

Modelování znečištění ovzduší

Nina Benešová

2. května 2012

- ▶ trocha historie
- ▶ druhy znečišťujících látek a jejich vliv na člověka a životní prostředí
- ▶ k čemu je dobré umět znečištění modelovat
- ▶ typy modelů
- ▶ co dělám já
- ▶ zdroje informací

Trocha historie

- ▶ první použití ohně před 750000-500000 lety
- ▶ zkoumání Egyptských mumií
- ▶ Hippocrates — vliv prostředí na zdraví člověka
- ▶ Seneca v roce 61 upozorňuje na špatný vzduch v Římě
- ▶ bohatí Římané si stavějí venkovská sídla

Trocha historie

- ▶ 13. začíná se využívat uhlí jako palivo na britských ostrovech
- ▶ 18.-19. století — průmyslová revoluce
- ▶ 1789 vynalezen parní stroj
- ▶ 1905 Harold Antoine Des Voeux poprvé použil pojem smog
- ▶ 1952 — smogová situace v Londýně



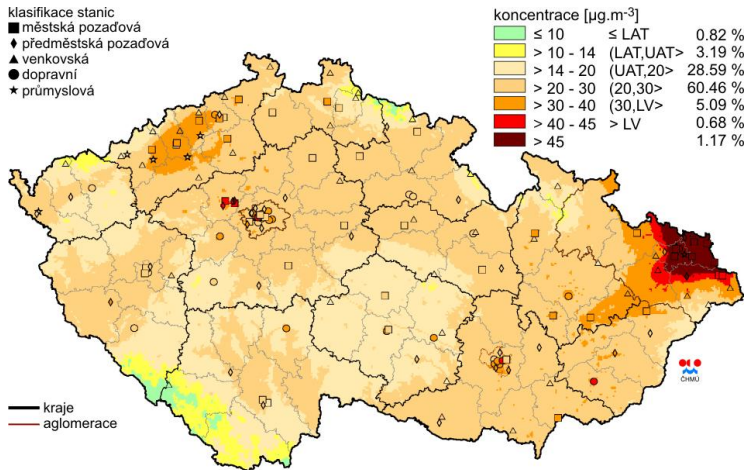
Trocha historie

- ▶ 70. léta 20. století — Lidé si uvědomují, že znečištění se může šířit na velké vzdálenosti a kyselé deště a depozice poškozují přírodu i v neprůmyslových oblastech.
- ▶ 90. léta 20. století – dosud
 - ▶ zlepšují se zákony na ochranu ovzduší
 - ▶ 1993 – 1998 odsíření, odprášení a denitrifikace emisí z velkých a středních zdrojů
 - ▶ postupně jsou přejímány zákony Evropské unie

Suspendované částice

- ▶ Zdroje: spalovací procesy, doprava, těžební průmysl, přirozené zdroje
- ▶ vznik primárně i sekundárně
- ▶ dělí se podle velikosti PM10, PM2.5, PM1
- ▶ 10000 částic/cm², 100 miliard denně vdechneme, polovina se usadí v plicích
- ▶ v ovzduší mohou setrvávat týdny, resuspenze
- ▶ dýchací, kardiovaskulární potíže, předčasná mortalita

Suspendované částice



Pole roční průměrné koncentrace PM_{10} v roce 2010

Přízemní ozon

- ▶ vzniká sekundárně
 $\text{NO}_2 + \text{záření} \rightarrow \text{NO} + \text{O}$
 $\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{O}_3$
 $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$
- ▶ letní smog — intenzivní doprava, intenzivní sluneční záření, vysoké teploty

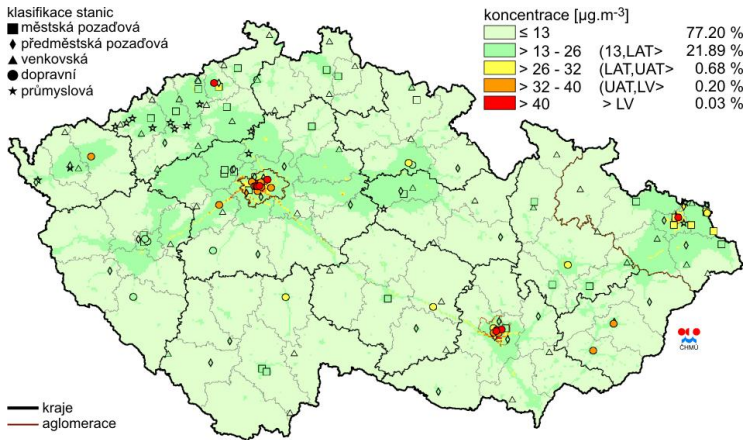


<http://www.solcomhouse.com>

Oxidy dusíku

- ▶ Zdroje: silniční doprava
- ▶ oxid dusnatý, oxid dusičitý
- ▶ z 90% emise NO, oxidace na NO₂
- ▶ kyselý déšť
- ▶ dráždí dýchací cesty, vliv na imunitu

Oxidy dusíku



Pole roční průměrné koncentrace NO_2 v roce 2010

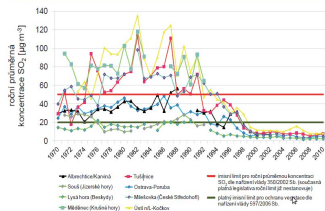
▶ Oxid siřičitý

- ▶ Zdroje: spalování fosilních paliv
- ▶ kyselý déšť

▶ Oxid uhelnatý

- ▶ Zdroje: nedokonalé spalování, doprava, domácí topeniště
- ▶ váže se na hemoglobin, snižuje pozornost, bolesti hlavy

▶ Těžké kovy, benzen, benzo(a)pyren



K čemu je dobré umět to modelovat

- ▶ rozptylové studie na budoucí (nebo i existující stavby)
- ▶ konstrukce imisních map
- ▶ rozvoj měst
- ▶ předpověď znečištění

Jak se to modeluje

- ▶ Gaussovské modely
- ▶ Lagrangeovské modely, puff-modely
- ▶ Eulerovské modely

Projekt TRANSPHORM

- ▶ spolupráce s Útvarem rozvoje hlavního města Prahy
- ▶ zaměření na dopravu a PM10, PM2.5 a PM1
- ▶ používá se AirQUIS — model vyvinutý na NILU

Meteorologický preprocesor

- ▶ vstup:
 - ▶ rychlost a směr větru
 - ▶ teplota
 - ▶ teplotní gradient
 - ▶ nadmořské výšky
- ▶ výstup:
 - ▶ pole větru s ohledem na topografii
 - ▶ Monin-Obukhovova délka
 - ▶ třídy stability
 - ▶ výška směšovací vrstvy

EPISODE

- ▶ advekčně-difuzní rovnice

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \nabla \cdot (vC) = \nabla \cdot (K\nabla C) + R - S$$

C ... koncentrace, v ... rychlost větru,

K ... koeficienty turbulentní difuze,

R ... zdroje, S ... propady

$$K^{(H)}(k) = 0.1 \min(\Delta x, \Delta y) \max_{i,j} \sigma_v(i, j, k)$$

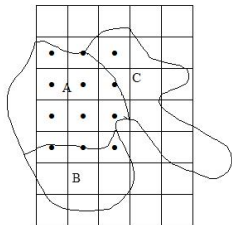
$$K^{(z)} = K^* + K_0(u_*, \Delta z_1)$$

- ▶ rovnice kontinuity

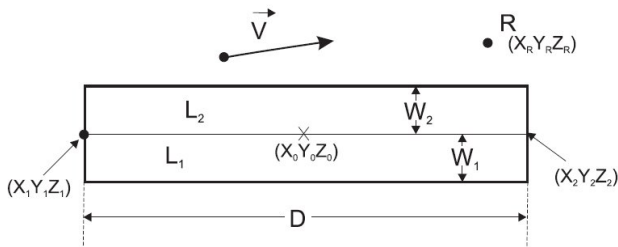
$$\nabla \cdot v = 0$$

Zdroje

- ▶ bodové zdroje
- ▶ liniové zdroje
- ▶ plošné zdroje



Liniové zdroje

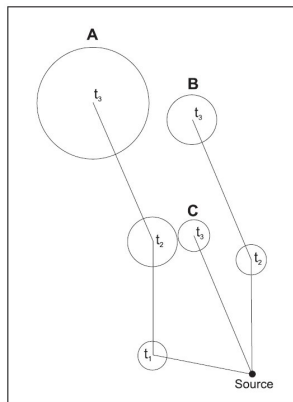


$$C = \frac{q}{u} \int_0^D f dl \quad f = \frac{1}{2\pi\sigma_y\sigma_z} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} \left(e^{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}} + e^{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}} \right)$$

q ... intenzita emisí [$\mu\text{g}/\text{ms}$], v ... rychlost větru, D ... délka úseku,
 f ... disperzní funkce, H ... efektivní emisní výška, σ ... standartní odchylna

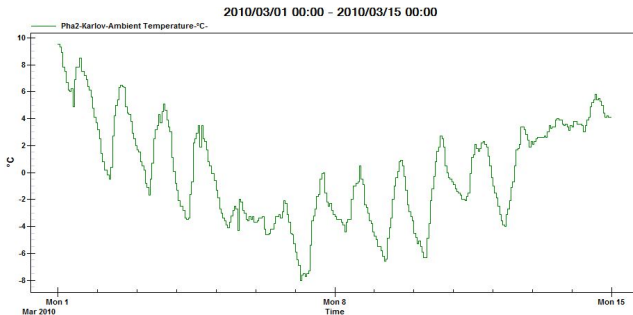
Bodové zdroje

- ▶ nespojité “obláčky“
- ▶ emise v časových intervalech v závislosti na meteorologických podmínkách
- ▶ šíření obláčku závisí na výšce zdroje, stabilitních podmínkách, výšce okolních budov, teplotě spalin . . .

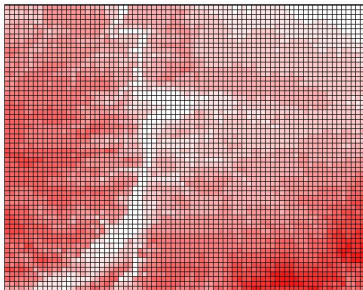
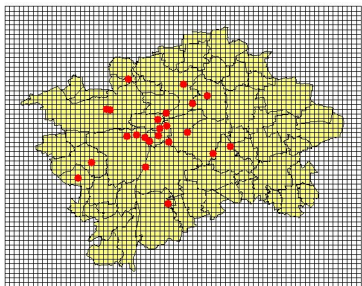


Vstupy: měření

- ▶ METEOROLOGIE
- ▶ databáze ČHMÚ
- ▶ teplota, teplotní gradient, vítr
- ▶ teplotní gradient dopočítán CALMETem
- ▶ IMISE
- ▶ databáze ISKO
- ▶ kontrola modelu
- ▶ okrajová podmínka

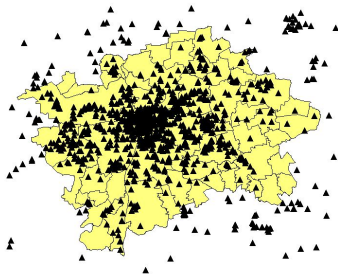
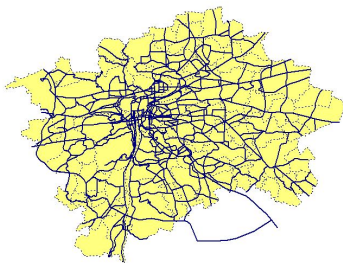


Vstupy: topografie, městské části ...

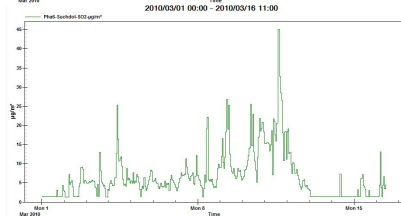
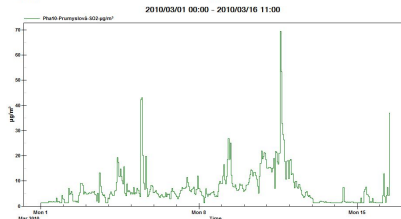
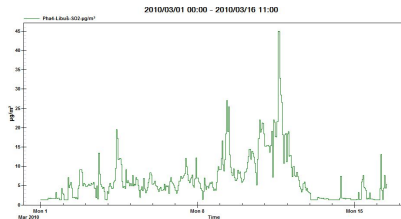
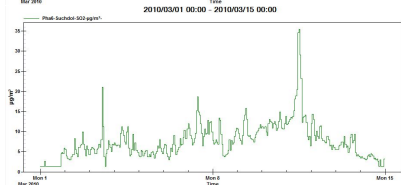
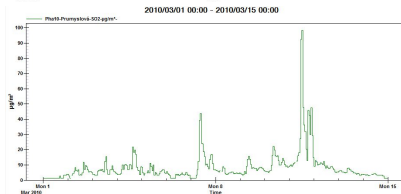
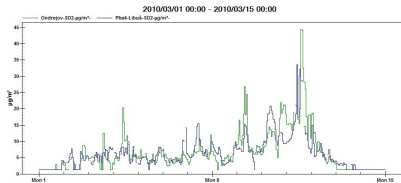


Vstupy: emise

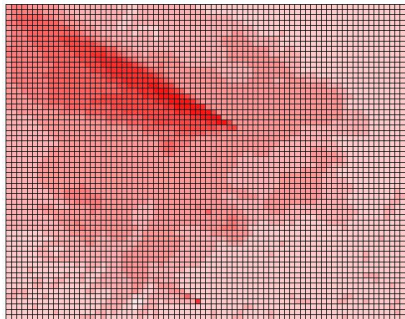
- ▶ LINIOVÉ ZDROJE
 - ▶ zdroj dat TSK
 - ▶ průměrný denní počet aut, rozdělení do kategorií
 - ▶ emisní faktory
- ▶ BODOVÉ ZDROJE
 - ▶ databáze REZZO 1,2
 - ▶ parametry komínů: výška, teplota a rychlost spalin, průměr



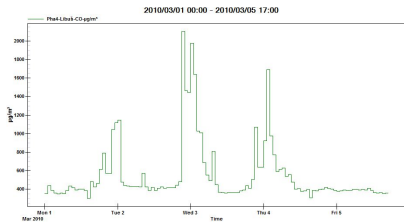
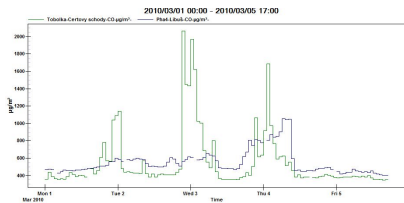
Výstupy: SO₂



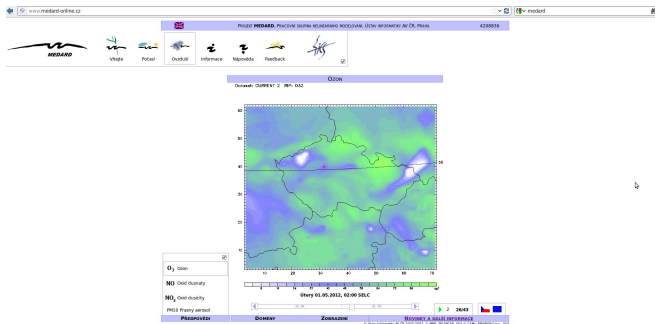
Výstupy: SO₂



Výstupy: CO



- ▶ chemický transportní model CAMx
- ▶ předpověď znečištění na příští den (O_3 , NO, NO_2 , PM10)



Zdroje informací — www.airqualitynow.eu

- ▶ srovnání evropských měst
- ▶ základní informace o znečištění ovzduší

The screenshot displays the homepage of the AIR QUALITY IN EUROPE website. The header features the logo and the text "AIR QUALITY IN EUROPE" with the European Union flag. A search bar is set to "Česky". Navigation tabs include "DOMŮ", "SROVNÁNÍ MĚST", "OVZDUŠÍ - ZÁKLADY", and "O NÁS".

The main content area is titled "Srovnání aktuální kvality ovzduší v různých evropských městech". It includes a list of features:

- Zobrazení kvality ovzduší v různých městech za poslední hodinu, včera a v posledním roce ve vybraných městech
- Získajte znalosti o znečistení ovzduší
- Pro místní orgány ochrany kvality ovzduší: přidejte vaše město na tento web

Below this is a section for "Mini-websites and apps" with icons for Android and iOS. At the bottom left, logos for "CITEAIR INTERREG IIC" and "INTERREG IVC" are visible.

The central map shows Europe with numerous colored squares indicating air quality levels. A legend at the bottom right of the map shows a color scale from red (very high) to green (very low). The text "velmi vysoká" is next to red and "velmi nízká" is next to green.

Additional information on the map includes: "Vyberte rejstřík k zobrazení" (with a dropdown menu showing "Doprava" and "Pozadí"), "Poslední aktualizace: 2012-05-01 14:00:00 GMT", and a "Forecast" section with tabs for "Včera", "Nyní", and "Forecast".

A disclaimer at the bottom reads: "Upozornění: Některé části tohoto webu mohou zůstat v angličtině, nepřeložené do češtiny."

At the bottom of the page, there are social media icons for Facebook and Twitter, and a footer with the text: "© copyright CITEAIR 2012 | rss feed | Přidejte se k nám | Kontakty | Sitemap | Copyright & Disclaimer".