – subchronické či chronické expozici (mg/m ³)

Při současném působení více expozičních cest je nutné uvažovat sumární index nebezpečnosti; celkové riziko nekarzinogenních účinků je pro souhrn jednotlivých expozic vyjádřeno vztahem:

$$HQ = \sum HQ_i$$

Potenciální nadměrné celoživotní karcinogenní riziko je vyjádřeno jako součin vypočtených úrovní dávky (LADDc- RME, ECC-RME, CDic- RME = celoživotní denní absorbovaná dávka resp. chronický denní příjem) s faktorem směrnice pro příslušnou expoziční cestu a kontaminant karcinogenního rizika viz tabulky č. 29 až 32. Za socioekonomicky přijatelnou míru rizik je uvažován vzestup pravděpodobnosti počtu nádorového onemocnění u jednotlivců (do 10 osob) nad 10⁻⁴ a při hodnocení lokálních vlivů (řádově mezi 10 - 100 ohroženými osobami) nad 10⁻⁵.

$$\text{ELCR} = \text{CDIc} \times \text{CSF} \text{ resp. } \text{LADDc} \times \text{CSF} \text{ resp. } \text{ECc-RME} \times \text{CSF}$$

kde:

ELCR	.....	celoživotní karcinogenní riziko (bezrozměrný ukazatel odpovídající pravděpodobnosti vzniku rakoviny při celoživotní expozici)
CDI	.....	celoživotní denní absorbovaná dávka, resp. chronický denní příjem vztahený na celoživotní expozici v délce 70 let (mg/kg/den)
CSF	.....	faktor směrnice (mg/kg/den) ⁻¹ viz tab. 25

Pro inhalační expozici platí:

$$\text{ELCR} = \text{EC} \times \text{IUR}$$

kde:

ELCR	.....	celoživotní karcinogenní riziko (bezrozměrný ukazatel odpovídající pravděpodobnosti vzniku rakoviny při celoživotní expozici)
EC	.....	průměrná expoziční koncentrace (mg/m ³)
IUR	.....	riziko inhalační jednotky (mg/m ³) ⁻¹ viz tab. č. 25

Výsledné odhady rizik vyjádřených pomocí indexů nebezpečnosti a pravděpodobnosti vzniku rakoviny při celoživotní expozici jsou pro zvolené hodnocené zdravotní scénáře (expoziční scénář č. 1 až 4) a exponované osoby kvantifikovány tabelární formou v tabulce č. 33.

Sumarizace rizik

Charakterizace rizika vyplývajícího pro lidské zdraví z nekarinogenních účinků kontaminantů je provedena porovnáním vypočtených úrovní dávky (CDIn-MLE, CDIn-RME) jednotlivými expozičními cestami s maximálními referenčními dávkami. Kvantifikace rizika vyplývajícího z karcinogenních účinků kontaminantů je odhadnuta pomocí porovnání vypočtených rizik (CDIc-MLE, CDIc-RME) s udávanými maximálními přijatelnými riziky.

Nekarcinogenní rizika jsou udávána pomocí kvocientu nebezpečnosti (HQ), který na základě poměru vypočtené úrovně denní dávky a maximální referenční dávky kvantifikuje relativní riziko ovlivnění zdraví osob nekarinogenními účinky kontaminantů, kterými jsou osoby exponovány. Celkové riziko nekarinogenních účinků je vyjádřeno jako součet vypočtených kvocientů nebezpečnosti pro jednotlivé kontaminanty a expoziční cesty. Kvocienty nebezpečnosti rovné nebo nižší než 1 jsou považovány za akceptovatelné a naznačují, že hodnocené expoziční scénáře nepředstavují nebezpečí pro lidské zdraví. Celkové nekarinogenní riziko je považováno za konzervativní orientační hodnotu, protože předpokládá aditivní toxické účinky všech kontaminantů. Reálné riziko nekarinogenního účinku vystává tehdy, když kvocient nebezpečnosti je větší než 1. Index nebezpečnosti větší než 4 je hodnocen jako havarijní situace, která si vynucuje zahájení sanačních prací v co nejkratší době.

Potenciální karcinogenní rizika jsou vyjádřena jako součin vypočtené expozice s faktorem směrnice pro příslušnou expoziční cestu a kontaminant. Ve světě je v řadě zemí za socio-ekonomicky přijatelný uvažován vzestup pravděpodobnosti počtu nádorového onemocnění v populaci nad všeobecný průměr 10^{-6} , u jednotlivců (do 10 osob) 10^{-4} a při hodnocení lokálních vlivů 10^{-5} (pro 10 – 100 osob).

Obecně lze tedy na základě výše uvedených skutečností a výsledků kvantifikace zdravotních rizik pro případ zájmového území konstatovat, že pokud kvocient nebezpečnosti HQ je nižší nebo roven 1 a současně vzestup pravděpodobnosti počtu nádorových onemocnění je nižší než 10^{-4} (scénáře č. 1 a 2) 10^{-5} (scénáře č. 3 a 4) není nutné přijímat žádná opatření ke snížení zdravotních rizik.

Tabulka 34: Sumarizace celkových rizik pro expoziční scénáře č. 1 až 4

	Shrnutí rizika			
	HQ-MLE	HQ-RME	ELCR-MLE	ELCR-RME
Expoziční scénář č. 1	2,18E-01	2,23E+00	7,80E-08	1,48E-06
Expoziční scénář č. 2	1,06E+01	1,77E+02	2,17E-05	3,58E-04
Expoziční scénář č. 3	1,06E+00	4,98E+00	1,36E-05	1,02E-04
Expoziční scénář č. 4	1,78E+02	2,42E+03	8,06E-03	1,63E-01

Na základě výše uvedených tabulek, resp. souhrnných hodnot koeficientů nebezpečnosti a pravděpodobnosti vzestupu vzniku rakoviny při celoživotní expozici, je možné konstatovat níže uvedené závěry týkající se zdravotních rizik pramenících ze zbytkové kontaminace zájmové lokality prioritními škodlivinami.

Expoziční scénář (1): Stavební dělníci realizující zemní práce v nesaturované zóně horninového prostředí

Expoziční scénář se zabývá hodnocením zdravotních rizik svázaných s expozicí osob kontaminanty nesaturované zóny horninového prostředí v průběhu výkopových prací nad úrovní hladiny podzemní vody. Tento scénář je zejména relevantní pro pracovníky, kteří by v daném území prováděli výkopové práce za účelem rekonstrukce, popř. výstavby nových objektů a jejich technologických přípojek.

Expozice pracovníků (do 10 osob) zahrnutých do tohoto expozičního scénáře byla hodnocena pro cestu dermálního kontaktu s kontaminovanou zemínou, ingesce kontaminované zeminy a inhalaci kontaminovaného vzduchu.

S ohledem na velikost území a rozsah prováděných nebo plánovaných investičních aktivit je uvažována jednorázová expozice v délce trvání jednoho roku. S ohledem k tomuto předpokladu byla zvolena frekvence expozice 20 dnů v roce po při uvažování průměrné expozice a frekvence expozice 30 dnů v roce po při uvažování maximální expozice.

Rizika byla počítána pro prioritní škodliviny identifikovanými v zemině, tj. benzo(a)pyren a C₁₀-C₄₀, a to jak pro jejich průměrné koncentrace nacházející se v intervalu spolehlivosti 95 % (případ MLE expozice), tak jejich maximálně analyzované koncentrace (případ RME expozice).

Na základě porovnání výsledků provedené kvantifikace expozic jednotlivými expozičními cestami s akceptovatelnými hladinami rizik plynoucích z toxických a karcinogenních účinků prioritních škodlivin byla pro cestu inhalace kontaminovaných prachových částic zjištěna nepřijatelná zdravotní rizika. Vypočtené riziko této expoziční cesty se pohybuje nad akceptovatelnou mírou toxických rizik, tj. index nebezpečnosti EHQ překračuje úroveň 1. Pravděpodobnost vzniku rakoviny ELCR nepřesahuje akceptovatelnou úroveň 10^{-4} .

Celkový kontakt pracovníků provádějících výkopové práce v nesaturované zóně horninového prostředí s jejími prioritními kontaminanty, byl shledán rizikový ($\Sigma HQ > 1$, $\Sigma ELCR < 10^{-4}$).

Na základě výsledků hodnocení rizik plynoucích z expozičního scénáře č. 1 je možné konstatovat, že pro skupinu pracovníků provádějící výkopové práce zasahující nad hladinu podzemní vody byla prokazatelně zjištěna nepřijatelná zdravotní rizika.

Expoziční scénář (2): Stavební dělníci realizující zemní práce v saturované zóně horninového prostředí

Expoziční scénář se zabývá hodnocením zdravotních rizik svázaných s expozicí osob kontaminanty saturované zóny horninového prostředí v průběhu výkopových prací pod hladinou podzemní vody, kteří by v daném území prováděli výkopové práce za účelem rekonstrukce, popř. výstavby nových objektů a jejich technologických přípojek.

Expozice pracovníků (do 10 osob) zahrnutých do tohoto expozičního scénáře byla hodnocena pro cestu dermálního kontaktu s kontaminovanou vodou, ingesce kontaminované vody a inhalaci kontaminovaných par. S ohledem na velikost území a rozsah prováděných nebo plánovaných investičních aktivit je uvažována jednorázová expozice v délce trvání jednoho roku. S ohledem k tomuto předpokladu byla zvolena frekvence expozice 20 dnů v roce po při uvažování průměrné expozice a frekvence expozice 30 dnů v roce po při uvažování maximální expozice.

Rizika byla počítána pro prioritní škodliviny identifikovanými v podzemní vodě, tj. benzo(a)pyren, benzo(a)anthracen a $C_{10}-C_{40}$, a to jak pro jejich průměrné koncentrace nacházející se v intervalu spolehlivosti 95 % (případ MLE expozice), tak jejich maximálně analyzované koncentrace (případ RME expozice).

Na základě porovnání výsledků provedené kvantifikace expozic jednotlivými expozičními cestami s akceptovatelnými hladinami rizik plynoucích z toxických a karcinogenních účinků prioritních škodlivin byla pro cestu náhodné ingesce kontaminované podzemní vody a cestu dermálního kontaktu s kontaminovanou podzemní vodou zjištěna nepřijatelná zdravotní rizika. Vypočtené riziko těchto expozičních cest se v součtu pohybuje nad akceptovatelnou mírou karcinogenních rizik, tak rizik toxických, tj. index nebezpečnosti EHQ překračuje úroveň 1 a pravděpodobnost vzniku rakoviny ELCR přesahuje akceptovatelnou úroveň 10^{-4} .

Celkový kontakt pracovníků provádějících výkopové práce v saturované zóně horninového prostředí s jejími prioritními kontaminanty, byl z pohledu jejich karcinogenních účinků shledán rizikový ($\Sigma HQ > 1$, $\Sigma ELCR > 10^{-4}$).

Na základě výsledků hodnocení rizik plynoucích z expozičního scénáře č. 2 je možné konstatovat, že pro skupinu pracovníků provádějící výkopové práce zasahující pod hladinu podzemní vody byla prokazatelně zjištěna nepřijatelná zdravotní rizika.

Expoziční scénář (3): Obyvatelé v kontaktu s kontaminovanou zemínou

Expoziční scénář se zabývá hodnocením zdravotních rizik svázaných s expozicí obyvatel kontaminanty nesaturované zóny horninového prostředí. Tento scénář je relevantní pro potenciální budoucí obyvatele (počet 10 - 100), tedy pro případ, že bude zájmový areál užíván ve smyslu připravované změny ÚP.

Expozice obyvatel zahrnutých do tohoto expozičního scénáře byla hodnocena pro cestu dermálního kontaktu s kontaminovanou zemínou, ingesce kontaminované zeminy a inhalaci kontaminovaného vzduchu.

S ohledem na velikost území a rozsah prováděných nebo plánovaných investičních aktivit je uvažována dlouhodobé expozice v délce trvání 30 let. S ohledem k tomuto předpokladu byla zvolena frekvence expozice 335 dnů v roce po při uvažování průměrné expozice a frekvence expozice 350 dnů v roce po při uvažování maximální expozice.

Rizika byla počítána pro prioritní škodliviny identifikovanými v zemině, tj. benzo(a)pyren a $C_{10}-C_{40}$, a to jak pro jejich průměrné koncentrace nacházející se v intervalu spolehlivosti 95 % (případ MLE expozice), tak jejich maximálně analyzované koncentrace (případ RME expozice).

Na základě porovnání výsledků provedené kvantifikace expozic jednotlivými expozičními cestami s akceptovatelnými hladinami rizik plynoucích z toxických a karcinogenních účinků prioritních škodlivin byla pro cestu inhalace kontaminovaných prachových částic a cestu ingesce kontaminované zeminy zjištěna nepřijatelná zdravotní rizika. Vypočtené riziko těchto expozičních cest se v součtu pohybuje nad akceptovatelnou mírou karcinogenních rizik, tak rizik toxických, tj. index nebezpečnosti EHQ překračuje úroveň 1 a pravděpodobnost vzniku rakoviny ELCR přesahuje akceptovatelnou úroveň 10^{-5} .

Celkový kontakt obyvatel s kontaminanty nesaturované zóny, byl z pohledu jejich karcinogenních účinků shledán rizikový ($\Sigma HQ > 1$, $\Sigma ELCR > 10^{-5}$).

Na základě výsledků hodnocení rizik plynoucích z expozičního scénáře č. 3 je možné konstatovat, že pro obyvatele byla prokazatelně zjištěna nepřijatelná zdravotní rizika.

Expoziční scénář (4): Obyvatelé v kontaktu s kontaminovanou podzemní vodou

Expoziční scénář se zabývá hodnocením zdravotních rizik svázaných s expozicí obyvatel kontaminanty saturované zóny horninového prostředí. Tento scénář je relevantní pro potenciální budoucí obyvatele (počet 10 - 100), tedy pro případ, že bude zájmový areál užíván ve smyslu připravované změny ÚP.

Expozice obyvatel zahrnutých do tohoto expozičního scénáře byla hodnocena pro cestu dermálního kontaktu s kontaminovanou vodou, ingesce kontaminované vody a inhalaci kontaminovaných par.

S ohledem na velikost území a rozsah prováděných nebo plánovaných investičních aktivit je uvažována dlouhodobé expozice v délce trvání 30 let. S ohledem k tomuto předpokladu byla zvolena frekvence expozice 335 dnů v roce po při uvažování průměrné expozice a frekvence expozice 350 dnů v roce po při uvažování maximální expozice.

Rizika byla počítána pro prioritní škodliviny identifikovanými v zemině, tj. benzo(a)anthracen, benzo(a)pyren a C₁₀-C₄₀, a to jak pro jejich průměrné koncentrace nacházející se v intervalu spolehlivosti 95 % (případ MLE expozice), tak jejich maximálně analyzované koncentrace (případ RME expozice).

Na základě porovnání výsledků provedené kvantifikace expozic jednotlivými expozičními cestami s akceptovatelnými hladinami rizik plynoucích z toxických a karcinogenních účinků prioritních škodlivin byla pro cestu náhodné ingesce kontaminované podzemní vody a cestu dermálního kontaktu s kontaminovanou podzemní vodou zjištěna nepřijatelná zdravotní rizika. Vypočtené riziko těchto expozičních cest se v součtu pohybuje nad akceptovatelnou mírou karcinogenních rizik, tak rizik toxických, tj. index nebezpečnosti EHQ překračuje úroveň 1 a pravděpodobnost vzniku rakoviny ELCR přesahuje akceptovatelnou úroveň 10⁻⁵.

Celkový kontakt obyvatel s kontaminanty saturované zóny, byl z pohledu jejich karcinogenních účinků shledán rizikový ($\Sigma HQ > 1$, $\Sigma ELCR > 10^{-5}$).

Na základě výsledků hodnocení rizik plynoucích z expozičního scénáře č. 4 je možné konstatovat, že pro obyvatele byla prokazatelně zjištěna nepřijatelná zdravotní rizika.

4.3 Hodnocení ekologického rizika

Prioritní škodliviny způsobující v zájmovém území kontaminaci jsou z pohledu zákona č. 254/2001 Sb. řazeny do skupiny látek závadných vodám, které mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Z pohledu charakterizace chemických látek jsou řazeny do skupiny látek, které, vyjma jiných, jsou nebezpečné pro životní prostředí.

Skutečné ekotoxické účinky nezajištěného odpadu s obsahem polyaromatických uhlovodíků a ropných látek analyticky vyjádřených jako C_{10} - C_{40} byly pro účely předkládané AR zjišťovány pomocí testů akutní toxicity vyjadřujících působení testovaného výluhu ze zemin na živé organismy. Testy ekotoxicity byly provedeny ve smyslu vyhl. č. 294/2005 Sb., úvodního testu dle metodik platných pro posuzování nebezpečných vlastností odpadů v parametru nebezpečné vlastnosti H14 Ekotoxicita. Výsledky testu akutní toxicity na vzorcích zemin odebraných ze zóny kolísání HPV ve vzorcích z vrtů HG-6 a HG-10 situovaných v prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu.

Tabulka 35: Výsledky testů akutní toxicity provedené na vzorcích z vrtů HG-6 a HG-10

Vzorek	Testovaný organismus	Účinek		Vyhodnocení dle vyhl. 294/2005 Sb. tab. 10.2
HG-6	Poecilia reticulata (živorodka duhová) - stanovení akutní toxicity	mortalita %	0	vyhovuje
	Daphnia magna (perloočky) - zkouška inhibice pohyblivosti	imobilizace %	20	vyhovuje
	Desmodesmus subspicatus (sladkovodní zelená řasa) - zkouška inhibice růstu	inhibice %	38,9	nevyhovuje
	Sinapis alba (semena hořčice alba)	inhibice %	23,2	vyhovuje
HG-10	Poecilia reticulata (živorodka duhová) - stanovení akutní toxicity	mortalita %	0	vyhovuje
	Daphnia magna (perloočky) - zkouška inhibice pohyblivosti	imobilizace %	10	vyhovuje
	Desmodesmus subspicatus (sladkovodní zelená řasa) - zkouška inhibice růstu	inhibice %	46,8	nevyhovuje
	Sinapis alba (semena hořčice alba)	inhibice %	1,3	vyhovuje

V průběhu testu akutní toxicity byly zjištěny výsledky působení výluhu ze vzorku zemin na testované organismy uvedené v tabulce výše. Z uvedených výsledků je patrné, že vzorky zemin v obou případech nevyhověly zkoušce inhibice růstu sladkovodní zelené řasy (*Desmodesmus subspicatus*) ve smyslu vyhl. č. 294/2005 Sb. tab. 10.2. Zjištěná inhibice byla v úrovni 38,9 resp. 46,8 %.

4.4 Shrnutí celkového rizika

Ve vazbě na možný kontakt osob s kontaminovanými zeminami, podzemní vodou byly zvoleny čtyři expoziční scénáře, pro které byla hodnocena zdravotní rizika vyplývající z identifikované kontaminace a jeden scénář ekologický zabývající se riziky, která by mohla plynout z identifikované kontaminace ve vztahu k odpadářské legislativě, k funkčnímu využití areálu ve smyslu UP a možnosti negativního ovlivnění vodních a na vodu vázaných ekosystémů.

Realizovaným průzkumem AR byla v prostoru bývalého areálu AVIA Kutná Hora identifikována kontaminace nesaturované i saturované zóny horninového prostředí látkami cizorodými životnímu prostředí.

Ve vazbě na možný kontakt osob s kontaminovanými zeminami, podzemní vodou byly zvoleny expoziční scénáře, pro které byla hodnocena zdravotní rizika vyplývající z identifikované kontaminace. Pro tyto účely byly stanoveny prioritní škodliviny, kterými jsou uhlovodíky $C_{10}-C_{40}$ a některé kontaminanty ze skupiny PAU, konkrétně benzo(a)pyren a benzo(a)anthracen. Rizika byla počítána pro všechny prioritní škodliviny a to jak pro jejich průměrné koncentrace nacházející se v intervalu spolehlivosti 95% či aritmetické průměry (případ MLE expozice), tak jejich maximálně analyzované koncentrace (případ RME expozice).

Z hodnocení zdravotních rizik vyplynula zdravotní rizika pro všechny uvažované scénáře:

Expoziční scénář č. 1 Stavební dělníci realizující zemní práce v nesaturované zóně horninového prostředí

Byla zjištěna nepřijatelná zdravotní rizika pro cestu inhalace kontaminovaných prachových částic. Vypočtené riziko této expoziční cesty se pohybuje nad akceptovatelnou mírou toxických rizik, tj. index nebezpečnosti EHQ překračuje úroveň 1. Pravděpodobnost vzniku rakoviny ELCR nepřesahuje akceptovatelnou úroveň 10^{-4} ($\Sigma HQ > 1$, $\Sigma ELCR < 10^{-4}$).

Expoziční scénář č. 2 Stavební dělníci realizující zemní práce v saturované zóně horninového prostředí

Byla zjištěna nepřijatelná zdravotní rizika pro cestu náhodné ingesce kontaminované podzemní vody a cestu dermálního kontaktu s kontaminovanou podzemní vodou. Vypočtené riziko těchto expozičních cest se v součtu pohybuje nad akceptovatelnou mírou karcinogenních rizik, tak rizik toxických, tj. index nebezpečnosti EHQ překračuje úroveň 1 a pravděpodobnost vzniku rakoviny ELCR přesahuje akceptovatelnou úroveň 10^{-4} ($\Sigma HQ > 1$, $\Sigma ELCR > 10^{-4}$).

Expoziční scénář č. 3 Obyvatelé v kontaktu s kontaminovanou zemínou

Byla zjištěna nepřijatelná zdravotní rizika pro cestu inhalace kontaminovaných prachových částic a cestu ingesce kontaminované zeminy.

Vypočtené riziko těchto expozičních cest se v součtu pohybuje nad akceptovatelnou mírou karcinogenních rizik, tak rizik toxických, tj. index nebezpečnosti EHQ překračuje úroveň 1 a pravděpodobnost vzniku rakoviny ELCR přesahuje akceptovatelnou úroveň 10^{-5} ($\Sigma HQ > 1$, $\Sigma ELCR > 10^{-5}$).

Expoziční scénář č. 4 Obyvatelé v kontaktu s kontaminovanou podzemní vodou

Byla zjištěna nepřijatelná zdravotní rizika pro cestu ingesce kontaminované podzemní vody a cestu dermálního kontaktu s kontaminovanou podzemní vodou. Vypočtené riziko těchto expozičních cest se v součtu pohybuje nad akceptovatelnou mírou karcinogenních rizik, tak rizik toxických, tj. index nebezpečnosti EHQ překračuje úroveň 1 a pravděpodobnost vzniku rakoviny ELCR přesahuje akceptovatelnou úroveň 10^{-5} ($\Sigma HQ > 1$, $\Sigma ELCR > 10^{-5}$).

Zjištěná zdravotní rizika lze v případě pracovníků provádějící výkopové práce eliminovat použitím patřičných ochranných pracovních pomůcek a použitím vhodné strojní mechanizace. V případě, že areál bude v budoucnu využíván ve stávajícím režimu a ve smyslu stávajícího platného ÚP nelze předpokládat provádění rozsáhlejších výkopových prací v prostoru zjištěných ohnisek kontaminace.

V případě, že bude zájmové území využíváno ve smyslu připravované změny ÚP, tj. jako plocha smíšená obytná – městská, lze realizovat taková institucionální opatření, aby potenciálním budoucí obyvatelé nemohli přijít do styku s kontaminovanými matricemi ve smyslu uvažovaných expozičních scénářů č. 3. a 4., resp. v nich uvažovaných expozičních cest.

Posouzení možných ekotoxických účinků kontaminované zeminy v zájmovém areálu a z toho plynoucích potenciálních ekologických rizik bylo provedeno pomocí testu toxicity (ve smyslu z hlediska vyhl. č. 294/2005 Sb. tab. 10.2.) provedeného na směsném vzorku materiálu ze zóny kolísání hladiny podzemní vody v prostoru bývalého šrotiště, v místech s nejsilnějším výskytem ropné kontaminace. Testovanými organismy byly sladkovodní zelená řasa, perloočky, akvarijní ryбка a semena hořčice bílé, tj. ve všech případech organismy nezbytně závislé na vodě.

Testované vzorky zemin v obou případech nevyhověly pouze v dílčím ukazateli a to ve zkoušce inhibice růstu sladkovodní zelené řasy (*Desmodesmus subspicatus*) Zjištěná inhibice byla v úrovni 38,9 resp. 46,8 %.

Ekologická rizika spojená s kontaminovanou podzemní vodou spočívají v možném negativním ovlivnění kvality vody v toku Vrchlice. Realizovanými vrtnými pracemi bylo ověřeno, že ropná kontaminace je vlivem sorpce a místních hydrogeologických podmínek vázána na známá ohniska znečištění (prostor bývalého šrotiště a podzákladí haly bývalé automatárny), je dlouhodobě ustálená, nemá tendenci migrovat a ve vrtech v krajových vrtech mimo ohniska se prakticky nevyskytuje.

Tyto skutečnosti potvrdil i sestrojený matematický model, kde bylo mj. konstatováno, že výskyt znečištění povrchové vody, které bylo v oblasti bezprostředně sousedící s areálem AVIA dokumentováno ve Vrchlici, nepochází ze zdrojů v prostoru bývalé automatárny a šrotiště.

4.5 Omezení a nejistoty

Kvantifikace zdravotních rizik je zatížena řadou nejistot. Nejvýznamnější nejistoty spojené s kvantifikací rizik jsou následující:

- Veškeré expoziční parametry použité pro kvantifikaci rizik spjatých se zvoleným expozičním scénářem (doba pobytu, koncentrace par v ovzduší, plocha exponované plochy kůže, frekvence a doba expozice podzemní vodou, koncentrace v místě expozice apod.) jsou dány odborným odhadem na základě dostupných podkladů a doporučení. Mohou se i významně lišit od skutečných hodnot těchto parametrů.
- Expoziční faktory svázané s charakteristikou exponovaných osob byly odvozeny pro „průměrného“ člověka, nereflktují individuální rozdíly jednotlivců.
- Výsledky hodnocení zdravotních rizik jsou omezeny současnou úrovní znalostí možného působení některých sledovaných faktorů na lidské zdraví, např. synergické působení směsi kontaminantů.
- Hodnocení zdravotních a ekologických rizik svázaných s kontaminací podzemní vody pro areál bylo postaveno na výsledcích jednoho kola monitoringu.

K nejistotám při kvantifikaci rizik významnou měrou přispívají i používané parametry toxicity a karcinogenity jednotlivých škodlivin (referenční dávky a směrnice karcinogenního rizika), které se v publikovaných zdrojích mohou u jednotlivých kontaminantů i výrazně lišit.

5 DOPORUČENÍ NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ

V zájmovém území realizovaný průzkum AR prokázal kontaminaci zemin a podzemní vody v bývalém areálu AVIA Kutná Hora a to dílčích ohniscích bývalé stáčíště mazutu a šrotiště a dále v podzákladí haly bývalé automatárny. Kontaminaci tvoří ropné látky a polyaromatické uhlovodíky.

Zdravotní rizika jednotlivými kontaminanty byla hodnocena pro expoziční scénáře zvolené ve vazbě na potenciálně exponované osoby a provádění činností, které jsou na lokalitě pravděpodobné. Expoziční scénáře postihly cesty inhalační, orální i dermální.

5.1 Odvození nerizikových koncentrací ze zdravotních rizik (inverzní metoda)

Pro stanovení nerizikových koncentrací bylo využito tzv. inverzní metoda z kvantifikace zdravotních rizik, tj. určení nerizikových koncentrací pro dané expoziční cesty a expoziční scénáře. Nerizikovou koncentrací se v kontextu lokality rozumí koncentrace dané látky nepřekračující hodnotu $HQ = 1$, resp. $ELCR < 1 \cdot 10^{-5}$.

Na základě výsledků průzkumných prací a provedené analýzy rizik byly za prioritní škodliviny v zeminách určeny sloučeniny ze skupiny PAU (benzo(a)pyren) a ropné uhlovodíky stanovené pomocí ukazatele $C_{10}-C_{40}$. V podzemní vodě byly určeny stejné prioritní škodliviny jako v zeminách s doplněním o benzo(a)anthracen.

V zeminách vychází zdravotně nerizikové koncentrace pro benzo(a)pyren 1,5 mg/kg a pro ropné uhlovodíky $C_{10}-C_{40}$ 3000 mg/kg. Na základě podílu benzo(a)pyrenu v PAU vychází neriziková koncentrace sumy PAU 35 mg/kg.

Zdravotně nerizikové koncentrace prioritních kontaminantů v podzemní vodě vychází pro benzo(a)anthracen 1 µg/l a pro benzo(a)pyren 0,1 µg/l.

Tabulka 36: Přehled zdravotně nerizikových koncentrací prioritních kontaminantů

Prioritní škodlivina	Zemina (mg/kg)	Podzemní voda (µg/l)
benzo(a)anthracen	-	1
benzo(a)pyren	1,5	0,1
Suma PAU*	35	-
$C_{10}-C_{40}$	3000	-

* Pozn: Suma PAU = anthracen, benzo(a)anthracen, benzo(b)fluoranthren, benzo(k)fluoranthren, benzo(ghi)perylene, benzo(a)pyren, fenanthren, fluoranthren, indeno(1,2,3-cd)pyren, chrysen, naftalen, pyren

5.2 Doporučení cílových parametrů nápravných opatření

Navrhované cílové limity prioritních škodlivin v horninovém prostředí zahrnujícím zeminy i podzemní vodu byly stanoveny na základě zpětných výpočtů kvantifikace zdravotních rizik, platné legislativy v oblasti ŽP a s ohledem na ekologická rizika.

Tabulka 37: Doporučené cílové parametry pro zeminy

Zeminy (prostor bývalého šrotiště)	PAU *	35 mg/kg
	C ₁₀ -C ₄₀	3 000 mg/kg

* Pozn: Suma PAU = anthracen, benzo(a)anthracen, benzo(b)fluoranthren, benzo(k)fluoranthren, benzo(ghi)perylene, benzo(a)pyren, fenanthren, fluoranthren, indeno(1,2,3-cd)pyren, chrysen, naftalen, pyren

Tabulka 38: Doporučené cílové parametry pro podzemní vodu

Podzemní voda (celý areál)	benzo(a)anthracen	1 µg/l
	benzo(a)pyren	0,1 µg/l
	C ₁₀ -C ₄₀	odstranění fáze RL

5.3 Doporučení postupu nápravných opatření

5.3.1 Nulová varianta nápravných opatření

Variantu nulovou je možné charakterizovat jako ponechání identifikované kontaminace ve stávajícím stavu pouhému působení atenuačních pochodů, tj. bez provedení jakéhokoliv pasivního či aktivního sanačního opatření.

Použitelnost této varianty je možné i bez detailnějšího rozboru jak ve vztahu k charakteru kontaminace identifikované v zájmovém území, tak z pohledu její kolize s požadavky relevantní legislativy a v neposlední řadě také s reálnými riziky negativního ovlivnění zdraví osob, které mohou přijít s kontaminanty hodnoceného území do kontaktu, jednoznačně hodnotit negativním způsobem.

Hlavními kontaminanty v zájmovém území jsou ropné a polyaromatické uhlovodíky. Z důvodu místních nepříznivých podmínek pro přirozené snižování jejich koncentrací a současně vzhledem k vysoké míře kontaminace, v horninovém prostředí absentuje nezbytný potenciál pro přirozené snižování znečištění či eliminaci s nimi svázaných zdravotních či ekologických rizik v čase.

Současný stav areálu umožňuje s výjimkou areálové komunikace a půdorysných ploch stavebních objektů přímou infiltraci srážkových vod do horninového prostředí. Tato z hlediska možného zmobilnění kontaminace negativní okolnost se uplatňuje zejména v prostoru ohniska ropné

kontaminace v bývalém šrotišti, kde je na povrchu převážně pouze řídká zatravněná šotolinová/štěrková vrstva. Infiltrovaný podíl srážek tak může bez jakékoli překážky průběžně vymývat sorbovanou kontaminaci z nesaturované zóny a ta následně bude vertikálním pohybem přestupovat do podzemní vody.

Na základě výše uvedené diskuze použitelnosti nulové varianty sanace je nutné konstatovat, že tato varianta představuje neakceptovatelný způsob řešení identifikované kontaminace a to zejména ve vztahu k připravovanému ÚP.

5.3.2 Varianta aktivního sanačního zásahu

S ohledem na budoucí využití a investiční záměry v zájmovém prostoru i v přilehlém okolí a pro zamezení všech rizik plynoucích z existence ekologické zátěže na lokalitě, je možné realizovat aktivní variantu sanačního zásahu zaměřenou na zjištěná dvě ohniska kontaminace, tj. prostor bývalého šrotiště a stáčírny mazutu a prostor podzákladí haly bývalé automatárny. Cílové parametry pro tuto variantu navrhuje stanovit pro zeminy a podzemní vodu ve smyslu kap. 5.2.

Hlavními kontaminanty jsou ropné látky identifikované ukazatelem $C_{10}-C_{40}$ provázené výskytem fáze na hladině podzemní vody a dále polyaromatické uhlovodíky.

V prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu je vhodná metoda sanace nesaturované zóny metodou selektivní odtěžby v kombinaci s následnou hydraulickou sanací. Předpokládaná minimální hloubka sanačního výkopu bude pod zónu kolísání hladiny podzemní vody. Uvažovaná plocha k odtěžbě je cca 900 m² a hloubka sanačního výkopu cca 6 m. Odpovídající množství odstraněných kontaminovaných zemín je v úrovni 10 000 t. V případě potřeby bude realizovat statické zajištění výkopu tak, aby nedošlo k ohrožení přilehlých budov či komunikace.

Sanace saturované zóny v tomto prostoru bude spočívat ve zřízení drenážní vrstvy ve dně sanačního výkopu, zbudování sanačních jímek a vrtů a v provozování systému sanačního čerpání a zpětného zasakování dekontaminované vody za účelem promývání horninového prostředí. Účinnost této metody bude intenzifikována aplikacemi látek pro podporu biodegradačních procesů.

V případě podzákladí haly automatárny navrhuje snížit znečištění metodou sanace in-situ. Principiálně se bude jednat o zřízení šikmých nebo subhorizontálních vrtů do podzákladí objektu a v provozování systému sanačního čerpání s aplikacemi látek pro podporu biodegradačních procesů.

Celkové náklady na realizaci této varianty sanačního zásahu lze odhadnout na 35 – 40 mil. Kč bez DPH. Odhad zahrnuje sanační doprůzkum, odtěžbu a odstranění vzniklých odpadů, statické zajištění výkopu, zásyp výkopu, zbudování drenážní vrstvy a jímek, provozování sanačního čerpání a promývání, aplikace biopreparátu, monitoring sanačních prací, postsanační monitoring, dále zahrnuje řízení, sled a dokumentaci prací vč. zpracování etapových a závěrečných zpráv.

Celkovou délku aktivního sanačního zásahu odhadujeme na 6 let, tj. 1 rok sanace nesaturované zóny v prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu a 5 let sanace saturované zóny v prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu a v podzákladí haly bývalé automatárny. Ukončení sanace nesaturované zóny bude prokázáno koncovým vzorkováním, které potvrdí nepřítomnost sledovaných kontaminantů po odtěžbě. Udržitelnost podlimitního znečištění podzemní vody bude prokázáno postsanačním dvouletým monitoringem.

Nápravná opatření budou mít po jejich dokončení pozitivní vliv na jednotlivé složky životního prostředí, neboť jsou apriori zaměřena na odstranění škodlivých látek ze zájmového území, s nimiž existuje potenciální riziko negativního ovlivnění zdraví osob a dalších složek životního prostředí.

5.3.3 Varianta pasivních opatření

Tato varianta vychází z možnosti, že zájmový areál bude využíván ve smyslu připravované změny UP, tj. jako plochy smíšené obytné – městské (SM), nicméně bude primárně využit jako prostor pro velkoplošné objekty, typu nákupního centra, přilehlých parkovišť apod., tj. obecně rozsáhlejších zpevněných ploch bez využití pro trvalé bydlení osob typu rodinných domů apod.

Spolu s výše uvedeným tato varianta zohledňuje dosavadní poznatky o charakteru znečištění na lokalitě, tzn., že ji tvoří intenzivně sorbované ropné látky (převážně těžší oleje), jejichž stávající rozšíření lze považovat jako ustálený výsledek dlouhodobé přítomnosti kontaminantu v horninovém prostředí. Sorbovaná kontaminace včetně lokálně se vyskytující fáze ropných látek na hladině podzemní vody je díky kombinaci intenzivní sorpce a místních hydrogeologických poměrů prakticky nemobilní a mimo identifikovanou ohniska se prakticky nevyskytuje, což platí pro saturovanou i nesaturovanou zónu. Dále, jak vyplynulo z matematického modelu za stávajících podmínek, kontaminace neznámá riziko pro vodní nádrže a na vodu vázané ekosystémy ve vodoteči Vrchlice.

Varianta pasivních opatření uvažuje v kontextu výše zmíněných okolností s tím, že kontaminace bude ponechána v horninovém prostředí za podmínky, že budou současně přijata minimálně tato opatření:

- Bude znemožněn rizikový kontakt obyvatel s kontaminovanými matricemi - lokalita, speciálně prostory s identifikovanou ropnou kontaminací nebudou využity pro trvalé bydlení.
- Bude znemožněna podstatná změna místních hydrogeologických poměrů - tj. v zájmovém areálu a přilehlém okolí nebude možné provozovat takové nakládání s vodami (včetně povrchových), které by mělo za následek podstatnou a dlouhodobou změnu proudění podzemní vody a mohlo by vést ke zmobilitě kontaminace.
- V případě zbudování zpevněných ploch či velkoplošných objektů bude jejich odvodnění řešeno tak, aby v maximální míře zamezily dotacím srážkových či splachových vod do horninového prostředí v prostoru ohnisek znečištění i jejich okolí. Zpevněné plochy v prostoru ohnisek budou provedeny tak, aby byla minimalizována možnost dotace vod do

kvarterního kolektoru a tím eliminovány možnosti vymývání kontaminace z nesaturované zóny či migrace saturovanou zónou.

- V případě výkopových či demoličních prací zejména v prostoru identifikovaných ohnisek kontaminace a v přilehlých okolích, je třeba počítat s tím, že budou vznikat nebezpečné odpady a se zeminou či se stavebními konstrukcemi bude třeba nakládat ve smyslu zákona o odpadech. Současně bude třeba zajistit, aby pracovníci, kteří by mohli přijít do styku s kontaminovanými matricemi, používali patřičné OOP.
- Pro potřeby monitoringu i možného neočekávaného vývoje kontaminačního mraku budou realizovány 2 monitorovací hydrogeologické vrty MV-1 a MV-2 (úplné, kvartérní) situované do oblasti současných okrajů kontaminačních mraků vyskytujících v bývalém šrotišti a v podzákladí haly bývalé automatárny. Navrhovaná pozice vrtů vychází z matematického modelu a je vyznačena v příloze č. 6c.
- Frekvenci odběrů a analýzy vzorků z monitorovacích vrtů navrhujeme v první fázi realizace monitoringu čtyřikrát za rok (cca 2 roky, resp. po dobu provádění zemních/stavebních prací). V případě vyhodnocení stability stanovených koncentrací nebo jejich očekávaného vývoje by tato frekvence mohla být snížena na dvakrát ročně. V rámci každého kola monitoringu budou sledovány ropné látky v ukazateli $C_{10}-C_{40}$ a PAU. Současně bude ve vrtech MV ověřován výskyt fáze ropných látek a zaměřena hladina podzemní vody. Monitoring bude prováděn ve výchozím stavu alespoň 10 let a jeho provádění a vyhodnocování zajistí odborně způsobilá osoba. Výsledky monitoringu budou průběžně předkládány odboru ŽP MÚ Kutná Hora.

6 ZÁVĚR

Předkládaná AR byla vypracována na základě všech zpracovateli dostupných informací o kontaminaci v zájmovém území vycházejících ze závěrů průzkumu znečištění horninového prostředí provedeného pro její účely v měsících leden až srpen 2019.

Zájmové území představuje bývalý areál AVIA v Kutné Hoře, který se rozkládá v intravilánu města na ploše cca 95 tis. m², při jeho sv. okraji a na rozhraní katastrálních území Kutná Hora (677710) a Sedlec u Kutné Hory (677973). Východní partie lokality mají charakter nezastavěného brownfieldu, v západní části je bývalá výrobní hala automatárny a několik menších staveb se smíšeným využitím. Od historického centra je lokalita vzdálena cca 1,5 km sv. směrem. Přístup do areálu je ze severní strany, z ulice Masarykova (č.p. 59). Z jihu a jihozápadu je areál omezen železnicí a vodotečí Vrchlice. V širším okolí areálu je obytná a smíšená zástavba. Terén je v prostoru lokality území prakticky rovinný s neznatelným úklonem k toku Vrchlice, tj. od sz. k jv. Nadmořské výšky zde dosahují hodnot cca 221-218 m n. m.

Na základě získaných poznatků o lokalitě lze konstatovat tyto hlavní poznatky:

- V areálu je skalní podloží tvořeno svrchnokřídovými slínovci (sp. turon, bělohorské souvrství) a nachází se převážně v hloubce cca 9-11 m p.t. V nadloží svrchnokřídových sedimentů se nacházejí v různých mocnostech nivní fluviální sedimenty kvartérního stáří, jedná se o zahliněné štěrky, štěrkopísky a písky o mocnosti 1-4 m, místy s lokálními výskyty černých jílovými hlín (hnilokalů) Tyto uloženiny jsou lokálně překryty kvartérními sprašemi a sprašovými hlínami. Celková mocnost pokryvných útvarů zahrnujících kvartérní sedimenty a recentních navážky dosahuje 7,5 až 10,5 m.
- V zájmovém areálu lze vymezit mělké zvodnění vázané na průlinově propustné kvartérní sedimenty a předpokládané hlubší zvodnění vázané na puklinově propustné skalní podloží (zde reliktní sedimentů sv. křídly). Toto hlubší zvodnění nebylo předmětem průzkumných prací. Mělké zvodnění je v hydraulické souvislosti s tokem Vrchlice, který představuje místní drenážní bázi pro mělký oběh podzemních vod. Hladina podzemní vody v kvartérním kolektoru je volná a v době provádění průzkumu se byla v ustáleném stavu zastížena v hloubkách 2,55 m p.t. (PS-16) až 5,66 m p.t. (HG-3), průměrně 4,58 m p.t. Sedimenty svrchní křídly na rozhraní s kvartérním pokryvem představují díky svému petrografickému vývoji bazální izolátor.

Za infiltrační plochu kvartérního kolektoru lze označit v daném prostoru s výjimkou staveb a zpevněných ploch celou plochu areálu. Do prostoru dále natékají mělké podzemní vody z širších výše položených partií v prostoru S a SZ od lokality. Generelní směr proudění je ZSZ – VJV, s velmi mírným hydraulickým spádem ($i = 0,004$ až $0,007$) k VJV, k místní drenážní bázi (tok Vrchlice). Dle výsledků archivních hydrodynamických zkoušek (slug testů) se hodnoty koeficientu filtrace v kvartérním kolektoru pohybují v rozmezí $1 \cdot 10^{-4}$ až $6 \cdot 10^{-6}$ m/s.

- V rámci průzkumných prací AR bylo v předmětném areálu vyhloubeno 16 mapovacích sond PS-1 až PS-16 a 10 hydrogeologických vrtů HG-1 až HG-10. Vrty byly situovány

s ohledem na výsledky geofyzikálního průzkumu, který byl zaměřen na ověření preferenčních cest v horninovém prostředí. Sledovanými parametry znečištění v odebraných vzorcích zemin a podzemních vod byly $C_{10}-C_{40}$, PAU, PCB, CLET, BTEX. V povrchové vodě z Vrchlice byly stanoveny $C_{10}-C_{40}$ a CLET.

- Aktuálním průzkumem byly vymezeny dvě zdrojové oblasti kontaminace. Jedná se o podzákladí haly bývalé automatárny a prostor bývalého šrotiště. Ke kontaminaci ropnými látkami (vyjádřenými v rozbořech sumou koncentrace $C_{10}-C_{40}$) docházelo na povrchu. Po gravitačním transportu přes nenasycenou zónu došlo k akumulaci ropné fáze v prostoru kapilární třásně, proměnlivého nasycení a na hladině podzemní vody. Z tohoto prostoru se ropné látky v možnostech jejich omezené rozpustnosti ve vodě dostávají do podzemní vody a jsou předmětem advekčně-disperzního transportu saturevanou zónou.
- V obou řešených kontaminovaných lokalitách, tj. v prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu byla zjištěna ropná kontaminace stanovaná jako $C_{10}-C_{40}$ překračující hodnotu indikátoru MP MŽP 2014. Z hlediska MP nadlimitní obsahy ropných uhlovodíků vykazuje jak nenasycená zóna, tak zóna kolísání hladiny podzemní vody i saturevaná zóna. Míra kontaminace vykazuje horizontálně i vertikálně výraznou variabilitu. V prostoru bývalého šrotiště byla maximální koncentrace $C_{10}-C_{40}$ v nenasycené zóně až 3430 mg/kg (sonda PS-4), tj. indikátor dle MP MŽP = 1500 mg/kg byl překročen až 2,3 x. V prostoru bývalé haly automatárny byla maximální koncentrace $C_{10}-C_{40}$ v nenasycené zóně až 3680 mg/kg (sonda PS-13), tj. indikátor dle MP MŽP = 1500 mg/kg byl překročen až 2,5 x.

Překročení indikátoru dle MP MŽP 2014 bylo v zeminách nenasycené zóny v prostoru bývalého šrotiště dále zaznamenáno u ukazatelů benzo(a)pyren ze skupiny polyaromatických uhlovodíků (PAU). Hodnota indikátoru pro benzo(a)pyren v úrovni 0,21 mg/kg byla v těchto vrtech překročena 1,4 až 26,6 krát.

Ostatní sledované kontaminanty, tj. CLET a PCB byly v zeminách v prostoru v prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu, bývalé automatárny i v jv. okraji areálu pod mezí detekce.

- V podzemních vodách byly na základě výsledků provedených průzkumných prací zjištěny koncentrace $C_{10}-C_{40}$ a PAU, které místy významně překračovaly příslušné indikátory dle MP MŽP 2014. Z hlediska MP byly nadlimitní koncentrace $C_{10}-C_{40}$ zaznamenány téměř ve všech vrtech v prostoru bývalého šrotiště i v prostoru podzákladí bývalé haly automatárny. Nadlimitní koncentrace $C_{10}-C_{40}$ v prostoru bývalého šrotiště se pohybovaly v rozmezí 0,61 až 27,8 mg/l a průměrně činily 10,1 mg/l. Nadlimitní koncentrace $C_{10}-C_{40}$ v prostoru bývalé haly automatárny se pohybovaly v rozmezí 0,61 až 99,2 mg/l a průměrně činily 17,1 mg/l.

Z hlediska ostatních sledovaných kontaminantů v podzemní vodě, tj. CLET, BTEX a PCB nebylo zaznamenáno překročení příslušných indikátorů znečištění dle MP MŽP 2014. Koncentrace BTEX a PCB byly ve všech případech pod mezí detekce. Kontaminanty ze

skupiny CLET byly ověřovány ve vrtu PS-16, kde byla zaznamenána pouze mírně zvýšená koncentrace PCE v úrovni 1,2 µg/l.

- Ropnou kontaminaci horninového prostředí provází výskyt fáze ropných látek na hladině podzemní vody. Výskyt fáze byl zastižen zejména v prostoru bývalého šrotiště, kde dosahuje až 25 cm. Plocha výskytu fáze zde činí cca 820 m². Při uvažování průměrné mocnosti fáze v horninovém prostředí v tomto prostoru v úrovni 1,6 cm a pórovitosti 10%, je předpokládané množství ropných látek ve fázi cca 1,3 m³. Dále byl lokální výskyt fáze zaznamenán ve vrtu PS-2 (0,2 cm) a v podzákladí haly automatárny v sondě PS-13 (1,5 cm).
 - Kontaminace CLET ověřovaná v podzemní vodě v jv. části areálu nepřekročila hodnoty dílčích indikátorů dle MP MŽP 2014.
 - Analýzou jednotlivých frakcí ropné kontaminace bylo stanoveno, že majoritně je v podzemní vodě zastoupena těžší frakce C₂₁-C₃₈ (68% až 85%) a převážně se tedy jedná o těžší minerální oleje doplněné těžkou frakcí C₃₅-C₄₀ (7-9%) a lehkou frakcí C₁₀-C₂₀ (7-25%).
 - Povrchová voda ve Vrchlici byla vzorkována na dvou profilech, z hlediska toku nad a pod areálem a byly v ní ověřovány koncentrace C₁₀-C₄₀ a CLET. Koncentrace C₁₀-C₄₀ byly ve vzorku nad areálem v úrovni 0,684 mg/l a pod areálem 0,485 mg/l a oba vzorky tak nevyhověly normě environmentální kvality = 0,1 mg/l (dle NV č. 401/2015 Sb.).
 - Byl zpracován model proudění podzemní vody a transportu kontaminantů (C₁₀-C₄₀ a benzo(a)pyren). Dle výsledků modelu (varianta 2) se rozsah kontaminačního mraku a rozložení koncentrací v oblasti ustálilo relativně rychle, cca 10 let po začátku uvolňování kontaminantu do podzemní vody. Byla simulována distribuce rozpuštěného kontaminantu v kolektoru po 40 letech šíření ze zdrojových oblastí a kontaminační mrak dosahuje až k toku Vrchlice pouze v minimálních koncentracích (pod mezí detekce laboratorních metod). Maximální množství rozpuštěné ve vodě bylo vypočteno na 4,2 kg a maximální sorbované množství v kolektoru na 313 kg. Po 40 letech dotace dojde při zadaných parametrech v kolektoru k degradaci celkového množství 2,9 t kontaminantu. Po odstranění zdroje kontaminace k velmi rychlému poklesu množství kontaminantů v kolektoru. V kolektoru bude zbývat minimum kontaminace po přibližně 10 letech.
- K ustálení koncentrací benzo(a)pyrenu došlo v kolektoru po cca 30 letech kontaminace. Maximální množství rozpuštěné ve vodě bylo vypočteno na 0,45 g a maximální sorbované množství v kolektoru na 214 g. Po 40 letech dotace dojde při zadaných parametrech v kolektoru k degradaci celkového množství 2 kg kontaminantu. Po odstranění zdroje benzo(a)pyrenu dojde k postupnému poklesu množství kontaminantu v kolektoru vlivem biodegradace. K úplnému odbourání kontaminace dojde cca 17 let po úplném odstranění zdroje.
- Podle výsledků matematického modelu koncentrace ropných látek (0,684 mg/l a 0,485 mg/l C₁₀-C₄₀) zjištěné ve Vrchlici nemohou pocházet z ohnisek v prostoru bývalého šrotiště a podzákladí haly bývalé automatárny.

- Pro potřeby výpočtu zdravotních rizik byly jako prioritní kontaminanty pro podzemní vodu vytipovány $C_{10}-C_{40}$, benzo(a)pyren a benzo(a)anthracen a pro zeminy $C_{10}-C_{40}$, benzo(a)pyren. V rámci uvažovaných scénářů byla zjištěna zdravotní rizika pro stavební dělníky provádějící zemní práce (inhalace kontaminovaných prachových částic, náhodná ingesce kontaminované podzemní vody, dermální kontakt s kontaminovanou podzemní vodou a pro budoucí (potencionální) obyvatele (inhalace kontaminovaných prachových částic, náhodná ingesce kontaminované zeminy, náhodná ingesce kontaminované podzemní vody, dermální kontakt s kontaminovanou podzemní vodou).
- Byly navrženy cílové limity sanace, které byly odvozeny z nerizikových koncentrací prioritních kontaminantů. Pro zeminy: PAU = 35 mg/kg; $C_{10}-C_{40}$ = 3000 mg/kg. Pro podzemní vodu: benzo(a)anthracen = 1 µg/l; benzo(a)pyren = 0,1 µg/l; $C_{10}-C_{40}$ = odstranění fáze RL.
- Nápravná opatření byla uvažována ve dvou variantách:

Varianta aktivního sanačního zásahu by spočívala v odtěžení kontaminovaných zemín v prostoru šrotiště a následné hydraulické sanaci v prostoru šrotiště a v podzákladí haly bývalé automatárny, která by zahrnovala zřízení drenážní vrstvy ve dně sanačního výkopu, zbudování sanačních jímek a vrtů a provozování systému sanačního čerpání a zpětného zasakování dekontaminované vody v prostoru obou ohnisek za účelem promývání horninového prostředí. Účinnost této metody bude intenzifikována aplikacemi látek pro podporu biodegradčních procesů. Cílem sanace bude dosažení výše uvedených cílových parametrů.

Celkovou délku aktivního sanačního zásahu je odhadována na 6 let, tj. 1 rok sanace nesaturované zóny v prostoru bývalého šrotiště a 5 let sanace saturované zóny v prostoru bývalého šrotiště a stáčírny mazutu a podzákladí haly bývalé automatárny. Následovat bude dvouletý postsanační monitoring. Náklady na realizaci této varianty sanačního zásahu lze odhadnout na 35 – 40 mil. Kč bez DPH.

Varianta pasivních opatření vychází z možnosti, že zájmový areál bude využíván ve smyslu připravované změny UP, tj. jako plochy smíšené obytné – městské (SM), nicméně bude primárně využit jako prostor pro velkoplošné objekty, typu nákupního centra, přílehlých parkovišť apod., tj. obecně rozsáhlejších zpevněných ploch bez využití pro trvalé bydlení osob typu rodinných domů apod.

Spolu s výše uvedeným tato varianta zohledňuje dosavadní poznatky o charakteru znečištění na lokalitě, tzn., že ji tvoří intenzivně sorbované ropné látky (převážně těžší oleje), jejichž stávající rozšíření lze považovat jako ustálený výsledek dlouhodobé přítomnosti kontaminantu v horninovém prostředí. Sorbovaná kontaminace včetně lokálně se vyskytující fáze ropných látek na hladině podzemní vody je díky kombinaci intenzivní sorpce a místních hydrogeologických poměrů prakticky nemobilní a mimo identifikovaná ohniska se prakticky nevyskytuje, což bylo prokázáno matematickým modelem. V souvislosti se zjištěnou kontaminací nebyla identifikována ani nepřijatelná ekologická rizika.

Tato varianta je podmíněna přijetím souboru institucionálních opatření, která budou zahrnovat minimálně:

- znemožnění kontaktu obyvatel s kontaminovanými matricemi
- trvalou fixaci stávajících hydrogeologických poměrů v areálu a přilehlém okolí
- zřízení monitorovacích vrtů a provádění monitoringu výskytu ropných kontaminantů a výskytu fáze
- Případné velkoplošné objekty a odvodněné zpevněné plochy budou omezovat infiltraci srážkových vod a bude tak oproti stávajícímu stavu více omezena možnost vymývání kontaminantu z nesaturované zóny. Současně bude v menší míře docházet k dočasné aktivaci zdroje znečištění v důsledku kolísání hladiny podzemní vody. Současně lze v rámci této varianty počítat s lokálním odstraněním zemin v důsledku zakládání staveb apod. V místech výskytu kontaminovaných zemin je třeba počítat s tím, že budou vznikat nebezpečné odpady a se zeminou či se stavebními konstrukcemi bude třeba nakládat ve smyslu zákona o odpadech. Současně bude třeba zajistit, aby pracovníci, kteří by mohli přijít do styku s kontaminovanými matricemi, používali patřičné OOP.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AR	analýza rizik
ATMO	atmogeochemický
BaP	benzo(a)pyren
BTEX	skupina benzen, toluen, ethylbenzen, xylen
CLET	chlorované etheny včetně vinylchloridu
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČIŽP	Česká inspekce životního prostředí
ČOV	čistírna odpadních vod
ČSN	česká technická norma
ČZ	čerpací zkouška
DBahA	dibenzo(a,h)anthracen
DNAPL	látky s fází těžší než voda
DO	rozpuštěný kyslík
EC	vodivost vody
HDZ	hydrodynamická zkouška
HG	hydrogeologie (hydrogeologický)
HPV	hladina podzemní vody
CHÚ	chráněné území
LNAPL	látky s fází lehčí než voda
MP	metodický pokyn
NRBK	nadregionální biokoridor
NSZ	nesaturovaná zóna
MŽP	ministerstvo životního prostředí
OEREŠ	odbor environmentálních rizik a ekologických škod
OPV	ochranné pásmo vod
PAU	polycyklické aromatické uhlovodíky
PCE	tetrachlorethen
PE	polyethylen
PR	průzkum
RU	ropné uhlovodíky
SEKM	systém evidence kontaminovaných míst
SZÚ	Státní zdravotní ústav
SZ	saturovaná zóna
TCE	trichlorethen
TOC	celkový organický uhlík
UCHR	úplný chemický rozbor
ZK	zóna kolísání HPV

8 POUŽITÉ PODKLADY A LITERATURA

- [1] Horký, Š. (2018): Realizační projekt analýzy rizik - bývalý areál AVIA Kutná Hora. Ekosystem spol. s r.o., říjen 2018.
- [2] Horký, Š. (2019): Etapová zpráva č. 1 - Realizační projekt analýzy rizik - bývalý areál AVIA Kutná Hora. Ekosystem spol. s r.o., únor 2019.
- [3] Zápis z kontrolního dne č. 1 - Analýza rizik - bývalý areál AVIA Kutná Hora., konaného na lokalitě dne 4. 4. 2019.
- [4] Územní plán Kutná Hora (dostupný na: <https://mu.kutnahora.cz/mu/uzemni-plan>)
- [5] Mapový server AOPK ČR, online <http://mapy.nature.cz/>
- [6] Český úřad zeměměřický a katastrální, online <https://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>
- [7] Národní památkový ústav (www.npu.cz)
- [8] Systém evidence kontaminovaných míst, online <http://sekm.cenia.cz>
- [9] Veřejný server ČHMÚ (<http://www.chmi.cz/>)
- [10] Česká geologická služba – Geofond, online www.geofond.cz
- [11] Veřejný server ČSÚ (<http://www.czso.cz/>)
- [12] Veřejný server MŽP (www.irz.cz)
- [13] CENIA, česká informační agentura životního prostředí, online www.cenia.cz
- [14] Nahlížení do katastru nemovitostí (www.nahlizenidokn.cuzk.cz)
- [15] Hydroekologický informační systém VÚV T. G. Masaryka, online <http://heis.vuv.cz/>
- [16] Základní vodohospodářská mapa, online http://heis.vuv.cz/data/spusteni/popisy/zvmrn_d.asp?check=
- [17] Veřejný server NATURA 2000 (<http://www.nature.cz/natura2000-design3/hp.php>)
- [18] Veřejný sever Národního památkového ústavu - Ústřední seznam kulturních památek ČR (<http://monumnet.npu.cz>)
- [19] Povodňový informační systém (<http://webmap.dppcr.cz>)
- [20] Demek et al. (2006): Zeměpisný lexikon ČR. Hory a nížiny. AOPK ČR, Brno
- [21] Chlupáč et al. (2002): Geologická minulost České republiky. – Akademie věd České republiky, Praha.

- [22] Krásný, J. (2012): Podzemní vody České republiky - regionální hydrogeologie prostých a minerálních vod. Česká geologická služba. Praha.
- [23] Pitter P. (2009) Hydrochemie. 4. aktualizované vydání. Vydavatelství VŠCHT Praha.
- [24] Quit E. (1977): Klimatické oblasti Československa. Geografický ústav ČSAV, Brno.
- [25] Metodický pokyn MŽP Analýza rizik kontaminovaného území, Věstník MŽP, č. 3, březen 2011
- [26] Metodický pokyn MŽP pro průzkum kontaminovaného území, Věstník MŽP, č. 9, září 2005
- [27] Metodický pokyn MŽP „Vzorkovací práce v sanační geologii“, Věstník MŽP, č. 2, Příloha 2, únor 2007
- [28] Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí České republiky - Indikátory znečištění, uveřejněný v č. 1/2014 Věstníku Ministerstva životního prostředí

PŘÍLOHY