



CENTRUM
DOPRAVNÍHO
VÝZKUMU



envitech

T A
Č R

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

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

T A

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

Č R

www.tacr.cz

Výzkum užitečný pro společnost

Cíle projektu

- Otestování co možná největšího počtu senzorů
- Vytvoření funkčního vzorku
- Vypracování metodiky pro jeho používání
- Uvedení do praxe s využitím především v rámci ITS



Výběr senzorů

1. Primární měřící sensorické jednotky (senzory)
2. Cena senzoru – nízkonákladovost
3. Měřené látky primárně emitované z dopravy – aerosolové částice (frakce PM_{10} , $PM_{2.5}$), CO, NO, NO_2 a suma VOCs
4. Hodnocení jednotlivých senzorů na základě již realizovaných zahraničních studií



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



Sestavení měřících jednotek

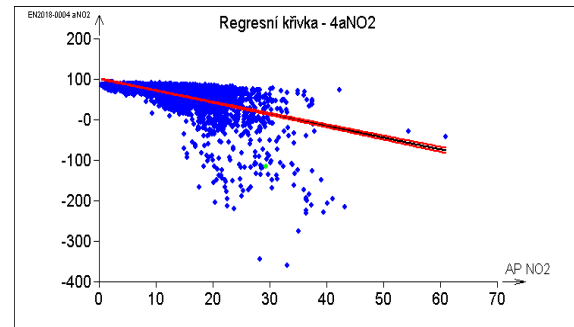
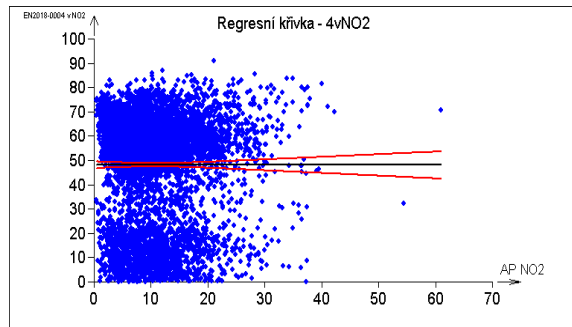
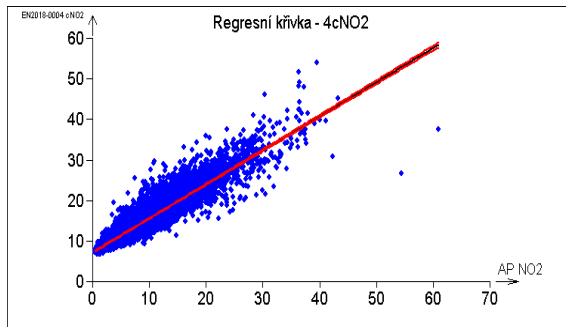
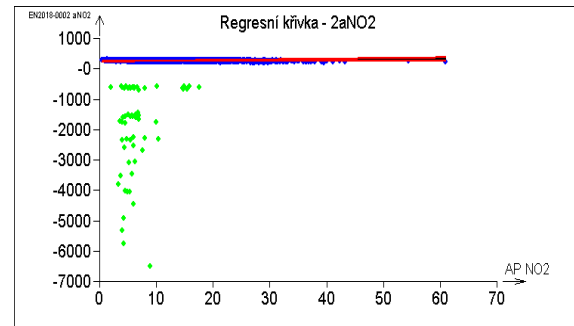
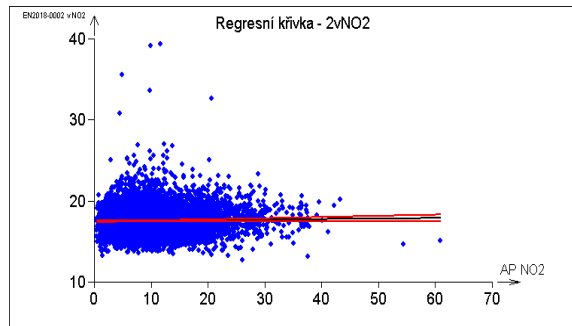
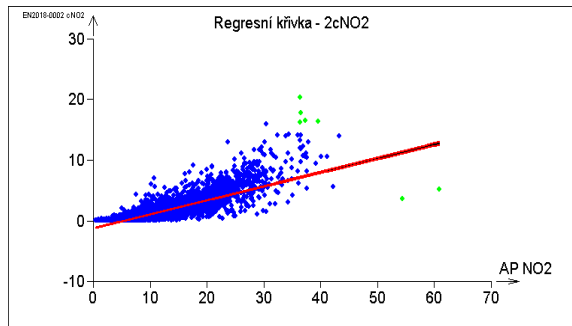
- Měřící box s napájením
- Systém odběru vzorku
- Komunikační jednotka
- Meteorologická čidla



Testování – areál CDV, ul. Svatoplukova, Brno



Příklady výsledků – NO₂



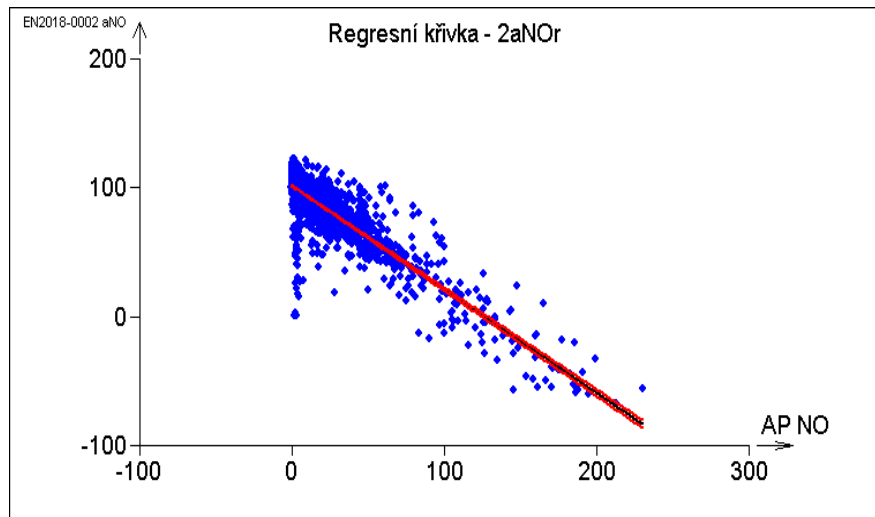
Senzory Cairpol Cairsens NO₂

Senzory Winsen ME3-NO2

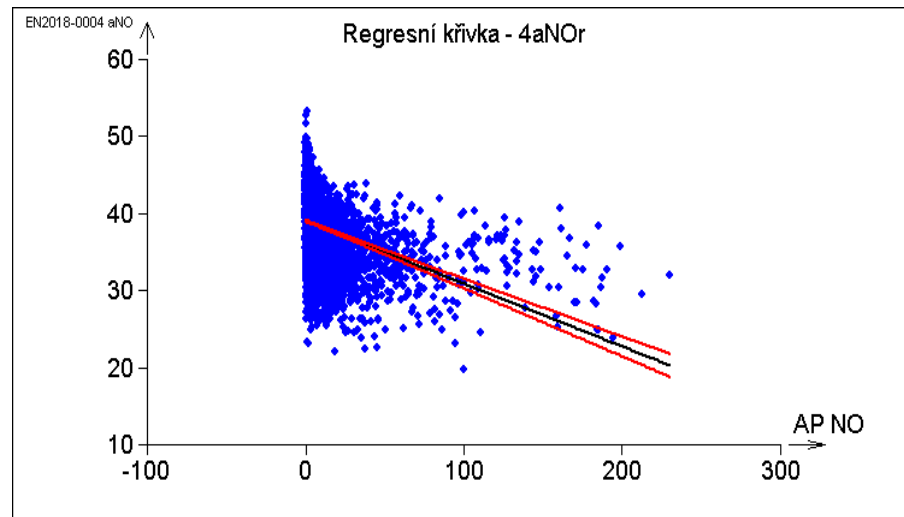
Senzory Alphasense B43F



Příklad výsledků – NO



Senzor Alphasense NO-B4 (2a)



Senzor Alphasense NO-B4 (4a)



Sestavení funkčního vzorku – jednotka enviSENS



- měřicí box (231 x 125 x 90 mm)
- senzor NO₂ - ENVEA Cairclip NO2
- senzor CO - ENVEA Cairclip CO
- senzor PM_x - Plantower PMS5003
- GSM komunikační modul
- napájení ze sítě (230 V, 50 Hz)

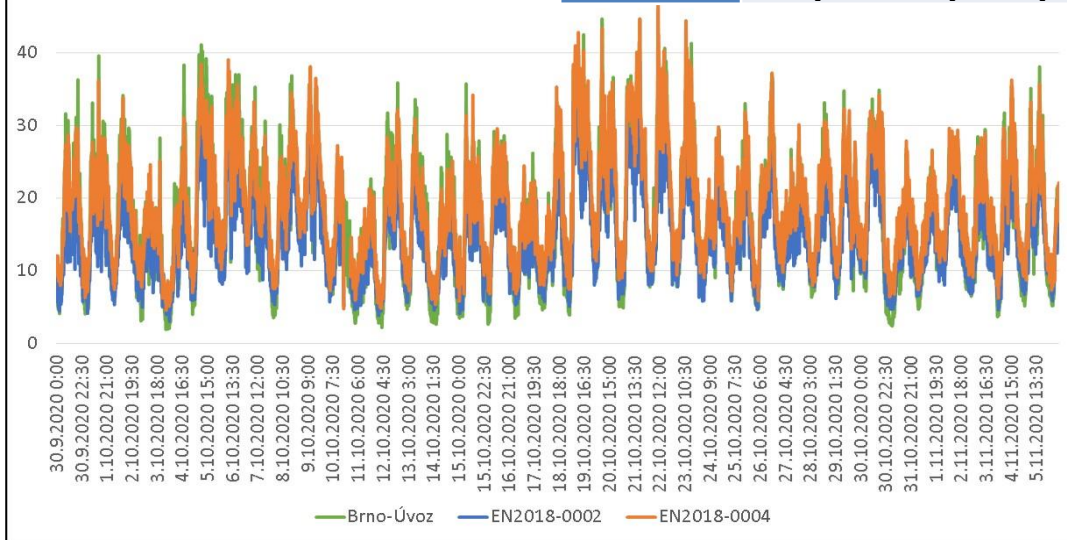


Testování funkčního vzorku – Brno Úvoz

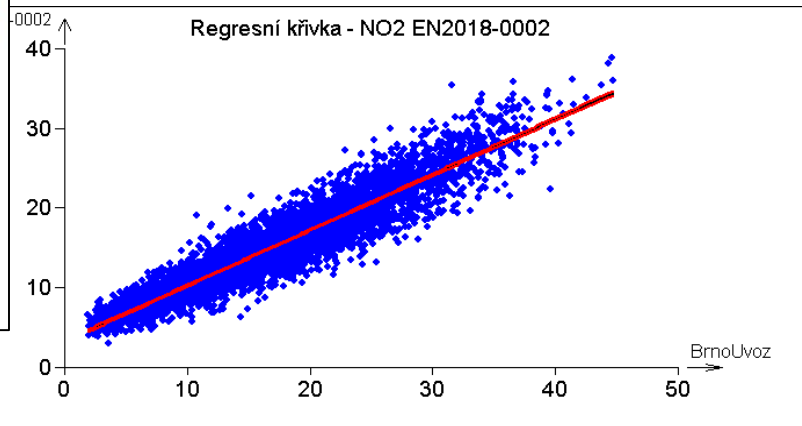


Testování funkčního vzorku – NO₂

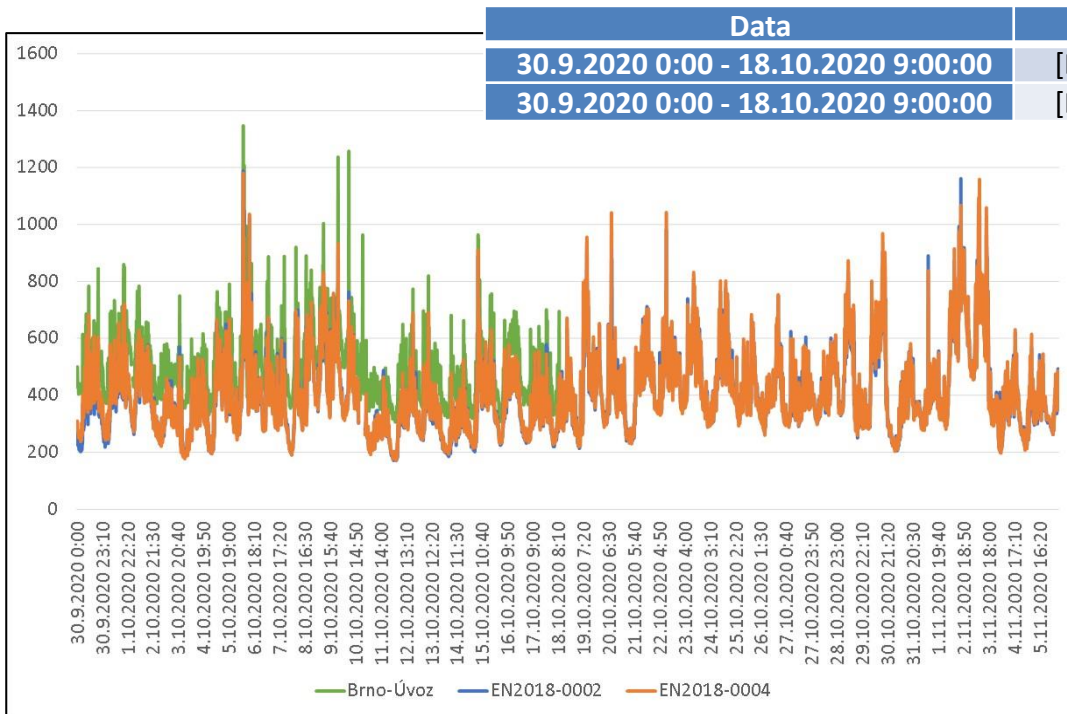
Data	Inverzní model regrese	P1	P2
Všechna	[BrnoUvoz] ~ P1*[EN2018-0002]+P2	1.2718	-2.284
Všechna	[BrnoUvoz] ~ P1*[EN2018-0004]+P2	1.0720	-3.340



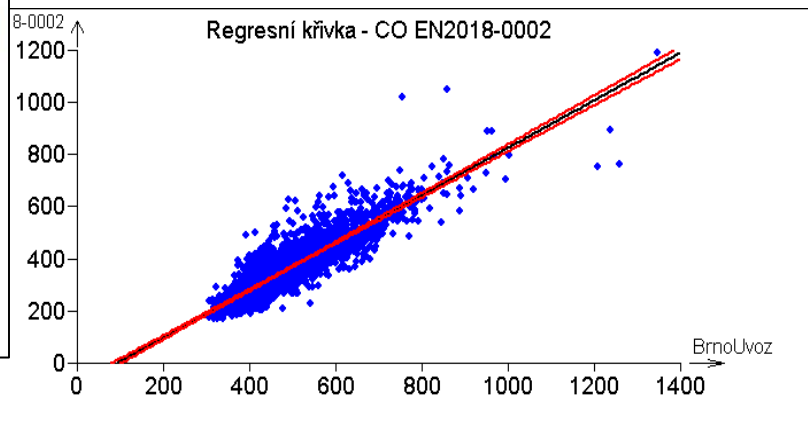
$R^2 = 0.8863$ resp. 0.8996



Testování funkčního vzorku – CO



Data	Inverzní model regrese	P1	P2
30.9.2020 0:00 - 18.10.2020 9:00:00	[BrnoUvoz] ~ P1*[EN2018-0002]+P2	0.8677	175.3
30.9.2020 0:00 - 18.10.2020 9:00:00	[BrnoUvoz] ~ P1*[EN2018-0004]+P2	0.8552	174.1



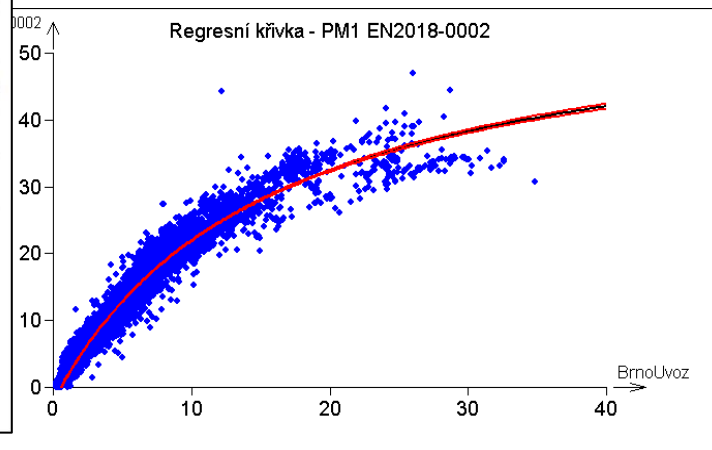
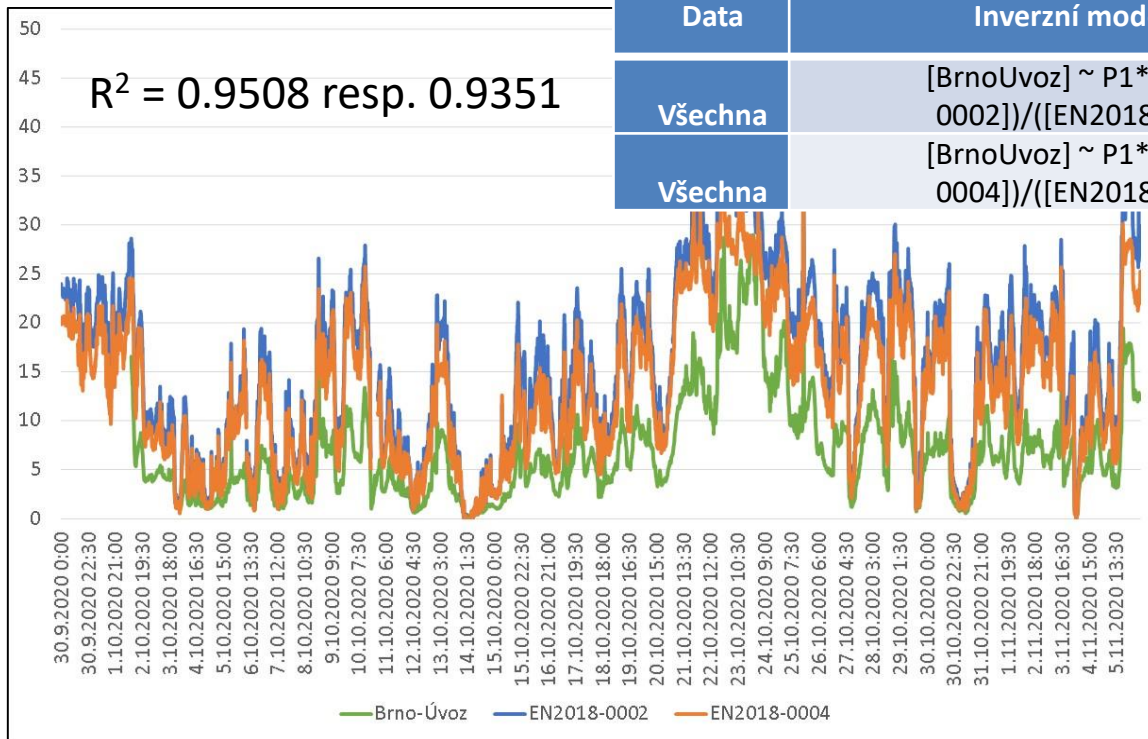
$R^2 = 0.7892$ resp. 0.8044



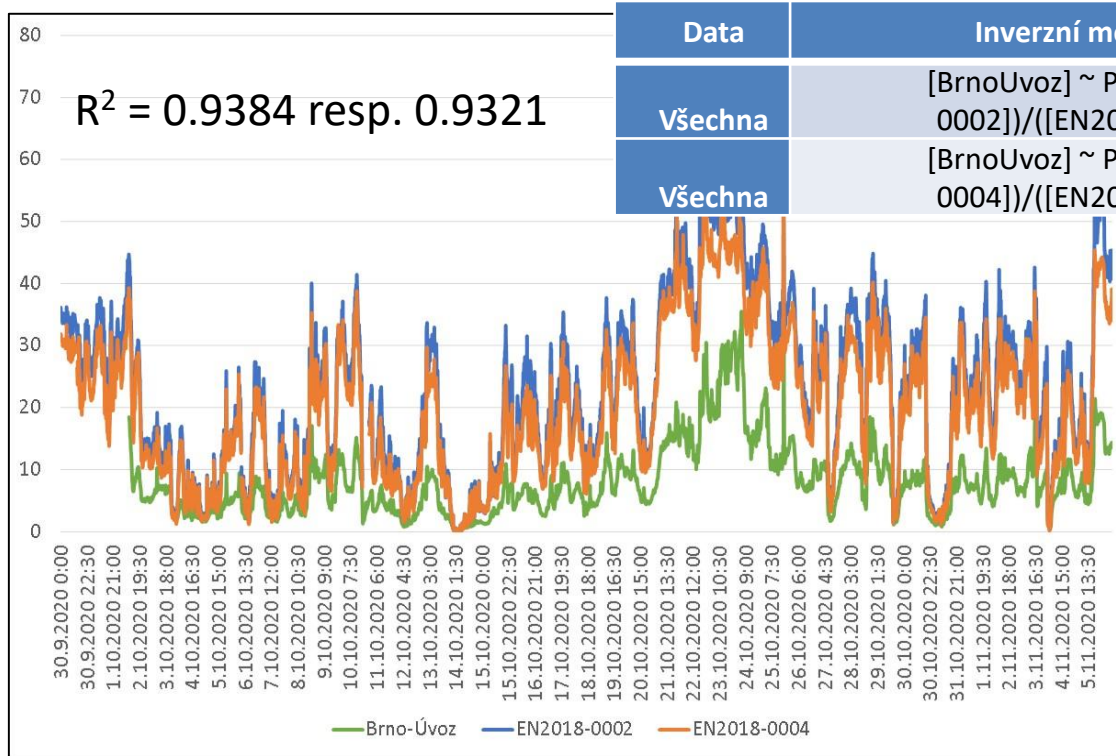
Testování funkčního vzorku – PM_{1.0}

$R^2 = 0.9508$ resp. 0.9351

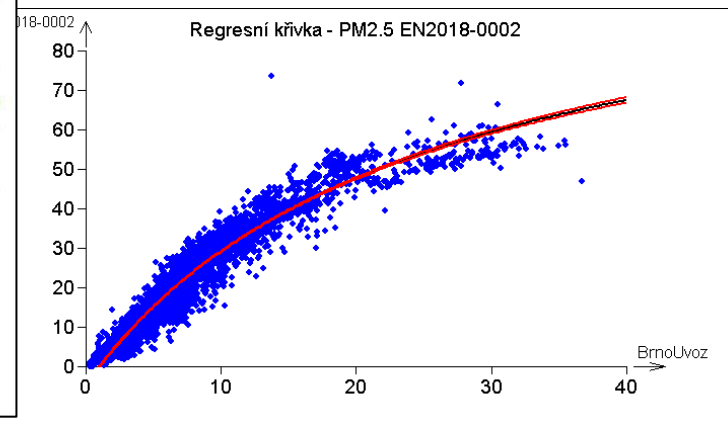
Data	Inverzní model regrese	P1	P2	P3
Všechna	$[BrnoUvoz] \sim P1 * (P2 - [EN2018-0002]) / ([EN2018-0002] - P3)$	21.807	-1.233	72.1
Všechna	$[BrnoUvoz] \sim P1 * (P2 - [EN2018-0004]) / ([EN2018-0004] - P3)$	20.521	-1.564	60.7



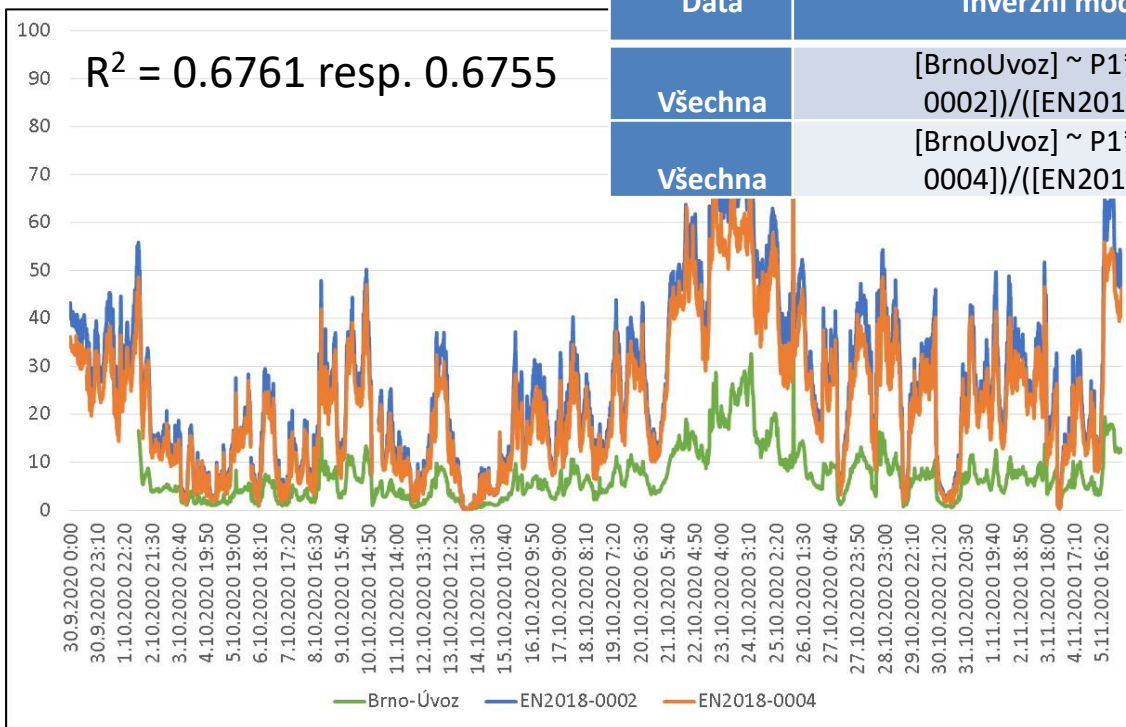
Testování funkčního vzorku – PM_{2.5}



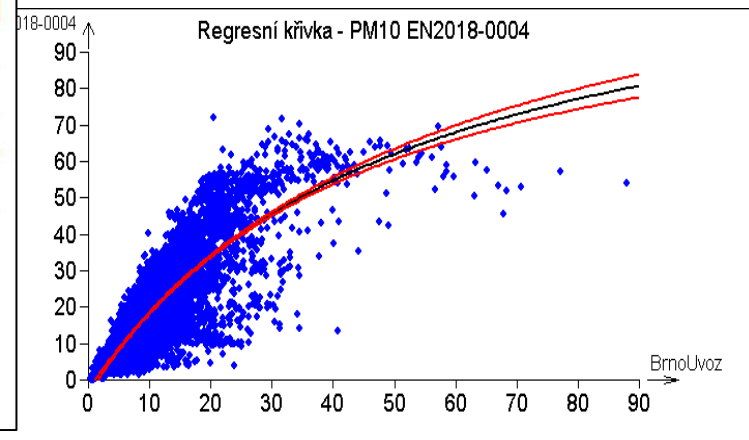
Data	Inverzní model regrese	P1	P2	P3
Všechna	$[\text{BrnoUvoz}] \sim P1 * (P2 - [\text{EN2018-0002}]) / ([\text{EN2018-0002}] - P3)$	24.734	-5.851	117.0
Všechna	$[\text{BrnoUvoz}] \sim P1 * (P2 - [\text{EN2018-0004}]) / ([\text{EN2018-0004}] - P3)$	21.509	-6.261	95.4



Testování funkčního vzorku – PM₁₀



Data	Inverzní model regrese	P1	P2	P3
Všechna	$[\text{BrnoUvoz}] \sim P1 * (P2 - [\text{EN2018-0002}]) / ([\text{EN2018-0002}] - P3)$	48.548	-18.793	201.0
Všechna	$[\text{BrnoUvoz}] \sim P1 * (P2 - [\text{EN2018-0004}]) / ([\text{EN2018-0004}] - P3)$	43.228	-17.363	161.9



jednotka enviSENS – použití

sledování trendů v kvalitě ovzduší na dopravně zatížených lokalitách či hodnocení reálných přínosů dopravních opatření ke zlepšení kvality ovzduší

- jako součástí inteligentních dopravních systémů, kdy v případě umístění na více těchto systémů mohou poskytovaná data současně pomoci v hodnocení vlivu dopravních kongescí na kvalitu ovzduší v porovnání s plynulým provozem včetně přechodů mezi těmito stavy
- sledování vlivu kongescí v případě městského prostředí nebo uzavírek ulic ve městech a obcích, kdy dojde k přesunu dopravy do jiných ulic v jiné části města
- sledování kvality ovzduší v rámci cílené parkovací politiky v centrálních oblastech měst v případě propojení se systémem obsazenosti parkování
- hodnocení reálných přínosů dopravně infrastrukturních opatření v rámci procesu EIA, měření před stavbou (např. obchvatu obce) a po uvedení dopravní stavby do provozu



jednotka enviSENS – použití

nelze využívat pro vyhodnocování plnění požadavků vyplývajících z environmentální legislativy ani jako podkladů pro rozhodnutí, která by zasahovala do života občanů a případně omezovala jejich práva, jakož i v případech, kdy by taková rozhodnutí měla za následek výrazné ekonomické náklady nebo ztráty

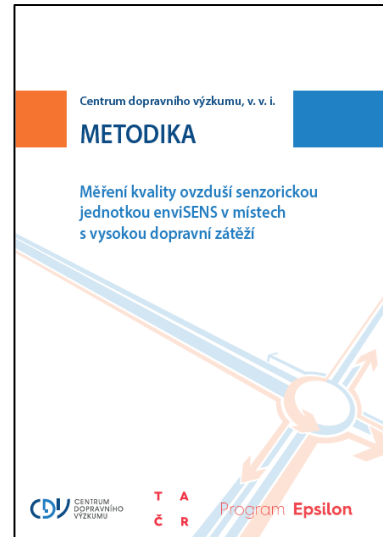


Měření kvality ovzduší senzorkou jednotkou enviSENS v místech s vysokou dopravní zátěží

Metodika schválená Ministerstvem dopravy pod č. j. MD-634/2021-710/7

Cílem metodiky je předložit v uceleném dokumentu doporučení pro realizaci měření, vyhodnocení a interpretaci dat získaných přístrojem enviSENS pracujícím na bázi nízkonákladových senzorů.

Jejím cílem není definovat jednotné metodické postupy pro nakládání s touto technologií v obecném měřítku.



Obsah	
1. Cíl metodiky	9
2. Úvod	10
3. Metodická část	13
3.1. Přístroj a jeho funkce	14
3.1.1. Technické parametry	15
3.1.2. Popis přístroje	16
3.1.3. Specifikace jednotlivých komponent jednotky enviSENS	17
3.2. Princip měření	22
3.2.1. Plynové senzory	22
3.2.2. Prachové senzory	23
3.3. Postup měření	23
3.3.1. Zásady výběru měřicí lokality	23
3.3.2. Měření senzorkou jednotkou enviSENS	24
3.4. Vyhodnocení naměřených dat	26
3.5. Interpretace výsledků	29
3.5.1. Příklad porovnání výsledků měření referenčními metodami a senzory umístěnými ve funkčním vzorku	30
Oxid dusičitý	31
Oxid uhelnatý	33
Pevné částice PM ₁	36
Pevné částice PM _{2,5}	39
Pevné částice PM ₁₀	41
4. Srovnání novosti postupů	44
5. Popis uplatnění certifikované metodiky	46
6. Ekonomické aspekty	48
7. Použitá literatura	49
8. Seznam publikací, které předcházely metodice	51
8.1.1. Články ve sborníku	51
8.1.2. Vystoupení na konferencích a seminářích	51
9. Seznam použitých zkratk	53



CENTRUM
DOPRAVNÍHO
VÝZKUMU



envitech

T A
Č R

Děkuji vám za pozornost.

Roman Ličbinský

roman.licbinsky@cdv.cz

telefon: +420 541 641 371

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

Líšeňská 33a, 636 00 Brno

www.cdv.cz

Pavel Chaloupecký

chaloupecky@envitech-bohemia.cz

telefon: +420 724 095 133

Envitech Bohemia s. r. o.

Ovocná 34/1021, 161 00 Praha 6

www.envitech-bohemia.cz