
Zpracovatel: Annette Pausch, Dr. Andrea Hausmann
E-mail: annette.pausch@smul.sachsen.de
Tel.: 0351 2612-5103; Fax: 0351 2612-5199
Redakční uzávěrka: 27.04.2012

Zatížení zápachem v Krušných horách a Vogtlandu

Rozšířené výzkumy 2011

Shrnutí

Obyvatelé v Krušných horách a Vogtlandu si již roky stěžují na silné, nepříjemné zápachy, které se opakovaně objevují v jednotlivých dnech při povětrnostních situacích s jihovýchodním prouděním. Zdrojem jsou pravděpodobně průmyslová zařízení v české kotlině, ale také domácí vytápění v tomto regionu.

V roce 2010 začala měřicí kampaň pro výzkum vzorků vzduchu na měřicí stanici kvality ovzduší na Schwardenbergu /1/. V roce 2011 se tyto vzorky zápachu odebíraly vylepšeným způsobem.

Dodatečně mohl být v listopadu vystavěn systém pro odběr vzorků také na stanici Klingenthal ve Vogtlandu. Získané vzorky vzduchu byly analyzovány v TÜV Süd Industrie Service GmbH v Mnichově.

Vedle odběru vzorků probíhalo i modelování tras vzdušných mas při zápchových událostech na Leibnitzově institutu pro výzkum troposféry v Lipsku (Leibniz-Institut für Troposphärenforschung Leipzig e. V. (IFT)), aby byl určen původ vzdušných mas, obtěžujících zápachem.

Pro bližší výzkum dálkového nánosu zatíženého vzduchu bylo poprvé ve studii proveditelnosti použito ultralehké letadlo z FH Düsseldorf, laboratoře měřicí techniky životního prostředí s měřicí technikou pro jemný prach a oxid siřičitý. Pět měřících letů se konalo ve dnech četných stížností na zápach ze strany obyvatelstva.

Vyhodnocení výsledků měření a modelování prokázalo:

- V roce 2011 byly všechny mezní hodnoty pro ochranu lidského zdraví a pro ochranu vegetace bezpečně dodrženy podle 39. nařízení k provádění spolkového zákona o ochraně před imisemi (39. BImSchV) na měřicích stanicích Schwardenberg a Klingenthal. Vyhodnocovány byly vzdušné škodliviny oxid siřičitý SO₂, oxid dusičitý NO₂, oxidy dusíku NO_x, benzen a jemný prach PM₁₀.
- Zápachy jsou jako imise technicky velmi špatně dokazatelné. Kauzální spojitost mezi stížnostmi na zápach a analyticky zjištěnými škodlivými komponentami v nasbíraných vzorcích vzduchu nemohla být jednoznačně nalezena. Nápadně často však byly při stížnostech v Krušných horách zjištěny zvýšené koncentrace nonanalů, jakož i přírůstek těkavých organických látek (VOC – volatile organic compounds) a hexafluortetrachlorbutanu (HFTCB). Ve vzorcích vzduchu z Klingenthalu byl HFTCB sotva znatelný. Koncentrace VOC v Klingenthalu nebyly závislé na směru větru.

- Ve stížnostech z Vogtlandu jsou zápachy nejčastěji popisovány jako „kočičí špína“. V Krušných horách jsou vnímání zápachu silněji diferenciována (mnohočetné jmenování vedle kočičí špíny: průmyslové zplodiny, petrochemie, rozpouštědla, kouřové plyny, sirovodík). Odlišná vnímání zápachu mohou jednak poukazovat na rozdílné zdroje. Jednak je třeba zvážit, že by pojem „kočičí špína“ v současné době mohl být „vžitým“ označením pro silně nepříjemné zápachy.
- Pomocí výpočtu trajektorií mohl být určen původ vzdušných mas. Ve dnech s výskytem stížností na zápach se ve vyšším množství vyskytovaly povětrnostní situace se slabými jihovýchodními větry, při nichž se hromadily vzdušné masy před hřebenem Krušných hor v české kotlině. Tyto se mohly obohatit škodlivinami z průmyslových zařízení nebo domácího vytápění. Přes nižší údolní zářezy případně při rozpuštění inverze nebo zesílení větru se dostaly tyto zatížené vzdušné masy do saské části Krušných hor a také do Vogtlandu. Tím ale nemohou být jednotlivé zdroje přiřazeny událostem s výskytem zápachu.
- Měřicí lety s ultralehkým letadlem potvrdily kumulační účinek Krušných hor a vtékání zatíženého vzduchu do údolních zářezů.

Stav stížností v Krušných horách a Vogtlandu 2011

V roce 2011 si v 88 dnech stěžovali obyvatelé Krušných hor a v 35 dnech obyvatelé Vogtlandu u Zemského úřadu pro životní prostředí, zemědělství a geologii (LfULG) na nepříjemné zápachy (Tabulka 1). V 80 dnech s výskytem stížností vanuly větry z jihovýchodních směrů. V Klingenthalu se vyskytovaly stížnosti na zápach při bezvětří nebo při jihovýchodních větrech. Nejčastější stížnosti v Krušných horách přicházely z prostoru Seiffen, Deutscheinsiedel, Neuhausen a Olbernhau. Ve Vogtlandu byla nejvíce zatížena zápachem místa Zwota, Markneukirchen, Klingenthal a Oelsnitz. Obrázek 18 v příloze ukazuje výřez výškového reliéfu postižených oblastí.

Tabulka 1: Stav stížností 2011 v Krušných horách a Vogtlandu

Region	Jednotlivé stížnosti 2011	Dny stížností		
		Celkem	S více než třemi jednotlivými stížnostmi	S více než deseti jednotlivými stížnostmi
Krušné hory	385	88	21	12
Vogtland	165	35	11	6

Celkově se hromadily stížnosti od konce října do poloviny listopadu. Do tohoto časového úseku spadá kolem ⅔ jednotlivých stížností a všechny dny s více než deseti jednotlivými stížnostmi. Během této doby panovala stabilní povětrnostní situace s vysokým tlakem vzduchu spojená s nízkými rychlostmi větru z jihovýchodu a výměnou vzduchu vertikálně omezenou na několik málo stovek metrů.

Dodatečně vyrozuměl 21. 10. 2011 UNIPETROL RPA z Litvínova saské úřady o plánované údržbě zařízení do 24. 10., 29. 10. dorazilo hlášení o havárii. V obou případech docházelo později k častým stížnostem. Přeborníkem byl 2. listopad s celkem 55 jednotlivými stížnostmi.

Oproti předchozím letům byl pozorován výrazný přírůstek událostí s výskytem zápachu (pro srovnání v roce 2010: 18 dnů s výskytem stížností v Krušných horách, z toho dva dny s více než deseti jednotlivými stížnostmi, 8 dnů s výskytem stížností ve Vogtlandu, z toho žádný den s více než deseti jednotlivými stížnostmi). Pokud se ale vyloučí zvláštní časový úsek od konce října do poloviny listopadu 2011, potom se získá podobný stav stížností jako v předešlých letech.

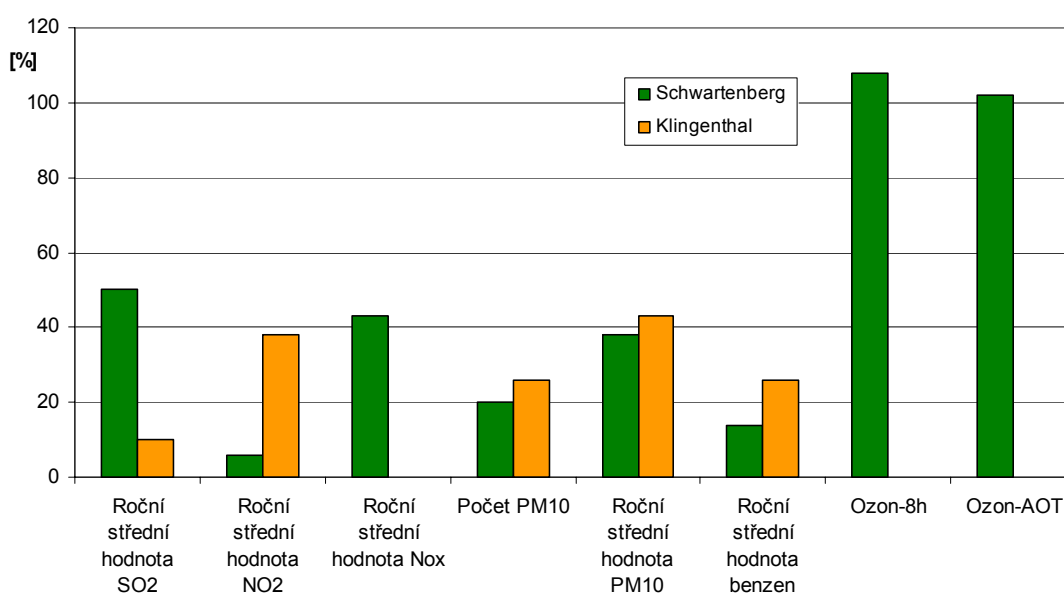
Jako zdroj zatížení zápachem jsou předpokládána česká průmyslová zařízení a také domácí vytápění v české kotlině.

Velká průmyslová a zemědělská zařízení podléhají od určité kapacity předpisům Nařízení o evropském registru úniků a přenosů znečišťujících látek (European Pollutant Release and Transfer Register, krátce E-PRTR). Uvolňují-li mimo jiné vzdušné škodliviny nad určitý množství, jsou tyto uvedeny v registru. V severních Čechách bylo v roce 2009 129 registrovaných zařízení, z toho čtyři s uvolňováním NMVOC (těkavé organické sloučeniny bez methanu) nad množství 100 t za rok (Tabulka 2). Uvolňování vztahené na zařízení leží ve stejných velikostních řádech jako v Sasku (242 zařízení, z toho 3 s registrovanými uvolňováními NMVOC: Dow Olefinverbund GmbH Werk Böhlen → 107 t, BMW Werk Leipzig → 128 t, VW Sachsen GmbH Werk Zwickau 328 t) /2,3/.

Tabulka 2: E-PRTR-zařízení s registrovaným uvolňováním NMVOC do ovzduší (Rok zprávy: 2009)

Název	Místo	Uvolňování NMVOC v [t/a]	Průmyslové odvětví
Sokolovská uhelná	Vřesová, Chodov u Karlových Varů	282	elektrárna
CHEMOPETROL	Litvínov	379	chemie
Glanzstoff – Bohemia s. r. o.	Lovosice	1 630	chemie
Setuza a. s.	Ústí nad Labem	153	potraviny

Dodržování zákonných hraničních a cílových hodnot 2011



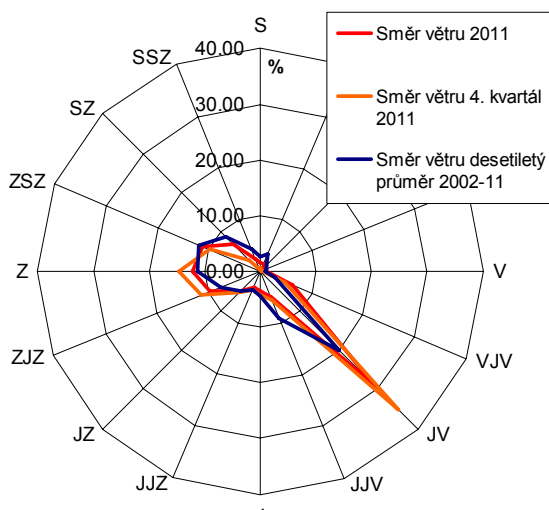
Obrázek 1: Zatížení vzduchu na Schwartenbergu a v Klingenthalu 2011 – Vyčerpání jednotlivých hraničních a cílových hodnot (v procentech)

V roce 2011 byly – stejně jako také v předešlých letech – v Krušných horách a Vogtlandu bezpečně dodrženy hraniční hodnoty pro vzdušné škodliviny podle 39. nařízení k provádění spolkového zákona o ochraně před imisemi (39. BImSchV). To se týká vzdušných škodlivin oxidu siřičitého (SO₂), jemného prachu menšího než 10 mikrometrů (PM₁₀), benzenu, oxidu dusičitého (NO₂) a oxidů dusíku (NO_x) a platí jednak pro krátkodobá zatížení, jako hodinové a denní hodnoty, a jednak pro dlouhodobá zatížení ve formě středních ročních hodnot. Na Schwartenbergu byl jemný prach dodatečně zkoumán na obsah látek, jako jsou těžké kovy a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAK).

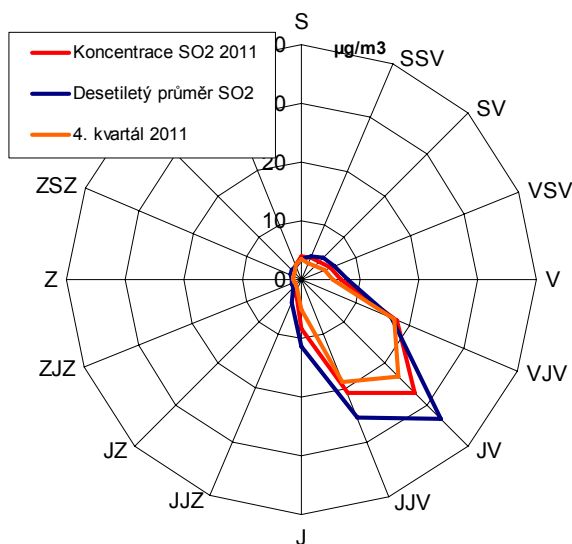
Cílové hodnoty k ochraně lidského zdraví a vegetace pro ozon nemohly být na stanicích na hřebenu Krušných hor stejně jako v letech předchozích dodrženy.

Obrázek 1 ukazuje procentuální vyčerpání jednotlivých hraničních, respektive cílových hodnot pro zatížení škodlivinami na Schwartenbergu a v Klingenthalu (v Klingenthalu žádné měření ozonu).

Zatížení škodlivinami závislé na směru větru



Obrázek 2: Přebíádající směr větru na Schwartenbergu v zimním pololetí (údaje v procentech)



Obrázek 3: Koncentrace SO₂ závislá na směru větru v zimním pololetí na Schwartenbergu

Srovnají-li se převládající směry větru za posledních deset let s těmi z roku 2011, potom je znát výrazný přírůstek povětrnostní situace s jihovýchodním prouděním, zvláště ve 4. kvartálu (Obrázek 2, Tabulka 3). Koncentrace SO₂ při jihovýchodním směru větru naproti tomu poklesly oproti dlouholetému průměru (Obrázek 3, Tabulka 3)

Tabulka 3: Jihovýchodní proudění v zimních pololetích na Schwartenbergu ve srovnání

	Jihovýchodní proudění v procentech	Koncentrace SO ₂ při jihovýchodním proudění v µg/m ³
Desetiletý průměr (2002 až 2011)	20	34
2011 (zimní měsíce)	29	28

4. kvartál 2011	35	24
-----------------	----	----

Odebírání vzorků pachů 2011

Vycházejíce z poznatků získaných v roce 2010 mohly být v roce 2011 zlepšeny odběry vzorků. V roce 2011 byly zkoumány látky relevantní pro zápach, celkem 52 vzorků vzduchu ze Schwartenbergu (pro srovnání v roce 2010: 42 vzorků) a 29 vzorků z Klingenthalu. Dalších 42 vzorků sloužilo pro zabezpečení kvality naměřených hodnot. Podnětem pro odběry vzorků byly stížnosti od obyvatel jako i zvýšené koncentrace SO₂ a /nebo benzenu při stabilních povětrnostních situacích (se směrem větru cca 115 až 200°). Pro srovnání byly odebrány vzorky také při povětrnostních situacích se západním, respektive severozápadním prouděním, aby bylo analyzováno pozadí zatížení.

Trvání jednoho odběru vzorků obnášelo 8 hodin. 6 vzorkových trubiček obsažených v přístroji pro odběr vzorků tak stačilo maximálně na 48 hodin. Poté musel technik provozní společnosti pro životní prostředí a zemědělství (BfUL) na místě opětovně naplnit přístroje.

Technické detaily a podrobnosti k opatřením pro zabezpečení kvality odběru vzorků, jako určování slepé hodnoty a rovnováhy, jako i vyhodnocení jednotlivých odběrů vzorků jsou dostupné ve zprávě BfUL »Měření zápachu Krušné hory 2011« (/4/, viz pole »Doplňující informace«).

Výsledky odběrů vzorků

Celkem mohlo být identifikováno 38 různých látek. 5 látek je nutno ohodnotit jako relevantní pro zápach, protože tyto mohou být již v malých koncentracích vnímány člověkem.

Pro těchto 5 látek byly empiricky odhadnuty koncentrace nad oftalmometricky určeným prahem zápachu, které přesahují obvyklou proměnnou oblast místního pozadí zatížení (tzv. prahy události, /4/). Tyto hodnoty obsahuje Tabulka 4.

Tabulka 4: Odhadnuté prahy události pro zapáchající látky

Sloučenina	Práh události	
	Schwartenberg	Klingenthal
Hexanal	>25 µg/m ³	>25 µg/m ³
Heptanal	>20 µg/m ³	>20 µg/m ³
Oktanal	>10 µg/m ³	>10 µg/m ³
Nonanal	>15 µg/m ³	>20 µg/m ³
Dekanal	>20 µg/m ³	>35 µg/m ³

Vzorky zápachu na Schwartenbergu

Proudění severozápad až severovýchod: 6 odběrů vzorků
Proudění jihovýchod: 28 odběrů vzorků při stížnostech na zápach¹
16 odběrů vzorků bez stížností

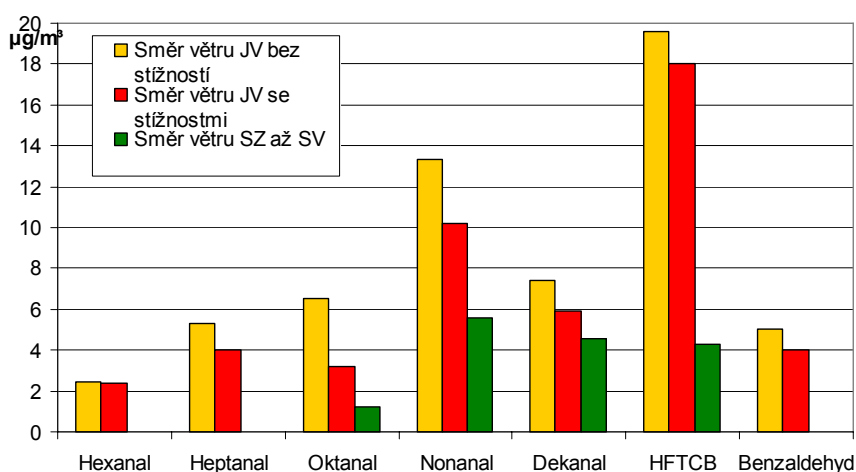
- V pozadí při povětrnostních situacích se severozápadním až severovýchodním prouděním byly v některých vzorcích identifikovány sloučeniny relevantní pro zápach nonanal, oktanal a dekanal v koncentracích hluboko pod prahem události, jakož i v jednom vzorku hexafluortetrachlorbutan (HFTCB). Jiné látky nebyly ve vzorcích prokazatelné.

¹ 2 odběry vzorků při stížnostech nebyly zahrnuty do vyhodnocení závislého na směru větru na základě změny směru větru během odběru vzorku respektive vzdálenosti jednotlivé stížnosti od místa odběru vzorku.

- Ve 28 vzorcích na základě stížností na zápach mohly být prokázány:

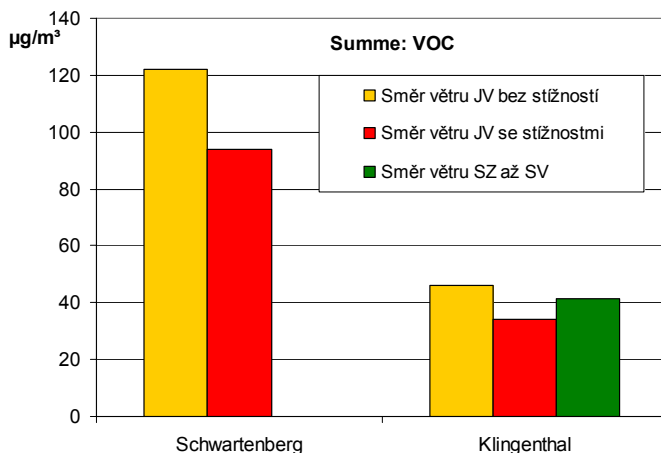
7 sloučenin ve více než 50 % vzorků	benzen, toluen, nonanal, dekanal, benzaldehyd, HFTCB a VOC (těkavé organické látky)
Dodatečně 8 látek ve více než 25 % vzorků	heptanal, oktanal, ethylhexanol, hexamethylcyclotrisiloxan, oktamethylcyclotetrasiloxan, benzothiazol, BHT a izomery, pentadecan

Pozorují-li se odběry vzorků, které byly odebrány při směru větru z východu až jihovýchodu (i ty, při nichž se nevyskytovaly žádné stížnosti), pak se na prokázaných sloučeninách ve vzorcích nic zásadního nemění (Obrázek 4).



Obrázek 4: Střední koncentrace několika vybraných sloučenin na Schwarzenbergu při rozdílných podmínkách

- Při stížnostech na zápach byl práh události překročen pouze v šesti případech u nonanal. Koncentrace všech ostatních látek relevantních pro zápach ležely pod prahem události. Tento práh události byl ale částečně překročen ve vzorcích bez stížností za povětrnostní situace s jihovýchodním prouděním (5 x u nonanal a vždy 1x u oktanal a dekanal).



Obrázek 5: Střední koncentrace těkavých organických sloučenin na Schwartenbergu a v Klingenthalu při různých směrech větru a různých situacích s ohledem na výskyt stížností.

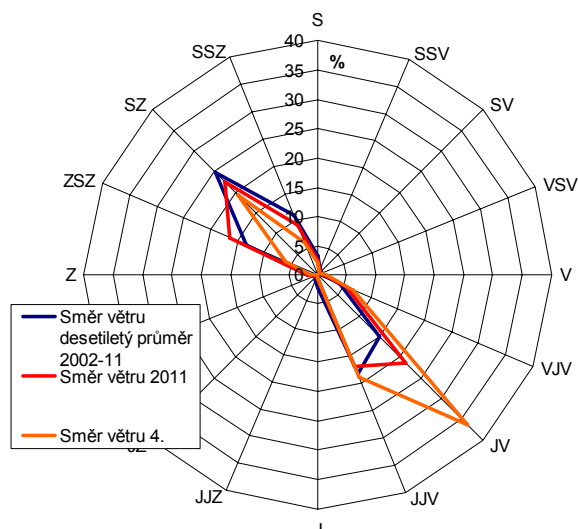
Ve vzorcích vzduchu při povětrnostních situacích s jihovýchodním prouděním bylo prokázáno zřetelně více organických látek, než ve vzorcích vzduchu z povětrnostních situací se západním až severním prouděním. Zvláště je možno bezpečně vycházet z přírůstku koncentrací HFTCB a nonanalů (Obrázek 4). Nápadně zvýšené jsou také těkavé organické látky (VOC) v průměru cca 100 µg/m³ – na rozdíl od povětrnostní situace se západním prouděním, při níž nebyly prokázány žádné VOC (

- Obrázek 5).
- Nemohla však být nalezena žádná souvislost mezi stížnostmi na zápach a zkoumanými látkami relevantními pro zápach.

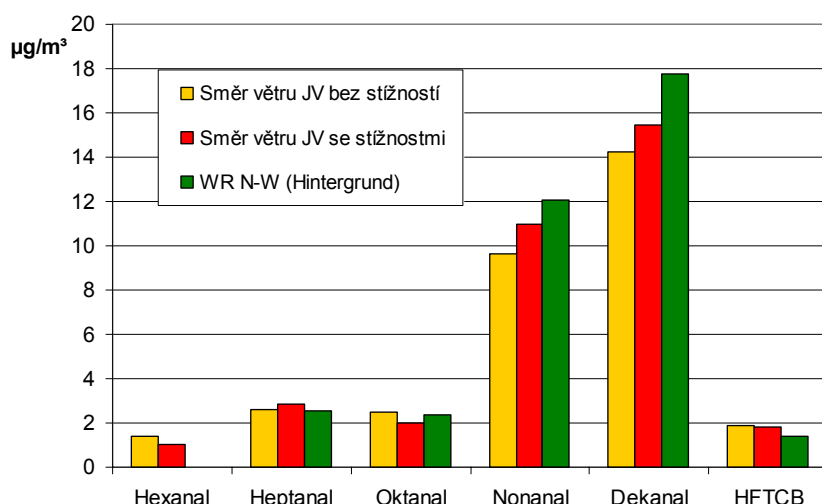
Vzorky zápachu v Klingenthalu

Proudění severozápad: 3 odběry vzorků
 Proudění jihovýchod: 6 odběrů vzorků při stížnostech na zápach
 20 odběrů vzorků bez stížností

V listopadu 2011 mohl být dodatečně postaven jeden přístroj pro odběr vzorků v Klingenthalu. Proudění v místě měření je polohou údolí silně kanalizováno (Obrázek 6). Dodatečně panovalo v téměř polovině času bezvětří (rychlost větru <0.5 m/s).



Obrázek 6: Převládající směr větru v Klingenthalu (údaje v procentech)



Obrázek 7: Střední koncentrace několika vybraných sloučenin v Klingenthalu při různých podmínkách

- Většina identifikovaných látek se vyskytovala jen v jednotlivých vzorcích. Pro konkrétní výpovědi zde počet vzorků nestačí.
- Na Obrázek 7 jsou zobrazeny střední koncentrace několika vybraných sloučenin, které mohly být identifikovány v převažující většině vzorků. Rozdíl mezi povětrnostními situacemi s jihovýchodním a severozápadním prouděním není rozpoznatelný. Také povětrnostní situace s jihovýchodním prouděním se stížnostmi a bez nich se neliší. To samé platí také pro koncentrace těkavých organických látek (VOC) (Obrázek 5).
- Práh události byl překročen pouze ve dvou případech u komponenty nonanal – při povětrnostní situaci s jihovýchodním prouděním jednou s a jednou bez stížností na zápach.
- S vysokou pravděpodobností je třeba vycházet z toho, že zkoumané látky nejsou zodpovědné za zatížení zápachem (převážné jmenování: kočičí špína, zemní plyn, kouřový plyn) ve Vogtlandu.

Látky relevantní pro zápach

Nonanal C₉H₁₈O

Nonanal patří – jako např. také hexanal, oktanal, pentanal, dekanal do skupiny aldehydů. Tyto látky jsou organickými rozpouštědly a jsou používány pro rozmanité účely (laky, barvy, těsnění, lepidla, dřevěné materiály). Nonanal je používán díky své citrusové vůni také v léčích a vonných látkách. Zápach jednotlivých aldehydů je velmi rozdílný. Oktanal je např. připisován olejovité mastný zápach. Tyto aldehydy mají dráždivý účinek na oči a kůži. Pro vnitřní prostory byla navržena orientační hodnota pro sumu aldehydů s řetězcí C₄-C₁₁ 0,1 mg/m³ /5/.

Kvůli širokému spektru použití by mohla být tato látka uvolňována jak při své výrobě, tak i později při produkci stavebních produktů /5, 6/.

Hexafluorterachlorbutan (HFTCB)

V jeho případě se jedná o skupinu různých izomerů. Při kontaktu jsou možná podráždění kůže, očí a dýchacích orgánů. Známe je použití HFTCB v analytice vody. Mimoto existují i některé starší patenty, u nichž je HFTCB zmíněn jako rozpouštědlo pro výrobu jednotlivých elektronických stavebních součástek, jakož i nátěru pro ochranu před termity. Další aktuální oblasti použití nejsou známy. Dotazy u velkoobchodu neposkytly žádné další informace /7/.

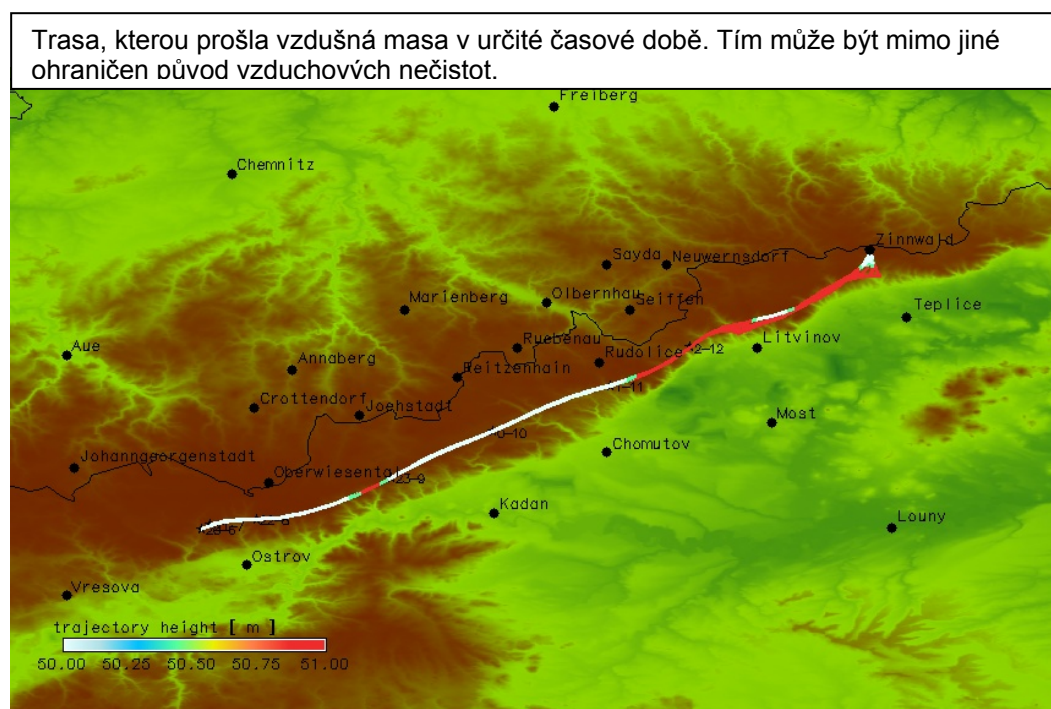
VOC

VOC jsou uvolňovány při výrobě a zvláště v průmyslu, řemeslné výrobě, zemědělství, domácnostech a dopravě (odmrazovací prostředky pro letadla a automobily) po použití produktů obsahujících rozpouštědla. Další antropogenní zdroje jsou spalovací procesy (elektrárny, topení, doprava), VOC jsou ale uvolňovány i rostlinami. Až na několik málo výjimek – např. levoglucosan je marker pro spalování dřeva – nemohou být početným zdrojům přiřazeny žádné určité látky.

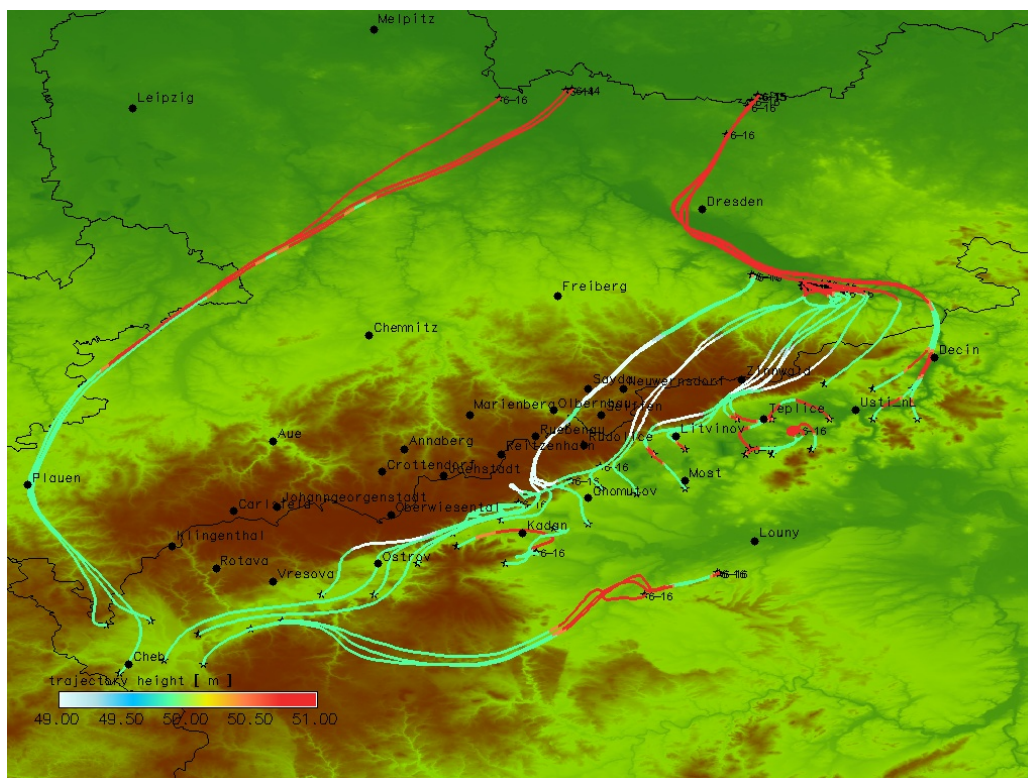
Modelování tras vzdušných mas při událostech s výskytem zápachu

Aby byl určen původ zápachem zatěžujících vzdušných mas, a tím možný zdroj emisí, zkoumal Leibnitzův institut pro výzkum troposféry v Lipsku (Leibniz-Institut für Troposphärenforschung Leipzig e. V. (IfT)) šíření vzdušných škodlivin s pomocí počítačových modelů /8/ (viz pole »Doplňující informace«).

Zpětná trajektorie:



Obrázek 8: Zpětná trajektorie z 5. ledna 2010 (výška 50 m) – Vzdušné masy, které dorazily dopoledne v době zatížení zápachem do Zinnwaldu, se pohybovaly posledních 10 hodin jižně od hřebene Krušných hor. V oblasti se nachází početná průmyslová zařízení a elektrárny. Také emise z domácího vytápění mohly přispět k zatížení zápachem (denní teplota 5. ledna: -10 °C).



Obrázek 9: Postupná trajektorie 18. ledna 2011 start 06 hodin (výška 50 m) – Další transport vzdušných mas simulovaných difúzních zdrojů jižně od hřebenu Krušných hor. Několik vzdušných balíků setrvává následujících 10 hodin v české kotlině, ostatní vzdušné masy proudí různými údolními zářezy do Saska.

Pro téměř všechny stížnosti na zápach z let 2010 a 2011 byly určeny dráhy pohybu vzdušných mas vycházejíc z míst stížností. Průběh těchto drah pohybu poskytl objasnění toho, jakými oblastmi, ve kterých výškách vzdušné masy za uplynulých 10 hodin prošly (příklad: Obrázek 8). Výpočty probíhaly i při neobvykle vysokých koncentracích SO_2 na Schwartenbergu. Dráhy trajektorií byly následně srovnány s polohou tří známých průmyslových stanovišť Litvínov (východní), Kadaň (střední) a Vřesová (západní část severovýchodní kotliny).

Postupná trajektorie

Sledování trasy vzdušné masy od určitého časového okamžiku.

Pro lokalizované zdroje, např. v případech havárií, byl pro následujících 10 hodin modelován průběh vzdušných mas, které se v okamžiku události nacházely na místě havárie. Dále byly zkoumány simulované difúzní zdroje za účelem zobrazení např. působení rozmístěných jednotlivých zdrojů domácího vytápění (domácím uhlím silně obsahujícím síru) a typických vzorců proudění (Obrázek 9).

Stopovací výpočty

to trace – sledovat stopu

Další metoda simulování pohybů vzdušných mas jsou stopovací výpočty. V tomto případě byla v české kotlině rozmístěna řada fiktivních bodových zdrojů, které kontinuálně emitovaly tracer nebo marker. Touto metodou je možné zhodnocení vlivu různých zdrojových regionů na koncentrace v cílovém místě. Také šíření „praporů“ odpadního vzduchu od průmyslových stanovišť a kumulační účinek Krušných hor může být s pomocí tracerů dobře vizualizován. Za tímto účelem byly dodatečně modelovány koncentrace SO_2 . Na rozdíl od trajektorií lze ale časový průběh letové dráhy vzdušných

balíků jen těžce přiřadit. Vedle plošných grafů (Obrázek 19, Obrázek 20 v přílohách) a časových řad byly zhotoveny i animace s různými výškami zdroje.

Výsledky:

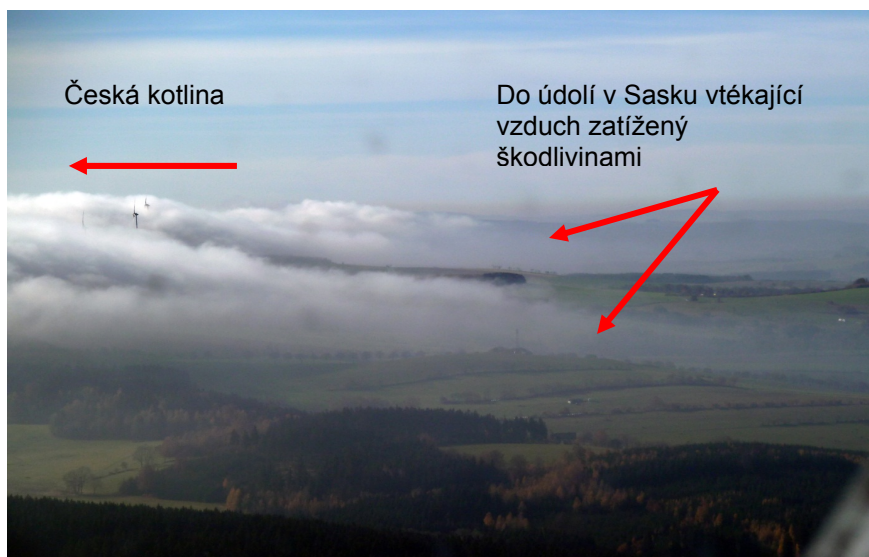
- Pomocí trajektorových a stopovacích výpočtů lze dobře určit dráhy vzdušných mas. Vzhledem k hustotě průmyslových stanovišť v české kotlině však nejsou jednotlivé zdroje jednoznačně přiřaditelné událostem s výskytem zápachu.
- Dodatečně se vyskytují zatížení zápachem většinou ve stavech se slabým větrným prouděním s jihovýchodními větry a inverzí. Při těchto stavech počasí se mohou vzdušné masy hromadit před pohořím. Toto hromadění vede ke vzniku směsi škodlivin z různých průmyslových zdrojů, a také z domácího vytápění. Vzdušné masy, které později odtékají z české kotliny přes údolní zářezy do Saska, obsahují tuto směs škodlivin různých zdrojů.
- Ze tří průmyslových oblastí, Litvínov, Kadaň, a Vřesová, prošly vzdušné masy nejčastěji prostorem okolo Litvínova (>67 %). Spádová oblast prostoru Litvínov již ale sama obsahuje více než osm elektráren a zařízení chemického průmyslu.

Měřicí lety

Cíl projektu (zadavatel: FH Düsseldorf, Laboratoř měřicí techniky životního prostředí – Labor für Umweltmesstechnik) je výzkum hranice přesahujícího transportu vzduchu zatíženého škodlivými látkami z Polska a Česka. Vedle dálkového nánosu jemného prachu mají být analyzovány také koncentrace SO_2 v oblastech s příhraničními elektrárnami a chemickými zařízeními, mimo jiné v české kotlině. V roce 2011 proběhlo jako studie proveditelnosti prvních pět měřících letů. 2012 jsou plánovány další měřicí lety s detailnějšími cíli. Doplnující pasáže – mimo jiné k měřicí technice a drahám letu – jsou obsaženy ve výzkumné zprávě Odborné vysoké školy Düsseldorf, odbor Měřicí technika životního prostředí /9/.

První výsledky:

- Měření koncentrací SO_2 nebyly v české kotlině možné z důvodu povětrnostní situace. Během všech měřících dnů panovala uzavřená oblačná pokrývka (Obrázek 10). Pro rok 2012 jsou naplánovány odpovídající výzkumy.
- 24. října mohl měřicí let probíhat pod oblačnou pokrývkou a mohl být prokázán silný vzestup koncentrace PM_{10} v blízkosti elektráren.
- 3. a 4. listopadu ve Vogtlandu hlášená zatížení zápachem (kočičí špína) byla při přeletu oblasti v obou dnech také vnímatelná (směs z ohně hnědého uhlí a nasládlý zápach petrochemie /9/).



Obrázek 10: Uzavřená oblačná pokrývka nad českou kotlinou 3. listopadu s údolními zářezy vtékajícím vzduchem do Sasku (Foto: Fischer, /9/)

Ilustrativní shrnutí výsledků měření pro jednotlivé dny

24. říjen 2011

- 13 stížností v Krušných horách, žádná stížnost ve Vogtlandu

Místa se stížnostmi	Seiffen, Olbernhau, Neuhausen, Pobershau, Haselbach
Čas stížností	Dopoledne
Druh pocíťovaného zatížení	Průmyslové zplodiny, síra
Směr větru	Jihovýchod
Stupeň pokrytí	Uzavřená oblačná pokrývka nad českou kotlinou

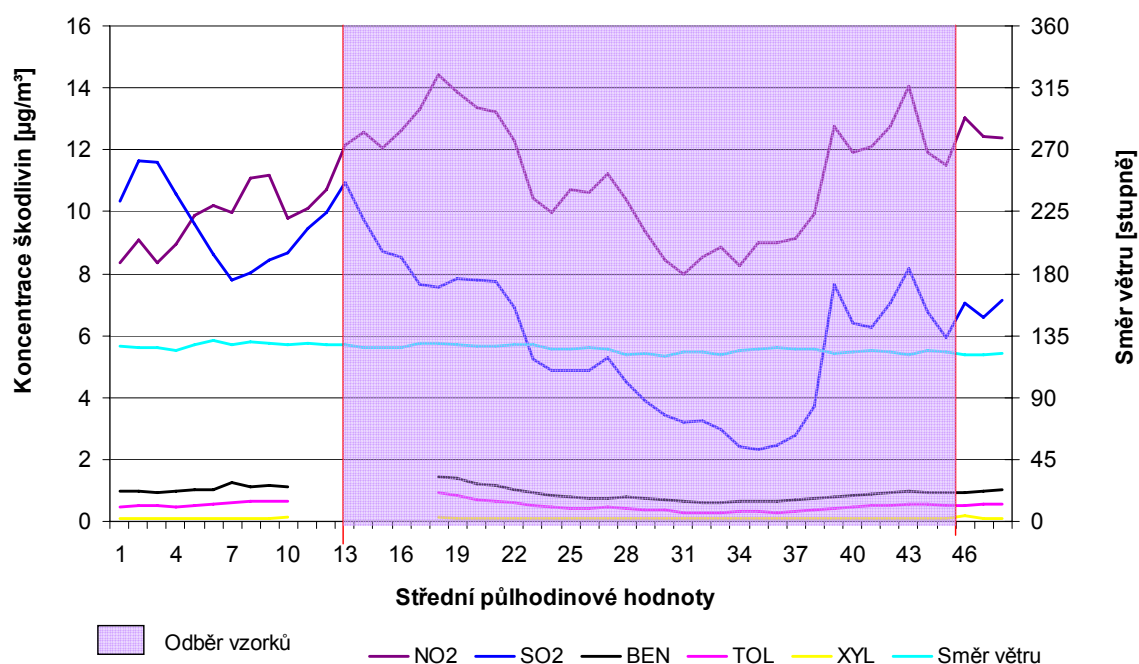
V Tabulce A1 v příloze jsou shrnuta jednotlivá data odběru vzorků zápachu na Schwartenbergu. Zvýšené hodnoty byly registrovány pro nonanal, VOC a HFTCB. Hodnota prahu události pro nonanal byla překročena od odpoledne až do večera. Na Obrázek 11 je znázorněn denní průběh kontinuálně zaznamenávaných škodlivin SO_2 , NO_2 , benzenu, toluenu a xylynu. Tohoto dne nebyly registrovány žádné zvýšené hodnoty.

Zpětné trajektorie v Obrázek 12 ukazují na oblast původu vzdušných mas. Na Obrázek 19 (Příloha) jsou znázorněny stopovací výpočty a modelované koncentrace SO_2 pro dopoledne. Je poznat, že se (simulovaný) škodlivinami zatížený vzduch různými údolními zářezy dostává do Saska. Podle modelu však nejsou transportovány žádné významné koncentrace SO_2 , což bylo také potvrzeno měřením na Schwartenbergu.

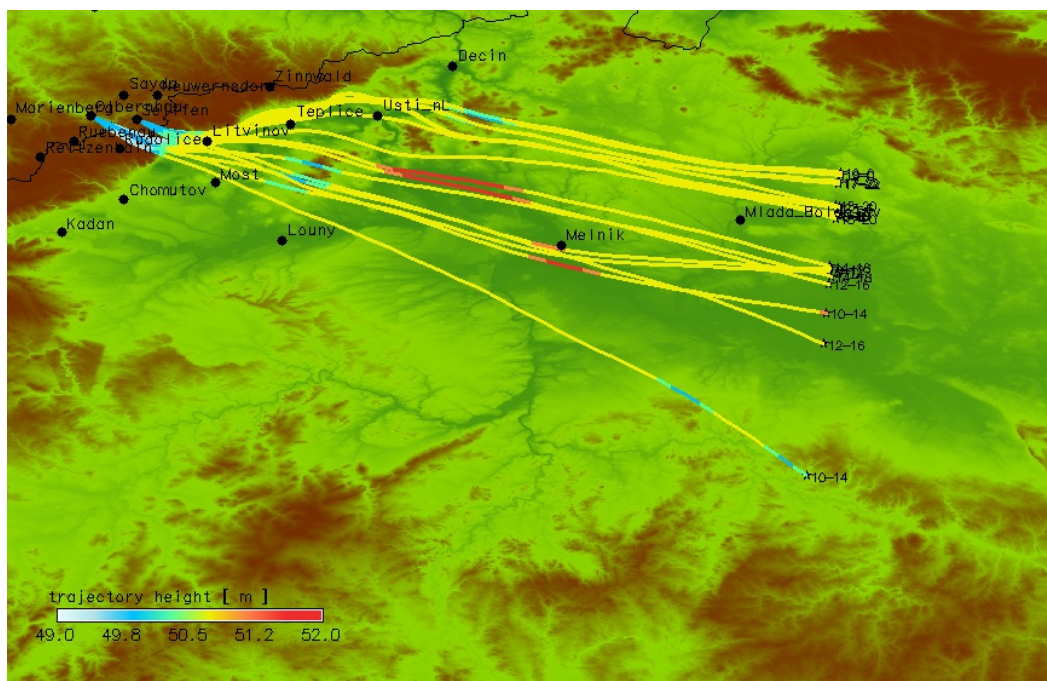
Měřící let registroval pod oblačnou pokrývkou zvýšené koncentrace PM_{10} (Obrázek 13).

Pro 24. 10. 2011 je předpokládáno, že původ zatížení zápachem leží v prostoru Litvínov. Zda je příčinou plánovaná údržba zařízení UNIPETROL RPA z Litvínova, není možno jednoznačně určit.

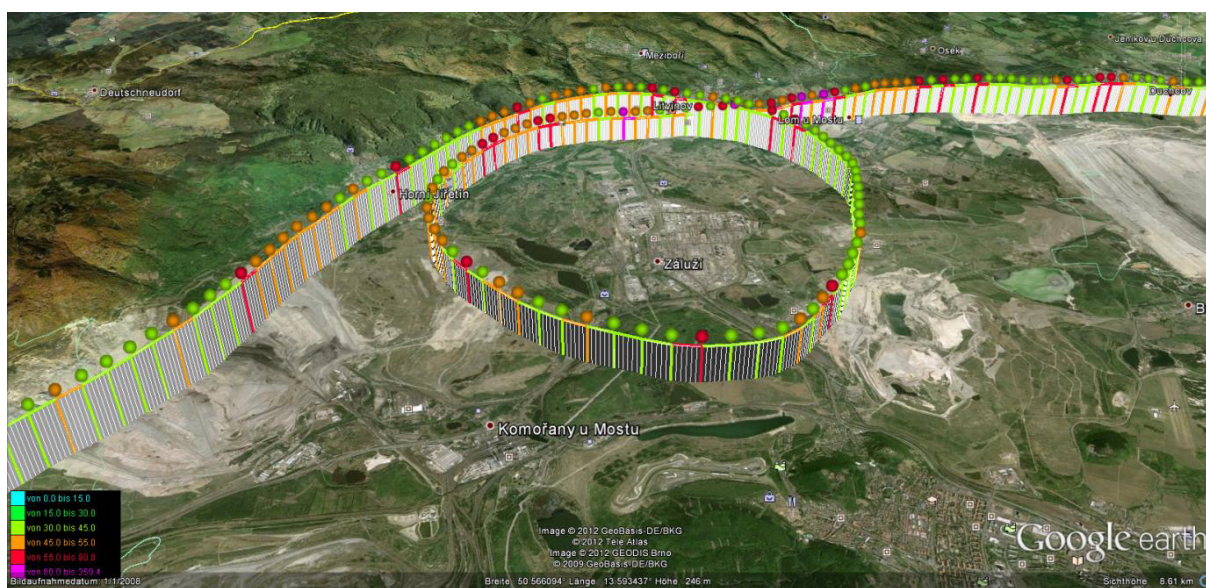
V modelu dorazily i přes ostatní údolní zářezy do Saska zatížené vzdušné masy, které ale v postižených oblastech nevedly ke stížnostem na zápach.



Obrázek 11: Směr větru, koncentrace SO_2 -, NO_2 , benzenu, toluenu a xylynu 24. 10. 2011 na Schwartenbergu



Obrázek 12: Zpětné trajektorie 24. 10. 2011 – Než vzdušné masy blížící se z jihovýchodu dosáhnou Seiffen, respektive Olbernhau, proputují blízko u země českou kotlinu.



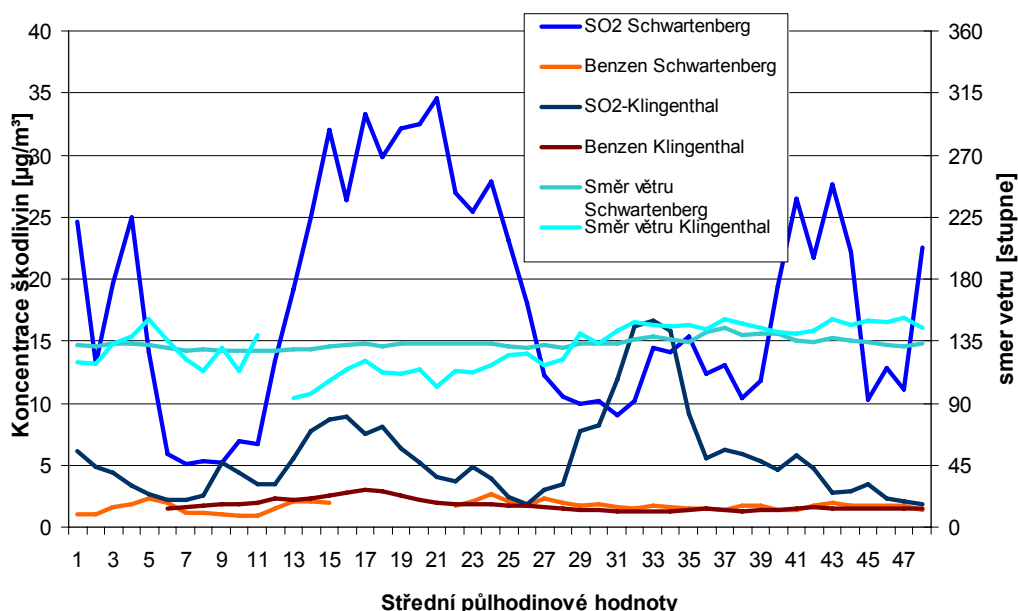
Obrázek 13: Dráha letu s koncentracemi PM_{10} nad severními Čechami, prostor Záluží 24. 10. 2011 (/9/, Letecký pohled a mapa: Google earth)

2. listopad 2011

- 34 stížností v Krušných horách, 21 stížností ve Vogtlandu
- Den s nejvíce stížnostmi v roce 2011

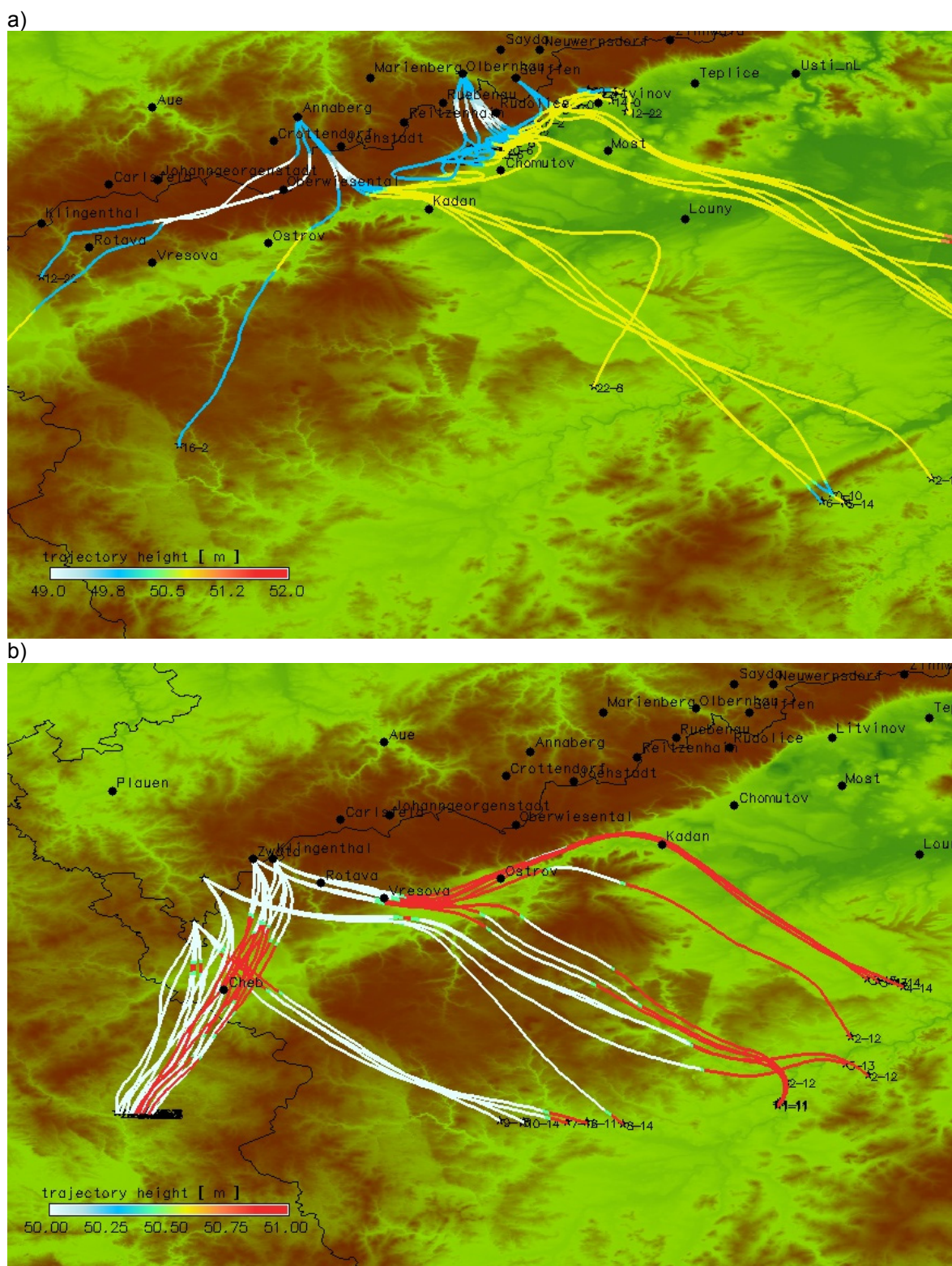
Místa se stížnostmi	Krušné hory: Seiffen, Neuhausen, Olbenhau, Deutschneudorf, Deutscheinsiedel, Annaberg-Buchholz, Neuernsdorf, Pobershau, Haselbach Vogtland: Zwota, Klingenthal, Markneukirchen, Bad Brambach, Bösenbrunn, OT Schönbrunn, Auerbach, Marieney, Plauen
Čas stížností	Celý den
Druh pocít'ovaného zatížení	Sirovodík, kouřový plyn, průmyslové plyny, kočičí špína
Směr větru	Jihovýchod
Rychlost větru v Klingenthalu	1 m/s
Stupeň pokrytí	Uzavřená oblačná pokrývka nad českou kotlinou

Odebírání vzorků zápachu nebylo v tomto dni na základě softwarové chyby možné. Jak je vidět na Obrázek 14, nejsou kontinuálně měřené vzdušné škodliviny 2. listopadu nápadné.



Obrázek 14: Koncentrace SO₂ a benzenu, jakož i směr větru 2. 11. 2011 na Schwartbergu a v Klingenthalu

Zpětné trajektorie na Obrázek 15 a) a b) ukazují rozdílné zdrojové oblasti. Místa okolo Schwartbergu, jako Seiffen, Neuhausen, Olbenhau, Deutschneudorf, Deutscheinsiedel, jsou ovlivňována vzdušnými masami z prostoru Litvínov. Naproti tomu pochází vzdušné balíky, které dosahují Annaberg-Buchholz, hlavně z prostoru okolo Kadaně a také z jihozápadního směru. Část vzdušných mas přicházejících během dne do Klingenthalu a Markneukirchen proputovala české průmyslové oblasti Kadaň a Vřesová. Ostatní vzdušné masy přicházely z jihozápadního směru. Bad Brambach, kde se také vyskytly stížnosti, nebyl průmyslovými oblastmi Kadaň a Vřesová ovlivněn.



Obrázek 15: Zpětné trajektorie 02.11.2011
(a) Koncový bod drah trajektorií Krušné hory, b) Koncový bod drah trajektorií Vogtland)

Stopovací simulace na Obrázek 20 (Přílohy) ukazují, že se v české kotlině v noci a v ranních hodinách sbíraly vysoké koncentrace škodlivin. V průběhu dne dorazily do oblasti od Annaberg-Buchholz až po Neuhausen plošně přes hřeben Krušných hor. Západně od toho až k Vogtlandu proudí během dne

tento škodlivinami zatížený vzduch jednotlivými údolními zářezy do Saska. Fotografie a letecká měření PM_{10} z 3. 11. 2011 (s analogickými meteorologickými podmínkami a podobnou situací výskytu stížností) to potvrzují (Obrázek 16, Obrázek 17). Letecké měření bylo provedeno v oblasti mezi odtékajícím vzduchem zatíženým škodlivinami a nezatíženým vzduchem nad inverzí. V údolích nemohlo být z bezpečnostních důvodů měřeno. Nad údolím okolo Markneukirchen byl ještě zřetelně vnímatelný nasládlý zápach připomínající petrochemii a oheň hnědého uhlí.



Obrázek 16: Klingenthal s oblačností ležící na svazích kopců 3. 11. 2011
(Foto: Fischer /9/)



Obrázek 17: Dráha letu s koncentracemi PM_{10} okolo Markneukirchen a Klingenthalu
3. 11. 2011 (/9/, Letecký pohled a mapa: Google earth)

Závěry a výhled

K výzkumu původu zatížení zápachem v Krušných horách a Vogtlandu byly v roce 2011 použity různé metody. Přes všechna úsilí se přesto zatím nepodařilo jednoznačně vyšetřit příčiny zatížení zápachem.

Výpočty trajektorií, stopovací simulace a letecká měření potvrzují předpoklad, že jsou Krušné hory a Vogtland ovlivňovány vzdušnými masami z české kotliny. Při určitých povětrnostních situacích s jihovýchodním prouděním se hromadí vzdušné masy před Krušnými horami a mohou se obohatit škodlivinami z početných průmyslových stanovišť a z difúzních zdrojů, jako je domácí vytápění. Množstvím možných zdrojů, rozdílnými časy zadržení vzdušných mas v české kotlině a chemickými změnami ve vzduchu není možné prokázat přesnější příčinu zatížení – jako jednotlivé průmyslové stanoviště.

Zvýšeně se vyskytují stížnosti na zápach v oblasti okolo Seiffen. Tato část Krušných hor je převážně ovlivňována průmyslovým stanovištěm okolo Litvínova (s průmyslovými sídly v Litvínově, Lovosicích, Mostě, Trmicích, Ústí n. L., Teplice, Mělníku, Záluží). Naproti tomu korelují stížnosti z Vogtlandu často se zanesením vzdušných mas, které prošly průmyslová místa Kadaň a Vřesová.

Jako příčina pro zatížení zápachem jsou předpokládány organicko-chemické sloučeniny ve stopových koncentracích², které jsou však technicky těžko stanovitelné. Odebírání vzorku zápachu na měřicí stanici kvality ovzduší Schwartenberg ukazují výrazný koncentrační přírůstek nonanalů, HFTCB a VOC při povětrnostních situacích s jihovýchodním prouděním. Souvislost se stížnostmi však není rozeznatelná. Vyhodnocení vzorků zápachu z Klingenthalu neposkytlo žádné rozdíly v koncentracích stopových látek při různých povětrnostních situacích a situacích s výskytem stížností.

Zdá se, že doteď zkoumané látky nejsou zodpovědné za zatížení zápachem. Analýza příčin na základě vzorků vzduchu ale může být úspěšná pouze tehdy, když může být prokázána látka relevantní pro zápach, která je charakteristická pro jeden, nebo několik málo zdrojů a zůstává po několik dní ve vzduchu stabilní. To se kvůli množství možných zdrojů, neúplným znalostem o skutečně emitovaných látkách a chemických procesech proměny ve vzduchu, jako i o specifice důkazového procesu doteď nepodařilo.

V roce 2012 bude pokračováno v měřících letech v Krušných horách / Vogtlandu a v české kotlině s cílem technicky analyzovat šíření vzdušných nečistot v okolí průmyslových zařízení.

Vzhledem ke geografickým podmínkám v Krušných horách, kdy severočeská kotlina s množstvím emitentů hraničí se strmě stoupajícím jižním svahem Krušných hor, musí být počítáno zvláště za meteorologických podmínek v zimních měsících (častý český vítr, inverze) i v následujících letech s událostmi s výskytem zápachu. Počet a četnost událostí s výskytem zápachu podléhá v závislosti na meteorologických podmínkách (dny s povětrnostní situací s inverzí, četnost jihovýchodních větrů) ročním výkyvům. Ve srovnání s 80. a 90. lety výrazně pokleslo zatížení zápachem, ale i hranice přesahující nános klasických vzdušných škodlivin, jako oxid siřičitý, prach a benzen.

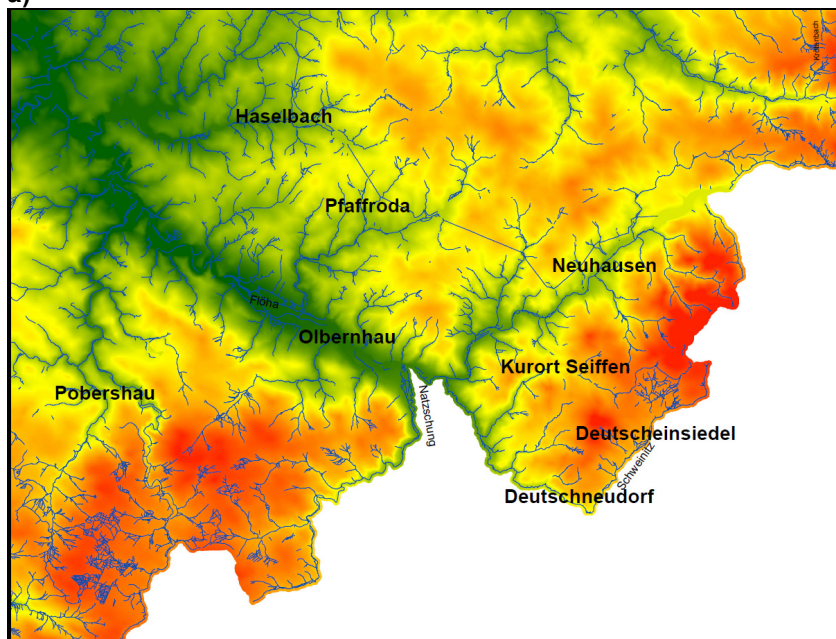
² Souvislost mezi občasným zatížením zápachem a zdravotními potížemi však nemohla být dosud prokázána (zdravotní pozorování opřené o lékařskou praxi, zvláště se zápachem asociovaných zdravotních omezení v příhraničních středních a východních Krušných horách (1998 až 2002); vyhodnocení u více jak 430 dětí ve školách regionu ve vztahu k respiračním onemocněním a onemocněním žaludku a střev při vyskytujícím se hranice překračujícím zatížení vzduchem a zápachem (2006)).

Literatura

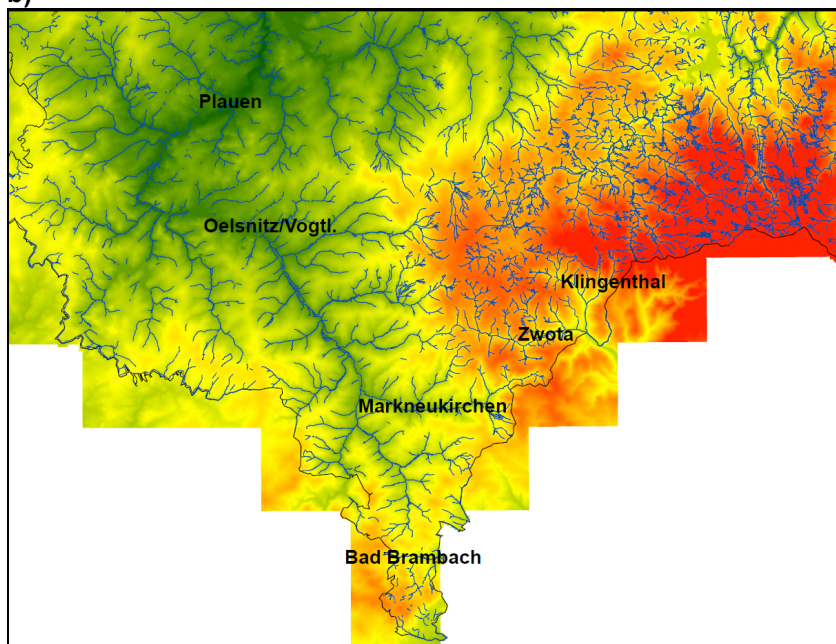
- /1/ http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/Fachbeitrag_Geruchsereignisse-15.03.11.doc.pdf, Download 22.03.2012
Geruchsbelastungen im Erzgebirge - Analyse der Probenahmen von Geruchsstoffen 2010
LfULG
- /2/ E-PRTR: <http://prtr.ec.europa.eu/>, Download am 20.03.2012
- /3/ VO 166/2006/EG: REGULATION (EC) No 166/2006 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 18 January 2006 concerning the establishment of a European Pollutant Release and Transfer Register and amending Council Directives 91/689/EEC and 96/61/EC, Abl. L 33, 1;
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:033:0001:0017:EN:PDF>
- /4/ Geruchsmessungen im Erzgebirge 2011 Ergebnisbericht, Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
- /5/ http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/publikationen/ad-hoc/alkanale_c4-c11.pdf,
Download am 01.03.2012
Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 2009 · 52:650–659
DOI 10.1007/s00103-009-0860-2, © Springer-Verlag 2009
Richtwerte für gesättigte azyklische aliphatische C4- bis C11-Aldehyde in der Innenraumluft
Mitteilungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumluftthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden
- /6/ Stoffinformationen: <http://www.enius.de/schadstoffe/nonanal.html>, Download am 01.03.2012
- /7/ http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB0480035.htm, Download am 27.02.2012
- /8/ Ermittlung der Quellen von Gerüchen und hohen Schadstoffkonzentrationen im Erzgebirge über die Modellierung der Luftmassen, M. Jähn, R. Wolke, B. Sandig, E. Renner IfT, 21.12.2011
- /9/ Flugzeuggestützte Messungen in der Region Sachsen und den grenznahen Gebieten in Polen und der Tschechischen Republik, Prof. Dr. K. Weber, Fachhochschule Düsseldorf, Labor für Umweltmesstechnik, unveröffentlichter Bericht im Auftrag des LfULG, November 2011

Přílohy

a)



b)



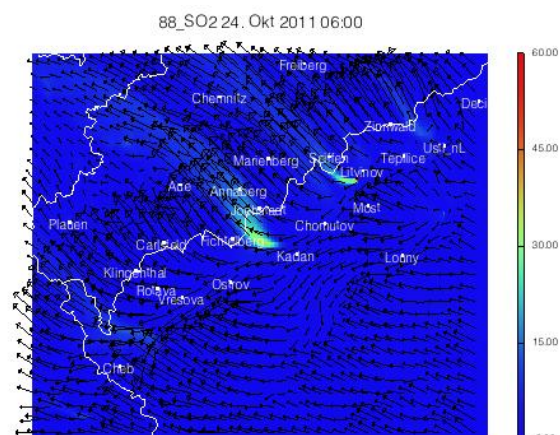
Obrázek 18: Reliéfni mapy oblastních výřezů s nejčastějšími stížnostmi na zápach
a) Krušné hory, b) Vogtland

Vydavatel: LfULG, Geobasisdaten: © 2011, Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN)

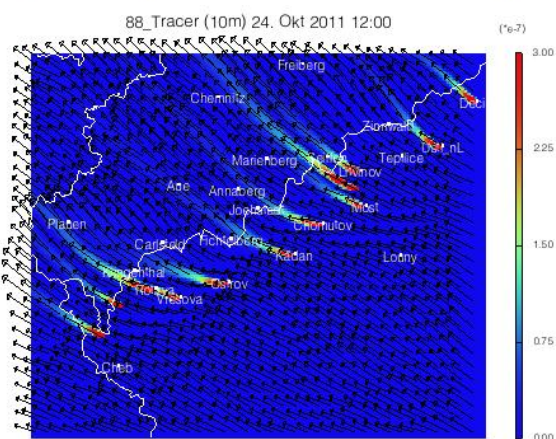
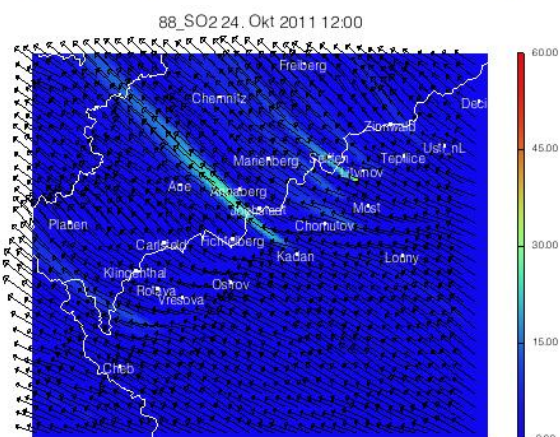
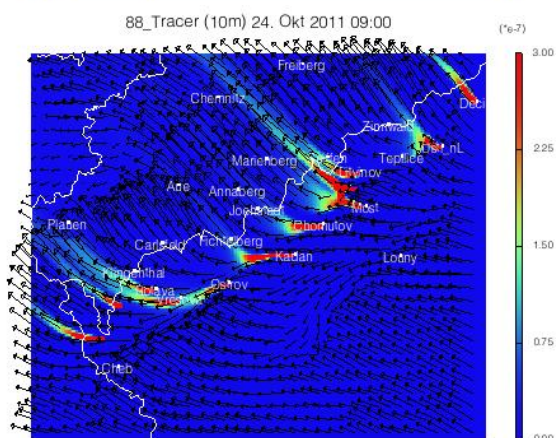
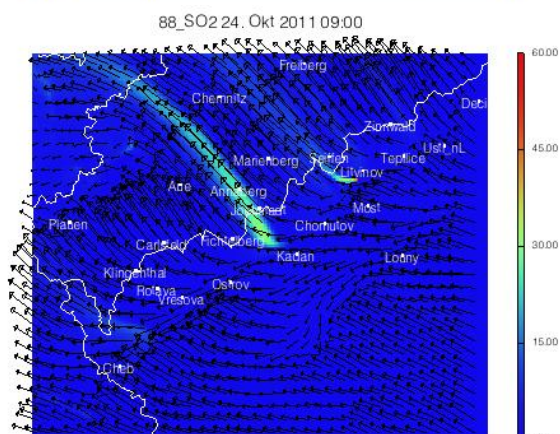
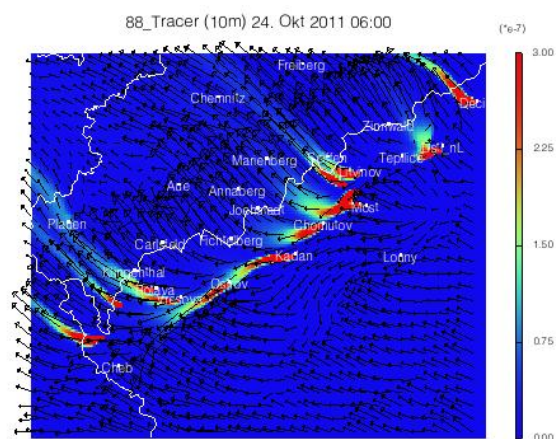
Tabulka A1: Naměřené hodnoty Schwartenberg 24. 10. 2011

24. 10. 2011	Časové rozmezí odebírání vzorků	1. vzorek	2. vzorek
		05:50 do 13:50 hodin	14:20 do 22:20 hodin
	Jednotka	µg/m ³	
	Událost	Seiffen, Olbernhau, Neuhausen, Pobershau, Haselbach	
	Stížnosti	13	
Výsledek odebírání vzorků	Benzen	3.0	2.2
	Toluen	1.8	.
	Hexanal	.	.
	Heptanal	1.4	2.0
	Oktanal	4.3	4.8
	Nonanal	17.2	23.2
	Dekanal	3.1	5.9
	Benzaldehyd	3.6	4.5
	Acetofenon	.	.
	Limonen	.	.
	1-Butanol	.	.
	Ethylhexanol	9.4	9.0
	Benzylalkohol	.	.
	6-Methyl-1-oktanol	1.8	3.0
	2-fenoxyethanol	.	.
	Hexamethylcyclotrisiloxan	3.7	.
	Oktamethylcyclotetrasiloxan	1.4	1.1
	Dekamethylcyclopentasiloxan	.	.
	Naftalen	1.4	1.5
	Benzothiazol	4.0	1.4
	BHT a izomery	.	.
	Cyklohexylisocyanát	.	.
	Cyklohexylisothiocyánát	.	.
	Dodekan	.	.
	Pentadekan	3.3	2.0
	Hexadekan	2.3	.
	Suma hexafluortetrachlorbutan + isomery	19.4	22.6
	Suma VOC	94.1	93.2
Meteorologie	Směr větru ve st.	125.0	124.0
	Rychlost větru v m/s	9.2	10.8
	Vlhkost vzduchu v %	96.1	84.0
Kontinuální měření	SO ₂ v µg/m ³	7.4	4.6
	Benzen GC v µg/m ³	1.0	0.8
	Toluen GC v µg/m ³	0.6	0.4

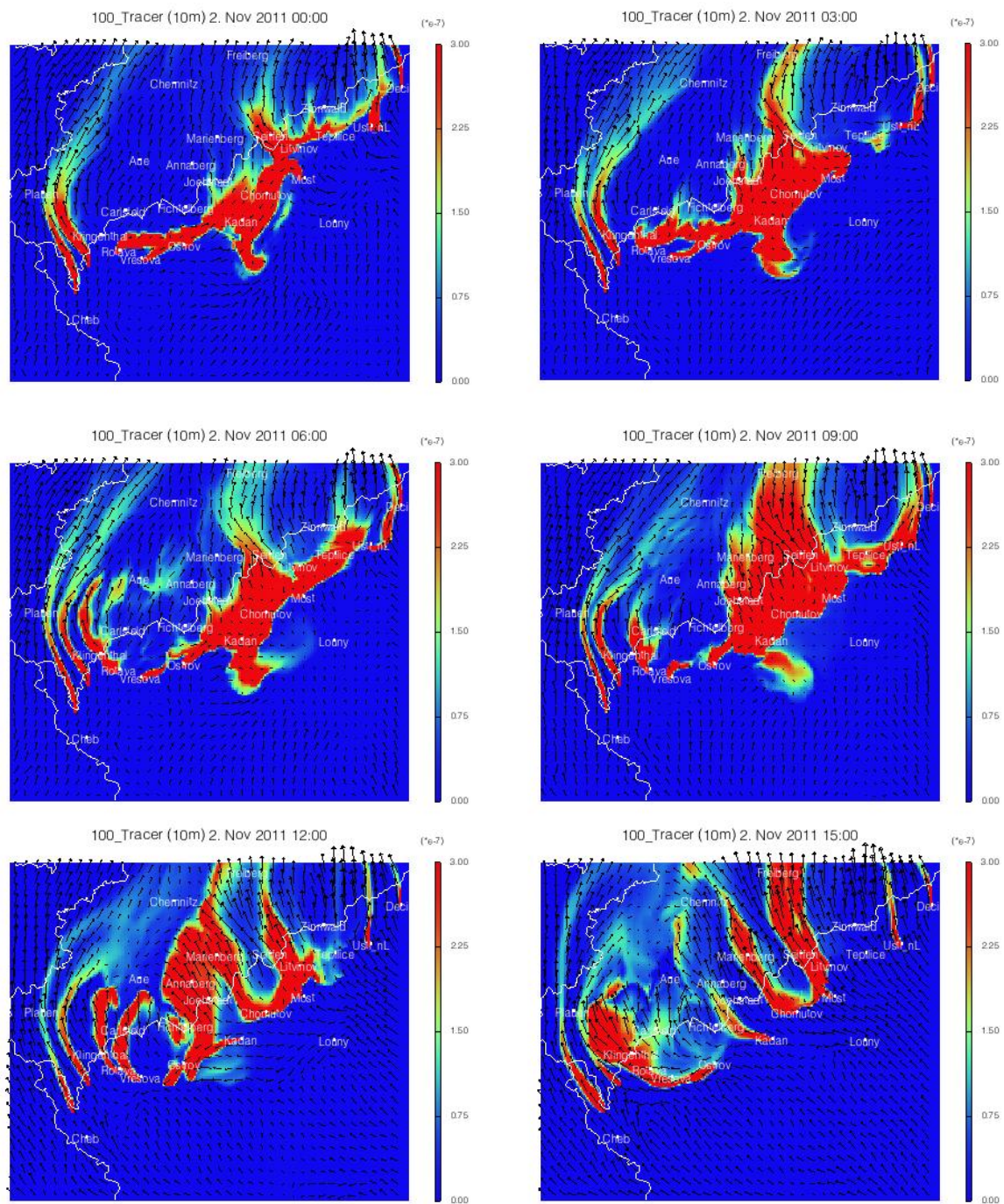
a)



b)



Obrázek 19: a) Modelování koncentrací SO₂ 24. 10. 2011 b) stopovací simulace pro znázornění poměrů proudění s větrovními poli



Obrázek 20: Stopovací simulace a větrová pole 2. listopadu pro znázornění poměrů proudění