národní
úložiště
šedé
literatury

Dlouhodobé imisní projekce pro Prahu a Středočeský kraj: aplikace modelového nástroje SUDPLAN

Bízek, Vladislav; Mertl, Jan; Gidhagen, Lars; Engardt, Magnuz
2013

Dostupný z http://www.nusl.cz/ntk/nusl-375212

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Licence Creative Commons Uveďte původ 4.0

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 27.04.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní nusl.cz .

???

DLOUHODOBÉ IMISNÍ PROJEKCE PRO PRAHU A STŘEDOČESKÝ KRAJ: APLIKACE MODELOVÉHO NÁSTROJE SUDPLAN

[1]*Vladislav Bízek,* [2]*Jan Mertl,* [3]*Lars Gidhagen, Magnuz Engardt*
[1]*Centrum pro otázky životního prostředí, Univerzita Karlova v Praze, Praha 6, vladislav.bizek@gmail.com*
[2]*CENIA, Česká informační agentura životního prostředí, Praha*
[3]*Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Norkoping, Sweden*

ABSTRAKT

Pomocí modelového systému SUDPLAN (Sustainable Urban Development Planner), který umožňuje simulaci vlivu změny emisí a klimatu na koncentrace jak primárních tak i sekundárních polutantů v ovzduší s různou úrovní plošného rozlišení (od stovek km po jednotky km), byly připraveny imisní projekce pro oxid siřičitý, oxid dusičitý, suspendované částice PM10 a troposférický ozón pro území Prahy a Středočeského kraje v horizontu roku 2030. Emisní projekce do roku 2030 byla převzata z modelu GAINS (Greenhouse Gas-Air Pollutants Interactions and Synergies). Dále byl simulován vliv na kvalitu ovzduší pro tři typické situace: Významná změna v provozu zvláště velkého spalovacího zdroje (ukončení provozu nebo zdvojnásobení výkonu), dokončení dálničního obchvatu Prahy a hypotetický vznik třech satelitních sídel v severozápadním a jihovýchodním příměstí Prahy.
Klíčová slova: ???

LONG-TERM AIR QUALITY PROJECTIONS FOR PRAGUE AND CENTRAL BOHEMIA REGION: APPLICATION OF THE SUDPLAN MODELLING TOOL

Air quality projections of sulphur dioxide, nitrogen dioxide, PM10 and ground-level ozone for Prague and the Central Bohemia region till 2030 were developed using the SUDPLAN (Sustainable Urban Development Planner) modelling tool which enables simulation of the impact of emissions and climate change on the concentration of both primary and secondary pollutants in the atmosphere at both macroscopic and microscopic levels. Emission projection till 2030 was taken from the GAINS (Greenhouse Gas-Air Pollutants Interactions and Synergies) model. In addition, the impact on air quality was simulated for three typical situations: Substantial change in operation of a large combustion plant (close-down, doubled thermal input), completion of the Prague city highway bypass and hypothetic construction of three satellite settlements in the north-western and south-eastern outskirts of Prague.
Key words: *???*

ÚVOD

Kvalita ovzduší představuje, i přes výrazné zlepšení v uplynulých 20 letech, jeden z nejpalčivějších problémů životního prostředí České republiky. Každoročně dochází k výraznému nedodržování imisních limitů pro suspendované částice PM_{10} a cílových imisních limitů pro troposférický ozón a benzo[*a*] pyren, výjimečně pak dochází k lokálním nedodržením limitních hodnot také pro další znečišťující látky [1].

Znečištění ovzduší je systematicky sledováno pomocí Státní imisní sítě, provozované Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ), která je doplněna monitorovacími stanicemi provozovanými jinými subjekty. Veškerá imisní data, odpovídající právním předpisem stanoveným požadavkům na kvalitu, jsou shromažďována a vyhodnocována v rámci Informačního systému kvality ovzduší (ISKO), provozovaného ČHMÚ.

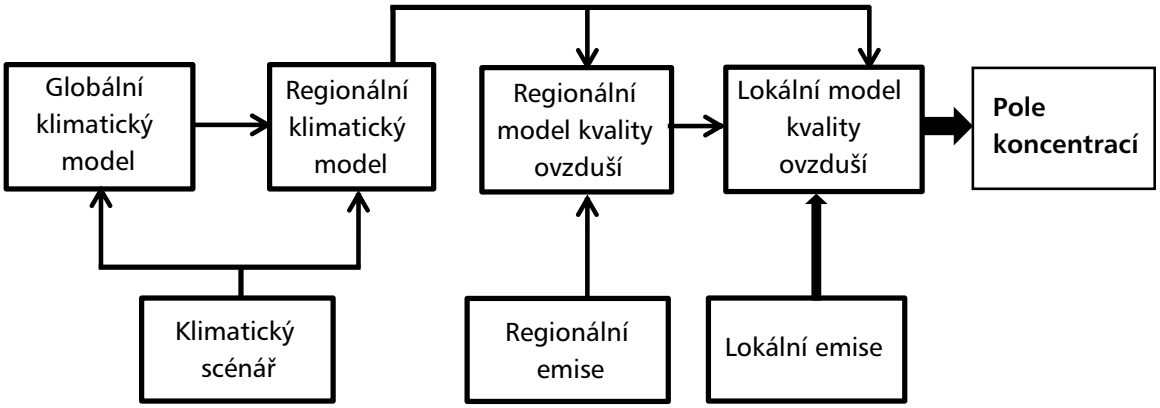
Na základě dat z monitorovacích stanic jsou konstruována pole prostorového rozložení koncentrací na území České republiky. Standardně je využíván Gaussovský disperzní model SYMOS'97, který však nezahrnuje atmosférickou chemii a není proto schopen simulovat koncentrace sekundárních polutantů – troposférického ozónu a sekundárních částic, které představují cca 50 % celkové imisní zátěže částicemi PM_{10} [2, 3]. ČHMÚ proto v případě PM_{10} využívá empirického modelu, který kombinuje modely SYMOS'97, CAMx [4, 5], EMEP [6] a nadmořskou výšku s naměřenými koncentracemi na pozaďových stanicích za pomoci metodiky vyvíjené v rámci ETC/ACC [7].

V současné době nejsou v České republice standardně využívány pokročilé modelové nástroje schopné simulovat vývoj imisní situace pro primární i sekundární polutanty v dlouhodobém horizontu, které by kromě emisní projekce zohledňovaly dlouhodobé dopady změny klimatu. Imisní projekce proto nejsou běžně dostupné. Na úrovni ČR lze sice využívat výsledků celoevropského komplexního emisně-imisního modelu GAINS [8, 9], který generuje emisní i imisní projekce, dopady znečištění na lidské zdraví a vegetaci a umožňuje také ekonomické hodnocení nákladů na snižování emisí, ten však pracuje s rozlišením 50 × 50 km a bere v potaz pouze sídla s počtem obyvatel nad 350 tisíc. Přehled dostupných modelů umožňujících simulaci emisních a imisních projekcí lze nalézt v monografii [10].

Kromě vyhodnocování imisních dat v makroměřítku (na území státu nebo zón či aglomerací) jsou modelové nástroje využívány v menším měřítku v rámci procesu posuzování vlivů na životní prostředí (EIA). Kromě již zmíněného modelu SYMOS'97 je standardně využíván také Gaussovský disperzní model ATEM [11], který však rovněž neumožňuje simulaci koncentrací sekundárních polutantů.

Předkládaný příspěvek prezentuje a hodnotí imisní projekce pro území Prahy a Středočeského kraje zpracované pro nejvýznamnější primární (oxid siřičitý, oxid dusičitý, primární částice PM_{10}) a sekundární (sekundární částice PM_{10} a troposférický ozón) znečišťující látky do roku 2030. Dále jsou uvedeny tři případové studie hodnotící vliv územního rozvoje pražské aglomerace a hypotetických změn na velkém zdroji znečišťování na kvalitu ovzduší. Prezentované výsledky byly vytvořeny v rámci mezinárodního

Obrázek č. 1: Základní schéma modelového systému SUDPLAN



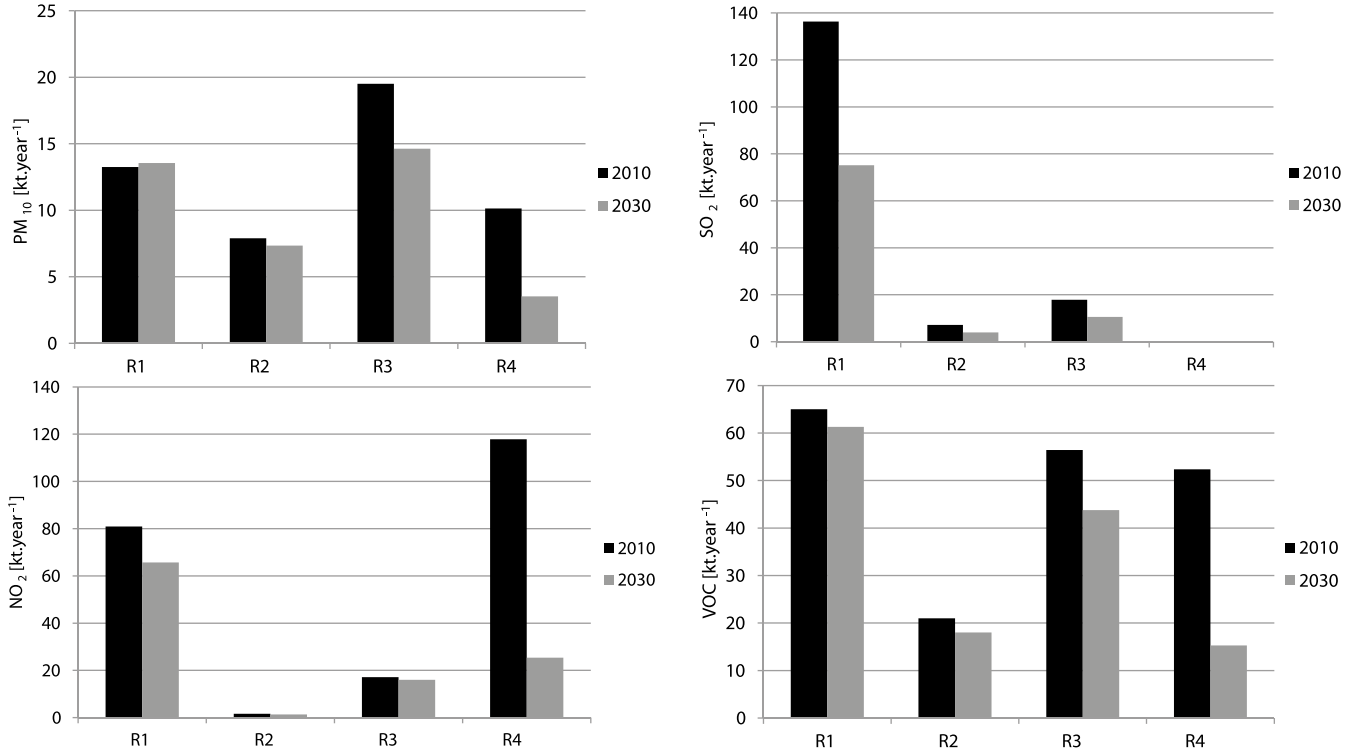
projektu SUDPLAN (Sustainable Urban Development Planner for Climate Change Adaptation) [12], jehož cílem bylo vyvinout modelovací a vizualizační nástroj pro podporu udržitelného rozvoje měst a jejich adaptace dopadům klimatické změny.

METODIKA

Modelový systém SUDPLAN je tvořen několika propojenými modely; jeho základní schéma je uvedeno v **obrázku č. 1**. Základem modelovacího systému byl chemicko-transportní model MATCH [13, 18], který je schopen simulovat imisní situaci na regionální a lokální úrovni. Výška modelové hladiny byla 3 metry nad modelovým povrchem, prostorové rozlišení simulovaných dat bylo 2 km pro imisní projekce a 1 km pro imisní scénáře. Okrajové podmínky (klimatické podmínky a panevropský přenos znečišťujících látek) byly simulovány globálním klimatickým modelem ECHAM pro scénář IPCC A1B, s tím, že emise znečišťujících látek na regionální (panevropské) úrovni byly převzaty z emisního scénáře RCP4,5 (Representative Concentration Pathways) [14]. Výsledky globálního klimatického modelu ECHAM byly zpřesněny pomocí regionálního klimatického modelu RCA3, vyvinutého Rosbyho centrem. V případě České republiky byly aktuální emise na lokální úrovni převzaty z databáze REZZO, emisní projekce byly odhadnuty na základě modelu GAINS (viz níže).

Imisní projekce byly vypočteny pro tři tříletá období 2009 – 2011, 2019 – 2021 a 2029 – 2031, která reprezentovala situaci v letech 2010, 2020 a 2030. Tříletá období byla použita kvůli tomu, aby byl potlačen vliv meziroční variability klimatických podmínek na kvalitu ovzduší a nepřesnosti regionálního klimatického modelu. Pro simulaci imisní situace v těchto obdobích byla použita reálná imisní data z roku 2010 a projekce zpracované na základě modelu GAINS pro roky 2020 a 2030. Podrobný popis použité metodiky včetně lokální úrovně je uveden v práci [15] na příkladu simulace kvality ovzduší pro Stockholm. Simulační výpočty byly provedeny Švédským meteorologickým a hydrologickým ústavem [16], přičemž lokální emisní data byla do modelového systému zadávána prostřednictvím rozhraní/emisní databáze AIRVIRO [17].

Obrázek č. 2: Celkové úhrny emisí pro zájmové území v roce 2010 (levé tmavé sloupce) dle databáze REZZO a emisní projekce 2030 (pravé světlé sloupce) dle modelu GAINS (scénář EC4MACS baseline)



Tabulka č. 1: Srovnání naměřených a simulovaných průměrných ročních koncentrací v období 2009 – 2011 (pro přízemní ozón průměrný 8 hod. klouzavý průměr) pro vybrané stanice AIM umístěné v zájmovém území

		Naměřené koncentrace				Simulované koncentrace				Podíl naměřené/simulované			
Umístění stanice	**Klasifikace**	**NO_2**	**SO_2**	**PM_{10}**	**O_3**	**NO_2**	**SO_2**	**PM_{10}**	**O_3**	**NO_2**	**SO_2**	**PM_{10}**	**O_3**
Kladno-střed města	B/U/R	21,57	5,30	22,15	50	8,44	3,86	11,1	53,5	**2,56**	**1,37**	×	**0,93**
Košetice	B/R/AN-REG	9,37	2,43	19,10	62,6	4,24	1,43	10,3	62,3	**2,21**	**1,70**	**1,85**	**1,00**
Mlada Boleslav	B/U/R	18,30	5,30	29,77	51,1	7,91	2,4	11,2	54	**2,31**	**2,21**	**2,66**	**0,95**
Ondřejov	B/R/N-REG	10,70	3,93	×	63,3	8,11	1,95	11,3	53,6	**1,32**	**2,02**	×	**1,18**
Pha 1-Nám. Republiky	B/U/C	37,17	×	27,53	36,2	19,5	2,49	14,8	42,4	**1,91**	×	**1,86**	**0,85**
Pha 2-Riegrovy sady	B/U/NR	30,87	4,37	25,90	40,8	19,7	2,47	14,8	41,8	**1,57**	**1,77**	**1,75**	**0,98**
Pha 4-Braník	B/S/R	31,87	4,75	24,57	×	17,3	2,31	13,7	44,9	**1,84**	**2,06**	**1,79**	×
Pha 4-Libuš	B/S/R	21,57	3,67	26,77	48,7	14,4	2,14	12,9	47,4	**1,50**	**1,71**	**2,07**	**1,03**
Pha 5-Stodůlky	B/U/R	25,13	4,63	24,67	47,8	15	2,2	12,9	47,6	**1,68**	**2,11**	**1,91**	**1,00**
Pha 6-Suchdol	B/S/R	23,33	4,90	24,73	50,5	14,6	2,44	12,8	47,6	**1,60**	**2,01**	**1,93**	**1,06**
Pha 6-Veleslavín	B/S/R	28,20	×	25,43	41,3	16,4	2,41	13,3	46,1	**1,72**	×	**1,91**	**0,90**
Pha 8-Kobylisy	B/S/R	25,10	4,30	21,93	48,3	18,7	2,57	14,5	43,5	**1,34**	**1,67**	**1,51**	**1,11**
Průměrný koeficient										**1,80**	**1,86**	**1,93**	**1,00**

VÝSLEDKY

Zájmovou oblastí byl čtverec 100 × 100 km se středem v Praze, zahrnující celé území Středočeského kraje a malé části krajů přilehlých.

Emisní data

Stávající emisní data (2010) byla převzata z databáze REZZO s tím, že zvláště velké, velké a střední zdroje (REZZO 1 a 2) byly do modelového systému zadány bodově pomocí geografických koordinát a malé zdroje (REZZO 3) plošně s horizontálním rozlišením 5 × 5 km. Emisní data pro mobilní zdroje (REZZO 4) byla vypočítána na základě dopravních intenzit a zadána s horizontálním rozlišením 0,5 × 0,5 km. Emisní projekce do roku 2030 byly odhadnuty pomocí modelu GAINS [8], scénáře EC4MACS Baseline s tím, že data ve formátu NFR (Nomenclature for reporting) byla převedena do formátu REZZO (viz **obrázek č. 2**).

Kalibrace modelu

Pro kalibraci modelového systému byla využita data z 12 monitorovacích stanic za období 2009 – 2011. Výsledky srovnání pro roční průměrné koncentrace pro oxid dusičitý, oxid siřičitý, suspendované částice PM_{10} a troposférický ozón jsou uvedeny v **tabulce č. 1**.

Z uvedených poměrů mezi reálnými koncentracemi a simulacemi vyplývá, že v případě troposférického ozónu bylo dosaženo velmi dobré shody (průměrný poměr za všechny stanice je roven jedné) zatímco u ostatních polutantů jsou simulované koncentrace výrazně podhodnoceny, přičemž průměrný poměr mezi reálnými a simulovanými daty se pohybuje mezi 1,8 a 1,93. Vzhledem k tomu, že poměry koncentrací jak na úrovni jednotlivých stanic tak jejich průměry dosahují podobných hodnot (viz statistická analýza v **tabulce č. 2**), lze se domnívat, že se jedná o systémový problém, který může být způsoben podhodnocením lokálních emisních dat v položkách REZZO 3 a/nebo REZZO 4 a zejména podhodnocením pozaďových koncentrací, které jsou počítány na základě emisí z regionálního panevropského modelu, který pracuje s horizontálním rozlišením 50 × 50 km a nemůže proto zohledňovat lokální specifika (transport znečištění z přilehlých regionů, např. Ústeckého kraje).

Tabulka č. 2: Základní statistické charakteristiky poměrů průměrných ročních naměřených a modelovaných koncentrací znečišťujících látek v období 2009 – 2011 na vybraných stanicích AIM umístěných v zájmovém území

	Poměr mezi reálnými a simulovanými koncentracemi			
	Minimální hodnota	Maximální hodnota	Průměr	Medián
NO_2	1,32	2,56	1,80	1,70
SO_2	1,37	2,21	1,86	1,89
PM_{10}	1,51	2,66	1,93	1,88
O_3	0,85	1,18	1,00	1,00

V zájmu korekce výše popsaného systémového podhodnocení koncentrací byl pro roční průměrné koncentrace oxidu dusičitého, oxidu siřičitého a suspendovaných částic PM_{10} zvolen jednotný korekční faktor 1,8 (kterým se násobí vypočítané koncentrace). Obdobným způsobem byly stanoveny korekční faktory pro 98. percentil denních koncentrací u oxidu dusičitého ve výši 1,5 a pro 90. percentil denních koncentrací u suspendovaných částic PM_{10} ve výši 2,2.

Imisní projekce v horizontu roku 2030

Na základě výše popsaných emisních projekcí byly pomocí kalibrovaného modelového systému SUDPLAN vypočítány imisní projekce pro zájmové území v horizontu roku 2030 pro suspendované částice PM_{10}, oxid dusičitý, oxid siřičitý a troposférický ozón. Výsledky jsou uvedeny v ilustrativních **obrázcích č. 3 až 6**.

Z uvedených výsledků vyplývá, že k roku 2030 lze pravděpodobně očekávat snížení imisní zátěže suspendovanými částicemi PM_{10}. K nejvyššímu poklesu oproti roku 2010 by mělo dojít v centru Prahy, a to o cca 36 % v případě ročního průměru a o cca 46 % v případě 90. percentilu denních hodnot. Obecně lze konstatovat, že ve východní a severní části zájmového území budou vlivem převažujícího směru větru a topografie terénu koncentrace vyšší.

Z uvedených výsledků vyplývá k roku 2030 významný pokles ročních průměrných koncentrací oxidu dusičitého, a to o 50 až 70 % i hodnot 98. percentilu hodinových koncentrací s tím, že nejvyšší pokles lze očekávat v oblastech přilehlých k centru Prahy, zejména na východním okraji města nejnižší pokles v severní části zájmového území, kde situaci ovlivní velké zdroje znečišťování. Obecně lze konstatovat, že relativní pokles emisí je plošně

rovnoměrnější, než tomu bylo v případě suspendovaných částic. Dle emisních projekcí vzroste vliv velkých zdrojů znečišťování na koncentrace NO_2. Emise ze silniční dopravy výrazně poklesnou (zejména v souvislosti se zvyšováním kvality vozového parku) ale nadále bude doprava představovat na většině území hlavní faktor ovlivňující vývoj koncentrací oxidu dusičitého.
Imisní zátěž oxidem siřičitým již oproti devadesátým letům minulého století nepředstavuje problém. Oxid siřičitý nicméně hraje významnou úlohu při tvorbě sekundárních částic, které mohou představovat cca 50 % celkové hmotnosti částic PM_{10} [2, 3]. V horizontu roku 2030 lze očekávat další cca 50 % pokles již nyní nízkých koncentrací, který se projeví na celém zájmovém území s výjimkou oblastí v blízkosti velkých stacionárních zdrojů, kde bude pokles mírnější.
Nejvyšší koncentrace ozónu lze obecně očekávat v jižní hornatější části zájmového území, nejnižší pak v centru Prahy, což lze přičíst vlivu oxidu dusičitého. Nicméně v centru Prahy pravděpodobný cca 10 % nárůst koncentrací ozónu vlivem poklesu koncentrací oxidu dusičitého. V oblastech mimo Prahu lze očekávat 2 až 6 % pokles koncentrací, zejména v jižní části zájmového území.

Případové studie

Vzhledem k předpokládanému využití modelového systému SUDPLAN v územním a prostorovém plánování byly simulovány tři typické situace, které mohou výrazně ovlivnit kvalitu ovzduší: **Významná změna v provozu zvláště velkého spalovacího zdroje, výstavba významné dopravní infrastruktury** a konečně **suburbanizace** (přesun bydliště části obyvatel Prahy do nově budovaných příměstských sídel).
Předmětem **první případové studie** byl **odhad vlivu odstavení zvláště velkého spalovacího zdroje (Elektrárna Mělník) a zdvojnásobení instalovaného tepelného příkonu tohoto zdroje na kvalitu ovzduší v zájmovém území**. Horizontální rozlišení činí 2 × 2 km. Výsledky simulace jsou uvedeny v ilustrativních **obrázcích č. 7 – 10**.
Z uvedených výsledků vyplývá, že zdvojnásobení tepelného příkonu zdroje se projeví v jeho bezprostředním okolí zvýšením koncentrací v případě PM_{10} a troposférického ozónu o cca 10 %, v případě oxidu dusičitého o cca 40 % s tím že určité zvýšení koncentrací lze pozorovat až do vzdálenosti 40 km, v případě oxidu siřičitého o cca 70 % s určitým zvýšením koncentrací až do vzdálenosti cca 50 km.
Předmětem **druhé případové studie** byl **odhad vlivu dokončení pražského dálničního okruhu na kvalitu ovzduší v zájmovém území**. Emisní data byla odhadnuta na základě dopravních intenzit, horizontální rozlišení činí 1 × 1 km. Výsledky jsou uvedeny v ilustrativním **obrázku č. 11**.
Z výsledků vyplývá, že dostavba Pražského okruhu by mohla vést ke snížení koncentrací oxidu dusičitého a suspendovaných částic PM_{10} v centru města cca o 7 % (pokud nebudou uplatněna další dopravní opatření, jako např. zelené zóny), zatímco koncentrace těchto látek v okolí nově vybudovaných komunikací by vzrostla o 10 až 15 %. Vliv na zbývající část zájmového území lze považovat za zanedbatelný.
Předmětem **třetí případové studie** je **simulace vlivu hypotetické výstavby třech nových satelitních sídel v severozápadním a jihovýchodním okolí Prahy**. Simulace byla provedena pro výstavbu cca 2500 nových rodinných domů ve dvou lokalitách, a to ve východní části pražské aglomerace na východ od Říčan a v západní části v okolí Horoměřic. Bylo předpokládáno, že nová rezidenční výstavba povede k navýšení poptávky po dopravě o cca 10 tisíc obyvatel denně cestujících za zaměstnáním a dalšími aktivitami do Prahy a zvýšení počtu osobních vozidel o cca 6 tisíc. Výsledky simulace jsou uvedeny na ilustrativním **obrázku č. 12**.
Z uvedených výsledků vyplývá, že výstavba nově vybudovaných sídel a s ní související navýšení dopravy by vedlo v příslušných lokalitách ke zvýšení koncentrací oxidu dusičitého v nově vzniklých sídlech a jejich okolí o 10 – 15 % (tj. cca o 2 ug/m^3), přičemž vyšší navýšení koncentrací lze očekávat v satelitu u Říčan. Kromě toho stoupnou koncentrace oxidu dusičitého u hlavních silnic spojujících suburbanizované lokality s centrem města, a to cca o 5 – 10 %. V případě suspendovaných částic PM_{10} a oxidu siřičitého je očekáváno méně výrazné zvýšení koncentrací mezi 2 – 5 %, nejvyšší přímo v nových sídlech, u hlavních silničních tahů bude zvýšení na dolní hranici tohoto rozmezí. U koncentrací troposférického ozónu je v příslušných lokalitách naopak očekáván mírný, cca 2 % pokles koncentrací.

ZÁVĚRY

Z uvedených výsledků vyplývá, že modelový systém SUDPLAN je využitelný jak na makroskopické úrovni pro simulaci imisních projekcí pro primární i sekundární znečišťující látky, tak i na mikroskopické úrovni pro posuzování dopadu změn v provozu významných stacionárních zdrojů a zamýšlených staveb na kvalitu ovzduší.
S podrobnými výsledky modelových výpočtů, uvedených v této práci, se lze seznámit na webové stránce *http://geoportal.gov.cz/sudplan*.

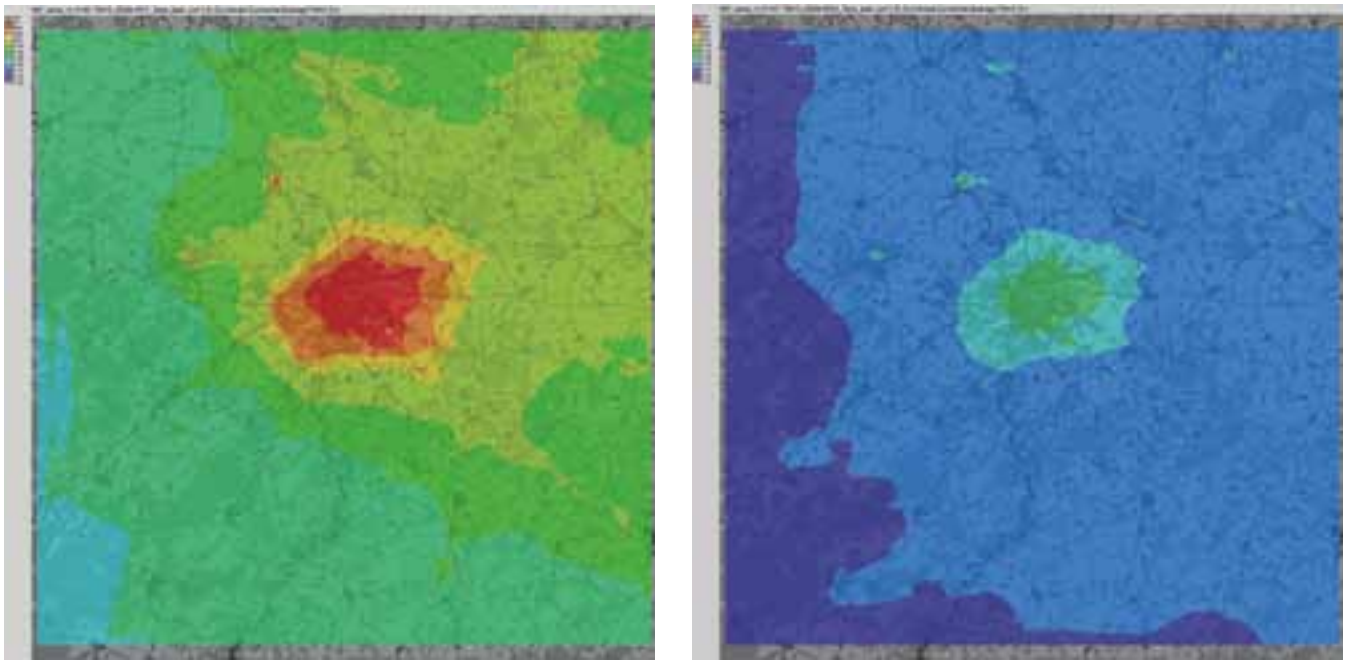
Poděkování
Publikace vznikla za podpory Evropské unie v rámci projektu FP7 No.247708 Sustainable Urban Development Planner for Climate Change Adaptation (SUDPLAN).

LITERATURA

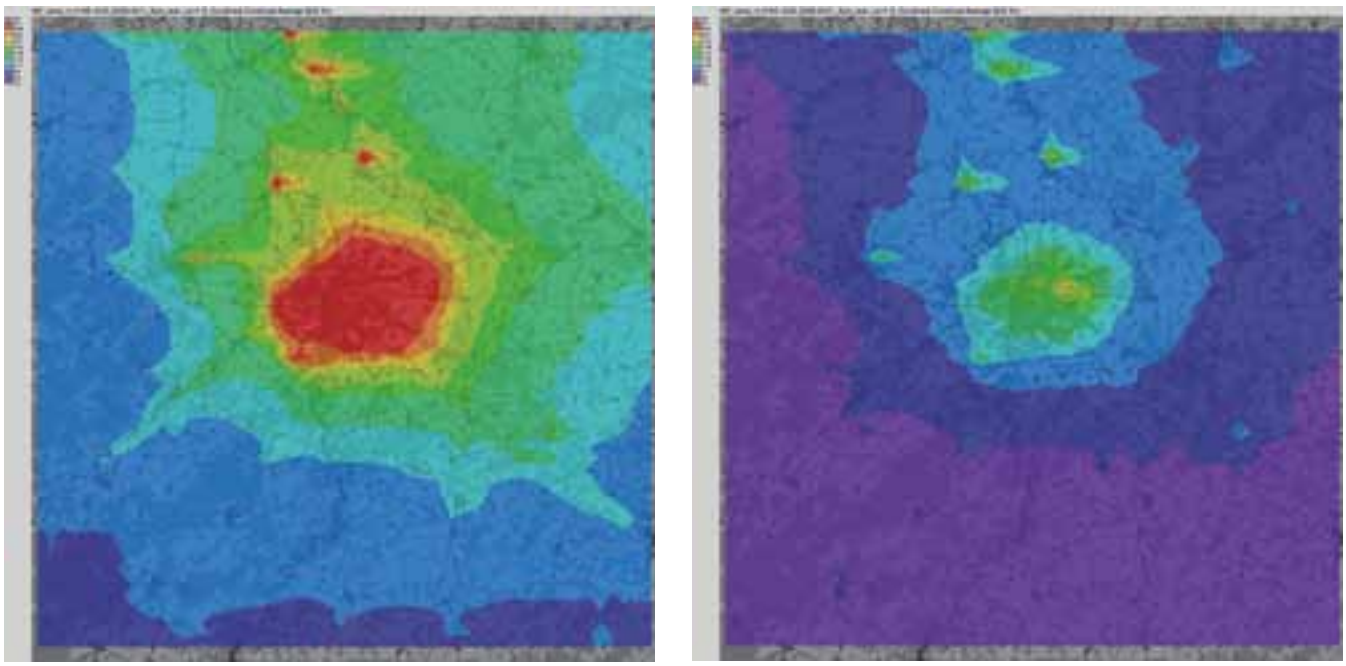
[1] Ročenky Znečištění ovzduší na území České republiky v roce ..., ČHMÚ 1994 – 2012,
[2] Smolík,J, Bízek,V., Schwarz,J., Ždímal,V., Ondráček,J., Ondráčková, L. a L.Andělová, L.: „Příspěvek automobilové dopravy k místnímu znečištění ovzduší“, Ochrana ovzduší 21 (3), 21 – 26 (2009)
[3] Ondráček, J., Schwarz, J., Ždímal,V., Andělová, L., Vodička, P., Bízek, V., Tsai, C.-J., Chen, S.-C and Smolík, J.: „Contribution of the road traffic to air pollution in the Prague City (busy speedway and suburban crossroads)“; Atmospheric Environment, 45(29), 5090 – 5100 (2011)
[4] Model CAMx viz *http://www.camx.com/*
[5] Maznová, J., Hůnová, I., Vlček, O. a Hnilicová, H.: „Zlepšení metod hodnocení znečištění ovzduší částicemi PM na území České republiky”, Ochrana ovzduší 21 (2), 3 – 9 (2009)
[6] Model EMEP viz *http://www.emep.int/index_model.html*
[7] Horálek, J., Denby, B., de Smet, P., de Leeuw, F., Kurfurst, P., Swart, R., van Noije, T. (2007): „Spatial mapping of air quality for European scale assessment“. ETC/ACC Technical Paper 2006/6
[8] Model GAINS viz *http://gains.iiasa.ac.at/models/*
[9] Matoušková, L., Kodetová A. a Bízek, V.: „Aplikace modelu GAINS v České republice“, CENIA Praha 2011

[10] Bízek, V. a Mertl, J.: „Aplikace matematických modelů v oblasti ochrany ovzduší a klimatu“. In: Aplikace modelů v oblasti životního prostředí, CENIA Praha 2011, pp. 71 – 112
[11] Model ATEM viz *http://www.atem.cz/atem.html*
[12] Stránka projekt SUDPLAN viz *http://www.smhi.se/sudplan*
[13] Robertson, L., Langner, J. and Engardt, M.: „An Eulerain limited area atmospheric transport model“, Journal of Applied Meteorology, 38 (2), 190 – 210 (1999)
[14] Thomson, A.M., Calvin, K.V., Smith, S.J. et al.: „RCP4.5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2010“, Climatic Change, 109 (1 – 2), 77 – 94 (2011)
[15] Gidhagen, L., Engardt, M., Lovenheim, B. and Jihansson C.: „Modelling Effects of Climate Change on Air Quality and Population Exposure in Urban Planning Scenarios“, Advances in Meteorology, volume 2012 (2012), Article ID 240894, 12 pages; see *http://www.hindawi.com/journals/amet/2012/240894/*
[16] Swedish Meteorological and Hydrological Institute: *http://www.smhi.se/en/Research/Research-departments/Air-quality*
[17] AIRVIRO: Air Quality Management System: *http://www.smhi.se/en/services/professional-services/Environment/airviro-air--quality-management-system-1.12486*
[18] Model MATCH: *http://www.smhi.se/en/Research/Research--departments/Air-quality/match-transport-and-chemistry--model-1.6831*

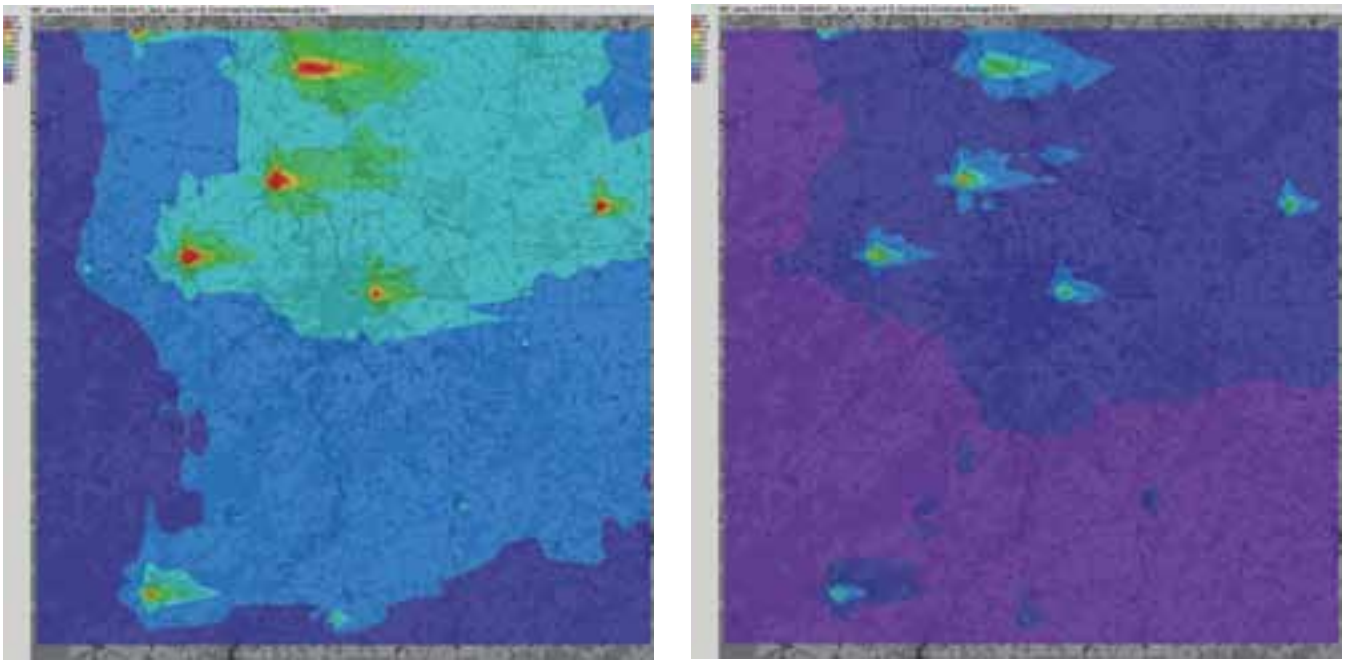
Obrázek č. 3: Roční průměrné koncentrace suspendovaných částic PM_{10} [μg/m^3] v období 2009 – 2011 vypočtené dle dat emisní inventury za rok 2010 (obrázek vlevo) a v období 2029 – 2031 na základě emisní projekce modelu GAINS pro rok 2030



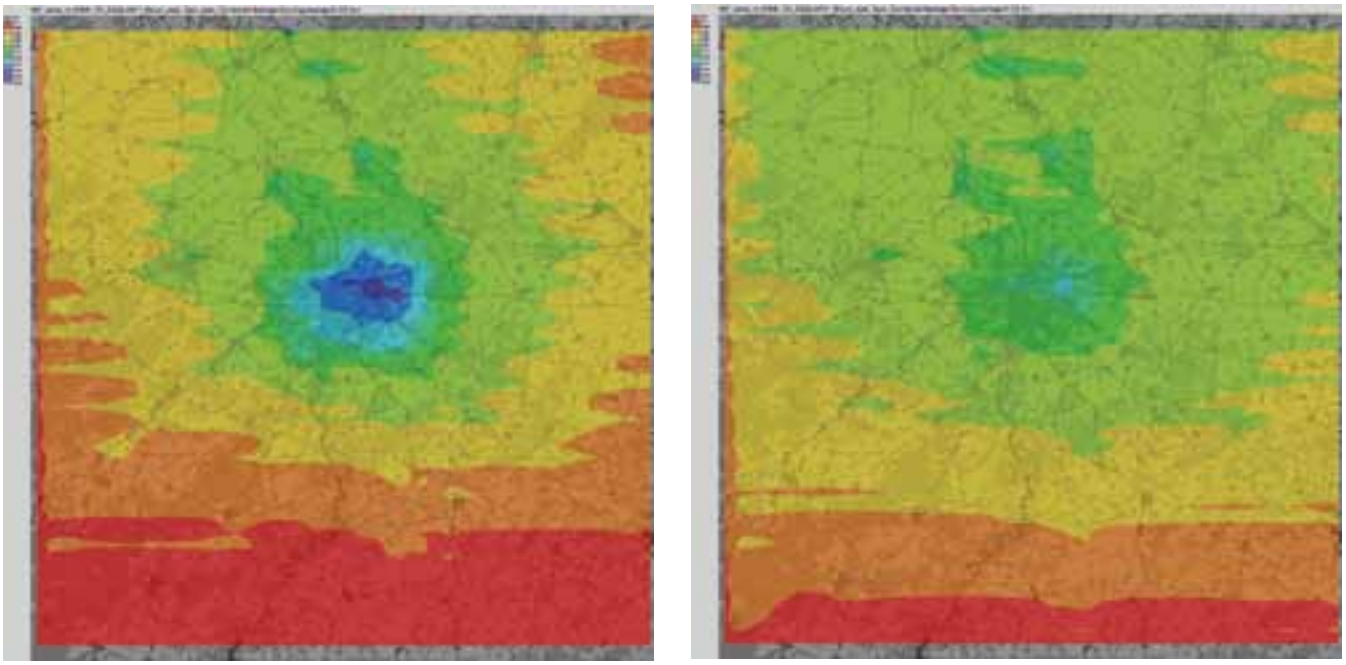
Obrázek č. 4: Roční průměrné koncentrace oxidu dusičitého [μg/m^3] v období 2009 – 2011 vypočtené dle dat emisní inventury za rok 2010 (obrázek vlevo) a v období 2029 – 2031 na základě emisní projekce modelu GAINS pro rok 2030



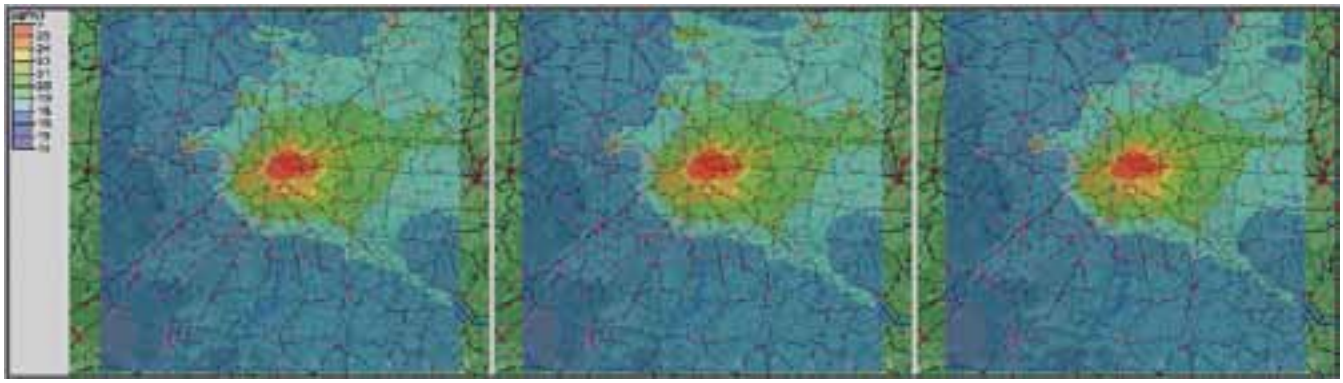
Obrázek č. 5: Roční průměrné koncentrace oxidu siřičitého [$\mu g/m^3$] v období 2009–2011 vypočtené dle dat emisní inventury za rok 2010 (obrázek vlevo) a v období 2029–2031 na základě emisní projekce modelu GAINS pro rok 2030



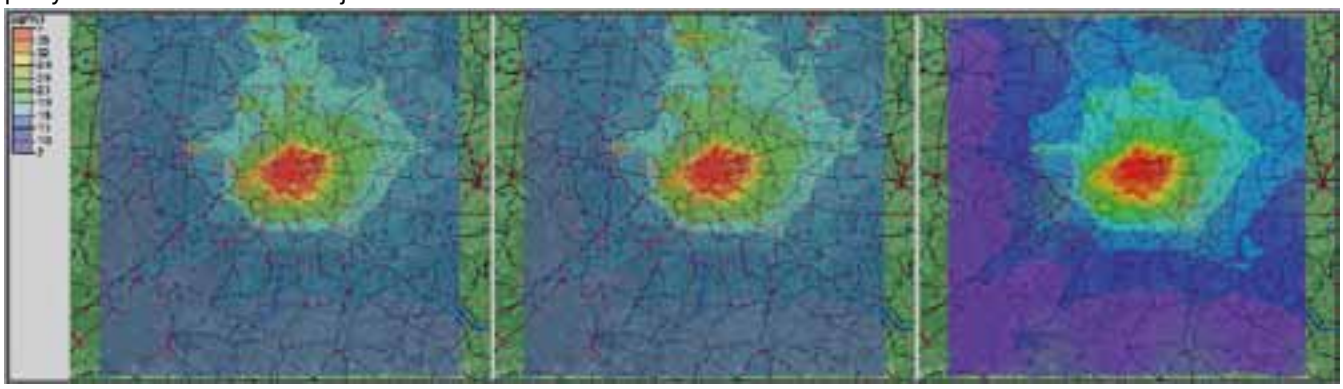
Obrázek č. 6: 8 hodinové klouzavé průměrné koncentrace troposférického ozónu [$\mu g/m^3$] v období 2009–2011 vypočtené dle dat emisní inventury za rok 2010 (obrázek vlevo) a v období 2029–2031 na základě emisní projekce modelu GAINS pro rok 2030



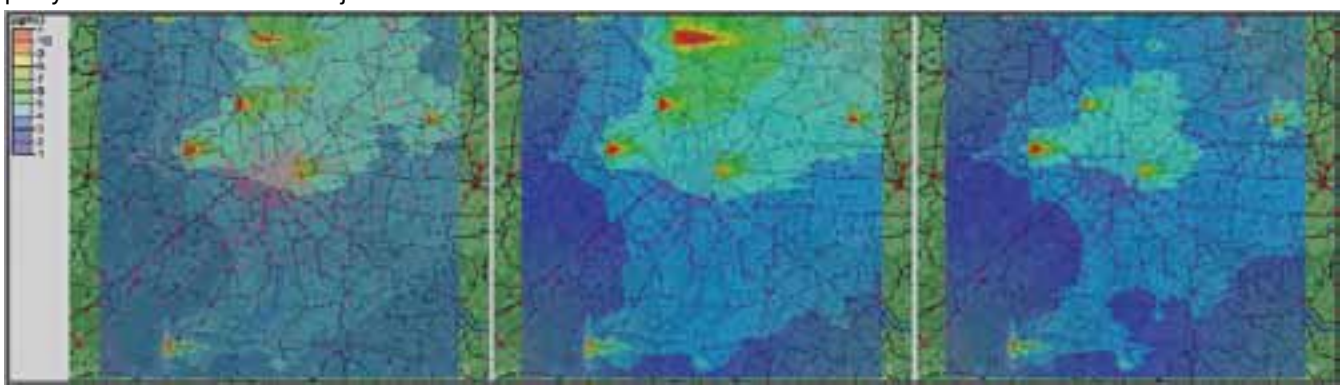
Obrázek č. 7: Vliv významné změny u zvláště velkého spalovacího zdroje na průměrné roční koncentrace suspendovaných částic PM_{10} [$\mu g/m^3$] v zájmovém území: Levý obrázek – současný stav, prostřední obrázek – zdvojnásobení příkonu, pravý obrázek – odstavení zdroje



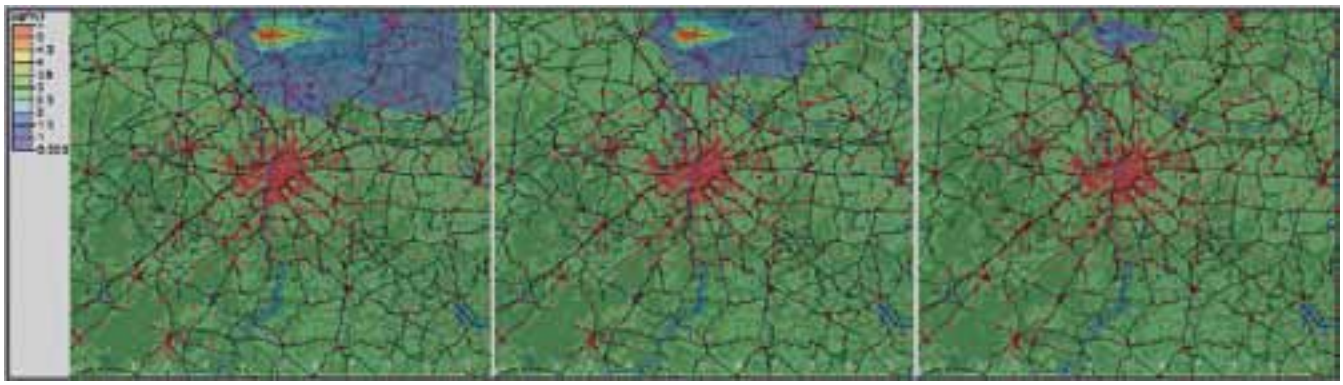
Obrázek č. 8: Vliv významné změny u zvláště velkého spalovacího zdroje na průměrné roční koncentrace oxidu dusičitého [$\mu g/m^3$] v zájmovém území: Levý obrázek – současný stav, prostřední obrázek – zdvojnásobení příkonu, pravý obrázek – odstavení zdroje



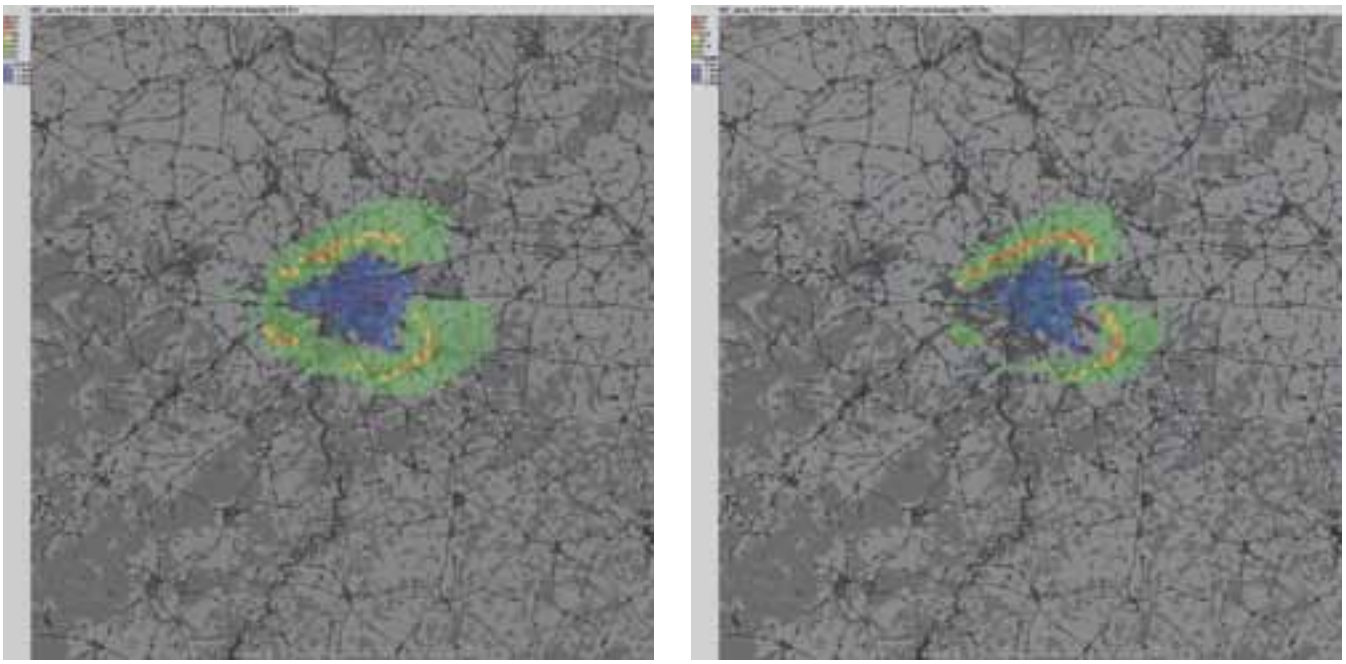
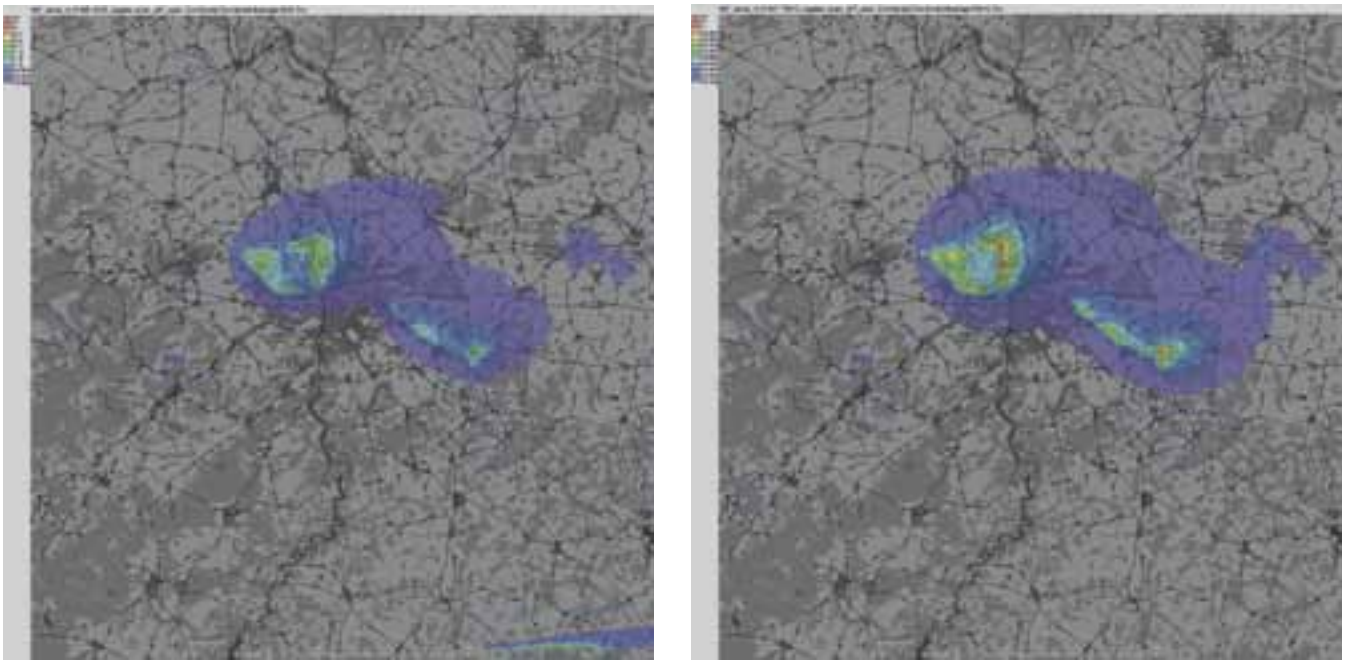
Obrázek č. 9: Vliv významné změny u zvláště velkého spalovacího zdroje na průměrné roční koncentrace oxidu siřičitého [$\mu g/m^3$] v zájmovém území: Levý obrázek – současný stav, prostřední obrázek – zdvojnásobení příkonu, pravý obrázek – odstavení zdroje



Obrázek č. 10: Diference průměrných ročních koncentrací oxidu dusičitého, oxidu siřičitého a suspendovaných částic PM_{10} [$\mu g/m^3$] v zájmovém území mezi současným stavem a odhadem situace po zdvojnásobení příkonu zdroje.



Obrázek č. 11: Rozdílové vrstvy koncentrací oxidu dusičitého (obrázek vlevo) a suspendovaných částic PM_{10} [$\mu g/m^3$] mezi současným stavem a simulovaným stavem po dostavbě pražského okruhu v zájmovém území



Obrázek č. 12: Vliv hypotetické výstavby satelitních sídel na průměrné roční koncentrace oxidu dusičitého (obrázek vlevo) a suspendovaných částic PM_{10} [$\mu g/m^3$] v zájmovém území. Rozdílové vrstvy mezi aktuálním stavem a stavem po výstavbě nových sídel