

Zpracování metodiky odhadu množství fugitivních emisí TZL pro oblast povrchových dolů paliv a jiných nerostných surovin

Ing. Pavel Schmidt, Ing. Petr Svoboda, CSc., Ing. Jan Břejcha

Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most; schmidt@vuhu.cz

Přijato: 10. 10. 2017, recenzováno: 10. a 14. 11. 2017

Abstrakt

Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s. byl v letech 2015 - 2016 řešitelem výzkumného projektu „Výzkum fugitivních emisí tuhých znečišťujících látek (TZL) z povrchových dolů paliv a jiných nerostných surovin (vyjma kamenolomů) a návrh metodik jejich stanovení“. Hlavním výstupem řešení celého projektu je certifikovaná metodika, která zahrnuje stanovení emisních faktorů pro okruh hlavních zdrojů emisí při těžbě paliv a nerostných surovin v podmínkách České republiky a stanovení fugitivních emisí TZL ze zdrojů znečišťování ovzduší s případným zahrnutím navržených korekčních faktorů. Uvedený příspěvek shrnuje základní milníky řešení projektu.

The methodology for estimation of the amount of fugitive emissions for the surface open-pit mines of fuel and other mineral raw materials

Within the years 2015-2016, Brown Coal Research Institute investigated the research project „Research of fugitive emissions of solid pollutants (TPM) from open-pit mines of fuels and other raw materials (excluding stone quarries) and the proposal of methodologies for their determination“. The main output of the project is the certified methodology, which includes the determination of emission factors for the major sources of emissions in the extraction of fuels and raw materials in the Czech Republic and the determination of fugitive emissions from the sources of air pollution including the proposed correction factors. The paper summarizes the basic project milestones.

Erstellung der Methodik für Schätzung der Mengen von fugitiven Emissionen verunreinigender Feststoffen für das Gebiet der Tagebaue für Brennstoffe und andere nutzbare Bodenschätze

Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s. (das Braunkohleforschungsinstitut AG) wurde in Jahren 2015 – 2016 zum Aufgabeverantwortlichen im Forschungsprojekt „Forschung fugitiver Emissionen von verunreinigenden Feststoffen aus den Tagebauen für Brennstoffe und andere nutzbare Bodenschätze (Steinbrüche ausgenommen), und Entwurf der Methodik deren Bestimmung“. Das Hauptziel und Ergebnis der Projektlösung ist eine zertifizierte Methodik, die die Bestimmung der Emissionsfaktoren für den Bereich der Hauptemissionsquellen im Bergbau der Brennstoffe und anderer nutzbarer Bodenschätze in Bedingungen der Tschechischen Republik, sowie auch Bestimmung fugitiver Emissionen von verunreinigenden Feststoffen aus den Quellen der Luftverschmutzung mit etwaigen Einbeziehung von entworfenen Korrekturfaktoren enthält. Der angeführte Beitrag fasst die grundlegenden Meilensteine der Projektlösung zusammen.

Klíčová slova: fugitivní emise, ovzduší, metodika, povrchový důl.

Keywords: fugitive emissions, fresh air, methodology, open-pit mine.

1 Úvod

V rámci programu veřejných zakázek ve výzkumu, experimentálním vývoji a inovacích pro potřeby státní správy s názvem „BETA“, vyhlášeného Technologickou agenturou České republiky, byl pro rok 2015 ze strany Ministerstva životního prostředí vznesen požadavek na řešení výzkumného projektu k problematice stanovení fugitivních emisí tuhých znečišťujících látek (TZL) z povrchových dolů paliv a jiných nerostných surovin. Pro hodnocení fugitivních emisí TZL z povrchových dolů paliv a jiných nerostných surovin v podmínkách ČR v roce 2015 neexistovaly žádné obecně platné metodiky či postupy. Pro hodnocení a odhad emisí z jednotlivých emisních zdrojů se obvykle využívalo několika volně dostupných informačních zdrojů. Základním zdrojem, používaným pro tyto účely nejen ve Spojených státech, se stala publikace U.S. EPA AP 42, Volume I, Fifth Edition a její schválené následné revize (1995-2012).

V rámci vypsaného poptávkového řízení na výzkumný projekt pod identifikačním kódem TB040MZP015 byl jednoznačně definován záměr stanovit množství fugitivních emisí tuhých znečišťujících látek (TZL) z povrchových dolů paliv a jiných nerostných surovin (vyjma kamenolomů) a navrhnout metodiku k jejich stanovení s ověřením platnosti pro podmínky povrchového dobývání v České republice. Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s. (VÚHU a.s.) se dlouhodobě zabývá metodami zjišťování výskytu a šíření prašnosti v lomových provozech, monitoringem prašného aerosolu v okolí povrchových dolů, návrhy protiprašných opatření, a měřením a vyhodnocením účinnosti protiprašných opatření. Všechny realizované práce byly důležité pro vypracování náhledu na problematiku hodnocení velikosti emisí do vnějšího prostředí a i z toho důvodu byla podána nabídka na realizaci výše uvedeného výzkumného projektu, jehož se posléze stal VÚHU a.s. řešitelem.



Obr. 1: Galerie vybraných snímků z měření.

2 Postup řešení projektu

Řešení projektu předpokládalo následující pracovní postup. V první fázi byla na základě zpracovaných rešeršních podkladů určena základní skladba emisí tuhých znečišťujících látek (TZL), zejména emise částic z významných stacionárních zdrojů (těžebních technologií), emise částic z mobilních zdrojů (automobilové dopravy) a emise částic z resuspenze, které přicházejí v úvahu pro dobývací podmínky na těžebních uhelných paliv a dalších nerostných surovin (zejména těžebny jílů, kaolínu, vápence a pískovny) v České republice.

K jednotlivým technologiím a činnostem byly z rešeršních zdrojů přiřazeny postupy stanovení emisí na základě určených emisních faktorů s vyjádřením hmotnostního toku. V přímé návaznosti pak byla organizována měření emisí TZL z jednotlivých zdrojů za použití schválených postupů a metodik měření prašnosti a prašného aerosolu v ovzduší (zejména gravimetrie) při variantních meteorologických a vlhkostních podmínkách tak, aby bylo možno modelově definovat hmotnostní tok emisí TZL ve vazbě na horizontální i vertikální směr od měřeného zdroje. Provedeny byly dále odběry prachových částic pro následná laboratorní zjištění zrnitostní skladby a odpovídajícího vlhkostního stavu těženého materiálu. Výsledky měření a laboratorních rozborů byly poté vzájemně korelovány tak, aby mohly být upřesněny nebo verifikovány soubory rešeršních

hodnot emisních faktorů pro jednotlivé činnosti a technologie používané v podmínkách jednotlivých těžeben v ČR. Vedle výše uvedených měření pak byla dále provedena účelově orientovaná měření na hranici volného ovzduší (zejména měření částic PM_{10}) ve směru převládajícího směru větru a šíření emisí TZL z dané těžebny tak, aby bylo možno stanovit imisní tok přes hranici dané těžebny i ve vazbě na prostorovou konfiguraci těžební technologie, její vzdálenosti od hranice vnějšího ovzduší a na hloubku jednotlivých lomů apod.

Výsledky měření byly ověřeny výpočetními metodami vycházejícími z podstaty zpracování rozptylových studií a korelovány s odhadem emisí provedeným podle zpracované metodiky při použití navržených hodnot emisních faktorů. Pro zpracování metodiky byla využita také řada již existujících dat z vlastních dříve provedených prací a příbuzných projektů z oblasti měření vzniku a šíření prašnosti v lomových provozech, včetně prací při návrzích a realizaci protiprašných opatření v lomovém provozu a ověřování účinnosti těchto opatření. Ze všech zjištěných údajů, provedených korelací, verifikací a modelování byla závěrem zpracována metodika, která v sobě zahrnuje stanovení emisních faktorů při činnostech v povrchových dolech paliv a jiných nerostných surovin v podmínkách provozování lomů v České republice a rovněž nově navržené redukce emisních faktorů, resp. vyčíslení účinnosti technologických opatření vedoucích ke snížení fugitivních emisí TZL. V přímé návaznosti pak



Obr. 2: Měřicí stanice uvnitř lomu.

byl definován postup provedení odhadu množství fugitivních emisí TZL pro oblast povrchových dolů paliv a jiných nerostných surovin. Vlastní metodika byla dle požadavků zadání předložena k oponentnímu posouzení dvěma nezávislým oponentům z řad odborníků v oblasti zjišťování kvality a ochrany ovzduší. Certifikace metodiky byla zajištěna u příslušného orgánu státní správy (Ministerstva životního prostředí), v jehož kompetenci je sledování, resp. vyhodnocování kvality ovzduší. Závěrečná oponentura pak proběhla v červenci 2017.

3 Rešeršní činnost

Pro hodnocení a odhad emisí z jednotlivých emisních zdrojů se obvykle využívá několika volně dostupných informačních zdrojů. Základním zdrojem, používaným pro tyto účely nejen ve Spojených státech, je publikace U.S. EPA AP 42, Volume I, Fifth Edition a její schválené následné revize, 1995-2012 [1]. Z tohoto rozsáhlého kompendia vycházejí téměř všechny dnes využívané systémy pro odhad emisí různých typů emisních zdrojů.

Druhá metodika zabývající se hodnocením a odhady emisí polutantů z různých zdrojů je „EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook“ [2]. Jedná se o metodiku vydanou Evropskou agenturou pro životní prostředí (European Environment Agency) pro účely reportingu a shromažďování informací o úrovni znečištění ovzduší. Pro účely rešerše byla použita revize z roku 2013.

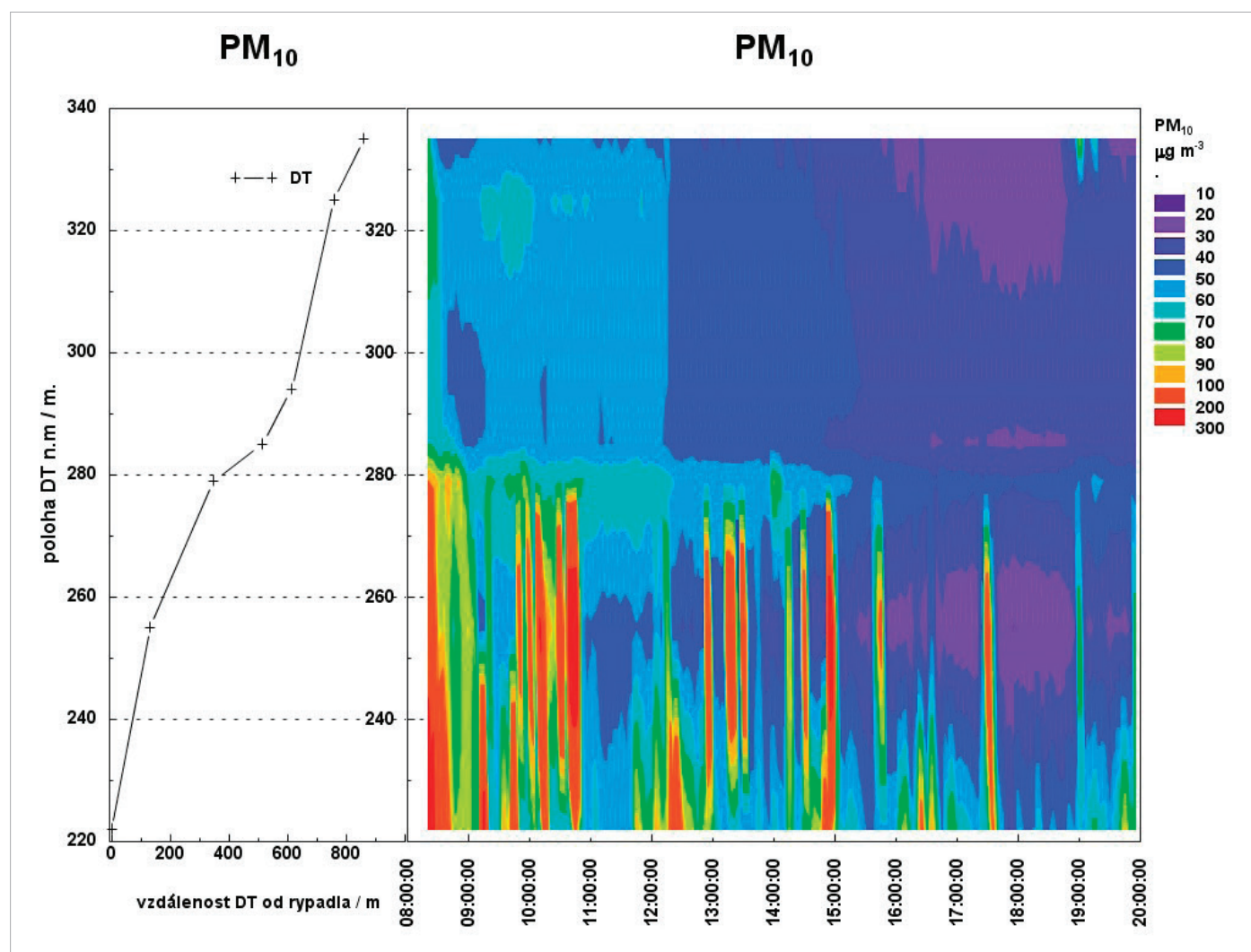
Jako třetí významný metodický zdroj informací byl identifikován systém sledování emisí australské vlády – hodnocení emisí z důlních činností. Účelem příručky „National Pollutant Inventory – Emission Estimation Technique Manual for Mining – Version 3.1 - 2012“ je poskytnout australským průmyslovým společnostem návod pro reportování emisí do národního registru emisí [3]. Manuál popisuje postup a doporučené metody pro odhad emisí spojených s těžbou uhlí a ostatních rud. Manuál je velmi přehledně a podrobně zpracován. Podrobně popisuje jednotlivé technologické stupně a pro každý z nich uvádí odhad emisních faktorů. Tak jako v případě materiálů a systémů popsaných v předchozích odstavcích, také tento materiál zdůrazňuje, že jednotlivé odhady emisních faktorů jsou zatíženy výraznou chybou a pro přesnější odhad je nutno použít data spojená s konkrétní situací každé těžební lokality.

Všechny prostudované metodiky a manuály pro hodnocení emisí při těžbě uhlí v povrchových lomech vycházejí z metodiky EPA AP42. Rozdíl mezi jednotlivými soubory emisních faktorů spočívá pouze v tom, zda a jakým způsobem se vypořádávají s odhadem emisí uvolněných skutečně do vnějšího ovzduší mimo pracovní prostor lomu. Zatímco systém hodnocení EMEP/EEA v úrovních hodnocení 1 a 2 slouží k odhadu fugitivních emisí z důlních činností pro bilanci emitovaných množství škodlivin a činí tak poměrně hrubě a s velkou nejistotou, potom úroveň hodnocení 3 se vrací k systému emisních koeficientů EPA AP42. Metodika EPA AP42 naopak stanovuje veškeré emise z emisního zdroje v místě jeho aktivity, nehodnotí však, jaká část těchto emisí je uvolněna do vnějšího prostředí. Všechny studie hodnotící vliv těžební činnosti na okolí lomu ukazují, že z těchto tzv. „primárních“ emisí do vnějšího okolí lomu uniká jen velmi malá část. Emisní koeficienty této metodiky se tedy dají použít pro matematické modelování

Tab. 1: Porovnání statistických parametrů jednotlivých souborů měření denních (24hodinových od 0:00 do 23:59) hodnot u porovnávaných stanic.

Parametr	Chomutov	S1	S2	S3	Most	Lom	Litvínov
Průměr d.h. [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	19,0	20,3	68,6	16,5	24,8	25,2	17,4
Počet překročení I.L. d.h.	1	3	89	1	5	9	0
Sm. odch. d.h. [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	8,4	10,6	60,0	7,5	14,3	12,2	3,2
Sm. odch. rel. d.h. [%]	43,9	52,1	87,5	45,5	57,6	48,4	18,5
50. percentil d.h. [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	17,0	19,1	51,1	15,2	22,1	24,3	17,0
90. percentil d.h. [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	30,0	34,0	154,3	26,0	39,1	40,7	21,0
98. percentil d.h. [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	41,2	45,2	247,4	36,1	52,5	53,5	26,0

Pozn.: d.h. - denní hodnota; I.L. - imisní limit



Obr. 3: Poloha měřicích bodů [m n. m.] v závislosti na vzdálenosti od rýpadla a konturová mapa denního chodu koncentrace PM_{10} v závislosti na nadmořské výšce. (Pozn. DT - laserový přenosný nefelometr DustTrak)

rozptýlu primárních emisí do okolí, výstupem však jsou úrovně koncentrací v okolí lomu, nikoli odhad množství fugitivních emisí.

Autoři navrhované certifikované metodiky z výše uvedených důvodů doporučili použít pro výpočet roční bilance emisí TZL soubor emisních koeficientů z metodiky NPI australské vlády. Tato metodika použila pro stanovení emisních

koeficientů průměrné a typické podmínky charakteristické pro jejich povrchovou těžbu. Výsledek tohoto zjednodušení vedl k zavedení jednoho emisního koeficientu jako čísla použitelného pro výpočet.

Při provádění rešeršní činnosti bylo využito také výsledků dřívějších prací řešitele projektu. Problematikou vzniku emisí TZL při provozu hnědouhelného povrchového lomu, jejich

šíření do okolního prostředí lomu a možností jejich redukce se VÚHU a.s. zabývá dlouhodobě již od 70. let minulého století - z počátku převážně z hlediska hygieny pracovního prostředí, později také z hlediska šíření TZL do okolí jednotlivých lomů. Právě tyto studie byly důležité pro vypracování náhledu na problematiku hodnocení velikosti emisí do vnějšího prostředí. Mimo vlastní práce byly k dispozici i materiály z dalších dostupných zdrojů zabývajících se touto problematikou, např. studie Ústavu fyziky atmosféry a Ústavu geofyziky AV ČR a Univerzity Karlovy, vč. zahraničních zdrojů v celkovém počtu cca 50. Výčet podkladových zdrojů je plně k dispozici v odborné části řešení projektu [4].

4 Měřicí a laboratorní práce

Měření prováděná v rámci projektu byla zaměřena na získání podkladů pro charakterizaci:

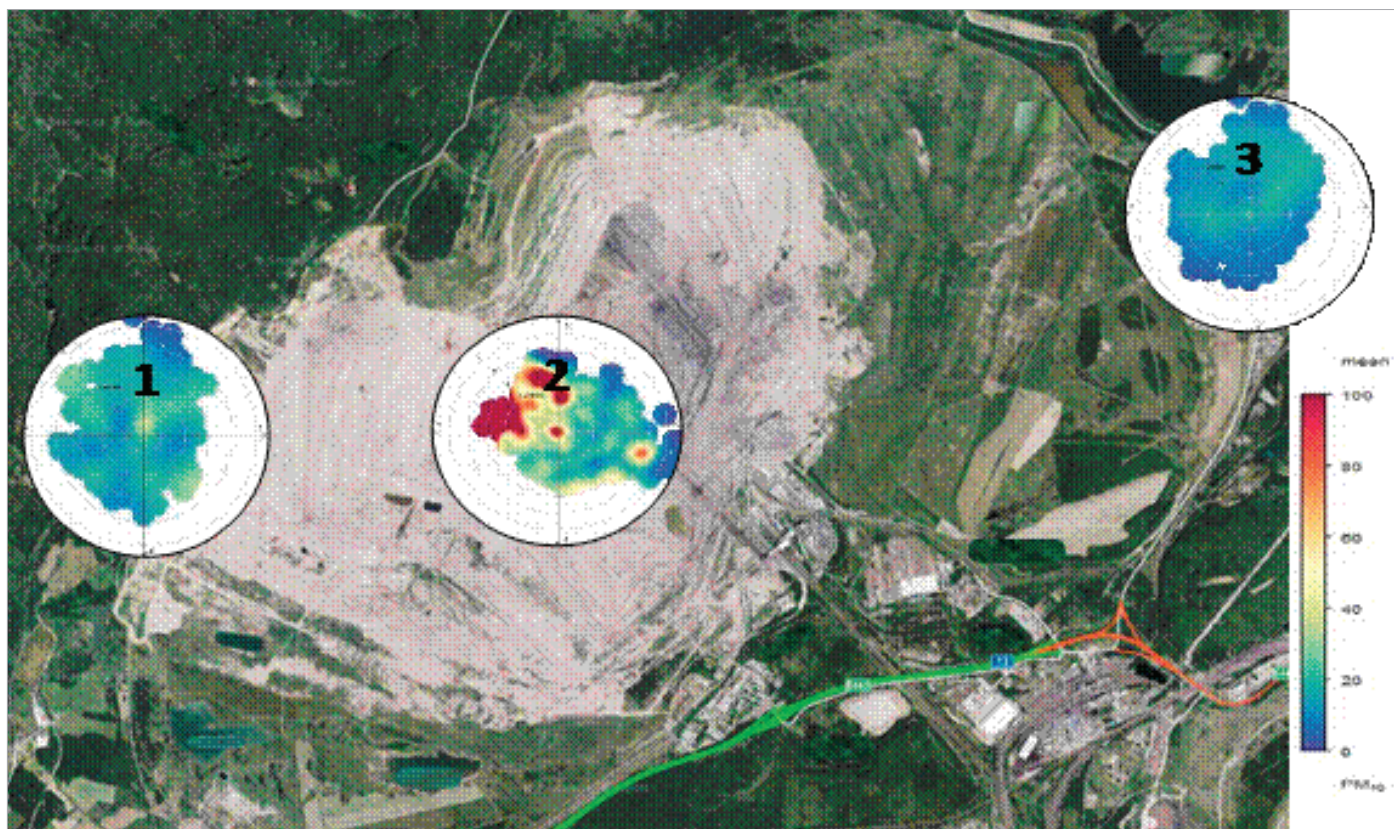
- a) emisí TZL ze základních stacionárních zdrojů a činností provozovaných v souvislosti s povrchovou těžbou uhlí,
- b) přenosu emisí z lomu do venkovního ovzduší ve vztahu k rychlosti větru a případně dalším meteorologickým podmínkám v receptoru,
- c) ověření účinnosti technických opatření pro snižování emisí TZL do vnějšího ovzduší při provozu povrchového lomu.

Laboratorní práce pak spočívaly zejména v hodnocení přítomnosti volných prachových zrn v území povrchového lomu jako možného ukazatele resuspenze prachu do ovzduší i jako ukazatele produkčního složení prachu při běžných činnostech v lomu.

V rámci přípravných prací byl proveden průzkum možnosti realizace měření v reálných podmínkách povrchového lomu a byl zajištěn souhlas vybrané těžební společnosti.

Jednorázová měření prašnosti

V rámci získání podkladů pro cíle uvedené pod bodem a) byla měření prováděna jako série jednorázových měření prašnosti v okolí identifikovaného zdroje. Vzhledem k omezené časové a finanční kapacitě nelze předpokládat shodnou úroveň s podkladovými měřeními, která byla realizována měřeními v rámci metodiky U.S. EPA AP 42 (Emission Factors for Fugitive Dust from Western Surface Coal Mining Sources section 11.9.), kdy pro odběry vzorků byly používány za tímto účelem vyrobené sofistikované mobilní aparatury pro izokinetický odběr vzorku z venkovního ovzduší (cca 20 ks). Aby bylo možno vizuálně detekovat směr pohybu prašného oblaku ze sledovaného zdroje, byla měření prováděna převážně při nízkých rychlostech proudění. Při vyšších rychlostech proudění dochází v přízemní vrstvě často k turbulencím a v důsledku toho i k poměrně velkému rozptylu; prašný oblak a směr jeho pohybu pak nelze jednoznačně detekovat. Při vysokých rychlostech proudění se výrazněji projevuje rozdíl mezi izokinetickým a neizokinetickým odběrem. Počet a rozložení měřicích bodů byl volen podle aktuálních možností a podmínek zpravidla v linii měřicích bodů umístěných buď souběžně, nebo napříč směru větru na závětrné straně zdroje. Zjištěné koncentrace z tohoto důvodu představují převážně maximální úrovně prašnosti v okolí významných zdrojů a zahrnují i prachové částice, které se vzhledem ke své velikosti nemohou šířit do větších vzdáleností a sedimentují do vzdálenosti několika desítek metrů od místa vzniku.



Obr. 4: Porovnání paprskových grafů ze stanic S1, S2 a S3.

Tab. 2: Emisní faktory hodnocených činností a operací doporučené metodikou NPI.

Operace/Činnost	TSP Emisní Faktor	PM ₁₀ Emisní Faktor	PM ₁₀ /TSP	Jednotky
Kolesové rýpadlo	0.00032	0.00015	0.47	kg/t
Zakládání - skládka	0.004	0.0017	0.42	kg/t
Ostatní dopravní systémy (včetně pásové dopravy)	0.00032	0.00015	0.47	kg/t/přesyp
Doprava - prach z nepevných cest	4.23	1.25	0.30	kg/VKT
Doprava - prach z nepevných cest (lehká nákladní vozidla)	0.94	0.33	0.35	kg/VKT

Pozn.: VKT - Vehicle Kilometres Travelled (vozidlem ujeté)

Kontinuální měření prašnosti

V rámci získání podkladů pro cíl uvedený pod bodem b) bylo na vybraném povrchovém lomu v linii tří bodů umístěných před návětrným okrajem lomu, uvnitř lomu a za závětrným okrajem lomu prováděno kontinuální měření koncentrace aerosolových částic PM₁₀ a meteorologických podmínek.

Měření účinnosti technických opatření pro snižování emisí TZL

Metodika stanovení účinnosti odprašovacích zařízení nebo stanovení relativního snížení prašnosti není uvedena v žádné normě (ČSN, EN, ISO). V praxi se stanoví na základě zjištění poměru změřené úrovně prašnosti před a po realizaci technického opatření, resp. při spuštěném a vypnutém odprašovacím zařízení. Provozní podmínky při obou měřeních by měly být dle možnosti přibližně shodné. Proto se obě měření, pokud je to možné, provádí bezprostředně po sobě. Koncentrace prachu se tak měří při vypnutém a spuštěném odprašovacím zařízení při těžbě materiálu. Podle charakteristiky daného technologického prostoru se případně provádí i stanovení pozadové prašnosti při spuštěném zařízení bez průchodu materiálu. Měření se vždy provádí až po ustálení hodnocených provozních podmínek.

Účinnost vyjadřuje relativní podíl prachu v ovzduší, o který se sníží prašnost při používání technického opatření ke snížení prašnosti oproti původnímu stavu.

5 Shrnutí měřicích prací

Provedená variantní jednorázová měření při různých meteorologických podmínkách byla orientována zejména na technologické celky jako charakteristické zdroje povrchových lomů. Každý technologický celek povrchového lomu se skládá z jednotlivých uzlů technologie. Jako stacionární zdroje v rámci těžební technologie se hodnotily postupně následující části:

- SKRÝVKA
 - Skrývkové rýpadlo
 - Pásový dopravník
 - Zakladač
- UHLÍ
 - Uhelné rýpadlo
 - Pásový dopravník
 - Zakladač uhlí - skládkový stroj (manipulační skládka)

Účelem realizovaných měření u jednotlivých stacionárních zdrojů bylo ověřit průměrné hodnoty emisního toku v podmínkách dobývání charakteristického povrchového dolu a odpovídajících dobývaných typech zeminového a horninového prostředí za variantních meteorologických podmínek. U mobilních zdrojů byla měření orientována na emise z povrchu běžných komunikací při provozu automobilové dopravy. Provedená měření měla za cíl porovnání odvozených emisních koeficientů pro jednotlivé emisní zdroje z reálného měření ve vztahu k doporučeným emisním koeficientům pro jednotlivé technologické operace na základě zpracované rešeršní činnosti, tj. využití emisních koeficientů pro výpočet roční bilance emisí TZL ze souboru emisních koeficientů z metodiky NPI australské vlády (viz kap. 2).

Zpracování výsledků kontinuálních měření sloužilo zejména k možnosti dokladování a hodnocení vlivu povrchového lomu na imisní situaci v jeho okolí, včetně korelace s navrženými korekčními faktory, zejména pak pro horizontální a vertikální dosah vlivu emisí z těžební činnosti. Měření byla prováděna na třech místech v linii - návětrná strana lomu (S1), střed lomu (S2) a závětrná strana lomu (S3), z pohledu převažujícího klimatického směru větru. Hodnocení bylo provedeno i ve vztahu k okolním měřicím stanicím celostátní sítě monitoringu kvality ovzduší, provozovaným Českým hydrometeorologickým ústavem.

Výčet všech měření a laboratorních prací by přesahoval stanovený rámec tohoto příspěvku, níže jsou uvedeny pouze příkladové úseky z měření (viz tab. 1, obrázky č. 3 a 4).

V mapě na obrázku č. 4 jsou porovnány paprskové grafy, které vyjadřují závislost koncentrace PM₁₀ na směru a rychlosti větru. Úhlová osa představuje směr větru a vektorová osa představuje rychlost větru. Průměrná koncentrace při určitém směru a rychlosti větru je vyjádřena barevnou škálou, kde tmavě modrá barva představuje nulovou hodnotu koncentrace PM₁₀ a tmavohnědá barva maximální zvolenou nebo vyšší hodnotu, která je v tomto případě $\geq 100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Pro stanici umístěnou uvnitř lomu je při rychlosti větru 4 až 10 m.s⁻¹ zřejmý významný vliv ze západu (cca 150 m vzdálená poháněcí stanice) a severozápadu a severu (oblast zakládané vnitřní výsypky vzdálené cca 800 - 900 m). Vliv proudění vzduchu ze směru od lomu na stanicích umístěných v jeho okolí není vyšší než z ostatních směrů.

Z výsledků zrnitostního složení vyskytujících se volných prachových částic v prostoru povrchového lomu lze statistickým zpracováním všech měřených dat dále určit průměrný obsah prachových částic (jinak definovaný rovněž jako obsah „siltu“).

Dalším sledovaným kritériem je pak podíl fáze hrubých a jemných částic jako poměr částic velikostní frakce PM_{10} k předpokládané celkové emisi TZL (tuhých znečišťujících látek).

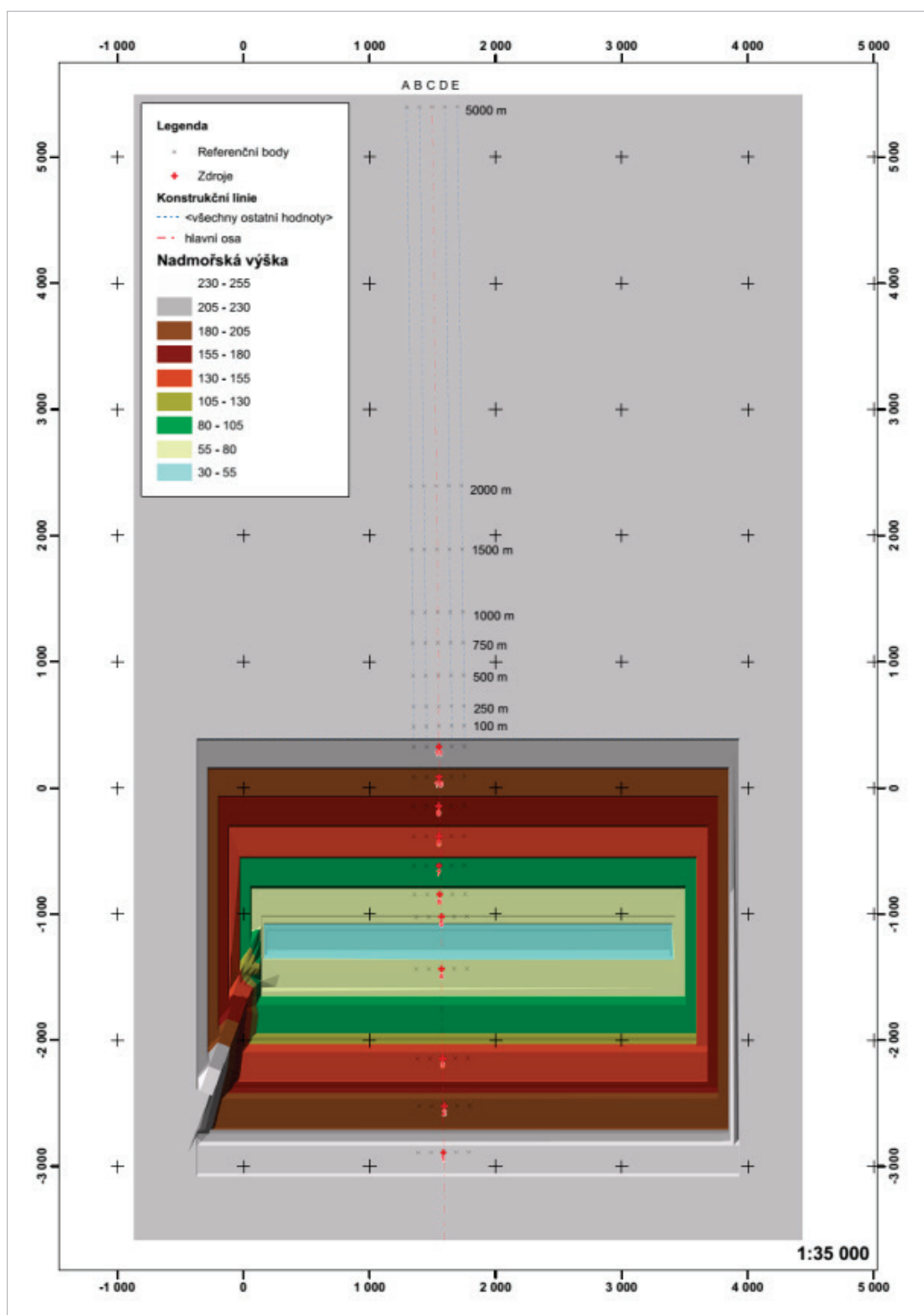
Ze statistických údajů zpracování výsledků měření granulometrie vyplynuly následující ukazatele:

Obsah siltu

- aritmetický průměr 15,58 %
- medián 8,42 %

Tyto hodnoty obsahu siltu u nezpevněného materiálu ve

formě volných prachových částic jako produktů technologického provozu v typickém povrchovém lomu v České republice pak poměrně věrně odpovídají hodnotám ze základních informačních zdrojů k problematice hodnocení a odhadu množství emisí, tj. publikace U.S. EPA AP 42, Volume I, Fifth Edition a její schválené následné revize, 1995-2012 a metodika hodnocení emisí pro účely reportování do národního registru emisí Austrálie (National Pollutant Inventory – Emission Estimation Technique Manual for Mining – Version 3.1 - 2012). Hodnota parametru silt používaného při výpočtech emisí z resuspenze volných částic je velmi proměnlivá. US EPA uvádí rozmezí od



Obr. 5: Návrh virtuálního povrchového lomu pro matematické modelování.

Tab. 3: Emisní faktory rýpadel včetně dílčích zdrojů: KU300, měření R6,

Místo měření	u kola	středový přesyp	nakládací výložník	celkem
C_{PM10} [mg.m ³]	19,4	6,5	3,4	-
u [m.s ⁻¹]	0,5	0,5	0,5	-
vzdálenost od zdroje [m]	1	1	1	-
S [m ²]	1,2	1,2	1,2	-
Q [t.s ⁻¹]	0,167	0,167	0,167	0,167
E_{PM10} [kg.t ⁻¹]	0,00007	0,00002	0,00001	0,00011
E_{TSP} [kg.t ⁻¹]	0,00015	0,00005	0,00003	0,00023

4 do 25 % podle typu prováděné operace a povrchu, po kterém se technologie pohybuje. Metodika NPI doporučuje hodnotu 10%. Pro účely základního odhadu lze v podmínkách ČR doporučit hodnotu 10 %. Pro přesnější odhad pak bude nutné vždy provést šetření na místě měření.

Podíl frakce PM_{10} na celkové emisi TZL

- aritmetický průměr 0,47 %
- medián 0,43 %

Ze závěrů provozních měření, kdy byly prováděny odběry sedimentovaných prachových částic u jednotlivých zdrojů emisí a volných ploch s následnými zkouškami granulometrického složení, lze pro provozní podmínky povrchových lomů v ČR definovat, že podíl frakce PM_{10} na celkové emisi TZL se vypočte vynásobením celkové emise koeficientem 0,5.

6 Odhad emisních faktorů z výsledků měření prašnosti

Na základě měřených charakteristik z hlavního objemu monitorovacích prací zjišťování emisní a imisní situace bylo provedeno ověření použitelnosti převzatých emisních faktorů na charakteristických zdrojích povrchových lomů (rýpadlo, poháněcí stanice DPD a zakladač). Z jednorázových měření koncentrace prachu v emitovaném prašném oblaku byla stanovena celková prašnost (TSP) i zrnitost jemného prachu se zaměřením na stanovení podílu částic PM_{10} . V blízkosti zdroje se v odebraném vzorku prachu TZL vyskytuje i poměrně značný podíl relativně velkých částic, které vzhledem ke svým rozměrům sedimentují v blízkosti zdroje. Tyto částice nereprezentují prach, který se šíří do venkovního ovzduší. Proto byla jako jedna ze vstupních veličin do odhadu emisního faktoru použita koncentrace částic PM_{10} .

Vlastní odhad emisních faktorů aktuálních při jednotlivých měřeních byl prováděn na základě:

- odhadu průřezu prašného oblaku ve směru proudění - S [m²]; nejistota odhadu byla stanovena $\pm 30\%$,
- rychlosti větru při měření - u [m.s⁻¹],
- výkonu sledovaného zařízení - Q [t.s⁻¹],
- zjištěné koncentrace částic PM_{10} - C_{PM10} [mg.m⁻³].

Pro odhad emisního faktoru pro PM_{10} - E_{PM10} [kg.t⁻¹] - byl použit vzorec:

$$E_{PM10} = C_{PM10} \cdot S \cdot u / (1000000 \cdot Q) \quad [1]$$

Emisní faktor pro TSP E_{TSP} se pak vypočítá podle vzorce:

$$E_{TSP} = E_{PM10} / P, \quad [2]$$

kde P je poměr PM_{10}/TSP uváděný k jednotlivým technologickým operacím z tabulky 2 jako údaj převzatý z rešeršního doporučeného zdroje - dokumentu National Pollution Inventory - Emission Estimation Technique Manual for Mining (NPI) vydaného v roce 2012 australskou vládou.

Tyto hodnoty emisních faktorů jsou níže porovnány s odvozenými emisními faktory z provedených variantních měření z technologického provozu povrchových lomů jako validace a verifikace rešeršních údajů pro podmínky použitelnosti v České republice. Uvedena je příkladová tabulka zpracovaná na základě provedeného měření (tab. 3).

Odhadnuté emisní faktory pro jednotlivá krátkodobá měření se převážně řádově shodovaly s převzatými emisními faktory, ve většině případů byly v absolutní hodnotě spíše nižší. Rozsah odhadnutých emisních faktorů tak pokrýval celou škálu krátkodobých situací provozních podmínek, i velmi nepříznivých. Bylo potvrzeno, že převzaté univerzálně platné emisní faktory pro dlouhodobá hodnocení více méně vystihují i situaci v povrchových hnědouhelných lomech v České republice.

7 Novosti postupů při zpracování metodiky

Všechny metodiky stanovení odhadu fugitivních emisí vycházející z metodiky EPA AP42 při výpočtu nijak nezohledňují skutečnost, že povrchové lomy mají složitou morfologii terénu. Na rozdíl od podmínek těžby na povrchových lomech v USA či Austrálii, kdy hloubka povrchového lomu není příliš velká a vrstva skrývaného materiálu je relativně nízká, jsou povrchové lomy v České republice v naprosté většině výrazně hlubší a poměr mocnosti nadložního materiálu vůči hloubce uložení uhelné sloje je vysoký. Charakteristické jsou hodnoty tzv. překryvného poměru od 3:1 do 6:1. Těžební činnost povrchového lomu se při otvírce lomu odehrává na úrovni terénu, vlastní těžební činnosti však potom probíhají v otevřené jámě lomu v hloubkách od 200 do 300 metrů. Tato skutečnost má podstatný vliv na to, jak velká část primárních emisí jednotlivých emisních zdrojů opustí pracovní prostor lomu a je uvolněna do vnějšího ovzduší ve formě fugitivní emise.

Pro zpracování vlastní metodiky stanovení fugitivních emisí proto na rozdíl od systému hodnocení emisí EPA AP42 bylo doporučeno zavést tzv. „redukční koeficienty“ pro

horizontální a vertikální polohu emisního zdroje vůči hranici vnějšího ovzduší, kdy hodnoty těchto koeficientů byly navrženy a stanoveny na základě matematického modelování rozptylu primárních emisí. Provedené výpočetní modelování mělo za hlavní cíl ověřit, zda navržené emisní a korekční faktory pro jednotlivé činnosti a operace při těžbě v povrchovém lomu jsou použitelné pro návrh metodiky odhadu fugitivních emisí. Pro tyto účely byl vymodelován virtuální povrchový lom, ve kterém bylo navrženo odpovídající umístění technologických celků jako jednotlivých emisních zdrojů (viz obrázek č. 5).

Cílem matematického modelování rozptylu emisí bylo ověření redukčních koeficientů pro vertikální a horizontální vzdálenost emisního zdroje od hranice volného ovzduší navržených pro přepočet „pracovních“ emisí TZL (přímo na jejich zdrojích uvnitř velkoplošného lomu) na emise do vnějšího ovzduší. Předmětem analýzy byl modelový výpočet koncentrací částic TZL pocházejících ze zdrojů prašnosti (nacházejících se v různé hloubce pod okolním terénem) uvnitř lomu, v referenčních bodech nacházejících se mimo modelový lom (v různé vzdálenosti od hrany lomu).

Výpočet byl proveden pro všechny částice bez ohledu na jejich velikost (TSP) odpovídající emisím tuhých znečišťujících látek. Použita byla referenční metodika SYMOS'97, která umožňuje počítat krátkodobé i roční průměrné koncentrace znečišťujících látek v síti referenčních bodů, dále doby překročení zvolených hraničních koncentrací (např. imisních limitů a jejich násobků) za rok, podíly jednotlivých zdrojů nebo skupin zdrojů na roční průměrné koncentraci v daném místě a maximální dosažitelné krátkodobé koncentrace a podmínky (třída stability ovzduší, směr a rychlost větru), za kterých se mohou vyskytovat. Pro potřeby této analýzy (s ohledem na její účel) bylo použito 14 typů meteorologických podmínek (kombinace stability a rychlosti větru) odpovídajících běžným podmínkám v oblasti Severočeské hnědouhelné pánve.

Pro účely stanovení polohy (vzdálenosti) emisního zdroje vůči hranici vnějšího ovzduší bylo nutno tuto hranici jasně definovat. Aby nedocházelo k nejasnostem, jak je tato hranice definována, autoři metodiky doporučili využít pro její stanovení hranici parcel, jejichž výčet je uveden v platném Povolení hornické činnosti lomu podle „Plánu otvírky, přípravy a dobývání“ vydávaného příslušným Obvodním báňským úřadem. Pokud jsou některé části lomu na povrchu vymezeny oplocením, které brání přístupu veřejnosti, je toto oplocení považováno za hranici lomu bez ohledu na hranici parcely, na níž se tato část lomu nachází.

Poloha (vzdálenost) emisního zdroje od hranice vnějšího ovzduší pro účely stanovení horizontálního redukčního koeficientu je potom definována jako nejmenší zjištěná vzdálenost tohoto zdroje od hranice vnějšího ovzduší. Poloha (hloubka umístění) emisního zdroje pro účely stanovení vertikálního redukčního koeficientu je potom definována jako rozdíl průměrné nadmořské výšky terénu hrany lomu a nadmořské výšky příslušné etáže (řezu), na které emisní zdroj pracuje.

8 Zpracování vlastní metodiky

Zpracování metodiky vyčíslení fugitivních emisí TZL z povrchových dolů paliv bylo hlavním výsledkem projektu, který

pak naplnil stanovený cíl určit množství fugitivních emisí ze stacionárních zdrojů a činností v povrchových dolech paliv a jiných nerostných surovin. Na základě dosažených výsledků tak dojde ke zkvalitnění hodnocení vlivu dotčených stacionárních zdrojů na kvalitu ovzduší a bude možno uplatnit a využívat vědecky zdůvodněné metodiky a parametry pro zvýšení efektivnosti uplatňování ekonomických a legislativních nástrojů v oblasti ochrany životního prostředí.

Vlastní metodika je koncipována jako technický návod k provádění kvalifikovaného odhadu objemu emisí z povrchových lomů paliv a jiných nerostných surovin, nemá však za cíl měnit standardní postup výpočtů prováděných v rozptylových studiích za účelem odhadu dopadu emisního zdroje na životní prostředí. Metodika je rozčleněna do několika částí, které definují jednak zdroje dat, jednak postup výpočtu odhadu množství emisí z těžebních činností na povrchových lomech paliv a jiných nerostných surovin, v doporučeném členění kapitol pro definovaný druh výsledku projektu - certifikovaná metodika.

Celý proces zpracování vlastní metodiky a navržených postupů výpočtu byl průběžně konzultován na pracovních schůzkách a kontrolních dnech se zástupci Ministerstva životního prostředí, odboru ochrany ovzduší. Náplň metodiky tak byla postupně upřesňována do podoby, která byla předána dvěma odsouhlaseným odborným oponentům z oblasti posuzování kvality ovzduší. V rámci tohoto oponentního řízení byla po vypořádání některých drobných připomínek dopracována konečná podoba metodiky. V prosinci roku 2016 pak byla vlastní metodika předána k procesu certifikace u příslušného orgánu státní správy, v jehož kompetenci je sledování, resp. vyhodnocování kvality ovzduší - Ministerstvo životního prostředí. Úspěšným procesem certifikace metodiky byly splněny všechny stanovené cíle projektu. V současné době je vlastní metodika dostupná na stránkách ministerstva - www.mzp.cz v sekci Ochrana ovzduší, Metodické pokyny.

Literatura

- [1] USEPA: Emission Factors for Fugitive Dust from Western Surface Coal Mining Sources section 11.9.2005, U.S Environmental Protection Agency, Fifth Edition, January 2005.
- [2] EMEP/EEA: Emission Inventory Guidebook 2013 – Section 1.B.1.a – Fugitive Emissions from Solid Fuels: Coal Mining and Handling, 2013.
- [3] 10. National Pollutant Inventory – Emission Estimation Technique Manual for Mining, Version 3.1.2012, Australian Government, Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities, 2012.
- [4] BREJCHA, J., SCHMIDT, P., SVOBODA, P.: Výzkum fugitivních emisí tuhých znečišťujících látek (TZL) z povrchových dolů paliv a jiných nerostných surovin (vyjma kamenolomů) a návrh metodik jejich stanovení. Závěrečná zpráva projektu č. TN-076/16, VÚHU a.s., 2016.