

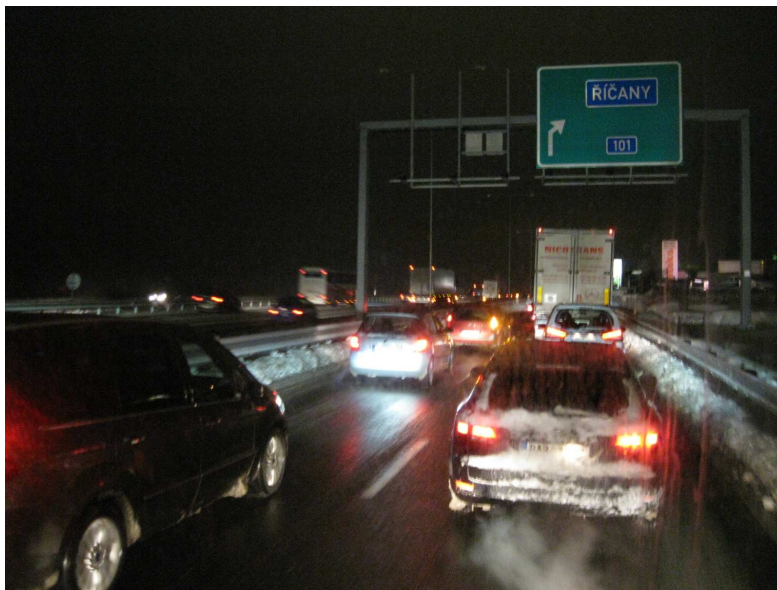
Výfukové emise ze silničních vozidel - Specifická rizika v reálném městském provozu

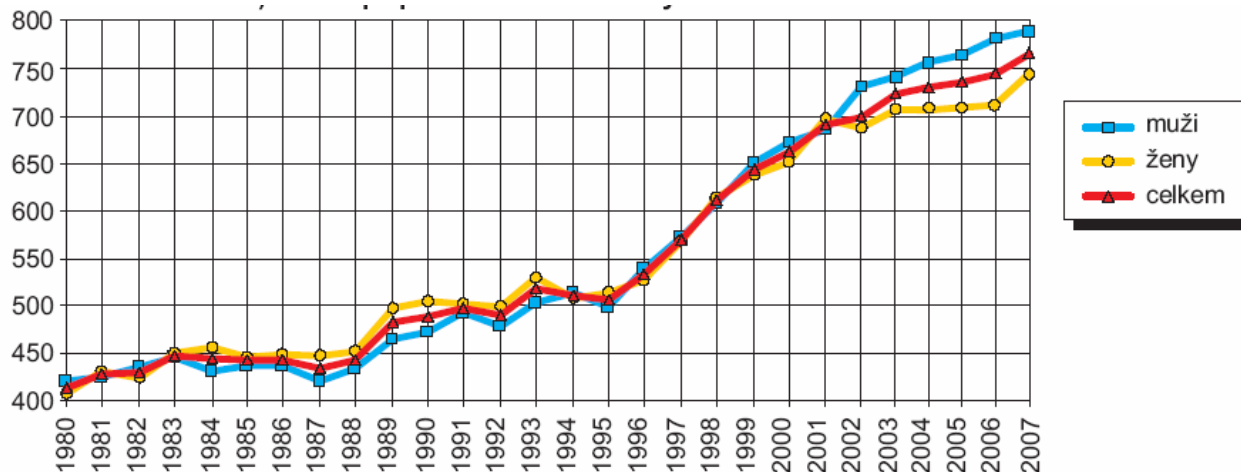
Michal Vojtíšek

1 Katedra vozidel a motorů, Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci

2 Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel, Fakulta strojní ČVUT v Praze

Kontakt: michal.vojtisek@tul.cz, michal.vojtisek@fs.cvut.cz, michal@sustainablejourneys.eu tel. 774 262 854

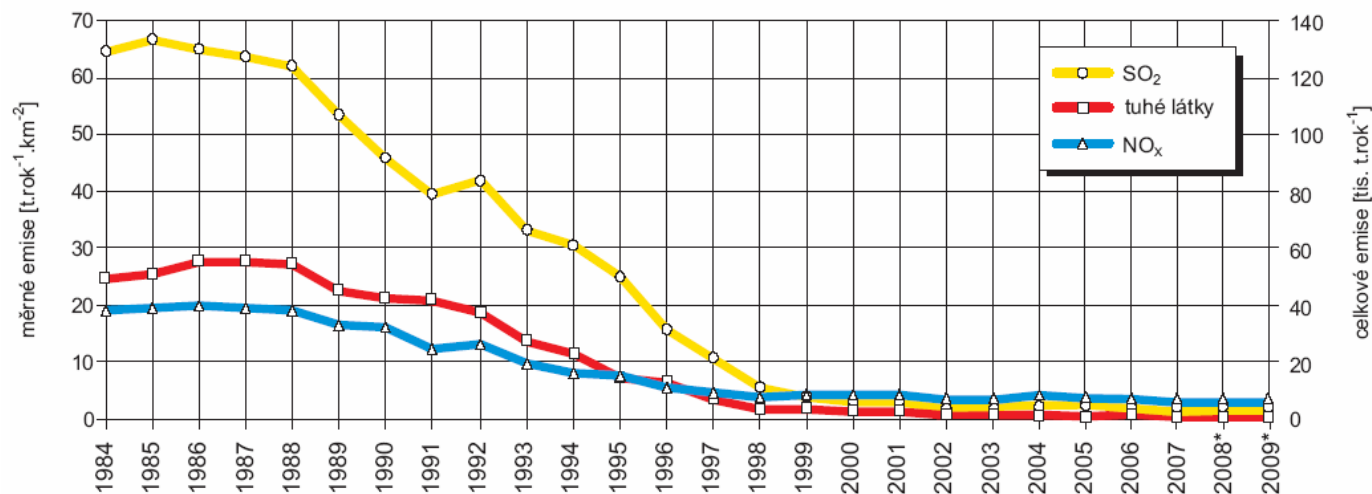




Počet hlášených zhoubných nádorů a novotvarů in situ na 100 tis. obyvatel
Zdroj: Praha - Životní prostředí 2009.

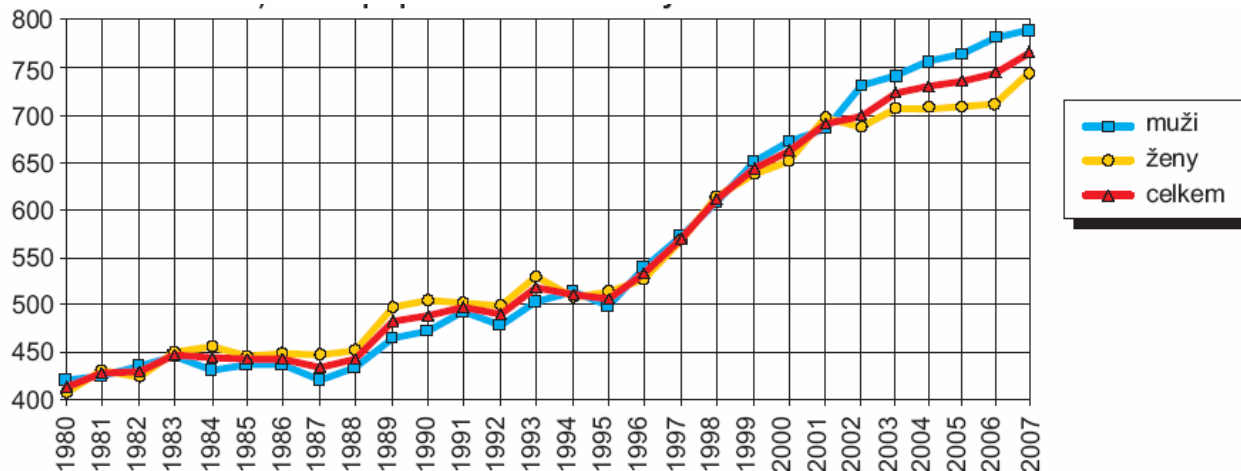
Zdroj: ÚZIS, Národní onkologický registr ČR

Obr. B1.2.3 Celkové a měrné emise ze stacionárních zdrojů, Praha, 1984–2009



* od roku 2008 zahrnuty emise tuhých látek ze stavebních činností

Zdroj: ČHMÚ

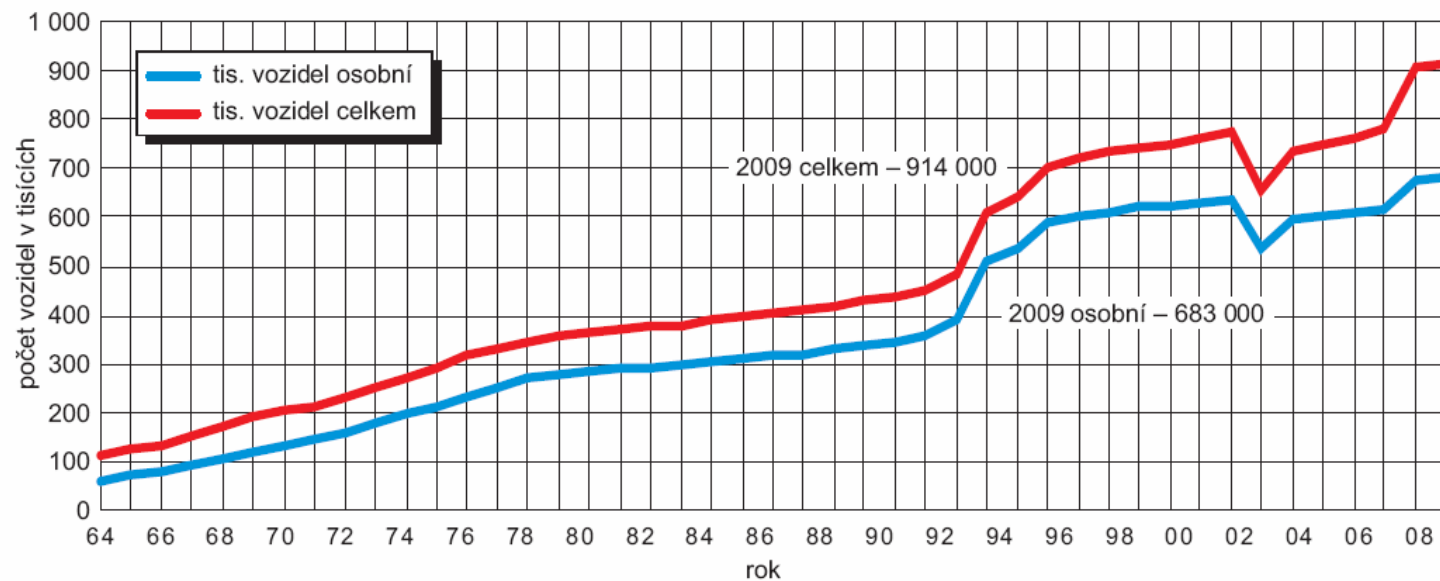


Počet hlášených zhoubných nádorů a novotvarů in situ na 100 tis. obyvatel
 Zdroj: Praha - Životní prostředí 2009.

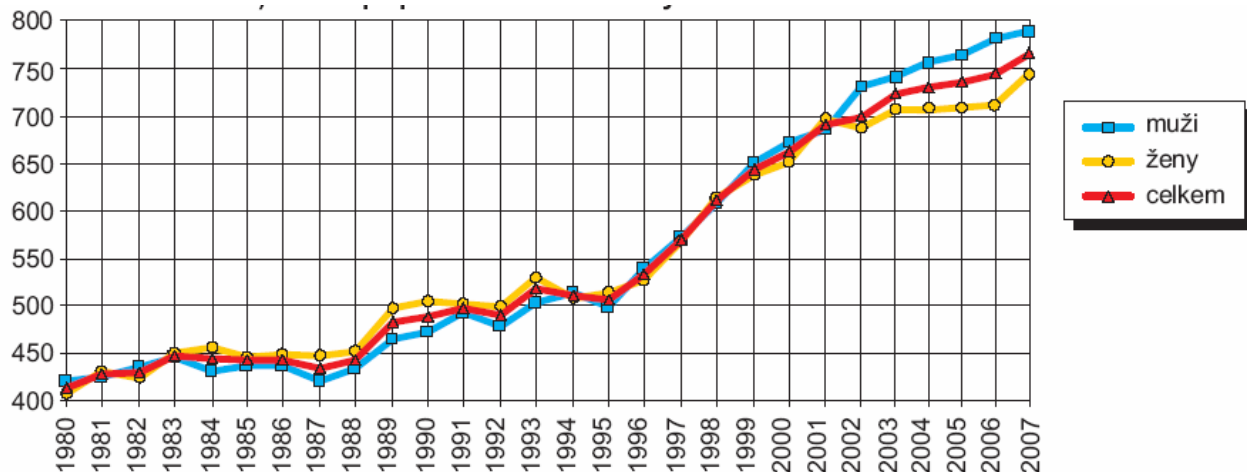
Zdroj: ÚZIS, Národní onkologický registr ČR



Obr. D3.1.2 Počet motorových vozidel



Zdroj: TSK – ÚDI

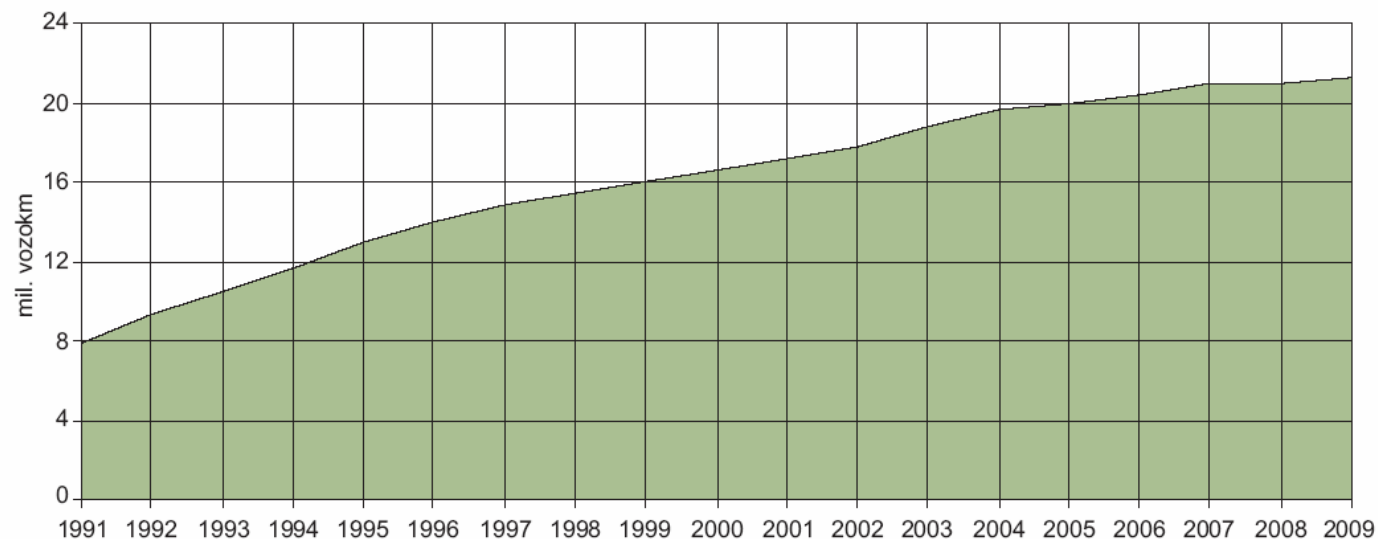


Počet hlášených zhoubných nádorů a novotvarů in situ na 100 tis. obyvatel
 Zdroj: Praha - Životní prostředí 2009.

Zdroj: ÚZIS, Národní onkologický registr ČR



Obr. D3.1.3 Dopravní výkon automobilové dopravy za průměrný pracovní den



Zdroj: TSK – ÚDI

Vozidlové emise jsou jedním z hlavních zdrojů znečištění ovzduší, a mají výrazný negativní dopad na lidské zdraví, zvláště v blízkosti frekventovaných silnic.

Emisní limity se neustále zpřísňují, ale nedochází k úměrnému snížení vlivu na lidské zdraví.

S přibývajícím intenzitou dopravy přibývá nejen počet najetých km, ale i délka provozu motoru na volnoběh a nízká zatížení, počet rozjezdů, a míra dynamičnosti jízdy.

Kvalita spalování i účinnost katalytických zařízení a dalších strategií pro snížení emisí mohou při popojíždění ve městě radikálně klesat.

Spotřebuje se více paliva na km, a zároveň se vyprodukuje více emisí na kg paliva.

Emisní limity provoz v kongesci nezohledňují, a není zřejmé, že s navýšením emisí v kongesci počítají emisní modely.

Cílem práce je popsat emise při skutečném (nesimulovaném) hustém provozu.

Další motivace práce: Vědět, co dýcháme na cestách



Méně ustálený chod

- dynamické střídání akcelerací a decelerací
- vyšší spotřeba paliva

Volnoběh: Vysoký přebytek vzduchu, nízká teplota výfukových plynů

- vyšší podíl organického uhlíku (OC) v částicích
- ochlazování (a snižování účinnosti) katalytických zařízení
- ukládání organických částic ve výfukovém systému
- vyšší poměr „nanočástic“
- pomalé ředění okolním vzduchem (nukleace, kondenzace)

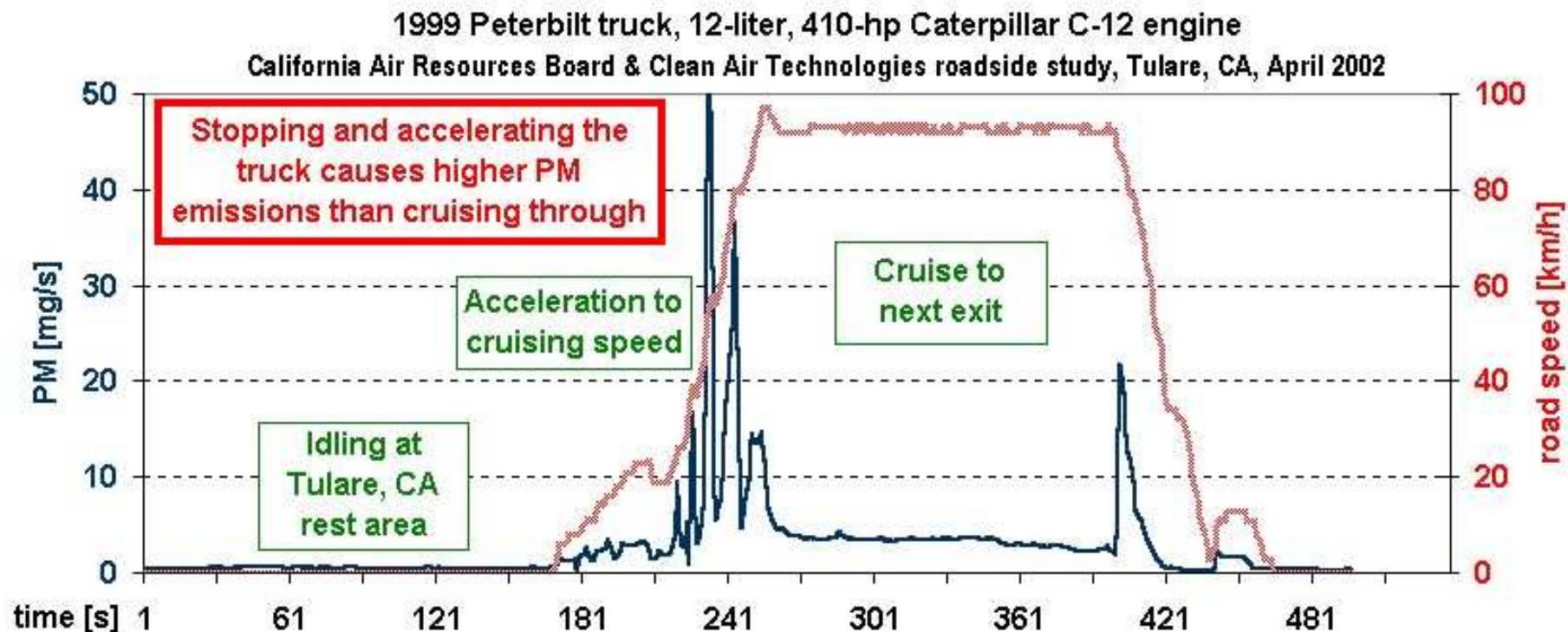
Rozjezd:

- „předávkování“ motoru palivem (pro rychlý rozjezd)
 - ještě horší je-li využít amatérský „chiptuning“
 - katalyzátor se ohřívá postupně, krátká akcelerace nestačí
- uvolňování a přeměny dříve uložených částic

Malá vzdálenost „receptorů“ od „zdrojů“

Motory = složité, nelineární, dynamické systémy (obtížné modelování)

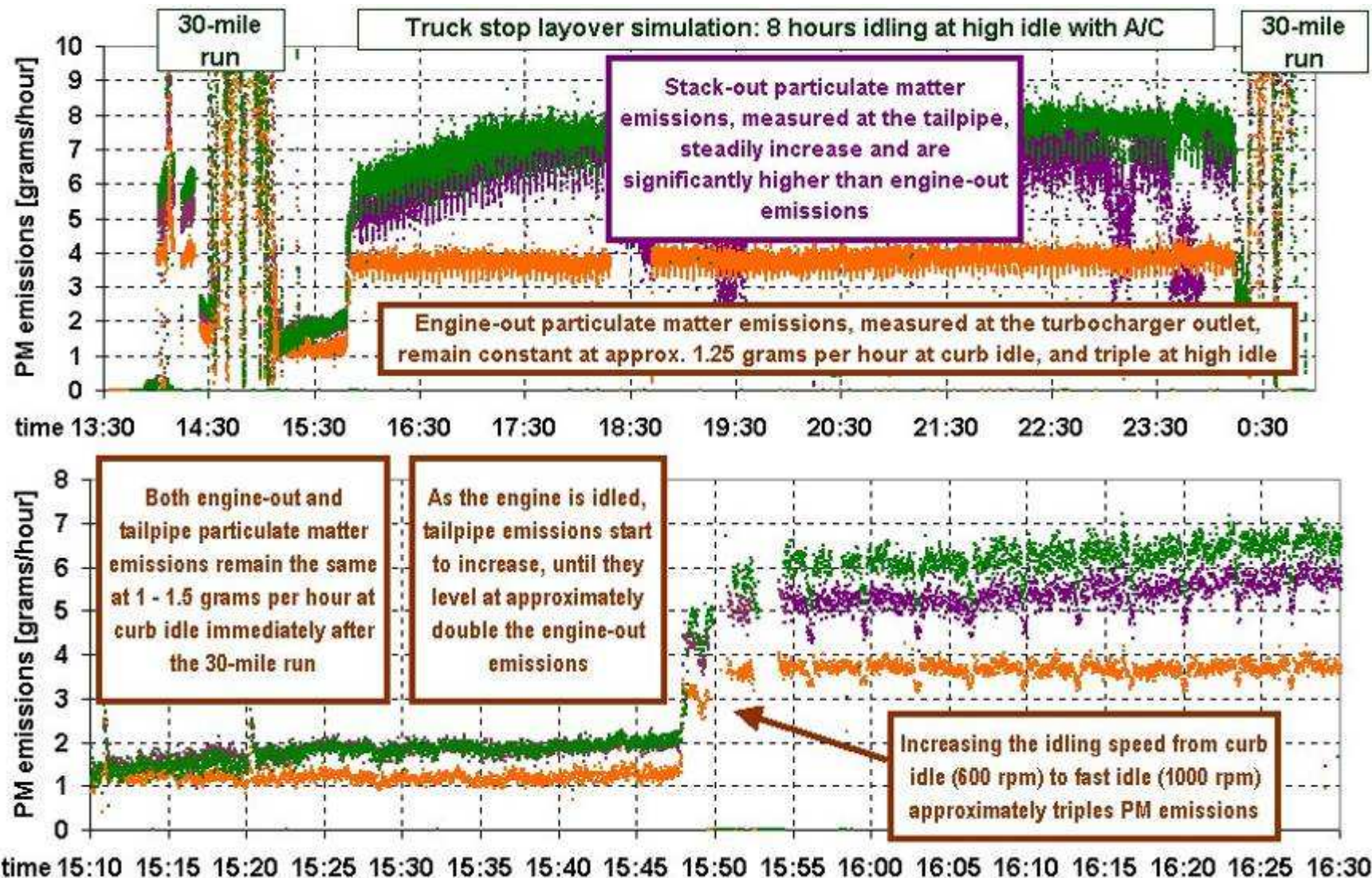
**Compared to "cruise-through",
"excess" PM emissions are created by
stopping and re-accelerating trucks**



Vojtisek-Lom, Society of Automotive Engineers Technical Paper, SAE 2002-01-2901

Emise z dálničního tahače při osmihodinovém volnoběhu

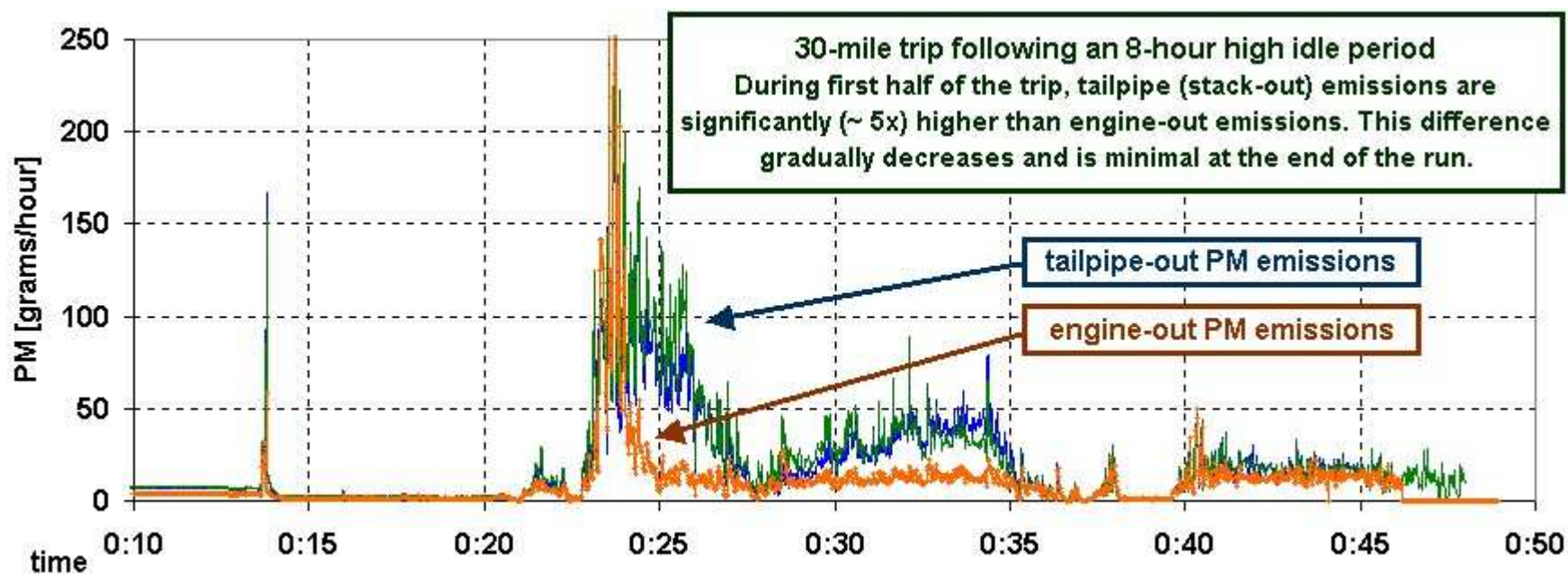
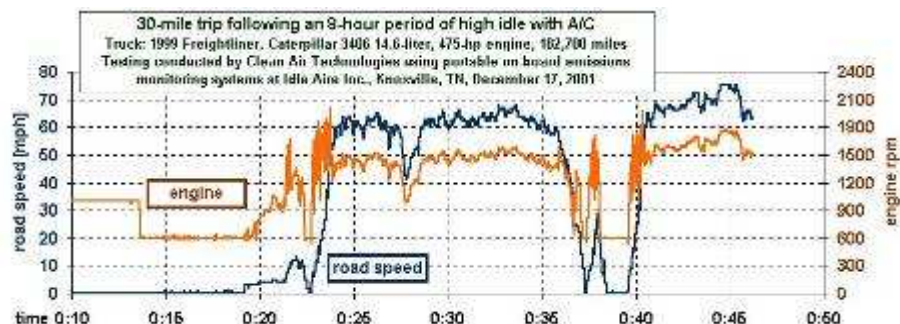
1999 Freightliner truck, CAT 3406 engine, ~150,000 miles 8-hour extended idling test Idle Aire Technologies, Knoxville, TN, December 17, 2001



Vojtisek-Lom, CRC On-road vehicle emissions workshop, 2002

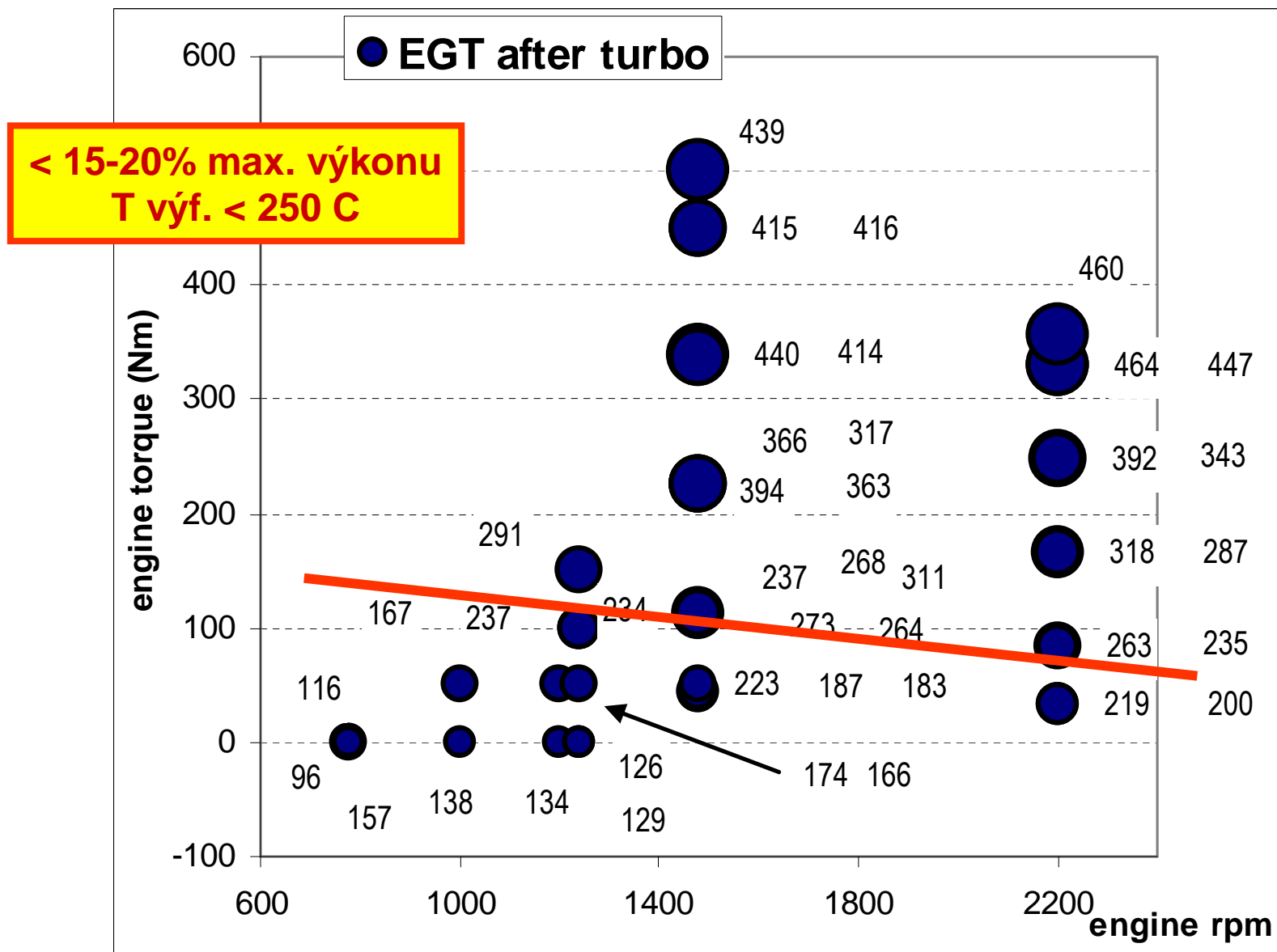
Vojtíšek: Výfukové emise spalovacích motorů – specifická rizika v reálném městském provozu. GenTox, Brno 10.5.2012.

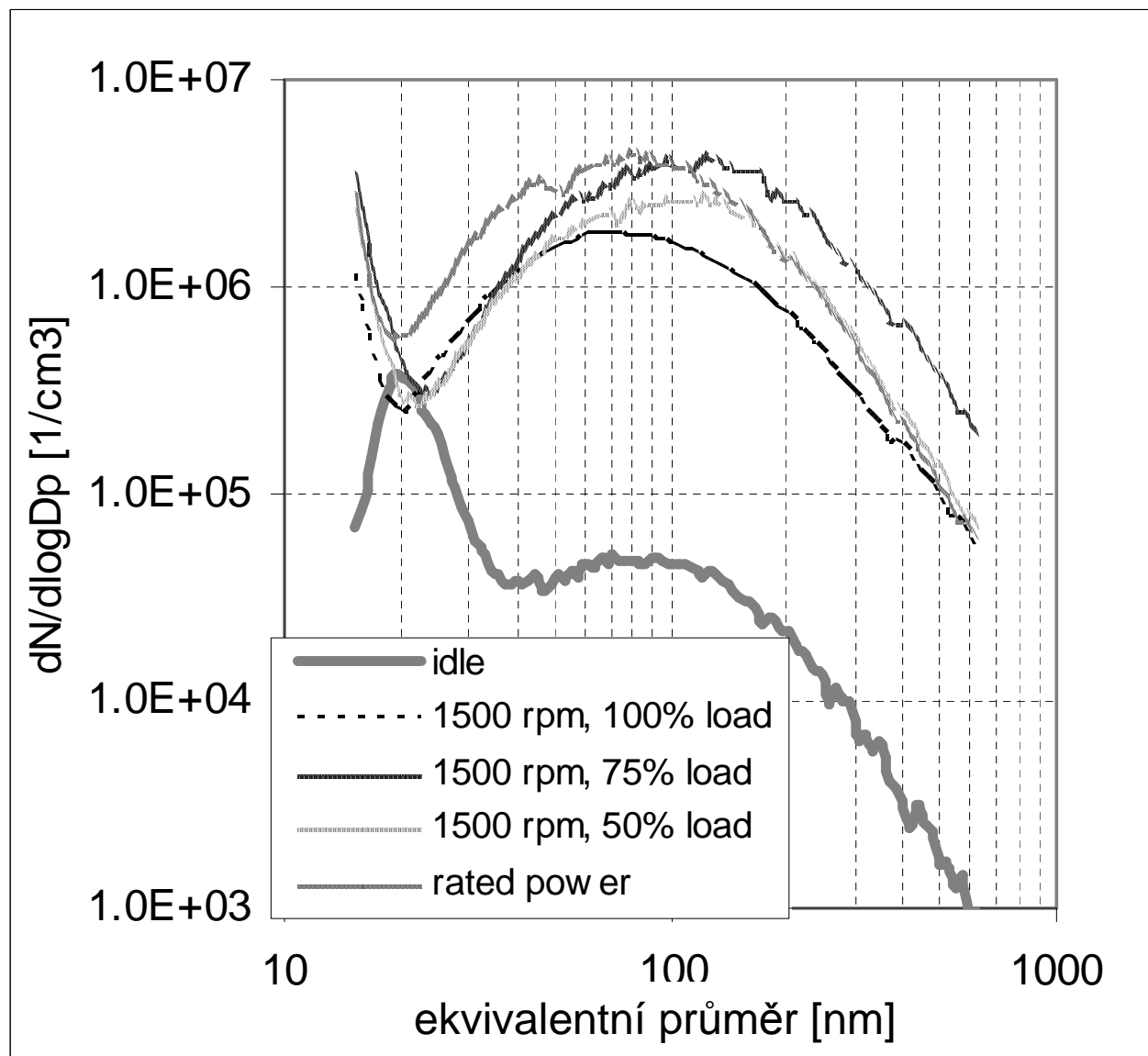
- Class 8 truck idled for 8 hours at high idle, then driven for ~32 miles on an interstate highway
- PM emissions were sampled at the turbocharger outlet (engine-out) and at each stack (tailpipe) using three portable, on-board systems



1999 Freightliner truck, CAT 3406 engine, ~150,000 miles 8-hour extended idling test Idle Aire Technologies, Knoxville, TN, December 17, 2001

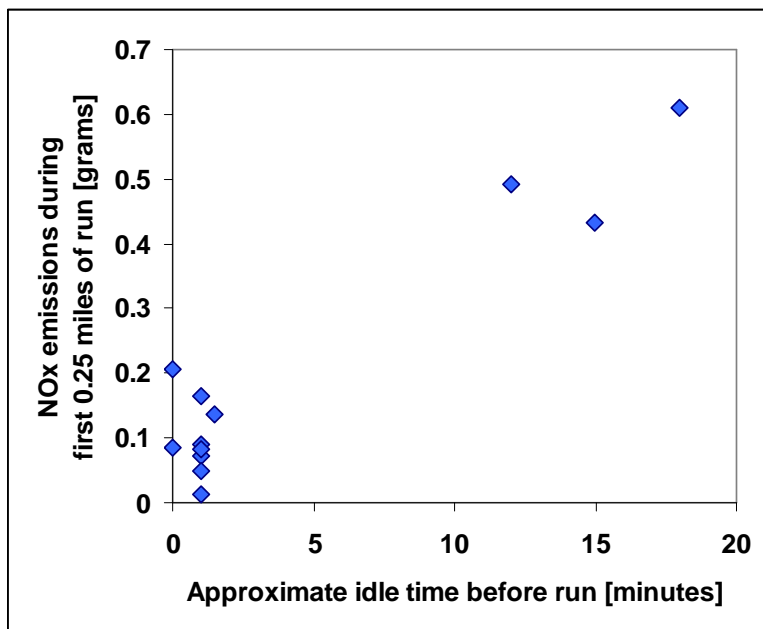
Vojtisek-Lom, CRC On-road vehicle emissions workshop, 2002



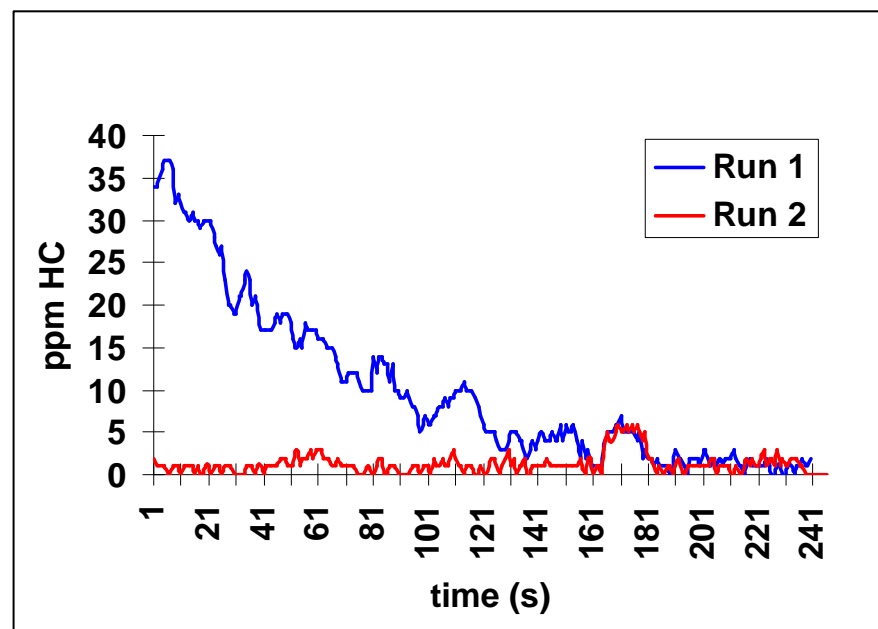


Efficiency of catalytic converters can decrease during idling and can remain decreased for a period of time after idling

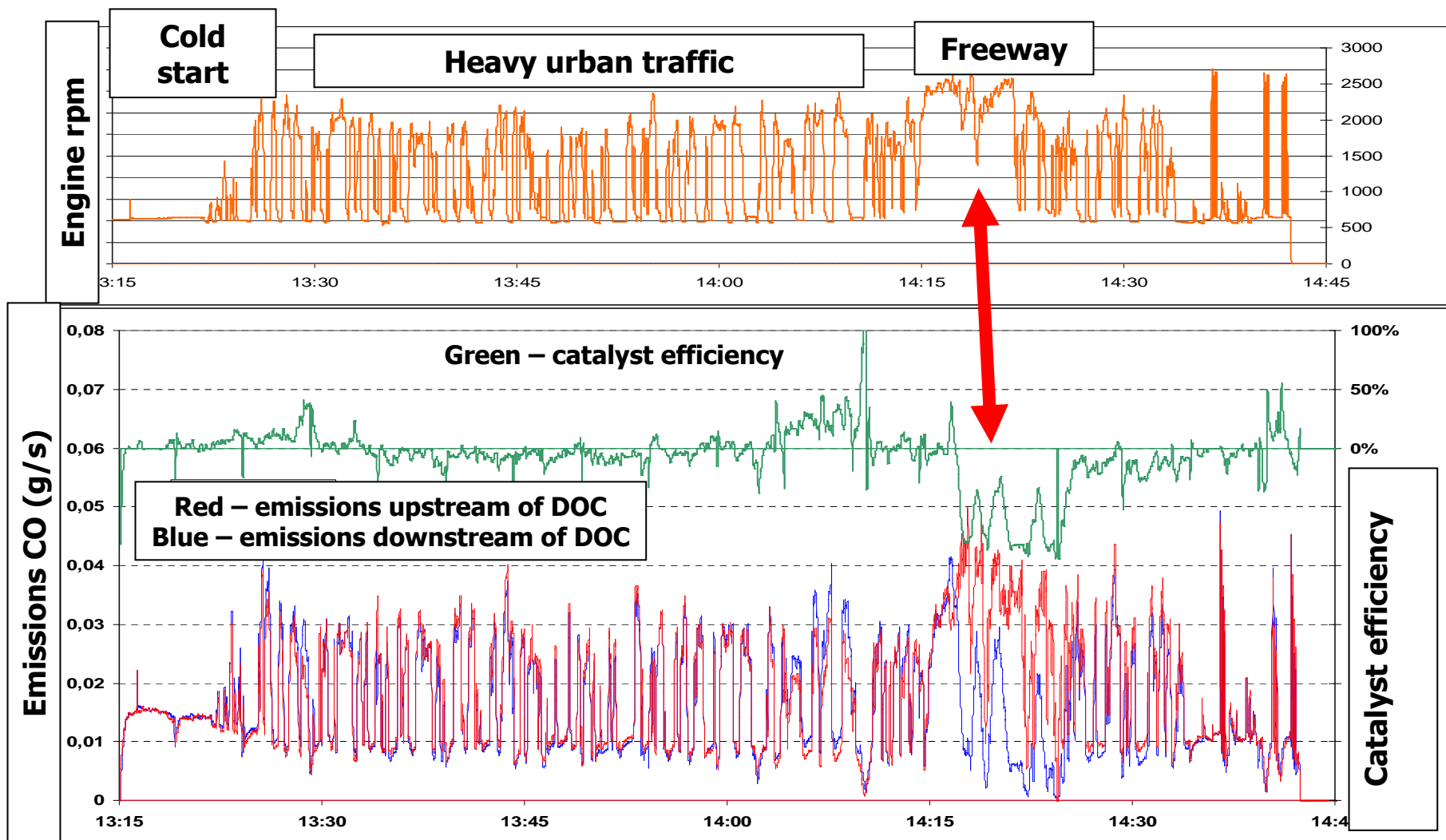
NO_x emissions during the first 0.25-mile segment of a 4.2-mile run.
 2000 Dodge RAM-2500 gasoline powered van



Concentrations of HC during two consecutive I/M 240 tests, following approx. 30 minutes of idle, on a 1996 CNG Dodge 2500 van.



Extreme case: Bus catalyst operational only during sustained high load operation
 Measurement is far from accurate (repair-grade analyzer used), but useful for the purpose.



Měření výfukových emisí vybraných typů vozidel během reálného provozu při průjezdu Prahou měřicí aparaturou umístěnou na palubě vozidla

Škoda Octavia, 5 míst,
Renault Trafic, 6 míst,
TU Liberec-ČVUT/ČZU Praha



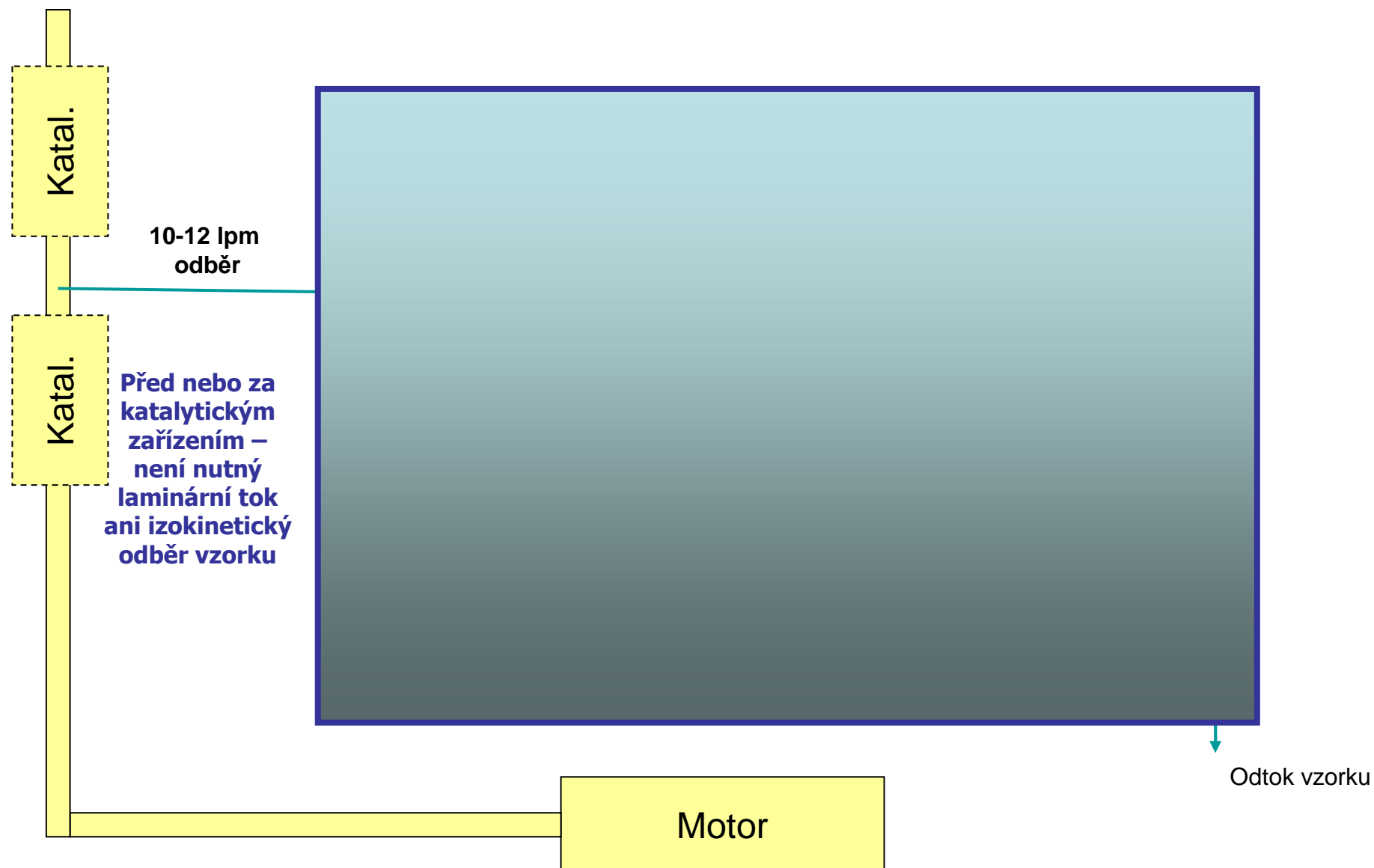
Tahač DAF + návěs, 40 tun,
Mělník – Rudná (Jižní spojka)
Iveco Eucargo, 7 tun

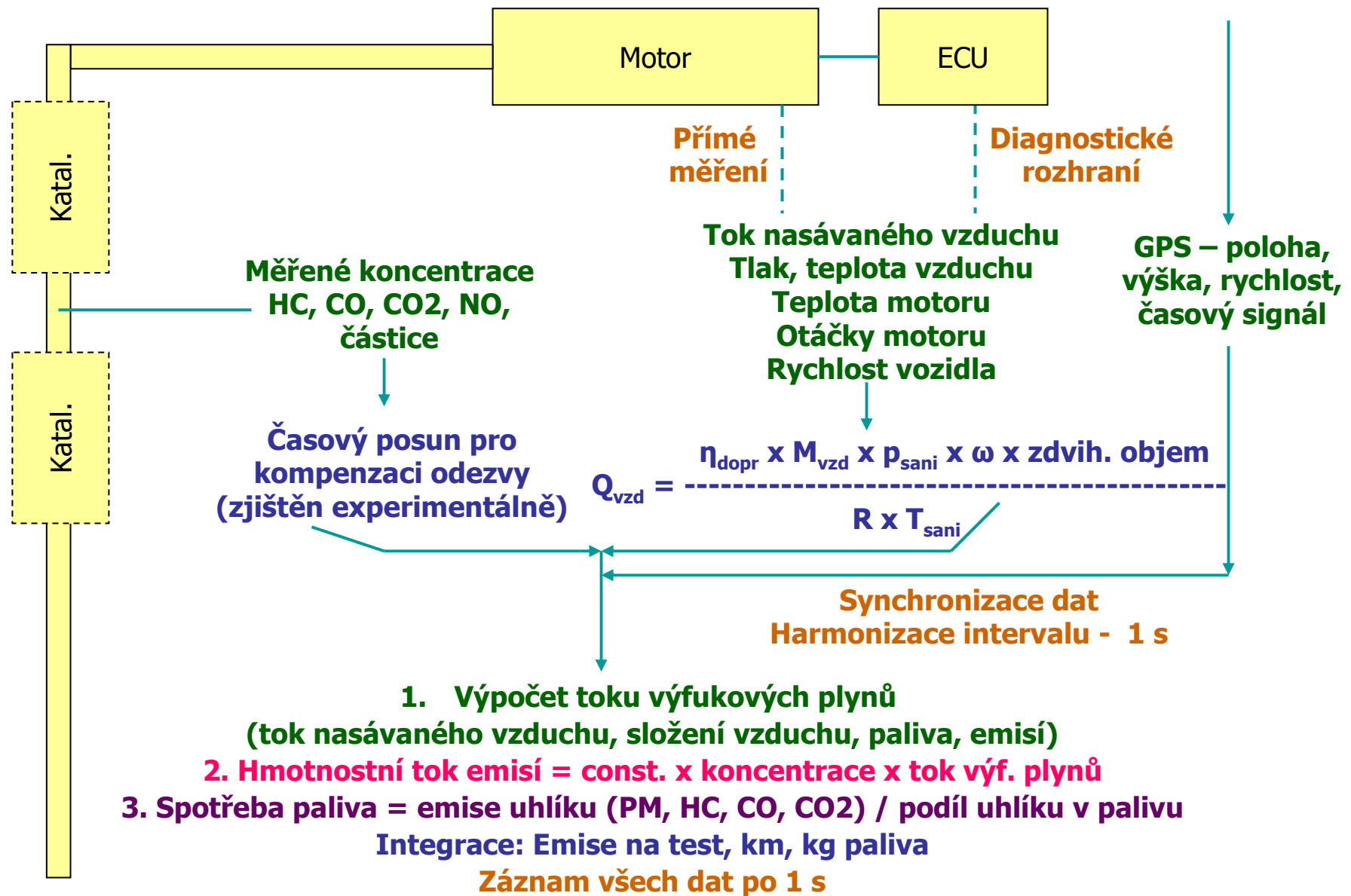


Lokomotiva ČKD + 5 vagonů,
~300 tun, ~400 míst,
Praha-Vršovice - Tanvald









- Iveco Eurocargo, r.v. 2006, 87 tis. km
- Motor Iveco Tector, Euro 4
- Jízda Liberec – Ústí – Teplice – Říčany u Prahy (rozvoz vysokoobjemových vzorkovačů)



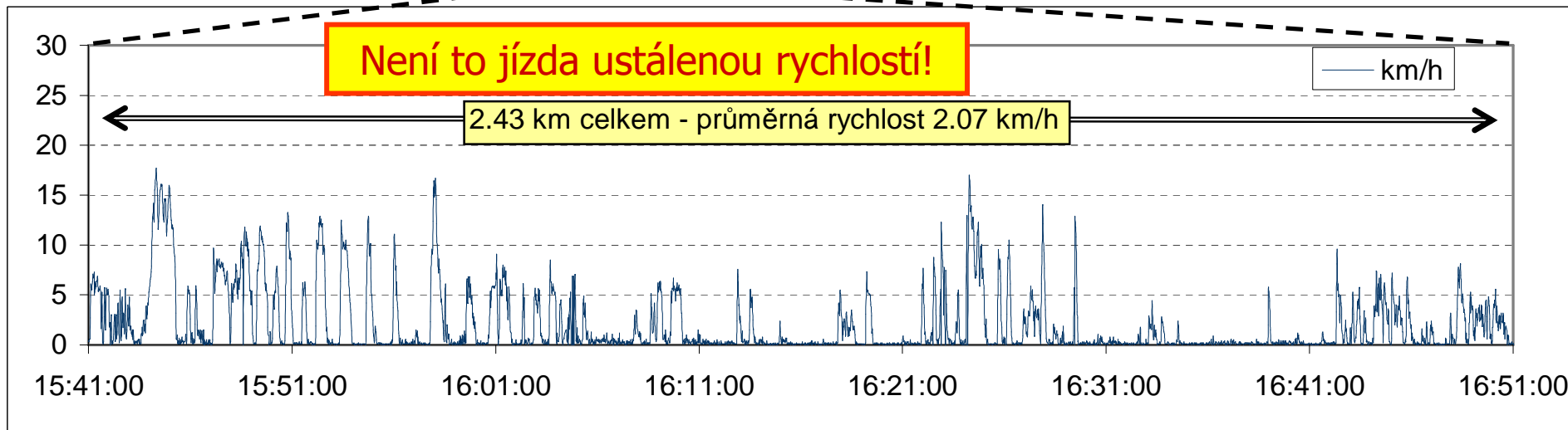
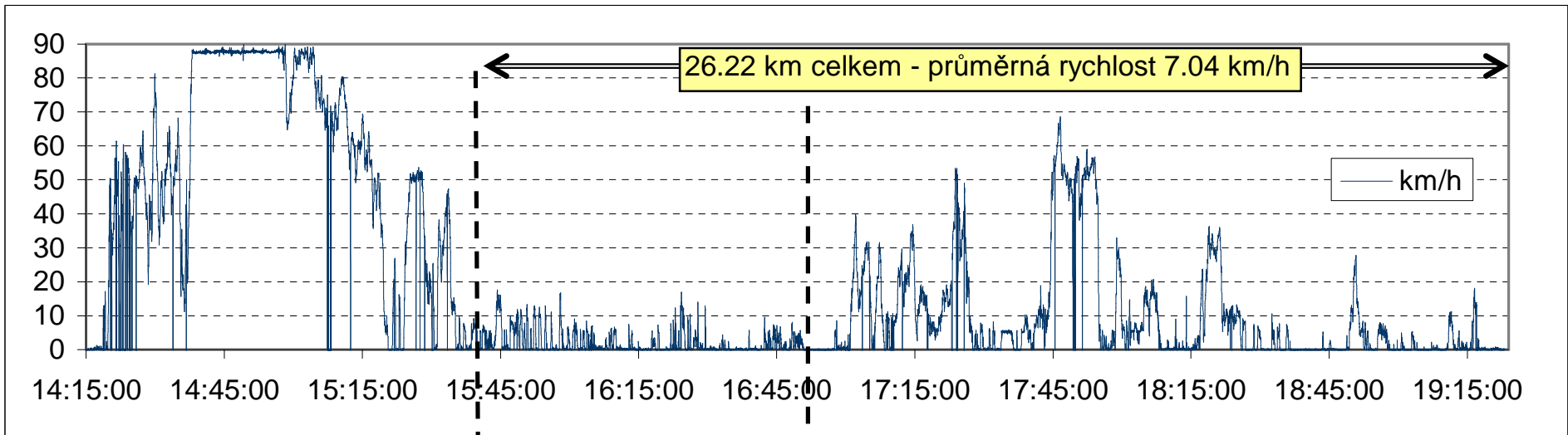
Nákladní automobil Iveco Eurocargo (7 t) poklidné zimní ráno při výjezdu z Liberce...



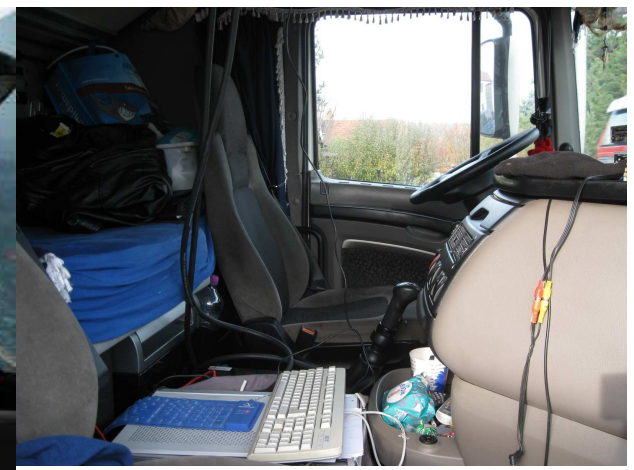
Vojtíšek: Výfukové emise spalovacích motorů – specifická rizika v reálném městském provozu. GenTox, Brno 10.5.2012. 20



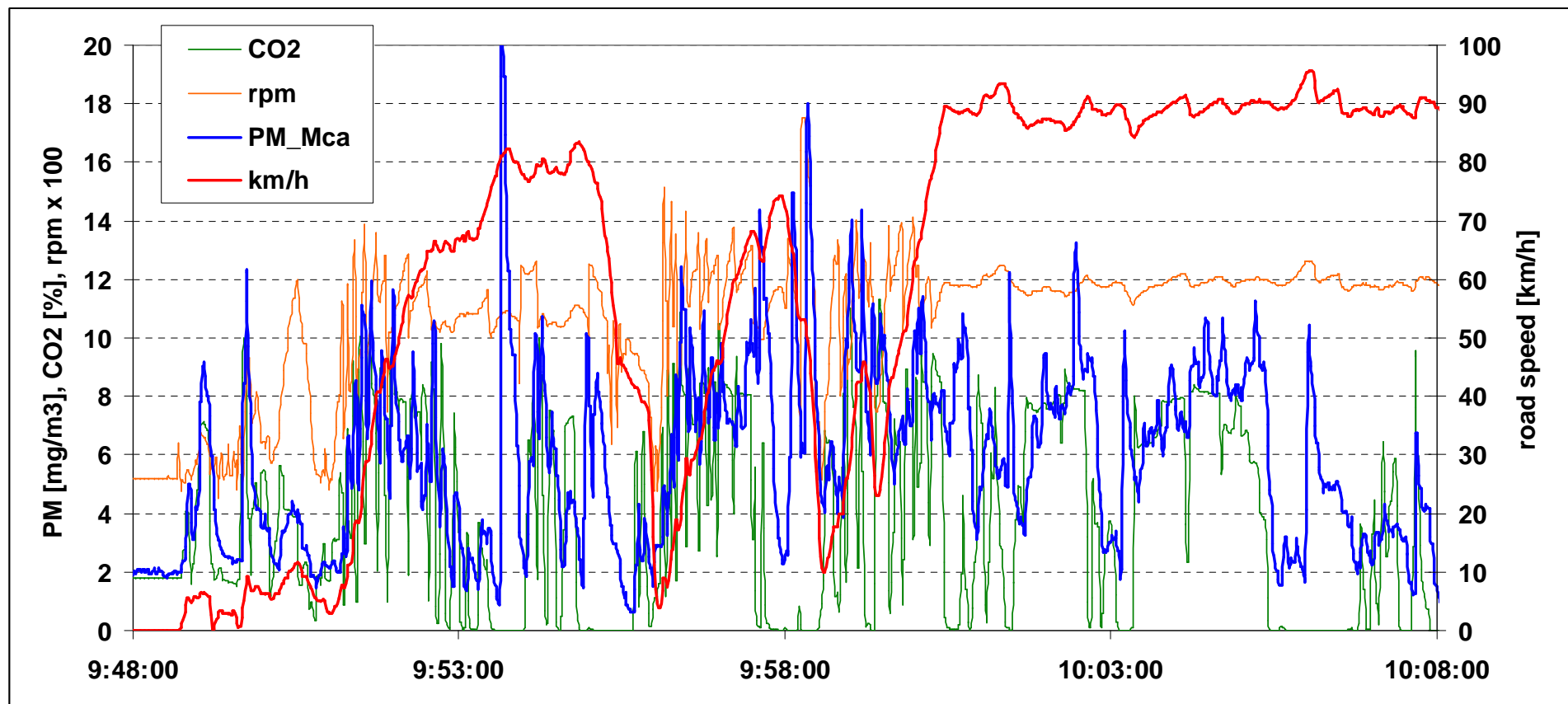
Dálnice **Průjezd Prahou (Ďáblice – Vysočany – Jižní spojka – Spořilov – D1 – Říčany)**



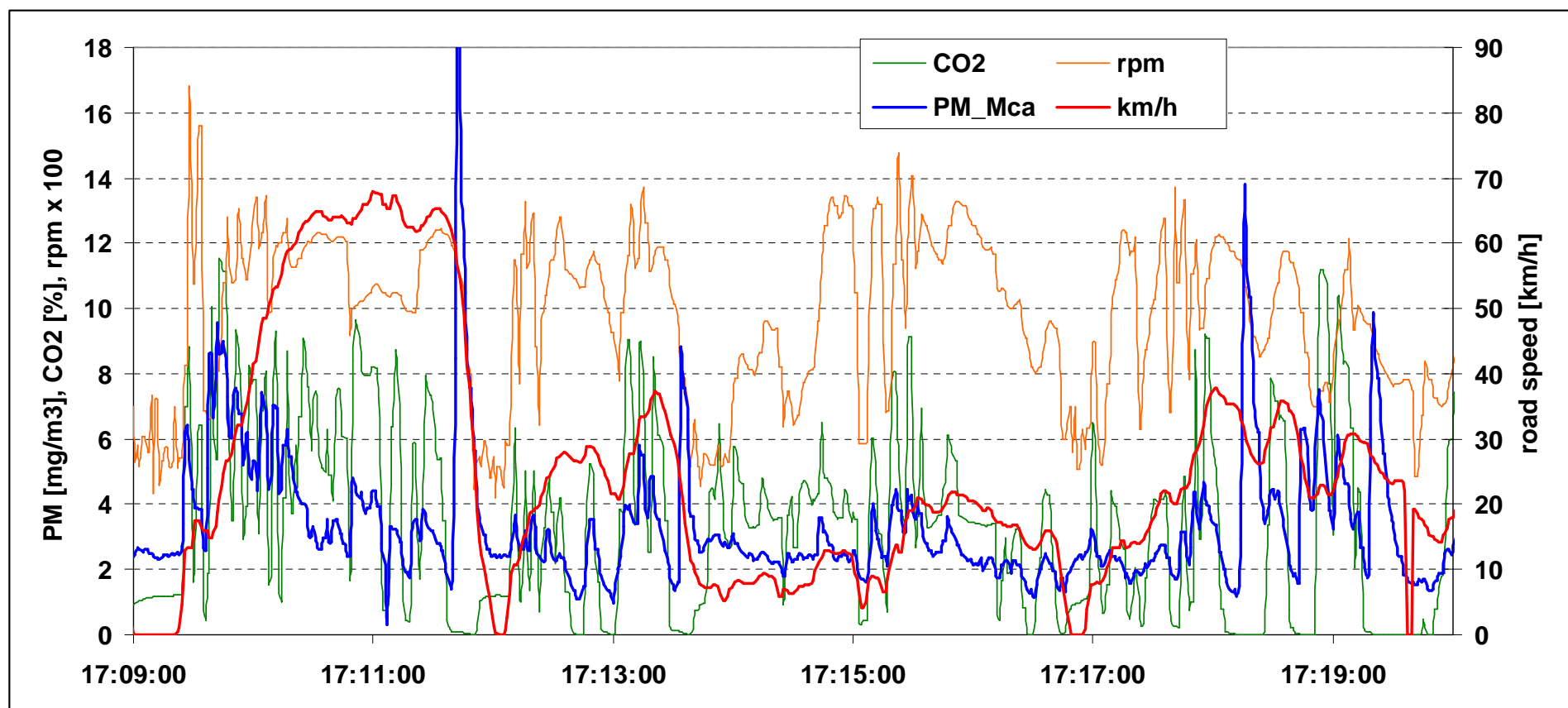
- 2006 DAF, 540 tis. km, s návěsem, 24 t náklad, celkem 40 tun
- Motor Paccar, přeplňovaný šestiválec, zdvihový objem 12,9 litru, výkon 410 k, emisní norma Euro 5, se selektivní redukcí NOx („Ad-blue“)
- Jízda Mělník – Rudná s několikerým průjezdem po Jižní spojce (Běchovice – Spořilov)
- Velmi klidný, rozvážný řidič (prémie za ušetřené palivo – motivace k „eko-jízdě“!)



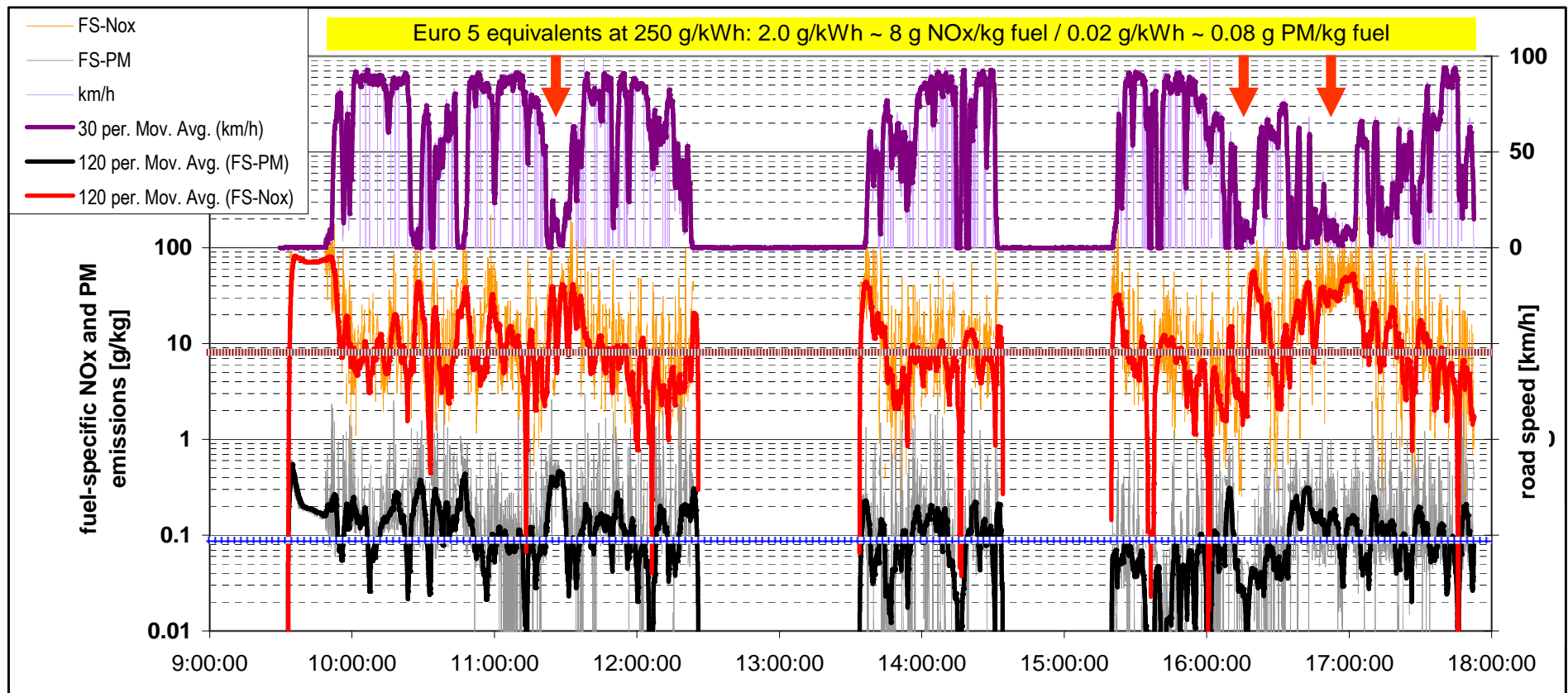
- Ukázka: Rozjezd, nájezd na dálnici a jízda po dálnici (blízko Roudnice n.L.).
- Při řazení klesá výkon motoru na nulu (16 převodových stupňů).
- I při jízdě po dálnici „ustálenou“ rychlostí výkon motoru i emise částic kolísají
- I mírné stoupání nebo klesání ovlivňuje výkon motoru



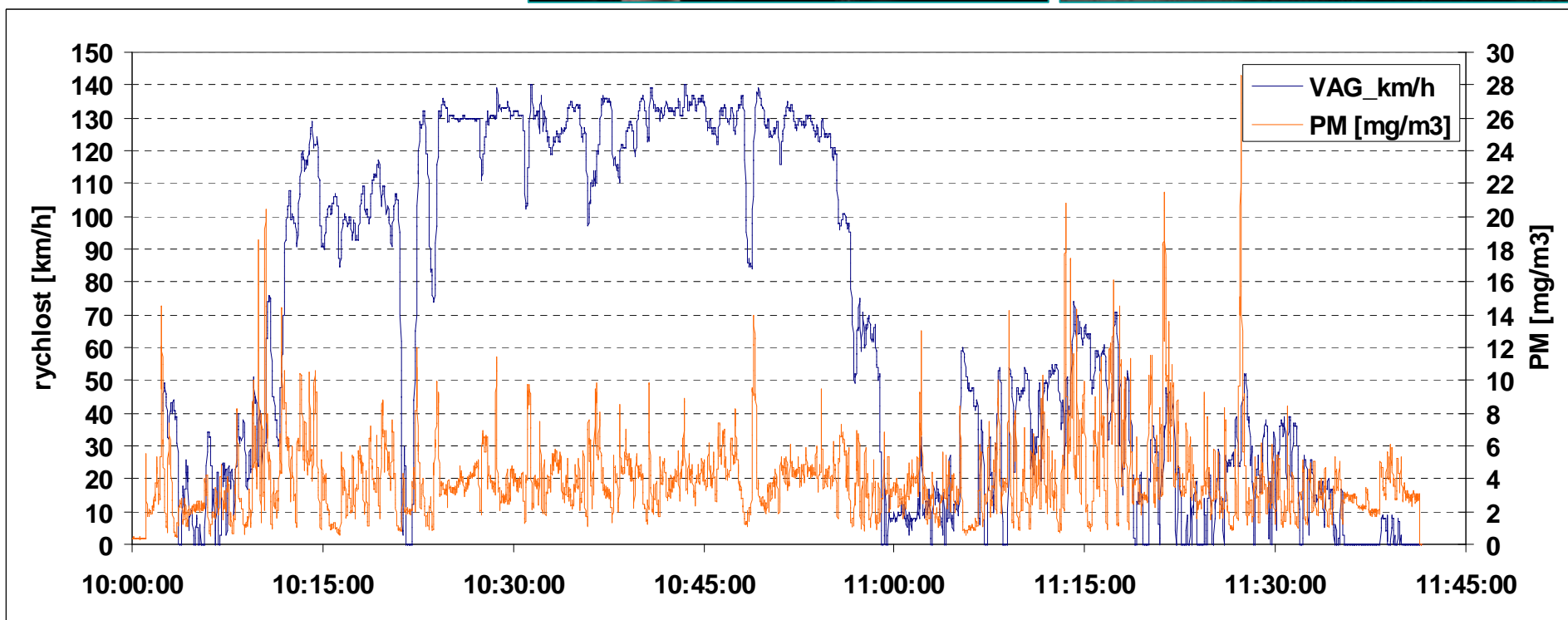
- Ukázka: Dojezd „kolony“ a pojezd v koloně na Jižní spoje.
- Neustálý chod motoru
- Při řazení klesá výkon motoru na nulu (16 převodových stupňů)
- Vyšší PM při rozjezdu
- Vyšší PM při deceleraci s využitím motorové brzdy (není vstřikováno palivo – uložené PM?)



- Průměrná rychlost (30 s průměr) a emise NOx a PM na kg paliva (120 s průměr)
- 0.08 g PM/kg paliva odpovídá při 40 t a 32 kg/100 km: 0.025 g PM/km, 0.0006 g PM/t-km
- Při jízdě „cestovní rychlostí“ se emise výrazně neliší od limitů Euro 5 i při stáří motoru 109% deklarované minimální životnosti (500 000 km).
- Při snížení průměrné rychlosti NOx i PM na kg paliva i spotřeba paliva výrazně narůstají!
 (např. při 0.2 g PM/kg paliva, 50 kg/100 km: 0.1 g PM/km, 0.0025 g PM/t-km)



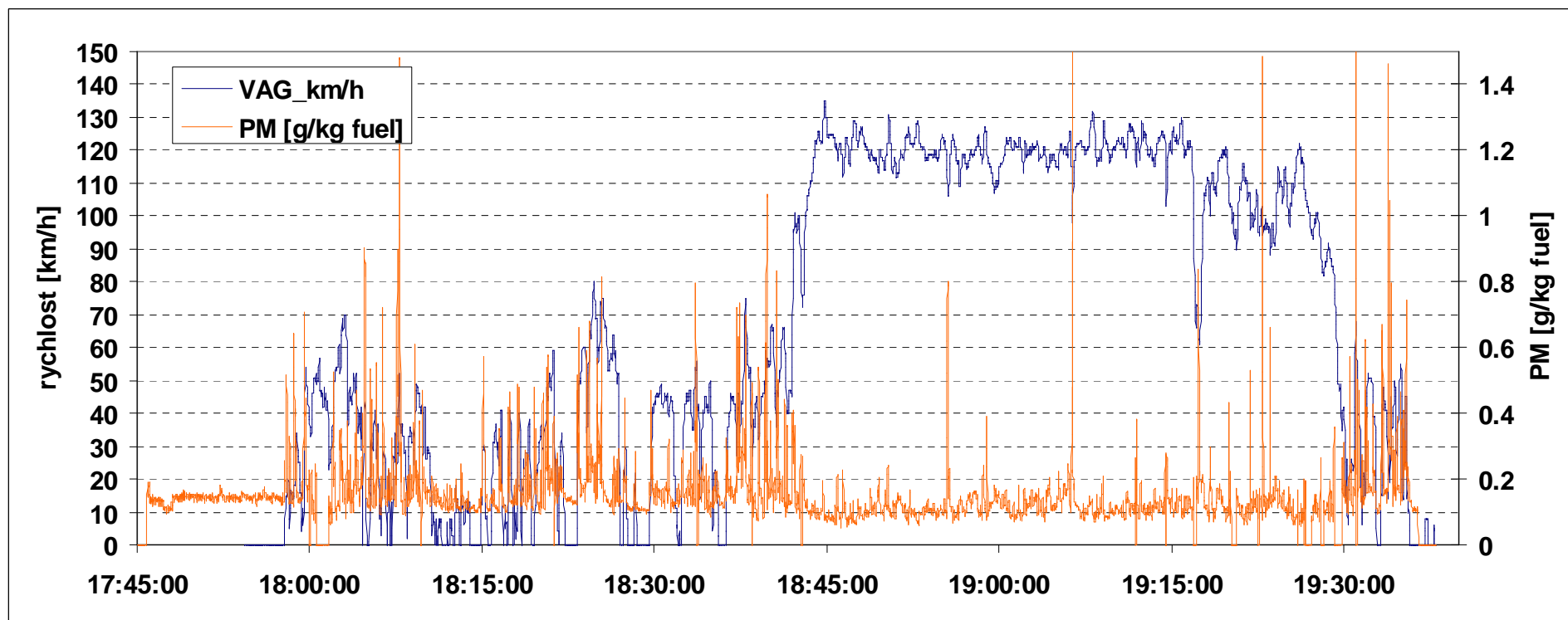
2003 Škoda Octavia
přepňovaný čtyřválec,
objem 1.9 litru, 66 kW,
najeto 167 tis. km
Trasa z TU Liberec do
ČVUT Praha via centrum



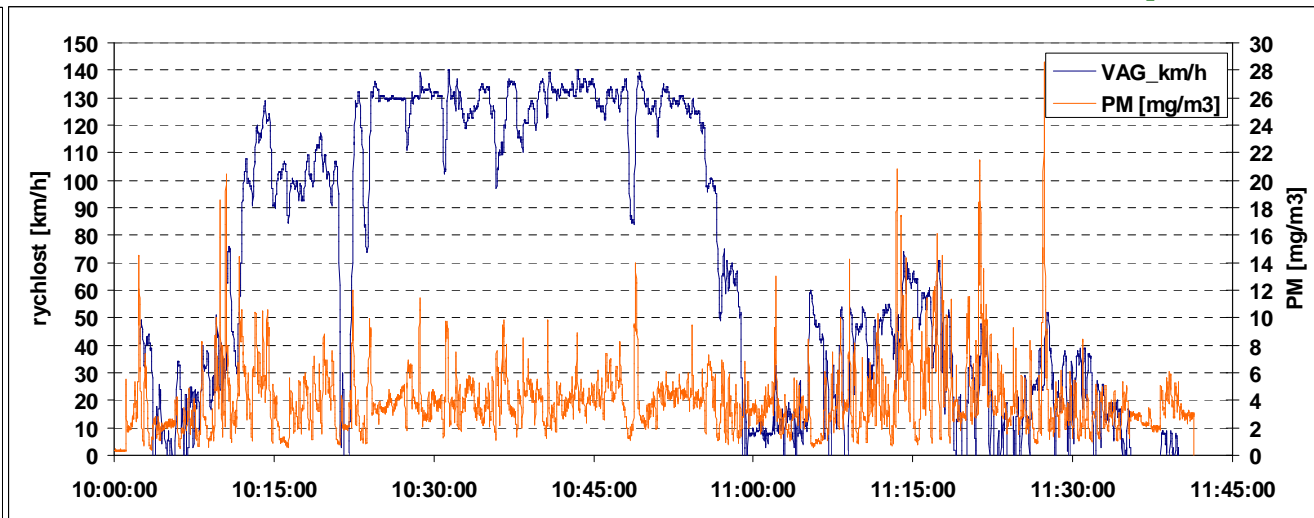
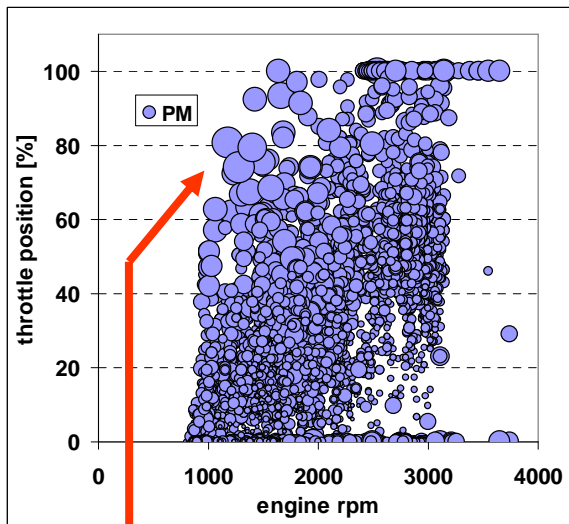
Trasa z ČVUT Praha do TU Liberec – řídil automechanik

Emise částic 0.1-0.15 g/kg paliva při jízdě po dálnici, 0.1-1.5 g/kg při jízdě po městě (odhad 0.2-0.3 g/kg), při spotřebě paliva 5 kg/100 km a 5 sedadlech to je při jízdě městem 0.01-0.015 g/km, a 0.002-0.003 g na „sedadlo-kilometr“.

Poznámka: Jedno vozidlo mělo mírně nižší, dvě vozidla vyšší emise částic. Toto je jenom příklad – každý automobil a motor je jiný!!!

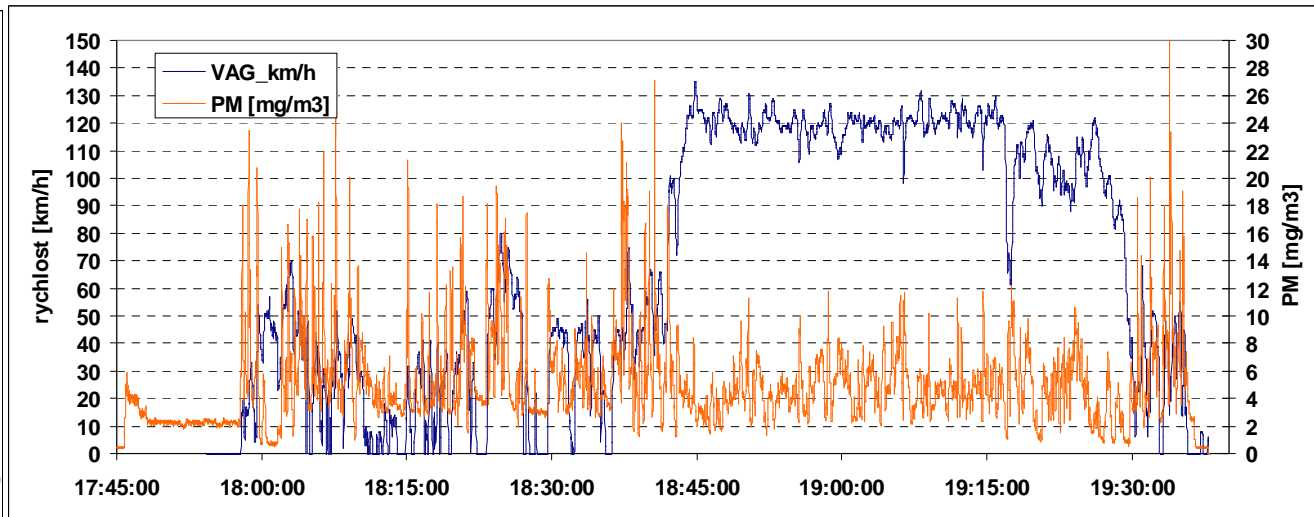
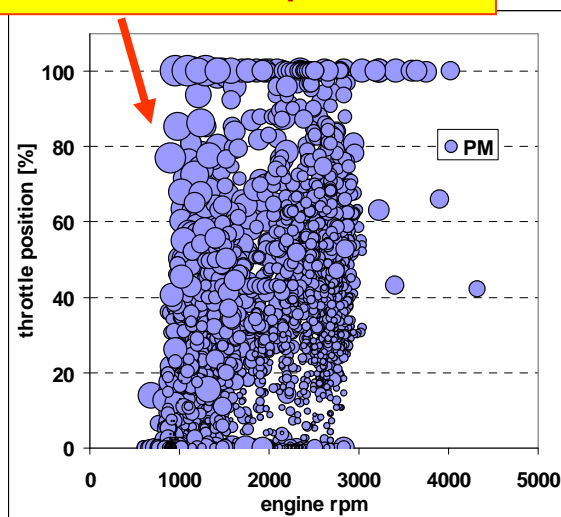


Trasa z TU Liberec do ČVUT Praha via centrum – řídil instruktor autoškoly



Nejvyšší koncentrace: počátek akcelerace z nízkých otáček

Trasa z ČVUT Praha do TU Liberec – řídil automechanik

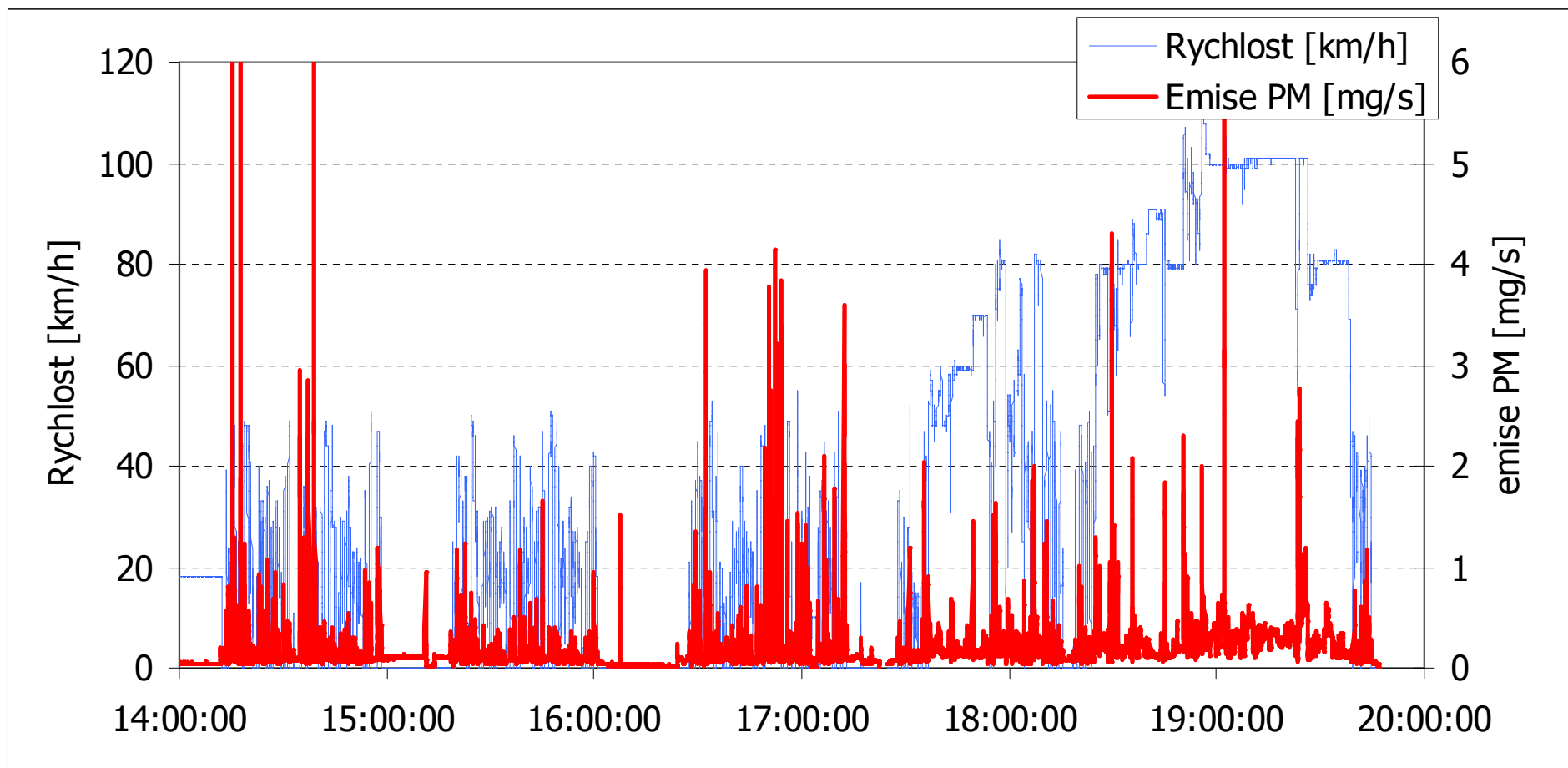


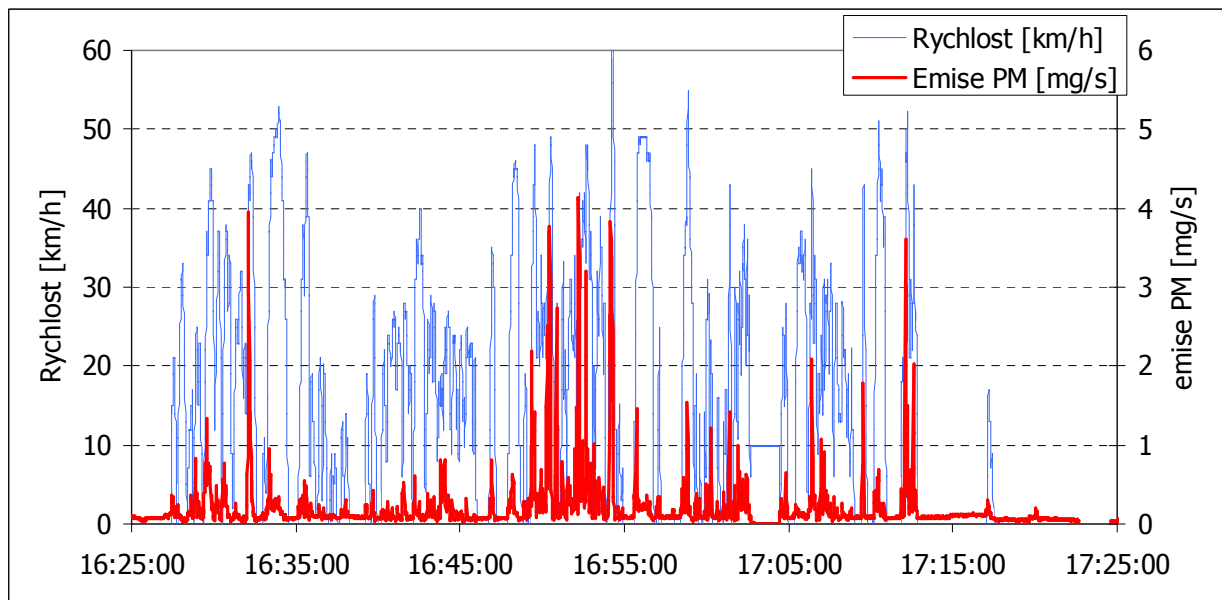
Automobil s naftovým motorem

Škoda Octavia 2006, 103 kW, Euro 4



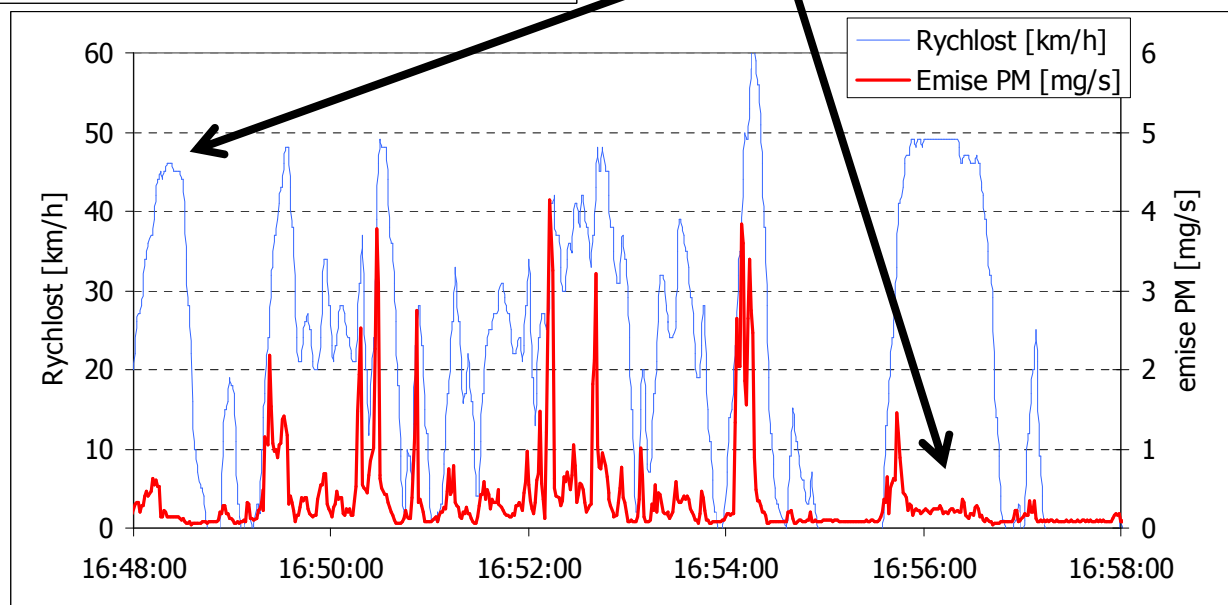
Osobní automobil Škoda Octavia
(r.v.2006) s přeplňovaným vznětovým
motorem 2,0 l, 103 kW
- Měření dynamických emisí během
rychlé a agresivní jízdy



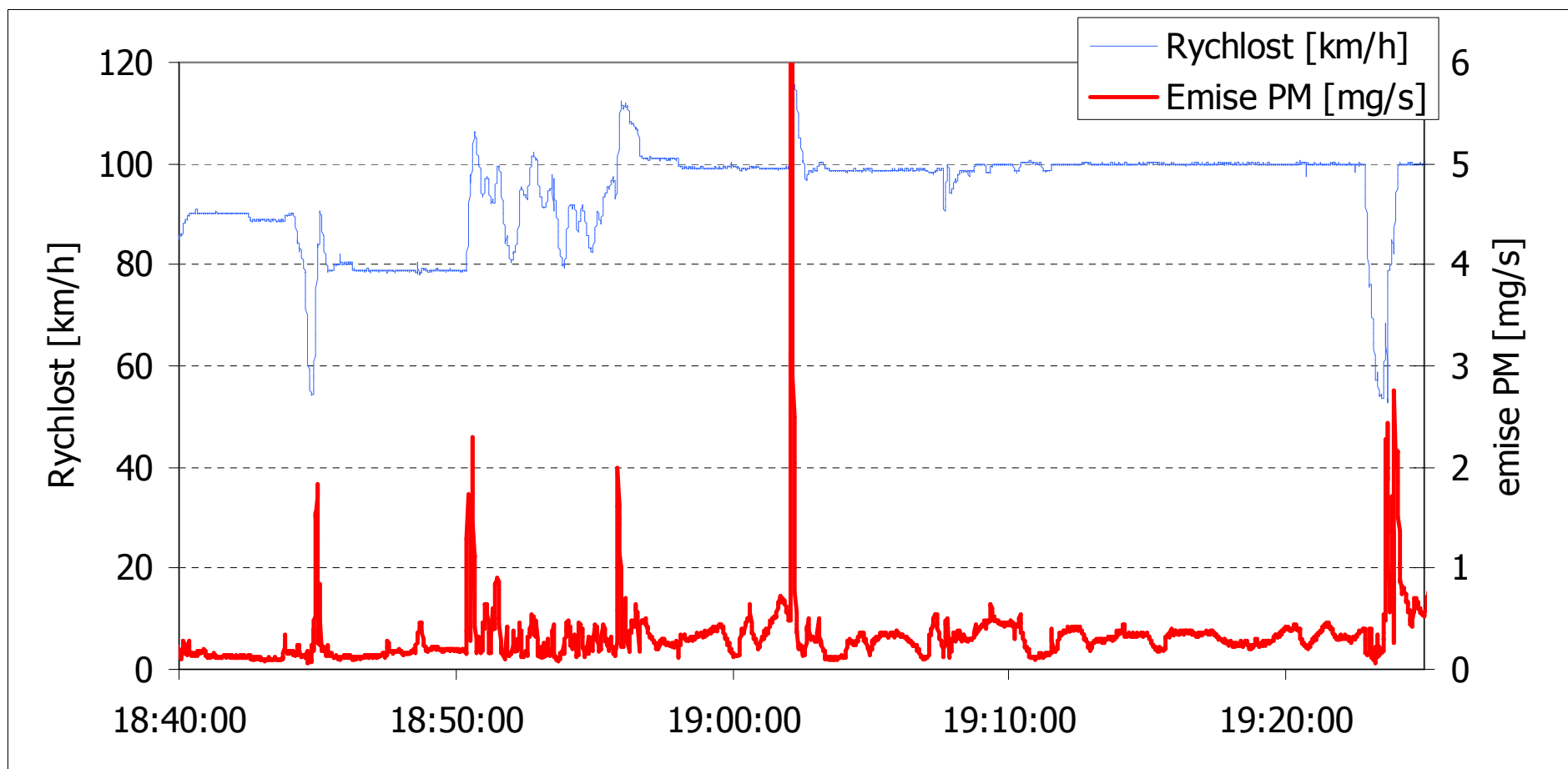


**Jízda ustálenou rychlostí
- Takto byla provozována
většina motorů v tunelových
studiích TESO a při měřeních
na zkušebně, ze kterých
jsou vypočteny mnohé
emisní faktory**

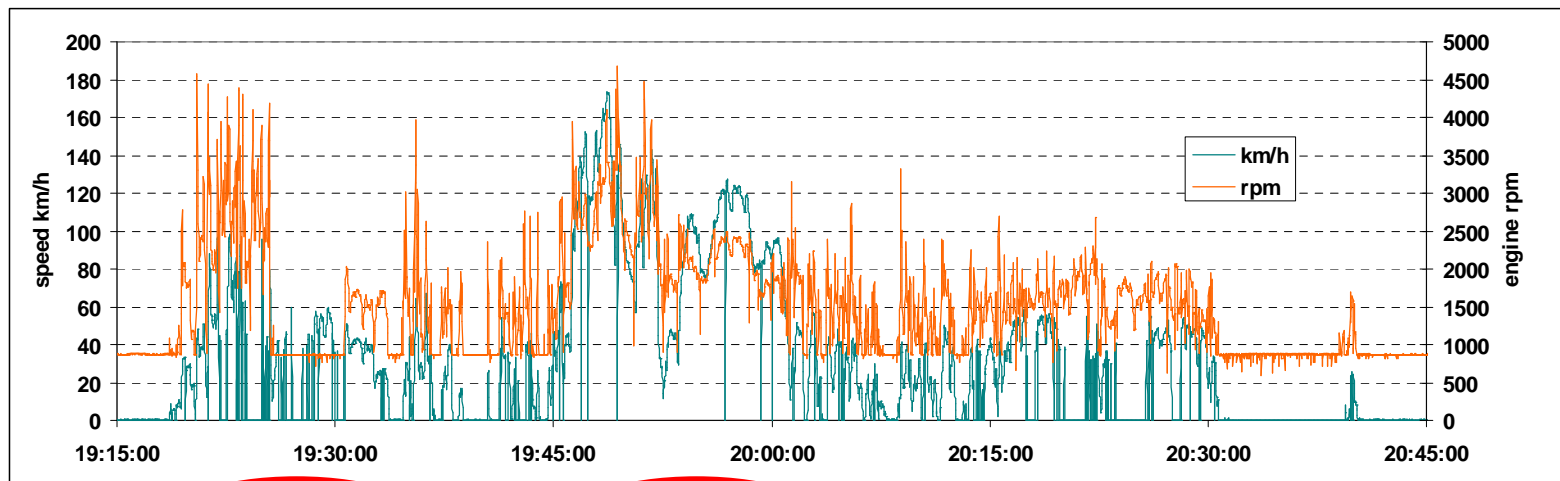
**Toto je cesta po Praze
po místních
komunikacích
(nikoliv po obchvatu)**



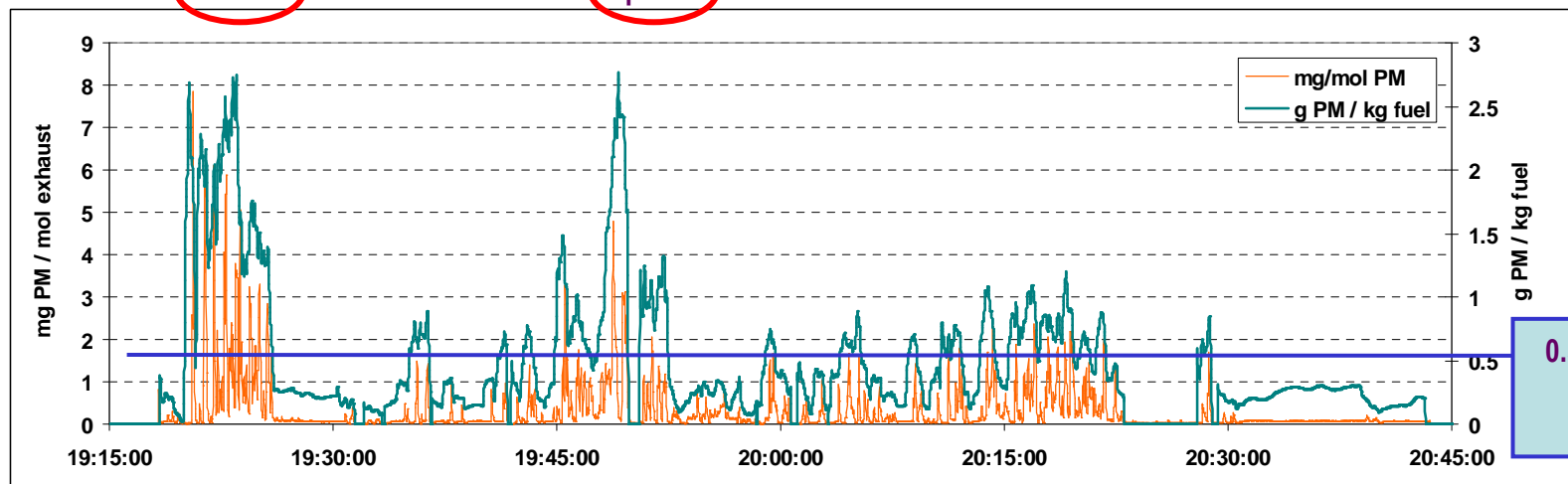
Toto je cesta po rychlostní silnici Mladá Boleslav – Turnov – Liberec



Vliv agresivní a rychlé jízdy (Škoda Octavia r.v. 2007, 103 kW motor)



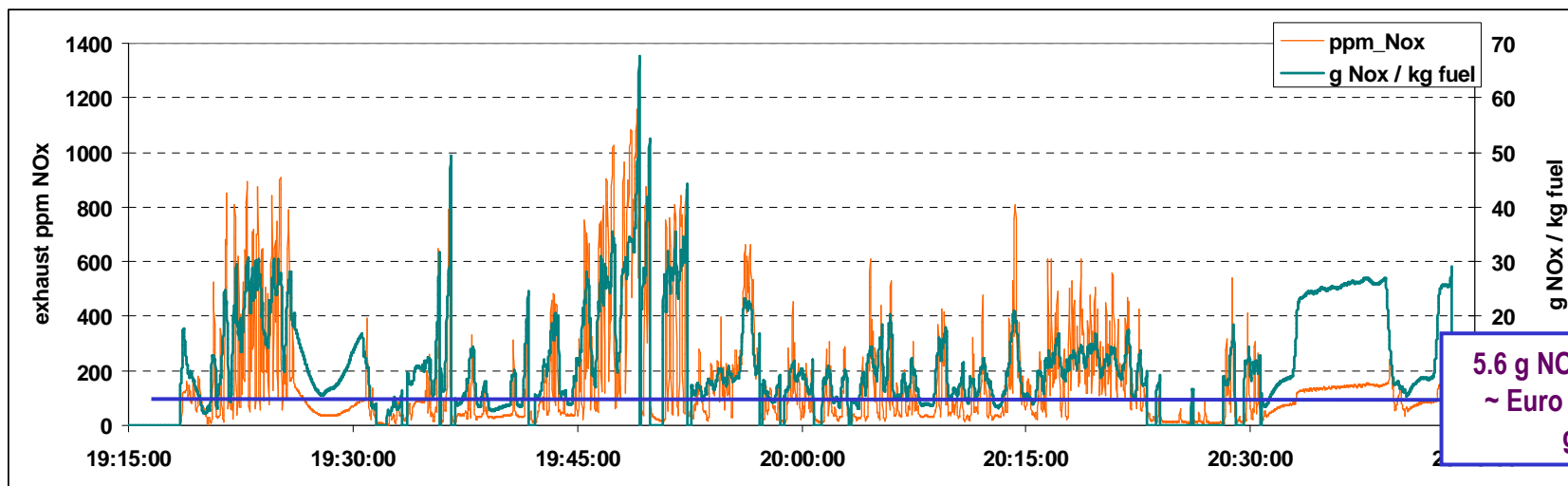
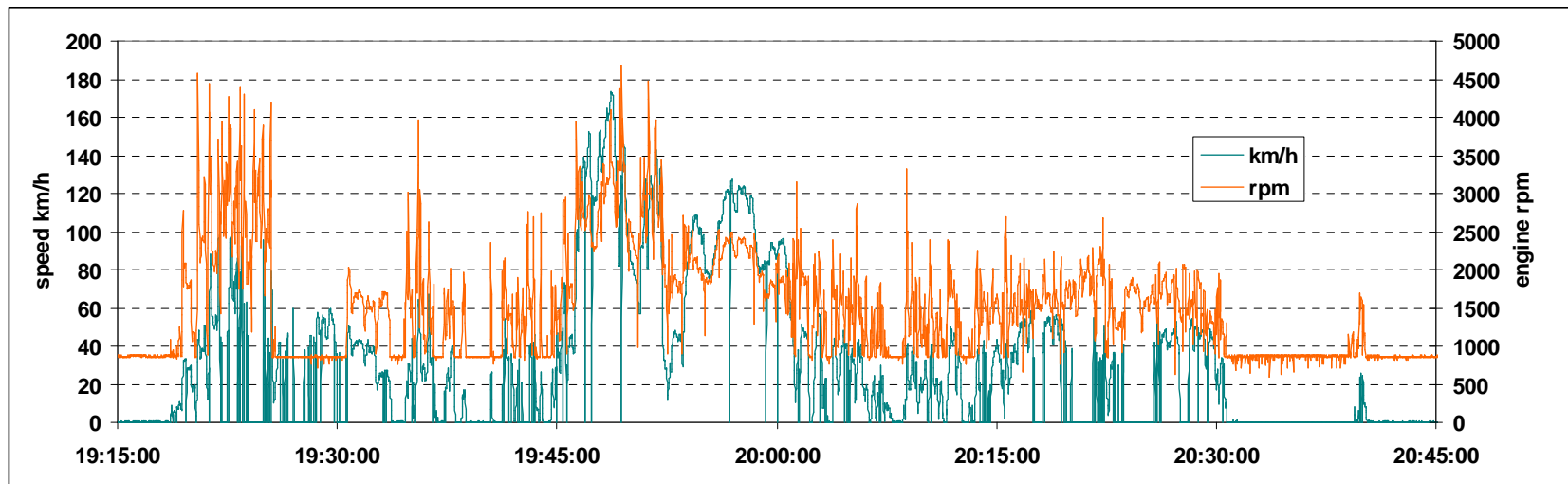
Mountain road - performance
 City driving
 Expressway
 City driving
 Mountain road - ordinary
 idling
 climb descend
 perf. normal
 climb descend



(Tento test se z bezpečnostních důvodů nejel v Praze.)

Grafy převzaty z Vojtíšek a kol., Society of Automotive Engineers Tech. Paper series, 2009-01-0148.

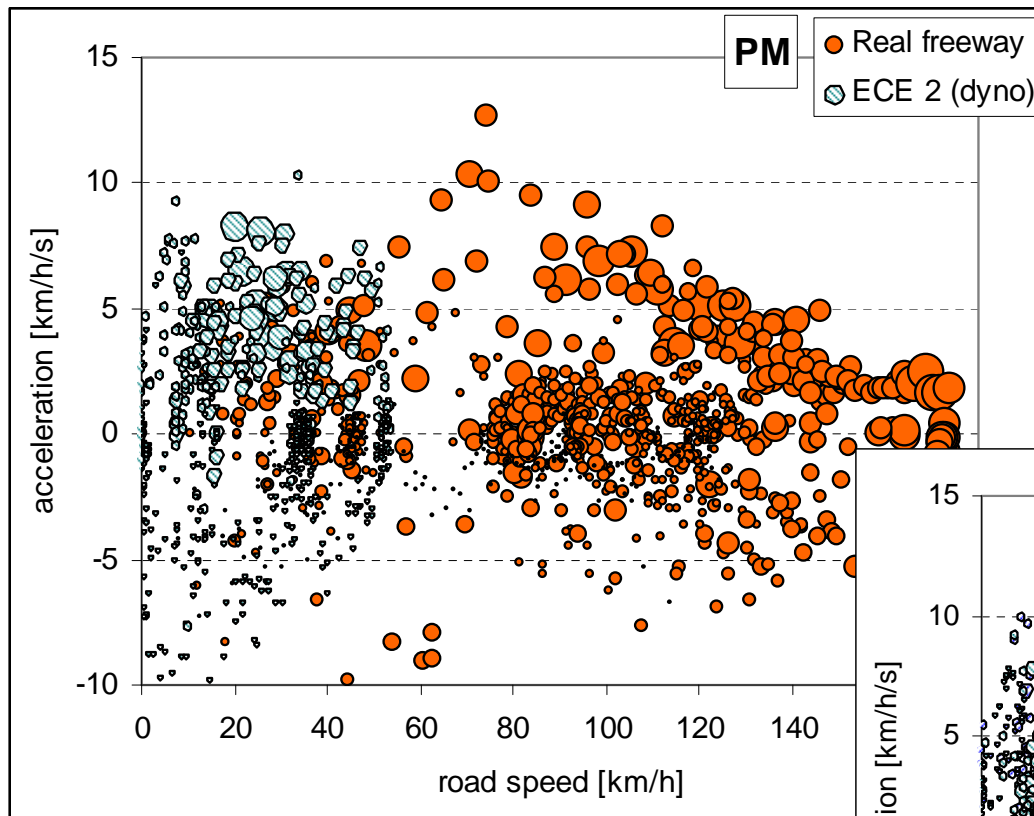
Vliv agresivní a rychlé jízdy (Škoda Octavia r.v. 2007, 103 kW motor)



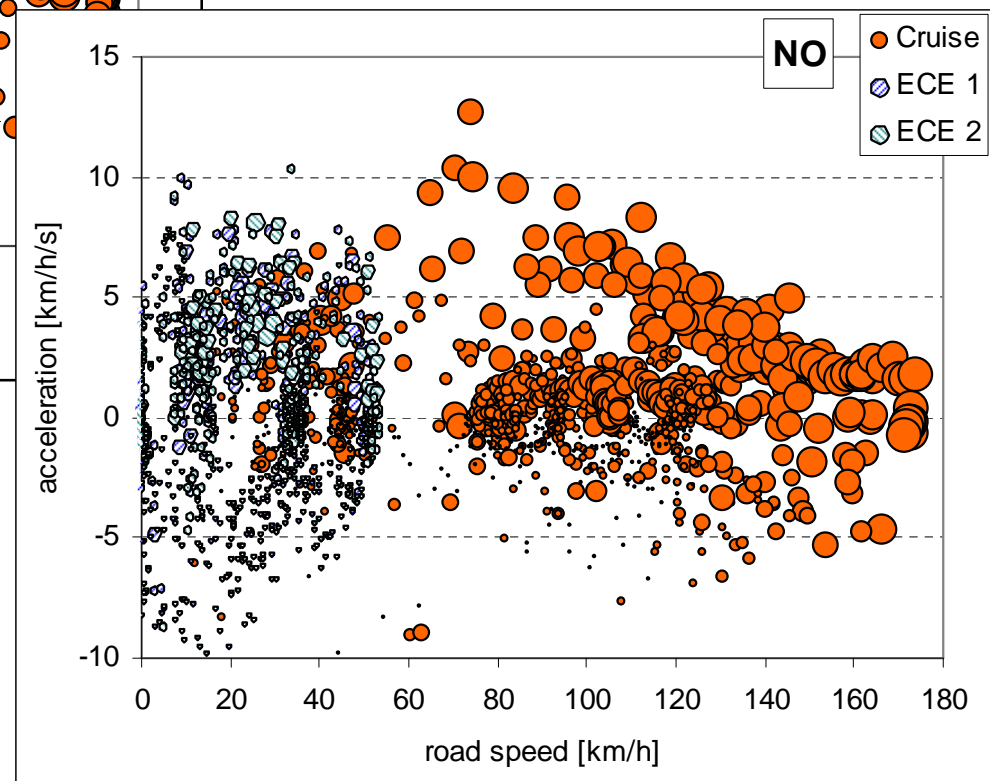
(Tento test se z bezpečnostních důvodů nejel v Praze.)

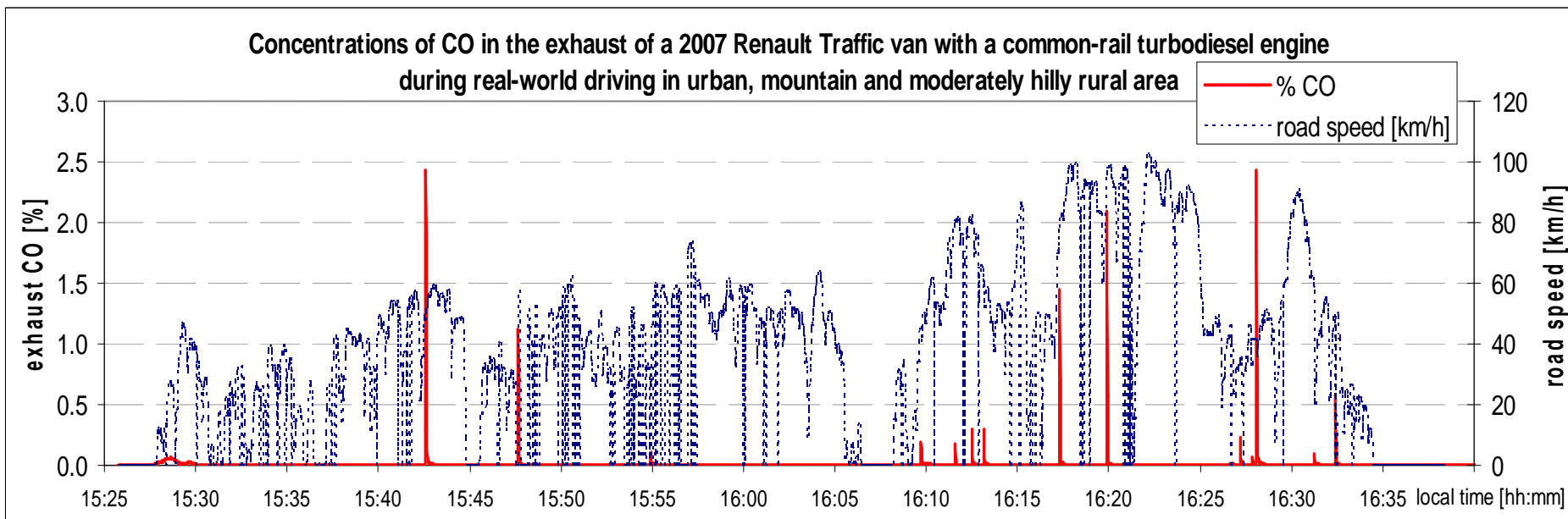
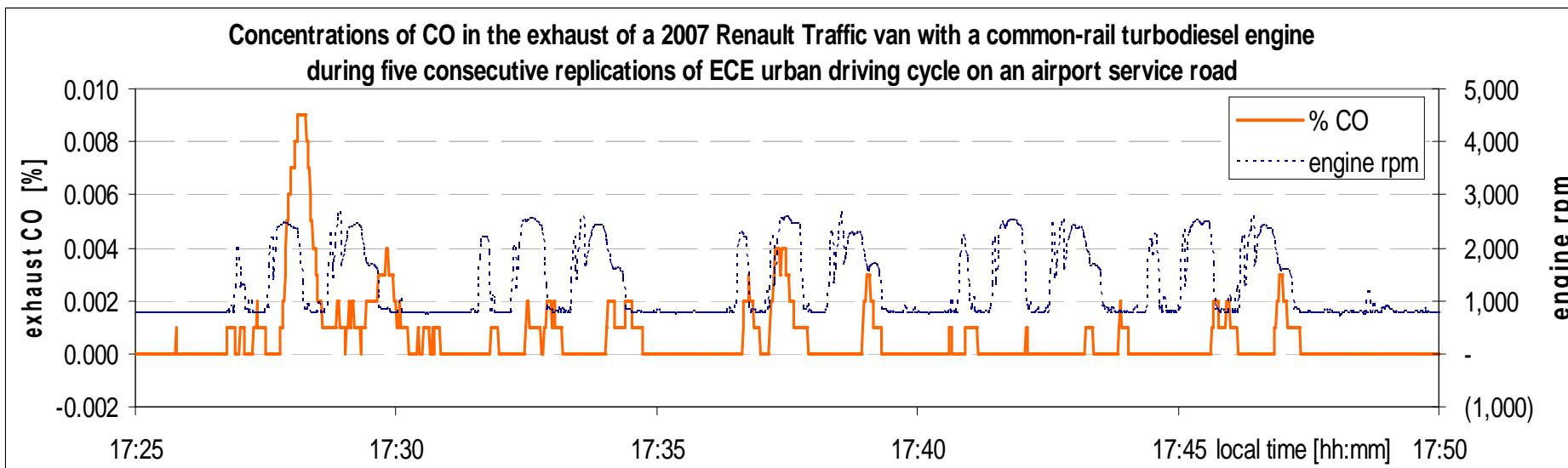
Grafy převzaty z Vojtíšek a kol., Society of Automotive Engineers Tech. Paper series, 2009-01-0148.

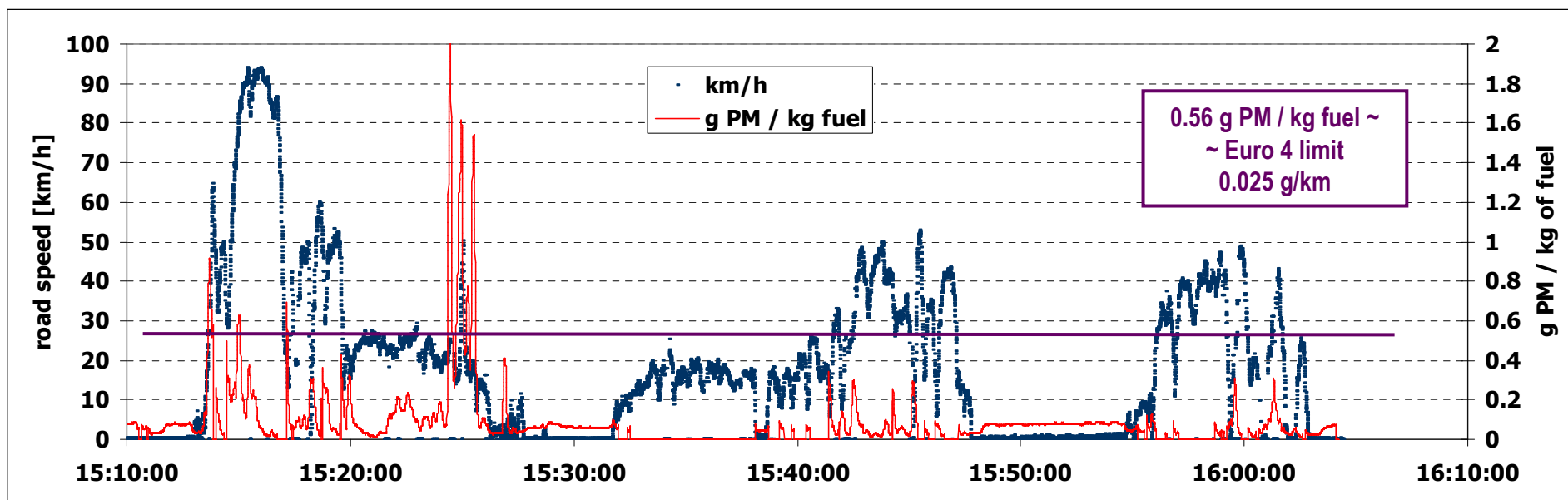
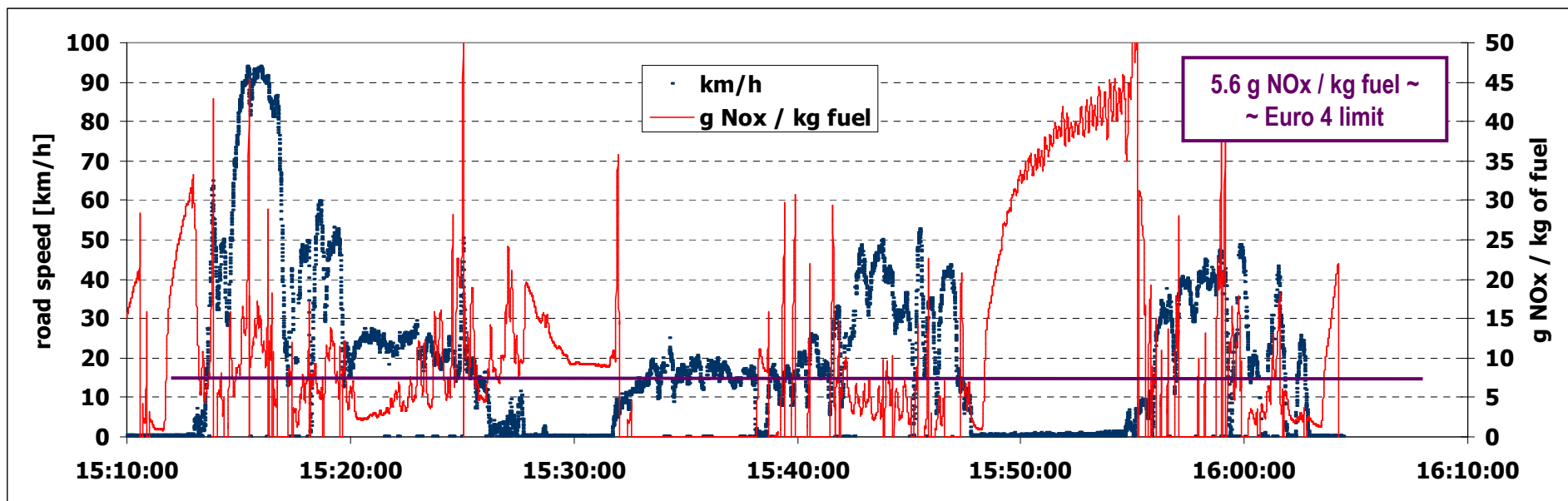
Vliv agresivní a rychlé jízdy (Škoda Octavia r.v. 2007, 103 kW motor)

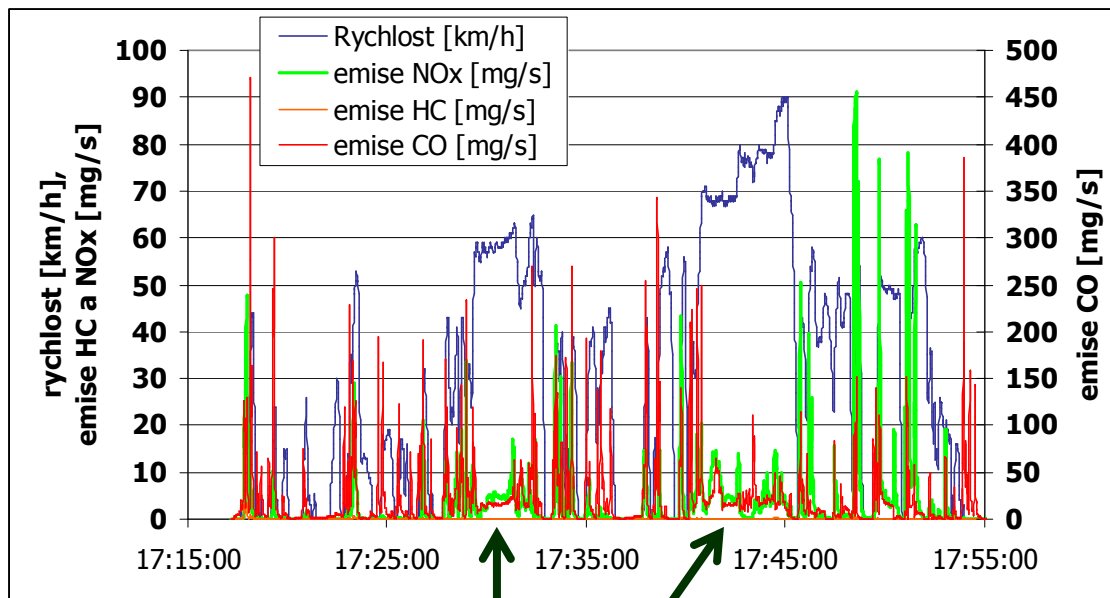


Každá bublina reprezentuje okamžité koncentrace emisí (úměrné ploše bubliny) v každé sekundě jízdy. Poloha bubliny udává okamžitou rychlost a zrychlení





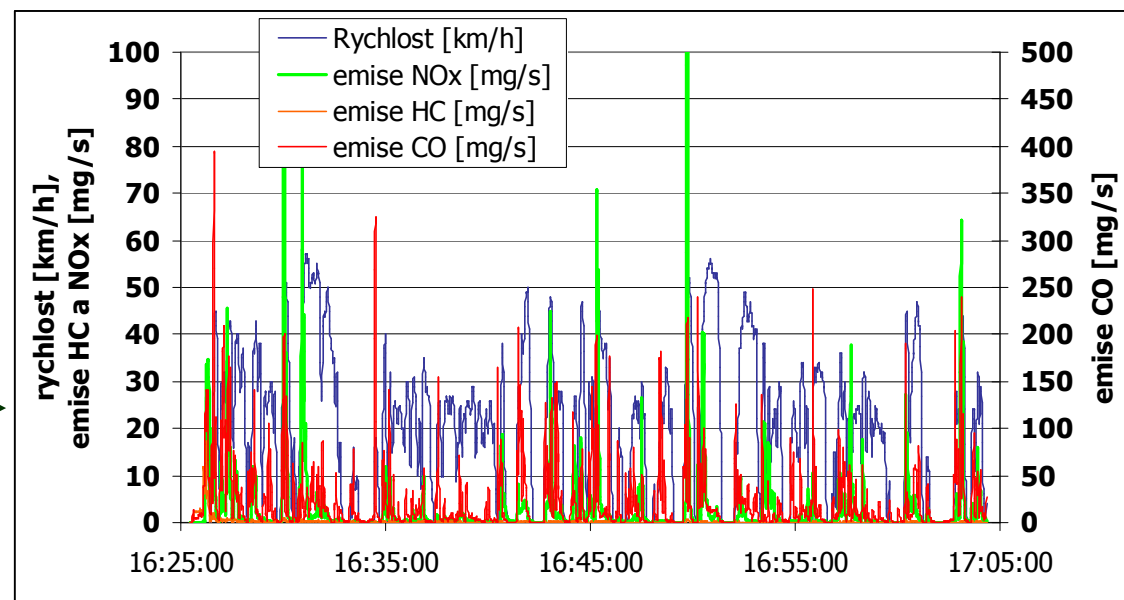


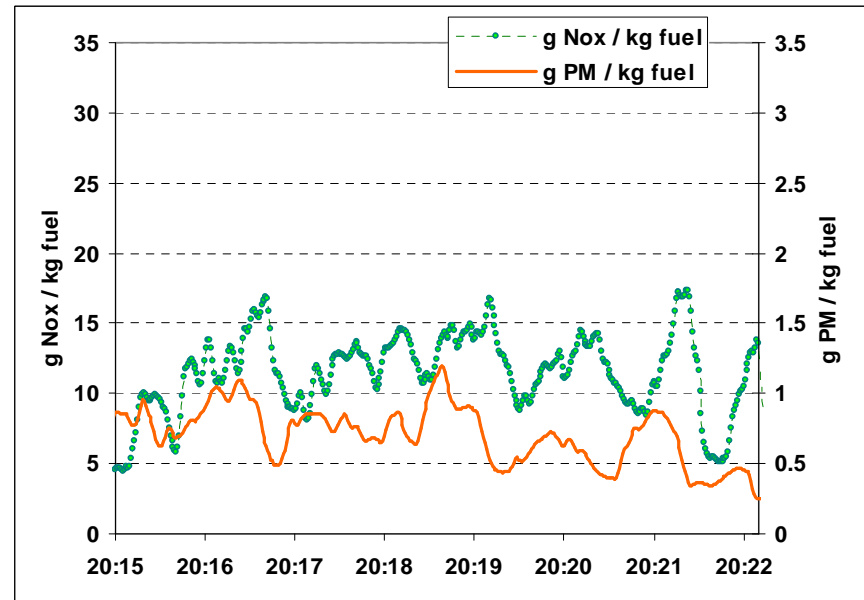
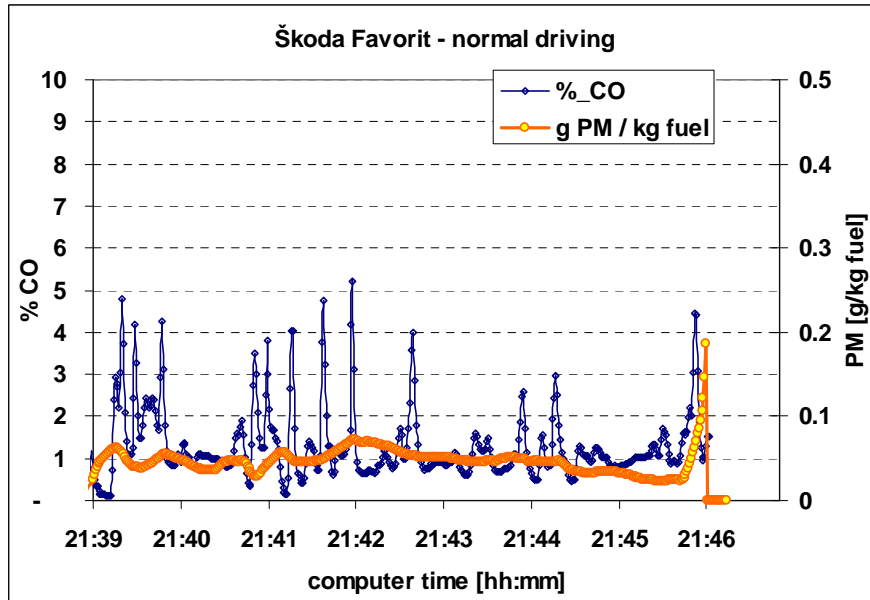
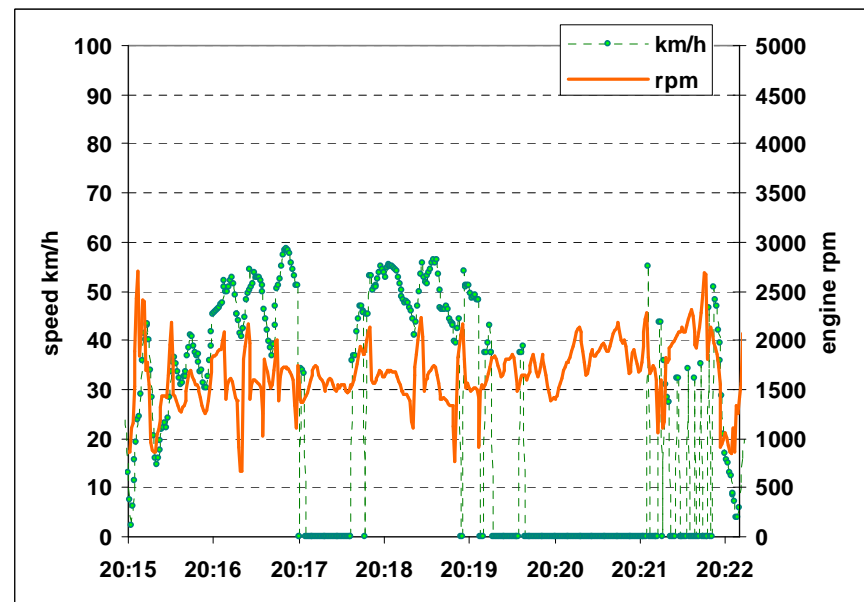
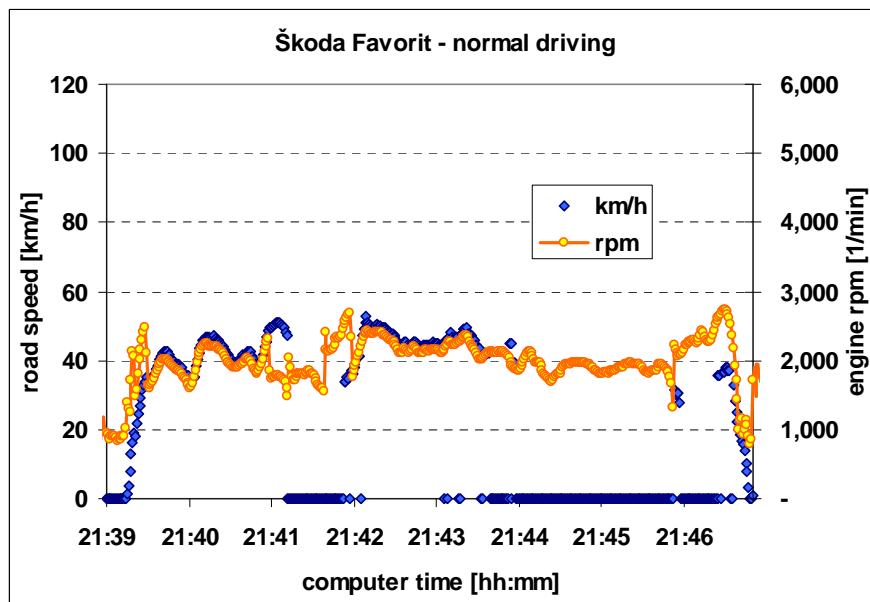


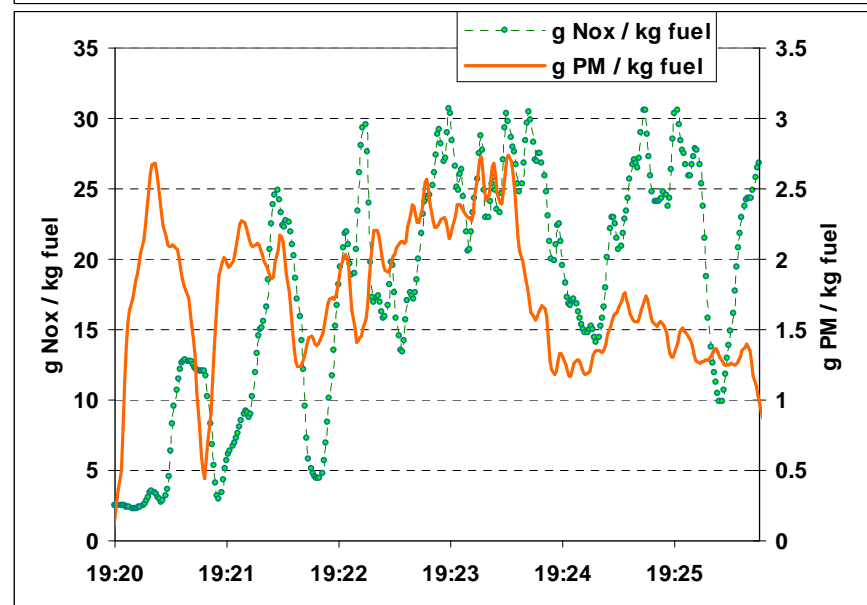
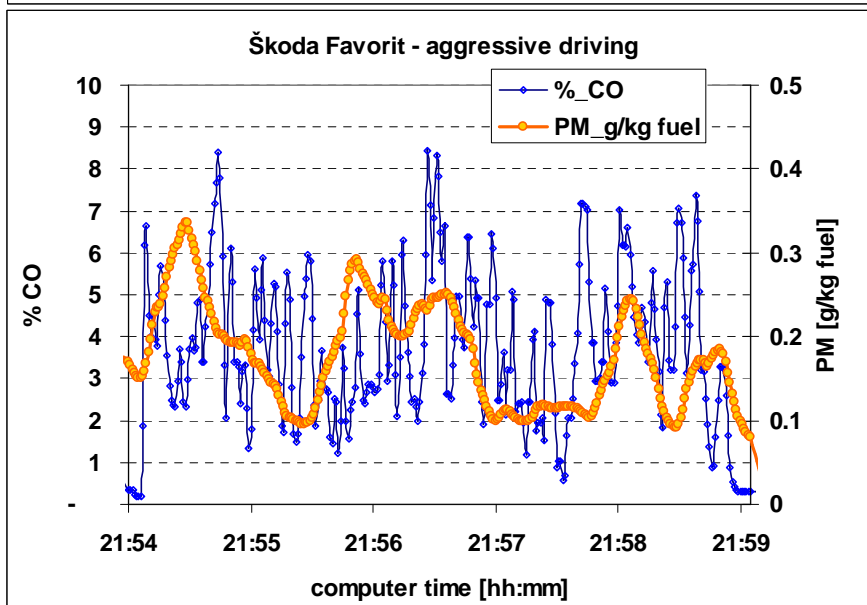
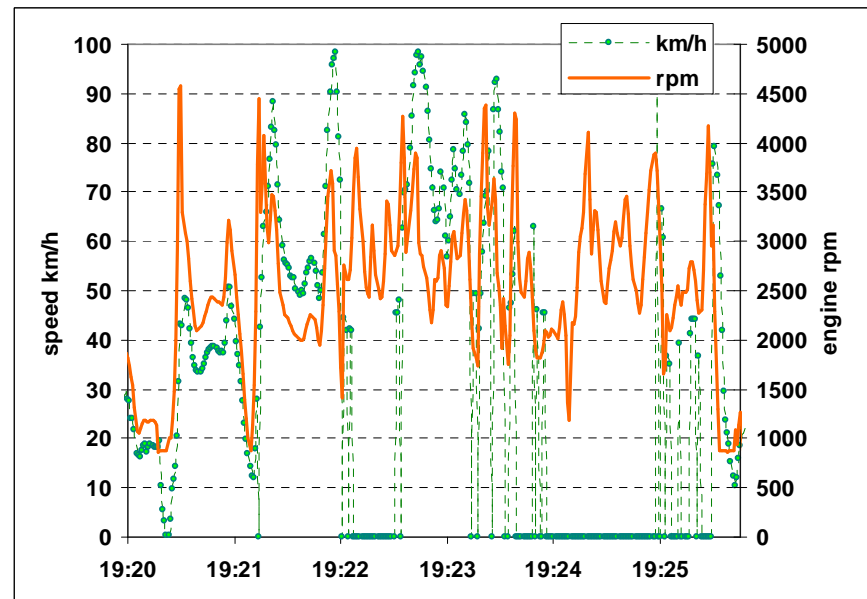
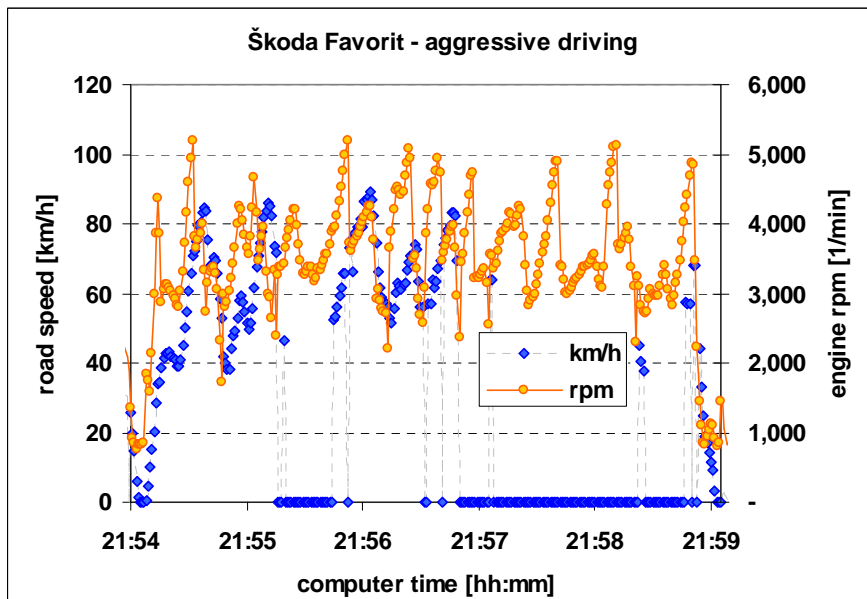
**Toto je výjezd z Prahy
 a cesta po příměstské
 arteriální komunikaci**

**Jízda ustálenou rychlostí
 (řidič se snažil, jinak se
 takto příliš nejezdí)**

**Toto je cesta po Praze
 po místních
 komunikacích
 (nikoliv po obchvatu)**



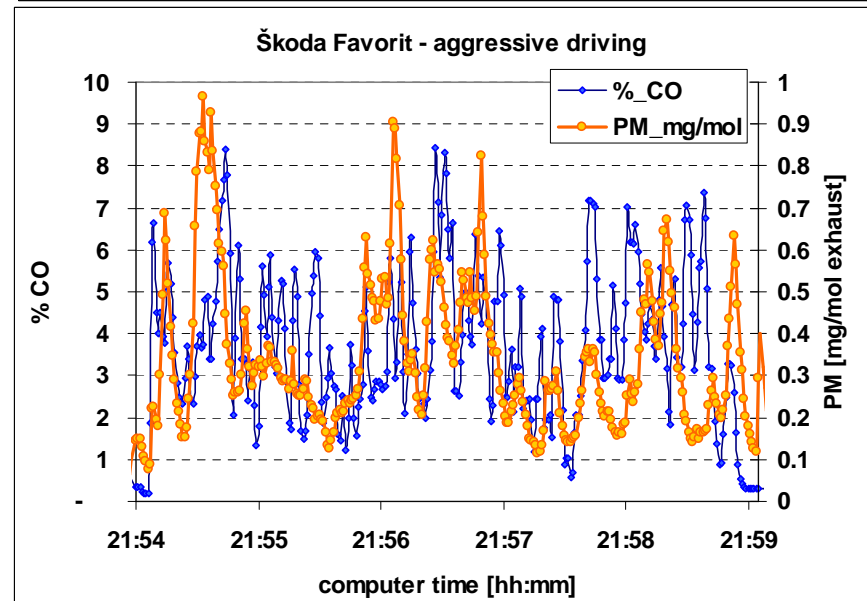
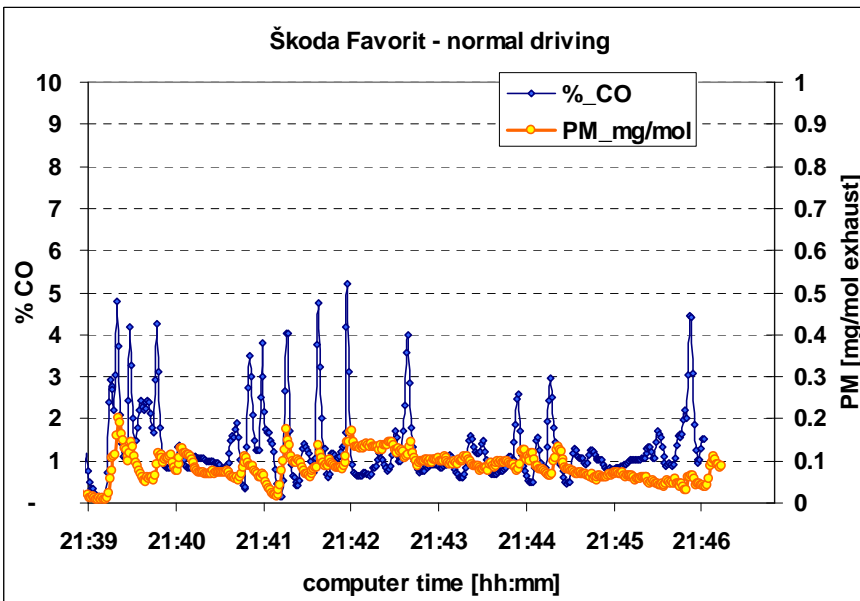
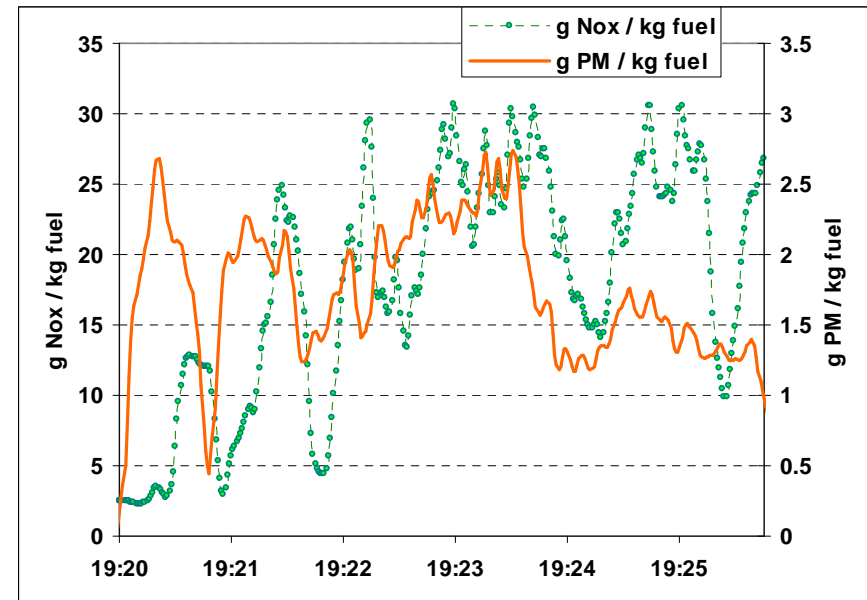
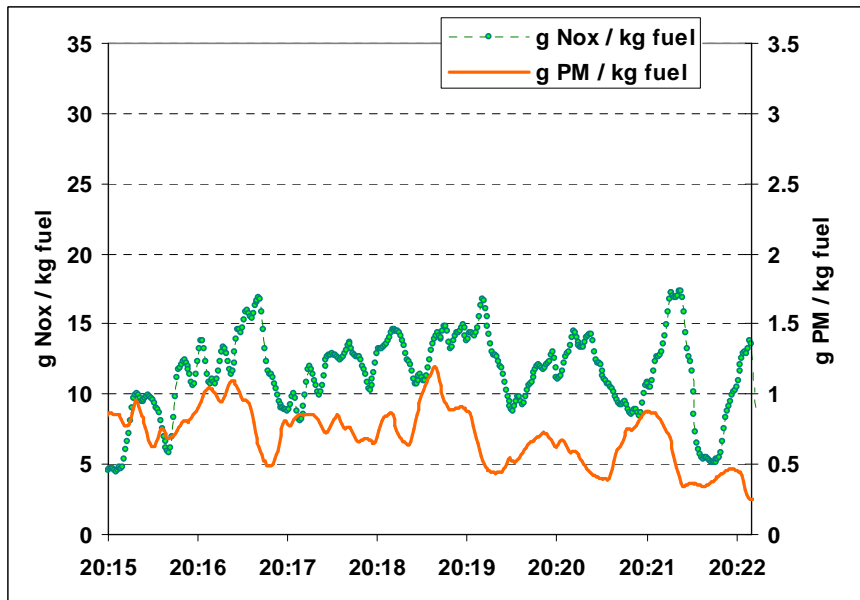


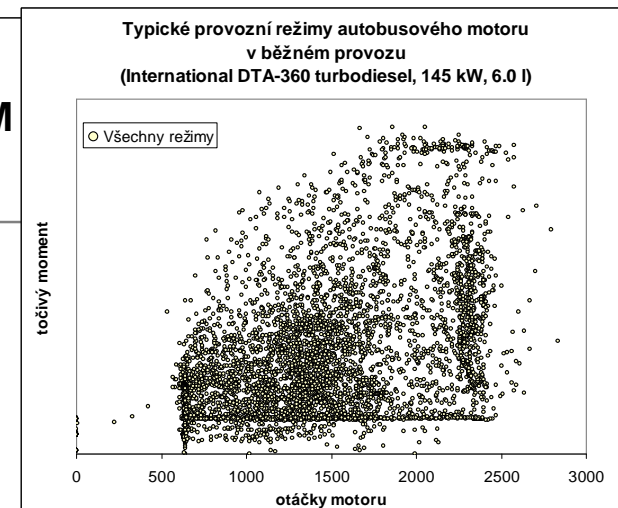
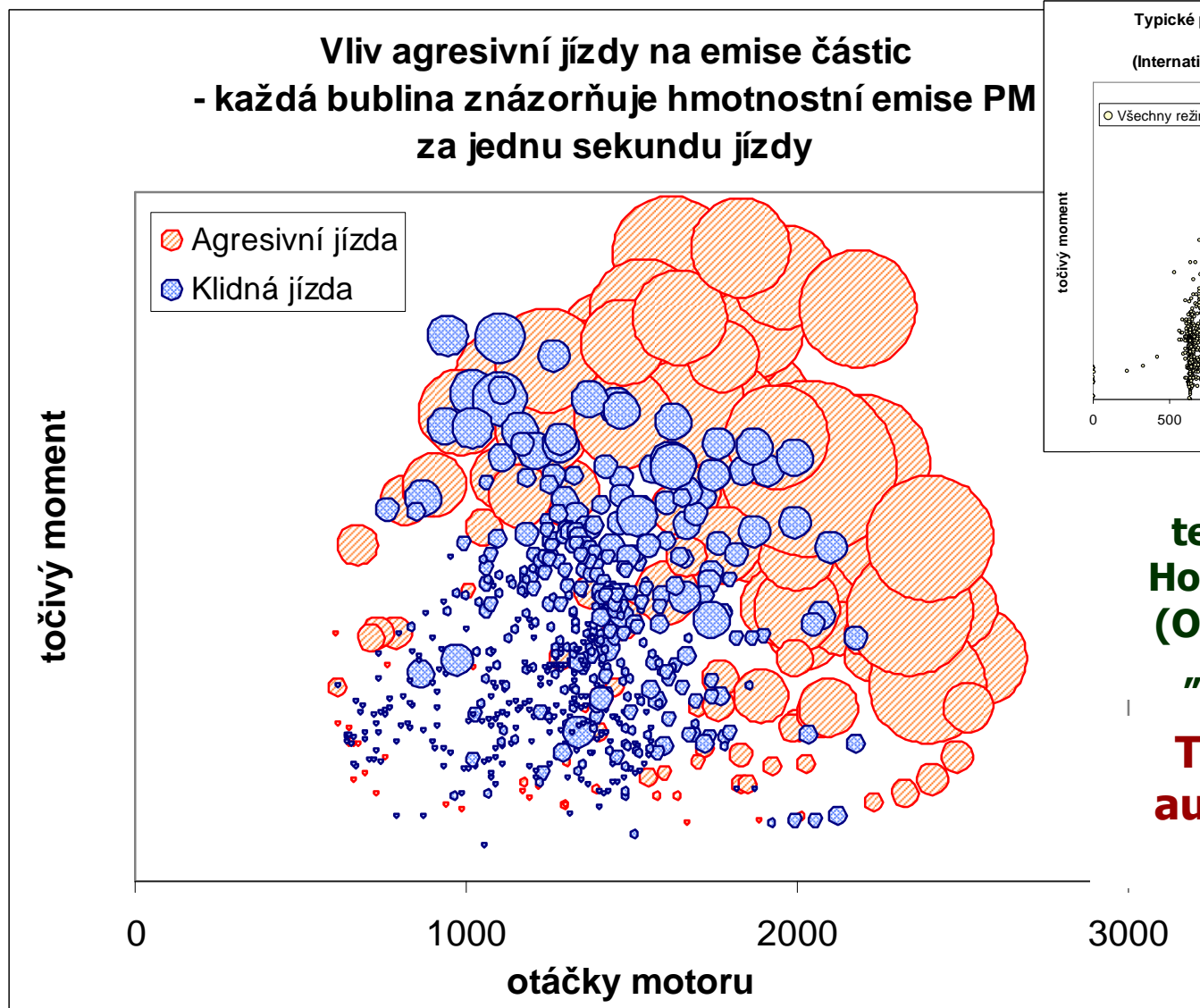


Klidná vs. agresivní jízda do kopce

-Novější Euro 4 diesel vs. starý benzinový motor

Minula se daň z registrace starých aut účinkem?

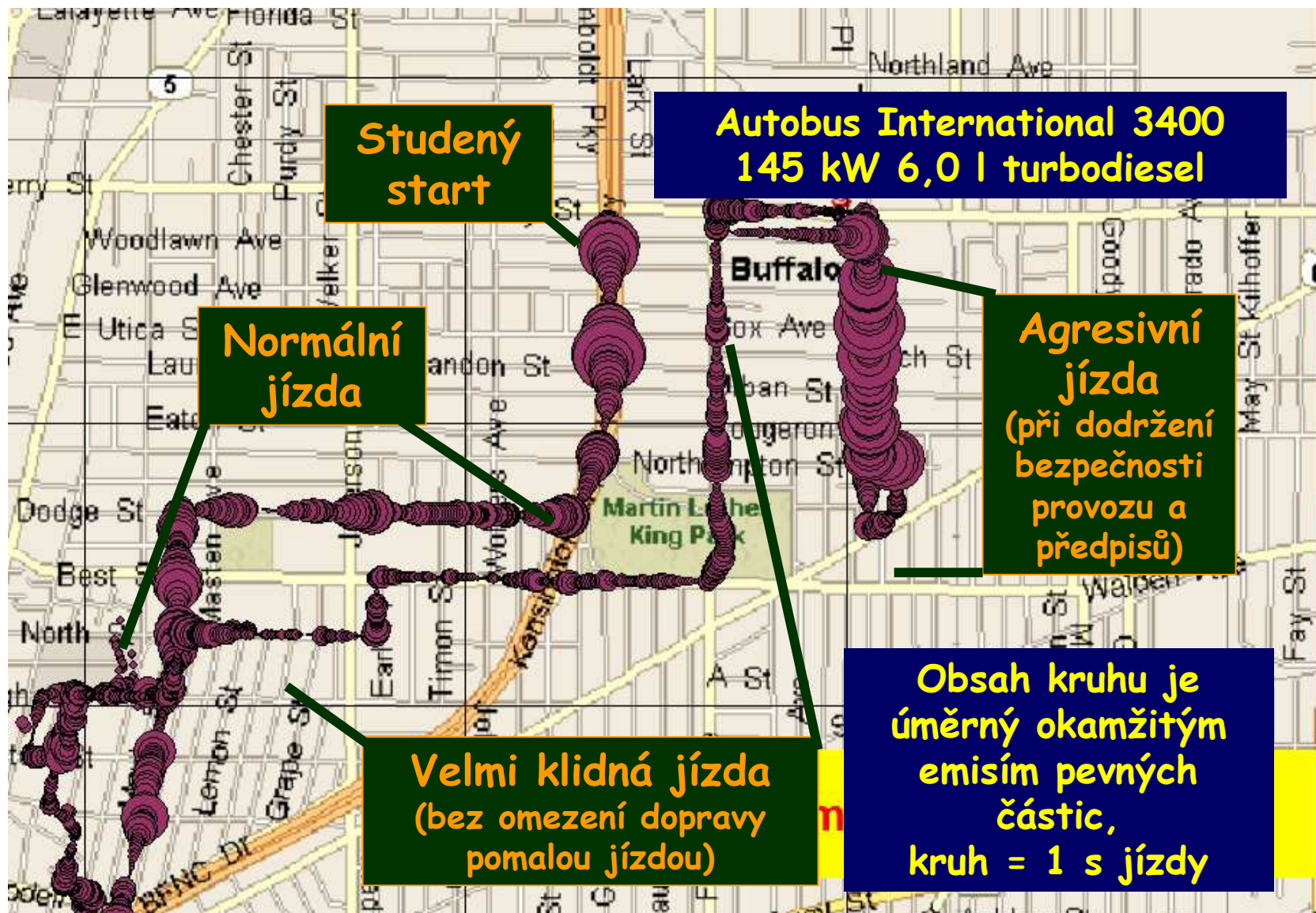




Nebo též dle terminologie dr. J. Horáka, VŠB Ostrava (Ovzduší 2011), vliv „kvality obsluhy“

Tato data jsou z autobusu ve státě New York

Zdroj: Soukromé měření autorem, USA, 2004.



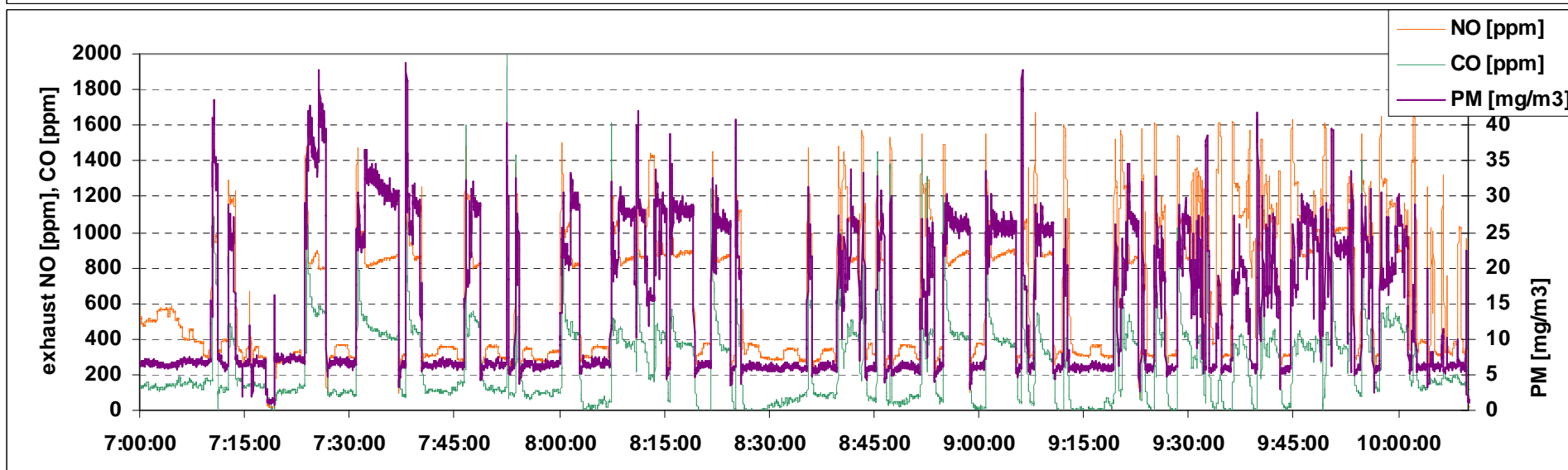
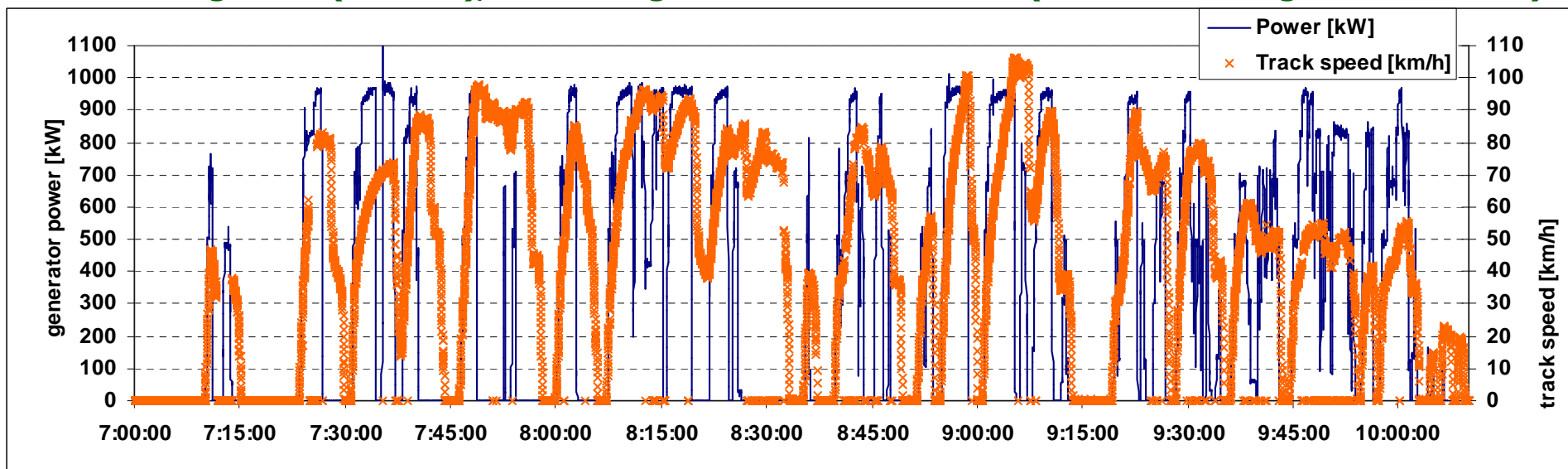
Zdroj: Soukromé měření autorem z vlastní iniciativy, USA, 2004.

Příklad ustáleného chodu motoru: Lokomotiva ČKD řady 749

- **Lokomotiva** řady 749, ČKD Praha, r.v. 1968
- **Motor:** K 6S310 DR, ČKD Praha, r.v. 1968, řadový přeplňovaný šestiválec, zdvihový objem 163,2 litru, výkon 1500 k při 775 ot/min
- 5 vagonů, hmotnost soupravy 290-300 tun (počet a hmotnost cestujících nebyly přesně známy)
- Měření provedena při běžném provozu rychlíku na trati Praha - Tanvald



Emise PM (průměr Praha-Turnov): 1.05 g/km, 0.66 g/kg paliva (spotřeba paliva 185 l/100 km), ~ 0.0035 g/t-km (300 tun), ~ 0.0026 g na "sedadlo-kilometr" (Euro 6: 0.0045 g/km automobil)



**Emise ze silničních vozidel nejsou „ustálené“
výrazně závisí na „použité technologii“ a „kvalitě obsluhy“.**

Krátké epizody s vysokými emisemi dominují celkovým emisím.

Provozní podmínky mají zásadní a výrazný vliv na emise zvláště částic:

**Se snižující se plynulostí dopravy narůstají u silničních vozidel
emise zvláště částic, ty jsou vyšší při akceleracích a při delším
provozu na velmi nízká zatížení.**

Motor lokomotivy, díky konzervativní, robustní konstrukci a relativně ustáleným provozních podmínkám dosáhl, i přes velké stáří, emisí nikoliv nesrovnatelných (na tunu a kilometr nebo sedadlo a kilometr) s moderními silničními osobními a nákladními vozy.

Není zřejmé, že omezení starších vozů s benzinovými motory a jejich náhrada průměrnými moderními vozy (třetina až polovina vznětové motory) vede ke snížení emisí částic.

Emise částic ze spalovacích motorů je třeba snížit v reálných podmínkách, nejen dalším snižováním limitů pro nové motory.

Městský provoz je spojen s řadou anomálií, které je vhodné brát v potaz.

Množství dat je omezené, poukazují na trendy, neposkytují věrohodné kvantitativní srovnání.

Poděkování

**„S přispěním finančního nástroje EU LIFE“
Projekt LIFE10 ENV/CZ/651 - MEDETOX**



Měření emisí kamionu při volnoběhu a následné jízdě byla financována společností IdleAire, Knoxville, Tennessee, USA a měřena ve státě Tennessee.

Měření emisí kamionů při rozjezdu a jízdě po dálnici byla financována Kalifornským úřadem pro ochranu ovzduší a měřena ve státě Kalifornie.

Měření v ČR byla financována granty MŠMT Ministerstva dopravy ČR CG912-058-520 „Kvantifikace environmentálních a bezpečnostních vlivů dopravy“ a MŠMT 1M0568 "Výzkumné centrum spalovacích motorů a automobilů Josefa Božka II" a dr. Vojtíškem.

Na měření emisí osobních vozidel se podíleli ing. Martin Dufek, ing. Jan Mareš a ing. Michael Fenkl z Katedry vozidel a motorů FS TU v Liberci.

Na měření emisí lokomotivy se podíleli ing. Jonáš Jirků a doc. ing. Jaroslav Opava, CSc. z Fakulty dopravní ČVUT v Praze.

Zvláštní poděkování Depu kolejových vozidel Vršovice Českých drah (lokomotiva), a Maliník Rebels Performance Motoring Club (agresivní jízda).

Vojtíšek: Výfukové emise spalovacích motorů – specifická rizika v reálném městském provozu. GenTox, Brno 10.5.2012. 48