OPERAČNÍ PROGRAM ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ | EVROPSKÁ UNIE Fond soudržnosti | Pro vodu, vzduch a přírodu

EKOMONITOR

MĚSTO KOPŘIVNICE

Lokalizace a charakteristika starých ekologických zátěží v Kopřivnici

Analýza rizik

Lokalita 2 – Jezdecký areál

(Zakázkové číslo: 4542 10 013)

Výtisk č. 1 / 7

Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.

září 2011

Základní údaje:

Smlouva o dílo č. 4/2010/OŽP

Zakázkové číslo zhotovitele:	**4542 10 013**
Název akce:	**Lokalizace a charakteristika starých ekologických zátěží v Kopřivnici** **Lokalita 2 – Jezdecký areál**
Objednatel:	**město Kopřivnice** **Štefánikova 1163** **742 21 Kopřivnice**
IČO: DIČ:	00298077 CZ00298077
Odpovědný zástupce :	Ing. Josef Jalůvka starosta města
Kontaktní osoba :	Ing. Hynek Rulíšek vedoucí odboru životního prostředí
Telefonní spojení : E-mail:	+420 556 879 780 ziv.prostredi@koprivnice.cz
Zhotovitel :	**Sdružení „Kopřivnice (II)“**

(Sdružení firem Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., BIOANALYTIKA CZ, s.r.o. a Josef Kroutil)
Zastoupené vedoucím účastníkem sdružení Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.

	Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o. **Píšťovy 820, 537 01 Chrudim III.** zapsaná v obchodním rejstříku ve vložce C č. 1036 Krajského soudu v Hradci Králové
IČO : DIČ :	15053695 CZ15053695
Bankovní spojení: Číslo účtu:	ČSOB Chrudim 272199033/0300
Zástupce ve věcech smluvních a technických:	Mgr. Pavel Vančura mobilní tel. : +420 602 460 994 e-mail : vancura@ekomonitor.cz
Odpovědný řešitel:	Ing. Josef Drahokoupil mobilní tel. : +420 602 460 991 E-mail : drahokoupil@ekomonitor.cz

Koordinátor projektu: Ing. Petr Kubizňák

mobilní tel. : +420 602 121 308
e-mail : kubiznak@ekomonitor.cz

Řešitelé: Mgr. Vojtěch Dobiáš
Ing. Petr Kubizňák
Mgr. Lucie Potočárová
Mgr. Zuzana Trojanová
Ing. Dagmar Bartošová

Telefonní spojení společnosti : +420 469 682 303-5
Faxové spojení společnosti : +420 469 682 310
E-mail: ekomonitor@ekomonitor.cz

Datum: **15. 9. 2011**

Ing. Josef Drahokoupil
odpovědný řešitel

Vodní zdroje Ekomonitor
spol. s r.o.
Píšťovy 820, 537 01 Chrudim III
tel.: 469 682 303-5 fax: 469 682 310
IČO: 150 53 695 DIČ: CZ15053695

Mgr. Pavel Vančura
statutární zástupce

Rozdělovník :

Výtisk č. 1 až 6:	město Kopřivnice
Výtisk č. 7:	Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.

Seznam příloh: **7**
Úvod **9**
1. Údaje o území **11**
1. 1. Všeobecné údaje 11
1.1.1. Geografické vymezení území 11
1.1.2. Stávající a plánované využití území 11
1.1.3. Základní charakterizace obydlenosti území 13
1.1.4. Majetkoprávní vztahy 13
1. 2. Přírodní poměry zájmového území 14
1.2.1. Geomorfologické a klimatické poměry 15
1.2.2. Geologické poměry 15
1.2.3. Hydrogeologické poměry 17
1.2.4. Hydrologické poměry 18
1.2.5. Geochemické a hydrochemické údaje o lokalitě 18
2. Průzkumné práce **19**
2.1. Dosavadní prozkoumanost území 19
2.1.1. Základní výsledky dřívějších průzkumných prací na lokalitě 19
2.1.2. Přehled zdrojů znečištění 23
2.1.3. Vytipování látek potenciálního zájmu a dalších rizikových faktorů 23
2.1.4. Předběžný koncepční model znečištěni 24
2.2. Aktuální průzkumné práce 25
2.2.1. Metodika a rozsah průzkumných a analytických prací 25
2.2.1.1. Geofyzikální průzkum 26
2.2.1.2. Vrtné práce 28
2.2.1.3. Vzorkařské práce 28
2.2.1.4.1. Metodika a rozsah laboratorních analýz 31
2.2.1.5. Hydrodynamické expresní zkoušky 33
2.2.1.5.1. Základní údaje, cíle HDZ 33
2.2.1.5.2. Specifikace objektů pro HDZ 34
2.2.1.5.3. Technické podmínky realizace HDZ 34
2.2.1.5.4. Postup realizace HDZ 34
2.2.1.5.5. Kontrolní činnost 35
2.2.1.5.6. Rozpis čerpaných a pozorovaných vrtů 35
2.2.2. Výsledky průzkumných prací 35
2.2.2.1. Interpretace geofyzikálních měření 35
2.2.2.2. Provedené vrtné práce 35
2.2.2.3. Výsledky laboratorních analýz 37
2.2.2.4 Výsledky hydrodynamických zkoušek (čerpací a stoupací zkoušky) 47
2.2.2.5. Geodetické zaměření 48
2.2.3. Shrnutí plošného a prostorového rozsahu a míry znečištění 48
2.2.4. Posouzení šíření znečištění 51
2.2.4.1. Šíření znečištění v nesaturované zóně 51
2.2.4.2. Šíření znečištění v saturované zóně 54
2.2.4.3. Šíření znečištění povrchovými vodami 58
2.2.4.4. Charakteristika vývoje znečištění z hlediska procesů přirozené atenuace 58
2.2.5. Shrnutí šíření a vývoje znečištění 62
2.2.6. Omezení a nejistoty 63
3. Hodnocení rizika **64**
3.1. Identifikace rizik 64
3.1.1. Určení a zdůvodnění prioritních škodlivin a dalších rizikových faktorů 64
3.1.2. Základní charakteristika příjemců rizik 64
3.1.3. Shrnutí transportních cest a přehled reálných scénářů expozice (aktualizovaný koncepční model) 65
3.1.3.1 Výčet reálných expozičních scénářů 65
3.1.3.2 Výpočet expozičních koncentrací podle jednotlivých expozičních cest 65

3.2. Hodnocení zdravotních rizik ... 66
3.2.1. Hodnocení expozice ... 67
3.2.2. Odhad zdravotních rizik ... 69
3.3. Hodnocení ekologických rizik ... 73
3.4. Shrnutí celkového rizika ... 73
3.5. Omezení a nejistoty ... 74
4. Doporučení nápravných opatření ... 75
4.1. Doporučení cílových parametrů nápravných opatření ... 75
4.2. Doporučení postupu nápravných opatření ... 75
5. Závěr a doporučení ... 78
Použitá literatura ... 80

Seznam příloh:

Příloha č. 1: Situace zájmového území
Příloha č. 2: Geologické poměry
Příloha č. 3: Vodohospodářské poměry
Příloha č. 4: Situace zájmové lokality na podkladě základní mapy 1 : 10 000
Příloha č. 5: Majetkové poměry
Příloha č. 6: Situace vrtných a průzkumných prací na podkladě leteckého snímku
Příloha č. 7: Situace magnetometrických měření na podkladě leteckého snímku
Příloha č. 7.2: Seismické hloubkové a rychlostní řezy na profil
Příloha č. 7.3: Výsledky odporové tomografie na profilech
Příloha č. 8: Geologická dokumentace vrtných prací a geologický řez
Příloha č. 9.1.1: Výsledky laboratorních analýz vzorků zemin
Příloha č. 9.1.2: Výsledky laboratorních analýz vzorků zemin
Příloha č. 9.1.3: Výsledky laboratorních analýz vzorků zemin
Příloha č. 9.2.1: Výsledky laboratorních analýz vzorků podzemních vod
Příloha č. 9.2.2: Výsledky laboratorních analýz vzorků podzemních vod
Příloha č. 9.3: Odběr vzorků podzemních vod a terénní měření
Příloha č. 9.4: Výsledky laboratorních analýz vzorků povrchových vod
Příloha č. 9.5: Výsledky laboratorních analýz dnového sedimentu
Příloha č. 9.6: Výsledky stanovení obsahu pesticidů
Příloha č. 9.7: Výsledky laboratorních stanovení třídy vyluhovatelnosti
Příloha č. 9.8: Výsledky laboratorního stanovení ekotoxicity
Příloha č. 9.9: Výsledky laboratorního stanovení sušiny a TOC
Příloha č. 9.10: Odběr vzorku povrchové vody
Příloha č. 9.11: Přehledná situace výsledků laboratorních analýz na podkladě leteckého snímku
Příloha č. 10: Digitální model terénu na podkladě leteckého snímku
Příloha č. 11: Situace proudového pole podzemní vody v kvartérním kolektoru
Příloha č. 12: Model mocnosti navážky v metrech od terénu
Příloha č. 13: Územní plán města Kopřivnice – výřez zájmové oblasti
Příloha č. 14: Koncepční rozsah kontaminace podzemní vody ropnými uhlovodíky C_{10}–C_{40} v kvartérním kolektoru
Příloha č. 15: Koncepční rozsah kontaminace podzemní vody polycyklickými aromatickými uhlovodíky v kvartérním kolektoru
Příloha č. 16: Variantní řešení pro navrhované varianty 1, 2 a 3
Příloha č. 17.1: Vyhodnocení hydrodynamických zkoušek na hydrogeologické vrtu HG2-1
Příloha č. 17.2: Vyhodnocení hydrodynamických zkoušek na hydrogeologické vrtu HG2-1
Příloha č. 17.3: Vyhodnocení hydrodynamických zkoušek na hydrogeologické vrtu HG2-1
Příloha č. 18: Toxikologické vlastnosti prioritních kontaminantů
Příloha č. 19: Protokol o geodetickém zaměření objektů
Příloha č. 20: Evidenční list geologických prací
Příloha č. 21: Fotodokumentace
Příloha č. 22: Doklady o odstranění odpadů vzniklých v rámci průzkumných prací
Příloha č. 23: Certifikáty laboratorních analýz

Přehled použitých zkratek:

Σ	suma
ClU	těkavé chlorované alifatické uhlovodíky
TOL	těkavé organické látky
BTEX	monocyklické aromatické uhlovodíky nehalogenované - benzen, toluen, ethylbenzen a xyleny
Uhlovodíky C_{10}–C_{40}	uhlovodíky obsahující 10 až 40 uhlíkových atomů v molekule
PAU	polycyklické aromatické uhlovodíky
PCB	polychlorované bifenyly
TOC	celkový organický uhlík
Cl^-	chloridy
NO_2^-	dusitany
NH_4^+	amonné ionty
Fe, Fe^{2+}, Fe^{3+}	železo, železo dvojmocné, železo trojmocné
Mn^{2+}	mangan dvojmocný
$CHSK_{Mn}$	chemická spotřeba kyslíku - manganistanová metoda
TK	těžké kovy
As	arsen
Cd	kadmium
Cr_{celk}	chrom celkový
Cr^{6+}	chrom šestimocný
Cu	měď
Hg	rtuť
Ni	nikl
Pb	olovo
Zn	zinek
V	vanad
MP	metodický pokyn
HDZ	hydrodynamické zkoušky
ČZ	čerpací zkouška
SZ	stoupací zkouška
OEŠ	odbor ekologických škod
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
LV	list vlastnictví
U.S. EPA	agentura životního prostředí USA

Úvod

Nástin problematiky, předmět zakázky

Na základě smlouvy o dílo č. 4/2010/OŽP na zpracování projektu města Kopřivnice „Lokalizace a charakteristika starých ekologických zátěží v Kopřivnici“ mezi objednatelem, městem Kopřivnice, a zhotovitelem, Sdružením „Kopřivnice (II)“ (Sdružení firem Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., BIOANALYTIKA CZ, s.r.o. a Josef Kroutil, zastoupeném vedoucím účastníkem sdružení Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.), zpracoval jmenovaný zhotovitel předloženou analýzu rizik.

Metodika průzkumných prací vycházela z projektové dokumentace zpracované společností UNIGEO a.s., Ostrava ze srpna 2008. Předmětem průzkumných prací byl podrobný geologický průzkum lokality, zaměřený na určení rozsahu tělesa skládky a jeho složení a analýza rizik, jejíž součástí je posouzení vlivu deponovaných materiálů na životní prostředí a zdraví obyvatel.

Riziková analýza byla zpracována v souladu se Zadávací dokumentací, podmínkami Operačního programu Životní prostředí, Oblast podpory 4.2 – Odstraňování starých ekologických zátěží a v souladu se závazným stanoviskem, vydaným dne 17.9.2008 pod č.j.: 60402/ENV/08. Analýza rizik byla dále vypracována ve smyslu Metodického pokynu Ministerstva životního prostředí České republiky č. 12 ze září 2005 (Metodický pokyn MŽP pro analýzu rizik kontaminovaného území).

Předmětem díla, které bylo technicky definováno zpracovanými podklady a podrobněji vymezeno podmínkami v textové části zadávací dokumentace a výkazem výměr bylo:

- Zpracování prováděcí projektové dokumentace.
  K prováděcí projektové dokumentaci bylo dne 6.8.2010 vydáno souhlasné stanovisko OEŠ MŽP pod č.j. 67574/ENV/10.
- Geofyzikální průzkum.
- Vrtné práce.
- Vzorkařské a terénní práce.
- Laboratorní analýzy.
- Geodetické práce.
- Zpracování analýzy rizik pro dané území.

Realizační tým zhotovitele, přehled subdodavatelů

Pro řešení zakázky v rozsahu byl zhotovitelem sestaven následující realizační tým:

Vodní zdroje Ekomonitor spol. spol. s r.o.

Odpovědný (statutární) zástupce:	Mgr. Pavel Vančura Ing. Miloš Čmelík Ing. Jiří Vala Ing. Josef Drahokoupil
Koordinátor projektu :	Ing. Petr Kubizňák

Řešitelé: Mgr. Vojtěch Dobiáš
Ing. Petr Kubizňák
Ing. Dagmar Bartošová
Mgr. Zuzana Trojanová
Mgr. Lucie Potočárová

Nositel odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce v oborech hydrogeologie a geologické práce – sanace (odpovědný řešitel):
Ing. Josef Drahokoupil

Vzorkovací a měřičské práce: kolektiv pracovníků pod vedením Bc. Jaromíra Hrachoviny – vedoucího vzorkovací skupiny

BIOANALYTIKA CZ, s.r.o.

Laboratorní analýzy:

Kolektiv pracovníků pod vedením Ing. Evy Novotné, vedoucí zkušební laboratoře a jednatelky společnosti

Josef Kroutil

Vrtné práce:

Kolektiv pracovníků pod vedením p. Josefa Kroutila, majitele firmy.

Na plnění předmětu zakázky se dále podílely i další pracovníci výše uvedených společností.

V rámci zpracování analýzy rizik byly zhotovitelem k subdodavatelským pracím využity subjekty uvedené v následující tabulce.

Tabulka č. 1: Přehled subdodavatelů

Pořadové číslo subdodavatele	Subdodavatel (obchodní firma nebo název/ obchodní firma nebo jméno a příjmení)	IČ (identifikační číslo)	Věcný podíl subdodavatele na plnění veřejné zakázky
1	GEONIKA, s.r.o.	48111767	Geofyzikální práce
2	Laboratoř M O R AV A s.r.o.	25399951	Akreditované laboratorní analýzy dle příslušných platných norem
3	Geodézie Krkonoše s.r.o.	49813081	Geodetické práce
4	GEOSTAR spol. s r.o.	13690337	Geologické práce a laboratorní analýzy dle příslušných platných norem

V rámci prováděných geologických prací byly provedené práce na předmětné lokalitě zaevidovány u České geologické služby – Geofondu ČR pod č. **2112/2010**.

Zájmová lokalita je evidována v databázi SEKM, **číslo zátěže 6939004**. Záznam v databázi SEKM byl na základě výsledků AR aktualizován.

1. Údaje o území

1. 1. Všeobecné údaje

1.1.1. Geografické vymezení území

Lokalita se nachází v extravilánu Kopřivnice v těsné blízkosti sz. okraje města při silnici směrem na Závišice, přesněji 1,3 km ssv. od vrcholu Bílé hory a 1,8 km sz. od kostela Sv. Bartoloměje v centru města Kopřivnice.

Skládka byla deponována do mělkého údolí, patrného z historických map[1], které se prohlubuje a je protáhlé ve směru JJZ–SSV. Levostranný přítok toku Kopřivnička pramení bezprostředně před předmětnou lokalitou, jedná se o svod dešťové vody z Bílé hory (příkop začíná u vjezdu na B.h., vede po pravé straně podél ul. K Očnímu a končí propustkem převádějícím vodu před lokalitou č. 3 vlevo podél lolality č. 2 pod skládkou je zatrubněn a dále kopíruje dno tohoto údolí směrem na SSV. Nadmořská výška lokality se pohybuje mezi 320–328 m n. m.

Odhadovaná plocha bývalé skládky byla dle archivních prací stanovena na cca 28 000 m^2. Z výsledků průzkumu předkládané analýzy rizik vyplývá, že rozloha skládky činí 29 200 m^2. Změna rozsahu skládky je patrná z **přílohy č. 5**.

V těsné blízkosti lokality (oddělená pouze místní komunikací Kopřivnice-Štramberk), směrem na JV, se nachází Lokalita 3 - Skládka kalů.

Situace zájmového území je graficky znázorněna v **příloze č. 1**, podrobnější situace je uvedena v **příloze č. 4**.

Zájmová lokalita náleží pod katastrální území 669393 Kopřivnice a nachází se v jeho severozápadní části. Správní zařazení zájmového území je uvedeno v tabulce č. 2:

Tabulka č. 2: Správní zařazení zájmového území

Kraj	Moravskoslezský
Okres	Nový Jičín
Obec s rozšířenou působností	Kopřivnice
Obec s pověřeným obecním úřadem	Kopřivnice

1.1.2. Stávající a plánované využití území

Územní plán Kopřivnice byl vydán Zastupitelstvem města Kopřivnice na jeho 21. zasedání, konaném dne 17. 9. 2009, usnesením č. 437, účinnosti nabyl 6. 10. 2009 (pod č. jedn.:19/2009/SÚP&51852/2009/kvito). Podle výše uvedeného územního plánu jsou pozemky zahrnující prostor bývalé skládky zařazeny do plochy RN (rekreace na plochách

[1] výšková složka i topologie rastrové ZM ČR 1:10 000 vychází z měření mezi roky 1957–1971 v rámci tvorby vojenských topografických map; od té doby nedošlo k její aktualizaci

přírodního charakteru). Změna funkčního využití předmětných pozemků se do budoucna nepředpokládá.

V těsné blízkosti lokality severním směrem prochází lokální biokoridor, který odděluje prostor bývalé skládky od zemědělsky využívaných ploch (NZ - neurbanizované zemědělské pozemky) na západ od areálu. Obdobně jsou zemědělsky využívány i pozemky při jižní hranici areálu. Na severní straně sousedí pozemky bývalé skládky s plochami pro příměstské bydlení individuální (BI) a soukromou zeleň (ZS). Na východní hranici je areál od sousedních ploch oddělen asfaltovou komunikací. Tento prostor je v současné době určen jako plocha k smíšenému obytnému městskému využití (zastavitelná plocha Z28 o výměře 9,7 ha). Výjimku tvoří prostor bývalé skládky kalů (Lokalita 3), která je určena jako plocha veřejné zeleně (ZV-1, zeleň na veřejných prostranstvích, výměra 0,88 ha).

Výřez hlavního výkresu územního plánu je uveden v **příloze č. 13**.

Přehled stávajícího a plánovaného využití kontaminovaného území a přilehlého okolí

Zájmové území se nachází při SZ okraji města. V současné době se na zarovnaném povrchu v místě bývalé skládky nachází jezdecký areál Bubla City Ranch se zařízením pro chov koní a restaurací, na JZ rozsahu skládky jsou pole. Většina povrchu lokality je pokryta nízkým porostem trávy, který je upravován, případně spásán koňmi (západní část lokality). Morfologicky je těleso bývalé skládky patrné pouze od severu (čelo skládky nad zahradami). Niveleta původního terénu (z doby po ukončení skládkování) byla ve východní části areálu nájemcem pozemku navýšena návozem zeminy o cca 2 m (v této části je vybudována restaurace, výběhy pro westernové show a převážná část souvisejících zařízení). Na části lokality je povrch písčitý či tvořen udusanou hlínou. Využití bezprostředního okolí bývalé skládky je převážně zemědělské, od jihu a od západu se vyskytují obhospodařovaná pole, severně leží několik zahrad s rodinnými domky.

Vzhledem k dlouhodobému pronájmu pozemku současnému nájemci (p. Kuboš) se změna využití území neplánuje a prostor bude nadále sloužit k chovu koní a provozování jezdeckého areálu.

V těsné blízkosti lokality východním směrem (oddělená pouze místní komunikací Kopřivnice-Štramberk) se nachází Lokalita 3 – Skládka kalů.

Ochrana přírody a krajiny

Nejbližším velkoplošným chráněným územím je CHKO Beskydy, jejíž hranice se nachází necelých 8 km jihovýchodním směrem od zájmové lokality. Nejbližšími maloplošně chráněnými územími je NPP Šipka (vápencové skalky s archeologickými nálezy ve Štramberku), PP Váňův kámen na úbočí Bílé hory a PP Travertinová kaskáda v Tiché.

Ve vzdálenosti cca 600 m západně od lokality probíhá hranice přírodního parku Podbeskydí (rozloha 12 800 ha).

Na území Kopřivnice byly nařízením vlády č. 371/2009 Sb. zařazeny do seznamu Evropsky významných lokalit soustavy NATURA 2000 dvě lokality. Jedná se o lokalitu Červený kámen, která zahrnuje území vrchu „Pískovna“ a části lesních komplexů severního svahu Červeného kamene a dále o lokalitu Štramberk, která mimo jiné zahrnuje území Bílé hory.

Zájmová lokalita není součástí žádných prvků územního systému ekologické stability. Při severu zájmového území prochází lokální biokoridor. Ve vzdálenosti cca 300 m západně od lokality se nachází lokální biocentrum s názvem Dubina.

Ochrana vodních zdrojů

Lokalita nezasahuje do ochranných pásem vodních zdrojů ani se v její blízkosti ochranná pásma vodních zdrojů nevyskytují.

1.1.3. Základní charakterizace obydlenosti území

Kopřivnice se nachází v Moravskoslezském kraji, okrese Nový Jičín. V Kopřivnici bylo k datu 31. 12. 2010 evidováno 22 892 obyvatel, z čehož bylo 49,18 % mužů (11 259) a 50,82% žen (11 633). Průměrný věk obyvatelstva je 38,6 let (muži 37,4 let, ženy 39,7 let).

Město Kopřivnice zahrnuje Kopřivnici a 3 místní části - Lubina, Mniší a Vlčovice, do správního obvodu města Kopřivnice jako obce s rozšířenou působností dále patří města Štramberk a Příbor a obce Kateřinice, Mošnov, Petřvald, Skotnice, Trnávka, Závišice a Ženklava.

V prostoru skládky nachází výše uvedený jezdecký areál Bubla City Ranch se zařízením pro chov koní včetně restaurace, který ale není trvale obydlen. V tomto areálu je nicméně umístěna restaurace a konají se zde různé akce, v rámci jejichž konání se v tomto areálu může nacházet až několik stovek osob. Vybudování sociálního zařízení pro veřejnost bylo důvodem pro vybudování vodovodu k areálu Bubla City Ranch. Využití bezprostředního okolí bývalé skládky je převážně zemědělské, od jihu a od západu se vyskytují obhospodařovaná pole, severně leží několik zahrad s rodinnými domky.

V těsné blízkosti lokality oddělená pouze místní komunikací se nachází lokalita č.3 – Skládka kalů. Pohyb osob na této lokalitě není sledován, lokalita není oplocena a je volně přístupná. Prostor má rekreační využití a slouží jako kynologické cvičiště. Nicméně tato lokalita leží proti směru proudění podzemních vod od řešené lokality.

1.1.4. Majetkoprávní vztahy

V následující tabulce č. 3 jsou uvedeny majetkoprávní vztahy pozemků v předmětném území. Katastrální mapa je uvedena v **příloze č. 5**. Všechny pozemky se nacházejí v katastrálním území 669393 Kopřivnice.

Tabulka č. 3: Majetkoprávní vztahy

Parcelní číslo	Výměra (m^2)	Druh pozemku	LV	Vlastník	Adresa
3372/1	8 590	Trvalý travní porost	10001	Město Kopřivnice	Štefánikova 1163/12, Kopřivnice, 742 21
3372/6	1 340	Trvalý travní porost	416	Marie Sopuchová 1/3 Jiří Vrátný 1/3 Josef Vrátný 1/3	Rybí 159, Rybí, 742 65 č.p. 255, Skotnice, 742 59 č.p. 158, Skotnice, 742 59
3372/7	2 157	Trvalý travní porost	512	Alena Nešpůrková 1/3 Michal Sopuch 1/6	Anenská 690, Frýdek-Místek, Místek, 738 01

Parcelní číslo	Výměra (m^2)	Druh pozemku	LV	Vlastník	Adresa
				Barbora Sopuchová 1/6 Sylva Surá 1/3	Bařiny 710, Štramberk, 742 66 Bařiny 710, Štramberk, 742 66 Zátiší 336, Jeseník, Bukovice, 790 01
3372/10*	7 240	Trvalý travní porost	4705	Město Kopřivnice Marie Sopuchová 1/3 Jiří Vrátný 1/3 Josef Vrátný 1/3	Štefánikova 1163/12, Kopřivnice, 742 21 Rybí 159, Rybí, 742 65 č.p. 255, Skotnice, 742 59 č.p. 158, Skotnice, 742 59
3380/1	27 482	Orná půda	10001	Město Kopřivnice	Štefánikova 1163/12, Kopřivnice, 742 21
3380/15	3 054	Orná půda	416	Marie Sopuchová 1/3 Jiří Vrátný 1/3 Josef Vrátný 1/3	Rybí 159, Rybí, 742 65 č.p. 255, Skotnice, 742 59 č.p. 158, Skotnice, 742 59
3380/16*	119	Orná půda	4704	Česká republika Marie Sopuchová 1/3 Jiří Vrátný 1/3 Josef Vrátný 1/3	(právo hospodaření MNV Kopřivnice, 742 21) Rybí 159, Rybí, 742 65 č.p. 255, Skotnice, 742 59 č.p. 158, Skotnice, 742 59
3380/17	37	Orná půda	512	Alena Nešpůrková 1/3 Michal Sopuch 1/6 Barbora Sopuchová 1/6 Sylva Surá 1/3	Anenská 690, Frýdek-Místek, Místek, 738 01 Bařiny 710, Štramberk, 742 66 Bařiny 710, Štramberk, 742 66 Zátiší 336, Jeseník, Bukovice, 790 01
3381/1	116	Ostatní plocha	512	Alena Nešpůrková 1/3 Michal Sopuch 1/6 Barbora Sopuchová 1/6 Sylva Surá 1/3	Anenská 690, Frýdek-Místek, Místek, 738 01 Bařiny 710, Štramberk, 742 66 Bařiny 710, Štramberk, 742 66 Zátiší 336, Jeseník, Bukovice, 790 01
3382/1	14 051	Orná půda	512	Alena Nešpůrková 1/3 Michal Sopuch 1/6 Barbora Sopuchová 1/6 Sylva Surá 1/3	Anenská 690, Frýdek-Místek, Místek, 738 01 Bařiny 710, Štramberk, 742 66 Bařiny 710, Štramberk, 742 66 Zátiší 336, Jeseník, Bukovice, 790 01
3382/2	3 652	Orná půda	5136	Ing. Stanislav Marek 1/2 Pavla Štěpánová 1/2	Dolní 626/7, Kopřivnice, 742 21 Zdeňka Buriana 957/15, Kopřivnice, 742 21

*Duplicitní zápis vlastnictví

Pozemek č. 3380/13 byl z předmětného území vyčleněn, jelikož byl mimo zájmovou oblast, a nebyl na něj povolen vstup. Pozemky č. 3380/18 a 3381/2, na které vstup povolen byl, se také nacházejí mimo zájmovou oblast.

1. 2. Přírodní poměry zájmového území

1.2.1. Geomorfologické a klimatické poměry

Zájmová lokalita je podle Demka **[1]** součástí geomorfologického okrsku Libhošťská pahorkatina, která spadá do podcelku Příborská pahorkatina, celku Podbeskydská pahorkatina, která je součástí oblasti Západobeskydské podhůří v subprovincii Vnější Západní Karpaty a provincii Západní Karpaty. Regionálně spadá území do Alpsko-himalájského systému. Libhošťská pahorkatina se nachází ve střední části Příborské pahorkatiny. Jedná se o plochou pahorkatinu úpatního typu. Vyskytují se zde flyšové jílovce, jíly, pískovce slezského a žďánicko-podslezského příkrovu, dále pak vyvřeliny těšínitů, miocenní sedimenty a glacilakustrinní sedimenty sálského zalednění. Oblast je charakteristická svým erozně denudačním reliéfem s výraznými suky na odolnějších horninách, periglaciálními tvary, říčními terasami a širokými údolními nivami. Typická je také nízká míra zalesnění v tomto geomorfologickém okrsku, mezi lesními porosty pak převažují smrkové kultury.

Podle Quitta **[2]** je zájmová lokalita součástí mírně teplé klimatické oblasti MT9. Průměrná červencová teplota dosahuje 17–18 °C, průměrná lednová teplota je −3 až −4 °C. Po období 140–160 dní v roce se průměrná denní teplota vyskytuje nad hodnotou 10 °C, 110–130 dní je teplota pod bodem mrazu. Sněhová pokrývka se v průměru drží na zemském povrchu po dobu 60–80 dní v roce. Úhrn srážek dosahuje hodnoty 650–750 mm/rok, přičemž většina srážek spadne ve vegetačním období (400–450 mm), v zimním období spadne v průměru 250–300 mm.

1.2.2. Geologické poměry

Zájmová oblast se z pohledu regionální geologie nachází ve flyšovém pásmu Vnějších Západních Karpat. Horniny flyšového pásma jsou tvořeny příkrovy slezské a podslezské jednotky, které jsou nasunuty na autochtonní výplň miocenní předhlubně a dále na varijské podloží, které je tvořeno horninami Českého masívu.

Varijské podloží je tvořeno hrušovickými vrstvami (namur A) svrchního karbonu v ostravském souvrství. Povrch těchto sedimentů (pískovce) se nalézá na úrovni cca −300 m n. m. Karbonské horniny jsou překryty horninami vněkarpatských příkrovů.

Vněkarpatské příkrovy jsou zastoupeny frýdeckými vrstvami stupně turon–maastricht (svrchní křída) spadající do podslezské jednotky a dále souvrstvím bašským (stupeň apt–alb spodní křídy) a těšínsko-hradišťským (chlebovické vrstvy; apt–alb spodní křídy), které jsou součástí slezské jednotky.

Frýdecké vrstvy jsou zastoupeny šedými vápnitými jílovci a občasným výskytem pískovců a slepenců. Bašské souvrství tvoří převážně pískovce, silicity, vápence a jílovce, přičemž horninami těšínsko-hradišťských vrstev jsou jílovce, pískovce, slepence a vápence.

Mezozoické horniny vycházejí místy na povrch ve formě výchozů, většinou však zůstávají překryty kvartérním pokryvem, který dosahuje proměnlivé mocnosti. Složení kvartérních sedimentů je pestré - vyskytují se zde sedimenty geneze eolické, fluviální, deluviální, glacifluviální až po lakustrinní. Mezi nejrozšířenější kvartérní sedimenty patří naváté sprašové hlíny svrchního pleistocénu, dále pak písky a štěrky, kterým dalo vznik sálské zalednění Českého masívu ve středním pleistocénu. Na úbočí svahů se vyskytují deluviální sedimenty, které jsou zastoupeny hlinito-kamenitými sedimenty. V oblastech vodních toků

se vyskytují sedimenty fluviálně podmíněné, jsou to obzvláště hlína, písek a štěrk holocenního stáří.

Přirozený vrstevní sled sedimentů je místy narušen antropogenní aktivitou ve formě deponace navážek.

Vlastní skalní podloží je na lokalitě tvořeno frýdeckými vrstvami. Kvartérní pokryv lokality (neovlivněný antropogenní činností) budují především holocenní deluviální kamenito-hlinité sedimenty ve svrchní části profilu, pod nimiž jsou uloženy eolické sprašové hlíny (svrchní pleistocén). Podél potoka jsou uloženy deluviofluviální písčitohlinité sedimenty.

V minulosti provedenými průzkumnými pracemi **[10]** byly v průzkumném hydrogeologickém vrtu HM-2 hloubky 8 m v SZ části skládky zastiženy ve svrchní části geologického profilu humózní hlíny s travnatým drnem, níže pak prachovité zeminy světle šedohnědé barvy, o mocnosti cca 0,5 m (bez kontaminace). Antropogenní navážky byly vesměs zahliněné, tvořené stavebními materiály, slévárenskými písky a komunálními odpady. Ve svrchní části navážek (1,0–2,1 m) byly uloženy především slévárenské písky s příměsí komunálního odpadu s viditelnou kontaminací olejovitého charakteru, pod nimiž byly zastiženy v úrovni 3,0–4,5 m zahliněné slévárenské písky se středním zápachem, spodní část navážek byla tvořena silně zahliněným komunálním odpadem se silným organickým zápachem (5,0–7,5 m). Vlastní podloží skládky budují světle šedé jíly s obsahem organických zbytků rostlinného původu.

Zájmovou lokalitu v nejsvrchnějších partiích tvoří především antropogenní navážka-skládka. Tato vrstva dosahuje podle korelací geofyzikálního měření 5–7 metrů. Na lokalitě byla vyvrtána sonda S2-1do hloubky 7 m, na korelaci geofyzikálních údajů, která zastihla následující profil:

0,00–0,10 m	hlína prachovitá hnědá
0,10–0,40 m	šedozelený jíl s vysokou plasticitou
0,40–1,00 m	navážka, šedočerný písčitý kal
1,00–6,20 m	navážka, černý kal
6,20–7,00 m	jíl s vysokou plasticitou

Upřesnění lokálních geologických poměrů zájmové lokality na základě výsledků provedených průzkumných prací

Geologický profil průzkumných nevystrojených sond a vystrojených vrtů je v nejsvrchnějších partiích (max. do 0,3 m) tvořen humózní vrstvou a hnědou hlínou. V nově realizovaných vystrojených hydrogeologických vrtech (HG2-1 a HG2-2) je níže v geologickém profilu zastoupen plastický jíl, který ve vrtu HG2-1 zasahuje do hloubky 6 m a v hloubce kolem 5 m je vystřídán polohou jílovitého štěrku. Téměř celý geologický profil vrtu HG2-2 (6 m) je tvořen plastickým jílem, který mění barvu od rezavé ve svrchnějších partiích přes šedou do zelené v hlubších částech profilu. Nejnižší část geologického profilu zasáhl polohu jílovitého štěrku.

V nevystrojených sondách, které byly umístěné přímo v tělese skládky, byly (kromě sond S2-3, S2-4 a S2-9) zastiženy polohy antropogenní navážky. Antropogenní navážka má ve svrchních partiích (zhruba od 0,1 do 2,5 m) charakter jílovité zeminy, ojediněle smíchanou se stavebním odpadem. V hlubších částech geologického profilu je deponovaný skládkový materiál tvořený písčitými kaly s příměsí stavebního odpadu (cihly, beton, železo, keramika), komunálním odpadem (PVC fólie, gumy, textilie, sklo) a slévárenskými formami. Antropogenní navážka zasahuje do hloubkového rozmezí 0,1–7,8 m, mocnost navážky je tedy značně variabilní. V podloží skládky se vyskytuje plastický jíl nebo jílovitý písek.

Geologické poměry v oblasti města Kopřivnice jsou znázorněny v **příloze č. 2**, průběh geologického řezu je znázorněn v **příloze č. 6**. Geologická dokumentace včetně geologického řezu lokalitou jsou součástí **přílohy č. 8**. Evidenční list geologických prací je uveden v **příloze č. 20**.

1.2.3. Hydrogeologické poměry

Z hydrogeologického hlediska **[3]** spadá oblast Kopřivnice a jeho blízkého okolí do hydrogeologického rajonu 3213 – Flyš v mezipovodí Odry.

Podzemní voda je v oblasti soustředěna především na kvartérní sedimenty a svrchní část přípovrchového rozpojení flyšoidních sedimentů. Převládá především mělký oběh podzemní vody s volnou hladinou. Propustnost kvartérních sedimentů je průlinová, propustnost podložních hornin je průlino-puklinová. V nivě řeky Lubiny se vyskytuje průlinový kolektor holocenních fluviálních sedimentů údolních niv. Jsou to písčité hlíny a štěrky s nízkou až střední hodnotou transmisivity ($2{,}2.10^{-5}$–$2{,}3.10^{-4}$ m^2/s). Kvartérní glacigenní sedimentace glacifluviálních písků, písčitých štěrků a písčitých tillů bazální morény vytváří lokální kolektory. Koeficient transmisivity se pro tyto kolektory pohybuje v řádu 1.10^{-5}–1.10^{-4} m^2/s. Sprašové hlíny, které jsou v nadloží, vykazují velmi nízké až nízké hodnoty transmisivity (s hodnotami 1.10^{-5}–1.10^{-4} m^2/s). Regionální izolátor (T 1.10^{-6}–1.10^{-5} m^2/s) v oblasti tvoří frýdecké vrstvy, které vyplňují centrální část a oblast okolo obce Mniší. Na jv. a jz. oblasti tvoří horské části převážně bašské souvrství a chlebovické vrstvy, které vykazují velmi nízké až nízké hodnoty transmisivity (s hodnotami 1.10^{-5}–1.10^{-4} m^2/s).

Upřesnění lokálních hydrogeologických poměrů zájmové lokality na základě výsledků provedených průzkumných prací

V nově realizovaných hydrogeologických vrtech HG2-1 a HG2-2 byla hladina podzemní vody zastižena v závislosti na morfologii terénu v hloubce 3,5 a 2,5 m pod povrchem terénu. Tato hloubka odpovídá mělké kvartérní zvodni. Hladina podzemní vody je napjatá. Podle hydrodynamických zkoušek, které byly na lokalitě provedeny, bylo zjištěno, že koeficient filtrace hornin se pohybuje okolo $6{,}7.10^{-5}$m/s. Průměrná transmisivita dosahuje hodnoty $1{,}7.10^{-4}$ m^2/s. Podle Jetela (1980) jsou tyto horniny mírně propustné. Hladina podzemní vody se na čerpaném vrtu HG2-1 ustálila v hloubce 1,25 m od povrchu terénu.

Situace proudového pole je znázorněna v **příloze č. 11**.

1.2.4. Hydrologické poměry

Zájmové území je odvodňováno Kopřivničkou, číslo hydrologického pořadí 2-01-01-138/0, která tvoří drenážní bázi pro povrchové a podzemní vody. Velikost dílčího povodí je 13,651 km^2. Kopřivnička pramení v nadmořské výšce 472 m u Janíkova sedla pod vrcholem Červený kámen (690 m) asi 2 km jihovýchodně od středu města. Pokračuje hlubokým údolím s kamennými hrázemi a přepady pod hradem Šostýn. Dále po proudu teče kolem městského koupaliště a hřbitova. Tady již vtéká do zastavěné zóny, protéká městem a potom mezi poli. Po 6,9 km se vlévá do řeky Lubiny (287 m n. m.). Celkový spád toku je kolem 3 %. Průměrný průtok u ústí činí 0,11 m^3/s.

Specifický odtok je podle mapy 1:500 000 Regiony povrchových vod v ČSR (Vlček, 1971) v rozmezí 10–15 l/s/km^2. Oblast spadá do regionu III-A-4-d, který představuje region středně vodný, s velmi malou retenční schopností a vysokým koeficientem odtoku. Lokalita se podle Základní vodohospodářské mapy ČR 1:50 000, list 25-21 Nový Jičín nevyskytuje v blízkosti ochranných pásem vodních zdrojů.

Vodohospodářské poměry zobrazuje **příloha č. 3**.

1.2.5. Geochemické a hydrochemické údaje o lokalitě

Z výsledků chemických analýz prováděných v rámci předkládané analýzy rizik náleží podzemní vody, odebrané z objektů na lokalitě, chemickému typu: Ca-Mg-HCO_3-SO_4[2].Vodivost podzemních vod se pohybuje od 643 do 1 023 µS/cm, hodnoty pH odpovídají neutrálním podmínkám. Hodnoty oxidačně-redukčního potenciálu podzemních vod odráží podmínky od redukčních (−113,7 mV) přes slabě redukční (−42,7 mV) až k oxidačním (117,2 mV). Na lokalitě je ověřený výskyt podzemní vody soustředěný v úrovni 0,87–5 m. V nadloží skládkového materiálu se vyskytuje antropogenní navážka charakteru jílovité zeminy, která je často smíchána s úlomky stavebního materiálu. Níže v profilu je deponovaný skládkový materiál tvořený písčitými kaly s příměsí stavebního odpadu (cihly, beton, železo, keramika), komunálním odpadem (PVC fólie, gumy, textilie, sklo) a slévárenskými formami. V podloží skládky se vyskytuje plastický jíl nebo jílovitý písek, který tvoří izolátor. Svrchní část geologického profilu s antropogenními navážkami na lokalitě můžeme klasifikovat jako propustné až polopropustné prostředí.

Jíl a jílovitá zemina, obecně obsahuje množství jílových minerálů, které způsobují vyšší sorpční kapacitu půdy, jež má výrazný pozitivní vliv na adsorpci kontaminantů v nesaturované zóně a činí je tak nemobilními.

[2] *ionty reprezentující chemický typ vody byly určeny na základě překročení 20 % ekvivalentu jejich koncentrace*

2. Průzkumné práce

2.1. Dosavadní prozkoumanost území

2.1.1. Základní výsledky dřívějších průzkumných prací na lokalitě

V rámci hodnocení ekologické zátěže lokality byl dosud proveden pouze úvodní orientační průzkum bývalé skládky TKO. Tento průzkum byl proveden společností AZ GEO, s.r.o. v roce 2003, v rámci jeho vyhodnocení byla zpracována závěrečná zpráva „Závěrečná zpráva z orientačního průzkumu skládky TKO, AZ GEO, s.r.o., září 2003“. Tento průzkum byl zpracován pro město Kopřivnice jako objednatele v souvislosti s plánovaným rozšířením obytné zástavby do blízkého okolí bývalé skládky.

V rámci tohoto průzkumu byly uskutečněny následující práce:

- Vybudování dočasně paženého hydrogeologického vrtu HM-2 do hloubky 8 m
- Odběry a laboratorní analýzy 3 ks zonálních vzorků zemin z vrtu HM-2 (3x sušina, 1x vodný výluh)
- Odběr podzemní vody z vrtu HM-2 (statický)
- Odběry vzorků vody z pramenních vývěrů při severovýchodním valu skládky (2 ks)
- Laboratorní analýzy odebraných vzorků zemin, podzemní vody a vody z pramenních vývěrů
- Terénní měření HPV, geodetické zaměření vrtu HM-2
- Zpracování závěrečné zprávy

V rámci průzkumných prací byly sledovány následující polutanty:

Podzemní voda, pramenní vývěry:

Cd, Cu, Cr, Ni, As, Co, Hg, Pb, kyanidy celkové, PAU-6, NEL

Zemina v sušině:

Cd, Cu, Cr, Ni, As, Co, Hg, Pb, kyanidy celkové, NEL, PAU-15, BTEX, ClU

Zemina ve výluhu:

Ukazatelé třídy vychovatelnosti III dle Vyhl. 383/2001 Sb. – tab. 6.3. + NEL, PAU

V rámci průzkumných prací byly zjištěny následující skutečnosti:

a) Geologické a hydrogeologické poměry

- povrch skládky – humózní hlína s travným drnem, níže prachovitá zemina světle šedohnědé barvy, bez kontaminace; mocnost cca 0,5 m
- antropogenní navážky: zahlíněné navážky – stavební materiály, slévárenské písky, TKO; svrchní část – slévárenské písky s příměsí komunálního odpadu s viditelnou kontaminací olejovitého charakteru (1,0–2,1 m); střední část – zahlíněné slévárenské

písky se středním zápachem (3,0–4,5 m); spodní část – silně zahliněný komunální odpad se silným organickým zápachem (5,0–7,5 m); celková mocnost cca 7,5 m
- podloží skládky – světle šedý jíl s obsahem organických zbytků rostlinného původu.
- povrchová úprava skládky (hlinito-prachovitá vrstva) má polopropustné až propustné vlastnosti
- antropogenní sedimenty (navážky) – polopropustné až propustné; hladina podzemní vody byla naražena v hloubce 4,5 m p. t., pseudoustálená hladina podzemní vody (po 24 hod) v hloubce 3,48 m p. t.; zahliněný písčitý kolektor – zvodněný systém s volnou až mírně napjatou hladinou
- podložní jíly mají charakter podložního izolátoru
- dotace vody: atmosférické srážky a přítok podzemní vody z jihu až JV
- směr proudění podzemní vody: k severu až SZ
- podzemní voda pravděpodobně obtéká skládku kalů (díky nepropustným jílovitým valům) a do tělesa skládky TKO nepřináší kontaminaci ze skládky kalů (Lokalita 3).

b) Stav kontaminace lokality

Zemina

Bylo konstatováno překročení kritéria C_{obyt} (dle Metodického pokynu MŽP z r. 1996) u vrtu HM-2 v zonálním vzorku z úrovně 3–4,5 m v ukazatelích NEL (2 340 mg/kg) a benzo/a/pyren (2,55 mg/kg), ve vzorku z úrovně 5–7,5 m v ukazatelích NEL (6 910 mg/kg), Cr_{celk} (1 030 mg/kg) a benzo/a/pyren (2,64 mg/kg), ve vzorku podložních jílů z úrovně 7,5–8 m nebylo znečištění zastiženo.

Ve vodném výluhu ve vzorku z úrovně 5–7,5 m nebyly nalezeny výrazně zvýšené hodnoty sledovaných polutantů, odpad by dle porovnání s platnou vyhláškou mohl být uložen na skládce S-ostatní.

Podzemní voda

Ve vzorku podzemní vody z vrtu HM-2 bylo konstatováno překročení kritéria C (dle Metodického pokynu MŽP z r. 1996) v ukazatelích NEL (5,77 mg/l), Cr_{celk} (360 µg/l) a benzo/a/pyren (0,245 µg/l). Hodnota kritéria B pro znečištění podzemní vody byla překročena v následujících parametrech: Ni, benzo/b/fluoranthen, benzo/k/fluoranthen a indeno(1,2,3-c,d)pyren. U dalších stanovovaných parametrů (As, Hg, Pb, kyanidy, fluoranthen a benzo/ghi/perylen bylo překročeno kritérium A MP MŽP.

Pramenní vývěry

U pramenních vývěrů byla míra kontaminace výrazně nižší, pouze obsah Pb byl u východního pramenního vývěru (P2) zvýšen nad úroveň kritéria B. Z dalších sledovaných ukazatelů bylo překročeno kritérium A v parametrech As, Cu, Hg, NEL, kyanidy, fluoranthen, benzo/b/fluoranthen a benzo/a/pyren.

Celkově lze vliv kontaminace uložených komunálních odpadů na kvalitu podzemní vody protékající skládkou charakterizovat jako výrazný v případě koncentrací látek typu NEL, Cr a benzo/a/pyren. Na základě srovnání s limity pro pitnou vodu překračují analyzované ukazatele maximální přípustné koncentrace v ukazatelích As, Cr, Hg, Ni, Pb, NEL, ∑PAU.

Na základě srovnání s limity pro povrchovou vodu byly překročeny maximální koncentrace v ukazatelích Cr, Hg, Cu, Ni, Pb, NL, ∑PAU. Z uvedeného výčtu byly v ukazatelích Cu, Hg a Pb překročeny limity pro povrchové vody vzorkem z pramenního vývěru (P-2) vytvářející povrchový tok.

Bylo konstatováno, že pravděpodobně dochází k migraci polutantů z nezabezpečeného tělesa skládky do podzemních vod. Skládka nemá vybudovaný účinný izolační systém zabraňující přítoku nekontaminovaných podzemních vod z blízkého tělesa skládky. Dále bylo konstatováno, že není zabezpečen povrch skládky pro zamezení infiltrace srážkových vod do tělesa skládky.

c) Odhad objemové bilance kontaminovaných odpadů
(pouze z jednoduchého plošného měření a vrtu HM-2)

Celkový maximální objem odpadů	170 000 m^3
Podíl kontaminovaných odpadů	min. 17 000 m^3 (min. 10%)
Podíl ostatních odpadů	153 000 m^3

V závěrečné zprávě bylo konstatováno, že zjištěná úroveň kontaminace může znamenat významné riziko ohrožení jednotlivých složek životního prostředí, zejména povrchových vod dotovaných průsaky ze skládky i pro přípovrchovou zvodeň podzemní vody. Bylo doporučeno provést podrobnější průzkum pro přesnější stanovení objemových bilancí a charakteru odpadů ve skládkovém tělese a posoudit rizika plynoucí ze zjištěné kontaminace. Následně provést odstranění masivně kontaminovaných odpadů a provést celkovou rekultivaci skládky dle příslušných právních předpisů a norem, zejména zatěsnění skládkového tělesa proti průniku atmosférických srážek, a monitoringu kvality podzemních vod.

Po roce 2003 dle dostupných informací nebyly na lokalitě prováděny žádné další průzkumné práce.

V prostoru bývalé skládky byl v rámci předcházejících průzkumných prací vybudován neúplný hydrogeologický vrt HM-2. Jedná se o dočasně pažený vrt, realizovaný do hloubky 8 m na severovýchodní hranici (odtokový profil podzemních vod) skládky TKO.

Základní hydrologické parametry tohoto vrtu včetně hladiny měřené dne 5. 9. 2003 uvádíme v tabulce č. 4:

Tabulka č. 4: Základní parametry archivního vrtu HM-2

	HM-2
Hladina podzemní vody	4,5 m naražená, 3,4 m ustálená
Výstroj vrtu (dočasná)	PVC ø 110 mm 0–1m plná pažnice; 1–5,7 m perforovaná pažnice

V současné době se na zarovnaném povrchu v místě bývalé skládky nachází jezdecký areál Bubla City Ranch se zařízením pro chov koní a restaurací, na JZ cípu skládky jsou pole. Většina povrchu lokality je pokryta nízkým porostem trávy, který je upravován, případně spásán koňmi (západní část lokality). Na části lokality je povrch písčitý či tvořen udusanou

hlínou. Využití bezprostředního okolí bývalé skládky je převážně zemědělské, od jihu a od západu se vyskytují obhospodařovaná pole, severně leží několik zahrad s rodinnými domky. V těsné blízkosti lokality východním směrem (oddělená pouze místní komunikací Kopřivnice-Štramberk) se nachází Lokalita 3 – Skládka kalů. Morfologicky je těleso bývalé skládky patrné pouze od severu (čelo skládky nad zahradami). Niveleta původního terénu (z doby po ukončení skládkování) byla v jižní části areálu nájemcem pozemku navýšena návozem zeminy o cca 2 m (v této části je vybudována restaurace, výběhy pro westernové show a převážná část souvisejících zařízení). Pod severním čelem skládky se nachází dva pramenní vývěry, z nichž západní je zatrubněn (nejedná se o klasický volný pramenní vývěr, voda je vyvedena zpod tělesa skládky trubkou, toto zatrubnění dle archivních prací částečně odvodňuje podloží skládky). Tento vývěr dále pokračuje jako levostranný přítok Kopřivničky. Zbytky ukládaných odpadů jsou patrné pouze ojediněle na severním čele skládky. Jihozápadní část rozsahu skládky přesahuje plochu samotného jezdeckého areálu – jedná se o pozemky, vedené v katastru nemovitostí pod parcelními čísly 3382/1 a 3382/2. Oba zmíněné pozemky jsou situovány na poli a jsou vedeny jako orná půda.

Zhruba 20 m od z. okraje skládky se nachází hydrogeologický vrt **ST1-1**, který dle vyjádření majitele jezdeckého areálu slouží jako zdroj užitkové vody (zalévání, mytí atd.) včetně napájení koní. Parametry tohoto vrtu, zjištěné při rekognoskaci dne 29. 4. 2010, jsou uvedeny v následujícím přehledu:

Výška O. B. nad terénem:	0,07 m
Hloubka od O.B.:	7,12 m
Hladina od O.B.:	2,50 m
Výstroj:	PVC zárubnice ø 200 mm, chránička ø 260 mm

Vrt je vystrojen ponorným čerpadlem, čerpané množství vody není známo (objekt není osazen vodoměrem ani není nájemcem areálu prováděno žádné jiné sledování odebraného množství vody).

Oplocení jezdeckého areálu na JV a SV kopíruje prostor bývalé skládky, na SZ je rozsah skládky menší než rozsah jezdeckého areálu (o cca 20–30 m), na J a JZ deponovaný materiál plošně přesahuje oplocení areálu o cca 50 m. Přístup na lokalitu je možný z asfaltové komunikace spojující Kopřivnici a Štramberk.

Dle archivních mapových podkladů, leteckých snímků a svědectví pamětníků byla daná lokalita původně malým údolím s vývěrem pramenů z okolních polí, do kterého bylo v době navážení odpadů neodborně uloženo betonové odvodňovací potrubí. Bylo zde deponováno blíže neznámé množství stavebních, průmyslových a komunálních odpadů. Odpady byly po ukončení skládkování překryty vrstvou výkopové zeminy. Odhad množství uložených odpadů se pohybuje od 85 000 do 224 000 m^3.

Na základě prováděcí projektové dokumentace **[4]** byla na lokalitě dne 7. 9. 2010 odvrtána první nevystrojená sonda **S2-1**, jejíž situace je patrná z **přílohy č. 6** a geologický profil je součástí **přílohy č. 8**. Výsledky z vrtných prací byly korelovány s výstupy z geofyzikálního průzkumu, konkrétně s výsledky seismického profilování.

Sondou S2-1 byl zastižen následující profil:

0–0,10 m	Hlína prachovitá, hnědá
0,10–0,4 m	Jíl s vysokou plasticitou, šedozelený, konzistence měkká
0,4–1,0 m	Navážka šedočerný písčitý kal, s příměsí stavebního odpadu (cihly, beton, železo)
1,0–6,2 m	Navážka, černý kal tvořený slévárenským pískem s příměsí PVC fólií, středně plastický
6,2–7,0 m	Jíl s vysokou plasticitou, šedý, konzistence tuhá

Společnost GEONIKA, s.r.o. přes umístění sondy S2-1 vedla profil P1 (82 m ze směru SZ), na kterém bylo provedeno seismické profilování a odporová tomografie. Výsledky seismického profilování[3] byly porovnány se zastiženou hloubkou rozhraní měkkých sedimentů (včetně skládkových materiálů) a podloží. U předmětné sondy bylo na základě vrtných prací zjištěno podloží na úrovni 6,20 m pod terénem, přičemž z výsledků seismického měření vychází rozhraní rovněž mírně vyšší než 6 m. Profil byl rovněž veden přes archivní dočasně vystrojený vrt HM-2 (uvedený vrt byl situován na profilu P1 na úrovni 52 m ze směru SZ), kde bylo rozhraní dokumentováno v 7,5 m pod terénem a odpovídalo hodnotě z výsledků geofyziky. Z výše uvedeného porovnání výsledků lze usuzovat na vysokou míru korelace seismického profilování se skutečnou úrovní podloží na lokalitě. Výsledky z této geofyzikální metody nebyly tedy při hloubkové interpretaci skládkových materiálů upravovány. V místech, kde nebylo seismické profilování prováděno, tj. směrem k JZ, bylo uvažováno se snižující se mocností skládky a jejímu úplnému vyklínění na jz. okraji vymezení skládky; tento předpoklad byl podložen archivními výškopisnými údaji z rastrové Základní mapy ČR 1:10 000, které pochází z let 1957–1971. Z této mapy je patrná přítomnost údolí a i jeho průběh ve směru JJZ–SSV přes vymezenou lokalitu – původní terén se prudčeji zařezává cca 12 m sv. od jz. okraje skládky a bylo v nejhlubší části (střed až SV oblasti) zaříznuto zhruba 4 m pod úroveň okolního terénu.

2.1.2. Přehled zdrojů znečištění

Vznik ekologické zátěže na lokalitě 2 - Jezdecký areál, souvisí s ukládáním tuhých komunálních odpadů města Kopřivnice a činností podniku TATRA Kopřivnice. Jediným zdrojem kontaminace skládky je vlastní neodborné ukládání komunálních, stavebních a slévárenských odpadů. K největšímu ukládání odpadů na lokalitě 2 - Jezdecký areál docházelo přibližně v 70. letech 20. století. Jedná se o písčité kaly s příměsí stavebního odpadu (cihly, beton, železo, keramika), komunálního odpadu (PVC fólie, gumy, textilie, sklo) a slévárenské formy.

2.1.3. Vytipování látek potenciálního zájmu a dalších rizikových faktorů

Sestavení seznamu látek potencionálního zájmu vychází především z podrobných informací o historii využití území s ohledem na látky, které se zde mohou vyskytovat v důsledku provozované činnosti. Dále byly k sestavení tohoto seznamu využity skutečnosti

[3] metodika a interpretace geofyzikálních metod viz **kapitola 5.2**

o charakteru kontaminace horninového prostředí předmětné lokality zjištěné v rámci v minulosti provedených průzkumných prací.

Hlavními již prokázanými kontaminanty, které byly na hodnocené lokalitě zaznamenány, jsou ropné uhlovodíky (kvantifikované jako NEL), PAU a některé těžké kovy.

Hlavními kontaminanty, podle výsledků aktuálních průzkumných prací, jsou zejména polycyklické aromatické uhlovodíky a ropné uhlovodíky.

V rámci průzkumných prací byly dále sledovány obsahy řady dalších látek (BTEX, ClU, kyanidy, PCB) a prováděna terénní měření. Dále rozšířená stanovení v podzemních vodách sloužila k posouzení průběhu atenuačních procesů na lokalitě a na zjištění základních fyzikálně-chemických vlastností podzemních vod na lokalitě.

Fyzikálně-chemické charakteristiky látek potenciálního zájmu jsou uvedeny **v příloze č. 18.**

2.1.4. Předběžný koncepční model znečištění

V rámci zpracování analýzy rizik byly zvažovány možné transportní cesty a expoziční scénáře, které připadají v úvahu při hodnocení rizika pro posuzovanou lokalitu. Následující tabulka obsahuje soupis všech uvažovaných expozičních cest, pro které je uvažován rozsah prací v analýze rizik. Místem možného úniku kontaminantů je bývalá skládka. Cílovým bodem průniku je mělký kvartérní kolektor podzemní vody a místní vodoteč (pramenní vývěr pod skládkou přecházející v místní vodoteč, která je levostranným přítokem Kopřivničky).

Tabulka č. 5: Předběžný koncepční model

Expoziční cesta č.	Ohnisko znečištění	Transportní cesta	Příjemce rizik	Poznámka
1	Bývalá skládka	Průsaky srážkové vody, výluhy ze skládky a jejich rozpouštění do podzemní vody → transport podzemní vodou → jímání vod studněmi, vrty	Obyvatelstvo, koně v areálu (pitná a užitková voda) – expozice ingescí, dermální a inhalační	Zejména obyvatelstvo využívající studny nacházející se ve směru proudění podzemních vod (severně od bývalé skládky)
2	Bývalá skládka	Průsaky srážkové vody, výluhy ze skládky a jejich rozpouštění do podzemní vody → transport podzemní vodou → povrchové vody	Ekosystémy, povrchový tok, vodní ekosystémy, obyvatelstvo-expozice ingescí, dermální a inhalační	Pramenní vývěr přechází v povrchovou vodoteč, která je levostranným přítokem Kopřivničky
3	Bývalá skládka	Emise plynů a prachu → splachy → vodní ekosystémy	Povrchový tok, vodní ekosystémy poškození vegetačního krytu, dále lidé a zvířata pohybující se v jezdeckém areálu - expozice ingescí, dermální a inhalační	

Předpokládanými migračními cestami jsou zejména vymývání kontaminantů ze znečištěné nesaturované zóny (skládkového tělesa) do zvodně, jejich následná migrace mělkým kvartérním kolektorem a případná infiltrace kontaminace ze znečištěných podzemních vod do vod povrchových. Dále přímý výluh a migrace kontaminace do povrchových vod pramenními vývěry.

Potenciálními příjemci rizik jsou zde povrchové vody a na ně vázané ekosystémy, obyvatelstvo jímající a využívající podzemní vody mělké kvartérní zvodně (severně od skládky), lidé pohybující se nebo pracující v jezdeckém areálu a koně ustájení v areálu.

Základem předběžného koncepčního modelu je tabulka č. 5 se soupisem všech uvažovaných expozičních cest, pro které je projektován rozsah prací na aktualizaci analýzy rizik.

2.2. Aktuální průzkumné práce

2.2.1. Metodika a rozsah průzkumných a analytických prací

Cílem aktuálních průzkumných prací bylo zdokumentovat stávající úroveň kontaminace nesaturované a saturované zóny horninového prostředí na lokalitě a identifikovat transportní cesty, jimiž se kontaminace může z ohniska znečištění šířit do okolí.

Souhrnně byl průzkum zaměřen zejména na tyto polutanty:

V nesaturované zóně

uhlovodíky C_{10}–C_{40}, PAU, BTEX ClU, těžké kovy (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn), kyanidy, PCB

V saturované zóně

uhlovodíky C_{10}–C_{40}, PAU, BTEX ClU, těžké kovy (As, Cd, Cr, Cr^{6+}, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), kyanidy.

V podzemních vodách byl u vybraných vzorků dále proveden „kompletní„ chemický rozbor pro stanovení základních parametrů pro posouzení míry atenuačních procesů a zjištění základních chemických ukazatelů kvality podzemních vod v rozsahu sírany, dusičnany, Fe (celkové, dvojmocné, trojmocné), Mn, Ca, Mg, K, Na, KNK-4,5, ZNK-8,3, fosforečnany, tvrdost, barva, zákal, hydrogenuhličitany, CO_2 volný, TOC, CHSK-Mn.

Při odběrech podzemních vod bylo před ukončením čerpání z každého objektu provedeno terénní měření ukazatelů pH, teplota, Eh, rozp. O_2, vodivost.

Výběr sledovaných polutantů byl proveden na základě identifikace možných zdrojů kontaminace, výsledků archivních prací a zadávací dokumentace.

V rámci průzkumných prací byly provedeny následující práce a činnosti:

- Podrobná rešerše dostupných archivních materiálů a terénní rekognoskace (podklady od objednatele, vlastníka areálu, Geofondu ČR, archivní zprávy apod.)
- Zpracování a schválení prováděcí projektové dokumentace
- Geofyzikální průzkum

- Vrtné práce
- Odběry vzorků zemin, podzemních a povrchových vod, odpadů a sedimentů
- Laboratorní analýzy odebraných vzorků
- Expresní hydrodynamické zkoušky
- Geodetické zaměření nových a stávajících HG objektů a profilů povrchové vody

Veškeré vzorkovací, měřičské a analytické práce byly provedeny podle vnitřních metodických pokynů zpracovatele, které vycházejí z obecně platných předpisů a norem, známých znalostí a zkušeností a běžně používaných postupů v ČR. Analytická stanovení byla provedena ve státem akreditované laboratoři Bioanalytika CZ, s.r.o., v Laboratoři Morava, s.r.o. a Geostar spol. s.r.o. (zrnitost), dle obecně platných předpisů, uvedených na protokolech laboratorních rozborů.

2.2.1.1. Geofyzikální průzkum

2.2.1.1.1. Metodika geofyzikálního průzkumu

V souladu s realizační dokumentací byl geofyzikální průzkum proveden firmou GEONIKA, s.r.o. v červenci a srpnu 2010. Komplex použitých geofyzikálních metod vycházel z požadavku zjistit zejména

- plošný rozsah skládky,
- určit mocnost a charakter skládkového materiálu v profilech P1 až P4.
- Na základě mapy totálního vektoru magnetického pole byl vymezen plošný rozsah skládky. Plošné vymezení skládky podle magnetometrie je vyznačeno v **příloze č. 7.1**.
- Na profilech P1 až P4 byla realizována metoda MRS (mělká refrakční seismika) a metoda OT (odporová tomografie). Situace změřených profilů je součástí **přílohy č. 7.1**.

MAGNETOMETRIE (MG)

Magnetometrie citlivě reaguje na přítomnost magnetizovaných materiálů. V případě skládek má každý cizorodý materiál, který je navezen na původní terén, odlišné magnetické vlastnosti než okolní horniny. Pomocí magnetometrie je tak jednoznačně zjištěn plošný rozsah skládky.

Měřeno bylo provedeno protonovým magnetometrem OMNI PLUS kanadské firmy Scintrex s krokem 10 m na profilech vzdálených 20 m. Na bodech profilů byla změřena hodnota totálního magnetického pole T [nT] a vertikálního gradientu mezi dvěma sensory vzdálenými 1 m nad sebou.

Celkem bylo změřeno 188 bodů. Výsledky magnetometrie jsou prezentovány formou mapy totálního vektoru magnetického pole T v **příloze č. 7.1**.

MĚLKÁ REFRAKČNÍ SEISMIKA (MRS)

Úkolem mělké refrakční seismiky je sledovat reliéf podloží, rozložení seismických rychlosti v pokryvu a podloží a odlišit horniny na základě jejich pevnosti – v případě skládek je skládkový materiál charakterizován velmi nízkými seismickými rychlostmi.

Při měření MRS byla použita 24-kanálová aparatura TERRALOC Mk6 (Švédsko), seismická energie byla vzbuzována údery kladiva. Byla použita modifikace vstřícných úderů s přístřely, středovým úderem a údery ve čtvrtinách roztažení, tj. na seismickém roztažení byla provedena registrace ze sedmi bodů. Seismický signál byl snímán geofony SM-4 vzdálenými vzájemně od sebe 4 m, maximální délka jednoho seismického roztažení činila 92 m. Celkem bylo na profilech P1 a P2 změřeno 136 m.

Při interpretaci seismických refrakčních měření byla použita metoda *T_0 pro gradientový model prostředí*, neboť se na změřených hodochronách[4] projevovala sbíhavost jako důsledek postupného nárůstu rychlosti v podloží s hloubkou. Pro gradientový model prostředí s lineárním vertikálním gradientem rychlosti v podloží je výstupem interpretace v každém měřeném bodě hloubka seismického refrakčního rozhraní, seismická rychlost v pokryvu a seismická rychlost na povrchu interpretovaného rozhraní. V tzv. hloubce maximálního průniku seismického paprsku byla vypočtena v několika bodech rychlost šíření seismických vln v této hloubce. Tyto body dovolují sestavit rychlostní řez (*Gürtler 1988*).

Hloubkový a rychlostní seismický řez umožňuje získat základní přehled o mělké geologické stavbě. Materiál skládky a kvartérní sedimenty mají nízké seismické rychlosti (řádově stovky m/s), podložní horniny mají vyšší seismické rychlosti 1 200–2 000 m/s. Seismický řez je prezentován v **příloze č. 7.2** v měřítku 1 : 500/500

ODPOROVÁ TOMOGRAFIE (OT)

Multielektrodové odporové uspořádání neboli odporová tomografie (OT) je moderní geoelektrická metoda, která kombinuje poloautomatickým způsobem elektrické sondování a profilování. Při terénním měření je položen speciální kabel a připojen k velkému počtu elektrod. Řídící jednotka se pak podle zvolené metody automaticky připojuje postupně k elektrodám a na vybraných párech elektrod měří elektrické napětí a proud. Tak proměří všechny možné páry a rozestupy zvolené metody a data uloží do paměti přístroje. V tomto případě bylo měřeno systémem Schlumberger, citlivým na subhorizontální struktury – skládka a kvartérní sedimenty. Pro měření byla použita aparatura ARES firmy GF Instruments (Česká republika, Brno). Bylo měřeno na profilech P1 až P4, vzdálenost sousedních elektrod byla 4 m, resp. 5 m na profilu P4. Celkem bylo změřeno 417 m profilů.

Měřená data byla převedena do počítače a zpracována softwarem RES2DINV (Geotomo Software, Malaysia). Pomocí tohoto programu se jednak provádí editace dat, jednak řeší inverzní úloha v 2D prostoru. Vzniká tak vertikální odporový řez (**příloha č. 7.3**), který ukazuje rozložení měrných odporů pod povrchem. Nejdříve byly zkonstruovány odporové řezy bez znalosti údajů z vrtů, po odvrtání průzkumných vrtů byly odporové řezy zpřesněny tak, že byly v některých bodech řezu zafixovány mocnosti skládky. Tak byly odporové řezy

[4] křivka udávající závislost doby šíření seismické vlny určitého typu na vzdálenosti od epicentra

zpřesněny částečnou eliminaci tzv. principu ekvivalence. Podle tohoto principu, platného v geoelektrických metodách, lze v jistých mezích hodnot odporů a hloubek nalézt vzájemně odlišné odporové modely, které všechny budou odpovídat měřeným datům. Výsledky odporové tomografie byly po provedení vrtných prací aktualizovány a model byl zpřesněn.

2.2.1.2. Vrtné práce

Za účelem vymezení rozsahu skládky a získání bližších informací o geologickém podloží skládky byly vyhotoveny průzkumné nevystrojené sondy řady S2. Pro získání údajů o úrovni podzemní vody a ověření míry kontaminace saturované zóny horninového prostředí byly dále vybudovány vystrojené hydrogeologické vrty řady HG2 (HG2-1 a HG2-2), které navazují na archivní hydrogeologický vrt označený jako HM-2 vybudovaných v rámci zpracování analýzy rizika v roce 2003 firmou AZ GEO s r.o., Ostrava **[4].**

Jednotlivé vrty byly situovány na základě výsledků geofyzikálního průzkumu a posouzení hydrogeologických podmínek na lokalitě, přičemž jednotlivé objekty byly situovány především v bezprostředním okolí ohniska a ve směru proudění podzemních vod. Přehled veškerých vrtných prací je uveden v tabulce č. 6**.** Evidenční list geologických prací je v **příloze č. 20**.

Tabulka č. 6: Přehled vrtných prací

Označení vrtu	Typ vrtu	Hloubka vrtu (m p.ú.t.)	Vrtný průměr (mm)	Výstroj vrtu (materiál/průměr mm)
HG2-1	hydrogeologický	6	195/175	PVC 110/2,2 mm
HG2-2	hydrogeologický	6	195/175	PVC 110/2,2 mm
S2-1	nevystrojený	7	195	-
S2-2	nevystrojený	4	195/175	-
S2-3	nevystrojený	3	195	-
S2-4	nevystrojený	2	195	-
S2-5	nevystrojený	6	195/175	-
S2-6	nevystrojený	8,5	195/175	-
S2-7	nevystrojený	6	195/175	-
S2-8	nevystrojený	7	195/156	-
S2-9	nevystrojený	2	195	-
S2-10	nevystrojený	4	195/175	-
S2-11	nevystrojený	2,5	195	-

2.2.1.3. Vzorkařské práce

V rámci průzkumných prací byly odebrány vzorky zemin, podzemních a povrchových vod, vzorek sedimentu a vzorky ukládaných odpadů.

Veškeré vzorkařské práce byly prováděny v souladu s metodickým pokynem MŽP – Vzorkovací práce v sanační geologii (prosinec 2006).

2.2.1.3.1. Metodika a rozsah odběrů vzorků zemin

Pro účely identifikace plošného a hloubkového rozsahu znečištění tělesa a okolí skládky byly realizovány odběry vzorků zemin z předem vytyčených nevystrojených sond řady S2

a vystrojených vrtů. Celkem bylo z nevystrojených sond odebráno 20 vzorků zemin a z vystrojených hydrogeologických vrtů 4 vzorky zemin.

Z nevystrojené sondy S2-6 byly odebrány celkem 3 vzorky zemin, ze sedmi nevystrojených sond bylo odebráno po 2 vzorcích zeminy (celkem 14 ks) a to z poloh navážek a z podložní vrstvy, ze tří nevystrojených sond byl odebrán jeden vzorek zeminy (celkem 3 ks). Odběry byly přizpůsobeny litologii a senzorickým vjemům, indikujícím znečištění. Vzorky zemin byly analyzovány na vybrané organické a anorganické parametry (viz následující kapitola). Pro tyto účely bylo odebráno celkem 20 vzorků zemin.

U dvou vybraných sond (S2-2 a S2-6), které byly umístěny přímo v tělese skládky, byl navíc proveden odběr vzorků zemin (odpadů) na stanovení vyluhovatelnosti (dle třídy II) a TOC v sušině z důvodu možnosti posouzení uložení odpadů na skládku S – ostatní odpad. U obou uvedených sond bylo odebráno po dvou vzorcích zemin – první přímo z tělesa skládky, druhý z horizontu pod ním. Vzorek z podložního horizontu byl odebrán z důvodu posouzení vlivu znečištění, pocházejícího ze skládky, na navazující horninové prostředí. Celkem byly pro tyto účely odebrány čtyři ks vzorků zemin. Dále byl z tělesa skládky odebrán jeden vzorek na stanovení testu ekotoxicity z důvodu posouzení nebezpečnosti uložených odpadů a jejich možného vlivu na rostliny, rostoucí na vrstvě zemin, které překrývají uložené odpady.

Z každého vystrojeného monitorovacího vrtu byly odebrány dva vzorky zemin ze dvou horizontů. Celkem byly pro tyto účely odebrány 4 vzorky zemin. Odběry byly přizpůsobeny litologii a senzorickým vjemům, indikujícím případné znečištění. Vzorky zemin byly analyzovány na vybrané organické a anorganické parametry (viz následující kapitola). Dále byly u vystrojených vrtů odebrány čtyři vzorky zemin z horizontu kolektoru podzemní vody a nadložní vrstvy pro provedení zrnitostních rozborů pro orientační stanovení hydraulických parametrů zemin.

Vzorkovnice byly plněny zeminou tak, až byly zcela zaplněny. Manipulace se vzorkovnicemi byla omezena na minimální technologicky nezbytnou dobu mimo dosah vnějších zdrojů kontaminace. Vzorky zemin byly dobře uzavřeny a chráněny před účinky světla a tepla v chladicím boxu (2–5^{o}C) a následně dopraveny do zpracovatelské laboratoře.

Odebrané vzorky byly opatřeny štítkem, na kterém byla napsána lokalita, označení vzorku a čas odběru. Do laboratoře byly vzorky předány s předávacím protokolem a s protokolem o odběru vzorků, ve kterém byl vyplněn název lokality, číslo zakázky, důvod odběru vzorků, označení vzorku, čas odběru, popis místa odběru, způsob odběru vzorků, popis odběrového objektu, průměr vzorkovaného objektu, hloubka objektu, hloubka odběru vzorků, měření na místě (geologický popis, pach, barva), konzervace vzorku při odběru, použité měřidlo, kdo odebral vzorek, způsob uložení vzorků a doprava, datum a osoba při předání do laboratoře.

V rámci lokality bylo analyzováno celkem 24 vzorků zemin na chemické parametry (anorganické a organické). Z toho 24 vzorků zemin bylo analyzováno v rozsahu Uhlovodíky C_{10}–C_{40}, těžké kovy (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn) a PAU, 16 vzorků zemin v parametrech kyanidy, BTEX a ClU. U dalších 4 vzorků zemin byly provedeny analýzy na stanovení vyluhovatelnosti (dle II. třídy), TOC v sušině a u 2 vzorků PCB v sušině. U 1 vzorku zeminy byl proveden test ekotoxicity. U 4 vzorků zemin z vystrojených vrtů byla provedena granulometrická analýza. Přehled rozsahu odběrů vzorků zemin vod znázorňuje tabulka č. 7.

Tabulka č. 7: Celkový rozsah vrtných prací a odběrů zemin

Aktivita	Množství
Nevystrojené sondy	základní síť – 11 ks (S2-1 až S2-11)
Hloubka sond / celková metráž	2–8,5 m/52 bm
Počet vzorků zemin	20
Rozsah analýz	20 – Uhlovodíky C_{10}–C_{40}, TK, PAU; 14 – CN^-, BTEX, ClU; 4 – vyluhovatelnost II. tř., TOC; 2 – PCB; 1 – ekotoxicita
Vystrojené vrty	2 ks (označení HG2-1 a HG2-2)
Hloubka vrtů / celková metráž	6 m / 12 bm
Počet vzorků zemin	4
Rozsah analýz	4 – Uhlovodíky C_{10}–C_{40}, TK, PAU; 2 – CN^-, BTEX, ClU; 4 – granulometrie

2.2.1.3.2. Metodika a rozsah odběrů vzorků podzemních vod

Z každého nového vystrojeného vrtu (HG2-1 a HG2-2), z původního vrtu (ST2-1), ze studny u č.p. 648 a z jedné nevystrojené sondy bylo odebráno po 1 vzorku podzemní vody pro stanovení obsahu vybraných organických a anorganických parametrů (viz následující kapitola).

Celkem bylo tedy odebráno 5 ks vzorků podzemní vody na laboratorní analýzy.

Vzorky podzemní vody byly odebrány v dynamickém stavu (po odčerpání tří objemů vodního sloupce vrtu) včetně vzorků z nevystrojené sondy, která byla pro tyto účely dočasně vystrojena. Odběr vzorků podzemní vody z dynamické hladiny byl proveden pomocí ponorného čerpadla Gigant a ponorného in-line čerpadla Whale od firmy Eijkelkamp. Doba čerpání podzemní vody pro zajištění dynamického stavu objektu před vlastním odběrem byla odvislá od objemu vody v monitorovaném objektu a od ustálení vodivosti, teploty a pH v čerpané podzemní vodě. Hloubka zapuštění čerpadla byla pro všechny ukazatel s výjimkou ropných uhlovodíků určena na úrovni cca 0,5 m nad dnem vzorkovaného objektu. V případě vzorkování parametru ropných uhlovodíků skupiny C_{10}–C_{40} bylo čerpadlo vyzvednuto cca 0,5 m pod úroveň hladiny podzemní vody.

Zároveň s odběrem vzorků podzemní vody byla zaměřena hladina podzemní vody ve vrtech pro ověření směru proudění podzemních vod. Při vzorkování byly polními přístroji měřeny základní fyz.-chem. parametry podzemní vody (pH, teplota, měrná el. vodivost, redox potenciál a O_2).

Vzorky podzemní vody byly odebírány do skleněných vzorkovnic s teflonovým těsněním a podřízeny požadavkům laboratoře. Manipulace se vzorkovnicemi byla omezena na minimální technologicky nezbytnou dobu mimo dosah vnějších zdrojů kontaminace. Vzorky vod byly dobře uzavřeny a chráněny před účinky světla a tepla v chladicím boxu (2–5°C) a následně dopraveny k analýze do laboratoře.

Odebrané vzorky byly opatřeny štítkem s popisem lokality, označením vzorku a času odběru. Do laboratoře byly vzorky předány s předávacím protokolem a s protokolem o odběru vzorků, ve kterém byl vyplněn název lokality, číslo zakázky, důvod odběru vzorků, označení vzorku, charakteristika objektu, hladina vody před čerpáním od o.b., hloubka objektu od o.b.,

výška odměrného bodu, průměr výstroje objektu, odčerpaný objem před odběrem, způsob odběru, volná fáze na hladině, hladina vody při odběru od o.b., čas odběru, doba čerpání, typ čerpadla, terénní měření (pach, barva, zákal, teplota, pH, konduktivita, kyslík, redox, aj.), konzervace, použité měřidlo, kdo odebral vzorek, způsob uložení vzorků a doprava, datum a osoba při předání do laboratoře.

Na základě takto provedených prací bylo možno zjistit současný stav kontaminace podzemní vody.

V rámci monitoringu bylo odebráno 5 ks vzorků podzemních vod. Bylo provedeno 5 ks rozborů v rozsahu uhlovodíky C_{10}–C_{40}, těžké kovy (As, Cd, Cr^{6+}, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), PAU, kyanidy, chloridy, dusitany, amonné ionty, 4 ks rozborů v rozsahu BTEX, ClU. U dvou nově provedených vrtů (HG2-1 a HG2-2) byl proveden kompletní chemický rozbor vody. Ze vzorku z navážkové zvodně u nevystrojené sondy (S2-8) byl stanoven obsah pesticidů z důvodu jejich možného uložení na bývalé skládce. Přehled o rozsahu odběrů vzorů podzemních vod znázorňuje tabulka č. 8.

Tabulka č. 8: Celkový rozsah odběrů vzorků podzemních vod

Aktivita	Množství
Domovní studna	č.p. 648
Počet vzorků vod	1
Rozsah analýz	1 – uhlovodíky C_{10}–C_{40}, TK, PAU, CN^-, NH_4^+, NO_2^-, Cl^-,
Nevystrojené sondy	S2-8
Počet vzorků vod	1
Rozsah analýz	1 – uhlovodíky C_{10}–C_{40}, TK, PAU, CN^-, NH_4^+, NO_2^-, Cl^-, BTEX, ClU, pesticidy
Vystrojené vrty	3 ks (označení HG2-1, HG2-2, vrt ST2-1)
Počet vzorků vod	3
Rozsah analýz	3 – uhlovodíky C_{10}–C_{40}, TK, PAU, CN^-, BTEX, ClU; NH_4^+, NO_2^-, Cl^-, 2 – kompletní chemický rozbor

2.2.1.3.3. Metodika a rozsah odběrů vzorků povrchových vod

Pro ověření šíření kontaminace do povrchové vody byly odebrány vzorky PV2-1 a PV2-2 z vývěrů pod skládkou.

2.2.1.4.1. Metodika a rozsah laboratorních analýz

Metodika prováděných laboratorních analýz je uvedena v tabulce č. 9.

Tabulka č. 9: Metodika laboratorních analýz

Matrice	Stanovení	Metoda
zemina	**C_{10}–C_{40} v sušině**	Plynová chromatografie
	As, Cd, Cr^{6+}, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn v suš.	Atomová absorpční spektrometrie
	Kyanidy v sušině	Spektrofotometrie
	PAU v sušině	HPLC s fluorescenční detekcí
	ClU, BTEX v sušině	Plynová chromatografie (head space)
	PCB v sušině	Plynová chromatografie s ECD detekcí
	TOC v sušině	Stanovení celkového organického uhlíku (TOC) metodou infračervené spektrometrie
	podle tab. 2.1. Vyhl.294/05 Sb.	
	fenolový index	Spektrofotometrie
	chloridy	Argentometrická titrace
	fluoridy	Iontově selektivní elektroda
	sírany	Titrace dusičnanem olovnatým
	As, Ba, Cd, Cr, Cu,Ni, Pb, Sb, Se, Zn, Mo, Hg	Atomová absorpční spektrometrie
	rozpuštěné látky	Gravimetrie
	pH	Přímá potenciometrie
	Test ekotoxicity	Dle metodiky uvedené ve Vyhl. 294/05 Sb.
	Zrnitost	Dle příslušných norem
voda	**C_{10}–C_{40}**	Plynová chromatografie
	As, Cd, Cr^{6+}, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn	Atomová absorpční spektrometrie
	Kyanidy, NH_4^+, NO_2^-	Spektrofotometrie
	Cl^-	Argentometrická titrace
	PAU	HPLC s fluorescenční detekcí
	ClU, BTEX	Plynová chromatografie (head space)
	Pesticidy	GC, GC-MS, HPLC
	$CHSK_{Mn}$	Titračně (manganometrie)
	Fe^{2+}	Spektrofotometrie
	Fe^{3+}	Výpočtem z obsahu Fe celk. a Fe(II)
	Mn^{2+}	Spektrofotometrie
	chloridy	Titračně (argentometrie)
	amonné ionty	Spektrofotometrie
	dusitany	Spektrofotometrie
	dusičnany	Spektrofotometrie
	sírany	Titrace dusičnanem olovnatým
	fosforečnany	Spektrofotometrie
	konduktivita	Konduktometrie
	pH	Přímá potenciometrie

Rozsah laboratorní analýzy vzorků zemin

V rámci laboratorních zkoušek vzorků zemin bylo zpracováno:

- 24 ks vzorků zemin pro účely laboratorního zpracování za účelem stanovení uhlovodíků $C_{10} – C_{40}$, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn a PAU
- 16 ks vzorků zemin pro účely laboratorního zpracování za účelem stanovení obsahu kyanidů, BTEX a ClU
- 4 ks vzorků zemin pro účely laboratorního zpracování za účelem stanovení vyluhovatelnosti (dle II. třídy), TOC v sušině
- 2 ks vzorků zemin pro účely laboratorního zpracování za účelem stanovení PCB v sušině
- 1 ks vzorků zemin pro účely laboratorního zpracování za účelem provedení testu ekotoxicity
- 4 ks vzorků zemin pro účely laboratorního zpracování za účelem provedení granulometrických analýz

Rozsah laboratorní analýzy vzorků podzemních vod

V rámci laboratorních zkoušek vzorků podzemních vod bylo zpracováno:

- 5 ks vzorků podzemních vod pro účely laboratorního stanovení uhlovodíků $C_{10}–C_{40}$, As, Cd, Cr^{6+}, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, kyanidů, amonné iontů, dusitanů, chloridů, PAU
- 4 ks vzorků podzemních vod pro účely laboratorního stanovení, BTEX a ClU
- 2 ks vzorků podzemních vod pro účely laboratorního provedení kompletního chemického rozboru
- 1 ks stanovení obsahu pesticidů

Rozsah laboratorní analýzy vzorků povrchových vod

V rámci laboratorních zkoušek vzorků povrchových vod bylo zpracováno:

- 2 ks vzorku povrchové vody pro účely laboratorního stanovení uhlovodíků $C_{10}–C_{40}$, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, kyanidy, PAU,
- 1 ks vzorku povrchové vody pro účely laboratorního stanovení BTEX, ClU, amonných iontů, dusitanů, chloridů

2.2.1.5.Hydrodynamické expresní zkoušky

2.2.1.5.1. Základní údaje, cíle HDZ

Na hydrogeologickém objektu HG2-1 byla z důvodu ověření filtračních parametrů horninového prostředí realizována hydrodynamická zkouška (dále HDZ). HDZ byla provedena formou ověřovací čerpací a stoupací zkoušky. HDZ byla provedena formou neustáleného proudění s konstantní vydatností. Čerpaná voda byla vypouštěna po spádu terénu v dostatečné vzdálenosti, aby nedošlo k ovlivnění čerpací zkoušky (min 30 m), čerpaná

voda byla přečištěna v mobilní sanační technologii. Výsledky hydrodynamických zkoušek jsou uvedeny v **příloze č. 17.**

2.2.1.5.2. Specifikace objektů pro HDZ

Hydrodynamická zkouška byla realizována na hydrogeologickém vrtu uvedeném v následující tabulce č. 10.

Tabulka č. 10: Hydrogeologický objekt pro realizaci hydrodynamických zkoušek

Označení vrtu	Hloubka vrtu (m p.ú.t.)	Výstroj vrtu (materiál/průměr v mm)	ČZ (hod)	SZ (hod)
HG2-1	6	PVC 110/2,2 mm	0,3	2

2.2.1.5.3. Technické podmínky realizace HDZ

Parametry hydrodynamické zkoušky jsou uvedeny v následujícím přehledu:

- Fáze prací – po vystrojení
- Délka ČZ – 0,3 hod
- Čerpadlo – ponorné čerpadlo GIGANT, Q = 0,1 l/s
- Zapuštění čerpadla – 1,0 m od dna vrtu
- Odměrný bod – hrana výstroje
- Způsob čerpání – na plný výkon čerpadla
- Intervaly měření – dle formuláře pro neustálené proudění, sledované veličiny s a Q
- Pozorované objekty – okolní vrty
- Čerpaná voda byla vypouštěna po spádu terénu v dostatečné vzdálenosti, aby nedošlo k ovlivnění čerpací zkoušky a byla přečištěna v mobilní sanační technologii
- Stoupací zkouška – 2 hod
- Intervaly měření při stoupací zkoušce – dle formuláře pro neustálené proudění, sledované veličiny **s**

2.2.1.5.4. Postup realizace HDZ

Sled prací při realizaci HDZ je uveden v následujícím přehledu:

- zaměření hladin PV ve všech hydrogeologických objektech na lokalitě (ustálený stav)
- zapuštění čerpadla do vrtu (1,0 m nad úrovní dna vrtu), instalace mobilní sanační technologie na výtoku
- spuštění čerpadla – čerpáno konstantní vydatností na plný výkon čerpadla, zapisovány hladiny PV v čerpaném vrtu a sledovaných vrtech dle formuláře pro neustálené proudění, měřena vydatnost čerpání dle kalibrované nádoby
- po ukončení čerpání byla provedena stoupací zkouška, při níž byly měřeny hladiny PV v čerpaném vrtu a okolních sledovaných objektech dle formuláře pro neustálené proudění

- po ukončení SZ byla provedena demontáž čerpací techniky

2.2.1.5.5. Kontrolní činnost

Při realizaci HDZ bylo postupováno dle interních předpisů firmy. Práce byly odborně, cíleně a efektivně řízeny při dodržení veškerých dotčených v současnosti platných legislativních norem a předpisů a za použití postupů běžně používaných v ČR.

2.2.1.5.6. Rozpis čerpaných a pozorovaných vrtů

Při provádění HDZ na vrtu HG2-1 byly sledovány následující okolní objekty

Tabulka č. 11: Rozpis sledovaných HG objektů při HDZ na jednotlivých vrtech

HDZ na vrtu	Sledovaný okolní HG objekt
HG2-1	ST2-1

2.2.2. Výsledky průzkumných prací

2.2.2.1. Interpretace geofyzikálních měření

Komplex geofyzikálních metod vycházel z požadavku zjistit zejména

- plošný rozsah skládky,
- v profilech P1 až P4 určit mocnost a charakter skládkového materiálu.

Na základě mapy totálního vektoru magnetického pole byl vymezen plošný rozsah skládky. Plošné vymezení skládky podle magnetometrie je vyznačeno v **příloze č. 7.1**. Zde je také vyznačen původně uvažovaný rozsah skládky. Je zřejmé, že skládka nedosahuje směrem k západu až k okraji jezdeckého areálu, ale je asi o 10–30 m užší. Naopak směrem k jihu pokračuje až 60 m za jezdecký areál.

Mocnost skládkového materiálu byla zjišťována na profilech P1 a P2 podle metody MRS (**příloha č. 7.2**) a na profilech P2, P4 a P5 podle metody OT (**přílohy č. 7.3**). Podle metody MRS na profilech P1 a P2 je mocnost skládkového materiálu (a zřejmě také tenké vrstvy kvartérních sedimentů) v intervalu metráží 50–70 m až 7 m, přičemž směrem k SZ se mocnost rychle snižuje. Směrem k JV se mocnost skládky pohybuje kolem 5 m až v metráži 110 m. Velmi dobře koreluje seismické rozhraní s údaji s vrtem S2-1.

Podle měrných odporů (metoda OT) v podloží skládky převládají nízké měrné odpory kolem 25 Ωm. Materiál skládky má vyšší odpory 35–50 Ωm, což odpovídá jílovito-písčitému materiálu.

2.2.2.2. Provedené vrtné práce

Nevystrojené sondy

Nevystrojené sondy (11 ks strojní) byly v nezpevněných sedimentech zhotoveny vrtnou soupravou UGB-50, technologií rotačního jádrového vrtání, vrtným průměrem 195/175 mm a vystrojeny PVC 110/2,2 mm.

Technický popis nevystrojených vrtů je uveden v následujícím přehledu:

Počet vrtů:	11
Označení vrtu:	S2-1, S2-2, S2-3, S2-4, S2-5, S2-6, S2-7, S2-8, S2-9, S2-10, S2-11
Lokalizace vrtů:	viz **příloha č. 6**
Technologie vrtání:	rotační jádrová
Hloubka vrtu:	viz tabulka č. 5 kap. 2.2.1.2. konečná hloubka vrtu byla určena hydrogeologem dle místních podmínek
Vrtné průměry:	0/2,5/3,6/5,5/1,5/1,5/1,5/5/2/4,5/2,5/6/7,5/3 m ø 195/175 mm
Pažení:	pracovní ocelové pažení dle soudržnosti profilu
Výplach:	ne
Likvidace:	záhozem

Vystrojené hydrogeologické vrty

Průzkumné hydrogeologické vrty řady HG2 (2 ks) byly v nezpevněných sedimentech zhotoveny vrtnou soupravou UGB-50, technologií rotačního jádrového vrtání, vrtným průměrem 195/175 mm a vystrojeny PVC 110/2,2 mm.

Geologická dokumentace hydrogeologických vrtů je uvedena v **příloze č. 8.**

HG2-1

Záměry (S-JTSK, Bpv)

Y: 483952,07 X: 1126116,14 Z :327,63/327,11

Lokalizace vrtu:	viz **příloha č. 6**	
Technologie vrtání:	0,0–6,0 m (kvartér + navětralé podloží) rotační jádrová	
Hloubka vrtu:	6 m	
Vrtné průměry:	0,0–3,0 m ø 195 mm (UGB-50)	
	3,0–6,0 m ø 175 mm (UGB-50)	
Výplach:	bez výplachu	
Výstroj:	+ 0,0–2,0 m	PVC 110/2,2 mm plná
	2,0–5,5 m	PVC 110/2,2 mm perforovaná
	5,5–6,0 m	PVC 110/2,2 mm plná
	perforace příčná štěrbinová šířky 1,5 mm, 10 %	
Zapláštové úpravy:	0,0–1,0 m cementace	
	1,0–1,5 m pískový přechod	
	1,5–6,0 m obsyp 4/8 mm kačírek	

Zhlaví vrtu: 0,0–0,5 m přírubové kovové zhlaví ø 133 mm, obetonováno

Hladina podzemní vody vztažená k terénu:

naražená 3,50 m ustálená 1,12 m

HG2-2

Záměry (S-JTSK, Bpv)

Y: 483882,61 X: 1125911,69 Z :319,66/319,18

Lokalizace vrtu: viz **příloha č. 6**
Technologie vrtání: 0,0–6,0 m (kvartér + navětralé podloží) rotační jádrová
Hloubka vrtu: 6 m
Vrtné průměry: 0,0–3,0 m ø 195 mm (UGB-50)
3,0–6,0 m ø 175 mm (UGB-50)
Výplach: bez výplachu
Výstroj: + 0,0–2,0 m PVC 110/2,2 mm plná
2,0–5,0 m PVC 110/2,2 mm perforovaná
5,0–6,0 m PVC 110/2,2 mm plná
perforace příčná štěrbinová šířky 1,5 mm, 10 %
Zapláštové úpravy: 0,0–1,0 m cementace
1,0–1,5 m pískový přechod
1,5–6,0 m obsyp 4/8 mm kačírek
Zhlaví vrtu: 0,0–0,5 m přírubové kovové zhlaví ø 133 mm, obetonováno

Hladina podzemní vody vztažená k terénu:

naražená 2,50 m ustálená 0,86 m

Likvidace vrtných jader: Vytěžená zemina byla z části použita k dosypu nevystrojených sond. Zbytkové množství bylo naloženo do kontejneru a následně předáno k odstranění oprávněné osobě a uložena na skládce kategorie S-OO. Evidenční list geologických prací je uveden v **příloze č. 20**.

2.2.2.3. Výsledky laboratorních analýz

2.2.2.3.1. Výsledky laboratorních analýz vzorků zemin

Vzhledem k tomu, že hlavní sledované polutanty uhlovodíky C_{10}–C_{40}, PAU, ClU, BTEX, kyanidy a TK, se dostávají do jednotlivých složek ŽP prakticky výhradně vlivem antropogenní činnosti a v jednotlivých složkách nejsou přirozeně výrazněji zastoupeny, jsou výsledky laboratorních analýz porovnávány s hodnotami přirozeného pozadí na lokalitě a s orientačními kritérii „A“, „B“ a „C“ Metodického pokynu MŽP z roku 1996. Hodnoty jsou porovnávány zejména s kritériem „A“, který obecně odpovídá přirozeným obsahům

jednotlivých polutantů na lokalitě a jeho překročení naznačuje možnost ovlivnění antropogenní činností.

Jako reprezentativní vzorek představující přirozené koncentrace na lokalitě byl vybrán hydrogeologický vrt KHG-4 jehož hodnoty pro zeminu i podzemní vodu nepřekračují orientační kritérium „A“ a zároveň dosahují nejnižších koncentrací na lokalitě. Vrt KHG-4 byl současně využit jako reprezentant přirozeného pozadí na lokalitě č. 3 Skládce kalů. Vrt KHG-4 tedy odpovídá hodnotám přirozeného pozadí jak na lokalitě č. 3, tak na popisované lokalitě č. 2 (Jezdecký areál). Tento vrt byl zvolen na základě blízkosti obou lokalit a průběhu proudového pole (vrt je umístěn proti směru proudění podzemní vody a současně v oblasti nátoku podzemní vody na obě lokality). Situaci proudového pole vyjadřuje příloha č. 11.

Výsledky výluhových zkoušek byly porovnávány s tabulkou č. 2. 1. dle přílohy č. 2 a výsledky ekotoxicky porovnány podle tab. 10. 2. přílohy č. 10 vyhl. 294/05 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.

Kompletní výsledky laboratorních analýz vzorků zemin jsou uvedeny v **příloze č. 9.1.** Přehlednou prezentaci prostorového rozmístění kontaminace zeminy a podzemní a povrchové vody podává **příloha č. 9.10**.

Pro účely statistického zhodnocení byl určen minimální počet 5 analýz, jejichž hodnoty jsou nad mezí detekce, v případě analýz pod mezí detekce byla uvažována poloviční hodnota detekčního limitu. Tímto krokem dojde k navýšení datového souboru o analýzy, jejichž hodnotu nelze uvažovat jako nulovou, nýbrž jako zanedbatelně nízkou. Statistické hodnocení bylo zpracováno u ukazatelů, které se podílí na plošném znečištění. Ze souboru dat byl vyjádřen aritmetický průměr, směrodatná odchylka a dále medián, 1. a 3. kvartil. Statistické výpočty jsou uvedeny v tabulkách u každého diskutovaného ukazatele.

Uhlovodíky C_{10}–C_{40}

Na lokalitě bylo odebráno celkem 24 ks vzorků zemin z nevystrojených sond řady S2 a vystrojených hydrogeologických vrtů na analýzu ukazatelů uhlovodíky C_{10}–C_{40}. Ve vrtu KHG-4 (přirozené pozadí) byly koncentrace těchto látek pod mezí detekce analytické metody (<25 mg/kg), pod tuto hodnotu spadají koncentrace uhlovodíků ve vzorcích zemin ze všech vystrojených hydrogeologických vrtů a ze 7 nevystrojených sond. Ve zbytku nevystrojených sond byly zaznamenány vyšší obsahy těchto parametrů.

Maximální koncentrace uhlovodíků C_{10}–C_{40} **(3 299 mg/kg)** byla identifikována v nevystrojené sondě S2-2 (2,2 m). Mezi další vysoké koncentrace uhlovodíků patří hodnota ze sondy S2-5 (3,2 m), která byla **3 261 mg/kg**, v nevystrojené sondě S2-1 (4,3 m) byla naměřena hodnota **2 972 mg/kg**. Koncentrace **2 824 mg/kg** byla obsažena v nevystrojené sondě S2-10 (1,9 m). Vyšší koncentrace C_{10}–C_{40} byly detekovány v nevystrojené sondě S2-7 (3,9–4,2 m) a to **374 mg/kg**, v sondě S2-6 (6,4 m) byla koncentrace **297 mg/kg,** v sondě S2-6 (7,8 m) hodnota **239 mg/kg** a v sondě S2-7 (5,6 m) hodnota **114 mg/kg**. Koncentrace **od 50 do 100 mg/kg** se nachází v nevystrojených sondách S2-5 (5,5 m) a v S2-10 (3,5 m). V sondě S2-11 (0,8 m) byla koncentrace **46 mg/kg**. Hodnoty v ostatních měřených sondách se pohybovaly pod **25 mg/kg,** což je hodnota pod mezí detekce laboratorního stanovení.

Laboratorní analýzy prokázaly plošné znečištění s nejvyššími hodnotami v prostoru nevystrojených sond S2-2, S2-5, S2-1 a S2-10. Rozložení hodnot koncentrací na dané lokalitě znázorňují vypočtené statistické parametry v tabulce č. 12.

Tab. č. 12: Statistické ukazatele uhlovodíků C_{10}–C_{40} v zemině

	aritmetický průměr (mg/kg)	medián (mg/kg)	směrodatná odchylka (mg/kg)	1. kvartil (mg/kg)	3. kvartil (mg/kg
uhlovodíky C_{10}–C_{40}	622,74	55	1 142,93	12,5	335,50

BTEX

V rámci průzkumných prací bylo odebráno celkem 16 vzorků zemin na stanovení obsahu BTEX. Významnější znečištění zemin BTEX nebylo prokázáno ani u jedné ze sond, koncentrace překračují pouze hodnotu orientačního kritéria A MP MŽP. Přirozené koncentrace nedosahují v těchto parametrech mez detekce laboratorní metody.

Nejvyšší koncentrace benzenu (**0,044 mg/kg)** byla detekována ve vzorku ze sondy S2-5 (3,2 m), dále u sondy S2-2 (2,2 m) **0,04 mg/kg**, v S2-1 (4,3 m) byla identifikována hodnota **0,038 mg/kg** a v S2-10 (1,9 m) **0,035 mg/kg**.

Koncentrace toluenu ve vzorku z nevystrojené sondy S2-1 (4,3 m) byla **1,45 mg/kg**. Další hodnoty, které byly vyšší než hodnota přirozeného pozadí a orientačního kritéria A MP MŽP byly detekovány v zemině ze sondy S2-2 (2,2 m), jedná se o hodnotu **0,082 mg/kg**. V sondě S2-5 (3,2 m) byla prokázána koncentrace toluenu **0,078 mg/kg**, v S2-6 (2,7 m) hodnota **0,066 mg/kg**, v S2-11 (0,8 m) **0,056 mg/kg, v** S2-7 (5,6 m) **0,051 mg/kg** a v S2-6 (6,4 m) **0,048 mg/kg**.

Nejvyšší koncentrace ethylbenzenu byla detekována v sondě S2-1 (4,3 m) a to **2,65 mg/kg**. Dále byly koncentrace v sondě S2-5 (3,2 m) **0,198 mg/kg** a v sondě S2-6 (2,7 m) **0,048 mg/kg**.

V tabulce č. 13 jsou vyjádřené základní statistické ukazatele.

Tabulka č. 13: Statistické ukazatele BTEX v zemině

	aritmetický průměr (mg/kg)	medián (mg/kg)	směrodatná odchylka (mg/kg)	1. kvartil (mg/kg)	3. kvartil (mg/kg
benzen	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03
toluen	0,04	0,05	0,35	0,01	0,06
ethylbenzen	0,03	0,01	0,64	0,01	0,04
xylen	0,25	0,15	1,16	0,02	0,28

Koncentrace xylenu překročila hodnotu orientačního kritéria A MP MŽP ve vzorku zeminy ze sondy S2-1 (4,3 m), kde dosáhla hodnoty **4,7 mg/kg**. Dále byly zvýšené koncentrace prokázány v sondě S2-5 (3,2 m) s hodnotou **1,28 mg/kg**. Vzorek ze sondy S2-10 (1,9 m) obsahuje **0,832 mg/kg**, sonda S2-6 (6,4 m) **0,296 mg/kg**, sonda S2-6 (2,7 m) **0,271 mg/kg**, sonda S2-2 (2,2 m) **0,22 mg/kg**, sonda S2-7 (3,9-4,2 m) **0,084 mg/kg** a sonda S2-6 (7,8 m) obsahuje **0,079 mg/kg** xylenu.

Polycyklické aromatické uhlovodíky (**PAU**)

Na lokalitě bylo analyzováno celkem 24 vzorků zemin na stanovení obsahu polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU). Ve vzorku zeminy ze sondy S2-7 (3,9–4,2 m) u všech analyzovaných PAU bylo prokázáno řádově **desetinásobné překročení orientačního kritéria C MP MŽP**, u benzo/a/pyrenu, benzo/b/fluoranthenu, chrysenu, pyrenu, fenanthrenu, fluoranthenu a naftalenu řádově **tisícinásobné překročení přirozeného pozadí** na lokalitě. Koncentrace benzo/a/pyrenu zde byla **338 mg/kg**, benzo/b/fluoranthenu **375 mg/kg**, benzo/ghi/perylenu **156 mg/kg**, indeno(1,2,3-cd)pyrenu **137 mg/kg**, benzo/k/fluoranthenu **173 mg/kg**. Koncentrace chrysenu dosáhla **372 mg/kg**, u pyrenu bylo naměřeno **864 mg/kg**, anthracenu bylo prokázáno **210 mg/kg**, fenanthrenu **1 270 mg/kg**, fluorenu **227 mg/kg**, fluoranthenu **1 270 mg/kg** a naftalenu **39,3 mg/kg**. Suma PAU v sušině dosáhla hodnoty **4 580 mg/kg**.

Dále bylo překročeno orientační kritérium B MP MŽP u benzo/a/pyrenu ve vzorku ze sondy S2-6 (6,4 m) s hodnotou **3,22 mg/kg**, dále v S2-5 (3,2 m) s koncentrací **2,17 mg/kg**, v S2-10 (1,9 m) **1,56 mg/kg** a v sondě S2-8 (5–7m) s koncentrací **1,8 mg/kg**. Orientační kritérium A MP MŽP bylo překročeno u vzorku ze sondy S2-7 (5,6 m) s hodnotou **0,849 mg/kg, v** S2-11 (0,8 m) s koncentrací **0,703 mg/kg**, v S2-2 (2,2 m) s **0,359 mg/kg**, v S2-6 (6,4 m**)** s **0,285 mg/kg** a v S2-6 (2,7 m) s koncentrací **0,13 mg/kg.**

Vyšší koncentrace benzo/b/fluoranthenu byla naměřena ve vzorku zeminy ze sondy S2-6 (6,4 m) a to **3 mg/kg**, dále ve vzorku ze sondy S2-5 (3,2 m) s koncentrací **2,32 mg/kg** a ze sondy S2-10 (1,9 m) s hodnotou **2 mg/kg.** Zvýšené koncentrace byly naměřeny v zeminách z nevystrojených sond S2-7 (5,6 m) s prokázanou koncentrací **0,958 mg/kg,** z S2-11 (0,8 m) s **0,811 mg/kg**, z S2-2 (2,3 m) s **0,48 mg/kg**, z S2-6 (7,8 m) s **0,339 mg/kg**, z S2-6 (2,7 m) s **0,157 mg/kg** a ze sondy S2-3 (2 m) s koncentrací **0,12 mg/kg**.

V zemině sondy S2-6 (6,4 m) byla prokázána koncentrace benzo/ghi/perylenu **1,76 mg/kg** a v sondě S2-5 (3,2 m) **1,4 mg/kg**. V dalších sondách překračoval tento parametr hodnotu orientačního kritéria A MP MŽP. Jedná se o S2-10 (1,9 m) **0,807 mg/kg**, S2-7 (5,6 m) **0,471 mg/kg**, S2-11 (0,8 m) **0,462 mg/kg**, S2-6 (7,8 m) **0,176 mg/kg**, S2-2 (2,2 m) **0,22 mg/kg** a S2-3 (2 m) **0,057 mg/kg**.

Koncentrace indeno(1,2,3-cd)pyrenu překročila orientační kritérium A MP MŽP ve vzorku ze sondy S2-6 (6,4 m) s hodnotou **1,27 mg/kg**, v S2-2 (2,2 m) s hodnotou **1,139 mg/kg** a v S2-5 (3,2 m) s hodnotou **1,13 mg/kg**. V sondě S2-7 (5,6 m) se této složky vyskytovalo **0,394 mg/kg**, v S2-11 (0,8 m) hodnota **0,36 mg/kg** a v sondě S2-6 (7,8 m) hodnota **0,141 mg/kg**.

Maximální koncentrace benzo/k/fluoranthenu byla identifikována v nevystrojené sondě S2-6 (6,4 m) a to **1,72 mg/kg** a v sondě S2-5 (3,2 m) s hodnotou **1,17 mg/kg**. Koncentrace nad hodnotu kritéria A byly naměřeny v zeminách ze sond S2-10 (1,9 m) **0,777 mg/kg**, v S2-7 (5,6 m) **0,447 mg/kg**, v S2-11 (0,8 m) **0,348 mg/kg**, v S2-2 (2,2 m) **0,2 mg/kg** a v S2-6 (7,8 m) **0,151 mg/kg.** Lehce zvýšená hodnota byla ve vzorku ze sondy S2-6 (2,7 m) **0,065 mg/kg**.

Koncentrace chrysenu byla zvýšená ve vzorku zeminy z nevystrojené sondy S2-6 (6,4 m) a to **5,39 mg/kg**, dále v sondě S2-10 (1,9 m) s hodnotou **1,84 mg/kg** a v sondě S2-7 (5,6 m)

s **1,27 mg/kg.** Zvýšené koncentrace nad hodnotou přirozeného pozadí a orientačního kritéria A MP MŽP byly zaznamenány v sondě S2-11 (0,8 m) s koncentrací **0,588 mg/kg**, v S2-2 (2,2 m) s **0,483 mg/kg**, v S2-6 (7,8 m) s **0,335 mg/kg** a v sondě S2-6 (2,7 m) s **0,125 mg/kg** chrysenu.

Obsah pyrenu byl ve vzorku z nevystrojené sondy S2-6 (6,4 m) **4,61 mg/kg**, v S2-7 (5,6 m) **2,3 mg/kg**, v S2-2 (2,2 m) **1,25 mg/kg** a v S2-11 (0,8 m) **1,13 mg/kg**. Tyto hodnoty překračují hodnotu přirozeného pozadí i orientační kritérium A MP MŽP. Lehce zvýšené koncentrace (**0,697 mg/kg)** byly identifikovány v sondě S2-6 (7,8 m) a v sondě S2-6 (2,7 m) s koncentrací **0,296 mg/kg**.

U koncentrací anthracenu došlo pouze k lehkému překročení hodnot přirozeného pozadí a orientačního kritéria A MP MŽP u vzorků ze sond S2-6 (6,4 m) s **0,663 mg/kg**, v S2-10 (1,9 m) s **0,662 mg/kg**, v S2-7 (5,6 m) s **0,523 mg/kg**, v S2-2 (2,2 m) s **0,356 mg/kg** a v S2-6 (7,8 m) s koncentrací **0,114 mg/kg**.

Fenanthrenu bylo naměřeno v sondě S2-5 (3,2 m) **8,75 mg/kg**. Dále v sondě S2-7 (5,6 m) **3,37 mg/kg**, v S2-10 (1,9 m) **3,04 mg/kg**, v S2-6 (6,4 m) **1,82 mg/kg** a v S2-2 (2,2 m) **1,51 mg/kg.** Další zvýšená hodnota jako **0,918 mg/kg** byla prokázána v sondě S2-11 (0,8 m), dále v sondě S2-6 (7,8 m) **0,845 mg/kg**, v S2-6 (2,7 m) **0,447 mg/kg**, v S2-9 (0,8 m) **0,209 mg/kg** a v sondě S2-3 (2 m) hodnota **0,131 mg/kg**.

Maximální obsah fluoranthenu (**8,87 mg/kg)** byl identifikován v nevystrojené sondě S2-5 (3,2 m), dále v sondě S2-6 (6,4 m) **4,44 mg/kg**, v S2-10 (4,9 m) **3,85 mg/kg**, v S2-7 (5,6 m) **3,35 mg/kg**, v S2-2 (2,2 m) **1,66 mg/kg**, v S2-11 (0,8 m) **1,46 mg/kg, v** S2-6 (7,8 m) **0,978 mg/kg** a v S2-6 (2,7 m) **0,403 mg/kg**. Obsahy fluoranthenu v ostatních sledovaných se pohybovaly v úrovni přirozených hodnot na lokalitě.

V zemině sondy S2-10 (1,9 m) byl obsažen naftalen v koncentraci **0,237 mg/kg a** v S2-2 (2,2 m) v hodnotě **0,222 mg/kg**. V sondě S2-7 (5,6 m) byla prokázána koncentrace **0,114 mg/kg**, v sondě S2-11 (0,8 m) koncentrace **0,106 mg/kg**. Vzorek ze sondy S2-6 (6,4 m) obsahoval **0,08 mg/kg** a vzorek ze sondy S2-3 (2 m) obsahoval **0,088 mg/kg**.

Celková ∑PAU v sušině byla v sondě S2-2 (2,2 m) **6,8 mg/kg**, v sondě S2-5 (3,2 m) **32,2 mg/kg**, v S2-6 (2,7 m) **1,6 mg/kg**, v S2-6 (6,4 m) **24,2 mg/kg**, v S2-6 (7,8 m) **3,6 mg/kg**, v sondě S2-7 (3,9–4,2 m) byla vypočtena ∑PAU v sušině **4 580 mg/kg**. U sondy S2-10 (1,9 m) **15,8 mg/kg** a u sondy S2-11 (0,8 m) byla prokázána koncentrace sumy PAU **5,9 mg/kg**. Všechny tyto hodnoty překračují hodnotu orientačního kritéria A MP MŽP a ve většině případů hodnoty odrážejí přirozené pozadí na lokalitě.

Dle vyhlášky č. 294/2005 Sb. je mezní hodnota ∑PAU[5] 6 mg/kg. Tato hodnota daná vyhláškou je překročena v několika sondách, z toho nejvíce v sondě S2-7, kde hodnoty překračují mezní hodnotu téměř 800 násobně. ∑PAU v sondě S2-7 (3,9–4,2 m) dosahuje **5 204,3 mg/kg** a rovněž v hlubší části stejné sondy (v 5,6 m) překračuje koncentrace **14,05 mg/kg** mezní hodnotu. Další překročení bylo prokázáno v sondách S2-8 (5–7 m) s hodnotou **34,76 mg/kg**, v S2-5 (3,2 m) s **36,05 mg/kg**, v S2-6 (6,4 m) s hodnotou

[5] ∑PAU jsou u zemin definovány dle vyhlášky č. 294/2005 Sb. jako ∑následujících látek: anthracen, benzo/a/anthracen, benzo/a/pyren, benzo/b/fluoranthen, benzo/ghi/perylen, benzo/k/fluoranthen, fluoranthen, fenanthren, chrysen, indeno/1,2,3-cd/pyren, naftalen a pyren.

27,97 mg/kg, v S2-10 (1,9 m) s **18,71 mg/kg.** Mírné překročení mezní hodnoty bylo identifikováno v sondě S2-11 (0,8 m) s hodnotou **7,09 mg/kg** a v sondě S2-2 (2,2 m) s koncentrací **7,88 mg/kg.**

Na základě výsledků chemických analýz vzorků zemin bylo prokázáno plošné znečištění PAU, přičemž největší koncentrace těchto látek se nachází v prostoru kolem sondy S2-7 ve východní části skládky. Rozložení hodnot koncentrací PAU v rámci nesaturované zóny jsou vyjádřeny statistickými ukazateli v tabulce č. 14.

Tabulka č. 14: Statistické ukazatele PAU v zemině

	aritmetický průměr (mg/kg)	medián (mg/kg)	směrodatná odchylka (mg/kg)	1. kvartil (mg/kg)	3.kvartil (mg/kg
benzo/a/pyren	15,20	0,06	68,83	0,03	0,78
benzo/b/fluoranthen	16,89	0,12	76,35	0,04	0,88
benzo/ghi/perylen	7,10	0,06	31,75	0,02	0,47
indeno(1,2,3-cd)pyren	6,23	0,05	27,88	0,02	0,51
benzo/k/fluoranthen	7,79	0,03	35,23	0,01	0,40
chrysen	19,23	0,13	82,92	0,02	0,93
pyren	48,94	0,22	197,69	0,03	1,22
anthracen	10,21	0,05	44,68	0,01	0,36
fenanthren	56,58	0,21	258,71	0,04	1,67
fluoren	10,09	0,07	46,25	0,01	0,33
fluoranthen	56,72	0,20	258,68	0,04	2,51
naftalen	1,97	0,03	8,54	0,02	0,14
∑PAU v sušině	268,83	0,74	1174,32	0,28	7,95

Chlorované uhlovodíky (ClU)

V rámci laboratorních analýz bylo analyzováno celkem 16 vzorků zemin na stanovení obsahu chlorovaných uhlovodíků. Kromě nevystrojené sondy S2-1 (4,3 m), kde byla prokázána koncentrace 1,1,2-trichlorethenu (TCE) **0,119 mg/kg**, se v ostatních sondách a hydrogeologických vrtech vyskytovaly koncentrace všech chlorovaných uhlovodíků pod mezí analytické metody.

Kyanidy (CN^-)

Na stanovení obsahu kyanidů bylo analyzováno celkem 16 vzorků zemin. Obsahy kyanidů se ve většině zemin z vystrojených hydrogeologických vrtů i nevystrojených sond pohybovaly pod **0,27 mg/kg**. V sondě S2-5 (3,2 m) byla identifikována koncentrace kyanidů **0,55 mg/kg** a maximální množství kyanidů (**1,65 mg/kg)** bylo prokázáno v sondě S2-8 (1,5–5 m).

Těžké kovy

Celkem bylo analyzováno 24 vzorků zemin na stanovení obsahu těžkých kovů. Koncentrace těžkých kovů v zeminách se ve většině odebraných vzorků zemin pohybovaly

pod hodnotou orientačního kritéria A metodického pokynu MŽP. Překročení tohoto kritéria bylo prokázáno u kadmia, chromu, mědi a rtuti, přičemž kritérium B překonáno není.

Zvýšený obsah kadmia (**2,6 mg/kg**) se vyskytoval v sondě S2-8 (1,5–5 m), hodnota **0,72 mg/kg** v S2-5 (3,2 m) a v koncentraci **0,53 mg/kg** se vyskytovalo kadmium v sondách S2-5 (3,2 m) a S2-11 (0,8 m).

Maximální koncentrace chromu (**226 mg/kg**) byla prokázána v sondě S2-6 (2,7 m), hodnota **194 mg/kg** se nacházela v sondě S2-10 (1,9 m) a obsah **142 mg/kg** chromu byl naměřen v sondě S2-5 (3,2 m).

Měď byla zvýšená v sondě S2-10 (1,9 m) s koncentrací **145 mg/kg** a v sondě S2-6 (2,7 m) s hodnotou **71 mg/kg**.

V jediné sondě byl naměřen zvýšený obsah rtuti. Jedná se o sondu S2-5 (3,2 m) s koncentrací **0,46 mg/kg**.

Lehce zvýšená koncentrace niklu ve vzorku ze sondy S2-10 (1,9 m) odpovídá **82 mg/kg**.

Výše uvedené obsahy těžkých kovů nepřekračují orientační kritérium B MP MŽP. Na lokalitě nebylo prokázáno významnější znečištění těžkými kovy a jedná se pouze o bodový dosah.

Výsledky stanovení třídy vyluhovatelnosti

Na stanovení třídy vyluhovatelnosti bylo odebráno po 2 vzorcích zemin ze sond S2-2 a S2-6. Z laboratorních výsledků třídy vyluhovatelnosti vyplynulo, že v sondě S2-2 v hloubkové úrovni 2,2 m nevyhovují koncentrace fluoridů a v hloubce 3,7 m nevyhovují obsahy fluoridů, celkového chromu, mědi a niklu vyhlášce MŽP ČR č. 294/2005 Sb. pro zařazení odpadů do třídy I. Koncentrace těchto látek nepřesahují hodnoty požadované pro zařazení do tříd vyluhovatelnosti IIa a IIb. Laboratorními analýzami bylo zjištěno, že v případě rozpuštěných látek nevyhověl vzorek ze sondy S2-2 z hloubky 3,7 m třídě vyluhovatelnosti III.

Výsledky laboratorního stanovení třídy vyluhovatelnosti jsou uvedeny **v příloze č. 9.7.**

Výsledky testu ekotoxicity

Test ekotoxicity byl prováděn ze vzorku ze sondy S2-6 (3,5–6,5 m). Vzorek nevyhovuje parametrům v testu na semenech *Sinapsis alba,* kde se prokázala průměrná inhibice růstu kořene 47,7 %. Limitní hodnota pro inhibici je 30%.

Výsledky laboratorního stanovení ekotoxicity jsou uvedeny **v příloze č. 9.8.**

Výsledky stanovení TOC

Stanovení celkového organického uhlíku bylo prováděno ze 4 vzorků zemin ze sondy S2-2 (2,2 m a 3,7 m) a sondy S2-6 (6,4 m a 7,8 m). Obsah celkového uhlíku (TOC) v sušině byl stanoven v rozmezí 0,77–4,73 %.

Výsledky stanovení TOC jsou uvedeny **v příloze č. 9.9.**

Porovnání výsledků s vyhl. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu

S limitními hodnotami výše uvedené vyhlášky byly porovnávány výsledky všech laboratorních analýz, provedených v rámci odběrů zemin. Koncentrace přesahující limitní hodnoty byly stanoveny v ukazateli arsen, kadmium, chrom a nikl.

Mezní hodnota arsenu je 10 mg/kg, překročení této hodnoty bylo prokázáno v nevystrojené sondě S2-3 (2 m) s koncentrací **25,8 mg/kg**, v sondě S2-4 (1 m) s koncentrací **20,3 mg/kg**, v S2-5 (5,5 m) s **23,7 mg/kg**, v S2-6 (6,4 m) s **23,1 mg/kg**, v S2-6 (7,8 m) s **22 mg/kg**, v S2-7 (5,6 m) s **10,5 mg/kg**, v S2-8 (1,5–5 m) s **11,3 mg/kg**, v S2-10 (1,8 m) s **21,4 mg/kg**, v S2-11 (1,8 m) s **21,4 mg/kg** a v hydrogeologickém vrtu HG2-2 (2,2 m) s koncentrací **10,9 mg/kg**.

Mezní hodnota kadmia je 1 mg/kg. K překročení této hodnoty dochází v jediné sondě S2-8 (1,5–5 m) s koncentrací **2,6 mg/kg**.

Mezní hodnota chromu v zemině je 200 mg/kg. V sondě S2-6 (2,7 m) s hodnotou **226 mg/kg** je tato hodnota překročena.

Koncentrace **80 mg/kg** odpovídá mezní hodnotě niklu v zemině, která je mírně překročena v sondě S2-10 (1,9 m).

2.2.2.3.2. Výsledky laboratorních analýz vzorků podzemních vod

Výsledky laboratorních analýz odebraných vzorků podzemních vod jsou porovnány jednak s limitními hodnotami pro pitnou vodu dle vyhl. 252/2004 Sb. (i přesto, že kromě domovní studny č. p. 648, nemají objekty charakter zdrojů pitné vody) a dále s hodnotami sledovaných ukazatelů v hydrogeologickém vrtu KHG-4, který byl vybrán jako přirozené pozadí na lokalitě. Vrt KHG-4 byl současně využit jako reprezentant přirozeného pozadí na lokalitě č. 3 (Skládka kalů). Vrt KHG-4 tedy odpovídá hodnotám přirozeného pozadí jak na lokalitě č. 3, tak na popisované lokalitě č. 2 (Jezdecký areál). Tento vrt byl zvolen na základě blízkosti obou lokalit a průběhu proudového pole (vrt je umístěn proti směru proudění podzemní vody a současně v oblasti nátoku podzemní vody na obě lokality). Situaci proudového pole vyjadřuje příloha č. 11. Dále pak byly podzemní vody orientačně porovnány s kritérii A, B a C Metodického pokynu MŽP z roku 1996. Výsledky laboratorních analýz kvality podzemních vod jsou uvedeny v tabulkách **v příloze č. 9.2.** Přehlednou prezentaci prostorového rozmístění kontaminace zeminy a podzemní a povrchové vody podává **příloha č. 9.10**.

Uhlovodíky C_{10}–C_{40}

Koncentrace uhlovodíků C_{10}–C_{40} v dočasně vystrojené sondě S2-8 dosáhla **3,39 mg/l.** Koncentrace v hydrogeologických vrtech (HG2-1, HG2-2), ve vrtu ST2-1 a v domovní studni č.p. 648 nepřesáhly mez detekce laboratorní metody (<0,05 mg/l) a odpovídají tak přirozenému pozadí na lokalitě.

PAU

Obsahy PAU odpovídající přirozenému pozadí nepřesahují orientační kritéria A MP MŽP a v mnoha případech nedosahují mez detekce analytické metody. V saturované zóně byla zaznamenána bodová kontaminace PAU v sondě S2-8 u vzorku podzemní vody z ledna 2011. K překročení kritéria C dochází u benzo/a/pyrenu (**2,09 µg/l**), benzo/b/fluoranthenu (**3,25 µg/l**), benzo/ghi/perylenu (**2,04 µg/l**), indeno(1,2,3-cd)pyrenu (**0,896 µg**/l), benzo/k/fluoranthenu (**0,943 µg/l**), chrysenu (**2,46 µg/l**) a fenanthrenu (**12,9 µg/l**). U pyrenu, anthracenu, fluoranthenu a naftalenu nepřekračují koncentrace kritérium B MP MŽP.

V domovní studni č.p. 648 a v hydrogeologickém vrtu HG2-2 překračují mírně kritérium A benzo/ghi/perylen (**0,008 µg/l** a **0,009 µg/l**), a fenanthren (**0,026** a **0,039 µg/l**), v hydrogeologickém vrtu navíc ještě chrysen (**0,013 µg/l**), a fluoranthen (**0,047 µg/l**). Výše uvedené zvýšené koncentrace nepřekračují kritérium B MP MŽP. Předpokladem je, že zvýšené hodnoty složek PAU v domovní studni č. p. 648 jsou transportovány ze severní oblasti okolí akumulace vody nad skládkou kalů. Voda z této domovní studny je přitom využívána jako pitná.

V porovnání s hodnotami odrážející přirozený výskyt na lokalitě (objekt KHG-4) bylo možno u benzo/b/fluoranthenu, benzo/k/fluoranthenu, pyrenu a fluoaranthenu stanovit řádově stonásobné překročení přirozených koncentrací. Statistické parametry hodnot koncentrací PAU v saturované zóně jsou vyjádřeny v tabulce č. 15.

Tabulka č. 15: Statistické ukazatele PAU v podzemních vodách

	aritmetický průměr (µg/l)	medián (µg/l)	směrodatná odchylka (µg/l)	1. kvartil (µg/l)	3. kvartil (µg/l)
benzo/a/pyren	0,02	0,01	0,03	0,00	0,03
benzo/b/fluoranthen	0,02	0,01	0,02	0,00	0,02
benzo/ghi/perylen	0,01	0,01	0,02	0,00	0,02
indeno(1,2,3-cd)pyren	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
benzo/k/fluoranthen	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
benzo/a/anthracen	0,02	0,01	0,02	0,00	0,02
chrysen	0,02	0,01	0,03	0,01	0,03
pyren	0,07	0,03	0,09	0,01	0,08
anthracen	0,03	0,01	0,04	0,01	0,03
fenanthren	0,12	0,02	0,19	0,01	0,14
fluoranthen	0,09	0,03	0,12	0,01	0,11
naftalen	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02

Chloridy

Z anorganických látek dochází k mírnému překročení kritéria A MP MŽP u chloridů ve vrtu ST2-1 s hodnotou 33,7 mg/l, přičemž přirozené obsahy odpovídají koncentraci 22,7 mg/l.

Amonné ionty

Laboratorními analýzami byla prokázána vysoká koncentrace amonných iontů (**15,8 mg/l**) v sondě S2-8, což překračuje orientační kritérium C MP MŽP téměř 7 krát. Ostatní ukazatele nevykazují výrazně zvýšené koncentrace.

Ve vrtu HG2-2 došlo k významnějšímu překročení přirozeného pozadí v parametrech vápník, železo, mangan a hořčík, kritérium A MP MŽP překročeno není.

U ostatních sledovaných parametrů nedošlo k překročení kritérií.

Porovnání výsledků s limitními hodnotami pro pitnou vodu dle vyhl. 252/2004 Sb.

S limitními hodnotami pro pitnou vodu dle vyhl. 252/2004 Sb. byly porovnávány výsledky všech laboratorních analýz, provedených v rámci odběrů vzorků podzemních vod. Koncentrace přesahující limitní hodnoty byly stanoveny v ukazateli benzo/a/pyren (NHM 0,01 µg/l) a v ukazateli amonné ionty (NHM 0,5 mg/l) v podzemní vodě dočasně vystrojené sondy S2- 8. Mezní hodnota je v případě benzo(a)pyrenu překročena 7 násobně, v případě amonných iontů dokonce 30 násobně.

Ve studni č. p. 648, jejíž voda je využívána jako pitná, vyhovují koncentrace limitním hodnotám pro pitnou vodu dle vyhl. 252/2004 Sb. Tato studna je nicméně v rámci vyhodnocení přiřazena k lokalitě č. 3 – Skládce kalů.

Pesticidy

V rámci laboratorních analýz bylo provedeno stanovení obsahu pesticidů v podzemní vodě ze sondy S2-8. Z výsledků vyplynulo, že ve většině případů se pohybují hodnoty pod mezí detekce a u žádného z parametrů nedochází k překročení orientačních kritérií MP MŽP. Z těchto výsledků vyplývá, že významnější množství pesticidů nebylo ve skládce uloženo.

Výsledky laboratorního stanovení obsahu pesticidů jsou uvedeny **v příloze č. 9.6.**

2.2.2.3.3. Výsledky laboratorních analýz vzorků povrchové vody

Výsledky laboratorních analýz vzorků povrchové vody byly porovnány s limitními hodnotami norem environmentální kvality (průměrnými hodnotami, NEK-RP) dle Nařízení vlády 23/2011 Sb., kterým se mění Nařízení vlády 61/2003 Sb. ve znění Nařízení vlády č. 229/2007 Sb.

Laboratorními analýzami byl stanoven obsah uhlovodíků C_{10}–C_{40}, těžkých kovů a PAU (u vývěru PV2-1 i BTEX, ClU, a několika dalších ukazatelů) ve vývěru na severním okraji skládky PV2-2 (přecházejícího dále v bezejmennou vodoteč) a ve vývěru s označením PV2-1, nacházejícího se cca 30 m JV směrem od vývěru PV2-2 pod hranou skládky. Obsahy

uhlovodíků C_{10}–C_{40} a těžkých kovů byly v obou vzorcích pod mezí detekce laboratorní metody, stejně jako obsah ClU a BTEX u vzorku PV2-1. V obou analyzovaných vzorcích byly nalezeny stopy PAU, nicméně v koncentracích, které většinou nepřesahují úroveň průměrných hodnot norem environmentální kvality dle Nařízení vlády č. 23/2011 Sb., případně je pouze mírně překračují. K překročení normy došlo v parametru sumy benzo/ghi/perylenu a indeno(1,2,3-cd)pyrenu. Norma dosahuje 0,002 µg/l. Ve vzorku PV2-1 dosahuje suma **0,024 µg/l** a ve vzorku PV2-2 dosahuje **0,008 µg/l**, což normu překračuje pouze mírně. K mírnému překročení došlo rovněž u pyrenu (norma je 0,024 µg/l) v PV2-1 s koncentrací **0,026 µg/l** a u fenanthrenu (norma je 0,03 µg/l) v PV2-2 s hodnotou **0,05 µg/l.**

Suma PAU[6] (dle NV 23/2011 Sb.) nepřesahuje normy environmentální kvality, která je stanovena na úrovni 0,1 µg/l, nicméně ve vzorku povrchové vody PV2-1 dosahuje **∑PAU 0,092 µg/l.**

Výsledky laboratorních analýz kvality povrchových vod jsou uvedeny **v příloze č. 9.4.**

2.2.2.3.4. Výsledky laboratorních analýz vzorků dnového sedimentu

Výsledky laboratorních analýz vzorků dnového sedimentu byly porovnávány s limitními hodnotami dle vyhlášky 294/2005 Sb. Sledován byl dnový sediment v blízkosti povrchového vývěru s označením PV2-2.

K překročení limitních hodnot by došlo v parametru uhlovodíky C_{10}–C_{40} s koncentrací **2 810 mg/kg** (mezní hodnota je 300 mg/kg). Z anorganických kontaminantů nevyhovuje požadavkům vyhlášky arsen s koncentrací **10,9 mg/kg**, který mírně překračuje mezní hodnotu 10 mg/kg. Koncentrace ostatních sledovaných polutantů jsou vyhovující.

Výsledky laboratorních analýz dnového sedimentu jsou uvedeny **v příloze č. 9.5.**

2.2.2.4 Výsledky hydrodynamických zkoušek (čerpací a stoupací zkoušky)

Hydrodynamické zkoušky na vrtu HG2-1 byly vyhodnoceny Jacobovou semilogaritmickou metodou přímky. Tabelární a grafické vyhodnocení hydrodynamických zkoušek je součástí **přílohy č. 17.**

Tabulka č. 16: Výsledné hodnoty filtračních parametrů saturované zóny v okolí vrtu HG2-1

	HDZ: HG2-1			Ovlivnění okolních vrtů při ČZ
	ČZ	SZ	průměr	
k (m/s) prům	$3{,}9.10^{-5}$	$9{,}6.10^{-3}$	**$6{,}7.10^{-5}$**	Bez ovlivnění
T (m^2/s) prům	$9{,}6.10^{-5}$	$2{,}4.10^{-4}$	**$1{,}7.10^{-4}$**	
$v_{krit.}$ (m^2/s) prům	$6{,}5.10^{-4}$	$1{,}0.10^{-3}$	**$8{,}4.10^{-4}$**	
R (m)	28,7	18,1	**23,4**	

Výsledné vypočtené filtrační parametry saturované zóny horninového prostředí pro vrt HG2-1 jsou uvedeny v následující tabulce č. 16. Podle výsledného koeficientu filtrace

[6] ∑PAU jsou dle Nařízení vlády č. 23/2011 Sb. definovány jako suma následujících ukazatelů: benzo/a/pyren, benzo/b/fluoranthen, benzo/k/fluoranthen, benzo/ghi/perylen, ideno(1,2,3-cd)pyren afluoranthen,

$6{,}7.10^{-5}$ m/s, jsou podle Jetela (1980) okolní horniny mírně propustné. Hladiny podzemní vody ve sledovaných vrtech nebyly při čerpací zkoušce ovlivněny. Depresní kužel (potenciální ovlivnění výšky hladiny) dosahuje maximálně do vzdálenosti 23,4 m.

2.2.2.5. Geodetické zaměření

Dne 11. 1. 2011 bylo provedeno geodetické zaměření vystrojených hydrogeologických vrtů a nevystrojených sond na lokalitě č. 3 – Skládka kalů v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. Zaměření bylo provedeno převážně metodou GNSS měřením v reálném čase (RTK) aparaturou GPS Leica RX 900 CSC s využitím služby RTK permanentní stanice Frýdek-Místek sítě CZEPOS. V místech, kde nemohly být objekty zaměřeny přímo metodou GNSS, byla uvedenou metodou nejprve vytvořena síť bodů PPBP, ze které byly objekty následně zaměřeny trigonometricky, a to totální stanicí Leica TCR 1101. Podrobné body byly vypočteny dávkově v programu GEUS 14.0.22.

Zpráva o geodetickém zaměření je uvedena v **příloze č. 19**.

2.2.3. Shrnutí plošného a prostorového rozsahu a míry znečištění

Plošný a prostorový rozsah znečištění

Na základě výsledků průzkumných prací realizovaných v rámci předkládané analýzy rizik (2010–2011) a archivního průzkumu firmy AZ GEO, s.r.o. (2003) **[12]** byl vytvořen model mocnosti skládky. Jeho tvorba byla realizována interpolací (metoda simple kriging) mocností skládkového materiálu z jednotlivých objektů průzkumu v letech 2010–2011 (nevystrojené sondy S2-1 až S2-11 a hydrogeologické vrty HG2-1 a HG2-2 a dále z geologické dokumentace archivní dočasně vystrojené sondy HM-2 **[12]**. Model mocnosti skládky je znázorněn v **příloze č. 12** a geologická dokumentace z průzkumu v období 2010–2011 včetně geologického řezu lokalitou je součástí **přílohy č. 8**.

Z výsledků modelu navážky vyplývá, že plošný rozsah skládky je cca 29 200 m^2. Skládka se rozkládá téměř po celé ploše jezdeckého areálu, na J a JZ pak jeho rozsah mírně přesahuje. Obvod modelové skládky činí 660 m.

Hloubkový dosah se pohybuje v rozmezí 0–7,8 m, přičemž oblast s mocností skládkového materiálu větší než 4 m pokrývá střední oblast jezdeckého areálu, tj. cca 56 % využívané plochy Bubla ranče a 69 % rozsahu skládky. Tato nejmocnější část skládky je protáhlá ve směru S–J.

Směrem k S od objektu HM-2 mocnost navážky rychle klesá (20 m), což koresponduje se situací terénu. Vykliňování skládkového materiálu v ostatních směrech je pozvolné a dosahuje vzdálenosti 80–150 m od objektu S2-6.

Objem skládkového tělesa na základě modelového řešení dosahuje kubatury 100 000 m^3. Hladina podzemní vody se vyskytuje cca 2 m pod úrovní terénu. Tabulka č. 22 popisuje distribuci hloubkového dosahu v poměru k ploše skládkového tělesa.

Tabulka č. 22 Hloubkový dosah skládkových materiálů v poměru k plošnému rozsahu

Hloubkový dosah navážky	Plocha absolutní	Plocha relativní
m	m^2	%
0–0,5	3315	11
0,5–1,0	1857	6
1,0–1,5	1631	6
1,5–2,0	1583	5
2,0–2,5	1497	5
2,5–3,0	1380	5
3,0–3,5	1550	5
3,5–4,0	1783	6
4,0–4,5	2451	8
4,5–5,0	2335	8
5,0–5,5	2266	8
5,5–6,0	2806	10
6,0–6,5	2148	7
6,5–7,0	1340	5
7,0–7,5	945	3
7,5–7,8	393	1
Suma	29 200	100

Nesaturovaná zóna skládkového tělesa je převážně tvořena stavebním odpadem jílovitého až písčitého charakteru (zemina), místy se vyskytují slévárenské písky a kaly. Kubatura nesaturované zóny je podle modelu mocnosti navážky stanovena na hodnotu 41 300 m^3.

V případě saturované zóny tvoří její strop úroveň 2 m pod terénem a její spodní hranice byla určena uměle na úrovni 7,0 m pod terénem. Celková kubatura skládkového materiálu v saturované zóně činí 58 700 m^3. Navážka v saturované zóně je tvořena převážně slévárenskými písky spolu se stavebním odpadem charakteru jílovité zeminy.

Míra a rozmístění znečištění

Tato kapitola shrnuje majoritní kontaminanty na lokalitě č. 2 – Jezdecký areál, a to z hlediska jejich prostorového rozsahu a koncentrace. Výsledky průzkumu jsou srovnány s platnou legislativou a hydrogeologickým vrtem KHG-4, který v analýzách vzorků podzemní vody a zeminy představuje přirozené pozadí. Laboratorní výsledky z průzkumu jsou uvedeny v **příloze č. 9**.

Ropné uhlovodíky C_{10}–C_{40}

Prostorové rozmístění vyšších koncentrací ropných uhlovodíků (nad 2 500 mg/kg sušiny) do určité míry koresponduje s oblastmi mocností sládky nad 4 m (S2-1, HM-2, S2-5), výjimku zde tvoří vzorky zeminy ze sondy S2-7 a S2-8, u kterých byly na základě laboratorní

analýzy stanoveny pouze zvýšené obsahy těchto látek, konkrétně 374 mg/kg (horizont 3,9–4,2 m) a 568 mg/kg (horizont 1,5–5,0 m) ve stejném pořadí. V rámci průzkumu v roce 2003 **[12]** byla realizována dočasně vystrojená sonda HM-2, ze které byly odebrány vzorky zeminy z různých úrovní. V ukazateli ropných uhlovodíků byly laboratorně stanoveny NEL[7] (nepolární extrahovatelné látky), jejíž podskupinu tvoří dnes častěji používaný ukazatel ropné uhlovodíky C_{10}–C_{40}. Koncentrace NEL se u HM-2 pohybovaly v horizontu 3,0–4,5 m na úrovni 2 340 mg/kg a v etáži 5,0–7,5 m byla stanovena koncentrace 6 910 mg/kg.

Kontaminaci ropnými uhlovodíky v zemině odpovídá kontaminace C_{10}–C_{40}, resp. NEL v podzemní–skládkové vodě v sondách S3-8 (3,39 mg/l C_{10}–C_{40}) a HM-2 (57,7 mg/l NEL). Vzhledem ke skutečnosti, že se na lokalitě v navážce jiné hydrogeologické objekty nevyskytují, nebylo možné přesněji stanovit rozsah kontaminace. **Příloha č. 14** zobrazuje koncepční rozsah kontaminace ropných uhlovodíků skupiny C_{10}–C_{40} v podzemní vodě. Z přílohy je zřejmé, že sousední skládka kalů je výrazným zdrojem znečištění, vzhledem k tomu, že je situovaná proti směru proudění podzemní vody (viz **příloha č. 11**). Uvažovaná míra dotace ropných uhlovodíků v podzemní vodě ze skládky kalů do oblasti jezdeckého areálu přes je 40 mg/l **[17],** resp. 59,6 g/rok při uvažované délce přestupní hrany 100 m a mocnosti saturované zóny 3 m. Ačkoliv samotná skládka jezdeckého areálu nepředstavuje jediný zdroj kontaminace v bezprostředním okolí, z výše uvedených výsledků z dočasně vystrojené sondy HM-2 **[12]** lze usuzovat, že se na kontaminaci podzemní vody ropnými uhlovodíky rovněž výrazně podílí.

Srovnáním s nejvýše přípustnými limity (300 mg/kg) pro skupinu uhlovodíků C_{10}–C_{40} v sušině odpadů podle vyhlášky 294/2005 Sb., zjišťujeme, že 6 vzorků zeminy z celkových 24 tuto hodnotu překračuje.

Vzhledem k absenci legislativní vyhlášky pro ropné uhlovodíky v podzemních vodách ukazatele C_{10}–C_{40} byly výsledky porovnány pouze s objektem představujícím přirozené pozadí (KHG-4), u kterého byla koncentrace stanovena pod mezí detekce, tj. <0,05 mg/l. Z celkových 5 vzorků podzemní vody, které byly realizovány v průzkumu v roce 2010, přesáhl limit detekce výše uvedený vzorek z dočasně vystrojené sondy S2-8.

Polycyklické aromatické uhlovodíky

Rozsah znečištění polycyklickými aromatickými uhlovodíky (PAU) je prostorově výrazně zřetelnější než v případě ropných uhlovodíků. Zvýšené hodnoty PAU byly ve vzorcích zemin sledovány všude kromě objektů ohraničujících skládkové těleso na S, SZ a JZ, tj. HG2-2, S2-3, S2-4, S2-9 a dále hydrogeologického vrtu HG2-1, který byl umístěn mimo skládku. Výjimkou z uvedeného rozdělení je nevystrojená sonda S2-1 na S lokality, jejíž vzorek zeminy nepřesáhl limit detekce laboratorní metody. Nejvyšší koncentrace ∑PAU[8] byly zaznamenány v sondě S2-7 (5 204 mg/kg v horizontu 3,9–4,2 m), další objekty představující kontaminaci dosahují koncentrace o 1–2 řády nižší. Objekt HM-2 **[12]** byl vzorkován ve třech horizontech, přičemž kontaminace ∑PAU byla prokázána v horizontu

[7] Látky skupiny NEL byly dříve běžně používány pro stanovení obsahu ropných uhlovodíku

[8] ∑PAU jsou u zemin definovány dle vyhlášky č. 294/2005 Sb. jako suma následujících látek: anthracen, benzo/a/anthracen, benzo/a/pyren, benzo/b/fluoranthen, benzo/ghi/perylen, benzo/k/fluoranthen, fluoranthen, fenanthren, chrysen, indeno(1,2,3-cd)pyren, naftalen, pyren

3,0–4,5 m (61,8 mg/kg) a 5,0–7,5 m (49,1 mg/kg). Následují objekty S2-5, S2-8 a S2-6 s koncentracemi 36,1 mg/kg (3,2 m), 34,8 mg/kg (5–7 m) a 28,0 mg/kg (6,4 m) ve stejném pořadí. Menší míru kontaminace dokazují vzorky zeminy ze sond na jižním a jv. okraji skládky – jsou to objekty S2-10 a S2-11 s hodnotami 18,7 mg/kg (1,9 m) a 7,1 mg/kg (0,8 m). Také sonda S2-2, umístěná cca 40 m východně od oblasti nejvyšších mocností skládky, vykazuje koncentraci ∑PAU 7,9 mg/kg (2,2 m).

Z výše uvedených informací vyplývá, že zeminy nejvíce kontaminované PAU se nacházejí ve střední až severní části skládky.

V podzemní vodě na lokalitě jezdeckého areálu byly v rámci průzkumu v letech 2010–2011 hodnoty PAU zvýšené pouze ve vzorku podzemní vody z dočasně vystrojené sondy S2-8, která byla umístěna přímo ve skládkovém materiálu. Zde byla analyzována hodnota ∑PAU[9] 7,1 µg/l. Další ověřenou hodnotou koncentrace PAU v podzemní vodě byla uvažována hodnota z objektu HM-2 **[12]**, kde byla v roce 2003 stanovena koncentrace ∑PAU na úrovni 0,67 µg/l.

Koncepční rozsah kontaminace ∑PAU dle vyhlášky 252/2004 Sb. názorně popisuje **příloha č. 15**, která v souladu s výsledky průzkumu ukazuje na dva zdroje kontaminace z oblasti skládky kalů, výraznější zdroje kontaminace se přidávají na předmětné skládce jezdeckého areálu. Do konstrukce kontaminačního mraku byl zahrnut také výše popsaný archivní objekt HM-2.

2.2.4. Posouzení šíření znečištění

2.2.4.1. Šíření znečištění v nesaturované zóně

Migrace polutantů 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 (zástavba, zatravnění, asfalt, beton, atd.)
- homogenita zeminy (propustnost)
- sorpční vlastnosti zeminy

Pohyb polutantů je zpomalován zejména polohami jílovitých sedimentů, které fungují jako hydraulická bariéra. Při průchodu kontaminantů horninovým prostředím dochází k jejich rozptýlení a částečné sorpci na horninové prostředí. Množství sorbovaného kontaminantu závisí na povaze látky a obsahu organického uhlíku v pevné fázi horninového prostředí, který je schopný kontaminant vázat. Kontaminant se dále může šířit prostřednictvím preferenčních cest proudění, jako jsou produktovod, síťová vedení, základy budov a jiné. Těkavé složky se šíří volatizací do půdního vzduchu a dále do atmosféry. Nesaturovaná zóna je v zájmové lokalitě č. 2 – Jezdecký areál tvořena pozemky sloužícími pro rekreaci obyvatel a chov koní.

V současné době je plocha skládky využívána pro rekreaci obyvatel.

[9] ∑PAU jsou u podzemní vody definovány dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. jako suma následujících látek: benzo/b/fluoranthen, benzo/ghi/perylen, benzo/k/fluoranthen, a indeno(1,2,3-cd)pyren; vyhláška stanovuje limit pro ∑PAU na úrovni 0,1 µg/l

V hydrogeologickém vrtu HG2-1 byla hladina podzemní vody zastižena v hloubce 3,5 m a ve vrtu HG2-2 v hloubce 2,5 m. Podle výsledků hydrodynamických zkoušek je koeficient filtrace na lokalitě $6{,}7.10^{-5}$ m/s a transmisivita je $1{,}7.10^{-4}$ m^2/s.

Objem nesaturované zóny je 41 000 m^3, při ploše skládky 29 200 m^2. Pro výpočty byly použity hodnoty 3. kvartilu koncentrací daných polutantů.

Při adsorpci dochází k zachycení kontaminantu na povrchu organické hmoty v pevné fázi kolektoru, jehož množství je vyjadřováno jako váhová frakce organického uhlíku f_{oc}. Ta byla stanovena na základě laboratorních rozborů vzorků zemin ve formě TOC (total organic carbon).

Pro výpočet sorpčních charakteristik zemin bylo nutné vypočítat lineární adsorpční izotermu K_d [l/g] dle vztahu

$$K_d = K_{oc} * f_{oc}$$

kde K_{oc} je distribuční koeficient organický uhlík-voda. Zadané hodnoty K_{oc}, f_{oc} a vypočítané K_d jsou uvedeny v následující tabulce. Pro rtuť je hodnota K_d dána. Jako zástupce spektra látek ropného původu byl použit methylcyklohexan, který představuje běžnou komponentu směsí ropných látek.

Hodnota ukazatele TOC je převzata z analýz vzorků zemin z nevystrojených sond S2-2 (2,2 m), S2-2 (3,7 m), S2-6 (6,4 m) a S2-6 (7,8 m) a jeho průměrná hodnota je 1,9 g/kg.

Tabulka č. 17: Hodnoty K_{oc}, f_{oc} a K_d

Kontaminant	K_{oc} [l/kg]*	f_{oc}	K_d [l/kg]
methylcyklohexan	234*	0,019	4,45
benzo/a/pyren	$5{,}87.10^5$	0,019	11153
benzo/b/fluoranthen	$5{,}99.10^5$	0,019	11381
benzo/ghi/perylen	$1{,}95.10^6$	0,019	37050
indeno(1,2,3-cd)pyren	$1{,}95.10^6$	0,019	37050
benzo/k/fluoranthen	$5{,}87.10^5$	0,019	11153
chrysen	$1{,}81.10^5$	0,019	3439
pyren	$5{,}43.10^4$	0,019	1032
anthracen	$1{,}64.10^4$	0,019	312
fenanthren	$1{,}67.10^4$	0,019	317
fluoren	$9{,}16.10^3$	0,019	174
fluoranthen	$5{,}55.10^4$	0,019	1055

Zdroj: THE RISK ASSESSMENT INFORMATION SYSTEM

Obecně platí, čím je K_d vyšší, tím je kontaminant méně mobilní a více se sorbuje na horninové prostředí.

Hlavním transportním mechanismem je v kvartérních sedimentech uvažován výluh srážkovou vodou. Tok polutantu můžeme vyjádřit vztahem

$$J = Q.C$$

kde: J je tok polutantu v mg/s

Q je průtok infiltrátu srážkové vody (l/s)
C je koncentrace polutantu ve vodě (mg/l)

Výpočet průtoku srážkové vody Q vychází z průměrného ročního úhrnu srážek v oblasti, který je 700 mm, množství infiltrace (cca 10 %) a plochy s výskytem znečištění nesaturované zóny.

Další výpočet je založen na úvaze, že infiltrující voda získává koncentraci polutantu odpovídající rovnovážné koncentraci podle vztahu

$$C_{aq} = \frac{C_{suš}}{K_d}$$

kde: C_{aq} je koncentrace polutantu ve výluhu (mg/l)
$C_{suš}$ je 3. kvartil koncentrace koncentrace polutantu v zemině (mg/kg)

Tabulka č. 18.1 : Bilance v nesaturované zóně horninového prostředí

	C_{10}–C_{40}*	**b/a/p**	**b/b/f**	**b/ghi/p**	**i(1,2,3-cd)p**	**b/k/f**
Organický uhlík	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
Henryho konstanta	17,6	$3,4.10^{-7}$	$2,69.10^{-5}$	$1,35.10^{-5}$	$1,42.10^{-5}$	$2,39.10^{-5}$
Koc (dm^3/kg)	234	$5,87.10^{5}$	$5,99.10^{5}$	$1,95.10^{6}$	$1,95.10^{6}$	$5,87.10^{5}$
Kd (dm^3/kg)	4,45	11153	11381	37050	37050	11153
$C_{suš}$ (mg/kg)	335,5	0,78	0,88	0,47	0,51	0,4
C_{aq} (mg/dm^3)	75,39	$6,99.10^{-5}$	$7,73.10^{-5}$	$1,27.10^{-5}$	$1,38.10^{-5}$	$3,59.10^{-5}$
Objem kontaminované horniny (m^3)	41 000	41 000	41 000	41 000	41 000	41 000
Hmotnost kontaminantu v nesaturované zóně (t)	**28,9**	**0,067**	**0,076**	**0,04**	**0,044**	**0,034**

* C_{10}–C_{40} - uhlovodíky C_{10}–C_{40} ; b/a/p-benzo/a/pyren; b/b/f-benzo/b/fluoranthen; i(1,2,3-cd)p-indeno(1,2,3-cd)pyren; b/k/f-benzo/k/fluoranthen

Tabulka č. 18.2 : Bilance v nesaturované zóně horninového prostředí

	ch**	**p**	**a**	**f**	**fl**	**flua**
Organický uhlík	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
Henryho konstanta	$2,14.10^{-4}$	$4,87.10^{-4}$	$2,27.10^{-3}$	$1,73.10^{-3}$	$3,93.10^{-3}$	$3,62.10^{-4}$
Koc (dm^3/kg)	$1,81.10^{5}$	$5,43.10^{4}$	$1,64.10^{4}$	$1,67.10^{4}$	$9,16.10^{3}$	$5,55.10^{4}$
Kd (dm^3/kg)	3439	1032	312	317	174	1055
$C_{suš}$ (mg/kg)	0,93	1,22	0,36	1,67	0,33	2,51
C_{aq} (mg/dm^3)	$2,7.10^{-4}$	$1,2.10^{-3}$	$1,6.10^{-3}$	$5,3.10^{-3}$	$1,9.10^{-3}$	$2,4.10^{-3}$
Objem kontaminované horniny (m^3)	41 000	41 000	41 000	41 000	41 000	41 000
Hmotnost kontaminantu v nesaturované zóně (t)	**0,08**	**0,11**	**0,031**	**0,14**	**0,028**	**0,22**

** ch-chrysen; p-pyren; a-anthracen;f-fenanthren; fl-fluoren; flua-fluoranthen

V nesaturované zóně horninového prostředí se nachází 29 t uhlovodíků C_{10}-C_{40}. Z polycyklických aromatických uhlovodíků je v nesaturované zóně nejvíce fenanthrenu, a to 0,14 t a pyrenu, 0,11 t.

2.2.4.2. Šíření znečištění v saturované zóně

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

Na lokalitě je saturovaná zóna tvořená kvartérním jílovitým pískem se štěrkem, místy se vyskytuje křídové podloží tvořené zvětralým jílovcem. Mocnost saturované zóny dosahuje kolem 5 m. Zvodeň má mírně napjatou hladinu, která se na lokalitě ustálila na úrovni cca 1–5 m pod terénem. Koeficient filtrace na lokalitě je na základě vyhodnocení hydrodynamických zkoušek $6{,}7.10^{-5}$ m/s.

Pro účely následných výpočtů byla mocnost saturované zóny uměle stanovena na 5 m. Tím získáváme aproximovaný objem saturované zóny 146 000 m^3, při ploše 29 200 m^2. Kubatura zeminy je v saturované zóně 58 700 m^3.

Jako nejvýznamnější kontaminanty byly určeny polycyklické aromatické uhlovodíky a uhlovodíky C_{10}–C_{40}. Pro výpočty byly použity hodnoty 3. kvartilu koncentrací PAU a koncentrace uhlovodíků C_{10}–C_{40} v sondě S2-8.

Hlavním migračním parametrem ve zvodnělé zóně horninového prostředí je advekce. Advekci lze charakterizovat jako transport částic způsobenou prouděním podzemní vody na základě nenulového hydraulického gradientu. Rychlost proudění podzemní vody v (m/s) vypočteme dle Darcyho zákona jako

$$v = k.I$$

kde: k je koeficient filtrace (m/s)
I je hydraulický gradient.

Hydraulický gradient získáme dle vztahu

$$I = \frac{dh}{dl}$$

kde: dh představuje rozdíl hydraulických výšek mezi dvěma body
dl je jejich vzdálenost.

Střední lineární (skutečná) rychlost proudění v_s (m/s) se vypočte dle rovnice

$$v_s = \frac{k.I}{n_e}$$

kde: n_e je efektivní pórovitost.

Při proudění kontaminantu v podzemní vodě dochází k adsorpci, tedy zachycení kontaminantu na povrchu pevné fáze kolektoru. Adsorbovaný kontaminant je zpomalen v porovnání s rychlostí advekce. Toto zpomalení je vyjádřeno koeficientem retardace R, vypočteného dle vztahu

$$R = 1 + \left(\frac{\rho_b}{n}\right) \cdot K_d$$

kde: ρ_b je měrná hmotnost pevné fáze (kg/dm^3)
K_d je distribuční koeficient
n je pórovitost.

Rychlost šíření kontaminantů se dále vypočte dle rovnice

$$v = \frac{v_s}{R}$$

Advekční tok kontaminantu je pak

$$J = v \ .n.C$$

kde: C představuje 3. kvartil koncentrace kontaminantu v podzemní vodě (koncentrace uhlovodíků C_{10}–C_{40} v S2-8)

Koeficient filtrace, zjištěný na základě hydrodynamických zkoušek (viz kapitola 2.2.2.4.), v průměru dosahuje hodnoty $6{,}7.10^{-5}$ m/s.

Rychlost proudění podzemní vody v, při průměrném hydraulickém gradientu 0,03 vychází rychlost proudění podzemní vody na 2.10^{-6} m/s.

Střední lineární (skutečná) rychlost proudění v_s při efektivní pórovitosti n_e 10 % vychází na 2.10^{-5} m/s.

Zpomalení proudění kontaminantu v podzemní vodě v důsledku adsorpce na povrchu pevné fáze kolektoru, je vyjádřené koeficientem retardace R, jehož vypočtené hodnoty jsou v tabulce č. 19.

Tabulka č. 19.1: *Rychlost šíření a advekční tok kontaminantu*

	C_{10}–C_{40}*	**b/a/p**	**b/b/f**	**b/ghi/p**	**i(1,2,3-cd)p**	**b/k/f**
v (m/s)	$8{,}3.10^{-7}$	$3{,}4.10^{-10}$	$3{,}4.10^{-10}$	1.10^{-10}	1.10^{-10}	$3{,}4.10^{-10}$
J (mg/m^2/rok)	$1{,}1.10^{-6}$	$2{,}29.10^{-6}$	$3{,}48.10^{-6}$	$6{,}78.10^{-7}$	3.10^{-7}	$1{,}04.10^{-6}$

*C_{10}–C_{40} uhlovodíky C_{10}–C_{40}; b/a/p-benzo/a/pyren; b/b/f-benzo/b/fluoranthen; i(1,2,3-cd)p-indeno(1,2,3-cd)pyren; b/k/f-benzo/k/fluoranthen

Tabulka č. 19.2: *Rychlost šíření a advekční tok kontaminantu*

	ch**	**p**	**a**	**f**	**flua**
v (m/s)	$1{,}1.10^{-9}$	$3{,}7.10^{-9}$	$1{,}2.10^{-8}$	$1{,}2.10^{-8}$	$3{,}6.10^{-9}$
J (mg/m^2/rok)	$8{,}71.10^{-6}$	$7{,}72.10^{-5}$	$6{,}66.10^{-5}$	$4{,}94.10^{-4}$	$1{,}02.10^{-4}$

** ch-chrysen; p-pyren; a-anthracen;f-fenanthren; flua-fluoranthen

Co se týče rychlosti šíření kontaminantů, nejrychleji se budou šířit uhlovodíky C_{10}-C_{40}, a to rychlostí $8{,}3.10^{-7}$ m/s. Rychlosti šíření polycyklických aromatických uhlovodíků se pohybují od $1{,}2.10^{-8}$ m/s u anthracenu a fenanthrenu po 1.10^{-10} m/s u benzo/ghi/perylenu a indeno(1,2,3-cd)pyrenu.

Pro výpočet množství kontaminantů transportovaných ze skládky, byla uvažována délka odtokové hrany 150 m a hloubka saturované zóny 5 m. Odtoková plocha je tedy 750 m^2. Tato hodnota byla násobena advekčním tokem kontaminantů. Množství kontaminantů, které ze skládky odtéká, je následovné:

- uhlovodíky C_{10}–C_{40}: 26,5 g/rok
- benzo/a/pyren: $1{,}72.10^{-6}$ g/rok
- benzo/b/fluoranthen: $2{,}61.10^{-6}$ g/rok
- benzo/ghi/perylen: $5{,}10.10^{-7}$ g/rok
- indeno(1,2,3-cd)pyren: $2{,}30.10^{-7}$ g/rok
- benzo/k/fluoranthen: $7{,}80.10^{-7}$ g/rok
- chrysen: $6{,}50.10^{-6}$ g/rok
- pyren: $5{,}80.10^{-5}$ g/rok
- anthracen: $5{,}00.10^{-5}$ g/rok
- fenanthren: $3{,}70.10^{-4}$ g/rok
- fluoranthen: $7{,}70.10^{-5}$ g/rok

Největší nebezpečí znečištění při odtoku ze skládky hrozí v případě uhlovodíků C_{10}-C_{40}, kterých ročně ze skládky odteče 26,5 g. Množství polycyklických aromatických uhlovodíků je malé, v řádech 10^{-4}–10^{-7} g/rok.

Bilance znečištění v saturované zóně horninového prostředí

Pro účely kvantifikace bilance znečištění v saturované zóně vycházíme z koncepce lineární sorpční rovnováhy mezi kontaminovanou podzemní vodou a pevnou matricí. Množství kontaminantu rozpuštěného v podzemní vodě je úměrné množství kontaminantu sorbovaného horninou. Vzájemný poměr je vyjádřen lineárním distribučním koeficientem půdního rozdělení K_d, který je podílem koncentrace kontaminantu v hornině c_a a koncentrace kontaminantu ve vodě c_i.

$$K_d = c_a / c_i$$

Vzhledem k tomu, že vlastní měření koeficientu K_d je pro těkavé látky problematické, vypočítává se z koeficientu sorpce na organický uhlík a f_{oc}.

$$K_d = K_{oc} . f_{oc}$$

Výpočet lze rozdělit do 3 částí:
hmotnost volné fáze (není bilancována)
hmotnost kontaminantu rozpuštěného v podzemní vodě M_i,
hmotnost kontaminantu sorbovaného horninou M_a.

Hmotnost kontaminantu rozpuštěného v podzemní vodě M_i:

$$M_i = C_i . V_a . P,$$

kde: C_i koncentrace kontaminantu v podzemní vodě
V_a objem saturované zóny zasažené kontaminací
P porosita

Hmotnost kontaminantu sorbovaného horninou M_a:

$$M_a = C_a \cdot V_a \cdot p_a,$$

$$C_a = K_d \cdot C_i,$$

kde
- C_a koncentrace kontaminantu v hornině
- C_i koncentrace kontaminantu v podzemní vodě
- V_a objem saturované zóny zasažené kontaminací
- p_a měrná hmotnost zeminy

Tabulka č. 20.1: Bilance v saturované zóně horninového prostředí

	C_{10}–C_{40}*	**b/a/p**	**b/b/f**	**b/ghi/p**	**i(1,2,3-cd)p**	**b/k/f**
Organický uhlík	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
Koc (dm^3/kg)	234	$5,87.10^5$	$5,99.10^5$	$1,95.10^6$	$1,95.10^6$	$5,87.10^5$
Kd (dm^3/kg)	4,45	11153	11381	37050	37050	11153
Koncentrace polutantu ve vodě (µg/l)	$3,39.10^{-3}$	0,53	0,82	0,52	0,23	0,24
Koncentrace polutantu ve vodě (g/dm^3)	3,39	$5,3.10^{-7}$	$8,2.10^{-7}$	$5,2.10^{-7}$	$2,3.10^{-7}$	$2,4.10^{-7}$
Ca (g/kg)	15,1	$5,9.10^{-3}$	$9,33.10^{-3}$	$19,27.10^{-3}$	$8,52.10^{-3}$	$2,68.10^{-3}$
Objem zasažené saturované zóny (m^3)	146 000	146 000	146 000	146 000	146 000	146 000
Objem zasažené zeminy (m^3)	58 700	58 700	58 700	58 700	58 700	58 700
Měrná hmotnost zeminy (kg/dm^3)	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Celková pórovitost	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Efektivní pórovitost	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Retardační faktor	24,3	58554	59751	194514	194514	58554
Hmotnost kontaminantu ve vodě (g)	198	0,03	0,05	0,03	0,01	0,01
Hmotnost kontaminantu sorb. horninou (kg)	1861,4	729	1150	2375	1050	330
Hmotnost kontaminantu celkem (kg)	**1861**	**729**	**1150**	**2375**	**1050**	**330**

* C_{10}–C_{40}–uhlovodíky C_{10}–$C_{40;}$b/a/p-benzo/a/pyren; b/b/f-benzo/b/fluoranthen; i(1,2,3-cd)p-indeno(1,2,3-cd)pyren; b/k/f-benzo/k/fluoranthen

Tabulka č. 20.2: Bilance v saturované zóně horninového prostředí

	ch**	**p**	**a**	**f**	**flua**
Organický uhlík	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
Koc (dm^3/kg)	$1,81.10^5$	$5,43.10^4$	$1,64.10^4$	$1,67.10^4$	$5,55.10^4$
Kd (dm^3/kg)	3439	1032	312	317	1055
Koncentrace polutantu ve vodě (µg/l)	0,62	1,65	0,43	3,25	2,23
Koncentrace polutantu ve vodě (g/dm^3)	$6,2.10^{-7}$	$1,65.10^{-7}$	$4,3.10^{-7}$	$3,25.10^{-7}$	$2,23.10^{-7}$

	ch**	p	a	f	flua
Ca (g/kg)	$2{,}13.10^{-3}$	$1{,}7.10^{-3}$	$1{,}3.10^{-4}$	$1{,}03.10^{-3}$	$2{,}35.10^{-3}$
Objem zasažené saturované zóny (m^3)	146 000	146 000	146 000	146 000	146 000
Objem zasažené zeminy (m^3)	58 700	58 700	58 700	58 700	58 700
Měrná hmotnost zeminy (kg/dm^3)	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Celková pórovitost	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Efektivní pórovitost	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Retardační faktor	18056	5417	1637	1667	5537
Hmotnost kontaminantu ve vodě (g)	0,04	0,1	0,03	0,18	0,13
Hmotnost kontaminantu sorb. horninou (kg)	263	209	16	127	290
Hmotnost kontaminantu celkem (kg)	**263**	**209**	**16**	**127**	**290**

** ch-chrysen; p-pyren; a-anthracen;f-fenanthren; flua-fluoranthen

V saturované zóně horninového prostředí se nachází 1,8 t uhlovodíků C_{10}-C_{40}. Z polycyklických aromatických uhlovodíků je nejvíce benzo/ghi/ perylenu (2,4 t), benzo/b/fluoranthenu (1,2 t) a indeno(1,2,3-cd)pyrenu (1,1 t).

2.2.4.3. Šíření znečištění povrchovými vodami

V dnovém sedimentu povrchové vodoteče, která pramení z Jezdeckého areálu, byla naměřena koncentrace uhlovodíků C_{10}–C_{40} 2 810 mg/kg, která překračuje limitní hodnotu 300 mg/kg dle vyhlášky č 294/2005 Sb. Analýzy povrchové vody z téže vodoteče PV2-2 ale znečištění uhlovodíky C_{10}–C_{40} neprokázaly. Naměřené hodnoty uhlovodíků C_{10}–C_{40}, těžkých kovů i PAU nesignalizují významnější šíření kontaminace povrchovými vodami. Šíření je možné vodou podzemní, kdy zdrojem kontaminace může být nejen lokalita 2 - Jezdecký areál, ale také lokalita 3 - Skládka kalů, ze které se kontaminace šíří po směru proudění podzemní vody k Jezdeckému areálu.

2.2.4.4. Charakteristika vývoje znečištění z hlediska procesů přirozené atenuace

K přirozenému poklesu anorganických a organických kontaminantů dochází v horninovém prostředí zejména ředěním mechanismem advekce a disperze, mnoho z kontaminantů má navíc tendenci sorbovat se na organickou hmotu nebo jiné pevné částice. Tyto procesy vedou k poklesu koncentrací, nicméně ne k jejich odstranění z prostředí. Některé polutanty navíc za vhodných podmínek velmi ochotně podléhají vlastní biodegradaci, čímž dochází k jejich postupnému odstranění z jednotlivých složek životního prostředí. Všechny přirozené procesy, které vedou k poklesu kontaminantu, lze shrnout pod pojem atenuace.

Přirozená atenuace je v principu spolupůsobení celé řady procesů. Na šíření, rozptyl a koncentrování kontaminantu mají vliv jak fyzikálně-chemické parametry prostředí, tak rovněž termodynamické charakteristiky daného polutantu a v neposlední řadě vliv biosféry.

Hodnocení procesů přirozené atenuace bylo vyhotoveno podle Metodického pokynu MŽP pro analýzu rizik kontaminovaného území, dle přílohy 6 – základní pravidla pro hodnocení přirozené atenuace.

Výchozími podklady pro posouzení atenuačních procesů jsou data z průzkumných prací předkládané v rámci analýzy rizik. S ohledem na možné transportní cesty kontaminantů k potenciálním příjemcům rizik, jsou atenuační procesy hodnoceny pro nesaturovanou i saturovanou zónu. Na základě ověřené kontaminace na lokalitě je atenuace diskutována pro uhlovodíky C_{10}–C_{40} a polycyklické uhlovodíky (PAU).

Uhlovodíky C_{10}–C_{40}

Nasycené n-alkany jsou v rámci přirozených atenuačních procesů nejsnáze odbouratelné sloučeniny, nicméně byla demonstrována degradace n-alkanů i s řetězci delšími než C_{44}.

Nejsnáze podléhají degradaci alkany v rozpětí od C_{10} do C_{26}. Hlavní mechanismus degradace n-alkanů spočívá v oxidaci, která odpovídá oxidaci alkoholů, aldehydů nebo funkčních skupin mastných kyselin. Rozvětvené alkany odolávají mikrobiálnímu ataku, nicméně nejsou vůči němu zcela odolné. Cykloalkany jsou vůči biodegradaci rezistentní.

V zeminách představují uhlovodíky významnou kontaminaci, přičemž maximální koncentrace uhlovodíků C_{10}–C_{40} se pohybovaly kolem hodnot **3 000 mg/kg**. Takto vysoké koncentrace byly prokázány v sondách S2-2 (2,2 m), v S2-5 (3,2 m), v S2-1 a v S2-10 (1,9 m). Koncentrace C_{10}–C_{40} kolem hodnot **240–370 mg/kg** byly detekovány v sondách S2-7 (3,9-4,2 m) a v S2-6 (6,4 m a 7,8 m)**.**

Obsahy uhlovodíků **od 50 do 114 mg/kg** se nacházely v nevystrojených sondách S2-7 (5,6 m), S2 5 (5,5 m) a v S2-10 (3,5 m). V sondě S2-11 (0,8 m) bylo identifikováno téměř **50 mg/kg**. Hodnoty v ostatních sondách se pohybovaly pod mezí detekce laboratorního stanovení.

Je zjevné, že v zeminách lokality č. 2 se jedná o plošnou kontaminaci uhlovodíky C_{10}–C_{40}.

V saturované zóně je obsah uhlovodíků C_{10}–C_{40}, s výjimkou provizorně vystrojeného objektu S2-8 s obsahem **3,39 mg/l,** pod mezí detekce laboratorního stanovení a tudíž se předpokládá, že k migraci z nesaturované zóny do podzemní vody nedochází. Uhlovodíky jsou imobilní v nesaturované zóně, kde dochází k oxidaci n-alkanů, přičemž spotřeba kyslíku jako elektronového akceptoru je tlumena dotací kyslíku při infiltraci srážkové vody.

PAU

Aromatické sloučeniny jsou v porovnání s n-alkany více rezistentní vůči biodegradaci, některé nízkomolekulární aromáty jako třeba naftalen, mohou být oxidovány postupně. Důvodem odolnosti polyaromatických uhlovodíků vůči biodegradaci, je jejich malá rozpustnost ve vodě. Jejich koncentrace bývají nejvyšší u zdroje znečištění a při uvolnění do půdy jsou adsorbovány na pevné částice. V saturované zóně se u PAU nepředpokládá intenzivní pohyb ve směru proudění podzemní vody.

V zeminách byla prokázána výraznější kontaminace PAU, především v sondě S2-7 (3,9–4,2 m), kde překračovaly koncentrace všech PAU kritérium C. Benzo/a/pyren překračoval kritérium B ještě ve 4 dalších sondách (v S2-5, S2-6, S2-8 a S2-10), nicméně v těchto sondách se u zbylých PAU znečištění projevovalo pouze překročením orientačního kritéria A MP MŽP.

V saturované zóně byla prokázána významná kontaminace v sondě S2-8, kde k překročení kritéria C dochází u benzo/a/pyrenu, benzo/b/fluoranthenu, benzo/ghi/perylenu, indeno(1,2,3-cd)pyrenu, benzo/k/fluoranthenu, chrysenu a fenanthrenu. U pyrenu, anthracenu, fluoranthenu a naftalenu nepřekračují koncentrace kritérium B MP MŽP.

V domovní studni č.p. 648 a v hydrogeologickém vrtu HG2-2 překračují mírně kritérium A benzo/ghi/perylen a fenanthren, v hydrogeologickém vrtu navíc ještě chrysen a fluoranthen.

Aerobní a anaerobní transformace uhlovodíků

V procesu přirozené atenuace uhlovodíkových kontaminantů se uplatňují jak procesy aerobní, tak anaerobní. Principem aerobní transformace je oxidace redukované formy prostřednictvím enzymů katalyzujících konkrétní oxidační krok přes alkohol, aldehyd a kyselinu, která se následně zapojuje do buněčného cyklu mikroorganismů. Z energetické bilance je anaerobní rozklad méně výhodným způsobem pro mikroorganismy, které tímto získávají mnohem méně energie. Výhodu mají tzv. fakultativní mikroorganismy, které disponují oběma typy metabolismu a v momentě vyčerpání kyslíku jako zdroje elektronového akceptoru, jsou schopné přepnout svou látkovou výměnu do režimu anoxického (např. kvasinky). Anaerobní rozklad je principiálně podobný aerobnímu s tím rozdílem, že jako akceptor elektronu figurují látky typu dusičnany, železité a manganičité ionty a sírany.

Mezi důležité geochemické indikátory, které jsou při posuzování atenuačních procesů sledovány, patří hodnoty oxidačně-redukčního potenciálu (Eh), koncentrace elektronových akceptorů, hodnota pH a teplota.

Eh – oxidačně-redukční potenciál

V podzemních vodách, které jsou znečištěné organickými látkami, se jako přímý indikátor probíhajících degradačních procesů uplatňuje hodnota oxidačně-redukčního (redox) potenciálu Eh, který odráží přítomnost oxidačního nebo redukčního prostředí. Přímým důkazem o probíhajících degradačních procesech v saturované zóně, je pokles koncentrací elektronových akceptorů, což se projevuje snížením oxidačně-redukčního (redox) potenciálu Eh. Záporná hodnota redox potenciálu značí redukční prostředí.

Elektronové akceptory

Při oxidaci organických látek dochází ke snížení koncentrace elektronových akceptorů. Jako první přijímá elektrony kyslík, jehož pokles pod 0,5 mg/l indikuje anaerobní podmínky. Dusičnany figurují jako akceptory elektronů při absenci kyslíku, nicméně vzhledem k obvyklé nehomogenitě systémů obvykle působí tyto akceptory současně. V případě postupného vyčerpávání dusičnanů se začínají uplatňovat sírany, které již značí prostředí anaerobní. Dvojmocné železo (Fe^{II+}) je indikátorem redukce trojmocného železa (Fe^{III+}) během degradace organických sloučenin při absenci O_2 a NO_3^-. Dvojmocná forma manganu (Mn^{II+}) je podobně jako v případě železa, indikátorem redukce oxidační formy Mn^{IV+}. Metan (CH_4) dokazuje degradaci organických sloučenin metanogenezí.

pH a teplota

Tyto parametry patří mezi doplňkové indikátory přirozené atenuace. Hodnota pH má význam především při posuzování přirozené atenuace u anorganických látek (např. těžkých kovů), kde přímo ovlivňuje jejich mobilitu v prostředí. Protože tyto látky nepatří na této lokalitě mezi nebezpečné kontaminanty, nejsou atenuační procesy těchto látek diskutovány.

S teplotou obecně vzrůstá rychlost biodegradačních procesů organických látek.

Hodnoty geochemických indikátorů naměřených v podzemní vodě jsou vyjádřené v tabulce č. 21.

Tab. č. 21: Geochemické parametry vzorků podzemních vod

označení vzorku	**S2-8**	**HG2-1**	**HG2-2**	**ST2-1**	**č.p. 648**
pH	7,32	7,52	7,33	7,42	6,85
redox potenciál (mV)	−113,7	−42,7	−86,7	117,2	113,6
rozp. O_2 (mg/l)	0,48	0,24	0,08	14,46	6,33
dusičnany (mg/l)		26	<5		
sírany (mg/l)		114	240		
železo celk. (mg/l)		0,28	2,5		
Fe (III) (mg/l)		0,18	1,06		
Fe (II) (mg/l)		0,1	1,44		
vodivost: (µS/cm)	1023	813	697	997	643
teplota: (□C)	9,1	10,7	10,2	11,1	10,1

Posouzení stavu probíhajících atenuačních procesů

V zeminách se projevila významná kontaminace v parametrech uhlovodíků C_{40}–C_{40} a PAU. V podzemních vodách koncentrace uhlovodíků nejsou výrazně zvýšené a vzhledem k tendenci n-alkanů dobře podléhat biodegradačním procesům se předpokládá jejich postupné přirozené vyčerpání v nesaturované zóně, aniž by docházelo k jejich uvolňování do podzemních vod.

Naopak u PAU se vzhledem k prokázané významné kontaminaci v saturované zóně předpokládá jejich přestup z nesaturované zóny do podzemních vod. Vzhledem k jejich nízké rozpustnosti a vyšší hustotě se nepředpokládá jejich výrazná migrace po směru proudění podzemní vody, nicméně zvýšené hodnoty složek PAU se projevily v domovní studni č. p. 648, což by mohlo souviset s transportem těchto kontaminantů ze severní oblasti okolí akumulace vody nad skládkou kalů blízké lokality č. 3.

Je prokazatelné, že v oblasti kontaminované podzemní vody (sonda S2-8) probíhají atenuační procesy, což se projevuje záporným oxidačně-redukčním potenciálem Eh (**−113,7 mV**) značící silně redukční prostředí. Vzhledem k obsahu rozpuštěného kyslíku pod 0,5 mg/l zde probíhá oxidace organických látek působením nejen kyslíku, ale současně také dusičnanů, které přijímají elektrony uvolňované při oxidaci kontaminantů.

Záporný redox potenciál byl naměřen také v hydrogeologických vrtech HG2-1 **(−42,7 mV)** a HG2-2 **(−86,7 mV)**. Velmi nízké koncentrace rozpuštěného kyslíku **0,24 mg/l** ve vrtu HG2 -1 a **0,08 mg/l** v HG2-2 značí anaerobní prostředí, kde se již kyslík jako oxidant organických kontaminantů neuplatňuje. Ve vrtu HG2-1 dochází k oxidaci organických látek díky působení dusičnanů, kterých je zde stále dostatek (**26 mg/l**), ale tato relativně nízká hodnota značí již jejich prokazatelné vyčerpání.

Ve vrtu HG2-2 se pravděpodobně jako elektronové akceptory uplatňují v pořadí následující sírany, vzhledem k podlimitním koncentracím dusičnanů ve vrtu HG2-2 **(< 5 mg/l**).

Při absenci kyslíku a dusičnanů se začíná projevovat působení trojmocné formy železa (Fe^{III+}), přičemž postupně začínají v roztoku převládat dvojmocné redukované formy železa (Fe^{II+}), což je patrné **z tabulky č. 20.**

Ve vrtu ST2-1 a v domovní studni č.p. 648 se vyskytuje oxidační prostředí (naměřená hodnota Eh byla **117,2 mV** a **113,6 mV),** což je pravděpodobně způsobeno rozpuštěním přístupného atmosférického kyslíku v koncentracích **14,46 mg/l** v ST2-1 a **6,33 mg/l** v domovní studni. Navíc za nižší teploty vody, která v době měření panovala (**10–11 °C**) dochází obecně k vyšší rozpustnosti kyslíku ve vodě.

Vzhledem k mírně zvýšeným koncentracím některých PAU a vysokému obsahu kyslíku v domovní studni se předpokládá postupná oxidace těchto polutantů. K rozkladu ale bude docházet v případě polyaromatických uhlovodíků mnohem pomaleji než u n-alkanů.

2.2.5. Shrnutí šíření a vývoje znečištění

Šíření kontaminace bylo průzkumnými pracemi ověřeno a potvrzeno. Směr proudění podzemní vody přes jezdecký areál, jak je znázorněno v situaci proudového pole kvartérní zvodně v **příloze č. 11**, ukazuje ve východní části zájmové oblasti na severozápadní směr proudění, směrem k západu se proudové pole stáčí k SSZ. Samotná existence gradientu proudového pole napovídá, že k transportu rozpuštěných látek dochází. Kontaminované vody proudí směrem k bezejmenné vodoteči, která tvoří drenážní bázi pro podzemní vodu svrchního kolektoru.

Z hlediska mobility kontaminace lze uvažovat transport ropných uhlovodíků jako aktivní, v případě polycyklických aromatických uhlovodíků je míra retardace vysoká a kontaminační

fronta se posouvá velmi pomalu. Vzorek povrchové vody z odběrného místa PV2-2 ze dne 24. 11. 2010 nepotvrdil přítomnost významnější kontaminace na výstupu z lokality, stejně jako vzorek odebraný z vývěru PV2-1. O aktivitě přestupu kontaminace do povrchové vody však vypovídá vzorek říčního sedimentu, odebraný cca 10 m od PV2-2 po směru toku, ve kterém byla stanovena koncentrace ropných uhlovodíků skupiny C_{10}–C_{40} na úrovni 2 810 mg/kg.

Další skutečnost, která výrazně ovlivňuje kvalitu podzemní vody, představuje dotace kontaminované podzemní vody ze sousední skládky kalů **[17]**. Podzemní vody opouštějící skládku kalů směrem k jezdeckému areálu jsou monitorovány pouze okrajově hydrogeologickým objektem KHG-3A, který se nachází na severu skládky kalů. Je předpokladem, že obzvláště podzemní vody z kalové deprese skládky kalů opouští lokalitu skládky kalů směrem k ZSZ a přestupují tak do oblasti jezdeckého areálu, čímž dochází k dotaci kontaminujících složek do podzemních vod na území jezdeckého areálu. Pro kvantifikaci přestupující kontaminace v současné době neexistují údaje vzhledem k absenci hydrogeologických objektů v odtokovém směru bezprostředně u východní hranice jezdeckého areálu. Dne 6. 1. 2011 byl odebrán vzorek podzemní vody z nevystrojené sondy S2-8, který vykazuje kontaminaci C_{10}–C_{40} na úrovni 3,39 mg/l. Vzhledem k umístění této sondy ve skládkovém materiálu a cca 160 m po směru proudového pole podzemní vody nelze vztáhnout tuto hodnotu na dotaci z lokality č. 3. Koncepční rozsah kontaminace ropnými uhlovodíky skupiny C_{10}–C_{40} je uveden v **příloze č. 14**, pro ∑PAU dle vyhlášky 252/2004 Sb. je situace rozsahu kontaminace znázorněna v **příloze č. 15**.

2.2.6. Omezení a nejistoty

Vymezení rozsahu kontaminace v zemině je zatíženo nepřesností z důvodu omezených možností realizace průzkumných sond a jejich počtu. Průzkumné sondy byly provedeny v místech, kde nemohlo dojít ke střetu s inženýrskými a technologickými sítěmi a využívanými objekty.

Kvantifikace kontaminace podzemních vod pro hodnocení kvality a vývoje kontaminace podzemních vod byla v případě nově vybudovaných objektů k dispozici pouze z jednorázového monitoringu a z malého počtu monitorovacích objektů.

Vlastní vstupní data jsou standardně zatížena chybou. Jsou to jednak chyby při odběru vlivem např. klimatických podmínek, a dále standardní chyba analytického stanovení, která je uvedena v certifikátu laboratorních analýz.

Skutečnost, že významnější kontaminace nebyla zastižena přímo ve vzorku povrchové vody a dále, že podzemní vody proudí směrem k této vodoteči přes další skládku, kde byla ověřena přítomnost předmětných kontaminantů v saturované zóně, činí kvantifikaci kontaminace ze skládky kalů nereálným úkolem.

Dále je na tomto místě třeba konstatovat, že plošný rozsah kontaminace v podzemní vodě, reprezentovaný v **přílohách č. 14** a **č. 15** je značně zatížen chybou, která spočívá v absenci hydrogeologických objektů na odtoku podzemní vody ze skládky kalů. Rozsah kontaminace je tedy třeba brát s rezervou.

3. Hodnocení rizika

Hodnocení rizika vychází z principů uvedených v Metodickém pokynu MŽP č. 12 pro analýzu rizik kontaminovaných území. Postup hodnocení zdravotního rizika předpokládá nejdříve identifikaci rizik spočívající v určení a zdůvodnění prioritních polutantů, v bližší identifikaci příjemců rizik a reálných expozičních scénářů. Následně je pro jednotlivé expoziční scénáře hodnocena nebezpečnost polutantů 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.

3.1. Identifikace rizik

Před vlastní kvantifikací reálných rizik je nezbytné upřesnit scénáře expozice potenciálně ohrožených příjemců. Tyto informace, které jsou předmětem identifikace rizik, vycházejí z údajů o charakteru, rozsahu kontaminace a z vyhodnocení mechanismů migrace kontaminantů v dané lokalitě tak, jak jsou uvedeny v předcházejících kapitolách.

3.1.1. Určení a zdůvodnění prioritních škodlivin a dalších rizikových faktorů

Z výsledků provedených průzkumných prací byly vytipovány a dále při hodnocení rizik uvažovány následující prioritní kontaminanty:

- zemina uhlovodíky C_{10}–C_{40}, PAU
- podzemní voda PAU
- dnový sediment uhlovodíky C_{10}–C_{40}

Toxikologické vlastnosti jsou uvedeny v **příloze č. 18.**

Na základě porovnání s limitními hodnotami **dle vyhlášky č. 252/2004 Sb.** bylo zjištěno legislativní překročení koncentrací PAU v odebraných vzorcích podzemní vody, viz kapitola 3.4. Shrnutí celkového rizika.

3.1.2. Základní charakteristika příjemců rizik

Na ploše bývalé skládky se nachází jezdecký areál Bubla City Ranch se zařízením pro chov koní včetně restaurace, který ale není trvale obydlen. Nicméně v tomto areálu je umístěna restaurace a konají se zde různé akce, v rámci jejichž konání se v tomto areálu může nacházet až několik stovek osob. Příjemci rizika jsou tedy osoby rekreačně využívající území ranče. V blízkosti ranče se nachází vývěr povrchové vody PV2-2, kde byla zjištěna vysoká koncentrace uhlovodíků C_{10}–C_{40} v dnovém sedimentu. Toto může být také zdrojem rizik pro obyvatele rekreačně využívající toto území.

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

Tabulka č.22.: Aktualizovaný koncepční model

Expoziční cesta č.	Ohnisko znečištění	Transportní cesta	Příjemce rizik	Poznámka
1	Bývalá skládka	Průsaky srážkové vody, výluhy ze skládky a jejich rozpouštění do podzemní vody → transport podzemní vodou → jímání vod studněmi, vrty	Obyvatelstvo, koně v areálu (užitková voda) – expozice dermální	Obyvatelstvo rekreačně využívající plochu bývalé skládky
2	Bývalá skládka	Průsaky srážkové vody, výluhy ze skládky a jejich rozpouštění do podzemní vody → transport podzemní vodou → povrchové vody	Ekosystémy, povrchový tok, vodní ekosystémy, obyvatelstvo- expozice dermální	Pramenní vývěr přechází v povrchovou vodoteč, která je levostranným přítokem Kopřivničky

V aktualizovaném koncepčním modelu je jako hlavní ohnisko znečištění v zájmovém území uvažována bývalá skládka. Jako příjemce rizik je uvažováno obyvatelstvo a koně nacházející se v prostoru lokality a v jejím okolí.

3.1.3.1 Výčet reálných expozičních scénářů

Následující tabulka přináší přehled reálných expozičních scénářů.

Tabulka č.23: Výčet reálných expozičních scénářů

Typ expozice	Expoziční médium	Využití území	Příklad expozičního scénáře
dermální kontakt	zemina	rekreační	dermální kontakt při rekreačním využití území
dermální kontakt	dnový sediment	rekreační	dermální kontakt s dnovým sedimentem při rekreačním využití území
náhodná ingesce vody	voda	rekreační	náhodná ingesce vody při rekreačním využití území

Pro hodnocení rizika jsou dále uvažovány expoziční scénáře, sumarizované v tabulce. Výpočty rizik dále uvažují s expozičními cestami při dermálním kontaktu se zeminou a dermální kontakt s dnovým sedimentem.

3.1.3.2 Výpočet expozičních koncentrací podle jednotlivých expozičních cest

Výčet expozičních koncentrací podle jednotlivých expozičních cest je uveden v následující **tabulce č. 24**. Do tabulky byly zadány 3. kvartily koncentrací vybraných PAU, uhlovodíků C_{10}–C_{40} v zemině na lokalitě a také 3. kvartil koncentrace uhlovodíků C_{10}–C_{40} z dnového

sedimentu z vodoteče PV2-2, který byl rovnoměrně rozdělen mezi alifatické a aromatické uhlovodíky.

Tabulka č.24: Výčet expozičních koncentrací

Typ expozice	Kontaminant	Koncentrace	Objekt
A **dermální kontakt se zeminou** dermální kontakt se zeminou při rekreačním využití území	uhlovodíky C_{10}–C_{40}	333 mg/kg	Pro výpočty byl použit 3. kvartil provedených analýz
	benzo/a/pyren	0,78 mg/kg	
	benzo/b/fluoranthen	0,88 mg/kg	
	chrysen	0,93 mg/kg	
	pyren	1,22 mg/kg	
	fluoranthen	2,51 mg/kg	
B **dermální kontakt s dnovým sedimentem** dermální kontakt s dnovým sedimentem	uhlovodíky C_{10}–C_{40}	2810 mg/l	PV2-2
C **Náhodná ingesce vody** Náhodná ingesce vody při jednorázovém napití z PV2-2	benzo/a/pyren	9.10^{-6} mg/l	PV2-2

3.2. Hodnocení zdravotních rizik

Metodika hodnocení zdravotních rizik zahrnuje pět základních kroků:

- Určení vztahu dávka – odezva
- Hodnocení expozice
- Charakterizace rizika
- Řízení rizika
- Komunikace rizika

Postup hodnocení zdravotního rizika především předpokládá první tři výše uvedené kroky, tj. z vyhodnocení vztahu dávka-účinek, z vyhodnocení expozice a z charakterizace rizika.

V případě chemických látek, pro něž je charakteristický jiný než karcinogenní účinek, se předpokládá, že existuje řada fyziologických, adaptačních a opravných procesů, které pomáhají organismu se úspěšně vyrovnat s expozicí toxickým látkám. Účinky se tedy začnou projevovat až po vyčerpání těchto mechanismů, proto se zde předpokládá existence prahové dávky a mluvíme o látkách s prahovým účinkem. Charakterizujícím parametrem pro prahové účinky je referenční dávka (RfD). RfD je odhad každodenní expozice lidské populace, včetně citlivých populačních skupin, která velmi pravděpodobně nepředstavuje žádné riziko nepříznivých účinků, ani když trvá po celý život jedince. Vyjadřuje se jako hmotnost vstřebaná jednotkou tělesné hmotnosti za jednotku času (mg/kg/den). Stanovuje se samostatně pro dermální kontakt (RfD_{ad}), orální cestu (RfD_o) a inhalační cestu (RfD_i). V některých případech se pro inhalační expoziční scénáře používá místo RfD tzv. referenční koncentrace RfC (mg/m^3).

U karcinogenních látek se vychází z faktu, že pouze několik změn na molekulární úrovni může způsobit nekontrolovatelné množení jediné buňky, které může vést až ke vzniku karcinomu. Charakterizujícím parametrem pro bezprahové účinky, kdy se stoupající dávkou stoupá pravděpodobnost nepříznivého účinku, je faktor směrnice (SF) vztahu dávka – odpověď (riziko) v oblasti nízkých dávek. Stanovuje se samostatně pro dermální kontakt (SF_{ad}), orální cestu (SF_o) a inhalační cestu (SF_i). Faktor směrnice je směrnicí přímky vycházející z nulové dávky (a nulového rizika) a je vyjádřen v 1/mg/kg/den.

3.2.1. Hodnocení expozice

Expozice je styk chemického, fyzikálního nebo biologického činitele povrchem organismu. Kvantitativně se vyjadřuje jako koncentrace dané látky v prostředí, která se stýká s organismem, integrovaná za celou délku trvání kontaktu s organismem. Jedná se tedy o maximální množství dané látky, které cílový organismus může různými způsoby přijmout – orálně, inhalačně, dermálně. Expoziční cesta je dráha od zdroje k cílovému organismu – recipientu.

Hodnocení expozice obsahuje vyhledávání a vyhodnocení zdroje, cesty, velikosti, četnosti a trvání dané populace. Cílem vyhodnocení expozice je odhadnout expoziční dávky pro jednotlivce a pro populaci.

K vyhodnocení odhadu či kvantitativnímu vyjádření expozice používáme tzv. expoziční scénář. Expoziční scénář je vyjádřením souboru faktů, předpokladů a závěrů o tom, jak k expozici dochází. Výsledkem je tzv. příjem I, tj. vnější dávka v mg vztažená na den trvání expozice a na kg tělesné hmotnosti člověka (mg/kg/den).

V případě bezprahových účinků se úroveň expozice přepočítává na celkovou předpokládanou délku života exponované osoby, tj. stanoví se průměrná celoživotní denní expozice (LADD). Pro celoživotní průměrnou denní expozici platí, že LADD = I.

Uvažované expoziční scénáře pro jednotlivé cesty příjmu škodlivin

A DERMÁLNÍ KONTAKT SE ZEMINOU

ADD/LADD = CS x CF x SA x AF x ABSd x EF x ED / (BW x AT)

ADD/LADD	průměrná denní/celoživotní denní absorbovaná dávka (mg/kg/den)
CD	koncentrace kontaminantu v zemině (mg/kg)
CF	konverzní faktor pro přepočet kg a mg (10^{-6} kg/mg)
SA	exponovaný povrch kůže (cm^2/den eventuálně cm^2 /případ)
AF	adherenční faktor specifický podle typu zeminy a exponované části těla (mg/cm^2)
ABS_d	dermální absorpční faktor (0 až 1, bezrozměrný)
EF	frekvence expozice (den/rok eventuálně případ/rok)
ED	trvání expozice (rok)
BW	váha těla (kg)
AT	doba průměrování (den) pro nekarcinogenní: ED (rok) x 365 dní/rok pro karcinogenní: 70 let x 365 dní/rok

alternativně (EPA, 2004) jsou používány dvě následující rovnice, které nicméně odpovídají rovnici výše uvedené a liší se pouze doplněním parametru EV (případ/den). V původní rovnici byl uvažován jeden případ denně.

$DAD = DA_{ev} \times SA \times EV \times EF \times ED / (BW \times AT)$

Kde: **$DA_{ev} = CS \times CF \times AF \times ABS_d$**

DAD	dermálně absorbovaná dávka (mg/kg/den)
DA_{ev}	dávka absorbovaná v daném případě (mg/cm^2/případ)
EV	frekvence případů (případ/den)

MOŽNÉ SCÉNÁŘE:

Osoby rekreačně využívající území

CF	konverzní faktor pro přepočet kg a mg: 10^{-6} kg/mg
SA	5700 cm^2/den
AF	0,05 mg/cm EPA (2004)
ABSd	0,01 pro organické látky (EPA, 1992B)
EF	75 dní/rok
ED	předpoklad běžné expozice 9 let
BW	průměrná váha 70 kg

B DERMÁLNÍ KONTAKT S DNOVÝM SEDIMENTEM

$ADD / LADD = CW \times SA \times Kp \times ET \times EF \times ED \times CF / (BW \times AT)$

ADD/LADD průměrná denní /celoživotní denní absorbovaná dávka (mg/kg/den)

CW	koncentrace kontaminantu ve vodě (mg/1)
SA	povrch kůže (cm^2)
Kp	koeficient permeability průniku kůží (cm/hod)
ET	doba expozice (hod/den)
EF	frekvence expozice (den/rok)
ED	trvání expozice (rok)
CF	konverzní faktor (0,001 1/cm^3)
BW	váha těla (kg)
AT	doba průměrování (den) pro nekarcinogenní: ED (rok) x 365 dní/rok pro karcinogenní: 70 let x 365 dní/rok

MOŽNÉ SCÉNÁŘE:

Osoby rekreačně využívající území

SA	904 cm^2/den
ET	1 hod/ den
EF	frekvence expozice: 75 dní/rok
ED	9 let

C INGESCE VODY PŘI PITÍ

CDI = CW x IR x EF x ED / (BW x AT)

CDI	chronický denní příjem (mg/kg/den)
CW	koncentrace kontaminantu ve vodě (mg/l)
IR	množství požité vody (l/den)
EF	frekvence expozice (den/rok)
ED	trvání expozice (rok)
BW	váha těla (kg)
AT	doba průměrování (den) pro nekarcinogenní: ED (rok) x 365 dní/rok pro karcinogenní: 70 let x 365 dní/rok

MOŽNÉ SCÉNÁŘE:

Jednorázové napití z povrchové vody

CDI	chronický denní příjem (mg/kg/den)
CW	koncentrace kontaminantu ve vodě (mg/l)
IR	množství požité vody (l/den)
EF	frekvence expozice (1 den/rok)
ED	trvání expozice (1rok)
BW	váha těla (70 kg)
AT	doba průměrování (den) pro nekarcinogenní: ED (rok) x 365 dní/rok pro karcinogenní: 70 let x 365 dní/rok

3.2.2. Odhad zdravotních rizik

K hodnocení rizika chemických škodlivin, které nemají karcinogenní účinek (resp., u nichž lze předpokládat účinek nejen karcinogenní, ale i systémový), se podle metody „Health risk assessment“ používá tzv. kvocient nebezpečnosti (*Hazard Quotient – HQ*), který umožňuje srovnání dávky chemické látky s *RfD*.

Charakterizace rizika představuje sumarizaci závěrů hodnocení rizika. Kvantifikací rizika pro nekarcinogenní účinky je kvocient nebezpečnosti *HQ*.

$$HQ = E / RfD,\ HQ \text{ resp. } HQ = ADD \text{ (resp. EED)} / RfD$$

E průměrná denní absorbovaná dávka ADD nebo průměrná celoživotní denní absorbovaná dávka LADD resp. chronický denní příjem CDI (mg/kg/den)

EED Estimated Exposure Dose, stanovená expoziční dávka = změřená nebo vypočtená dávka, které je populace (jedinec) exponována ze všech zdrojů a všemi cestami

RFD referenční dávka (mg/kg/den)

Nebezpečnost konkrétní expozice je signalizována hodnotami HQ>1.

Pro výpočet nadměrného celoživotního karcinogenního rizika *ELCR* (Excess Lifetime Cancer Risk) – bezrozměrný ukazatel odpovídající pravděpodobnosti vzniku rakoviny při celoživotní expozici pro látky kategorie C lze obecně požít rovnici:

$$ELCR = CDI \times SF$$

CDI chronický denní příjem resp. průměrná denní dávka LADD vztažená na celoživotní expozici v délce 70 let (mg/kg/den)

SF faktor směrnice (mg/kg/den)

Kvantifikace rizika karcinogenních účinků vyjadřující celoživotní vzestup pravděpodobnosti počtu nádorových onemocnění nad všeobecný průměr v populaci se vyjadřuje vztahem:

$$ELCR = 1 - \exp^{(-CDI \times SF)}$$

Výpočty pro jednotlivé typy expozice jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka č.25: Základní tabulkové toxikologické parametry pro prioritní kontaminanty

Kontaminant	SF_o [1/(mg/kg/d)]	SF_{ad} [1/(mg/kg/d)]	SF_i [1/(mg/kg/d)]	RfD_o [mg/kg/d]	RfD_{ad} [mg/kg/d]	RfD_i [mg/kg/d]
uhlovodíky-alifáty	-	-	-	0,06	0,048	0,0571
uhlovodíky-aromáty	-	-	-	0,2	0,16	0,14
benzo/a/pyren	7,3	23,5	3,1	-	-	-
benzo/b/fluoranthen	$7,3.10^{-1}$	2,4	$3,1.10^{-1}$	-	-	-
benzo/k/fluoranthen	$7,3.10^{-2}$	-	-	-	-	
fluoranthen	-	-	-	$4,0.10^{-2}$	$1,2.10^{-2}$	$4,0.10^{-2}$
indeno (1,2,3-cd)pyren	$7,3.10^{-1}$	-	-	-	-	-
chrysen	$7,3.10^{-3}$	$2,4.10^{-2}$	$3,1.10^{-3}$	-	-	-

Zdroj: US EPA, Integrated Risk Information System, Health Effects Assessment Summary Tables (2010)

A.1 Dermální kontakt se zeminou

Tabulka č.26 : Dermální kontakt se zeminou – uhlovodíky C_{10-40}

Dermální kontakt se zeminou při rekreačním využití území		Kontaminant:	uhlovodíky-alifáry	uhlovodíky-aromáty
CS	konc. v suš. zeminy	(mg/kg)	166	166

Dermální kontakt se zeminou při rekreačním využití území		Kontaminant:	uhlovodíky-alifáry	uhlovodíky-aromáty
CF	konverzní faktor	(kg/mg)	1.10^{-6}	1.10^{-6}
SA	plocha povrchu těla	(cm^2/den)	5700	5700
AF	faktor adherence kůže	(mg/cm^2)	0,05	0,05
ABS	absorpční faktor	bezrozm.	0,01	0,01
EF	frekvence expozice	(dny/rok)	75	75
ED	trvání expozice	(roky)	9	9
BW	hmotnost organismu	(kg)	70	70
AT	průměrovací doba	(dny)	365	365
ADD (LADD)	průměrná denní dávka	(mg/kg/den)	$1,3.10^{-5}$	$1,2.10^{-5}$
RfD-ad	ref. bezp. denní dávka	(mg/kg/den)	0,048	0,016
SF-ad	faktor strmosti	(1/(mg/kg/den)	-	-
HQ	index nebezpečnosti		**$2,6.10^{-4}$**	**$7,8.10^{-4}$**
ELCR	riziko pro karcinogeny		-	-

Tabulka č. 27: Dermální kontakt se zeminou – PAU

Dermální kontakt se zeminou při rekreačním využití území		Kontaminant:	benzo/a/pyren	benzo/b/fluoranthen	chrysen	pyren	fluoranthen
CS	konc. v suš. zeminy	(mg/kg)	0,78	0,88	0,93	1,22	2,51
CF	konverzní faktor	(kg/mg)	1.10^{-6}	1.10^{-6}	1.10^{-6}	1.10^{-6}	1.10^{-6}
SA	plocha povrchu těla	(cm^2/den)	5700	5700	5700	5700	5700
AF	faktor adherence kůže	(mg/cm^2)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
ABS	absorpční faktor	bezrozm.	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
EF	frekvence expozice	(dny/rok)	75	75	75	75	75
ED	trvání expozice	(roky)	9	9	9	9	9
BW	hmotnost organismu	(kg)	70	70	70	70	70
AT	průměrovací doba	(dny)	365	365	365	365	365
ADD (LADD)	průměrná denní dávka	(mg/kg/den)	$7,6.10^{-7}$	$8,6.10^{-7}$	$9,1.10^{-7}$	$2,1.10^{-7}$	$2,5.10^{6}$
RfD-ad	ref. bezp. denní dávka	(mg/kg/den)	-	-	-	$5,4.10^{-3}$	$1,2.10^{-2}$
SF-ad	faktor strmosti	(1/(mg/kg/den)	23,5	2,4	0,024	-	-
HQ	index nebezpečnosti					**$3,8.10^{-5}$**	**2.10^{-4}**
ELCR	riziko pro karcinogeny		**$1,7.10^{-5}$**	**$2,1.10^{-6}$**	**$2,2.10^{-8}$**	-	-

Zhodnocení výpočtů:

Výpočet rizika dermálního kontaktu byl proveden pro pohyb osob při rekreačním využití území, po 75 dní v roce. Pro výpočet byl použit 3. kvartil koncentrace vybraných PAU a uhlovodíků C_{10}–C_{40} v zemině. Z výsledků vyplynulo riziko pravděpodobnosti vzniku rakoviny u jednoho člověka z 100 000, při hodnocení lokálních vlivů. Podle MP MŽP je toto riziko kvantifikováno pro řádově 10 až 100 ohrožených osob. Toto riziko je patrné

u benzo/a/pyrenu. U benzo/b/fluoranthenu je riziko nižší, obvykle pro 100 a více ohrožených osob, při hodnocení regionálních vlivů. Index nebezpečnosti HQ u uhlovodíků, pyrenu a fluoranthenu není větší než 1, tudíž zde nehrozí žádné riziko. Při současném stavu lokality a množství lidí, kteří se zde pohybují, je výpočet pouze hypotetický.

B Dermální kontakt s dnovým sedimentem

Tabulka č. 28: Dermální kontakt s dnovým sedimentem

Dermální kontakt s vodou při rekreačním využití území		Kontaminant:	**uhlovodíky-alifáty**	**uhlovodíky-aromáty**
CW	konc. škodliviny ve vodě	(mg/l)	1405	1405
SA	povrch kůže	cm^2	904	904
Kp	koef. permeability průniku kůží	cm/hod	0,001	0,001
EF	frekvence expozice	(dny/rok)	75	75
ET	doba expozice	hod/den	1	1
ED	trvání expozice	(roky)	9	9
CF	konverzní faktor	l/cm^3	0,001	0,001
BW	hmotnost organismu	(kg)	70	70
AT	průměrovací doba	(dny)	3285	3285
ADD (LADD)	průměrná denní dávka	(mg/kg/den)	$3,7.10^{-3}$	$3,7.10^{-3}$
RfD-abs	ref. bezp. denní dávka	(mg/kg/den)	0,048	0,16
SF-abs	faktor strmosti	(1/(mg/kg/den))	-	-
HQ	index nebezpečnosti		**$7,7.10^{-2}$**	**$2,3.10^{-2}$**
ELCR	riziko pro karcinogeny		**-**	**-**

Určení míry rizika při dermálním kontaktu s dnovým sedimentem bylo provedeno osoby rekreačně využívající území. Pro výpočet byla použita koncentrace uhlovodíků C_{10}–C_{40} z dnového sedimentu z vodoteče PV2-2. Vypočtená hodnota HQ není větší než 1, tudíž zde nehrozí žádné riziko.

C Ingesce vody při pití – jednorázové napití z povrchové vody PV2-2

Tabulka č 29: Ingesce vody při pití, jednorázové napití z povrchové vody PV2-2

Ingesce vody při pití	**benzo/a/pyren**
Cw [mg/l]	9.10^{-6}
IR [l/den]	1
EF [den/rok]	1
ED [rok]	1
BW [kg]	70
AT [den]	365
I nebo LADD (E) [mg/kg/den]	$2,3.10^{-10}$
Prahové účinky	
RfD [mg/kg/den]	-
HQ = E/RfD	-

Ingesce vody při pití	benzo/a/pyren
Karcinogenní účinky	
SF	7,3
ELCR = 1–e$^{-SF \times LADD}$	**1,7.10^{-9}**

Pro výpočet náhodné ingesce vody bylo uvažováno jednorázové požití vody z podzemní vody PV2-2. Pro výpočet byla použita koncentrace benzo/a/pyrenu. Z výsledků vyplývá, že zde riziko při náhodné ingesci vody nehrozí.

3.3. Hodnocení ekologických rizik

Postup hodnocení rizika pro ekosystémy je analogický s postupem hodnocení rizik zdravotních.

Při hodnocení nebezpečnosti a rizik se zároveň používají testy toxicity. Ty se zaměřují na biochemické a fyziologické odpovědi organismu k environmentálnímu znečištění.

Podle výsledků testů ekotoxicity, které byly na lokalitě prováděny na vzorku ze sondy S2-6 (3,5–6,5 m), bylo zjištěno, že vzorek zeminy nevyhovuje požadavkům na inhibici kořene semene *Sinapsis alba*, která byla 47,7% , ale neměla by přesáhnout 30%.(viz příloha č. 9.8).

Potenciální ekologické riziko by mohlo představovat zvýšené vymývání kontaminace z nesaturované zóny do podzemních vod s následnou infiltrací podzemních vod do vod povrchových (vývěr povrchové vody přecházející v bezejmenný levostranný přítok Kopřivničky). V současné době však voda z tohoto vývěru není významněji zatížena sledovanými kontaminujícími látkami, vzhledem k obsahům ropných látek ve vzorku sedimentu z této vodoteče však k vymývání muselo historicky docházet a v sedimentech může být zadržován poměrně vysoký podíl kontaminantů. Na tuto skutečnost je třeba brát ohled například při čištění této bezejmenné vodoteče od sedimentů nebo při rozsáhlejších zemních prací v prostoru jezdeckého areálu, při kterých by mohlo dojít k navýšení migrace kontaminantů do podzemních a povrchových vod a následně ohrožení ekosystémů navázaných na výše uvedenou vodoteč.

3.4. Shrnutí celkového rizika

Překročení legislativních limitů

S limitními hodnotami pro pitnou vodu dle vyhl. 252/2004 Sb. byly porovnávány výsledky všech laboratorních analýz, provedených v rámci odběrů vzorků podzemních vod. Koncentrace přesahující limitní hodnoty byly stanoveny v ukazateli benzo/a/pyrenu (mezní hodnota je 0,01 µg/l) v dočasně vystrojené sondě S2-8 (2,09 µg/l). V téže sondě je rovněž vysoká koncentrace amonných iontů, což se rovněž projevuje překročením limitních parametrů.

Podzemní voda z dočasně vystrojené sondy S2-8 s hodnotou ∑PAU[10] překračuje limit daný vyhláškou 252/2004 Sb., který je stanoven na hodnotě 0,1 µg/l.

[10] ∑PAU jsou u podzemní vody definovány dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. jako suma následujících látek: benzo/b/fluoranthen, benzo/ghi/perylen, benzo/k/fluoranthen a indeno(1,2,3-cd)pyren

Nicméně podzemní voda z výše uvedeného objektu není používána jako pitná, objekt byl vystrojen pouze dočasně, areál je napojen na zásobování pitnou vodou z veřejné vodovodní sítě a reálné riziko tedy nehrozí.

Potenciální ekologické riziko by mohlo představovat zvýšené vymývání kontaminace z nesaturované zóny do podzemních vod s následnou infiltrací podzemních vod do vod povrchových (vývěr povrchové vody přecházející v bezejmenný levostranný přítok Kopřivničky). V současné době však voda z tohoto vývěru není významněji zatížena sledovanými kontaminujícími látkami.

Koncentrace uhlovodíků v dnovém sedimentu z vodoteče PV2-2 převyšuje téměř 10 krát limitní hodnotu 300 mg/kg dle vyhlášky č. 294/2005 Sb. V témže vzorku byla také mírně překročena limitní koncentrace arsenu, která je podle vyhlášky 10 mg/kg, ve vzorku bylo naměřeno 10,9 mg/kg.

V rámci hodnocení rizika bylo kvantifikováno riziko dermálního kontaktu se zeminou pro osoby volně se pohybující se v areálu bývalé skládky, dermální kontakt s dnovým sedimentem z vodoteče PV2-2 a také náhodná ingesce vody z vodoteče PV2-2-

Výpočty rizika při dermálním kontaktu se zeminou sice prokázaly karcinogenní riziko, ale vzhledem k počtu ohrožených osob je toto riziko pouze hypotetické a výpočet modelový. Při současném stavu lokality zde reálné ohrožení osob nehrozí.

Dermální kontakt s dnovým sedimentem ani náhodná ingesce vody nepředstavuje pro návštěvníky lokality žádné riziko.

3.5. Omezení a nejistoty

Pro výpočty hodnocení rizik byly použity maximální zjištěné hodnoty koncentrací z provedených průzkumných prací.

Výpočty expozice a rizika byly provedeny podle standardního postupu. Nicméně použité „proměnné“, které zahrnují všechny důležité faktory určující expozici, resp. z ní vyplývající riziko, jsou vždy zatíženy určitou mírou nejistoty. Tuto míru je obtížné, někdy i nemožné kvantifikovat.

Hodnoty RfD_o jsou převzaty z oficiálních databází U.S. EPA. Pokud sama U.S. EPA hodnotí jejich spolehlivost (confidence) – a to pouze pro případ RfD_o – pak spolehlivost experimentálních studií na zvířatech použitých pro výpočet ohodnocuje jako „nízkou“ nebo „střední“, spolehlivost použitých databází jako „střední“ a finální RfD_o také jako „střední“ (U.S. EPA – IRIS 1987 – 1999).

Výpočet rizika dle U.S.EPA předpokládá, že průměrná denní dávka = průměrná denní potencionální dávka je zároveň dávkou absorbovanou. Čili že dojde ke vstřebání 100 % požité dávky. I když vstřebávání uvažovaných kontaminantů je relativně velmi vysoké a dosahuje 80 i více %, těžko lze – i teoreticky – předpokládat v praxi 100 % vstřebatelnosti při běžném příjmu pitné vody s potravou. Přesto jde o „standardní předpoklad“ v rámci použitého postupu health risk assessment.

4. Doporučení nápravných opatření

Tato kapitola shrnuje výsledky analýzy rizika pro řešenou lokalitu a formuluje doporučení pro další postup prací. Provedenými průzkumnými pracemi a analýzou rizika v zájmovém území nebyla prokázána kontaminace nesaturované ani saturované zóny horninového prostředí v takové míře (ani míra migrace kontaminantů mimo prostor skládky), která by znamenala nutnost provedení nápravných opatření při současném stavu využití posuzované lokality.

4.1. Doporučení cílových parametrů nápravných opatření

Cílové parametry pro realizaci nápravných opatření nejsou analýzou rizik navrženy. Realizace doporučené varianty postupu nápravných opatření v kapitole 4.2 (varianta 1 – ověřovací monitoring) by znamenala zásadní snížení nejistot plynoucích ze skutečnosti, že u většiny monitorovacích objektů jsou data o kontaminaci podzemní a povrchové vody k dispozici pouze z jednorázového monitoringu. Na základě současných zjištění je plošný rozsah kontaminace prakticky stabilizován, zároveň v cestě migrace kontaminace nedochází k akutnímu ohrožení příjemců rizik, přesto by bylo vhodné tyto závěry ověřit krátkodobým monitoringem. Na základě aktuálních zjištění není nutné provádět aktivní nápravná opatření.

Doporučená varianta tedy nepředpokládá vymístění skládkových materiálů, a proto nejsou navrženy cílové limity pro obsahy kontaminantů v zeminách.

Cílové sanační limity pro podzemní vodu nejsou doporučeny vzhledem ke skutečnosti, že analýza rizika neuvažuje s variantou sanace podzemní vody.

4.2. Doporučení postupu nápravných opatření

Kapitola diskutuje 2 varianty dalšího postupu nápravných opatření.

VARIANTA 0 – ***Neprovádění žádných prací na dané lokalitě***

S ohledem na výsledky průzkumných prací, závěry analýzy rizik a v současné době při aktuálním využití území neprokázaných zdravotních a ekologických rizik, lze na hodnocené lokalitě teoreticky uvažovat i o tzv. nulové variantě – tedy neprovádění žádných dalších prací.

Důvodem pro nedoporučení této varianty je zejména prokázaná výraznější kontaminace zemin a v centrální části lokality i prokázaná migrace kontaminace do podzemních vod (přestože migrace kontaminace podzemními vodami mimo hranice skládky nebyla provedenými průzkumnými pracemi prokázána). Průzkumnými pracemi bylo prokázáno historické vymývání kontaminace z prostoru skládky (zvýšený obsah ropných uhlovodíků ve vzorku sedimentu z povrchové bezejmenné vodoteče, ve kterou přechází vývěr vody zpod skládky) i když za současného stavu na základě výsledků provedených odběrů vzorků povrchových vod z vývěrů pod skládkou k výraznějšímu šíření kontaminace povrchovými vodami nedochází.

Dále v případě realizace nápravných opatření na sousední lokalitě č. 3 – Skládce kalů by mohlo dojít vzhledem ke směru proudění podzemních vod k ovlivnění míry migrace

kontaminace původem ze skládky kalů na posuzovanou lokalitu, ať již v pozitivním nebo negativním smyslu ve vztahu k ekologické zátěži.

Dalším důvodem pro nedoporučení nulové varianty je i poloha posuzované lokality.

Tuto variantu z výše uvedených důvodů nedoporučujeme.

VARIANTA 1 - ***Ověřovací monitoring***

Tato varianta předpokládá, že na lokalitě nebudou prováděny sanační práce ale pouze ověřovací monitoring kvality podzemních a povrchových vod. Tato varianta by představovala zásadní snížení nejistot způsobených absencí dat o kontaminaci podzemní a povrchové vody v delší časové řadě. Zároveň by bylo možno ověřovacím monitoringem podrobněji vysledovat míru migrace kontaminantů z prostoru skládky mimo jezdecký areál (vždy několika odběry v rozmezí jednoho roku za různých klimatických podmínek) a eliminovat tak případný vliv načasování odběrů na skutečné průměrné obsahy kontaminantů v podzemních a povrchových vodách. Pro posouzení výsledků monitoringu by dále bylo vhodné využít i výsledky monitoringu na lokalitě č. 3 - Skládce kalů, pokud bude realizován (ať již samostatně nebo jako součást nápravných opatření), a vzájemně termínově sladit harmonogramy odběrů vzorků na obou lokalitách, aby bylo možno vyhodnotit i vliv migrující kontaminace původem ze skládky kalů na objekty monitorované v rámci lokality č. 2.

Popis nápravných opatření:

- Monitoring kvality podzemní a povrchové vody v rozsahu uhlovodíky C_{10}–C_{40}, PAU, předpokládaná četnost 4x ročně po dobu dvou let, celkem 5 objektů v jednom cyklu (2x stávající vrty řady HG2, 2x povrchová vody z vývěrů PV2-1 a PV2-2, 1x stávající vrt ST2-1). Situace objektů je zřejmá z **přílohy č. 16**, kde jsou rovněž vyznačeny navrhované monitorovací objekty pro lokalitu č. 3 – Skládku kalů.

Tabulka č. 30: Návrh monitoringu podzemních a povrchových vod

Monitorovaný objekt	Rozsah analýz	Četnost
HG2-1	C_{10}–C_{40}, PAU	4x ročně po dobu 2 let, celkem 8x
HG2-2	C_{10}–C_{40}, PAU	4x ročně po dobu 2 let, celkem 8x
ST2-1	C_{10}–C_{40}, PAU	4x ročně po dobu 2 let, celkem 8x
PV2-1	C_{10}–C_{40}, PAU	4x ročně po dobu 2 let, celkem 8x
PV2-2	C_{10}–C_{40}, PAU	4x ročně po dobu 2 let, celkem 8x

Výhody varianty 1 – Ověřovací monitoring

- Umožní získat delší souvislou časovou řadu výsledků laboratorních analýz sledovaných kontaminantů v podzemních a povrchových vodách a snížit tak míru nejistot.
- Eliminuje vliv klimatických podmínek a odlehlých hodnot na hodnocení monitoringu.

- V případě realizace nápravných opatření v prostoru skládky kalů umožní vyhodnotit vliv těchto prací i na lokalitu č. 2.

Nevýhody varianty 1 – Ověřovací monitoring

- Při srovnání s nulovou variantou představuje nutnost vynaložení dalších nákladů.

Odhad nákladů na realizaci varianty

Náklady na realizaci této varianty lze odhadnout na cca **120–150 tis. Kč bez DPH**. Tento odhad zahrnuje odběry a laboratorní analýzy vzorků v rozsahu výše uvedených ukazatelů při četnosti 4x ročně po dobu 2 let, průběžné vyhodnocování výsledků a zpracování závěrečné zprávy.

Tuto variantu na základě všech nám dosud známých údajů o posuzované lokalitě doporučujeme jako optimální řešení.

5. Závěr a doporučení

Lokalita jezdeckého areálu v Kopřivnici je starou ekologickou zátěží, která se nachází v extravilánu města v těsné blízkosti severozápadního okraje města při silnici směrem do Závišic. Na skládku byl v 70. letech 20. století vyvážen stavební odpad spolu s dalšími, převážně průmyslovými a komunálními odpady. Rozloha skládky je 29 200 m^2 a její obvod činí 660 m. Hloubkový dosah navážky dosahuje až 7,8 m, celková kubatura odpadů byla stanovena na 100 000 m^3. V současné době je lokalita vedena jako rekreační plocha přírodního charakteru.

Práce provedené v rámci předkládané analýzy rizik měly za úkol zjistit míru kontaminace dané skládky, míru šíření a míru ohrožení, kterou tato lokalita představuje pro okolí. Součástí průzkumu v období 2010–2011 byly geofyzikální práce, vrtné práce, vzorkařské a terénní práce, laboratorní analýzy, geodetické práce a dále práce na zpracování prováděcího projektu a analýzy rizik.

Pro účely vymezení plošného a hloubkového rozsahu skládky kalů byly realizovány geofyzikální práce, které spočívaly v kombinaci magnetometrie, seismického profilování a odporové tomografie. Vrtné práce zahrnuly vybudování 13 vrtů, z čehož 2 tvoří hydrogeologické vrty řady HG2 a bylo realizováno celkem 11 nevystrojených sond. Celková metráž vrtných prací dosáhla 64 m. Po dokončení vrtných prací následovalo geodetické zaměření hydrogeologických objektů a umístění nevystrojených sond.

V průběhu vrtných prací a následně po nich bylo odebráno a laboratorně analyzováno celkem 24 vzorků zeminy, 5 dynamických vzorků podzemní vody a 2 vzorky vody povrchové.

Z laboratorních výsledků analýzy zeminy byla potvrzena kontaminace ropnými uhlovodíky skupiny C_{10}–C_{40} a dále v ukazatelích polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU).

Ropné uhlovodíky C_{10}–C_{40} v pevné matrici navážky dosahují maximálních hodnot okolo 3 000 mg/kg sušiny, aritmetický průměr koncentrací ze všech objektů činí 623mg/kg a medián 55 mg/kg. Celkem 75 % analyzovaných vzorků nepřesahuje hodnotu 336 mg/kg, což je hodnota odpovídající 3. kvartilu datového souboru.

V případě PAU mezi nejvýznamnější zástupce patří benzo/a/pyren, benzo/b/fluoranthen, indeno(1,2,3-cd)pyren, benzo/k/fluoranthen a pyren. V sumárním hodnocení ∑PAU byla stanovena maximální hodnota přes 5 000 mg/kg sušiny, aritmetický průměr činí 269 mg/kg, medián 0,7 mg/kg a 75 % vzorků vykazuje koncentraci pod 8,0 mg/kg (3. kvartil).

V podzemní vodě byla stanovena zvýšená koncentrace ropných uhlovodíků skupiny C_{10}–C_{40}, a to v dočasně vystrojené sondě S2-8, kde hodnoty dynamického vzorku dosahují 3,4 mg/l. Dále byly v podzemní vodě jmenované sondy detekovány zvýšené koncentrace PAU, konkrétně složek benzo/a/pyren, benzo/b/fluoranthen, benzo/ghi/perylen, indeno(1,2,3-cd)pyren, benzo/k/fluoranthen, fenanthren a chrysen. Hondota ∑PAU je na úrovni 3,3 µg/l, vyhláška 252/2004 Sb. stanovuje limit 0,1 µg/l.

Šíření kontaminace z jezdeckého areálu bylo průzkumnými pracemi potvrzeno ve směru k SZ až SSZ. Majoritním transportovaným kontaminantem jsou ropné uhlovodíky, v analýzách zastoupené stanovením C_{10}–C_{40}, resp. NEL. Ropné uhlovodíky jsou v podzemní

vodě skládkového tělesa jezdeckého areálu přítomny v řádu jednotek až desítek mg/l. Exponovanou jednotkou je bezejmenná vodoteč, která vyvěrá bezprostředně u severní hranice skládky. Ačkoliv nebyl přestup kontaminace do povrchové vody ověřen přímo ve vzorku z vodoteče, ve dnovém sedimentu byla laboratorně stanovena koncentrace 2 850 mg/kg. Tato skutečnost ukazuje na aktivní vyplachování ropných uhlovodíků do povrchového toku.

Z analýzy proudového pole podzemní vody na lokalitě vyplývá, že podzemní voda na lokalitě je dotována kontaminací ze sousední skládky kalů. Tato skládka se nachází proti směru proudění podzemní vody a ve vodě jmenované skládky byly detekovány koncentrace ropných uhlovodíků skupiny C_{10}–C_{40} v řádu až 10^3 mg/l. Míra dotace nebyla průzkumnými pracemi ověřena z důvodů absence hydrogeologických objektů na odtoku z deprese s kaly. Předpokládaná dotace do podzemní vody lokality jezdeckého areálu podle výsledků předkládané práce činí 60 g/rok C_{10}–C_{40}.

V rámci analýzy byla hodnocena rizika dermálního kontaktu se zeminou, s dnovým sedimentem a riziko náhodné ingesce vody pro osoby rekreačně využívající areál ranče a pro osoby pohybující se v okolí lokality. Ačkoliv bylo vypočteno, že při dermální kontaktu se zeminou je zde riziko vzniku rakoviny u jednoho člověka ze 100 000 (dle MP MŽP je toto riziko reálné pro 10–100 osob pohybujících se na lokalitě), při současném stavu lokality, a při počtu obyvatel, kteří se tu pohybují, reálné ohrožení obyvatel nehrozí. Ostatní uvažované scénáře žádné riziko neprokázaly.

Na základě vyhodnocení dosud známých údajů o ekologické zátěži předmětné lokality byly posuzovány 2 možné varianty dalšího postupu ve vztahu k ekologické zátěži lokality.

Varianta 0 – *Neprovádění žádných prací na dané lokalitě*

Tato varianta nebyla z důvodů uvedených v kapitole 4.2. doporučena.

Varianta 1 – *Ověřovací monitoring*

Tato varianta, která byla pro danou lokalitu navržena k realizaci, by zahrnovala provedení krátkodobého ověřovacího monitoringu kvality podzemních a povrchových vod na lokalitě s četností 4x ročně po dobu 2 let celkem z 5 objektů. Náklady na realizaci této varianty včetně vyhodnocení byly odhadnuty v rozmezí 120–150 tis. Kč bez DPH.

Tyto výše uvedené varianty předpokládají, že na lokalitě nebudou prováděny další terénní úpravy, které by mohly narušit současný stabilizovaný stav. Pokud by na lokalitě byly prováděny rozsáhlejší technické (zemní) práce, tak musí být při jejich realizaci jednoznačně přihlédnuto k charakteru lokality (skládka).

Z tohoto důvodu dále doporučujeme zachovat nekolidující monitorovací objekty pro sledování kvality podzemních vod i po provedení ověřovacího monitoringu pro případné pozdější využití.

Použitá literatura

1. DEMEK, J. ET AL. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR, Hory a nížiny. - Academia, 1-584. Praha
2. QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti ČSR. – Studia geographica, 1-64. Brno
3. HYDROGEOLOGICKÉ RAJÓNY/OBJEKTY A ODBĚRY PODZEMNÍ VODY/VODNÍ TOKY, VODNÍ PLOCHY, HYDROLOGICKÁ POVODÍ [ONLINE]. PRAHA: Výzk. Úst. Vodohosp. T. G. Masaryka, Mapy a data, 2002 - 2010 [cit. 2010-06-24]. Dostupný na http://heis.vuv.cz
4. NEDBAL, R., KÖHLER, D., (2008): Lokalizace a charakteristika starých ekologických zátěží v Kopřivnici. Projektová dokumentace. Lokalita 2 – Jezdecký areál, UNIGEO a.s., Ostrava
5. CHLUPÁČ, I. ET AL. (2002): Geologická minulost České republiky. - Academia, 143-150. Praha
6. OLMER, M. ET AL. (1990): Hydrogeologické rajóny. – Výzk. Úst. Vodohosp., 1-154. Praha
7. ŠTELCL, J, VÁVRA, V, ZIMÁK, J [ONLINE]. BRNO: Úst. Geol. Věd. MU Brno, Mineralogicko-petrografický exkurzní průvodce po území Moravy a Slezska, aktualizováno 11.7.2008 [cit. 2008-09-03]. Dostupný na http://pruvodce.geol.morava.sci.muni.cz/index.htm
8. WEISSMANNOVÁ, H. A KOL.(2004): Ostravsko. *In*: MACKOVČIN, P. a SEDLÁČEK, M. (eds.): Chráněná území ČR. Svazek X. AOPK ČR a EcoCentrum Brno. 1-456. Praha.
9. OBLASTNÍ PLÁNY ROZVOJE LESŮ [ONLINE]. PRAHA: Ministerstvo vnitra, Ministerstvo životního prostředí, Cenia, Mapový server, 2003-2010 [cit. 2010-06-24]. Dostupný na http://geoportal2.uhul.cz
10. PORTÁL VEŘEJNÉ SPRÁVY ČESKÉ REPUBLIKY [ONLINE]. PRAHA: ÚST. PRO HOSP. ÚPRAVU LESŮ, MAPOVÝ SERVER, 2010 [CIT. 2010-06-24]. DOSTUPNÝ NA HTTP://GEOPORTAL.CENIA.CZ
11. STAVY A PRŮTOKY VODNÍCH TOCÍH [ONLINE]. OSTRAVA: Povodí Odry, s.p., 2010 [cit. 2010-06-24]. Dostupný na http://www.pod.cz
12. KANTOR, A., STRÁNSKÝ, R. (2003): Kopřivnice – průzkum skládky TKO. – AZ GEO s.r.o.
13. Portál veřejné zprávy České republiky [online]. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2003-2010 Dostupný na http://portal.gov.cz
14. OFICIÁLNÍ STRÁNKY MĚSTA KOPŘIVNICE [ONLINE]. Dostupný na http://www.koprivnice.cz
15. NEDBAL, R., KÖHLER, D., (2008): Lokalizace a charakteristika starých ekologických zátěží v Kopřivnici, Projektová dokumentace, Souhrnná zpráva. – Unigeo, a.s., 1-11. Ostrava.
16. VLČEK, V. (1971): Příspěvek k regionalizaci povrchových vod v ČSR. In Studia geographica 22. Brno : GgÚ ČSAV, 1971. s. 121-137.
17. KUBIZŇÁK, P. ET AL. (2011): Lokalizace a charakteristika starých ekologických zátěží v Kopřivnici, Lokalita 3 - Skládka kalů, Analýza rizik, Vodní zdroje Ekomonitor, spol. s r.o., Chrudim.