

# Trojrozměrná vizualizace jevů na příkladu dopravního znečištění

Karel Jedlička, Západočeská univerzita v Plzni

Tomáš Andrš, RoadTwin s.r.o.

<https://bit.ly/3DhluK-Esri2023>



# Proč?

## Proč?

Prozkoumání možností GIS v oblasti vícedimenzionální syntetické vizualizace spojitého jevu vzniklého analytickým výpočtem.

- Příspěvek znečišťování ovzduší dopravou od různých druhů vozidel
- Časové variace znečišťování ovzduší dopravou

# Kde?

## Prešovský kraj

- zájem o digitální dvojče regionu
- výšková členitost regionu



# S čím?

## Topografické vrstvy

- OpenStreetMap → (land use, water bodies, water ways, buildings)
- DMR 3.5G SR



# S čím?

## Topografické vrstvy

- OpenStreetMap → (land use, water bodies, water ways, buildings)
- DMR 3.5G SR



# S čím?

## Dopravní data

- OpenStreetMap → OpenTransportMap

---

## Open Transport Map

Open Transport Map (OTM; [www.opentransportmap.info](http://www.opentransportmap.info)) allows routing and visualization of traffic volumes of the whole European Union. The underlying data come from OpenStreetMap and are accessible in a scheme compatible with INSPIRE Transport Network. Open Transport Map can serve as a map itself as well as a layer embedded in your map. OTM is accessible via both GUI and API...



# S čím?

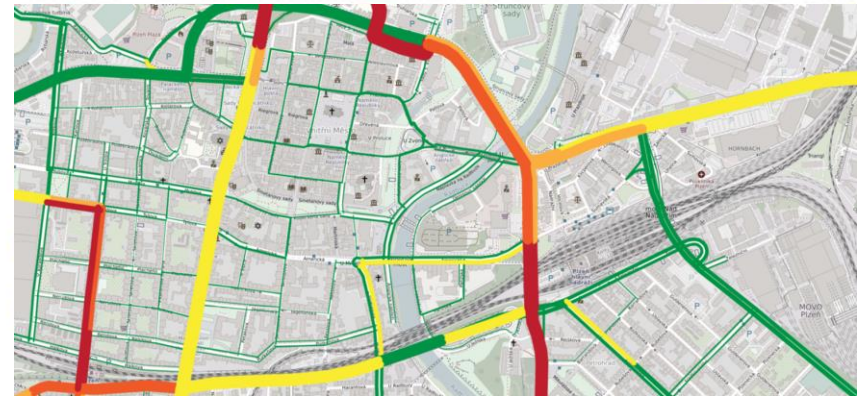
## Dopravní data

- OpenStreetMap → OpenTransportMap

---

## Open Transport Map

Open Transport Map (OTM; [www.opentransportmap.info](http://www.opentransportmap.info)) allows routing and visualization of traffic volumes of the whole European Union. The underlying data come from OpenStreetMap and are accessible in a scheme compatible with INSPIRE Transport Network. Open Transport Map can serve as a map itself as well as a layer embedded in your map. OTM is accessible via both GUI and API...

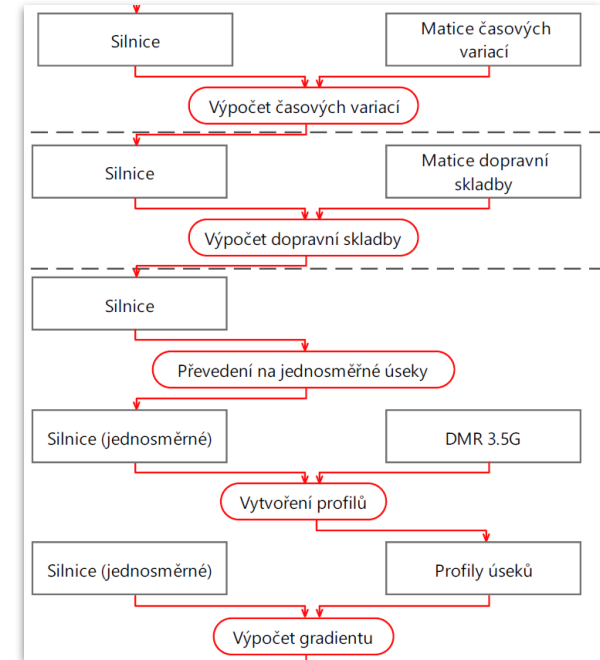




Jak?

# Dopravní znečištění

- Příprava dat
  - Výpočet
    - denních variací intenzity dopravy
    - dopravní skladby
    - výškové členitosti



# Dopravní znečištění

- Emise
  - výfukové
    - oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>), uhlovodík (HC), oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>), oxid uhelnatý (CO), prachové částice (PM)
  - výparové
  - abrazivní
- Disperze ~ šíření znečištění
  - makroskopické modely
  - mikroskopické modely



# Dopravní znečištění

- Emise
  - **výfukové**
    - **oxid uhličitý (CO2)**, uhlovodík (HC), oxidy dusíku (NOx), oxid uhelnatý (CO), prachové částice (PM)
  - výparové
  - abrazivní
  
- Disperze ~ šíření znečištění
  - **makroskopické modely**
  - mikroskopické modely

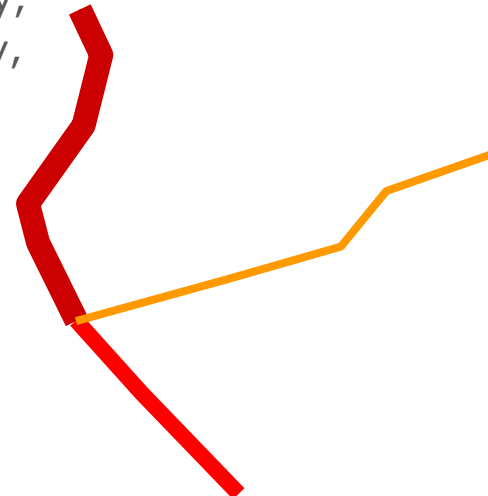


## Dopravní znečištění

- Emise

$$E_{sum} = \sum \left( g \cdot 3,2 \cdot \frac{e_j}{100} + e_j \right) \cdot i_j \cdot L_{up} + e_j \cdot i_j \cdot L_{down} ,$$

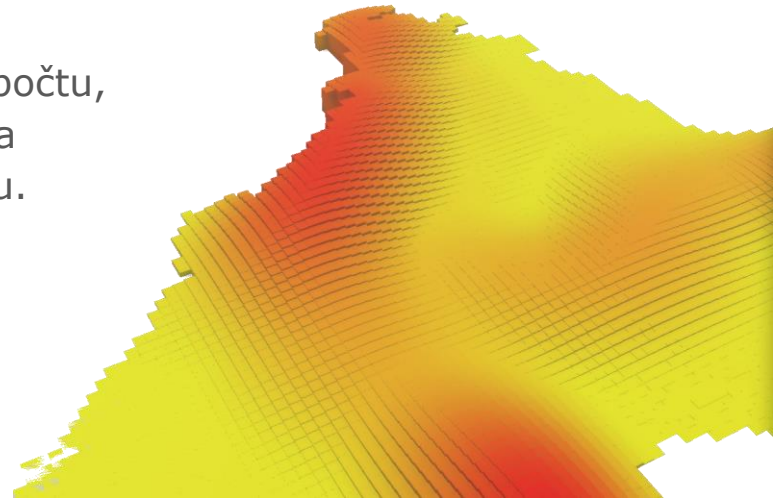
- $j$  - skupina vozidel, tedy osobní automobily, lehké a těžké nákladní, vozy a autobusy,
- $g$  - gradient stoupání úseku
- $e$  - množství emisí CO2 [kg/km]
- $i$  - dopravní intenzita
- $L_{up}$  - délka úseku ve směru do kopce
- $L_{down}$  - délka úseku ve směru z kopce nebo po rovině
- konst. 3,2 - nárůst emisí v závislosti na gradientu



## Dopravní znečištění

- Disperze  
$$hustota = \frac{1}{(polomer)^2} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{3}{\pi} \cdot pop_i \left( 1 - \left( \frac{vzdal_i}{polomer} \right)^2 \right)^2 \right],$$

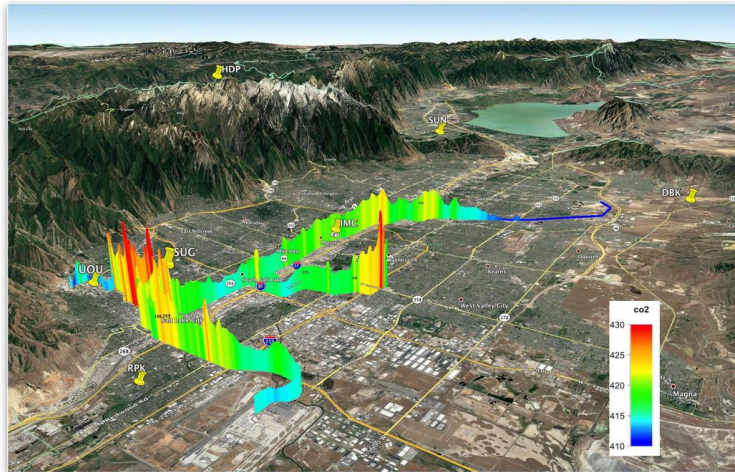
- $i=1...n$  - vstupní body,
- $pop_i$  - pole hodnot, které vstupuje do výpočtu,
- $vzdal_i$  - vzdálenost mezi vstupním bodem a souřadnicemi (x,y) v místě výpočtu.



Pomůže nám další dimenze pro  
interpretaci výstupů?

## Případy užití

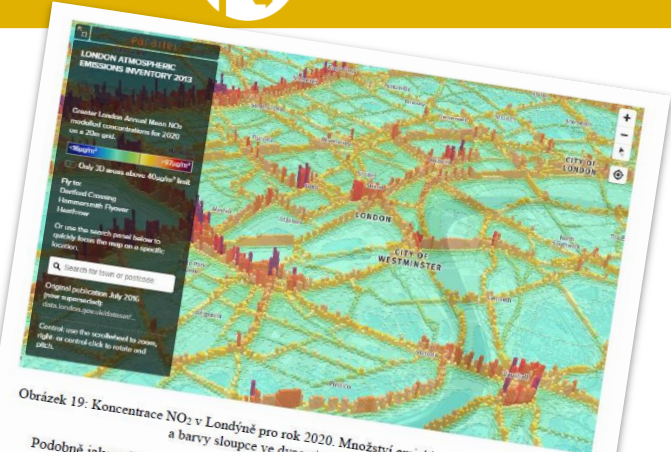
- Příspěvek emisí a jejich disperze od různých druhů vozidel najednou
- Časové variace emisí a jejich disperze





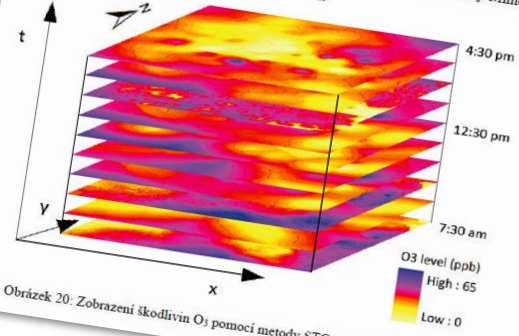
# Vizualizační techniky

- Emise
  - 2D liniový stuhový kartogram
  - 3D liniový stuhový kartogram
  - Časová osa
  - Časoprostorová krychle
 } různé druhy vozidel  
 } časové variace
- Disperze
  - Hodnota jevu výškou
  - Časová osa
  - Časoprostorová krychle
 } agregované hodnoty  
 } časové variace
- Spojená vizualizace } agregované emise a disperze



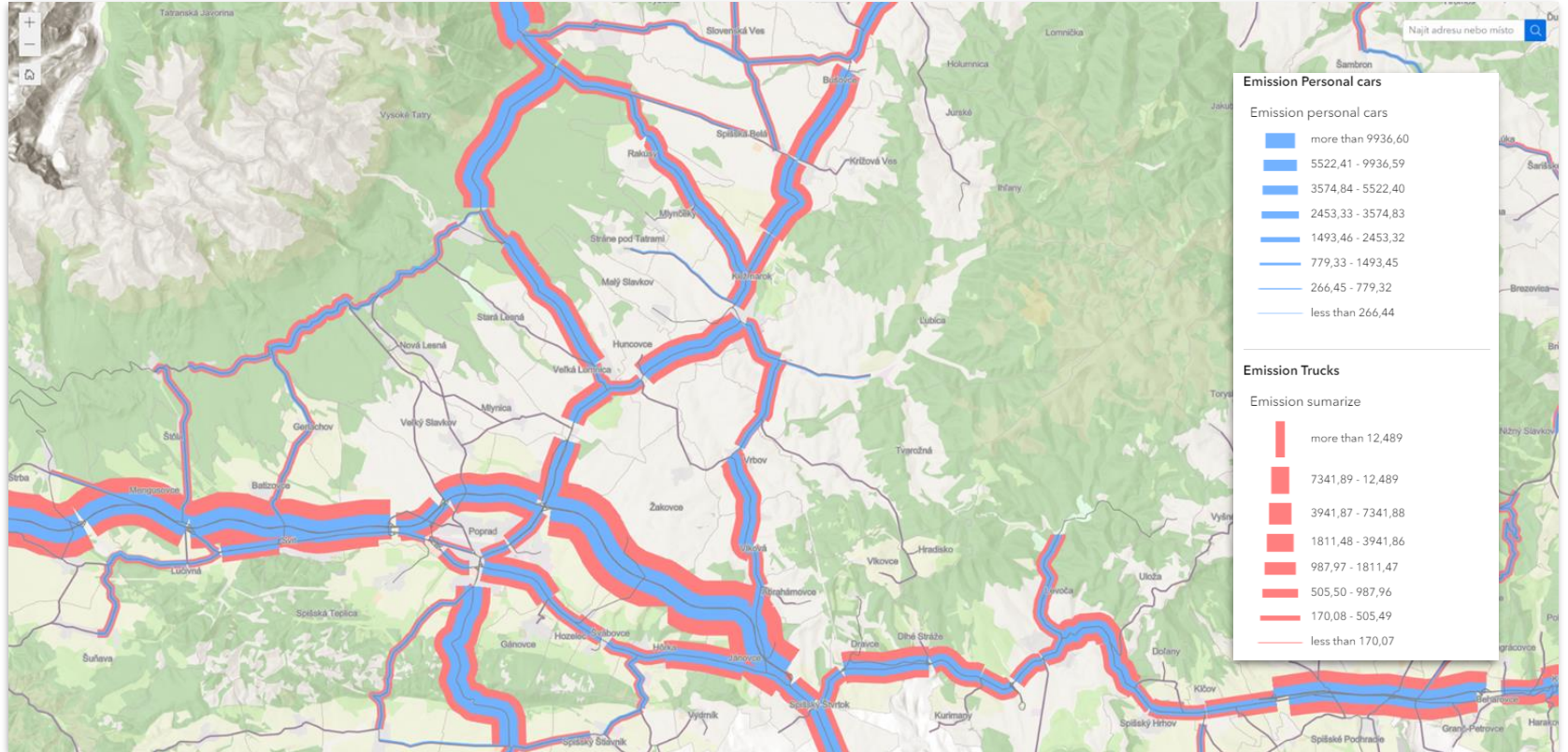
Obrázek 19. Koncentrace NO<sub>2</sub> v Londýně pro rok 2020. Množství emisí je vyjádřeno pomocí výšky a barvy sloupce ve dvacetimetrové mříži [46].

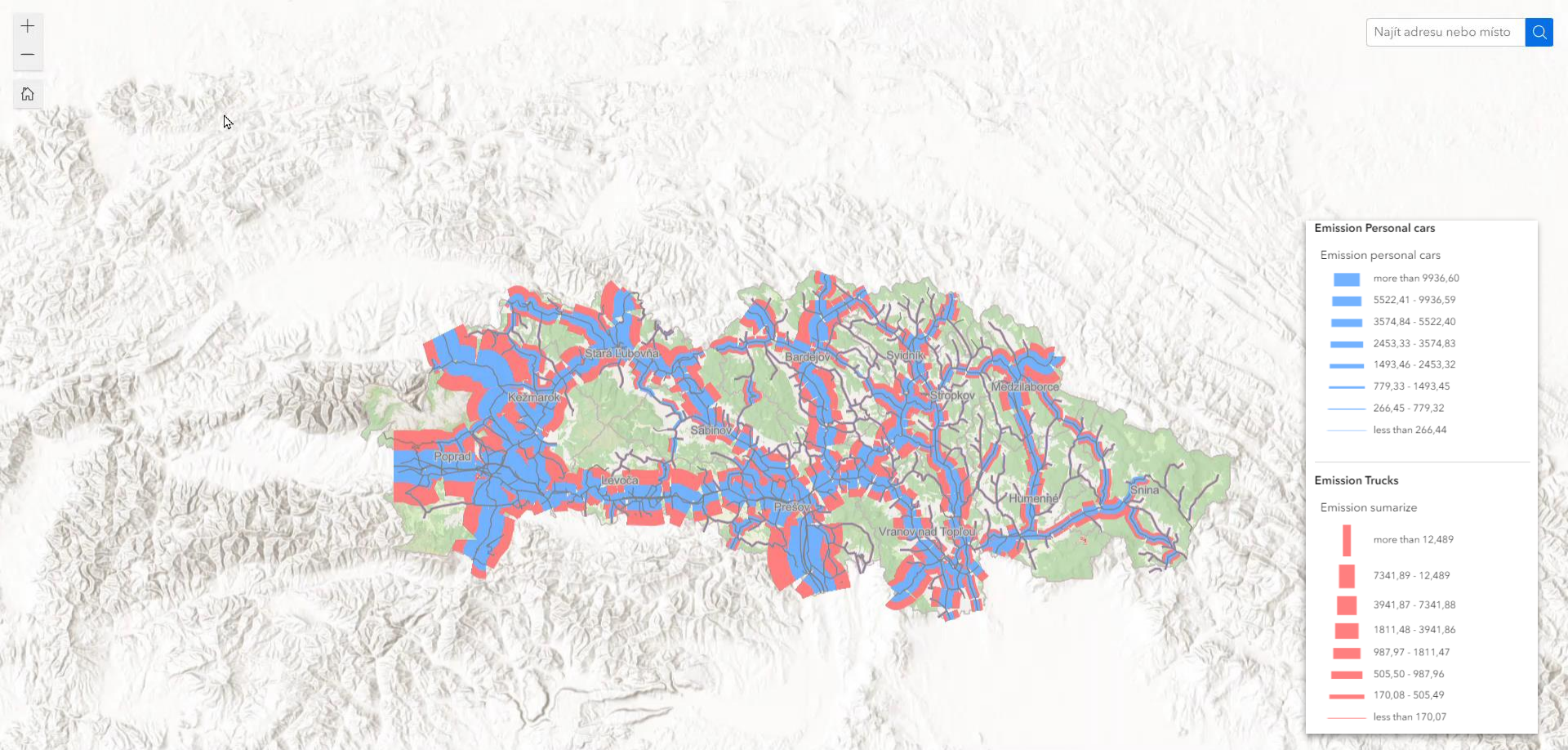
Podobně jako u liniových prvků je i pro šíření emisí možné využít metodu STC a využít tak třetí rozměr pro zobrazení časových variací jevu. Tato metoda byla využita v článku *Constructing a Near Real-time Space-time Cube to Depict Urban Ambient Air Pollution Scenario* pro zobrazení úrovně O<sub>3</sub> škodlivin [47]. V článku jsou pro vizualizaci jednotlivých časových vrstev využity rastry (viz obrázek 20). Jako časové vrstvy je ale možné uvažovat i jiné druhy dat (např. body, 2,5D Grid síť atd.). Různé způsoby využití STC jsou uvedeny v práci [48]. Mimo jiné jsou zde zmíněny i některé nedostatky jednotlivých metod.



Obrázek 20. Zobrazení škodlivin O<sub>3</sub> pomocí metody STC pro oblast Hav...

# Emise různých druhů vozidel





**Emission Personal cars**

Emission personal cars

- more than 9936,60
- 5522,41 - 9936,59
- 3574,84 - 5522,40
- 2453,33 - 3574,83
- 1493,46 - 2453,32
- 779,33 - 1493,45
- 266,45 - 779,32
- less than 266,44

**Emission Trucks**

Emission summarize

- more than 12,489
- 7341,89 - 12,489
- 3941,87 - 7341,88
- 1811,48 - 3941,86
- 987,97 - 1811,47
- 505,50 - 987,96
- 170,08 - 505,49
- less than 170,07

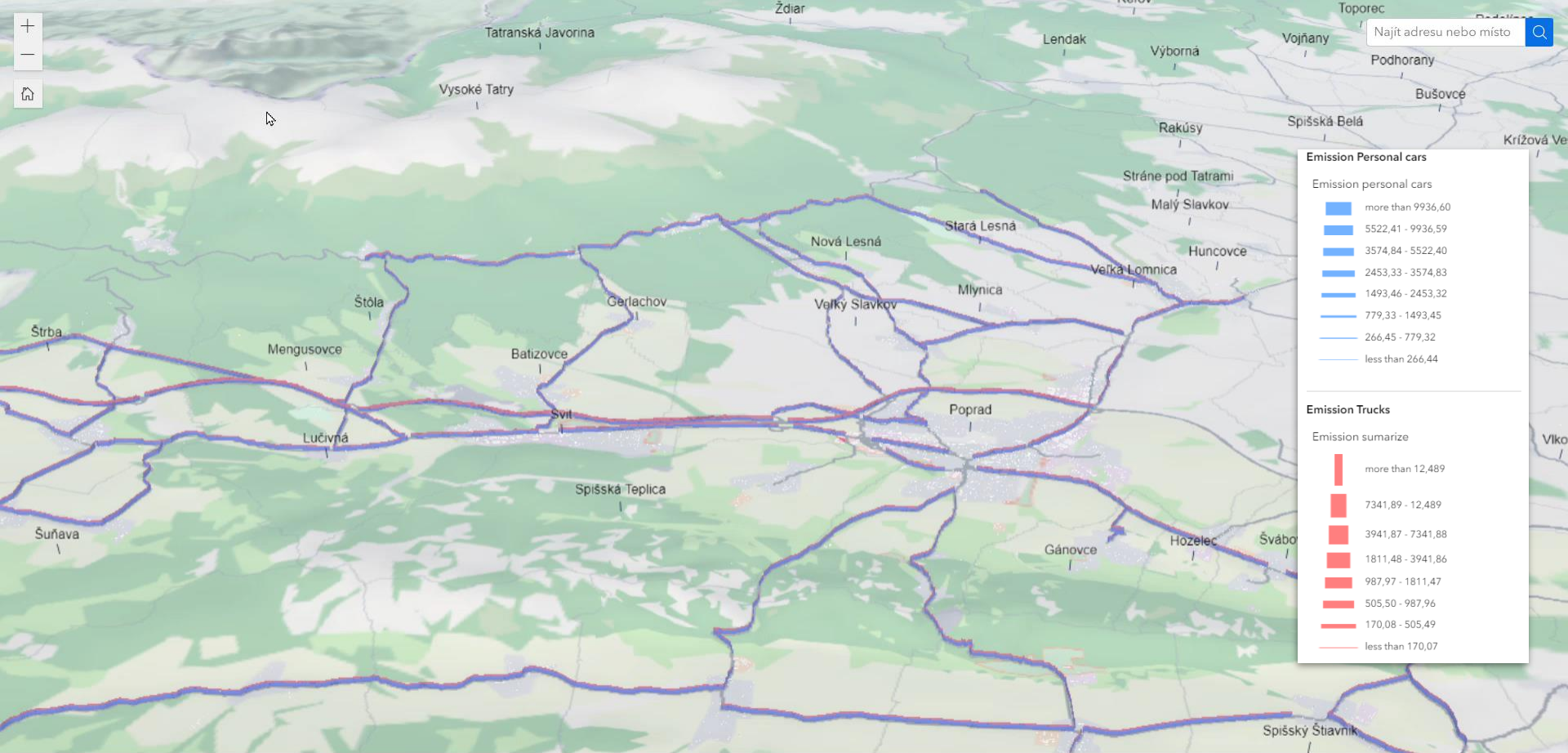
**Prešovský kraj - Culmulative Line Diagram 2D**

Please zoom in for better view



# Emise různých druhů vozidel

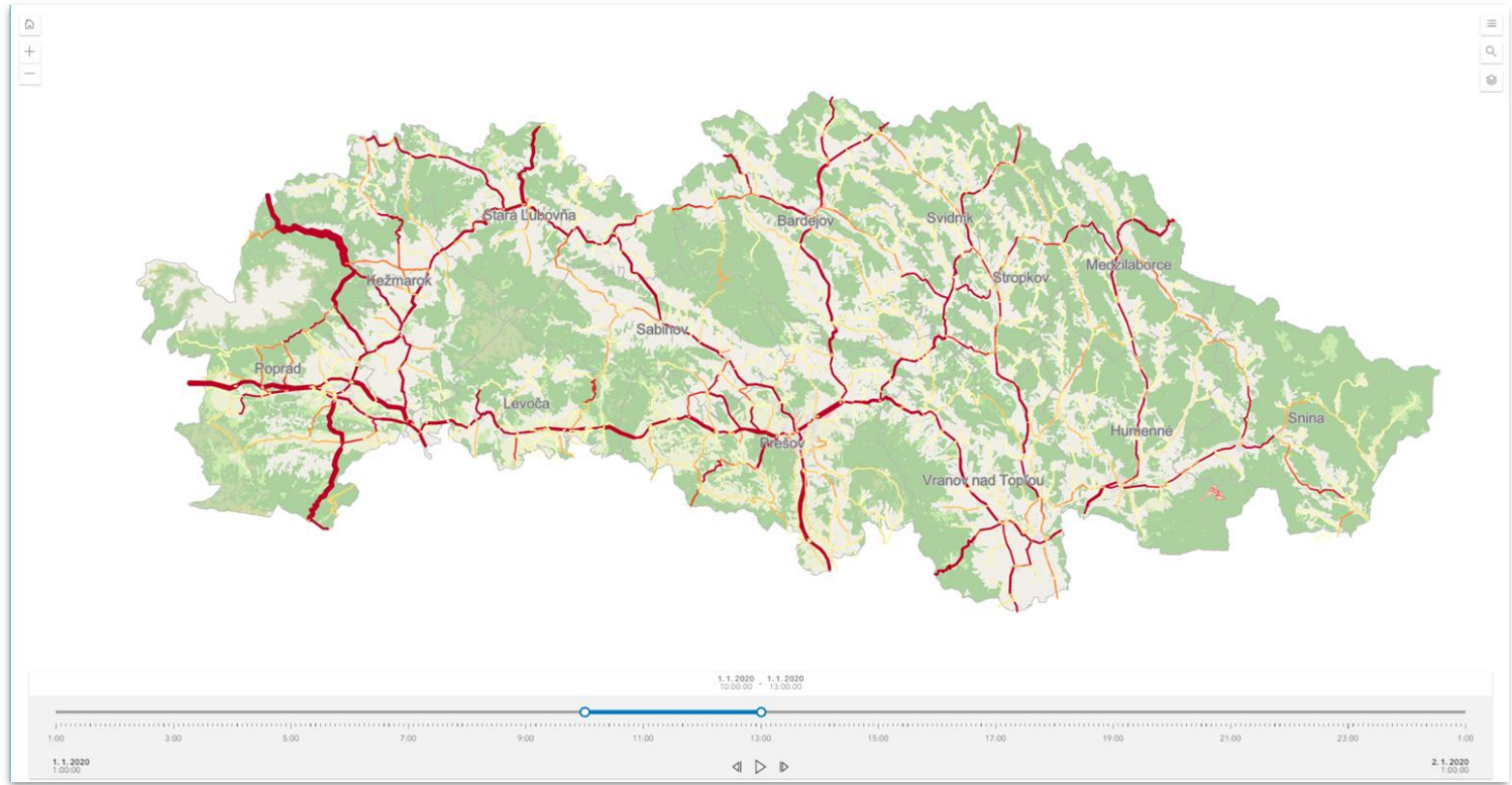




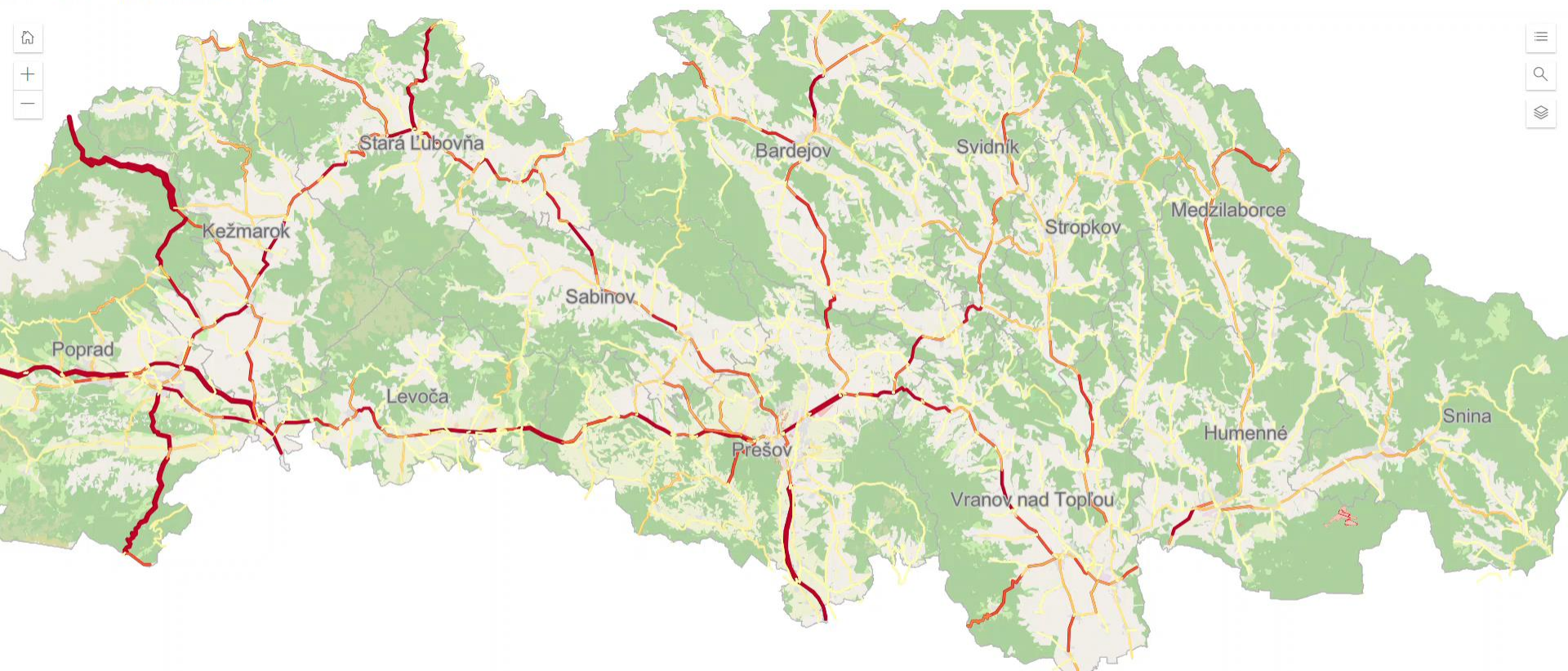
Prešovský kraj - Structural Line Diagram 3D



# Časová variace emisí



# Prešovský kraj - Emission Timeline



1. 1. 2020 22:00:00 - 2. 1. 2020 1:00:00

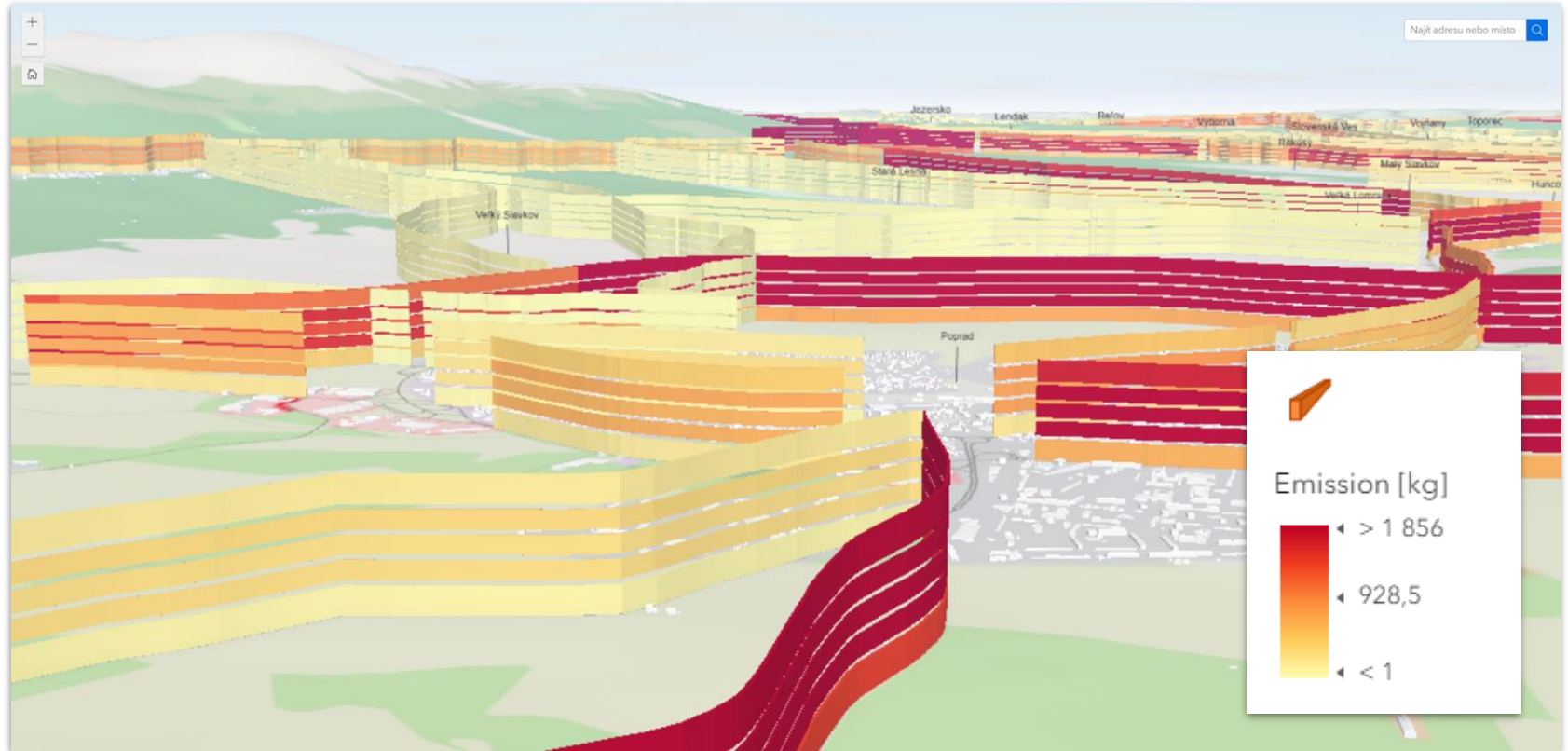


1. 1. 2020  
1:00:00

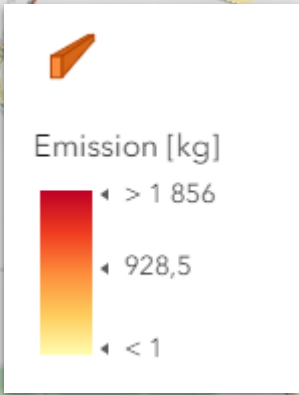
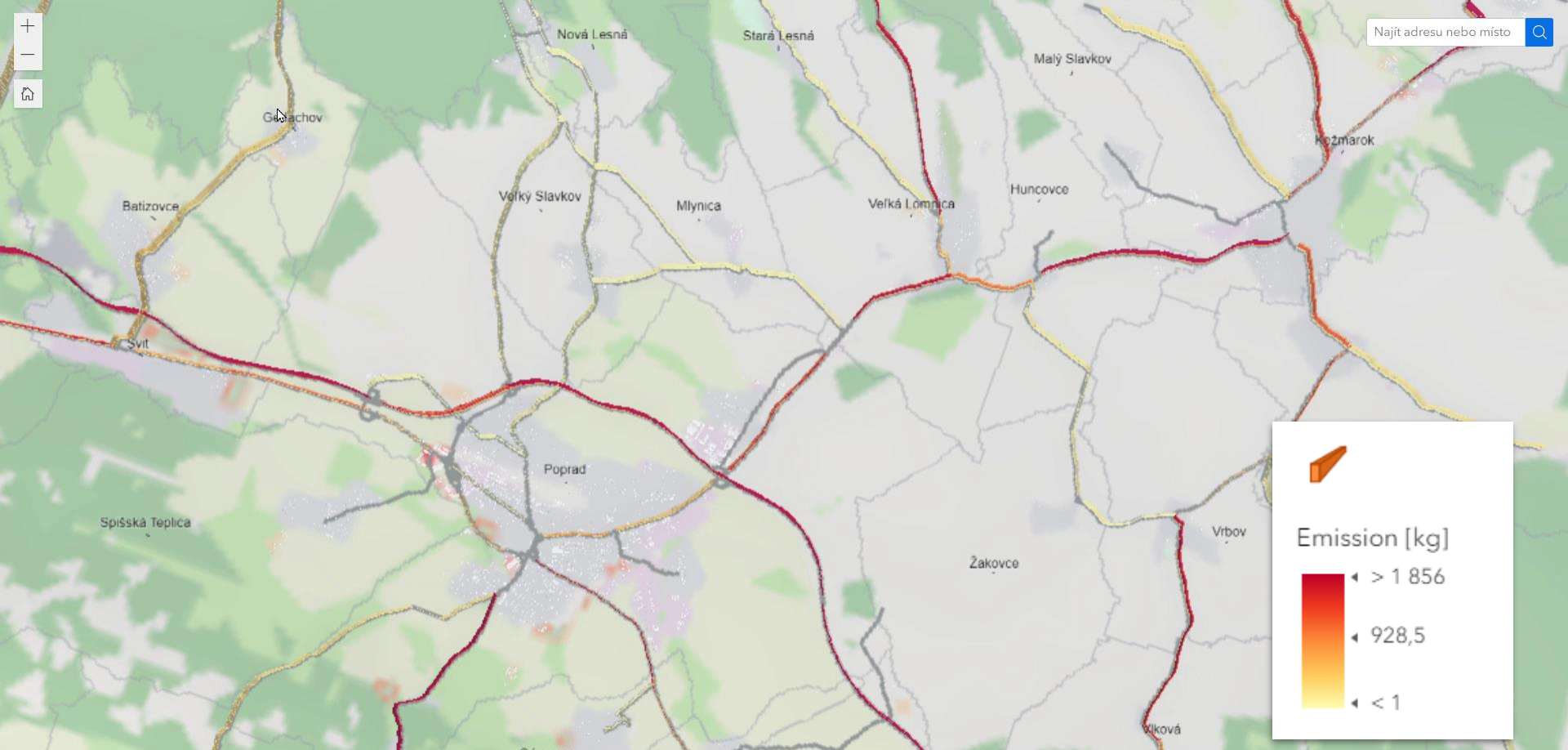


2. 1. 2020  
1:00:00

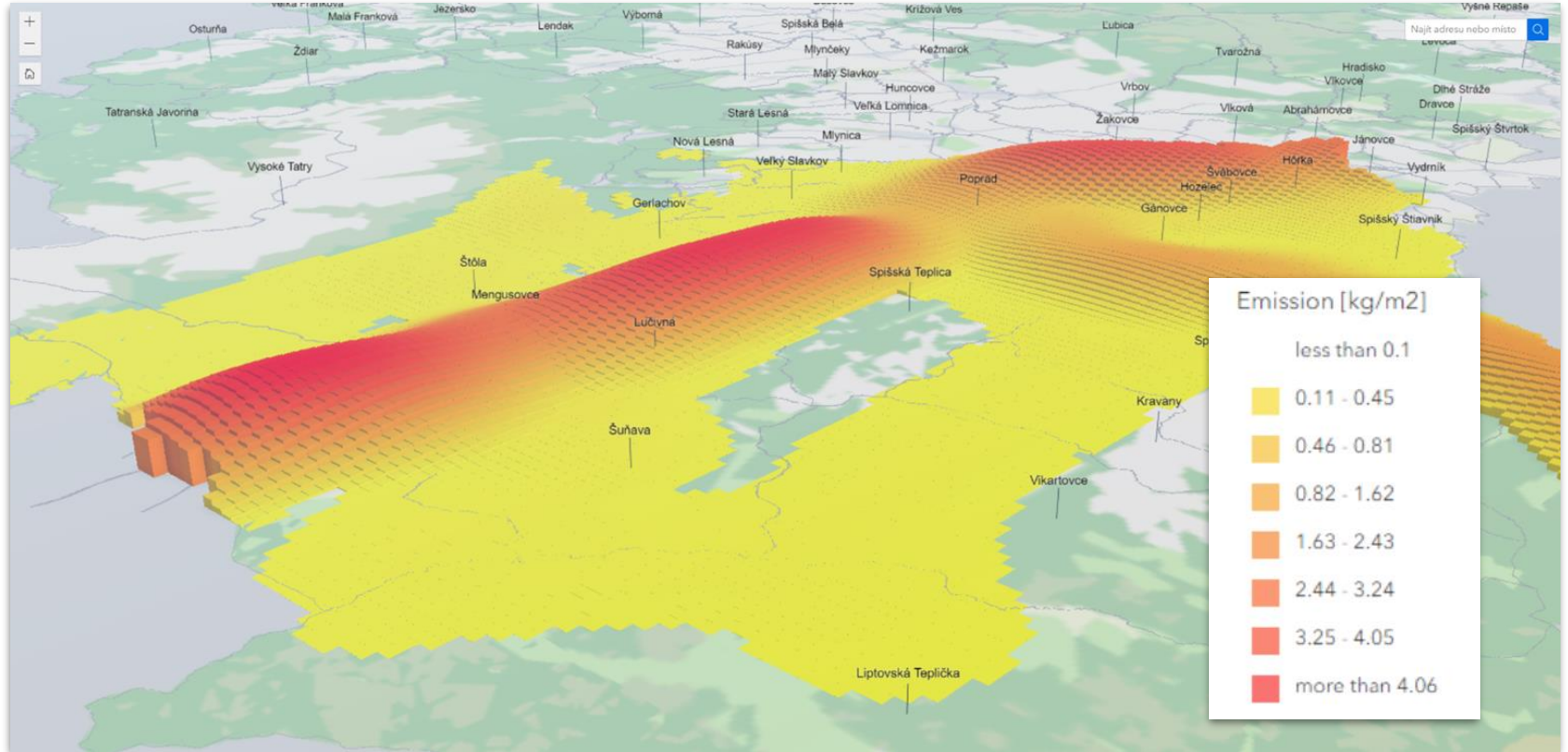
# Časová variace emisí

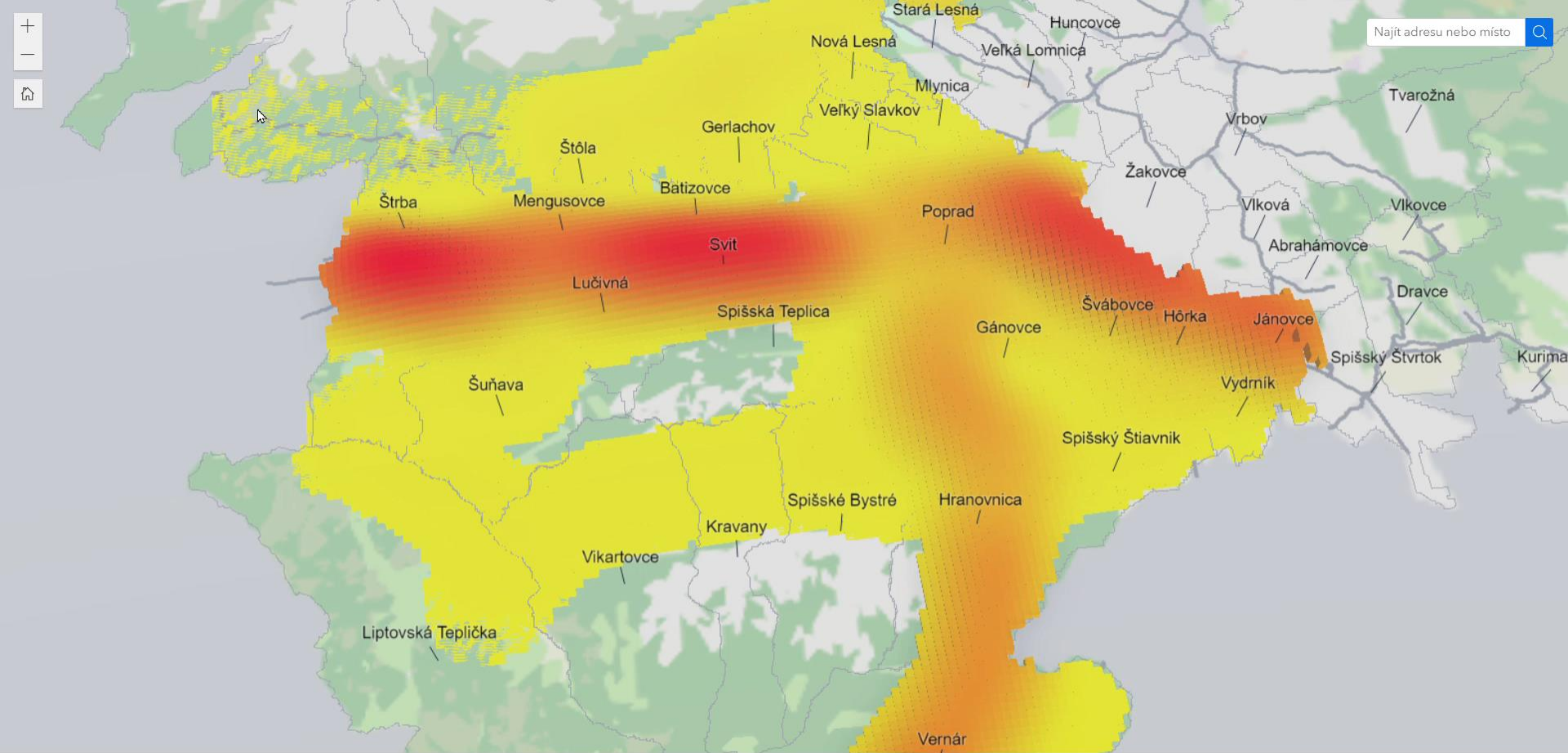






# Agregovaná disperze znečištění dopravou

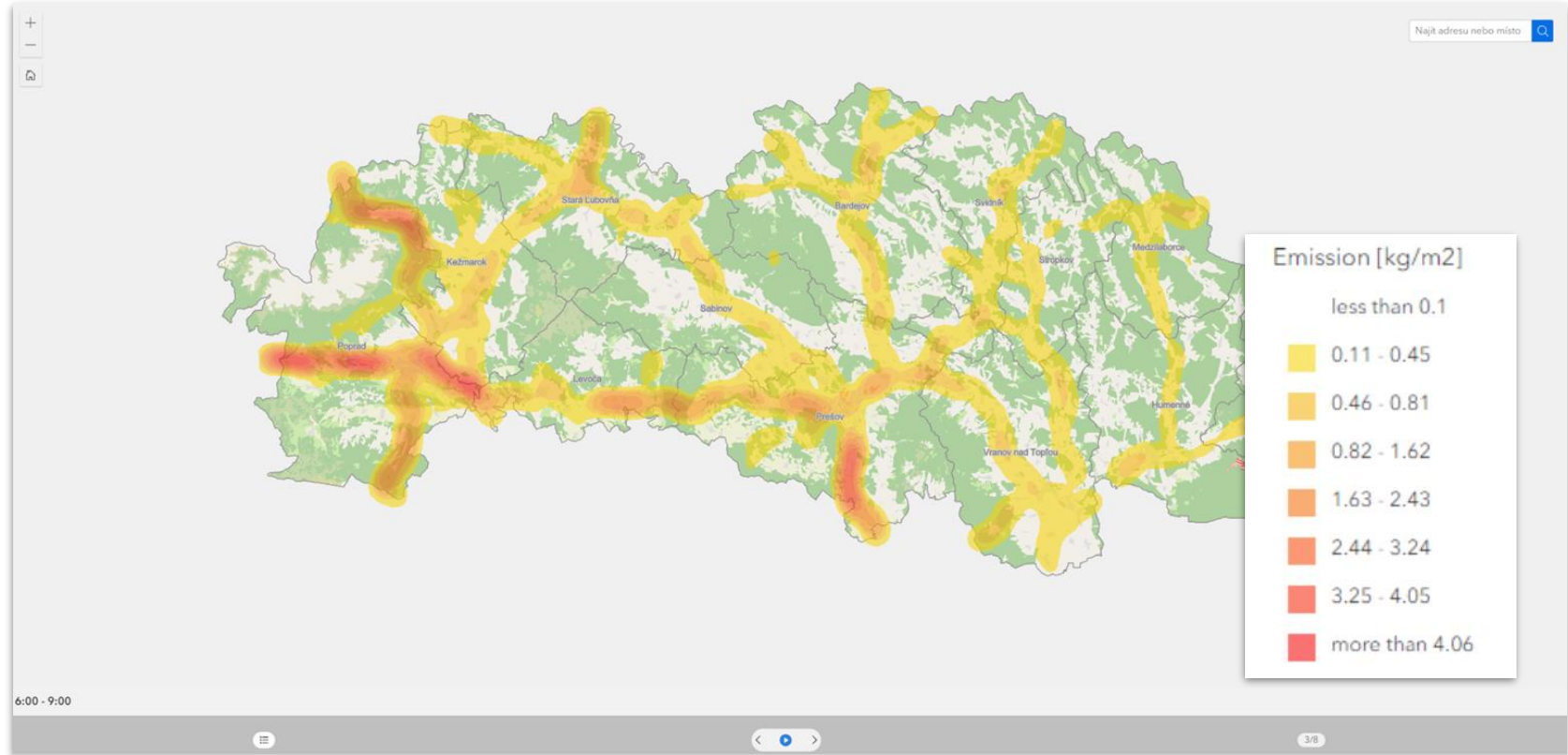


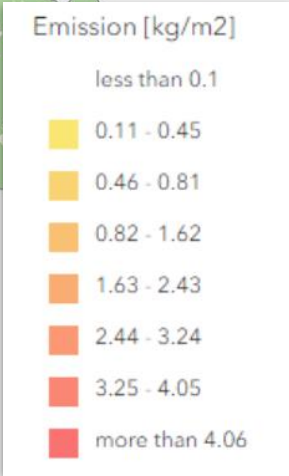
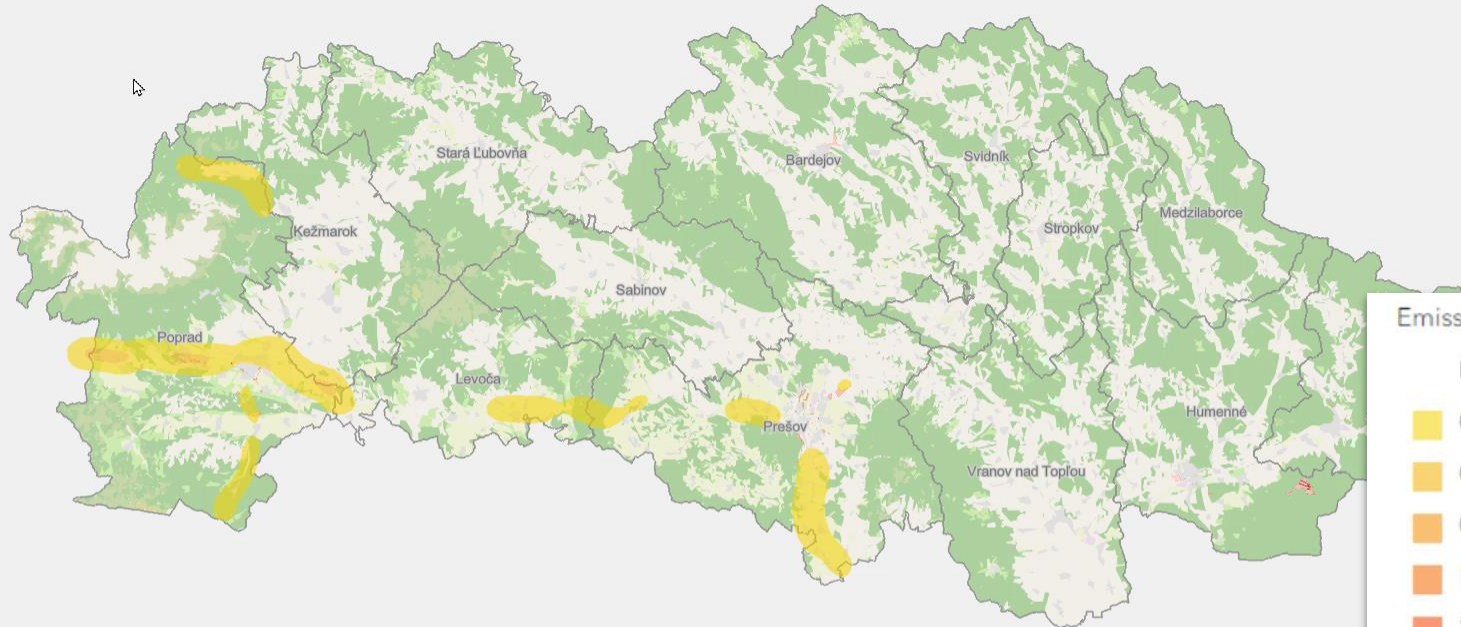
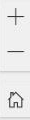


## Prešovský kraj - GRID - Dispersion



# Časová variace disperze znečištění dopravou





0:00 - 3:00

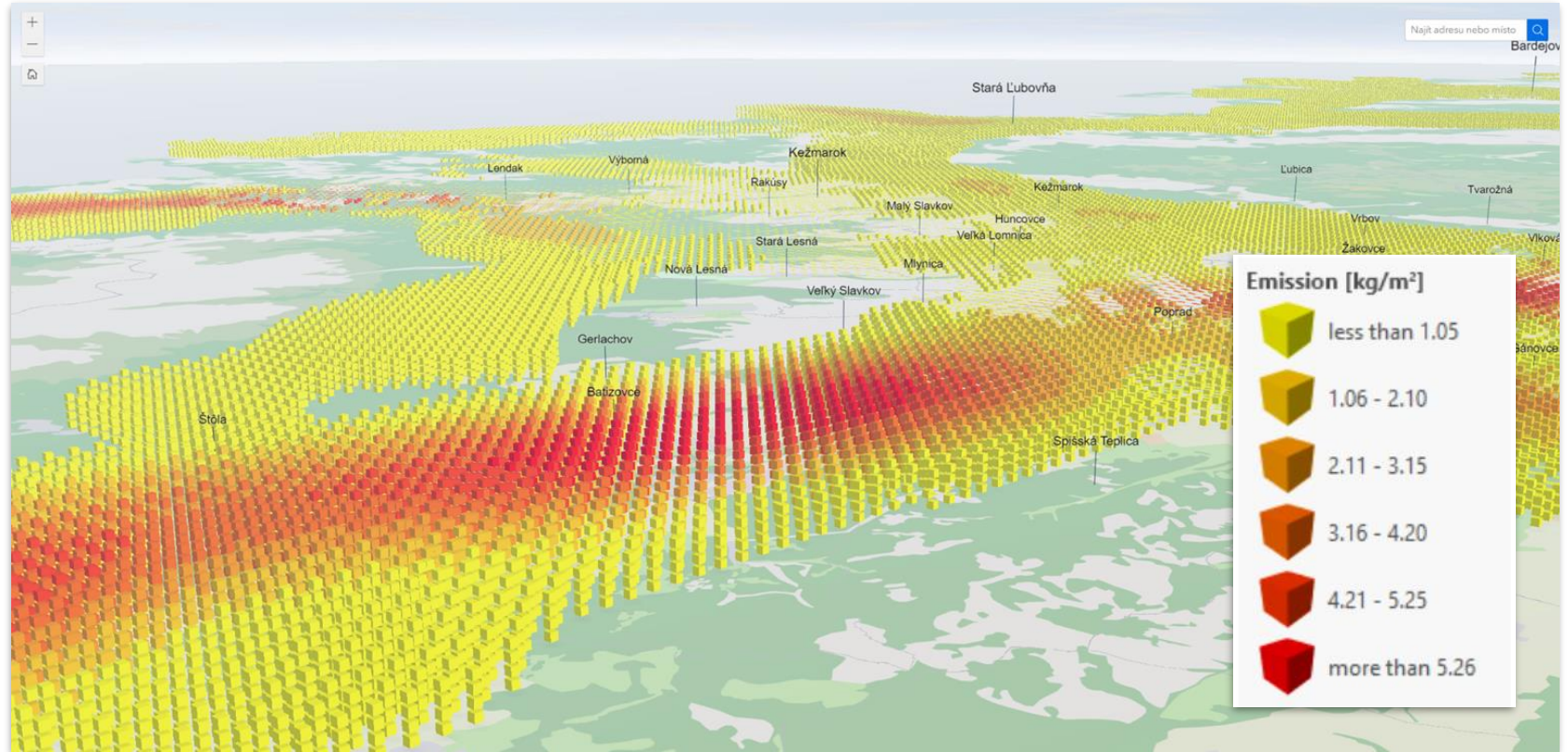


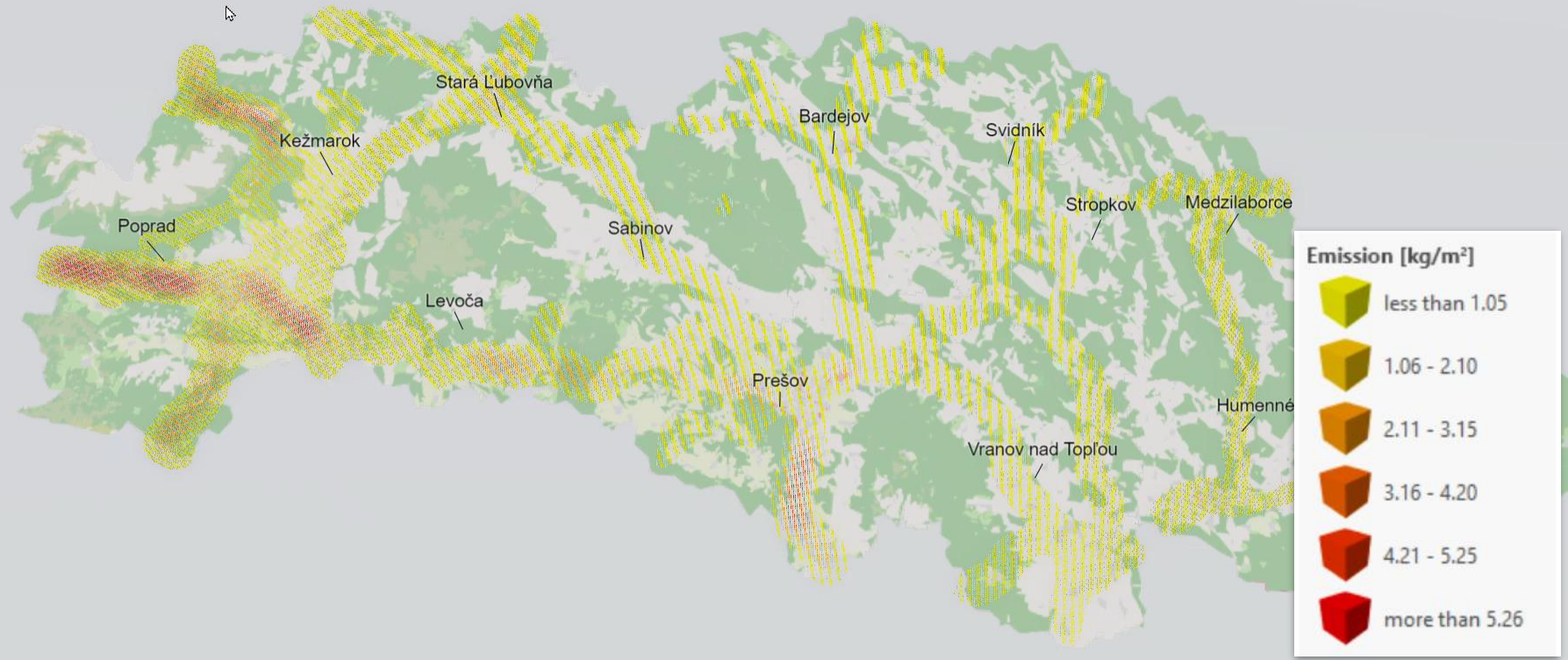
1/8

# Presovský kraj - Dispersion Time

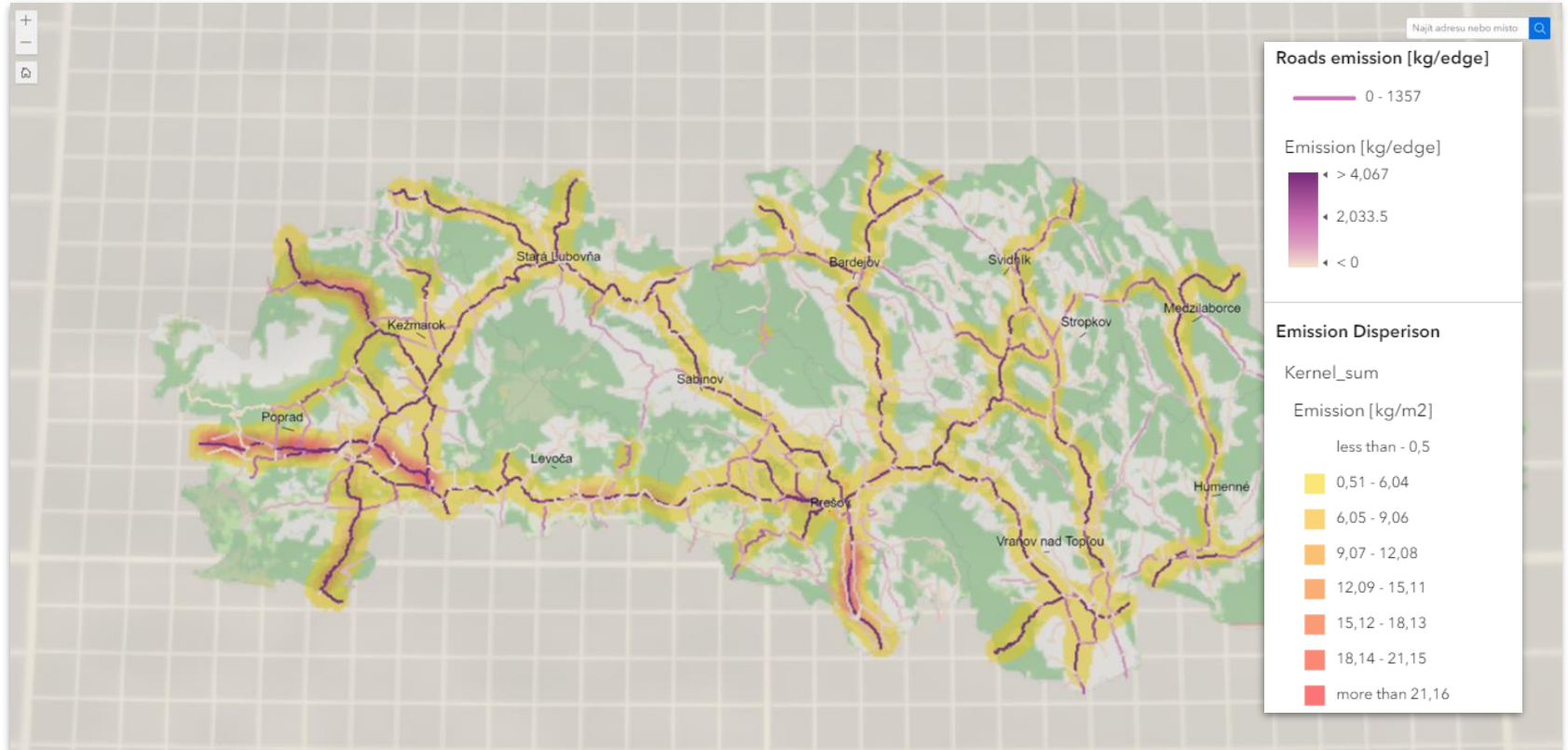


# Časová variace disperze znečištění dopravou





# Celkové emise a jejich disperze







### Roads emission [kg/edge]

0 - 1357

### Emission [kg/edge]

< 4,067

< 2,033.5

< 0

### Emission Disperison

Kernel\_sum

Emission [kg/m2]

less than - 0,5

0,51 - 6,04

6,05 - 9,06

9,07 - 12,08

12,09 - 15,11

15,12 - 18,13

18,14 - 21,15

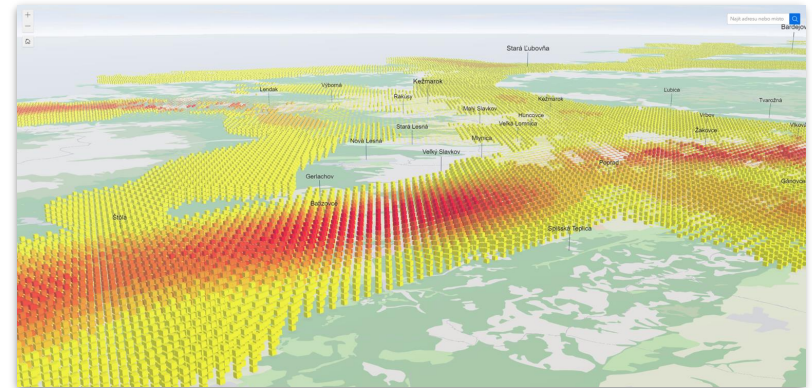
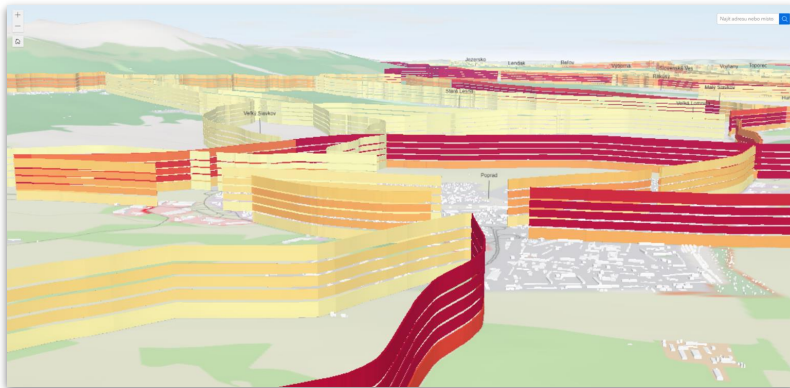
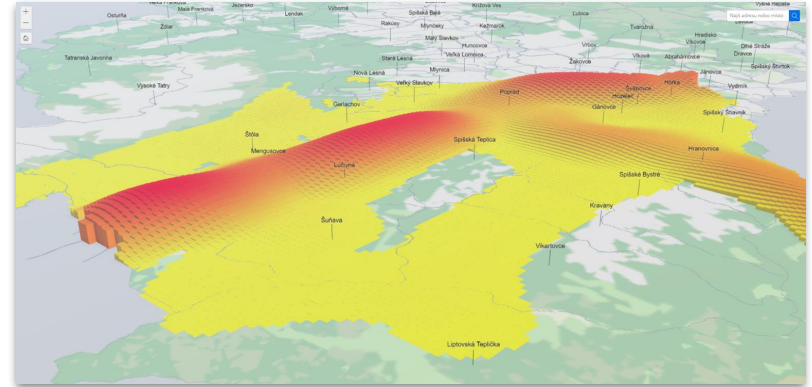
more than 21,16

## Prešovský kraj - Emission

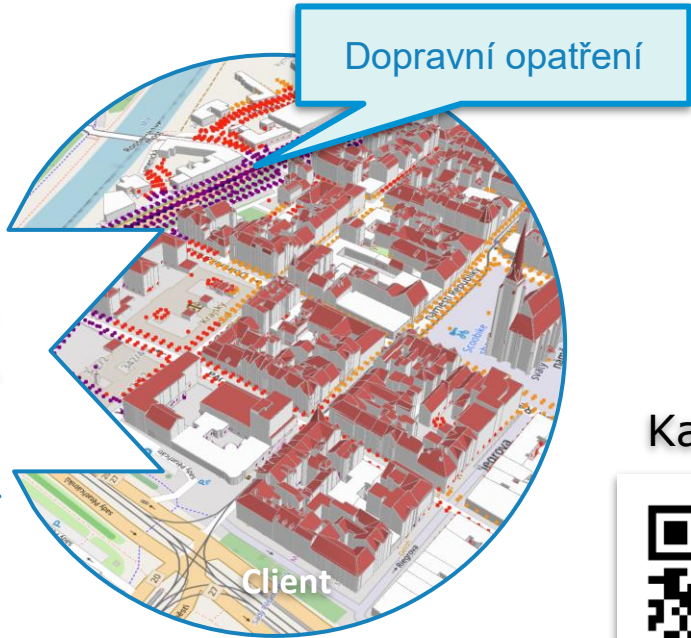
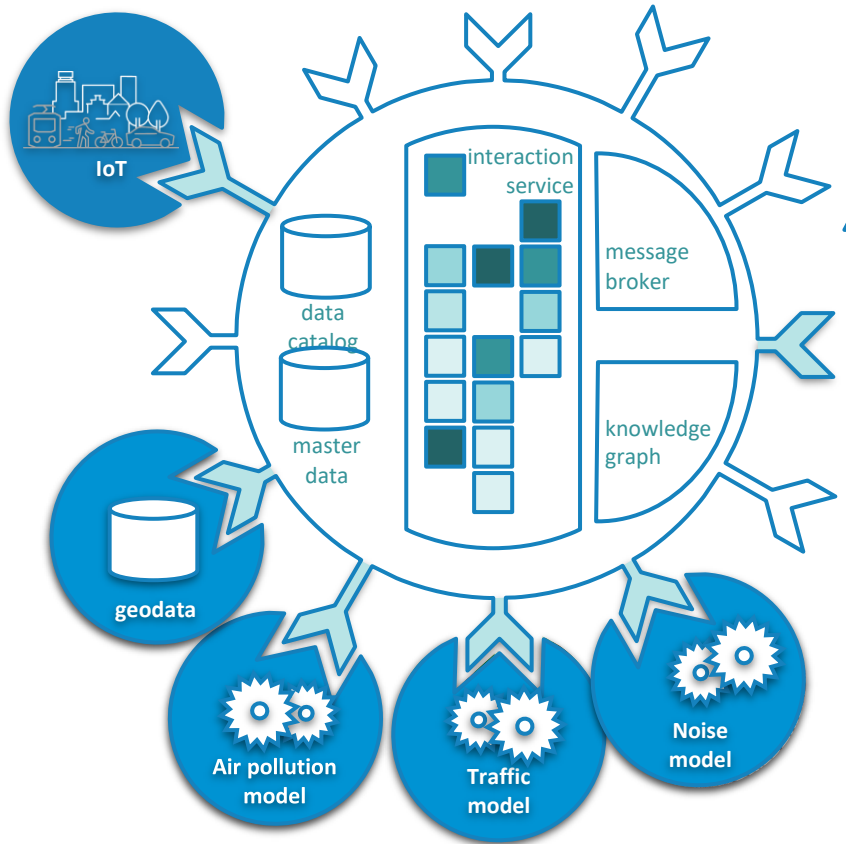


# Nad čím přemýšlet?

# Používejme 3D tam, kde má přidanou hodnotu



# Dynamická data vyžadují dynamická řešení



Karel Jedlička



[jedlicka.krl@gmail.com](mailto:jedlicka.krl@gmail.com)