



# **Trvaloudržitelná mobilita na Slovensku: Emisie tuhých častíc z dopravy**

Kaare Press-Kristensen

Senior advisor: Air quality & climate

Consultant for CEPTA

[karp@env.dtu.dk](mailto:karp@env.dtu.dk)

# Zopár slov o mne ... som živnostník

- Už takmer 20 rokov vyučujem na Technical University of Denmark dva predmety o znečistení ovzdušia v inžinierskom stupni štúdia.
- Pracujem ako poradca pre Green Transition Denmark, so zameraním sa na znečistenie ovzdušia a klimatické zmeny.
- Pracujem najmä na medzinárodných projektoch – väčšinou v rámci EÚ, ale aj v Mexiku, Grónsku, Afrike a pod.
- Na úrovni OSN, EÚ, národnej úrovni.... a dokonca ... aj na lokálnej úrovni.
- Inžinierska činnosť (napr. meranie znečistenia ovzdušia), ekonomické analýzy a komunikácia v oblasti kvality ovzdušia.

## Alebo prostredníctvom fotografií ...



# Dopady na zdravie na Slovensku

- Znečistenie ovzdušia spôsobuje významnú chorobnosť a každoročne približne 5 000-7 500 predčasných úmrtí na Slovensku, t.j. 9-14 % zo všetkých úmrtí.
- Znečistenie ovzdušia stojí Slovensko každoročne 5 000-7 500 miliónov USD, t.j. 3-4,5 % HDP, čím je veľkou ekonomickou záťažou pre krajinu a jej obyvateľov.
- Znečistenie ovzdušia je jedným z hlavných zdravotných rizikových faktorov pre slovenskú populáciu.
- Limitné hodnoty EÚ pre kvalitu ovzdušia nechránia verejné zdravie.

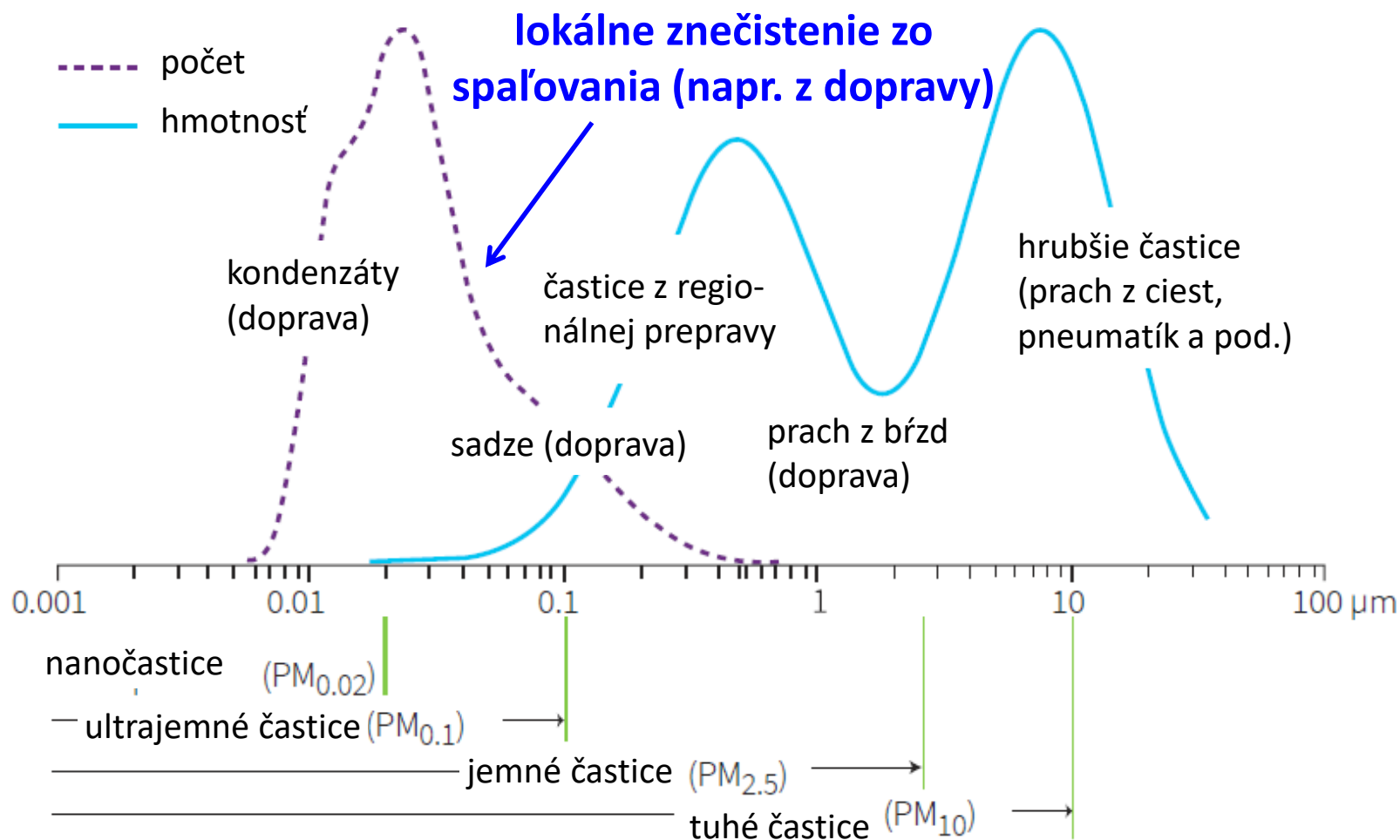
# Tuhé častice v ovzduší

|                                         | Priemer v mikrometroch | Jednotky              |
|-----------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Tuhé častice (PM <sub>10</sub> )        | < 10                   | µg/m <sup>3</sup>     |
| Hrubšie častice (PM <sub>2.5-10</sub> ) | 2.5 - 10               | µg/m <sup>3</sup>     |
| Jemné častice (PM <sub>2.5</sub> )      | < 2.5                  | µg/m <sup>3</sup>     |
| Ultrajemné častice (PM <sub>0.1</sub> ) | < 0.1                  | počet/cm <sup>3</sup> |
| Nanočastice (PM <sub>0.02</sub> )       | < 0.02                 | počet/cm <sup>3</sup> |

Hrubšie/jemné častice prevažujú hmotnosťou častíc.

Ultrajemné/nanočastice prevažujú počtom častíc.

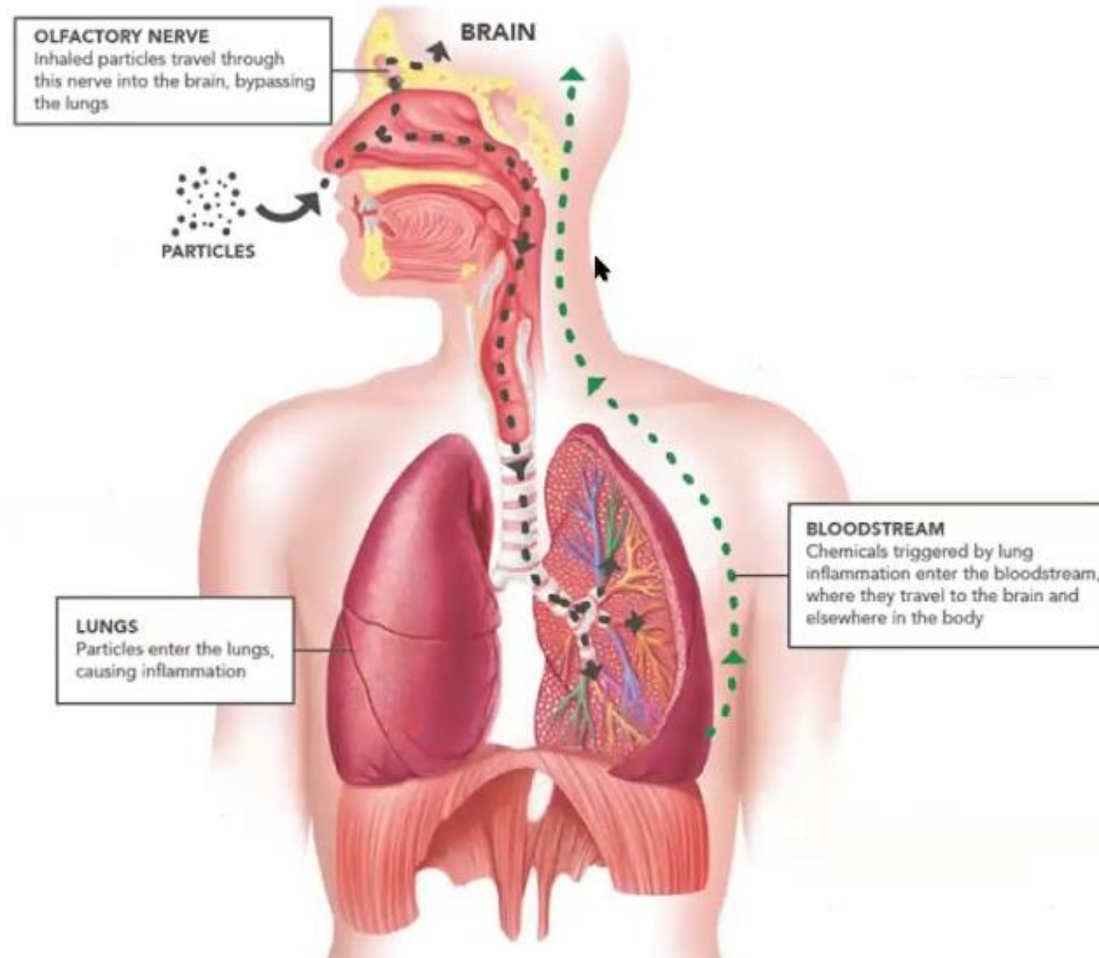
# Distribúcia tuhých častíc podľa veľkosti



# Ultrajemné častice

- Vznikajú pri lokálnom spaľovaní.
- Majú vysoký obsah toxických sadzí. Ich obrovský povrch je pokrytý PAU a ťažkými kovmi.
- Hromadia sa v najjemnejších častiach pľúc a prechádzajú do krvi.
- Sú nebezpečným toxickým kokteilom. Ich veľkosť im umožňuje preniknúť do najcitlivejších častí ľudského organizmu.

# Príjem ultrajemných častíc z ovzdušia



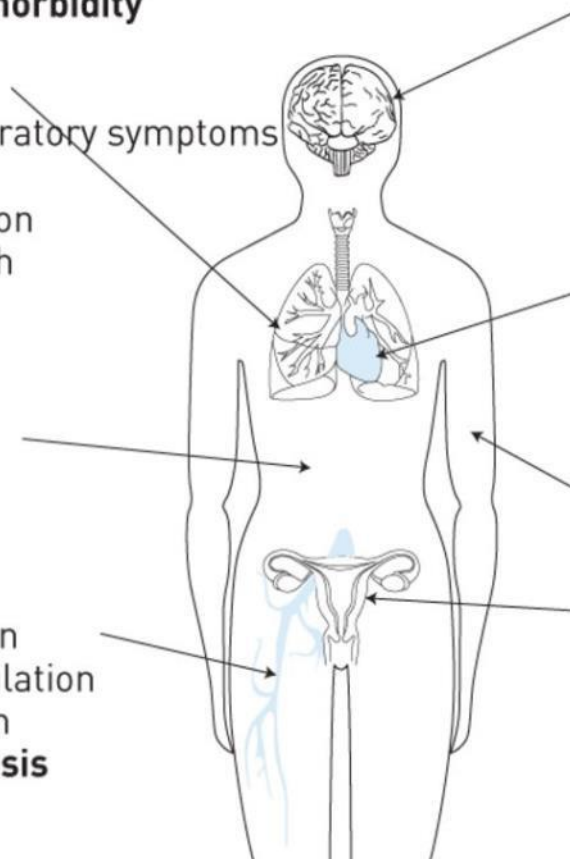
# Rovnaký vplyv ako fajčenie tabaku

**Respiratory disease mortality**  
**Respiratory disease morbidity**  
**Lung cancer**  
**Pneumonia**

Upper and lower respiratory symptoms  
 Airway inflammation  
 Decreased lung function  
 Decreased lung growth

Insulin resistance  
**Type 2 diabetes**  
**Type 1 diabetes**  
 Bone metabolism

**High blood pressure**  
 Endothelial dysfunction  
 Increased blood coagulation  
 Systemic inflammation  
**Deep venous thrombosis**



**Stroke**

Neurological development  
 Mental health

**Neurodegenerative diseases**

**Cardiovascular disease mortality**

**Cardiovascular disease morbidity**

**Myocardial infarction**

**Arrhythmia**

**Congestive heart failure**

Changes in heart rate variability  
 ST-segment depression

Skin ageing

**Premature birth**

**Decreased birthweight**

Decreased fetal growth  
 Intrauterine growth retardation  
 Decreased sperm quality  
 Pre-eclampsia

# Agregované ultrajemné častice



# Merania ultrajemných častíc v ovzduší

- Existuje veľa zariadení pre meranie ultrajemných častíc – alebo len “počtu častíc” v závislosti na intervale veľkosti.
- Používame P-Trak (interval veľkosti častíc 20-1 000 nm), aby sme sa vyhli najmenším časticiam a zarátali sadze.
- P-Track od TSI je veľmi stabilný pri 0-45°C a vlhkosti 20-90 %, ľahko sa ovláda a dá sa prenášať ako ručná batožina.
- Je lacný: 7 000 € + 1 500 € ročne (kalibrácia a pod.).



# Podstatné rozdiely na Slovensku



# Podstatné rozdiely na Slovensku



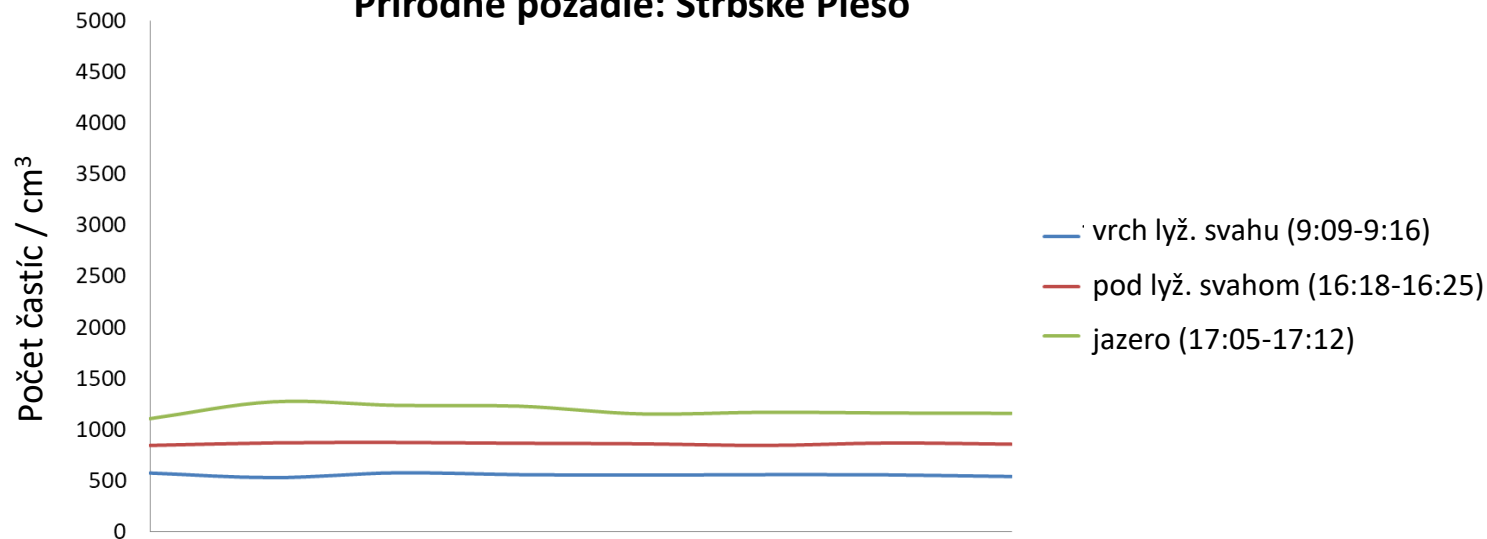
# Merania znečistenia z dopravy

- 1) Prírodné pozadie na horách v 03/2020.
- 2) Mestské pozadie v parkoch v 09/2022.
- 3) Pozdĺž rušných ciest a križovatiek v 09/2022.
- 4) Vo vnútri auta v 09/2022.

Všetky merania sú založené na sekundovom meraní (60 meraní za minútu), ale v grafoch sú použité minútové priemery, aby bol menší objem dát (čo zníži aj píky z kolísavých zdrojov znečistenia).

# Prírodné pozadie v 03/2020

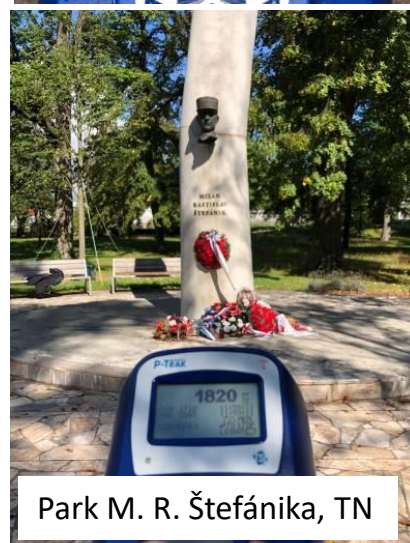
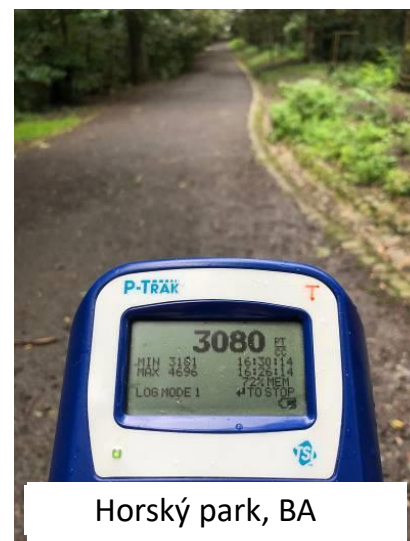
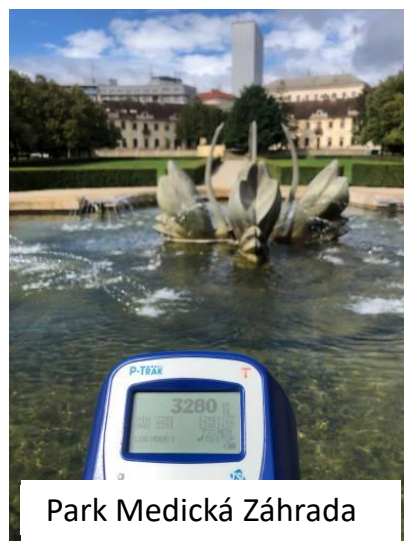
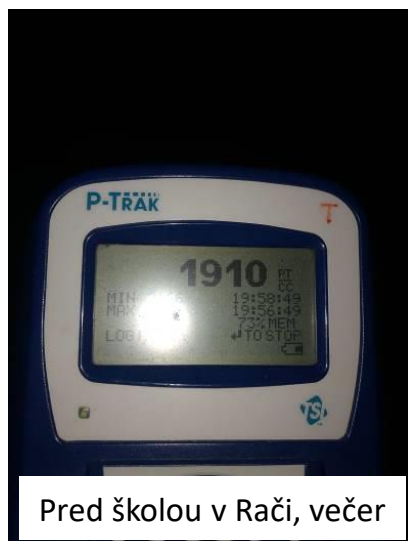
Prírodné pozadie: Štrbské Pleso



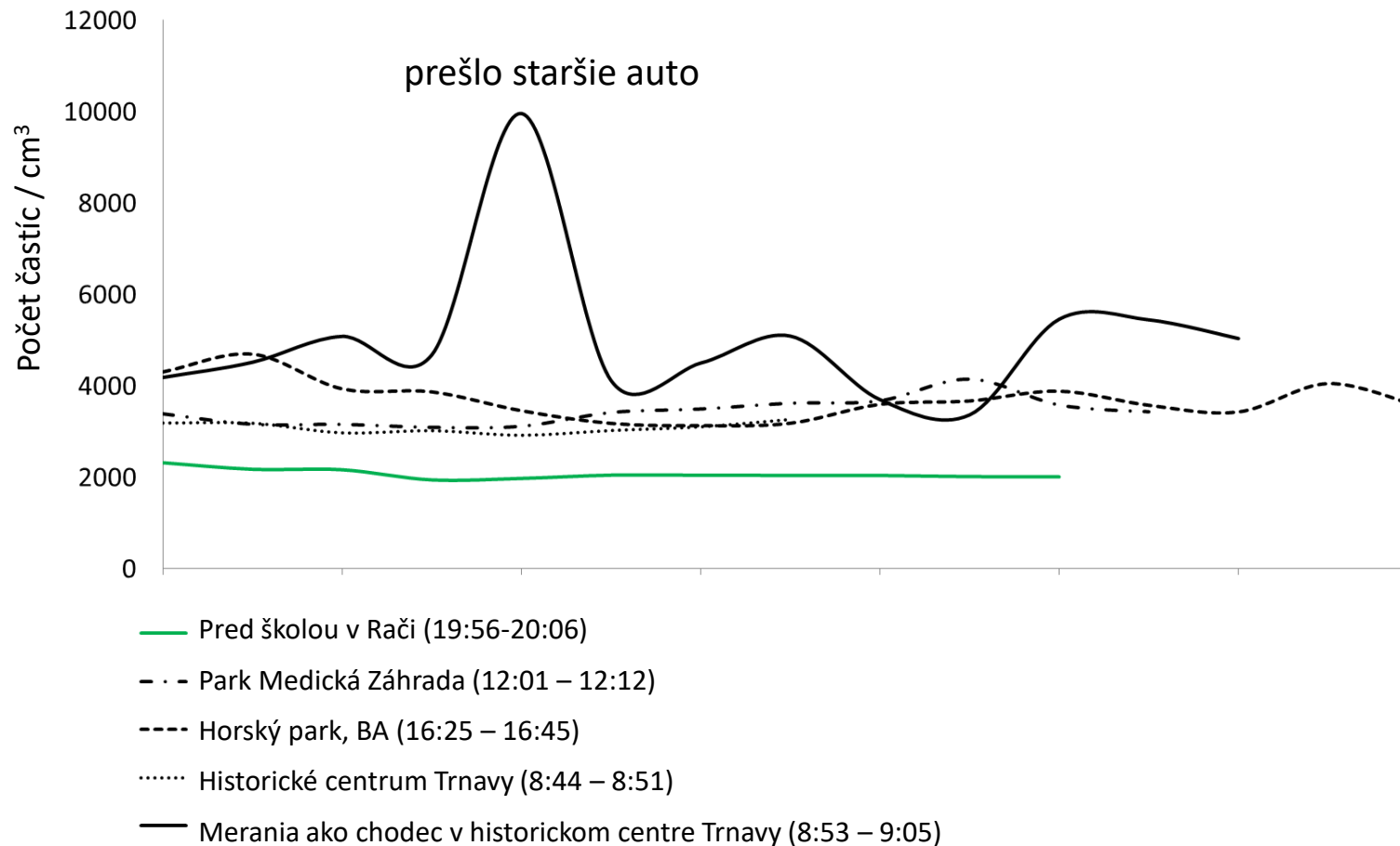
- Veľmi stabilné koncentrácie.



# Mestské pozadie 09/2022



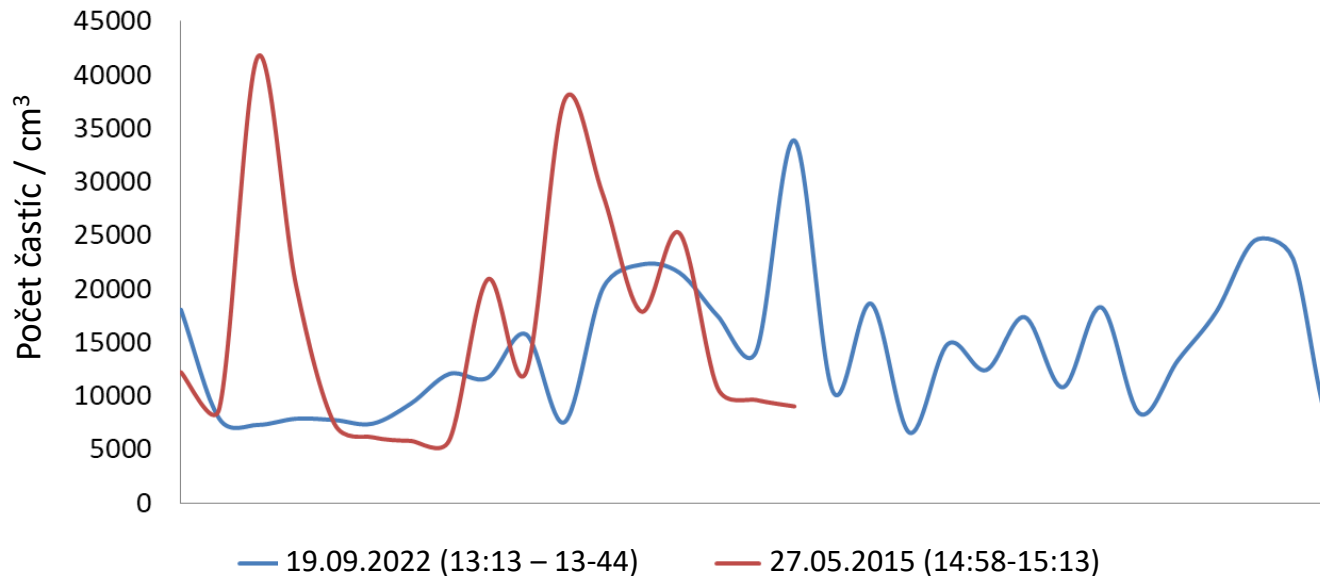
# Mestské pozadie v 09/2022



- Pomerne stabilné koncentrácie.

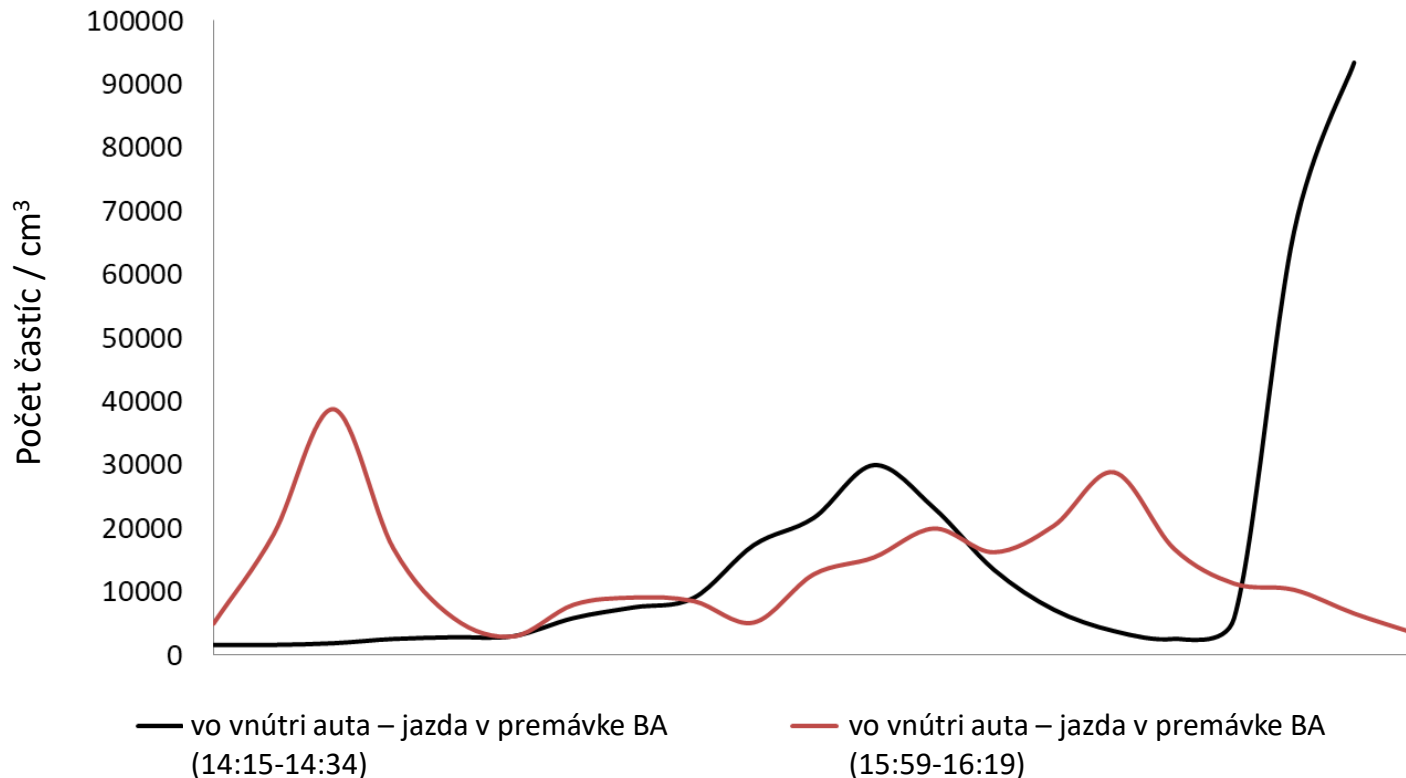
# Veľká križovatka v Bratislave

Trnavské Mýto, pri automatickej monitorovacej stanici, 2022 a 2015



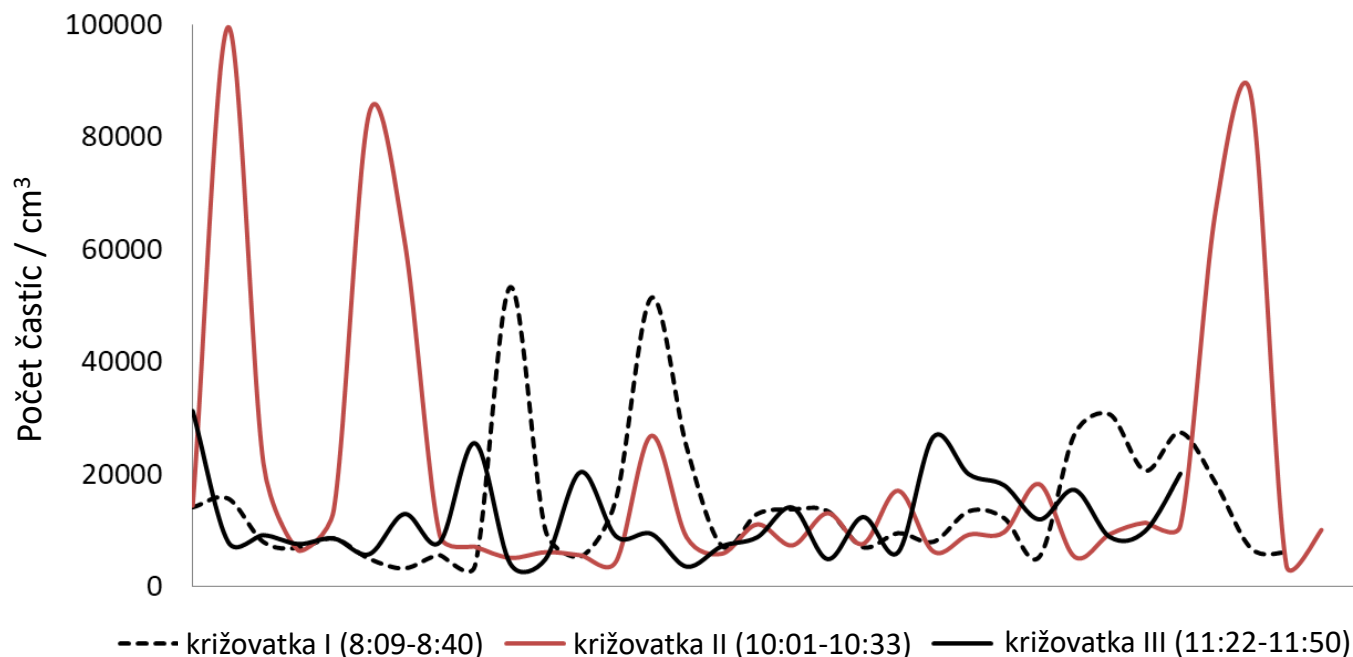
- Koncentrácie vykazujú vysoké fluktuácie.

# V kabíne auta v Bratislave 09/2022



- Koncentrácie závisia na vozidle pred nami.

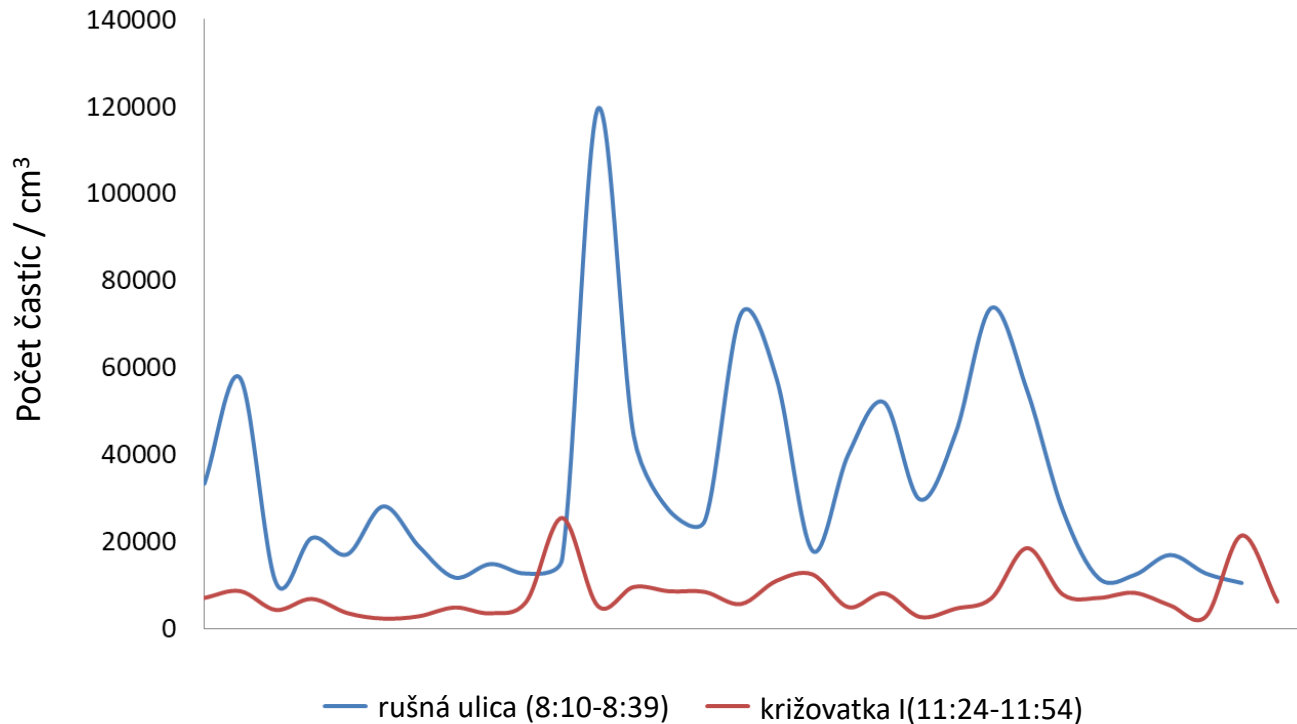
# Veľké križovatky v Trnave 09/2022



- Koncentrácie vykazujú vysoké fluktuácie :  
[https://www.dropbox.com/s/0fw0cyoe3cs8fhn/IMG\\_9384%20%281%29.MOV?dl=0](https://www.dropbox.com/s/0fw0cyoe3cs8fhn/IMG_9384%20%281%29.MOV?dl=0)

# Doprava v Trenčíne 09/2022

Rušná ulica a križovatka v Trenčíne

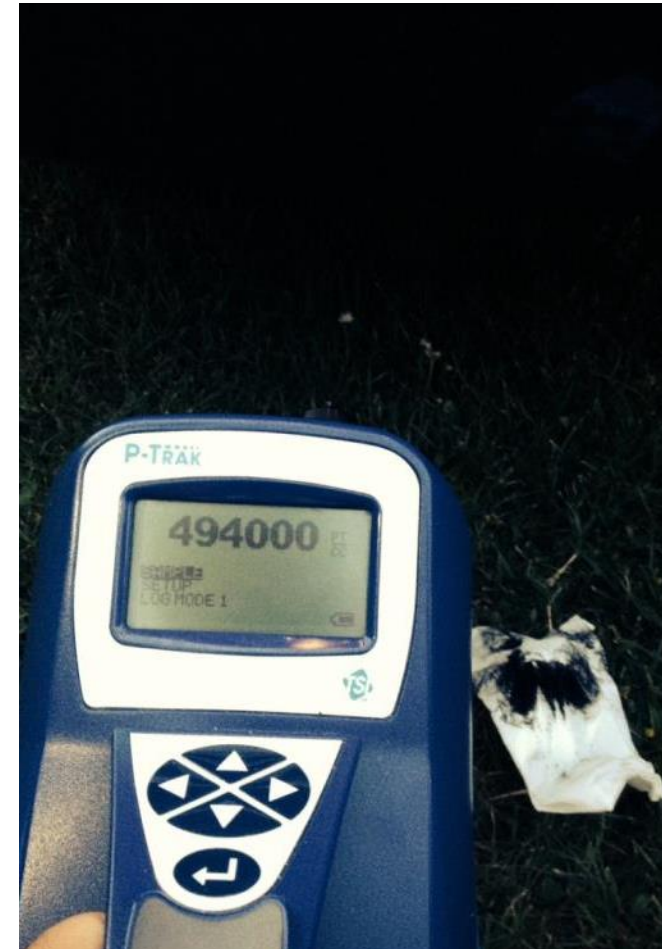


- Koncentrácie vykazujú vysoké fluktuácie.

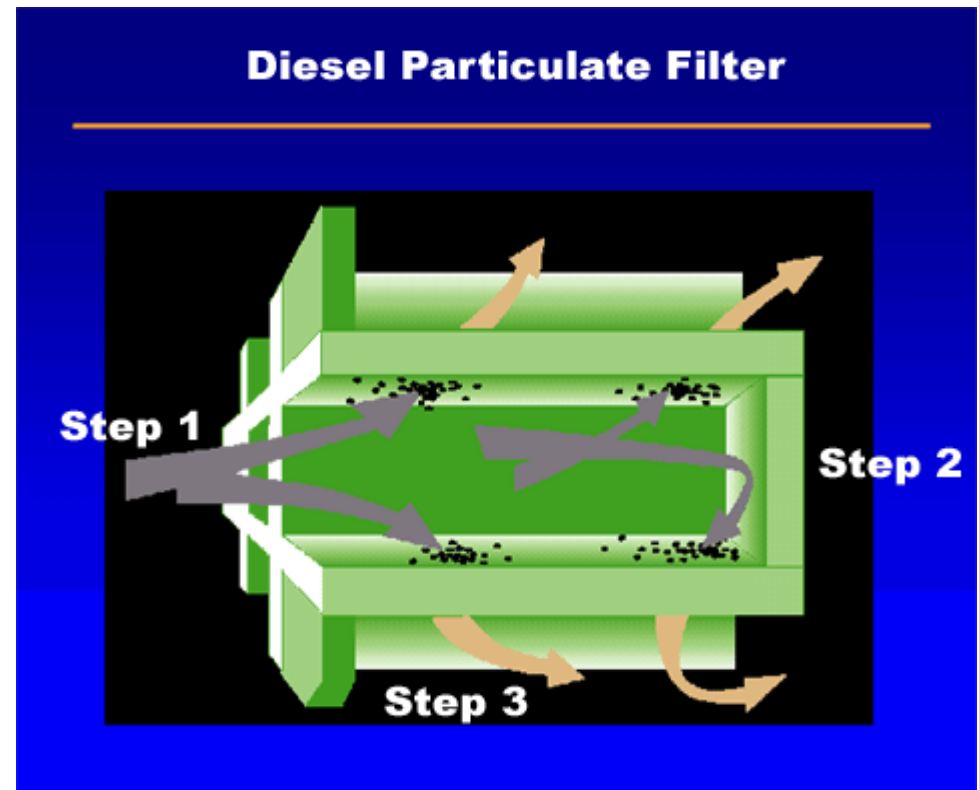
# Znečistenie z dopravy na Slovensku

|                                           | Miesto                              | Počet meraní | Priemerné znečistenie<br>(počet častíc/cm <sup>3</sup> ) |
|-------------------------------------------|-------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------|
| <b>Priemerné typické prírodné pozadie</b> |                                     |              | <b>750</b>                                               |
| <b>Priemerné typické mestské pozadie</b>  |                                     |              | <b>3,250</b>                                             |
| <b>Bratislava</b>                         | pri ZŠ Tbiliská, Rača (7:47-7:59)   | 780          | <b>7,350</b>                                             |
|                                           | križovatka s intenzívnou dopravou   | 1,920        | <b>16,750</b>                                            |
|                                           | križovatka s menšou dopravou        | 1,920        | <b>7,275</b>                                             |
|                                           | Trnavské mýto 2022                  | 1,920        | <b>14,375</b>                                            |
|                                           | Trnavské mýto 2015                  | 1,020        | <b>16,500</b>                                            |
|                                           | v kabíne auta I                     | 1,200        | <b>16,075</b>                                            |
|                                           | v kabíne auta II                    | 1,280        | <b>13,400</b>                                            |
| <b>Trnava</b>                             | pri ZŠ J. Bottu                     | 1,080        | <b>10,800</b>                                            |
|                                           | križ. I (Študentská/Hospodárska)    | 1,920        | <b>14,775</b>                                            |
|                                           | križ. II (Hlboká/Rybníková)         | 1,980        | <b>20,825</b>                                            |
|                                           | križ. III (Kollárova/Hospodárska)   | 1,740        | <b>12,250</b>                                            |
|                                           | pri nemocnici (Dohnányho/Stromová)  | 1,680        | <b>8,500</b>                                             |
|                                           | pri sídle TSK                       | 840          | <b>5,050</b>                                             |
| <b>Diaľnica</b>                           | z Trnavy do Trenčína                | 2,880        | <b>7,375</b>                                             |
| <b>Trenčín</b>                            | pri ZŠ Veľkomoravská                | 2,040        | <b>12,400</b>                                            |
|                                           | rušná ulica – špička (Bratislavská) | 1,800        | <b>33,050</b>                                            |
|                                           | križ. -cez obed(Hasičská/M. Rázusa) | 1,860        | <b>7,775</b>                                             |

# Problém sú staré dieslové autá ... bez filtra



# Riešenie: filter pevných častíc



# Nové autá s filtrom sú čisté



# Riešenie: oveľa viac cyklodopravy



<https://www.youtube.com/watch?v=996Hg2GeUvo>

# Riešenia



| Odporúčania na zníženie znečistenia ovzdušia z dopravy na Slovensku |                                                   |                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Veľmi účinné                                                        | Nízkoemisné zóny vo väčších mestách               | Najviac znečisťujúce staré dieselové vozidlá (osobné autá a dodávky spred r. 2011 a nákladné vozidlá a autobusy spred r. 2014) sú úplne zakázané vo všetkých väčších slovenských mestách. |
|                                                                     | Zvýšenie využívania bicyklov v doprave            | Výrazná podpora cyklistickej dopravy vybudovaním cyklochodníkov pozdĺž všetkých väčších ciest v mestách.                                                                                  |
|                                                                     | Ekologické registračné dane                       | Štát zavádza registračné dane na nové vozidlá, a tým pádom sa znečisťujúce vozidlá stávajú drahšími.                                                                                      |
| Účinné                                                              | Poplatok za vjazd do centra                       | Vodiči musia zaplatiť poplatok za šoférovanie vo väčších mestách (najvyššie poplatky sú počas dopravných špičiek a pre najznečisťujúcejšie autá).                                         |
|                                                                     | Kontrola filtra počas technickej kontroly vozidla | Zavedenie merania počtu pevných častíc za účelom kontroly účinnosti filtra pri pravidelnej emisnej a technickej kontrole vozidla.                                                         |
|                                                                     | Rôzne poplatky za parkovanie                      | Vozidlá, ktoré najviac znečisťujú, platia oveľa viac za parkovanie v mestách než tie, ktoré znečisťujú najmenej.                                                                          |

# Riešenia

|                     |                                           |                                                                                                                          |
|---------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Účinné</b>       | Nepoužívanie čiptuningu                   | Zákaz predaja zariadení na čiptuning a umožniť polícií kontrolovať, či autá nie sú čiptunované alebo modifikované        |
| <b>Menej účinné</b> | Zelené verejné obstarávanie               | Verejné inštitúcie využívajú len dopravné služby poskytované euro 6/VI alebo vozidlami jazdiacimi na plyn, či elektriku. |
|                     | Prestavba verejných dieselových autobusov | Staré dieselové autobusy (Euro 5 a staršie) majú dodatočne namontované filtre pevných častíc a katalyzátory SCR.         |
| <b>Neúčinné</b>     | Príspevok na šrotovné                     | Štát zaplatí napr. 1000 euro ľuďom, ktorí vymenia staré dieselové auto za novšie a menej znečisťujúce.                   |

# Podporené Európskou úniou



## Exhaust particles from traffic in Slovakia



Natural background



City background



Traffic pollution peaks

Consultant:

Kaare Press-Kristensen, senior air quality manager  
International advisor on air quality & climate.  
[karp@env.dtu.dk](mailto:karp@env.dtu.dk)

National coordinator:

Miloš Veverka, project manager  
Centre for Sustainable Alternatives.  
[milos.veverka@inter-net.sk](mailto:milos.veverka@inter-net.sk)

October, 2022

Celá štúdia na:

<https://cepta.sk/meranie-znecistenia-ovzdušia-ultrajemnymi-casticami-z-dopravy/>