

ČESKÝ  
HYDROMETEOROLOGICKÝ  
ÚSTAV

# Výsledky „STUDIE EFEKTIVITY ZAVEDENÍ OPATŘENÍ V DOBĚ SMOGOVÉ SITUACE NA ÚZEMÍ HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY“

**Objednatel studie:** Hlavní město Praha

**Zhotovitel:** Český hydrometeorologický ústav

Nina Benešová, Jana Ďoubalová, Roman Juras, Miloslav Modlík, Ondřej Vlček

Kontaktní osoba: Ondřej Vlček, [vlcek@chmi.cz](mailto:vlcek@chmi.cz)

**Subdodavatel zhotovitele:** ATEM – Ateliér ekologických modelů, s. r. o.

Radek Jareš, Jan Karel, Robert Polák

Studie byla vypracována na základě smlouvy o dílo

ev. č. objednatele DIL/54/05/011957/2017 a ev. č. zhotovitele 4000/43/2017.



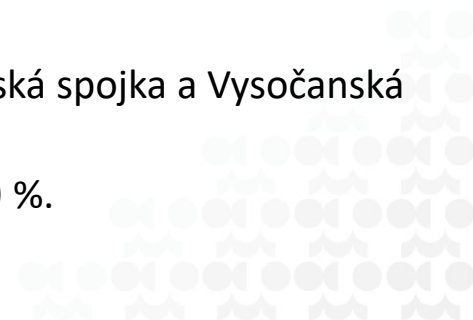
# Cíl studie

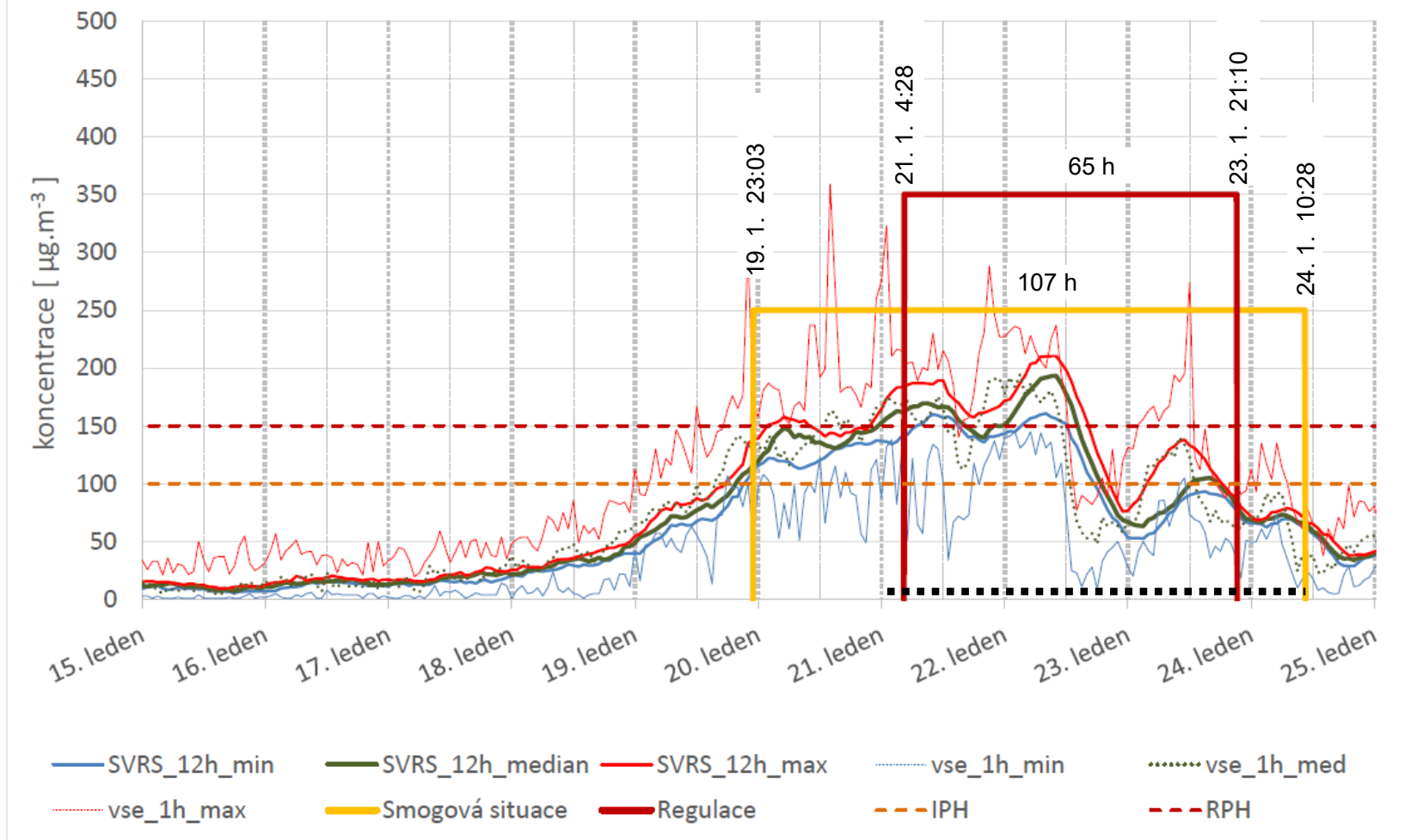
- Posoudit dopad omezení automobilové dopravy na koncentrace oxidu dusičitého (NO<sub>2</sub>) a suspendovaných částic PM<sub>10</sub>.
- Hodnoceny smogové epizody ve dnech 18.–25. 1. 2017 (epizoda I) a 13.–18. 2. 2017 (epizoda II).
- Opatření začnou platit následující den po vyhlášení smogové situace, pokud k němu dojde do 16:00 h, jinak se platnost o den posune.



# Uvažované varianty

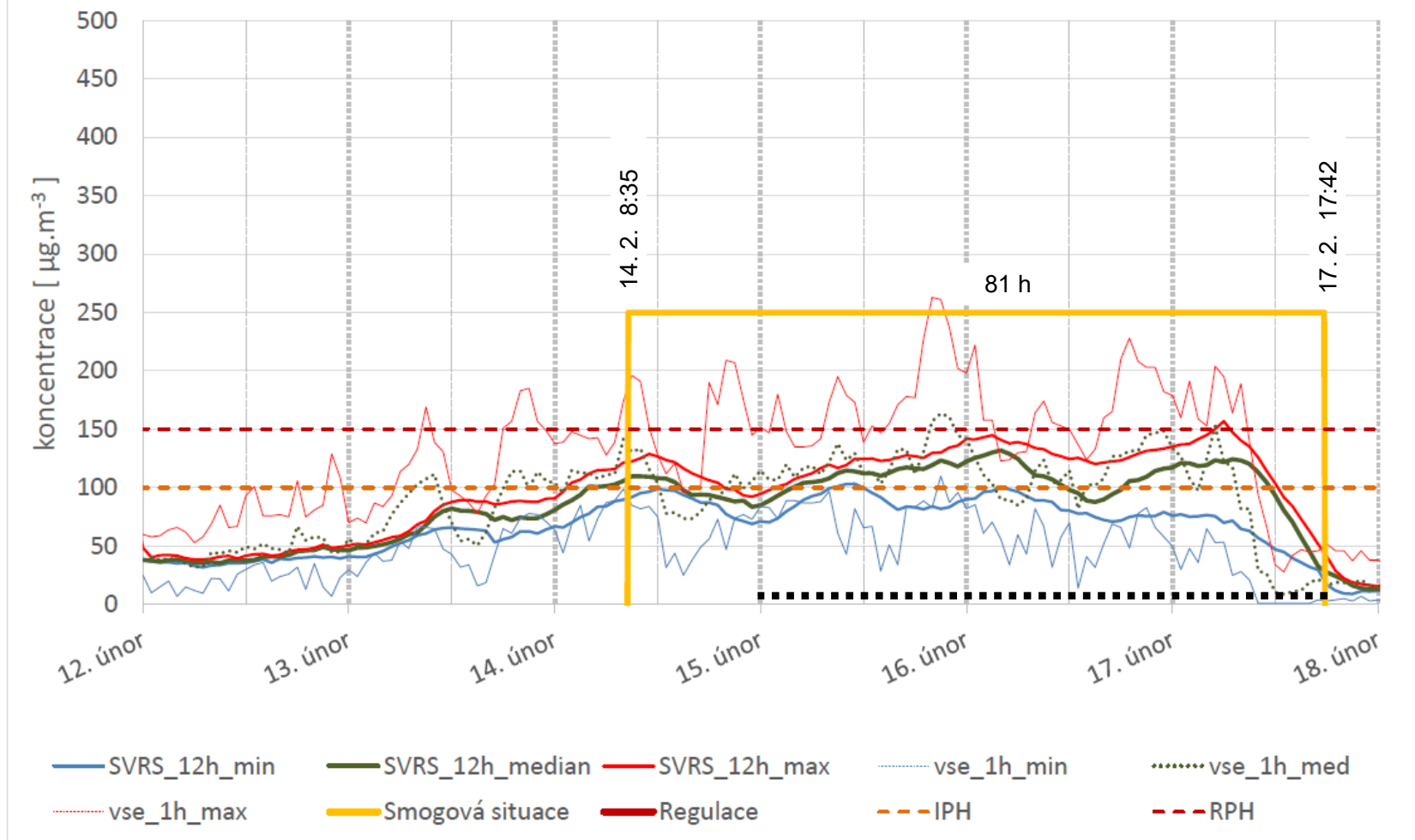
- 1. Výchozí stav** – bez aplikace opatření.
- 2. MHD zdarma** – navýšení počtu cestujících v MHD o 5 % a pokles intenzit vozidel do 3,5 t o 4 %. Vzhledem k předpokládanému nárůstu počtu cestujících se neuvažovalo s navyšováním spojů MHD.
- 3. ZPS – jen rezidenti** – zákaz parkování nerezidentů v zónách placeného stání (ZPS): pokles intenzit vozidel do 3,5 t v ZPS o 5 %.
- 4. Režim sudá/lichá** – omezení jízd automobilů v režimu sudá/lichá s uplatněním výjimek pro některá vozidla: snížení intenzit veškeré automobilové dopravy o 30 %.
- 5. Zákaz NA nad 6 t** – úplný zákaz jízd nákladních automobilů nad 6 t s uplatněním výjimek:
  - v území uvnitř dnes platné zóny zákazu vjezdu nákladních automobilů celkové hmotnosti nad 6 t: snížení počtu nákladních vozidel nad 3,5 t o 20 %;
  - dálnice + tranzitní tahy Spořilovská spojka - Jižní spojka - Štěrboholská spojka a Vysočanská radiála - Kbelská: snížení počtu nákladních vozidel nad 3,5 t o 80 %;
  - ostatní komunikace: snížení počtu nákladních vozidel nad 3,5 t o 60 %.
- 6. Souběh opatření** – vliv souběhu variant 2–5.



Průběh koncentrací PM<sub>10</sub> v Praze během I. epizody

Uvedené časy vyhlášení a odvolání smogové situace a regulace jsou v SEČ. Silnou tečkovanou čarou u vodorovné osy je vyznačeno trvání uvažovaných omezení silniční dopravy. SVRS\_12h ... klouzavé 12hodinové průměry na stanicích SVRS; vse\_1h ... hodinové koncentrace na všech stanicích v Praze. Zobrazena je minimální, maximální hodnota a medián.

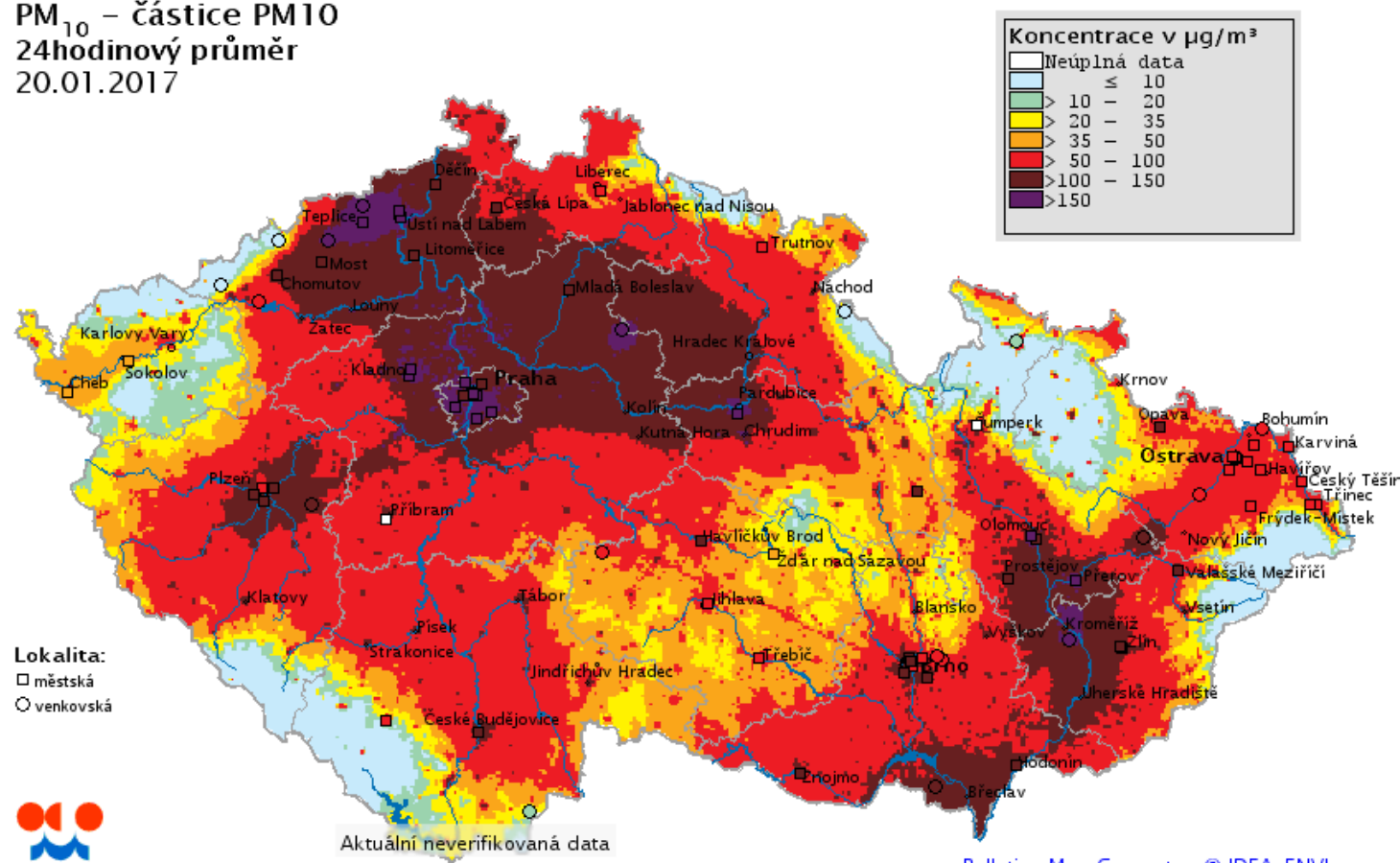
[Zpět](#) na výsledky epizody I.

Průběh koncentrací PM<sub>10</sub> v Praze během II. epizody

Uvedené časy vyhlášení a odvolání smogové situace jsou v SEČ. Silnou tečkovanou čarou u vodorovné osy je vyznačeno trvání uvažovaných omezení silniční dopravy. SVRS\_12h ... klouzavé 12hodinové průměry na stanicích SVRS; vse\_1h ... hodinové koncentrace na všech stanicích v Praze. Zobrazena je minimální, maximální hodnota a medián.

# Situace na území ČR 20. 1. 2017

PM<sub>10</sub> – částice PM10  
24hodinový průměr  
20.01.2017

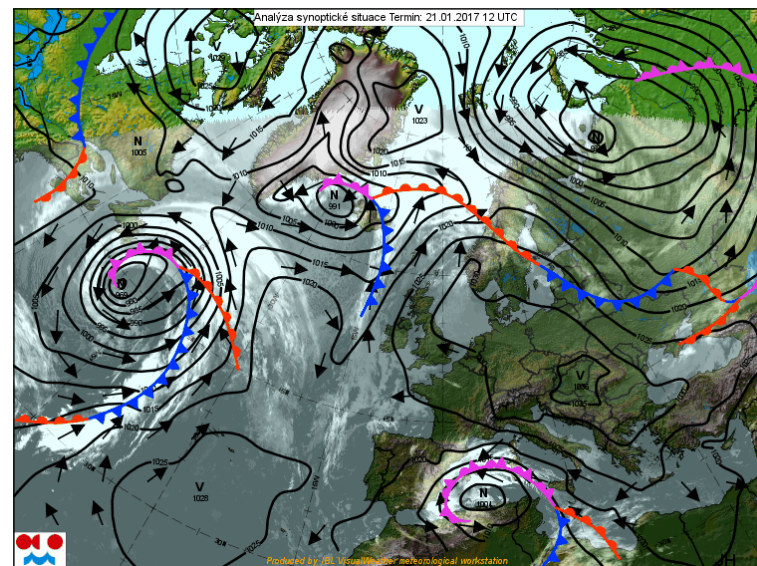
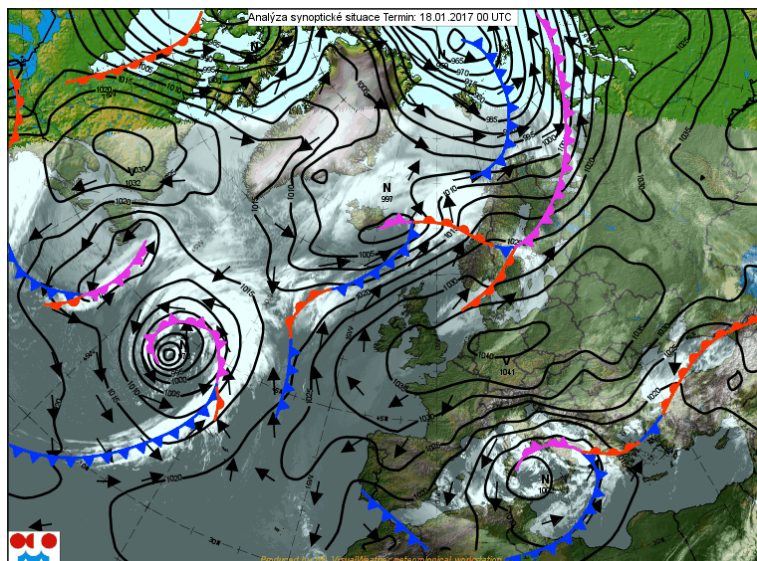


# Meteorologické příčiny

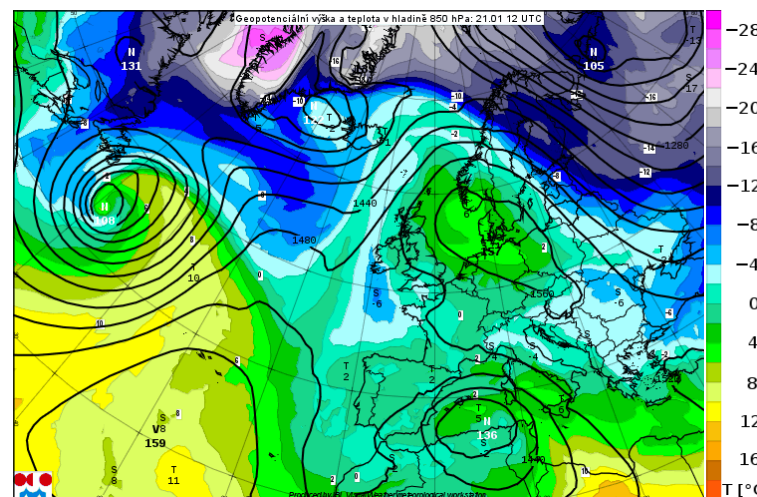
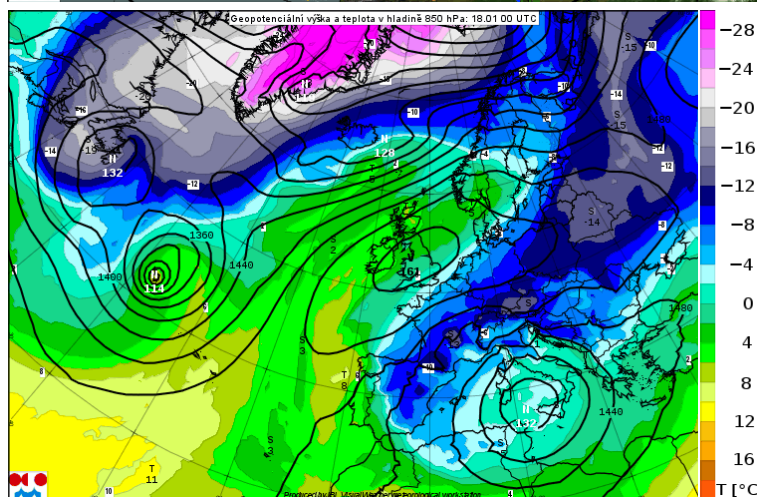
18. ledna 2017 0:00 UTC

21. ledna 2017 12:00 UTC

Analyza synoptické situace

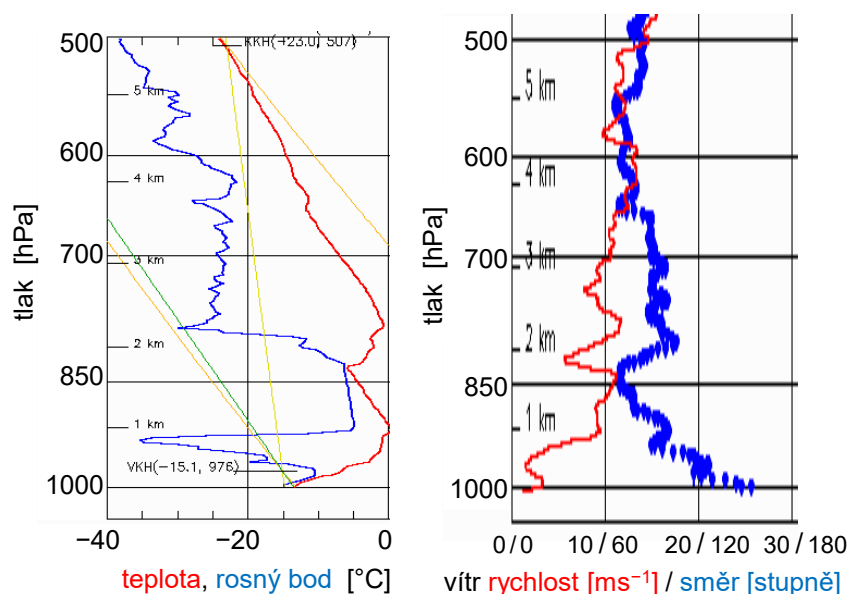


Geopotenciální výška a teplota v hladině 850 hPa

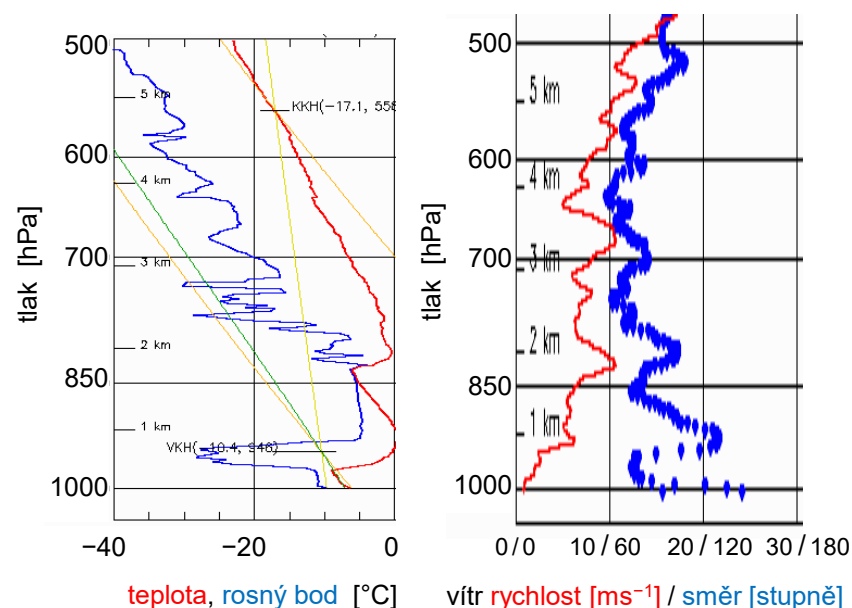


# Meteorologické příčiny

Praha, Libuš 20. ledna 2017 6:00 UTC



Praha, Libuš 20. ledna 2017 12:00 UTC

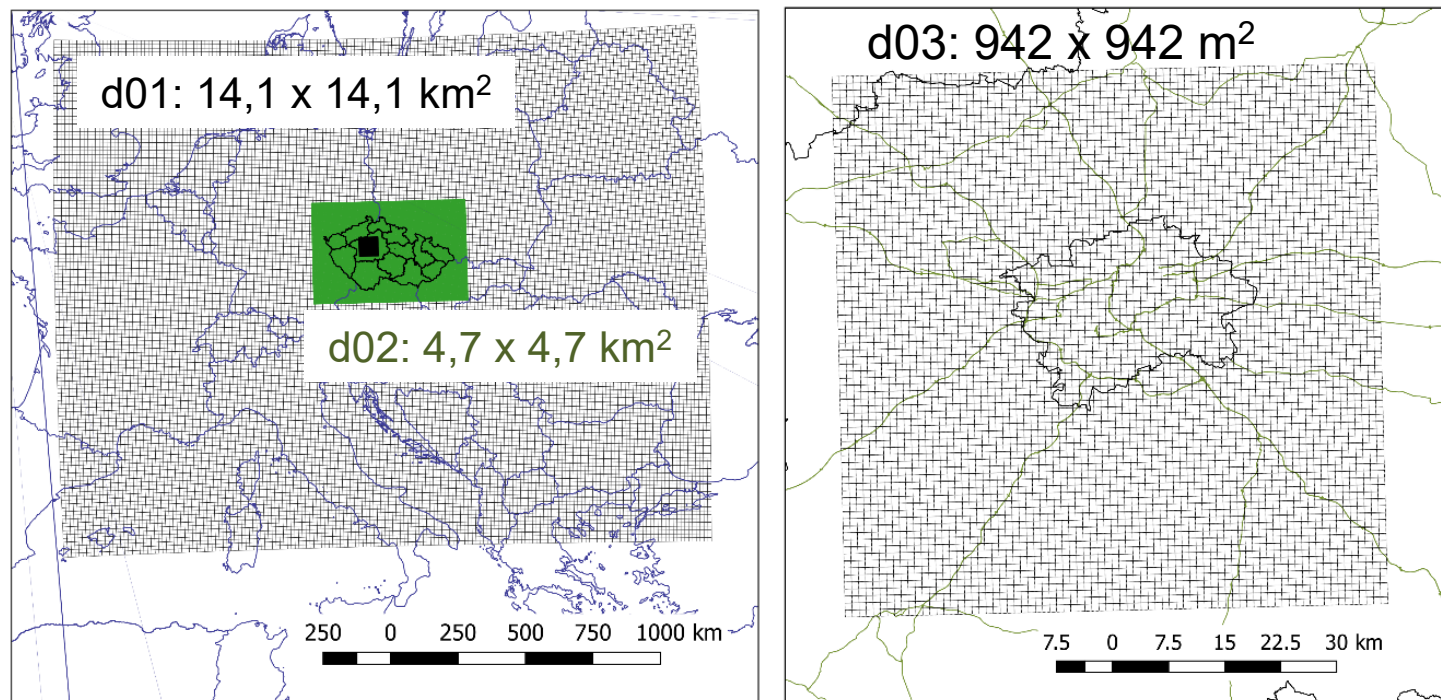


Podrobněji se zaměřením na Prahu viz Šopko a kol. 2017. Meteorologická analýza rozsáhlých smogových situací v ČR v lednu a únoru 2017. Vyjde v *Meteorologických zprávách*, roč. 70, č. 4



# Způsob řešení

**Imisní modelování chemickým transportním modelem CAMx napojeným na model předpovědi počasí ALADIN**



Domény d01–d03 modelu CAMx (vlevo). Doména d03 modelu CAMx (vpravo). Zobrazena je Praha, část vnější hranice Středočeského kraje, dálnice, rychlostní silnice a silnice I. třídy.

# Způsob řešení

- **Pro všechny varianty byla z neupravených výstupů modelu CAMx vypočtena průměrná a maximální (1h pro NO<sub>2</sub> a denní pro PM<sub>10</sub>) koncentrace pro celé období smogové situace.**
- **Výchozí stav byl nafitován na staniční měření dle metodiky pro tvorbu map používané v ročence ČHMÚ Znečištění ovzduší na území České republiky (PM<sub>10</sub> denní a NO<sub>2</sub> hodinové průměry).**



# Způsob řešení

- Varianty 2–6 není možné fitovat na staniční data. Pro odhad absolutní změny koncentrace byly průměrné, resp. maximální koncentrace spočtené z nafitované varianty 1 vynásobeny podílem průměrných, resp. maximálních koncentrací spočtených z neupravených výstupů pro uvažovanou variantu  $i$  a variantu 1:

$$X_i^{fit} = X_1^{fit} \cdot \frac{X_i}{X_1}$$



# Způsob řešení

- Dopad jednotlivých opatření na průměrné a maximální koncentrace během smogové situace byl výsledně hodnocen na základě procentuální změny těchto statistik spočtených z neupravených výstupů modelu CAMx a dále jako absolutní změna statistik fitovaných výše uvedeným způsobem.



# Meteorologické vstupy

- Operativní cyklus modelu ALADIN
- Řada meteorologických dat s krokem 1 h byla vytvořena z běhů s počátkem v 0, 6, 12 a 18 UTC následovaných předpovědí na následujících 6 hodin
- ALADIN má rozlišení 4,7 x 4,7 km<sup>2</sup>. Meteorologické vstupy pro doménu d03 byly do potřebného rozlišení interpolovány modelem CAMx.



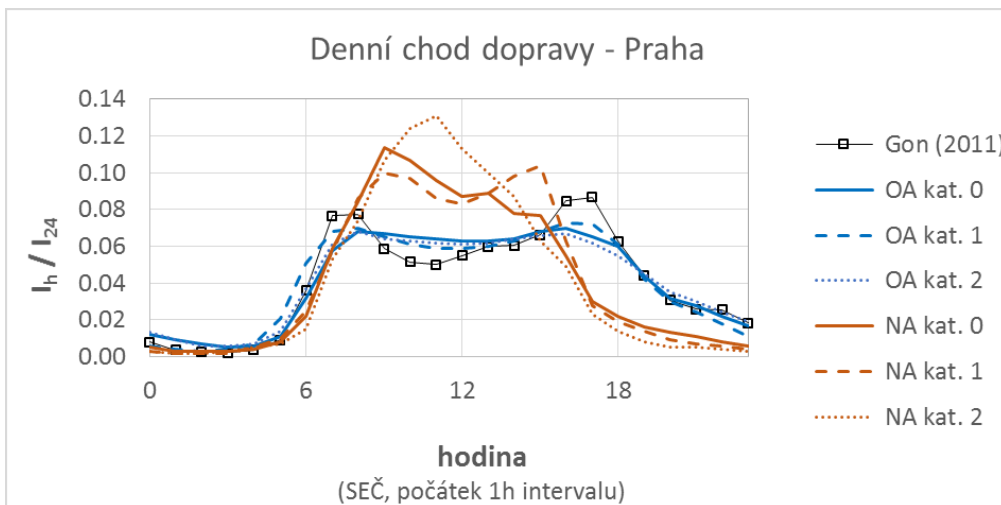
# Emisní vstupy – doprava v Praze

- Výpočet ATEM – Ateliér ekologických modelů, s. r. o. modelem MEFA 13
- Výchozí stav založen na sčítání dopravy v roce 2016
- Zohledněny víceemise ze studených startů (na základě průměrných 1h teplot) a resuspenze.

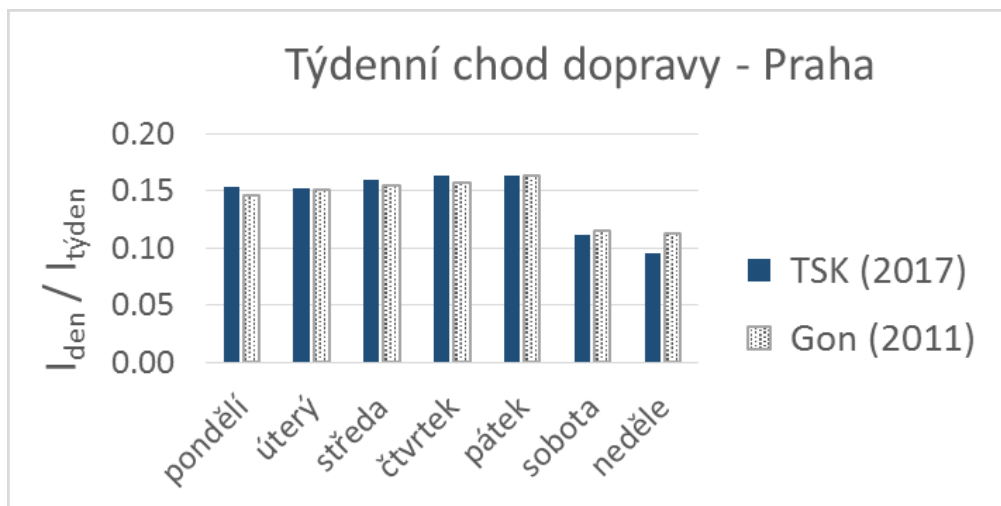
Emise (% var. 1)	NO <sub>x</sub>	NO <sub>2</sub>	TZL	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	SO <sub>2</sub>	BaP
<b>1 Výchozí stav</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	100	<b>100</b>	<b>100</b>	100	100	100
<b>2 MHD zdarma</b>	<b>98</b>	<b>97</b>	98	<b>98</b>	<b>98</b>	97	97	98
<b>3 ZPS – jen rezidenti</b>	<b>99</b>	<b>99</b>	100	<b>100</b>	<b>100</b>	99	99	99
<b>4 Režim sudá/lichá</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	70	<b>70</b>	<b>70</b>	70	70	70
<b>5 Zákaz NA nad 6 t</b>	<b>74</b>	<b>85</b>	55	<b>58</b>	<b>62</b>	84	91	70
<b>6 Souběh opatření</b>	<b>50</b>	<b>57</b>	38	<b>39</b>	<b>42</b>	57	61	47

# Emisní vstupy – doprava v Praze

## časové rozpočty



**OA** – osobní automobily,  
**NA** – nákladní automobily,  
**kat. 1** – přístupové kapacitní,  
komunikace ve směru ze  
Středočeského kraje s výrazným  
předpokladem ranní a odpolední  
**kat. 2** – hlavní dopravní tahy v  
oblasti širšího centra města,  
**kat. 0** – ostatní komunikace.



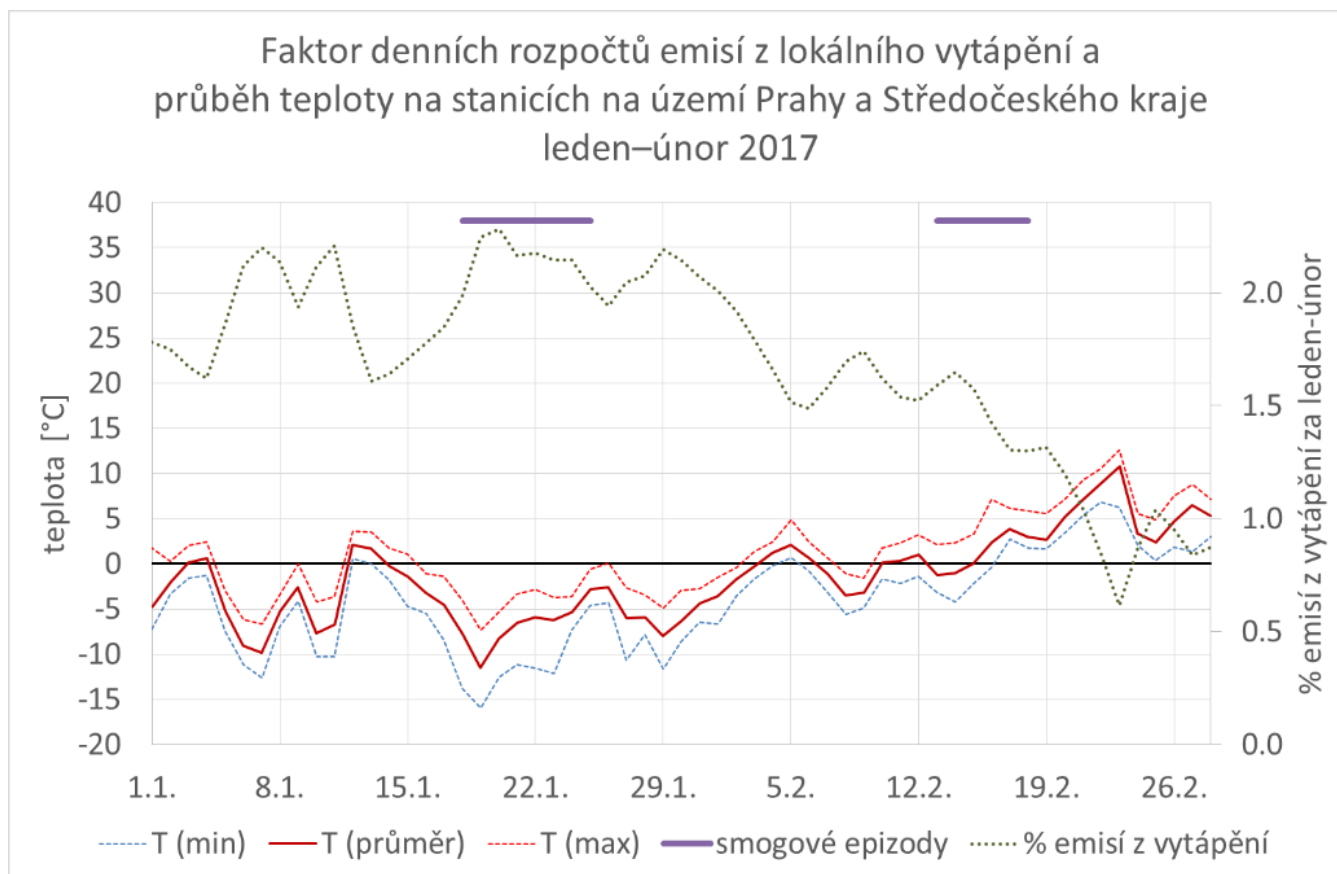
# Emisní vstupy – lokální vytápění

- Emise na ZSJ byly pro leden–únor 2017 pro Prahu a Středočeský kraj připraveny OEZ ČHMÚ
- Rozpočet na dny modelem typových dodávek zemního plynu pro vytápění domácností vyvinutého na Ústavu informatiky AV ČR (využita průměrná denní teplota z meteorologických stanic v Praze a Středočeském kraji).





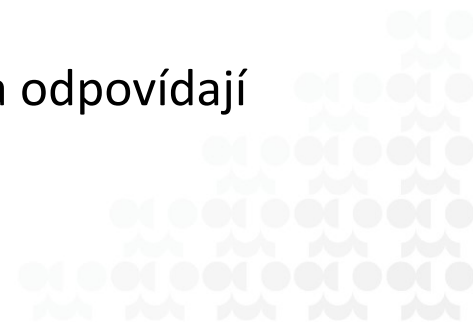
# Emisní vstupy – lokální vytápění



Průměrná denní teplota (T) ze stanic v Praze a Středočeském kraji (zobrazeno minimum, průměr a maximum ze souboru stanic) a procento ze sumy emisí z lokálního vytápění pro měsíce leden–únor připadající na jednotlivé dny. Vyznačeny jsou také období smogových situací.

# Ostatní emisní vstupy

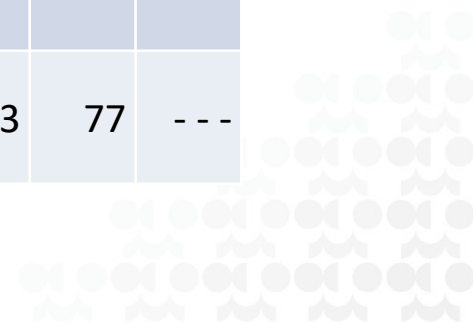
- Doprava ve Středočeském kraji – z celostátního sčítání dopravy v roce 2010.
- d03:
  - Technologické zdroje REZZO 3 za rok 2015.
  - Plošné emise z letiště Praha Ruzyně – projekt UHI (2011). Vzletové dráhy nebyly ve výpočtu uvažovány.
- d01 a d02: pro ČR emise REZZO za rok 2010 a dopravní emise založené na sčítání dopravy z roku 2010 (projekt UHI). Mimo ČR emise z evropského projektu MACC II pro rok 2009 (Kuenen a kol. 2014).
- Bodové emise byly použity stejné pro domény d01–d03 a odpovídají údajům z databázi REZZO 1 a 2 za rok 2010.



# Emise pro území Prahy – souhrn

% podíl celkových emisí jednotlivých skupin za leden a únor 2017 na území Prahy.

	NO <sub>x</sub>	NO <sub>2</sub>	TZL	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	VOC	SO <sub>2</sub>	BaP
<b>lokální vytápění</b> (leden–únor 2017)	8	3	1	5	13	4	21	60
<b>silniční doprava (varianta 1)</b> (dle sčítání 2016)	<b>66</b>	<b>85</b>	98	<b>89</b>	<b>82</b>	31	3	40
<b>REZZO 3 - technologie</b> (databáze ISKO 2015)	0	0	0	3	1	62	0	0
<b>bodové zdroje REZZO 1 a 2</b> (databáze ISKO 2010)	26	12	1	3	4	3	77	---

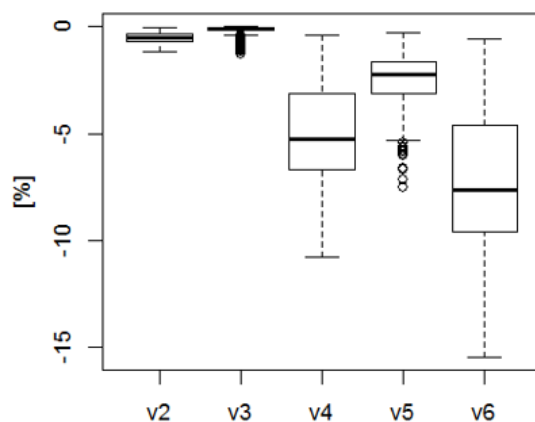


# Výsledky – epizoda I

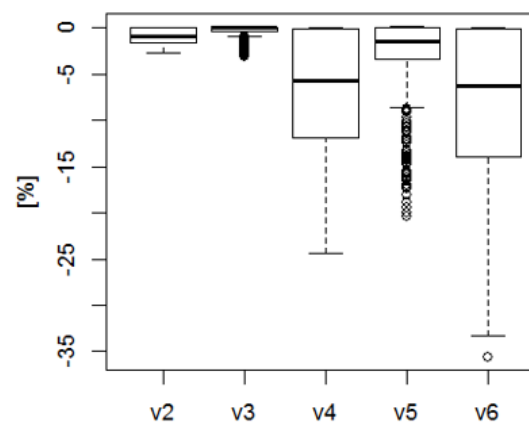
## Opatření

vstoupila v platnost až po odeznění maximálních koncentrací – malý vliv zejména na maxima  $PM_{10}$ .

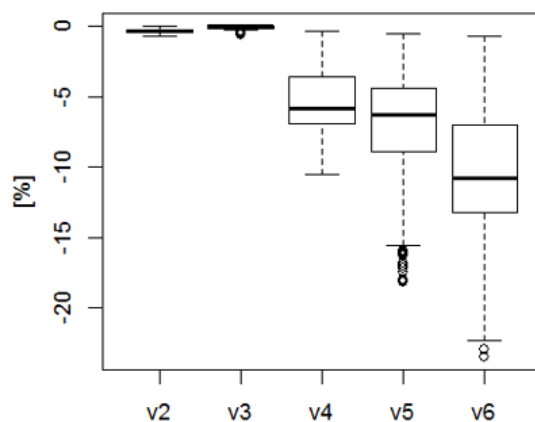
I  $NO_2$  průměr



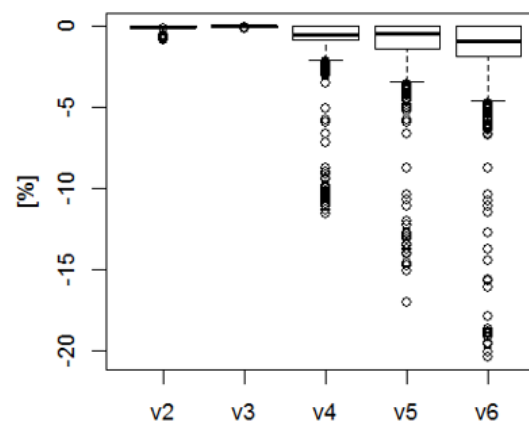
I  $NO_2$  maximální 1h průměr



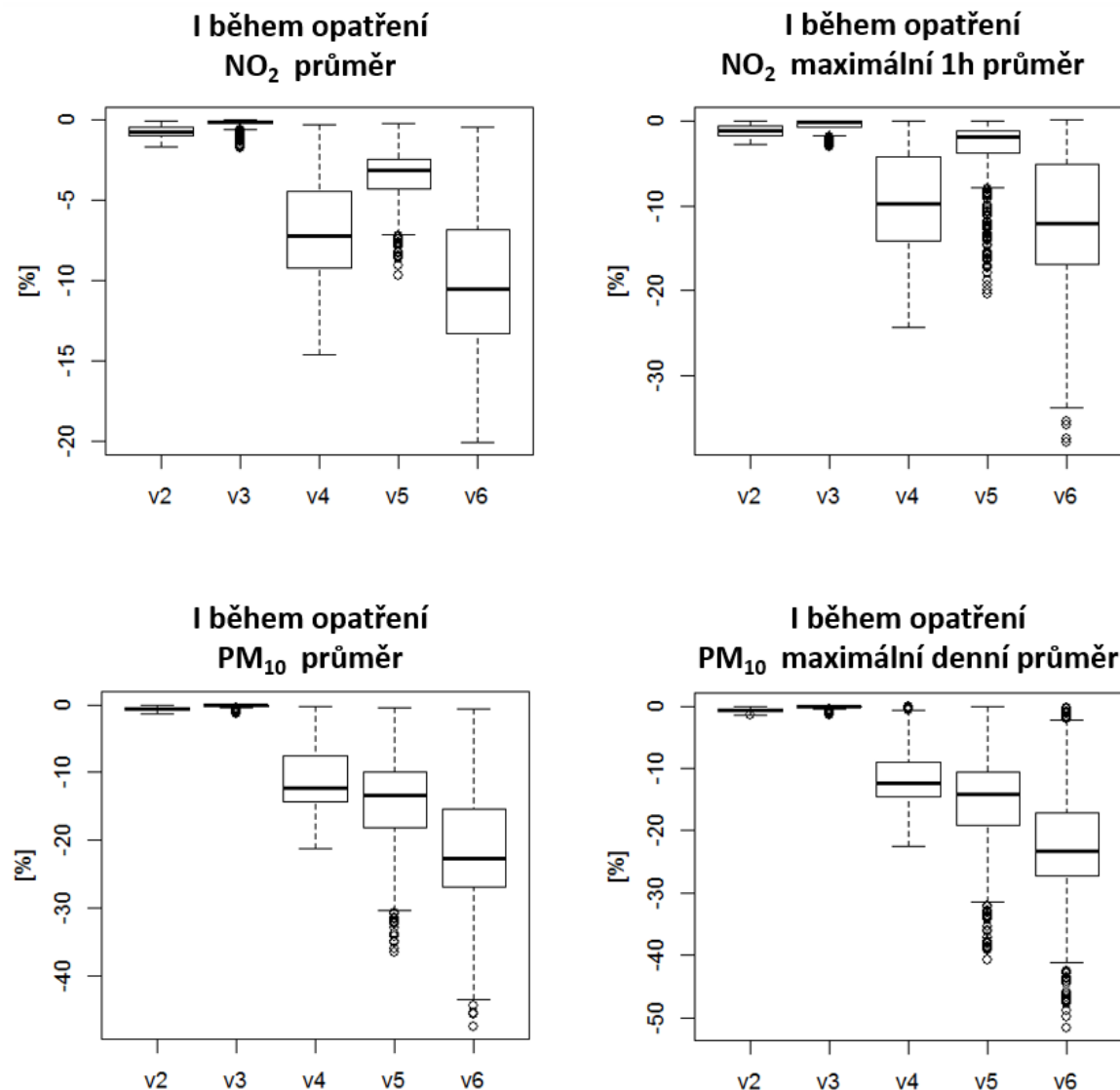
I  $PM_{10}$  průměr



I  $PM_{10}$  maximální denní průměr

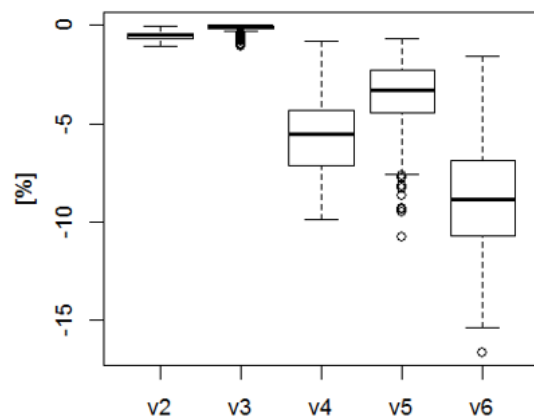


# Výsledky – epizoda I během opatření

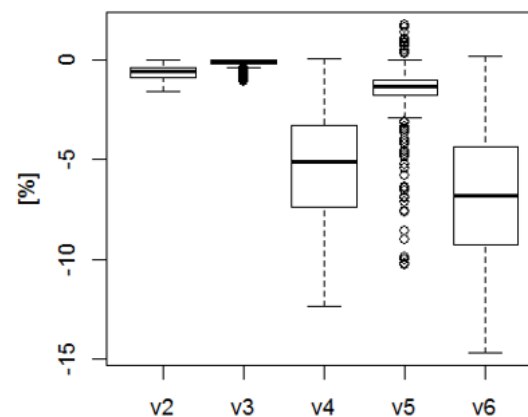


# Výsledky – epizoda II

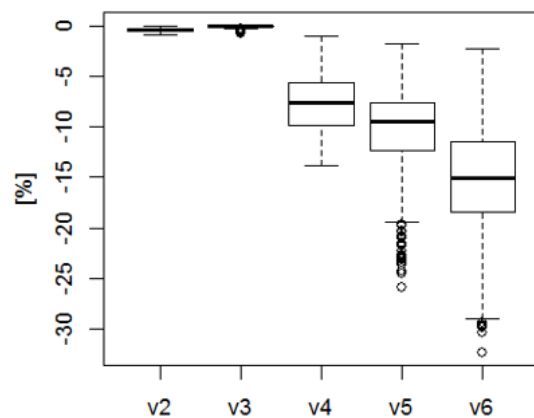
## II NO<sub>2</sub> průměr



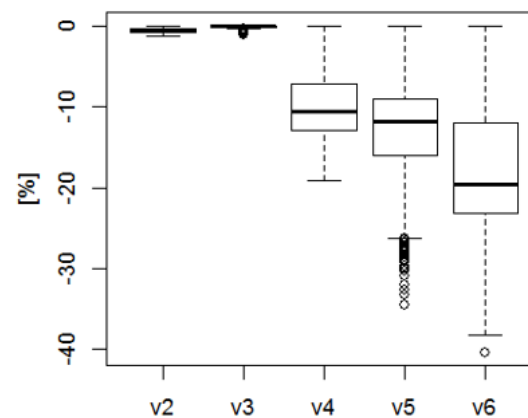
## II NO<sub>2</sub> maximální 1h průměr



## II PM<sub>10</sub> průměr



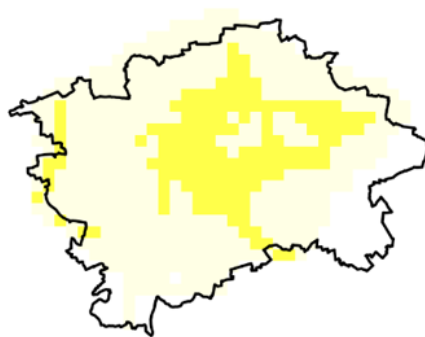
## II PM<sub>10</sub> maximální denní průměr



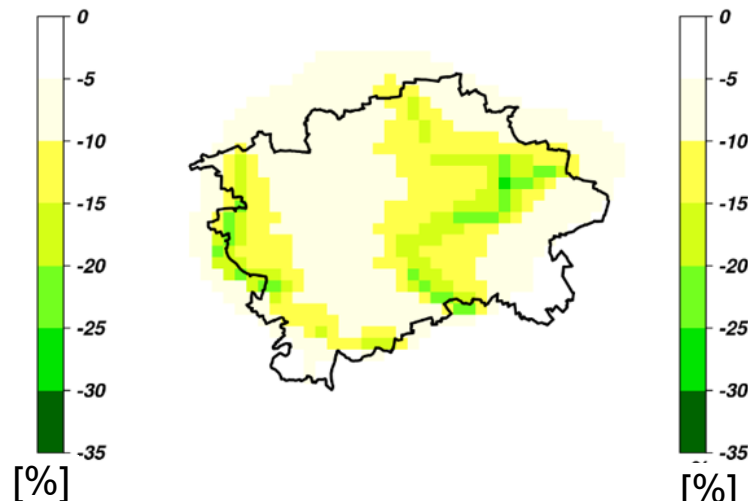
# Výsledky – ep. II, průměr $PM_{10}$

% změna  
průměrné  
koncentrace  
 $PM_{10}$   
a fitovaná  
varianta 1  
během  
únorové  
smogové  
situace  
(epizoda II).

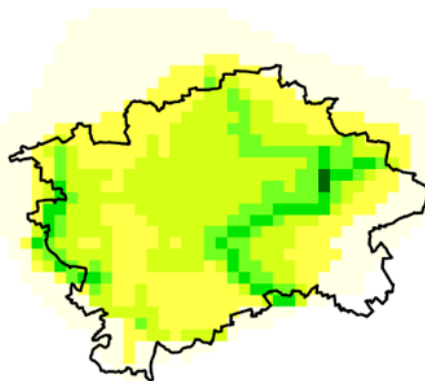
Varianta 4 - „Režim sudá/lichá“



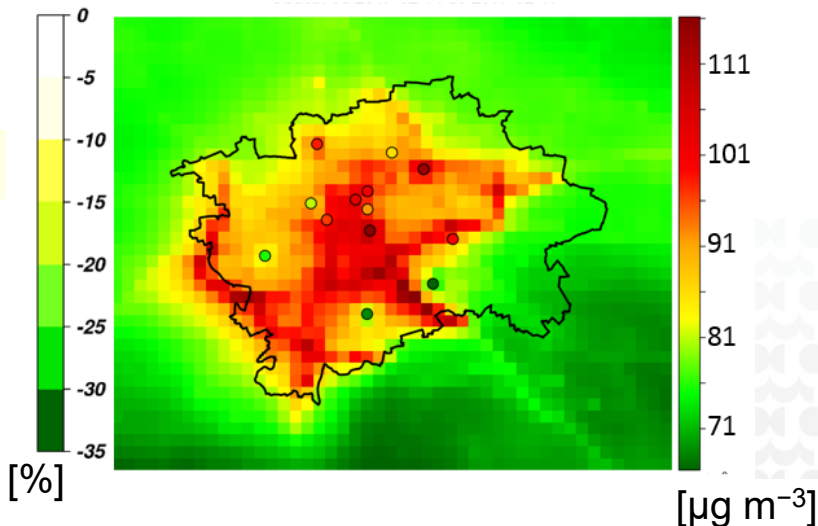
Varianta 5 - „Zákaz NA nad 6 t“



Varianta 6 - „Souběh opatření“



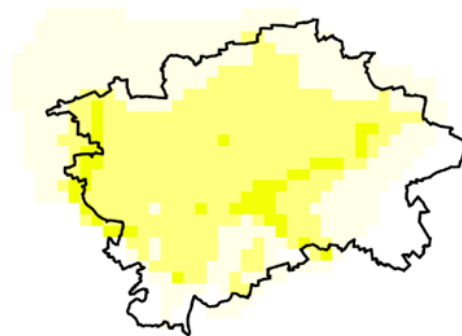
Fitovaná varianta 1 - výchozí stav [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ]



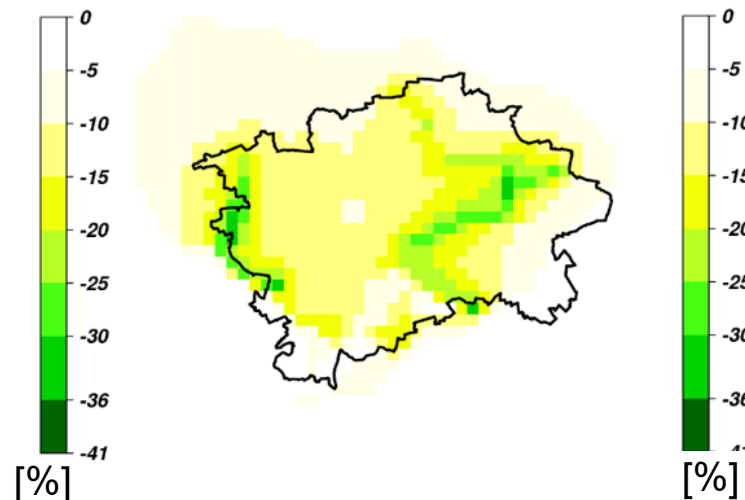
# Výsledky – ep. II, max. denní prům. $PM_{10}$

% změna  
maximální  
denní  
koncentrace  
 $PM_{10}$   
a fitovaná  
varianta 1  
během  
únorové  
smogové  
situace  
(epizoda II).

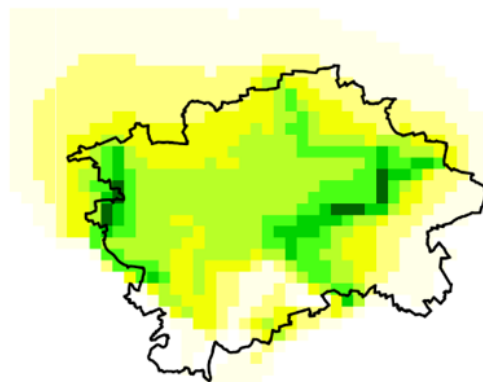
Varianta 4 - „Režim sudá/lichá“



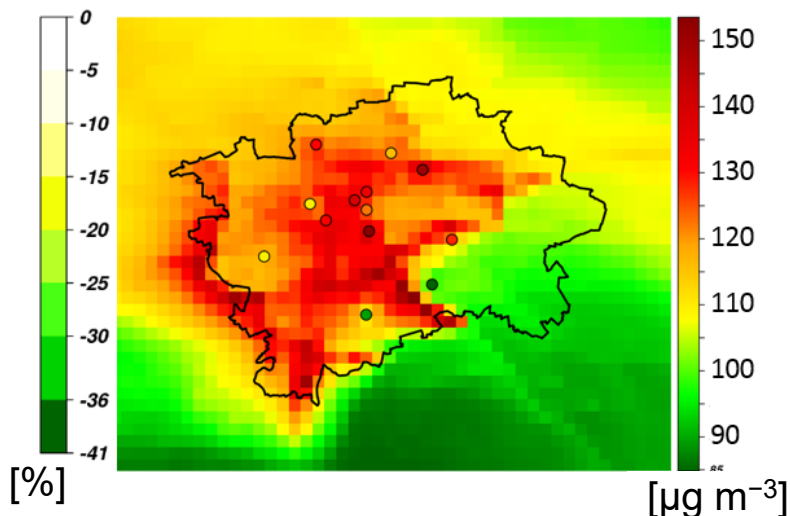
Varianta 5 - „Zákaz NA nad 6 t“



Varianta 6 - „Souběh opatření“



Fitovaná varianta 1 - výchozí stav [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ]

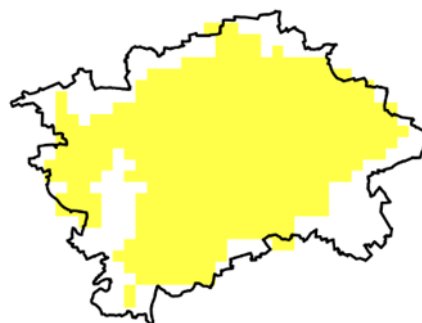




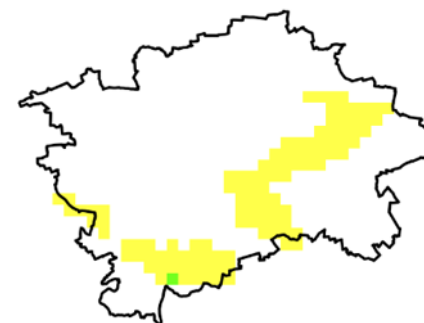
# Výsledky – ep. II, průměr $\text{NO}_2$

% změna  
průměrné  
koncentrace  
 $\text{NO}_2$   
a fitovaná  
varianta 1  
během **únorové**  
smogové situace  
(epizoda II).

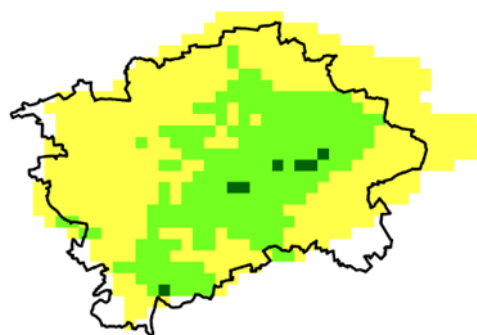
Varianta 4 - „Režim sudá/lichá“



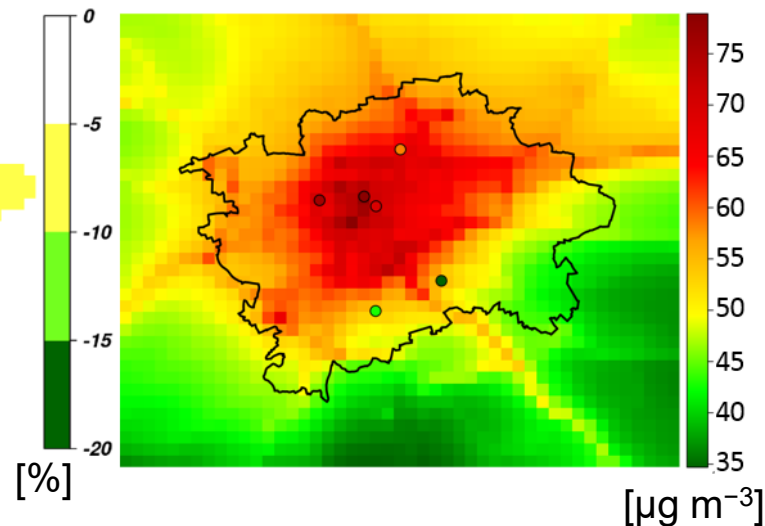
Varianta 5 - „Zákaz NA nad 6 t“



Varianta 6 - „Souběh opatření“



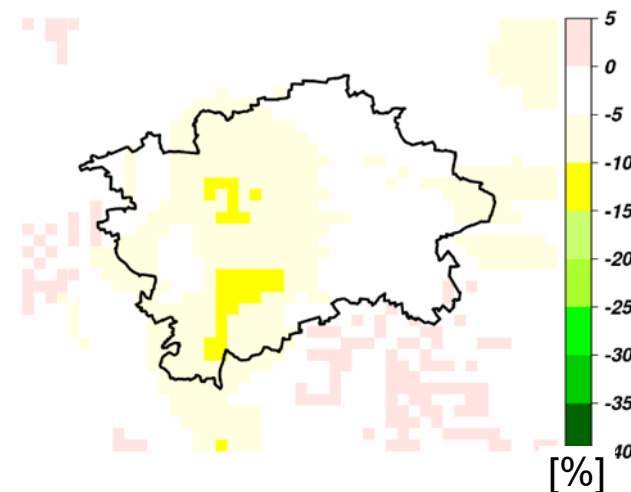
Fitovaná varianta 1 - výchozí stav [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ]



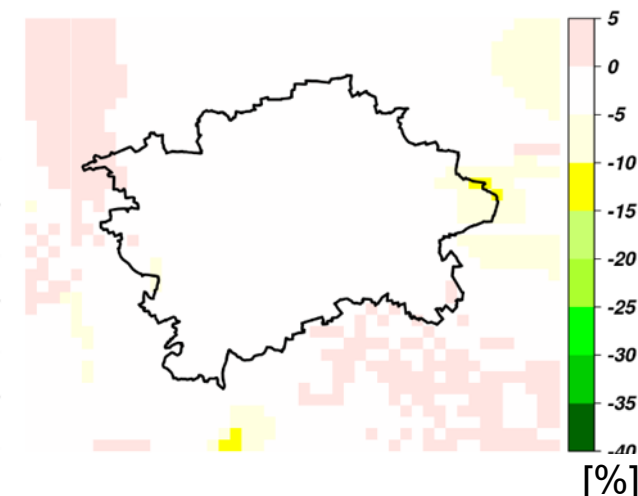
# Výsledky – ep. II, max. 1h průměr NO<sub>2</sub>

% změna  
maximální  
hodinové  
koncentrace  
NO<sub>2</sub>  
a fitovaná  
varianta 1  
během  
únorové  
smogové  
situace  
(epizoda II).

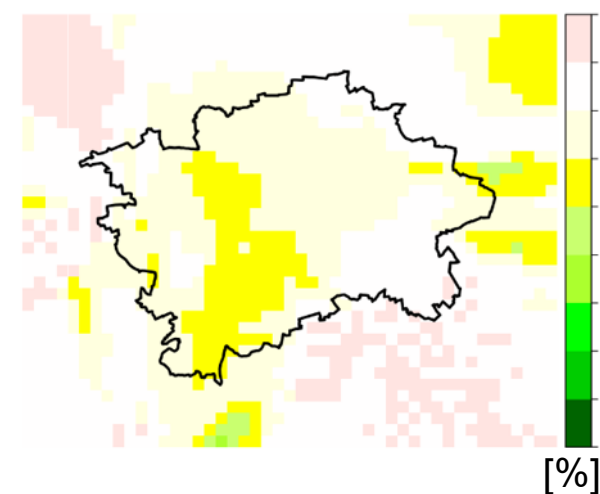
Varianta 4 - „Režim sudá/lichá“



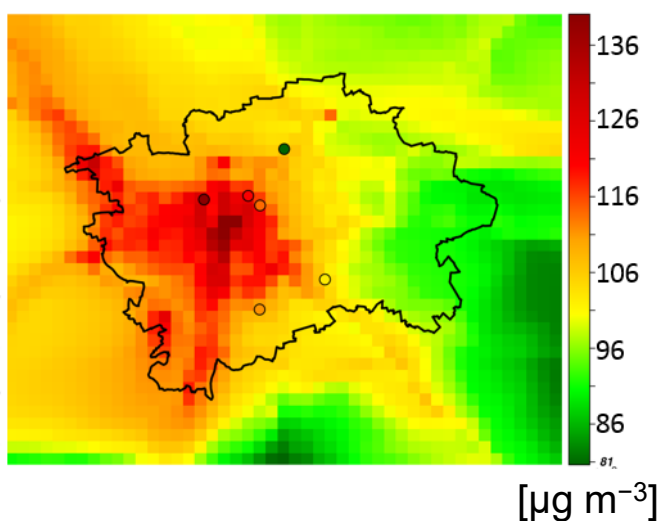
Varianta 5 - „Zákaz NA nad 6 t“



Varianta 6 - „Souběh opatření“

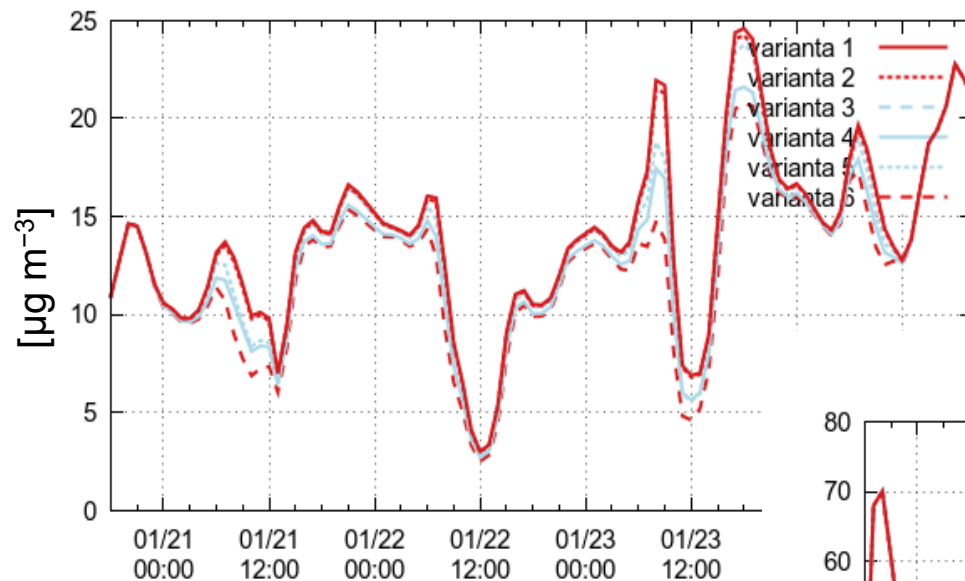


Fitovaná varianta 1 - výchozí stav [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ]



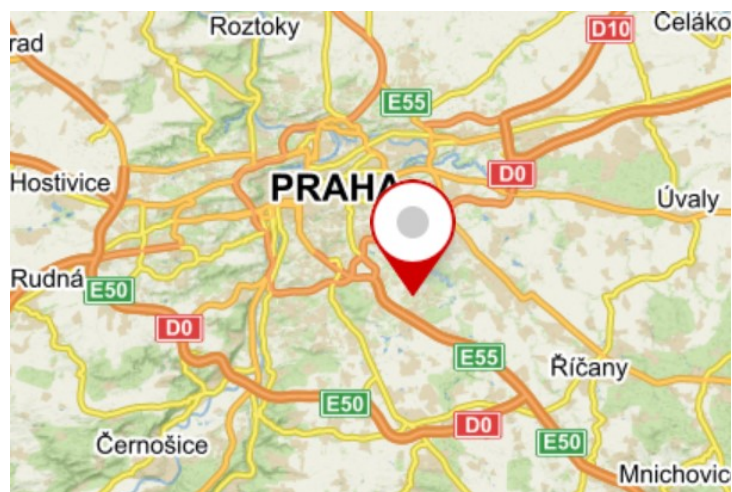
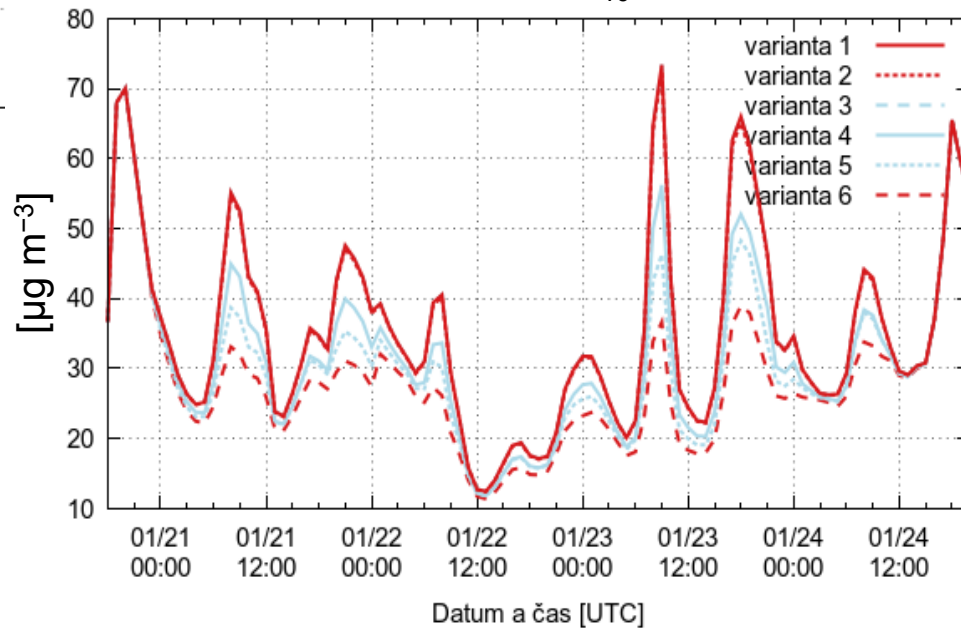
# Výsledky – vliv opatření v čase

Chodov, NO<sub>2</sub>

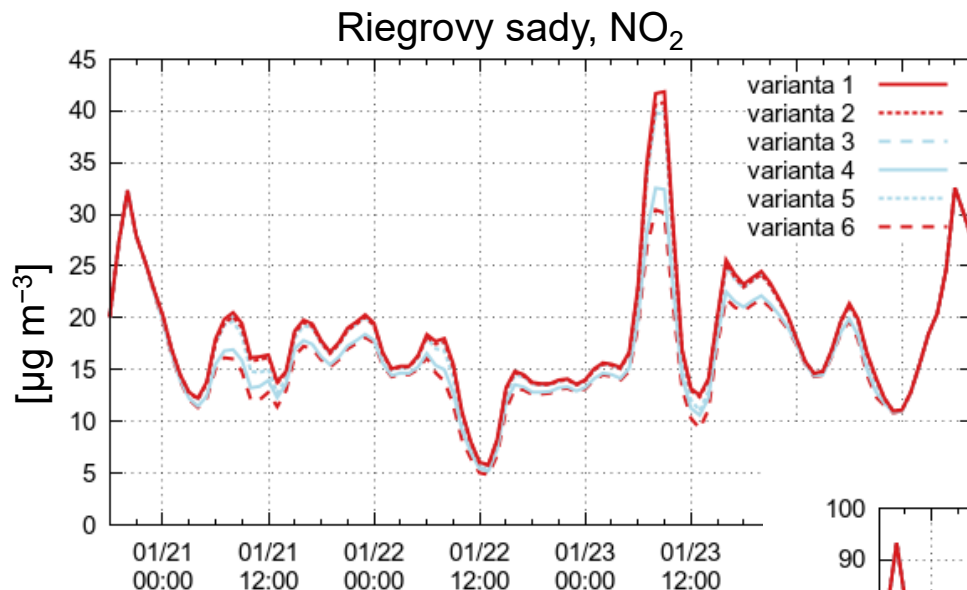


## Lednová epizoda

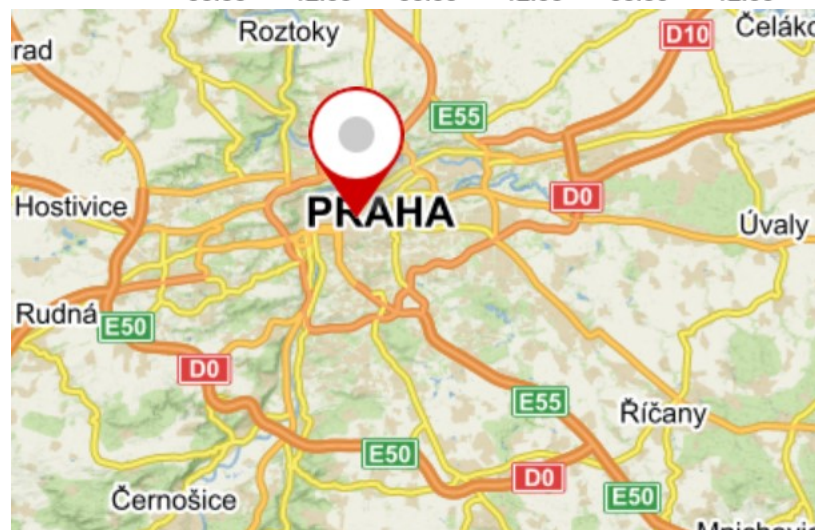
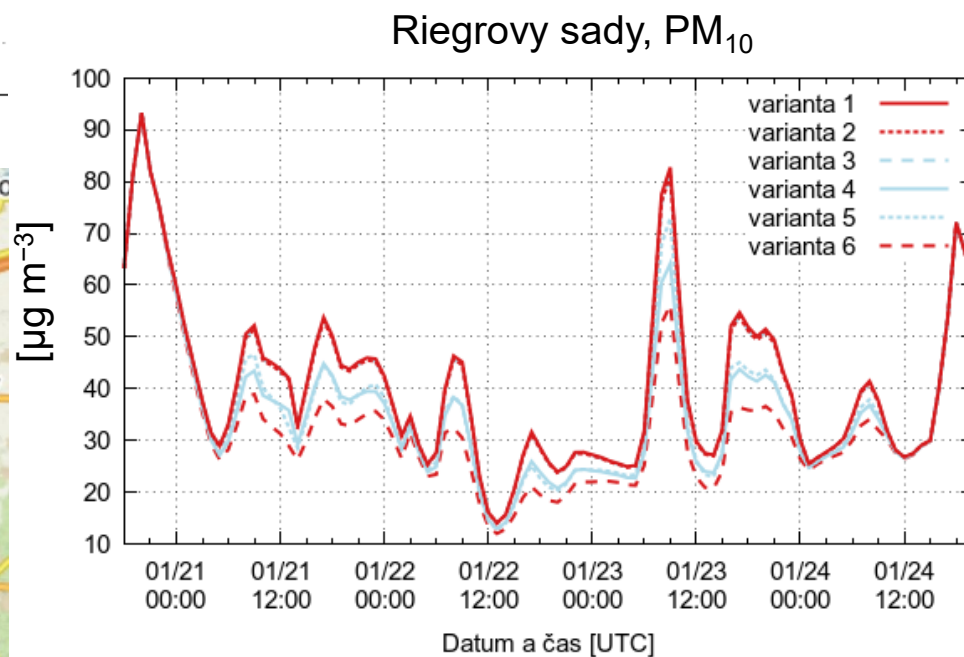
Chodov, PM<sub>10</sub>



# Výsledky – vliv opatření v čase

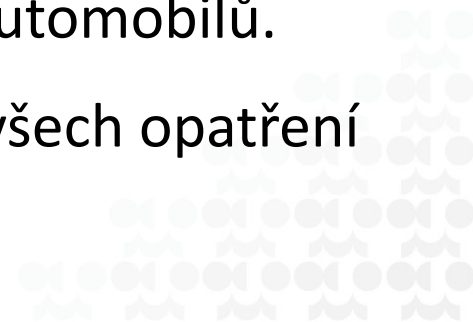


## Lednová epizoda



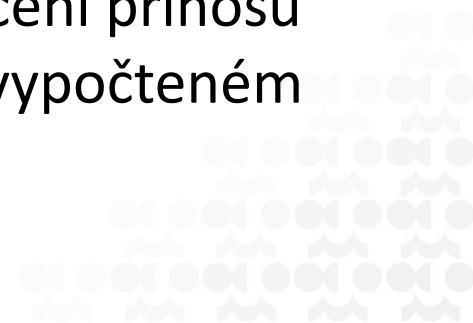
# Výsledky – souhrn

- MHD zdarma a zákaz parkování nerezidentů v zónách placeného stání (var. 1 a 2) mají zanedbatelný dopad na konc.  $PM_{10}$  i  $NO_2$ .
- „Režim sudá/lichá“ (var. 4) způsobuje v porovnání se „zákazem NA nad 6 t“ (var. 5) větší pokles koncentrací  $NO_2$ , ale menší pokles koncentrací  $PM_{10}$ .
- Dopady varianty 4 jsou poměrně rovnoměrně rozloženy na značném území Prahy, naproti tomu dopady varianty 5 jsou soustředěny hlavně do blízkosti dálnic a tranzitních tahů, kde je předpokládáno 80% snížení intenzit nákladních automobilů.
- Největší efekt na pokles koncentrací má souběh všech opatření (var. 6).



# Diskuze 1

- Ke změnám konc.  $PM_{10}$  došlo téměř výhradně u primárních částic.
- Hodnocení založeno na relativních změnách, proto:
  - **Q: Jsou správně emisní vstupy z dopravy?**
  - **A:** Zejména emise z resuspenze jsou zatíženy velkou nejistotou, ale jedná se o nejlepší dostupný odhad.
  - **Q: Modeluje CAMx stejně dobře příspěvky různých typů zdrojů?**
  - **A:** Pro toto nemáme objektivní podklady...
- Aby byly zohledněny nejistoty výpočtu, je hodnocení přínosů založeno na 25% a 75% kvartilu, ne maximálním vypočteném poklesu koncentrací.



# Diskuze 2

- Plošné a rozsáhlé omezení silniční dopravy (obdoba var. 6) během zimní smogové situace výrazně pozitivně ovlivní kvalitu ovzduší na převážné části území hl. m. Prahy.
- **Q: Má smysl opatření vyhlášovat při každé smogové situaci?**
- **A:**
  - Podle uvažovaného scénáře vyhlásování je **průměrné zpoždění vyhlášení omezení dopravy 20 hodin** po vyhlášení smog. sit.
  - Při odvolání smog. sit. jsou již 12hodinové průměry  $PM_{10}$  po dobu 12 hodin pod IPH  $100 \mu\text{g m}^{-3}$ .
  - **Mají-li omezení trvat alespoň 1 den, nemá smysl je vyhlášovat** při smog. sit. kratších než 56 hodin, **přibližně v polovině případů.**
  - Za posledních 13 let by byly podle stávajících pravidel SVRS vyhlášeny pouze 4 smog. sit. trvající alespoň 3 dny ( $\geq 72$  hodin)

# Diskuze 3

- **Q: Jaké je možné řešení?**
- **A:**
  - Při vyhlašování zohlednit předpokládané trvání smogové situace.
  - Aktuálně možné na základě meteorologické předpovědi.
  - Možnosti do budoucna:
    1. ČHMÚ připravuje předpověď kvality ovzduší – pro veřejnost ve výhledu 1–2 let.
    2. Navržený projekt URBI PRAGENSI (OP Praha – pól růstu ČR), jehož cílem je také operativní předpověď kvality ovzduší pro Prahu.





**Děkuji za pozornost.**



# Závěr podrobně – v4

Hodnocení dopadu jednotlivých variant je založeno hodnotách spodního a horního kvartilu. Pokud je tedy uvedeno, že byla spočtena změna v určitém rozmezí, je toto vztaženo k přibližně polovině území Prahy. Na čtvrtině území lze očekávat změny větší a naopak na zbývající čtvrtině menší, než dolní, resp. horní mez.

- **U varianty 4 („režim sudá/lichá“)** lze očekávat pokles průměrné i maximální denní koncentrace  $PM_{10}$  o 6–14 % (v absolutních hodnotách u průměrné koncentrace o 4–9  $\mu\text{g m}^{-3}$  a u maximální denní koncentrace o 8–16  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) a maximální hodinové koncentrace  $PM_{10}$  o 13–22 %. U průměrné koncentrace  $NO_2$  lze očekávat pokles o 3–9 % (2–4  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) a u maximální hodinové koncentrace  $NO_2$  o 3–14 % (3–8  $\mu\text{g m}^{-3}$ ).



# Závěr podrobně – v5 a v6

- **U varianty 5 („zákaz NA nad 6 t“)** lze očekávat pokles průměrné i maximální denní koncentrace  $PM_{10}$  o 8–18 % (v absolutních hodnotách u průměrné koncentrace o 6–11  $\mu\text{g m}^{-3}$  a u maximální denní koncentrace o 10–19  $\mu\text{g m}^{-3}$ ), a maximální hodinové koncentrace  $PM_{10}$  o 13–33 %. U průměrné i maximální hodinové koncentrace  $NO_2$  lze očekávat pokles o 1–4 % (1–3  $\mu\text{g m}^{-3}$ ). Výrazně větší poklesy zejména maximální hodinové koncentrace  $NO_2$  lze očekávat v blízkosti dálnic a tranzitních tahů.
- **U varianty 6 („souběh opatření“)** lze očekávat pokles průměrné i maximální denní koncentrace  $PM_{10}$  o 11–27 % (v absolutních hodnotách u průměrné koncentrace o 9–17  $\mu\text{g m}^{-3}$  a u maximální denní koncentrace o 13–29  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) a maximální hodinové koncentrace  $PM_{10}$  o 19–45 %. U průměrné koncentrace  $NO_2$  lze očekávat pokles o 7–13 % (4–7  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) a u maximální hodinové koncentrace  $NO_2$  o 4–17 % (4–10  $\mu\text{g m}^{-3}$ ).

