



CENTRUM
DOPRAVNÍHO
VÝZKUMU



envitech

T A
Č R

Výhody a nevýhody měření kvality ovzduší s využitím nízkonákladových senzorů

Roman Ličbinský, Jiří Huzlík Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.
Pavel Chaloupecký, Envitech Bohemia s. r. o.

T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu EPSILON.

www.tacr.cz

Výzkum užitečný pro společnost

Motivace

- Znečištění ovzduší - aktuální téma - dopady na zdraví člověka.
- Nutnost měření kvality ovzduší - pochopení příčin tohoto stavu.
- Přenos informací k občanům – Smart Cities, Smart Environment, Udržitelná mobilita.....
- K měřením znečištění ovzduší jsou využívány nejrůznější typy přístrojů.
- Data musí být kvalitní a musí správně popisovat aktuální situaci.



foto: Ivo Dostál, CDV



Referenční metody sledování kvality ovzduší

V části A přílohy č. 6 k vyhlášce MŽP č. 330/2012 Sb.

zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší

- Koncentrace $PM_{10}/PM_{2.5}$ - Gravimetrie (ČSN EN 12341)
- Troposférický ozón (O_3) – Ultrafialová fotometrie (ČSN EN 14625)
- Oxid uhelnatý (CO) – Nedisperzní infračervená spektroskopie (ČSN EN 14626)
- Oxidy dusíku (NO_x resp. NO_2) – Chemiluminiscence (ČSN EN 14211)
- Oxid siřičitý (SO_2) – Ultrafialová fluorescence (ČSN EN 14212)

foto: Roman Ličbinský, CDV



zdvoj: www.chmi.cz



Referenční metody sledování kvality ovzduší

- pokud je naším cílem dlouhodobé měření kvality ovzduší a hodnocení znečištění ve vztahu k limitním imisním koncentracím
- **výhody:** kvalitní informace o znečištění ovzduší, přesnost měření, robustnost, opora v legislativě (ČR i EU)
- **nevýhody:** vysoké pořizovací náklady, vysoké provozní náklady $\Rightarrow$ méně hustá měřicí síť



Jiné používané metody pro měření koncentrací škodlivin v ovzduší

- Různé typy senzorů – nejčastěji elektrochemické.
- Princip absorpce, adsorpce a chemisorpce - mezi molekulami analyzátoru a měřené látky vzniká chemická vazba, může vzniknout jen mezi určitými molekulami a za určitých podmínek.
- Limitující faktor jejich využití
 - nutnost zajistit konstantní podmínky pro činnost senzorů



Jiné používané metody pro měření koncentrací škodlivin v ovzduší

- pokud je naším cílem získat pouze základní informace o kvalitě ovzduší omezující se v podstatě na fakt, kdy je znečištění ovzduší větší a kdy menší
- **výhody:** nízké pořizovací náklady, velmi nízké provozní náklady
- **nevýhody:** pouze orientační informace o kvalitě ovzduší, reprodukovatelnost měření, nestálost při různých klimatických podmínkách, kratší doba životnosti, žádná opora v legislativě (ČR i EU)



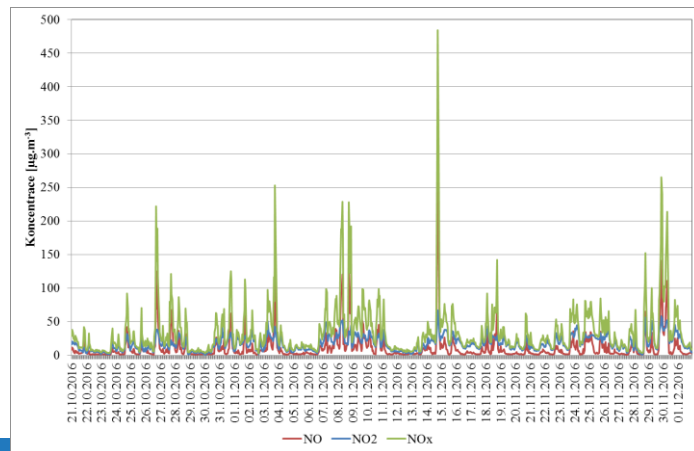
Jiné používané metody pro měření koncentrací škodlivin v ovzduší

- Projekty OpenSense and OpenSensell firmou nano-tera.ch - senzory na autobusech MHD v Lausanne a tramvajích MHD v Curychu
- Aplikace sítí elektrochemických senzorů např. v Cambridge ve Velké Británii, Valencii ve Španělsku či v Lagosu v Nigérii (Maed et al., 2013)
- Komunitní síť - Air Quality Egg (<http://airqualityegg.com/>)
- Trafficsensnet (č. TA02031405 – ČVUT, firma APT spol. s.r.o. – 2012 až 2015 - Praha Spořilov 27 měřících jednotek + mobilní aplikace - lze dohledat výsledky ze 7 jednotek, pouze aktuální hluková zátěž

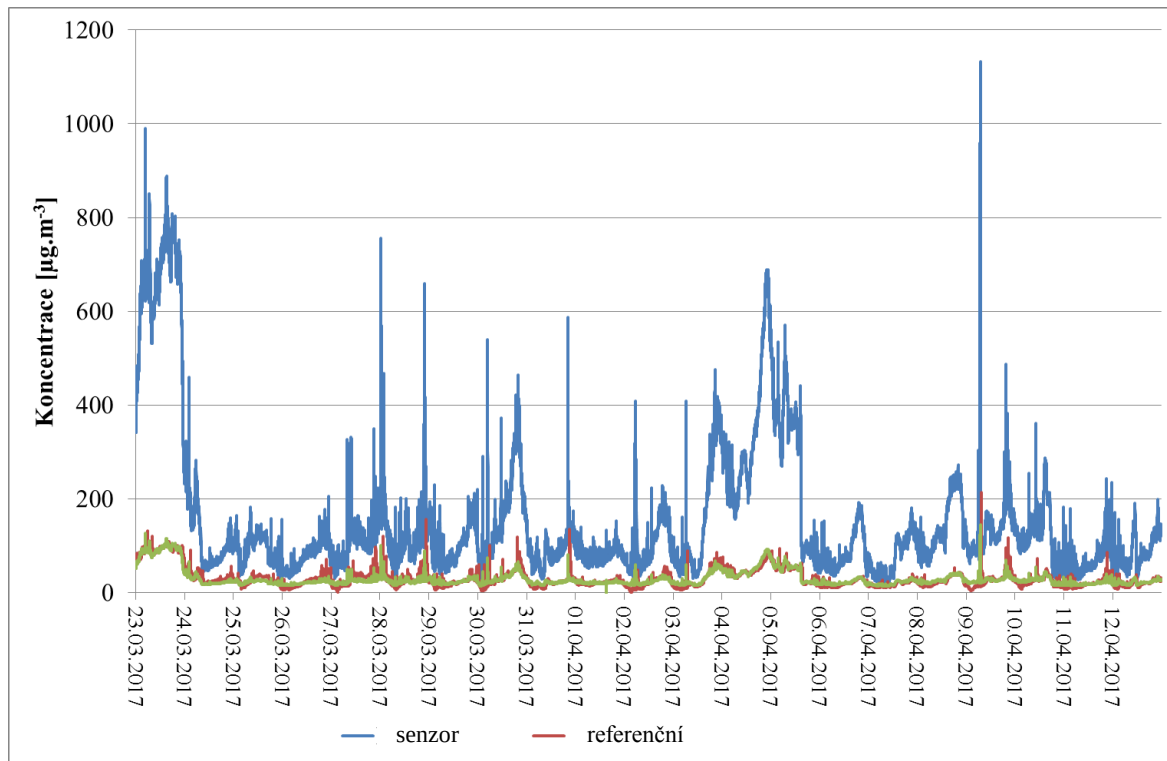


Referenční metody vs. elektrochemické senzory

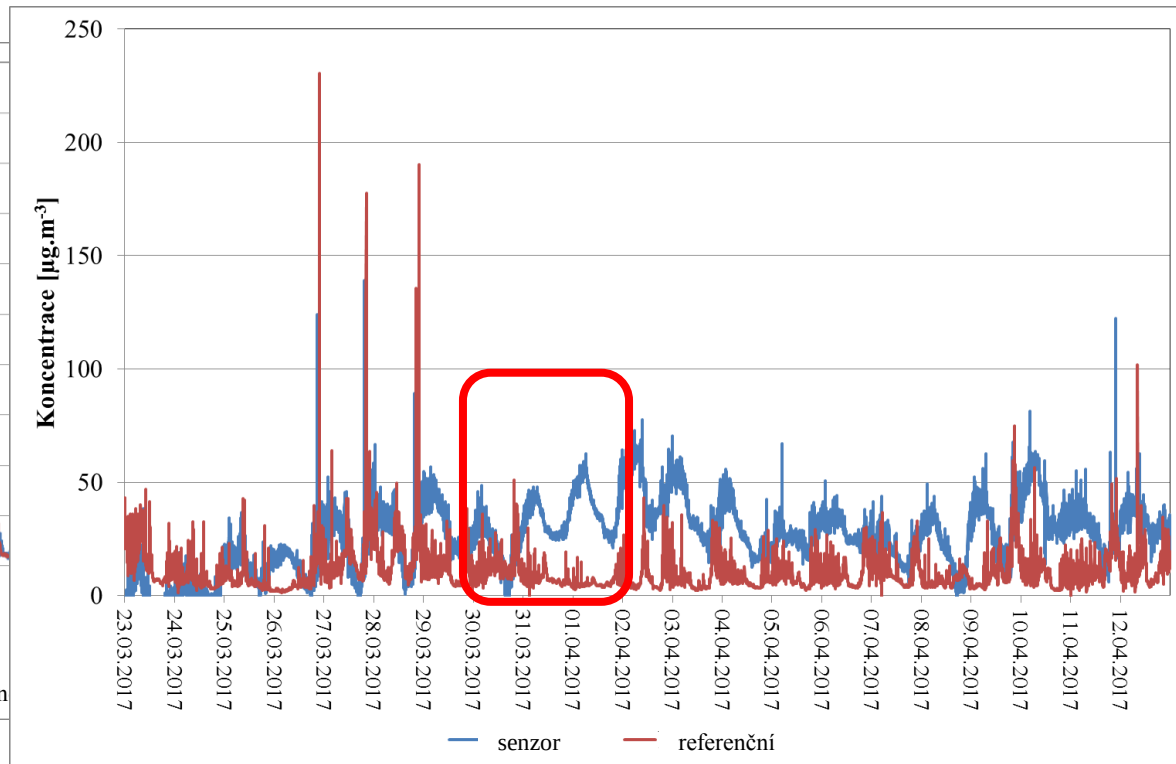
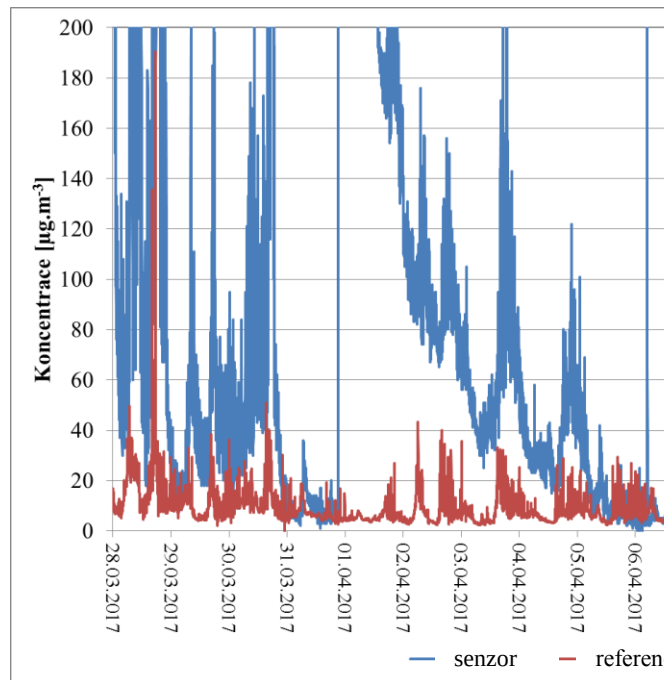
- Srovnávací měření – 1 přístroj na principu referenčních metod
 - 5 přístrojů na bázi elektrochemických senzorů
- Areál CDV – dynamické prostředí z pohledu znečištění



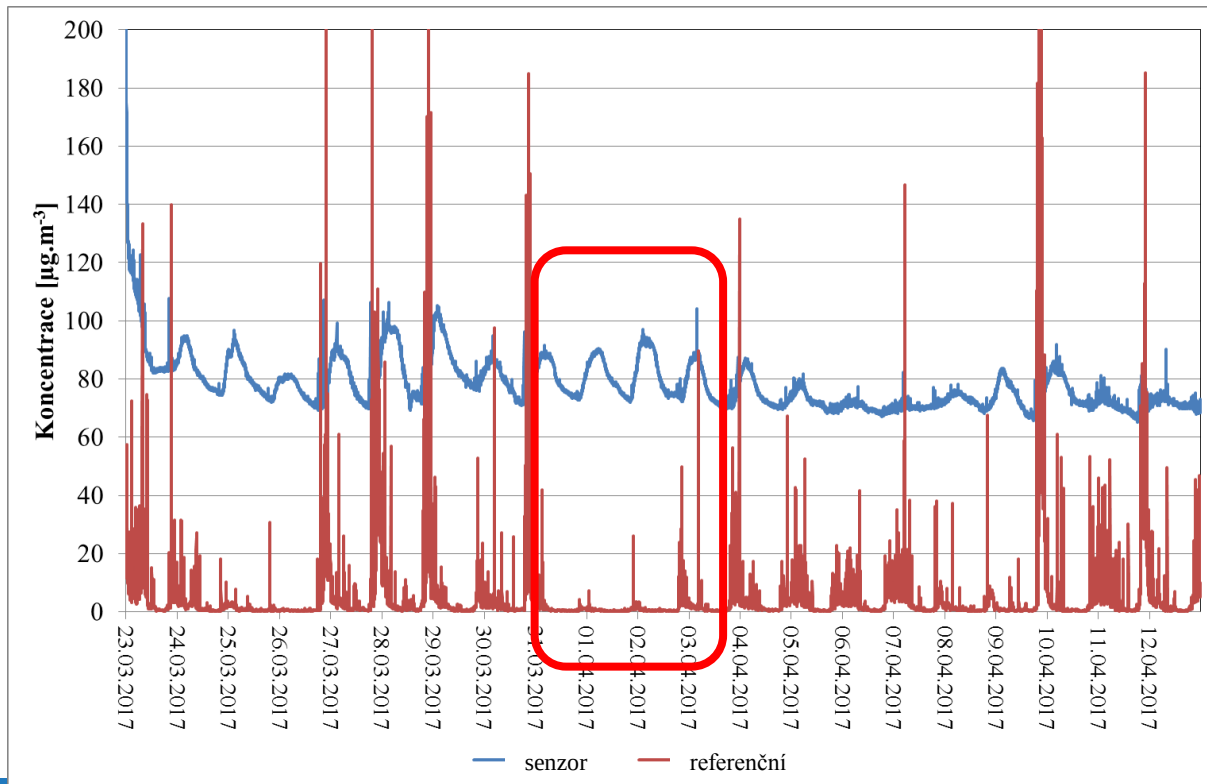
Referenční metody vs. elektrochemické senzory



Referenční metody vs. elektrochemické senzory



Referenční metody vs. elektrochemické senzory



Projekt TAČR: Aplikace nízkonákladových senzorů pro měření kvality ovzduší v souvislosti s dopravními opatřeními

- Výzkum a vývoj systému na bázi nízkonákladových senzorů, který bude možné využít k monitoringu kvality ovzduší s odpovídající kvalitou produkovaných dat, reprodukovatelností měření a robustností celého systému.
- Systém bude využíván jako alternativa k nákladným měřením certifikovanými referenčními a ekvivalentními metodami.
- Předpokládá se využití vyvíjeného systému jako základního stavebního kamene v systémech ITS (Intelligent Transport System) s návazným přijímáním dopravních opatření ke zlepšení kvality ovzduší a rovněž např. v rámci konceptů Smart Cities



Poptávané firmy

- Alphasense (Velká Británie) – nakoupeny některé plynové a prachový senzor
- Winsen (Čína) - nakoupeny některé plynové senzory
- Cairpol (Francie) - nakoupeny některé plynové senzory
- Aeroqual (Nový Zéland) - nakoupeny některé plynové a prachový senzor
- Plantower (Čína) - nakoupeny prachové senzory
- Libellium (Španělsko) – senzory nebyly nakoupeny z důvodu využití senzorů Alphasense
- Camea (Česká republika) – senzory nebyly nakoupeny z důvodu využití senzorů Alphasense
- Nanosense (Polsko) – senzory nebyly nakoupeny z důvodu využití senzorů Alphasense
- AQMesh (Velká Británie) – senzory jsou příliš nákladné a nesplňují tak požadavek na nízkonákladové řešení
- Scentroid (Kanada) – senzory jsou příliš nákladné a nesplňují tak požadavek na nízkonákladové řešení



Zakoupené senzory

Název senzoru	Měřené látky	Rozsah měření	Množství
Cairsens NO ₂	NO ₂	0,02 - 0,25 ppm	2
Cairsens NM VOC	Suma těkavých organických látek (VOC)	0,01 – 16 ppm	1
Cairsens CO	CO	0,05 – 20 ppm	2
Alphasense B43F	NO ₂	do 20 ppm	2
Alphasense B4	NO	do 20 ppm	2
Alphasense PID-AH2	Suma těkavých organických látek (VOC)	do 50 ppm	2
Alphasense B4	CO	do 1000 ppm	2
Alphasense OPC-N2	Prašné částice – frakce PM ₁₀ , PM _{2.5} , PM _{1.0}	0,38 - 17 µm	2
Winsen ME3-NO2	NO ₂	0,1 – 20 ppm	2
Winsen ZP01-MP503	Suma těkavých organických látek (VOC), po dodání zjištěno, že uvedený senzor je nevhodný pro požadovanou aplikaci	nevhodný	2
Winsen ME3-CO	CO	0,5 – 1000 ppm	2
Plantower	Prašné částice – frakce PM ₁₀ , PM _{2.5} , PM _{1.0}	0,3 - 10 µm	2
Aeroqual AQY	O ₃ , NO ₂ , PM _{2.5} , meteorologie	O ₃ 0,1 – 200 ppb NO ₂ : 0,1 – 500 ppb PM 0 - 1000 µg/m ³	2

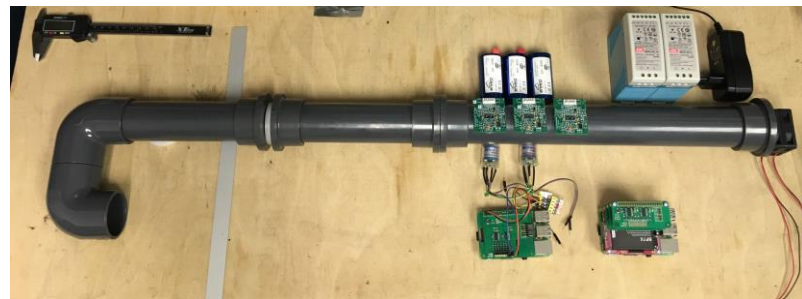


System sběru, zpracování a prezentace dat

- Co senzor to originál!!!
- Komunikační jednotka Raspberry
- GPRS, LORA, SIGFOX,...
- Jednoduché cloudové rozhraní x jednoduché modelování nebo názorné zobrazení



System sběru, zpracování a prezentace dat



Sestavení měřících jednotek

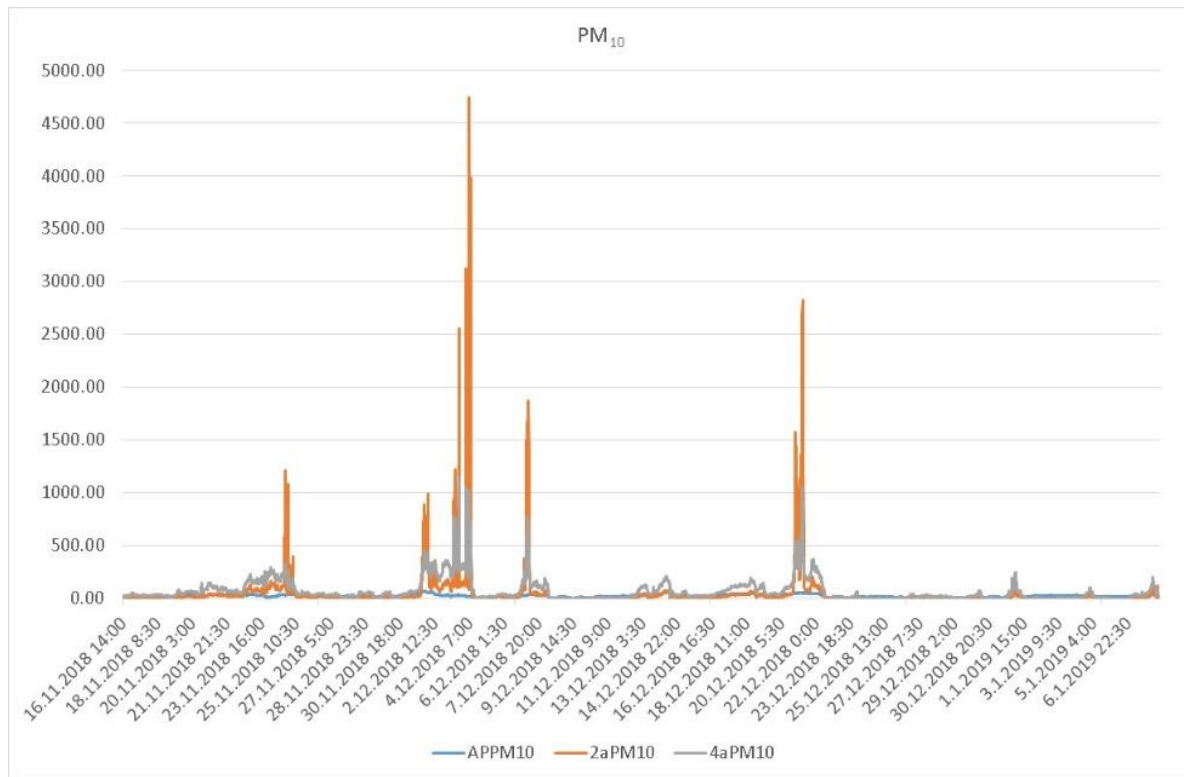
- Měřicí box s napájením
- Systém odběru vzorku
- Komunikační jednotka
- Meteorologická čidla



1. Etapa testování – areál CDV



Dílčí výsledky – PM₁₀

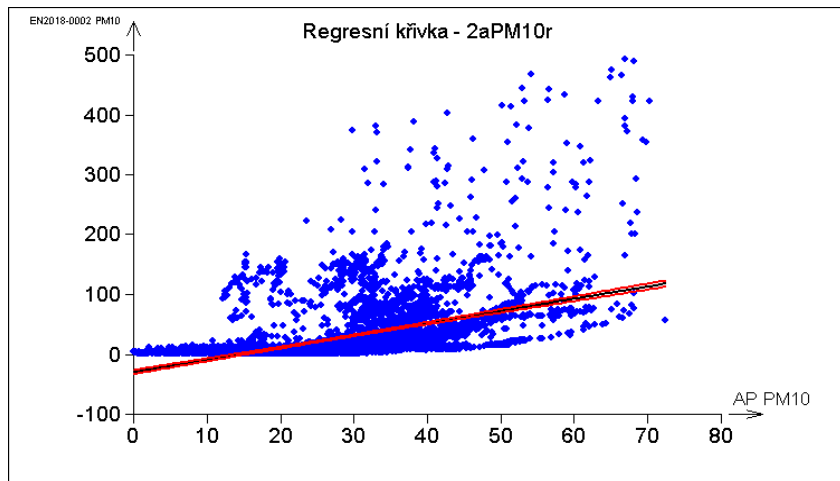


Senzor	2aPM ₁₀	4aPM ₁₀
Abs	-53.5777	-56.879
Abs r	0.0000	0.0000
Slope	3.7938	4.5804
Slope r	0.0029	0.1231
Exponent r	2.6361	1.8715
R ²	0.0471	0.2801
R ² r	0.3064	0.2975

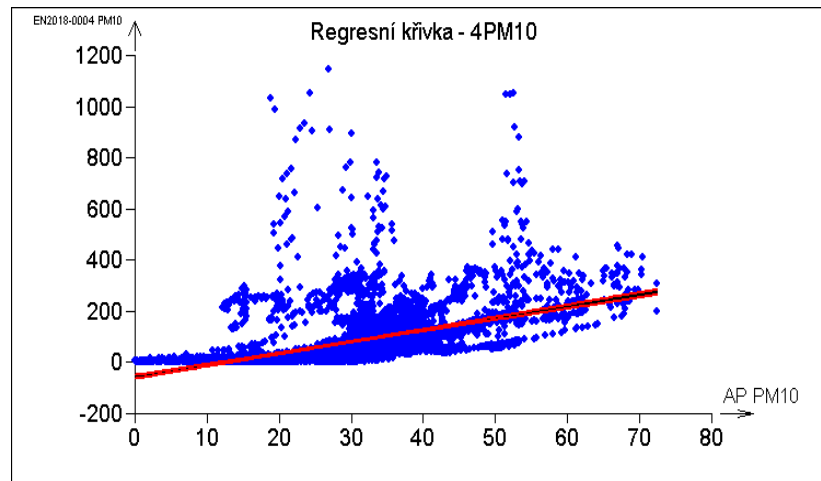


Dílčí výsledky – PM₁₀

Regresní modely pro jednotlivé senzory PM₁₀



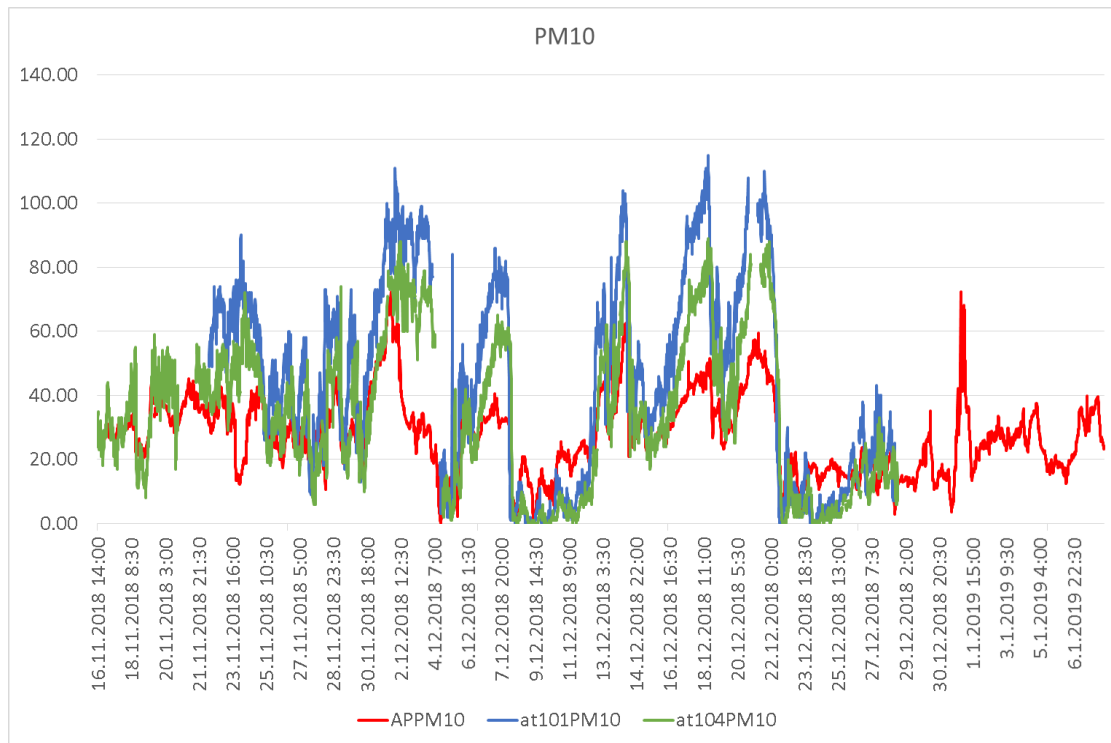
Senzor PM₁₀ - Alphasense OPC-N2 (2a)



Senzor PM₁₀ - Alphasense OPC-N2 (4a)



Dílčí výsledky – PM₁₀



Senzor	at101PM ₁₀	at104PM ₁₀
Abs	-9.8823	-10.8422
Abs r	-	-
Slope	1.9479	1.5851
Slope r	-	-
Exponent r	-	-
R ²	0.6458	0.6532
R ² r	-	-



Dílčí výsledky – NO₂

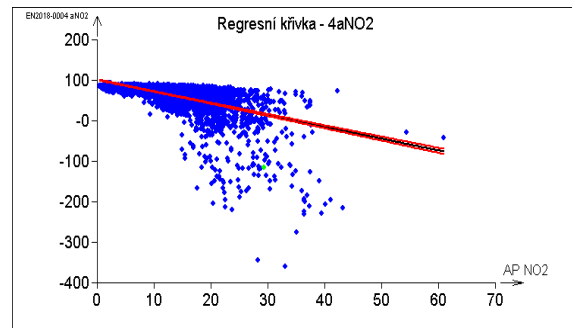
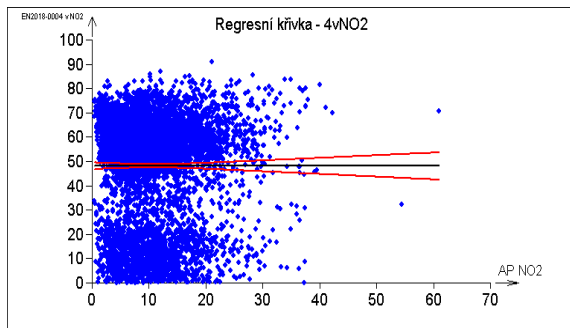
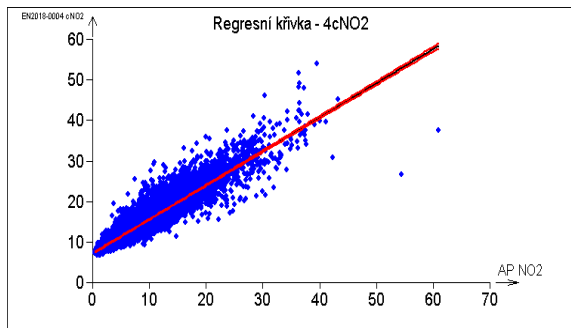
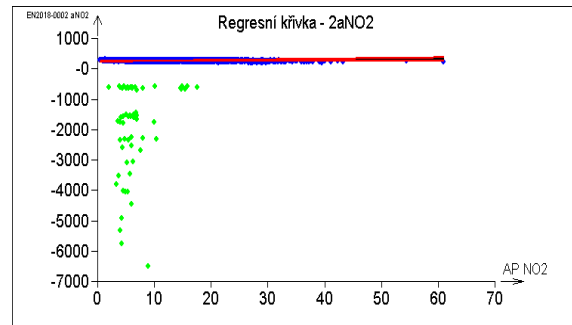
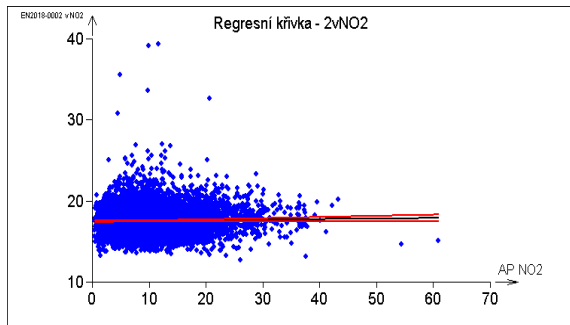
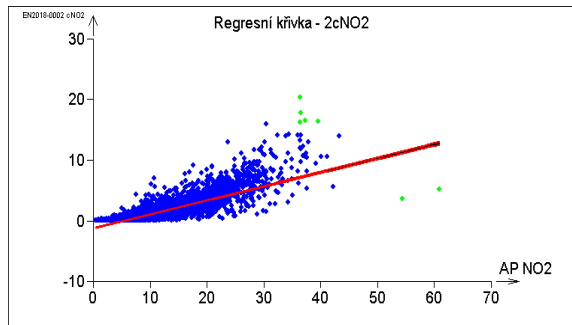


Senzor	2aNO ₂	2cNO ₂	2vNO ₂	4aNO ₂	4cNO ₂	4vNO ₂
Abs	243.1955	-1.2488	17.4752	100.9462	7.2098	48.1601
Abs r	283.4653	0.0000		85.5073		
Slope	1.0695	0.2306	0.0066	-2.9080	0.8399	-0.0022
Slope r	-1.0559	0.0137		-0.0884		
Exponent r		1.8234		2.0498		
R²	0.0008	0.6809	0.0006	0.3509	0.8442	0.0000
R² r	0.1159	0.7289		0.4231		



Dílčí výsledky – NO₂

Regresní modely pro jednotlivé senzory NO₂



Senzory Cairpol Cairsens NO₂

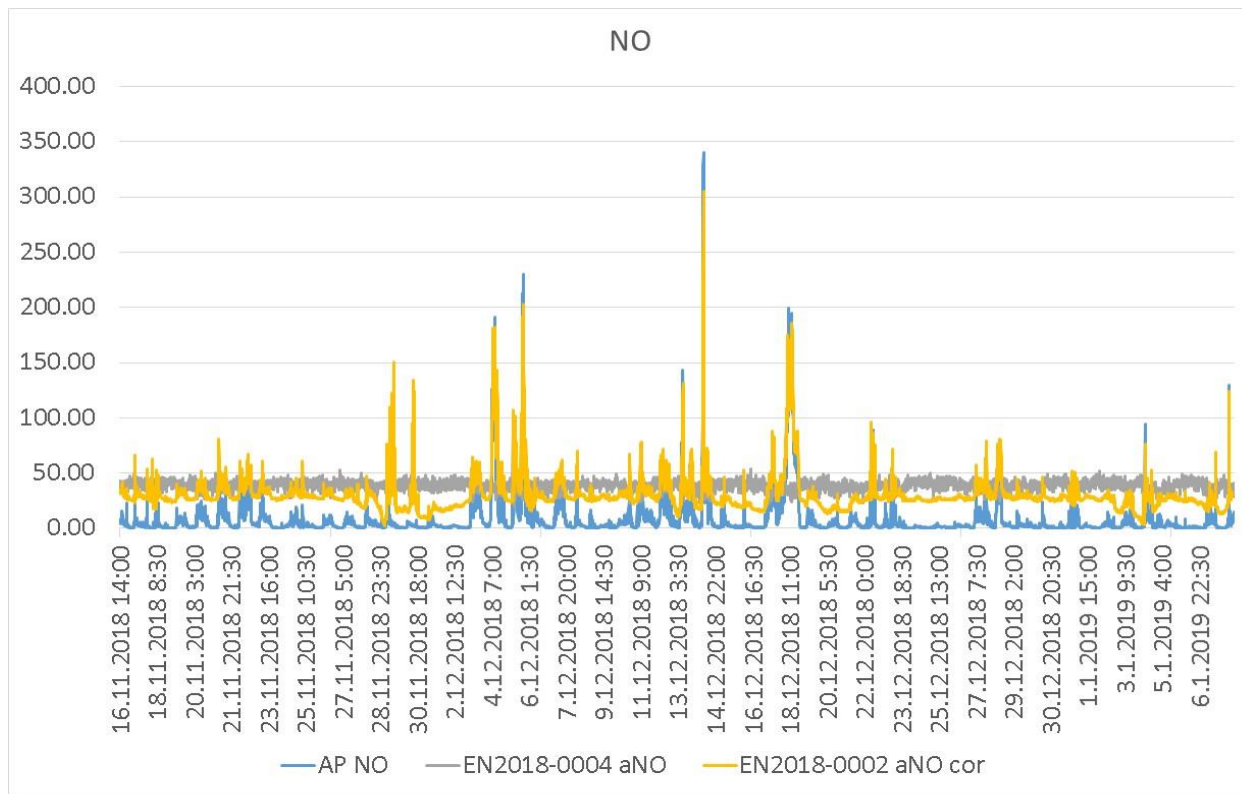
Senzory Winsen ME3-NO2

Senzory Alphasense B43F



Dílčí výsledky – NO

Porovnání průběhu porovnávacích měření pro NO

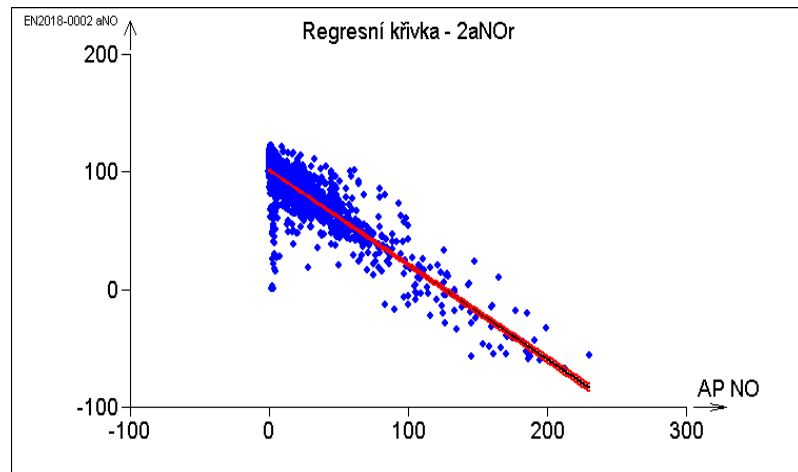


Senzor	2aNO	4aNO
Abs	101.2405	38.9808
Abs r	101.4027	39.0241
Slope	-0.7830	-0.0750
Slope r	-0.8033	-0.0815
R ²	0.7621	0.1320
R ² r	0.7812	0.1315

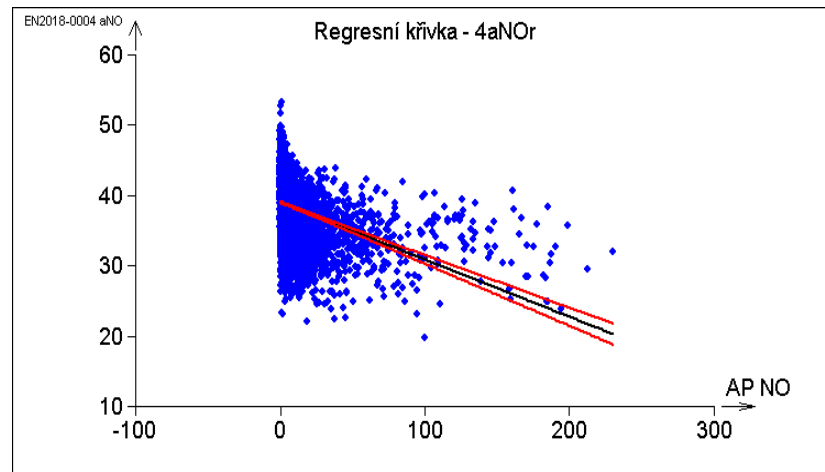


Dílčí výsledky – NO

Regresní modely pro jednotlivé senzory NO



Senzor Alphasense NO-B4 (2a)

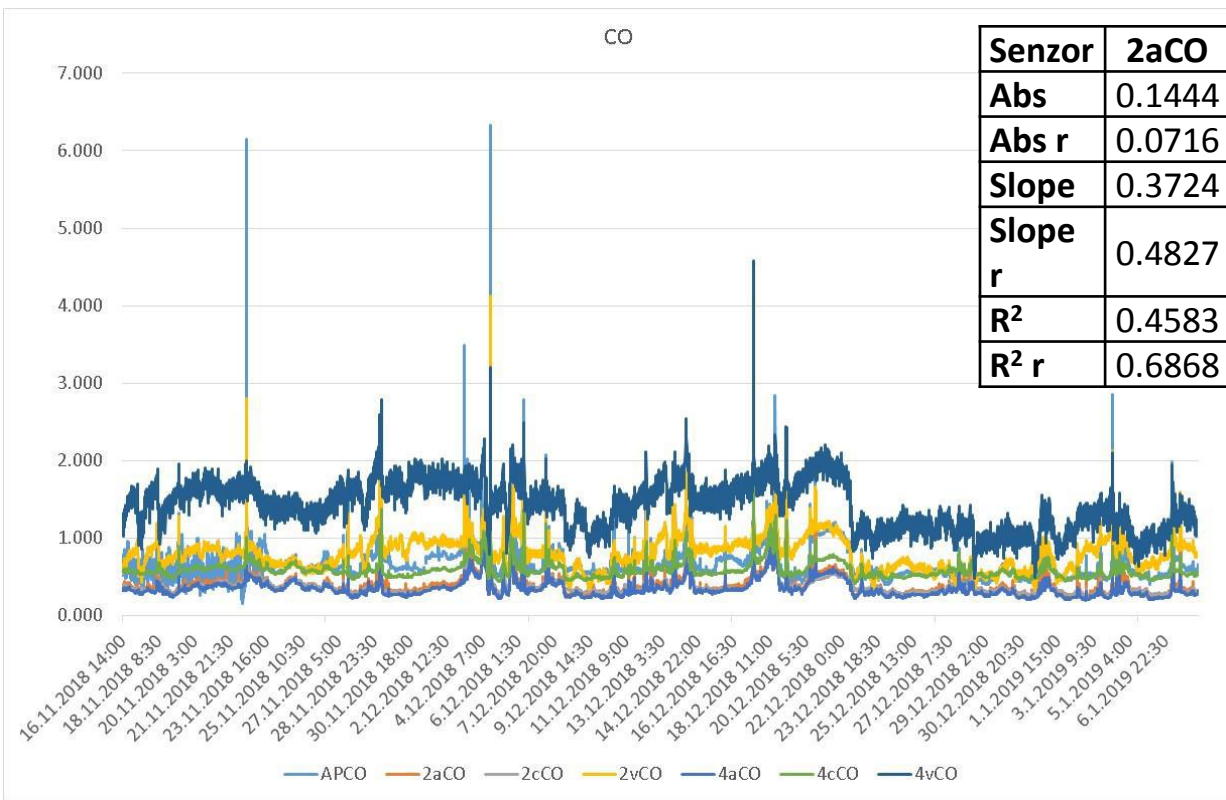


Senzor Alphasense NO-B4 (4a)



Dílčí výsledky – CO

Porovnání průběhu porovnávacích měření pro CO

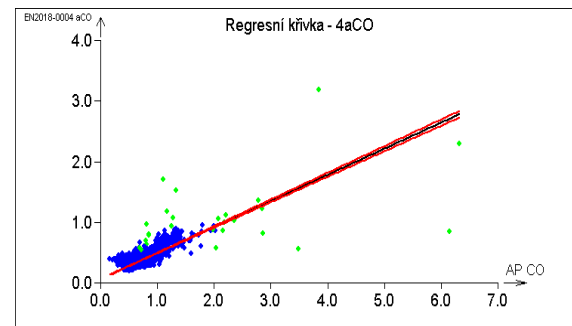
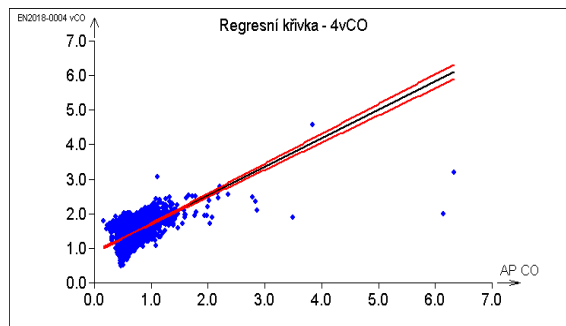
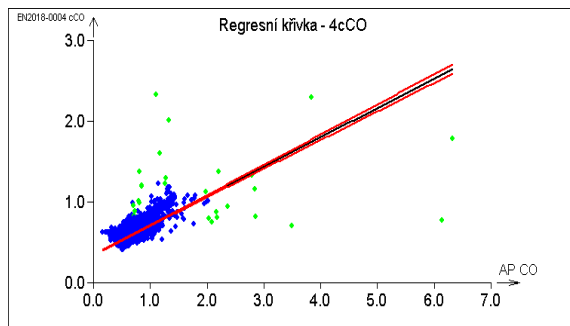
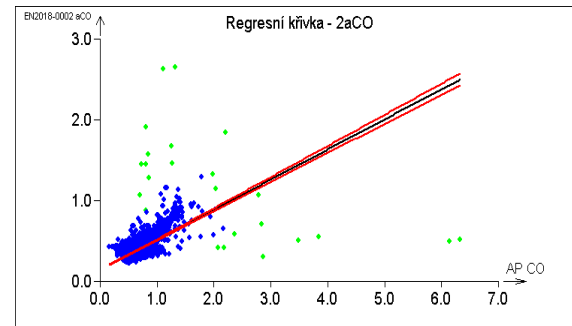
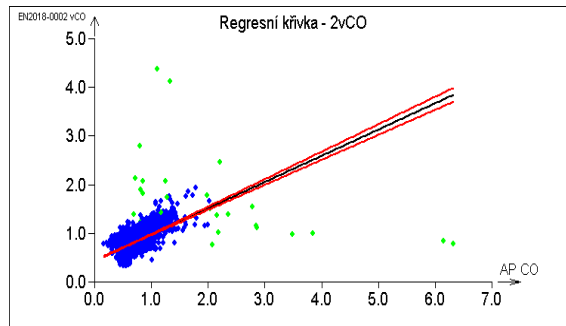
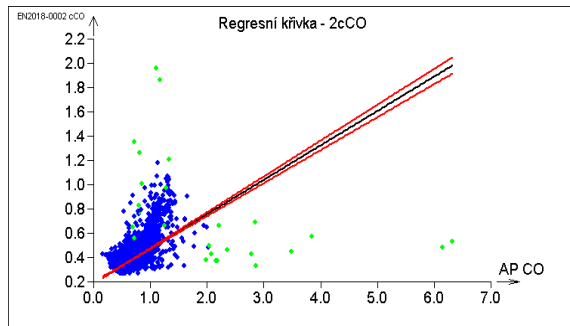


Senzor	2aCO	2cCO	2vCO	4aCO	4cCO	4vCO
Abs	0.1444	0.1916	0.4368	0.0655	0.3447	0.8868
Abs r	0.0716	0.1255	0.3242	0.0372	0.3010	0.7559
Slope	0.3724	0.2833	0.5396	0.4299	0.3643	0.8252
Slope r	0.4827	0.3845	0.7108	0.4726	0.4304	1.0269
R ²	0.4583	0.3721	0.3210	0.6617	0.5696	0.3252
R ² r	0.6868	0.5313	0.4417	0.7098	0.6736	0.3605



Dílčí výsledky – CO

Regresní modely pro jednotlivé senzory CO



Senzory Cairpoll Cairsens CO

Senzory Winsen ME3-CO

Senzory Alphasense CO-B4



Závěr



Cena – nákup, provoz, údržba

Velikost, spotřeba energie

Kvalita poskytovaných dat



Děkuji za pozornost.

Roman Ličbinský

Vedoucí oblasti Doprava a životní prostředí
roman.licbinsky@cdv.cz

Tel: +420 541 641 371

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.
Líšeňská 33a, 636 00 Brno, Czech Republic

www.cdv.cz

T A
Č R

TA04031418 „SMARTNET“

„Možnosti ovlivnění negativních dopadů dopravy na životní prostředí ve městech pomocí inovativních senzorových sítí s výstupem do dopravních informačních a řídicích systémů“

TH03030278 „Senzory“

„Applikace nízkonákladových senzorů pro měření kvality ovzduší v souvislosti s dopravními opatřeními“