

# ODBORNÉ POSOUZENÍ

---

*Zakázka č. 2622/24/JP*

## Emise škodlivin z odvalu Heřmanice

---

*Objednatel:*

DIAMO, státní podnik  
Odštěpný závod ODRA  
Sirotčí 1145/7, Vítkovice  
703 00 Ostrava

*Zpracovatel:*

E-expert, spol. s r.o.  
Mrštíkova 883/3  
709 00 Ostrava – Mariánské Hory

## Obsah

1.	Určení a základní identifikační údaje.....	3
1.1.	Zadavatel odborného posudku.....	3
1.2.	Zpracovatel odborného posudku .....	3
2.	Posuzovaná dokumentace.....	4
2.1.	Emise do ovzduší dle Analýzy rizik (1) .....	4
2.2.	Komentář ke způsobu výpočtu ročních emisí.....	5
3.	Vlastní výpočet ročních emisí škodlivin z povrchu odvalu .....	10
3.1.	Postup výpočtu .....	10
3.2.	Vypočtená data – odborný odhad ročních emisí škodlivin z povrchu odvalu .....	11
3.3.	Kontrolní výpočet založený na bilanci síry.....	12
4.	Zpětné posouzení emisních toků dle údajů o kvalitě ovzduší .....	13
4.1.	Rešerše veřejně dostupných studií.....	13
4.2.	Monitoring kvality ovzduší (ZÚ a ČHMÚ) .....	15
6.	Citovaná literatura.....	19

## Seznam obrázků

Obrázek 1:	Ilustrativní obrázek normálního a nenormálního rozložení dat.....	7
Obrázek 2:	Histogramy koncentrací NO <sub>x</sub> a SO <sub>2</sub> z dat použitých pro stanovení průměru v analýze rizik .....	7
Obrázek 3:	Histogramy koncentrací CO a VOC z dat použitých pro stanovení průměru v analýze rizik.....	8
Obrázek 4:	Prostorová distribuce naměřených koncentračních dat.....	8
Obrázek 5:	Zdrojová podkladová síť 50x50 m pro návrh monitoringu .....	10
Obrázek 6:	Interpolovaná data hmotnostních toků škodlivin použitá pro odborný odhad ročních emisí ...	11
Obrázek 7:	Odhad imisních koncentrací VOC způsobených emisemi z odvalu Heřmanice .....	15

## Seznam tabulek

Tabulka 1:	Statistické ukazatele souboru naměřených dat hmotnostních koncentrací .....	6
Tabulka 2:	Porovnání ročních emisí škodlivin. ....	11
Tabulka 3:	Orientační odhad imisních příspěvků z odvalu Heřmanice dle projektu TERDUMP.....	14
Tabulka 4:	Imisní koncentrace SO <sub>2</sub> v okolí odvalu Heřmanice - denní průměr (μg/m <sup>3</sup> ) .....	16

## 1. Určení a základní identifikační údaje

Toto posouzení je zpracováno na žádost objednatele s cílem ověřit věrohodnost údajů o ročních emisních tocích škodlivin z Odvalu Heřmanice uvedených ve zprávě „Analýza rizik odvalů zasažených endogenním hořením ve správě DIAMO, s.p., o.z. Odra“ (1). Dále jen „Analýza rizik“.

### 1.1. Zadavatel odborného posudku

Zadavatel: DIAMO, státní podnik  
Máchova 201, 471 27 Stráž pod Ralskem

Adresa: Odštěpný závod ODRA  
Sirotčí 1145/7, Vítkovice  
703 00 Ostrava

IČ: 00002739

DIČ: CZ00002739


### 1.2. Zpracovatel odborného posudku


Zpracovatel: E-expert, spol. s r.o.

IČ: 26783762

Pracoviště Ostrava (sídlo): Mrštíkova 883/3  
709 00 Ostrava – Mariánské Hory

Pracoviště Praha: Na Pankráci 1618/30  
140 00 Praha 4 - Nusle

Telefon: 

E-mail: 

Internet: [www.e-expert.eu](http://www.e-expert.eu)

Osvědčení o autorizaci vydané Ministerstvem životního prostředí ČR č.j. MZP/2023/820/1306 ze dne 06.09.2023 (viz. příloha č. 1 tohoto odborného posudku).

Zpracoval:   
Ing. Vladimír Lollek 

Tato zpráva je duševním vlastnictvím E-expert, spol. s r.o. Její veřejná publikace a další použití nad rámec původního smluvního určení je vázáno na souhlas zpracovatele.

## 2. Posuzovaná dokumentace

K posouzení byla objednatelem předána elektronická verze dokumentu s názvem „Analýza rizik odvalů zasažených endogenním hořením ve správě DIAMO, s.p., o.z. Odra“ (1). Jedná se o dokument zpracovaný Sdružením „Analýza rizik odvalů – GEOTest + Energie“ zastoupeným společností GEOTest Brno, a.s., Šmahova 112, 659 01 Brno, IČ: 46344942 DIČ: CZ46344942. Odpovědný řešitel: RNDr. Zuzana Vilímová, Zpracovali: Ing. Ivana Schwarzerová a kol., GEOTest Brno, a.s. a Ing. Lubomír Langr a kol., Energie – stavební a báňská a.s. Schválil: Ing. Martin Teyschl. Vydáno v červenci 2010.

V tomto dokumentu jsou použity tabelární i grafické výstupy z projektu „Průzkum kontaminace ovzduší – Závěrečná zpráva“ (2), na jehož řešení se autor tohoto posouzení podílel. Proto se cítí kompetentní uvedená data o emisích do ovzduší komentovat.

### 2.1. Emise do ovzduší dle Analýzy rizik (1)

V kapitole 2.2.2.5 Analýzy rizik (1) autoři popisují způsob měření kvality i kvantity znečištění nad povrchem odvalu, přičemž z velké části používají údaje ze zprávy „Průzkum kontaminace ovzduší – Závěrečná zpráva“ (2).

V této kapitole autoři přebírají ze zprávy (2) informace o způsobu měření i naměřená data. Přičemž uvádí: „Na povrchu odvalu bylo proměřeno celkem 152 bodů, z nichž se 53 nacházelo na termicky aktivní ploše a vykazovalo měřitelnou rychlost proudění půdního vzduchu průlinami a trhlinami v povrchu odvalu, které zde vznikly v důsledku termických procesů (viz tab. č. 21). Dalších 18 měřených bodů (viz tabulka č. 22) nacházejících se také na ploše s endogenním hořením sice nevykazovalo měřitelnou rychlost proudění, ale koncentrace některých kontaminantů (CO a SO<sub>2</sub>) byly vyšší než požadové a v některých případech i vyšší než v některých bodech s aktivní rychlostí proudění. Vzhledem k tomu, že postižená část odvalu je odlesněná a bez vegetačního krytu a hlušina není překryta orníci, je velmi pravděpodobné že dochází k únikům i v místech s rychlostí proudění nižší než detekční limit použitého přístroje“ Strana 76 (1).

Autoři mimo obrázky převzaté ze studie (2) prezentují i vlastní mapové kompozice koncentračních izolinií sledovaných škodlivin. I z těchto obrázků je zřejmé, že rozložení koncentrací sledovaných škodlivin nad povrchem odvalu je velmi nerovnoměrné. Např. v obrázku č.15 lze najít místa, kde změřená koncentrace SO<sub>2</sub> dvou sousedních bodů (tj. cca 50 m od sebe) dosahuje obou krajních hodnot použité metody, tedy koncentrace pod mezí detekce (< 11 ppb) a koncentrace nad mezí detekce (> 150 000 ppb).

Autoři Analýzy rizik následně na stranách 83 a 84 vypočetli roční emise z celé plochy odvalu pomocí aritmetického průměru naměřených hodnot a odhadu plochy zasažené endogenním hořením. Pro výpočet ročních emisí vycházeli z předpokladů:

„Při výpočtu hmotnostních toků se vycházelo z následujících faktů:

- celková rozloha termicky postižených ploch je cca 130 000 m<sup>2</sup>,
- plochy s měřitelným prouděním půdního vzduchu představují cca 70 % z celkové rozlohy termicky postižených ploch tj. cca 91 000 m<sup>2</sup>,
- plochy s prouděním půdního vzduchu nižším než je citlivost měřicího zařízení představují cca 30 % z celkové rozlohy termicky postižených ploch, tj. cca 39 000 m<sup>2</sup>.

Za předpokladu, že na plochách termicky aktivních dochází k únikům plynů i v místech, kde rychlosti proudění půdního vzduchu na povrch byly nižší než citlivost měřicího zařízení, byla při výpočtu hmotnostních toků z těchto ploch použita rychlost 0,05 m/s, tj. polovina meze citlivosti“ (1).

## 2.2. Komentář ke způsobu výpočtu ročních emisí

V následujících kapitolách jsou stručně komentovány metody výpočtu ročních emisí uvedené na straně 83 a 84 analýzy rizik.

### 2.2.1. Použití aritmetického průměru naměřených dat pro stanovení ročních emisí

Ke stanovení aritmetického průměru použili autoři soubor dat uvedený v tabulce 21. Jedná se o hmotnostní koncentrace plynů na termicky aktivní ploše s měřitelným prouděním. Pro přehlednost ji zde cituji:

Označení vzorku	proudění m/s	NO µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> µg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	CO mg/m <sup>3</sup>	suma VOC mg/m <sup>3</sup>
HERM 7	0.20	12048.19	<-102.63	12150.83	7996.43	1072.02	57.63
HERM 17	0.22	70950.47	<-102.63	71053.10	3141.45	609.73	4.59
HERM 71	0.15	92369.48	<-102.63	92472.11	104810.35	1070.77	66.30
HERM 74	0.13	9370.82	<-102.63	9473.45	<-142.79	254.89	57.80
HERM 75	0.25	>1338688.09	<-102.63	>1338790.72	>128380.19	1072.02	402.90
HERM 84	0.14	250334.67	<-102.63	250437.30	428380.19	1070.77	52.70
HERM 85	0.30	140562.25	<-102.63	140664.88	14279.34	1072.02	49.47
HERM 115	0.20	<5.35	<-8.21	<-11.56	<-36.27	3.22	0.17
HERM 27	0.10	239625.17	<-102.63	239727.80	<-142.79	6.25	49.30
HERM 30	0.25	2677.38	<-102.63	2780.01	<-142.79	<-0.62	15.13
HERM 35	0.25	9370.82	<-102.63	9473.45	<-142.79	102.45	0.17
HERM 38	0.18	8032.13	<-102.63	8134.76	<-142.79	289.87	3.06
HERM 39	0.10	4016.06	<-102.63	4118.70	<-142.79	61.22	0.17
HERM 48	0.25	16064.26	<-102.63	16166.89	1142.35	284.87	13.09
HERM 72	0.20	542168.67	<-102.63	542271.31	<-142.79	289.87	64.60
HERM 73	0.10	281124.50	<-102.63	281227.13	28558.68	1072.02	22.61
HERM 111	0.25	28915.66	<-102.63	29018.30	>128380.19	1072.02	81.77
HERM 133	0.30	10709.50	<-102.63	10812.14	41410.08	1072.02	3.06
HERM 134	0.20	8032.13	<-102.63	8134.76	37126.28	1072.02	5.10
HERM 43	0.18	46854.08	<-102.63	46956.72	6282.91	439.80	3.06
HERM 44	0.30	401.61	<-102.63	504.24	16278.45	397.32	0.17
HERM 47	0.15	10709.50	<-102.63	10812.14	54261.49	1075.77	0.17
HERM 49	0.12	<-669.34	<-102.63	<-771.98	285.59	13.74	0.17
HERM 50	0.12	1338.69	<-102.63	1441.32	3712.63	164.93	0.17
HERM 51	0.12	14725.57	<-102.63	14828.20	3427.04	314.86	0.17
HERM 52	0.20	133.87	<-102.63	236.50	4283.80	202.41	0.17
HERM 53	0.21	14725.57	205.27	14930.83	4854.98	218.66	0.17
HERM 54	0.12	<-669.34	<-102.63	<-771.98	285.59	56.22	0.17
HERM 57	0.16	<-669.34	<-102.63	<-771.98	285.59	5.00	0.17
HERM 59	0.15	<-669.34	<-102.63	<-771.98	1713.52	37.48	0.68
HERM 60	0.35	133.87	<-102.63	236.50	<-142.79	22.49	0.17
HERM 61	0.35	133.87	<-102.63	236.50	4569.39	188.67	0.17
HERM 62	0.10	1338.69	<-102.63	1441.32	6282.91	279.88	0.51
HERM 63	0.28	2677.38	<-102.63	2780.01	7996.43	337.35	0.17
HERM 64	0.30	4016.06	<-102.63	4118.70	285.59	92.46	1.86
HERM 65	0.34	16064.26	<-102.63	16166.89	7996.43	1074.52	6.63
HERM 66	0.60	4016.06	<-102.63	4118.70	9138.78	1004.55	0.17
HERM 70	0.14	113788.49	<-102.63	113891.12	3427.04	228.65	23.80
HERM 86	0.20	240963.86	<-102.63	241066.49	234181.17	1075.77	22.95
HERM 87	0.24	4016.06	<-102.63	4118.70	5140.56	274.88	0.17
HERM 89	0.13	14725.57	<-102.63	14828.20	2855.87	134.94	0.85
HERM 90	0.11	<-669.34	<-102.63	<-771.98	16564.03	464.79	0.17
HERM 91	0.23	4016.06	<-102.63	4118.70	14564.93	1075.77	0.51
HERM 92	0.14	28112.45	<-102.63	28215.08	287014.73	1077.02	12.58
HERM 93	0.11	<-669.34	<-102.63	<-771.98	285.59	1.25	0.17
HERM 94	0.18	68273.09	<-102.63	68375.73	3998.22	582.24	3.06
HERM 96	0.25	4016.06	<-102.63	4118.70	19705.49	1075.77	0.17
HERM 104	0.20	1338.69	<-102.63	1441.32	13422.55	602.23	0.17
HERM 105	0.28	1338.69	<-102.63	1441.32	3427.04	184.92	0.17
HERM 106	0.22	1338.69	<-102.63	1441.32	1142.35	97.46	0.17
HERM 112	0.21	2677.38	<-102.63	2780.01	10852.30	643.46	0.17
HERM 113	0.10	8032.13	<-102.63	8134.76	27987.51	1084.52	0.17
HERM 115	0.10	10709.50	205.27	10914.77	285.59	5.00	0.17
NV č. 597/2006 Sb.			40/rok 200/1h		125/24h 350/1h	10/8h	
NV č. 361/2007 Sb.	PEL NPK-P			10000 20000	5000 10000	30 150	

Zdroj (1)

Základní statistické ukazatele výše uvedeného souboru dat přitom jsou:

**Tabulka 1: Statistické ukazatele souboru naměřených dat hmotnostních koncentrací**

	NO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NO <sub>2</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NO <sub>x</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SO <sub>2</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	CO $\text{mg}/\text{m}^3$	suma VOC $\text{mg}/\text{m}^3$
<b>Aritmetický průměr</b>	69 616,90	104,72	69 721,62	43 426,04	492,14	19,42
<b>Median</b>	8 032,13	102,63	8 134,76	4 569,39	289,87	0,51
<b>Minimum</b>	3,35	8,21	11,56	36,27	0,62	0,17
<b>Maximum</b>	1 338 688,09	205,27	1 338 790,72	428 380,19	1 084,52	402,90
<b>Počet hodnot</b>	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00	53,00
<b>Sm.odchylka</b>	201 094,16	23,69	201 093,68	107 158,36	426,92	57,33

Pro výpočet ročních emisí použili autoři aritmetický průměr naměřených hodnot hmotnostních koncentrací, průměrnou rychlost proudění a odhadovanou plochu hořením zasaženého odvalu. Tento postup však vykazuje řadu chyb.

Aritmetický průměr je zřejmě nejčastěji používaný statistický pojem, který se objevuje i v běžném lidském vyjadřování. S tím ovšem souvisí i fakt, že je velice často využíván chybně, či dokonce záměrně zneužíván.

Nejčastější chybou je aplikace aritmetického průměru tam, kde je na místě využít jinou statistiku. Např. průměrný počet ulic v české obci je 13, ale jen 31 z 6250 obcí (méně než 0,5 %) má průměrný počet ulic a většina obcí má méně než průměrný počet ulic. Jiný příklad: aritmetický průměr majetku občanů v americkém městě Redmond je velice vysoké číslo, což ovšem neznamena, že *typický* obyvatel tohoto města je bohatý. Tento fakt pouze odráží tu skutečnost, že v daném městě bydlí multimiliardář Bill Gates. Jinými slovy: jediná hodnota, která se velice výrazně odlišuje od ostatních, může ovlivnit hodnotu aritmetického průměru tak, že vyjadřuje jen zcela iluzorní údaje. Např. aritmetickým průměrem souboru { 1, 2, 2, 2, 3, 9 } je přibližně 3,2, přestože pět ze šesti hodnot tohoto souboru je menších. V obdobných případech je mnohem vhodnější použít pro vyjádření typické hodnoty medián (který je u této množiny roven dvěma, což je mnohem lepší popis typické hodnoty). Další možností je současně s průměrem uvést i směrodatnou odchylku, která je v tomto příkladu přibližně 2,9 (3).

Základním předpokladem pro použití aritmetického průměru je **normální rozložení souboru dat**. Tento soubor dat však v žádném případě nevykazuje tuto vlastnost.

Normální rozdělení neboli Gaussovo rozdělení (podle Carla Friedricha Gausse) je jedno z nejdůležitějších rozdělení pravděpodobnosti spojité náhodné veličiny. (Slovo „normální“ zde není použito v nejběžnějším smyslu „obyčejné, běžné“, ale znamená „řídící se zákonem, předpisem nebo modelem“.) Jeho důležitost ukazuje centrální limitní věta (CLV), jež zhruba řečeno tvrdí, že součet či aritmetický průměr velkého počtu libovolných vzájemně nezávislých a nepříliš „divokých“ náhodných veličin se vždy podobá normálně rozdělené náhodné veličině (4).

K určení, zda má soubor dat normální rozdělení se používají testy normality. Účelem tohoto posouzení není detailní statistické zkoumání, a proto se zde omezím pouze na dva základní způsoby hodnocení datového souboru.

### *Velmi hrubý odhad*

Pro orientační posouzení lze porovnat aritmetický průměr s mediánem, přičemž tyto veličiny by se u normálního rozdělení neměly lišit o více než 10%.

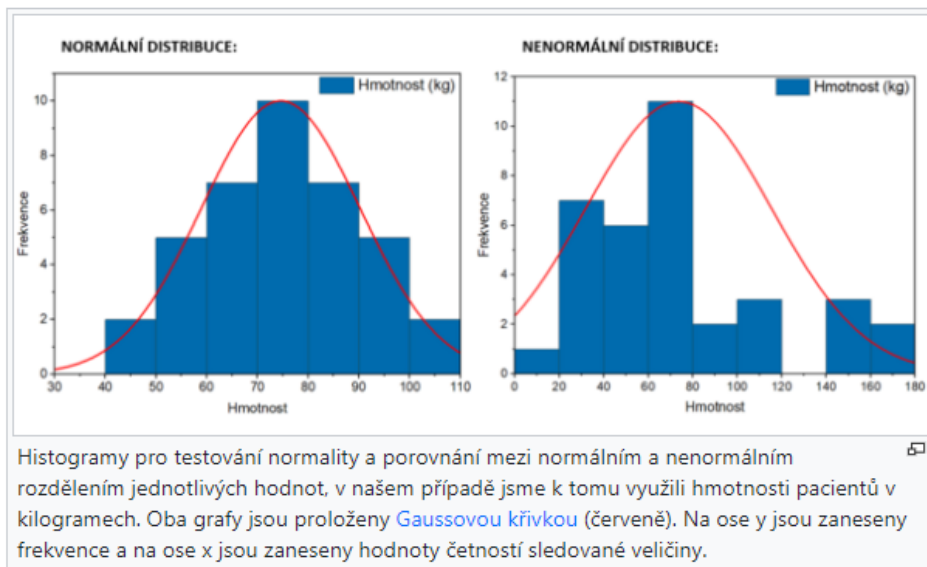
Z Tabulka 1 je zřejmé, že toto orientační pravidlo soubor dat v žádném případě nesplňuje.

## Grafické metody

Z grafických metod lze použít například sestavení histogramu.

Pro lepší pochopení následujících obrázků, jako první uvádím příklad normálního a nenormálního rozložení.

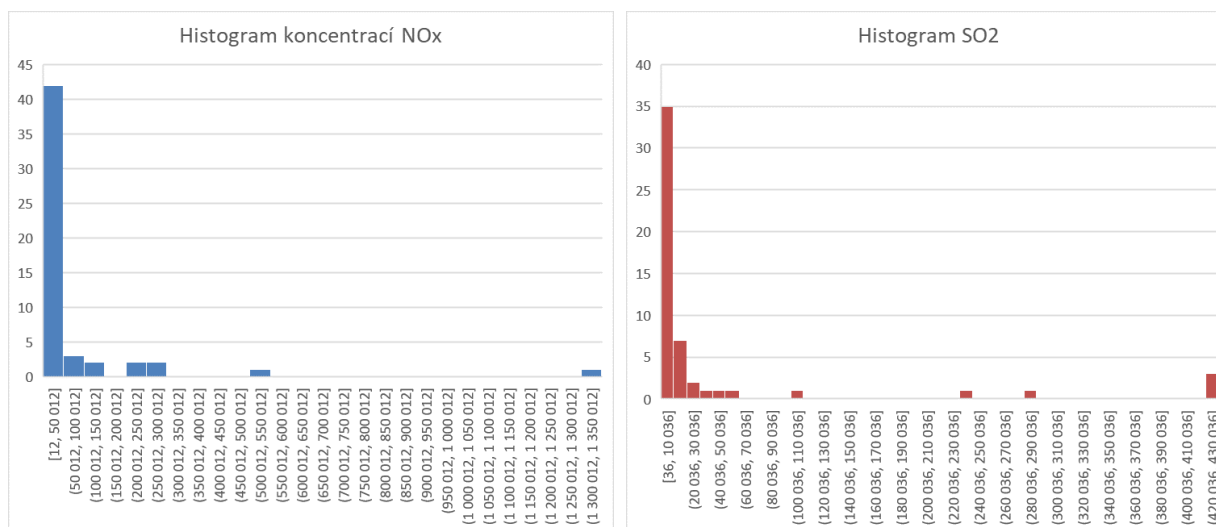
**Obrázek 1: Ilustrativní obrázek normálního a nenormálního rozložení dat**



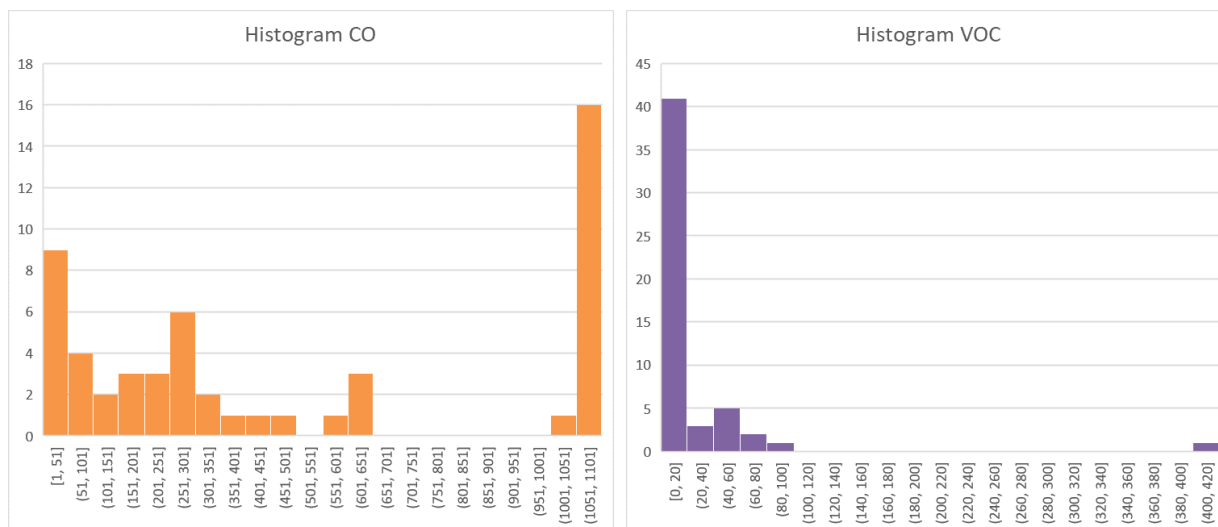
Zdroj Wikipedia (4)

A nyní histogramy pro data použité autory Analýzy rizik:

**Obrázek 2: Histogramy koncentrací NO<sub>x</sub> a SO<sub>2</sub> z dat použitých pro stanovení průměru v analýze rizik**



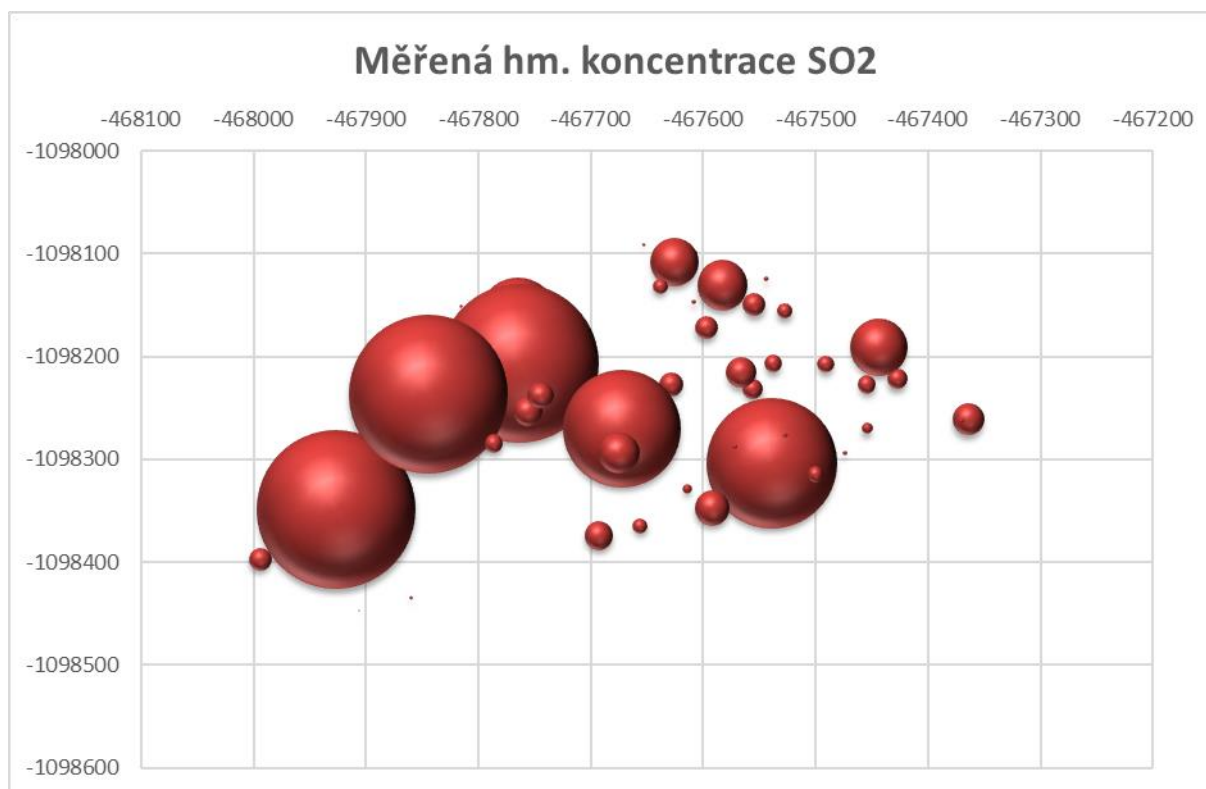
**Obrázek 3: Histogramy koncentrací CO a VOC z dat použitých pro stanovení průměru v analýze rizik**



**Je naprosto zřejmé, že ani v jednom případě neukazuje histogram na normální rozložení dat. Použití aritmetického průměru naměřené hmotnostní koncentrace pro výpočet ročních emisí škodlivin z plochy odvalu je tedy buď záměrnou nebo neznalostní chybou zásadního významu.**

Nerovnoměrnost rozložení souboru dat lze vidět i na prostorovém znázornění měřených koncentrací SO<sub>2</sub> nad plochou odvalu. Plocha koulí odpovídá naměřené koncentraci. Rozložení v prostoru odpovídá souřadnicím výše zmiňovaných 53 měřicích bodů v systému S-JTSK. Krok zobrazené sítě je 100 m.

**Obrázek 4: Prostorová distribuce naměřených koncentračních dat**



Ostatní sledované škodliviny vykazují obdobně nepravidelné rozložení.



### 2.2.2. Stanovení ročních emisí z termicky aktivní plochy s neměřitelným prouděním

Monitoring emisí nad povrchem odvalu byl prováděn ve 152 měřicích bodech. Z toho v 53 bodech bylo zjištěno měřitelné proudění vzdušiny. Tyto body jsou popsány v předchozí kapitole. V ostatních měřicích bodech byly zjištěny hodnoty koncentrací, případně proudění nižší než mez detekce použitých metod a v původní zprávě (2) byly uvažovány jako nulové. Autoři Analýzy rizik přesto ze souboru dat vybrali ještě dalších 18 měřicích bodů, kde sice nebyl zjištěn průtok plynu, ale byly zjištěny měřitelné koncentrace škodlivin. Tento přístup vedený patrně snahou nepodhodnotit výpočet ročních emisí není z mého pohledu obhajitelný.

Z v těchto bodech zjištěných koncentrací škodlivin autoři Analýzy rizik opět vypočetli aritmetický průměr, který následně vynásobili polovinou meze citlivosti přístroje pro měření rychlosti proudění, tj. 0,05 m/s. Toto je však hodnota odpovídající 25% průměrné rychlosti z bodů s měřitelným průtokem vzdušiny. Takovéto zjednodušení opět do výpočtu ročních emisí z plochy odvalu vnáší významnou chybu.

### 2.2.3. Stanovení ročních emisí na základě jednorázového měření

Pro výpočet ročních emisí z plochy odvalu použili autoři Analýzy rizik výsledky jednorázového monitoringu prováděného Zdravotním ústavem se sídlem v Ostravě 25. 5. až 31. 5. 2010. V době zpracování Analýzy rizik nebyly pravděpodobně k dispozici jiné zdroje, nicméně za zásadní chybu považují zcela chybějící komentář popisující možnou proměnlivost emisí škodlivin v čase. Přitom autorům muselo být toto zřejmé i z obrovské nehomogenity měřených koncentrací škodlivin zjištěné již výše uvedeným monitoringem.

Velkou variabilitu dat v ploše odvalu i proměnlivosti v čase potvrzují i zpracovatelé projektu TERDUMP, Spolupráce VŠB-TUO/GIG Katowice na průzkumu hořících hald na obou stranách společné hranice, CZ.11.4.120/0.0/0.0/15\_006/0000074 (Ostrava, květen 2019). Ve zprávě Posouzení emisí do ovzduší z hlediska rizik pro zdraví a životní prostředí (5) hodnotí v kapitole 3.1 autor variabilitu naměřených dat: „Z porovnání maximálních a průměrných hodnoty vyplývá, že jednotlivé preferenční cesty úniku zplodin hoření z těles odvalů se vyznačují řadovými rozdíly emisní koncentrace všech hodnocených zástupců PAH. Nejvíce proměnlivé v rámci jednotlivých měřicích míst jsou na všech hodnocených odvalech koncentrace „lehkých“ kongenerů (fluoren, fenantren, antracen, acenaften, naftalen). Naopak nejnižší variabilitu vykazují zástupci s vyšším počtem aromatických jader (zejména benzo[k]fluoranten, benzo[a]pyren a dibenzo[ah]antracen). Nejmenší variabilita byla zjištěna v případě haldy Ema (rozdíly v rozmezí 2 řádů u těkavých kongenerů a pouze jednotek násobků koncentrace v případě těžkých PAH), což je pravděpodobně způsobeno pouze 2 odběrovými místy. Na lokalitě Hedvika se emisní koncentrace na různých místech odvalu různí v rozmezí až 2-3 řádů a v případě haldy Heřmanice v rozmezí 3-4 řádů.

**Z hlediska proměnlivosti v čase jsou nejstabilnější emise z odvalu Ema ... V případě odvalu Heřmanice se v čase měnily koncentrace v průměru o 2 řády, přičemž kolísavost lehkých zástupců PAH byla vyšší (cca 3 řády)“ (5).**

### 2.2.4. Shrnutí připomínek ke způsobu výpočtu ročních emisí

Výpočet ročních emisí škodlivin z povrchu Odvalu Heřmanice uvedený ve zprávě s názvem „Analýza rizik odvalů zasažených endogenním hořením ve správě DIAMO, s.p., o.z. Odra“ (1) obsahuje nesprávné postupy zpracování naměřených dat. Jedná se zejména o nevhodné použití statistických výpočtů a nadhodnocený údaj o emisích z plochy odvalu, kde nebylo měřicí technikou zjištěno měřitelné proudění vzdušiny obsahující sledované škodliviny.

Rovněž není v Analýze rizik komentováno riziko chyb plynoucích z použití jednorázového monitoringu pro stanovení ročních emisí škodlivin, což zejména u takto variabilních měřených dat považují za nutné.

### 3. Vlastní výpočet ročních emisí škodlivin z povrchu odvalu

Jak již bylo zmíněno, autor tohoto posouzení se podílel na projektu monitoringu emisí z povrchu odvalu v roce 2010 (2). Součástí této studie bylo i modelování rozložení koncentrací a hmotnostních toků škodlivin nad plochou odvalu. Výstupy tohoto modelu jsou uvedeny také v Analýze rizik jako obrázky č. 18 a č. 19 na stranách 85 a 86. Podkladem pro modelování byla síť monitorovacích bodů, do které bylo zakotveno všech 152 měřicích bodů pro zjišťování koncentrace škodlivin nad povrchem odvalu. Tato síť je rovněž použita v Analýze rizik jako obrázek č. 13 na straně 78. Autoři Analýzy rizik však tyto obrázky nijak nekomentují.

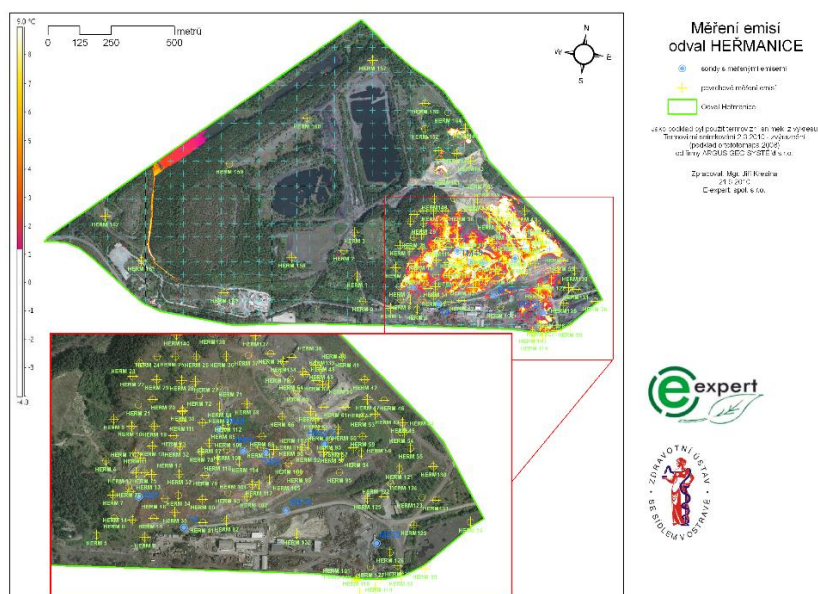
**S přihlédnutím k nejistotě dané jednorázovým monitoringem** se na základě výše uvedených dat nyní pokusím o **odborný odhad ročních emisí škodlivin z povrchu odvalu**.

#### 3.1. Postup výpočtu

1. Pro každý měřicí bod byly stanoveny hodnoty hmotnostního toku sledovaných škodlivin jako součin hmotnostní koncentrace, rychlosti proudění a průřezu hrdla odběrového zařízení.
2. V dalším kroku byla provedena interpolace dat z povrchových odběrů pomocí metody NATURAL NEIGHBOR<sup>1</sup> na území odvalu v síti 2x2 m. Pro výpočet intervalů byla zvolena metoda NATURAL BREAKS (Jenks)<sup>2</sup>.
3. Data pro následující výpočty byla zpětně extrahována pomocí metody EXTRAKT VALUES TO POINTS přiřazením hodnot příslušných rastrů ploše čtverců v bodové síti 10x10 m.
4. Roční emise dané škodliviny je potom získána integrací dat hmotnostních toků ze čtverců pravidelné sítě nad plochou odvalu.

Výše uvedený postup založený na váženém průměru mnohem lépe zohledňuje nerovnoměrné rozložení souboru naměřených dat.

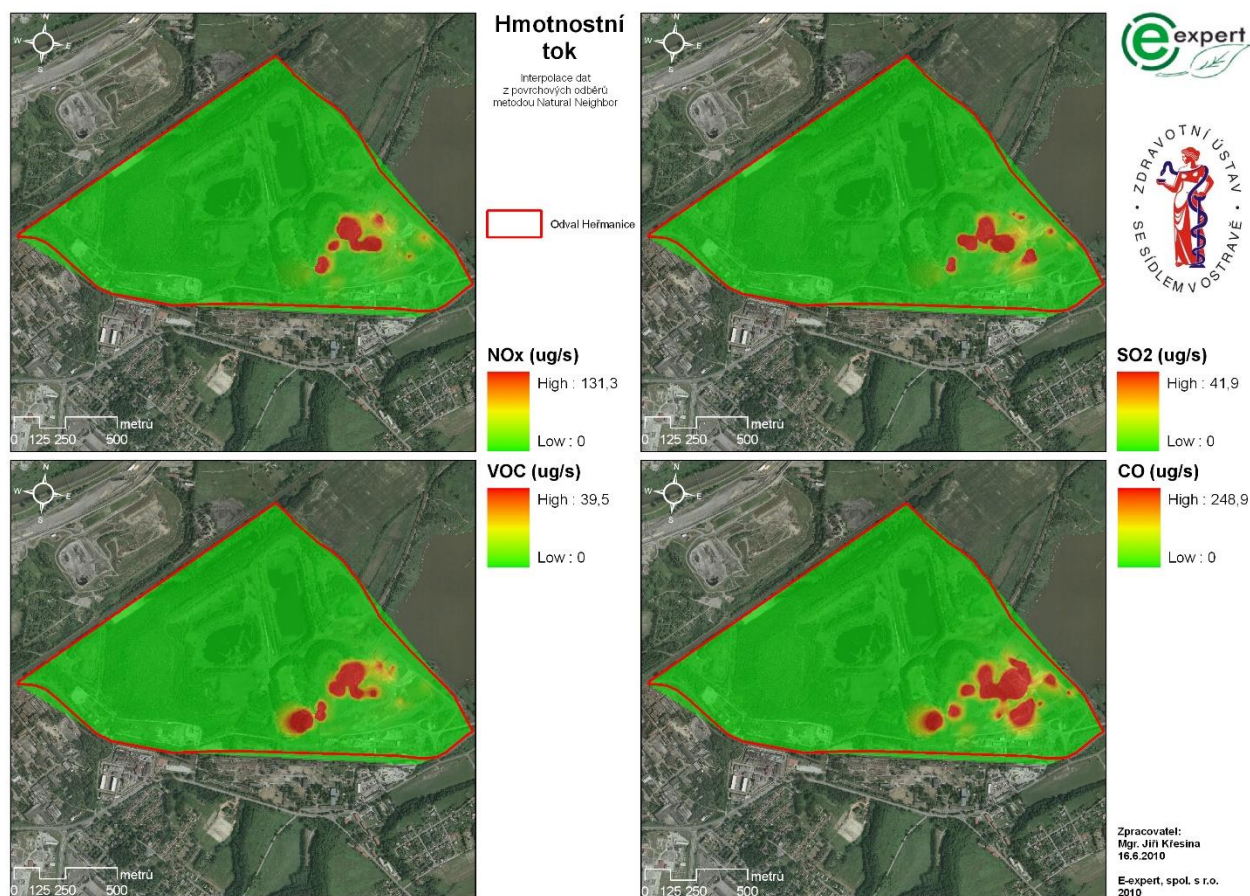
**Obrázek 5: Zdrojová podkladová síť 50x50 m pro návrh monitoringu**



<sup>1</sup> Metoda Natural Neighbor spočívá v odhadu neznámých hodnot z několika nejbližších hodnot. Zpracovávané území je rozdělené do nepravidelných trojúhelníků (tzv. Delaunay triangulace). Z těchto trojúhelníků jsou poté definovány tzv. Thiessenovy polygony. V závislosti na rozmístění měřených dat mohou tyto polygony být pravidelné či nepravidelné.

<sup>2</sup> Metoda Natural Breaks (Jenks) je založena na třídění dat, kdy jsou vybrány hranice intervalů tak, aby vznikly co nejsoudržnější skupiny dat v rámci jednoho intervalu a zároveň aby se intervaly co nejvíce vzájemně odlišovaly. Hranice intervalů jsou proto určeny tam, kde dochází k relativně výraznému skoku v hodnotách sledovaného jevu.

Obrázek 6: Interpolovaná data hmotnostních toků škodlivin použitá pro odborný odhad ročních emisí



### 3.2. Vypočtená data – odborný odhad ročních emisí škodlivin z povrchu odvalu

V následující tabulce jsou hodnoty ročních emisí škodlivin vypočtené postupem uvedeným v předchozí kapitole porovnány s hodnotami uvedenými v tabulce 24 Analýzy rizik (1). I přes zohlednění variability naměřených dat pomocí geostatistických metod je stále nutné vypočtené roční hmotnostní toky škodlivin považovat za odborný odhad.

Oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) jsou součtem oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO<sub>2</sub>). V porovnání proto uvádíme pouze NO<sub>x</sub>.

Tabulka 2: Porovnání ročních emisí škodlivin.

	SO <sub>2</sub> t/rok	NO <sub>x</sub> t/rok	CO t/rok	VOC t/rok
Analýza rizik (1)	25 415	40 803	286 736	11 269
Vlastní výpočet	170	239	3 098	76
Projekt TERDUMP (5)	-	-	-	0,004 <sup>3</sup>

Rozdíly ve stanovení ročních emisí jsou v úrovni několika řádů, proto je v následující kapitole proveden ověřovací výpočet založený na bilanci síry.

<sup>3</sup> V rámci projektu TERDUMP byly sledovány perzistentní organické látky (zde jako suma PAH). Pouze informativně porovnatelné se sumou těkavých organických látek (VOC).

### 3.3. Kontrolní výpočet založený na bilanci síry

Pro ověření výpočtu ročních emisí je možno použít bilanci síry založenou na podobnosti s běžným spalovacím procesem. Hoření je exotermická reakce, při které dochází k oxidaci hořlavých složek v palivu. Hořlavinu tvoří především uhlíkaté sloučeniny oxidující na CO<sub>2</sub>, ale také sloučeniny síry oxidující na SO<sub>2</sub>.

Obsah síry v materiálu tvořící odval (palivu) je znám, a proto jsem pro ověření údajů o ročním emisním toku SO<sub>2</sub> v Tabulka 2 provedl výpočet hmotnostního toku SO<sub>2</sub> pomocí stechiometrických spalovacích rovnic.

Postup výpočtu:

	Konzervativní výpočet	Reálný odhad		
Termicky aktivní plocha odvalu	130 000	91 000	m <sup>2</sup>	(shodně s analýzou rizik)
Výška odvalu	60	30	m	(konzervativní odhad)
Objem term. aktivní části odvalu	7 800 000	2 730 000	m <sup>3</sup>	(výpočet)
Objemová hmotnost hlušiny	1 800	1 800	kg/m <sup>3</sup>	(předpoklad)
Hmotnost materiálu v term. aktivní části odvalu	14 040 000	4 914 000	t	(výpočet)
Obsah síry v odvalu	0,70	0,35	% hm.	(předpoklad)
Hmotnost síry v aktivní části odvalu	98 280	17 199	t	(výpočet)
Stechiometrická rovnice oxidace (hoření) síry				
	$S+O_2=SO_2$			
	$32+2*16=64$		g/mol	
Tok SO <sub>2</sub> dle analýzy rizik	25 415	25 415	t/r	(Tabulka č. 24 (1))
Úbytek S v odvalu	12 708	12 708	t/r	(výpočet)
Z toho plyne, že veškerá síra by vyhořela za	7,73	1,35	let	

První výpočet je proveden velmi konzervativně. Pro stanovení objemu termicky aktivní části odvalu se předpokládala plocha 130 ha, přitom z výše uvedených obrázků je zřejmé, že plocha s aktivním hořením by mohla být až o 30% nižší. Průměrná výška odvalu se uvádí okolo 30 m, max. výška cca 70 m, pro výpočet byla zvolena hodnota 60 m. Do odvalu Heřmanice byla ukládána hlušina z těžby černého uhlí Dolu Heřmanice. Obsah síry v černém uhlí se pohybuje dle různých zdrojů od 0,5 % 1,2 %, průměrně 0,7 %. Pro ověřovací výpočet byl obsah síry v hlušině zvolen ve výši 0,7 % hm. V podstatě tedy předpokládáme, že odval je tvořen pouze černým uhlím, nikoli hlušinou.

**Z ověřovacího výpočtu plyne, že při ročním emisním toku SO<sub>2</sub> uváděném v tabulce č. 24 Analýzy rizik by došlo k vyhoření veškeré síry v odvalu do 8 let. Odval je přitom termicky aktivní již cca 30 let. Je tedy zřejmé, že výpočty ročních emisních toků škodlivin uváděné v tabulce č. 24 Analýzy rizik jsou nereálně vysoké.**

## 4. Zpětné posouzení emisních toků dle údajů o kvalitě ovzduší

### 4.1. Rešerše veřejně dostupných studií

Problematikou emisí škodlivin z odvalů se v posledních letech zabývalo několik projektů. Mimo již zmiňovaný monitoring prováděný Zdravotním ústavem se sídlem v Ostravě (2), také například projekt „Ověření zdrojů benzenu v severovýchodní části města Ostravy“, zpracovaný řešiteli z Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ), E-expert, spol. s r.o. a Zdravotního ústavu se sídlem v Ostravě (6) nebo projekt TERDUMP, Spolupráce VŠB-TUO/GIG Katowice na průzkumu hořících hald na obou stranách společné hranice, CZ.11.4.120/0.0/0.0/15\_006/0000074 (Ostrava, květen 2019) (5).

Všechny tyto projekty se v nějaké míře také zabývaly hodnocením vlivu emisí z odvalu Heřmanice na kvalitu ovzduší. V těchto projektech autoři použili různé metodické postupy a různé hodnocené látky. Na jednu stranu to poskytuje záruku vzájemného neovlivňování, na druhou stranu ztěžuje porovnání výsledků.

#### 4.1.1. Projekt Ověření zdrojů benzenu v severovýchodní části města Ostravy

V rámci projektu „Ověření zdrojů benzenu v severovýchodní části města Ostravy“ (6) nebyl odval Heřmanice identifikován jako významný zdroj emisí ovlivňující imisní koncentrace benzenu v hodnocené části Ostravy.

Autoři se na straně 28 vyjadřují také k hodnotám ročních emisí uváděných v Analýze rizik (1). „Režim na haldě se v současnosti neliší od výše popsaného. Východní část se těží a zpracovává na recyklát. Podle autorů této odborné zprávy je odhad ročních emisí z odvalu, uvedený v [DIAMO, 2010], nadhodnocený. Pokud by odpovídal skutečnosti, znamenalo by to, že z odvalu Heřmanice unikne srovnatelné nebo větší množství emisí než vyprodukuje všechny stacionární a mobilní zdroje na území Moravskoslezského kraje. Takto obrovské množství nízkých emisí by se nemohlo rozptýlit, aniž by byly zaznamenány zvýšené koncentrace imisních koncentrací na měřicích stanicích. Tj. že by nevznikl výrazný hot-spot na každoročně tvořených imisních mapách. Zejména během nepříznivých rozptylových podmínek by takové emise musely mít vliv na aktuální imisní koncentrace. Z výše citované zpráva není zřejmé, z čeho plyne odhad pětinoého podílu benzenu v emisích VOC. Rovněž není uvedeno, zda byl výpočet emisního toku škodlivin z haldy oponován nebo je pouze názorem autorů studie“ (6).

#### 4.1.2. Projekt TERDUMP

Projekt TERDUMP je meziinstitucionální spoluprací zaměřenou na společné monitorování a analýzu termicky aktivních odvalů a hald po těžbě uhlí v regionech Ostravska a Horního Slezska (PL). Na základě tohoto bylo provedeno posouzení rizika z hlediska emise prachu a plynů, které zhoršují kvalitu ovzduší v příhraničních oblastech. Projekt vychází z doporučení a závěrů projektu CZ.3.22/1.2.00/12.03398 Hodnocení koncentrací PAU a těžkých kovů na povrchu odvalů a v okolí průmyslových podniků (PAHMET 2013-15). Součástí projektu byl monitoring emisí z odvalu Heřmanice s následným vyhodnocením vlivu na kvalitu ovzduší v okolí odvalu.

V kapitole 3.2.2 závěrečné zprávy (5) provedl autor odhad imisního vlivu odvalů na koncentrace PAH v ovzduší. V případě odvalu Heřmanice vychází z naměřených údajů o koncentracích jednotlivých kongenerů polyaromatických uhlovodíků (PAH) přepočtených na hmotnostní tok. Suma všech zahrnutých PAH činí dle této studie 4,1 kg/r. Tomu autor odhaduje imisní koncentrace v okolní obytné zástavbě takto:

**Tabulka 3: Orientační odhad imisních příspěvků z odvalu Heřmanice dle projektu TERDUMP**

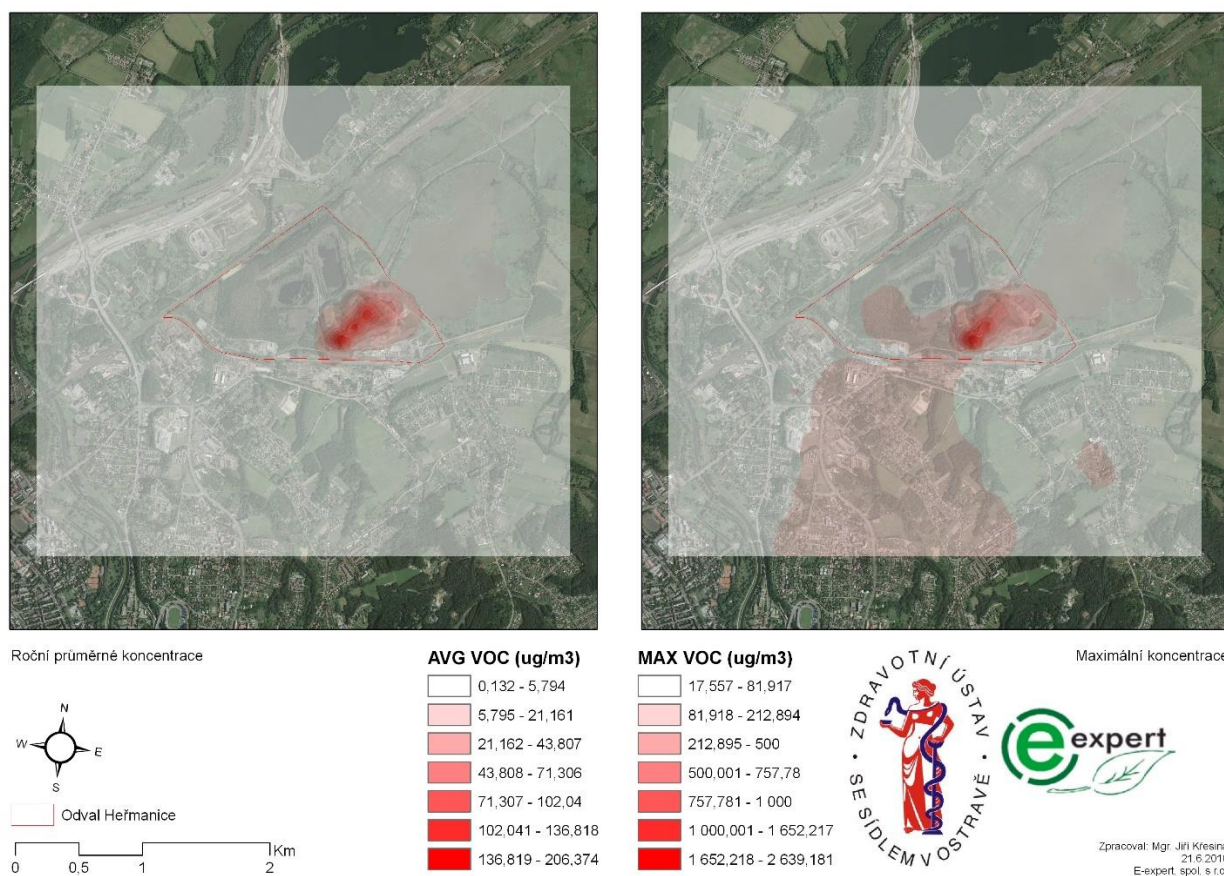
Analyt	Průměrný roční imisní příspěvek [pg.m <sup>-3</sup> ]
Naftalen	10 - 100
Acenaftylen	0.001 – 0.01
Acenaften	10 -100
Fluoren	10 – 100
Fenantren	100 – 1000
Antracen	10 – 100
Fluoranten	10 – 100
Pyren	1 – 10
Benzo(a)antracen	1 – 10
Chrysen	1 – 10
Benzo(b)fluoranten	0.1 – 1
Benzo(k)fluoranten	0.001 – 0.01
Benzo(a)pyren	0.01 – 0.1
Dibenz(ah)antracen	0.001 – 0.01
Benzo(ghi)perylene	0.01 – 0.1
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0.1 - 1

Zdroj: Tabulka 8 zprávy k projektu TERDUMP (5)

#### **4.1.3. Modelový výpočet dle projektu Průzkum kontaminace ovzduší - odval Heřmanice**

V rámci projektu (2) bylo provedeno také informativní modelování vlivu odvalu Heřmanice na kvalitu ovzduší v okolní zástavbě. Modelování bylo provedeno referenční metodikou Symos'97 na základě změřených emisních toků sledovaných škodlivin, tj. NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO a VOC. Jako příklad uvádím imisní mapy koncentrací VOC informativně porovnatelných se závěry projektu TERDUMP.

**Obrázek 7: Odhad imisních koncentrací VOC způsobených emisemi z odvalu Heřmanice**



Odhadovanému emisnímu toku VOC z plochy odvalu ve výši 76 t/r odpovídají průměrné roční imisní příspěvky sumy VOC v lokalitě okolní obytné zástavby 0,1 až 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a maximální koncentrace (výskyt řádově jednotky hodin za rok) 18 až 213  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Vypočtené imisní příspěvky poměrově odpovídají vstupním údajům projektu TERDUMP, a nepřímou tak potvrzují správnost odhadu ročních emisí škodlivin z povrchu odvalu uvedených v Tabulka 2 v řádce „vlastní výpočet“.

## 4.2. Monitoring kvality ovzduší (ZÚ a ČHMÚ)

### 4.2.1. Imisní monitorovací síť

V okolí odvalu Heřmanice se nacházejí dvě lokality imisního monitoringu.

1. Kód lokality: TOHU, Název: Ostrava-Hrušov, Umístění: V areálu společnosti ELSPOL ELEKTRO s.r.o., 900 m SV od areálu OKK Kokšovny, a.s.
2. Kód lokality: TOPR, Název: Ostrava-Přivoz, Umístění: V areálu školy. Dobrá lokalita v zástavbě průmyslové čtvrti.

*Lokalita TOHU – Ostrava Hrušov a TOHE – Ostrava - Heřmanice*

V lokalitě TOHU probíhá měření PAH i VOC. Přičemž koncentrace Benzo(a)pyrenu, jako zástupce PAH se pohybují v měsíčních průměrech od 0,3 do 7,0  $\text{ng}/\text{m}^3$ , roční průměr 2,8  $\text{ng}/\text{m}^3$ . Údaje za rok 2022. Zdroj: (7)

Koncentrace benzenu jako složky VOC se ve čtvrtletních průměrech pohybovala od 2,4 do 4,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , roční průměr 3,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Údaje za rok 2022. Zdroj: (7). V roce 2022 byla v provozu také měřicí lokalita TOHE – Ostrava Heřmanice, kde se koncentrace benzenu ve čtvrtletních průměrech pohybovaly od 1,1 do 2,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,

roční průměr 1,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Lokalita byla umístěna 500 m od odvalu Heřmanice v ulici Kladivova. Zdroj: (7)  
Měřené koncentrace zde jsou nižší než v lokalitě TOHU.

#### Lokalita TOPR – Ostrava Přívoz

V lokalitě TOPR probíhá měření PAH i VOC. Přičemž koncentrace Benzo(a)pyrenu, jako zástupce PAH se pohybují v měsíčních průměrech od 0,3 do 5,4  $\text{ng}/\text{m}^3$ , roční průměr 2,3  $\text{ng}/\text{m}^3$ .

Koncentrace benzenu jako složky VOC se ve čtvrtletních průměrech pohybovala od 3,4 do 6,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , roční průměr 4,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Údaje za rok 2022. Zdroj: (7).

**Měřené imisní koncentrace benzenu v lokalitách TOPR, TOHU a TOHE řádově odpovídají odhadům imisních vlivů modelovaným z emisních hodnot v Tabulka 2 v řádku „vlastní výpočet“ a opět tak nepřímo podporují správnost odhadu ročních emisních toků provedených v kapitole 3.** Změřené imisní koncentrace přitom zahrnují nejen vliv odvalu, ale i příspěvky dalších zdrojů emisí benzenu. I v požadové lokalitě TOPO (Ostrava-Poruba ČHMÚ), kde se vliv odvalu Heřmanice neprojevuje, se koncentrace benzenu ve čtvrtletních průměrech pohybovala od 0,9 do 2,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , roční průměr byl 1,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### 4.2.2. Imisní monitoring prováděný Zdravotním ústavem mimo imisní monitorovací síť

Měření kvality vnějšího ovzduší realizuje pro potřeby společnosti DIAMO Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě - Centrum hygienických laboratoří vždy jako 24hod. kontinuální vzorek (cca od 8 hod do 8 hod následujícího dne). Sledovány jsou následující znečišťující látky: polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH), těkavé organické látky (VOC), CO, SO<sub>2</sub>, příp. PM<sub>10</sub>, a meteoparametry (teplota, relativní vlhkost, tlak, směr a rychlost větru). Ve stejném termínu a čase probíhaly také odběry na 4 měřících stanicích (MS) provozovaných ZÚ se sídlem v Ostravě.

Pro ověření odhadu emisí uvedených v kapitole 3 jsem tentokrát použil jako referenční látku oxid siřičitý.

**Tabulka 4: Imisní koncentrace SO<sub>2</sub> v okolí odvalu Heřmanice - denní průměr ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

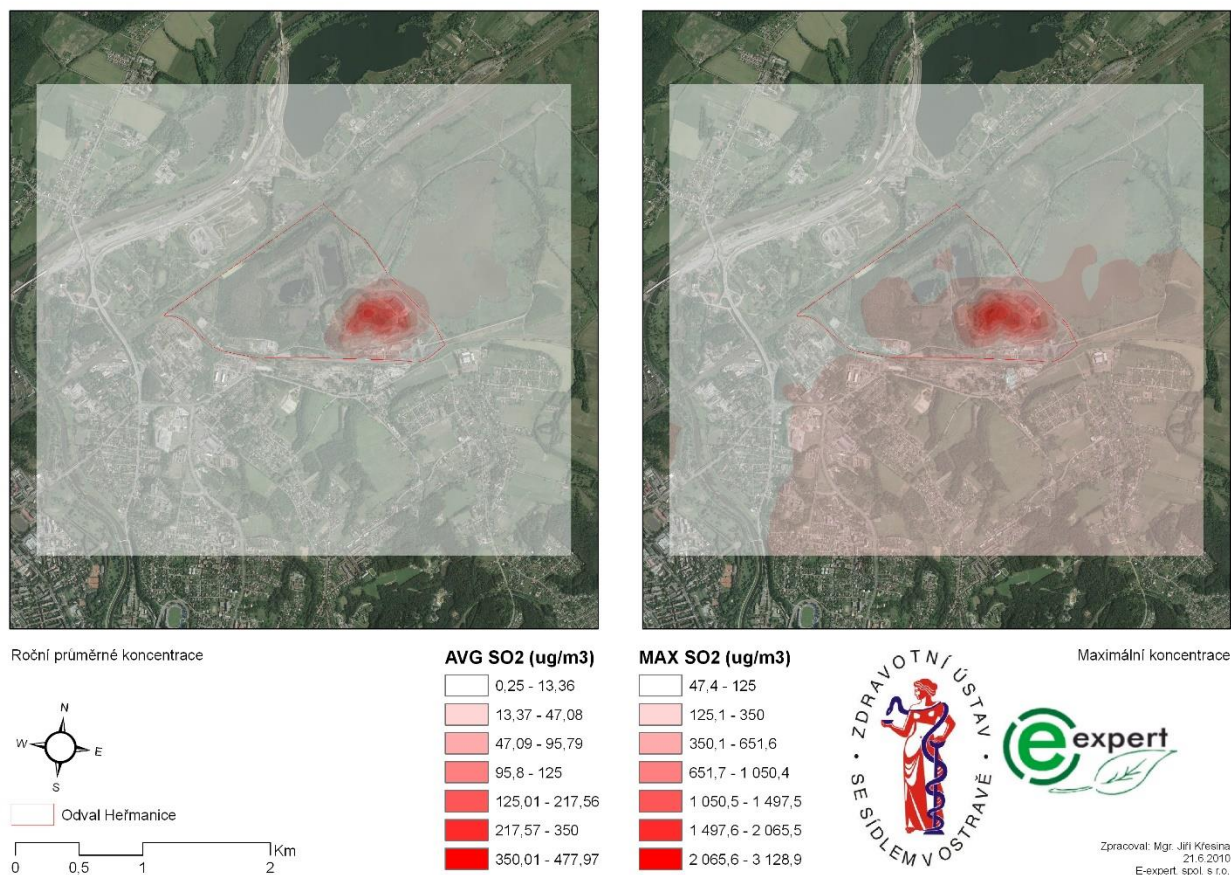
	Heřmanice odval	Hrušov věznice	Heřmanice zástavba RD
04.03.2020	< 11	-	< 11
15.06.2020	< 11	< 11	< 11
11.08.2020	-	< 11	-
15.09.2020	< 11	< 11	< 11
12.11.2020	< 11	< 11	< 11
24.03.2021	< 11	< 11	< 11
08.06.2021	< 11	< 11	< 11
23.09.2021	< 11	< 11	< 11
10.11.2021	< 11	< 11	< 11
22.03.2022	11	< 11	< 11
15.06.2022	< 11	< 11	< 11
13.09.2022	< 11	< 11	< 11
08.11.2022	< 11	< 11	14,9
23.03.2023	11,8	< 11	< 11
13.06.2023	< 11	< 11	< 11
07.09.2023	< 11	< 11	< 11
23.11.2023	< 11	< 11	< 11

Zdroj: DIAMO, státní podnik



V rámci projektu (2) bylo provedeno informativní modelování vlivu odvalu Heřmanice na kvalitu ovzduší v okolní zástavbě. Modelování bylo provedeno referenční metodikou Symos'97 na základě změřených emisních toků SO<sub>2</sub>. Výsledky modelování imisního příspěvku vlivem odvalu Heřmanice jsou zřejmé z následujícího obrázku.

**Obrázek 8: Modelované koncentrace SO<sub>2</sub>**



Odhadovanému emisnímu toku SO<sub>2</sub> z plochy odvalu ve výši 170 t/r odpovídají průměrné roční imisní příspěvky SO<sub>2</sub> v lokalitě okolní obytné zástavby 0,2 až 14 µg/m<sup>3</sup> a maximální koncentrace (výskyt řádově jednotky hodin za rok) 47 až 350 µg/m<sup>3</sup>.

**Vypočtené imisní příspěvky řádově odpovídají měřeným imisním koncentracím SO<sub>2</sub> v okolí odvalu Heřmanice a nepřímo tak potvrzují správnost odhadu ročních emisí škodlivin z povrchu odvalu uvedených v Tabulka 2 v řádku „vlastní výpočet“.** Stejně jako v případě VOC a benzenu je nutné si uvědomit, že změřené imisní koncentrace SO<sub>2</sub> zahrnují i ostatní zdroje emisí ovlivňující řešené území, nejen vliv odvalu.

## 5. Závěrečný komentář

Předmětem tohoto posouzení bylo ověřit tvrzení na stranách 82 a 83 zprávy Analýza rizik odvalů zasažených endogenním hořením ve správě DIAMO, s.p., o.z. Odra (1).

V první části posouzení jsem se věnoval způsobu výpočtu ročních emisí škodlivin z povrchu odvalu použitých autory Analýzy rizik a prezentovaný na stranách 83 a 84 závěrečné zprávy. Uvedený výpočet, dle mého názoru, obsahuje nesprávné postupy zpracování naměřených dat. Jedná se zejména o nevhodné použití statistických výpočtů a nadhodnocený údaj o emisích z plochy odvalu, kde nebylo měřicí technikou zjištěno

měřitelné proudění vzdušiny obsahující sledované škodliviny. To vedlo k nadhodnocení odhadu ročních emisí škodlivin o dva až tři řády. **Autoři Analýzy rizik uvádějí 150x vyšší hodnoty ročních emisí SO<sub>2</sub>, 170x vyšší hodnoty NO<sub>x</sub>, 92x vyšší hodnoty CO a 148x vyšší hodnoty ročních emisí VOC než předpokládají jiné studie.**

Nereálnost údajů o ročních emisích byla potvrzena i orientačním bilančním výpočtem oxidace síry obsažené v materiálu odvalu. Z bilančního výpočtu plyne, že **při ročním emisním toku SO<sub>2</sub> uvedeném v Analýze rizik by došlo k vyhoření veškeré síry v uložené hlušině do 8 let.** Odval je přitom termicky aktivní od konce 90 let minulého století.

V poslední části tohoto posouzení byl zkoumán vztah mezi emisními toky škodlivin vypočtenými autorem tohoto posouzení a reálnými daty získanými z monitoringu kvality ovzduší v okolí odvalu Heřmanice v roce 2022. Pro posouzení emisně-imisních vztahů bylo využito modelu rozptylu škodlivin z (2). Modelem odhadované imisní koncentrace řádově odpovídají údajům z aktuálních dat monitorovacích stanic. Naopak pokud bychom stejný modelový výpočet použili na hodnoty uváděné v Analýze rizik, tak například pro emise benzenu (20% z VOC) v úrovni 2 000 t/r by doplňkové imisní koncentrace benzenu v okolí odvalu dosahovaly hodnot v řádu stovek  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (denní průměr), resp. desítek  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  v ročním průměru. To jsou hodnoty o několik řádů vyšších než údaje z monitorovací sítě.

**Lze tedy předpokládat, že roční emise škodlivin z povrchu odvalu se nebudou příliš lišit od těchto hodnot:**

**Tabulka 5: Odhadované roční emise škodlivin**

	<b>SO<sub>2</sub></b> <b>t/rok</b>	<b>NO<sub>x</sub></b> <b>t/rok</b>	<b>CO</b> <b>t/rok</b>	<b>VOC</b> <b>t/rok</b>
Roční emise z odvalu Heřmanice	170	239	3 098	76

**V důsledku termických procesů uvnitř odvalu Heřmanice jsou do ovzduší emitovány zplodiny nedokonalého hoření. Množství emitovaných látek je však o několik řádů nižší, než uvádějí autoři Analýzy rizik.**

## 6. Citovaná literatura

1. **Vilímová, Zuzana.** Analýza rizik odvalů zasažených endogenním hořením ve správě DIAMO, s.p., o.z. Odra. místo neznámé : Sdružení „Analýza rizik odvalů – GEOtest + Energie“, 2010.
2. **Bílek, Mgr. Jiří.** Průzkum kontaminace ovzduší – Závěrečná zpráva. *Průzkum kontaminace ovzduší - odval Heřmanice.* Karviná : Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, 2010.
3. **Aritmetický průměr.** *Wikipedie.* [Online] [Citace: 28. 2 2024.] [https://cs.wikipedia.org/wiki/Aritmetick%C3%BD\\_pr%C5%AFm%C4%9Br](https://cs.wikipedia.org/wiki/Aritmetick%C3%BD_pr%C5%AFm%C4%9Br).
4. **Normální rozdělení.** *Wikipedie.* [Online] [Citace: 28. 2 2024.] [https://cs.wikipedia.org/wiki/Norm%C3%A1ln%C3%AD\\_rozd%C4%9Blen%C3%AD](https://cs.wikipedia.org/wiki/Norm%C3%A1ln%C3%AD_rozd%C4%9Blen%C3%AD).
5. **Seibert, Radim.** Interpretace výsledků. *Hořící Odvaly - Monitorování hořících odvalů.* [Online] [Citace: 29. 2 2024.] <https://www.horiciodvaly.cz/interpretace-vysledku/>.
6. **Černíkovský, Krejčí, Keder (ČHMÚ), Lollek, Kašpar, Kíčová (E-expert), Hellebrandová, Tomášek (ZÚ).** *Ověření zdrojů benzenu v severovýchodní části Ostravy.* 2013.
7. **ČHMÚ.** Tabeleární ročenka. *Znečištění ovzduší a atmosférická depozice v datech, Česká republika.* [Online] 2022. [Citace: 29. 2 2024.] [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab\\_roc/tab\\_roc\\_CZ.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html).