

PRACOVNÍ MATERIÁLY

LOWCOST SENZORY



Alternativní metody měření
kvality ovzduší



21. dubna 2022

POHLED MŽP NA NÍZKONÁKLADOVÉ SENZORY

Vojtěch Straník
vedoucí oddělení kvality ovzduší, MŽP

21.4.2022, Seminář Lowcost senzory



STÁVAJÍCÍ SITUACE

- Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší
 - imisní limity
 - Státní síť imisního monitoringu
 - autorizované osoby
- Vyhláška č. 330/2012 Sb., o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění...
 - požadavky na lokality měření
 - požadavky na metody měření (referenční metody)

CO SENZORY NABÍZEJÍ

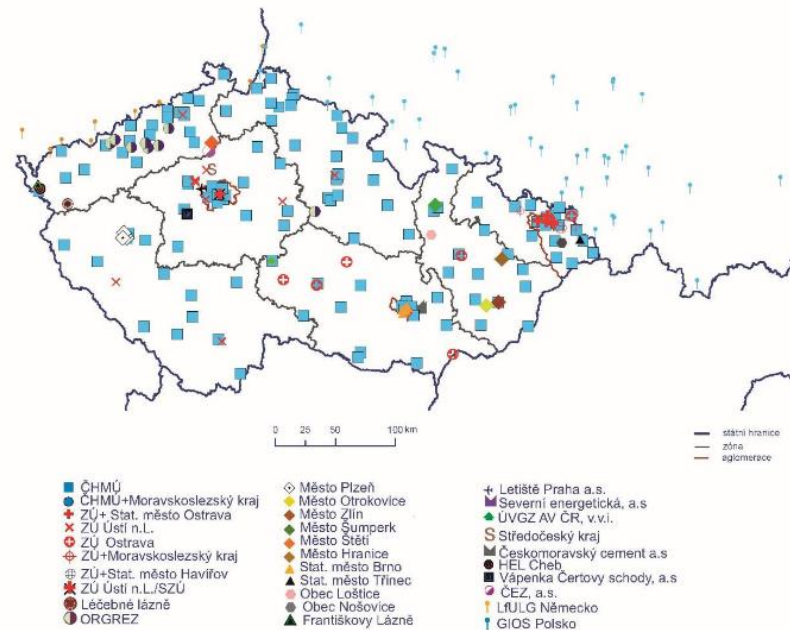
- Plnohodnotnou náhradu stávajících měření (?)
- Inovativní přístupy

NÁHRADA STÁVAJÍCÍHO MĚŘENÍ?

- **Negativa**
 - Kvalita měření není srovnatelná s referenčními metodami
 - Ne vždy se měří látky, které nás zajímají
 - Nejsou nastavena pravidla pro měření senzory
 - I senzory je zapotřebí udržovat, kontrolovat

NÁHRADA STÁVAJÍCÍHO MĚŘENÍ?

- **Potenciální pozitiva**
- Nižší cena měření
- Možnost hustšího pokrytí
- Bude blíže občanovi



Obr. 3 Významné staniční sítě sledování kvality venkovního ovzduší, 2020

Zdroj:

https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/nakladatelstvi/assets/20_teor_met_komplet_final_26072021.pdf

CO SENZORY NABÍZEJÍ

- Plnohodnotnou náhradu stávajících měření (?)
- Inovativní přístupy

ZKUSÍME NĚCO NOVÉHO?

- Využití vlastností senzorů
 - nižší cena
 - snazší instalace
 - jednodušší provoz
- Stavba velkých sítí
- Návaznost na měření referenčními metodami

ZKUSÍME NĚCO NOVÉHO?

Projekt CurieuzeNeuzen Vlaanderen (Curious Noses Flanders)

- 20 tis. dobrovolníků z Flander instalovalo senzory dle pokynů odborníků na fasádu svých domů a zapojili se do mapování kvality ovzduší (NO₂) – většina zúčastněných v projektu ze strany veřejnosti po skončení projektu uvedla, že jsou více motivováni využívat ekologické způsoby dopravy => **pozitivní behaviorální změny**



Zdroj: <https://www.eea.europa.eu/publications/assessing-air-quality-through-citizen-science>

ZKUSÍME NĚCO NOVÉHO?

CleanAir@School initiative

Projekt agentur ochrany ŽP v Evropě a EEA. Cílem bylo měření znečištění ovzduší v okolí škol a poukázat na znečištění způsobené z dovozem dětí do škol => **velký zájem veřejnosti o výsledky projektu a kvalitu ovzduší obecně**



Zdroj: <https://www.eea.europa.eu/publications/assessing-air-quality-through-citizen-science>

NORSKÉ FONDY

- Výzva 2d (malé grantové schéma): **Monitoring a identifikace místního znečištění zapříčiněného lokálními topeništi**
- „Pořízení a instalace senzorů kvality ovzduší za účelem provádění lokálního monitoringu s důrazem na problematiku vytápění domácností“
- Alokace € 1 000 000
- Maximální výše podpory na projekty až € 100 000
- Vyhlášení výzvy – v průběhu roku 2022



CO ŘÍCI ZÁVĚREM?

- Měření pomocí senzorů je dynamicky se rozvíjející oblast, kterou nelze ignorovat
- Při využití senzorů je třeba brát ohled na jejich vlastnosti, omezení
- MŽP je otevřené podpoře inovativního využití senzorů v oblasti ochrany ovzduší

CO ŘÍCI ZÁVĚREM?

- Měření pomocí senzorů je dynamicky se rozvíjející oblast, kterou nelze ignorovat
- Při využití senzorů je třeba brát ohled na jejich vlastnosti, omezení
- MŽP je otevřené podpoře inovativního využití senzorů v oblasti ochrany ovzduší
- **Senzory nepředstavují plnohodnotnou náhradu stávajících měření!**

DEKUJI ZA POZORNOST



SENZORY – OD KANÁRKA K NANOTECHNOLOGII

(PARAMETRY KVALITY PROSTŘEDÍ)

Mgr. Lenka Pekařová

Státní zdravotní ústav

Laboratoř ovzduší



HISTORIE

- Historicky první (bio)senzor – na jedno použití
- Armáda a vojenské účely:
 - ✓ Iniciační tlakový systém v nášlapných minách
 - ✓ Radar a sonar
 - ✓ Hlukové senzory v torpédách
 - ✓ Radiační senzory
- Běžný život:
 - ✓ Začínalo se regulačními a havarijními senzory ve výrobě
 - ✓ Mikroklima

SOUČASNOST

- Tlak, teplota a vlhkost
- Proudění vzduchu
- Částice
- Hluk a osvětlení
- Chemické látky
- Pachově postižitelné látky

KOMERČNÍ MĚŘICÍ JEDNOTKY

- AirVisual, uHoo, Foobot, AirQuality Egg, Awair, PurpleAir
- Poloprofesionální moduly
- E-nos

KOMERČNÍ MĚŘICÍ JEDNOTKY

- Komplexní vyhodnocení (+ i -)
- Hodnocení (!)
- Zpětná kontrola
- Parametry
- Přenos a úschova dat
- Dálková kontrola – on-line

SAMOSTATNÉ SENZORY A ČIDLA

- Selektivita a citlivost
- Rozsah
- Rychlost odezvy
- Zapojení
- Spotřeba
- Komunikace
- Rušivé vlivy

SENZORY A ČIDLA DLE UŽITÍ

- Venkovní x vnitřní x pracovní prostředí
- Regulované prostředí x neregulované prostředí
- Fyzikální faktory x elektrochemické vlastnosti (vč. hluku, osvětlení, proudění a pohybu)
- Jednotlivé analyty x skupina látek x vlastnost prostředí

SENZORY A ČIDLA – DLE ANALYTU

- Specifický analyt
- Více specifických analytů
- Skupina látek (TVOC)
- Vlastnosti prostředí

SENZORY A ČIDLA DLE PRINCIPU

- Vzorkovače
- Fyzikální principy - optické metody (rozptyl, NDIR, IR)
- Fotoionizační detektor - PID
- Elektrochemické metody (EC, MOS)
 - Ampérometrické x potenciometrické x konduktometrické x kapacitní

ČÁSTICE

- Rozptyl světla při průchodu vzorkem x na jedné částici
- Laser x LED dioda
- Cena okolo 300 €
- Velmi rychlá odezva (s)
 - Neschopny měřit pod $0,3 \mu\text{m}$
 - Převod z počtu na hmotnostní koncentraci
 - Ovlivněno vlastnostmi částice

NDIR, IR

- Absorpce IR
- CO, CO₂
- Od 100 €
- Dobrá citlivost
- Rychlá odezva
- Interference
- Citlivý na teplotu, vlhkost a tlak

FOTOIONIZAČNÍ DETEKTOR - PID

- Měří se elektrický náboj vzniklý při ionizaci plynu
- VOC
- Okolo 400 €
- Citlivý
- Rychlý (s)
- Nízká závislost na teplotě a vlhkosti
- Neselektivní

ELEKTROCHEMICKÉ CELY - EC

- Elektrochemická reakce mezi plynem a elektrolytem
- Tekutý x tuhý elektrolyt (ZrO_2)
- NO_2 , SO_2 , NO , CO ,
- Krátký odezvový čas (od desítek s)
 - Velmi citlivé na teplotu a vlhkost
 - Nutná regulace mikroklimatu
 - Nižší selektivita
 - Matriční efekty

METAL OXIDE (GAS) SENSORS - MOS

- Změna odporu oxidu kovu v důsledku adsorpce plynu
- Musí být vždy vyhříváný (200 – 400°C)
- Kyslík na povrchu MOS je redukován cílovými plyny
- SnO₂, TiO₂, ZnO, ...
- VOC, CO, NO₂, O₃, CO, H₂, H₂S
- Oxidace – odpor ↓ x redukce – odpor ↑
- Od 10 €
- Vyšší spotřeba, nižší selektivita, delší odezvový čas (min), paměťový efekt, regulované mikroklima

HLUK

- Noise dosimeter x sound level meter
 - Měření úrovně zvuku/hluku v oblasti/z daného zdroje
 - Měření expozice
- Jednoduché mikrofony, zpracování
- Desítky \$
- Slyšitelné frekvence 16 Hz – 20 kHz (výška)
- Hladina akustického tlaku L [dB], 30 – 140 dB (hlasitost)
- Filtry pro korekci na lidské ucho (\downarrow fr \uparrow útlum) – nejčastěji dle křivek A a C

OSVĚTLENÍ

- Illuminance x Light Intensity
 - Světlo dopadající na povrch, lm/m^2 ($\equiv \text{lux}$)
 - Světlo vyzařované ze zdroje, měřené v přímém směru
 - Pravděpodobně chyba v terminologii
- Fotorezistory a fotočlánky
- Odpor článku klesá s rostoucí intenzitou dopadajícího světla
- Přepočet/přizpůsobení na odpověď lidského oka
- Různé citlivosti pro fotony o různých vlnových délkách a při různých teplotách

RADON

- Pulzně ionizační komory
- Cca od 8 Bq/m³
- Odezva asi 10 min
- Online
- α částice
- Cca 200 \$

HLAVNÍ VÝROBCI

- Amphenol - MOS
- Alphasense – elektrochemické cely a optické čítače částic
- Figaro - elektrochemické
- Honeywell – optické čítače částic
- Plantower – optické čítače částic
- SenseAir - NDIR
- Sensirion – optické čítače částic, MOS
- Sharp – optické čítače částic
- Shinyei – optické čítače částic
- SPEC - elektrochemické

NADSTAVBA

- Výpočty (kalibrace, interference, mikroklima, převod jednotek)
- Přenos dat a synchronizace (Lora, Sigfox, SIM, WI-FI, Bluetooth)
- Záloha (cloud x paměťová média)
- Aplikace a webová rozhraní (otevřené a uzavřené platformy)
- Big data

KALIBRACE (VALIDACE)

- Kalibrace – zde pouze uživatelské ověření
 - Laboratorní podmínky x testování v poli
- Indoor x outdoor senzory a rozdíly v ověření (mikroklima)
- Referenční – stejné x rozdílné metody
- Matriční efekty
- Zkušenosti uživatele

STRÁNKY O SENZORECH

- <http://www.aqmd.gov/aq-spec/evaluations/laboratory>
 - (seznam senzorů a výsledky laboratorního testování)
- <https://automatizace.hw.cz/kvalita-vzduchu-v-uzavrenych-mistnostech-2-jak-ji-merit.html>
 - Shrnutí hlavních principů měření a na jaké analyty se hodí
- <https://www.epa.gov/air-sensor-toolbox/evaluation-emerging-air-sensor-performance>
- <https://aqicn.org/sensor/> (seznam sensorů)
- <https://smartairfilters.com/en/blog/best-pm2-5-air-quality-monitors-in-2021/>

BUDOUCNOST

- Kde budou a co budou ovlivňovat a řídit
- Piezoelektrické senzory
- Senzory na bázi bobtnání polymerů
- Biosenzory
- Nanosenzory

BUDOUCNOST???

- DPD měří kvalitu ovzduší a spouští speciální informační web

SENZOROVÁ MĚŘIDLA JSOU DOSTUPNÁ....

Provádím nezávislé měření = vycházíme z přesnosti a tolerancí uváděných výrobcem přístrojů spolu s prováděnými kalibracemi o přesnosti měření. Doporučuje se před mnohem dražšími (?) akreditovanými měřeními úřadem Hygieny, SZÚ apod.

<https://www.elektrosmog-zony.cz/formaldehyd.html>

KDY JE NULA SKUTEČNĚ NULA?

DĚKUJI ZA POZORNOST A TĚŠÍM SE
NA VAŠE DOTAZY



CENTRUM
DOPRAVNÍHO
VÝZKUMU



envitech

T A
Č R

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

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

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

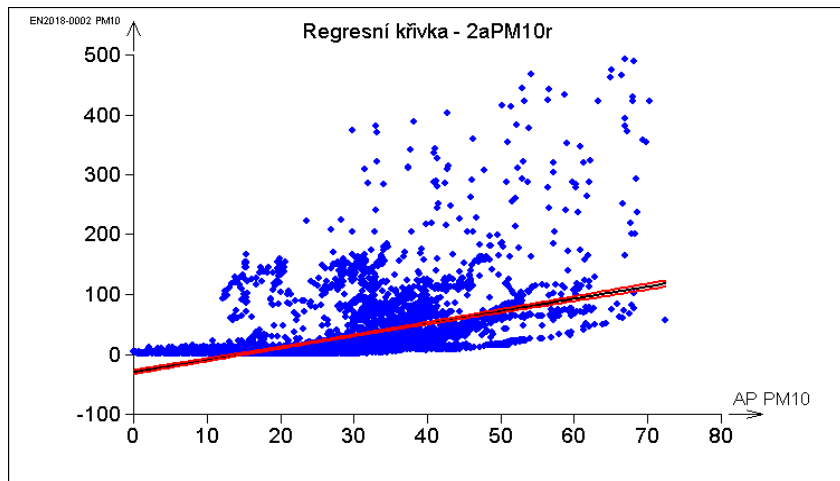


Testování – areál CDV, ul. Svatoplukova, Brno

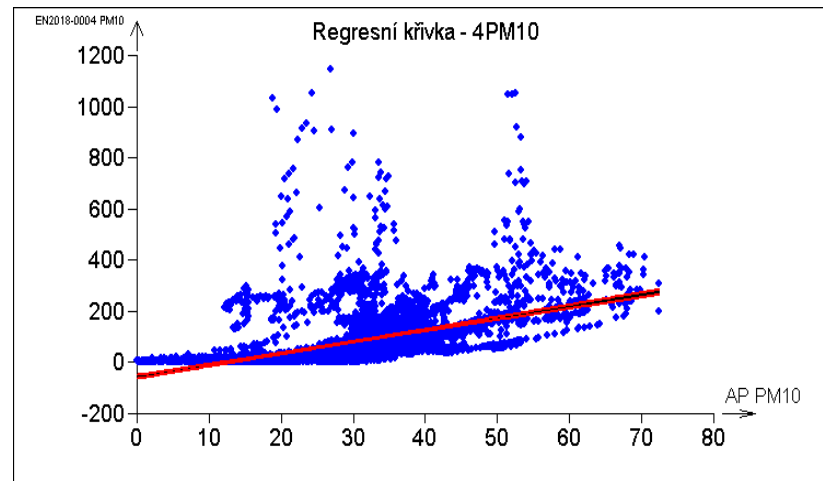


Dílčí výsledky – PM₁₀

Regresní modely pro jednotlivé senzory PM₁₀



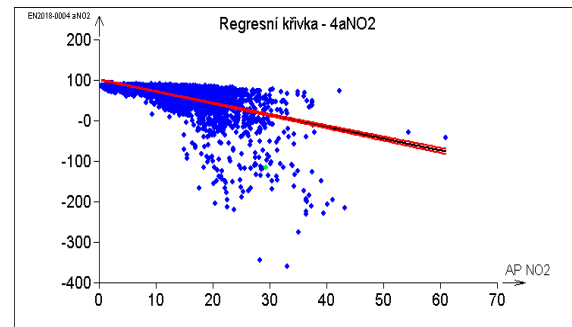
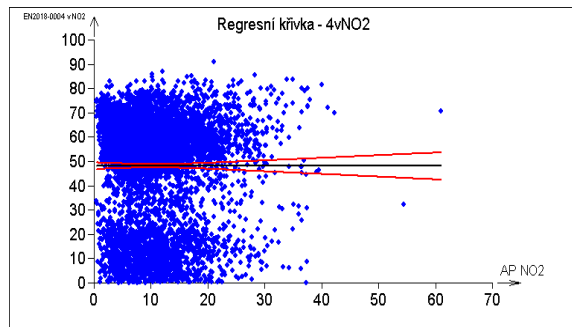
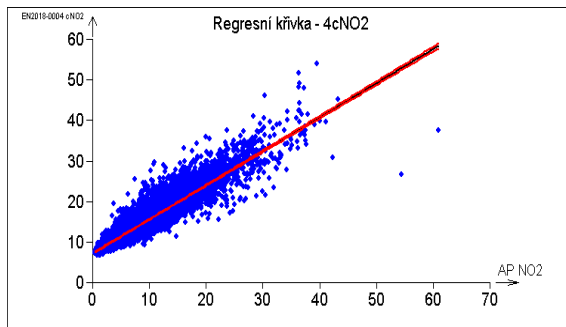
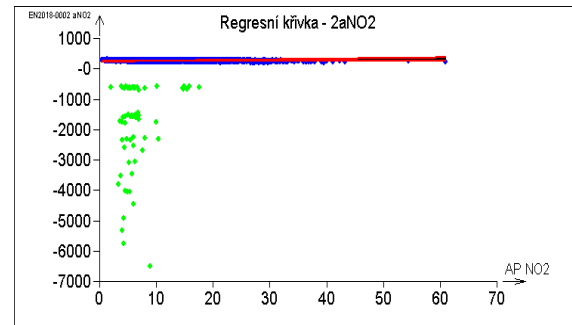
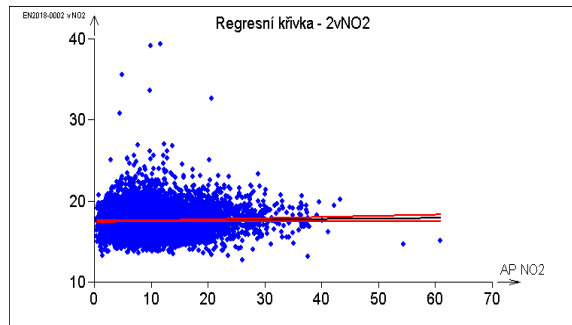
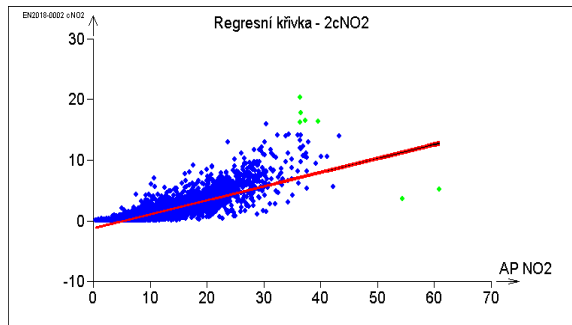
Senzor PM₁₀ - Alphasense OPC-N2 (2a)



Senzor PM₁₀ - Alphasense OPC-N2 (4a)



Příklady výsledků – NO₂



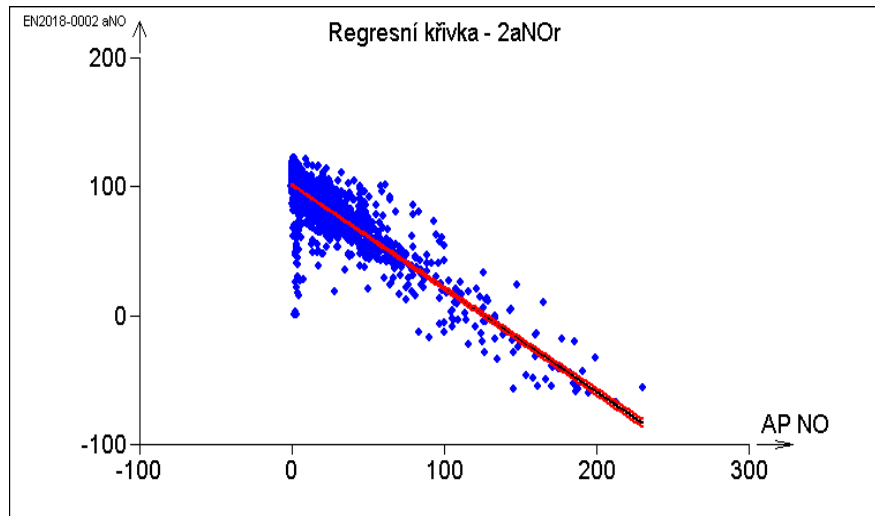
Senzory Cairpoll Cairsens NO₂

Senzory Winsen ME3-NO2

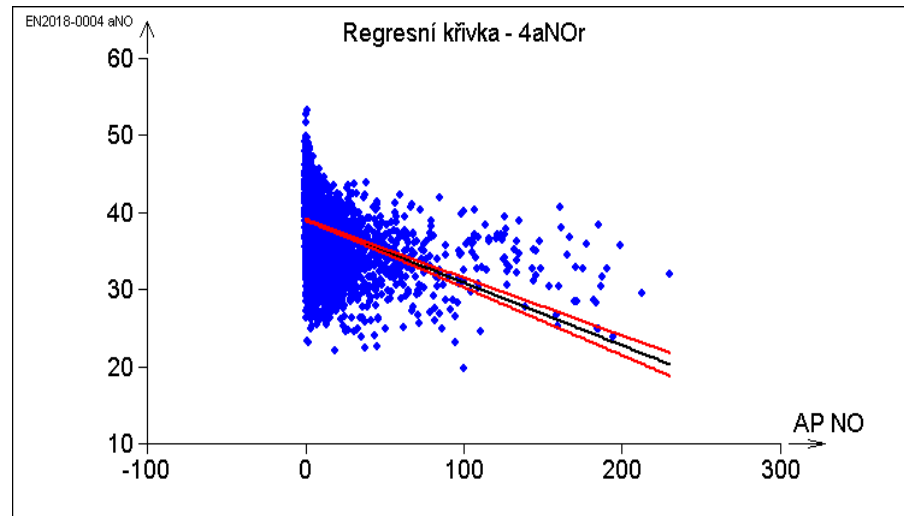
Senzory Alphasense B43F



Příklady výsledků – NO



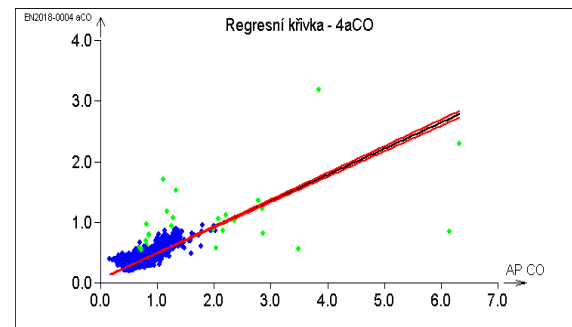
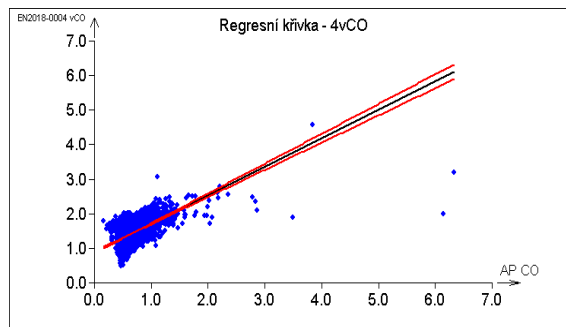
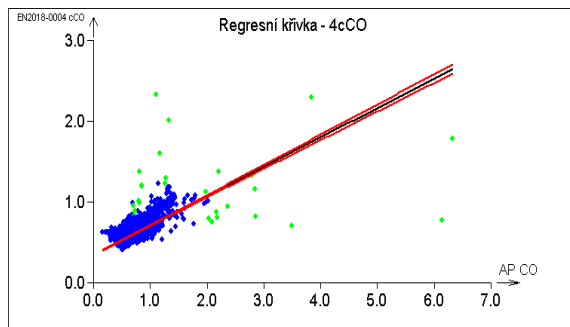
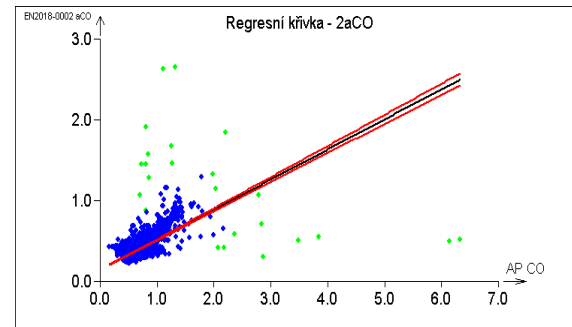
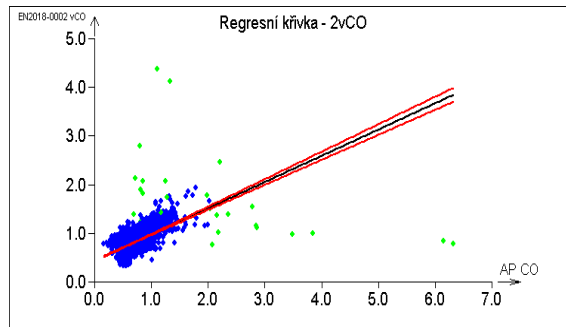
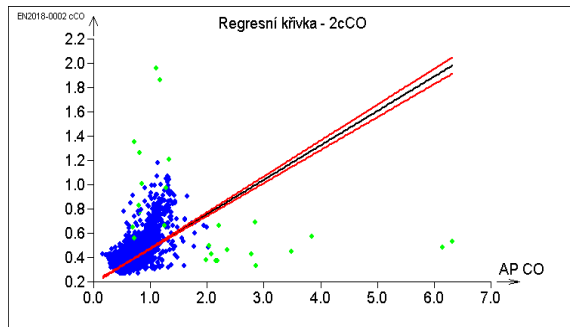
Senzor Alphasense NO-B4 (2a)



Senzor Alphasense NO-B4 (4a)



Příklad výsledků – CO



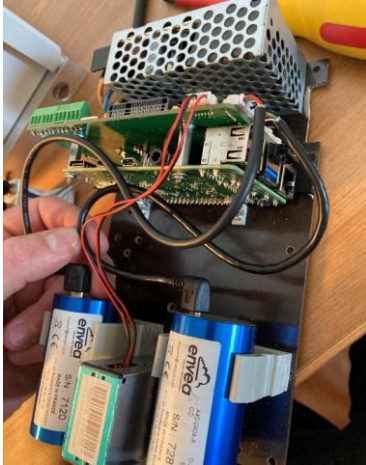
Senzory Cairpol Cairsens CO

Senzory Winsen ME3-CO

Senzory Alphasense CO-B4



Sestavení funkčního vzorku – jednotka enviSENS



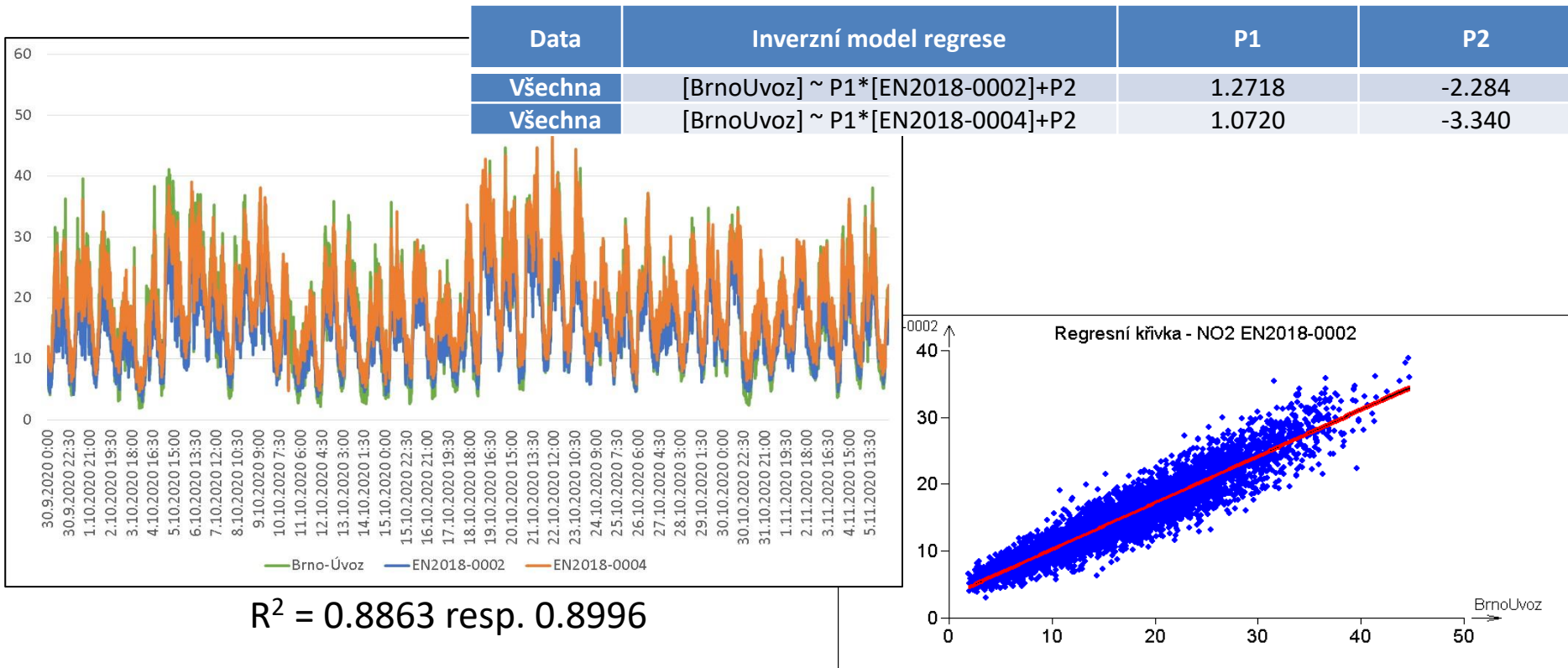
- měřicí box (231 x 125 x 90 mm)
- senzor NO₂ - ENVEA Cairclip NO2
- senzor CO - ENVEA Cairclip CO
- senzor PM_x - Plantower PMS5003
- GSM komunikační modul
- napájení ze sítě (230 V, 50 Hz)



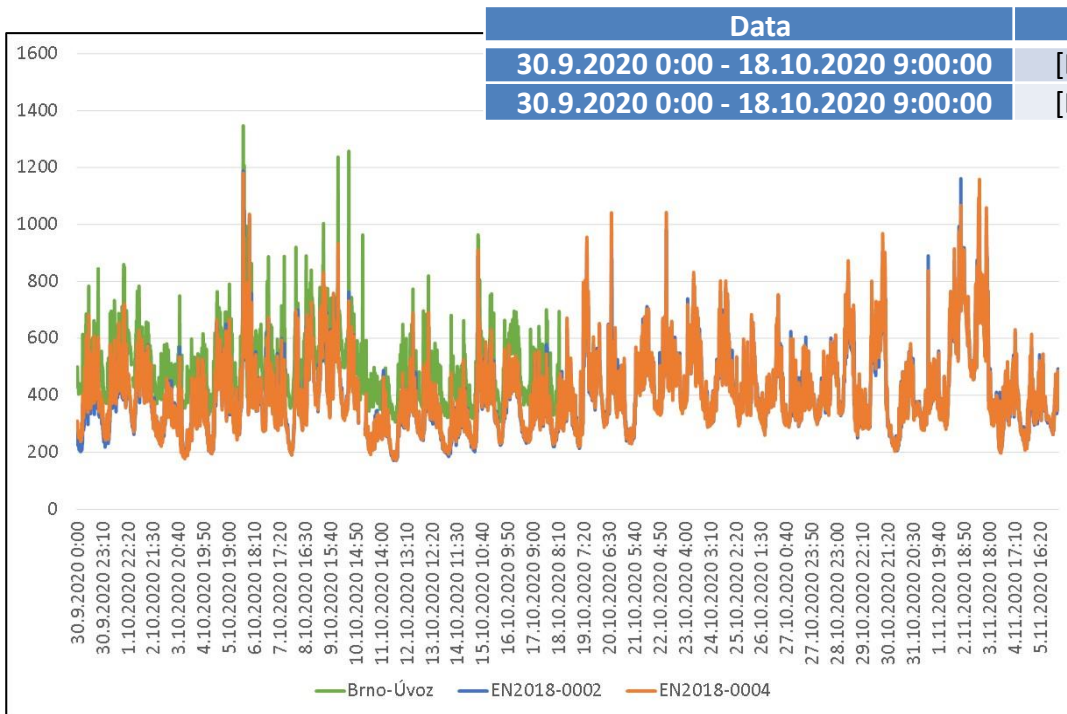
Testování funkčního vzorku – Brno Úvoz



Testování funkčního vzorku – NO₂

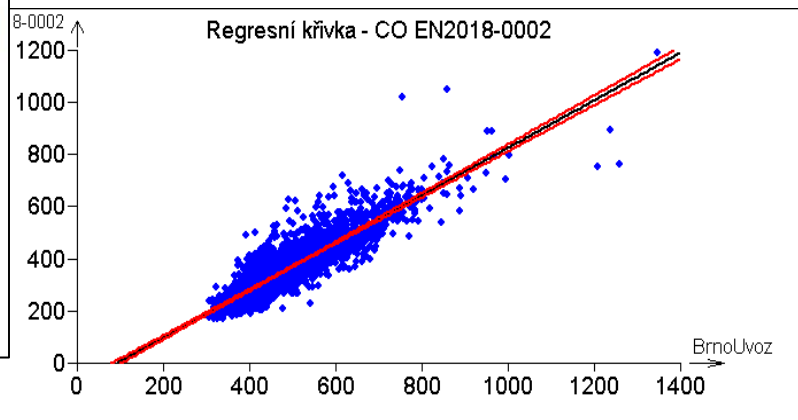


Testování funkčního vzorku – CO



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

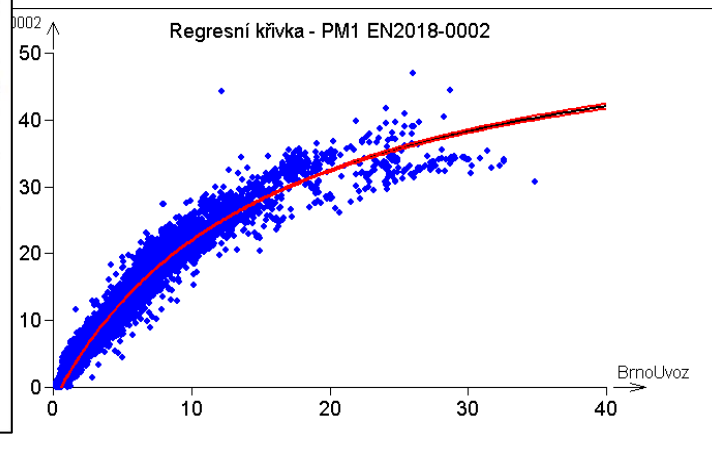
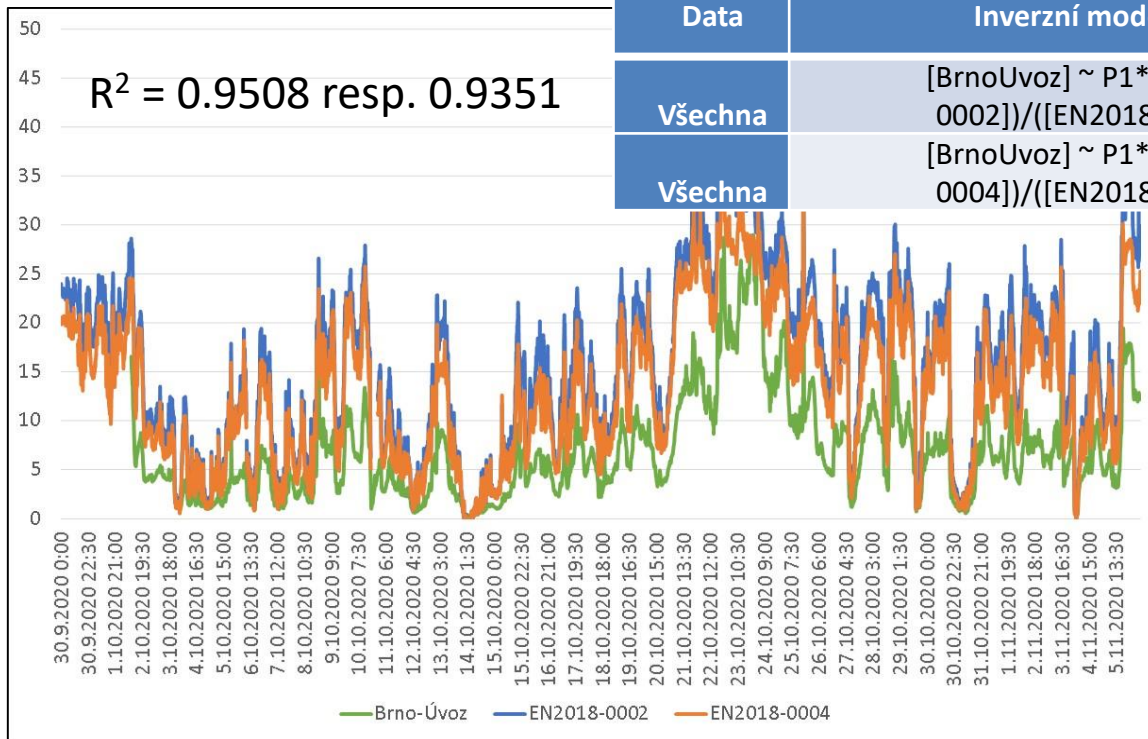
$R^2 = 0.7892$ resp. 0.8044



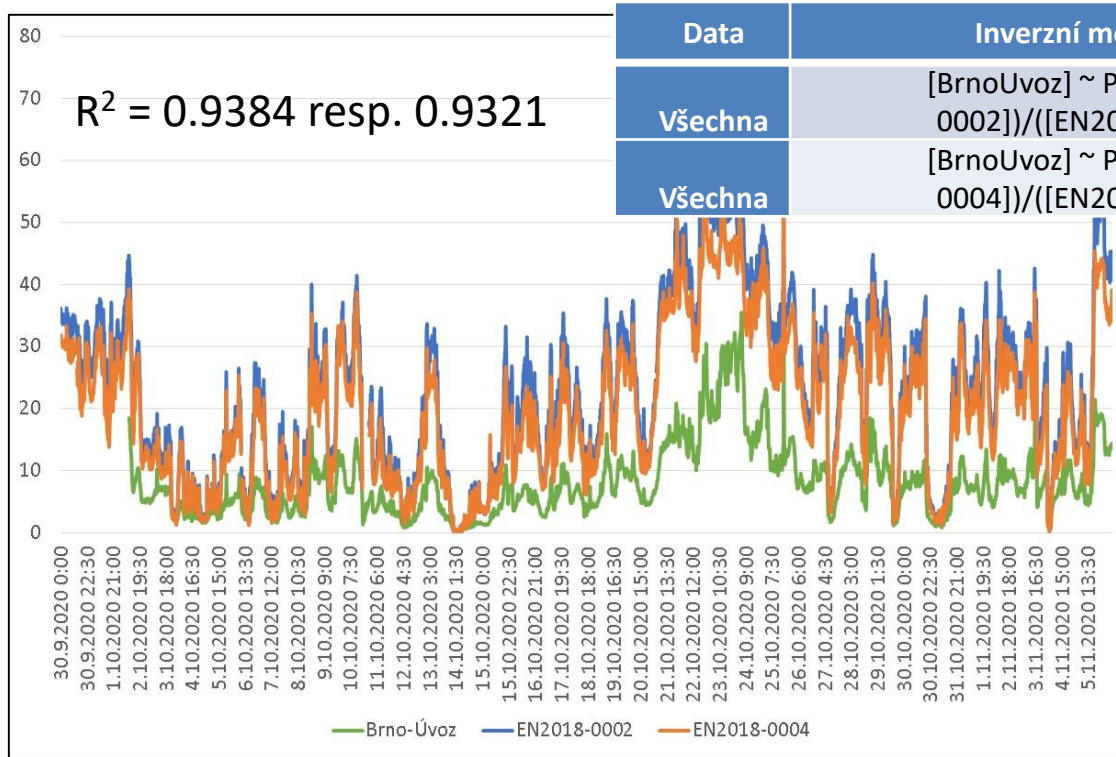
Testování funkčního vzorku – PM_{1.0}

$R^2 = 0.9508$ resp. 0.9351

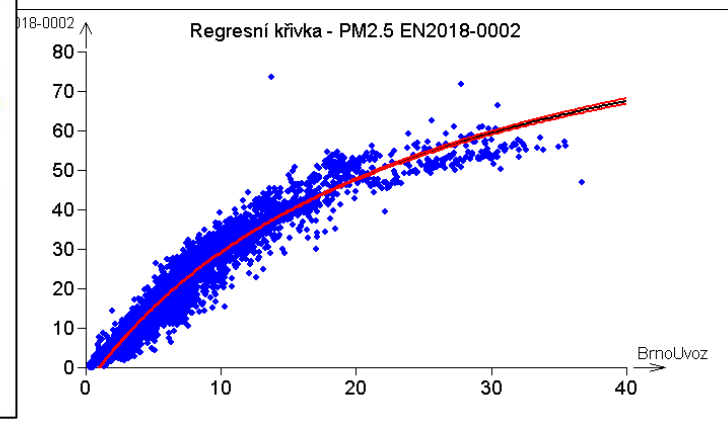
Data	Inverzní model regrese	P1	P2	P3
Všechna	$[\text{BrnoUvoz}] \sim P1 * (P2 - [\text{EN2018-0002}]) / ([\text{EN2018-0002}] - P3)$	21.807	-1.233	72.1
Všechna	$[\text{BrnoUvoz}] \sim P1 * (P2 - [\text{EN2018-0004}]) / ([\text{EN2018-0004}] - P3)$	20.521	-1.564	60.7



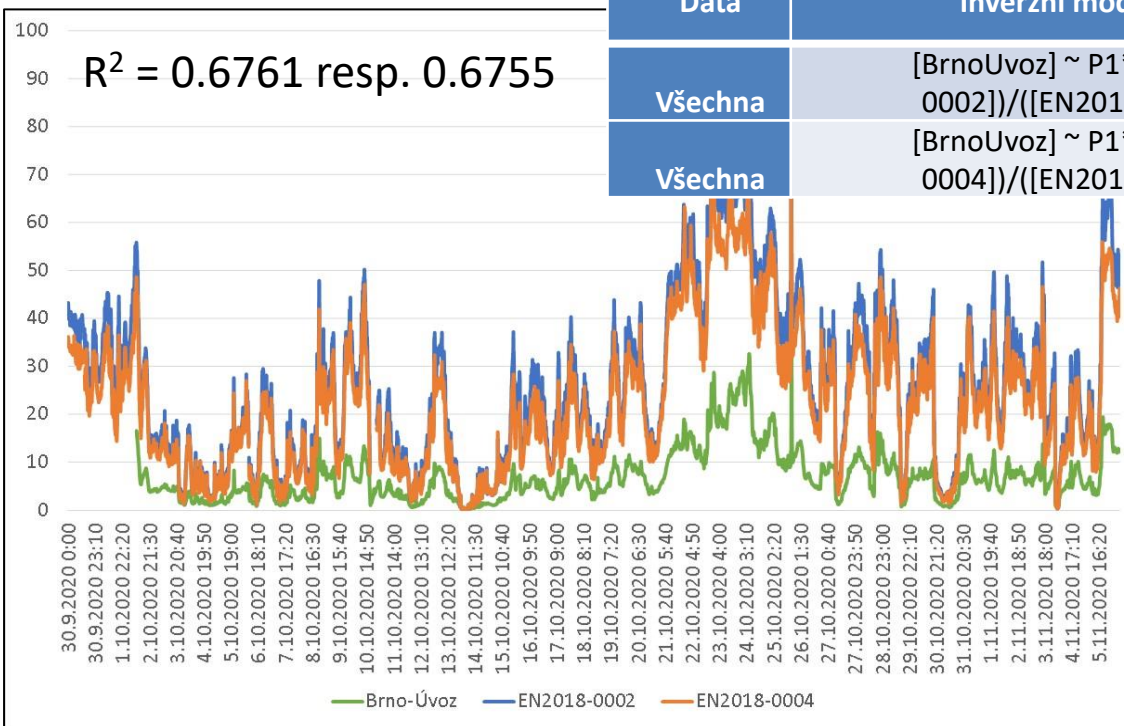
Testování funkčního vzorku – PM_{2.5}



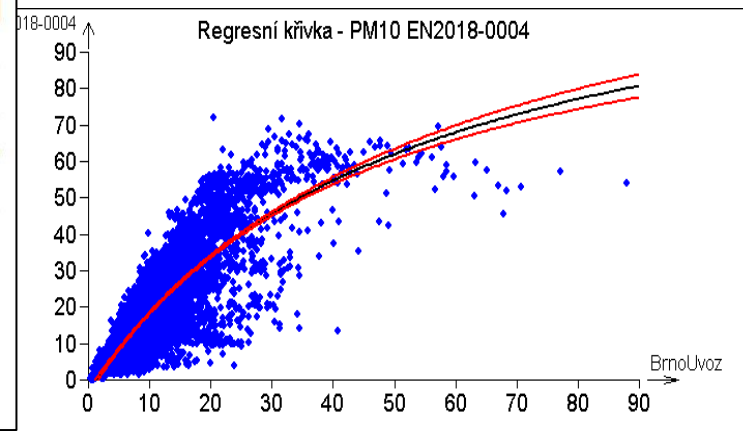
Data	Inverzní model regrese	P1	P2	P3
Všechna	$[\text{BrnoUvoz}] \sim P1 * (P2 - [\text{EN2018-0002}]) / ([\text{EN2018-0002}] - P3)$	24.734	-5.851	117.0
Všechna	$[\text{BrnoUvoz}] \sim P1 * (P2 - [\text{EN2018-0004}]) / ([\text{EN2018-0004}] - P3)$	21.509	-6.261	95.4



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

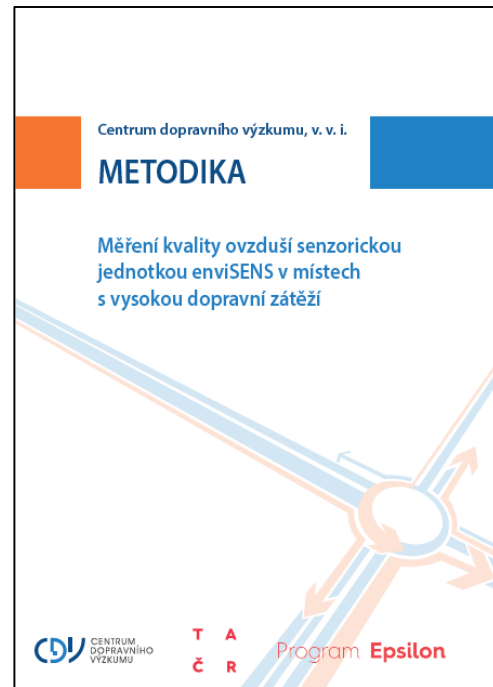


Měření kvality ovzduší senzorickou jednotkou enviSENS v místech s vysokou dopravní zátěží

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.



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

Přehled testovaných senzorů a kritéria pro výběr senzorů:

1. Primární měřící senzorické jednotky (senzory)
2. Cena senzoru – nízkonákladovost
3. Měřené látky primárně emitované z dopravy
4. Hodnocení jednotlivých senzorů na základě již realizovaných zahraničních studií
5. Za senzory použitelné k měření kvality ovzduší byly považovány ty, jimiž naměřená data koncentrací škodlivin vykazují větší než 50 % shodu s měřidlem použitým k porovnávání, tj. takové senzory, jejichž koeficient determinace R^2 při statistickém porovnání výsledků měření získaných senzorem s výsledky dosaženými referenční nebo ekvivalentní metodou měření je větší než 0,5.



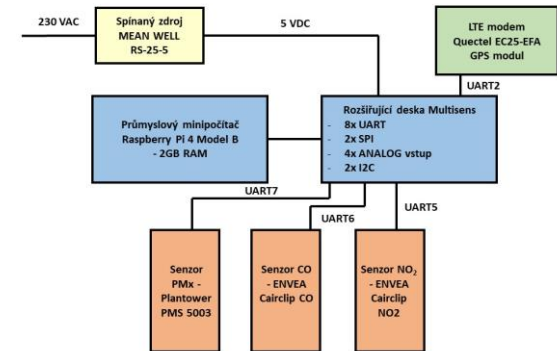
Měření kvality ovzduší sensorickou jednotkou enviSENS v místech s vysokou dopravní zátěží

Technické parametry sensorické jednotky vč. detailní specifikace jednotlivých komponent

Princip fungování sensorické jednotky

Postup měření sensorickou jednotkou

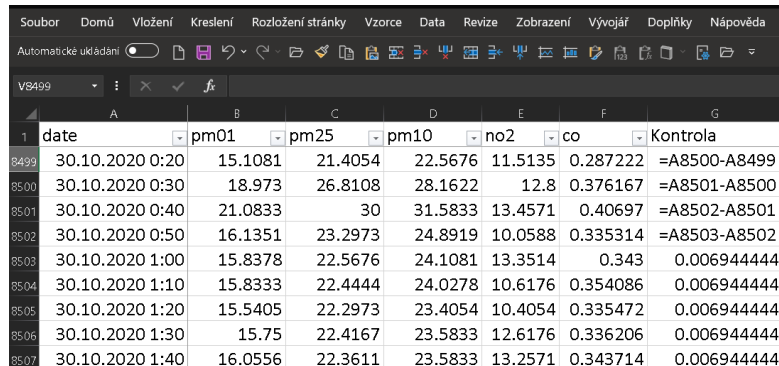
- požadavky na kontrolu a verifikaci dat
- požadavky na profylaktickou kontrolu a servis
- doporučení pro práci s naměřenými daty



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

Vyhodnocení naměřených dat

- postupy pro kontrolu kompletnosti datových řad
- postupy pro odstranění extrémní hodnoty
- postupy pro eliminaci výskytu náhodných chyb měření



	A	B	C	D	E	F	G
1	date	pm01	pm25	pm10	no2	co	Kontrola
8499	30.10.2020 0:20	15.1081	21.4054	22.5676	11.5135	0.287222	=A8500-A8499
8500	30.10.2020 0:30	18.973	26.8108	28.1622	12.8	0.376167	=A8501-A8500
8501	30.10.2020 0:40	21.0833	30	31.5833	13.4571	0.40697	=A8502-A8501
8502	30.10.2020 0:50	16.1351	23.2973	24.8919	10.0588	0.335314	=A8503-A8502
8503	30.10.2020 1:00	15.8378	22.5676	24.1081	13.3514	0.343	0.006944444
8504	30.10.2020 1:10	15.8333	22.4444	24.0278	10.6176	0.354086	0.006944444
8505	30.10.2020 1:20	15.5405	22.2973	23.4054	10.4054	0.335472	0.006944444
8506	30.10.2020 1:30	15.75	22.4167	23.5833	12.6176	0.336206	0.006944444
8507	30.10.2020 1:40	16.0556	22.3611	23.5833	13.2571	0.343714	0.006944444



Měření kvality ovzduší senzory v jednotce enviSENS v místech s vysokou dopravní zátěží

Interpretace výsledků

Nízkonákladové senzory (v souladu s Bauerová, Keder, 2019, Castell et al., 2017 a další)

- mají ve srovnání s používanými metodami vyšší detekční prahy a nižší citlivost měření
- projevuje se u nich výrazná interference s jinými znečišťujícími látkami
- jsou značně citlivé na meteorologické podmínky, zejména na teplotu a vlhkost vzduchu
- u některých výrobců se vyskytují významné rozdíly v měření mezi různými kusy stejného typu čidla
- průměrná reálná doba životnosti většiny senzorů aplikovaných pro venkovní měření je jeden rok (některými výrobci uváděné maximum životnosti je až 3 roky)
- nejsou zpracována pravidla metrologické návaznosti mikrosenzorů na referenční metody a postupy jejich kontroly před nasazením do měřicích sítí a průběžných kontrol kvality dat

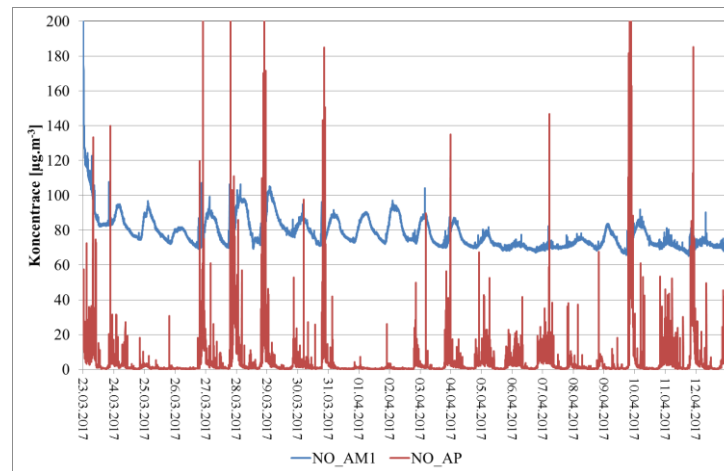
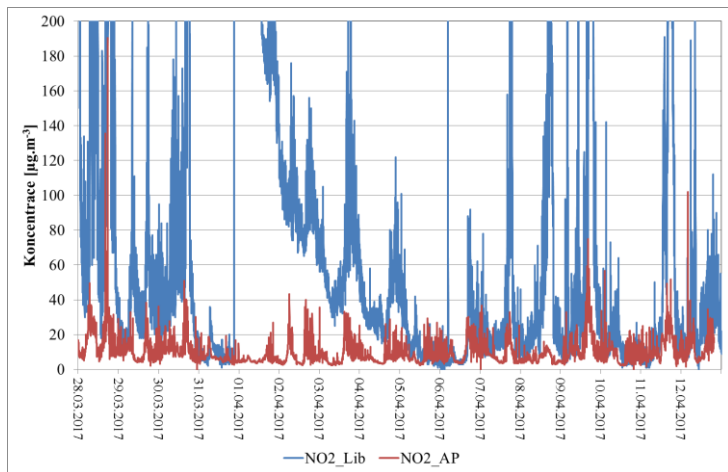


Měření kvality ovzduší senzorkou jednotkou enviSENS v místech s vysokou dopravní zátěží

Srovnání novosti postupů

Přehled dalších realizovaných studií.

Vymezení se vůči některým na trhu dostupným senzorkovým jednotkám.



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

Srovnání novosti postupů

jedinečné uspořádání jednotlivých senzorů tak, aby bylo zachováno optimální proudění vzduchu k jednotlivým senzorům

nastavením základního zpracování dat přímo v komunikační jednotce

vzdálená kontrola zařízení

přidávání či odebírání sensorických jednotek v síti

GPS zaměření sensorických jednotek

modularita spočívající ve velké variabilitě v přizpůsobení se požadavkům zákazníků

kontinuální měření koncentrací škodlivin, z něhož jsou generovány 10minutové průměry



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

Uplatnění

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



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

Uplatnění

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





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

**Český
hydrometeorologický
ústav**



Dosavadní zkušenosti s nízkonákladovými senzory kvality ovzduší

Ing. Petra Bauerová Ph.D. (petra.bauerova@chmi.cz)

Na zpracování prezentovaných výsledků dále spolupracovali:

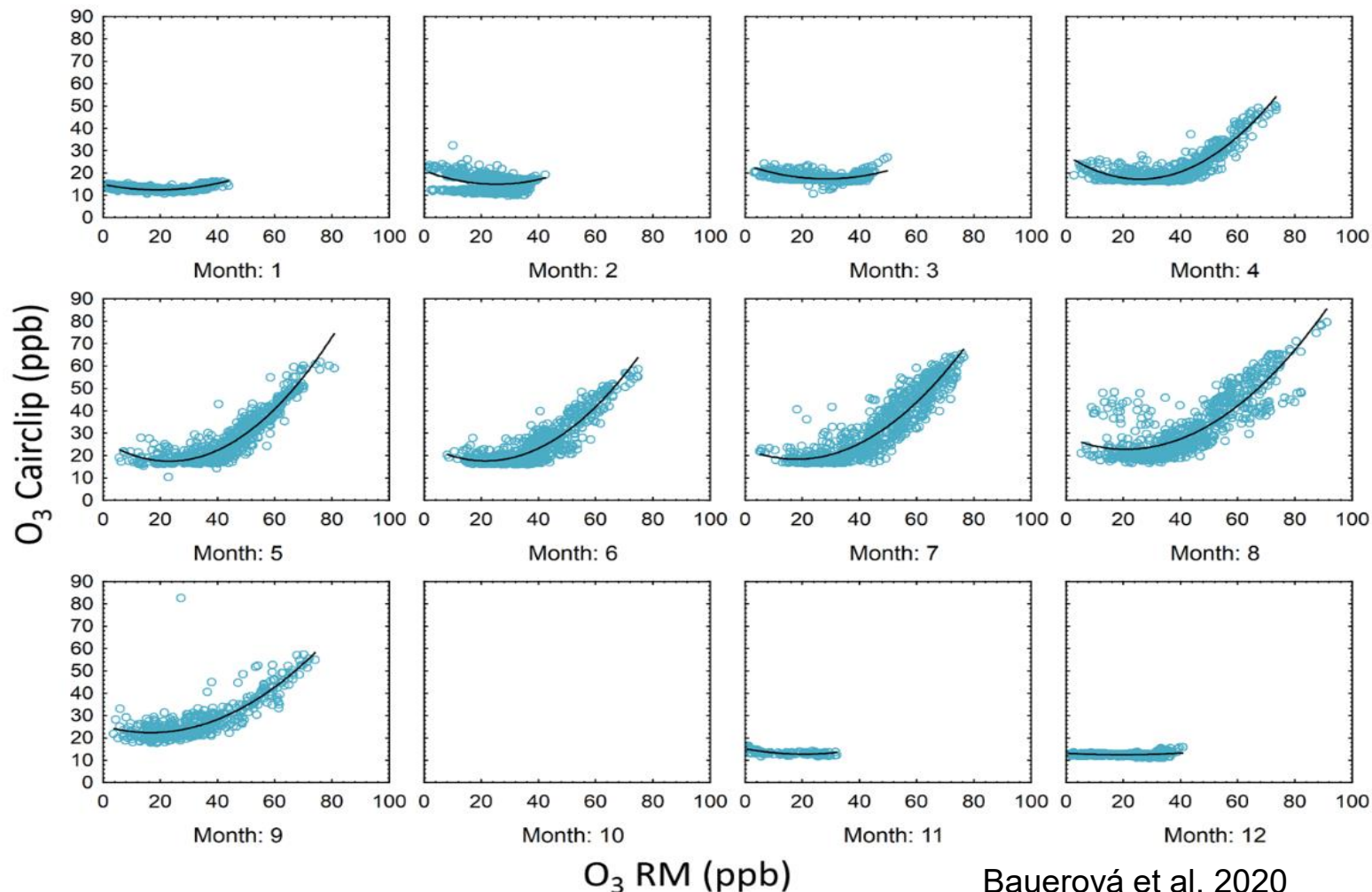
Ing. Adriana Šindelářová

RNDr. Josef Keder, CSc.

Dosavadní zkušenosti ČHMÚ se senzory

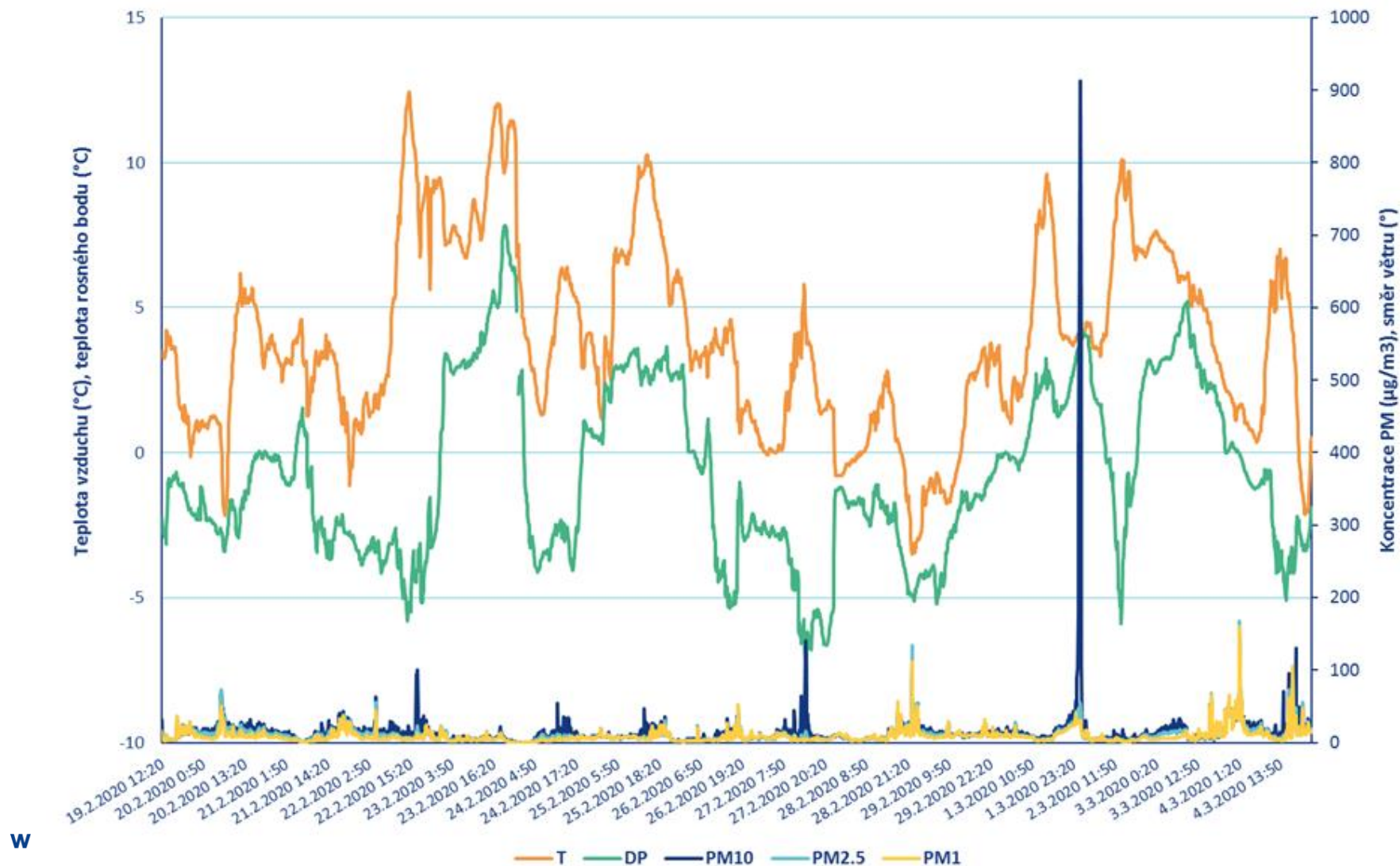
- **Od roku 2015 průběžně testujeme kvalitu senzorů ve venkovních podmínkách** (kolokace s referenčními a ekvivalentními analyzátory; viz tiskové zprávy z roku 2019 a 2020, nebo Bauerová et al. 2018, 2020)
- **Doposud testované typy senzorů a sensorických kombinovaných stanic: různé plynné senzory Cairsense, optické čítače částic Plantower a Alphasense, kombinované sensorické stanice Vaisala (AQT420 a AQT530)**
- Identifikovány **nejčastější slabiny zařízení: crosssensitivita různých plynných polutantů**, vliv změn teploty a vlhkosti vzduchu na kvalitu měření (**vliv teploty na plynné senzory, vliv RH / kondenzačních podmínek na optické čítače částic**)
- **Návrhy na metody korekce a datové analýzy zajišťující spolehlivou QA/QC -> stále v řešení** (postupy zatím neaplikovatelné na všechny typy zařízení a jejich účely použití)

Vliv meteorologických podmínek na kvalitu měření plynných polutantů



Bauerová et al. 2020

Posouzení meteorologických podmínek v době špičky koncentrací PM₁₀



Kam dále směřujeme?

- **Získat zkušenosti s aplikací senzorů v senzorické měřicí síti (aktuálně řešený projekt **TURBAN**¹)**



- **Získat zkušenosti s datovou správou, post-processingem a validací senzorické měřicí sítě (projekt **TURBAN**¹, **ARAMIS**²)**
- **Vytvoření návrhu metodiky pro standardní postup srovnávacího měření a postup kontroly kvality dat ze senzorických měření; vytvoření návrhu postupů na korekci a validaci dat ze senzorických měření (projekt **ARAMIS**²)**

¹ Projekt "TURBAN (TO01000219) - Modelování kvality ovzduší a tepelného komfortu s rozlišenou turbulencí v městském prostředí" je spolufinancován s podporou ve výši 1,1 milionu EUR z Norských fondů a Technologické agentury České republiky (TA ČR). WWW: <https://project-turban.eu/>

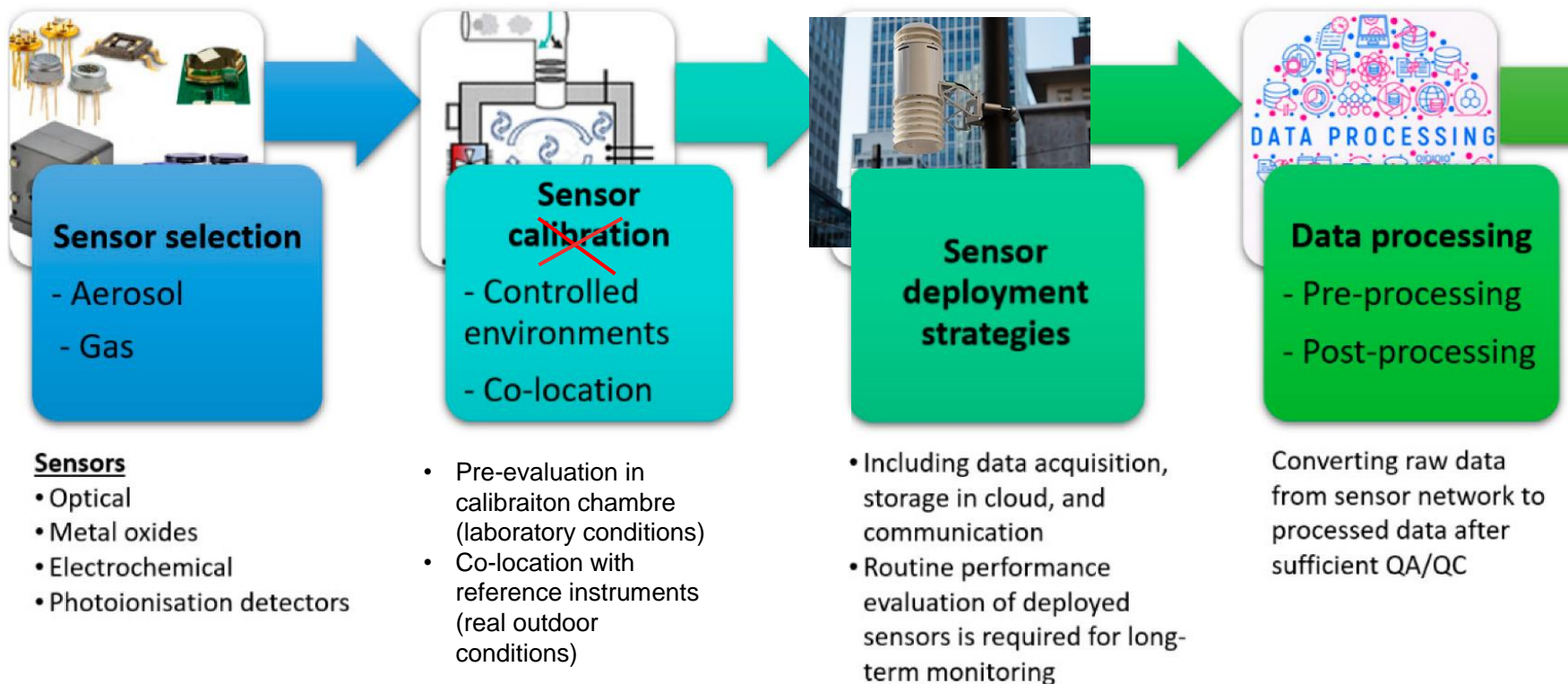
² Projekt ARAMIS (SS02030031): Integrovaný systém výzkumu, hodnocení a kontroly kvality ovzduší financován Technologickou agenturou České republiky (TA ČR). WWW: <http://www.projekt-aramis.cz>

Co není dlouhodobým cílem ani předmětem zájmu ČHMÚ?

- **Neprovádíme fyzické kalibrace různých typů senzorů** (centrální kalibrační laboratoř nenabízí tuto službu)
- **Nezabýváme se vlastním vývojem** pokročilejší senzorické technologie
- **Neprovádíme standardní testy ekvivalence u senzorických zařízení** (ani komplexnějších zařízení založených na bázi nízkonákladových senzorů) **a nevydáváme certifikáty** (technologie často nesplňuje podmínky pro testování dle platných norem imisního monitoringu)
- Nejsme schopni zakázkově provozovat ani spravovat senzorické monitorovací sítě jiných subjektů (nedostatek časové kapacity a omezení lidských zdrojů)

Základní schéma pro plánování aplikace senzoričských systémů

Sensor control / validation



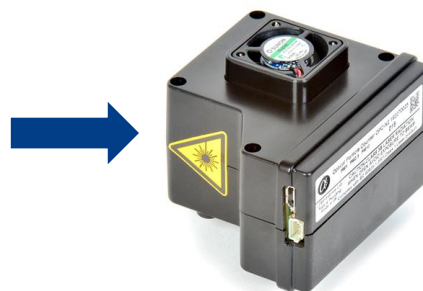
Omidvarborna et al. 2021

1) Výběr senzorů / senzorických systémů

Velmi častým hodnotícím kritériem je cena zařízení (*low-cost-sensors*)



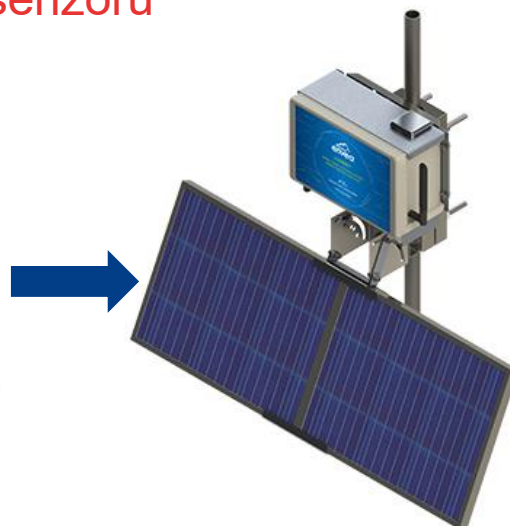
Levné primární senzory (neautonomní)



Dražší samostatné autonomní senzory



Monitorovací systémy na bázi senzorů



~~Low-cost~~

Podrobnější hodnotící kritéria pro výběr senzorů

Concas et al. 2021

Type	Cost	Size	Lifespan	Sensitivity	Drift	Accuracy	Energy	Calibration	Response time	Known issues
MOS	Low	Small	Long	High	Yes	Low	High	Frequent	Fast	Cross-sensitivity to humidity and other gases. Sensitivity reduced in high temperature.
EC	Low	Small	Short	High	2–15% per year	Good	Low	Reasonable	≈ 120s	Sensitive to temperature. Low humidity and high temperatures can cause the electrolyte of the sensor to dry out.
NDIR	High	Small	Long	High	(0.4 ± 0.4)%	High	Low	Frequent	≈ 20s	Spectral interference and high detection limit. Cross-sensitivity at least to water vapour.
PID	High	Small	Long	High	20% in weeks	High	low	Frequent	Fast ≈ 1s	High sensitivity to high humidity levels or water vapour.
Optical particle counter			PMs							<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fast response time (in a second). ✓ Sensitivity in the range of $1 \mu\text{g m}^{-3}$. ✓ Able to identify the size of the particle in the size of PM_{10} and $\text{PM}_{2.5}$. × Conversion from PM counts to PM mass with the theoretical model. × The measured signal depends on a variety of parameters such as particle shape, colour and density, RH, refractive index, etc. × Unable to detect ultrafine particles. ⁶

Začít od konce není chybou 😊

Pro jaký účel chceme senzory instalovat, tj. co chceme měřením zjistit?

Poskytuje výrobce daného senzoru dostatek informací o měřicím systému?

Je možnost dostat se k primárním měřeným datům, která by umožňovala provést kontrolní srovnávací měření s referenčními metodami stanovenými evropskou i národní legislativou?

Jsou senzorem měřené polutanty smysluplné pro nasazení na námi zvolený projekt (tj. splnění účelu aplikace) a zvolené zájmové místo?

Jak vhodně umístit měřicí jednotky tak, aby postihly cíle měření?

Přehodnocení nízkonákladovosti aplikace senzorů, tj. kolik měřicích jednotek bude potřeba pro získání konkrétní informace a jak dlouhá bude celková doba měření?

2) Kalibrace / validace senzorového měření

A) Fyzická kalibrace senzorických systémů v měřící komoře v laboratoři (v kontrolovaných podmínkách)

B) Kontrola / validace měření formou srovnávacího měření ve venkovních podmínkách („field-calibration“) s referenčními nebo ekvivalentními analyzátory

- Doporučeno minimálně 40 dní (a to i mimo letní období)
- Nezbytné mít dostatek informací o měřícím systému (princip měření, interval měření, metoda průměrování, ...)
- Umožňuje stanovit směrodatné odchylky, standardní chybu měření a podmínky za kterých k odchýlkám dochází

C) Kombinace obou postupů (viz review Morawska et al. 2018)

Příklad z praxe (projekt TURBAN)

- Vlastní kalibrace neprováděna (pouze kalibrace deklarovaná výrobcem)
- Srovnávací měření celkem 20 modifikovaných sensorických stanic:
 - 20 ks Cairclip NO₂
 - 20 ks Cairclip O₃/NO₂ *
 - 20 ks Plantower PM₁, PM_{2.5} a PM₁₀

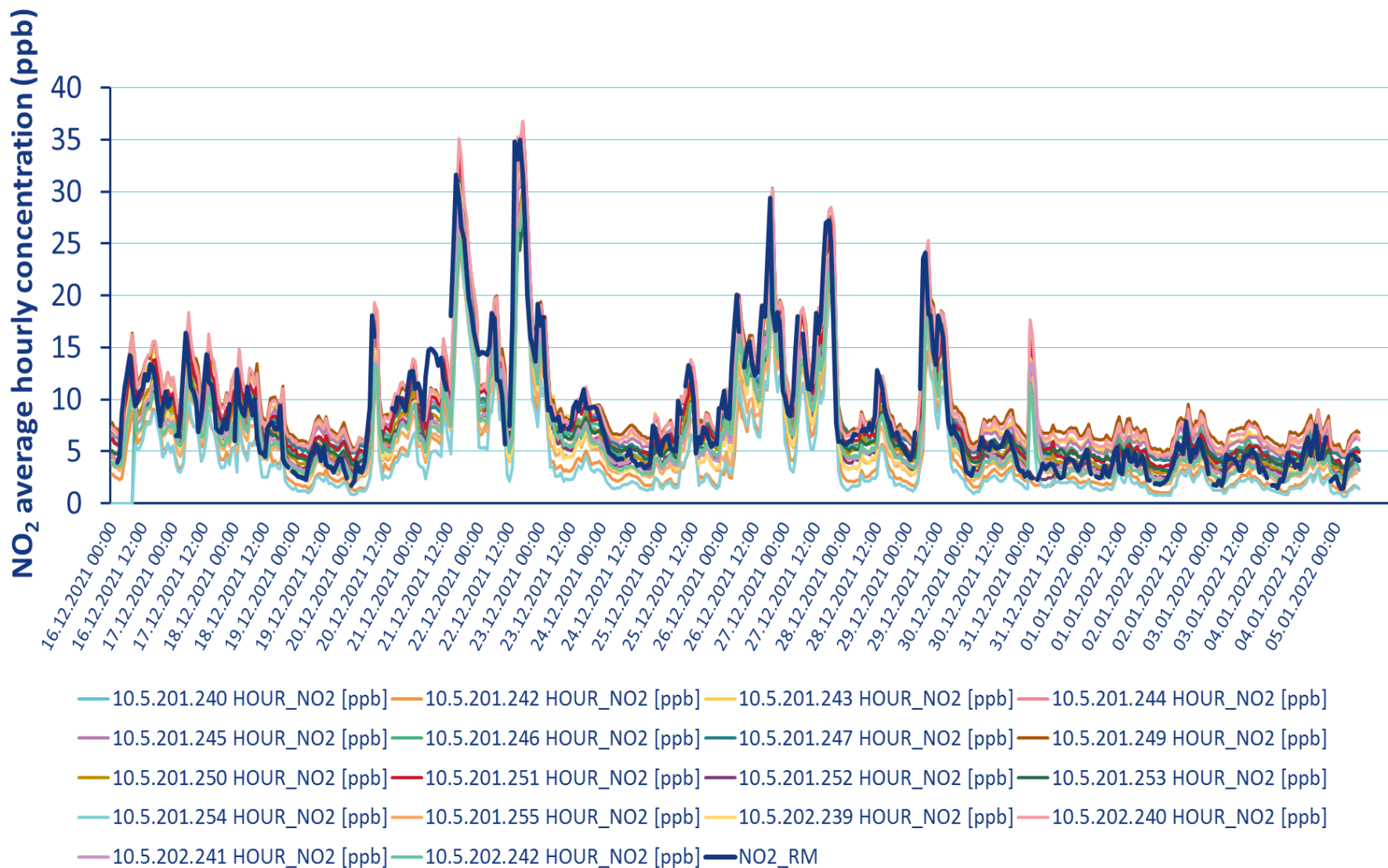


Srovnávací měření je jediný způsob jak detekovat nedostatky v původním nastavení systémů!

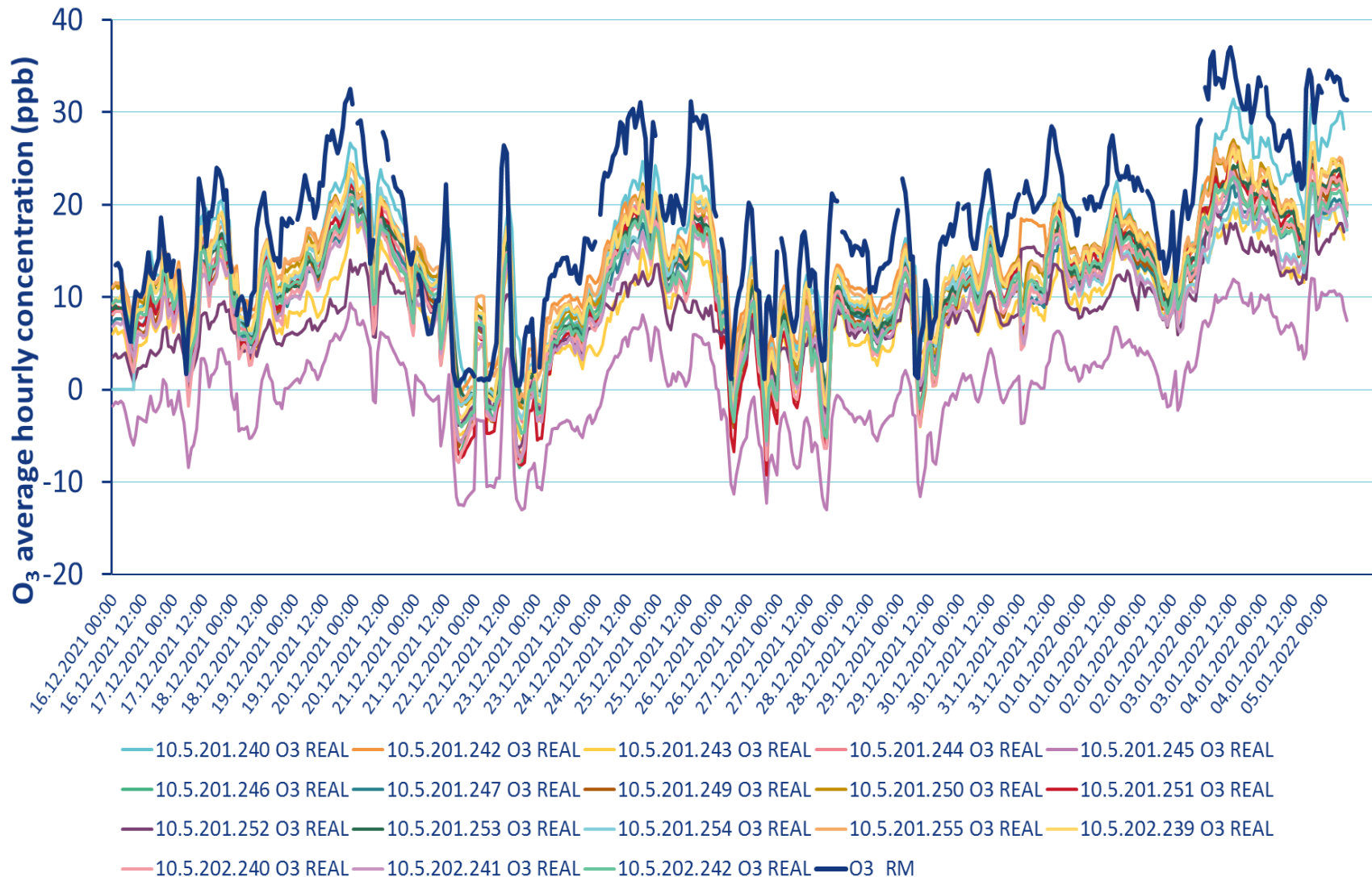
- Kontrola shody jednotlivých systémů mezi s sebou i s RM
- Identifikace vadných kusů zařízení (v našem případě 2 z 20 ks)
- Kontrola nastavení komunikace systémů a přenosu dat
- Kontrola nastavení času, přidělování časových známek a způsobu průměrování měřených koncentrací v daném intervalu

Ne vše musí být v souladu s informačním letákem / technickým listem k zařízení!

NO₂



Přepočtený O₃

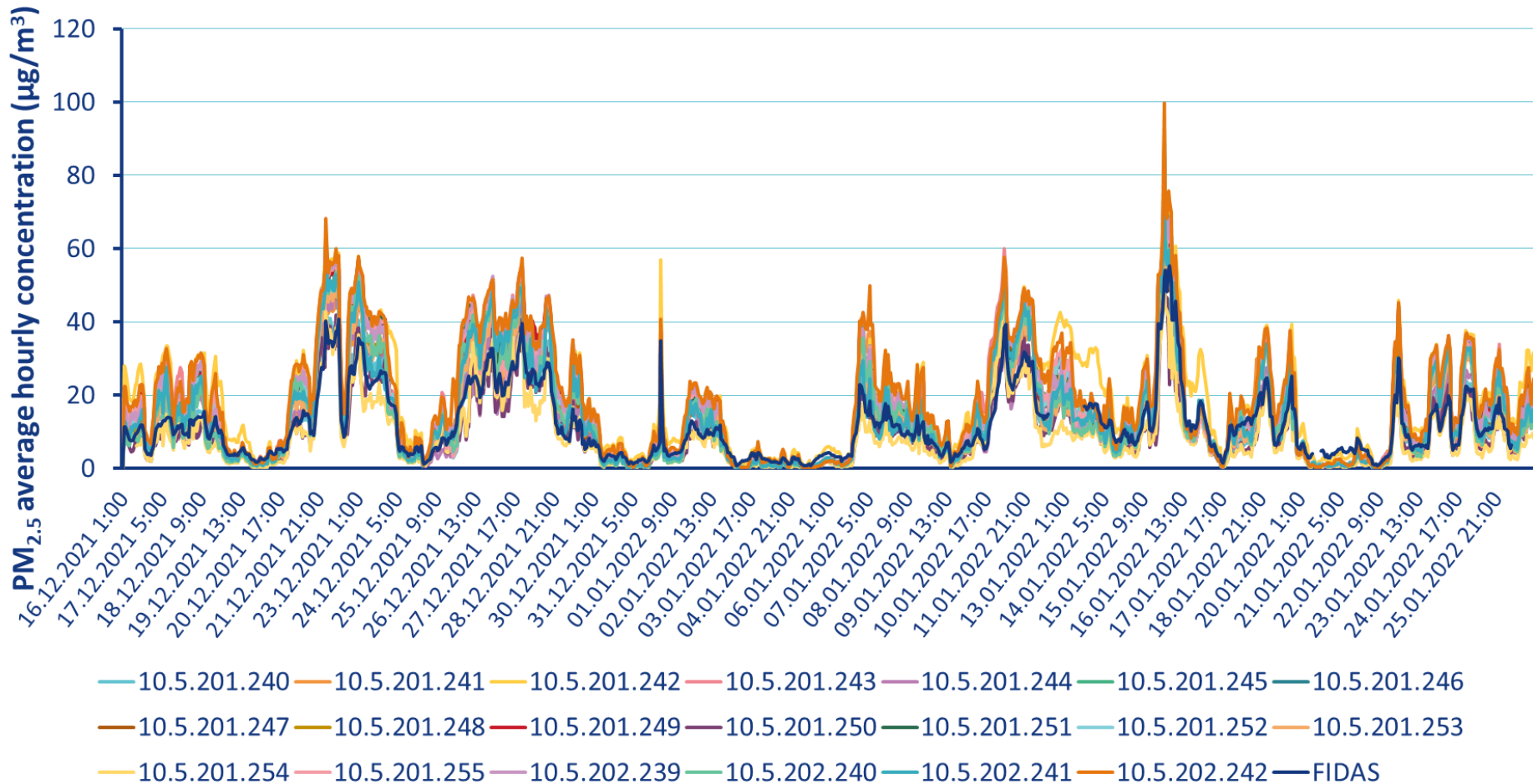


**This Cairsens* measures the combination of {O₃ + NO₂}. To obtain O₃ alone, it is necessary to use two Cairsens* sensors:*

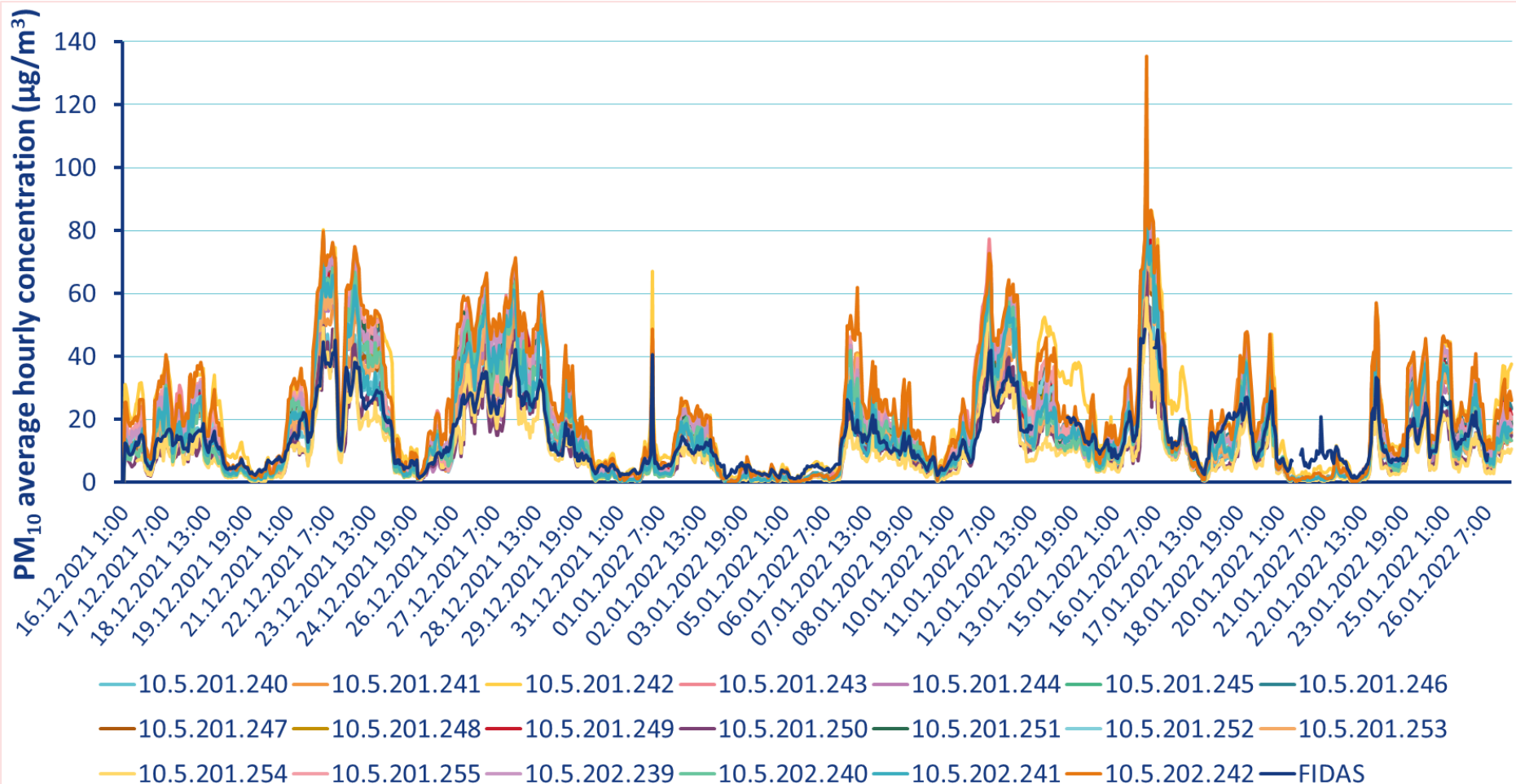
Cairsens O₃ + NO₂ and Cairsens* NO₂.*

<https://www.envea.global/>

PM_{2.5}



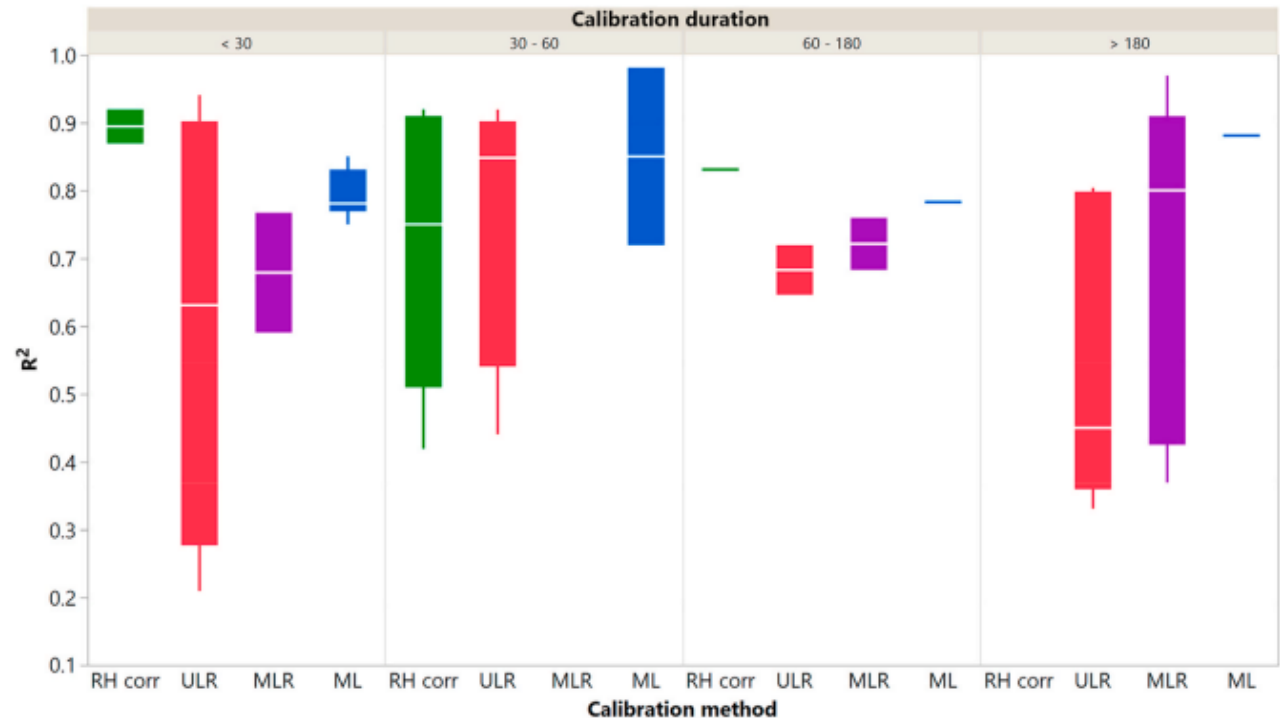
PM₁₀



Metody korekce měření senzorů

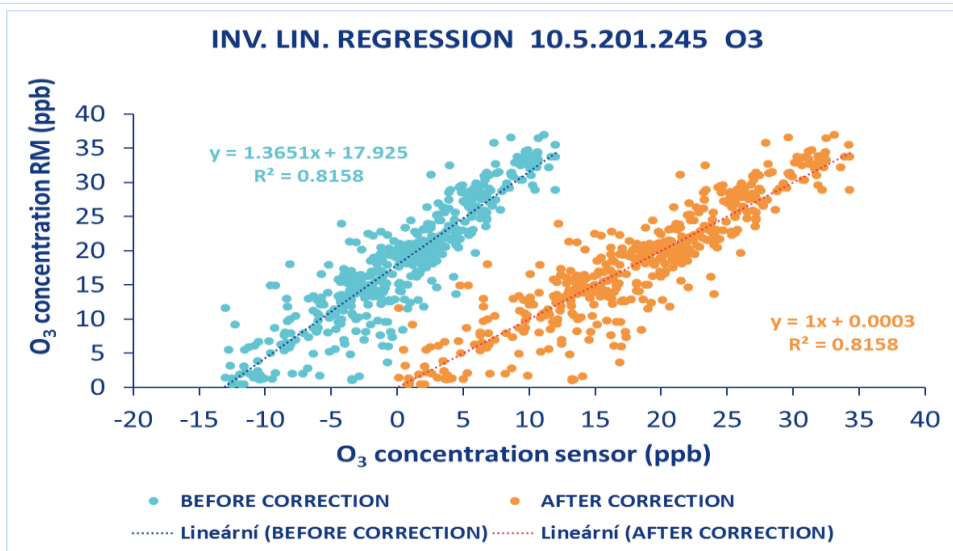
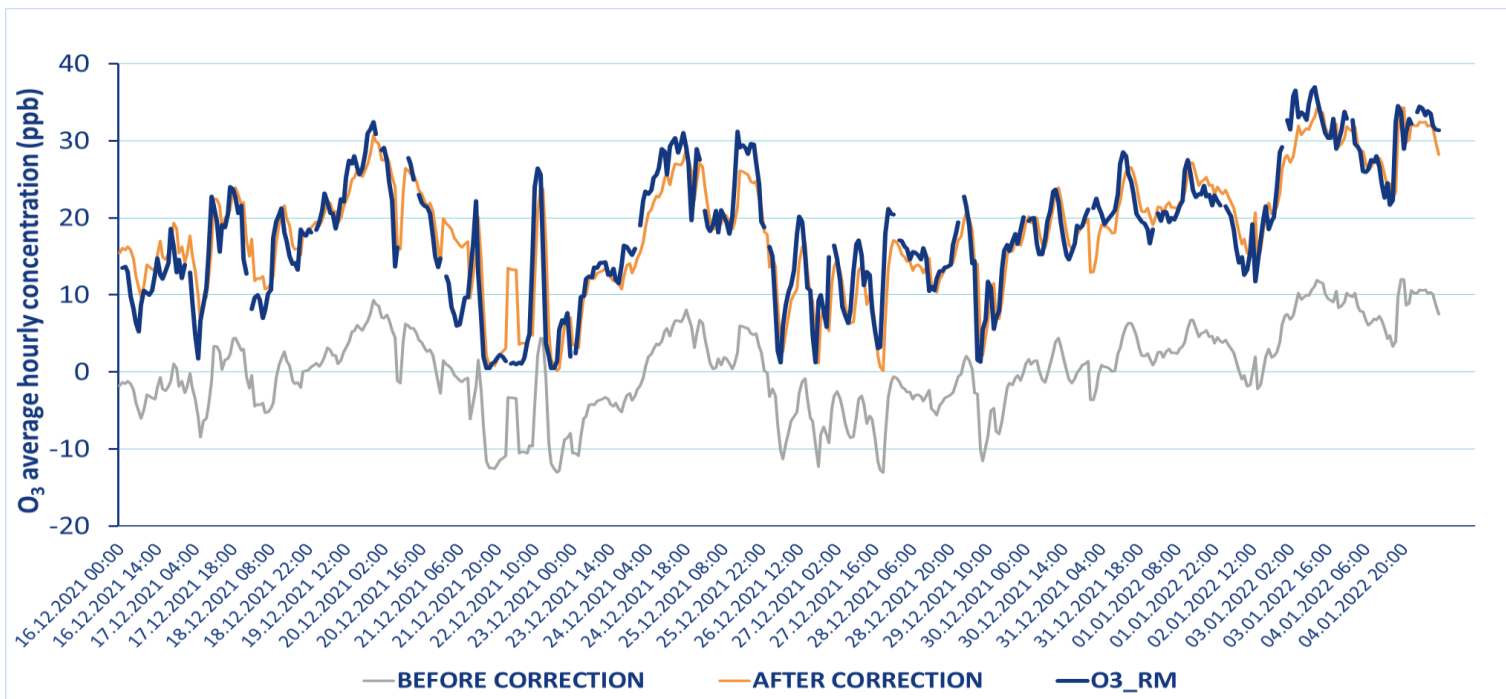
např. review Liang et al. 2021

- Lineární regrese
- Inverzní lineární regrese
- Ortogonální regrese
- Polynomická regrese
- Vícerozměrná regrese
- Techniky strojového učení (random forest, artificial neural networks)



Inverzní lin. Regrese ($y = A * x + B$)

y = koncentrace z RM, x = koncentrace ze senzoru



Lineární regrese ($y = A * x + B$)

y = koncentrace ze senzoru, x = koncentrace z RM

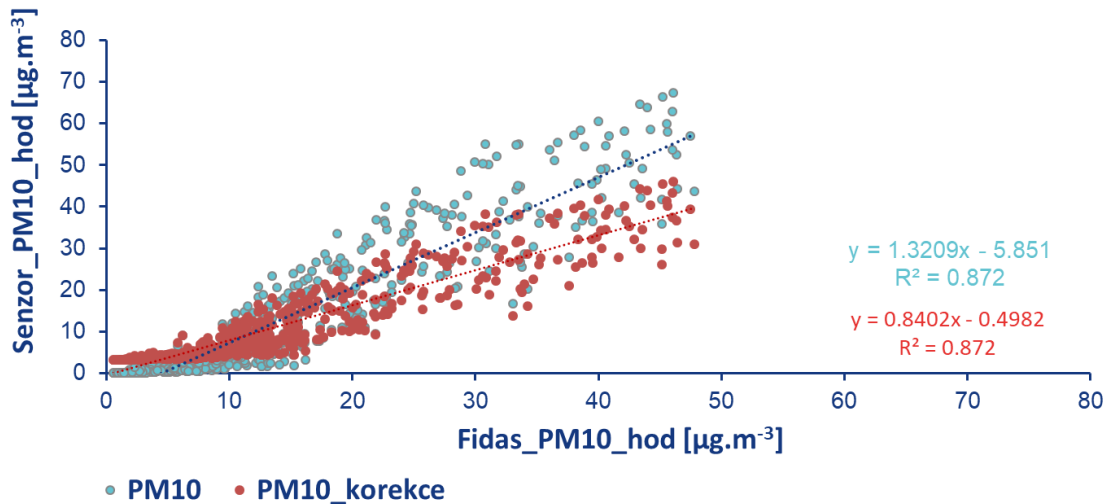
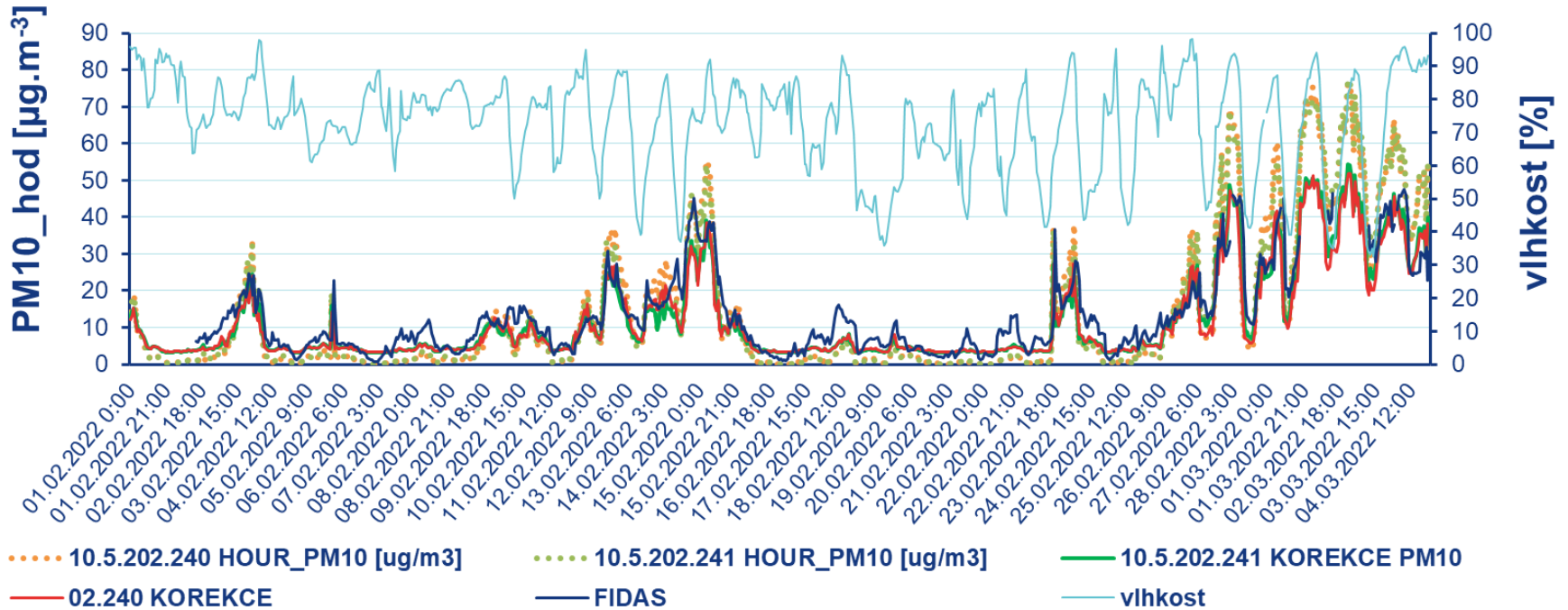
03



- 10.5.201.243
- 10.5.201.244
- 10.5.201.245
- 10.5.201.246
- 10.5.201.247
- 10.5.201.249
- 10.5.201.250
- 10.5.201.251
- 10.5.201.252
- 10.5.201.253
- 10.5.201.254
- 10.5.202.239
- 10.5.202.240
- 10.5.202.241
- 10.5.202.242
- AIM

Lineární regrese ($y = A * x + B$)

y = koncentrace ze senzoru, x = koncentrace z RM



Na co si dát pozor

- **Dataset pro výpočet korekčních koeficientů by neměl obsahovat extrémní odchylky v měření (částečně před-čištění datasetu od hrubých chyb)**
- **Ověření funkčnosti korekčních koeficientů po přenosu zařízení na jinou lokalitu!! -> ideálně kolokovat i dále alespoň 1 zařízení s RM**
- **Není známo, jak dlouho budou korekční koeficienty funkční!** Proces je zapotřebí průběžně kontrolovat případně opakovat (přirozený drift senzorů, zanešení optické měřicí komory, aj.)



Shrnutí

- Vystavení a údržba senzorní sítě je časově i metodicky velmi náročná a její výsledky jsou nejisté
- Nízké vstupní náklady jsou posléze vyrovnávány náklady za údržbu sítě, kontinuální kontrolu dat a verifikaci dat
- Přehodnocení principu *low-cost* zařízení při aplikaci senzorní sítě
- Nezbytnost kombinace lidského faktoru a strojové / automatické verifikace (ne všechny situace se dají vyhodnotit bez zásahu člověka)
- Poslouží vydané finance a úsilí finálnímu účelu aplikace? Jak bude výsledek využitelný pro veřejnost? (Citizen science? Smart city?)



Literární zdroje

Bauerová et al. 2019: doi:10.2495/AIR180321

Bauerová et al. 2020: <https://doi.org/10.3390/atmos11050492>

Morawska et al. 2021: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.04.018>

Liang et al. 2021: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111163>


Concas et al. 2021: <https://doi.org/10.1145/3446005>

Omidvarborna et al. 2021: <https://doi.org/10.3390/atmos12040453>

Děkuji za Vaši pozornost!

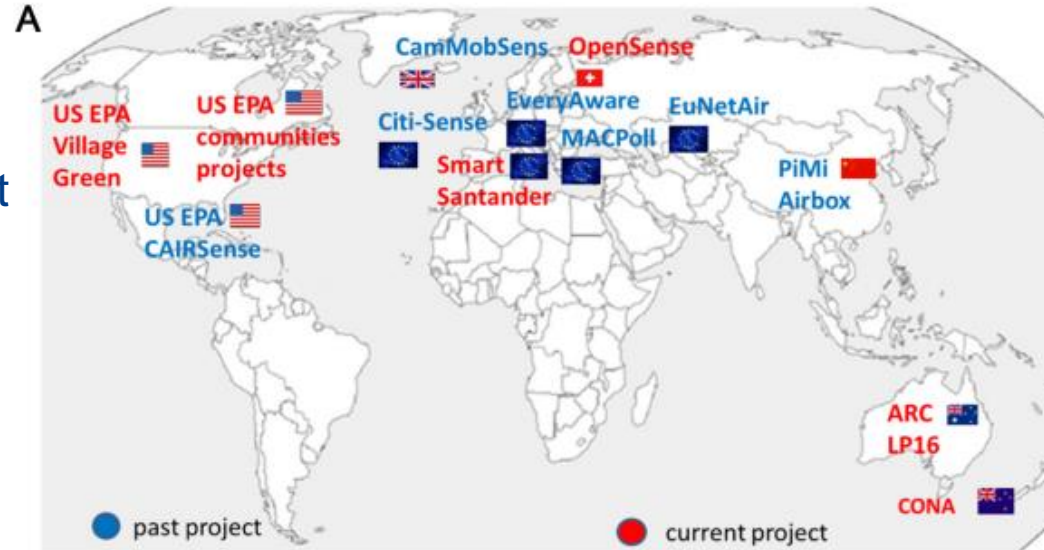
Ing. Petra Bauerová Ph.D.

✉ *petra.bauerova@chmi.cz*

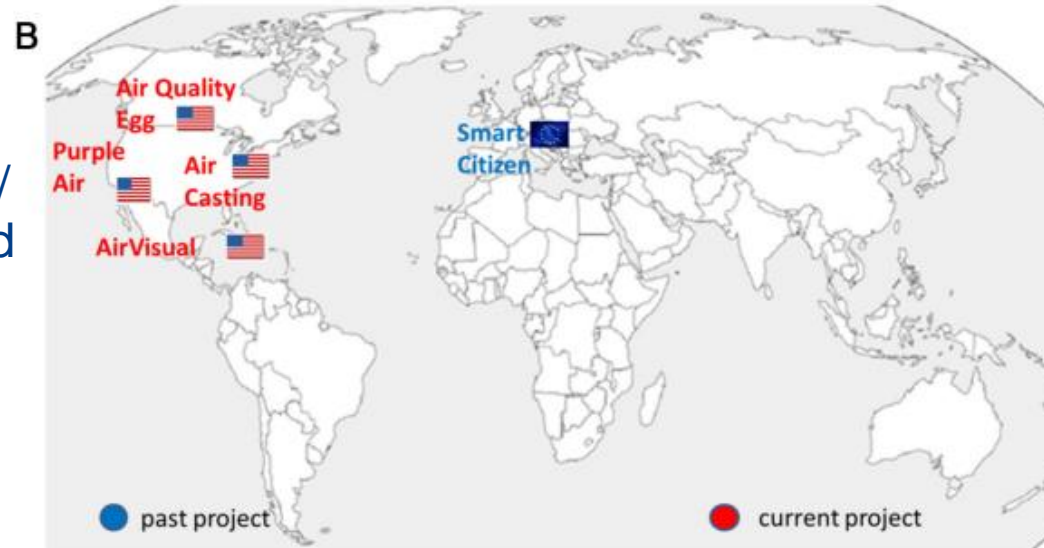

Český
hydrometeorologický
ústav

Velké mezinárodní projekty zahrnující senzorní sítě

Government funded projects



Commercial / crowd funded projects



Návrh senzorové sítě pro hodnocení kvality ovzduší

Miloš Zapletal

Význam senzorové sítě

- Stávající informační základna pro posuzování kvality ovzduší je zatížena mírou nejistoty:
 - omezený počet měření zejména u některých znečišťujících látek.
 - nízký prostorový detail a hustota současného monitoringu.
 - Senzorová síť:
 - umožňuje získávání podrobných a s referenčním měřením srovnatelných dat.
 - zohledňuje místní specifika, umožní lepší identifikaci zdrojů v místě a jejich reálný dopad na kvalitu ovzduší.
 - umožňuje přesné plošné vyhodnocení změny v koncentraci a směru šíření znečišťujících látek.
 - poskytuje informace pro státní správu a veřejnost o aktuálním stavu znečištění ovzduší.
 - poskytuje informace pro návrh opatření pro údržbu a tvorbu městské zeleně v oblastech s různými zdroji emisí vzdušných polutantů a hustotou osídlení
-

Postup zpracování návrhu senzorové sítě

Výběr vstupních kritérií s ohledem na cíl monitoringu

- zvážení vstupních dat s ohledem na místní environmentální a socioekonomické podmínky
- výběr kritérií podle stanoveného cíle návrhu (monitoring imisí z dopravy, lokálních topenišť, otevřených ohnišť aj.)

Multikriteriální prostorová analýza dat

- získání dat (Územně analytické podklady, Územní plány obcí, satelitní snímky, Rozptylové studie, data o intenzitě dopravy aj.)
- preprocessing vstupních dat (vektORIZACE rastrových podkladů)
- syntéza prostorových kritérií na základě kombinace překryvných funkcí v prostředí GIS

Výběr konkrétních míst

- zohlednění prostorového uspořádání jednotlivých lokalit
- detailní průzkum vhodných míst pomocí aplikace *Google Street View*
- umístění, která jsou dostupná pro obsluhu techniky a zároveň v dosahu napájení elektrické energie

Postup zpracování návrhu senzorové sítě

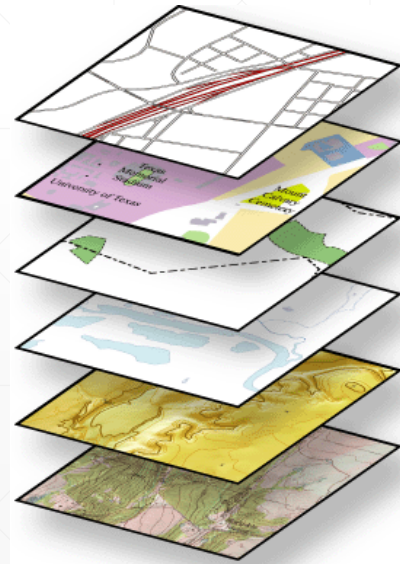
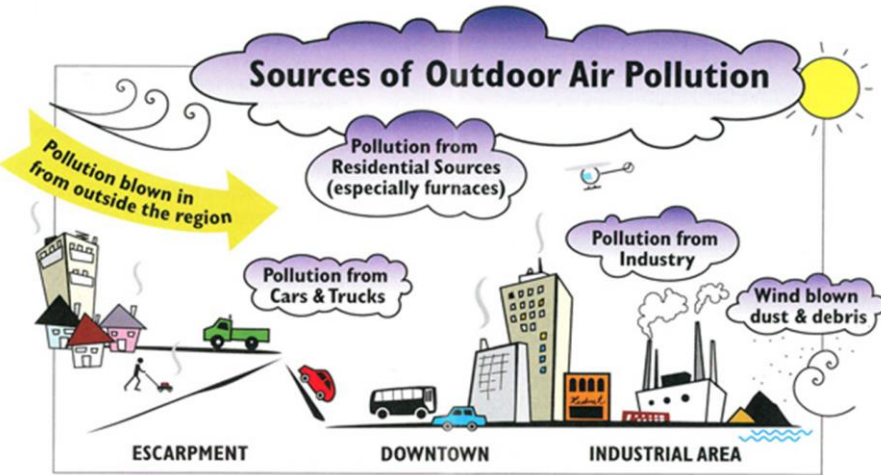
Výběr vstupních kritérií s ohledem na cíl monitoringu

Multikriteriální prostorová analýza dat

Výběr konkrétních míst

The Air Pollution Picture

Sources of Outdoor Air Pollution



Empa Sensornet – Locations



Typy návrhů senzorových sítí

▪ Regionální

- na úrovni celého města
- doplnění informací stávajícího monitoringu ISKO ČHMÚ
- volba kritérií zohledňuje potřeby statistického vyhodnocení, které zahrnuje geografické charakteristiky (land use atd.), dopravní charakteristiky (intenzitu dopravy atd.) a podnebné podmínky

▪ Lokální

- menší prostorový detail (vybrané městské části, katastry)
 - specifikace účelu monitoringu podle místního problému (např. spalování suchých rostlinných materiálů na otevřených ohništích)
 - volba podrobnějších prostorových dat, terénní průzkum, volba konkrétních kritérií podle účelu sítě
-

Příklad sensorové sítě regionálního měřítka

Návrh sensorové sítě v Opavě

Princip senzorové sítě pro celá města

- Místa pro umístění senzorů jsou volena tak, aby mohly být zpracovány mapy imisního znečištění ovzduší syntézou prostorových dat, která kombinuje údaje o využití ploch, dopravní zátěži atd. s daty z měření sítě senzorů a poskytla informace v oblastech, kde nejsou k dispozici žádné údaje.
 - Návrh senzorové sítě zohledňuje potřeby statistického vyhodnocení, které zahrnuje geografické charakteristiky (land use atd.), dopravní charakteristiky (intenzitu dopravy atd.), aktuální meteorologickou situaci a existující staniční síť ISKO ČHMÚ. Potenciální senzorová síť umožní přesné plošné vyhodnocení změny v koncentraci a směru šíření znečišťujících látek.
-

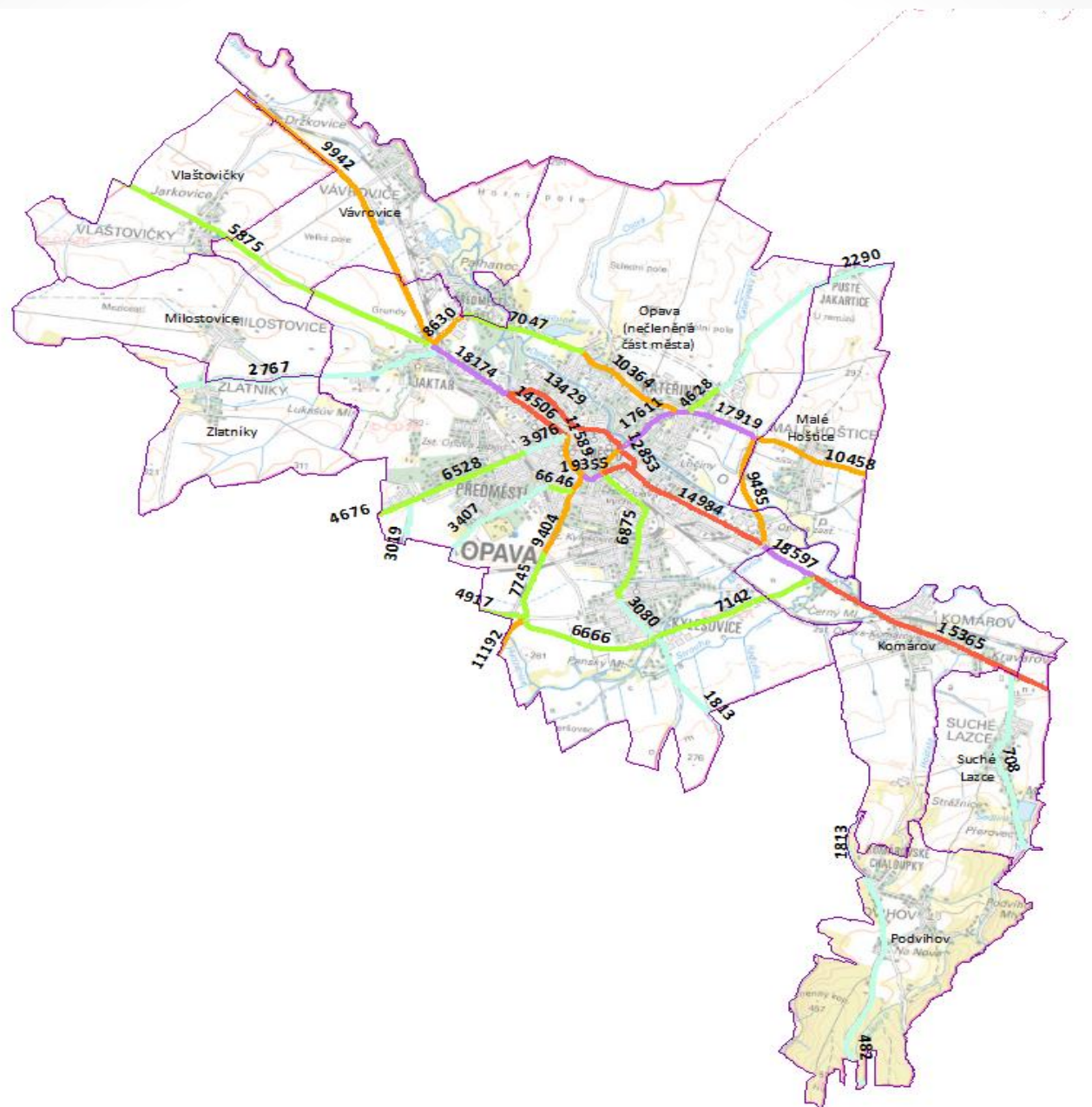
Multikriteriální prostorová analýza

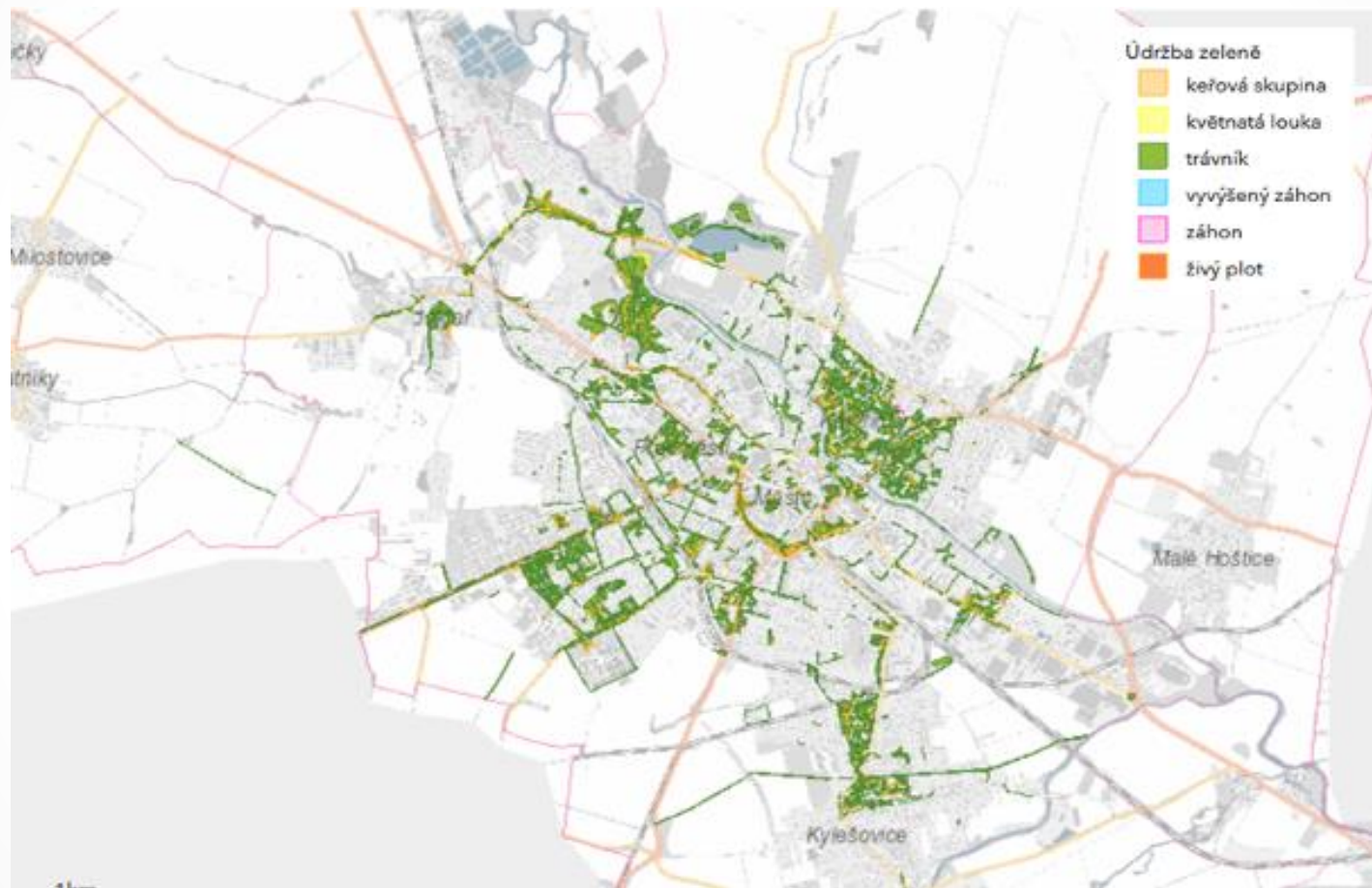


Intenzita dopravy

V Opavě dosahuje intenzita dopravy na hlavních tazích až 19 000 vozidel denně (Nádražní okruh), další velmi frekventovanou silnicí je ulice Krnovská (18 000 vozidel). Z toho přibližně 10 % tvoří těžká nákladní auta, jejichž emise jsou obvykle mnohem vyšší než je tomu u osobních vozidel (dle Sčítání dopravy 2016, ŘSD).

Intenzita dopravy dle posledního aktuálního sčítání z roku 2016 je zobrazena na obrázku. Postupné práce na realizaci opavského obchvatu jsou příslibem pro odvedení části dopravy z obydlého centra města.





Plochy udržované veřejné zeleně

Základním prvkem městské zeleně v Opavě jsou Městské parky. Jsou tvořeny Dvořákovými sady, sady Svobody, Křížkovského sady, Smetanovými sady, sady U Muzea a Janáčkovými sady a náměstím Osvoboditelů. Další zásadní součástí městské veřejné zeleně jsou Městské sady s navazující oblastí Stříbrného jezera a jeho okolí.

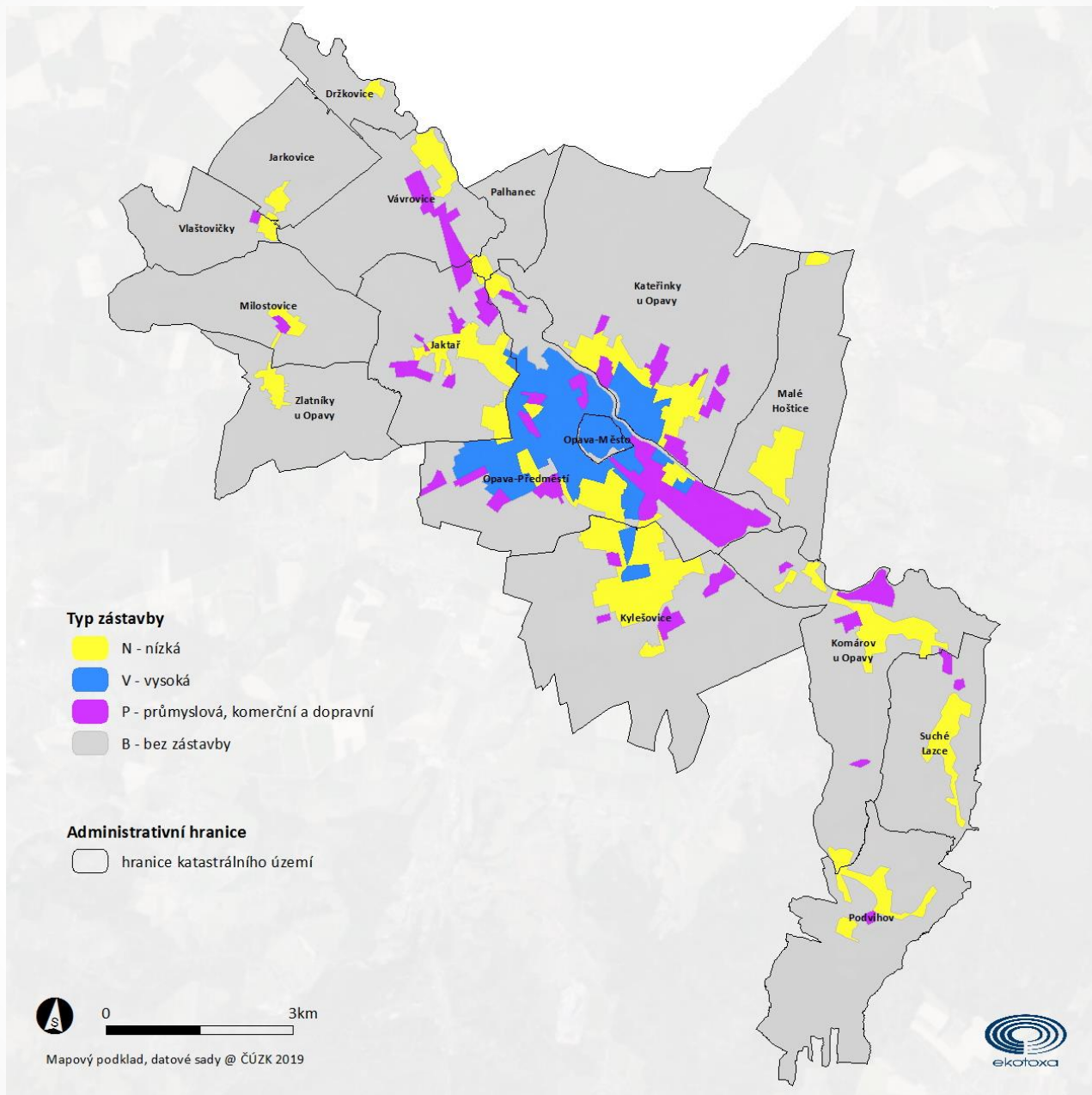
Městské parky a Městské sady jsou základním rekreačním prvkem pro trávení volného času. Na území intravilánu města se nachází řada dalších plošně méně rozsáhlých parkových ploch.

Velké množství veřejné zeleně se nachází také na sídlištích, podél dopravních komunikací, významná je rovněž zeleň ve vnitroblocích. Na obrázku 1 jsou uvedeny plochy zeleně, na kterých je prováděna údržba ze strany města.

Typ zástavby

Na základě platného územního plánu, leteckých snímků a znalosti území byly vytvořeny čtyři kategorie území dle převažujícího typu zástavby:

1. nízká zástavba (písmenné označení ,N'),
2. vysoká zástavba (,V'),
3. průmyslová a komerční zástavba, zástavba s dopravní infrastrukturou (,P') a
4. zbylé území bez zástavby (,B').



Kategorie imisního zatížení

Pro hodnocení imisního zatížení bylo použito modelování rozptylu znečišťujících látek v ovzduší (PM_{10}) z Rozptylové studie pro město Opava (VŠB-TU, 2014). Deset kategorií výsledného modelování bylo pro účely této studie překlasifikováno na 3 kategorie s imisním zatížením nízkým (původní kategorie 0-4), středním (5-7) a vysokým (8-10).

Kategorie imisního zatížení

- 1 - nízké
- 2 - střední
- 3 - vysoké

Administrativní hranice

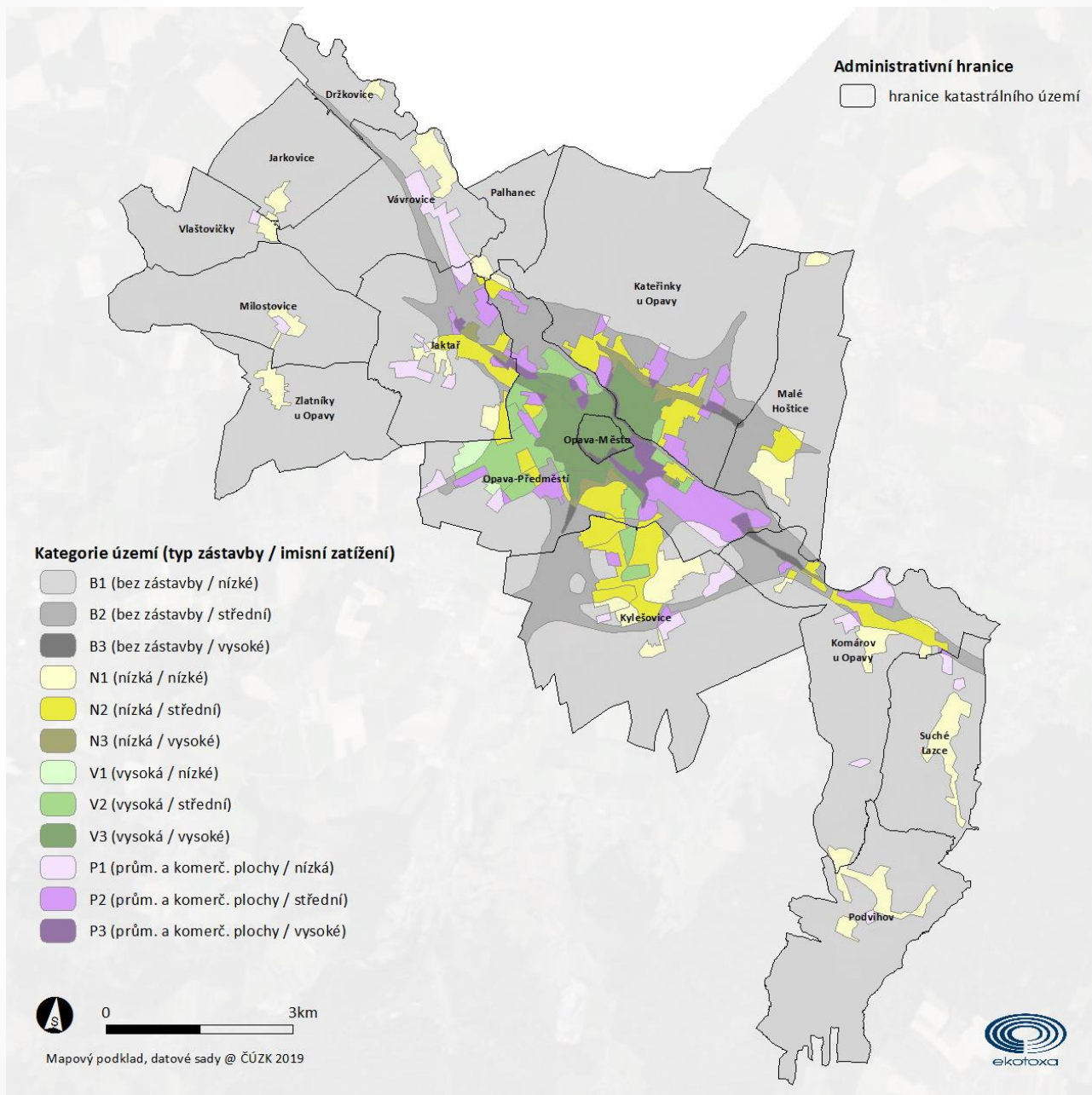
- hranice katastrálního území



0 3km

Mapový podklad, datové sady @ ČÚZK 2019





Kategorie imisního zatížení

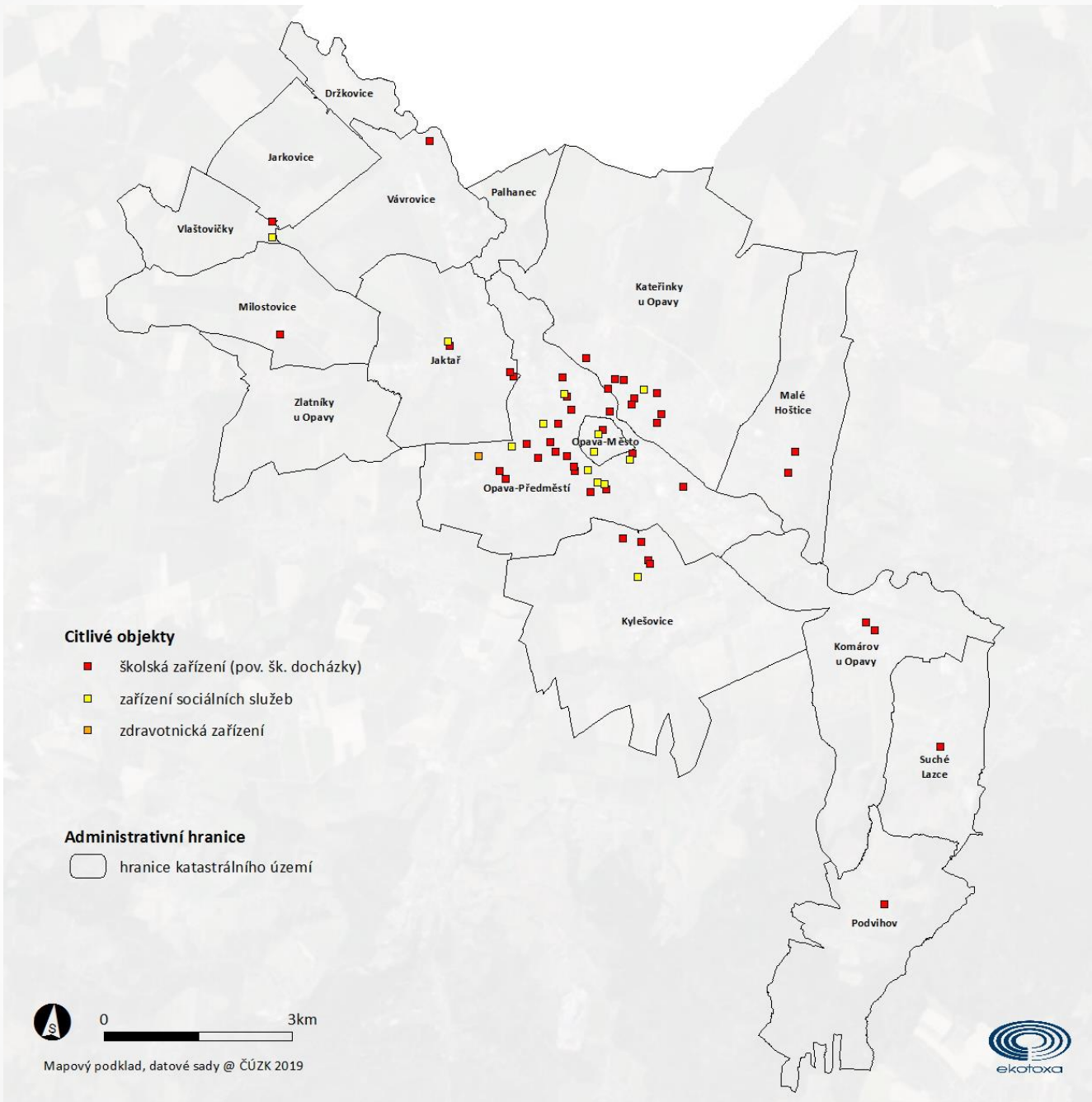
Sloučením dvou typů zástavby a imisního zatížení vzniklo 12 kategorií území. Polygony menší než 1 ha byly sloučeny se sousedním polygonem, přičemž byl upřednostněn typ zástavby před imisním zatížením. Pro území bez zástavby, tj. kategorie B1 až B3, nebylo umístění senzoru závazné, neboť byly preferovány lokality v zastavěných oblastech.

Citlivé objekty

V případě, že pro umístění senzoru bylo možné vybrat více lokalit stejné kategorie, byla upřednostněna lokalita, v níž se nachází zařízení pro citlivé skupiny obyvatel (děti, seniory a chronicky nemocné lidi).

Takto jsou zohledněna školská zařízení (mateřské a základní školy), pobytové sociální služby poskytované seniorům nebo chronicky nemocným lidem a lůžková zdravotnická zařízení.

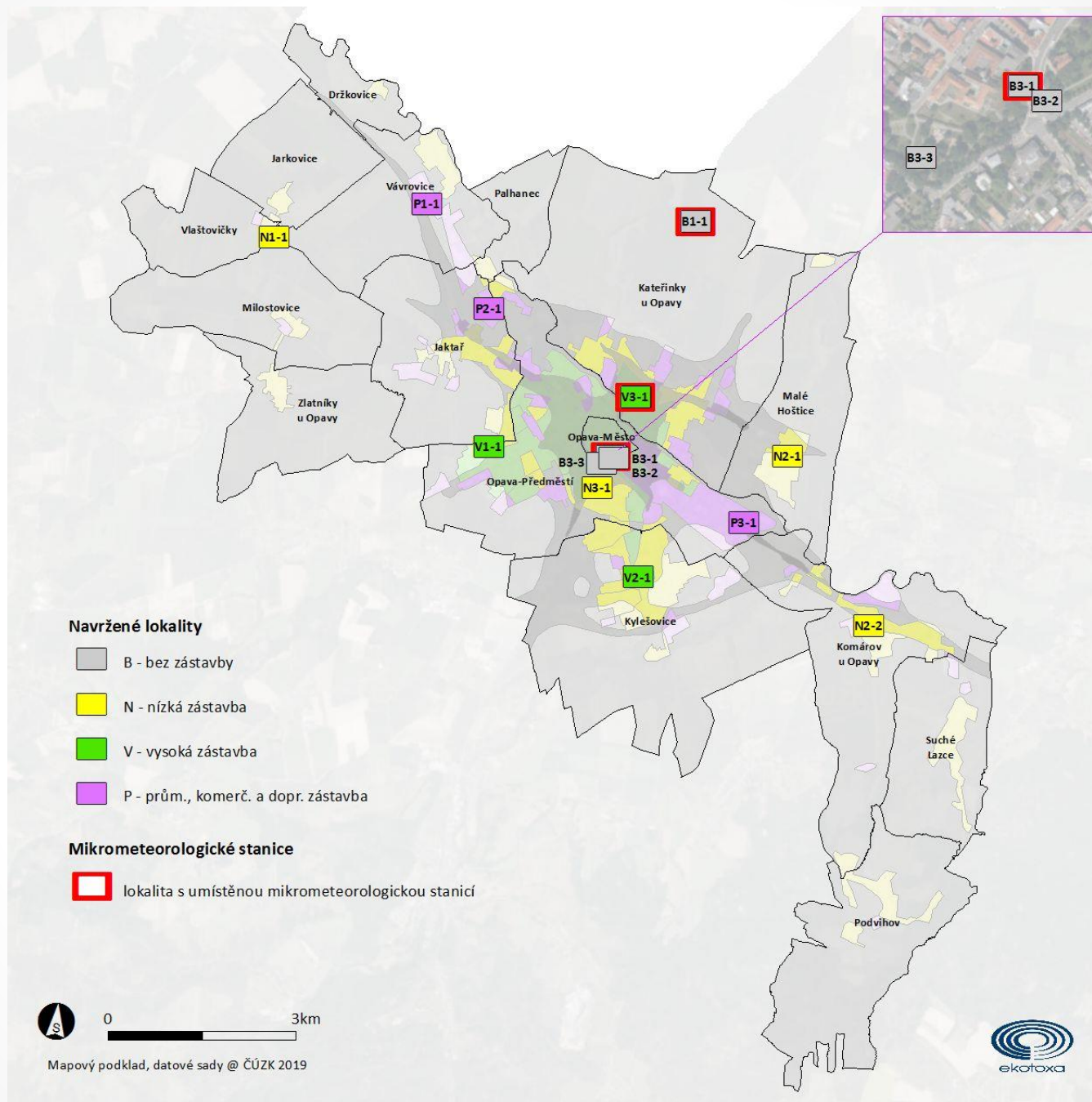
V rámci takovéto lokality se zpracovatel snažil vybrat umístění, které se nachází co nejblíže citlivým objektům, avšak stále v rámci vybrané kategorie území.



Návrh senzorové sítě

V rámci daných kategorií bylo přihlíženo rovněž k vzájemným vzdálenostem navržených lokalit, aby nedocházelo k přílišnému zahuštění určitých lokalit na úkor zbylých částí potenciálně vhodného území.

Navržené lokality mají za cíl pokrýt území rovnoměrně nejen z hlediska prostorového uspořádání, ale také z hlediska zastoupení kategorií území.



Typ lokality	Kategorie území	Název lokality	Popis lokality	Mikrometeo stanice	Počet senzorů
dle dohody	B1	B1-1	Opava, pohraniční lokalita, zemědělská oblast	ano	1
dle dohody	B3	B3-1	Opava, univerzitní zahrada	ano	2
dle dohody	B3	B3-2	Opava, křižovatka Praskova, Nádražní okruh	ne	1
dle dohody	B3	B3-3	Opava, Sady Svobody / Ptačí vrch	ne	1
dle dohody	N2	N2-1	Malé Hoštice, obecní úřad	ne	1
dle dohody	N2	N2-2	Komárov, hasičská zbrojnice	ne	1
dle dohody	V3	V3-1	Opava - Kateřinky, stanice ČHMÚ (TOVK)	ano	1
navržená	N1	N1-1	Vlaštovičky, Marie Dolanské	ne	1
navržená	N3	N3-1	Opava, Tyršova	ne	1
navržená	P1	P1-1	Vávrovice, průmyslová zóna	ne	1
navržená	P2	P2-1	Opava, Na Hranicích	ne	1
navržená	P3	P3-1	Opava, odbočka ke Globu	ne	1
navržená	V1	V1-1	Opava, nemocnice	ne	1
navržená	V2	V2-1	Opava, středisko Žabka	ne	1
Celkem					15

Návrh senzorové sítě

Názvy kategorií byly následně použity pro identifikaci a očíslování vybrané lokality. Kód lokality je vždy uveden ve formátu:

Xn_1-n_2 , kde:

- X písmenné označení typu zástavby v dané lokalitě (B/N/V/P),
- n_1 číselné označení imisního zatížení (1-nízké až 3-vysoké) a
- n_2 pořadové číslo lokality v dané kategorii území.

Popis lokality	Lokalita navržená na základě dohody se zadavatelem. V univerzitní zahradě je naplánováno umístění 2 senzorů nad sebou – jeden ve výšce 1 m a druhý ve výšce 4 m nad povrchem. V lokalitě se nachází vzrostlá městská zeleň, na kterou avšak v bezprostřední blízkosti navazuje vysoká zástavba městského centra (na severozápadní straně), jižně frekventovaná silnice I/46 a křižovatka u Domu kultury Petra Bezruče. V této lokalitě je navrženo rovněž umístění mikrometeorologické stanice.
----------------	---

KATEGORIZACE ÚZEMÍ	
Kategorie	B3
Typ zástavby	B - bez zástavby
Imisní zátěž	3 - vysoká
DALŠÍ CHARAKTERISTIKA	
Počet senzorů	2
Mikrometeorologická stanice	ano
Orientační souřadnice lokality (S-JTSK)	-496619 (X), -1088025 (Y)
Nadmořská výška (Bpv)	257 m. n. m.
Nejbližší citlivé objekty	240 m – Centrum duševního zdraví, ul. Ostrožná
Dostupnost elektrické energie	ano



Příklad karty stanice



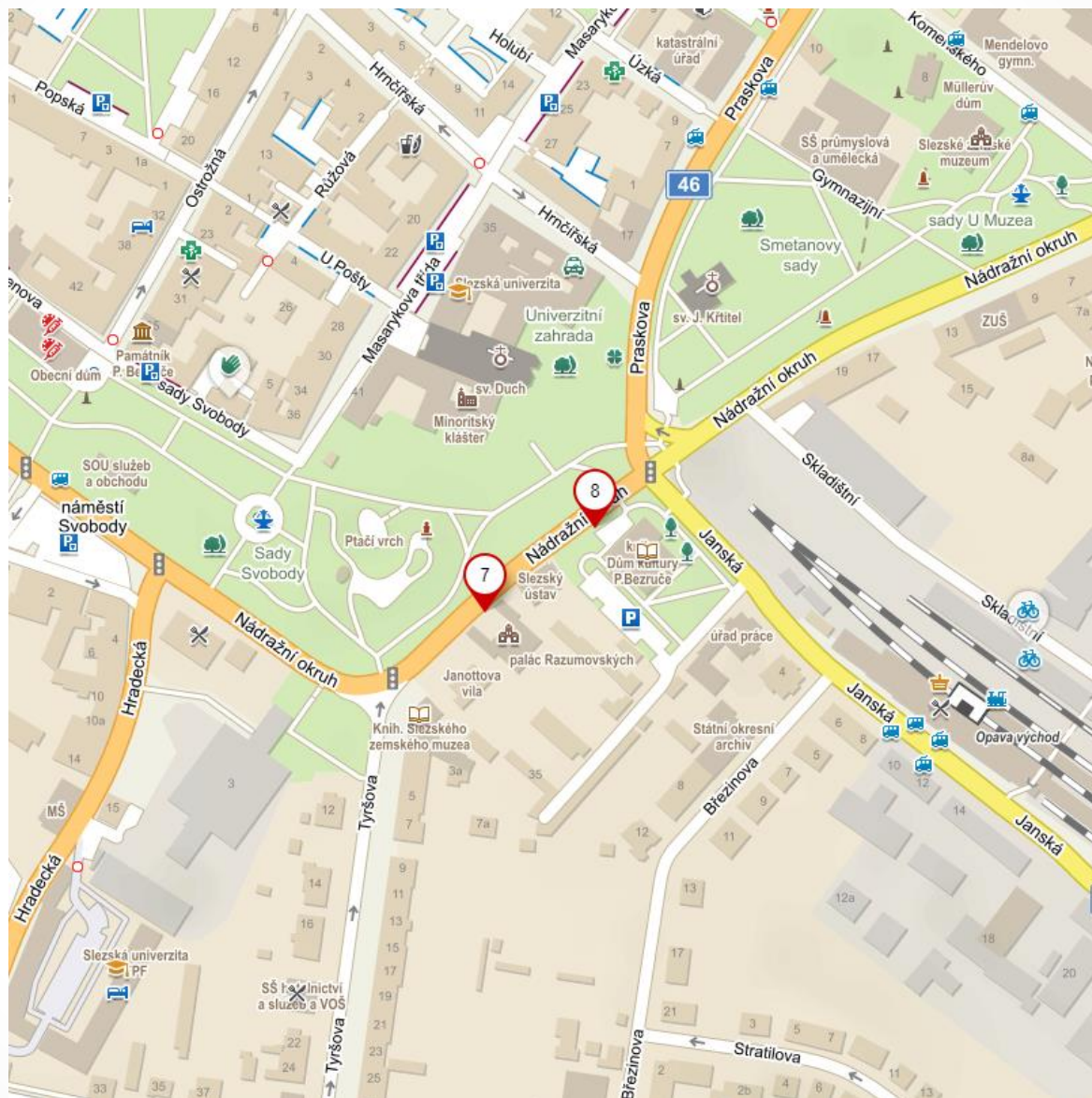
Historicky naměřená data v rámci projektu Clairo

Senzory měřily kontinuálně částice PM velikosti 1, 2.5 a 10 mikrometrů. Umístění senzorů u frekventované křižovatky umožňuje hodnotit zátěž částicemi z dopravy.

Návrh Opava – Nádražní okruh x Jánská

Varianta 1 - Přímou u zábradlí v křižovatce u Domu kultury P. Bezruče (napájení z budovy domu kultury), problémem umístění je potřeba zajištění vyššího počtu čítačů dopravy, č. 8.

Varianta 2 - V ulici Nádražní okruh nad křižovatkou v blízkosti budovy Slezského zemského muzea (napájení z budovy muzea), č. 7.



Příklad sensorové sítě lokálního měřítka

Návrh sensorové sítě v částech Jundrov, Komín, Žabovřesky města Brna

Účel senzorové sítě

- Návrh sítě senzorů zpracován ve dvou variantách, a to tak, aby:
 - a) bylo možné pomocí senzorů monitorovat **vliv spalování suchých rostlinných materiálů na otevřených ohništích** v katastrálních územích a současně monitorovat meteorologické podmínky (teplotu, tlak, relativní vlhkost vzduchu a směr a rychlost větru)
 - b) bylo možné sledovat **vliv spalování tuhých paliv v lokálních spalovacích zdrojích** na kvalitu ovzduší v katastrálních územích a současně monitorovat meteorologické podmínky (teplotu, tlak, relativní vlhkost vzduchu a směr a rychlost větru).



Multikriteriální prostorová analýza

A)



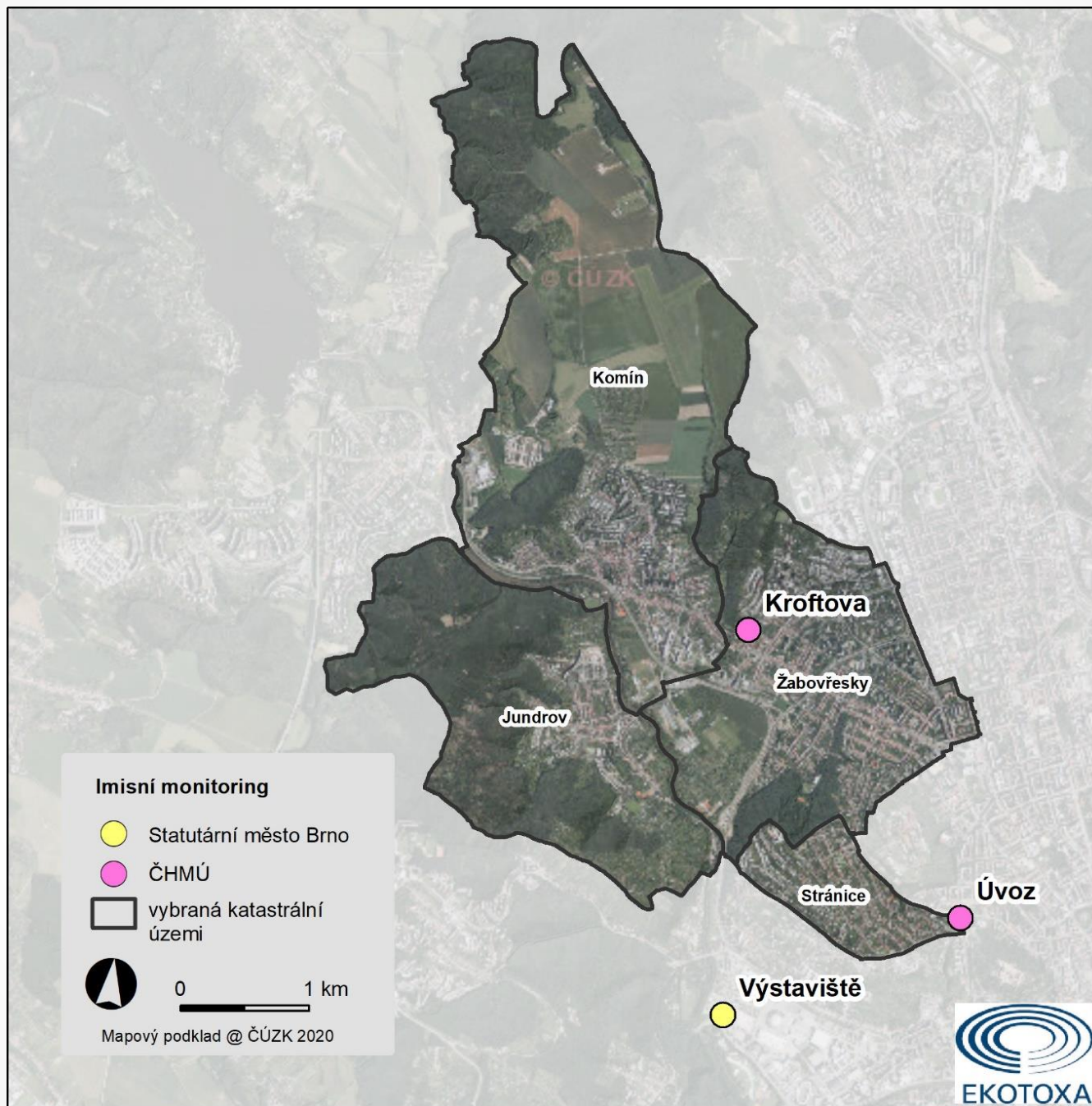
B)



KRITÉRIA
SPOLEČNÁ

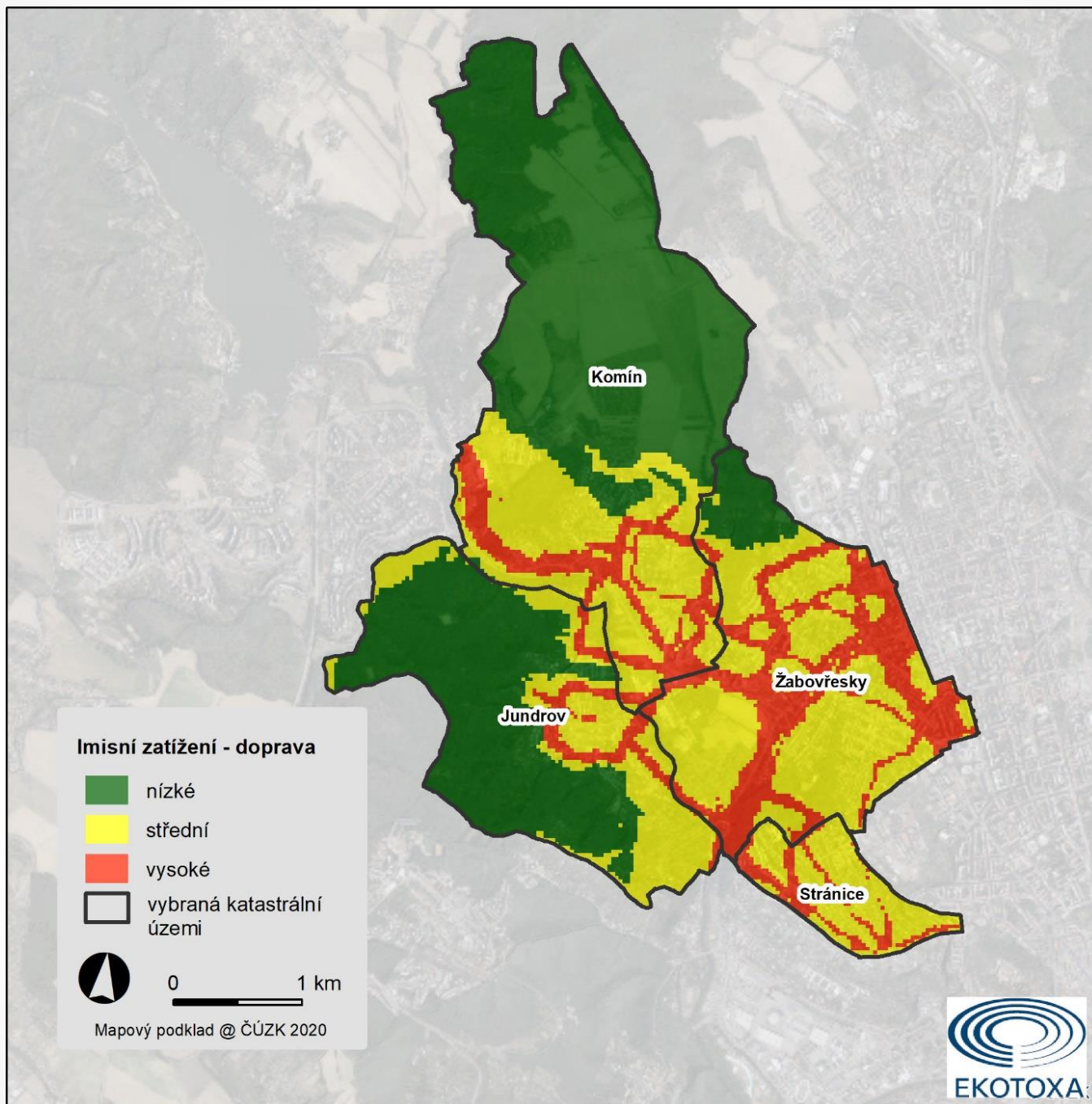
Poloha stávající sítě imisiního monitoringu

Monitoring ISKO ČHMÚ a
Statutárního města Brno



Imisní zátěž z dopravy

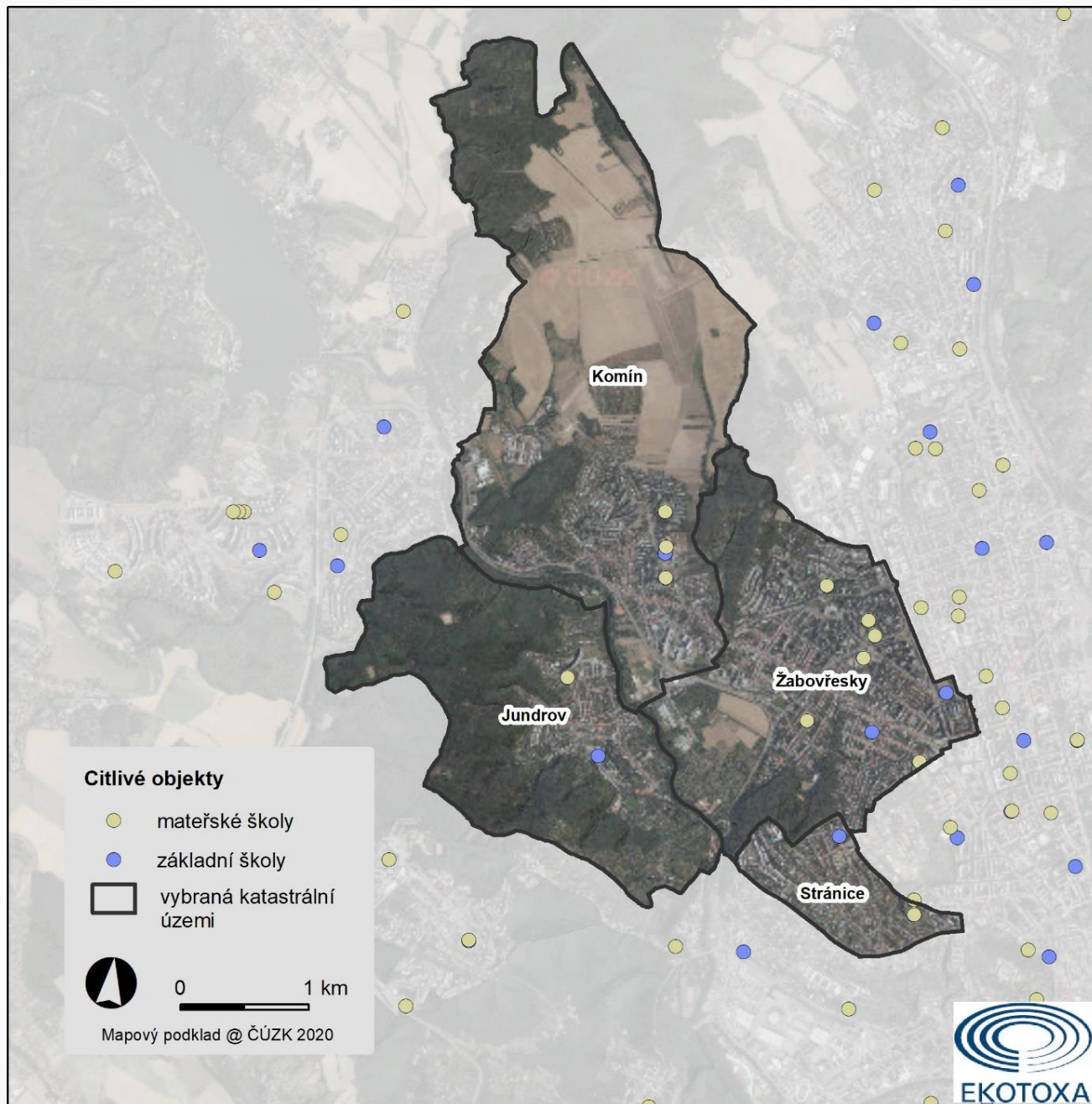
Imisní zatížení PM_{10} – příspěvek skupiny mobilních zdrojů



Poloha citlivých objektů

Z hlediska vlivů znečištění ovzduší na lidské zdraví jsou v urbánním prostředí logicky nejproblématictější oblasti s největší hustotou obyvatelstva a také lokality, kde jsou soustředěny tzv. citlivé skupiny obyvatel (děti, senioři a chronicky nemocní lidé).

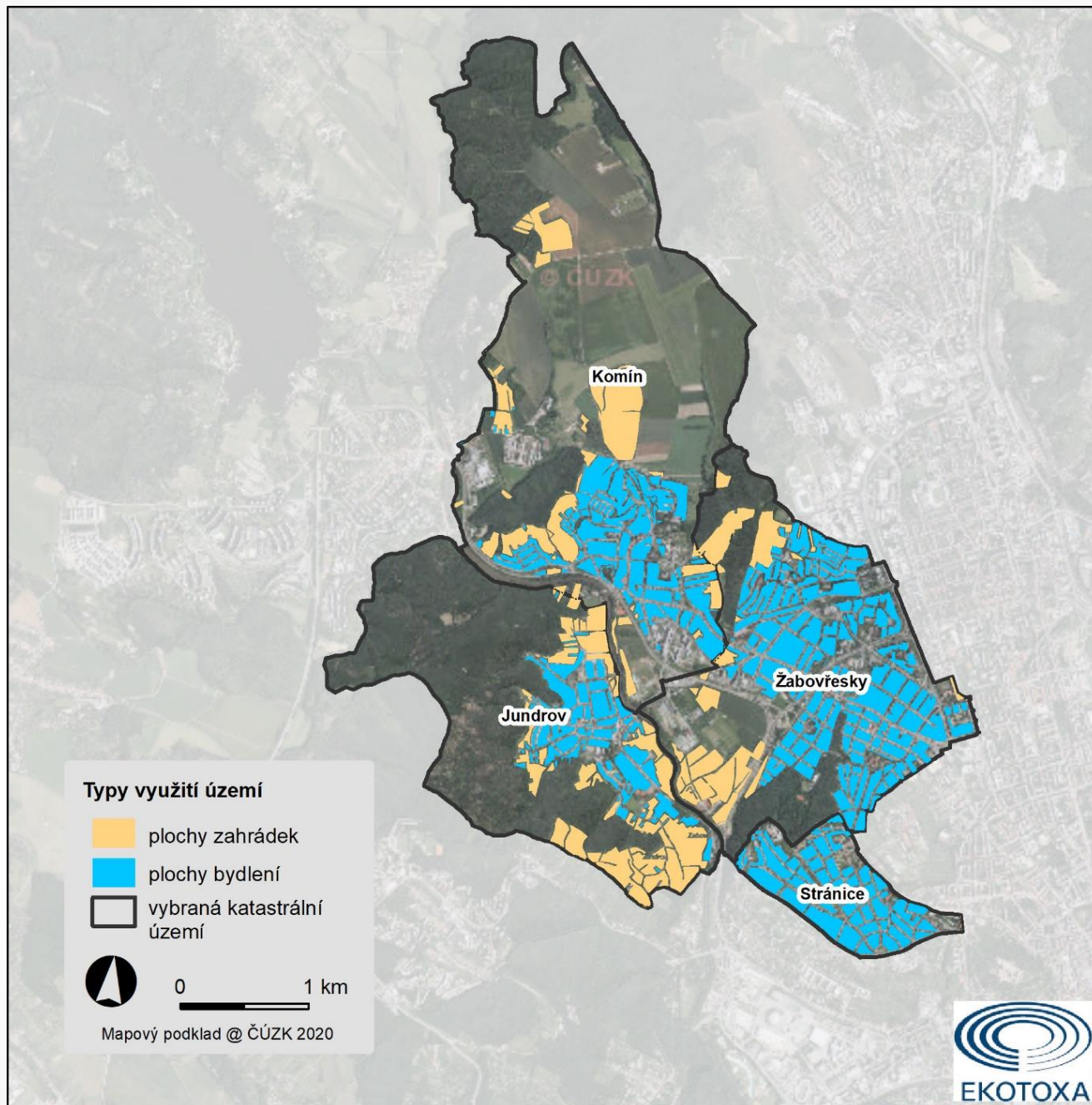
V tomto návrhu jsou dále zohledněna školská zařízení (mateřské a základní školy). Jako další objekty mohou být uvažovány pobytové sociální služby poskytované seniorům nebo chronicky nemocným lidem a lůžková zdravotnická zařízení.



Typ využití území

kategorie využití území, kde se předpokládá významnější rozšíření spalování suchých rostlinných materiálů na otevřených ohništích a spalování tuhých paliv v lokálních spalovacích zdrojích

- 1) funkční plochy bydlení jako potenciální místa spalování tuhých paliv v lokálních spalovacích zdrojích
- 2) funkční plochy zahrádek, kde můžeme předpokládat častější spalování suchých rostlinných materiálů na otevřených ohništích.





Funkční plochy bydlení

Potenciální místa spalování tuhých paliv v lokálních spalovacích zdrojích. V městských částech Komín, Jundrov a západní část Žabovřesk je častým typem residenční zástavby nízké, rodinné bydlení, často v dřívějších samostatných vesnicích.

V katastrálním území Stránice a západní části Žabovřesk je pak dominantní vyšší zástavba v řadových domech, činžovní zástavbě nebo samostatných vilách.

Ukázka funkční plochy bydlení v ul. Nálepková, Jundrov (Zdroj: *Seznam.cz, a.s.*).



Ukázka funkční plochy zahrádek v ul. Kopretinová, Jundrov (Zdroj: Seznam.cz, a.s.).

Funkční plochy zahrádek

Potenciální místa častějšího spalování suchých rostlinných materiálů na otevřených ohništích jelikož právě v těchto území je zvýšená produkce bioodpadu, jehož likvidace může probíhat spalováním na otevřených ohništích.

V řešeném území zastoupeny zahrádkářskými osadami a koloniemi, zejména v městských částech Jundrov, Komín a v západní části Žabovřesk

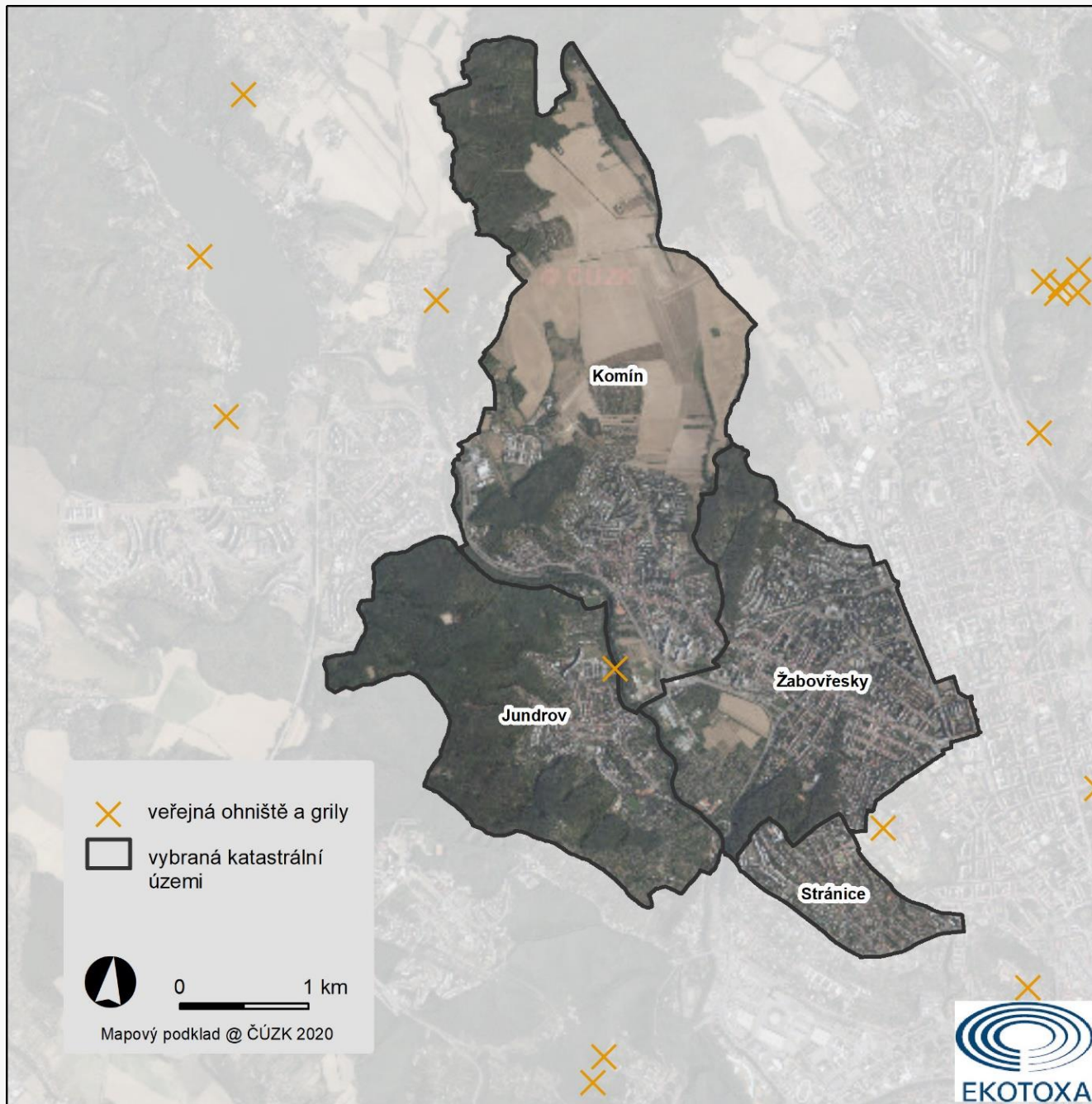
KRITÉRIA SPECIFICKÁ

Poloha veřejných ohnišť a grilů

Potenciální místa zdrojů znečištění

Dohledáno z veřejných databází,
topografických map, informací
z webového portálu Mapy Google aj.

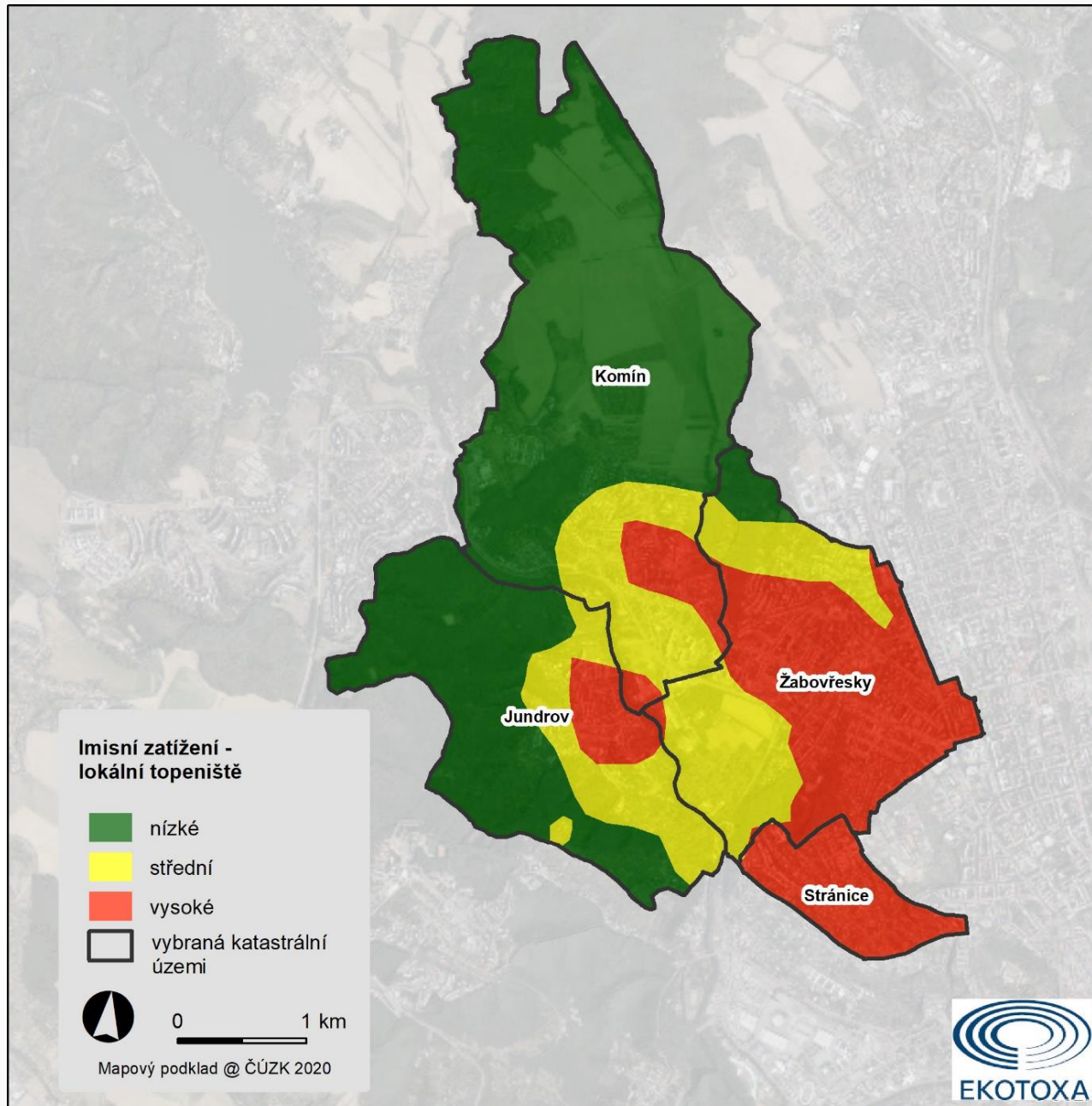
Pouze několik málo dohledatelných
míst



Imisní zátěž - lokální topeniště

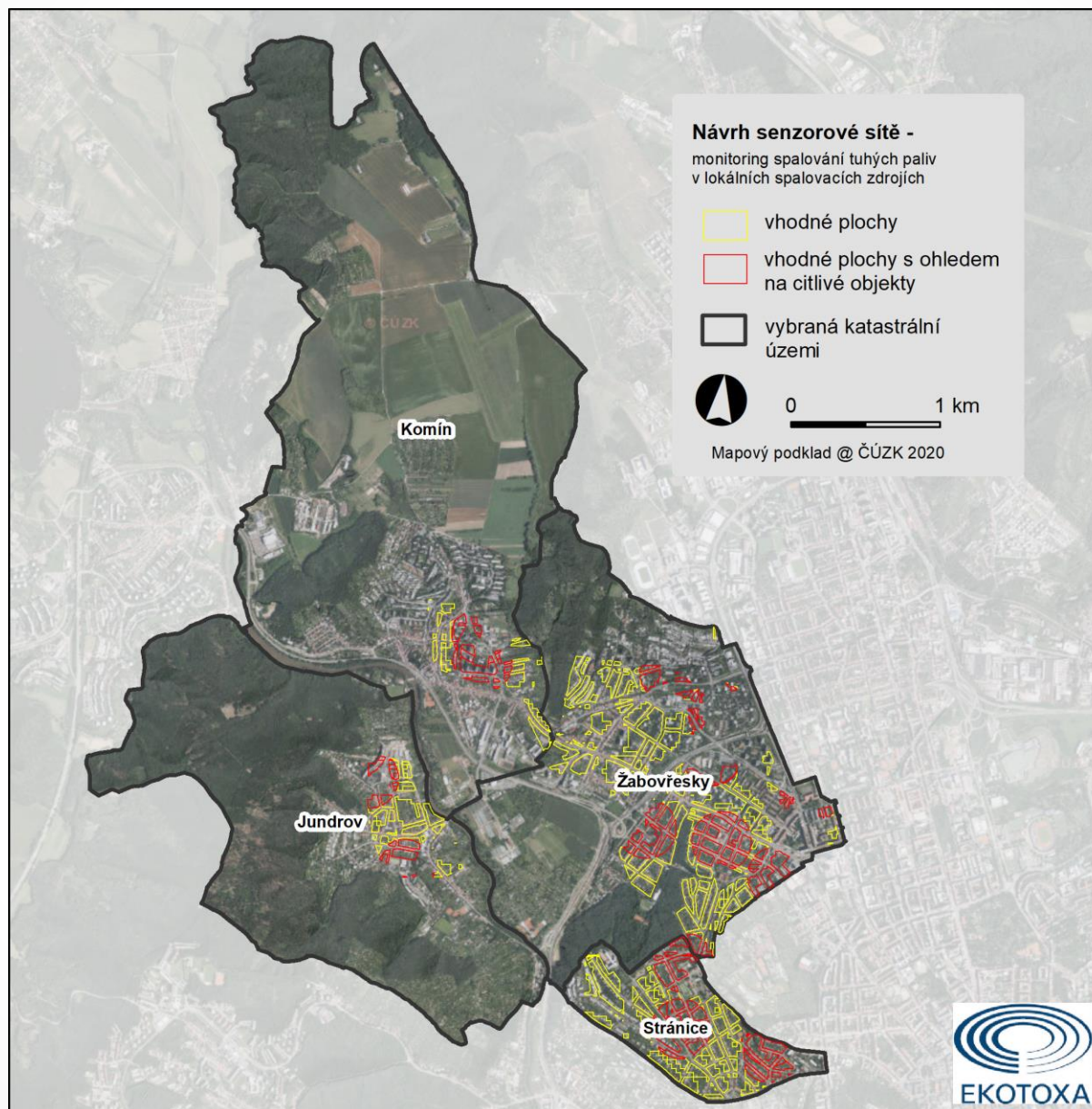
Imisní zatížení PM_{10} – příspěvek skupiny zdrojů vytápění domácností

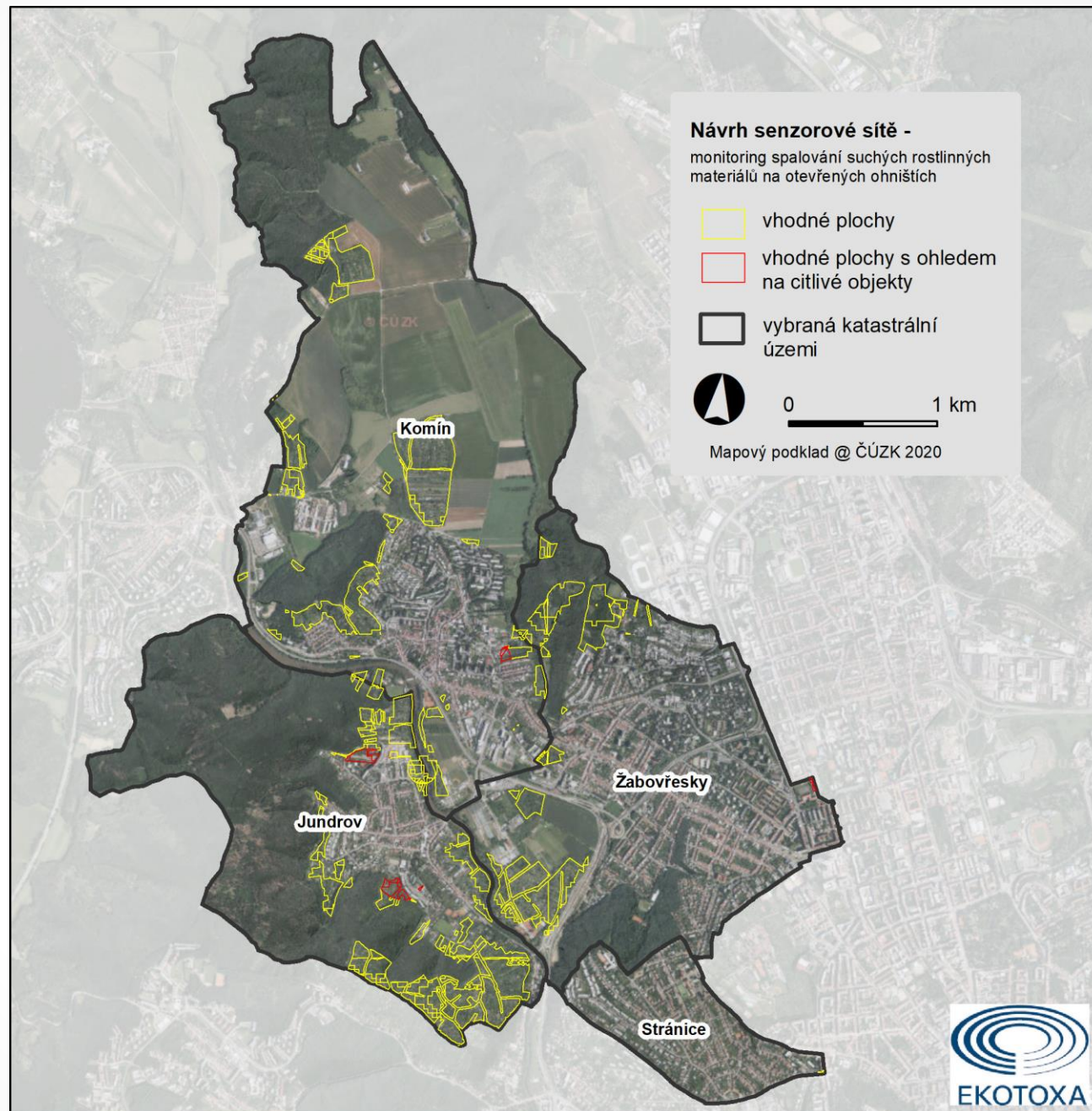
Rozptylová studie



Vymezené plochy k monitoringu znečištění z lokálních topenišť

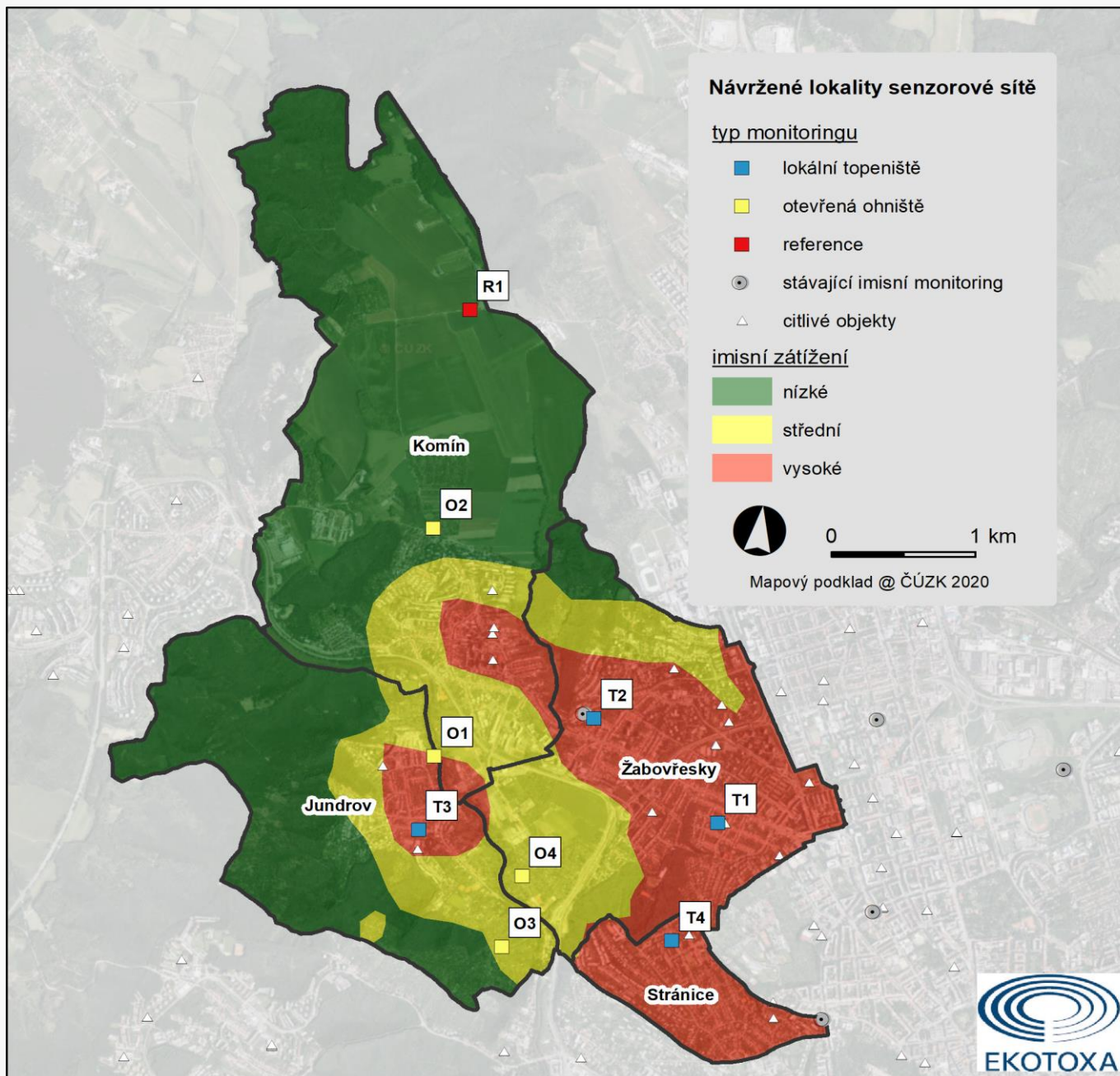
Navržené plochy pro umístění senzorů monitoringu spalování tuhých paliv v lokálních spalovacích zdrojích v městských částech Jundrov, Komín, Žabovřesky a v katastrálním území Stránice v rámci městské části Brno-střed.





Vymezené plochy k monitoringu znečištění z ohnišť

Navržené plochy pro umístění senzorů monitoringu spalování suchých rostlinných materiálů na otevřených ohništích v městských částech Jundrov, Komín, Žabovřesky a v katastrálním území Stránice v rámci městské části Brno-střed.



Návrh sensorové sítě

Samotný návrh lokalit vycházel z výše popsané vícekriteriální analýzy, ale zároveň zohledňoval prostorové uspořádání jednotlivých lokalit, tak aby jejich rozmístění v prostoru bylo co nejrovnoměrnější.

Takto navržené plochy byly dále detailně prozkoumány pomocí aplikace *Google Street View*, za cílem nalézt konkrétní místa umístění, která jsou dostupná pro obsluhu techniky a zároveň v dosahu napájení elektrické energie.

Typ monitoringu	Kód lokality	Název lokality	Citlivé objekty	Mikrometeo stanice	Počet senzorů
reference	R1	Komín, Medlánky	ne	ne	1
otevřená ohniště	O1	Jundrov, městská pláž	ne	ano	1
otevřená ohniště	O2	Komín, Chaloupky, zahrádkářská osada	ne	ne	1
otevřená ohniště	O3	Jundrov, Kopretinová, zahrádkářská osada	ne	ne	1
otevřená ohniště	O4	Jundrov, Za Struhami, zahrádkářská osada	ne	ne	1
lokální topeniště	T1	Žabovřesky, Sirotkova	ano	ano	1
lokální topeniště	T2	Žabovřesky, Navrátilova	ne	ne	1
lokální topeniště	T3	Jundrov, Gellnerova	ano	ne	1
lokální topeniště	T4	Stránice, Havlíčkova	ano	ne	1
Celkem					9

Návrh senzorové sítě

Celkově tak v rámci této studie bylo navrženo 9 lokalit pro umístění senzorů měření kvality ovzduší.

Názvy kategorií byly následně použity pro identifikaci a očíslování vybrané lokality. Kód lokality je vždy uveden ve formátu:

Xn_1 , kde:

X písmenné označení typu imisního monitoringu (R – referenční monitoring/T – lokální topeniště/O – otevřená ohniště),

n_1 pořadové číslo lokality v dané kategorii území.

Dvě lokality jsou určeny rovněž k umístění mikrometeorologické stanice.

Popis senzorů a jejich zapojení do navržené senzorové sítě

Návrh sítě senzorů zahrnuje výběr míst pro instalaci sestavy senzorů (ve spolupráci se zástupci města) tak, aby měření ukazatelů probíhalo souběžně se sledováním základních klimatických ukazatelů (mikrometeorologické stanice), které následně vstoupí do primárního vyhodnocení získaných dat, aby byly vyloučeny chybové výkyvy naměřených hodnot v důsledku vlivu klimatických jevů.

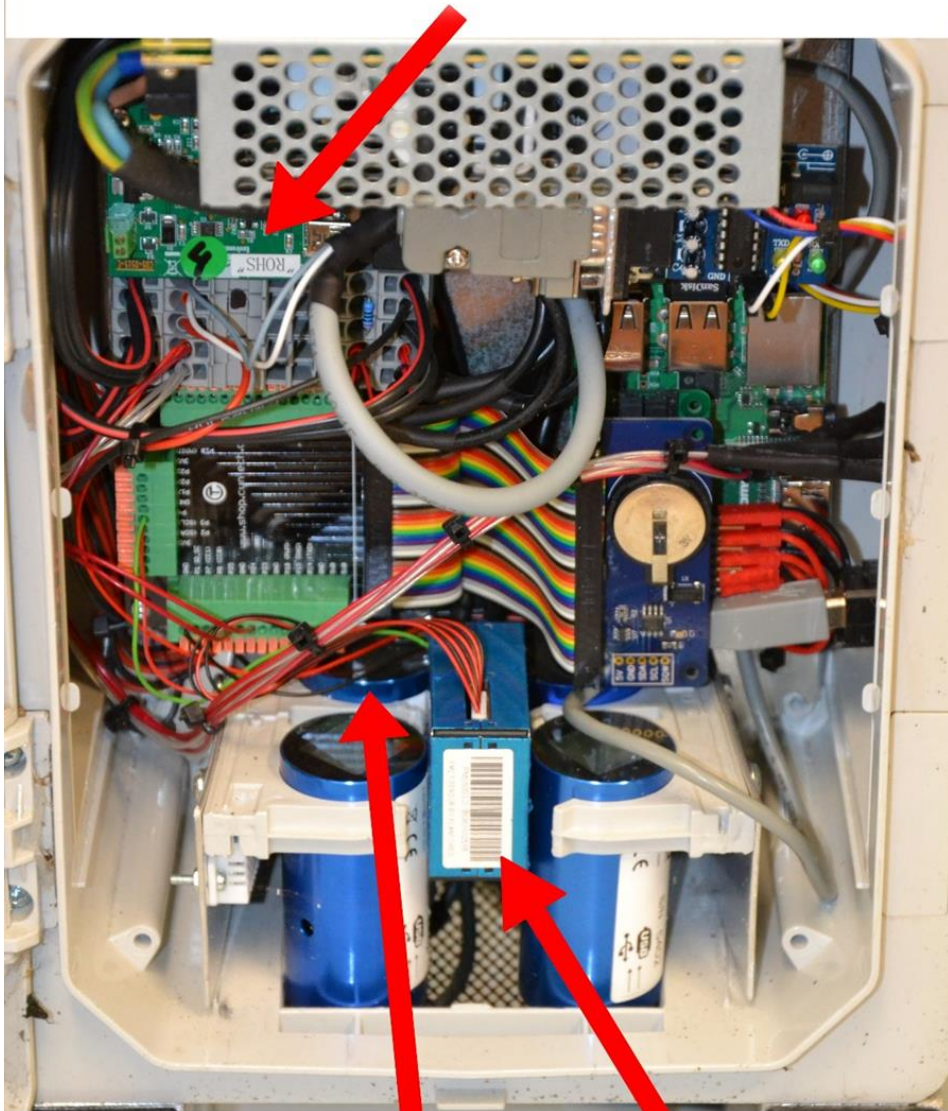
Navržená síť senzorů na měření znečištění ovzduší v řešeném území umožní měřit koncentrace PM1, PM2.5, PM10, NO₂ a meteorologické parametry. Sensorová stanice bude vybavena interním datalogerem, který umožňuje ukládat data v zařízení, následné stažení dat pomocí připojení USB a vizualizaci dat pomocí vespělého software.

Stanice se senzory jsou nákladově mnohonásobně levnější než stacionární monitorovací systémy a umožní optimální zpřístupnění informací statutárnímu městu Brno. Vzhledem k tomu, že naměřená monitorovaná data bude možné od stanice přenášet téměř v reálném čase a ukládat je do databáze pomocí online platformy, budou uživatelé vyhodnocovat a zpracovávat aktuální data o znečištění ovzduší.

Popis senzorů a jejich zapojení do navržené senzorové sítě

Dataloger může přenášet data na server, který bude přístupný přes webovou aplikaci, která umožňuje prohlížení dat a export do xls. Pro online data bude nutné do GPRS modulu umístit SIM kartu. Data mohou být odesílány na server, na kterém bude instalován SW Visualis. Sensory mohou být osazeny deskou Arduino (s ukládáním dat na SD kartu). Sensory bude možné ze stanice odpojit a používat samostatně, jelikož senzor obsahuje interní baterii, která postačuje pro krátkodobé měření. Tyto charakteristiky splňuje výrobce CAIRPOL.

Senzory Meteo - Teplota vzduchu, Relativní vlhkost vzduchu



Senzory -

NO2

PM1, PM2.5, PM10

**Senzorový box s
umístěním senzorů –
pohled dovnitř.**

Senzory Meteo

2D anemometr

Globální záření



**Senzorový box s
umístěním senzorů –
pohled z venku.**

Návrh pro využití dat naměřených senzory

Tvorba interpretovaných výstupů (map kvality ovzduší)

Na základě naměřených dat mohou být vytvářeny interpretační výstupy. Půjde zejména o mapové výstupy v podobě modelů imisní situace ve městě, ale také textové výstupy zaměřené na způsob vyhodnocení situací ve vztahu k opatřením v kompetencích města. Lze rovněž prověřit možnost nasazení optimalizované sítě senzorů jako alternativy ke stacionární stanici měření kvality ovzduší.

Tvorba webové aplikace pro prezentaci výsledků měření

Vizualizaci měřících míst nad Google mapou, po kliknutí na místo se zobrazí formulář s aktuálními naměřenými hodnotami. Zpracování základních statistik a grafických přehledů pro delší časové úseky (den, interval atd.) na základě definovaného zadání.

Vložení off-line mapy s interpretačním modelem zpracovaným off-line (ArcGIS) z naměřených dat (1x týden až měsíc).

Tvorba podkladů pro reaudity MA21

Na základě získaných dat může být zpřesněno imisní pole měřených látek v denním, týdenním a ročním cyklu. Hodnocení stavu ŽP v rámci auditů MA21 tím získá mnohem přesnější data pro hodnocení stavu a dopadů znečištění ovzduší.

Návrh pro využití dat naměřených senzory



Děkuji za pozornost

VŠB - Technical University of Ostrava
VŠB - Technická univerzita Ostrava

Použití senzorů pro měření vybraných látek

Mgr. Jiří Bílek, Ph.D.

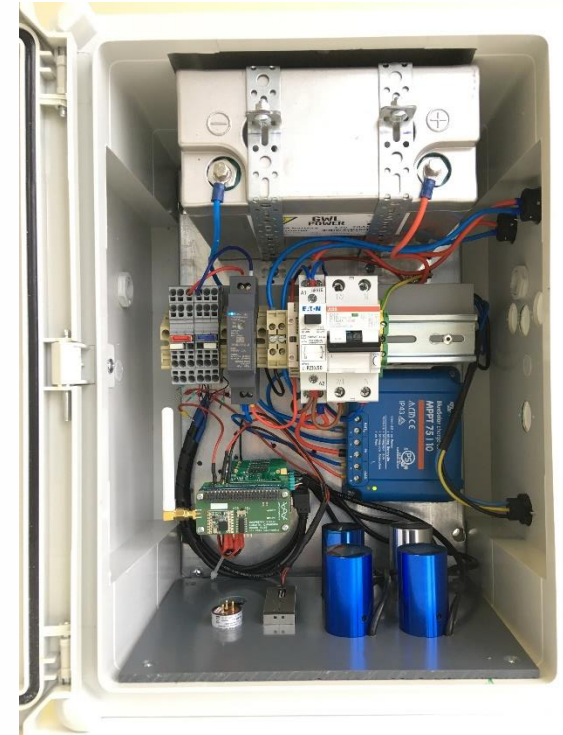
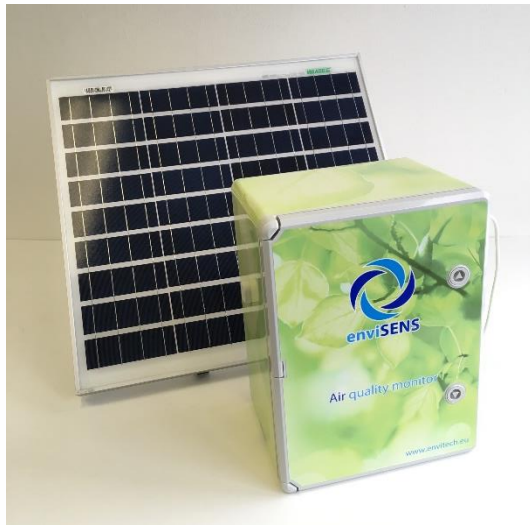


„Lowcost senzory“, Praha 21.4.2022

SENZORY

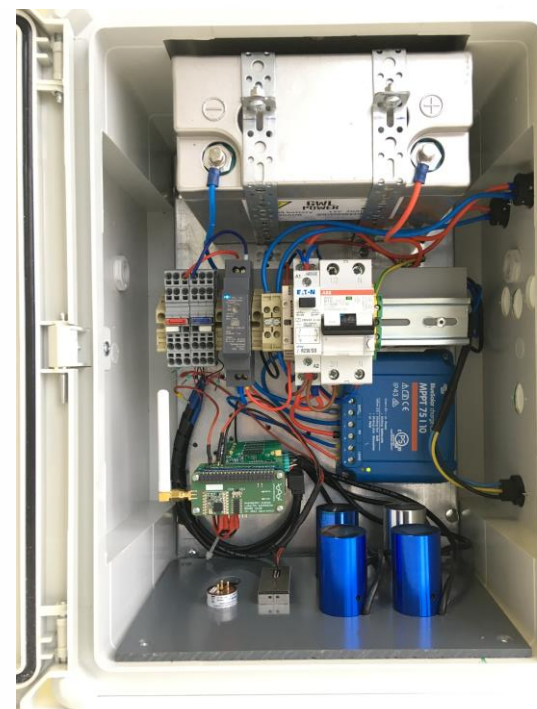
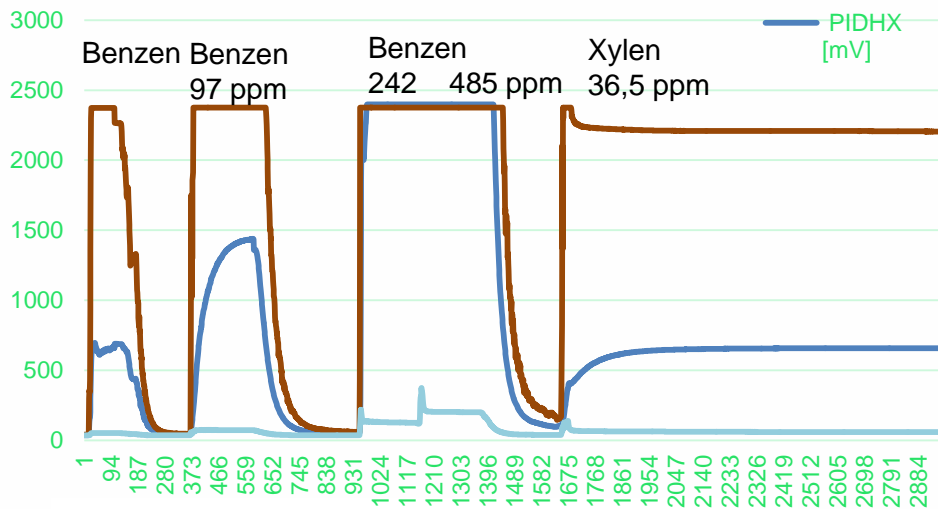
- velmi malé (cm)
- energeticky nenáročné
- rychlá odezva
- nízká cena
- dynamický rozvoj

chybí legislativa
orientační měření
zahlcení nebo otrava
kratší životnost



NOVÉ TECHNOLOGIE V IMISÍCH A MERENÍ LÁTKY

- suspendované částice PM_{10} , $PM_{2.5}$ a PM_{10}
- NO, NO₂
- CO
- PID - benzen (ve vazbě na sumu VOC)



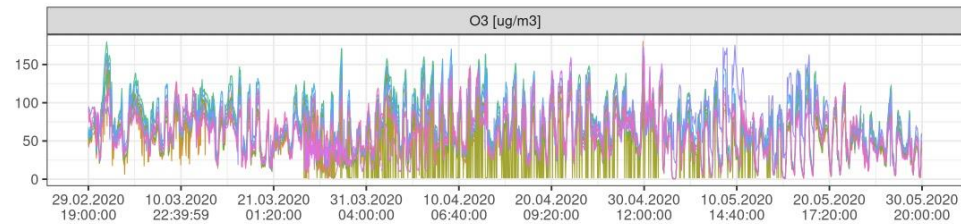
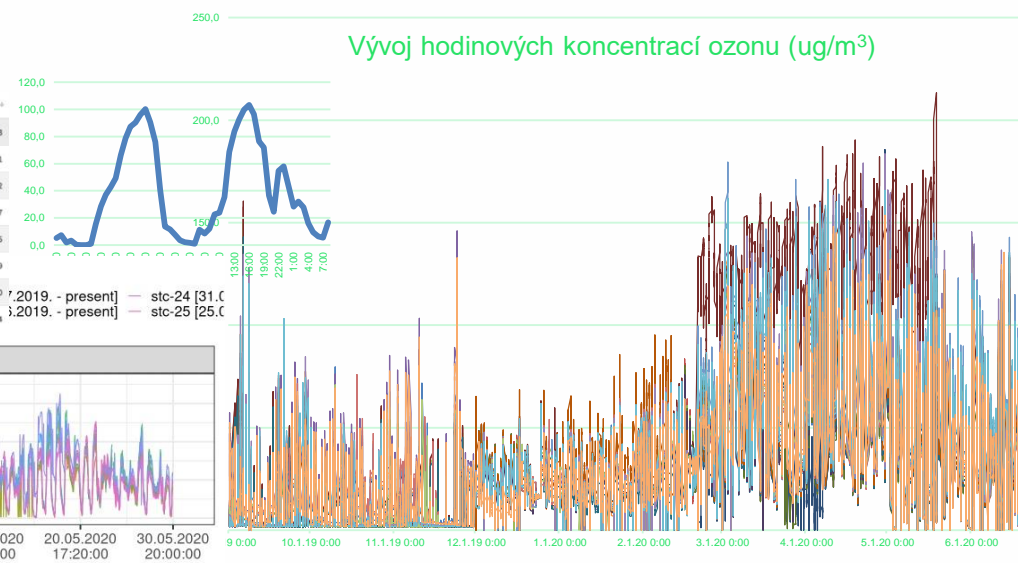
NOVÉ TECHNOLOGIE V IMISÍCH

inteligentní identifikační systém zdrojů znečištění ovzduší



- IDENTIFIKACE ZDROJŮ ZNEČIŠTĚNÍ
- PROVOZNÍ MĚŘENÍ
- PŘEDCHÁZENÍ HAVÁRIÍ
- VELKÉ SÍTĚ

Stanice	Velikost	Vzorkování [min]	Všechna pozorování	Validní pozorování	Minimum	Ar. průměr	Geom. průměr	Maximum
1 stc-02 [31.08.2019 - present]	O3 [ug/m3]	60	2185	2173	0.4	58.9	48	180.3
2 stc-06 [25.06.2019 - present]	O3 [ug/m3]	60	2185	2172	0.4	58.5	48.9	144.1
3 stc-07 [31.08.2019 - present]	O3 [ug/m3]	60	2185	2173	0.4	49.8	30.2	136.2
4 stc-08 [25.06.2019 - present]	O3 [ug/m3]	60	2185	2172	0.4	62	52.2	146.7
5 stc-10 [31.08.2019 - present]	O3 [ug/m3]	60	2185	2172	0.5	71.4	59.9	179.5
6 stc-12 [29.08.2019 - present]	O3 [ug/m3]	60	2185	2172	0.4	63	53.4	171.9
7 stc-17 [01.07.2019 - present]	O3 [ug/m3]	60	2185	2172	0.4	72	61	170
8 stc-21 [25.06.2019 - present]	O3 [ug/m3]	60	2185	2181	2.8	72.6	65.2	175.4



Pro projekt byly navrženy a zkonstruovány měřicí jednotky složené z



STÁLÁ DATOVÁ PLATFORMA

VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA | CENTRUM
ENET

VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA | INSTITUT
ENVIRONMENTÁLNÍCH
TECHNOLOGIÍ

VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA | IT4INNOVATIONS
NÁRODNÍ SUPERPOČÍTAČOVÉ
CENTRUM



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti
Operační program Životní prostředí

Identifikace zdrojů

Pokud vás zajímají nové způsoby měření kvality ovzduší senzory, jejich propojení na on line modely a možnosti inteligentního vyhledávání příčin jeho znečištění, zůstaňte na těchto stránkách.

Číst dále

Projekt č. CZ.05.2.32/0.0/0.0/17_079/0006890, podpořený z Programu "Operační program životní prostředí 2014-2020"

WWW.AIRSENS.EU

Projekt IIS je modulární systém, který se bude dále rozvíjet a rozšiřovat. Budeme přidávat lokality, senzory, látky a budeme systém stále učit vlastní inteligenci. Aktuální stav najdete zde.



Senzorové sítě na VŠB

Zde najdete informaci, kdy a kde aktuálně měříme a co dalšího připravujeme



Přístup pro veřejnost

Zde je možné prohlížet on line mapy znečištění, vytvořené systémem IIS



Přístup pro řešitele

Sekce pro přístup přímo zapojených institucí



Spolupráce na projektu

Projekt je podpůrným nástrojem veřejné správy.

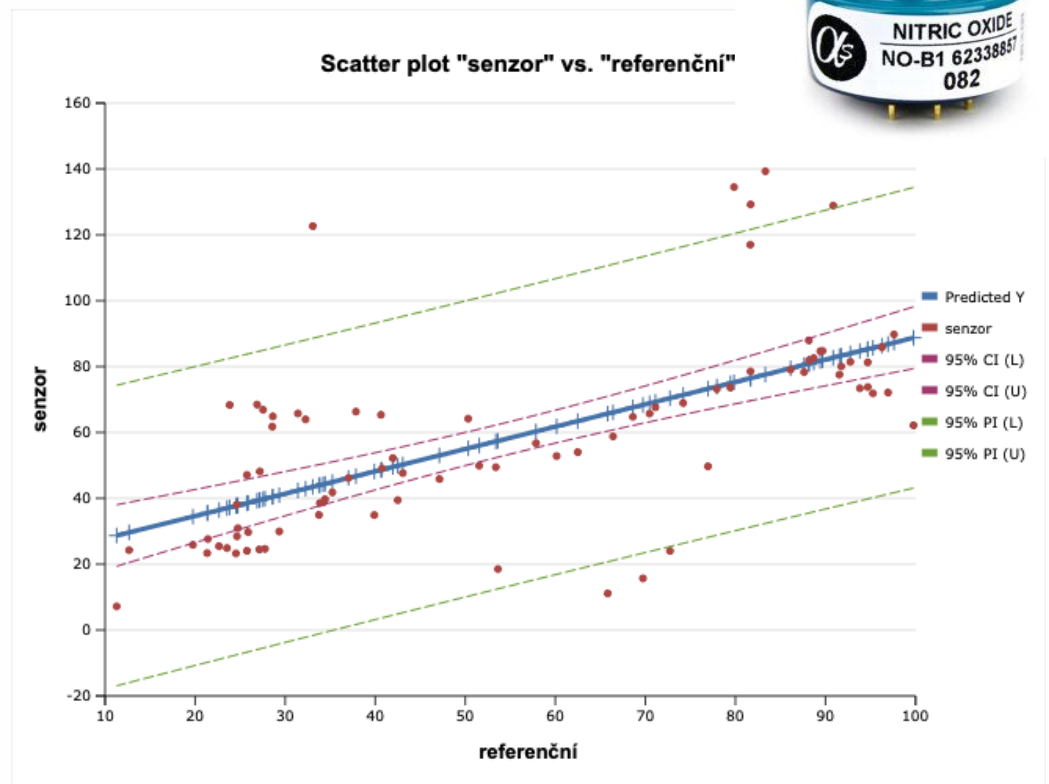
Senzor Alphasense NO (EMISE)

NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alphasense		AC32e	Validační faktor
	senzor před validací	senzor po validaci	Referenční metoda	
průměr 24 hod	14,82	16,73	16,88	-
průměr 72 hod	14,20	16,03	16,23	-
průměr 240 hod	15,66	17,68	17,68	1,129

	senzor (ppm)	referenční analyzátor (ppm)
průměr	58,6*	55,4
minimum	7,2	11,3
maximum	139,3	99,8
median	60,3	50,9
geometrický průměr	50,93	48,0
Pearson RF	0,64*	

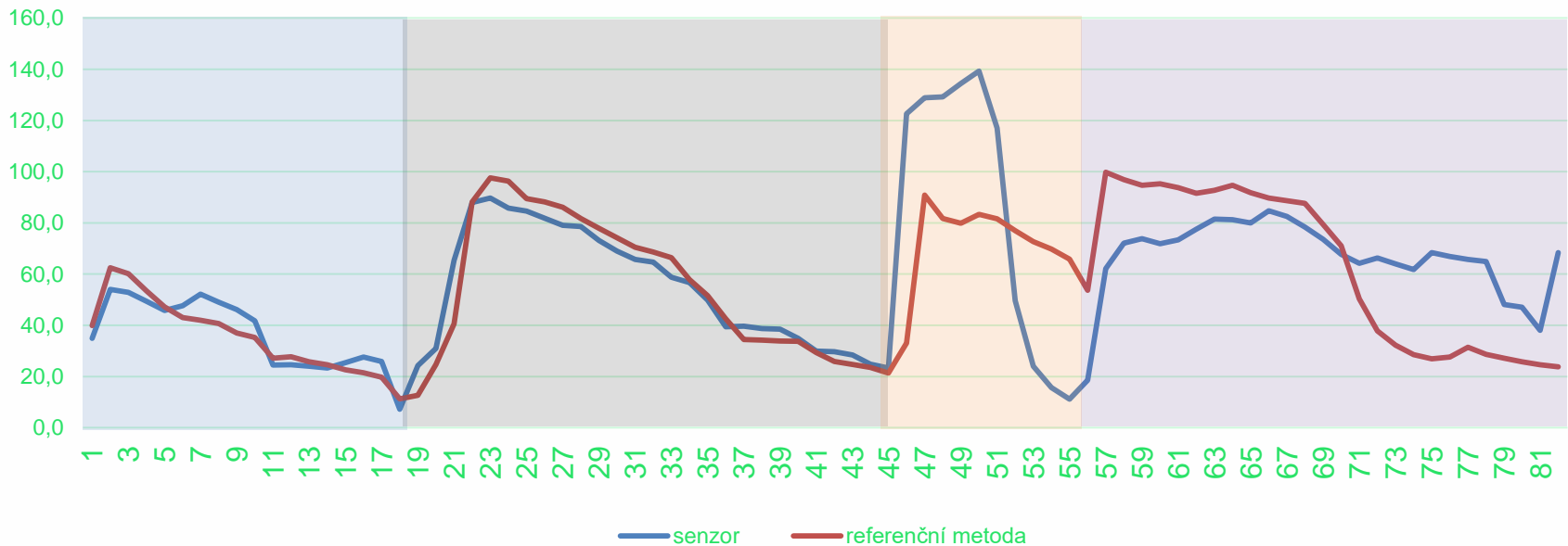
TECHNICKÁ SPECIFIKACE

měřená látka	NO
mez detekce	20 ppb
měřicí rozsah	0 - 20 ppm
citlivost	1 ppb
nejistota	< 30 %.
interference	H ₂ S, NO ₂ , Cl ₂ , SO ₂



NO – oxid dusnatý

Srovnání naměřených koncentrací NO v emisích (ppm)



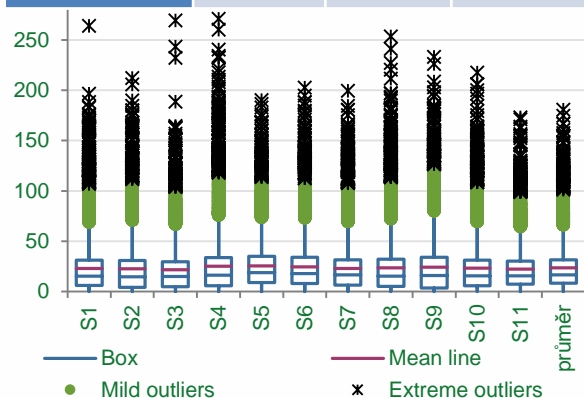
Po odstranění vlivných bodů (od bodu 46 v grafu) a přepočtení Pearsonova korelačního koeficientu pouze pro ředění 1000x a 100x se jeho hodnota zlepšila z 0,64 na 0,97, tedy naprosto zásadně.

Senzor Cairsens® O₃ / NO₂ (IMISE)



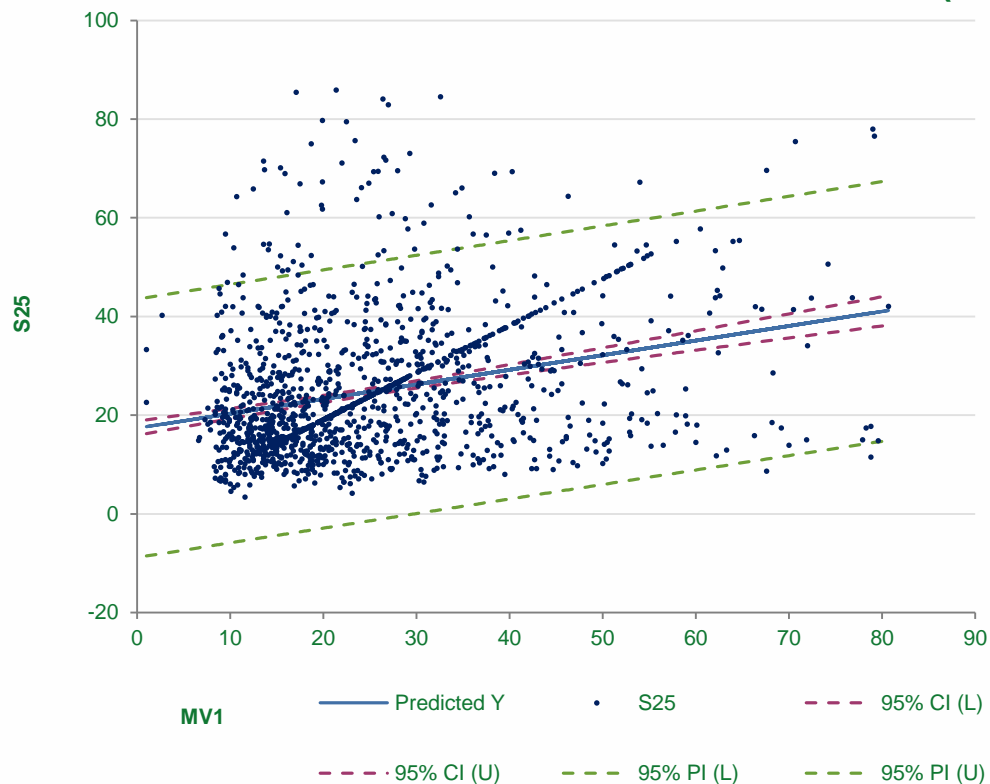
NO ₂ (µg/m ³)	Cairsens		Referenční metoda	Validační faktor	Korelační koeficient R
	S25 před validací	S25 po validaci	AC32e		
průměr 24 hod	24,15	24,46	24,44	-	-
průměr 72 hod	23,34	23,38	22,78	-	-
průměr 240 hod	25,23	24,63	24,62	0,974	0,28

NO ₂ (µg/m ³)	PRŮMĚ R	MEDIA N	MAXIMU M
S1	22,8	15,3	264,0
S2	22,5	14,6	211,9
S3	21,6	15,0	269,2
S4	25,2	16,3	270,8
S5	25,5	18,8	190,1
S6	24,5	17,9	202,6
S7	23,1	16,5	199,4
S8	23,6	15,4	253,3
S9	24,3	16,0	233,2
S10	23,2	15,7	217,3
S11	22,3	15,7	173,1



$$\text{CairsensS25} = 17,35 + 0,30 * \text{AC32}$$

ROČNÍ DATA (2020)



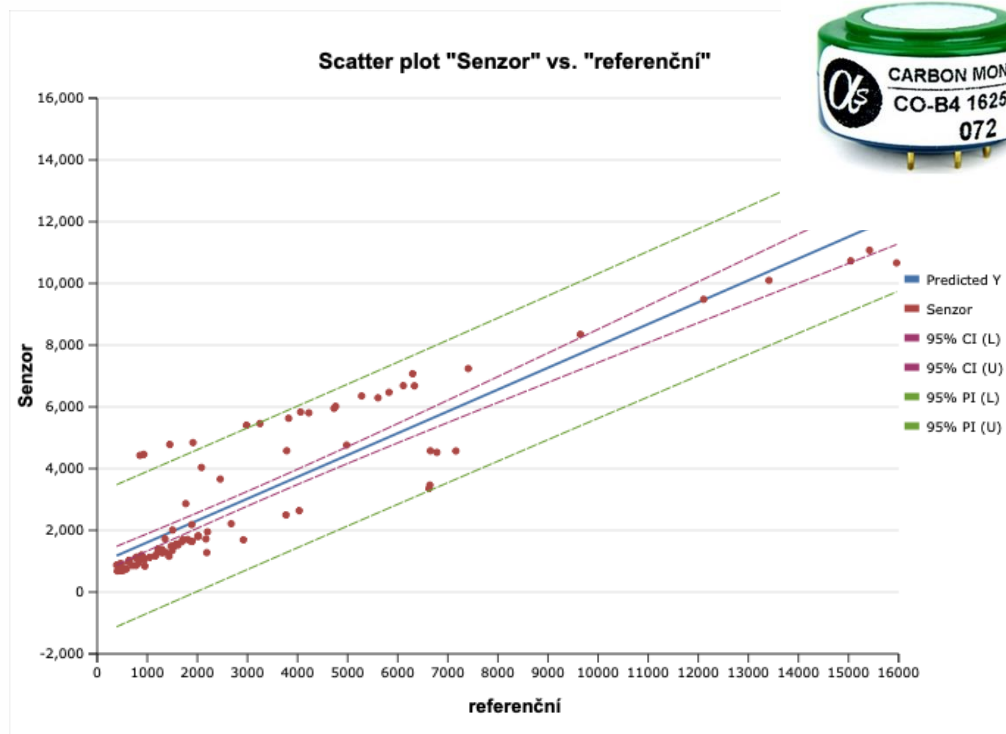
Senzor Alphasense CO (EMISE)

CO (mg/m ³)	Alphasense		CO12	Validační faktor
	senzor před validací	senzor po validaci	Referenční metoda	
průměr 24 hod	1,42	1,61	1,77	-
průměr 72 hod	1,36	1,54	1,64	-
průměr 240 hod	1,33	1,51	1,51	1,135

	senzor (ug/m ³)	referenční analyzátor (ug/m ³)
průměr	3088,2*	3088,95
minimum	684,8	386,1
maximum	11074,9	15595,6
median	1707,1	1708,7
geometrický průměr	2184,2	1905,6
Pearson RF	0,91*	

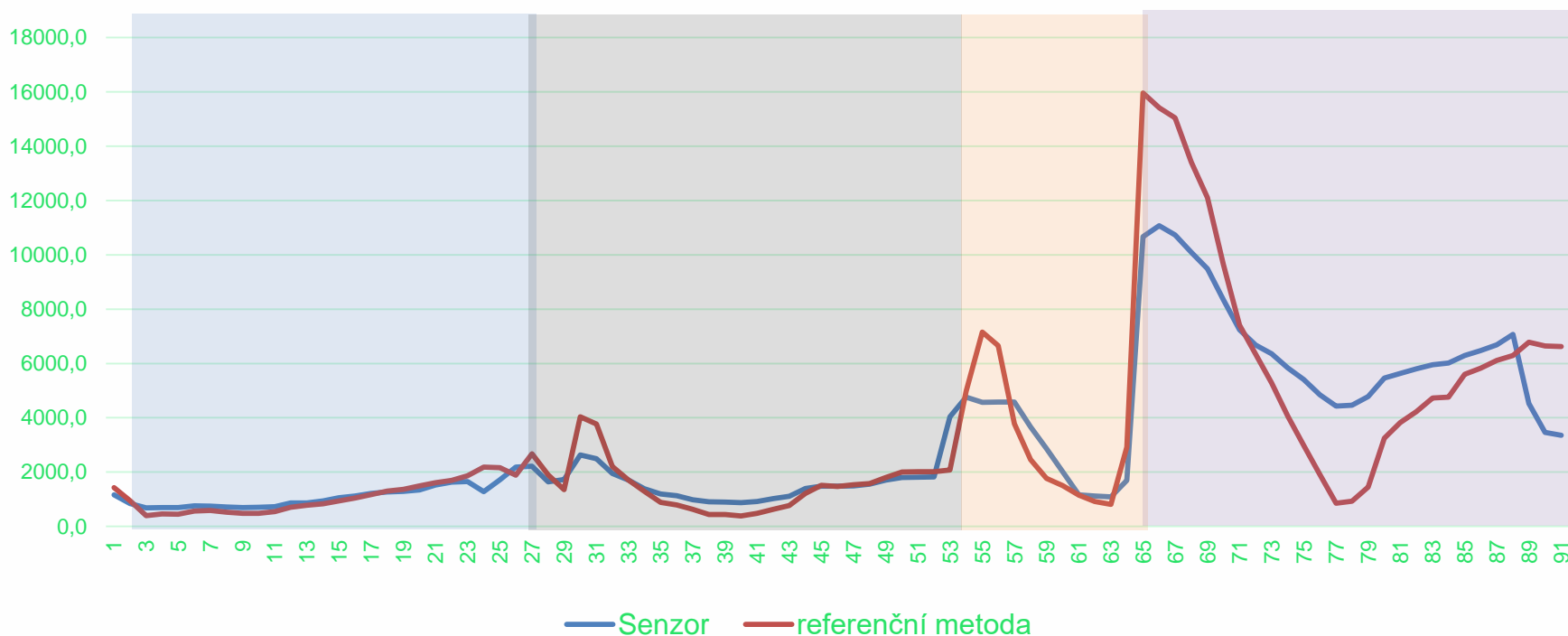
TECHNICKÁ SPECIFIKACE

měřená látka	CO
mez detekce	4 ppb
měřicí rozsah	0 - 500 ppm
citlivost	25 ppb
nejistota	< 30 %.
interference	H ₂ S, NO ₂ , Cl ₂ , SO ₂



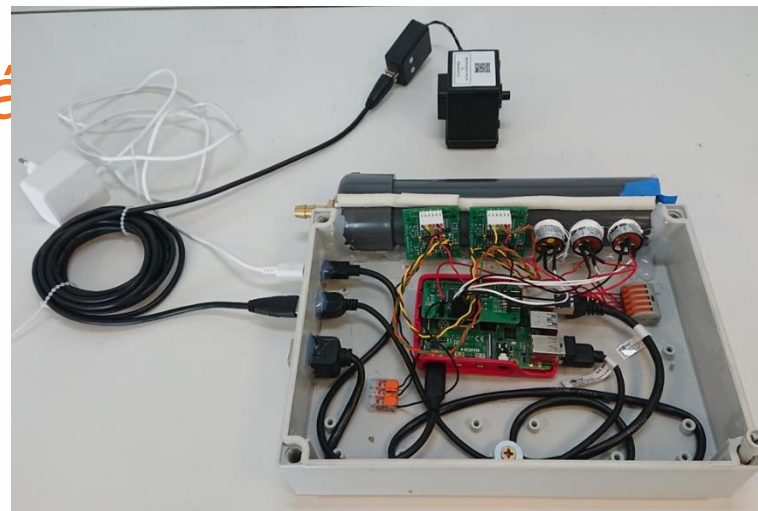
CO – oxid uhelnatý

Srovnání naměřených koncentrací CO (ug/m³) v emisích



Při testování senzorů CO byl vzorek reálných spalin ředěn postupně 1000x, 100x, 10x a na konci měření byly ředičky z měřicí trasy odstraněny úplně.

VOC – těkavé organické lá



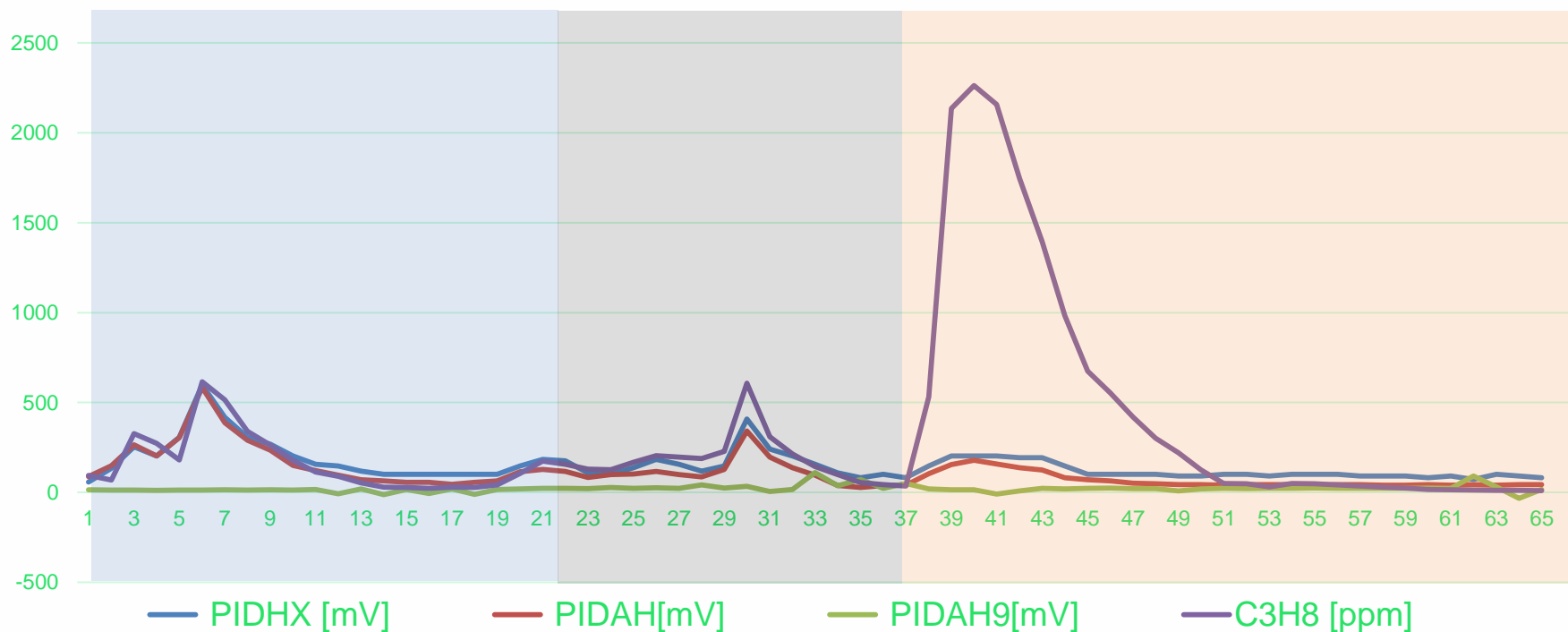
TECHNICKÁ SPECIFIKACE

		organické látky		
měřená látka				
označení senzoru	PIDAH9	PIDHX	PIDAH	
napětí na PID	9,6eV	10,0eV	10,6eV	
mez detekce	1 ppb	1 ppb	1 ppb	
měřicí rozsah	0 - 40 ppm	0 - 100 ppm	0 - 8000 ppm	
Min. citlivost	25 ppb/mV	10 ppb/mV	0,25 ppb/mV	
nejistota	< 25 %			

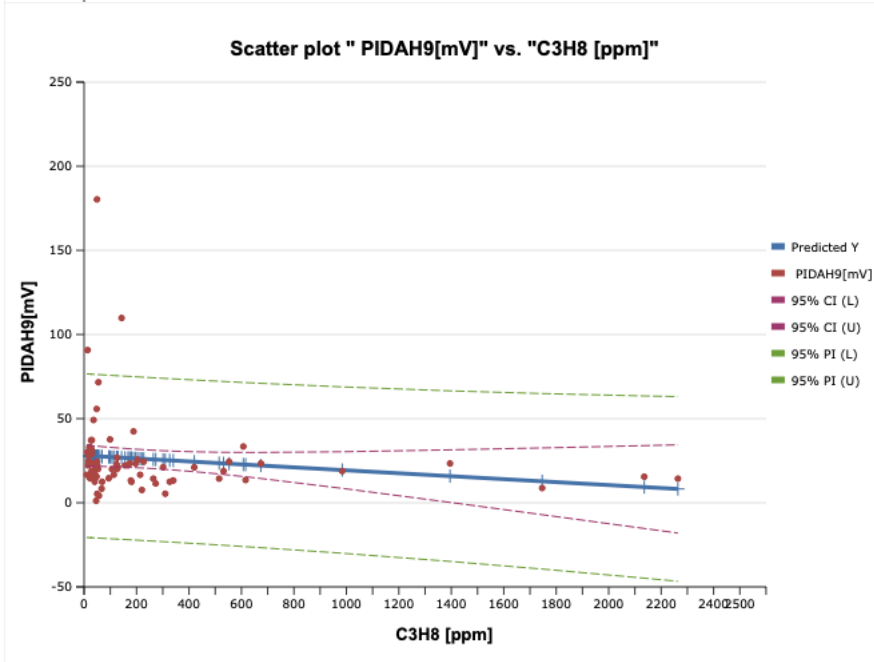
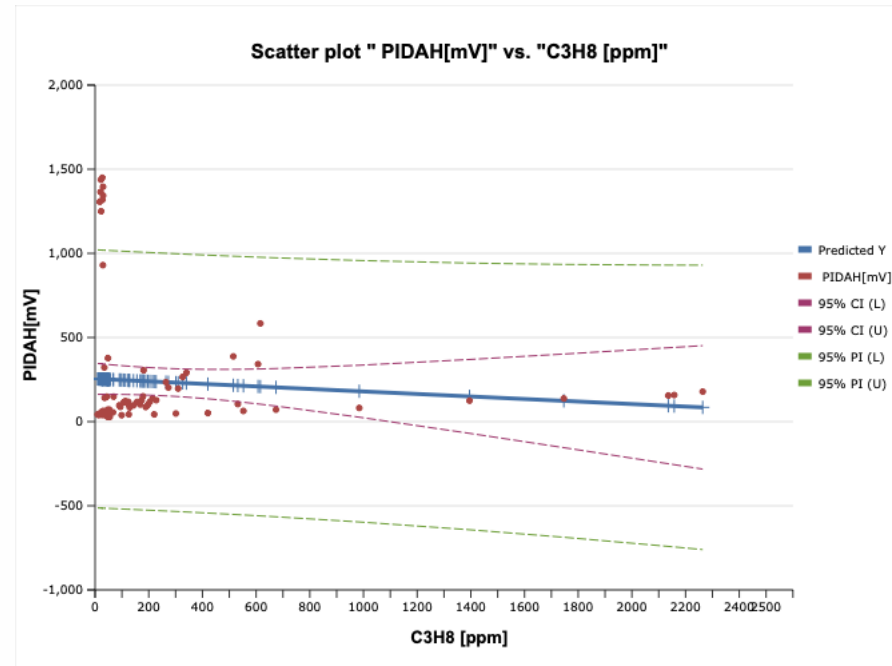
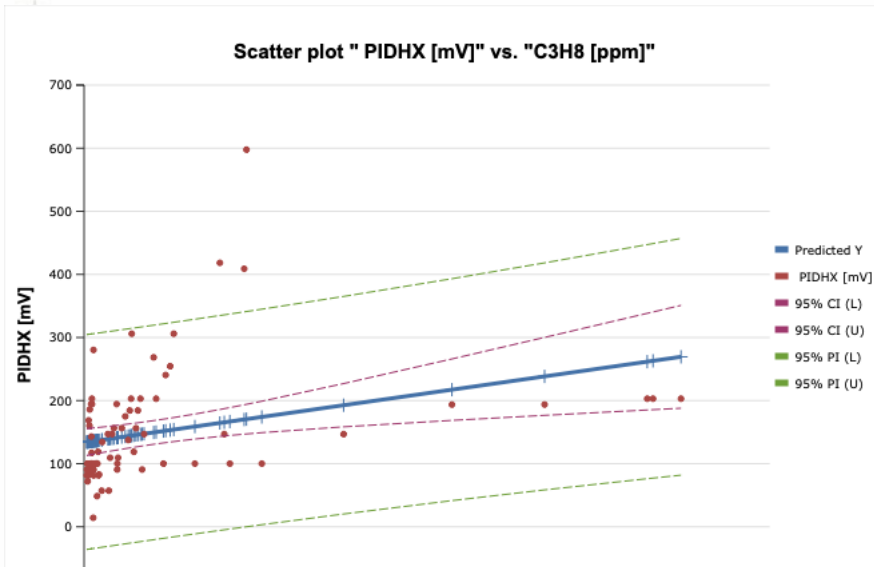
Senzor na základě svého principu měření převádí reálnou koncentraci VOC na elektrický signál, který je dále vnitřní elektronikou převeden na měřitelné hodnoty v mV. Tyto surové hodnoty je třeba pro interpretovatelnost přepočíst do používaných jednotek, tedy ppm, nebo mg/m³

VOC – těkavé organické látky

Porovnání senzorů VOC s referenční metodou (ppm)



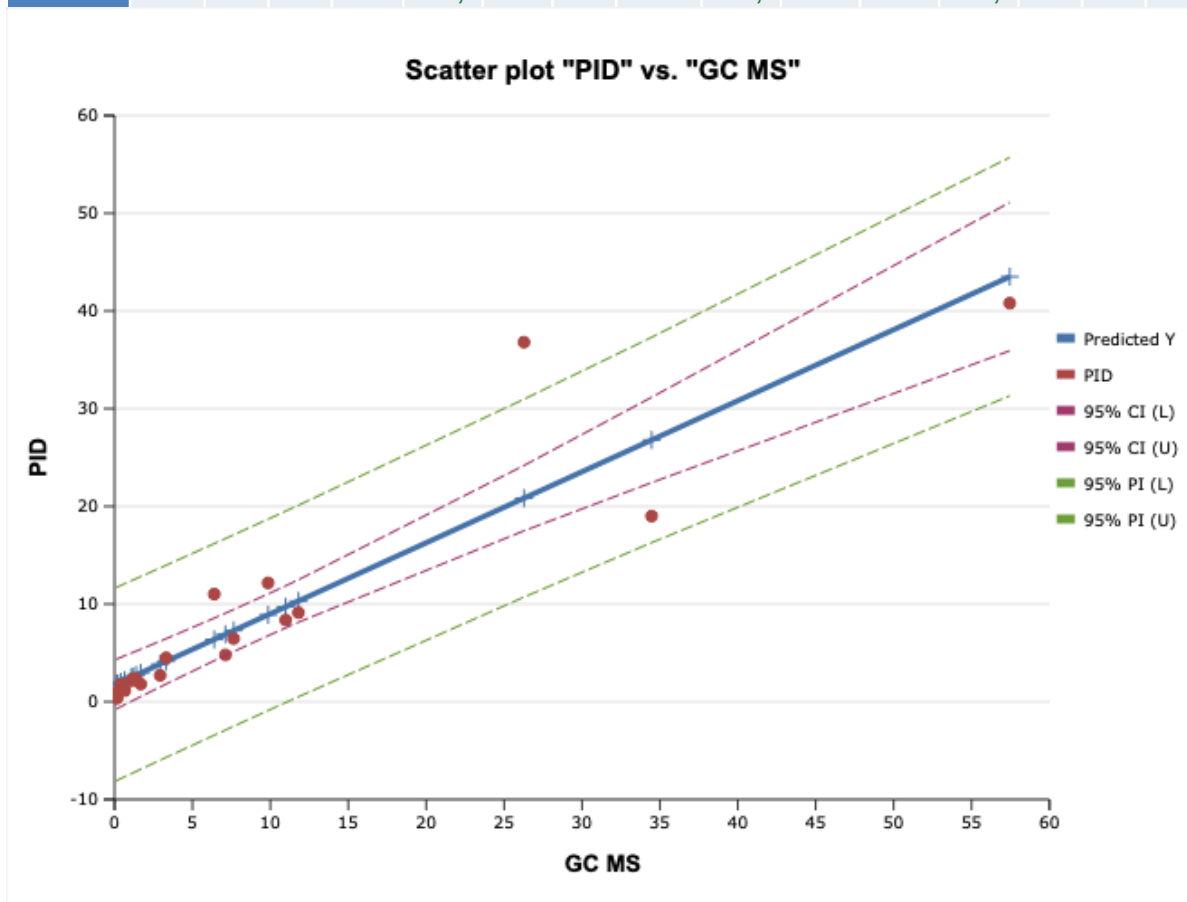
VOC – těkavé organické látky (emise)



	PIDHX ppm	PIDA H ppm	PIDAH ppm	referenč ní analyzáto r ppm
průměr	149,3	236,1	25,9	245,2
median	117,3	96,7	22,2	54,6
Pearson Rf	0,32	0,09	0,16	

Terénní měření VOC (imise)

Označení	IST 01	IST 02	IST 03	IST 04	IST 05	IST 06	IST 07	IST 08	IST 09	IST 10	IST 11	IST 12	IST 13	IST 14	IST 15	IST 16	IST 17	IST 18	IST 19	IST 20
GC					34,							26,								
MS	7,6	0,7	1,7	1,2	5	0,2	0,4	2,9	9,9	11,8	6,4	3	0,2	3,3	1,4	11,0	1,1	0,1	57,5	7,1
PID					19,				12,			36,								



Pro testování byly vybrány 43 různé PID detektory. Laboratorní měření ukázalo, že mezi detektory je významný rozdíl a reálně použitelný je pouze jeden z nich. Využití senzorů je dáno jejich účelem, bylo prokázáno, že pro měření VOC resp. benzenu ve venkovním ovzduší je možné velmi dobře použít senzor PID HX (10,0 eV). Tento detektor vykazuje velmi dobrou shodu s referenční metodou GC MS pro koncentrace obvyklé ve venkovním ovzduší a zajistí také velmi dobrý "záchyt" vyšších koncentrací u bodových zdrojů. Pro měření benzenu je senzor PID HX nejvhodnější.

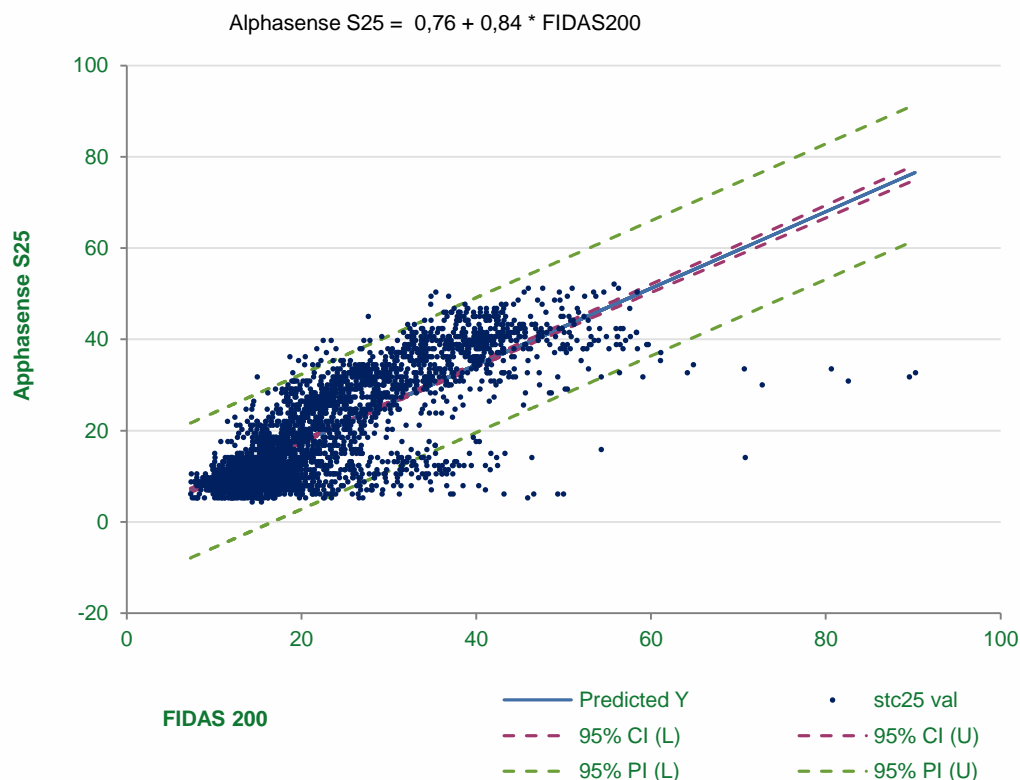
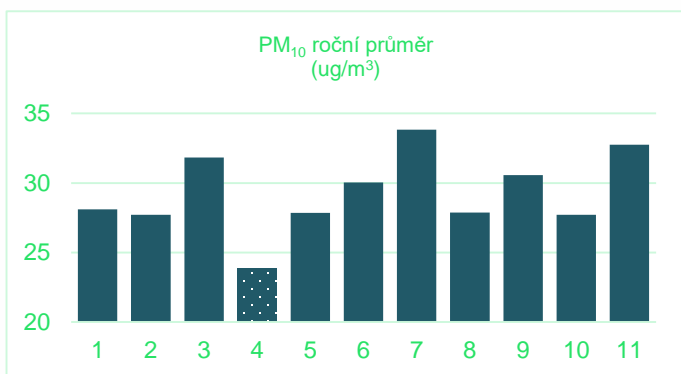
Senzor Alphasense OPC N3 PMX (IMISE)

PM ₁₀ (µg/m ³)	Alphasense		Referenční metoda FIDAS200	Validační faktor	Korelační koeficient R
	S25 před validací	S25 po validaci			
průměr 24 hod	23,71	23,61	23,67	-	-
průměr 72 hod	25,90	25,33	23,46	-	-
průměr 240 hod	23,61	23,94	23,93	1,014	0,78

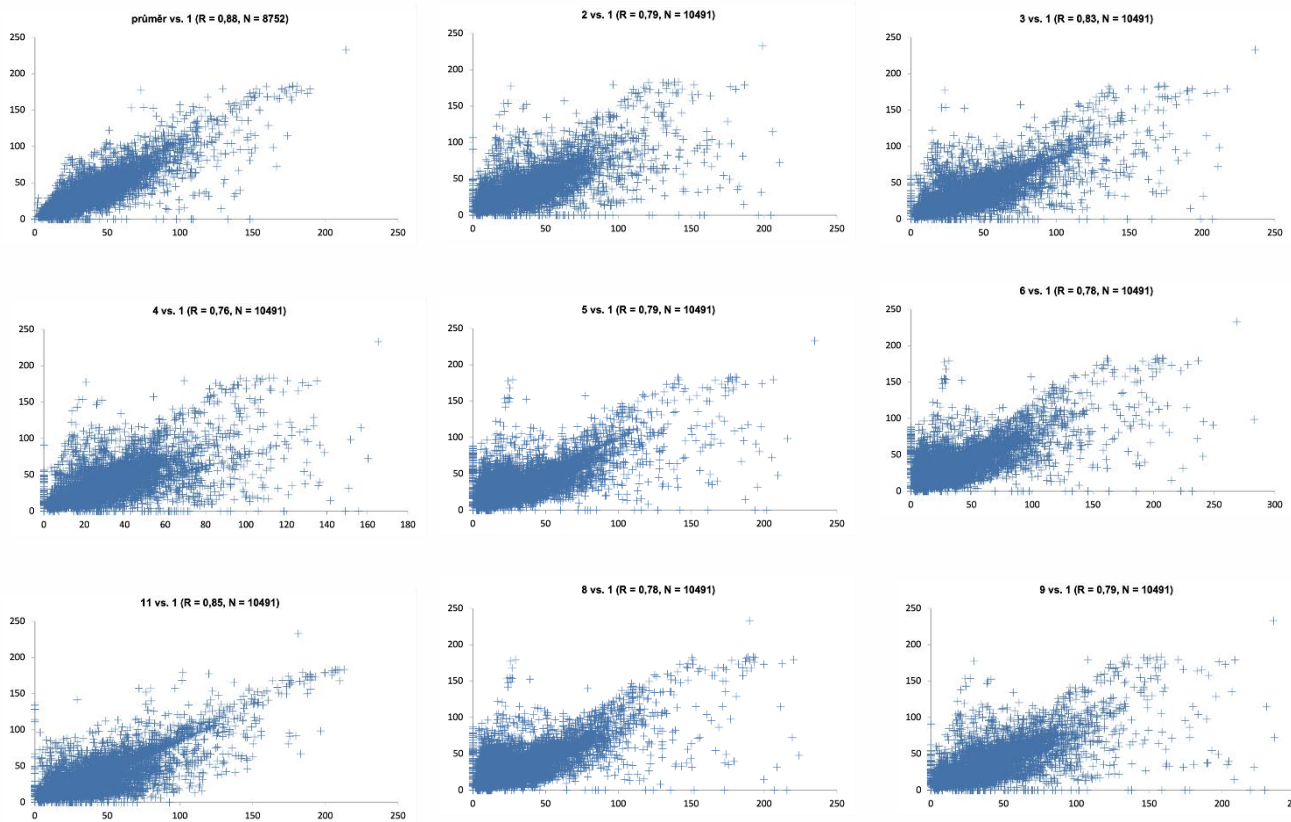


ROČNÍ DATA (2020)

PM ₁₀ (µg/m ³)	PRŮMĚR	MEDIAN	MAXIMUM
S1	28,09	22,45	233,09
S2	27,72	21,54	210,69
S3	31,84	25,09	236,38
S4	23,87	19,98	165,32
S5	27,84	20,46	234,66
S6	30,04	21,12	282,82
S7	33,84	26,11	222,28
S8	27,87	20,49	223,86
S9	30,57	25,11	235,86
S10	27,72	21,55	214,19
S11	32,76	26,72	212,88



Vzájemné korelace senzorů Alphasense pro PM10



Pro hodnocení byly koncentrace rozděleny:

- oblast nízkých koncentrací (pod 10 ug).....0,34
- oblast běžných koncentrací (10 – 100 ug).....0,74
- oblast vysokých koncentrací (nad 100 ug).....0,59

Pearson

ROČNÍ DATA
(2020)

Závěry pro imise

- nejspolehlivější se jeví senzory PMx
- v množství je síla (přesnost /správnost – možná)
- je nutná pečlivá kontrola, nejlépe on line
- kalibrace/validace není lineární
- přes menší důvěru poskytují imisní senzory mnoho informací za málo peněz
- práci s daty bude potřeba zautomatizovat (neuronové sítě)
- je čas na jiné způsoby interpretace (podle účelu)
- blíží se IoT

Závěry pro emise

- s výjimkou CO se současné aplikace zdají technicky nevyužitelné
- příliš robustní
- složité na ovládání
- složité na interpretaci
- drahé na provoz
- prach by se musel řešit zcela samostatně

- předpokládáme další vývoj a potom možná



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Název projektu: **Výzkum identifikace spalování nežádoucích látek
a systémů autodiagnostiky kotlů na tuhá paliva
pro vytápění domácností**

Číslo projektu: **CZ.02.1.01/0.0/0.0/18_069/0010049**

Autoři děkují za možnost sběru dat projektu CLAIRO - CLear AIR and Climate Adaptation in Ostrava and other cities, spolufinancovanému z Evropského fondu pro regionální rozvoj prostřednictvím iniciativy Urban Innovative Actions.



INOVATIVNÍ
VÝSADBA STROMŮ
V OSTRAVĚ



EUROPEAN UNION
European Regional Development Fund

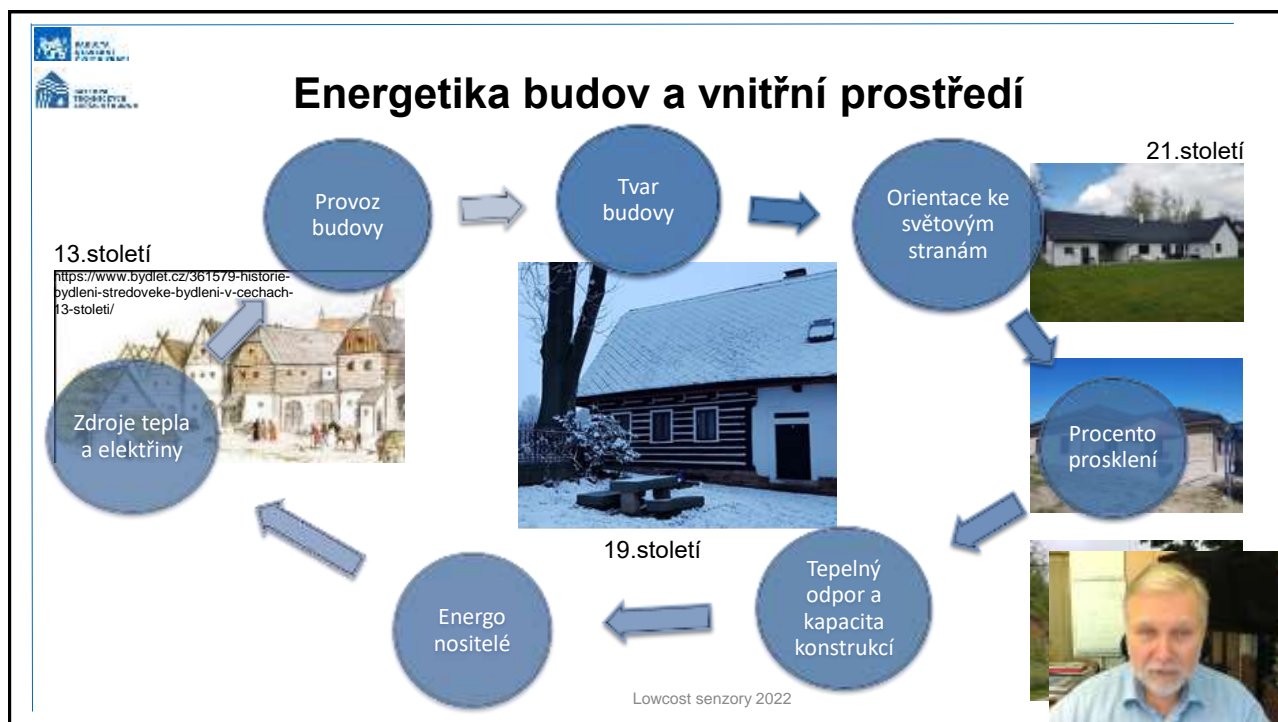


KVALITA VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ V BUDOVÁCH S INTELIGENTNÍMI SYSTEMY ŘÍZENÍ PROVOZU


prof. Ing. Karel Kabele, CSc.



1



2



Kvalita prostředí

Akustika

Světlo

Vzduch




Teplo

Energetická náročnost

Úprava vzduchu

Osvětlení

Vytápění/Chlazení

Lowcost senzory 2022

3



INTELIGENTNÍ BUDOVY



Lowcost senzory 2022

4

Základní princip regulace

- Regulovaná veličina x
- Akční veličina y
- Poruchová veličina z
- Řídící veličina w
- Žádaná hodnota

Lowcost senzory 2022

5

Monitorování

- Měření regulované veličiny
- Bez akčního členu
- Nepřímá

Lowcost senzory 2022

6

Ovládání

- Pomocí akčního členu se mění regulovaná veličina
- Bez zpětné vazby, bez regulátoru

?



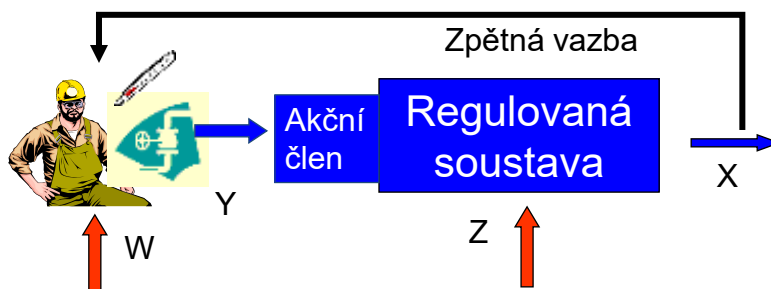
125ESB1,ESBB 2014/2015

Lowcost senzory 2022

7

Ruční regulace

- Na místě regulátoru je člověk. Ví jaký je dopad jeho regulačních zásahů a podle toho reguluje soustavu



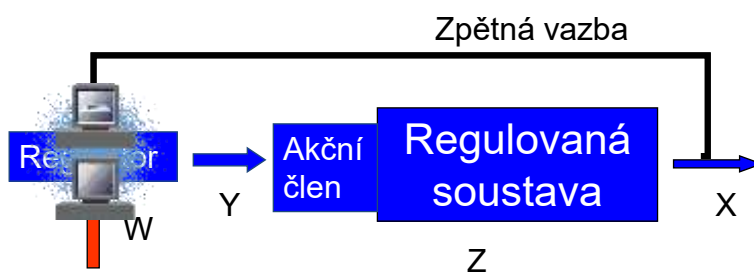
Lowcost senzory 2022

8



Automatická regulace

- Podle W a/nebo X dává automaticky impuls akčnímu členu ve snaze dosáhnout žádané hodnoty x



Lowcost senzory 2022

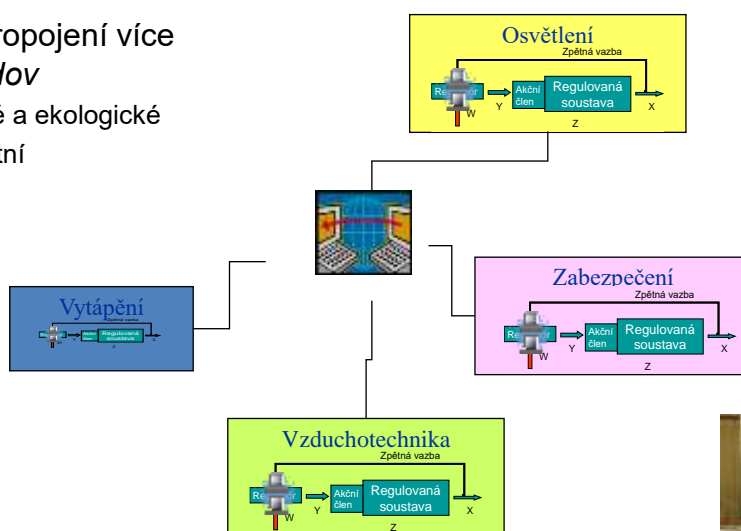


9



Inteligentní budovy

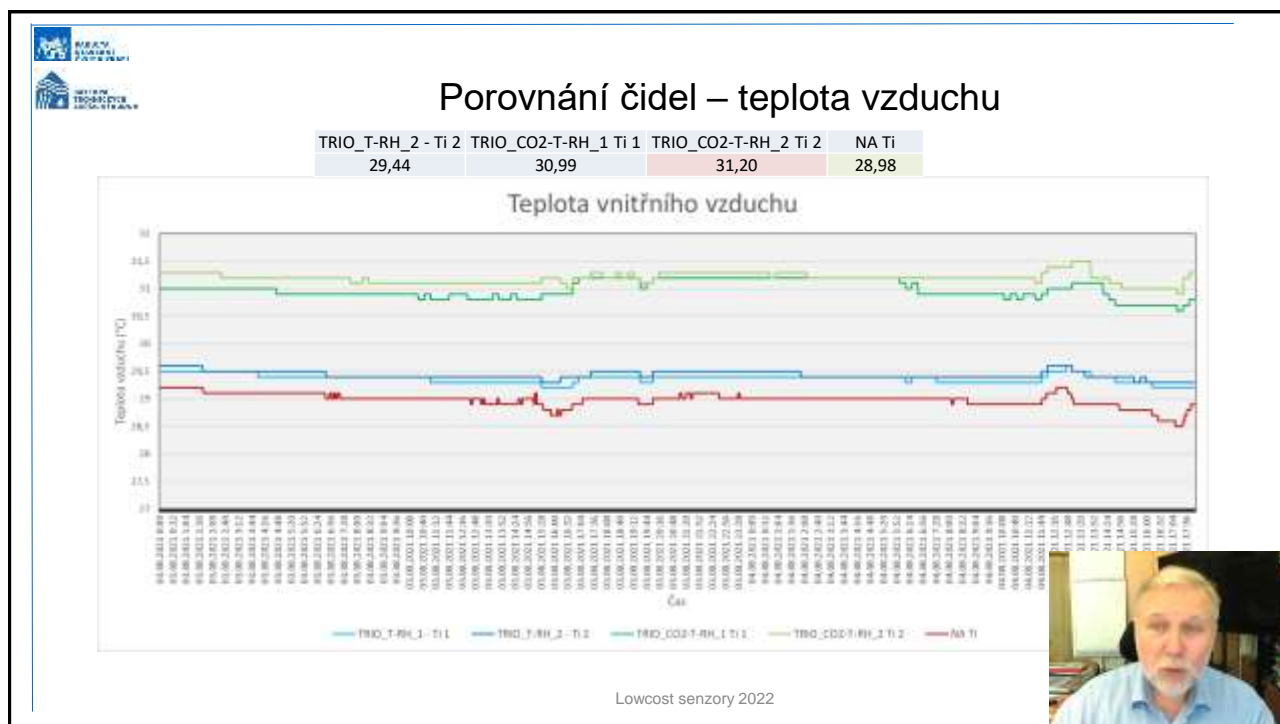
- Vzájemné propojení více *systémů budov*
 - Energetické a ekologické
 - Bezpečnostní
 - Dopravní
 - Zábavní
 - ...



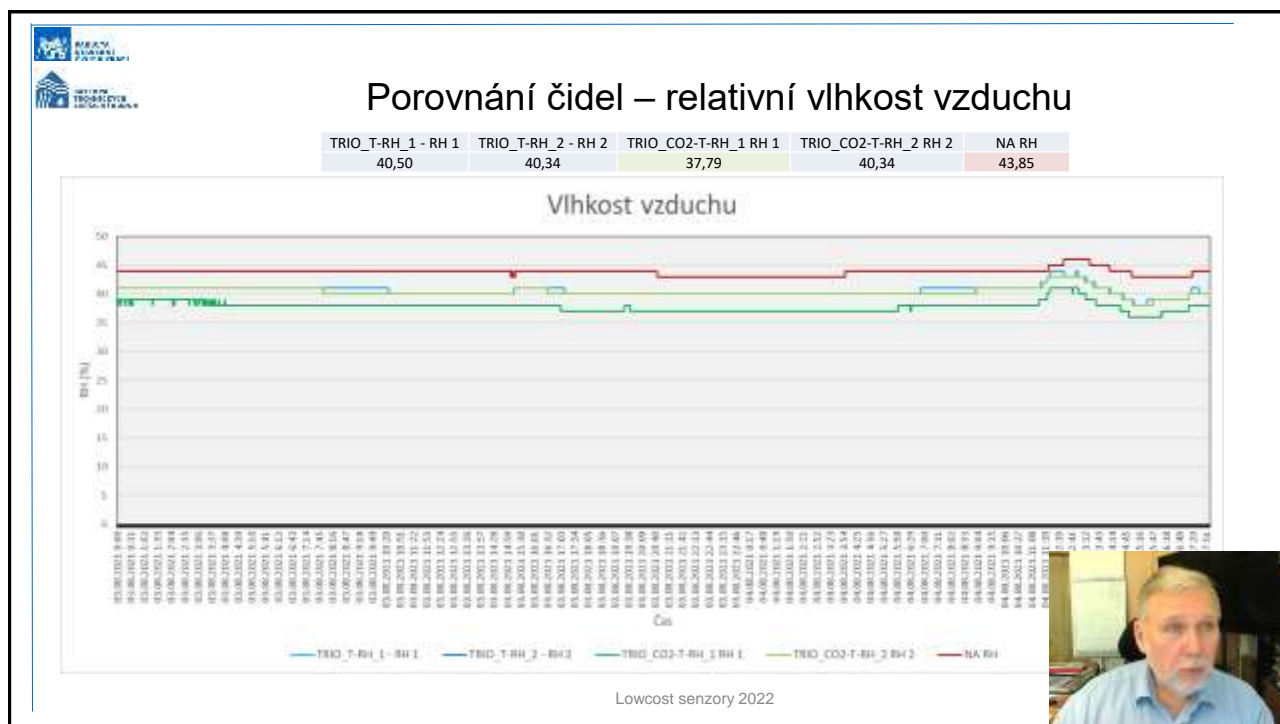
Lowcost senzory 2022



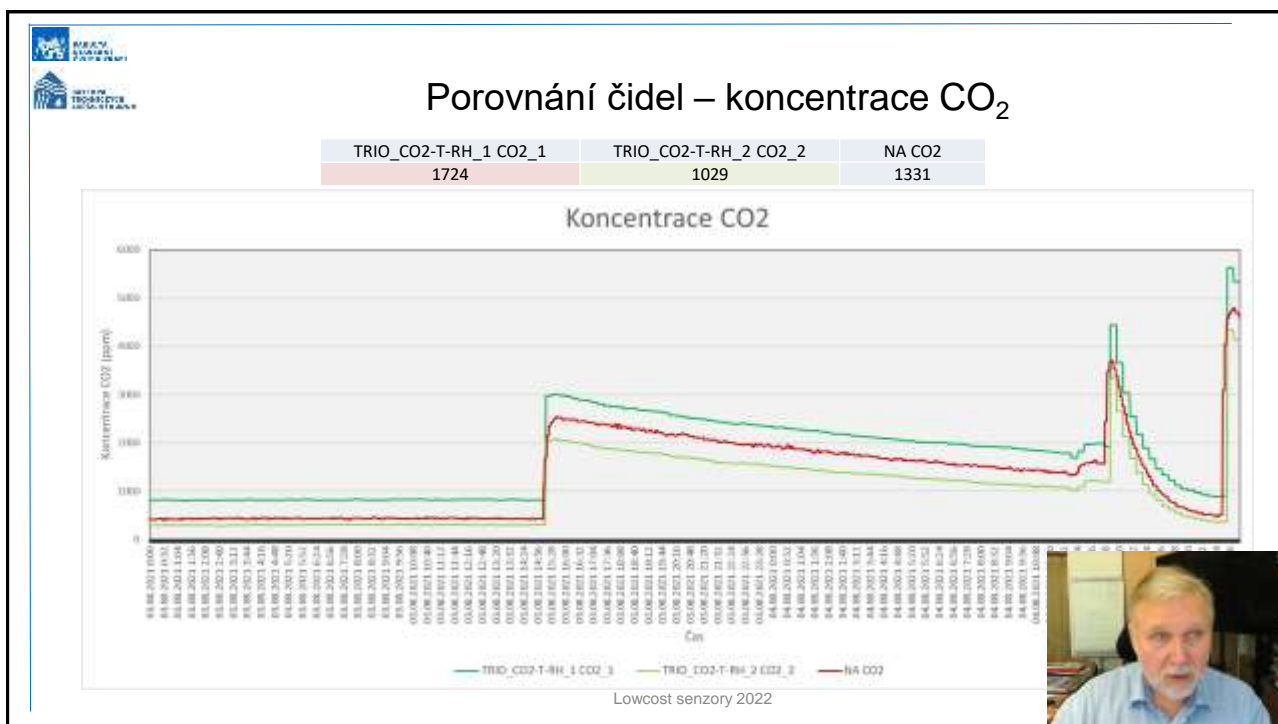
10



13



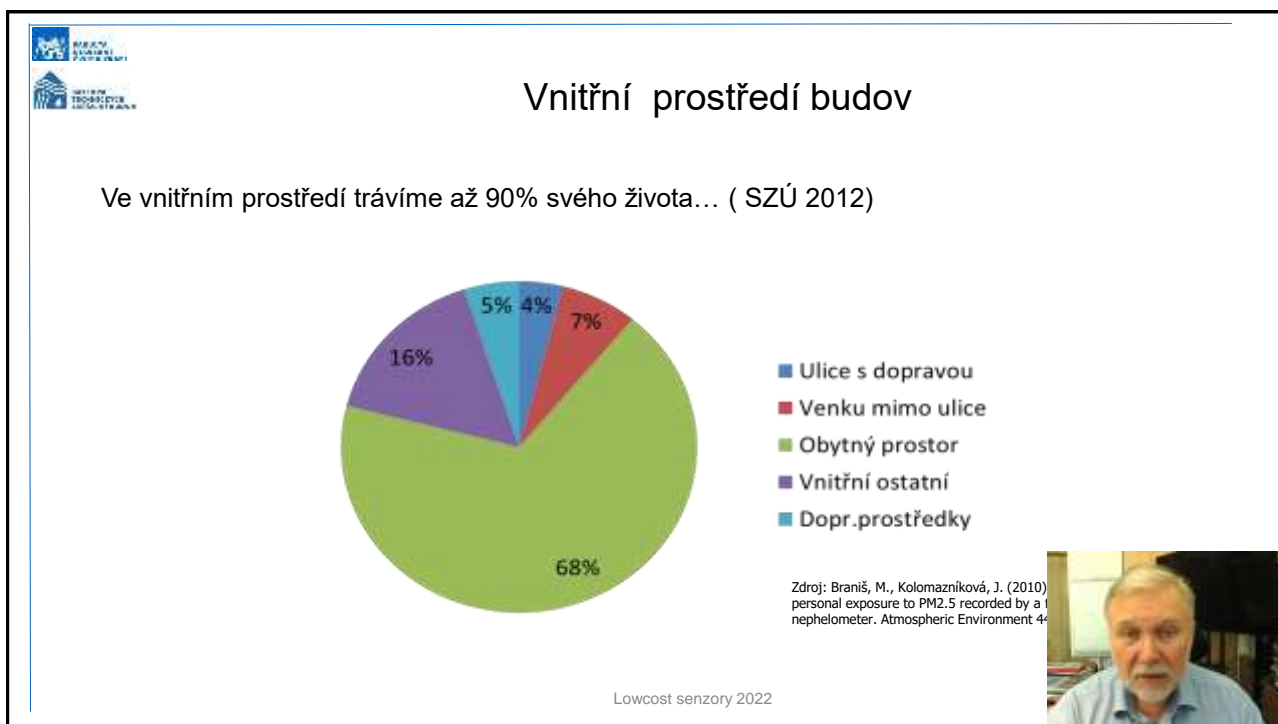
14



15



16



17

VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ BUDOV

Složky vnitřního prostředí

- Tepelný komfort
- Kvalita vzduchu
 - plyny
 - aerosoly
 - mikroorganismy
- Akustika
- Světelná
- Elektro -statická, -iontová, -magnetická, ionizující a radiační pole
- Psychický komfort (barvy, povrchy, architektura...)

Vnitřní prostředí budov

Tepelný komfort
 Vzduch
 Osvětlení
 Akustika
 Psychika
 Elmg pole

Zdroj : Jokl 1986

Lowcost senzory 2022

18



Vnitřní prostředí budov

- Prostředí má vliv na
 - Zdraví
 - Produktivitu práce
 - Pohodu prostředí



J. Adam Huggins for The New York Times 26.7.2007




Vnitřní prostředí budov
=
Interní mikroklima
=
Indoor environment

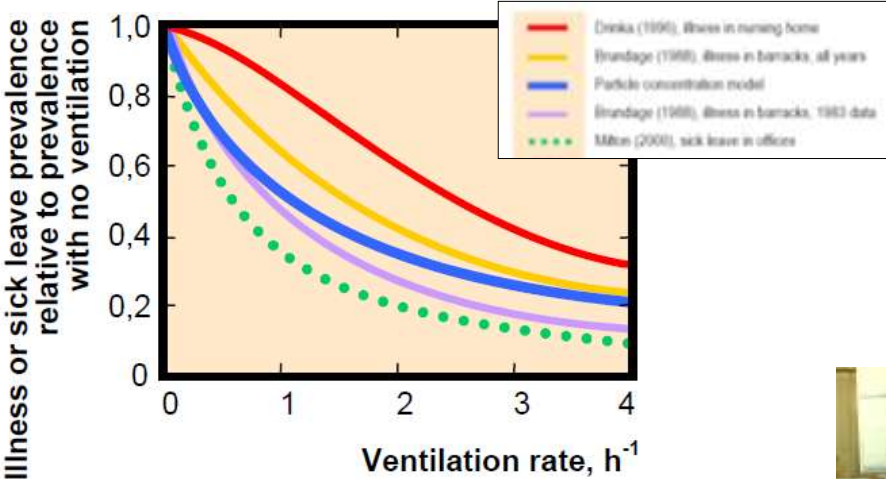


Lowcost senzory 2022

19




Větrání a nemocenská

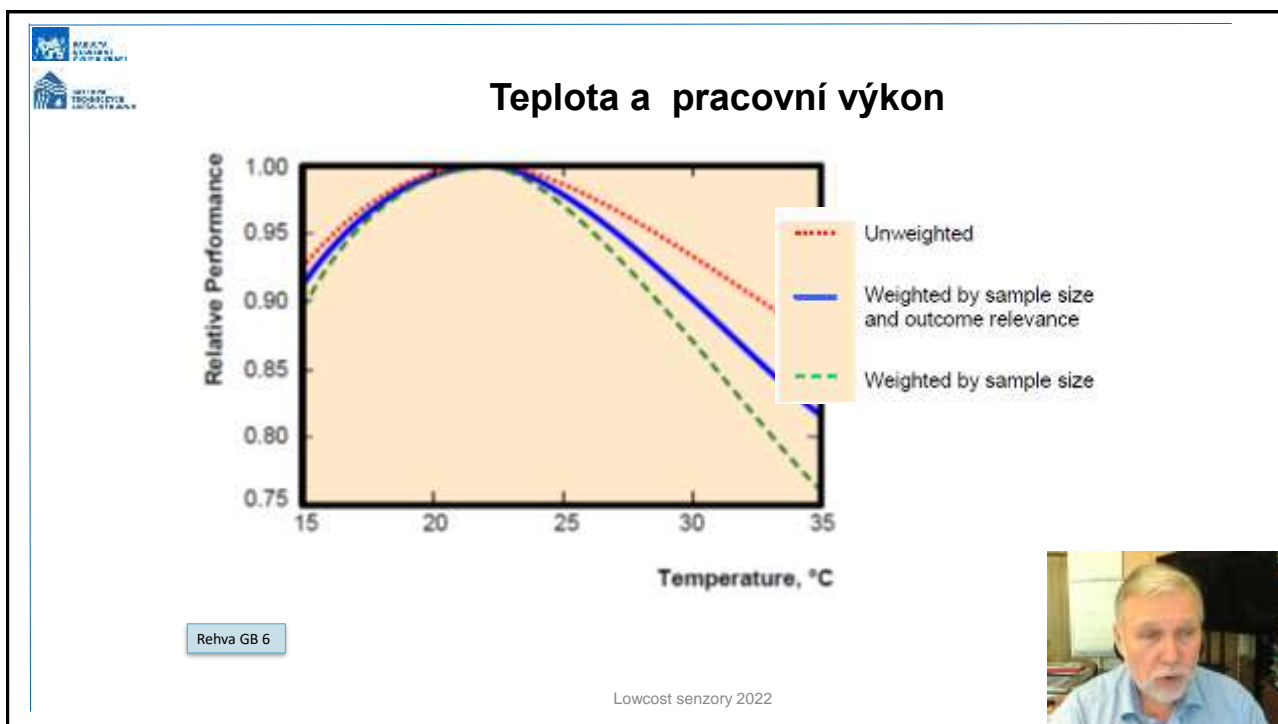


Ventilation rate (h ⁻¹)	Drenka (1996)	Brundage (1988) all years	Particle concentration model	Brundage (1988) 1983 data	Milten (2000)
0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3
2	0.6	0.4	0.3	0.25	0.2
3	0.45	0.3	0.25	0.2	0.15
4	0.35	0.25	0.2	0.15	0.1

Lowcost senzory 2022



20



21

POHODA PROSTŘEDÍ

„Stav mysli, který vyjadřuje uspokojení s prostředím“ (Fanger 1970 - ASHRAE)

„Souhrn podmínek, za nichž si subjekt neuvědomuje stav prostředí“ (Saini 1971)

„Pohoda je neexistence zbytečné tísně při dané činnosti...“ (Brundrett 1974)

„Takový stav prostředí, při kterém se lidé v uvažovaném prostoru subjektivně cítí co nejlépe a jsou tedy též schopni maximálního pracovního výkonu ať již fyzického či duševního, nebo co nejučinnějšího odpočinku..“ (Jokl 1986)

Lowcost senzory 2022

22

JAK HODNOTIT BUDOVY ?

Energetická náročnost

Vnitřní prostředí budov

Lowcost senzory 2022

23

FAKTORY VYTVÁŘEJÍCÍ VÝSLEDNÝ STAV VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

Vnější faktory

- Klimatické podmínky
- Kvalita vzduchu
- Hluk
- Okolí, zeleň...

Vnitřní faktory

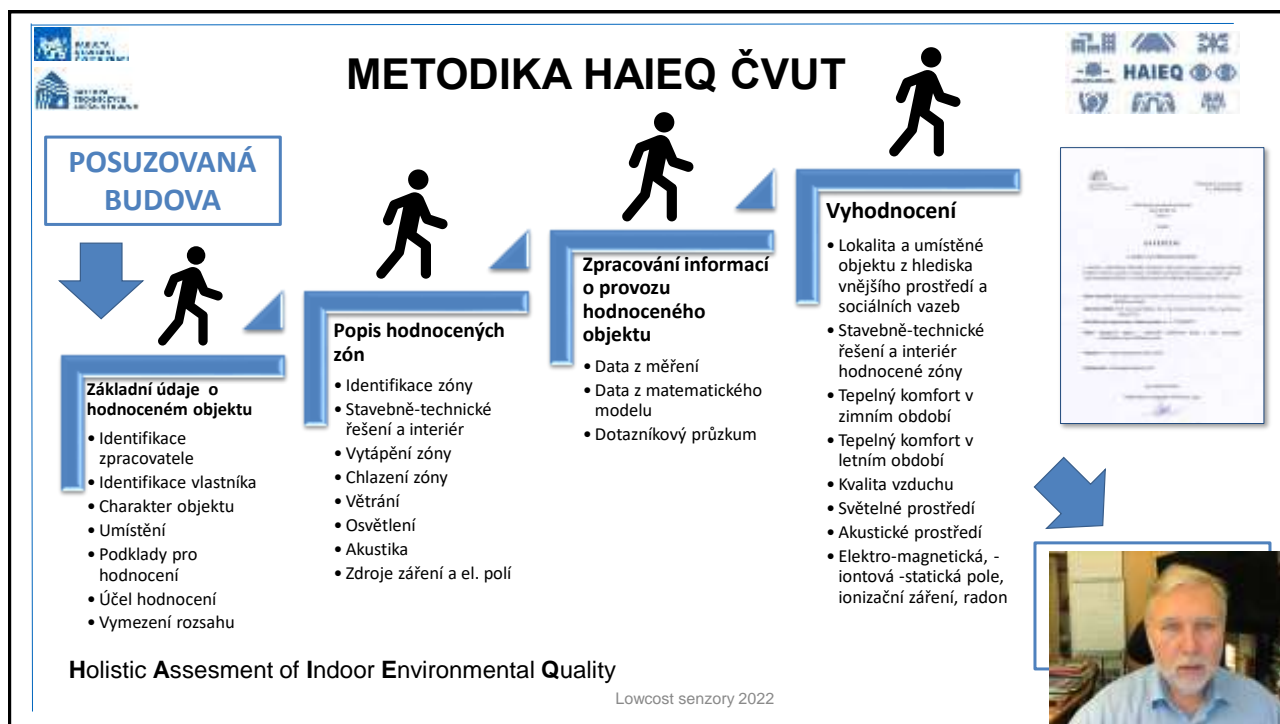
- Teplota
- Vlhkost vzduchu
- Rychlost proudění vzduchu
- Kvalita vzduchu
- Hluk
- Osvětlení
- Záření
- Prostor

Faktory organismu

- Věk
- Pohlaví
- Rytmicita - dýchání, srdeční tep, tělesná teplota, cykly...
- Psychické faktory - stav mysli, introvert/extrovert, vztahy...
- Biologické pochody - práce, odpočinek, spánek...

Lowcost senzory 2022

24



25

Případová studie aplikace metodiky HAIEQ

ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA

Zdroj: KABELE, K., VEVERKOVÁ Z., DVOŘÁKOVÁ P. *Kvalita vnitřního prostředí administrativní budovy*. ČVUT 2021 [Výzkumná zpráva]

Lowcost senzory 2022

26



Administrativní budova

- Je tu špatný vzduch...
- Je tu prašno...
- Nefunguje klimatizace...
- Je nám tu horko...
- Je nám tu chladno....
- Nemůžu se soustředit na práci....

Novostavba, postaveno dle norem a stá



Lowcost senzory 2022

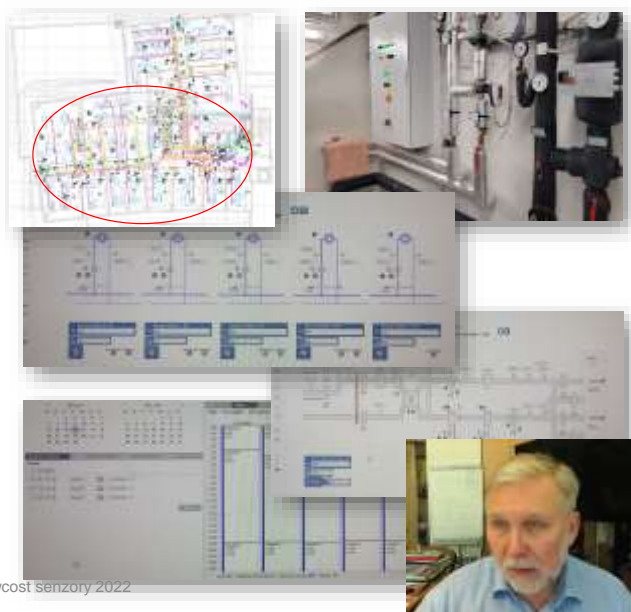
27



PRŮZKUM OBJEKTU

- Projektová dokumentace
- Provoz
- Vizualní kontrola TZB

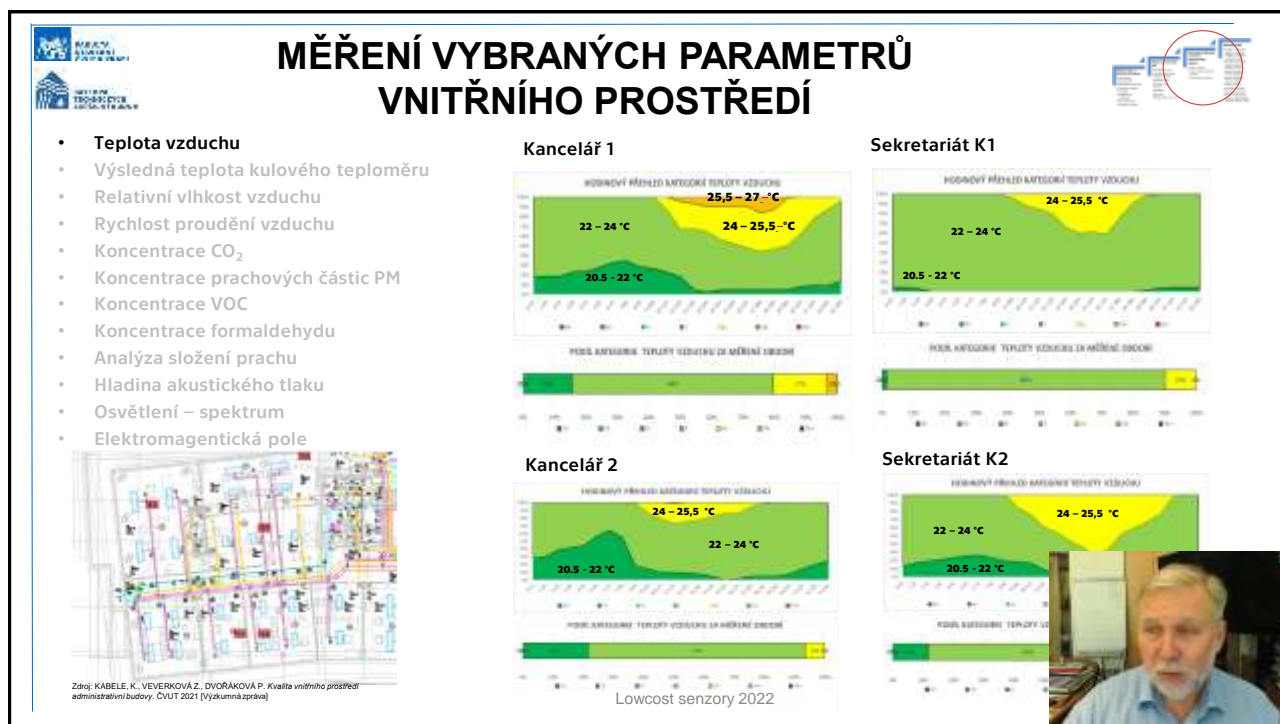
- » Větrání nucené, VZT jednotka (výkon 100 % a 20 %) pro celé podlaží osazená ohřivačem, chladičem, ZZT a bypassem. Čerstvý vzduch je přiváděn z prostoru dvojité fasády (regulace v závislosti na teplotě a oslunění jednotlivých fasád. Vyhodnocuje MaR). Ve společném potrubí odtahu z místností osazeno čidlo CO₂.
- » Vytápění a chlazení pomocí topných a chladicích tráců. Přes tyto trávce je také do většiny místností přiváděn čerstvý upravený vzduch, zbytek talířovými ventily, odtah talířovými ventily.
- » Teplota v místnostech je regulována teplotou přiváděného vzduchu z tráců, které jsou z hlediska ohřevu a chlazení ovládány po místnostech.
- » Prostorový termostat v každé místnosti (Uživatel má možnost si upravit požadovanou teplotu v rozmezí +3 °C).



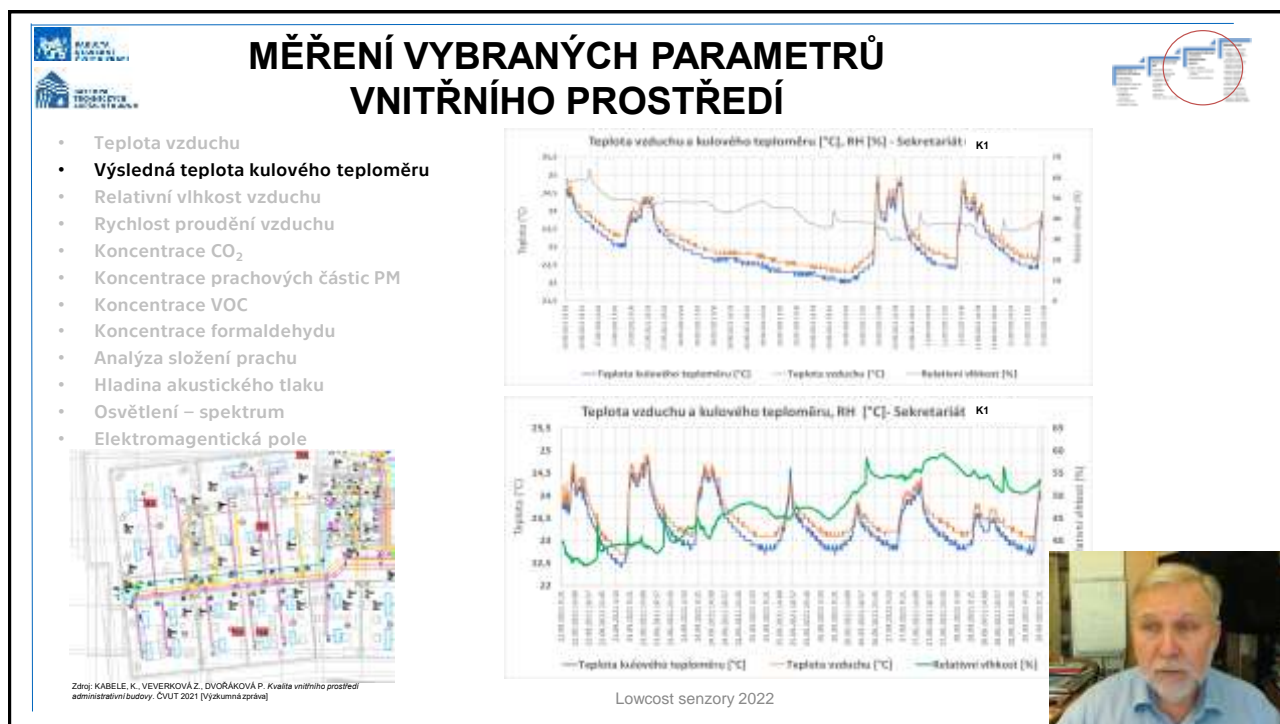
Zdroj: KABELE, K., VEVRKOVÁ Z., DVOŘÁKOVÁ P. Kvalita vnitřního prostředí administrativní budovy. ČVUT 2021 [Výzkumná zpráva]

Lowcost senzory 2022

28



29



30

MĚŘENÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

- Teplota vzduchu
- Výsledná teplota kulového teploměru
- **Relativní vlhkost vzduchu**
- Rychlost proudění vzduchu
- Koncentrace CO₂
- Koncentrace prachových částic PM
- Koncentrace VOC
- Koncentrace formaldehydu
- Analýza složení prachu
- Hladina akustického tlaku
- Osvětlení – spektrum
- Elektromagnetická pole

Kancelář K1

Sekretariát S1

Kancelář K2

Sekretariát S2

Lowcost senzory 2022

31

MĚŘENÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

- Teplota vzduchu
- Výsledná teplota kulového teploměru
- Relativní vlhkost vzduchu
- **Rychlost proudění vzduchu**
- Koncentrace CO₂
- Koncentrace prachových částic PM
- Koncentrace VOC
- Koncentrace formaldehydu
- Analýza složení prachu
- Hladina akustického tlaku
- Osvětlení – spektrum
- Elektromagnetická pole

Teplota vzduchu a Rychlost proudění vzduchu [m/s] - Sekretariát S1

Rychlost proudění vzduchu [m/s] - Sekretariát S1

Lowcost senzory 2022

32

MĚŘENÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

- Teplota vzduchu
- Výsledná teplota kulového teploměru
- Relativní vlhkost vzduchu
- Rychlost proudění vzduchu
- **Koncentrace CO₂**
- Koncentrace prachových částic PM
- Koncentrace VOC
- Koncentrace formaldehydu
- Analýza složení prachu
- Hladina akustického tlaku
- Osvětlení – spektrum
- Elektromagnetická pole

Sekretariát S1

Zasedací místnost

Kancelář K2

Sekretariát S2

Zdroj: KABELÉ, K. VEVEŘKOVÁ, Z. DVORÁKOVÁ, P. Kvalita vnitřního prostředí administrativní budovy. ČVUT 2021 [Výzkumná zpráva]

Lowcost senzory 2022

33

MĚŘENÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

- Teplota vzduchu
- Výsledná teplota kulového teploměru
- Relativní vlhkost vzduchu
- Rychlost proudění vzduchu
- Koncentrace CO₂
- **Koncentrace prachových částic PM**
- **Koncentrace VOC**
- **Koncentrace formaldehydu**
- **Analýza složení prachu**
- Hladina akustického tlaku
- Osvětlení – spektrum
- Elektromagnetická pole

Místnost	K2			S2			S1			ZM1			K1			průměrná hodnota pro celý objekt
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Formaldehyd [ppm]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
VOC [ppm]	0,85	0,87	0,9	0,9	0,83	0,88	0,88	0,91	0,92	0,85	0,86	0,88	0,88	0,86	0,88	0,88
PM10 [µg/m ³]	20,13	41,27	58	25,51	29,9	26,3	23,13	20,17	21,25	7,24	10,41	14	32,31	38,86	32,56	26,74
PM2,5 [µg/m ³]	4,9	5,74	6,34	5,21	5,29	5,66	5,45	5,47	5,52	5,78	4,48	4,57	5,07	5,2	5,1	5,32
PM1 [µg/m ³]	2,03	2,09	2,14	1,95	1,98	2,01	2	1,99	2,01	2,06	2,09	2,09	2	2	1,96	2,03
PM0,5 [µg/m ³]	0,87	0,88	0,88	0,86	0,86	0,87	0,87	0,86	0,86	0,99	0,98	0,92	0,86	0,87	0,86	0,89

Složení prachu v místnosti S1
Převážně bavlněná a nylonová vlákna. (vzorek A)
Lowcost senzory 2022

Složení prachu na výšce vzduchu
organického původu, částice a písku, krystalky NaCl). (vzorek B)

Zdroj: KABELÉ, K. VEVEŘKOVÁ, Z. DVORÁKOVÁ, P. Kvalita vnitřního prostředí administrativní budovy. ČVUT 2021 [Výzkumná zpráva]

34

MĚŘENÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

- Teplota vzduchu
- Výsledná teplota kulového teploměru
- Relativní vlhkost vzduchu
- Rychlost proudění vzduchu
- Koncentrace CO₂
- Koncentrace prachových částic PM
- Koncentrace VOC
- Koncentrace formaldehydu
- Analýza složení prachu
- **Hladina akustického tlaku**
- Osvětlení – spektrum
- Elektromagnetická pole

Hladina akustického tlaku Sekretariát S1

Zdroj: KABELÉ, K., VEVEŘKOVÁ, Z., DVORÁKOVÁ, P. Kvalita vnitřního prostředí administrativní budovy. ČVUT 2021 [Výzkumná zpráva]

Lowcost senzory 2022

35

MĚŘENÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

- Teplota vzduchu
- Výsledná teplota kulového teploměru
- Relativní vlhkost vzduchu
- Rychlost proudění vzduchu
- Koncentrace CO₂
- Koncentrace prachových částic PM
- Koncentrace VOC
- Koncentrace formaldehydu
- Analýza složení prachu
- Hladina akustického tlaku
- **Osvětlení – spektrum**
- Elektromagnetická pole

Místnost	K2			S2 2 (bez uměl. osv.)				S1				ZM1			K1		venkovní prostředí v době měření
číslo měření/pozice osvětlenost [lux]	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3 (pouze umělé osv.)	
CCT [K]	1517	957	1165	889	863	766	826	715	862	700	1016	1172	961	1135	360	5977	
CRI	5096	4270	4395	5009	5144	3860	3896	3873	3926	3955	4206	4466	5332	5376	3980	5967	
CRI	93	89	89	92	93	83	83	83	83	86	88	90	94	94	84	100	

Světelné spektrum v A 9.15 (umělé osvětlení)

Světelné spektrum v A9.05 (smíšené osvětlení)

Světelné spektrum v venkovním prostředí


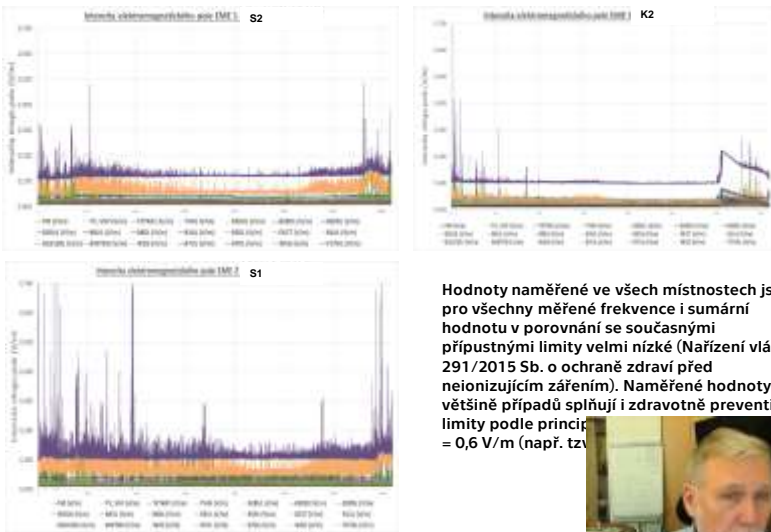
Zdroj: KABELÉ, K., VEVEŘKOVÁ, Z., DVORÁKOVÁ, P. Kvalita vnitřního prostředí administrativní budovy. ČVUT 2021 [Výzkumná zpráva]

Lowcost senzory 2022

36


MĚŘENÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

- Teplota vzduchu
- Výsledná teplota kulového teploměru
- Relativní vlhkost vzduchu
- Rychlost proudění vzduchu
- Koncentrace CO₂
- Koncentrace prachových částic PM
- Koncentrace VOC
- Koncentrace formaldehydu
- Analýza složení prachu
- Hladina akustického tlaku
- Osvětlení – spektrum
- Elektromagnetická pole

Hodnoty naměřené ve všech místnostech jsou pro všechny měřené frekvence i sumární hodnotu v porovnání se současnými přípustnými limity velmi nízké (Nařízení vlády č. 291/2015 Sb. o ochraně zdraví před neionizujícím zářením). Naměřené hodnoty ve většině případů splňují i zdravotně preventivní limity podle principu = 0,6 V/m (např. tzv.


Lowcost senzory 2022




37

DOTAZNÍKOVÝ PRŮZKUM

- V průběhu probíhajícího měření parametrů vnitřního prostředí byl realizován on-line dotazníkový průzkum zaměřený v 28 otázkách na to, jak uživatelé analyzovaných místností subjektivně vnímají vnitřní prostředí a vzájemné vazby.
- Dotazník byl zodpovězen 3 respondenty v období 24.9. – 29.9. 2021. Vzhledem k počtu odpovědí nejsou data zpracovávána graficky, nicméně odpovědi byly zohledněny v celkovém vyhodnocení kvality prostředí,



Lowcost senzory 2022



Zdroj: KABELÉ, K., VEVEŘKOVÁ, Z., DVORÁKOVÁ, P. Kvalita vnitřního prostředí administrativní budovy, ČVUT 2021 [Výzkumná zpráva]

38



HODNOCENÍ KVALITY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ



LS Lokality a umístění objektu z hlediska vnějšího prostředí a sociálních vazeb

STI Stavebně-technické řešení a interiér hodnocené zóny

TCW Tepelný komfort v chladném období

TCS Tepelný komfort v teplém období

IAQ Kvalita vzduchu

LC Světelné prostředí

AC Akustické prostředí

EC Elektro-magnetická, -iontová -statická pole, ionizační záření, radon

Klasifikace	Význam
N	Nehodnoceno – nedostatek podkladů, pro danou zónu nerelevantní, jiný důvod
1	Bez připomínek – optimální stav, vhodné řešení
2	Připomínky – řešení má potenciál být zlepšeno, ale stav nevyžaduje okamžitou realizaci nápravy
3	Vážný nedostatek – nedodržení nefunkčnost zařízení – stav je dopo upravit.


8 kategorií
5-8 kritérií v každé kategorii


Zdroj: KABELÉ, K., VEVEKOVÁ, Z., DVORÁKOVÁ P. Kvalita vnitřního prostředí administrativní budovy. ČVUT 2021 (Výzkumná zpráva)

Lowcost senzory 2022




39





Holistic Assessment of Indoor Environmental Quality
MPO CERTIFIKOVANÁ METODIKA

Objekt AB1



LS Lokality a umístění objektu z hlediska vnějšího prostředí a sociálních vazeb

STI Stavebně-technické řešení a interiér hodnocené zóny

TCW Tepelný komfort v chladném období

TCS Tepelný komfort v teplém období

IAQ Kvalita vzduchu

LC Světelné prostředí


AC Akustické prostředí

EC Elektro-magnetická, -iontová -statická pole, ionizační záření, radon




Vyhodnocení lokality a umístění objektu z hlediska vnějšího prostředí a sociálních vazeb (LS)		Objekt AB1
		Hodnocení
LS1	Kvalita ovzduší (znečištění)	2
LS2	Větrná oblast	2
LS3	Hluk z okolí	1
LS4	Orientace ke světovým stranám	1
LS5	Vliv tepelného ostrova	1
LS6	Psychické vnímání okolí, mezilidské vztahy	1
LS7	Riziko energetické chudoby	1
LS	Hodnocení kritéria LS	1,29
Komentář		Doporučení
LS1 potenciální zdroj znečištění v blízkosti nasávacích otvorů LS2 9. podlaží budovy, západní vítr,		Pravidelná kontrola filtrů VZT zařízení. V případě vzniku hlukových projevů fasády co nejdříve řešit – uvolnění prvků může být nebezpečím pro okolí.

Zdroj: KABELÉ, K., VEVEKOVÁ, Z., DVORÁKOVÁ P. Kvalita vnitřního prostředí administrativní budovy. ČVUT 2021 (Výzkumná zpráva)


Lowcost senzory 2022




40


Holistic Assessment of Indoor Environmental Quality
MPO CERTIFIKOVANÁ METODIKA




LS Lokalita a umístění objektu z hlediska vnějšího prostředí a sociálních vazeb




STI Stavebně-technické řešení a interiér hodnocené zóny




TCW Tepelný komfort v chladném období




TCS Tepelný komfort v teplém období




IAQ Kvalita vzduchu



LC Světelné prostředí



AC Akustické prostředí






EC Elektro-magnetická, -iontová -statická pole, ionizační záření, radon

Vyhodnocení stavebně-technického řešení a interiéru hodnocené zóny (STI)		Objekt AB1
		Hodnocení
STI1	Použití rizikových materiálů stavebních konstrukcí (azbest apod.)	1
STI2	Riziko kondenzace vodní páry na konstrukcích (tepelné mosty)	1
STI3	Použití rizikových materiálů na vybavení (formaldehyd apod.)	1
STI4	Využití denního světla	3
STI5	Aktivní stínění a jeho ovládání	1
STI6	Zeleň v interiéru	1
STI7	Viditelné vady a poruchy (plísňe, zatékání, praskliny, nekvalitní povrchy apod.)	1
STI8	Barevné řešení prostoru	1
STI9	Dispoziční řešení, obsazenost zóny	3
STI10	Údržba	2
ST	Hodnocení kritéria ST	1,5
Komentář		Doporučení
STI 4 V místnosti A9.15 (912) spíše není splněn požadavek normy na využití denního světla a kontakt s vnějším prostředím (ČSN 735305, ČSN 730580-1) STI 9 Umístění sekretariátu S1 v místnosti uprostřed dispozice s prosklenými stěnami a bez přímého kontaktu s obvodovým pláštěm není vhodné a může mít negativní vliv na soustředění a pracovní výkon. Půdorysná plocha sekretariátu je na spodní hranici minimálních normových hodnot (ČSN 735305). Chybí odkládací prostor pro osobní věci. Chybí šatní skříň. (odst. 5.6.1 ČSN 735305) STI10 Nespokojenost s úklidem v místnostech A9.15; A9.03 (912, 914).		Doporučujeme zvážit změnu dispozičního řešení - přesun sekretariátu S1 (A9.15/912) z centra dispozice k fasádě. Při zachování současného řešení sekretariátu upravit vybavení - provést kontrolu úklidu.


Zdroj: KABELÉ, K., VEVEŘKOVÁ, Z., DVOŘÁKOVÁ, P. Kvalita vnitřního prostředí administrativní budovy. ČVUT 2021 (Výzkumná zpráva)

Lowcost senzory 2022


41


Holistic Assessment of Indoor Environmental Quality
MPO CERTIFIKOVANÁ METODIKA




LS Lokalita a umístění objektu z hlediska vnějšího prostředí a sociálních vazeb




STI Stavebně-technické řešení a interiér hodnocené zóny




TCW Tepelný komfort v chladném období




TCS Tepelný komfort v teplém období




IAQ Kvalita vzduchu



LC Světelné prostředí



AC Akustické prostředí



EC Elektro-magnetická, -iontová -statická pole, ionizační záření, radon

Vyhodnocení tepelného komfortu v chladném období (TCW)		Objekt AB1
		Hodnocení
TCW1	<u>Volba a provoz otopného systému</u>	1
TCW2	Schopnost otopného systému přizpůsobovat svůj provozní mód v reakci na potřeby uživatelů s náležitým zohledněním uživatelské vstřícnosti, zachování zdravého vnitřního prostředí – např. individuální regulace teploty, zpětná vazba od uživatelů o subjektivním hodnocení kvality prostředí	1
TCW3	Schopnost otopného systému podávat zprávy uživatelů o využívání energie	2
TCW4	Schopnost otopného systému podávat zprávy uživatelů o kvalitě prostředí z hlediska tepelného komfortu v chladném období	1
TCW5	Shrnutí výsledků hodnocení tepelného komfortu z měření pro chladné období (např. riziko přehřívání zóny v chladném období vlivem tepelných zisků, nedotápění, apod.)	N
TCW6	Shrnutí výsledků hodnocení vytápění z dotazníkového průzkumu pro chladné období	2
TCW	Hodnocení kritéria TCW	1,4
Komentář		Doporučení
TCW3 Informativní komentář: Moderní systémy měření a regulace by měly informovat uživatele o jím ovlivnitelné aktuální spotřebě energie (tepla a elektřiny) v závislosti na nastavení uživatelských parametrů (např. teploty vzduchu, osvětlení, větrání) TCW6 Uživatelé jsou dle dotazníku v chladném období s tepelným komfortem nespokojeni (teplota, vlhkost, proudění vzduchu).		Provést opakované měření parametrů tepelného komfortu a dotazníkový průzkum v chladném období roku a analyzovat příčinu nespokojenosti.

Zdroj: KABELÉ, K., VEVEŘKOVÁ, Z., DVOŘÁKOVÁ, P. Kvalita vnitřního prostředí administrativní budovy. ČVUT 2021 (Výzkumná zpráva)

Lowcost senzory 2022

42

HAIEQ
Holistic Assessment of Indoor Environment Quality
IHO CERTIFIKOVANÁ METODIKA

Vyhodnocení tepelného komfortu v teplém období (TCS)		Objekt AB1
		Hodnocení
TCS 1	Volba způsobu zajištění tepelného komfortu v teplém období	1
TCS 2	Schopnost systému pro zajištění tepelného komfortu v teplém období přizpůsobovat svůj provozní mód v reakci na potřeby uživatelů a následným zohledněním uživatelské vstřícnosti, zachování zdravého vnitřního prostředí – např. individuální regulace teploty, zpětná vazba od uživatelů o subjektivním hodnocení kvality prostředí	1
TCS 3	Schopnost systému pro zajištění tepelného komfortu v teplém období podávat zprávy uživatelům o využití energie	2
TCS 4	Schopnost systému pro zajištění tepelného komfortu v teplém období podávat zprávy uživatelům o kvalitě prostředí z hlediska tepelného komfortu v teplém období	1
TCS 5	Shrnutí výsledků hodnocení tepelného komfortu z měření/simulace pro teplé období (pokud bylo provedeno)	2
TCS 6	Shrnutí výsledků hodnocení tepelného komfortu z dotazníkového průzkumu pro teplé období	2
TCS	Hodnocení kritéria TCS	1,5
Komentář		Doporučení
<p>TCS3 Informativní komentář: Moderní systémy měření a regulace by měly informovat uživatele o jim ovlivnitelné aktuální spotřebě energie (tepla a elektřiny) v závislosti na nastavení uživatelských parametrů (např. teploty vzduchu).</p> <p>TCS5 Naměřené hodnoty rychlosti proudění vzduchu jsou po většinu doby měření v místnosti A9.15 (912) velmi nízké – průměrná hodnota je 0,065 m/s. Tato skutečnost může ovlivňovat vnímanou kvalitu vzduchu z hlediska stagnujícího vydechovaného vzduchu.</p> <p>TCS6 Tři ze tří uživatelů vnímají negativně proudění vzduchu. Systém chlazení občas způsobuje lokální tepelný diskomfort vnímaný různými uživateli různě – nejčastěji se vyskytuje stížnost na chlad, teplota je nerovnoměrná a nedostatečně proudění vzduchu. Z dotazníku nepřímo vyplývá, že nejsou plně využívány možnosti instalovaného klimatizačního zařízení.</p>		<p>Nastavit na výustkách v kancelářích usměrnění proudů vzduchu mimo pobytovou zónu.</p> <p>Vyhavit všechna pracoviště lokálními ventilátory ovládanými uživateli. Zlepšit možnost si přizpůsobit prostředí.</p> <p>Seznámit uživatele s možností nastavení.</p>

Zdroj: KABELÉ, K., VEVEŘKOVÁ, Z., DVOŘÁKOVÁ P. Kvalita vnitřního prostředí administrativní budovy, ČVUT 2021 (Výzkumná zpráva)


43

HAIEQ
Holistic Assessment of Indoor Environment Quality
IHO CERTIFIKOVANÁ METODIKA

Vyhodnocení kvality vzduchu (IAQ)		Objekt AB1
IAQ1	Volba a provoz systému větrání	1
IAQ2	Schopnost systému větrání přizpůsobovat svůj provozní mód v reakci na potřeby uživatelů	1
IAQ3	Schopnost systému větrání podávat zprávy uživatelům o využití energie	2
IAQ4	Schopnost systému větrání podávat zprávy uživatelům o kvalitě prostředí z hlediska kvality vzduchu	2
IAQ9	Shrnutí výsledků hodnocení kvality vzduchu z měření/simulace (pokud bylo provedeno)	2
IAQ6	Shrnutí výsledků hodnocení kvality vzduchu z dotazníkového průzkumu	3
IAQ	Hodnocení kritéria IAQ	1,83
Komentář		Doporučení:
<p>IAQ3 - Informativní komentář. Moderní systémy měření a regulace by měly informovat uživatele o jim ovlivnitelné aktuální spotřebě energie (tepla a elektřiny) v závislosti na nastavení uživatelských parametrů (např. výkon VZT zařízení)</p> <p>IAQ4 - Uživatelé nemají k dispozici informaci o provozu větracího systému a o kvalitě vzduchu v místnosti</p> <p>IAQ 5 - při průzkumu byl zjištěn nadměrný výskyt prachu na povrchu přívodního prvku v prostoru chodby. Z laboratorního rozboru prachu vyplývá, že se nejedná o prach z běžného provozu interiéru, resp. složení prachu se liší od vzorku odebraného z interiéru zasedací místnosti. Zdrojem může být vzduch nasávaný z exteriéru, případně prach usazený v potrubí z doby výstavby.</p> <p>IAQ 6 - Uživatelé jsou nespokojeni s vnímanou kvalitou vzduchu - vzduch vnímají jako vydecháný, suchý a pociťují nedostatek čerstvého vzduchu v interiéru. Tyto pocity mohou být umocněné umístěním místnosti A9.15 (912) uprostřed dispozice.</p>		<p>Provést kontrolu a vyčištění míst, kde je vzduch vzduchotechnickým systémem z exteriéru nasávaný z hlediska výskytu prachu.</p> <p>Zkontrolovat vata stav instalovaných filtrů ve vzduchotechnické jednotce a koncových prvcích podle projektu. Pro tento typ doporučeno použít filtry G3 (80-Am-90) + F7 (80-Em-90)</p> <p>Zkontrolovat, zda je prováděna periodická kontrola zařízení dle pokynů výrobce a plánu údržby (týdenní, 3měsíční, půtroční a roční, doloženo protokolem)</p> <p>Do kanceláří instalovat nezávislý nástěnný indikátor CO₂, teploty a relativní vlhkosti vzduchu. Poskytnutí uživatelům informace o kvalitě vzduchu v interiéru bez možnosti otevírání oken snižuje stres z neinformovanosti a umožňuje laickou kontrolu funkce VZT zařízení</p> <p>Do kanceláří instalovat lokální zvlhčovače vzduchu ovládané uživateli – nastavit vlhkost suchého vzduchu (bude nastavena)</p> <p>Do kanceláří instalovat lok. ventilátory</p> <p>V případě pocitu vydechánosti místnosti a naruší vrstvy stěny při nízkých rychlostech proudění vzduchu</p> <p>Ke zvlhčení</p> <p>Na displeji ovladače v místnosti A9.15 (912) - nastavit</p> <p>Vnímanou kvalitu vzduchu sekretariátu A9.15 (912) z celkové dispozice</p>

Zdroj: KABELÉ, K., VEVEŘKOVÁ, Z., DVOŘÁKOVÁ P. Kvalita vnitřního prostředí administrativní budovy, ČVUT 2021 (Výzkumná zpráva)

44




HAIBQ

Habitat Assessment of Indoor Environmental Quality
MPO CERTIFIKOVANÁ METODIKA


Vyhodnocení světelného prostředí (LC)		Objekt AB1 Hodnocení
LC1	Volba a provoz systému osvětlení	2
LC2	Schopnost systému osvětlení přizpůsobovat svůj provozní mód v reakci na potřeby uživatelů s náležitým zohledněním uživatelské vstřícnosti, zachování zdravého vnitřního prostředí – např. regulace intenzity a spektra zdrojů světla na pracovišti, zpětná vazba od uživatelů o subjektivním hodnocení kvality prostředí	2
LC3	Schopnost systému osvětlení podávat zprávy uživatelům o využívání energie	2
LC4	Schopnost systému osvětlení podávat zprávy uživatelům o kvalitě prostředí	2
LC5	Shrnutí výsledků hodnocení světelného prostředí z měření/simulace (pokud bylo provedeno)	2
LC6	Shrnutí výsledků hodnocení světelného prostředí z dotazníkového průzkumu (pokud byl proveden)	2
LC	Hodnocení kritéria LC	2,0
Komentář		Doporučení
LC1: Pravděpodobný nedostatek denního světla v místnosti A9.15 (912) z důvodů umístění uprostřed dispozice. Pracoviště je bez přímého kontaktu s vnějším prostředím. LC2: Systém umožňuje změnu osvětlenosti, nikoliv však změnu teploty chromatičnosti světla (biodynamické osvětlení). LC3: Informační komentář. Moderní systémy měření a regulace by měly informovat uživatele o jím ovlivnitelné aktuální spotřebě energie (tepla a elektřiny) v závislosti na nastavení uživatelských parametrů (např. umělé osvětlení) LC4: v případě smíšeného osvětlení může informace o aktuální kvalitě světla pomoci předcházet či řešit stav únavy na pracovišti. LC5 : Nevhodná teplota chromatičnosti umělého světla A9.15 (912). LC6: Nespokojenost s množstvím denního světla.		Doporučujeme přesun sekretariátu A9.15 (912) z centra dispozice k fasádě. Při zachování stávajícího umístění sekretariátu, je vhodné provést měření denního osvětlení a použít světelné zdroje simulující denní světlo.

Zdroj: KABELÉ, K., VEVEŘKOVÁ, Z., DVOŘÁKOVÁ P. Kvalita vnitřního prostředí administrativní budovy. ČVUT 2021 (Výzkumná zpráva)

Lowcost senzory 2022



45




HAIBQ

Habitat Assessment of Indoor Environmental Quality
MPO CERTIFIKOVANÁ METODIKA

Vyhodnocení akustického prostředí (AC)		Objekt AB1 Hodnocení
AC1	Zdroje hluku a opatření k jejich eliminaci	1
AC2	Schopnosti systému podávat zprávy uživatelům o kvalitě prostředí z hlediska akustiky	N
AC3	Shrnutí výsledků hodnocení akustického prostředí z měření/simulace (pokud bylo provedeno)	1
AC4	Shrnutí výsledků hodnocení akustického prostředí z dotazníkového průzkumu (pokud byl proveden)	2
AC	Hodnocení kritéria AC	1,33
Komentář		Doporučení
AC1: V jednom případě místnosti A9.03 (914) byla vyjádřena bližší nespecifikovaná nespokojenost s akustickým prostředím		V oblasti akustiky nejsou navržena žádná opatření

Zdroj: KABELÉ, K., VEVEŘKOVÁ, Z., DVOŘÁKOVÁ P. Kvalita vnitřního prostředí administrativní budovy. ČVUT 2021 (Výzkumná zpráva)

Lowcost senzory 2022



46


Souhrn hodnocení stavu prostředí a závěrečná doporučení

Zóna:		Objekt AB1	
Kritérium		Hodnocení	Potenciál pro zlepšení stavu
	LS Lokality a umístění objektu z hlediska vnějšího prostředí a sociálních vazeb	1,286	14%
	STI Stavebně-technické řešení a interiér hodnocené zóny	1,500	25%
	TCW Tepelný komfort v chladném období	1,400	20%
	TCS Tepelný komfort v teplém období	1,500	25%
	IAQ Kvalita vzduchu	1,833 !	42%
	LC Světelné prostředí	2,000	50%
	AC Akustické prostředí	1,333	17%
	EC Elektro-magnetická, -iontová -statická pole, ionizační zařízení	1,333	17%

Zdroj: KABELÉ, K., VEVEŘKOVÁ, Z., DVOŘÁKOVÁ, P. Kvalita vnitřního prostředí administrativní budovy - ČVUT 2021 (Výkumná zpráva)

HAIEQ
 Indoor Assessment of Indoor Environmental Quality
 MPO CERTIFIKOVANÁ METODIKA

Lowcost senzory 2022



47

„SRI“ - UKAZATEL PŘIPRAVENOSTI BUDOVOY NA CHYTRÁ ŘEŠENÍ



Lowcost senzory 2022



48

UKAZATEL PŘIPRAVENOSTI NA CHYTRÁ ŘEŠENÍ (Smart Readiness Indicator - SRI)



OČEKÁVANÉ PŘÍNOSY

- OPTIMALIZOVANÉ UŽITÍ ENERGIE JAKO FUNKCE (LOKÁLNÍ) PRODUKCE
- OPTIMALIZOVANÁ AKUMULACE ENERGIE
- AUTOMATIZOVANÁ DIAGNOSTIKA A PŘEDCHÁZENÍ PORUCHAM
- VYŠŠÍ KVALITA PROSTŘEDÍ**

- Určen pro **měření schopnosti budov** využívat informační a komunikační technologie a elektronické systémy **pro účely přizpůsobení provozu budov potřebám uživatelů a sítě a pro zvýšení energetické účinnosti a celkové hospodárnosti budov**
- Měl by **zvýšit povědomí vlastníků a uživatelů budov** o hodnotě automatizace budov a elektronického monitorování technických systémů budov a **měl by uživatelům budovy poskytnout jistotu, pokud jde o skutečné úspory plynoucí z těchto nových rozšířených funkcí.**
- Využívání tohoto systému pro hodnocení připravenosti budov pro chytrá řešení by mělo být pro členské státy **nepov**

[SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2018/842/2018]

Lowcost senzory 2022



49

Zpracování SRI

- I. Identifikace „chytrých řešení“ v budově v jednotlivých oblastech
- II. Posouzení vlivu těchto řešení na jednotlivá kritéria
- III. Multikriteriální analýza – různá váha jednotlivých kritérií



9 oblastí „služeb“

Vytápění	Chlazení	Teplá voda	Řízené větrání	Osvětlení	Dynamická obálka budovy	Elektrina	Elektromobilita	Měření a regulace
----------	----------	------------	----------------	-----------	-------------------------	-----------	-----------------	-------------------

7 kritérií

Energie	Provoz	Kvalita prostředí	Komfort obsluhy	Zdraví	Informovanost	Elektrina
---------	--------	-------------------	-----------------	--------	---------------	-----------

Zdroj: Stijn Verbeke: Second Technical Study to support establishment of a rating for the Smart Readiness of Buildings, REHVA Brussels Summit 2019



50

Postup stanovení SRI

Zdroj: Discussion document – preparation of the delegated act of the smart readiness indicator
Meeting of the Expert Group on the Energy Performance of Buildings Directive 14 February 2020

Služba	Úroveň 0	Úroveň 1	Úroveň 2	Úroveň 3	Úroveň 4
Vytápění -Regulace sdílení tepla do prostoru	Bez automatické regulace	Zónová regulace - Prostorový termostat	Místní regulace – termostatické hlavice	Místní regulace a komunikace mezi prvky	

Příklad...

Lowcost senzory 2022

51

Výpočet váženého průměru všech služeb

Váha kritérií závisí na

- geografické oblasti
- typu budovy

Příklad...

Zdroj: Stijn Verbeke: Second Technical Study to support establishment for rating the Smart Readiness of Buildings, REHVA Brussels Summit 20

Lowcost senzory 2022

52

Stanovení výsledného SRI

Teoretické maximum x dosažitelné maximum

- bylo by nespravedlivé penalizovat budovu za neposkytování služeb, které nejsou relevantní

Identifikace relevantních služeb pro konkrétní budovu

- Relevantní, protože jsou přítomny
- Relevantní, protože by měly být přítomny

CALCULATION OF SRI SCORE

Zdroj: Stijn Verbeke: Second Technical Study to support establishment of a common EU scheme for rating the Smart Readiness of Buildings, REHVA Brussels Summit 2019

SRI - CALCULATION METHODOLOGY

Lowcost senzory 2022


53

Grafická podoba SRI

SRI by také mohl poskytovat další informace, např. o interoperabilitě nebo kybernetické bezpečnosti technických systémů budov

Lowcost senzory 2022


54




Závěr

- Požadavky na prostředí
- Porovnání senzorů
- Ukazatel připravenosti budovy na chytrá řešení SRI
- Metodika hodnocení kvality prostředí HAIEQ

Lowcost senzory 2022



55




ČVUT v Praze
 Fakulta stavební
 Katedra technických zařízení budov

Budovy nestavíme proto, aby šetřily energii, ale proto, abychom v nich mohli žít ve zdravém a kvalitním prostředí.

Děkuji za pozornost

Karel Kabele
kabele@fsv.cvut.cz



56

Senzorová měření



B. Kotlík, NRC pro venkovní a vnitřní ovzduší
Státní zdravotní ústav

Osobní monitory kvality ovzduší zpřesňují smogové mapy ve městech

11.7.2018



Senzor změní počet škodlivých látek ve vzduchu a odešle data do chytrého telefonu. Uživatel tak snadno vyhodnotí, zda půjde ven, nebo zůstane doma.

DALŠÍ ČLÁNKY AUTORA

Německo posílí
digitální



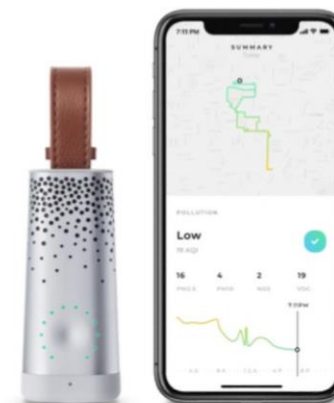
Na trh přichází nová generace dostupného přenosného senzoru kvality ovzduší. Uplatní se zejména ve městech, kde pomáhá obyvatelstvu i úřadům.

18. Plume Labs (Flow 2)

Tested Accuracy: 7%

Estimated Price: \$199

Weatherproof: No



Začneme trochu filozoficky

- Síla jin a síla jang jsou dvě spojené části jednoho celku. Z etymologického hlediska znamenají znaky jin a jang temnotu a světlo.
- Koncept jin – jang má původ v dávné čínské filosofii a popisuje dvě navzájem opačné a doplňující se síly, které se nacházejí v každé živé i neživé části vesmíru.
- Tečky opačné barvy symbolizují, že v každé ze sil se nachází i opačná síla a také že charakter dané síly záleží na pozorovateli.

Kdo z Vás má doma meteostanici, senzor kouře či CO nebo dokonce domácí alarm se senzorem pohybu?

A kolik z Vás má „chytré hodinky“ plné fitness aplikací?

A kolik z Vás má ve svém smartphone krokoměr, měření tepu, monitoring pohybu, rychlosti, tempa, měření nadmořské výšky, vzdálenosti

... nebo (ne)bezpečné auto neřkuli Teslu?

.... a věříte tomu, těm všem sensorům?

Všichni chtějí informace hned teď Kvalita není důležitá

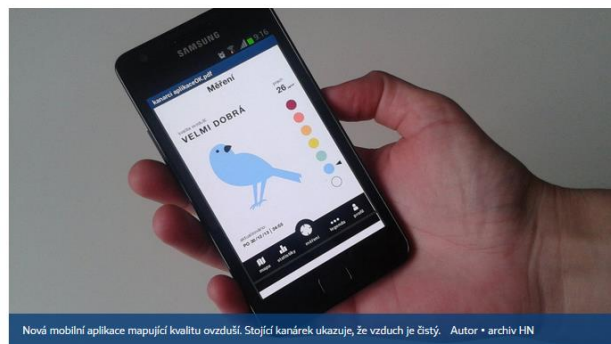


Zdraví & Sport

Pomozte svým uživatelům vyhnout se nadměrnému vystavení znečištěnému ovzduší. Posílejte jim předpovědi a upozornění reálném čase.

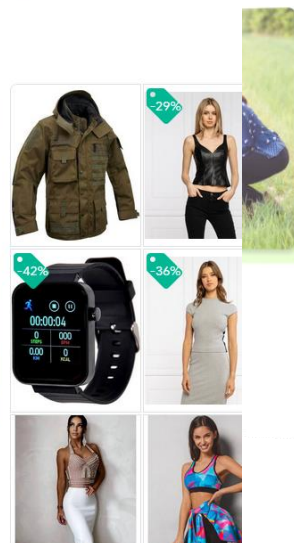
Když je ovzduší čisté, kanárek zpívá a bliká zelená. Telefon řekne, kdy jít ven

Zuzana Keményová redaktorka
25. 2. 2013 15:20 • 2 min čtení



Nová mobilní aplikace mapující kvalitu ovzduší. Stojící kanárek ukazuje, že vzduch je čistý. Autor: archiv HN

Studenti a sdružení Čisté nebe vytvořili prototyp mobilní aplikace, která dá lidem přesné informace o kvalitě ovzduší v místě, kde žijí. Unikátní projekt už zkoušejí dobrovolníci v Praze a Ostravě.



Co služba sledování nabízí?

Dlouhodobý monitoring kvality ovzduší

SLEDOVANÉ PARAMETRY



Prachové částice a další nebezpečné látky v ovzduší ohrožují občany Vašeho města na konkrétním místě a v konkrétním čase, a proto i informace, které monitorovací systém poskytuje musí být dostupné online a okamžitě.

Signalizace zhoršené kvality ovzduší poskytuje doporučení jak minimalizovat dopady na zdraví. SMS nebo email ihned po provedení měření umožní včasnou reakci při změně podmínek.

Rodiče s dětmi nebo osoby s respiračními obtížemi mohou odložit procházku, lze omezit větrání, a snadno tak snížit negativní dopady na zdraví spojené s nepříznivou situací v konkrétní lokalitě.

[VÍCE INFO](#)

Základní rozvaha

KDE ?

- Vnitřní, venkovní či dokonce pracovní ovzduší ?
- Regulované prostředí, rodinné domy, byty nebo ostatní komunální ?
- Exponované lokality nebo bytová zástavba ?

CO ?

- Všechno co „umíme“
- Medializované problémy
- Zdravotně potenciálně významnou zátěž ?
- To u čeho naměříme data alespoň orientačního významu a neskončí to v „šuplíku“

PROČ ?

- Deskripce
 - stavu
 - problému
 - změn
- Společenská zakázka včetně informací pro veřejnost
- Výzkum
- Citizens science, Internet of Things

Nadstavba

KOMU/KAM JE TO URČENO

- Média
- Informace pro laickou veřejnost
- Plánovaná součást většího systému
- Na webové stránky města (školy a pod.)

ŘÍZENÍ KVALITY OVZDUŠÍ

- Hodnocení stavu ovzduší (imisní limity)
- Varování obyvatel (smogový výstražný systém)
- Informace o zdrojích, deskripce existujícího problému

CO TO VLASTNĚ ZNAMENÁ

- Indexace?
- Doporučení veřejnosti?
- Hodnocení vlivu na zdraví
- „vzbouření na vsi“
- Přesné zpracování nepřesných čísel

A tohle je mmch
taky oprávněný
názor

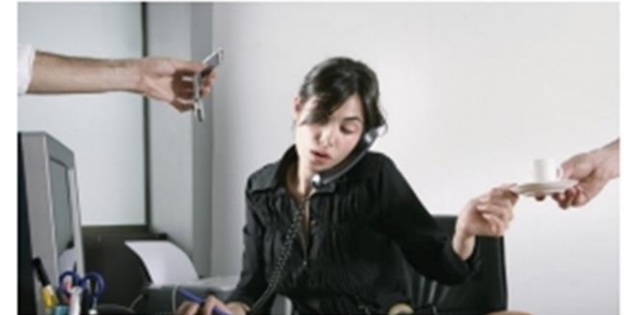
Mnoho informací najednou mozku nesvědčí. Hloupneme

27.08.2009 16:46 Původní zpráva

SDÍLEJTE:



Doba je rychlá. Abychom stihli vše, co je třeba, stále častěji provozujeme takzvaný multitasking - zabýváme se více věcmi najednou. Další z řady studií ale varuje, že si tím nepomůžeme. Spíše naopak...



Podobný výzkum Vanderbiltovy univerzity ukázal, že při multitaskingu se mozek rychle zahlčí. Práce se zpomaluje, protože mozek vydává neúměrně mnoho energie na rozhodování, čemu se vlastně věnovat, a přepínání mezi jednotlivými činnostmi. Pokud člověka od práce vyruší například telefonát, trvá mu až 25 minut, než je opět schopen plně se soustředit na původní činnost.

Multitasking kromě toho způsobuje vyplavování stresových hormonů, což mimo jiné zhoršuje krátkodobou paměť.

... proto raději končím/e