



OPERAČNÍ PROGRAM  
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE  
Fond soudržnosti

Pro vodu,  
vzduch a přírodu



# MĚSTO KOPŘIVNICE

**Lokalizace a charakteristika  
starých ekologických zátěží v Kopřivnici**

## Analýza rizik

### Lokalita 4 – Pod Brdy

(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 4 – Pod Brdy**

**Objednatel: město Kopřivnice  
Štefánikova 1163  
742 21 Kopřivnice**

**IČ: 00298077  
DIČ: CZ00298077**

**Odpovědný zástupce : Ing. Josef Jalůvka  
starosta města**

**Kontaktní osoba : Ing. Hynek Rulíšek  
vedoucí odboru životního prostředí**

**Telefonní spojení : +420 556 879 780  
E-mail: živ.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 : 15053695  
DIČ : CZ15053695**

**Bankovní spojení: ČSOB Chrudim  
Číslo účtu: 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 Drahošoupil  
*odpovědný řešitel***Vodní zdroje Ekomonitor  
spol. s r.o.** ①Píšťovy 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*Město KopřivniceLokalizace a charakteristika starých ekologických zátěží v Kopřivnici

Lokalita 4 – Pod Brdy

Analýza rizik



**Rozdělovník :**

Výtisk č. 1 až 6:

město Kopřivnice

Výtisk č. 7:

Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o.

**Obsah :**

<b>Seznam příloh:</b>	.....	<b>7</b>
<b>Úvod</b>	.....	<b>9</b>
<b>1. Údaje o území</b>	.....	<b>11</b>
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	.....	14
1.2.2. Geologické poměry	.....	14
1.2.3. Hydrogeologické poměry	.....	15
1.2.4. Hydrologické poměry	.....	16
1.2.5. Geochemické a hydrochemické údaje o lokalitě	.....	16
<b>2. Průzkumné práce</b>	.....	<b>18</b>
2.1. Dosavadní prozkoumanost území	.....	18
2.1.1. Základní výsledky dřívějších průzkumných prací na lokalitě	.....	18
2.1.2. Přehled zdrojů znečištění	.....	20
2.1.3. Vytipování látek potenciálního zájmu a dalších rizikových faktorů	.....	20
2.1.4. Předběžný koncepční model znečištění	.....	21
2.2. Aktuální průzkumné práce	.....	22
2.2.1. Metodika a rozsah průzkumných a analytických prací	.....	22
2.2.1.1. Geofyzikální průzkum	.....	23
2.2.1.1.1. Metodika geofyzikálního průzkumu	.....	23
2.2.1.2. Vrtné práce	.....	25
2.2.1.3. Vzorčářské práce	.....	26
2.2.1.3.1. Metodika a rozsah odběrů vzorků zemin	.....	26
2.2.1.3.2. Metodika a rozsah odběrů vzorků podzemních vod	.....	27
2.2.1.3.3. Metodika a rozsah odběrů vzorků povrchových vod	.....	28
2.2.1.4. Metodika a rozsah laboratorních analýz	.....	29
2.2.1.5. Hydrodynamické expresní zkoušky	.....	30
2.2.1.7.1. Základní údaje, cíle HDZ	.....	30
2.2.1.7.2. Specifikace objektů pro HDZ	.....	31
2.2.1.7.3. Technické podmínky realizace HDZ	.....	31
2.2.1.7.4. Postup realizace HDZ	.....	31
2.2.1.7.5. Kontrolní činnost	.....	32
2.2.1.7.6. Rozpis čerpaných a pozorovaných hydrogeologických objektů	.....	32
2.2.2. Výsledky průzkumných prací	.....	32
2.2.2.1. Interpretace geofyzikálních měření	.....	32
2.2.2.2. Provedené vrtné práce	.....	33
2.2.2.3. Výsledky laboratorních analýz	.....	36
2.2.2.3.1. Výsledky laboratorních analýz vzorků zemin	.....	36
2.2.2.3.2. Výsledky laboratorních analýz vzorků podzemních vod	.....	42
2.2.2.3.3. Výsledky laboratorních analýz vzorků povrchové vody	.....	45
2.2.2.3. Výsledky hydrodynamických zkoušek (čerpací a stoupací zkoušky)	.....	45
2.2.2.4. Stabilitní posouzení skládky	.....	46
2.2.2.5. Geodetické zaměření	.....	47
2.2.3. Shrnutí plošného a prostorového rozsahu a míry znečištění	.....	47
2.2.4. Posouzení šíření znečištění	.....	49
2.2.4.1. Šíření znečištění v nesaturované zóně	.....	49
2.2.4.2. Šíření znečištění v saturované zóně	.....	52

2.2.4.3.	Šíření znečištění povrchovými vodami .....	56
2.2.4.4.	Charakteristika vývoje znečištění z hlediska procesů přirozené atenuace .....	56
2.2.5.	Shrnutí šíření a vývoje znečištění .....	59
2.2.6.	Omezení a nejistoty .....	59
<b>3.</b>	<b>Hodnocení rizika .....</b>	<b>60</b>
3.1.	Identifikace rizik .....	60
3.1.1.	Určení a zdůvodnění prioritních škodlivin a dalších rizikových faktorů .....	60
3.1.2.	Základní charakteristika příjemců rizik .....	60
3.1.3.	Shrnutí transportních cest a přehled reálných scénářů expozice (aktualizovaný koncepční model) .....	61
3.1.3.1	Výčet reálných expozičních scénářů .....	61
3.1.3.2	Výpočet expozičních koncentrací podle jednotlivých expozičních cest .....	61
3.2.	Hodnocení zdravotních rizik .....	62
3.2.1.	Hodnocení expozice .....	62
3.2.2.	Odhad zdravotních rizik .....	64
3.3.	Hodnocení ekologických rizik .....	66
3.4.	Shrnutí celkového rizika .....	66
3.5.	Omezení a nejistoty .....	67
<b>4.</b>	<b>Doporučení nápravných opatření.....</b>	<b>68</b>
4.1.	Doporučení cílových parametrů nápravných opatření .....	68
4.2.	Doporučení postupu nápravných opatření .....	68
<b>5.</b>	<b>Závěr a doporučení .....</b>	<b>70</b>
	<b>Použitá literatura.....</b>	<b>72</b>

## 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 P1, P2 a P3
- Příloha č. 7.3: Výsledky odporové tomografie na profilech P1, P2 a P3
- Příloha č. 8: Geologická dokumentace vrtných prací
- Příloha č. 9.1: 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. 9.1.4: Výsledky laboratorních analýz vzorků zemin
- Příloha č. 9.2.1: Výsledky laboratorních analýz vzorků podzemních vod
- Příloha č. 9.3.1: Odběr vzorků podzemních vod a terénní měření
- Příloha č. 9.3.2: Odběr vzorků podzemních vod a terénní měření
- Příloha č. 9.4.1: Výsledky laboratorních analýz vzorků povrchových vod
- Příloha č. 9.5.1: Výsledky stanovení obsahu pesticidů
- Příloha č. 9.6.1: Výsledky laboratorních stanovení třídy vyluhovatelnosti
- Příloha č. 9.7.1: Výsledky laboratorního stanovení ekotoxicity
- Příloha č. 9.8.1: Výsledky laboratorního stanovení sušiny a TOC
- Příloha č. 9.9: Odběr vzorku povrchové vody
- Příloha č. 9.10: 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: Variantní řešení pro monitoring podzemních vod – stávající síť
- Příloha č. 15: Posudek stability skládky – Lokalita 4 Pod Brdy
- Příloha č. 16: Evidenční list geologických prací
- Příloha č. 17: Toxikologické vlastnosti prioritních kontaminantů
- Příloha č. 18: Vyhodnocení hydrodynamických zkoušek na hydrogeologické vrtu HG-4
- Příloha č. 19: Protokol o geodetickém zaměření objektů
- Příloha č. 20: Fotodokumentace
- Příloha č. 21: Doklady o odstranění odpadů vzniklých v rámci průzkumných prací
- Příloha č. 22: Certifikáty laboratorních analýz

**Přehled použitých zkratk:**

<b>Σ</b>	suma
<b>CIU</b>	těkavé chlorované alifatické uhlovodíky
<b>TOL</b>	těkavé organické látky
<b>BTEX</b>	monocyklické aromatické uhlovodíky nehalogenované - benzen, toluen, ethylbenzen a xyleny
<b>Uhlovodíky C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub></b>	uhlovodíky obsahující 10 až 40 uhlíkových atomů v molekule
<b>PAU</b>	polycyklické aromatické uhlovodíky
<b>PCB</b>	polychlorované bifenyly
<b>TOC</b>	celkový organický uhlík
<b>Cl<sup>-</sup></b>	chloridy
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	dusitany
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	amonné ionty
<b>Fe, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup></b>	železo, železo dvojmocné, železo trojmocné
<b>Mn<sup>2+</sup></b>	mangan dvojmocný
<b>CHSK<sub>Mn</sub></b>	chemická spotřeba kyslíku - manganistanová metoda
<b>TK</b>	těžké kovy
<b>As</b>	arsen
<b>Cd</b>	kadmium
<b>Cr<sub>celk</sub></b>	chrom celkový
<b>Cr<sup>6+</sup></b>	chrom šestimocný
<b>Cu</b>	měď
<b>Hg</b>	rtuť
<b>Ni</b>	nikl
<b>Pb</b>	olovo
<b>Zn</b>	zinek
<b>V</b>	vanad
<b>MP</b>	metodický pokyn
<b>HDZ</b>	hydrodynamické zkoušky
<b>ČZ</b>	čerpací zkouška
<b>SZ</b>	stoupací zkouška
<b>OEŠ</b>	odbor ekologických škod
<b>MŽP</b>	Ministerstvo životního prostředí
<b>LV</b>	list vlastnictví
<b>U.S. EPA</b>	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

Město Kopřivnice

Lokalizace a charakteristika starých ekologických zátěží v Kopřivnici

Lokalita 4 – Pod Brdy

Analýza rizik

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 Drahekoupil

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 A V 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 **6939003**. 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 na jeho jihovýchodním okraji. Leží na SZ úpatí kopce Brdy (467 m n. m.), ve svažitém terénu. Na základě aktuálního vymezení dosahuje nadmořská výška lokality 346–371 m n. m. Nezarovnaný povrch skládky se generelně svažuje směrem k severozápadu do areálu VOŠ SOU a k pozemkům společnosti TATRA, a. s.

Plocha bývalé skládky je dle provedeného průzkumu aktualizována na cca 40 000 m<sup>2</sup>.

Situace zájmového území je graficky znázorněna v **příloze č. 1**.

*Tabulka č. 2: Správní zařazení zájmového území*

<b>Kraj</b>	Moravskoslezský
<b>Okres</b>	Nový Jičín
<b>Obec s rozšířenou působností</b>	Kopřivnice
<b>Obec s pověřeným obecním úřadem</b>	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 OV (občanské vybavení – veřejná infrastruktura), plocha číslo Z 148 - výměra 3,35 ha. Západní stranou prostor bývalé skládky navazuje a částečně zasahuje do ploch občanské vybavenosti (VOŠ, SOŠ a SOU Kopřivnice) označené občanské vybavení – veřejná infrastruktura, na východě skládka zasahuje do ploch TI (technická infrastruktura, oblast s rozvodnou elektrické energie a vodojem) a DXS (dopravní infrastruktura – specifická silniční, oblast garáží). Na severu skládka navazuje na areál společnosti TATRA, a.s. (plocha VP – výroba, průmysl a skladování).

Významná změna funkčního využití předmětných pozemků se do budoucna nepředpokládá, pro změnu využití například pro rekreační účely by bylo nutno provést její rekultivaci. V současnosti je plocha vlastní skládky nevyužívaná.

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

*Přehled stávajícího a plánovaného využití kontaminovaného území a přilehlého okolí*

Zájmová lokalita se nachází nad komplexem sportovních zařízení města Kopřivnice. v těsné blízkosti lokality jsou bloky garáží (jihovýchodně) a severovýchodně pak vodojemy.

v blízkosti severního okraje skládky začíná areál TATRA a.s. V současné době nemá prostor bývalé skládky žádné specifické využití. Na lokalitě se nachází nepřehledný shluk lesního a křovinného porostu (převažují křoviny a nálety), na povrchu jsou porůznu uloženy bloky stavebních konstrukcí

V současné době se nejbližší trvale obydlená obytná zástavba nachází cca 150 m západním směrem.

Prostor bývalé skládky je volně přístupný. Přístup na skládku je možný po asfaltové cestě vedoucí ke komplexu garáží. Samotným tělesem skládky vede při západním okraji zřetelná stezka prošlapaná návštěvníky lokality. Skládku není žádným způsobem zabezpečena, na nezarovnaném povrchu svažitého terénu prosvítají mezi vegetací zbytky odpadů, ojediněle i nově navážených, zejména odpad organického původu v jižní části skládky.

#### *Ochrana přírody a krajiny*

Nejbližším velkoplošným chráněným územím je CHKO Beskydy, jejíž hranice se nachází necelých 5 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 150 m jihovýchodně 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. v bezprostřední blízkosti lokality jižním a východním směrem se nachází regionální prvek ÚSES – regionální biocentrum Pískovna (Kopřivnice 2/Vlčovice 1, funkční, rozloha 79 ha, druh pozemku-lesní, bučiny, dubové bučiny, suťové lesy, místy smrčiny).

#### *Ochrana vodních zdrojů*

Lokalita nezasahuje do ochranných pásem vodních zdrojů. Nejbližší ochranné pásmo vodního zdroje se nachází cca 900 m/1200 m (vnější okraj pásma II. stupně/vnější okraj pásma I. stupně) od posuzované lokality. Jedná se o pásmo vodního zdroje Kopřivnice – Šutyra, číslo rozhodnutí o stanovení nebo změně ochranného pásma: VLHZ/3977/84/Pe/332, 13.2.1985. Vzhledem k dispozici posuzované skládky a vodního zdroje (zdroj není situován ve směru proudění podzemních vod od skládky a nachází se o cca 60 m n. m. nad úrovní skládky) nepředstavuje skládka riziko pro tento zdroj pitné vody. Tato oblast je napojena na městský vodovod a voda z níže uvedených objektů není používána jako pitná.

### **1.1.3. Základní charakterizace obydlenosti území**

Kopřivnice se nachází v Moravskoslezském kraji, okrese Nový Jičín. V Kopřivnici bylo k datu 1. 1. 2010 evidováno 23 892 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 Ženklaava.

Zájmové území se nachází na jihovýchodním okraji města. Nejbližší souvislá obytná zástavba se nachází cca 150 m jihozápadním směrem od zájmové lokality. V těsné blízkosti lokality se západním směrem nachází VOŠ, SOŠ a SOU Kopřivnice, východně komplex garáží a severním směrem areál TATRY, a.s. Zhruba 80 m jižně se nachází bowlingové centrum s restaurací.

V prostoru vlastní řešené lokality – Pod Brdy je pohyb osob nepravidelný a nárazový. Pohyb osob na lokalitě není sledován, lokalita není oplocena a je volně přístupná. Prostor skládky není nijak využíván a pohyb osob je zde pouze nahodilý při využití cesty při západním okraji skládky, případně se zde mohou pohybovat skupiny dětí při hře.

Celkový počet osob nárazově se současně nalézajících na lokalitě lze odhadnout vzhledem k charakteru využití na max. 5–10, s výjimkou horní pasáže s garážemi, kde je pohyb osob výrazně vyšší, nicméně skládka je zde překryta stavebními konstrukcemi a vyježděnými štěrkovými cestami.

### **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 <sup>2</sup> )	Druh pozemku	LV	Vlastník	Adresa
1909/1*	948 409	Ostatní plocha	2707	TATRA, a.s.	Areál Tatry 1450/1, Kopřivnice, 742 21
1909/27	15 884	Ostatní plocha	2452	Moravskoslezský kraj	28. října 2771/117, Ostrava, 702 00
1909/37	7 733	Ostatní plocha	2452	Moravskoslezský kraj	28. října 2771/117, Ostrava, 702 00
1909/256	8 768	Ostatní plocha	2707	TATRA, a.s.	Areál Tatry 1450/1, Kopřivnice, 742 21
1909/257	21 398	Ostatní plocha	10001	Město Kopřivnice	Štefánikova 1163/12, Kopřivnice, 742 21
2376/1	11 633	Ostatní plocha	10001	Město Kopřivnice	Štefánikova 1163/12, Kopřivnice, 742 21
2376/2	16 000	Ostatní plocha	10001	Město Kopřivnice	Štefánikova 1163/12, Kopřivnice, 742 21
2376/3	2 245	Ostatní plocha	10001	Město Kopřivnice	Štefánikova 1163/12, Kopřivnice, 742 21

## **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 vyvěřeliny těšínských, miocenní sedimenty a glacilakustrinní sedimenty sálského zalednění. Oblast je charakteristická svým erozně denudačním reliéfem s výraznými sukami 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 křída) a těšínsko-hradišťským (chlebovické vrstvy; apt–alb spodní křída), 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, fluvialní, 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 fluvialně podmíněné, jsou to obzvláště hlína, písek a štěrk holocenního stáří.

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

Skladba horninového profilu na lokalitě byla v minulosti ověřena v průzkumných hydrogeologických vrtech **HG-1** a **HG-2** [3]. Vlastní skalní podloží je na lokalitě tvořeno bašskými vrstvami (světle šedé prachovce), zastiženými v horní části skládky ve vrtu **HG-1** v hloubce 6,3 m p. ú. t. Kvartérní pokryv lokality (neovlivněný antropogenní činností) budují především holocenní deluviální hlinitokamenité sedimenty (šedé písčité hlíny s úlomky vápenitých hornin o velikosti 5–10 cm), které jsou překryty eolickými sprašovými hlínami. Sprašové hlíny se vyskytují pouze v severní části skládky a mají charakter jílovitých až prachovitých plastických až tuhých hlín světle hnědé barvy o mocnosti cca 2 m. Tyto hlíny přecházejí do eluvií podložních hornin. Nejsvrchnější část zastiženého litologického profilu zaujímá navážka charakteru písčité až prachovité hlíny se stavebními odpady (cihly, betony), které vycházejí až na povrch terénu. Mocnost deponií činí ve svrchní části skládky cca 4,5 m, na dolním vrtu byl zhruba 2 m mocný návoz ověřen ve formě světle hnědé, písčité až prachovité hlíny s úlomky prachovce až 15 cm.

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

V nadloží skládky se vyskytuje humózní vrstva s drnem, obvykle do hloubky 30 cm. Níže v geologickém profilu je deponován skládkový materiál, který má charakter jílovité navážky smíchané s úlomky stavebního materiálu (cihly, beton, cement, asphalt, struskový materiál). Některé polohy skládky jsou tvořeny černými slévarenskými písky a kaly, které mohou dosahovat velkých mocností (až 10 m). Těleso skládky zasahuje do hloubky 1,5–10,5 m pod úroveň terénu. Podloží skládky je tvořeno jílem (obvykle vysoce plastickým), který přechází do jílovce (eluvium) s horninovými částmi matečné horniny.

Geologické poměry na lokalitě č. 4 – Pod Brdy jsou znázorněny v **příloze č. 2**.

### **1.2.3. Hydrogeologické poměry**

Z hydrogeologického hlediska spadá oblast Kopřivnice a jejího blízkého okolí do hydrogeologického rajonu 3213 – Flyš v mezipovodí Odry [4].

Podzemní voda je v oblasti soustředěna především na kvartérní sedimenty a svrchní část přívodového 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 fluvialních sedimentů údolních niv. Jsou to písčité hlíny a štěrky s nízkou až střední hodnotou transmisivity ( $2,2 \cdot 10^{-5}$ – $2,3 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/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  $1 \cdot 10^{-5}$ – $1 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s. Sprašové hlíny, které jsou v nadloží, vykazují velmi nízké až nízké hodnoty transmisivity (s hodnotami okolo  $1 \cdot 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s). Regionální izolátor ( $T$   $1 \cdot 10^{-6}$ – $1 \cdot 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s) v oblasti tvoří frýdecké vrstvy, které vyplňují centrální část a oblast okolo obce Mniší. V jihovýchodní

a jihozápadní oblasti tvoří horské části převážně bašské souvrství a chlebovické vrstvy, které vykazují velmi nízké až nízké hodnoty transmisivity (s hodnotami  $1.10^{-6}$ – $1.10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s).

Zvodnění je na lokalitě soustředěno na propustnější polohy hlinitokamenitých sedimentů a na přípovrchovou zónu zvětrání podložních hornin. Kolektor je překryt vrstvou sprašových a deluviálních hlín omezujících srážkovou infiltraci do kolektoru. Dotace podzemní vody je především přítokem podzemní vody z jihovýchodu od svahu vrchu Brdy. Směr proudění podzemní vody je k severozápadu až severu. Drenážní bází je tok Kopřivnička. Koeficient filtrace byl ověřen v minulosti provedenými průzkumnými pracemi na úrovni  $1,5.10^{-5}$  m/s (hydrogeologický vrt **HG-2**). Ověřená hladina podzemní vody na lokalitě se pohybuje v rozmezí 1,00–5,20 m p. ú. t.

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

V nově realizovaném hydrogeologickém vrtu HG-1A byla hladina zastižena v hloubce 5,2 m, ve vrtu HG-3 v hloubce 1,0 m a ve vrtu HG-4 v hloubce 4,0 m pod povrchem terénu. Tato hloubka odpovídá mělké kvartérní zvodni. Hladina podzemní vody je napjatá. Hydrodynamické zkoušky byly na lokalitě prováděny na vrtu HG-4. Koeficient filtrace pohybuje průměrně okolo  $1,7.10^{-4}$  m/s a transmisivita je  $6,9.10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s, hladina se v tomto vrtu ustálila na 2,52 metrech od terénu. Podle Jetela (1980) se jedná o horniny mírně propustné.

#### **1.2.4. Hydrologické poměry**

Zájmové území je odvodňováno Kopřivničkou, číslo hydrologického pořadí 2-01-01-138/0, která tvoří drenážní bází pro povrchové a podzemní vody. Velikost dílčího povodí je 13,651 km<sup>2</sup>. Oblast spadá pod povodí 3. řádu Odry po Opavu a oblast povodí Odry. Kopřivnička pramení v nadmořské výšce 472 m u Janíkova sedla pod vrcholem Červený kámen (690 m n. 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<sup>3</sup>/s.

Specifický odtok je podle mapy 1:500 000 Regiony povrchových vod v ČR (Vlček, 1971) v rozmezí 10–15 l. s/km. 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 vyskytuje cca 900/1300 m od hranice II. /I. pásma vodního zdroje Kopřivnice – Šutyra, číslo rozhodnutí o stanovení nebo změně ochranného pásma: VLHZ/3977/84/Pe/332, 13. 2. 1985.

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, k chemickému typu: Ca-Na-HCO<sub>3</sub><sup>1</sup>. Vodivost podzemních vod se pohybuje od 657 do 1 230 µS/cm, hodnoty pH odpovídají neutrálním

<sup>1</sup> ionty reprezentující chemický typ vody byly určeny na základě překročení 20% ekvivalentu jejich koncentrace

podmínkám. Hodnoty oxidačně-redukčního potenciálu podzemních vod odráží ve většině případů oxidační podmínky, ojediněle slabě redukční.

Na lokalitě je ověřený výskyt podzemní vody soustředěný v úrovni od 1 do 5,2 m pod úrovní skládky. V nadloží skládkového materiálu se vyskytuje navážka charakteru jílovité zeminy, která je často smíchána s úlomky stavebního materiálu. Jílovitá zemina obecně obsahuje množství jílových minerálů, které způsobují vyšší sorpční kapacitu půdy, jež má výrazný vliv na adsorpci kontaminantů v nesaturované zóně. V podloží skládky je uložen plastický jíl, který tvoří nepropustnou vrstvu.

Deponovaný skládkový materiál má charakter stavebního odpadu s úlomky cihel, betonu, kamení, asfaltu, cementu a struskového materiálu. Průzkumnými pracemi byly zastiženy rovněž černé slévárenské písky, kaly a cizorodý skládkový materiál.

## 2. Průzkumné práce

### 2.1. Dosavadní prozkoumanost území

#### 2.1.1. Základní výsledky dřívějších průzkumných prací na lokalitě

V rámci hodnocení ekologické zátěže lokality byly doposud provedeny následující práce:

- 1) Průzkumné práce provedené společností AQ test, spol. s r.o., Ostrava v roce 2003.

Průzkum skládky v oblasti skládky č. 4 – Pod Brdy byl zaměřen na získání informací o charakteru skládkového materiálu, vlivu odpadů na kvalitu podzemní vody a posouzení zabezpečení vůči erozivním procesům.

Z průzkumných archivních prací vyplynulo, že odpady byly pravděpodobně navázeny do mělké terénní sníženiny v údolní části svahu kopce Pískovna, po jejímž zaplnění byly dále vršeny až cca 4 m nad původní terén. Plošná rozloha skládky byla odhadnuta na 250 x 100 m (delší strana ve směru S–J).

V rámci archivních prací byly v prostoru skládky odvrtny dva hydrogeologické vrty řady HG: Vrt HG-1 v horní části skládky nedaleko garáží a vrt HG-2 v dolní části skládky v blízkosti areálu odborného učiliště. Základní parametry těchto vrtů včetně hladiny měřené dne 29. 4. 2010 uvádíme v tabulce č. 4:

Tab. č. 4: Základní parametry archivních vrtů řady HG

	HG-1	HG-2
výška O.B. v m n. m.	372,38	356,39
výška O.B. n. terén v m	0,51	0,50
Hloubka od O.B. v m	2,65*	5,27
Hladina podzemní vody v m od OB	suchý	2,04
Výstroj vrtu	PVC ø 110 mm, perforace 3,5–8,0 m, ocelová chránička	PVC ø 110 mm, perforace 3,5–5,0 m, ocelová chránička

\*tento objekt je znehodnocený (zасыpaný) a nelze jej využívat, původní hloubka 8 m

Z těchto vrtů byly odebrány vzorky podzemní vody a vzorkován byl i pramenný vývěr (bažinka) pod západní stěnou skládky. V rámci ověření případné migrace znečištění do okolí byly sledovány ukazatele, které vyjadřuje tabulce č. 5:

Tab. č. 5. Látky potenciálního zájmu archivních vrtů HG-1 a HG-2

HG-1	NEL, toxické kovy (Al, Cd, Cr celk. Cr <sup>6+</sup> , Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), CN <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup>
HG-2	NEL, toxické kovy (Al, Cd, Cr celk. Cr <sup>6+</sup> , Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), PAU, BTEX, CIU, CN <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup>
Vývěr	NEL, toxické kovy (Al, Cd, Cr celk. Cr <sup>6+</sup> , Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), CN <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup>

Výsledky laboratorních analýz vzorků podzemní (vrty HG-1, HG-2) a povrchové vody (pramenní vývěr na J úpatí skládky) neprokázalo znečištění, přesahující kritéria dle MP MŽP z roku 1996. Jen při aplikaci tehdy platných limitů pro pitnou vodu by vzorky nevyhověly

v parametru NEL, nicméně nalezené obsahy nepřesáhly 0,1 mg/l (v současné době nejsou stanoveny Vyhl. č. 252/2004 Sb. v platném znění legislativní limity pro obsah ropných látek v pitné vodě stanoveny). V tomto případě však nemohl být vyloučen negativní vliv, související s provozem objektů garáží v těsném zázemí lokality. Lokalita byla tedy považována z pohledu potenciálních rizik vyvolaných migrací znečištění podzemní vodou za vyhovující.

Jiná byla situace v případě potenciálních rizik z přímého kontaktu s odpady. Skládky se vyznačovala (a nadále vyznačuje) velmi nízkou mocností překrytu, který nepředstavuje zcela dostatečnou zábranu proti případné expozici osob a ekosystémů. Na skládce však nebyla přítomnost nebezpečných odpadů ověřena ani indikována a riziko expozice významnějšími škodlivinami bylo označeno v rámci úkolu za nepatrné.

Vzhledem k nízké úrovni zastiženého znečištění nebyla předpokládána analýza rizika zpracována a nebylo doporučeno žádné opatření. Závěrem bylo konstatováno: výsledky průzkumných prací dokumentovaly nedostatečné zajištění skládky proti infiltraci srážkových vod a následné tvorbě výluhů. Na lokalitě byl však dle názoru autorů ověřen inertní charakter náplně skládky s více než 1 m mocnou vrstvou hlín pod bází zamezující přestupu výluhů do podzemní vody kvartérní zvodně, v důsledku čehož lze očekávat prakticky nulový vliv na kvalitu podzemní a povrchové vody. Dle našeho názoru je však tento závěr vzhledem k rozsahu průzkumných prací nedostatečně podložený a skládka vyžadovala další zkoumání.

Dle dostupných údajů nebyly na lokalitě s výjimkou výše uvedeného průzkumu prováděny žádné další průzkumné práce. Nicméně rozsah prací v rámci výše uvedeného hydrogeologického průzkumu byl vzhledem k charakteru lokality a jejímu umístění velmi omezený a proto byla tato skládka dále zkoumána v rámci předmětného projektu.

V roce 2006 byl firmou AZ-GEO proveden HG průzkum pro bazén, ležící v severním předpolí skládky cca 150 m SZ od zájmové lokality a v rámci laboratorních rozborů podzemní vody, odebrané ze 2 nových vystrojených vrtů byly zjištěny zvýšené hodnoty rtuti a amonických iontů. Souvislost se skládkou nebyla ověřena, není však vyloučené, že existuje, protože tyto nově vybudované vrty leží ve směru proudění podzemních vod od bývalé skládky.

Zájmová lokalita nachází nad komplexem sportovních zařízení města Kopřivnice. V těsné blízkosti lokality jsou bloky garáží (jihovýchodně) a severovýchodně pak vodojemy. V blízkosti severního okraje skládky začíná areál TATRA a.s. Lokalita se nachází pod komplexem lesů masivu Červeného kamene. V současné době nemá prostor bývalé skládky využití. Na lokalitě se nachází nepřehledný shluk lesního a křovinného porostu (převažují křoviny a nálety).

Morfologicky nelze těleso bývalé skládky jednoznačně určit, neboť jde o značně nepřehledný terén. Směrem od JV jde o pozvolný přechod terénu, s několika výraznými hromadami návozu. V jižní části skládky tvoří její západní okraj 4–5 m vysokou elevaci o sklonu více než 50–60° nad pravděpodobně původním terénem. Severní ohraničení není zřetelné. Západní část dosahuje na několika místech převýšení až 5 m nad původní terén, jindy není výrazná. Střední mocnost skládky je odhadována na 3–5 m. V zájmovém prostoru jsou jasně patrné pozůstatky ukládání odpadu. Jedná se jak o ojedinělé kusy odpadu

(např. pneumatiky, bloky betonu), tak o izolované hromady navezeného materiálu. V blízkosti lokality se nenachází žádná vodoteč, v jižní části tělesa skládky se nachází pramenní vývěry.

Zpevněné plochy a střechy garáží jsou odvodněny dešťovou kanalizací zaústěnou do tělesa skládky a svedenou do prostoru pod skládkou.

Prostor bývalé skládky je volně přístupný. Přístup na skládku je možný po asfaltové cestě vedoucí ke komplexu garáží. Samotným tělesem skládky vede při západním okraji zřetelná stezka prošlapaná návštěvníky lokality. Samotná skládka není žádným způsobem zabezpečena, na nezarovnaném povrchu svažitého terénu prosvítají mezi vegetací zbytky odpadů, ojediněle i nově navážených, zejména odpad organického původu v jižní části skládky.

Vzhledem ke skutečnosti, že monitorovací archivní vrt HG-1 byl zasypaný a suchý, byl v tomto prostoru vybudován náhradní vrt **HG-1A**.

Dle archivních prací je na této lokalitě předpokládáno systematické ukládání stavebních a průmyslových odpadů v období 70. a 80. let 20. století. Ze stávající konfigurace terénu a z výsledků předešlých průzkumných prací a archivních leteckých snímků lze vyvodit, že odpady byly pravděpodobně naváženy do mělké terénní sníženiny v údolní části svahu kopce Brdy, po jejímž zaplnění byly odpady dále vršeny až cca 4 m nad původní svažitý terén. Na lokalitu byly naváženy stavební odpady a zeminy a také průmyslové odpady, o čemž svědčí nálezy hromad slévárenských písků. Navážení nebezpečného odpadu nebylo pamětníky avizováno a tento předpoklad potvrdily i dosud provedené průzkumné práce. Ukládání odpadů zřejmě neprobíhalo systematicky, s odpovídajícím technickým zabezpečením.

Území bylo jen částečně upraveno pro výstavbu garáží v jihovýchodní části, větší část bývalé skládky zůstala bez úprav. V současnosti je terén bývalé skládky z větší části zalesněn náletovými dřevinami a křovinami a je zcela bez využití. Odhadovaná kubatura sládkovaných odpadů je až 120 000 m<sup>3</sup>.

### **2.1.2. Přehled zdrojů znečištění**

Vznik ekologické zátěže na lokalitě 4 – Pod Brdy, souvisí s činností podniku TATRA Kopřivnice a.s. V období 70. let 20. století zde probíhalo soustavné ukládání odpadů z výroby a investiční činnosti podniku.

Jediným zdrojem kontaminace skládky bylo vlastní neodborné ukládání odpadů, ke kterému docházelo nejintenzivněji přibližně v 70. letech 20. století. Ukládaly se zde zejména slévárenské odlitky, slévárenské písky, úlomky betonu, cihly, železné dráty a další. Na této lokalitě se jedná především o inertní stavební materiál.

### **2.1.3. Vytipování látek potenciálního zájmu a dalších rizikových faktorů**

Sestavení seznamu látek potencionálního zájmu vycházel 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

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

Podle výsledků laboratorních analýz jsou hlavními kontaminanty na lokalitě polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU).

V rámci průzkumných prací byly dále sledovány obsahy řady dalších látek (BTEX, C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub>, těžkých kovů a kyanidů) a prováděna terénní měření. Tato stanovení sloužila ke zjištění základních fyzikálně-chemických vlastností zemin a podzemních vod na lokalitě a k posouzení průběhu atenuačních procesů.

Fyzikálně-chemické charakteristiky látek potenciálního zájmu jsou uvedeny v **příloze č. 17**.

#### **2.1.4. Předběžný koncepční model znečištění**

V rámci zpracování analýzy rizik budou 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 pramenní vývěry v jižní části skládky.

*Tabulka č. 6: 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 (pitná a užitková voda) – expozice ingescí, dermální a inhalační	
2	Bývalá skládka	Průsaky srážkové vody, výluhy ze skládky a jejich rozpouštění do podzemní vody → transport podzemní vodou → infiltrace do vod povrchových (pramení vývěry)	Ekosystémy, volně žijící živočichové - expozice ingescí, dermální a inhalační	Těleso skládky je volně přístupné
3	Bývalá skládka	Emise plynů a prachu (případně přímý kontakt s odpady na povrchu terénu) → splachy → vodní ekosystémy	Poškození vegetačního krytu, dále lidé a zvířata pohybující se v prostoru skládky - expozice ingescí, dermální a inhalační	Těleso skládky je volně přístupné

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. Potenciálními příjemci rizik jsou zde lesní a vodní ekosystémy, náhodní návštěvníci lokality, případně též obyvatelstvo využívající podzemní vody mělkého kvartérního kolektoru.

Základem předběžného koncepčního modelu je tabulka č. 6 se soupisem všech uvažovaných expozičních cest, pro které byl projektován rozsah prací 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<sub>10</sub>–C<sub>40</sub>, PAU, BTEX CIU, těžké kovy (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn), kyanidy, PCB

*V saturované zóně*

uhlovodíky C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub>, PAU, BTEX CIU, těžké kovy (As, Cd, Cr, Cr<sup>6+</sup>, 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 (dvojmocné, trojmocné), Mn, Ca, Mg, Fe, K, Na, KNK<sub>4,5</sub>, ZNK<sub>8,3</sub>, fosforečnany, tvrdost, barva, zákal, hydrogenuhličitan, CO<sub>2</sub> volný, TOC, CHSK-Mn.

Při odběrech podzemních vod bylo před ukončením čerpání z každého objektu provedeno terénní měření ukazatelů pH, teploty, oxidačně–redukčního potenciálu (Eh), rozpuštěného O<sub>2</sub> a vodivosti.

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
- Laboratorní analýzy odebraných vzorků

- Expresní hydrodynamické zkoušky
- Geodetické zaměření nových a stávajících HG objektů a profilů povrchové vody
- Geotechnické posouzení stability skládky

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, P80, P160, P200 a P240.

Na základě mapy totálního vektoru magnetického pole byla snaha vymezit plošný rozsah skládky. Plošné vymezení skládky podle magnetometrie je vyznačeno v **příloze č. 7.1**.

Zájmový prostor byl plošně pokryt magnetometrií, na vymezených profilech byla realizována metoda MRS a metoda OT. Situace změřených profilů je součástí **příloh č. 7.2. a 7.3.**

#### MAGNETOMETRIE (MG)

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

Měřeno bylo protonovým magnetometrem OMNI PLUS kanadské firmy Scintrex s krokem 10 m na profilech vzdálených 40–50 m. Na bodech profilů byla změřena hodnota totálního magnetického pole  $T$  [nT] a vertikálního gradientu mezi dvěma sensory 1 m nad sebou.

Celkem bylo v prostoru skládky změřeno 81 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 rychlostí 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 24kanálová aparatura TERRALOC Mk6 (Švédsko), seismická energie byla vzbuzována úderem kladiva. Byla použita modifikace vstříčných úderů s přístřelou, středovým úderem a úderem 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, P160 a P240 změřeno 320 m.

Při interpretaci seismických refrakčních měření byla použita metoda  $T_0$  pro gradientový model prostředí, neboť se na změřených hodochronách<sup>2</sup> projevovала 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 1 800–2 600 m/s. Seismické řezy jsou prezentovány 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 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 P80, P160 a P200, vzdálenost sousedních elektrod byla 5,5 m. Celkem bylo změřeno 295 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 odvrtní průzkumných vrtů byly odporové řezy zpřesněny tak, že byly v některých bodech řezu zafixovány mocnosti skládky podle vrtů v blízkosti profilů – horní část odporového řezu tak lépe zobrazuje průběh skládky. Tak byly odporové

<sup>2</sup> křivka udávající závislost doby šíření seismické vlny určitého typu na vzdálenosti od epicentra

řezy zpřesněny částečnou eliminací 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. Přestože takové informace k dispozici nebyly, poskytují uvedené geoelektrické řezy odporový obraz pod proměřenými profily, z něhož lze přibližně odvodit litologické složení hornin.

### 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 S4. Pro získání údajů o úrovni podzemní vody a ověření míry kontaminace saturované zóny horninového prostředí byly dále vybudovány vystrojené hydrogeologické vrty: HG-1A, HG-3 a HG-4, které navazují na existující síť hydrogeologických objektů HG-1<sup>3</sup> a HG-2, vybudovaných v rámci zpracování analýzy rizika v roce 2003 firmou AQ-test, spol. 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. 7**. Geologická dokumentace je součástí **přílohy č. 8** a Evidenční list geologických prací je uveden v **příloze č. 16**.

*Tabulka č. 7: Přehled vrtných prací*

Označení vrtu	Typ vrtu	Hloubka vrtu (m p.ú.t.)	Vrtný průměr (mm)	Výstroj vrtu (materiál/průměr mm)
HG-1A	hydrogeologický	9	195/175	PVC 110/2,2 mm
HG-3	hydrogeologický	8,5	195/175	PVC 110/2,2 mm
HG-4	hydrogeologický	8	195/175	PVC 110/2,2 mm
S4-1	nevystrojený	4	195	-
S4-2	nevystrojený	7,3	156/137	-
S4-3	nevystrojený	3,5	156	-
S4-4	nevystrojený	7	156/137	-
S4-5	nevystrojený	11	195/155	-
S4-6	nevystrojený	4,2	156	-
S4-7	nevystrojený	4	156	-
S4-8	nevystrojený	7,6	195/175	-
S4-9	nevystrojený	3,7	156	-
S4-10	ruční nevystrojený závrt	3	50	-
S4-11	ruční nevystrojený závrt	3	50	-
S4-12	ruční nevystrojený závrt	3	50	-
S4-13	ruční nevystrojený závrt	3	50	-
S4-14	ruční nevystrojený závrt	3	50	-

<sup>3</sup> hydrogeologický objekt HG-1 byl v roce 2010 zhroutený a pro odběr podzemní vody nepoužitelný

### 2.2.1.3. Vzorkařské práce

V rámci průzkumných prací byly odebrány vzorky zemin, podzemních a povrchových vod 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, ručně kopaných sond a vystrojených vrtů.

Z nevystrojené sondy S4-8 byly odebrány 3 vzorky zemin. S výjimkou nevystrojené sondy S4-1 a S4-8, byla z nevystrojených sond (celkem 7) a ručně kopaných sond (celkem 5) odebráno po dvou vzorcích zemin a to směsných z poloh navážek a z vrstvy podložních hlín. Odběry byly přizpůsobeny litologii a sensorickým vjemům, indikujícím znečištění. Vzorky zemin byly analyzovány na vybrané organické a anorganické parametry (viz následující kapitola). Pro tyto účely bylo z nevystrojených a ručně kopaných sond odebráno celkem 28 vzorků zemin.

U tří vybraných sond (S4-4, S4-8 a S4-9), 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 vystrojených monitorovacích vrtů HG-1A a HG-4 byly odebrány dva vzorky zemin ze dvou horizontů. Z vystrojeného monitorovacího vrtu HG-3 byly odebrány 3 vzorky zemin. Celkem bylo pro tyto účely odebráno 7 vzorků zemin.

Odběry byly přizpůsobeny litologii a sensorickým vjemům, indikujícím případné znečištění. Vzorky zemin byly analyzovány na vybrané organické a anorganické parametry (viz následující kapitola). Dále byly u vystrojených vrtů odebrány tři 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°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.

*Tabulka č. 8: Celkový rozsah vrtných prací a odběrů zemin*

Aktivita	Množství
<b>Nevystrojené sondy</b>	základní síť - 14 ks (označení S4-1 až S4-14)
Hloubka sond / celková metráž	2–8 / 67 bm
Počet vzorků zemin	28
Rozsah analýz	28 – Uhlovodíky C <sub>10</sub> –C <sub>40</sub> , TK, CN <sup>-</sup> , 18 – PAU, BTEX, CIU; 6 – vyluhovatelnost II. tř., 6 - TOC; 4 – PCB; 1 – ekotoxicita
<b>Vystrojené vrty</b>	3 ks (označení HG-1A, HG-3 a HG-4)
Hloubka vrtů / celková metráž	8–9 m / 26 bm
Počet vzorků zemin	7
Rozsah analýz	7 – Uhlovodíky C <sub>10</sub> –C <sub>40</sub> , TK, CN <sup>-</sup> , 6-PAU, BTEX, CIU; 3 – granulometrie

V rámci lokality bylo analyzováno celkem 35 vzorků zemin na chemické parametry (anorganické a organické). Z toho 35 vzorků zemin bylo analyzováno v rozsahu Uhlovodíky C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub>, těžké kovy (As, Cd, Cr<sup>6+</sup>, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn), kyanidy, 24 vzorků v parametrech BTEX a CIU, PAU, 4 vzorky na stanovení PCB v sušině.

U dalších 6 vzorků zemin byly provedeny analýzy na stanovení vyluhovatelnosti (dle II. třídy) a TOC v sušině. U 1 vzorku zeminy byl proveden test ekotoxicity. U 3 vzorků zemin z vystrojených vrtů byla provedena granulometrická analýza.

Rozsah vrtných prací a odběrů zemin je uveden v tabulce č. 8.

### 2.2.1.3.2. Metodika a rozsah odběrů vzorků podzemních vod

Z každého nového vystrojeného vrtu (HG-1A, HG-3, HG-4), z jednoho původního objektu HG-2 a z navážkové zvodně nevystrojené sondy (S4-4) byly odebrány vzorky podzemní vody pro stanovení obsahu vybraných organických a anorganických parametrů.

Celkem bylo odebráno 8 ks vzorků podzemní vody na laboratorní analýzy, z toho 1 vzorek podzemní vody z tělesa skládky (nevystrojená sonda). Vzorky podzemní vody z vystrojených vrtů byly odebrány v dynamickém stavu (po odčerpání tří objemů vodního sloupce vrtu) pomocí čerpadla Gigant, s výjimkou nevystrojené sondy, kde byl odběr proveden staticky pomocí odběrného vzorkovacího válce. Odběr vzorků podzemní vody z dynamické hladiny byl proveden pomocí ponorného čerpadla Gigant. U objektů HG-1A a HG-2 byly analyzovány i statické vzorky odebrané odběrným válcem z hladiny podzemní vody.

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<sub>10</sub>–C<sub>40</sub> 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 stanovení režimu podzemních vod a ověření směru proudění. Při vzorkování byly polními přístroji měřeny základní fyzikálně-chemické parametry podzemní vody (pH, teplota, měrná elektrická vodivost, oxidačně-redukční potenciál a rozpuštěný O<sub>2</sub>).

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 jsou opatřeny štítkem, na kterém je 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, 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 7 vzorků podzemních vod. Bylo provedeno 7 ks rozborů v rozsahu Uhlovodíky C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub>, 5 ks rozborů v rozsahu těžké kovy (As, Cd, Cr<sup>6+</sup>, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), kyanidy, amonné ionty, dusitany, chloridy PAU, BTEX, CIU. U obou nově provedených vrtů byl proveden kompletní chemický rozbor vody. Dále byly z vrtů HG-1A a HG-2 provedeny rozborů v rozsahu Uhlovodíky C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub>. Původně plánované analýzy na stanovení kvality ropných uhlovodíků ze statických vzorků se neuskutečnila z důvodu obsahu ropných látek v těchto vzorcích pod mezí detekce laboratorního stanovení.

Rozsah vrtných prací a odběrů podzemních vod je uveden v tabulce č. 9.

*Tabulka č. 9: Celkový rozsah odběrů vzorků podzemních vod*

Aktivita	Množství
<b>Nevystrojené sondy</b>	S4-4
Počet vzorků vod	1 ks
Rozsah analýz	1 – Uhlovodíky C <sub>10</sub> –C <sub>40</sub> , TK, PAU, CN <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> BTEX, CIU
<b>Vystrojené vrty</b>	4 ks (označení HG-1A, HG-2, HG-3 a HG-4)
Počet vzorků vod	6 ks (2x statický, 4x dynamický)
Rozsah analýz	6 – Uhlovodíky C <sub>10</sub> –C <sub>40</sub> , 4 - TK, CN <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> PAU, BTEX, CIU; 2 – kompletní chemický rozbor

### 2.2.1.3.3. Metodika a rozsah odběrů vzorků povrchových vod

Pro zjištění míry kontaminace povrchových vod byl proveden odběr povrchové vody z pramenního vývěru pod jižním svahem skládky PV4-1.

#### 2.2.1.4. Metodika a rozsah laboratorních analýz

Metodika prováděných laboratorních analýz je uvedena v tabulce č. 10.

*Tabulka č. 10: Metodika laboratorních analýz*

Matrice	Stanovení	Metoda
zemina	<b>C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub> v suš.</b>	Plynová chromatografie
	<b>As, Cd, Cr<sup>6+</sup>, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn v suš.</b>	Atomová absorpční spektrometrie
	<b>Kyanidy v suš.</b>	Spektrofotometrie
	<b>PAU v suš.</b>	HPLC s fluorescenční detekcí
	<b>CIU, BTEX v suš.</b>	Plynová chromatografie (head space)
	<b>PCB v suš.</b>	Plynová chromatografie s ECD detekcí
	<b>TOC v suš.</b>	Stanovení celkového organického uhlíku (TOC) metodou infračervené spektrometrie
	<b>podle tab. 2.1. vyhl.294/05 Sb</b>	
	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
	<b>Test ekotoxicity</b>	Dle metodiky uvedené ve Vyhl. 294/05 Sb.
	<b>Zrnitost</b>	Dle příslušných norem
	voda	<b>C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub></b>
<b>As, Cd, Cr<sup>6+</sup>, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn</b>		Atomová absorpční spektrometrie
<b>Kyanidy, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>		Spektrofotometrie
<b>Cl<sup>-</sup></b>		Argentometrická titrace
<b>PAU</b>		HPLC s fluorescenční detekcí
<b>CIU, BTEX</b>		Plynová chromatografie (head space)
<b>CHSK-Mn</b>		Titračně (manganometrie)
<b>Fe<sup>2+</sup></b>		Spektrofotometrie
<b>Fe<sup>3+</sup></b>		Výpočtem z obsahu Fe celk. a Fe(II)
<b>Mn<sup>2+</sup></b>		Spektrofotometrie
<b>chloridy</b>		Titračně (argentometrie)
<b>amonné ionty</b>		Spektrofotometrie
<b>dusitany</b>		Spektrofotometrie
<b>dusičnany</b>		Spektrofotometrie
<b>sírany</b>		Titrace dusičnanem olovnatým
<b>fosforečnany</b>		Spektrofotometrie

Matrice	Stanovení	Metoda
	konduktivita	Konduktometrie
	pH	Přímá potenciometrie

### **Rozsah laboratorní analýzy vzorků zemin**

V rámci laboratorních zkoušek vzorků zemin bylo zpracováno:

- 35 ks vzorků zemin pro účely laboratorního stanovení uhlovodíků C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub>, As, Cd, Cr<sup>6+</sup>, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn, kyanidy
- 24 ks vzorků zemin pro účely laboratorního stanovení obsahu PAU, BTEX a CIU
- 6 ks vzorků zemin pro účely laboratorního stanovení vyluhovatelnosti a TOC
- 4 ks vzorků pro účely laboratorního stanovení PCB
- 1 ks vzorků zemin pro účely laboratorního provedení testu ekotoxicity
- 3 ks vzorků zemin pro účely laboratorního provedení granulometrické analýzy

### **Rozsah laboratorní analýzy vzorků podzemních vod**

V rámci laboratorních zkoušek vzorků podzemních vod bylo zpracováno:

- 7 ks vzorků podzemních vod pro účely laboratorního stanovení uhlovodíků C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub>, As, Cd, Cr<sup>6+</sup>, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
- 5 ks vzorků podzemních vod pro účely laboratorního stanovení As, Cd, Cr<sup>6+</sup>, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, kyanidů, amonných iontů, dusitanů, chloridů, PAU, BTEX a CIU
- 2 ks vzorků podzemních vod pro účely laboratorního zpracování za účelem provedení kompletního chemického rozboru

### **Rozsah laboratorní analýzy vzorků povrchových vod**

V rámci laboratorních zkoušek vzorků povrchových vod bylo zpracováno:

- 1 ks vzorku povrchové vody k laboratornímu zpracování za účelem stanovení uhlovodíků C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub>, As, Cd, Cr<sup>6+</sup>, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, kyanidů, amonných iontů, dusitanů a chloridů

#### **2.2.1.5. Hydrodynamické expresní zkoušky**

##### **2.2.1.7.1. Základní údaje, cíle HDZ**

Na hydrogeologickém objektu **HG-4** 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). Výsledky hydrodynamických zkoušek jsou uvedeny v **příloze č. 18**.

### 2.2.1.7.2. Specifikace objektů pro HDZ

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

*Tabulka č. 11: Hydrogeologický objekt pro realizaci hydrodynamických zkoušek*

Označení vrtu	Hloubka vrtu (m p.ú.t.)	Výstroj vrtu (materiál/průměr v mm)	ČZ (hod)	SZ (hod)
HG-4	9	PVC 110/2,2 mm	1,6	2,4

### 2.2.1.7.3. Technické podmínky realizace HDZ

Parametry hydrodynamické zkoušky jsou uvedeny v následujícím přehledu:

- Fáze prací – po vystrojení
- Délka ČZ – 1,6 hod
- Čerpadlo – ponorné čerpadlo GIGANT Q = 0,1 l/s
- Zapuštění čerpadla - 1,0 m ode dna vrtu
- Odměrný bod – hrana výstroje hydrogeologického vrtu, resp. hrana dočasné 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 (min 30 m), kontaminovaná čerpaná voda byla přečištěna v mobilní sanační technologii
- Stoupací zkouška – 2,4 hod
- Intervaly měření při stoupací zkoušce – dle formuláře pro neustálené proudění, sledované veličiny  $\underline{s}$

### 2.2.1.7.4. 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),
- 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

### 2.2.1.7.5. Kontrolní činnost

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

### 2.2.1.7.6. Rozpis čerpaných a pozorovaných hydrogeologických objektů

Při provádění HDZ na vrtu HG-4 byl sledován vrt HG-1A (viz tabulka č. 12).

*Tabulka č. 12: Rozpis sledovaných HG objektů při HDZ na jednotlivých vrtech*

HDZ na vrtu	Sledovaný okolní HG objekt
HG-4	HG-1A

## 2.2.2. Výsledky průzkumných prací

### 2.2.2.1. Interpretace geofyzikálních měření

Komplex geofyzikálních metod vycházel z požadavku zjistit zejména

- plošný rozsah skládky,
- ve vybraných profilech P1, P80, P160, P200 a P240 určit mocnost a charakter skládkového materiálu.

Vymezení plošného rozsahu skládky na této lokalitě nebylo podle magnetometrie zcela možné, protože kolem skládky bylo přítomno množství objektů (budovy školy, garáže, ploty, atd.), které svými účinky zastínily magnetické projevy skládkového materiálu, a navíc ani profily nemohly být většinou vedeny do prostředí mimo skládku právě díky těmto výše uvedeným omezením. Magnetické měření tak bylo realizováno prakticky jen ve skládce. Lze tedy konstatovat, že v měřených profilech magnetické měření potvrdilo přítomnost skládky v prostoru, který byl vymezen v projektu. Podle velikosti magnetických anomálií nepředpokládáme v této skládce přítomnost větších železných předmětů, tzv. „bonbónů“.

Mocnost skládkového materiálu byla zjišťována na profilech P1, P160 a P240 podle metody MRS (**příloha 7.2.**) a na profilech P80, P160 a P200 podle metody OT (**příloha 7.3.**). Podle metody MRS byla zjištěna největší mocnost skládkového materiálu + vrstvy kvartérních sedimentů až 9 m na profilu P160 kolem metrů 420–430 m. Pokud je předpoklad že mocnost kvartéru je kolem 2 m (jak je vidět na profilu P240), tak maximální akumulace skládkového materiálu jsou asi 7 m. V blízkosti profilu P160 byl také realizován vrt S4-1, kde byla zjištěna mocnost skládkového materiálu 3,3 m, což velmi dobře koreluje s výsledky seizmického měření. Později byly v blízkosti změřených profilů odvrtny další vrty, které opět souhlasily s výsledky geofyzikálního průzkumu. Na skládce je zřetelný terénní stupeň od jejího jižního okraje (u profilu P80 hned za garážemi) až k profilu P200, jak byl skládkový materiál postupně navážen na skládku. Za profilem P200 tento stupeň postupně mizí a na profilu P240 již není vůbec viditelný. Z tohoto usuzujeme, že větší mocnosti skládky, tvořené právě výše zmiňovaným terénním stupněm, jsou mezi profily P80 a P240, tj. v délce maximálně do 150 m. Toto potvrzují také výsledky metody MRS na profilech P1 i P240, kde je mocnost skládky + původního kvartéru většinou 1–3 m, pouze místy 4–5 m, např. na profilu P1 v metrů 20–40 m. Tomu by v severní části skládky odpovídaly

mocnosti 0–2 m, místy maximálně 3 m. Maximální mocnosti skládky jsou mezi profily P160 – P200, kde jsou podle seismiky mocnosti až 10 m. Seismické rychlosti v podloží jsou 2 000–2 400 m/s (R4, tř. těžitelnosti II).

Podle měrných odporů (metoda OT) v podloží skládky převládají nízké měrné odpory 20–40  $\Omega$ m - jíly. Materiál skládky má jak vysoké měrné odpory 50–80  $\Omega$ m (např. na profilu P200), což odpovídá hrubozrnnému materiálu (panely, cihly, šterk), tak nízké měrné odpory kolem 20–50  $\Omega$ m (např. na profilu P80 a východní části profilu P160), což odpovídá jemnozrnnému materiálu (jílovitá navážka).

V odporových řezech je při bázi skládky na všech profilech vrstva nízkých měrných odporů. Předpokládáme, že tato nízkoodporová vrstva odpovídá skládkové vodě, která se kumuluje při bázi skládky. Z průběhu této nízkoodporové vrstvy je patrné, že pod skládkou může docházet k výronům skládkové vody.

### 2.2.2.2. Provedené vrtné práce

#### Nevystrojené sondy

Nevystrojené vrty (celkem 14 ks: 9 ks strojních + 5 ks ručně vrtaných) byly v nezpevněných sedimentech zhotoveny vrtnou soupravou UGB-50, technologií rotačního jádrového vrtání, vrtným průměrem 175/133 mm a vystrojeny PVC 110/2,2 mm. Ve skalních horninách byly vrty zhotoveny vrtnou soupravou SLVE-80 technologií rotačně příklepového vrtání ponorným kladivem se vzduchovým výplachem, vrtným průměrem 152 mm a vystrojeny PVC 110/2,2 mm. V obtížněji dostupném terénu byla využita vrtná souprava HVS 245 na pásovém podvozku.

Technický popis nevystrojených vrtů je uveden v následujícím přehledu:

Počet vrtů:	9
Označení vrtu:	S4-1, S4-2, S4-3, S4-4, S4-5, S4-6, S4-7, S4-8, S4-9
Lokalizace vrtu:	viz <b>příloha č. 6</b>
Technologie vrtání:	rotační jádrová
Hloubka vrtu:	viz tabulka č. 4 kap. 2.2.1.2. konečná hloubka vrtu byla určena hydrogeologem dle místních podmínek
Vrtné průměry:	0–3,0/3,5/3,7/4,0/4,2/7,0/7,3/7,6 m (kvartér + podloží) 175/133 mm
Pažení:	pracovní ocelové pažení dle soudržnosti profilu
Výplach:	ne
Likvidace:	záhozem

Ruční vrtné práce byly prováděny pomocí ruční vibračně vrtné soupravy firmy Eijkelkamp s použitím dutých jádrových sond o průměrech 60/50 mm a bouracího kladiva Makita HM 1400.

Technický popis ručních nevystrojených závrtů je uveden v následujícím přehledu:

Počet vrtů:	5
Označení vrtu:	S4-10, S4-11, S4-12, S4-13, S4-14
Lokalizace vrtu:	viz <b>příloha č. 6</b>
Technologie vrtání:	0–3,0 m (kvartér + navětralé podloží) vibrační
Hloubka vrtu:	viz tabulka <b>č. 4 kap. 2.2.1.2.</b> konečná hloubka vrtu byla určena hydrogeologem dle místních podmínek
Vrtné průměry:	0–3,0 m (kvartér + navětralé podloží) 60/50 mm
Pažení:	ne
Výplach:	ne
Likvidace:	záhozem

**Vystrojené hydrogeologické vrty**

Průzkumné hydrogeologické vrty řady HG (3 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. Parametry nově vybudovaných vystrojených hydrogeologických vrtů jsou uvedeny v následujícím přehledu. Geologická dokumentace hydrogeologických vrtů je uvedena v **příloze č. 8**

**HG-1A**

Záměry (S-JTSK, Bpv)

**Y: 482137,79      X: 1127989,79      Z: 372,66/372,12**

Lokalizace vrtu:	viz <b>příloha č. 6</b>
Technologie vrtání:	0,0–9,0 m (kvartér + křída) rotační jádrová
Hloubka vrtu:	9 m
Vrtné průměry:	0,0–3,0 m ø 195 mm (UGB-50) 3,0–9,0 m ø 175 mm (UGB-50)
Výplach:	bez výplachu
Výstroj:	+ 0,0–2,5 m PVC 110/2,2 mm plná 2,5–8,0 m PVC 110/2,2 mm perforovaná 8,0–9,0 m PVC 110/2,2 mm plná perforace příčná šterbinová šířky 1,5 mm, 10 %
Zaplášťové úpravy:	0,0–1,0 m cementace 1,0–1,5 m pískový přechod 1,5–7,0 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 5,2 m      ustálená 3,20 m

### **HG-3**

Záměry (S-JTSK, Bpv)

**Y: 482215,22      X: 1127772,86      Z: 347,97/347,39**

Lokalizace vrtu: viz **příloha č. 6**  
Technologie vrtání: 0,0–8,5 m (kvartér + křída) rotační jádrová  
Hloubka vrtu: 8,5 m  
Vrtné průměry: 0,0–3,0 m ø 195 mm (UGB-50)  
3,0–8,5 m ø 175 mm (UGB-50)  
Výplach: bez výplachu  
Výstroj: + 0,0–1,0 m PVC 110/2,2 mm plná  
1,0–7,0 m PVC 110/2,2 mm perforovaná  
7,0–8,5 m PVC 110/2,2 mm plná  
perforace příčná štěrbinová šířky 1,5 mm, 10 %  
Zaplášťové úpravy: 0,0–1,0 m cementace  
1,0–1,5 m pískový přechod  
1,5–7,0 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 1,0 m ustálená 0,91 m

### **HG-4**

Záměry (S-JTSK, Bpv)

**Y: 482084,65      X: 1127936,90      Z: 373,66/373,03**

Lokalizace vrtu: viz **příloha č. 6**  
Technologie vrtání: 0,0–8,0 m (kvartér + křída) rotační jádrová  
Hloubka vrtu: 8,0 m  
Vrtné průměry: 0,0–4,0 m ø 195 mm (UGB-50)  
4,0–8,0 m ø 175 mm (UGB-50)  
Výplach: bez výplachu  
Výstroj: + 0,0–2,0 m PVC 110/2,2 mm plná  
2,0–6,5 m PVC 110/2,2 mm perforovaná  
6,5–8,0 m PVC 110/2,2 mm plná  
perforace příčná štěrbinová šířky 1,5 mm, 10 %  
Zaplášťové úpravy: 0,0–1,0 m cementace  
1,0–1,5 m pískový přechod  
1,5–7,0 m obsyp 4/8 mm kačírek

Město Kopřivnice

35

Lokalizace a charakteristika starých ekologických zátěží v Kopřivnici

Lokalita 4 – Pod Brdy

Analýza rizik

Zhlaví vrtu: 0,0–0,5 m přírubové kovové zhlaví  $\varnothing$  133 mm, obetonováno

Hladina podzemní vody vztažená k terénu:

naražená 4,0 m      ustálená 1,92 m

Likvidace vrtných jader: Vytěžená zemina byla z části použita k dosypu nevystrojených sond. Zbytkové množství bylo naloženo do kontejneru a následně předáno k likvidaci oprávněné osobě a uložena na skládce kategorie S-OO. Evidenční list geologických prací je uveden v **příloze č. 16**.

### 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, CIU, 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“, které obecně odpovídá přirozeným obsahům jednotlivých polutantů v životním prostředí a jeho překročení naznačuje možnost ovlivnění antropogenní činností.

Jako přirozené pozadí byl vybrán vrt HG-4, jehož hodnoty nejvíce odpovídají přirozeným obsahům sledovaných látek na lokalitě. Vrt je lokalizován v oblasti proti směru proudění podzemní vody ze skládky a zároveň v blízkosti skládkového tělesa. Dále byly výsledky výluhových zkoušek 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.

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

V případě, že v rámci daného polutantu došlo k překročení detekčních limitů ve více než 3 vrtech a je pravděpodobné, že se jedná o plošné znečištění, bylo provedeno statistické zhodnocení. Ze souboru dat byl vyjádřen aritmetický průměr, medián, směrodatná odchylka a 1 a 3. kvartil. Statistické výpočty jsou uvedeny v tabulkách u každého diskutovaného polutantu.

#### Uhlovodíky $C_{10}$ – $C_{40}$

Na lokalitě bylo odebráno celkem 35 ks vzorků zemin z nevystrojených sond řady S4, ručně vrtaných sond řady S4 a vystrojených hydrogeologických vrtů na analýzu ukazatele uhlovodíků  $C_{10}$ – $C_{40}$ . Ve vrtu HG-4 jakožto reprezentanta přirozených hodnot na lokalitě byly koncentrace těchto látek pod mezí detekce analytické metody ( $< 25$  mg/kg). Hodnoty pod

mezi detekce byly dále zaznamenány ve vzorcích zemin ze všech vystrojených hydrogeologických vrtů, 9 nevystrojených sond a 5 ručně vrtaných závrtů.

Nejvyšší koncentrace ropných uhlovodíků skupiny C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub> (**1 042 mg/kg**) byla prokázána v sondě S4-7 v hloubce 2,5 m. Další zvýšená hodnota (**453 mg/kg**) byla identifikována v horní etáži ručně vrtané sondy S4-12 a v její spodní etáži koncentrace **466 mg/kg**. Nevystrojená sonda S4-6 vykazovala koncentraci **305 mg/kg**. Ve spodní etáži ruční sondy S4-10 se vyskytovala hodnota **234 mg/kg**, v horní etáži sondy S4-10 hodnota **151 mg/kg** a v sondě S4-8 (2,8–3,3 m) dosahovala koncentrace **134 mg/kg**. V nevystrojené sondě S4-1 (3,0–3,3 m), v ručních závrtch S4-11 a S4-13 byly detekovány hodnoty v rozmezí hodnot **27–81 mg/kg** C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub>. V ostatních nevystrojených sondách a hydrogeologických vrtech byly naměřené hodnoty pod mezí detekce analytické metody (< 25 mg/kg). Laboratorní analýzy prokázaly plošné mírné znečištění ropnými uhlovodíky C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub> s nejvyšší hodnotou v prostoru nevystrojené sondy S4-7, ručního závrtu S4-12 a sondy S4-6.

Vzhledem k plošnému znečištění uhlovodíků, jsou v tabulce č. 13 uvedeny statistické parametry.

*Tab. č.13: Statistické ukazatele uhlovodíků C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub> v nesaturované zóně*

	aritmetický průměr (mg/kg)	medián (mg/kg)	směrodatná odchylka (mg/kg)	1. kvartil (mg/kg)	3.kvartil (mg/kg)
Uhlovodíky C <sub>10</sub> –C <sub>40</sub>	96,2	12,5	199,43	12,5	48

## BTEX

V rámci laboratorních analýz bylo odebráno celkem 24 ks vzorků zemin na stanovení obsahu látek BTEX v nesaturované zóně.

Přirozené pozadí (vrt HG-4) nedosahovalo v těchto parametrech meze detekce analytické metody. Znečištění zemin látkami BTEX bylo prokázáno pouze v nevystrojené sondě S4-4 v hloubce 5 m, kde koncentrace benzenu dosahovala **0,054 mg/kg**, toluenu **0,477 mg/kg**, etylbenzenu **0,112 mg/kg** a xylenu **1,03 mg/kg**. Dále byla v sondě S4-7 (2,5 m) identifikována mírně zvýšená hodnota xylenu (**0,082 mg/kg**) a v sondě S4-8 (6,3 m) koncentrace **0,052 mg/kg** toluenu. Tyto hodnoty ale nepřekračují orientační kritérium A metodického pokynu MŽP. V ostatních nevystrojených sondách, ručních závrtch a vystrojených hydrogeologických vrtech se hodnoty koncentrací látek BTEX pohybovaly pod mezí detekce laboratorního stanovení.

Významnější nečištění látkami BTEX nebylo na lokalitě č. 4 prokázáno, jedná se pouze o bodové znečištění.

## Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

Celkem bylo analyzováno 23 ks vzorků zemin na stanovení koncentrace PAU v nesaturované zóně.

Koncentrace polycyklických aromatických uhlovodíků byly téměř ve všech nevystrojených sondách i ve vystrojených vrtech vyšší než hodnota přirozeného pozadí i hodnota orientačního kritéria A (ve čtyřech případech hodnota koncentrace překročila hodnotu orientačního kritéria B) MP MŽP.

Nejvyšší koncentrace benzo/a/pyrenu (**2,5 mg/kg**) byla naměřena ve vzorku ze sondy S4-7 (2,5 m), přičemž tato hodnota je nad hodnotou orientačního kritéria B MP MŽP. Dále ve spodní etáži ručního závrtu S4-12 byla prokázána hodnota **1,78 mg/kg** a ve spodní etáži ručního závrtu S4-10 hodnota **1,58 mg/kg**. Obě tyto hodnoty jsou vyšší než orientační kritérium B MP MŽP. Vyšší než hodnoty odpovídající přirozenému pozadí byly naměřeny rovněž v zemině nevystrojené sondy S4-2 (3,1 m), kde hodnota dosahovala **1,33 mg/kg** a ve vzorku z ručního závrtu S4-11 byla koncentrace **1,36 mg/kg**. Hodnoty koncentrací benzo/a/pyrenu v ostatních analyzovaných vzorcích se pohybují v úrovni přirozeného pozadí na lokalitě.

Nejvyšší koncentrace benzo/b/fluoranthenu (**2,82 mg/kg**) byla zjištěna ve 2,5 metrech sondy S4-7, což překračuje hodnotu orientačního kritéria A MP MŽP. V nevystrojené sondě S4-2 byla v hloubce 2,1 metru zastižena koncentrace **2,12 mg/kg** a v ručním závrtu S4-12 byla koncentrace **2,11 mg/kg**, rovněž překračující hodnotu orientačního kritéria A. Koncentrace vyšší než 1 mg/kg byly naměřeny ve spodní etáži ručního závrtu S4-10 (**1,8 mg/kg**) a ve spodní etáži ručního závrtu S4-11 (**1,64 mg/kg**). Koncentrace nižší než 0,5 mg/kg, ale přesto překračující hodnotu orientačního kritéria A, byly zastiženy v 5 metrech nevystrojené sondy S4-4 (**0,404 mg/kg**), dále v nevystrojené sondě S4-8 (2,8-3,3 m), kde byla prokázána koncentrace **0,367 mg/kg** a v téže sondě v hloubce 6,3 m dosahovala hodnota **0,413 mg/kg**. V horní etáži ručního závrtu S4-13 byla koncentrace **0,259 mg/kg**. Koncentrace benzo/b/fluoranthenu v ostatních nevystrojených sondách a hydrogeologických vrtech se pohybují v úrovni hodnot přirozeného pozadí.

Nejvyšší koncentrace benzo/ghi/perylenu (**1,65 mg/kg**) byly prokázány v nevystrojených sondách S4-7 (2,5 m), dále v ručním závrtu S4-10 ve spodní etáži s koncentrací **1,13 mg/kg**, v sondě S4-9 (2,5 m) byla zastižena hodnota **1,12 mg/kg** a v ručním závrtu S4-12 (spodní etáž) **1,08 mg/kg**. Tyto hodnoty převyšují orientační kritérium A MP MŽP. V nevystrojené sondě S4-2 (3,1 m) byla koncentrace **0,914 mg/kg**, v ručním závrtu S4-11 (spodní etáž) byla **0,943 mg/kg**. V nevystrojených sondách S4-8 (2,8-3,3 m) a S4-4 (5 m) koncentrace dosahovaly **0,227 mg/kg**, resp. **0,194 mg/kg**. V hydrogeologických vrtech se koncentrace benzo/ghi/perylenu blížily přirozenému pozadí na lokalitě. Ve vrtu HG-1A (5,2 m) byla koncentrace **0,08 mg/kg**, ve vrtu HG-3 (0,3-1 m) **0,071 mg/kg** a ve vrtu HG-4 (4,3 m) **0,093 mg/kg**, což odpovídá přirozenému pozadí. Koncentrace benzo/ghi/perylenu v ostatních nevystrojených sondách a hydrogeologických vrtech nepřekročily hodnotu orientačního kritéria A MP MŽP a pohybovaly se v úrovni přirozených hodnot.

Hodnoty koncentrací indeno(1,2,3-cd)pyrenu byla nejvyšší v nevystrojené sondě S4-7 (2,5 m) a to **1,27 mg/kg**. V nevystrojené sondě S4-2 (3,1 m) dosahovala koncentrace **0,671 mg/kg**, v ručním závrtu S4-10 (spodní etáž) **0,825 mg/kg**, v sondě S4-11 (spodní etáž) **0,716 mg/kg** a v ručním závrtu S4-12 (spodní etáž) byla identifikována hodnota **0,82 mg/kg**. Výše uvedené hodnoty indeno(1,2,3-cd)pyrenu překračují přirozeném pozadí na lokalitě, jež bylo naměřeno v koncentraci **0,013 mg/kg**. Koncentrace indeno(1,2,3-cd)pyrenu v ostatních

nevystrojených sondách a hydrogeologických vrtech nepřekročily hodnotu orientačního kritéria A MP MŽP.

Nejvyšší koncentrace benzo/k/fluoranthenu (**1,28 mg/kg**) byla zjištěna ve 2,5 metrech nevystrojené sondy S4-7. Koncentrace nad 0,7 mg/kg byly zjištěny ve spodní etáži ručního závrtu S4-12, a to **0,889 mg/kg**, v S4-10 (spodní etáž) **0,787 mg/kg**, v sondě S4-2 (3,1 m) **0,777 mg/kg** a v ručním závrtu S4-11 (spodní etáž) **0,723 mg/kg**. V dalších nevystrojených sondách se koncentrace pohybovala pod 0,2 mg/kg. V sondě S4-4 (5 m) byla koncentrace **0,163 mg/kg**, v sondě S4-8 (2,8-3,3 m) **0,146 mg/kg** a v hloubce 6,3 dosahovala hodnota **0,116 mg/kg**. Ve 2,5 metrech nevystrojené sondy S4-9 byla identifikována koncentrace **0,15 mg/kg**. Koncentrace benzo/k/fluoranthenu v ostatních nevystrojených sondách a hydrogeologických vrtech nepřekročily hodnotu orientačního kritéria A MP MŽP.

Dalším parametrem ze složek PAU, u kterého byly zjištěny zvýšené koncentrace v zemině je chrysen. Koncentrace naměřená v hydrogeologickém vrtu HG-4 (3,7 m), která odpovídá přirozenému pozadí na lokalitě, dosahovala 0,017 mg/kg. Tato hodnota byla několikanásobně překročena v zemině z nevystrojené sondy S4-7 (2,5 m), kde bylo naměřeno **2,36 mg/kg**. Další zvýšené koncentrace byly zjištěny v ručním závrtu S4-12 (spodní etáž) a to v hodnotě **1,73 mg/kg**, v S4-10 (spodní etáž), **1,57 mg/kg**, S4-11 (spodní etáž), **1,47 mg/kg** a nevystrojené sondě S4-2 (3,1 m), **1,22 mg/kg**. Koncentrace pod 0,5 mg/kg byla zjištěna v nevystrojené sondě S4-6 (4 m), **0,499 mg/kg**, S4-4 (5 m), **0,407 mg/kg**, S4-9 (2,5 m) **0,316 mg/kg**, S4-8 (2,8-3,3 m), **0,27 mg/kg**, S4-8 (6,3 m), **0,241 mg/kg**, v ručním závrtu S4-13 (horní etáž), **0,136 mg/kg** a S4-5 (5,5 m), **0,121 mg/kg**. Koncentrace, které se blíží hodnotě orientačního kritéria A jsou hodnoty z nevystrojené sondy S4-4 (6,8 m), a to **0,09 mg/kg** a ručního závrtu S4-14 (horní etáž) s koncentrací **0,079 mg/kg**. Z vystrojených hydrogeologických vrtů byly nejvyšší koncentrace chrysenu ve vrtu HG-1A (5,2 m), kde dosahovala **0,083 mg/kg** a ve vrtu KG-3 (0,3-1) s obsahem **0,085 mg/kg**.

Nejvyšší koncentrace pyrenu v zeminách přesáhla 4 mg/kg ve vzorku zeminy ze sondy S4-7 (2,5 m), (**4,93 mg/kg**), přičemž přirozené pozadí odpovídá koncentraci 0,015 mg/kg. Hodnota **4 mg/kg** byla zjištěna u vzorku z ručního závrtu S4-12 (spodní etáž). U ručního závrtu S4-10 (spodní etáž) byla koncentrace pyrenu **3,59 mg/kg** a v S4-11 (spodní etáž) **3,58 mg/kg**. Ve 3,1 metrech nevystrojené sondy S4-2 byla identifikována koncentrace **2,24 mg/kg** a ve 4 metrech sondy S4-6 dosahovala koncentrace **1,16 mg/kg**. U nevystrojených sond S4-4 (5 m), S4-9 (2,5 m), S4-8 (6,3 m) a S4-8 (2,8-3,3 m) se koncentrace pohybovala od **0,5 do 0,9 mg/kg**. Obsah složky v ručním závrtu S4-13 (horní etáž) byla **0,232 mg/kg** a S4-14 (horní etáž) **0,173 mg/kg**. U hydrogeologických vrtů byly koncentrace pyrenu **0,157 mg/kg** u vrtu HG-1A (5,2 m) a **0,193 mg/kg** u HG-3 (0,3-1 m). Všechny uvedené koncentrace převyšují hodnotu přirozeného pozadí na lokalitě a také hodnotu orientačního kritéria A MP MŽP.

Nejvyšší koncentrace anthracenu byla zjištěna v nevystrojené sondě S4-7 (2,5 m), a to **1,16 mg/kg**, což nevyhovuje orientačnímu kritériu A MP MŽP. Zvýšené koncentrace byly zjištěny u vzorků ze spodní etáže ručních závrtů S4-10, jedná se o hodnotu **0,66 mg/kg** a v S4-12 (spodní etáž) **0,589 mg/kg**. V nevystrojené sondě S4-6 (4 m) a S4-2 (3,1 m) byly zachyceny hodnoty **0,486 mg/kg** a **0,48 mg/kg**. Ve spodní etáži ručního závrtu S4-11 byla identifikována hodnota **0,417 mg/kg**, v S4-9 (2,5 m) hodnota **0,374 mg/kg** a zemina sondy S4-4 (5 m) prokazovala koncentraci anthracenu **0,215 mg/kg**.

Koncentrace fenanthrenu v hydrogeologickém vrtu HG-4 (3,7 m), který reprezentuje přirozené pozadí, dosahovala **0,031 mg/kg**. Nejvyšší hodnota byla zjištěna v ručním závrtu S4-12 (spodní etáž), a to **30,5 mg/kg**, což je hodnota překračující orientační kritérium B MP MŽP. Ve spodní etáži závrtu S4-11, byla zastižena hodnota **5,96 mg/kg** a ve 2,8 metrech sondy S4-7 byla koncentrace **5,95 mg/kg**. Ve spodní etáži závrtu S4-10 byla identifikována hodnota **2,81 mg/kg** a v sondě S4-2 (3,1 m) hodnota **2,75 mg/kg**. Koncentrace pod 2 mg/kg byla zjištěna ve vzorku ze sondy S4-6 (4 m) a to **1,51 mg/kg**, v sondě S4-4 (5 m) s hodnotou **1,38 mg/kg** a v sondě S4-9 (2,5 m) dosahovala koncentrace **1,05 mg/kg**. Nižší koncentrace fenanthrenu byly zjištěny v nevystrojené sondě S4-4 (6,8 m), kde koncentrace dosahovala **0,613 mg/kg**, v S4-8 (6,3 m) s koncentrací **0,602 mg/kg**, v S4-8 (2,8-3,3 m) s **0,567 mg/kg**, v sondě S4-5 (5,5 m) s **0,477 mg/kg**, v závrtu S4-14 (horní etáž) s **0,433 mg/kg** a v S4-13 (horní etáž) s **0,217 mg/kg**. Nejvyšší hodnota, zjištěná v hydrogeologickém vrtu HG-3 (0,3-1 m), byla **1,22 mg/kg**. V hydrogeologickém vrtu HG-4 (4,3) byly dále naměřeny hodnoty **0,224 mg/kg** a ve vrtu HG-1A byla prokázána koncentrace **0,164 mg/kg**.

Koncentrace naftalenu odpovídající přirozenému pozadí dosahovala **0,018 mg/kg**. Koncentrace naftalenu v zemině z nevystrojené sondy S4-4 (5 m) byla **0,64 mg/kg**, v sondě S4-7 (2,5 m) **0,361 mg/kg** a ve spodní etáži ručního závrtu S4-11 dosahovala **0,208 mg/kg**. Hodnoty pod 0,2 mg/kg byly prokázány v ručním závrtu S4-14 (horní etáž) **0,17 mg/kg**, v závrtu S4-10 (spodní etáž) **0,12 mg/kg** a v sondě S4-8 (2,8-3,3 m) **0,107 mg/kg**. Nízké koncentrace byly zaznamenány u nevystrojené sondy S4-5 (5,5 m) **0,084 mg/kg**, u ručního závrtu S4-12 (spodní etáž) **0,058 mg/kg** a u S4-6 (4 m) **0,053 mg/kg**. V hydrogeologickém vrtu HG-3 (0,3-1), byla zjištěna koncentrace **0,289 mg/kg**. Všechny tyto hodnoty překračují přirozené pozadí na lokalitě a orientační kritérium A MP MŽP.

Přirozená koncentrace fluoranthenu odpovídá hodnotě **0,014 mg/kg**, maximální koncentrace (**7,16 mg/kg**) byla dosažena v zemině nevystrojené sondy S4-7 (2,5 m). Další výčet koncentrací, které překračují orientační kritérium A a přirozené pozadí je následující: Sonda S4-11 (spodní etáž) **5,74 mg/kg**, sonda S4-12 (spodní etáž) **5,27 mg/kg**, S4-10 (spodní etáž) **4,99 mg/kg**, S4-2 (3,1 m) **3,19 mg/kg**, S4-6 (4 m) **1,69 mg/kg**, S4-4 (5 m) **1,24 mg/kg**, S4-9 (2,5 m) **1,12 mg/kg**. Koncentrace pod 1 mg/kg byly zjištěny v sondě S4-8 (2,8-3,3 m), **0,783 mg/kg**, v sondě S4-8 (6,3 m) **0,703 mg/kg** a v S4-5 (5,5 m), **0,414 mg/kg**.

$\Sigma$  PAU v sušině je ve většině nevystrojených sond a ručně kopaných závrtů vyšší než hodnota odpovídající přirozenému pozadí a orientační kritérium A MP MŽP.

Dle vyhlášky č. 294/2005 Sb. je mezní hodnota  $\Sigma$ PAU<sup>4</sup> 6 mg/kg. Tato hodnota daná vyhláškou je překročena v sondě S4-2 (3,1 m) a v horní etáži sond S4-10, S4-11 a S4-12.

Na lokalitě 4 – Pod Brdy bylo z výsledků laboratorních analýz prokázáno plošné mírné znečištění nesaturované zóny látkami PAU, kde ve čtyřech případech dochází k překročení orientačního kritéria B, ostatní vzorky zemin toto kritérium nepřevyšují.

Vzhledem k plošné kontaminaci látkami PAU byly provedeny statistické výpočty, které znázorňuje tabulka č. 14.

<sup>4</sup>  $\Sigma$ 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/perylene, benzo/k/fluoranthen, fluoranthen, fenanthren, chrysen, indeno(1,2,3-cd)pyren, naftalen a pyren.

*Tabulka č. 14: Statistické ukazatele PAU v nenasurované zóně*

	aritmetický průměr (mg/kg)	medián (mg/kg)	směrodatná odchylka (mg/kg)	1.kvartil (mg/kg)	3.kvartil (mg/kg)
Benzo/a/pyren	0,47	0,09	0,69	0,04	0,42
Benzo/b/fluoranthen	0,60	0,12	0,82	0,08	0,53
Benzo/ghi/perylene	0,37	0,10	0,48	0,05	0,63
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,24	0,09	0,36	0,02	0,26
Benzo/k/fluoranthen	0,25	0,05	0,36	0,02	0,22
Chrysen	0,47	0,12	0,67	0,03	0,45
Pyren	1,03	0,23	1,48	0,06	1,02
Anthracen	0,21	0,06	0,29	0,03	0,40
Fenanthren	2,46	0,57	6,20	0,19	1,45
fluoranthen	1,47	0,33	2,13	0,09	1,47
fluoren	0,16	0,07	0,21	0,02	0,26
Naftalen	0,11	0,05	0,14	0,02	0,11
Suma PAU v sušině	6,90	1,89	10,11	0,57	6,18

#### Chlorované uhlovodíky (CIU)

Celkem bylo analyzováno 24 ks vzorků zemin na stanovení obsahu chlorovaných uhlovodíků. Koncentrace CIU v zeminách se ve všech případech pohybovaly pod mezí detekce laboratorního stanovení a v nenasurované zóně tudíž nebylo prokázáno znečištění těmito látkami.

#### Kyanidy

Kromě sondy S4-4 (5 m), kde dosahovala koncentrace v zemině **0,31 mg/kg**, se hodnoty kyanidů u všech analyzovaných vzorků zemin (celkem 35 ks) pohybovaly pod mezí detekce příslušné analytické metody.

#### Těžké kovy

Obsah těžkých kovů byl stanovován celkem z 35 ks vzorků zemin. Jejich koncentrace v zeminách se ve většině odebraných vzorků pohybovaly pod hodnotou orientačního kritéria A metodického pokynu MŽP. Výjimku tvoří kadmium ze sondy S4-1 (3,0–3,3 m), který dosahoval hodnoty **3,2 mg/kg**, což převyšuje hodnotu orientačního kritéria A MP MŽP. Ve vzorcích ze sondy S4-4 (5 m) došlo k překročení orientačního kritéria A MP MŽP u parametru chromu (**193 mg/kg**) a mědi (**139 mg/kg**). U ostatních těžkých kovů nedošlo k překročení orientačního kritéria A, a jejich koncentrace se pohybovaly v oblasti přirozených hodnot.

#### Výsledky stanovení třídy vyluhovatelnosti

Na stanovení tříd vyluhovatelnosti bylo odebráno po 2 vzorcích zemin ze sond S4-4, S4-8 a S4-9. Z laboratorních výsledků třídy vyluhovatelnosti vyplynulo, že v sondě S4-8 (7,3 m) nevyhovuje koncentrace arsenu vyhláše MŽP ČR č. 294/2005 Sb. pro zařazení odpadů do třídy vyluhovatelnosti III. Arsenu se vyluhovalo 9,6 mg/l. V obou hloubkových úrovních

sondy S4-8 (2,8–3,3 a 7,3 m) nevyhovují koncentrace síranů zařazení odpadů do třídy I., došlo zde k výluhu 105 resp. 109 mg/l. Bylo prokázáno, že v ukazateli koncentrace rozpuštěných látek nevyhovují požadavkům na třídu vyluhovatelnosti I všechny analyzované vzorky (kromě vzorku ze sondy S4-4 z hloubky 5 m). Výsledky laboratorního stanovení třídy vyluhovatelnosti jsou uvedeny v **příloze č. 9.4.**

#### Výsledky testu ekotoxicity

Podle výsledku testu ekotoxicity, který byl prováděn na vzorku z nevystrojené sondy S4-4 (4–6 m) bylo zjištěno, že daný vzorek vyhovuje všem požadovaným parametrům dle vyhl. 294/2005 Sb. Výsledky laboratorního stanovení testu ekotoxicity jsou uvedeny v **příloze č. 9.6.**

#### 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 (mezní hodnota je 10 mg/kg) v nevystrojené sondě S4-1(3–3,3 m) s koncentrací **11,7 mg/kg** a ve spodních etážích ručně vrtaných sond S4-13 (**15,3 mg/kg**) a S4-14 (**11,7 mg/kg**). Limitní hodnotě dále nevyhovuje kadmium (mezní hodnota je 1 mg/kg) v nevystrojené sondě S4-1 (3–3,3 m), kde dosahuje koncentrace **3,2 mg/kg**. Limitní hodnota pro látky BTEX je 0,4 mg/kg. Z těchto látek nevyhovuje v nevystrojené sondě S4-4 (5 m) parametr toluenu s koncentrací **0,477 mg/kg** a xylynu s hodnotou **1,03 mg/kg**. Limit pro obsah uhlovodíků C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub> je 300 mg/kg a tato hodnota je překročena v nevystrojené sondě S4-6 s koncentrací **305 mg/kg** a v S4-7 (2,5 m) s koncentrací **1 042 mg/kg**. Z PAU s limitní hodnotu 6 mg/kg, nevyhovuje parametr fluoranthen (**30,5 mg/kg**) v horní etáži ručně vrtané sondy.

#### **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 objekty nemají charakter zdrojů pitné vody) a dále s hodnotami sledovaných ukazatelů v hydrogeologickém vrtu HG-4, který byl vybrán jako přirozené pozadí na lokalitě. 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<sub>10</sub>–C<sub>40</sub>

V rámci hodnocení saturované zóny na lokalitě byly analyzovány podzemní vody celkem z 5 objektů. Všechny analyzované vzorky podzemní vody měly koncentraci uhlovodíků C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub> pod mezí detekce laboratorní metody (<0,05 mg/l) včetně vzorků odebraných staticky z hladiny podzemní vody z objektů HG-1A a HG-2.

## BTEX

Koncentrace BTEX v podzemní vodě se vyskytovaly pod mezí detekce vybrané laboratorní metody a tudíž nebylo prokázáno znečištění saturované zóny těmito látkami.

## Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

Koncentrace látek PAU převyšovaly v saturované zóně orientační kritéria MP MŽP a rovněž hodnoty přirozeného pozadí na lokalitě (vrt HG-4).

Mezi nejvíce znečištěné podzemní vody patří vzorky z vrtu HG-1A s koncentrací benzo/a/pyrenu **0,631 µg/l**, což je hodnota vyšší než orientační kritérium C MP MŽP. V hydrogeologickém vrtu HG-3 byla naměřena hodnota **0,08 µg/l** a ve vrtu HG-4, jakožto reprezentanta přirozených obsahů na lokalitě, odpovídala koncentrace benzo/a/pyrenu **0,097 µg/l**.

Koncentrace benzo/b/fluoranthenu dosáhla ve vrtu HG-1A maximální koncentrace **0,723 µg/l**, ve vrtu HG-3 hodnoty **0,1 µg/l** a ve vrtu HG-4 dosáhla **0,097 µg/l**. Koncentrace ve vrtu HG-1A převyšovaly nejen hodnotu přirozeného pozadí, ale také orientační kritérium C, hodnoty v dalších vrtech překračují orientační kritérium A MP MŽP.

Koncentrace benzo/ghi/peryleny se ve většině vrtů pohybuje kolem hodnot přirozeného pozadí na lokalitě (**0,084 µg/l**) a překračuje tak kritérium A. Ve vrtu HG-1A koncentrace **0,387 µg/l** překračuje orientační kritérium C, ve vrtech HG-3 a HG-4 je naměřená hodnota **0,073 µg/l**, respektive **0,084 µg/l**.

Hodnoty orientačního kritéria C byly ve vrtu HG-1A překročeny i u koncentrací indeno(1,2,3-cd)pyrenu (**0,327 µg/l**), benzo/k/fluoranthenu (**0,322 µg/l**) a chrysenu (**0,523 µg/l**). V témže vrtu bylo orientační kritérium A překročeno také v koncentracích pyrenu (**1,18 µg/l**), anthracenu (**0,141 µg/l**), fenantrenu (**0,884 µg/l**), fluoranthenu (**1,58 µg/l**) a naftalenu (**0,175 µg/l**).

Hodnoty orientačního kritéria A MP MŽP byly překročeny u vrtů HG-3 a HG-4 (přirozené pozadí) a to u indeno(1,2,3-cd)pyrenu (**0,052 µg/l** a **0,055 µg/l**), benzo/k/fluoranthenu (**0,043** a **0,049 µg/l**), chrysenu (**0,069** a **0,087 µg/l**), pyrenu (**0,177** a **0,227 µg/l**), anthracenu (**0,027** a **0,02 µg/l**), fenanthrenu (**0,2** a **0,222 µg/l**) a fluoranthenu (**0,251** a **0,305 µg/l**). Koncentrace naftalenu ve vrtu HG-3 byla **0,105 µg/l** a překračovala tak hodnotu orientačního kritéria A MP MŽP.

Z výsledků laboratorních analýz vyplynulo, že v podzemní vodě byla prokázána kontaminace PAU, jež překračují orientační kritérium C MP MŽP v hydrogeologickém vrtu HG-1A, mírně zvýšené hodnoty (nepřekračující kritérium B) byly identifikovány u vrtů HG-3 a rovněž u vrtu HG-4, jež odráží přirozené koncentrace na lokalitě. Sumární koncentrace  $\Sigma$ PAU<sup>5</sup> ve vodách podle vyhlášky 252/2004 Sb. překračují limit 0,1 µg/l u 3 vzorků podzemní vody korespondující s výše zmíněnými vrty. Nejvyšší překročení mezní hodnoty bylo prokázáno v JV části skládky v oblasti vystrojeného vrtu HG-1A se  $\Sigma$ PAU **1,8 µg/l**, u vrtů HG-3 a HG-4 dosáhla hodnota **0,3 µg/l**.

<sup>5</sup>  $\Sigma$ 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

Z výsledků laboratorních analýz podzemních vod vyplynulo, že na lokalitě dochází ke znečištění saturované zóny PAU. Největší míra znečištění se projevila v hydrogeologickém vrtu HG-1A, který je lokalizován na JV okraji skládkového tělesa v blízkosti garáží. S tímto by mohla souviset vyšší koncentrace PAU ve vrtu HG-4, který na této lokalitě reprezentuje přirozené pozadí. Představu o rozložení hodnot koncentrací v rámci lokality vyjadřují vypočtené statistické ukazatele v následující tabulce č. 15.

*Tabulka č. 15: Statistické ukazatele látek PAU v saturované zóně*

	aritmetický průměr (µg/l)	medián (µg/l)	směrodatná odchylka (µg/l)	1. kvartil (µg/l)	3. kvartil (µg/l)
Benzo/a/pyren	0,17	0,08	0,24	0,04	0,10
Benzo/b/fluorant hen	0,19	0,10	0,27	0,05	0,11
Benzo/ghi/perylene	0,11	0,07	0,14	0,04	0,08
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,09	0,05	0,12	0,03	0,06
Benzo/k/fluorant hen	0,08	0,04	0,12	0,02	0,05
Benzo/a/anthracen	0,15	0,07	0,22	0,04	0,08
Chrysen	0,14	0,07	0,20	0,04	0,09
Pyren	0,33	0,18	0,44	0,10	0,23
Anthracen	0,04	0,02	0,05	0,01	0,03
Fenanthren	0,27	0,20	0,32	0,12	0,22
Fluoranthren	0,44	0,25	0,58	0,14	0,31
Naftalen	0,07	0,05	0,06	0,04	0,11

### Kyanidy (CN<sup>-</sup>)

Koncentrace kyanidů v saturované zóně byly pod mezí detekce laboratorního stanovení.

### Těžké kovy

V rámci monitoringu podzemních vod byly sledovány těžké kovy. V hydrogeologickém vrtu HG-4 (přirozené pozadí) byla prokázána měřitelná koncentrace mědi (**0,03 mg/l**) a stejná hodnota v sondě S4-4. Tyto koncentrace mírně překračují orientační kritérium A MP MŽP. Koncentrace těžkých kovů v ostatních sledovaných hydrogeologických objektech byly pod mezí detekce laboratorního stanovení.

### Chlorované uhlovodíky (CIU)

Koncentrace chlorovaných uhlovodíků v saturované zóně byly pod mezí detekce laboratorního stanovení.

### 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)pyrenu (mezí hodnota je 0,01 µg/l) v hydrogeologických vrtech HG-1A (0,631 µg/l) a HG-4 (0,097 µg/l). V rámci analýz bylo prokázáno mírné překročení limitních hodnot v parametru TOC ve vrtu HG-3. V téže sondě je rovněž zvýšený zákal vody, což se rovněž projevuje překročením limitních parametrů.

Srovnáním výsledků z analýz ze dne 7. 12. 2010 z hydrogeologického vrtu HG-1A vyplývá, že podzemní voda s hodnotou  $\Sigma\text{PAU}^6$  1,8 µg/l více jak 10krát překračuje limit daný vyhláškou 252/2004 Sb, který je stanoven na hodnotě 0,1 µg/l. Podobně vzorky podzemní vody z vrtu HG-3 a HG-4 ze dne 8. 12. a 7. 12. 2010 signalizuje kontaminaci s hodnotou  $\Sigma\text{PAU}$  na úrovni 0,3 µg/l.

V rámci monitoringu podzemních vod na lokalitě nebyly zjištěny nadlimitní obsahy dusičnanů, dusitanů, chloridů ani amonných iontů dle vyhlášky č. 252/2004 Sb.

#### **2.2.2.3.3. Výsledky laboratorních analýz vzorků povrchové vody**

Výsledky laboratorních analýz vzorků povrchové vody byly porovnány s limitními hodnotami pro obecné požadavky v Nařízení vlády č. 229/2007 Sb., kterým se mění Nařízení vlády č. 61/2003 Sb. Laboratorní analýzou byl stanoven obsah vybraných ukazatelů v akumulaci povrchové vody na jižním úpatí skládky. Při srovnání s výše uvedeným Nařízením vlády č. 229/2007 Sb. nedochází u žádného z parametrů k překročení stanovených limitů.

Výsledky laboratorních analýz kvality povrchových vod jsou uvedeny v **příloze č. 9.3.**

#### **2.2.2.3. Výsledky hydrodynamických zkoušek (čerpací a stoupací zkoušky)**

Výsledné vypočtené filtrační parametry saturované zóny horninového prostředí pro vrt HG-4 jsou uvedeny v tabulce č 16. Podle výsledného koeficientu filtrace  $1,7 \cdot 10^{-4}$  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 9,4 m.

*Tabulka č. 16: Výsledné hodnoty filtračních parametrů saturované zóny v okolí vrtu HG-4*

	HDZ: HG-4			Ovlivnění okolních vrtů při ČZ
	ČZ	SZ	průměr	
k (m/s) prům	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	<b><math>1,7 \cdot 10^{-4}</math></b>	Bez ovlivnění
T (m <sup>2</sup> /s) prům	$7,1 \cdot 10^{-4}$	$6,7 \cdot 10^{-4}$	<b><math>6,9 \cdot 10^{-4}</math></b>	
v <sub>krit.</sub> (m <sup>2</sup> /s) prům	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	<b><math>1,7 \cdot 10^{-3}</math></b>	
R (m)	9,3	9,6	<b>9,4</b>	

<sup>3</sup>  $\Sigma\text{PAU}$  jsou u podzemní vody definovány dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. jako suma následujících látek: benzo/b/fluoranthen, benzo/ghi/perylene, benzo/k/fluoranthen, a indeno/1,2,3-cd/pyren

#### 2.2.2.4. Stabilitní posouzení skládky

Geotechnické posouzení stability skládky na lokalitě č. 4 - Pod Brdy provedla firma GEOSTAR, spol. s r.o. Podrobná zpráva je uvedena v **příloze č. 15**.

Posouzení stability skládky bylo provedeno programovým systémem GEO 5, modulem „Stabilita svahu“. Pro posouzení byly vybrány tři výpočtové metody:

1. Spencerova metoda (polygonální smyková plocha)
2. Sarmova metoda (polygonální smyková plocha)
3. Bishopova metoda (kruhová smyková plocha)

Pro ověření výsledků byl vytvořen i prostorový model v programu Plaxis 3D Foundation verze 2.1 (MKP).

Výsledky stabilitních výpočtů provedených programem GEO 5 jsou uvedeny v tabulce č. 17. Jsou prezentovány výsledky dosažené nejpřesnější Spencerovou metodou (polygonální smyková plocha).

Z tabulky č. 17 je zřejmé, že těleso skládky je v současné době stabilní (vypočtený stupeň stability je větší než 1), bezpečnostní rezerva podle platných norem je však nedostatečná.

S přihlédnutím ke skutečnosti, že nejpřesnější prostorový model vykázal vyhovující výsledek, je riziko vzniku sesuvných pohybů v tělese skládky velmi malé. Vzhledem k charakteru podloží lze zcela vyloučit vznik rozsáhlejšího sesuvu s hlubší smykovou plochou, který by ohrožoval okolní objekty.

*Tab. č. 17: Výsledky stabilitních výpočtů*

Výpočetní metoda	Vypočtené využití	Vypočtený stupeň stability	Požadované max. využití	Požadovaný stupeň stability	Výsledek posouzení
GEO 5 (EC 7, NP1, kombinace 1)	87,5 %	–	100 %		vyhovuje
GEO 5 (EC 7, NP1, kombinace 2)	99,8 %	–	100 %		vyhovuje
GEO 5 (EC 7, NP2)	126,4 %	–	100 %		nevyhovuje
GEO 5 (EC 7, NP3)	100,2 %	–	100 %		nevyhovuje
GEO 5, dle stupně bezpečnosti	–	1,25	–	1,3	nevyhovuje
PLAXIS 3D FOUNDATION, dle stupně bezpečnosti	–	1,41	–	1,3	vyhovuje

### 2.2.2.5. Geodetické zaměření

Dne 11. 1. 2011 bylo provedeno geodetické zaměření vystrojených hydrogeologických vrtů a nevystrojených sond na lokalitě č. 4 – Pod Brdy 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 síť 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 AQ-test (2003) [3] byl vytvořen model mocnosti skládky. Jeho tvorba byla realizována interpolací (metoda simple kriging) mocností skládkového materiálu z jednotlivých objektů průzkumu v roce 2010–2011 (nevystrojené sondy S4-1 až S4-14 a hydrogeologické vrty HG-1A, HG-3 a HG-4) a dále z geologické dokumentace stávajících hydrogeologických vrtů HG-1 a HG-2. Model mocnosti skládky je znázorněn v **příloze č. 12** a geologická dokumentace z průzkumu v období 2010–2011 je součástí **přílohy č. 8**.

Z výsledků modelu navážky vyplývá, že plošný rozsah skládky je cca 40 000 m<sup>2</sup>. Obvod modelové skládky činí 790 m.

Tabulka č. 18 popisuje distribuci hloubkového dosahu v poměru k ploše skládkového tělesa. Z celkového počtu 19 objektů se hodnoty mocnosti navážky pohybovaly v rozmezí 1,0–10,5 m. Mocnost přitom byla uvažována jako vertikální vzdálenost od terénu k bázi skládkového materiálu. Aritmetický průměr tohoto souboru činí 3,6 m a směrodatná odchylka 2,3 m. Medián pro datový celek je 3,3 m, 1. kvartil činí 1,9 m a hodnota 3. kvartilu je 4,0 m. Tyto hodnoty ukazují na poměrně konsistentní rozdělení hodnot mocnosti skládky.

Skládka Pod Brdy má mírně oválný tvar protažený ve směru S–J. Střed oblasti s mocnostmi navážky nad 6 m se nachází cca 30 m jjv. od centra oválu v nadmořské výšce 367–370 m n. m. Směrem k okraji skládky mocnost navážky obecně klesá. Celá oblast navážek se rozprostírá v členitém terénu v rozmezí nadmořských výšek 346–371 m n. m. **Příloha č. 10** zobrazuje model terénu zájmové lokality.

Objem skládkového tělesa na základě modelového řešení dosahuje kubatury 101 500 m<sup>3</sup>. Hladina podzemní vody se v 5 objektech dne 7–8. 12. 2010 vyskytovala na úrovních 0,5–4,5 m pod úrovní terénu. Nesaturovaná zóna na ploše navážky je tvořena stavebním odpadem jílovitého až písčitého charakteru, dále slévárenskými písky a kusy betonů a cihel. Navážka v saturované zóně je tvořena převážně slévárenskými písky se stavebními odpady. Kubatura nesaturované zóny je aproximována na 154 000 m<sup>3</sup>. Saturovaná zóna je plošně určena jako 5 m mocná (tato úroveň byla stanovena uměle), při dané ploše 40 000 m<sup>2</sup> tedy uvažujeme kubaturu zvodnělé zóny na úrovni 200 000 m<sup>3</sup>.

*Tabulka č. 18: Hloubkový dosah skládkových materiálů v poměru k plošnému rozsahu*

Hloubkový dosah navážky	Plocha absolutní	Plocha relativní
m	m <sup>2</sup>	%
0,0–1,0	7 214	18
1,0–2,0	11 491	28
2,0–3,0	8 809	22
3,0–4,0	5 360	13
4,0–5,0	3 890	10
5,0–6,0	1 627	4
6,0–7,0	946	2
7,0–8,0	571	1
8,0–9,0	260	1
9,0–10,0	149	0,4
10,0–11,0	77	0,2
<b>Suma</b>	<b>40 394</b>	<b>100</b>

### ***Míra a rozmístění znečištění***

Tato kapitola shrnuje majoritní kontaminanty na lokalitě č. 4 – Pod Brdy, a to z hlediska jejich prostorového rozsahu a koncentrace. Výsledky průzkumu jsou srovnány s platnou legislativou a hydrogeologickým vrtem HG-4, který v analýzách vzorků zeminy představuje přirozené pozadí. Přirozené pozadí podzemní vody reprezentují vzorky ze stejného hydrogeologického objektu HG-4. Laboratorní výsledky z průzkumu jsou uvedeny v **příloze č. 9**.

### **Ropné uhlovodíky C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub>**

Vzhledem ke skutečnosti, že kontaminace ropnými uhlovodíky není plošně příliš rozsáhlá a týká se pouze objektů S4-7 (1 042 mg/kg v úrovni 2,5 m) a S4-12 (453 mg/kg a 466 mg/kg v úrovních 0–1,5 m a 1,5–3,0 m), nelze hodnotit její prostorový rozsah. Srovnáním s nejvýše přípustnými limity (300 mg/kg) pro skupinu látek C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub> v sušině odpadů podle vyhlášky 294/2005 Sb. pouze vzorky zeminy ze zmíněných 2 sond tuto hodnotu překračují.

### **Polycyklické aromatické uhlovodíky**

Rozsah znečištění polycyklickými aromatickými uhlovodíky (PAU) je prostorově více definovatelný v porovnání s výsledky pro ropné uhlovodíky. V zeminách je kontaminace

zřejmě z analýz nevystrojené sondy S4-12, kde byla v horizontu 0–1,5 m stanovena koncentrace 47 mg/kg  $\Sigma$ PAU<sup>7</sup>. Tato sonda se nachází cca 60 m západním směrem od oblasti nevyšších mocností. Dále byla kontaminace  $\Sigma$ PAU prokázána v sondě S4-7 na úrovni 28,6 mg/kg v úrovni 2,5 m p. ú. t. Také v nevystrojených sondách S4-11 a S4-10 umístěných nad srázem na západě lokality byly ověřeny zvýšené hodnoty kontaminace  $\Sigma$ PAU v zemině, a to na úrovních 21,2 a 18,2 mg/kg v etážích 0–1,5 m. Objekt S4-2, nacházející se 30 m jižně od oblasti nejvyšších mocností, zaznamenal ve vzorku zeminy z úrovně 3,1 m kontaminaci  $\Sigma$ PAU 13,9 mg/kg.

Vzhledem k absenci laboratorních analýz vzorků zeminy z objektů HG-1 a HG-2 z průzkumu z roku 2003 [3] nejsou výsledky z tohoto průzkumu diskutovány.

Z výše uvedených informací vyplývá, že zeminy nejvíce kontaminované PAU se nacházejí v části skládky na J a JZ od oblasti nejvyšších mocností navážky (sondy S4-5).

Vzorky zeminy, u kterých byly polycyklické aromatické uhlovodíky laboratorně analyzovány, u žádného z nich nedošlo k převýšení sumárního ukazatele PAU dle vyhlášky 294/2005 Sb. Pro účely porovnání analýz s přirozeným pozadím byl vybrán hydrogeologický objekt HG-4, u něhož hodnota předmětného ukazatele dosáhla hodnoty 0,2 mg/kg.

V podzemní vodě jsou mírně zvýšené pouze hodnoty polycyklických aromatických uhlovodíků, a to u 3 z 5 sledovaných objektů. Objekty HG-1A, HG-4 jsou umístěny ve skládce a poblíž vstupu podzemních vod na lokalitu, vrt HG-3 je situován na výstupu vod z lokality. Nejvíce zasažený kontaminací je objekt HG-1A, ve kterém byly překročeny limity vyhlášky 252/2004 Sb. v ukazatelích  $\Sigma$ PAU<sup>8</sup> a benzo/a/pyrenu. Limity pro tyto ukazatele jsou ve stejném pořadí 0,1  $\mu$ g/l a 0,01  $\mu$ g/l. Přitom laboratorně stanovené koncentrace ukazují na hodnoty 1,8  $\mu$ g/l pro  $\Sigma$ PAU a 0,63  $\mu$ g/l pro benzo/a/pyren. Limit pro sumární PAU dle zmíněné vyhlášky překročily vzorky podzemní vody z objektů HG-3 a HG-4 s koncentrací 0,3  $\mu$ g/l  $\Sigma$ PAU.

## **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 (asfalt, beton, zástavba, zatravnění, atd.)
- homogenita zeminy (propustnost)
- sorpční vlastnosti zeminy

<sup>7</sup>  $\Sigma$ 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/perylene, benzo/k/fluoranthen, fluoranthen, fenantren, chrysen, indeno(1,2,3-cd)pyren, naftalen, pyren

<sup>8</sup>  $\Sigma$ PAU jsou u podzemní vody definovány dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. jako suma následujících látek: benzo/b/fluoranthen, benzo/ghi/perylene, benzo/k/fluoranthen, a indeno(1,2,3-cd)pyren

Pohyb polutantů je zpomalován zejména polohami jílovitých sedimentů, které fungují jako hydraulická bariéra. Při průchodu kontaminantů horninových 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. Těkavé složky ropných uhlovodíků se šíří vytékáním do půdního vzduchu a dále do atmosféry. U těžkých kovů, kde převládají vysoké sorpční síly na zeminu, je migrace značně omezená, zejména v jílovitých polohách. Nicméně v případě, že zemina již kontaminující kovy zadržuje a kontaminace nadále přetrvává, dojde v určitém okamžiku k tomu, že se sorpční kapacita zeminy těmito kontaminujícími kovy nasytí a jejich další šíření (například do podzemní vody) není již zeminou omežováno. Takto koncentrované kontaminující kovy potom navíc představují velké nebezpečí, neboť pouhou změnou okolních podmínek (například snížením pH při kyselém dešti) může docházet k jejich nárazovému vyplachování.

Veškerá plocha zájmového území je nezpevněná a v současné době je plocha skládky nevyužívána.

V zájmovém území tvoří těleso skládky až 10,5 m mocný horizont. Níže se vyskytují kvartérní jíly a místy křídové zvětralé jílovce. Pro migraci kontaminantů je prostředí jemnozrnných jílu prostředím relativně špatně propustným. Hladina podzemní vody byla měřena v hydrogeologických vrtech, které se vyskytují v prostoru okraje skládkového tělesa (HG-3, HG-4 a HG-1A). Naražená hladina podzemní vody byla 5,2 m (HG-1A), 1,0 m (HG-3) a 4,0 m (HG-4). Podle výsledků hydrodynamických zkoušek je koeficient filtrace na lokalitě  $1,7 \cdot 10^{-4}$  m/s, což jsou podle Jetela (1980) horniny mírně propustné. Podle výsledků granulometrických analýz byl na lokalitě stanoven koeficient filtrace v řádu  $10^{-9}$ – $10^{-10}$  m/s, ale tyto hodnoty vycházejí z analýz jílových poloh. Pro výpočty nebyla tato hodnota uvažována a byla nahrazena hodnotou získanou z hydrodynamické zkoušky.

Objem nesaturované zóny byla z modelu určena na  $154\,000\text{ m}^3$ , při ploše skládky  $40\,000\text{ m}^3$  a mocnosti nesaturované zóny 3,8 m. Pro výpočty byly použity hodnoty 3. kvartilu koncentrací předmětných kontaminantů. Hustota zeminy byla odhadnuta na  $2\,100\text{ kg/m}^3$ .

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.

Hodnota ukazatele TOC je převzata z analýz vzorků zemin z nevystrojených sond S4-4 a S4-8, z hloubek 2,8–7,3 m a jeho průměrná hodnota činí 0,9 g/kg.

Tabulka č. 19: Hodnoty  $K_{oc}$ ,  $f_{oc}$  a  $K_d$

Kontaminant	$K_{oc}$ [l/kg]*	$f_{oc}$	$K_d$ [l/kg]
benzo/a/pyren	587000	0,009	5283
fenanthren	16700	0,009	150,3

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

$$J = Q \cdot C$$

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 průměrná koncentrace polutantu v zemině (mg/kg)

Tabulka č. 20: Bilance v nesaturované zóně horninového prostředí

	benzo/a/pyren	fenanthren
Organický uhlík	$0,9 \cdot 10^{-2}$	$0,9 \cdot 10^{-2}$
Henryho konstanta	$3,4 \cdot 10^{-7}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$
$K_{oc}$ (dm <sup>3</sup> /kg)	587000	16700
$K_d$ (dm <sup>3</sup> /kg)	5283	150,3
$C_{suš}$ (mg/kg)	0,42	1,45
$C_{aq}$ (mg/dm <sup>3</sup> )	$7,9 \cdot 10^{-5}$	$9,6 \cdot 10^{-3}$
Objem kontaminované horniny (m <sup>3</sup> )	154 000	154 000
Hmotnost kontaminantu ve vodě nesat. zóny (g)	0,12	26,88
<b>Hmotnost kontaminantu v nesaturované zóně (t)</b>	<b>0,13</b>	<b>0,47</b>

Pro určení kontaminace v sušině  $C_{suš}$  byla použita hodnota 3. kvartilu koncentrace polutantu v sušině, hodnota  $C_{aq}$  byla následně vypočtena ze vzorce uvedeného výše. Pro výpočet hmotnosti kontaminantu ve vodě nesaturované zóny byl použit průměr srážek na dané území, plocha území a koncentrace polutantu  $C_{aq}$ . Pro výpočet hmotnosti kontaminantu v nesaturované zóně byla použita odhadnutá hustota zeminy 2 100 kg/m<sup>3</sup>, objem nesaturované zóny 150 000 m<sup>3</sup> a koncentrace polutantu  $C_{suš} + C_{aq}$ .

V nesaturované zóně horninového prostředí je 0,13 t benzo/a/pyrenu a 0,47 t fenanthrenu.

#### 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 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 šterkem, místy se vyskytuje křídové podloží tvořené zvětralým jílovcem. Mocnost saturované zóny byla pro účely výpočtů uměle stanovena na 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  $1,7 \cdot 10^{-4}$  m/s.

S průměrnou mocností saturované zóny na úrovni 5 m získáváme aproximovaný objem saturované zóny  $200\,000\text{ m}^3$ , při ploše  $40\,000\text{ m}^2$ . Jako hodnoty koncentrací vybraných polutantů byl použit 3. kvartil koncentrací ukazatelů.

Pro kvantifikaci šíření v podzemní vodě byly určeny polycyklické aromatické uhlovodíky, které se v kontaminované podzemní vodě na lokalitě vyskytují.

Hlavní migrační parametr v saturované zóně horninového prostředí představuje 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

$$v = k \cdot I$$

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

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

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:  $\rho_b$  je měrná hmotnost pevné fáze ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ )

$K_d$  je distribuční koeficient  
 $n$  je pórovitost.

Rychlost šíření kontaminantů se dále vypočte dle rovnice

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

Advekční tok kontaminantu je pak

$$J = v \cdot n \cdot C$$

kde:  $C$  představuje průměrnou koncentraci kontaminantu v podzemní vodě.

Koeficient filtrace, zjištěný na základě hydrodynamických zkoušek (viz kapitola 2.2.2.4.), v průměru dosahuje hodnoty  $1,7 \cdot 10^{-4}$  m/s.

Rychlost proudění podzemní vody  $v$ , při průměrném hydraulickém gradientu 0,03 vychází rychlost proudění podzemní vody na  $5,1 \cdot 10^{-6}$  m/s.

Střední lineární (skutečná) rychlost proudění  $v_s$  při efektivní pórovitosti  $n_e$  10 % vychází na  $5,1 \cdot 10^{-5}$  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. 22.

V tabulce č. 21 je vypočtená rychlost šíření a advekční tok kontaminantu.

*Tabulka č. 21: Rychlost šíření a advekční tok kontaminantu*

	<b>b/a/p</b>	<b>b/b/f</b>	<b>b/ghi/p</b>	<b>i (1,2,3-cd)p</b>	<b>b/k/f</b>	<b>ch</b>
$v$ (m/s)	$1,8 \cdot 10^{-9}$	$1,8 \cdot 10^{-9}$	$5,5 \cdot 10^{-10}$	$5,5 \cdot 10^{-10}$	$1,8 \cdot 10^{-9}$	$6 \cdot 10^{-9}$
$J$ (mg/m <sup>2</sup> /rok)	$2,1 \cdot 10^{-6}$	$2,59 \cdot 10^{-6}$	$5,87 \cdot 10^{-7}$	$3,84 \cdot 10^{-7}$	$1,09 \cdot 10^{-6}$	$6,54 \cdot 10^{-6}$

\*b/a/p–benzo/a/pyren;b/b/f–benzo/b/fluoranthen;b/ghi/p–benzo/ghi/perylene;i(1,2,3-cd)p–indeno(1,2,3-cd)pyren;b/k/f–benzo/k/fluoranthen;ch–chrysen

Rychlosti šíření polycyklických aromatických uhlovodíků se pohybují od  $1,8 \cdot 10^{-9}$  m/s u benzo/a/pyrenu, benzo/b/fluoranthenu a benzo/k/fluoranthenu až po  $5,5 \cdot 10^{-10}$  m/s u indeno(1,2,3-cd)pyrenu.

### **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 maticí. 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  $f_{oc}$ .

#### Město Kopřivnice

53

#### Lokalizace a charakteristika starých ekologických zátěží v Kopřivnici

##### Lokalita 4 – Pod Brdy

##### Analýza rizik

$$K_d = K_{oc} \cdot f_{oc}$$

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  $M_i$ :

$$M_i = C_i \cdot V_a \cdot P,$$

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. 22: *Bilance v saturované zóně horninového prostředí*

	<b>b/a/p*</b>	<b>b/b/f</b>	<b>b/ghi/p</b>	<b>i(1,2,3-cd)p</b>	<b>b/k/f</b>	<b>ch</b>
Organický uhlík	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
Koc (dm <sup>3</sup> /kg)	587000	599000	1950000	1950000	587000	181000
Kd (dm <sup>3</sup> /kg)	5283	5391	17550	17550	5283	1629
Koncentrace polutantu ve vodě (µg/l)	0,093	0,114	0,084	0,055	0,047	0,087
Koncentrace polutantu ve vodě (g/dm <sup>3</sup> )	9,3.10 <sup>-8</sup>	1,14.10 <sup>-7</sup>	8,4.10 <sup>-8</sup>	5,5.10 <sup>-8</sup>	4,7.10 <sup>-8</sup>	8,7.10 <sup>-8</sup>
Ca (g/kg)	4,9.10 <sup>-4</sup>	6,15.10 <sup>-5</sup>	1,5.10 <sup>-3</sup>	9,7.10 <sup>-4</sup>	2,5.10 <sup>-4</sup>	1,4.10 <sup>-4</sup>
Objem zasažené saturované zóny (m <sup>3</sup> )	200 000	200 000	200 000	200 000	200 000	200 000
Měrná hmotnost zeminy (kg/dm <sup>3</sup> )	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	27737	28304	92138	92138	27737	8553
Hmotnost kontaminantu ve vodě (g)	7,8.10 <sup>-3</sup>	9,12.10 <sup>-3</sup>	6,72.10 <sup>-3</sup>	4,4.10 <sup>-3</sup>	3,76.10 <sup>-3</sup>	6,96.10 <sup>-3</sup>
Hmotnost kontaminantu sorbovaného horninou (g)	2.10 <sup>5</sup>	2,58.10 <sup>4</sup>	6.10 <sup>5</sup>	4.10 <sup>5</sup>	1.10 <sup>5</sup>	5,88.10 <sup>4</sup>
<b>Hmotnost kontaminantu celkem (kg)</b>	<b>200</b>	<b>25,8</b>	<b>600</b>	<b>400</b>	<b>100</b>	<b>58,8</b>

\*b/a/p–benzo/a/pyren;b/b/f–benzo/b/fluoranthen;b/ghi/p–benzo/ghi/perylen;i(1,2,3-cd)p–indeno(1,2,3-cd)pyren;b/k/f–benzo/k/fluoranthen;ch–chrysen

V saturované zóně horninového prostředí je největším polutantem benzo/ghi/perylene, kterého je zde 600 kg a indeno(1,2,3-cd)pyren, kterého je 400 kg.

### 2.2.4.3. Šíření znečištění povrchovými vodami

Na základě výsledků laboratorních analýz povrchové vody z pramenního vývěru PV4-1, které neprokázaly znečištění, se šíření povrchovou vodou nepředpokládá. Vrt HG-1A, ve kterém byla zastižena kontaminace podzemní vody PAU, leží cca 50 metrů od místa odběru povrchové vody. Je zde možná transportní cesta kontaminantů z vrtu HG-1A do níže položeného pramenního vývěru, avšak tato cesta nebyla průzkumnými pracemi ověřena. Další možnost kontaminace povrchové a podzemní vody je z prostoru garáží, které se nacházejí bezprostředně u okraje skládky, na východ od PV4-1. Zde může docházet ke kontaminaci vody neúmyslnými i vědomými úkapy z nejrůznějších čistících a mazacích prostředků organického původu.

### 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 přirozené atenuace 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 nenasatovanou i saturovanou zónu. Na základě ověřené kontaminace na lokalitě je atenuace diskutována pro uhlovodíky C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub> a polycyklické uhlovodíky (PAU).

#### Uhlovodíky C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub>

Nasyčené n-alkany jsou v rámci přirozených atenuačních procesů nejsnáze odbouratelné sloučeniny, nicméně byla demonstrována degradace n-alkanů i s řetězci delšími než C<sub>44</sub>. Nejsnáze podléhají degradaci alkany v rozpětí od C<sub>10</sub> do C<sub>26</sub>. 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.

#### PAU

Aromatické sloučeniny jsou více rezistentní vůči biodegradaci než nasyčené n-alkany, 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 její pevné částice. V saturované zóně se u PAU nepředpokládá intenzivní pohyb ve směru proudění podzemní vody.

#### 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 mangančité 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 ( $\text{Fe}^{\text{II}+}$ ) je indikátorem redukce trojmocného železa ( $\text{Fe}^{\text{III}+}$ ) během degradace organických sloučenin při absenci  $\text{O}_2$  a  $\text{NO}_3^-$ . Dvojmocná forma manganu ( $\text{Mn}^{\text{II}+}$ ) je podobně jako v případě železa, indikátorem redukce oxidační formy  $\text{Mn}^{\text{IV}+}$ . Metan ( $\text{CH}_4$ ) dokazuje degradaci organických sloučenin melanogenezí.

#### 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, nebudou atenuační procesy těchto látek diskutovány.

S teplotou obecně vzrůstá rychlost biodegradačních procesů organických látek.

Hodnoty geochemických indikátorů naměřených v podzemních vodách v laboratoři a při terénním měření jsou vyjádřeny v **tabulce č. 23**.

*Tab. č. 23: Geochemické parametry vzorků podzemních vod*

označení vzorku:	HG-1A	HG-2	HG-3	HG-4
pH	6,9	6,58	8,15	7,12
Redox potenciál: (mV)	71,4	85,9	45,1	-13,5
Vodivost: (μS/cm)	804	1230	699	657
Teplota: (°C)	9,5	10,1	9,9	10
Rozp. O <sub>2</sub> : (mg/l)	0,78	2,65	5,44	0,46
Dusičnany (mg/l)			< 5	< 5
Sírany (mg/l)			56,8	61,1
Železo celk. (mg/l)			20	21
Fe (III) (mg/l)			13,6	16,5
Fe (II) (mg/l)			6,4	4,5

#### Posouzení stavu probíhajících atenuačních procesů

Významnější kontaminaci představují v nesaturevané zóně lokality 4 - Pod Brdy uhlovodíky C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>, přičemž nejvyšší koncentrace dosahovala 1 042 mg/kg (další vyšší koncentrace se pohybovaly řádově v prvních stovkách mg/kg). V saturované zóně je naopak obsah uhlovodíků pod mezí detekce laboratorní metody a tudíž se nepředpokládá migrace z nesaturevané zóny do podzemní vody. Díky infiltraci srážkové vody s obsahem rozpuštěného kyslíku může v nesaturevané zóně docházet k přirozené oxidaci n-alkanů prostřednictvím elektronového akceptoru kyslíku.

Z hlediska obsahu PAU v nesaturevané zóně, nepřesáhly ve většině případů orientační kritérium B. Výjimkou je ve třech případech parametr benzo/a/pyren a v jednom případě fenanthren (koncentrace nad kritériem C). V saturované zóně naopak dochází k výraznému znečištění látek PAU. Překročení kritéria C bylo prokázáno u benzo/a/pyrenu, benzo/b/fluoranthenu, benzo/ghi/perylenu, indeno(1,2,3-cd)pyrenu, benzo/k/fluoranthenu a chrysenu.

Největší znečištění podzemní vody, které se projevilo překročením látek PAU orientačního kritéria C MP MŽP, bylo prokázáno ve vstrojeném vrtu **HG-1A**. Je předpoklad, že zde probíhají biodegradační procesy s uplatněním kyslíku jako elektronového akceptoru. S tím souvisí nižší hodnota rozpuštěného O<sub>2</sub> (0,78 mg/l), hodnota redox potenciálu (71,4) značí prostředí mírně oxidační.

V hydrogeologickém vrtu **HG-4** byla terénním měřením prokázána záporná hodnota oxidačně-redukčního potenciálu (-13,5 mg/l), s čímž koresponduje nižší hodnota rozpuštěného kyslíku pod 0,5 mg/l. V tomto vrtu bylo ale prokázáno pouze nevýznamné znečištění látkami PAU (koncentrace kontaminantů nepřekračují kritérium B), což pravděpodobně souvisí s ukončením biodegradačních procesů a znovu nastolení původních (oxidačních) podmínek. V tomto případě se jako indikátor uplatňuje převládající forma

trojmocného železa ( $16,5 \text{ mg/l Fe}^{\text{III}}$ ) v poměru s jeho redukovanou formou ( $4,5 \text{ mg/l Fe}^{\text{II}}$ ). To značí, že rozpuštěný kyslík je nyní vyčerpáván na oxidaci dvojmocného železa, který zde byl rozpuštěn v době působení redukčního prostředí. Je pravděpodobné, že po vysrážení veškerého železa a následném zvýšení koncentrace kyslíku, zde bude opět nastoleno oxidační prostředí.

Podobné podmínky jsou pravděpodobně nastoleny ve vrtu **HG-3** s tím rozdílem, že zde je rozpuštěno již větší množství kyslíku.

V kontaminované sondě (**HG-1A**) se předpokládá vyčerpání kyslíku (koncentrace dosahuje  $0,7 \text{ mg/l}$ ) vlivem oxidace diskutovaných kontaminantů. Vzhledem ke stále vysokým koncentracím kontaminantů (překračují kritérium C) se předpokládá vyčerpání kyslíku a uplatnění v řadě následujících elektronových akceptorů při biodegradačních procesech.

### **2.2.5. Shrnutí šíření a vývoje znečištění**

Šíření kontaminace bylo průzkumnými pracemi ověřeno a potvrzeno. Směr proudění podzemní vody přes zájmové území, jak je znázorněno v situaci proudového pole kvartérní zvodně v **příloze č. 11**, ukazuje na směr k ZSZ–SZ. Samotná existence proudového pole napovídá, že k transportu rozpuštěných látek bude docházet.

Analýza vzorku podzemní vody z hydrogeologického vrtu HG-3 potvrzuje transport kontaminantů skupiny PAU na výstupu podzemní vody z lokality. Sumární stanovení  $\Sigma\text{PAU}$  podle vyhlášky 252/2004 Sb. stanovuje limit pro pitnou vodu na úrovni  $0,1 \mu\text{g/l}$ , ve vzorku z 8. 12. 2010 přitom byla zaznamenána koncentrace  $0,3 \mu\text{g/l}$ . Vzhledem k míře postupu kontaminační fronty v saturované zóně je však mobilita PAU velmi malá, resp. dle jednotlivých ukazatelů PAU v rozmezí  $0,003\text{--}0,03 \text{ m/rok}$ .

Transport kontaminace není vyloučen z prostoru garáží bezprostředně sousedící s lokalitou Pod Brdy a komunikací vedoucí k nim. Předpokládanými kontaminanty jsou organické látky pro údržbu vozidel. Tomuto scénáři by odpovídala vyšší koncentrace PAU v podzemní vodě z vrtu HG-1A, který se nachází cca 6 m od garáží ve směru proudění. Zatímco v zemině nebyla kontaminace PAU detekována, dynamický vzorek podzemní vody ze dne 7. 12. 2010 vykazuje hodnotu  $1,8 \mu\text{g/l} \Sigma\text{PAU}$ , což překračuje limit vyhlášky 252/2004 Sb.

### **2.2.6. Omezení a nejistoty**

Vymezení rozsahu kontaminace v nesaturované zóně 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.

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 zabezpečena chybou. Jsou to jednak chyby při odběru vlivem např. klimatických podmínek, a dále standardní chyba analytického stanovení, která je uvedena v certifikátu laboratorních analýz.

### 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 U.S. 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 PAU
- podzemní voda PAU

Toxikologické vlastnosti jsou uvedeny v **příloze č. 17.**

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.

Srovnáním výsledků z analýz ze dne 7. 12. 2010 z hydrogeologického vrtu HG-1A vyplývá, že podzemní voda s hodnotou 1,8 µg/l  $\Sigma$ PAU<sup>9</sup> více jak 10krát překračuje limit daný vyhláškou 252/2004 Sb, který je stanoven na hodnotě 0,1 mg/l. Podobně vzorky podzemní vody z vrtu HG-3 a HG-4 ze dne 8. 12. a 7. 12. 2010 signalizuje kontaminaci s hodnotou  $\Sigma$ PAU na úrovni 0,1 mg/l.

##### **3.1.2. Základní charakteristika příjemců rizik**

V současné době je plocha bývalé skládky nevyužívaná, podle územního plánu města Kopřivnice je tato plocha vedena jako plocha OV (občanské vybavení-veřejná infrastruktura)

<sup>9</sup>  $\Sigma$ PAU jsou u podzemní vody definovány dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. jako suma následujících látek: benzo/b/fluoranthen, benzo/ghi/perylene, benzo/k/fluoranthen, a indeno(1,2,3-cd)pyren

a do budoucna se nepředpokládá žádná významnější změna. Ze západní strany plocha skládky přiléhá ke garážím. Těleso skládky je volně přístupné. Mezi příjemci rizik jsou uvažováni náhodní návštěvníci lokality. Tato lokalita je také do budoucna uvažovaná jako místo pro trénink a volnou zábavu sportovců, do které se počítá také možné stavění různých překážek apod. Mezi příjemce rizik jsou řazeni i dělníci, který by vykonávali výkopové a sanační práce.

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

*Tabulka č. 24: 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 (užitková voda) – expozice ingescí, dermální	Těleso skládky je volně přístupné

V aktualizovaném koncepčním modelu je jako hlavní ohnisko znečištění v zájmovém území uvažována bývalá skládka. Jako příjemce rizik je uvažováno obyvatelstvo (náhodní návštěvníci lokality).

#### **3.1.3.1 Výčet reálných expozičních scénářů**

Následující tabulka přináší přehled reálných expozičních scénářů.

*Tabulka č. 25: Výčet reálných expozičních scénářů*

Typ expozice	Expoziční médium	Využití území	Příklad expozičního scénáře
dermální kontakt	zemina	rekreační	dermální kontakt při rekreačním využití lokality

Pro hodnocení rizika jsou uvažovány expoziční scénáře, sumarizované v tabulce. Výpočty rizik uvažují s expoziční cestou při dermálním kontaktu se zemínou. Dermální kontakt se zemínou je reálný při rekreačním pobytu osob na lokalitě.

#### **3.1.3.2 Výpočet expozičních koncentrací podle jednotlivých expozičních cest**

Výčet expozičních koncentrací podle jednotlivých expozičních cest je uveden v následující tabulce č. 26. Do tabulky byla zadána hodnota 3. kvartilu koncentrace benzo/a/pyrenu v zemině na lokalitě zjištěné v rámci průzkumných prací, provedených říjnu 2010 až lednu 2011.

Tabulka č. 26: Výčet expozičních koncentrací

Typ expozice	Kontaminant	Koncentrace	Objekt	Datum
A.1 dermální kontakt se zemínou dermální kontakt se zemínou při rekreačním využití území	benzo/a/pyren	0,42 mg/kg	3. kvartil koncentrací	-

### 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<sub>ad</sub>), orální cestu (RfD<sub>o</sub>) a inhalační cestu (RfD<sub>i</sub>). V některých případech se pro inhalační expoziční scénáře používá místo RfD tzv. referenční koncentrace RfC (mg/m<sup>3</sup>).

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<sub>ad</sub>), orální cestu (SF<sub>o</sub>) a inhalační cestu (SF<sub>i</sub>). Faktor směrnice je směrnici 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.1 DERMÁLNÍ KONTAKT SE ZEMINOU

$$ADD/LADD = CS \times CF \times SA \times AF \times ABS_d \times EF \times ED / (BW \times AT)$$

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.

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

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

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:

### Obyvatelstvo-při rekreačním využití území

CF	konverzní faktor pro přepočet kg a mg: $10^{-6}$ kg/mg
SA	6000 cm <sup>2</sup> /den (dělníci)
AF	0,13 mg/cm EPA (2004)
ABSd	0,01 pro organické látky (EPA, 1992B)
EF	100 dní/rok
ED	předpoklad běžné expozice 1 rok
BW	průměrná váha 70 kg

### 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 použít 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. 27: Základní tabulkové toxikologické parametry pro prioritní kontaminanty*

Kontaminant	SF <sub>o</sub> [1/(mg/kg/d)]	SF <sub>ad</sub> [1/(mg/kg/d)]	SF <sub>i</sub> [1/(mg/kg/d)]	RfD <sub>o</sub> [mg/kg/d]	RfD <sub>ad</sub> [mg/kg/d]	RfD <sub>i</sub> [mg/kg/d]
benzo(a)pyren	7,3	23,5	3,1	-	-	-

*Zdroj: U.S. EPA, Integrated Risk Information System, Health Effects Assessment Summary Tables (2010)*

## A.1 Dermální kontakt se zemínou

*Tabulka č. 28 : Dermální kontakt se zemínou při rekreačním využití území*

Dermální kontakt se zemínou při výkopových pracích		Kontaminant:	benzo/a/pyren
CS	konc. v suš. zeminy	(mg/kg)	0,42
CF	konverzní faktor	(kg/mg)	1.10 <sup>-6</sup>
SA	plocha povrchu těla	(cm <sup>2</sup> /den)	6000
AF	faktor adherence kůže	(mg/cm <sup>2</sup> )	0,05
ABS	absorpční faktor	bezrozm.	0,13
EF	frekvence expozice	(dny/rok)	100
ED	trvání expozice	(roky)	1
BW	hmotnost organismu	(kg)	70
AT	průměrovací doba	(dny)	365
<b>ADD (LADD)</b>	průměrná denní dávka	(mg/kg/den)	6,4.10 <sup>-8</sup>
RfD-ad	ref. bezp. denní dávka	(mg/kg/den)	-
SF-ad	faktor strmosti	(1/(mg/kg/den))	23,5
<b>HQ</b>	index nebezpečnosti		
<b>ELCR</b>	riziko pro karcinogeny		<b>1,5.10<sup>-6</sup></b>

### Zhodnocení výpočtů:

Výpočet rizika dermálního kontaktu byl proveden pro pohyb sportovců a ostatních osob při rekreačním využití území, po 100 dní v roce. Pro výpočet byl použit 3. kvartil koncentrace benzo/a/pyrenu v zemině. Z výsledků vyplynulo riziko pravděpodobnosti vzniku rakoviny u jednoho člověka z milionu, při hodnocení regionálních vlivů. Podle MP MŽP je toto riziko kvantifikováno pro více než 100 ohrožených osob, přičemž pohyb osob na lokalitě pravděpodobně těchto počtů nedosáhne. Výpočet je tedy proveden v souladu s principem předběžné opatrnosti pro námi maximálně možný odhadovaný pohyb osob a představuje dle našeho názoru maximálně možný nepříznivý scénář.

### 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 S4-4 (4-6 m), bylo zjištěno, že vzorek zeminy vyhovuje požadavkům ve všech parametrech (viz. **příloha č. 9.7.1**).

Za současného stavu nebyl na lokalitě ani v jejím bezprostředním okolí zjištěn vliv skládkovaných materiálů na ekosystémy nacházející se v tomto prostoru, ekologická rizika tedy nejsou vzhledem k výsledkům průzkumných prací dále posuzována.

### 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 (mezí hodnota je 0,01 µg/l) v hydrogeologických vrtech HG-1A (0,631 µg/l) a HG-4 (0,097 µg/l). V rámci analýz bylo prokázáno mírné překročení limitních hodnot v parametru TOC ve vrtu HG-3. V téže sondě je rovněž zvýšený zákal vody, což se rovněž projevuje překročením limitních parametrů.

Srovnáním výsledků z analýz ze dne 7. 12. 2010 z hydrogeologického vrtu HG-1A vyplývá, že podzemní voda s hodnotou  $\Sigma$ PAU<sup>10</sup> více jak 10krát překračuje limit daný vyhláškou 252/2004 Sb, který je stanoven na hodnotě 0,1 µg/l. Podobně vzorky podzemní vody z vrtu HG-3 a HG-4 ze dne 8. 12. a 7. 12. 2010 signalizuje kontaminaci s hodnotou  $\Sigma$ PAU na úrovni 0,1 µg/l. Nicméně podzemní voda z výše uvedených objektů není používána jako pitná, okolí lokality je napojeno na zásobování pitnou vodou z veřejné vodovodní sítě a reálné riziko tedy nehrozí.

V rámci hodnocení rizika bylo kvantifikováno riziko dermálního kontaktu se zeminou pro osoby rekreačně využívající území.

Z výše uvedených výpočtů je patrné, že riziko by mohl představovat zvýšený pohyb sportovců a jejich možný zásah do povrchu terénu a skládkového materiálu a jiných osob využívajících toto území k rekreačnímu pohybu. Vypočtená hodnota ELCR pro benzo/a/pyren signalizuje pravděpodobnost vzniku rakoviny u jednoho člověka z milionu, při hodnocení regionálních vlivů. Podle MP MŽP je toto riziko kvantifikováno pro více než 100 ohrožených osob, pohyb osob na lokalitě je však řádově nižší.

<sup>10</sup>  $\Sigma$ PAU jsou u podzemní vody definovány dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. jako suma následujících látek: benzo/b/fluoranthen, benzo/ghi/perylene, benzo/k/fluoranthen, a indeno(1,2,3-cd)pyren

### 3.5. Omezení a nejistoty

Pro výpočty hodnocení rizik byly použity 3. kvartily zjištěných hodnot 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<sub>0</sub> jsou převzaty z oficiálních databází U.S. EPA. Pokud sama U.S. EPA hodnotí jejich spolehlivost (confidence) – a to pouze pro případ RfD<sub>0</sub> – pak spolehlivost experimentálních studií na zvířatech použitých pro výpočet ohodnocuje jako „nízkou“ nebo „střední“, spolehlivost použitých databází jako „střední“ a finální RfD<sub>0</sub> 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 % požití 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, 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 rizika navrženy. Doporučená varianta postupu nápravných opatření v kapitole 4.2 (varianty 1 – ověřovací monitoring) znamená prakticky pouze 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.

Doporučená varianta 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 zanedbatelných zdravotních a ekologických rizik, lze na hodnocené lokalitě uvažovat i o tzv. nulové variantě – tedy neprovádění žádných dalších prací.

Důvodem pro nedoporučení této varianty je zejména poloha lokality, která leží při jihovýchodním okraji města Kopřivnice ve svažitém terénu, přičemž odtok srážkových vod procházejících tělesem skládky je směrem do intravilánu města. Dále nebyla tato varianta doporučena i z důvodu prokázaného šíření kontaminace saturovanou zónou, přestože zaznamenané koncentrace prioritních kontaminantů (PAU) se pohybují maximálně pouze na úrovni zhruba 3násobku limitních koncentrací pro pitnou vodu dle vyhlášky 252/2004 Sb., což s ohledem na využití bezprostředně přilehlých pozemků ve směru proudění podzemních vod a vzhledem k mobilitě PAU není považováno za rizikové (lze předpokládat, že ve větší vzdálenosti od lokality by koncentrace PAU vlivem ředění poklesly pod úroveň limitních hodnot pro pitnou vodu).

*Tuto variantu, přestože ji v zásadě považujeme za možnou, 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. Monitoring podzemních vod by bylo vhodné provádět i při případné technické rekultivaci tohoto prostoru, pokud by byly na lokalitě prováděny terénní úpravy, čímž by mohlo případně dojít ke zvýšené migraci kontaminace z nenasurované zóny do podzemních vod.

Popis nápravných opatření:

- Monitoring kvality podzemní a povrchové vody v rozsahu uhlovodíky C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub>, PAU, předpokládaná četnost 2x ročně po dobu dvou let, celkem 5 objektů v jednom cyklu (4x stávající vrty řady HG, 1x povrchová vody PV4-1).

*Tabulka č. 31: Návrh monitoringu podzemních a povrchových vod*

Monitorovaný objekt	Rozsah analýz	Četnost
HG-1A	C <sub>10</sub> –C <sub>40</sub> , PAU	2x ročně po dobu 2 let, celkem 4x
HG-2	C <sub>10</sub> –C <sub>40</sub> , PAU	2x ročně po dobu 2 let, celkem 4x
HG-3	C <sub>10</sub> –C <sub>40</sub> , PAU	2x ročně po dobu 2 let, celkem 4x
HG-4	C <sub>10</sub> –C <sub>40</sub> , PAU	2x ročně po dobu 2 let, celkem 4x
PV4-1	C <sub>10</sub> –C <sub>40</sub> , PAU	2x ročně po dobu 2 let, celkem 4x

*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.

*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 **50–60 tis. Kč bez DPH**. Tento odhad zahrnuje odběry a laboratorní analýzy vzorků v rozsahu výše uvedených ukazatelů při četnosti 2x ročně po dobu 2 let a zpracování závěrečné zprávy.

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

## 5. Závěr a doporučení

Území skládky Pod Brdy se nachází v extravilánu Kopřivnice na jeho jihovýchodním okraji. Leží na SZ úpatí kopce Brdy (467 m n. m.), ve svažitém terénu. Na základě aktuálního vymezení dosahuje nadmořská výška lokality 346–371 m n. m. Na skládku byly v 70–80. letech 20. století vyváženy odpady stavebního charakteru (cihly, beton, cement, asfalt, struskový materiál) spolu se slévarenskými písky a kaly, které dosahují mocností až 10 m. Celková kubatura odpadů byla stanovena na 100 000 m<sup>3</sup>. V současné době je převážná část lokality vedena jako občanské vybavení – veřejná infrastruktura.

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 zahrnují vybudování 17 vrtů, z čehož 3 tvoří hydrogeologické vrty řady HG a bylo realizováno celkem 14 nevystrojených sond. Celková metráž vrtných prací dosáhla 87 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 35 vzorků zeminy, 5 dynamických vzorků podzemní vody a 1 vzorek vody povrchové.

Z laboratorních výsledků analýzy zeminy byla potvrzena kontaminace ropnými uhlovodíky skupiny C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub> a v ukazatelích polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU). Ropné uhlovodíky C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub> dosahují maximálních koncentrací 1 042 mg/kg. Aritmetický průměr koncentrací ropných uhlovodíků v zemině ze všech objektů činí 96,2 mg/kg, medián 12,5 mg/kg a celkem 75 % analyzovaných vzorků nepřesahuje hodnotu 48 mg/kg, což je hodnota pro 3. kvartil datového souboru.

V případě polycyklických aromatických uhlovodíků dosahují vzorky zeminy sumární koncentrace  $\Sigma$ PAU podle vyhlášky 294/2005 Sb. v maximální hodnotě 47 mg/kg, přičemž aritmetický průměr činí 4,7 mg/kg, medián 0,6 mg/kg a 75 % vzorků vykazuje koncentraci pod 3,0 mg/kg (3. kvartil).

Rozpuštěné kontaminanty v podzemní vodě ukazují na mírně zvýšené hodnoty pouze v případě stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků. Maximální koncentrace  $\Sigma$ PAU, jak je definována ve vyhlášce 252/2004 Sb., byly určeny na úrovni 1,8 µg/l, přičemž aritmetický průměr pro soubor dat činí 0,5 µg/l, medián 0,3 µg/l a 75 % vzorků spadá v daném parametru rovněž pod hodnotu 0,3 µg/l.

Šíření kontaminace ze skládky kalů bylo průzkumnými pracemi potvrzeno směrem k ZSZ–SZ od lokality. Analýza vzorku podzemní vody z hydrogeologického vrtu HG-3 potvrzuje transport kontaminantů skupiny PAU na výstupu podzemní vody z lokality. Sumární stanovení  $\Sigma$ PAU podle vyhlášky 252/2004 Sb. stanovuje limit pro pitnou vodu na úrovni 0,1 µg/l, ve vzorku z 8. 12. 2010 přitom byla zaznamenána koncentrace 0,3 µg/l.

Druhým scénářem transportu kontaminace je prostor garáží bezprostředně sousedící s lokalitou Pod Brdy. Předpokládanými kontaminanty jsou organické látky pro údržbu vozidel. Tomuto scénáři odpovídá vyšší koncentrace PAU v podzemní vodě z vrtu HG-1A, který se nachází cca 6 m od garáží ve směru proudění. Zatímco v zemině z daného objektu nebyla kontaminace PAU detekována, dynamický vzorek podzemní vody ze dne 7. 12. 2010 vykazuje hodnotu 1,8  $\mu\text{g/l}$   $\Sigma\text{PAU}$ , což překračuje limit vyhlášky 252/2004 Sb.

V rámci hodnocení rizika bylo kvantifikováno riziko dermálního kontaktu se zeminou pro osoby rekreačně využívající území.

Z výše uvedených výpočtů je patrné, že riziko by mohl představovat zvýšený pohyb sportovců a jejich možný zásah do povrchu terénu a skládkového materiálu a jiných osob využívajících toto území k rekreačnímu pohybu. Vypočtená hodnota ELCR pro benzo/a/pyren signalizuje pravděpodobnost vzniku rakoviny u jednoho člověka z milionu, při hodnocení regionálních vlivů. Podle MP MŽP je toto riziko kvantifikováno pro více než 100 ohrožených osob, pohyb osob na lokalitě je však řádově nižší.

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 celkem z 5 objektů. Náklady na realizaci této varianty byly odhadnuty v rozmezí 50-60 tis. Kč bez DPH.

Tyto výše uvedené varianty předpokládají, že na lokalitě nebudou prováděny terénní úpravy. Pokud by byly v rámci např. technické rekultivace tohoto prostoru prováděny zemní a další technické práce, tak považujeme za nutné provést minimálně 2 kola monitoringu ve výše uvedeném rozsahu před zahájením těchto prací, několik kol monitoringu v průběhu těchto prací a následně minimálně 2 kola monitoringu po ukončení prací na lokalitě. Z tohoto důvodu dále doporučujeme zachovat monitorovací systém pro sledování kvality podzemních vod i po provedení ověřovacího monitoringu pro případné pozdější využití.

V případě terénních úprav dále považujeme za nezbytné k charakteru lokality (skládky) odpovídajícím způsobem přizpůsobit projekt případné technické rekultivace zájmového území a vlastní technologické postupy těchto prací a provádět monitoring kvality podzemních vod.

## Použitá literatura

1. DEMEK, J., BALATKA, B., BŮČEK, A., CZUDEK, T., DĚDEČKOVÁ, M., HRÁDEK, M., IVAN, A., LACINA, J., LOUČKOVÁ J., RAUSNER, J., STEHLÍK, O., SLÁDEK, J., VANĚČKOVÁ, L., VAŠÁTKO, J. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR, Hory a nížiny. - Academia, 1-584. Praha
2. QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti ČSR. – Studia geographica, 1-64. Brno
3. PĚTVALSKÝ, R. (2003): Kopřivnice – skládky, Hydrogeologický průzkum. – AQ-test, s.r.o., Ostrava. 3
4. OLMER, M., KESSL, J., PRCHALOVÁ, H., HOLÍKOVÁ, M., PAVLÍKOVÁ, D., ANÝŽ, D., JIROUDKOVÁ, M., NOVÁK, V., ŠIFTAŘ, Z., NAKLÁDAL, V., HERRMAN, Z., ŘEZÁČ, B. (1990): Hydrogeologické rajóny. – Výzk. Úst. Vodohosp., 1-154. Praha
5. CHLUPÁČ, I., BRZOBOHATÝ, R., KOVANDA, J., STRÁNÍK, Z. (2002): Geologická minulost České republiky. - Academia, 143-150. Praha
6. 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>
7. 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.
8. 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>
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 NA VODNÍCH TOCÍCH [ONLINE]. OSTRAVA: Povodí Odry, s.p., 2010 [cit. 2010-06-24]. Dostupný na <http://www.pod.cz>
12. Portál veřejné zprávy České republiky [online]. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2003-2010 Dostupný na <http://portal.gov.cz>
13. OFICIÁLNÍ STRÁNKY MĚSTA KOPŘIVNICE [ONLINE]. Dostupný na <http://www.koprivnice.cz>
14. NEDBAL, R., KÖHLER, D., (2008): Lokalizace a charakteristika starých ekologických zátěží v Kopřivnici, Projektová dokumentace, Souhrnná zpráva. – Unigeo, a.s., 1-11. Ostrava.
15. VLČEK, V. (1971): Příspěvek k regionalizaci povrchových vod v ČSR. In Studia geographica 22. Brno : GgÚ ČSAV, 1971. s. 121-137.