

Proč dále snižovat emise z mobilních zdrojů: Návrh Euro 7/VII a alternativní řešení

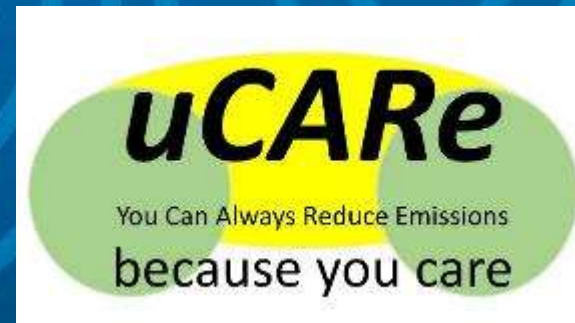
**Beyond Euro 6/VI:
Why we need to continue reducing emissions from mobile sources:
The current state and the possibilities for future legislation**

Michal Vojtíšek

Center for Vehicles for Sustainable Mobility

Faculty of Mechanical Engineering

Czech Technical University in Prague



Proč: #1 důvod emisních limitů:

Ochrana lidského zdraví

Úmrtí v EU v roce 2018 – PM, NO_x, O₃:
venkovní ovzduší cca 400 tis (odhad)
dopravní nehody cca 25 tis.

Přehled emisí a technologií

Z motoru: HC, CO, NO_x, částice

Za motorem: katalyzátory

- třícestné / oxidační / SCR

& filtry částic & kombinace

-> účinnost 90-99,99 %

-> tvorba CH₄, N₂O, NH₃, NO₂

V atmosféře: ozon, sekundární PM

Emise závisí na kvalitě:

konstrukce *výroby*

seřízení *údržby* *obsluhy*

Navrhované emisní limity Euro 7

COM(2022) 586 final – 10.11.2022

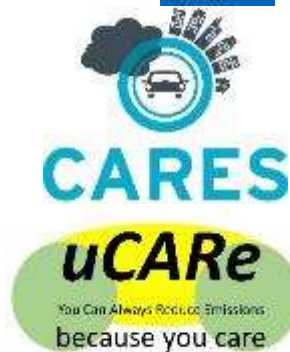
https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/euro-7-standard-proposal_en

	< 3.5 t	> 3.5 t, 300-700 K km
	160 tis. km	studené/teplé
NO _x	60 mg/km	0.35/0.09 g/kWh
PM	4.5 mg/km	12/8 mg/kWh
PN	600 miliard/km	500/200 mld./kWh
NH ₃	20 mg/km	65 mg/kWh
CH ₄		0.5/0.3 g/kWh
N ₂ O		0.16/0.10 g/kWh
Formaldehyd		0.03 g/kWh
PM brzdy: 7 mg/km		

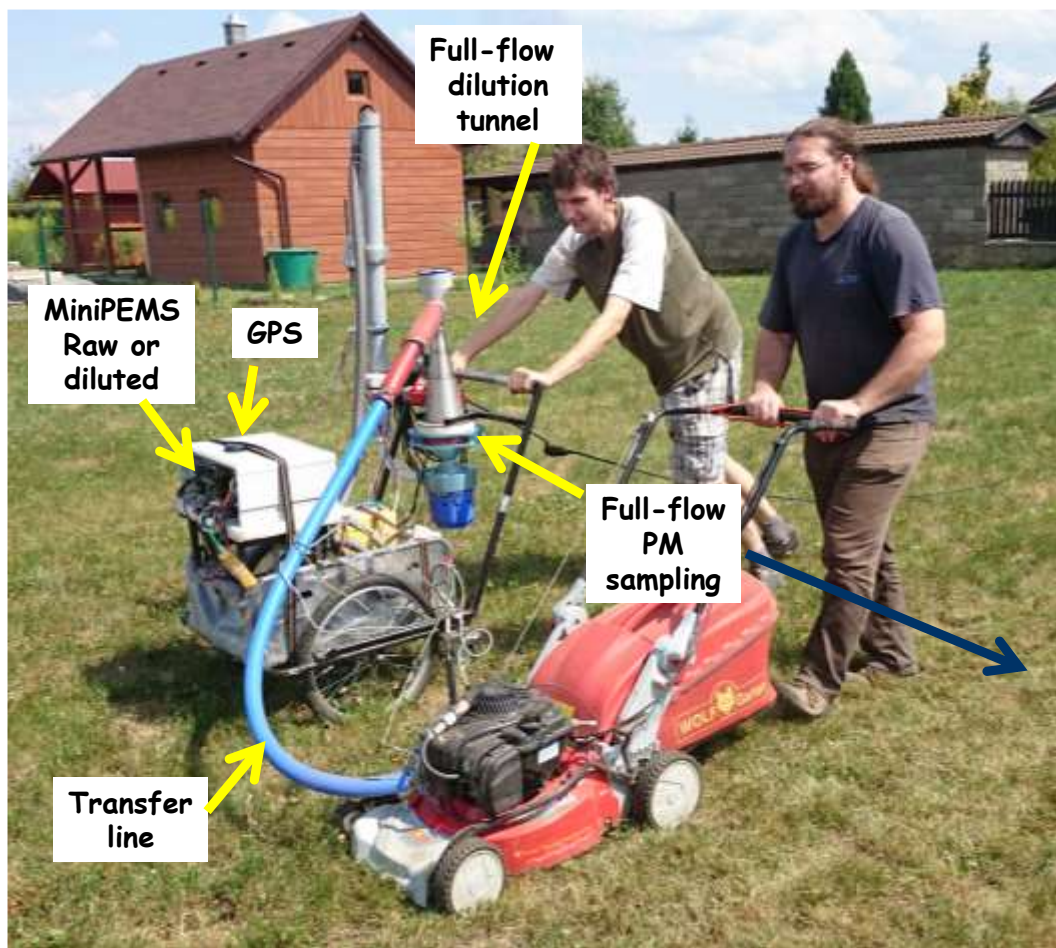
USA

> 3.5 t studené/teplé
692 tis. km
0.027 g/kWh NO_x
Kalifornie 2027
(US EPA 2010:
0.27 g/kWh NO_x)
Homologace CARB:
2000 Honda
0.01 g/mi Nox (192 tis.km)
2023 Cadillac
13 mg/km NO_x

Auto roku – 7.2.2023
Prof. Michal Vojtíšek, FS ČVUT
michal.vojtisek@fs.cvut.cz
+420 774 262 854



Přenosný systém s plnoprůtočným ředicím tunelem a vysokobjemovým vzorkováním částic pro malé motory



Miniaturní a nízkonákladová
přenosná zařízení pro
měření emisí za provozu
Mini-PEMS & Poor man's PEMS

NO, NO₂
CO, CO₂
orientační PM
orientační PN
orientační HC
výpočet toku
výfuk. plynů
9 kg
3 hr výdrž



Představení skupiny: Měření emisí za provozu TU v Liberci & ČVUT & Česká zemědělská univerzita & ÚEM AV ČR

Mobilní FTIR analyzátory

Pro měření emisí za provozu

Skleníkové plyny CO_2 , CH_4 , N_2O

Reaktivní sloučeniny dusíku NO , NO_2 , NH_3 , ...

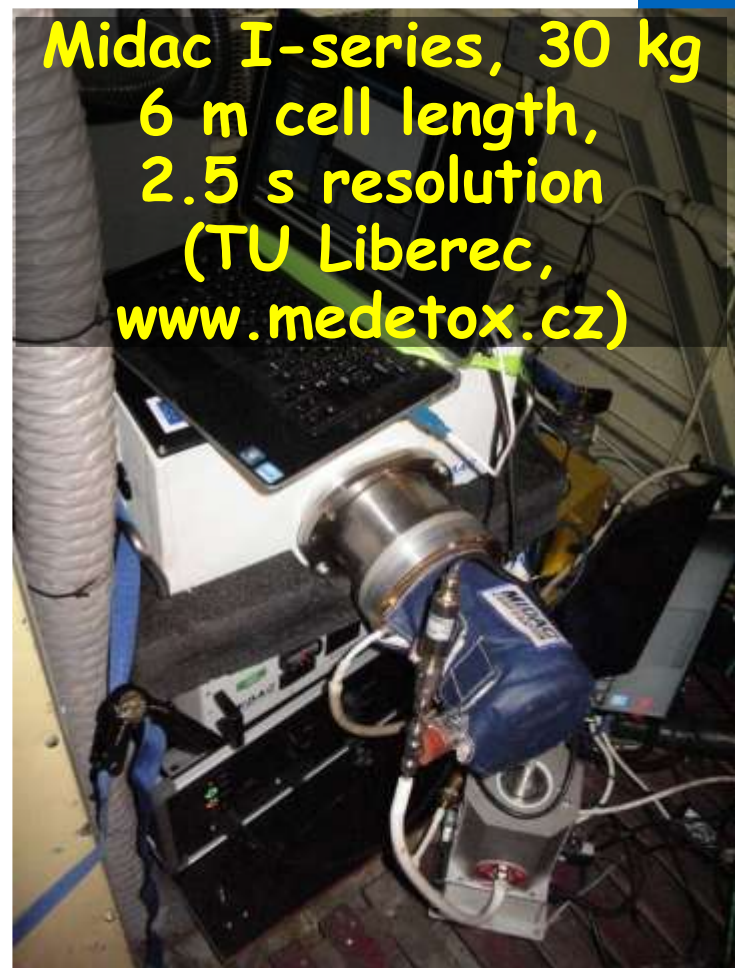
... a další látky absorbující ve střední oblasti
infračerveného spektra

Nicolet Antaris IGS

5 m optická dráha

$0.5 \text{ cm}^{-1} / 1 \text{ Hz}$

Midac I-series, 30 kg
6 m cell length,
2.5 s resolution
(TU Liberec,
www.medetox.cz)



Suarez-Bertoa, R., et al. (2017). *Atmospheric Environment*, 166, 488-497.

Pechout, M., et al. (2019). *Science of the Total Environment*, 696, 133748.

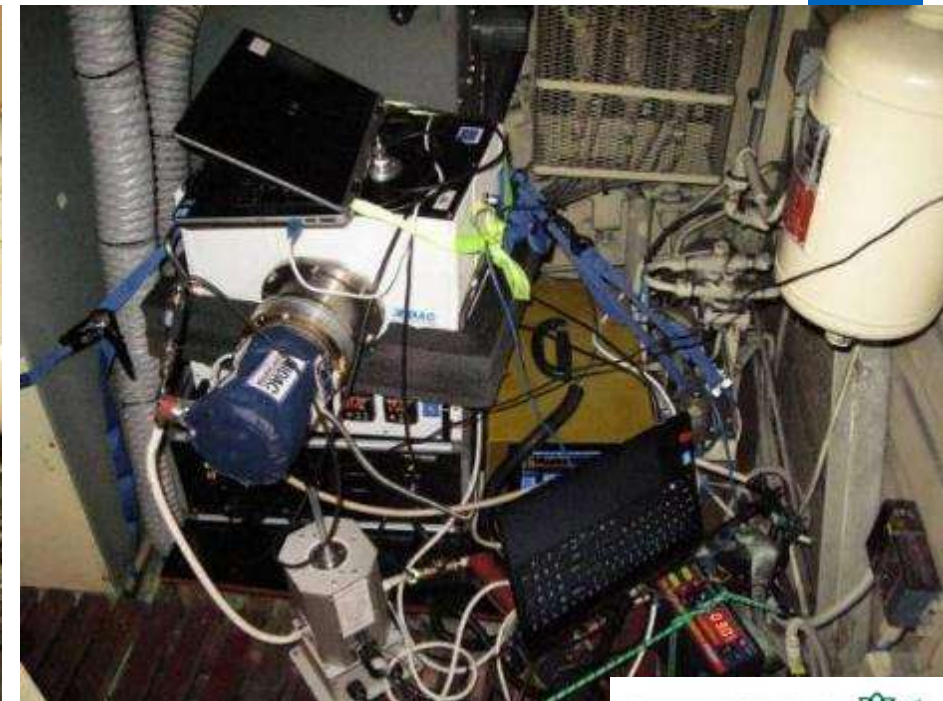
Suarez-Bertoa, R., et al. (2020). *Atmosphere*, 11, 204.

Vojtíšek-Lom, et al. (2018), *Science of the Total Environment* 616 774-784

Představení skupiny: Měření emisí za provozu TU v Liberci & ČVUT & Česká zemědělská univerzita & ÚEM AV ČR

Mobilní FTIR analyzátory pro měření emisí za provozu
Skleníkové plyny CO_2 , CH_4 , N_2O , reaktivní sloučeniny dusíku NO , NO_2 , NH_3 ,
... a další látky absorbující ve střední oblasti infračerveného spektra

Měření emisí drážních vozidel za provozu



Vojtíšek-Lom, et al. (2020), *Atmosphere*, 11, 582.



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezipředmětových studií



CTU
CZECH TECHNICAL
UNIVERSITY
IN PRAGUE



Ústav
experimentální
medicíny AV ČR, v.v.i.
EU Centre of Excellence



Představení skupiny: Měření emisí za provozu Dálkové měření emisí vozidel (a dalších zdrojů)



Představení skupiny: Měření emisí za provozu

Měření částic z otěrů třecích brzd – laboratoř VŠB TU Ostrava



Vojtíšek-Lom, et al. (2021), *Science of the Total Environment*, 788, 147779.



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií



CTU
CZECH TECHNICAL
UNIVERSITY
IN PRAGUE

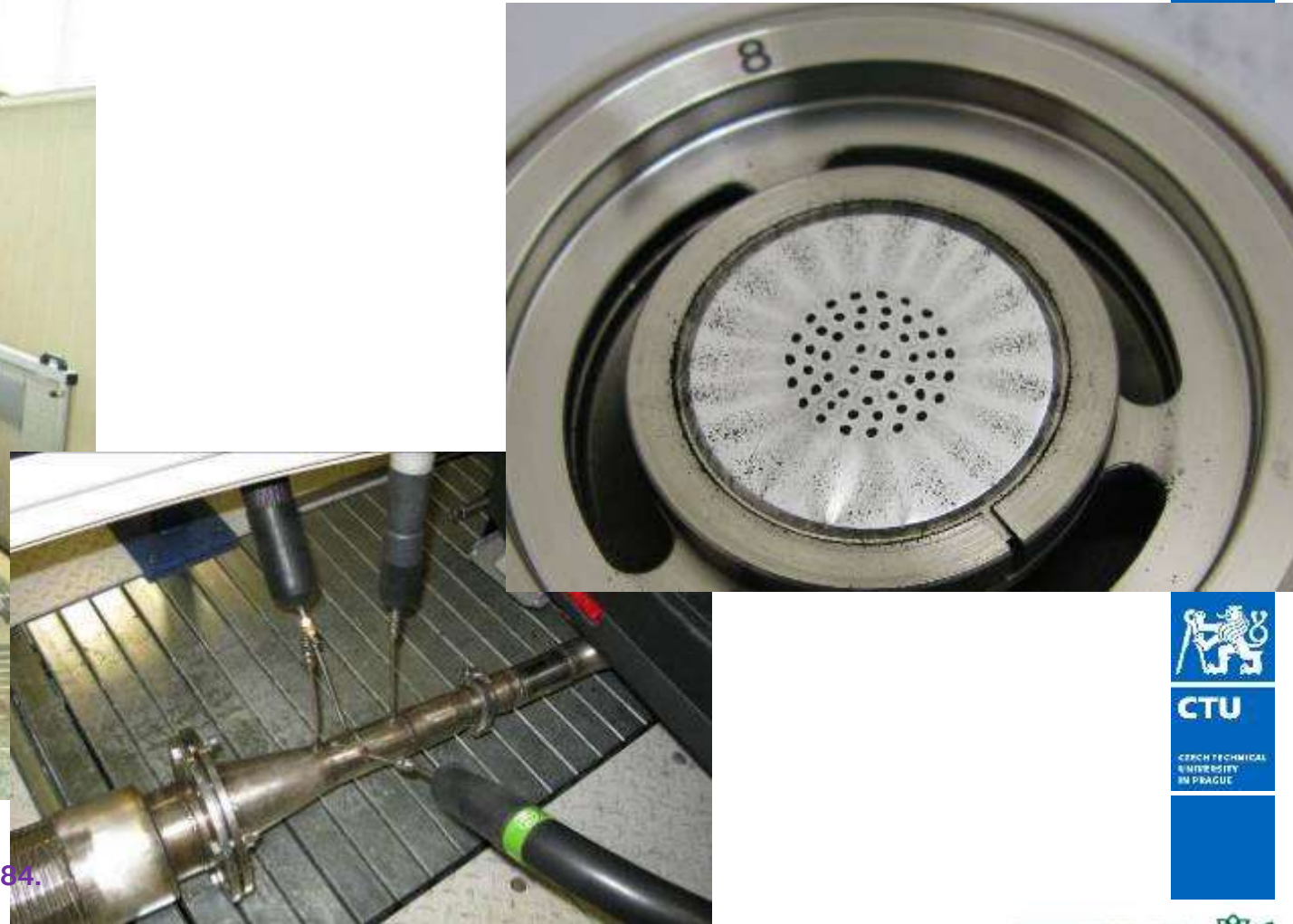


Ústav
experimentální
medicíny AV ČR, v.v.i.
EU Centre of Excellence



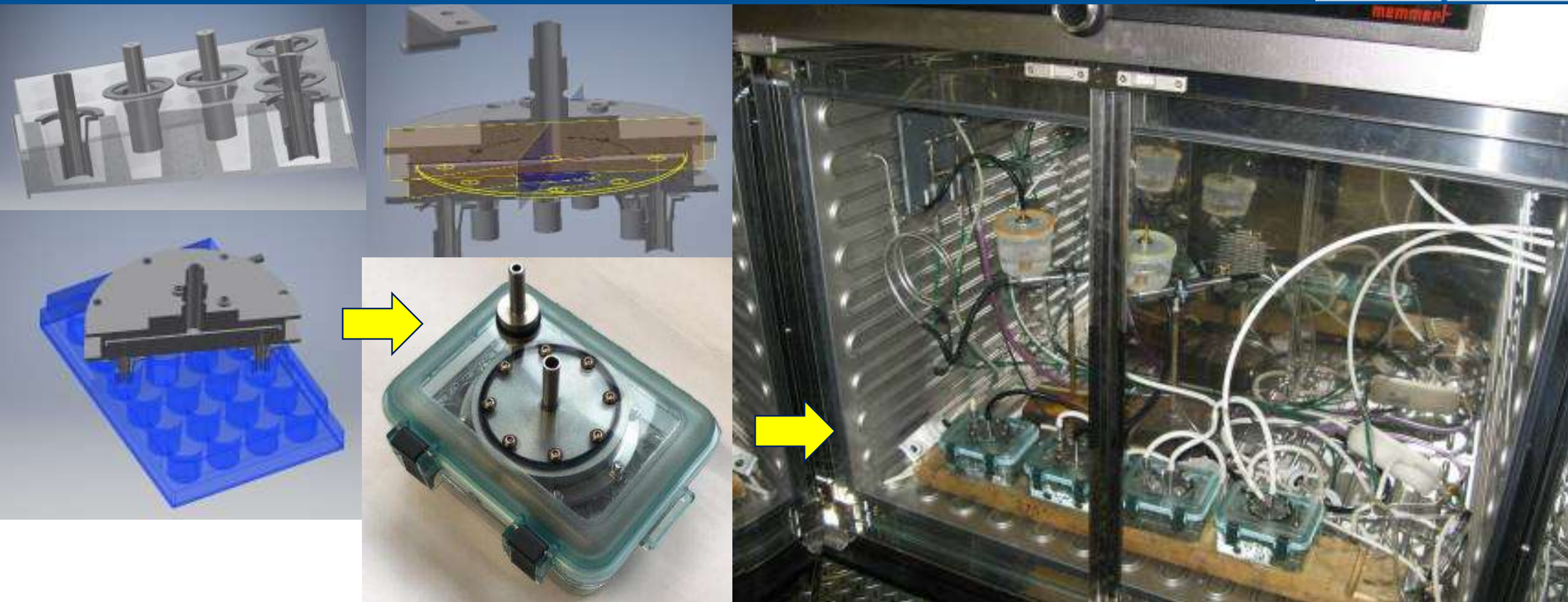
Představení skupiny: Měření emisí za provozu

Charakterizace emisí ze spalování alternativních paliv v laboratoři a za provozu



Vojtisek-Lom, et al. (2015). *SAE Intl. Journal of Engines*, 8(5), 2338-2350.
Vojtíšek-Lom, et al. (2018), *Science of the Total Environment*, 616, 774-784.

Expozice buněčných kultur výfukovým plynům (air-liquid interface)



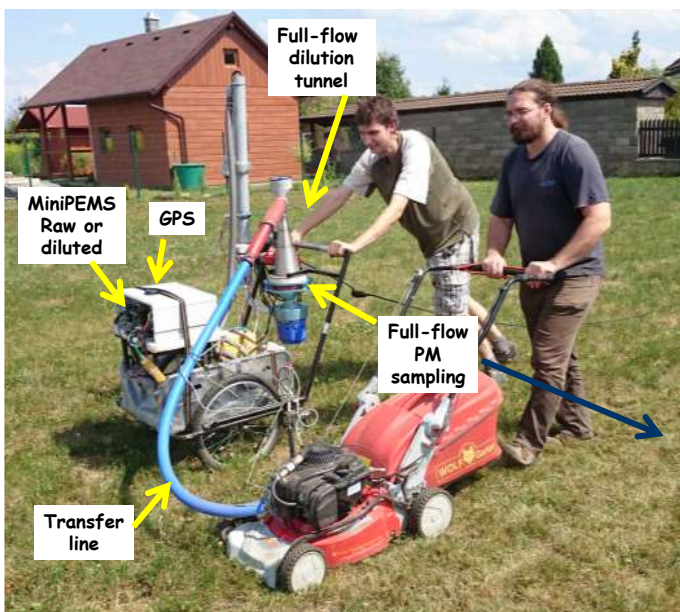
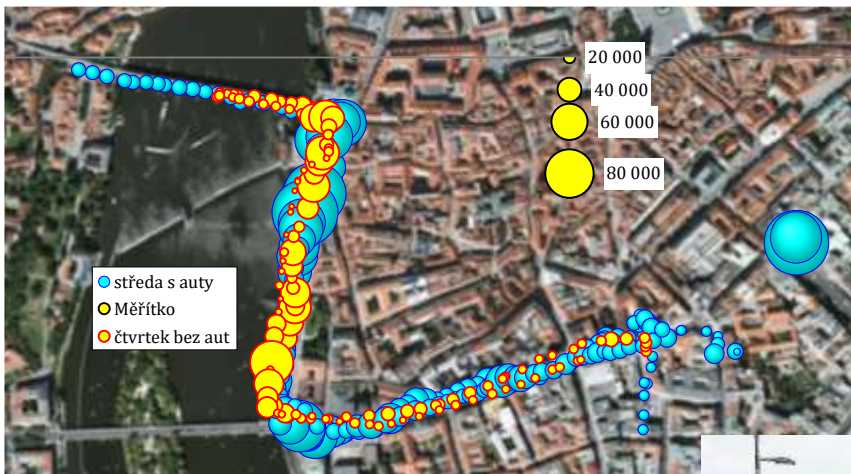
Vojtisek-Lom, M., et al. (2019). *SAE International Journal of Advances and Current Practices in Mobility*, 2(2019-24-0050), 520-534.

Rossner, P., et al. (2019). *International journal of molecular sciences*, 20(22), 5710.

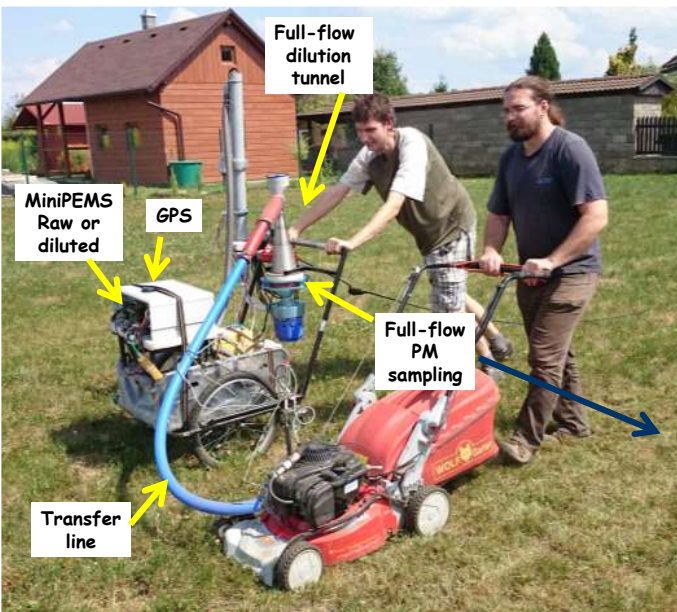
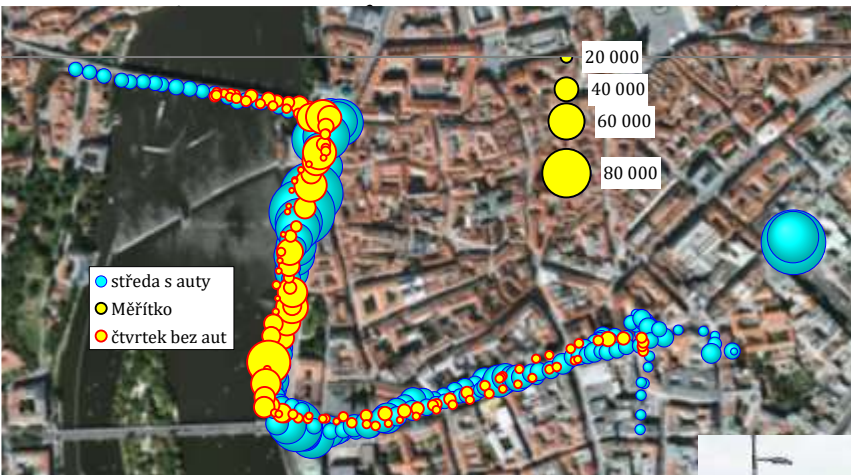
Rossner, P., et al. (2021). *Chemosphere*, 281, 130833.



Outreach & citizen science: Nanoparticles in the air & small engine emissions



Měření koncentrací nanočástic v městských ulicích a u škol



Motivace: Proč měříme a snižujeme emise

Dlouhodobá expozice částicím (PM_{2.5}), oxidům dusíku (NO_x) a přízemnímu ozonu ve venkovním ovzduší je příčinou předčasného úmrtí řádově jednoho promile populace ročně

(Evropa/EU: PM2.5 - 463/412 tis., NO_x – 166/136 tis., O₃ – 124/107 tis.; EEA Air Quality Report 2022)

<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/health-impacts-of-air-pollution>

dopravní nehody v EU v roce 2020 „jen“ 18 tisíc (EU Annual Accident Report)



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií



CTU
CZECH TECHNICAL
UNIVERSITY
IN PRAGUE



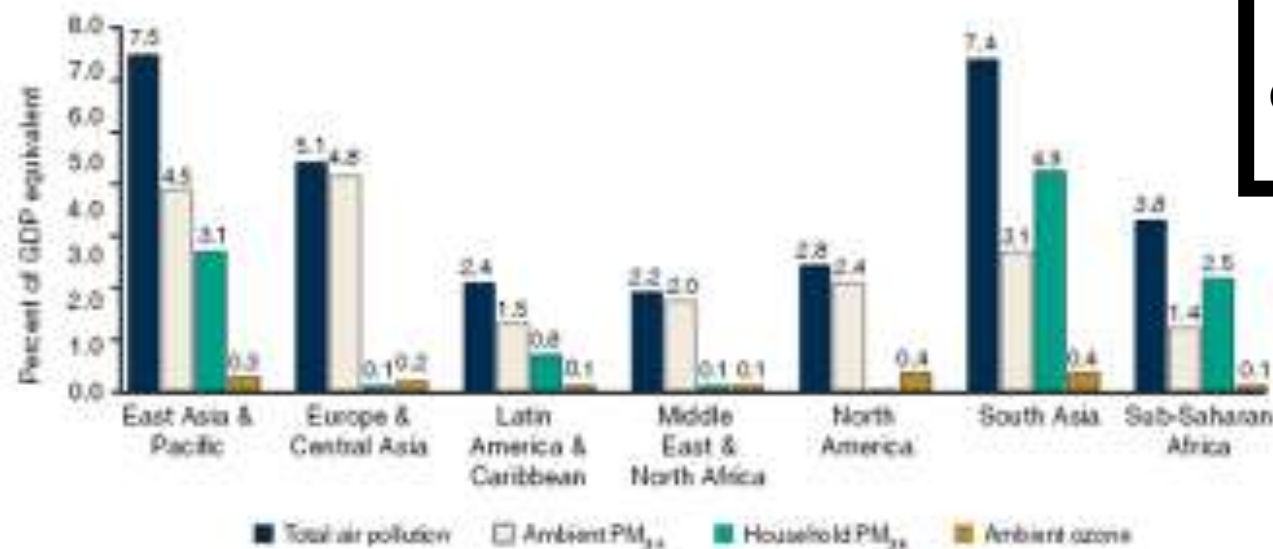
Ústav
experimentální
medicíny AV ČR, v.v.i.
EU Centre of Excellence



CZECH
UNIVERSITY
OF LIFE SCIENCES PRAGUE

Motivace: Proč měříme a snižujeme emise

FIGURE ES.1 Welfare Losses Due to Air Pollution by Region, 2013



Sources: World Bank and IHME

Note: Total air pollution damages include ambient PM_{2.5}, household PM_{2.5}, and ozone. GDP = gross domestic product.

xi

The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action

Dlouhodobá expozice částicím (PM_{2.5}), oxidům dusíku a přízemnímu ozonu ve venkovním ovzduší byla příčinou cca 518 tisíc předčasných úmrtí v Evropě v roce 2020

(Evropa/EU: PM_{2.5} - 463/412 tis., NO_x - 166/136 tis., O₃ - 124/107 tis.; EEA Air Quality Report 2022)
<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/health-impacts-of-air-pollution>

dopravní nehody v EU v roce 2020 „jen“ 18 tisíc (EU Annual Accident Report)



Světová banka odhaduje ekonomické škody v EU způsobené znečištěním venkovního ovzduší na 5 % HDP.



Přehled rizikových látek ve výfukových plynech

- **Částice** – primární (emitované) a sekundární (vytvořené v atmosféře)
- **NO_x** - oxidy dusíku NO a NO₂, klíčové pro tvorbu přízemního ozonu
- Emise CO a sloučenin síry a olova byly významně sníženy zlepšením kvality paliva a technologií

Nové problematické a legislativou dosud neošetřené látky:

Zdravotně rizikové:

- Škodlivost částic – velikost, tvar, složení, biodostupnost, toxicita
- NO₂ - tvorba v oxidačních katalyzátorech
- NH₃ - tvorba v redukčních katalyzátorech NO_x (LNT, SCR)
- - tvorba v třícestných katalyzátorech při nedostatku kyslíku
- Aldehydy - kyslíkatá paliva (např. etanol, bionafta)

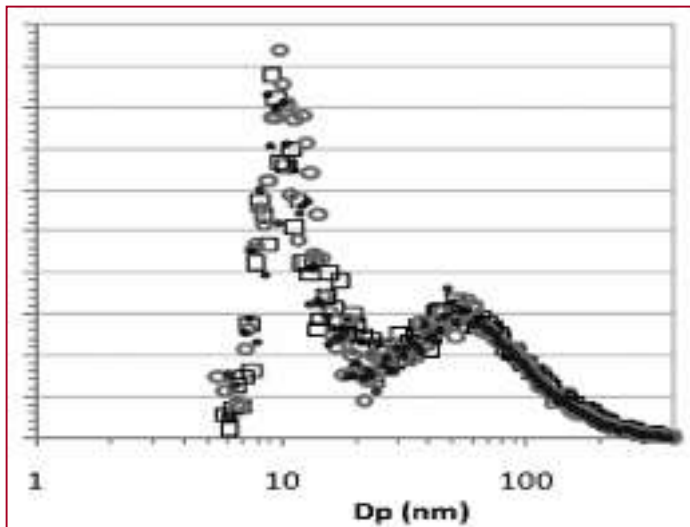
Skleníkové plyny:

- N₂O - tvorba v katalyzátorech pro redukci NO_x (SCR, LNT)
- CH₄ - motory poháněné metanem (CNG, bioplyn), regenerace LNT a DPF
- CO₂ - u biopaliv „kompenzován“ „negativními“ emisemi CO₂ při růstu biomasy

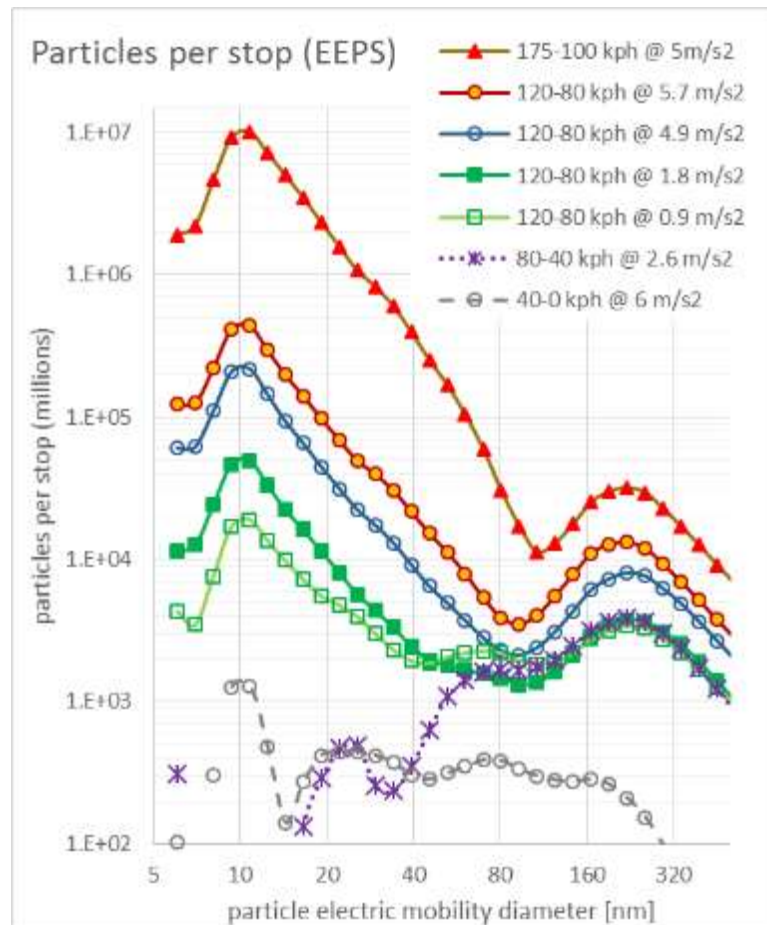


Nanočástice z vysokoteplotních procesů:

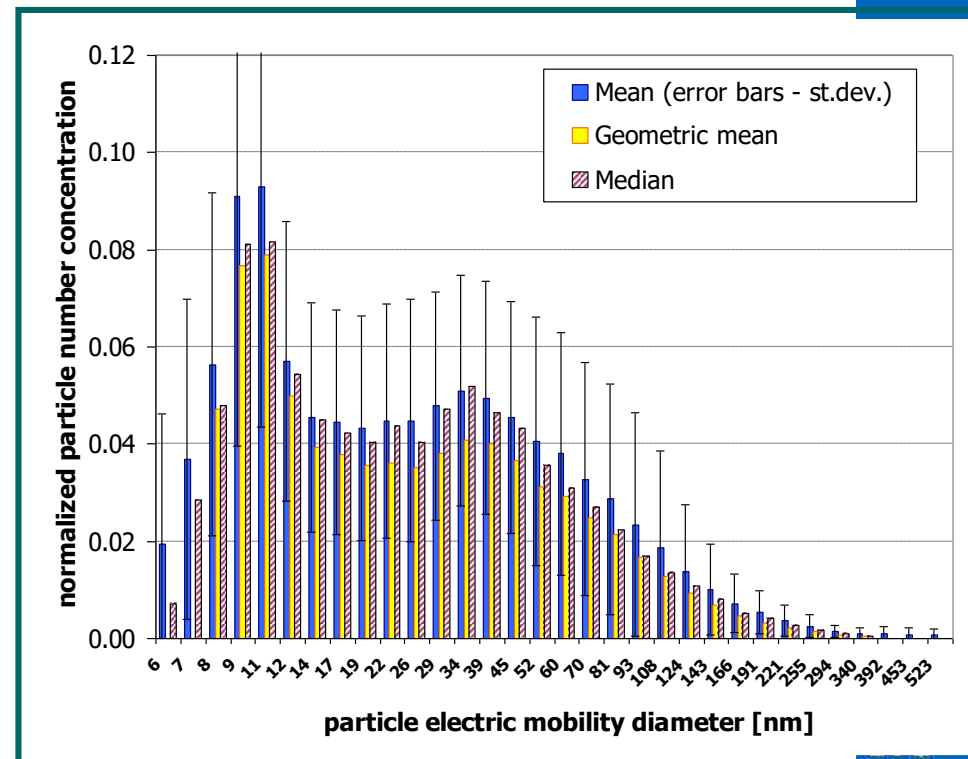
Velké zastoupení částic o průměru řádově 10 nm – u zdroje i v ovzduší



Naftový motor
Ronkko a kol, EST 2013



Otěry z běžných automobilových brzd
Vojtíšek a kol., STOTEN 2021



Spořilov, průměr 40 lokalit
Vojtíšek a kol., NanoCon 2014

Motory produkují velmi malé částice, ty se bohužel s vysokou účinností zachycují v plicích a pronikají do krevního oběhu...

Zachycovací účinnost dýchacího systému
(Oberdoerster)

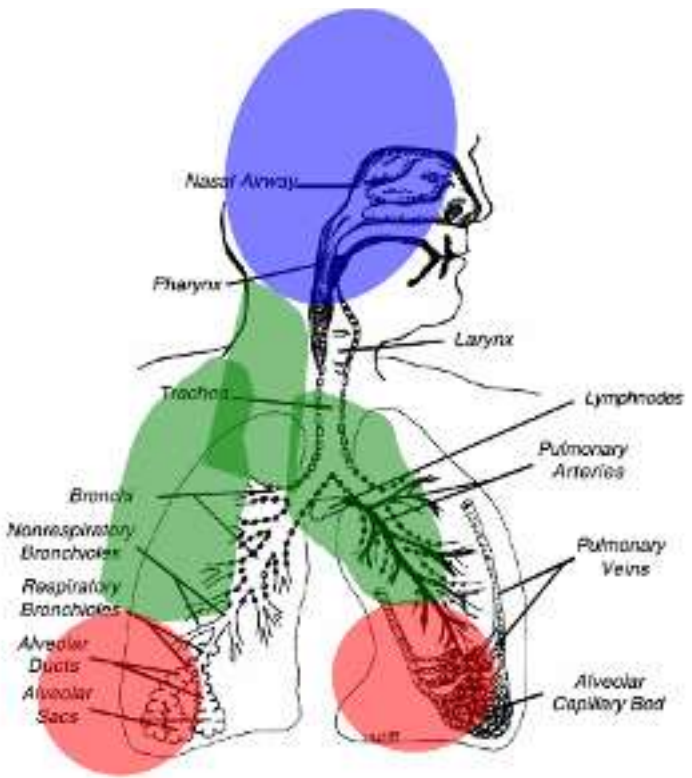
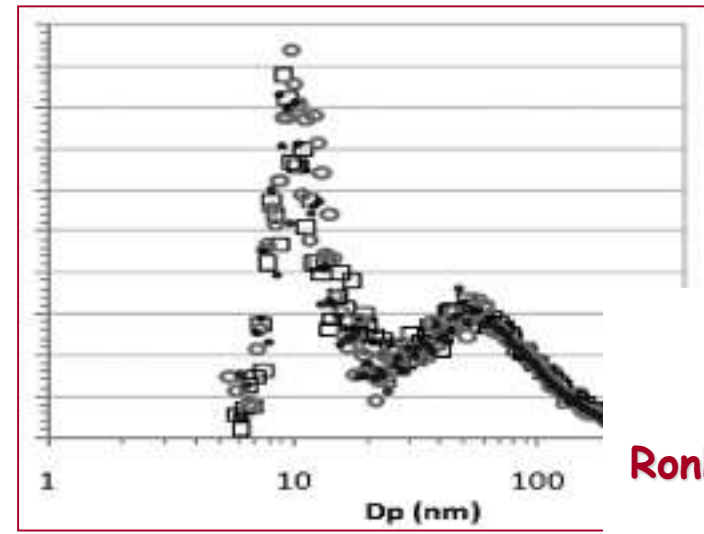
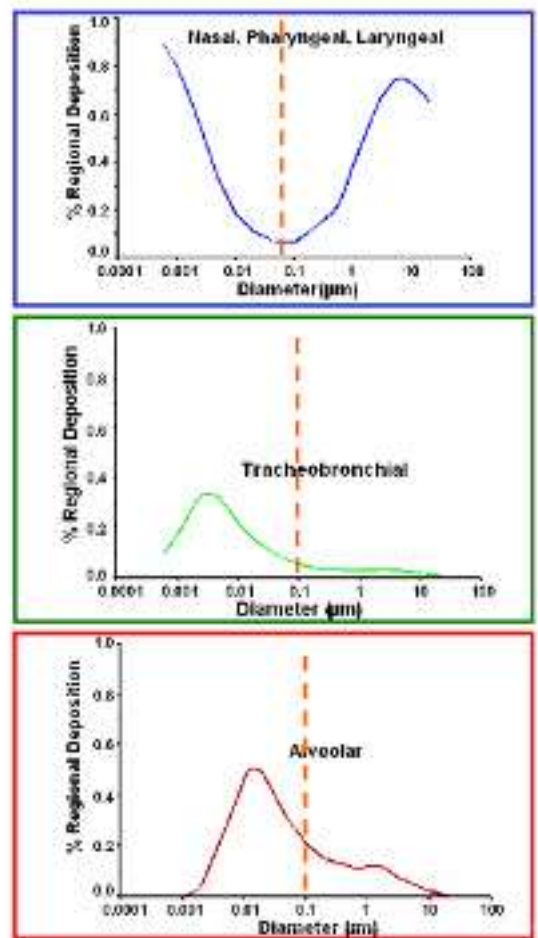
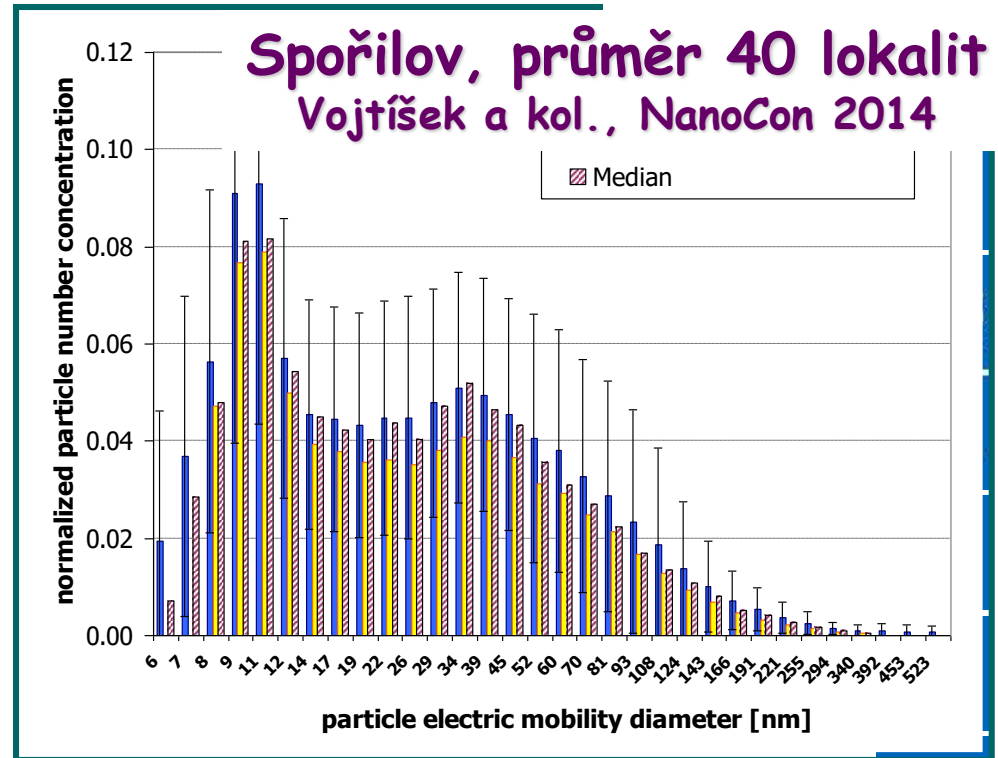


Figure courtesy of J. Harkema

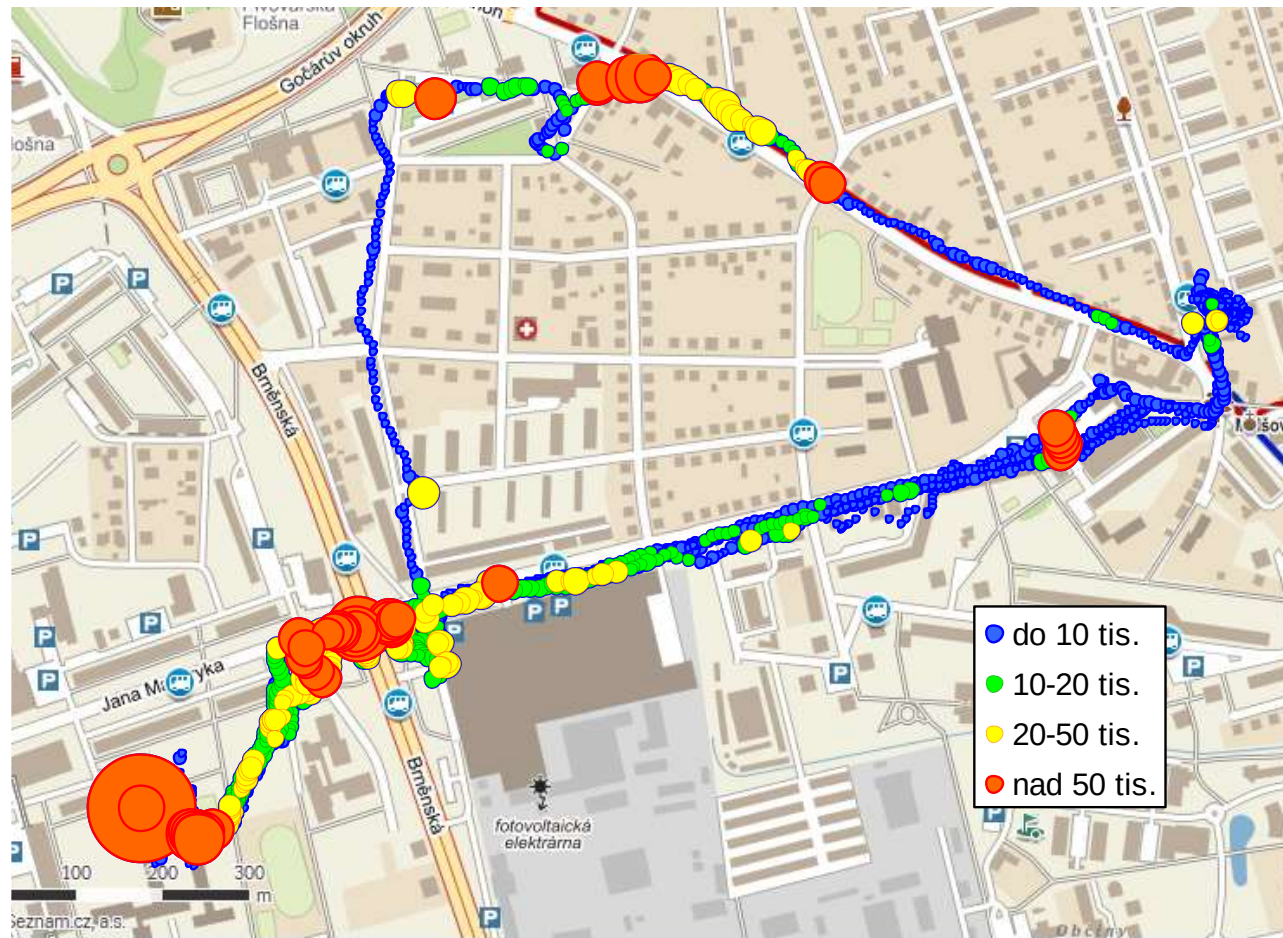


Naftový motor
Ronkko a kol, EST 2013



Nejvyšší koncentrace rizikových látek jsou nejbližší zdrojům emisí

Mobilní zdroje, svařování, průmyslové provozy ... nemají vysoké komíny



Technologické možnosti snižování emisí

PM > 90 %, PN > 99 %, NO_x > 90-99 %, CO > 99 %

Benzínové motory

Přesné řízení poměru palivo-vzduch

Třícestný katalyzátor

GPF – filtr částic pro benzínové motory

Naftové motory

Přesné řízení časování vstřiku a dávky paliva

Oxidační katalyzátor

DPF – filtr částic pro naftové motory

SCR – selektivní katalytická redukce

AOC – oxidační katalyzátor zbytkového amoniaku



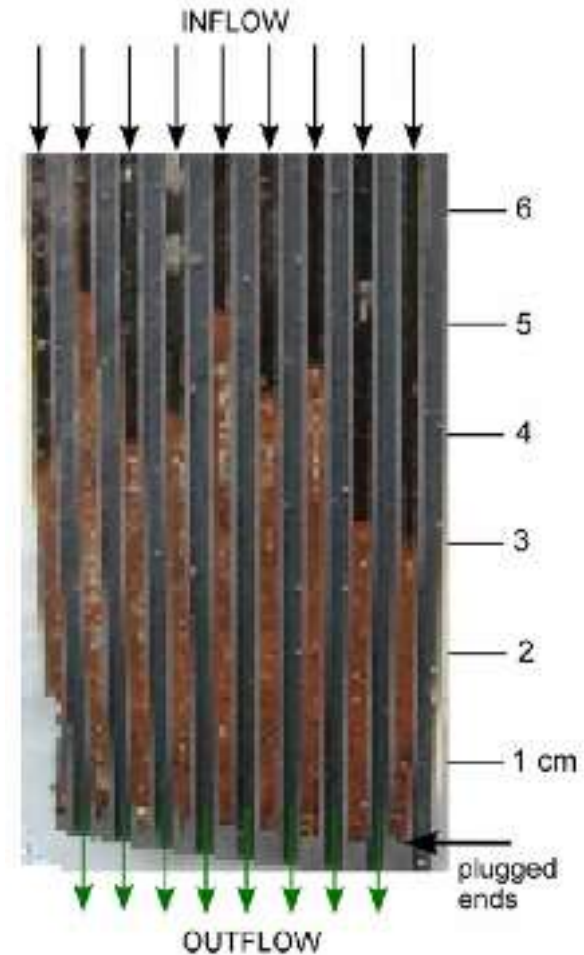
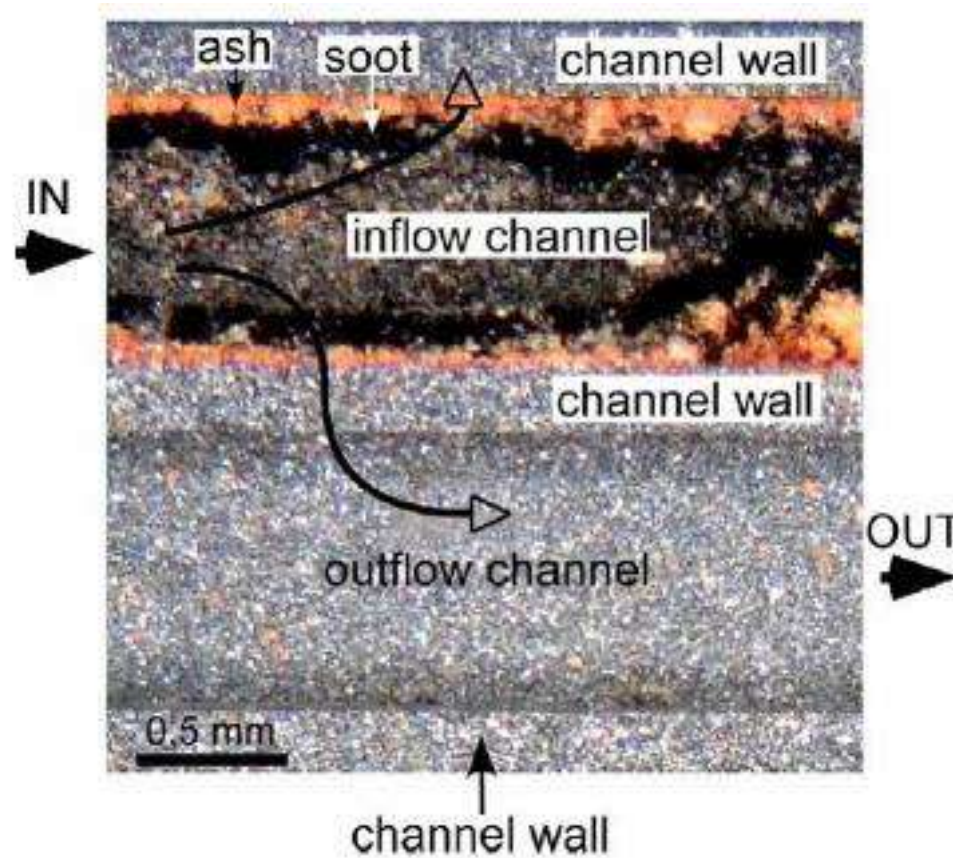
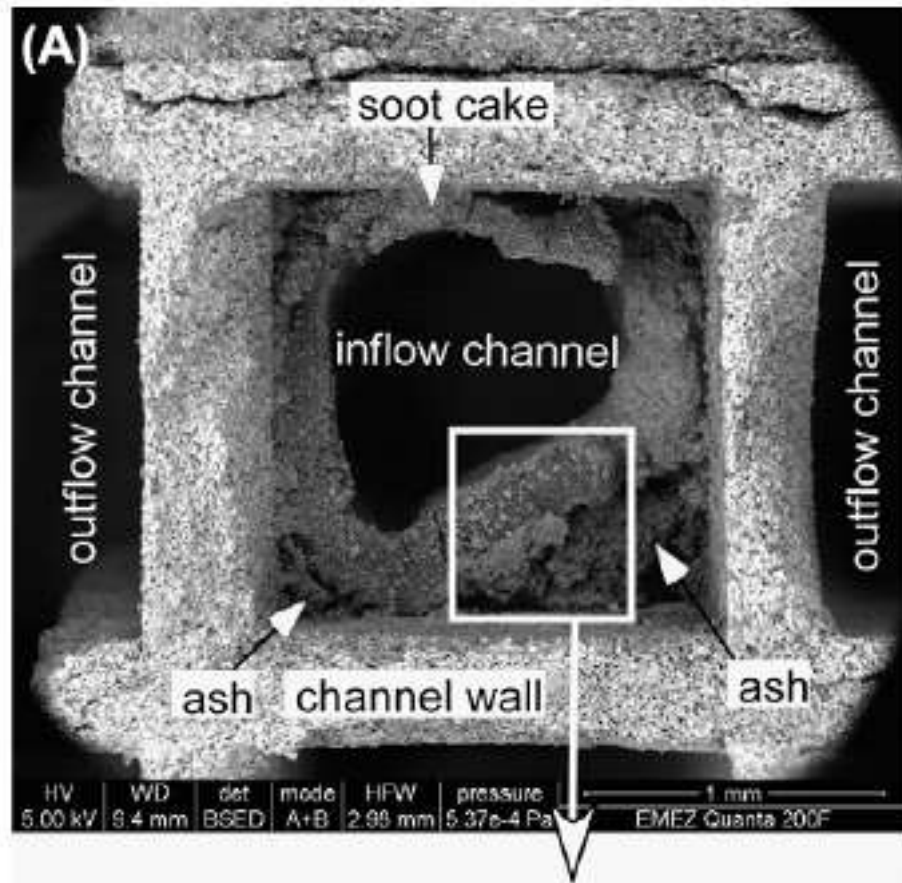
CTU

CZECH TECHNICAL
UNIVERSITY
IN PRAGUE

Filtry částic – účinnost 90 až 99,99%



Filtr částic



A. Liati, P. Dimopoulos Eggenschwiler / Combustion and Flame 157 (2010) 1658–1670

Potenciál technologie filtru částic: $< 10^{11}$ částic / kWh
Při 5-10 m³/kWh to odpovídá < 10 -20 tisíc částic na cm³.
To je méně než podél silnic v ovzduší.



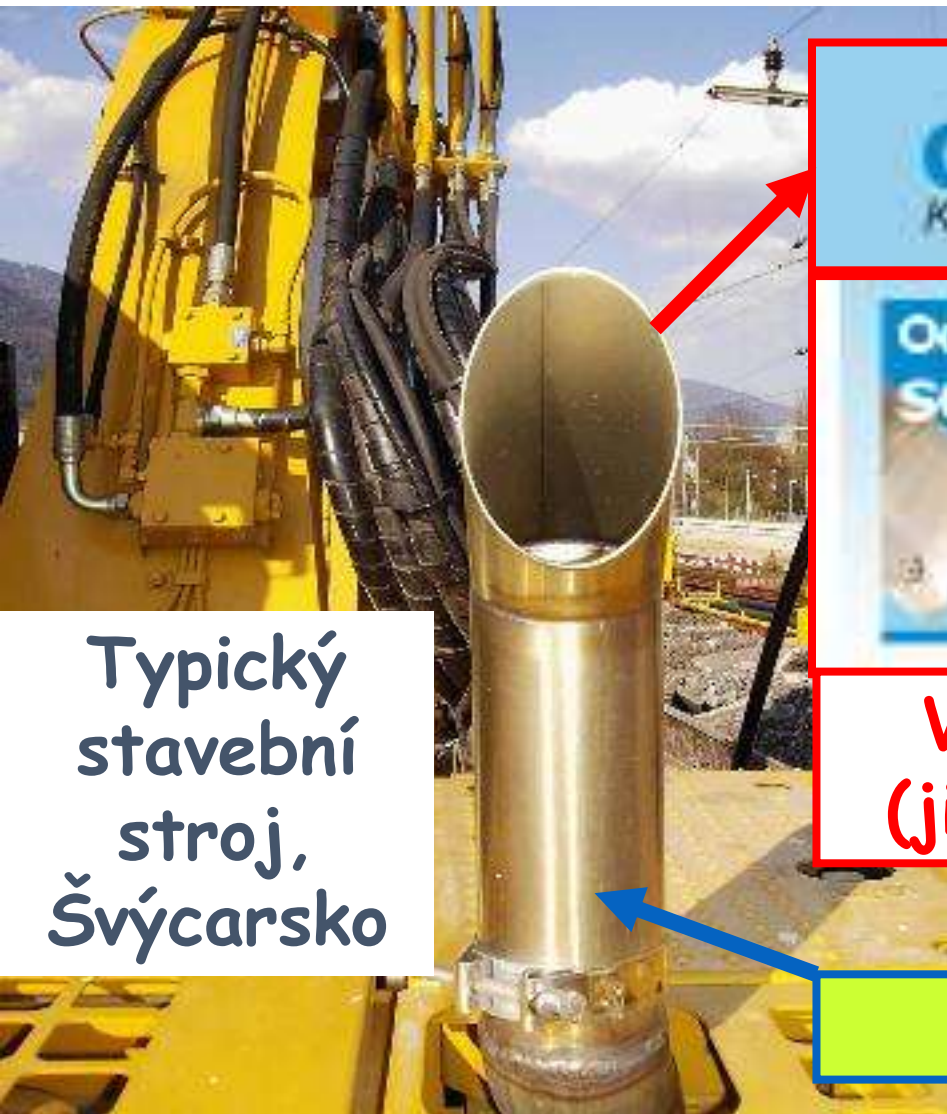
EURO 5 – DOC, DPF (particle filter), no SCR
2012 Iveco Daily, 3.0-liter Iveco engine

Emissions of particulate matter very low even during
1-hour idle and generally well below 1 mg/m³



Otázka správné funkce DPF je otázkou technologické kázně

Problém s DPF je zpravidla důsledkem jiných problémů s motorem



Typický
stavební
stroj,
Švýcarsko

ODSTRANĚNÍ DPF
Konečné řešení Vašich problémů

Odstranění DPF se zárukou

Plnění emisních norem EU

Vozidlo neplní EU legislativu
(jiné než schválené provedení)

Dodatečná montáž DPF

???



česká
„realita“?

Oxidy dusíku (NO_x)

- Vznikají při vysokých teplotách z dusíku a kyslíku ve vzduchu (převážně NO)
- Zážehové (benzinové) motory: účinná redukce NO_x v třícestném katalyzátoru
 - Katalyzátor musí být funkční a ohřátý, nesmí být přebytek vzduchu
- Vznětové (naftové) motory:
 - V motoru vzniká NO
 - NO₂ se „vyrábí“ v oxidačním katalyzátoru pro usnadnění spalování částic (sazí) ve filtru částic, červenohnědý plyn leptající sliznice
 - U starých motorů se jednotky procent NO přeměnily na NO₂
 - U nových motorů s katalyzátory to jsou desítky procent
 - Selektivní redukční katalyzátor (SCR): do výfuku dávkován roztok močoviny, ta se rozkládá na amoniak (NH₃), NH₃ reaguje s NO a NO₂, vzniká dusík, účinnost až 99%, nutné přesné řízení; nezvyšuje spotřebu paliva
 - Nové automobilové motory produkují více NO₂ než by měly NO_x (NO+NO₂), mnohé motory produkují na km jízdy více NO_x než nové kamiony v Kalifornii



Redukční katalyzátory pro NO_x

Lean NO_x trap (LNT) / NO_x storage and reduction (NSRC)

Střídající se normální provoz s přebytkem vzduchu (1-2 min) a několikasekundová regenerace s přebytkem paliva

Akumulační fáze:

Ukládání NO_x (např. $\text{BaCO}_3 \rightarrow \text{Ba}(\text{NO}_3)_2$)

Regenerace:

Vytěsnění NO_x a jejich redukce obdobně jako v třícestném katalyzátoru

Nevýhody:

Účinnost závisí na teplotě

Navýšení spotřeby paliva během regenerace

Produkce NH₃ a N₂O při regeneraci

Selektivní a neselektivní redukce NO_x

Neselektivní (NSCR): pomocí H₂, HC, CO (viz. třícestný katalyzátor)

Selektivní (SCR):

vyžaduje dávkování redukčního činidla do výfukových plynů

Močovina NH₂-CO-NH₂ se rozkládá (via HCNO) na CO₂ + NH₃

"standardní" SCR reakce: $4 \text{ NH}_3 + 4 \text{ NO} + \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{ N}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$

"rychlá" reakce: $2 \text{ NO} + 2 \text{ NO}_2 + 4 \text{ NH}_3 \rightarrow 4 \text{ N}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$

"pomalá" reakce: $\text{NO} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Účinnost (i rozklad močoviny) závisí na teplotě

Vedlejší produkty: NH₃, tvorba N₂O za nižších teplot

■ P. Forzatti, L. Lietti, E. Tronconi, Encyclopedia of catalysis, in: I.T.Horvath (Ed.), Nitrogen Oxides Removal - E (Industrial), J. Wiley, New York, 2002.

■ A. Kato, S. Matsuda, T. Kamo, F. Nakajima, H. Kuroda, T. Narita, J. Phys.Chem. 85 (1981) 4099.

■ Grossale, A., Nova, I., Tronconi, E., Chatterjee, D., & Weibel, M. (2008). The chemistry of the NO/NO₂-NH₃ "fast" SCR reaction over Fe-ZSM5 investigated by transient reaction analysis. *Journal of Catalysis*, 256(2), 312-322.

■ Nova, I., Ciardelli, C., Tronconi, E., Chatterjee, D., & Bandl-Konrad, B. (2006). NH₃-NO/NO₂ chemistry over V-based catalysts and its role in the mechanism of the fast SCR reaction. *Catalysis Today* 114(1) 3-12.

Emisní limity v širší perspektivě:
Moderní spalovací motory patří mezi nejčistší spalovací zařízení.
Nemají však komín, ani nejsou daleko za městem.
Vypouštějí exhalace uprostřed ulic, kde je dýcháme.

Euro 6 autobus 1 km jízdy ~ 1 mg částic ~ 1 cigareta

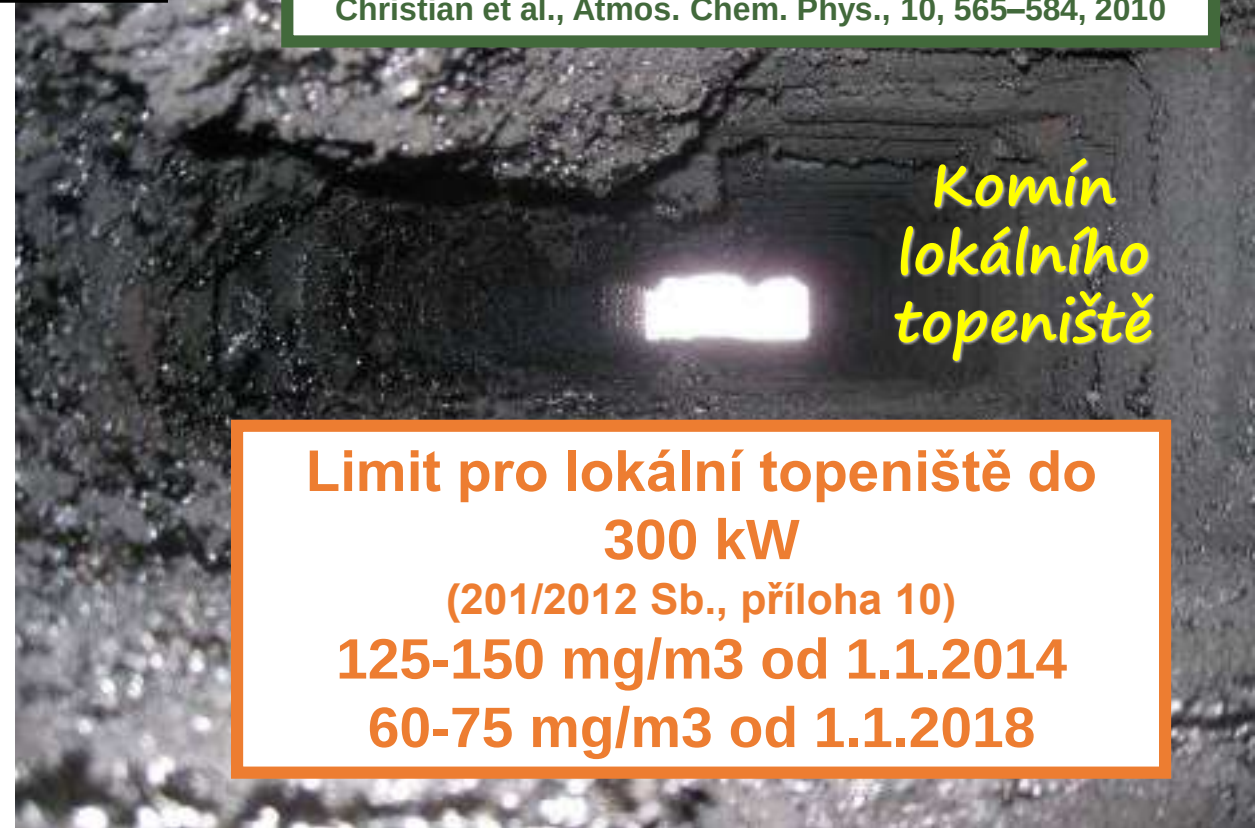


Výfuk
lokomotivy
na zemní
plyn
(CNG)

Euro 6 HDV limit: 5 mg/kWh ~ 0,6 mg/m³

Spalování odpadků ~ 500 mg/m³

Christian et al., Atmos. Chem. Phys., 10, 565–584, 2010



Komín
lokálního
topeniště

Limit pro lokální topeniště do
300 kW

(201/2012 Sb., příloha 10)

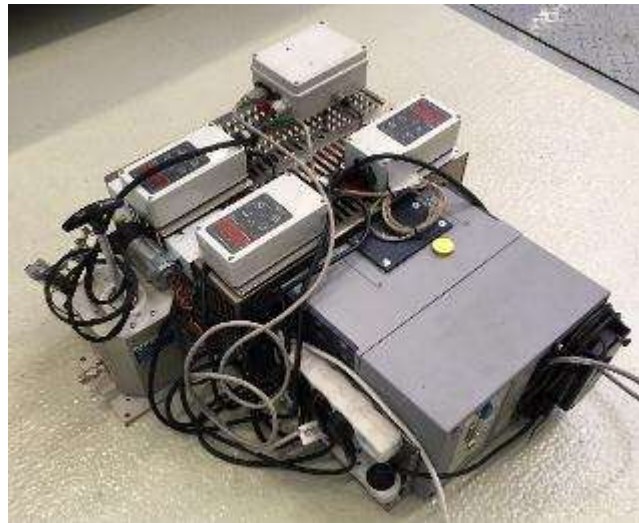
125-150 mg/m³ od 1.1.2014

60-75 mg/m³ od 1.1.2018

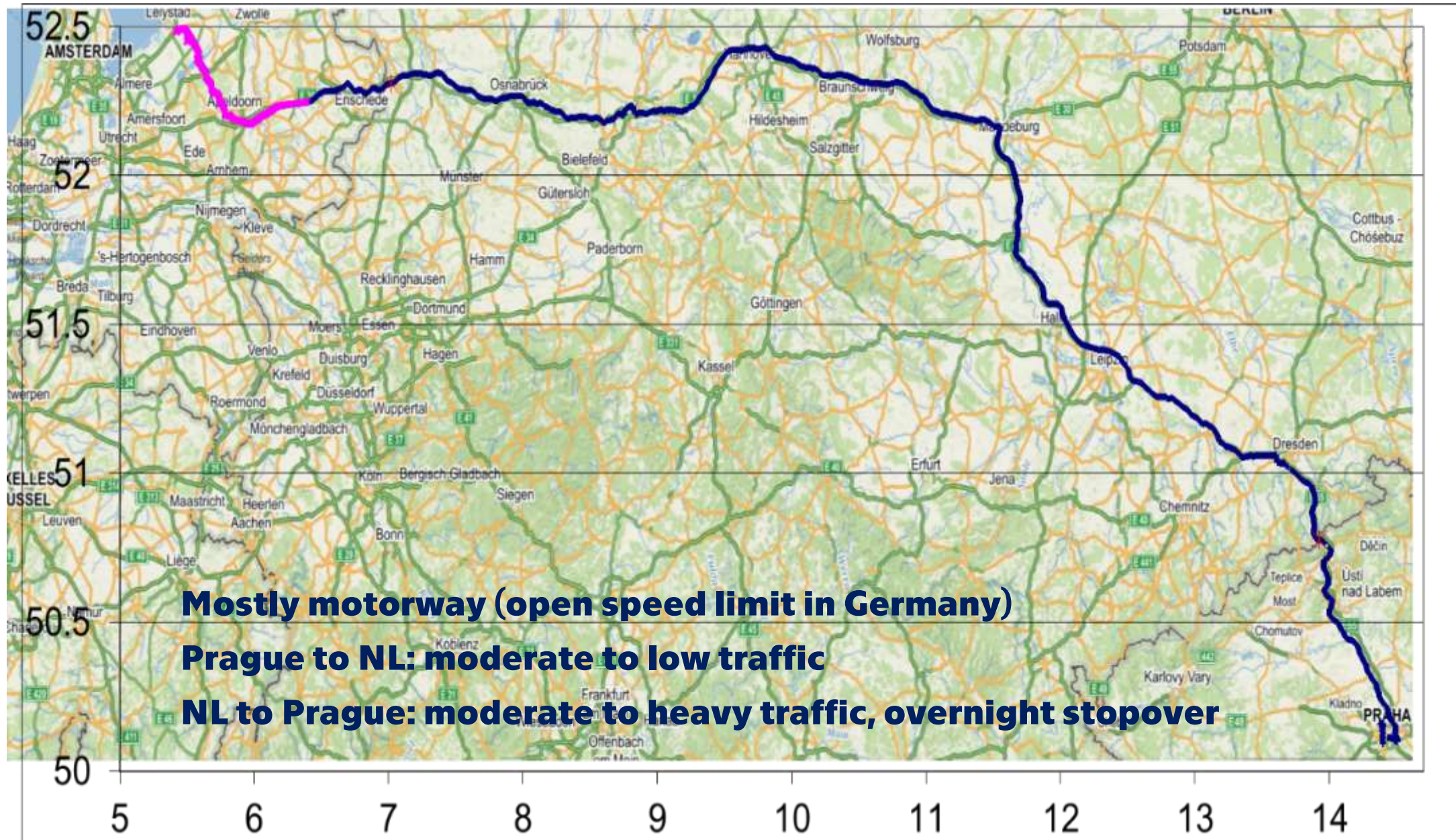
Study goals & overview

- **To evaluate real-world emissions of reactive nitrogen species from a new (2020) Euro 6d light duty commercial vehicle** (when an opportunity arises)
- The opportunity: Prague, CZ – Lelystad, NL trip – > 800 km each way - transporting emissions monitoring instruments to a H2020 CARES experimental campaign
- The vehicle: Toyota ProAce van, fully loaded with emissions monitoring instruments & tools
- Instrumentation: On-board FTIR (Bruker Matrix, with in-house modifications)
- No connection to the engine control unit, no sensors, only a simple tailpipe probe to prevent detection of the test

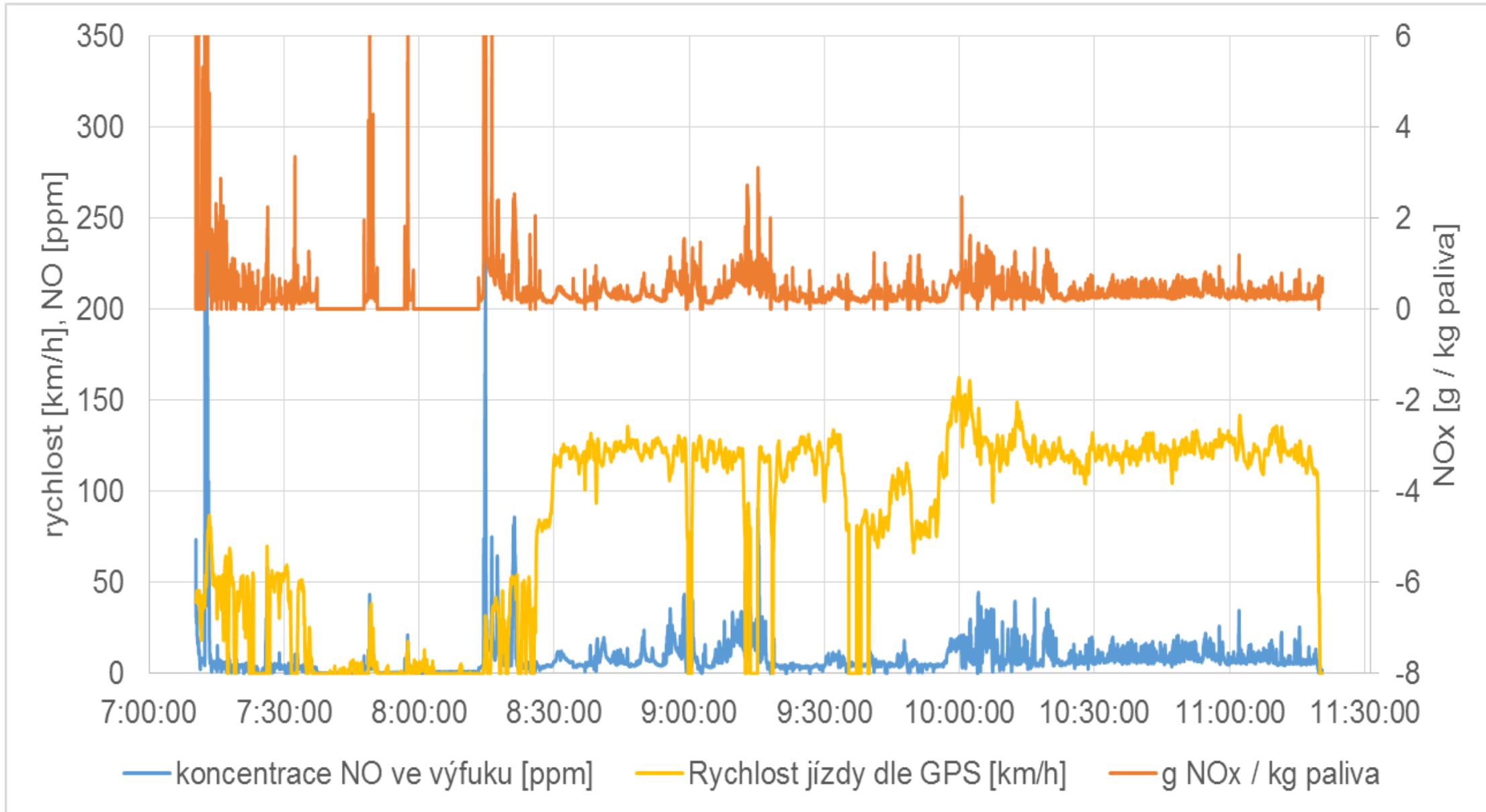
"It would be a waste just to transport an FTIR without using it to get some interesting data."



Results – test route



Results – Ecodriving, low to moderate traffic



SCR and three-way catalysts:

- ~ 99% NO_x removal efficiency when everything perfect
- ~ 90% overall NO_x removal efficiency when done right

SOR NB-12 diesel bus, Euro VI

Braunschweig cycle driven on a test track

Center for Transport Research & TUV-SUD study

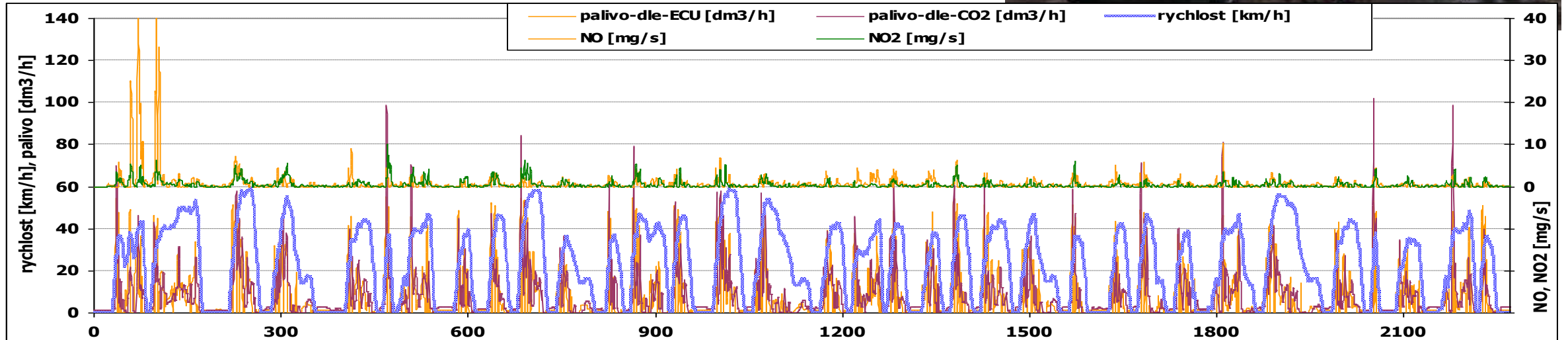
FTIR measurements by TU Liberec

195 mg/km NO_x (approx. 0.29 g/kWh @ 1.5 kWh/km)

Euro VI limit, heavy-duty engines: 0.46 g/kWh NO_x

Euro V limit, diesel cars: 180 mg/km NO_x

Realistic Euro V diesel car NO_x: 700-1000 mg/km



Nízké emise oxidů dusíku (NO_x) jsou reálně dosažitelné

Naftový autobus SOR CN12 Euro 6 - letiště Hradčany
Měření ČVUT & TUL při testech Centra dopravního výzkumu a TUV-SUD



Průměrné hodnoty Braunschweig cycle: 195 mg/km NO_x .

Při 37 litrů na 100 km, 220 g/kWh: 162 mg/kWh (Euro 6: 460 mg/kWh)

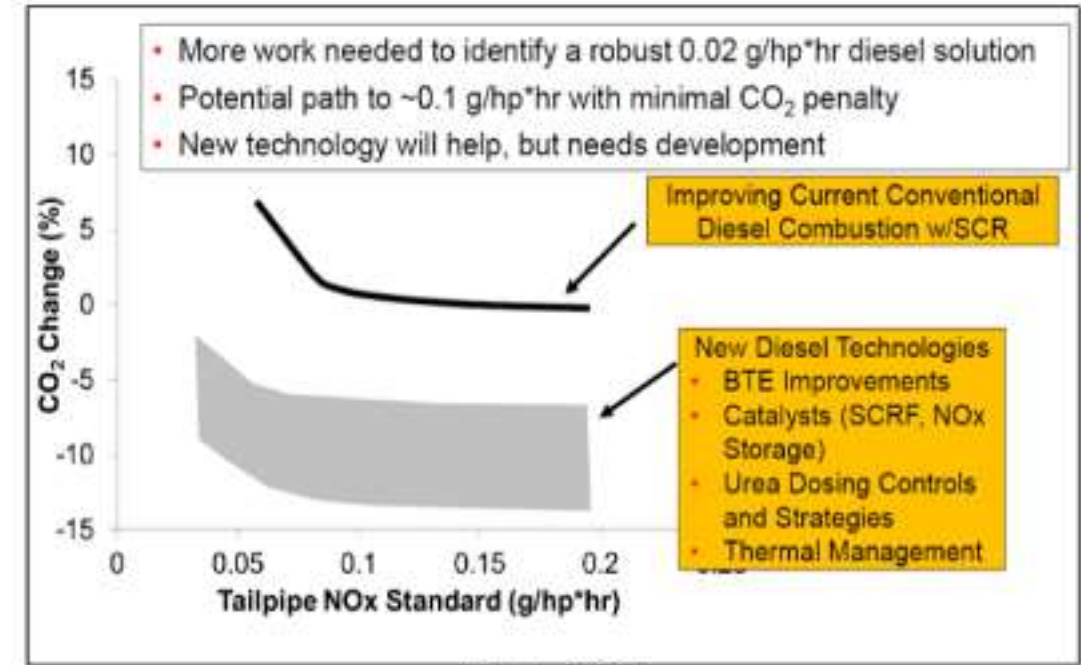
Limit pro automobily (nafta): 180 mg/km Euro 5, 80 mg/km Euro 6

Průměrné reálné emise automobilu (nafta), Euro 3-5: 1000 mg/km

**Jedno Euro 5 naftové auto = 1000 mg/km = pět nových autobusů
Ale pět autobusů uveze stovky cestujících !!!**

Proposed 0.02 g/bhp-h NO_x US federal limit (~~ 20-40 mg/km) (currently 0.2 g/bhp-h = 0.27 g/kWh)

Figure ES-5: Cummins' Assessment of GHG and NO_x Reduction Opportunities with New Engine Technologies



(Eckerle, 2015)

Overall, the assessment finds that emissions from heavy-duty diesel engines can be significantly reduced utilizing a systems approach combining advanced aftertreatment systems with engine management strategies. Reducing NO_x emissions to the 0.02 grams per brake horsepower-hour (g/bhp-hr) level will require reducing emissions significantly during cold start and during low load, low speed operations and also maintaining high selective catalytic reduction (SCR) conversion efficiency at high speed-high temperature operation. A variety of strategies can be used to achieve these reductions. However, the final solution will depend on ensuring no adverse impacts on greenhouse gas (GHG) emissions.

https://www.arb.ca.gov/msprog/tech/techreport/diesel_tech_report.pdf



CTU

CZECH TECHNICAL
UNIVERSITY
IN PRAGUE



Kontrola funkce SCR těžkých vozidel na D1

Michal Vojtíšek^{1,2}, Petr Jindra³, David Macoun³, Alden Fred Arul Raj²

1 Katedra vozidel a motorů, TU v Liberci

2 Centrum vozidel udržitelné mobility, Fakulta strojní ČVUT v Praze

3 Katedra vozidel pozemní dopravy, Technická fakulta, ČZU v Praze

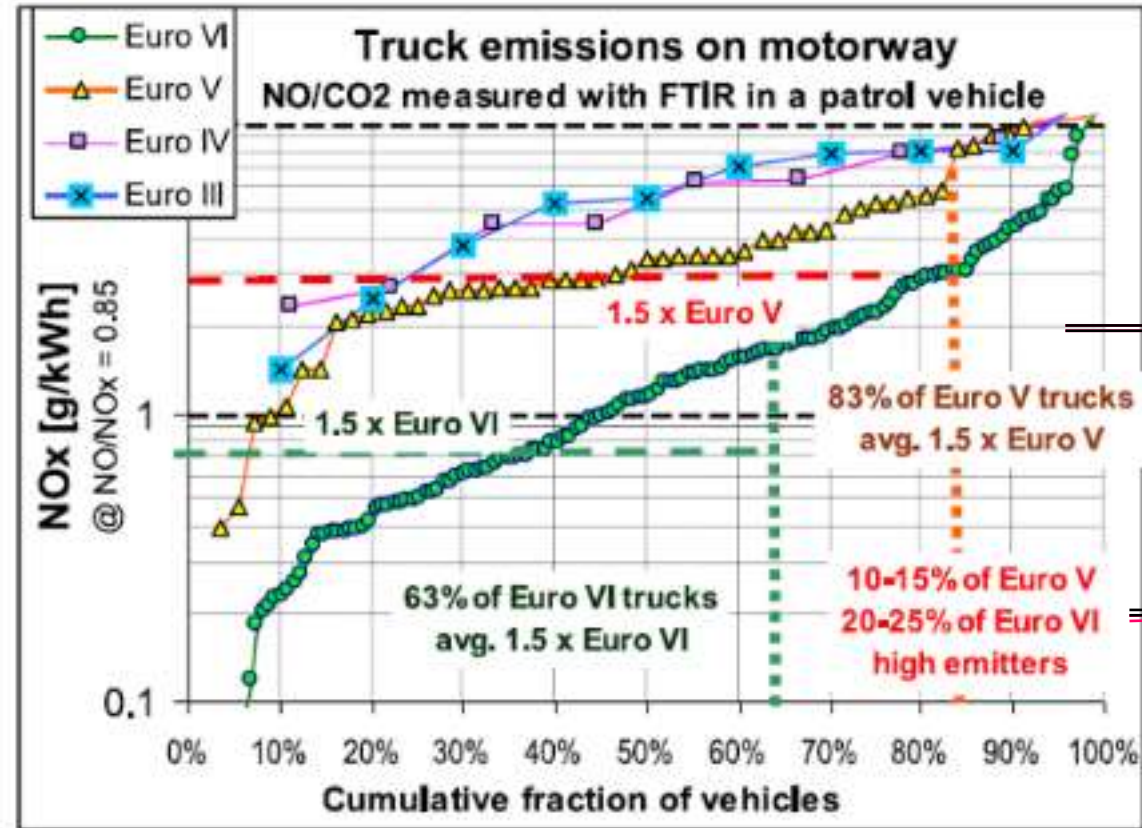
Dálkové měření emisí NO_x u kamionů: SCR funguje!!!

**D1, CZ, Euro 6 r.v. 2013+
>40 % kamionů <1 g/km NO_x**

Vojtíšek a kol., Sci Tot Env 738 (2020) 139753

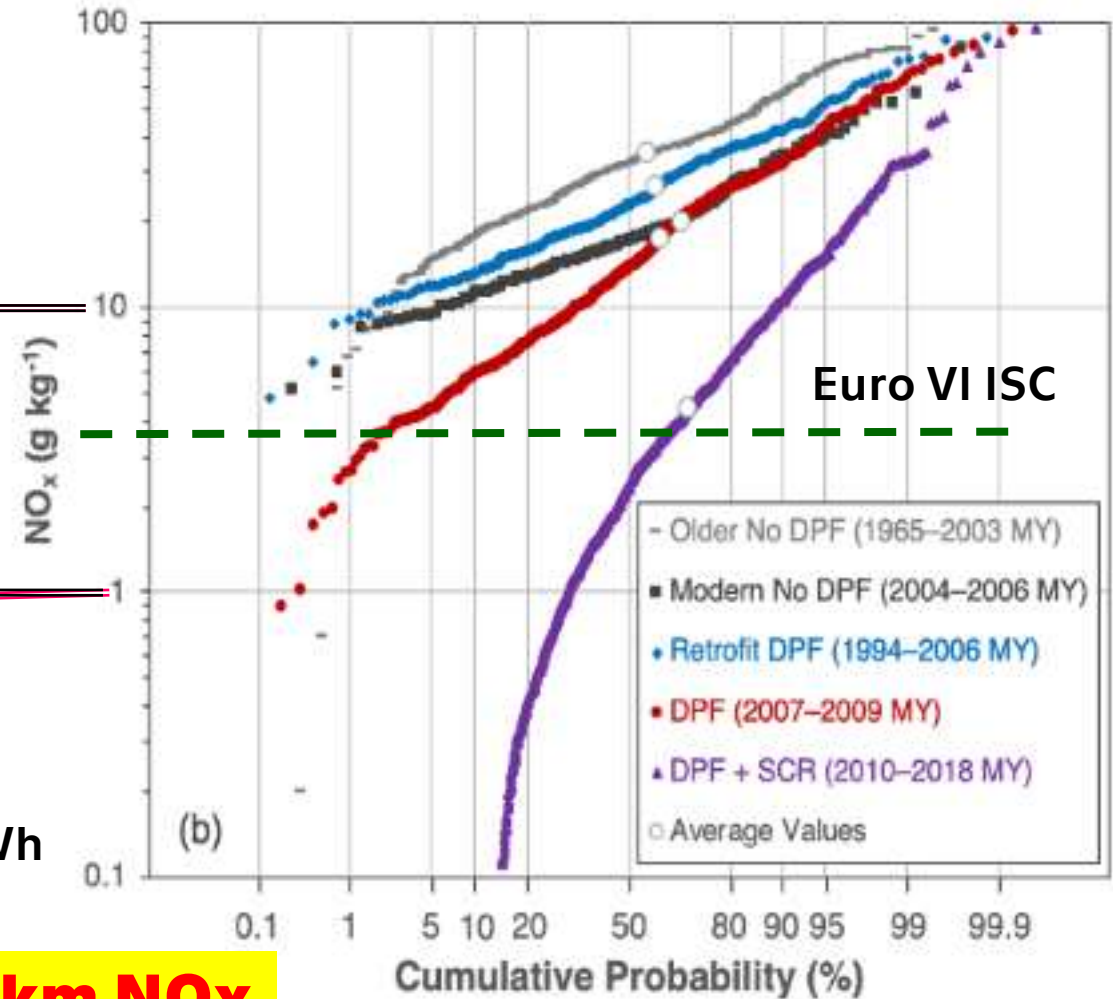
**Kalifornie, USA, r.v. 2010+
>50 % kamionů <1 g/km NO_x**

Preble a kol., CARB Contract No. 12-315, 2019



1 g/kg ~ 0.2 g/kWh

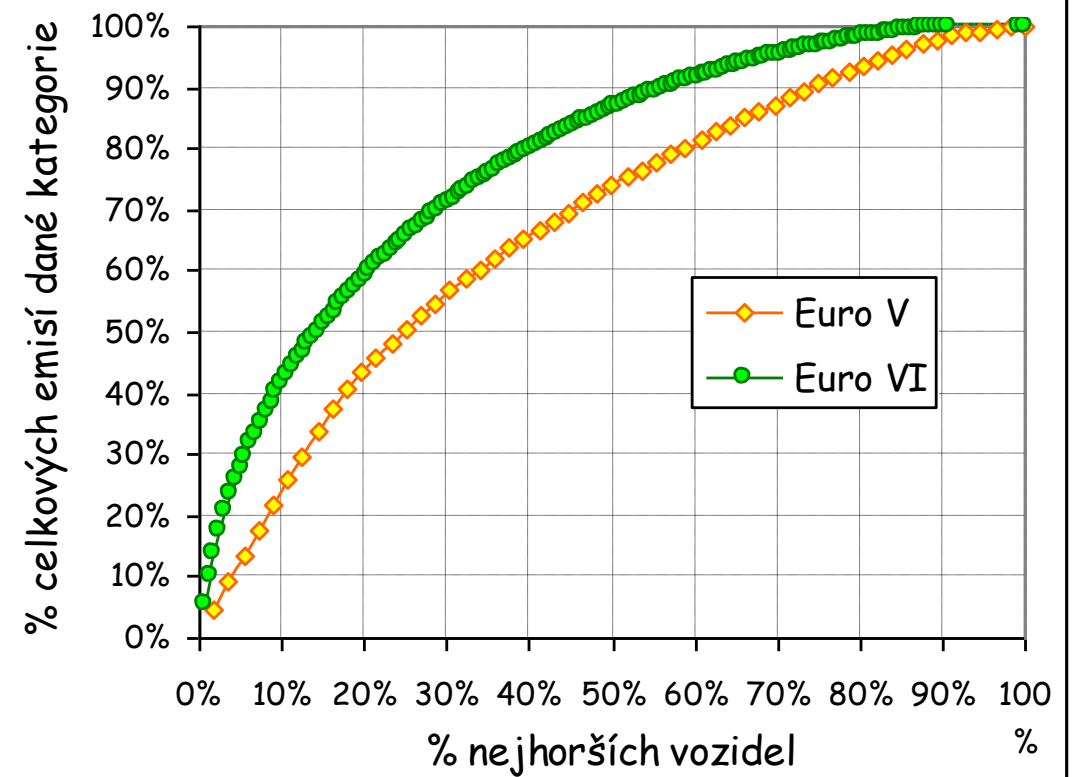
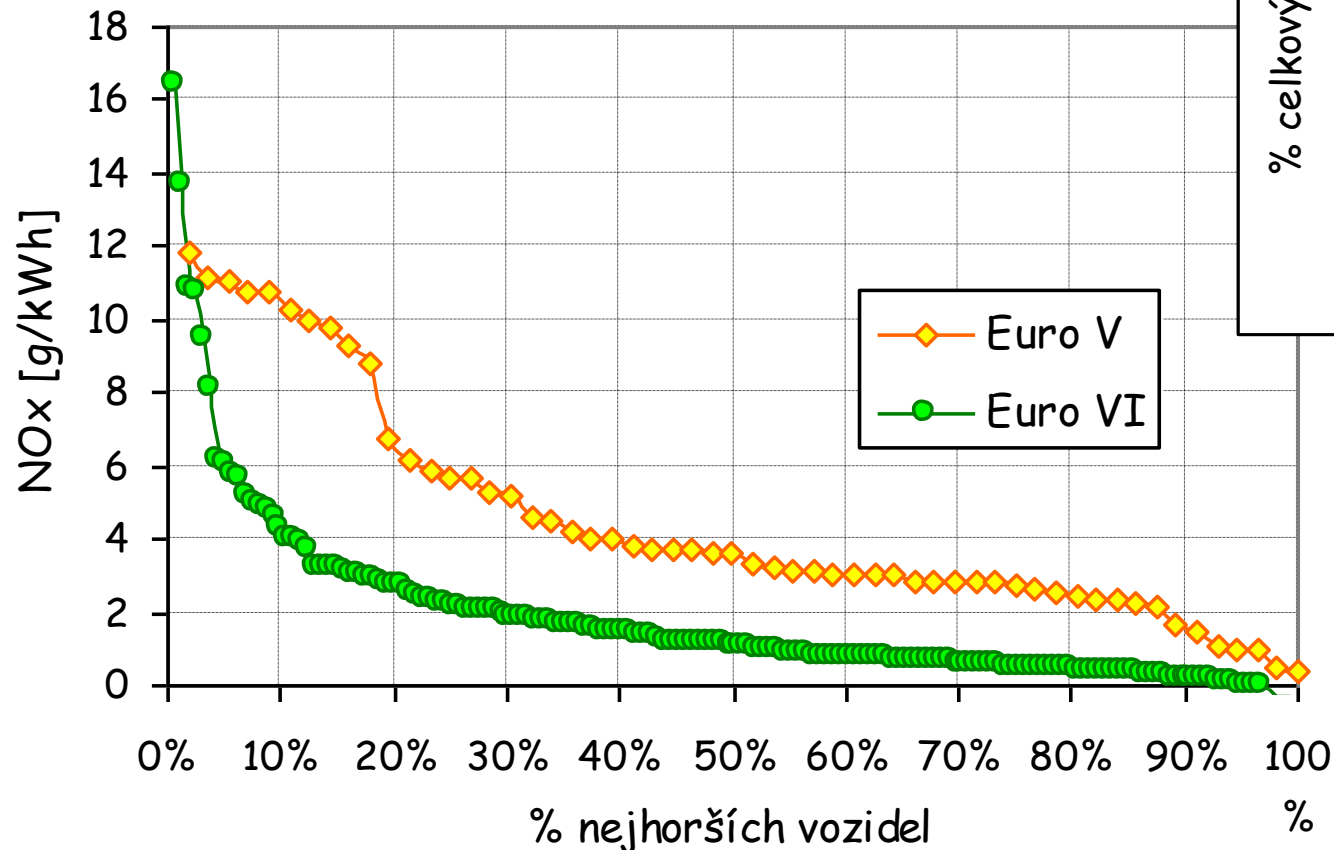
@ 200 g/kWh, 24 liters/100 km: 1 g/kWh = 1 g/km



Euro 3-5 naftový automobil: téměř 1 g/km NO_x

Dálkové měření NO_x na D1 rozložení emisí u kamionů

Vojtíšek a kol., Sci Tot Env 738 (2020) 139753



**Rozložení emisí
podobné
Lorenzově křivce
rozložení
bohatství**

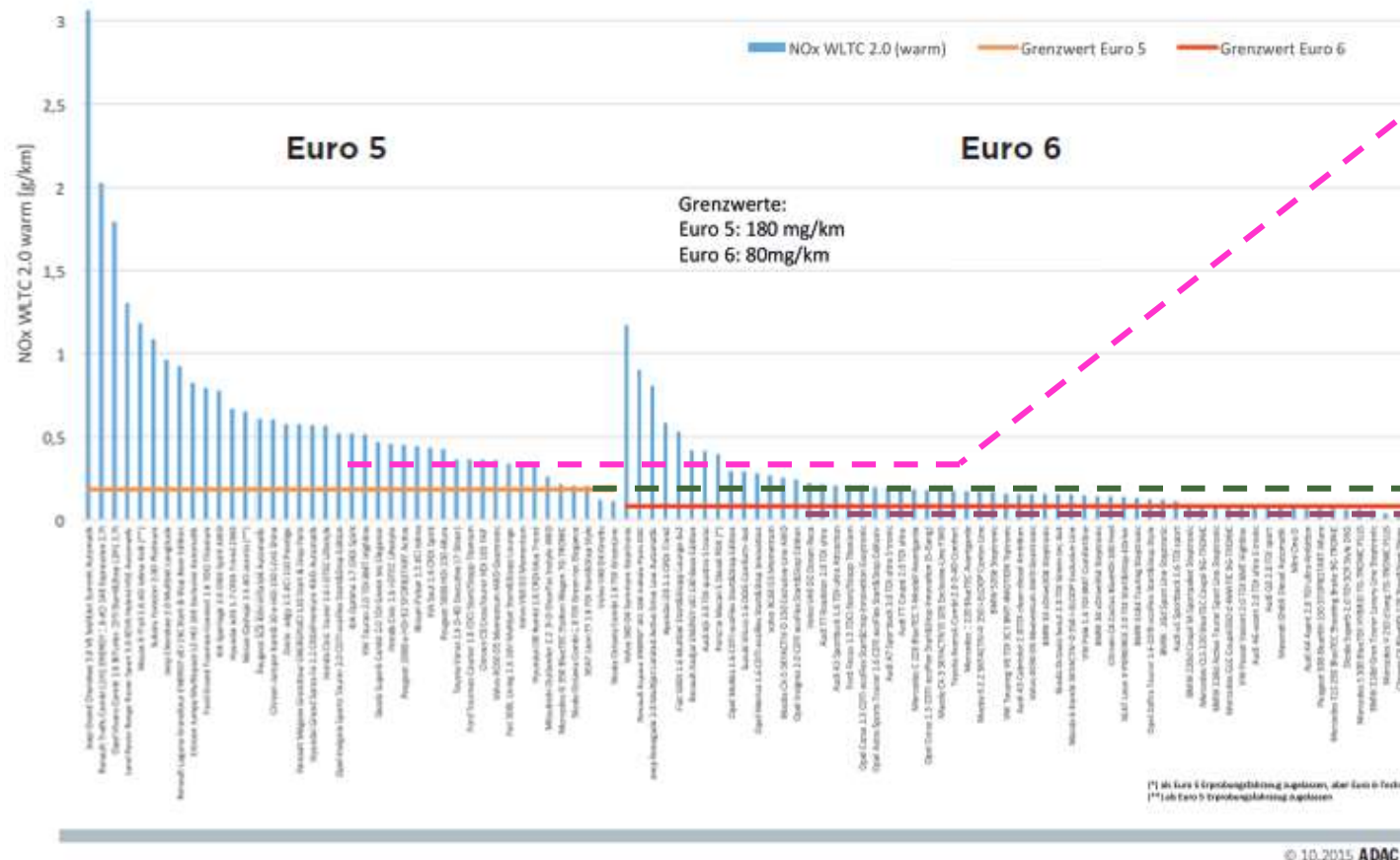
Lorenz, M. O. "Methods of measuring the concentration of wealth". Publications of the American Statistical Association, Vol. 9, No. 70. 9 (70): 209–219, (1905).

Problem of NO₂ and other reactive nitrogen species

Old diesels emitted most NO_x as NO, with new catalysts, share of NO₂ increased from several percent to tens of percent.

European diesel cars emit more NO₂ than is the limit for NO_x, and more NO_x per km driven than (2010+) U.S. trucks and buses

ADAC EcoTest: Stickoxide im WLTC 2.0 (warm)
Euro 5 und Euro 6 Diesel Pkw - getestet ab 2014



US EPA 2010 limit for heavy vehicle engines:
0.2 g-bhp/h ~ 300 mg/km NO_x



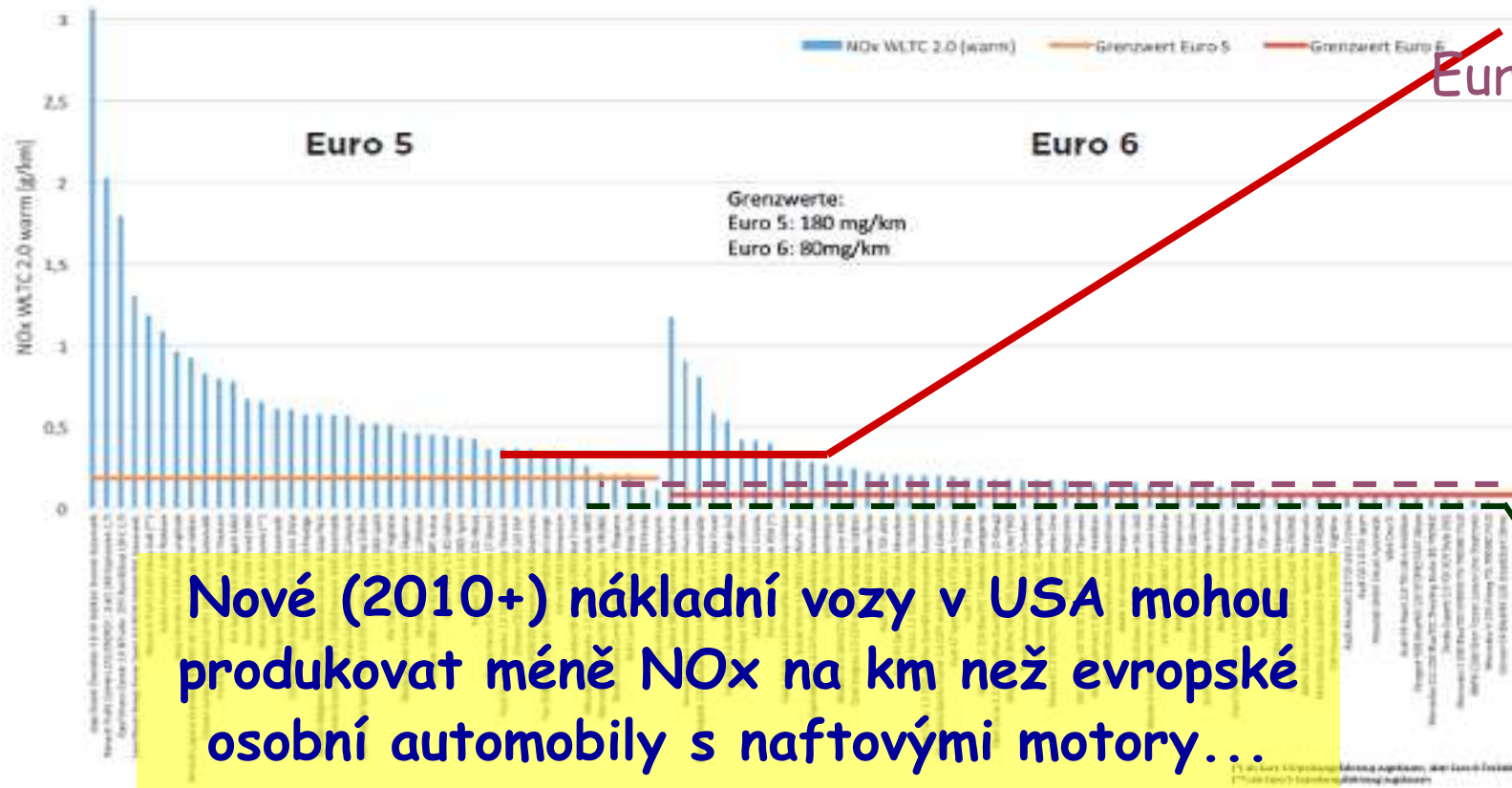
Proposed U.S. limit:
0.02 g-bhp/h
~ 30 mg/km NO_x

Technologický potenciál SCR katalyzátorů: >>90% redukce NO_x

Navýšení emisí NO_x

přechodem z nafty na 100% bionaftu: v průměru jednotky procent
"podměrečnou" konstrukcí a obcházením legislativy: stovky procent

ADAC EcoTest: Stickoxide im WLTC 2.0 (warm)
Euro 5 und Euro 6 Diesel Pkw - getestet ab 2014



0.2 g-bhp/h US EPA 2010 limit
~ 300 mg/km NO_x (@ ~ 1 kWh/km)

Euro 6 diesel bus, Braunschweig cycle
< 200 mg/km NO_x



Navrhované (US - California):

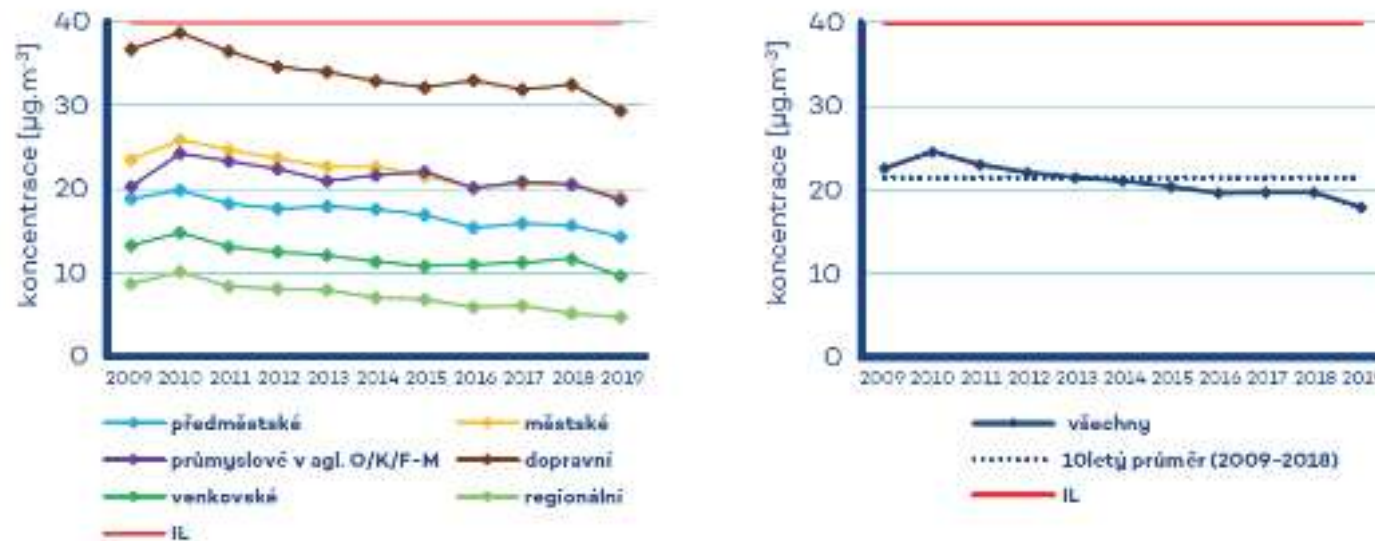
0.02 g-bhp/h

~ 30 mg/km NO_x

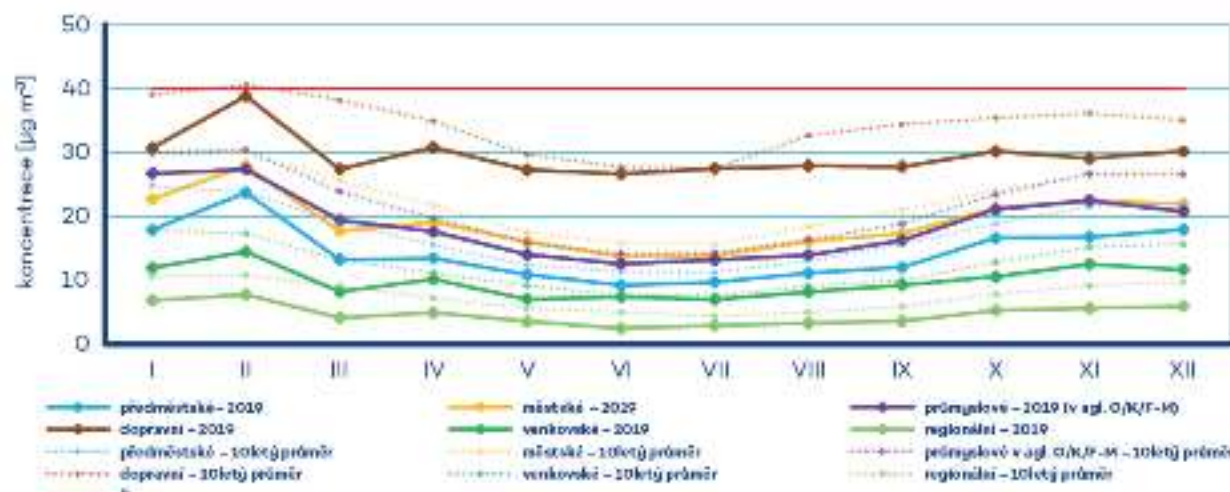
K diskuzi: Lze nízké navýšení NO_x biopalivy kompenzovat SCR?

Trendy v koncentracích NO₂ v ČR vs. EU/EHK Emisní limity pro NO_x

Zdroj: Znečištění ovzduší v ČR, 2019, ČHMÚ



Obr. IV.3.7 Vývoj ročních charakteristik NO₂ na jednotlivých typech stanic v České republice, 2009–2019



Obr. IV.3.4 Roční ohod průměrných měsíčních koncentrací NO₂ (průměry pro daný typ stanic), 2019



Obr. IV.3.5 Pole roční průměrné koncentrace NO₂, 2019

Těžká vozidla:
Euro VI, 2013: 0.46 g/kWh vs.
Euro III, 2000: 5 g/kWh
Automobily:
Euro 6, 2014: 60–80 mg/km
Euro 2, 1996: 150–500 mg/km



CTU
CERCH TECHNICAL
UNIVERSITY
IN PRAGUE

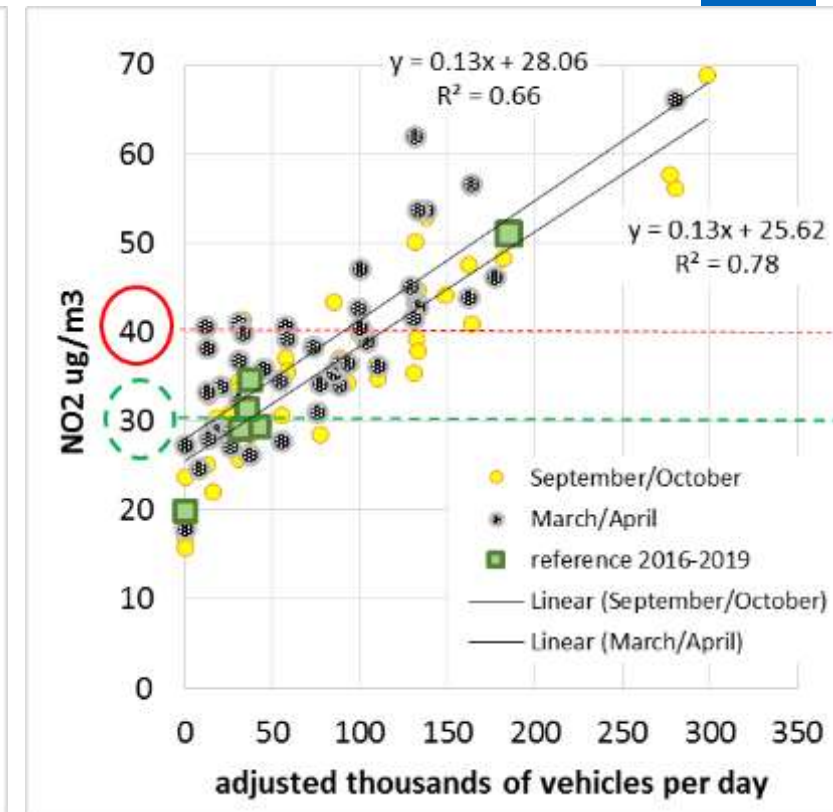
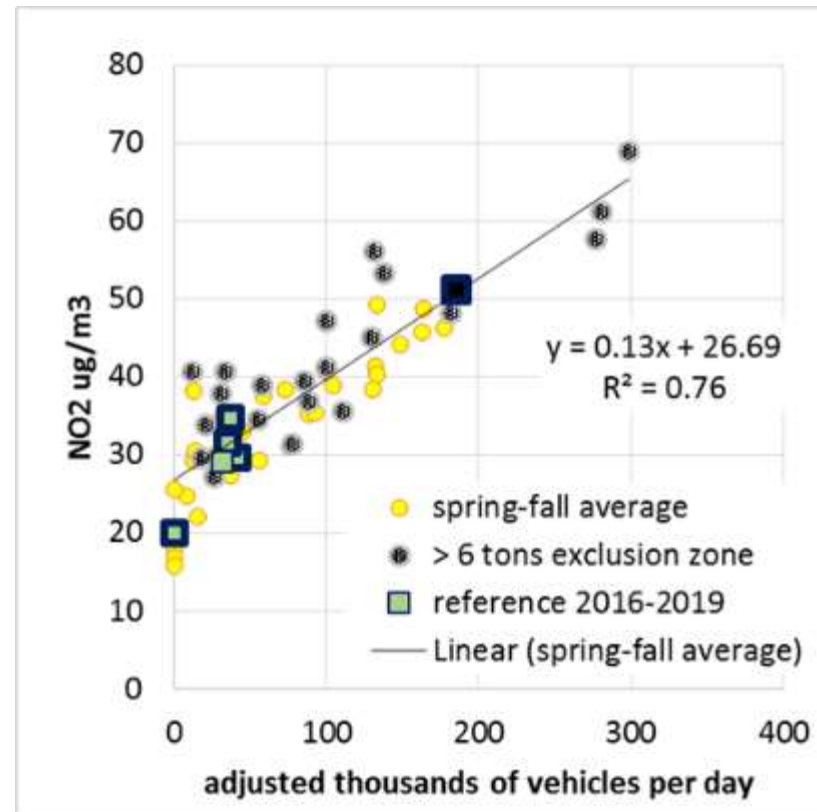
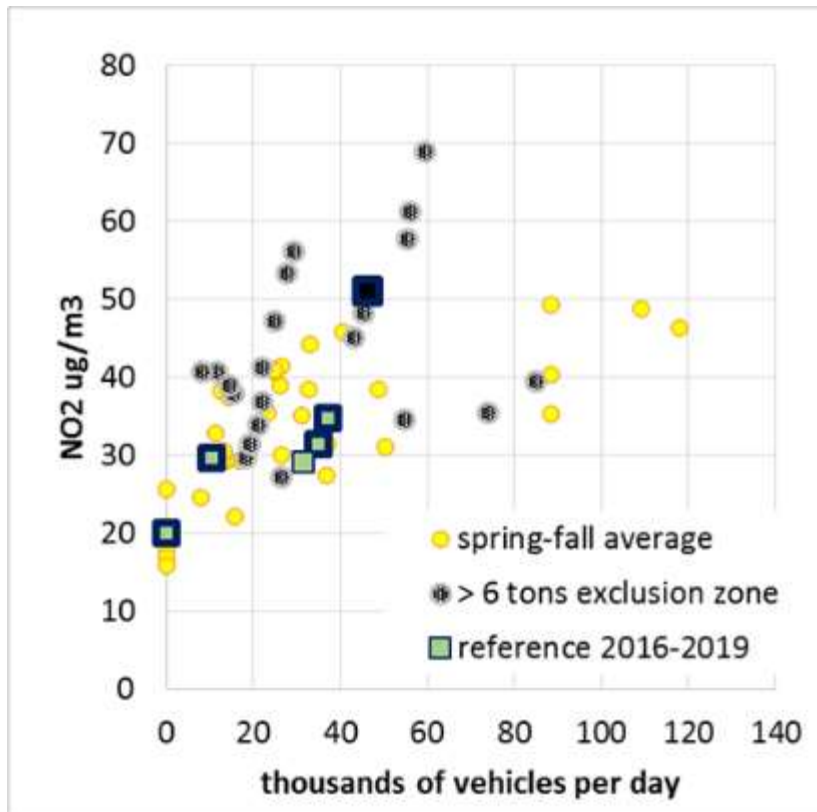
Koncentrace NO_2 v ČR měřené pasivními vzorkovači v Praze

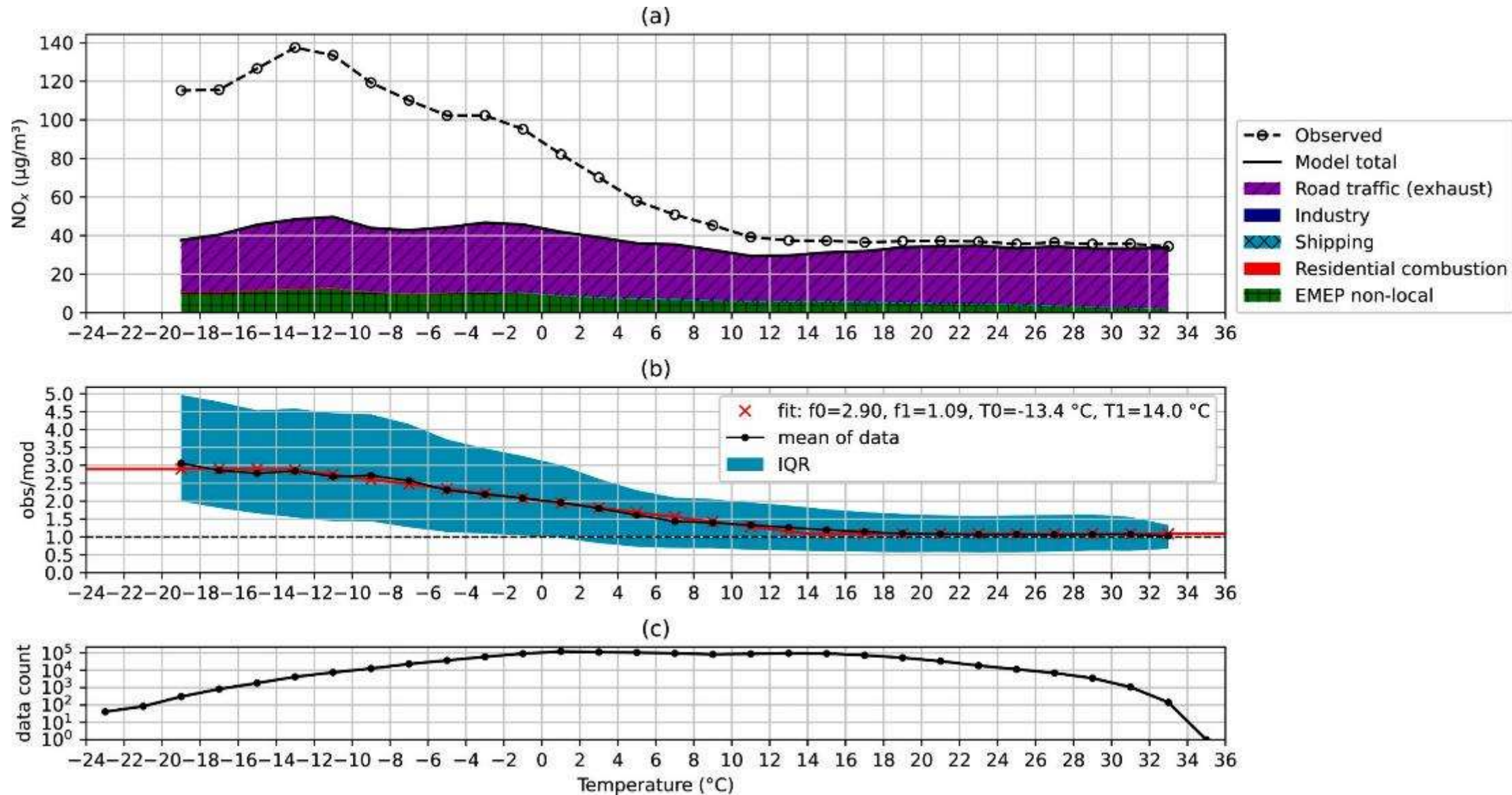
104 vzorkovačů, cca 4 týdny měření, 65 lokalit v Praze – MUDr. Šuta, 2019

Zřejmá korelace mezi intenzitou dopravy a koncentracemi NO_2

(Pozn.: korigovaná intenzita = navýšení tam kde auta jezdí do kopce nebo zastavují na křižovatkách)

Limit 40 ug/m^3 překročen i po odečtení tolerance -15%





„Víceemise“ NO_x celosvětově způsobí 38 tis. předčasných úmrtí ročně

Künzli ETH Nanoparticles 2017 / Anenberg et al., Nature 2017

Rigorous measures of control and sanctions needed Swiss TPH 

Nature 2017

Impacts and mitigation of excess diesel-related NO_x emissions in 11 major vehicle markets

Susan C. Anenberg^{1*}, Joshua Miller^{2*}, Ray Minjares², Li Du², Daven K. Henze³, Forrest Lacey^{3†}, Christopher S. Malley⁴, Lisa Emberson⁴, Vicente Franco^{2†}, Zbigniew Klimont⁵ & Chris Heyes⁵

Global consequences of VW (et al) Directors' decision to manipulate software:

~38'000 premature death /yr globally caused by the excess NO₂ (via the NO_x driven formation of PM and O₃)

http://www.nanoparticles.ch/archive/2017_Kuenzli_PR.pdf



CTU

CZECH TECHNICAL
UNIVERSITY
IN PRAGUE

Dálkové měření emisí NO_x u kamionů

EU projekt CARES, září 2022, D1

Policie ČR přivádí kamion, u kterého byly měřicím vozem zjištěny vysoké emise NO_x, ke kontrole ...



Dálkové měření emisí NO_x u kamionů

EU projekt CARES, září 2022, D1

Policie ČR přivádí kamion, u kterého byly měřicím vozem zjištěny vysoké emise NO_x, ke kontrole ...



**... a protokolárně odebírá
z vozidla SCR emulátor**



CTU

CZECH TECHNICAL
UNIVERSITY
IN PRAGUE

Technologické možnosti snižování emisí

PM > 90 %, PN > 99 %, NO_x > 90-99 %, CO > 99 %

Benzínové motory

Nové nežádoucí látky

Přesné řízení poměru palivo-vzduch

Třícestný katalyzátor NH₃ (při nedostatku kyslíku)

GPF – filtr částic pro benzínové motory

Naftové motory

Přesné řízení časování vstřiku a dávky paliva

Oxidační katalyzátor NO₂ (oxidace NO)

DPF – filtr částic pro naftové motory

SCR – selektivní katalytická redukce NH₃ (nezreagovaný)

AOC – oxidační katalyzátor zbytkového amoniaku N₂O (nízké teploty)



CTU
CZECH TECHNICAL
UNIVERSITY
IN PRAGUE

Technologické možnosti snižování emisí

PM > 90 %, PN > 99 %, NO_x > 90-99 %, CO > 99 %

- **To je to jediné, co nám dosud zlepšilo ovzduší**
- **Dále snižovat lze (Euro 7+), ale je to účelné?**

Není nyní čas na netechnická opatření?

Přestat podvádět na homologacích (Dieselgate)

Udržovat vozidla v řádném stavu

Přestat podvádět na stanicích měření emisí

Jezdit slušně, klidně, předvídavě

Zamyslet se nad tím, čím jezdíme

Nepřetěžovat silniční síť (dopravní, územní plánování)

Zamyslet se nad tím, zda opravdu potřebujeme jet



CTU
CZECH TECHNICAL
UNIVERSITY
IN PRAGUE

Technologické možnosti snižování emisí

PM > 90 %, PN > 99 %



CTU

CZECH TECHNICAL
UNIVERSITY
IN PRAGUE

Velká podíl na emisích má malá část vozidel - ani ne ta stará, ale ta ve špatném stavu !



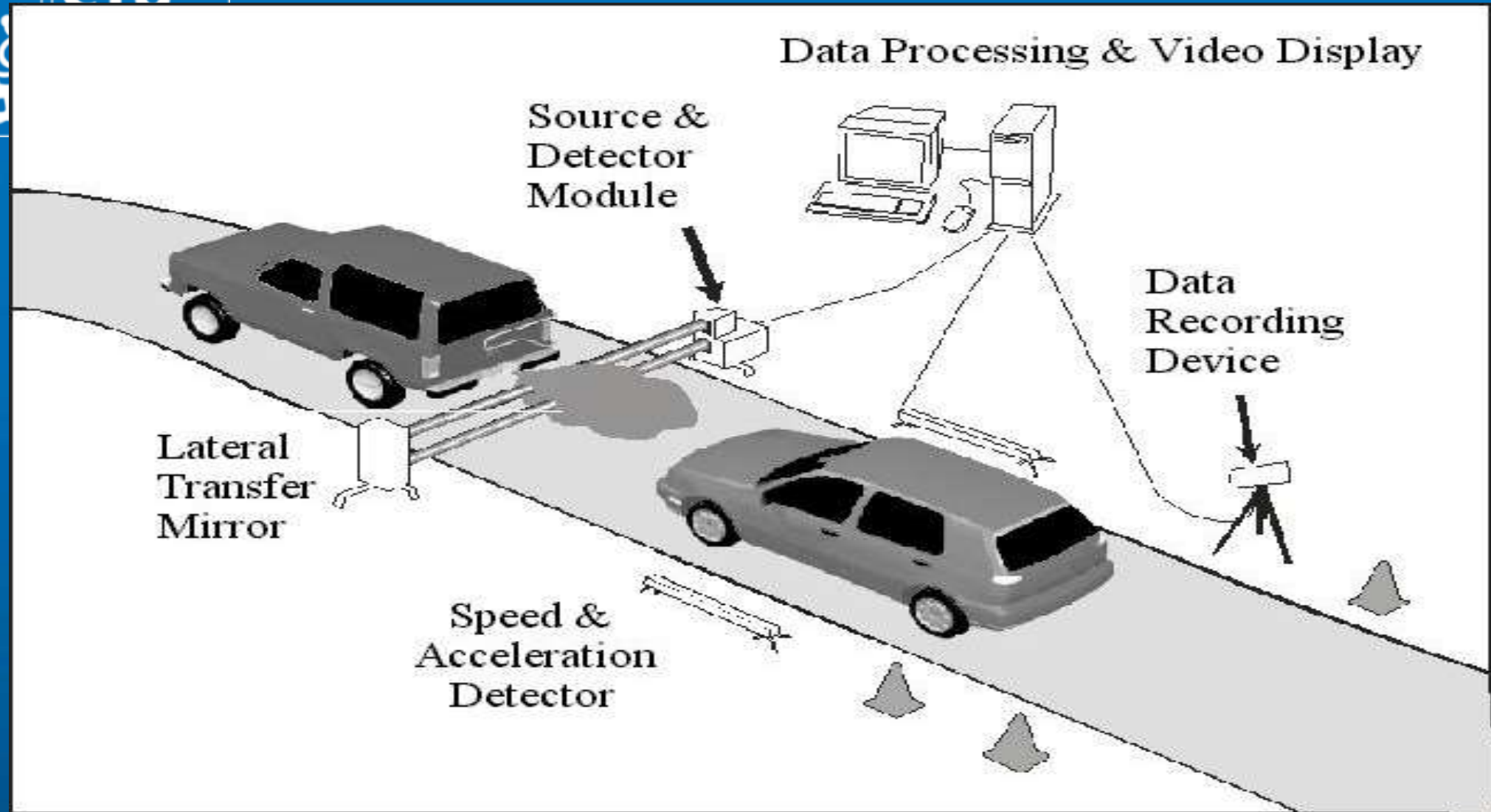
CTU

CZECH TECHNICAL
UNIVERSITY
IN PRAGUE

Vzdálené měření emisí (Remote sensing devices)



CTU



Ministerstvo životního prostředí (Virginia Department of Environmental Quality), USA

<http://www.deq.state.va.us/regulations/pdf/2007.on.road.emissions.testing.program.status.report.pdf>

Evaluation of vehicle technical condition in Prague

Particulate matter measurement

NanoMet3:
Number of non-volatile particles (PN)

Rotating disc diluter
Evaporation tube
(volatile particle remover)
Diffusion charger
Electrometers

MicroSoot Sensor:
Photoacoustic detector of soot mass concentration

Engine Exhaust Particle Sizer:
Mobility diameter resolved number concentrations
Diffusion charging, Classification based on electric mobility diameter, Detection of charged particles by electrometers



CO₂ & other gases:
FTIR (5 Hz, 0.5 cm⁻¹)
Bruker Optik, 5 m cell



Prague tourist boat 2017 gallery of shame (selection)



Warning: Do not inhale!

Motory s vysokými emisemi mají velký podíl na celkových - obecně vysokých - emisích. Staré motory - méně přísné limity - téměř žádná kontrola technického stavu. Toto v historickém centru, kde uvažujeme o nízkoemisní zóně (?)



“Rolling coal”

Zkoušení přístrojů v
areálu ČZU, nicméně ...
Tento vůz vypůjčen „z
provozu“ s platnou STK

Varování: Spalovací motory produkují neviditelné velmi jemné částice, které, jsou-li vdechnuty, mohou způsobit rakovinná onemocnění a zvyšují pravděpodobnost výskytu astmatu, infarktu myokardu, Alzheimerovy choroby, a dalších nemocí.

Diskuze: Proporcionalita, ucelené a systémové řešení: Vynakládáme velké peníze na čistá paliva, a přitom tolerujeme „technologickou nekázeň“ ???

Příklady technologické nekázně:

Obcházení emisní legislativy výrobcí motoru
Pokoutné úpravy („tunění“, „čipování“) motoru
Odstraňování filtrů částic a katalyzátorů
„Emulátory“ filtrů částic a SCR katalyzátorů

...



Home > Accessories



7 IN 1 ADBLUE Emulator For Heavy Truck AD blue Duty Veh With Programing Adapter

★★★★★ 0 Reviews | Questions & Answers | Sold: 88
ID: 1030805

Price: **Kč385.13**

Shipping: **Sold Out**

Free shipping via Standard Shipping :: Shipping time: 7-35 business days

Refer & get \$1 Price alert Report error

Pilotní studie MŽP, MD, ČVUT, ČZU, Trutnov 2018

Krok 1: Předvýběr
cca 5% projíždějících
vozidel na základě
měření u silnice



Krok 2: Pre-test
cca čtvrtminutový
test během kontroly
dokladů Policií ČR -
CO, CO₂, NO, PN

Ze zastavených vozidel:
Cca polovina vozidel odeslána na SME.
Cca třetina vozidel: Vysoké emise
nepostihnutelné legislativou.
Cca šestina vozidel: emise odpovídají
parametrům vozidla

50% částic ~ 5-10% vozidel

Krok 3: Měření opacity (SAE J1667)
obdobně jako na SME

Krok 4: Měření na SME
(75% vozidel neprošlo)

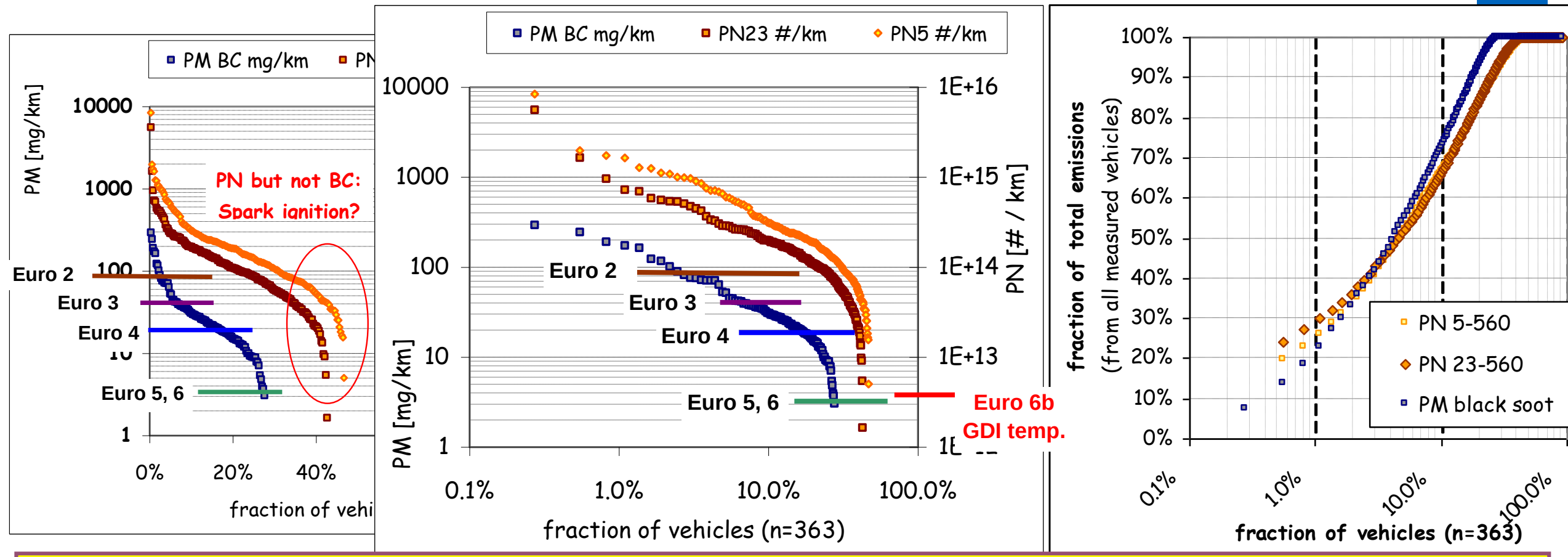


Dálkové měření, Trutnov, 28.5.2018

~ 3 h, ~ 700 vozidel, u ~ 360 platné CO_2 , u ~ 150 detekované částice

1% vozidel ~ 20-30% částic (saze i počet)

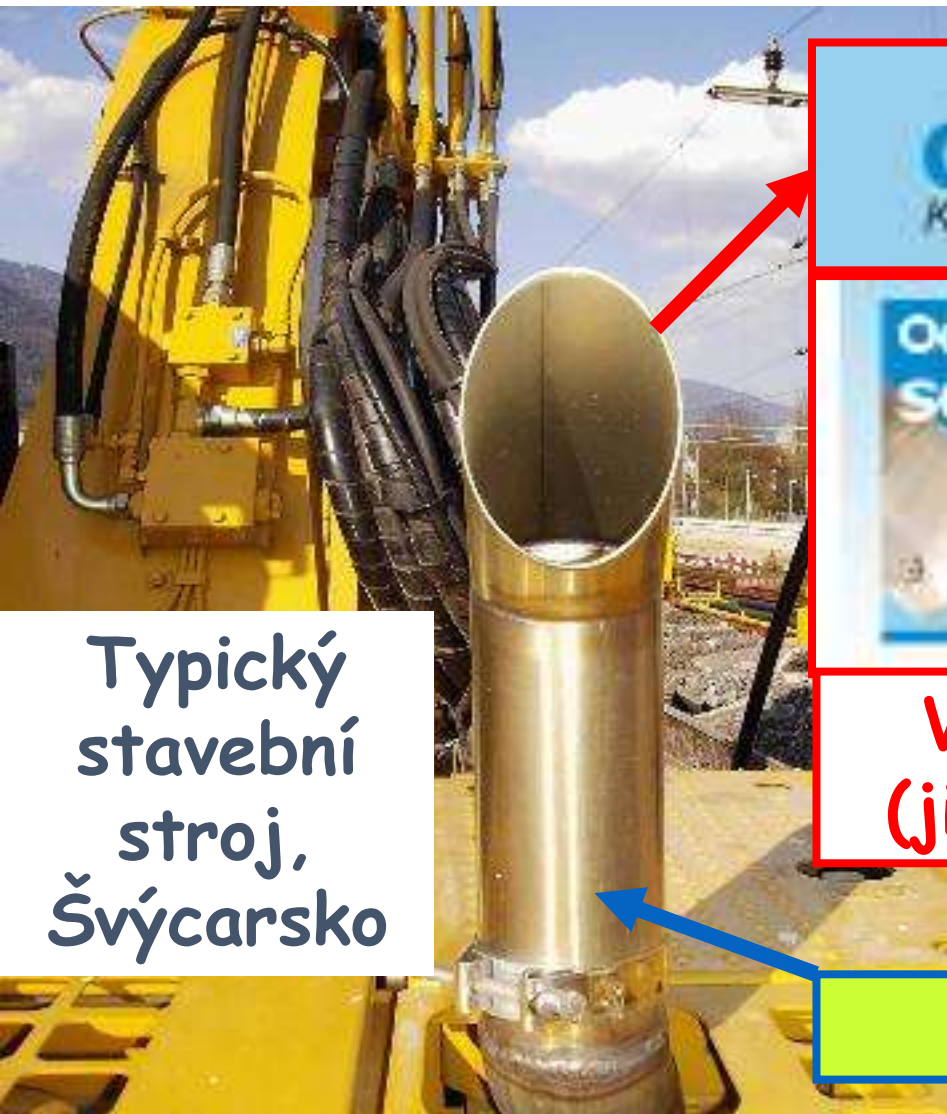
10% vozidel ~ 65-75% částic (saze i počet)



28 worst emitters were stopped and inspected by police (Skácel et al., ETH NPC 2018)

Otázka správné funkce DPF je otázkou technologické kázně

Problém s DPF je zpravidla důsledkem jiných problémů s motorem



Typický
stavební
stroj,
Švýcarsko

ODSTRANĚNÍ DPF
Konečné řešení Vašich problémů

Odstranění DPF se zárukou

Plnění emisních norem EU

Vozidlo neplní EU legislativu
(jiné než schválené provedení)

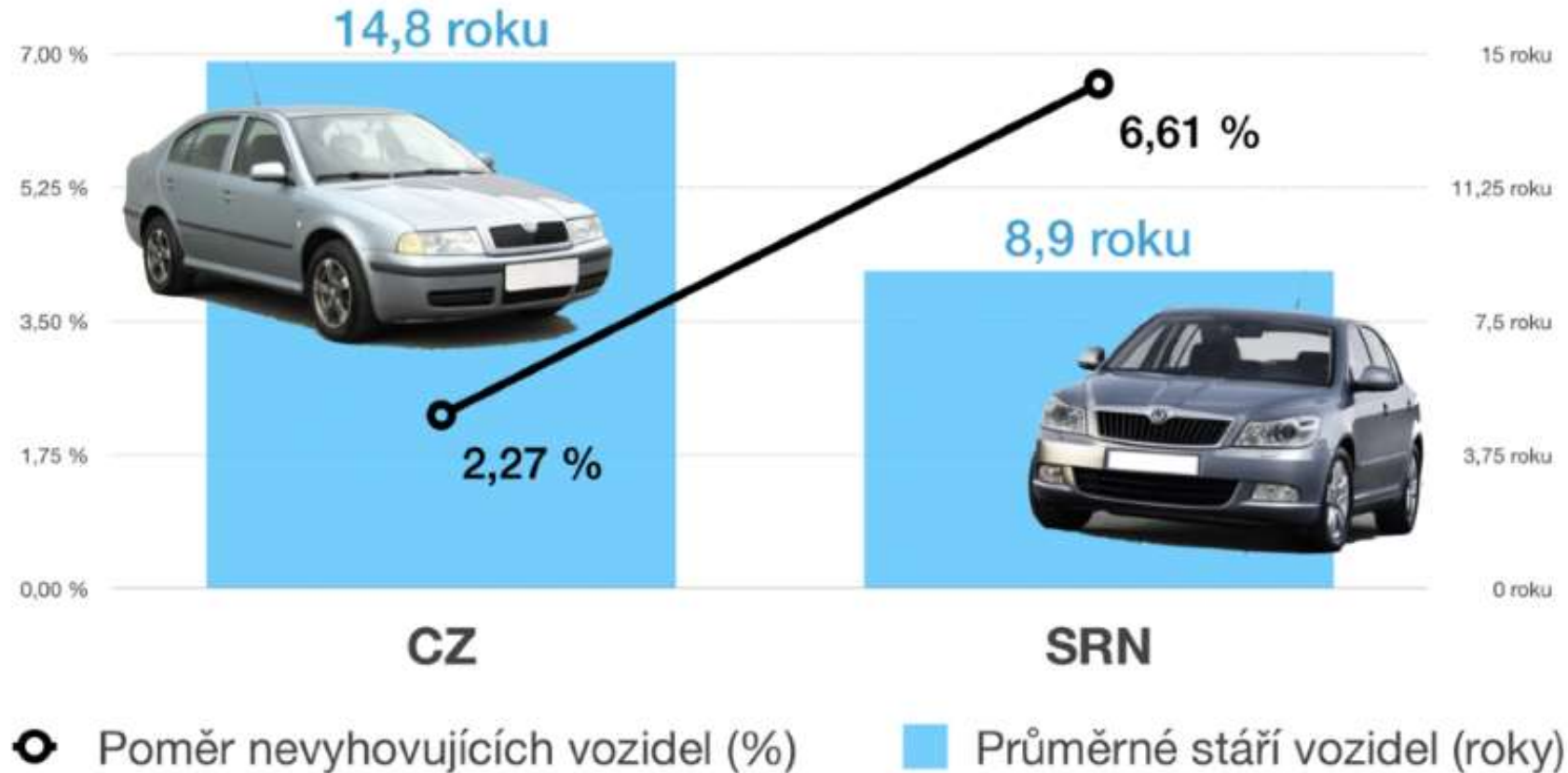
Dodatečná montáž DPF

???

česká
„realita“?



Pravidelná měření emisí, která mají odhalit vozidla s nadměrnými emisemi, „zdaleka nedosahují svého technického potenciálu“



Statistika z Informačního systému technických prohlídek pro měření emisí za rok 2018

Asociace emisních techniků a opravářů

http://www.asem.cz/uploads/3/9/3/1/39314181/pr%CC%8Ci%CC%81loha_3_-_statistika_istp_sme.pdf

Pravidelná měření emisí, která mají odhalit vozidla s nadměrnými emisemi, „zdaleka nedosahují svého technického potenciálu“

Statistika nejprůchodnějších emisních stanic a okres ve kterém jsou umístěny		Počet kontrolovaných vozidel			Procento nevyhovujících vozidel (%)
		Vyhovělo (ks)	Nevyhovělo (ks)	Průměrné stáří vozidel (roku)	
1	Mladá Boleslav	5628	3	14,3	0,05 %
2	Praha	10418	15	11,7	0,14 %
3	Praha	5786	9	14,1	0,16 %
4	Karlovy Vary	11281	24	12,2	0,21 %
5	Praha	8711	21	11,3	0,24 %
6	Praha	11610	29	12,0	0,25 %
7	Kladno	8681	25	12,7	0,29 %
8	Benešov	7578	23	14,2	0,30 %
9	Pardubice	5990	20	15,5	0,33 %
10	Ústí nad Orlicí	5409	21	13,9	0,39 %

Statistika z Informačního systému technických prohlídek pro měření emisí za rok 2018

Asociace emisních techniků a opravářů

http://www.asem.cz/uploads/3/9/3/1/39314181/pr%CC%8Ci%CC%81loha_3_-_statistika_istp_sme.pdf

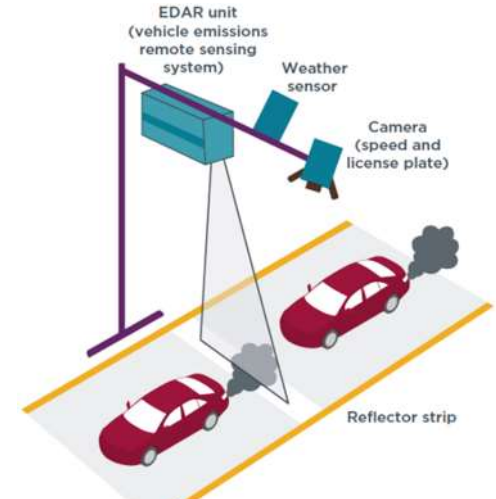
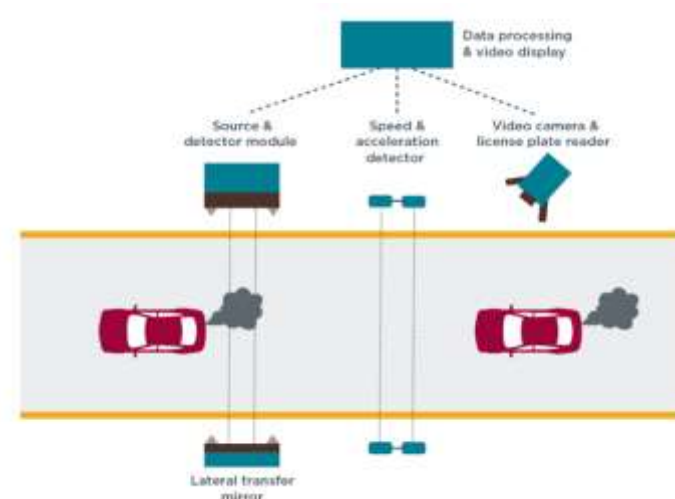


Lesson learned from the CARES project and prototype point sampling and plume chasing testing

Yoann Bernard

Commercial open-path remote sensing technology can measure real-world emissions of thousands vehicles per day

- Uses sensor and light beam to capture snapshots of the exhaust emissions from individual on-road vehicles
- Pollutants measured include NO, NO₂, PM, CO, HC, NH₃ (OPUS)
- Emissions of thousands of vehicles a day without contact
- Combined with vehicle specific information (make, model, etc), to allow a better understanding of fleet emissions

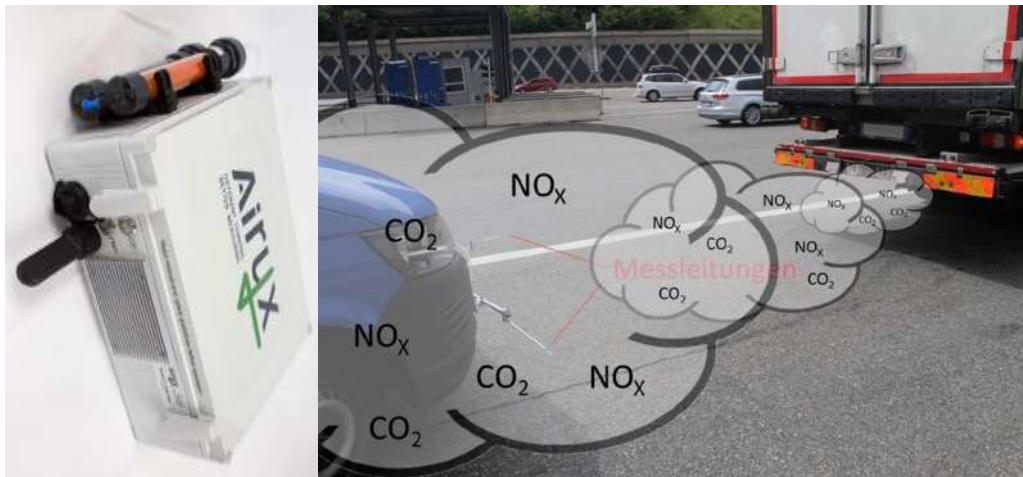


Plume chasing and point sampling are extracting part of the dilutes which allow the use of lab-grade analyzers

Plume chasing

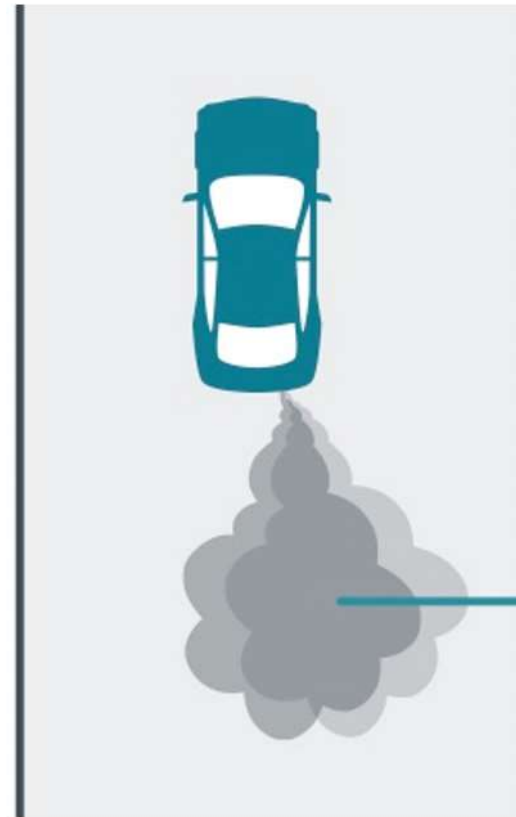


NO_x and PN are measured



THE INTERNATIONAL COUNCIL
ON CLEAN TRANSPORTATION

Point sampling

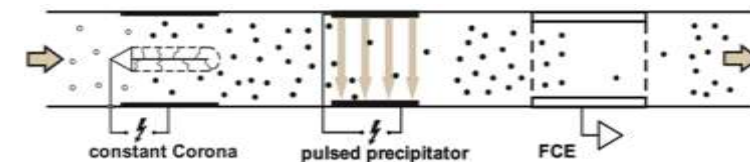


Prototype point sampling remote sensing

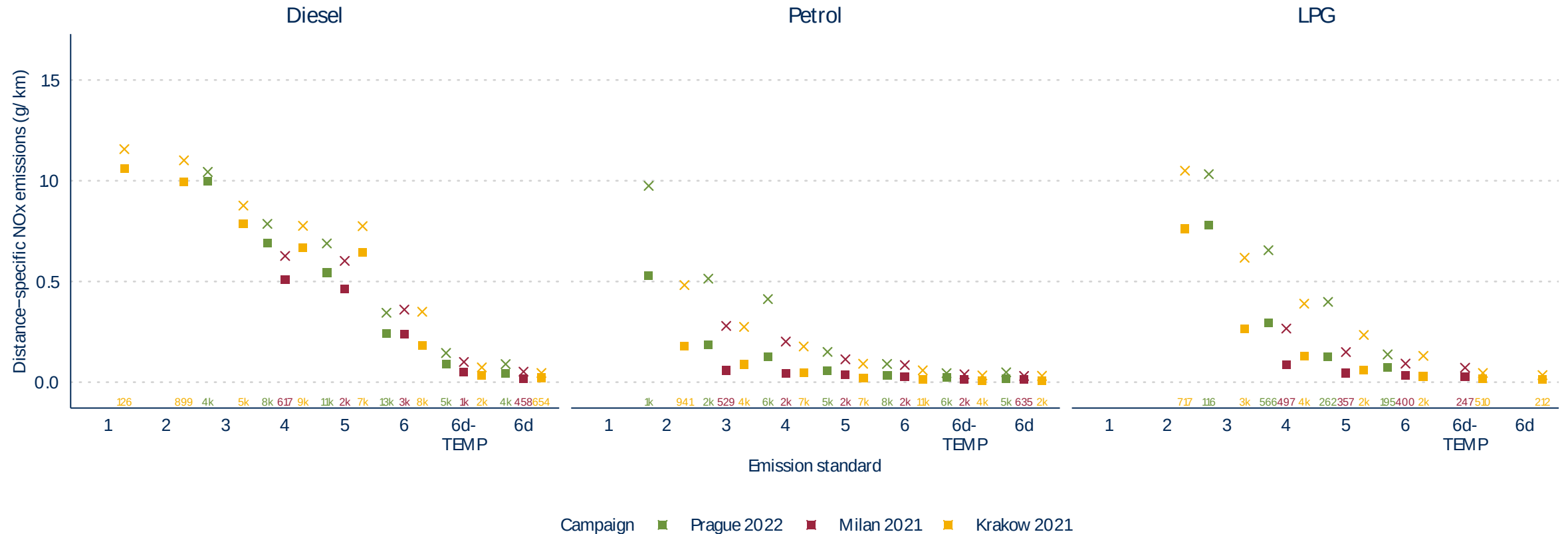


Analyzer

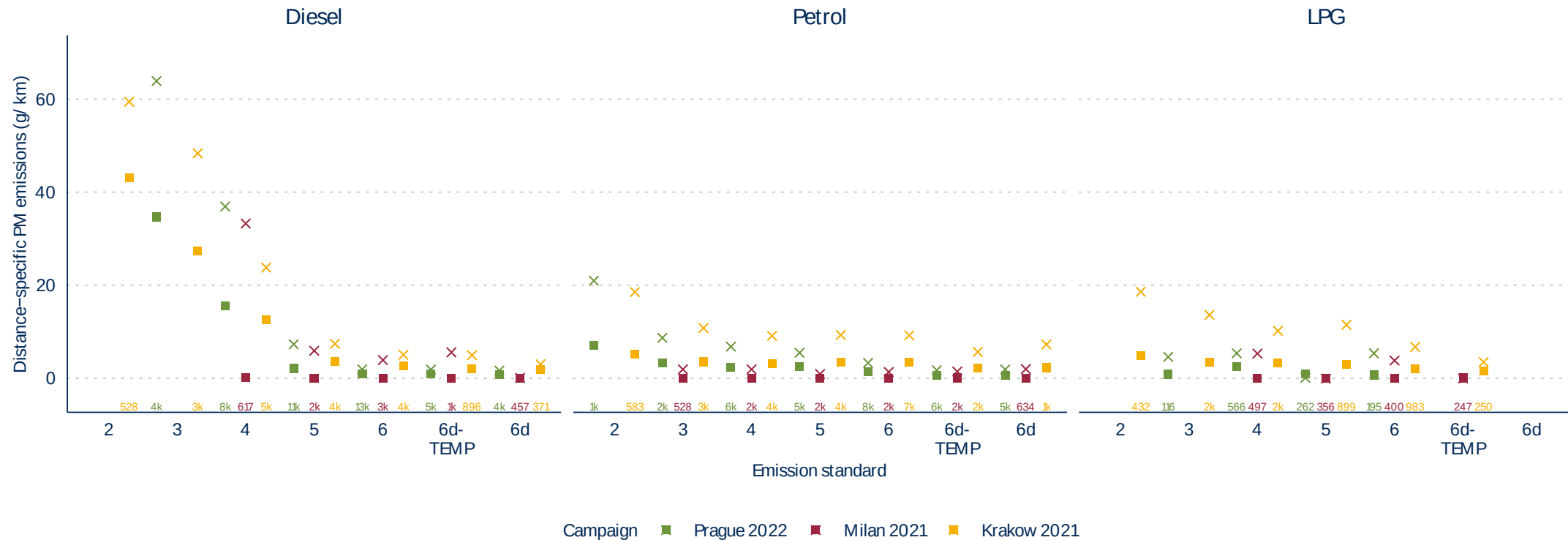
Particle number (PN) sensor



Open-path technologies show good agreements across campaigns.

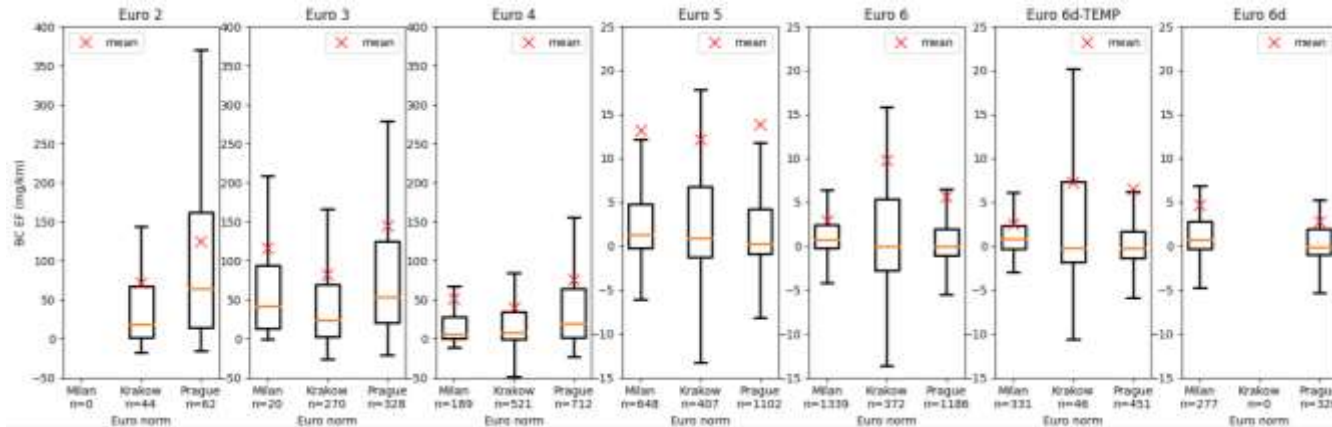


Open-path technologies show good agreements across campaigns.



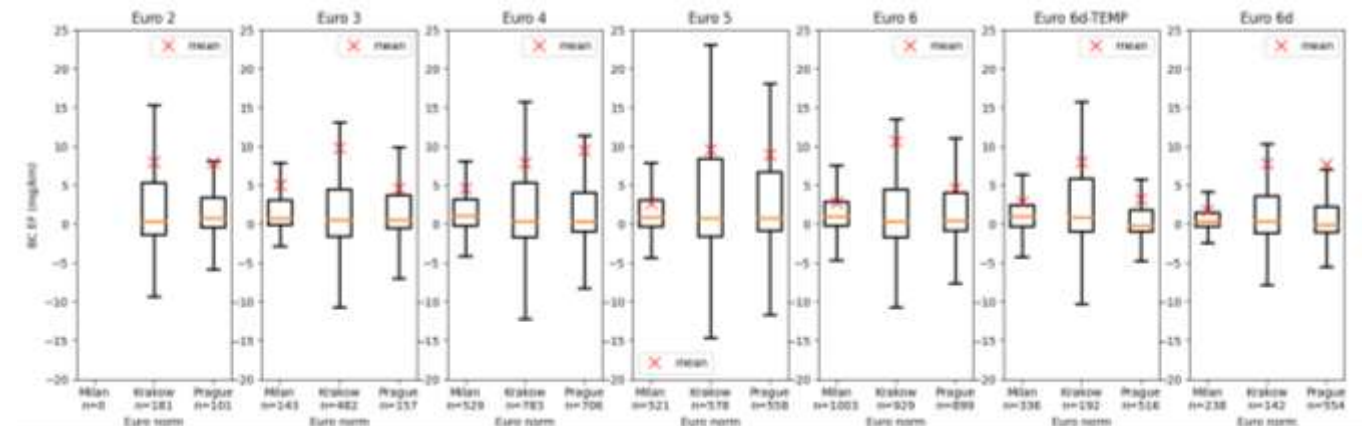
Point sampling data shows similar trends and indicates that average BC emissions from diesel Euro 5 and above exceed type-approval limits

Diesel passenger cars



Comparison of distance-specific BC emissions of diesel passenger vehicles by emission standards from the three city measurement campaigns measured by the PS system. Y-scale adjusted between Euro2-4 and Euro 5-6d emission standards.

Petrol passenger cars



Comparison of distance-specific BC emissions of petrol passenger vehicles by emission standards from the three city measurement campaigns measured by the PS system.

Point sampling technology can screen the fleet for DPF failures or malfunctions

- Point sampling remote sensing reroutes a fraction of the diluted exhaust plume to lab-grade analyzers
- The technology is particularly adapted to measure particle numbers (PN)
- Diesel Particulate Filter tampering or malfunctions can be detected
- In Europe, some EU member states could confirm high emitters during a follow up inspection using tailpipe PN measurements.

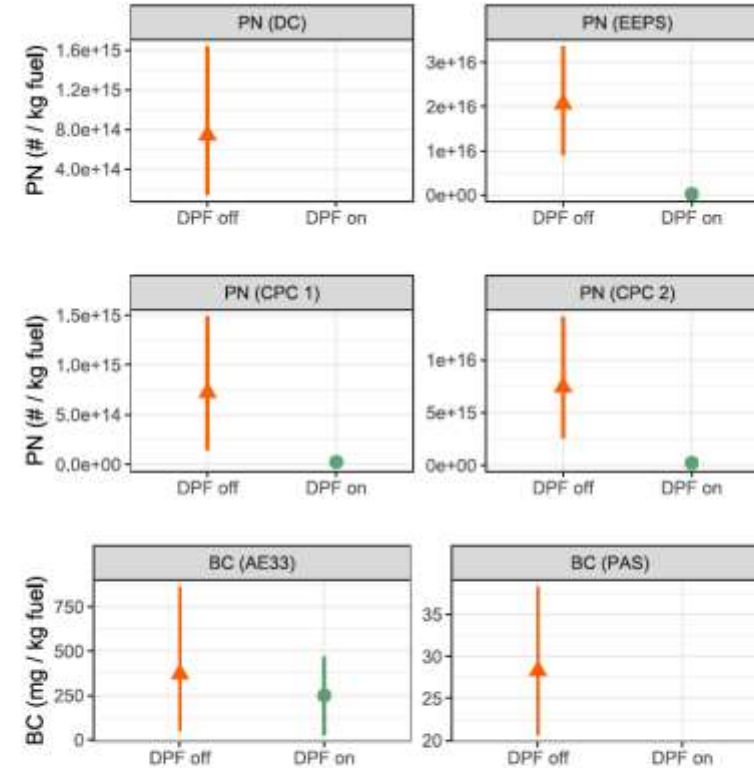


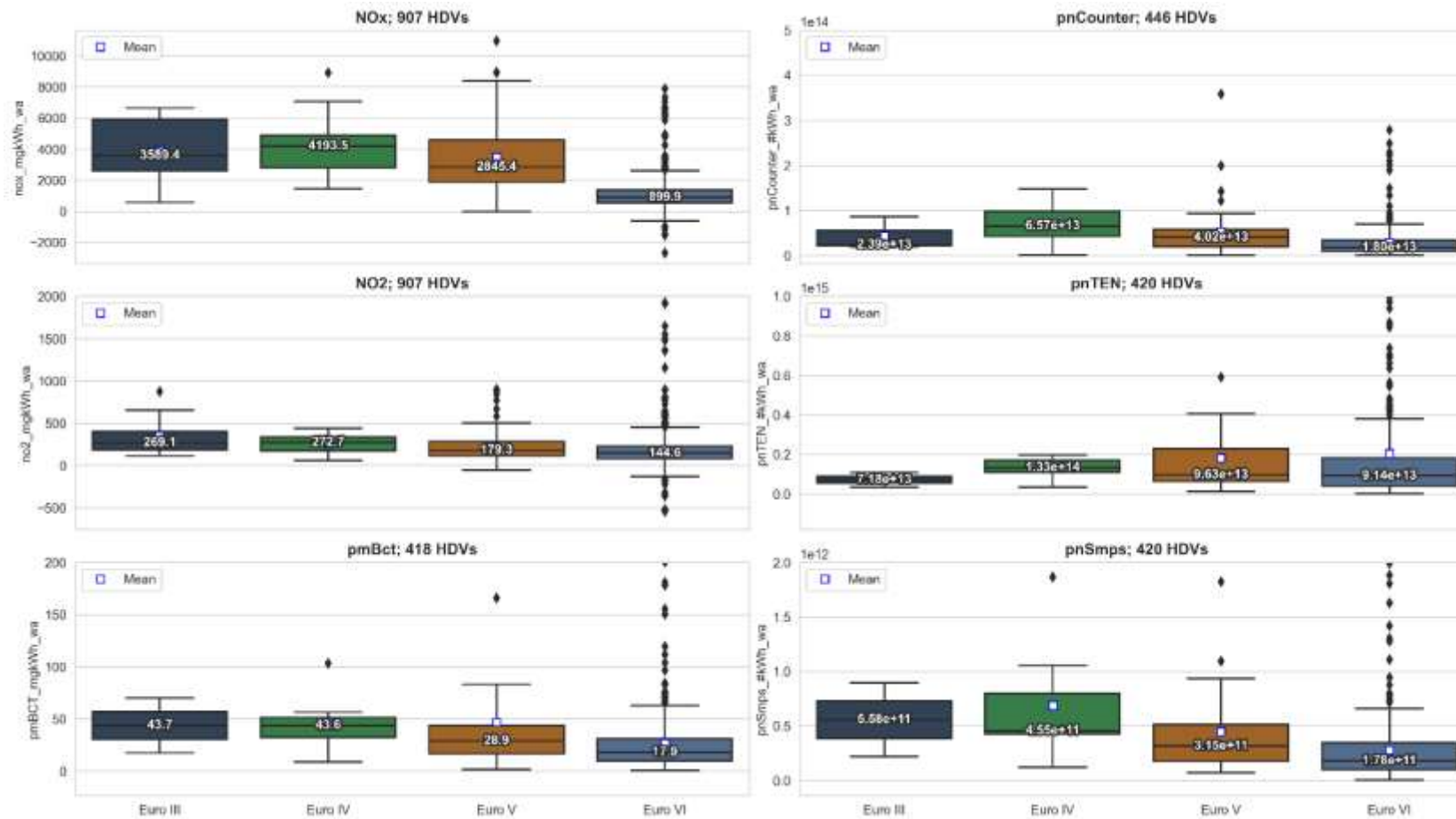
Figure 5: Mean PN and BC concentrations emitted from the VW Caddy, grouped by particle analyser and the state of the DPF bypass. The error bars show the 95% confidence interval in the mean. Groups with greater than 1 valid measurement are reported.

Plume chasing technology is mature for NO_x HDV enforcement

- Commercial instruments available
- Already in use by the Danish Police
- Can analyze emission over several kilometers and thus limit false positive (e.g. high emission due to cold start cold start)
- Prototype van include top-grade analyzers

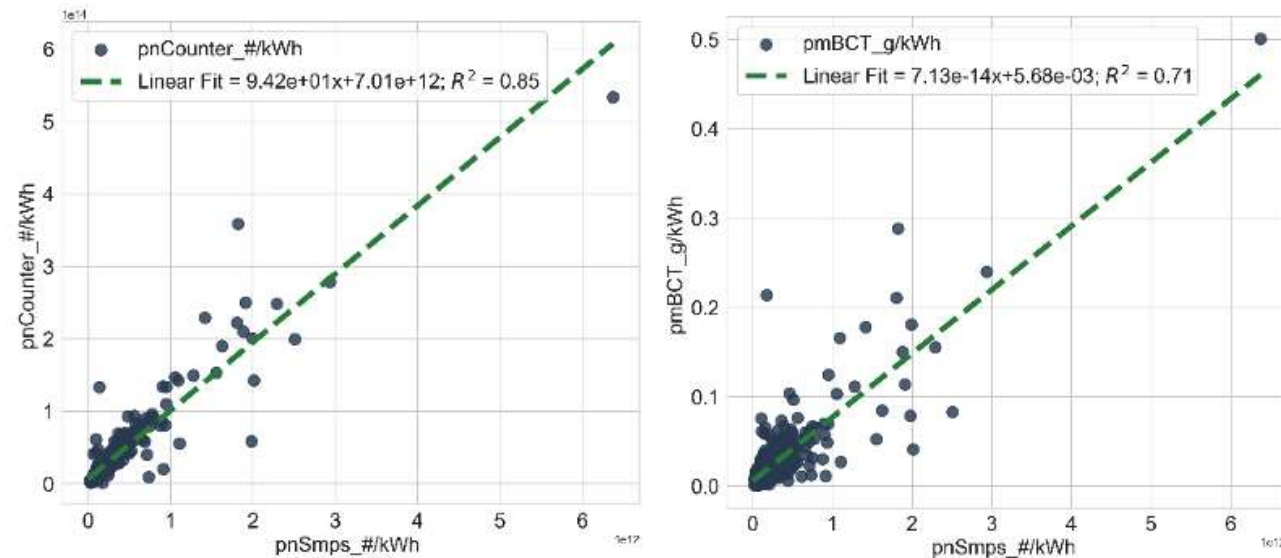


Plume chasing to track HDV emissions on motorways



Plume chasing for DPF malfunction detection

- Low-cost PN counters were compared to reference instruments (SMPS)
- A good correlation was found with the SMPS
- A correlation between BC and PN was established
- Diesel Particulate Filter tampering or malfunctions could be detected using plume chasing



Comparison between PN Counter as well as PM of BCT with PN of SMPS for 327 HDVs.

Proč: #1 důvod emisních limitů:

Ochrana lidského zdraví

**Úmrtí v EU v roce 2018 – PM, NO_x, O₃:
venkovní ovzduší cca 400 tis (odhad)
dopravní nehody cca 25 tis.**

Přehled emisí a technologií

Z motoru: HC, CO, NO_x, částice

Za motorem: katalyzátory

- třícestné / oxidační / SCR

& filtry částic & kombinace

-> účinnost 90-99,99 %

-> tvorba CH₄, N₂O, NH₃, NO₂

V atmosféře: ozon, sekundární PM

Emise závisí na kvalitě:

konstrukce* *výroby

seřízení* *údržby* *obsluhy

Navrhované emisní limity Euro 7

COM(2022) 586 final – 10.11.2022

https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/euro-7-standard-proposal_en

	< 3.5 t	> 3.5 t, 300-700 K km
	160 tis. km	studené/teplé
NO _x	60 mg/km	0.35/0.09 g/kWh
PM	4.5 mg/km	12/8 mg/kWh
PN	600 miliard/km	500/200 mld./kWh
NH ₃	20 mg/km	65 mg/kWh
CH ₄		0.5/0.3 g/kWh
N ₂ O		0.16/0.10 g/kWh
Formaldehyd		0.03 g/kWh
PM brzdy: 7 mg/km		

USA

> 3.5 t studené/teplé
692 tis. km

0.027 g/kWh NO_x

Kalifornie 2027

(US EPA 2010:

0.27 g/kWh NO_x)

Homologace CARB:

2000 Honda

0.01 g/mi Nox (192 tis.km)

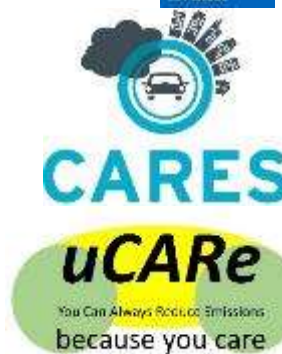
2023 Cadillac

13 mg/km NO_x

Auto roku – 7.2.2023
Prof. Michal Vojtíšek, FS ČVUT

michal.vojtisek@fs.cvut.cz

+420 774 262 854



Technologické možnosti snižování emisí

PM > 90 %, PN > 99 %, NO_x > 90-99 %, CO > 99 %

- **To je to jediné, co nám dosud zlepšilo ovzduší**
- **Dále snižovat lze (Euro 7+), ale je to účelné?**

Není nyní čas na netechnická opatření?

Přestat podvádět na homologacích (Dieselgate)

Udržovat vozidla v řádném stavu

Přestat podvádět na stanicích měření emisí

Jezdit slušně, klidně, předvídavě

Zamyslet se nad tím, čím jezdíme

Nepřetěžovat silniční síť (dopravní, územní plánování)

Zamyslet se nad tím, zda opravdu potřebujeme jet



CTU
CZECH TECHNICAL
UNIVERSITY
IN PRAGUE