TURBAN

TURBAN

- Modelování kvality ovzduší a tepelného komfortu s rozlišenou turbulencí v městském prostředí

RNDr. Jaroslav Resler, Ph.D. a kolektiv autorů

Ústav informatiky AV ČR, v. v. i.

Norway grants

Programme **Kappa**

12/21/2021

T A
C R

O projektu

- Program TAČR Kappa („Norské fondy“ - spolupráce s partnery z ČR a z Norska, Islandu a Lichtenštejnska)
- Partneři
  - Ústav informatiky AV ČR, v. v. i.
  - Nansen Environmental and Remote Sensing Center (Bergen, Norsko)
  - Katedra fyziky atmosféry, Matematicko-fyzikální fakulta, Karlova Univerzita
  - Český hydrometeorologický ústav
  - ATEM - Ateliér ekologických modelů, s.r.o.
- Webové stránky: https://www.project-turban.eu

Související projekty

- Ukončené
  - UrbiPragensi – Urbanizace předpovědi počasí, kvality ovzduší a klimatických scénářů pro Prahu (Projekt OP PPR CZ.07.1.02/0.0/0.0/16_040/0000383)
- Běžící
  - ARAMIS – Integrovaný systém výzkumu, hodnocení a kontroly kvality ovzduší (TAČR SS02030031)
  - Národní centrum kompetence: Kybernetika a umělá inteligence, Umělá inteligence pro chytrá města a regiony (Projekt TAČR TN01000024)
  - Strategie AV21: Město jako laboratoř změny; Stavby, kulturní dědictví a prostředí pro bezpečný a hodnotný život
  - Strategie AV21: Efektivní využití obnovitelných zdrojů energie a inteligentní přenos energie; Energetické interakce budov a venkovního městského prostředí
- Zahraniční
  - MOSAIK (framework U2C) - Německo

Motivace

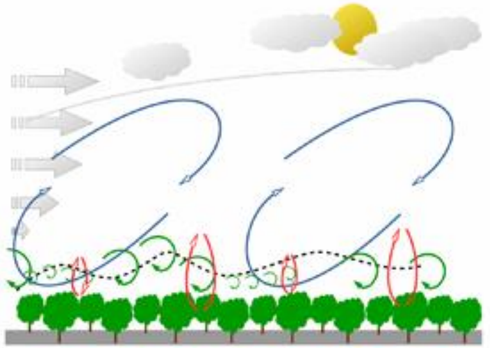
- Ve 21. století dochází k nebývalému nárůstu v počtu i závažnosti extrémních projevů počasí
- Prodlužující se vlny veder výrazně zhoršují kvalitu městského prostředí a ovlivňují tepelný (dis)komfort
- Znečištění ovzduší, na kterém se podílí doprava, průmysl, vytápění i další lidské aktivity, zvyšuje nemocnost a úmrtnost obyvatel měst
- Komplexní struktura městské zástavby vyžaduje sofistikovanější modelové přístupy než jednodušší oblasti pro dosažení dostatečně přesných a věrohodných závěrů.

Hlavní cíle

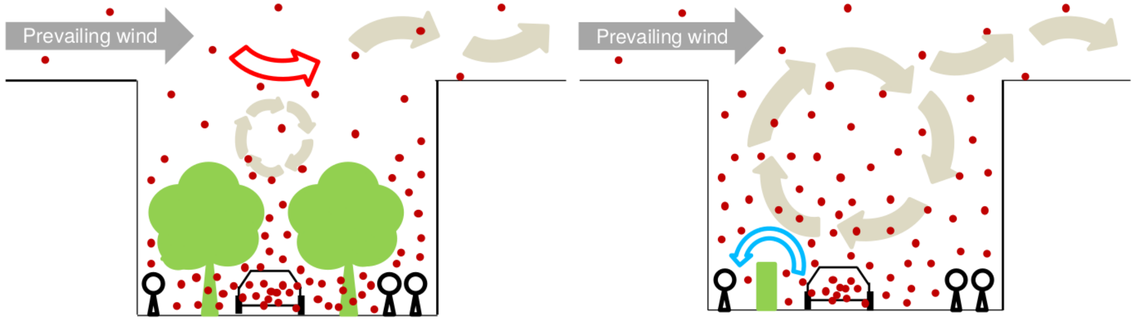
1. Výrazně zlepšit kvalitu, komplexitu a rozlišení výstupů atmosférického modelování městského prostředí na základě využití nejmodernějších technologií v oblastech modelování, pozorování a analýzy dat
2. Zdokonalit a validovat pokročilé modelové nástroje se zaměřením na modely založené na explicitním modelování turbulentního proudění v komplexním městském prostředí
3. Zlepšit metody kombinující údaje z modelování a pozorování
4. Pomocí těchto modelových nástrojů porovnat environmentální dopady vybraných adaptačních nástrojů a preferovaných politik v Praze a Bergenu
5. Poskytnout orgánům veřejné a městské správy kvalitní a ověřené nástroje pro podporu rozhodování v oblastech souvisejících s kvalitou ovzduší a tepelného komfortu.

Co se děje v městském prostředí

- Turbulentní proudění
  - Konvektivní víry
  - Interakce s překážkami (budovy)
  - Interakce se stromy
- Interakce záření s prostředím, teplo
  - Interakce s terénem a budovami (odrazy a pohlcování záření, akumulace tepla)
  - Interakce se stromy (pohlcování záření, přeměna na teplo, evapotranspirace, latentní teplo)
  - Potřebujeme takto komplexní model? (https://doi.org/10.5194/gmd-2020-94)



Zdroj: Perret, Patton: Stability influences on interscale transport of turbulent kinetic energy and Reynolds shear stress in atmospheric boundary layers interacting with a tall vegetation canopy, J. Fluid Mech. (2021)



Zdroj: Using Green Infrastructure to Protect People from Air Pollution (https://www.london.gov.uk/)

Proč je důležité modelovat turbulenci

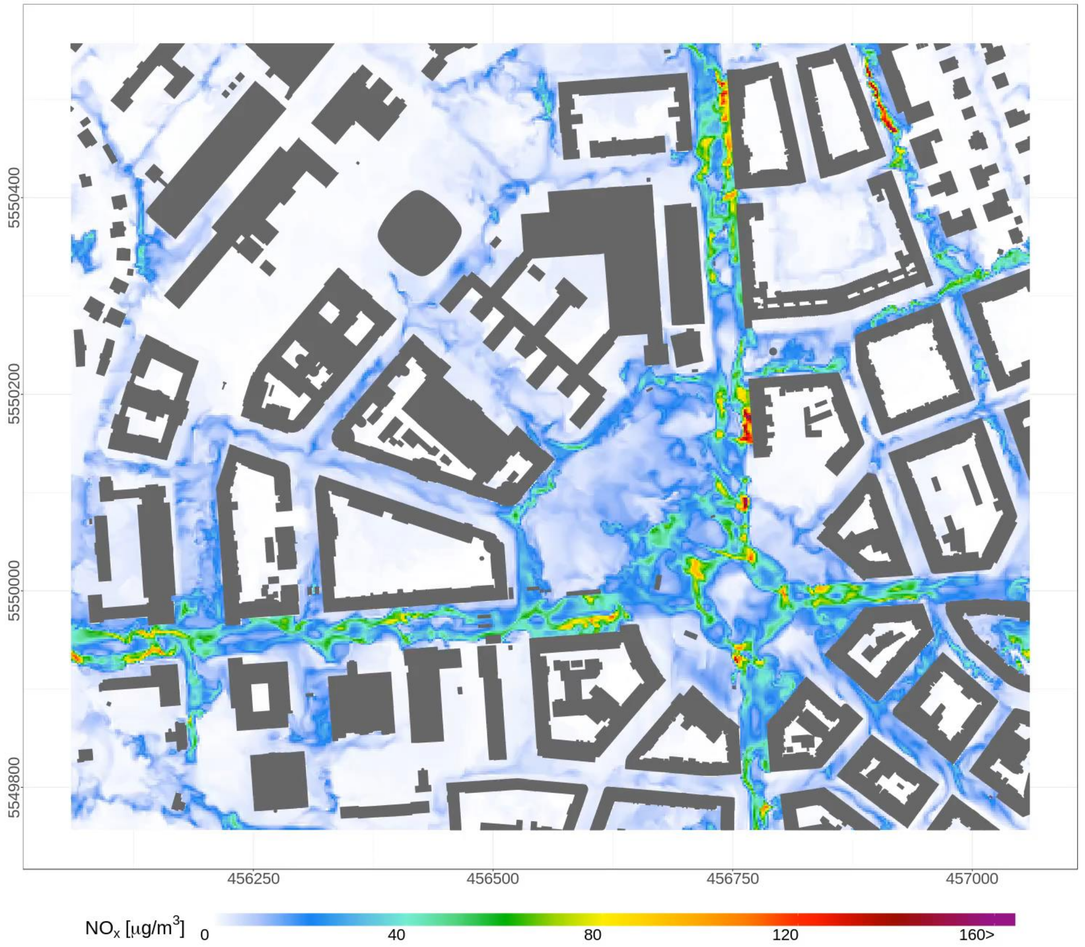
- Modely přistupují k turbulentnímu proudění různě
  1. Nemodelují skutečné proudění vůbec (klimatologie, statistika)
  2. Modelují pouze dlouhodobý průměr proudění (RANS)
  3. Modelují explicitně turbulenci rozlišenou velikostí modelové mřížky (LES)
- Jakých zanedbání se dopouštíme
  - Konvekce – 1. a 2. přístup nemodeluje, nahrazuje např. klimatologickými odhady
  - Interakce s překážkami
    - 1. nemodeluje
    - 2. modeluje dlouhodobý průměr – chyby v komplexním prostředí (viz např. García-Sánchez et al., 2018, Salim et al., 2011, Gousseau et al., 2011, Tominaga and Stathopoulos, 2011).
- Výpočetní náročnost
  - 1. PC
  - 2. výkonné PC
  - 3. Výpočetní cluster nebo superpočítač

Příklad významu turbulence

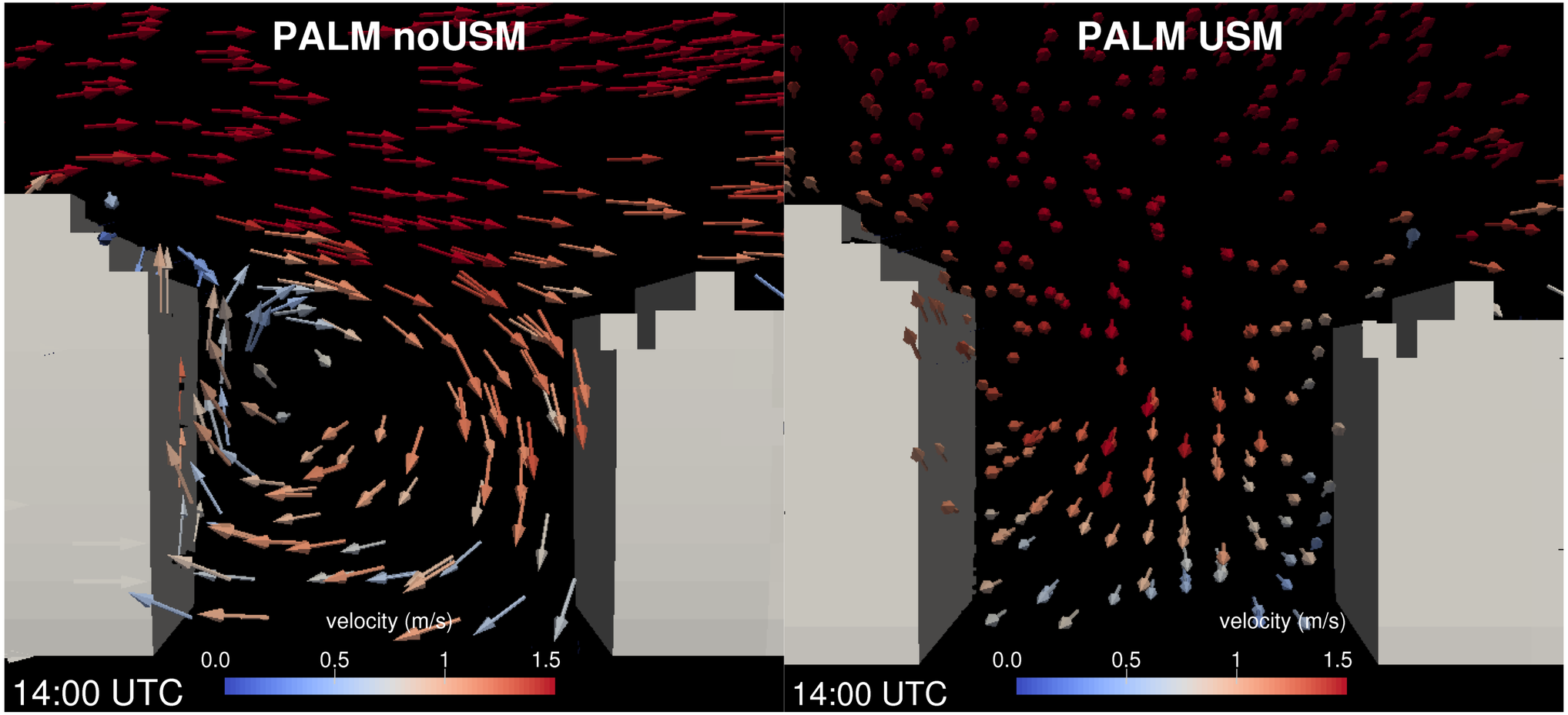
Zdroj: Mikko Auvinen, Finnish Meteorological Institute

K čemu je komplexní integrovaný model

- Interakce energetických procesů a dynamických procesů
- Změna proudění ovlivňuje výměny a přenos tepelné energie
- Změna energetických poměrů (sluneční záření, interakce s povrchy, stromy, akumulace tepla,…) ovlivňuje proudění
- Turbulentní proudění vede např. k velmi rozdílným koncentracím polutantů v různých místech uličního kaňonu
- Řešením pouze jednoho nebo několika procesů se dopouštíme značné chyby



Vliv zahřátí zdí na proudění v ulici

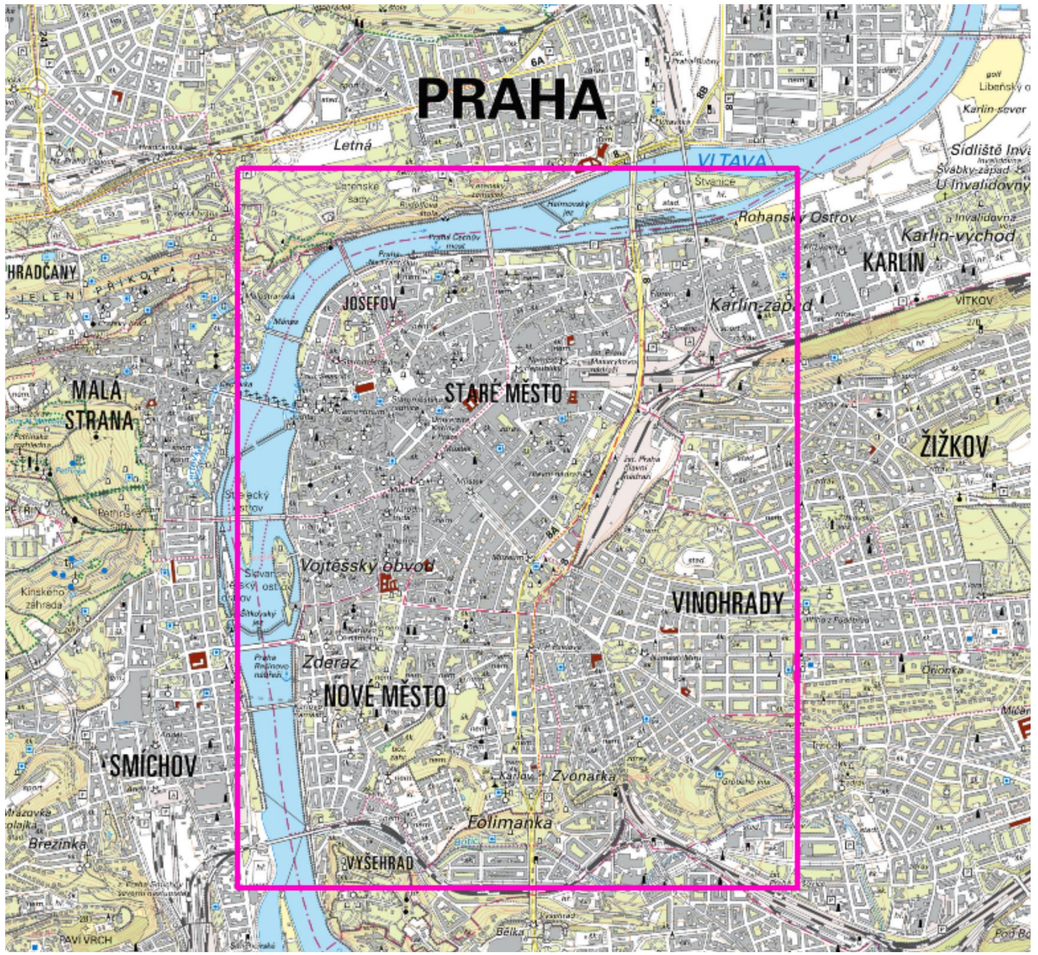


Zdroj: Resler et al. 2017, https://doi.org/10.5194/gmd-10-3635-2017

TURBAN

Co budeme měřit, kde, kdy a proč

- Měření v centru Prahy, oblast Nového města (magistrála a kolmé ulice)
- Měřící nástroje: Standardní měření ČHMÚ, lidar, mikrovlnný radiometr, senzorová síť
- Meteorologické veličiny, koncentrace látek
- Senzorová síť budována tak, aby:
  - Poskytla dlouhodobé údaje
  - Poskytla údaje o šíření látek z významných zdrojů
  - Nepřímo poskytla údaje pro validaci proudění vč. jeho turbulentní složky



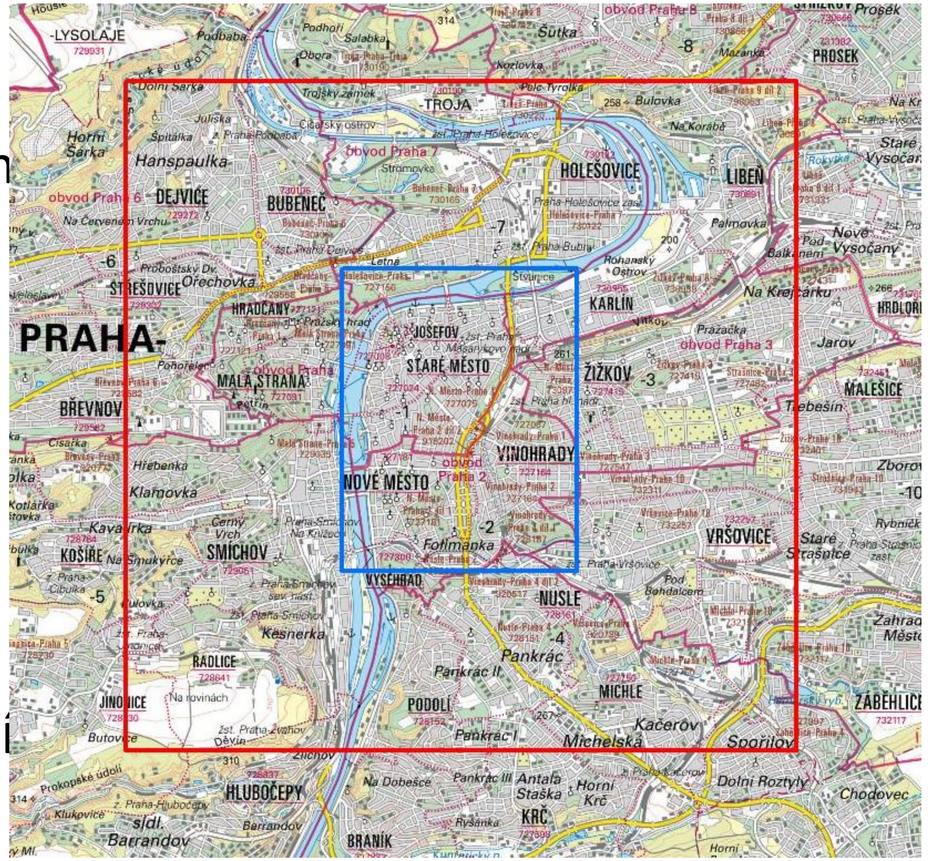
Norway grants

Programme **Kappa**

T A
C R

Validace – doména, konfigurace, výpočet…

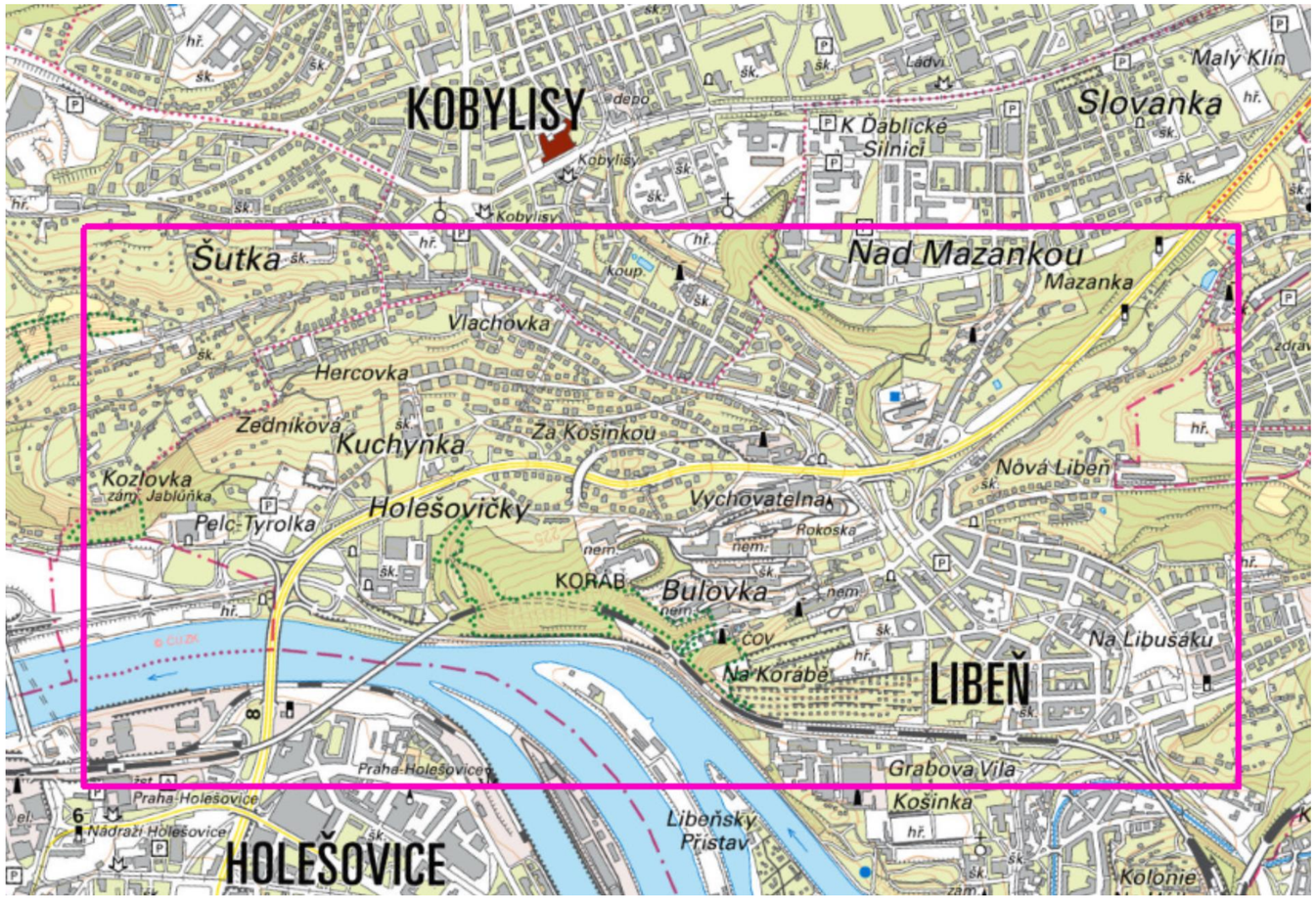
- Výpočetní domény pro validační simulace
  - Dvě vnořené domény
  - Vnější doména 8 × 8 km, rozlišení 10 m, výška cca 3 km
  - Vnitřní doména cca 2,6 × 3,2 km, rozlišení 2 m
- Simulované a validované epizody se budou koncentrovat na:
  - Epizody s horkými vlnami
  - Smogové situace (stabilní meteorologické situace)
  - Metody pro výběr vhodných epizod (projekt ARAMIS)
- Výpočetní náročnost: validační doména je cca 4× větší než doména v Praze-Dejvicích (validována v rámci projektu UrbiPragensi)



TURBAN

Modelování adaptačních scénářů

- Scénáře budou testovány pro oblast Holešoviček
- Definitivní odsouhlasení simulovaných scénářů je nyní v jednání
- Návaznost na uvažované změny:
  - Městský okruh
  - Zklidnění Holešoviček
  - Libeňská spojka
- V oblasti zároveň proběhne jednodušší validační měření



Norway grants

Programme **Kappa**

T A
C R

Další WP

- WP „Data fusion“
  - Metody kombinace namodelovaných a naměřených dat (vč. satelitních) za účelem získání dlouhodobých charakteristik prostředí
- WP Srovnání modelových přístupů
  - Porovná stávající regulatorní Lagrangeovský model s výsledky získanými novým modelem

Shrnutí a závěr

- Hlavní cíl projektu je vylepšit stávající přístupy a modelové nástroje pro hodnocení adaptačních opatření ve městě, přičemž se koncentruje se na přístupy pracující s explicitně modelovanou turbulencí. Modely budou validovány proti měřením získaným ve specializované měřící kampani. Modelovací metody i nástroje představují špičku současného výzkumu v této oblasti, donedávna obdobné integrované nástroje neexistovaly a tento rozsah simulací nebyl ani výpočetně zvládnutelný.
- Konečným cílem je poskytnout státní správě, samosprávě i odborným společnostem spolehlivé komplexní modelové nástroje pro hodnocení tepelného komfortu a znečištění ovzduší v městském prostředí, které budou dobře otestované a validované.
- Očekáváme také zpřesnění konkrétních poznatků o klimatických jevech v Praze, Bergenu a v odpovídajícím typu městského prostředí obecně.

TURBAN

Děkuji za pozornost