



HODNOCENÍ LOKÁLNÍCH ZMĚN KVALITY OVZDUŠÍ V PRŮBĚHU NAPOUŠTĚNÍ JEZERA MOST

EVALUATION OF LOCAL AIR QUALITY CHANGES IN THE COURSE OF FILLING OF THE MOST LAKE

Jan Brejcha¹

Abstract

Brown coal open pit mines in the North Bohemia region are slowly approaching their limits of lifetime and they are going step by step to the end of their operation. Planned and even already realized reclamation procedure in the region is based on the formation of artificial lakes. The nature of the surface cover in the studied area has changed from mining landscapes without vegetation to the water area with “green” surroundings after the hydrological reclamation of the residual pit of the quarry Most – Ležáky. The local climate is significantly influenced within the warm part of the year, when the temperature of the water in the Lake is higher than the air temperature. The period of daily temporarily degraded local dispersion conditions is extended under certain meteorological conditions and thus the time for the possible dilution of cumulated pollutants is shorter. The evaluation of the air pollution development in the foothills of the “Krušné hory” Mountain during the gradual filling of the Lake in the years 2008 to 2013 proved an anomalous increase in the number of the days with the exceeded limit of the 24-hour average of the PM₁₀ concentration of aerosol particles on the stations in the vicinity of Lake Most in the comparison with the other stations in the region. This situation was typical for the spring and summer months of the years 2010 to 2013. The similar phenomenon was not detected within the years 2008 and 2009, when only a small part of the Lake was filled. The subject of the current research is the classification of the real dispersion conditions in the context with the meteorological situation in the area and the selection of such situations in which a significant influence on the local air pollution can be expected thanks to the microclimate change. The model

¹ Jan Brejcha, Ing, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., tř. Budovatelů 2830/3, 43401 Most, brejcha@vuhu.cz



evaluation will be done for such selected situations to evaluate their spatial extent and the significance of this influence.

Keywords

hydric reclamation, Most Lake, air quality PM_{10} , local climatic effect

1 ÚVOD

V severočeském regionu (Podkrušnohoří) dochází v současné době k postupnému dotěžování hnědouhelných lomů a k jejich následnému uzavírání. Plánovaný a realizovaný postup rekultivace v Podkrušnohoří spočívá ve vytváření umělých jezer určených převážně k rekreačnímu využití. Zároveň dochází k zalesnění okolí takto vzniklých vodních ploch. Rekultivace představuje významný pozitivní zásah do krajiny. Hodnocení kvality ovzduší v revitalizované lokalitě Jezera Most je jednou ze součástí komplexního projektu „Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydrologické rekultivace hnědouhelných lomů“ č. TA 1020592. Řešení projektu v oblasti kvality ovzduší je zaměřeno na posouzení významnosti změn stavu ovzduší okolí jezera, ke kterým dochází v důsledku změn místního klimatu zájmového území. Jezero Most je postupně napouštěno od 24.10.2008 [1]. Nejvýznamnější složkou, která se podílí na znečištění ovzduší lokality, jsou aerosolové částice PM_{10} . Aerosolové částice (Particulate Matter) PM_{10} jsou částice, které projdou při odběru vzorku znečištěného vzduchu velikostně-selektivním vstupním odlučovacím zařízením, které vykazuje pro aerodynamický průměr 10 μm odlučovací účinnost 50% [2], [3]. Vyhodnocení vývoje koncentrace PM_{10} vychází z převzatých dostupných dat z měřicích stanic ČHMÚ [4], z let 2008 až 2013. Od roku 2012 jsou do hodnocení zahrnuta data ze stanic VÚHU a.s. z měření prováděných v rámci řešení projektu.

2 CHARAKTERISTIKA LOKALITY

Kvalitu ovzduší obecně ovlivňují dva faktory, kterými jsou množství emisí znečišťujících látek a rozptylové podmínky. Na znečištění ovzduší v regionu se podílí převážně spalovací zdroje. V jednotlivých obdobích lze považovat emisí znečišťujících látek meziročně za přibližně vyrovnanou. Významný vliv na imisní situaci má proto v jednotlivých kalendářních letech četnost výskytu zhoršených rozptylových podmínek. Před vlastním vyhodnocením dopadů naplnění jezera na imisní situaci okolí je nutné popsat podmínky, vlivy a procesy, které významně ovlivňují zhoršení rozptylových podmínek a dobu jejich trvání v lokalitě.



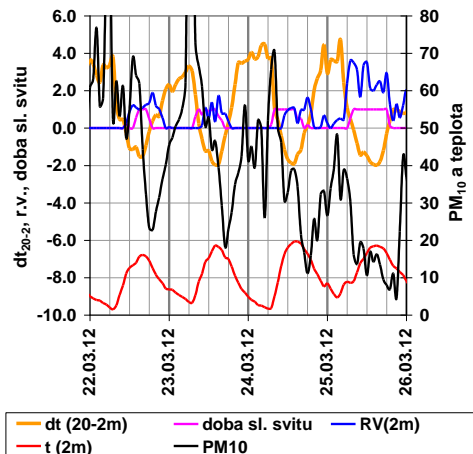
Jezero Most je položeno v poměrně nedokonale provětrávané centrální části severočeské pánve. Je obklopeno řadou významných zdrojů, např. Elektrárna Ledvice, Teplárna Komořany, Unipetrol RPA, skládka odpadů Celio. Nedokonalé provětrávání lokality souvisí s uzavřením prostoru centrální části pánve mezi Krušnými horami a Českým středohořím. V období od října do února následujícího roku dochází v centrální části severočeské pánve (východní část okresu Most a západní část okresu Teplice) k častým několikadenním zhoršením rozptylových podmínek při vzniku teplotní inverze. Důsledkem je významné zvýšení úrovně koncentrace PM_{10} . Obvyklá je i vyšší úroveň koncentrací PM_{10} ve srovnání s lokalitami položenými mimo centrální oblast pánve. Lokálně mají významný vliv i malé zdroje, jako je individuální vytápění tuhými palivy a zejména v centrech městských aglomerací i automobilová doprava [5].

V závislosti na morfometrii zemského povrchu a na charakteru jeho pokryvu se vytváří místní klima, které se za určitých meteorologických podmínek může významněji lišit od okolního makroklimatu [6]. Lze předpokládat, že při změně charakteru zemského pokryvu v lokalitě jezera Most z těžební krajiny bez vegetace na vodní plochu s ozeleněným okolím, může být změna místního klimatu významně zřetelná. Z hlediska změny charakteru pokryvu zde má významnou roli zejména změna absorpce slunečního záření a intenzity zpětné dlouhovlnné radiace i změna intenzity výparu vody z povrchu.

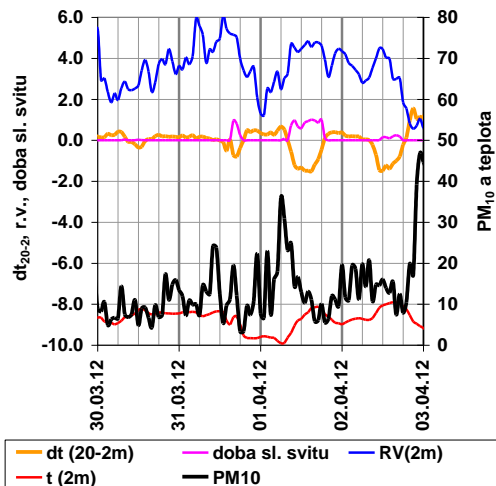
Rozptylové podmínky podmiňují promíchávání a ředění emisí zdrojů a tím ovlivňují úroveň imisních koncentrací. V případě dobrých rozptylových podmínek se emise znečišťujících látek v důsledku mechanické a termické turbulence průběžně rozptylují horizontálně a vertikálně do velkého prostoru [7]. Teplotní gradient je záporný (teplota se snižuje s výškou). V případě nepříznivých rozptylových podmínek (při vzniku teplotních inverzí) je rozptyl emisí znečišťujících látek omezen výškou směšovací vrstvy, která souvisí s výškou vrstvy teplotní inverze. V inverzní vrstvě je kladný teplotní gradient (teplota se zvyšuje s výškou). Významně se na úrovni znečištění ovzduší podílí několikadenní trvání nepříznivých rozptylových podmínek. K těmto stavům dochází převážně v zimním období. Po celý rok však běžně dochází ke zhoršení rozptylových podmínek na přechodnou dobu během dne zejména v nočních a ranních hodinách v důsledku inverze teplotního zvrstvení vzniklého radiací (ochlazování dlouhovlnným vyzařováním zemského povrchu v nočních hodinách). Tomu v těchto dnech odpovídají i denní chody koncentrací znečišťujících látek. Na obr. 1 a obr. 2 jsou porovnány denní chody vybraných meteorologických veličin a koncentrace PM_{10} ze stanice Kopisty z období přechodně periodicky zhoršených rozptylových podmínek (22.3. - 27.3.2012) a z období dobrých rozptylových podmínek (30.3. - 2.4.2012). Vybrány byly meteorologické parametry, které významně ovlivňují nebo odrážejí lokální rozptylové podmínky: **RV(2m)** - rychlost větru ve 2 m v $m \cdot s^{-1}$, **t (2m)** - teplota ve 2 m nad terénem ve $^{\circ}C$, **dt (20–2m)** – výškový teplotní gradient (rozdíl mezi

teplotami ve 2 a 20 m) ve °C, **doba sl. svitu** - doba slunečního svitu v hodinách, **PM10** – koncentrace částic PM₁₀ v µg.m⁻³. Doba integrace veličin je 1 hodina.

Meteorologická data byla převzata z databáze výsledků měření observatoře Kopisty, kterou provozuje Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i.



Obr.1 Denní chody vybraných meteorologických veličin a koncentrace PM₁₀ při přechodně zhoršených rozptylových podmínkách



Obr.2 Denní chody vybraných meteorologických veličin a koncentrace PM₁₀ při dobrých rozptylových podmínkách



V noci se mění výškový teplotní gradient do kladných hodnot, snižuje se rychlost větru a koncentrace znečišťujících látek v ovzduší se zvyšují. Ve dne, zejména při osvětlení sluncem, se výškový teplotní gradient vrací do záporných hodnot, zvyšuje se rychlost větru a znečišťující látky v ovzduší se postupně rozptylují do většího prostoru [7]. Za určitých podmínek může jezero stabilizovat teplotu přízemní vrstvy okolí a tím lokálně ovlivnit dobu trvání zhoršených rozptylových podmínek, což se může odrazit i na úrovni znečištění ovzduší. Nejvýznamněji se tento vliv projeví ve dnech, kdy zhoršené rozptylové podmínky trvají pouze část dne v obdobích, kdy teplota vody v jezere je trvale významně nižší než teplota okolního vzduchu (jaro a léto). Při opakování těchto situací může být ovlivněna nepříznivě imisní hladina látek, jejichž koncentrační úroveň se v lokalitě vyskytuje v okolí hodnoty imisních limitů. V lokalitě jezera Most to jsou aerosolové částice PM_{10} .

3 HODNOCENÍ VLIVU NAPLNĚNÍ JEZERA NA IMISNÍ SITUACI OKOLÍ

Při zhodnocení vývoje imisní situace na vybraných měřicích stanicích severočeské pánve v průběhu napouštění jezera Most (2008 až 2013) bylo zjištěno anomální zvýšení počtu překročení imisního limitu pro 24-hodinové koncentrace aerosolových částic PM_{10} na stanicích dislokovaných v okolí jezera Most (stanice Most-ČHMÚ a Kopisty-VÚHU) v jarních a letních měsících let 2010 až 2012 oproti ostatním stanicím v regionu. V roce 2013 byla tato anomalita méně významná.

Tabulka 1 Porovnání stavu naplnění jezera v období 2008 až 2013 s vývojem imisní situace na vybraných měřicích stanicích v regionu

rok	plocha hladiny [ha]	objem vody [mil.m ³]	počet překročení I.L. (jaro a léto)					
			Tušimice	Chomutov	Most	Kopisty	Lom	Teplice
2008	25	2	0	0	3	-	5	0
2009	84	15	7	4	8	-	19	4
2010	171	37	1	0	9	-	2	0
2011	255	58	0	0	12	-	0	0
2012	298	72	0	0	11	6	1	0
2013	298	72	0	3	7	8	6	0

V tabulce 1 je porovnáván stav naplnění jezera v období 2008 až 2013 s vývojem imisní situace na jezeru nejbližších měřicích stanicích i s na vybraných měřicích stanicích lokalizovaných v prostoru severočeské pánve. Hodnotícím kritériem byl počet překročení 24-hodinového imisního limitu pro PM_{10} ($50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) [2]. Stanice provozuje ČHMÚ. Data byla převzata z tabelárních ročenek nebo

nevalidovaných přehledů (2013) uveřejněných na internetových stránkách ČHMÚ [4]. Od roku 2012 je jsou zde použita i data ze stanice Kopisty-VUHU. Poloha stanovišť je vyznačena na obr. 3. Prostor zhoršeného provětrávání je vymezen světle šedou barvou a ohraničen tmavě šedou čarou [8].



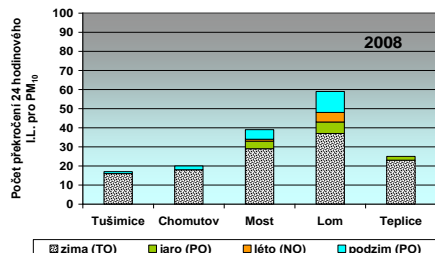
Obr. 3 Poloha vybraných měřicích stanic v severočeské pánvi

Anomální zvýšení úrovně znečištění v okolí jezera v jarních a letních měsících v letech 2010 až 2013 lze vysvětlit dvěma způsoby:

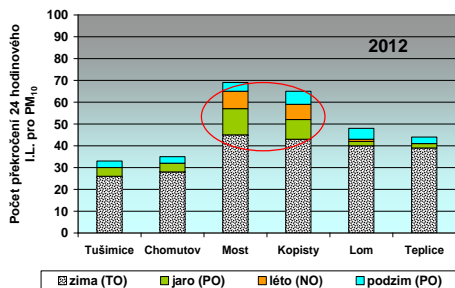
- jedná se o náhodnou souvislost mezi stavem naplnění jezera a meziroční prostorovou fluktuací úrovně sezónního znečištění ovzduší v lokalitě.
- vodní plocha stabilizuje okolní atmosféru. Důsledkem může být za určitých meteorologických podmínek prodloužení doby denních přechodně zhoršených lokálních rozptylových podmínek a tím i zkrácení doby možného rozředění nakumulovaných znečišťujících látek.

Na obrázcích 4 a 5 je porovnán stav naplnění jezera s počtem překročení imisního limitu pro 24-hodinové koncentrace PM_{10} na jezeru nejbližších měřicích stanicích a na vybraných měřicích stanicích lokalizovaných v prostoru severočeské

pánve [4] v roce 2008 před zahájením napouštění jezera a v roce 2012 před dokončením napouštění jezera. Grafy jsou doplněny obrázky stavu naplnění jezera [9].



Obr. 4 Porovnání stavu naplnění jezera s počtem překročení imisního limitu pro 24 - hodinové koncentrace PM_{10} na vybraných stanicích v jednotlivých ročních obdobích v roce 2008 (snímek z 10/2008 – před zahájením řízeného napouštění, plocha hladiny 25 ha, objem vody 2 mil. m^3) [9]



Obr. 5 Porovnání stavu naplnění jezera s počtem překročení imisního limitu pro 24 - hodinové koncentrace PM_{10} na vybraných stanicích v jednotlivých ročních obdobích v roce 2012 (snímek z 5/2012, plocha hladiny 298 ha, objem vody 72 mil. m^3) [9]

Další řešení projektu je proto zaměřeno na:

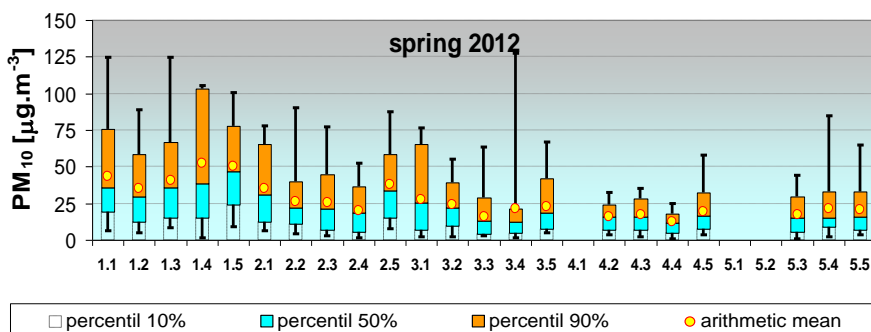
- zjištění kombinace meteorologických podmínek, při kterých může k tomuto ovlivnění docházet
- stanovení doby trvání tohoto vlivu
- stanovení významu tohoto vlivu na úroveň znečištění ovzduší v komunální zástavbě severovýchodní části Mostu

Vyhodnocení vývoje imisní situace se provádí na základě porovnání databáze meteorologických dat z observatoře Kopisty Ústavu fyziky atmosféry ČAV a databáze výsledků měření znečištění ovzduší a doprovodných meteorologických veličin z období 2008 až 2013. Doba integrace dat je 1 hodina. Databáze představuje matici o 56 sloupcích (emisní a meteorologické veličiny z vybraných stanic) a o 56000 řádcích. Pro prvotní šetření byla data z jednotlivých (klimatologických) ročních období let 2008 až 2013 byla rozříděna do 25 tříd rozptylových podmínek podle rychlosti větru ve 2m a teplotního gradientu mezi 2 a 80 m. Třídy jsou označeny kódem X.Y (X = rychlost větru, Y = teplotní gradient). Rozsahy parametrů jsou uvedeny v tabulce 2.

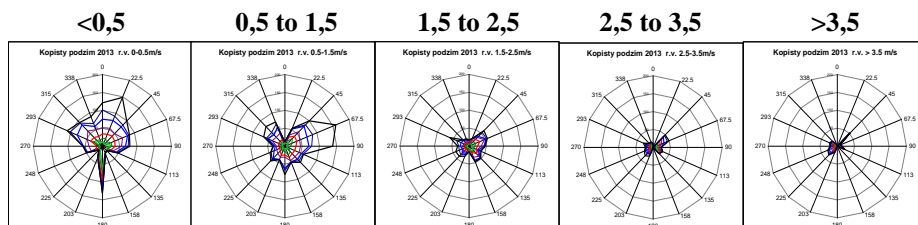
Tabulka 2 Rozsahy třídících parametrů

rychlost větru [m/s]		teplotní gradient v přízemní vrstvě atmosféry [°C/100m]	
třída	rozsah	třída	rozsah
1	<0,5	1	>1,6
2	0,5 až 1,5	2	0,7 až 1,6
3	1,5 až 2,5	3	-0,5 až 0,7
4	2,5 až 3,5	4	-0,8 až -0,5
5	>3,5	5	<-0,8

Jako příklad výstupů uvádíme na obrázku 6 porovnání hodnot percentilů koncentrací PM_{10} v jednotlivých třídách rozptylových podmínek a na obrázku 7 porovnání koncentračních růžic PM_{10} v jednotlivých třídách rychlosti větru (percentily 98%, 95%, 90%, 50%, 10%, 5%, 2%) z období "jaro 2012" ze stanice Kopisty.



Obr. 6 Porovnání hodnot percentilů koncentrací PM_{10} v jednotlivých třídách rozptylových podmínek – jaro 2012, Kopisty



Obr. 7 Porovnání koncentračních růžic PM_{10} v jednotlivých třídách rychlosti větru (hodnoty percentilů 98%, 95%, 90%, 50%, 10%, 5%, 2%) z období “jaro 2012” ze stanice Kopisty.

4 SHRnutí

V letech 2010 až 2013, tj. v době, kdy již byla naplněna větší část jezera, bylo zjištěno, že v jarním a letním období došlo k anomálnímu zvýšení počtu překročení imisního limitu pro 24-hodinové hodnoty koncentrace PM_{10} na stanovištích v okolí jezera Most (stanice Most – vzdálenost od okraje jezera 1,6 km a v roce 2012 i stanice Kopisty – vzdálenost od okraje jezera 1,2 km) oproti ostatním porovnávaným stanovištím v regionu. V letech 2008 a 2009 kdy byla napuštěna pouze malá část jezera, tento jev zjištěn nebyl. Anomální zvýšení úrovně znečištění v okolí jezera v jarních a letních měsících v letech 2010 až 2013 lze vysvětlit dvěma způsoby. Jedná se buď o náhodnou shodu mezi stavem naplnění jezera a meziroční prostorovou fluktuací úrovně sezónního znečištění ovzduší v lokalitě, nebo vodní plocha stabilizuje okolní atmosféru. Důsledkem toho může být za určitých meteorologických podmínek prodloužení doby denních přechodně zhoršených lokálních rozptylových podmínek a tím i zkrácení doby možného rozředění nakumulovaných znečišťujících látek. Detailní rozbor příčin zvýšení úrovně znečištění v okolí jezera v jarních a letních měsících je zaměřen na zjištění meteorologických podmínek a jejich denních průběhů (průběh a úroveň teploty, doba a intenzita slunečního záření, směr a rychlost větru, relativní vlhkost, výškový teplotní gradient apod.), při kterých může k tomuto lokálnímu jevu docházet, a navazuje na poznatky části projektu, která hodnotí mikroklima lokality.

Poděkování

Tento výzkum je realizován v rámci projektu výzkumu a vývoje č. TA 1020592 “Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydrologické rekultivace hnědouhelných lomů“, který je podporován Technologickou agenturou České republiky.



Literatura

- [1] KRUŽÍKOVÁ L: *Vývoj napouštění jezera Most*, sborník konference Jezera a mokřady ve zbytkových jamách po těžbě nerostů, Most, 04/2013, str. 89 – 93, ISBN 978-80-260 -4172-6
- [2] Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší
- [3] ČSN EN 12341 Kvalita ovzduší - Stanovení frakce PM₁₀ aerosolových částic - Referenční metoda a postup při terénní zkoušce ověření požadované těsnosti shody mezi výsledky hodnocené a referenční metody, Český normalizační institut, duben 2000, ICS 13.040.20
- [4] <http://portal.chmi.cz>
- [5] BREJCHA J., SVOBODA P., VÁGNEROVÁ M., VAIDIŠOVÁ L.: *Air quality in the revitalized locality of the most lake*, Konference 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2013 - proceedings Energy and Clean Technologies, June, 2013, Bulgaria, Albena, Pages 527-534, ISBN 978-619-7105-04-9, ISSN 1314-2704
- [6] VYSOUDIL, M.: *Klasifikace místních klimatických efektů*, Geografický časopis 61(2009) 3, Geografický ústav SAV, 2009, Pages 229-241, ISSN 0016-719
- [7] PAVLICOVÁ, I.: *Teplotní inverze v oblasti Ostravské průmyslové aglomerace*, Diplomová práce, Masarykova universita v Brně, Brno 2007
- [8] <http://www.ufa.cas.cz/vetrna-energie/vetrna-mapa>
- [9] http://www.pku.cz/pku/site.php?location=5&type=napousteni_most,