

VYHODNOCENÍ REALIZOVANÝCH MĚŘENÍCH

**Detailní monitoring polycyklických aromatických
uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny
Jihovýchod CZ06Z 2020+**

Datum zpracování: 30. 4. 2024

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

www.monitoringpau.cz

www.sfzp.cz/norskefondy

www.norskefondy.cz

www.eeagrants.org

Program:

Životní prostředí, ekosystémy a změna klimatu

Výzva:

Tromso – Monitoring kvality ovzduší, identifikace zdrojů a zpracování akčních plánů,
NF Call 2A - 3.2.1.1

Projekt:

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny
Jihovýchod CZ06Z 2020+

č. projektu: 3202100008

Realizace projektu:



Bucek s.r.o.



Spolupracující subjekty:



Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

www.monitoringpau.cz

www.sfzp.cz/norskefondy

www.norskefondy.cz

www.eeagrants.org

OBSAH

Seznam použitých zkratk	5
Souhrn	7
1 Úvod	9
1.1 Popis projektu	9
1.2 Měření znečišťující látky.....	9
1.2.1 Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU).....	9
1.2.2 Aerosolové částice	10
1.2.3 Oxid dusičitý (NO ₂).....	10
1.2.4 Oxid siřičitý (SO ₂)	11
1.2.5 Přízemní ozón (O ₃)	11
1.2.6 Oxid uhelnatý (CO).....	12
2 Metodika	12
2.1 Výběr lokalit.....	12
2.2 Metodika měření.....	17
3 Výsledky měření koncentrací BaP	21
3.1 Jihomoravský kraj	21
3.1.1 Benzo[a]pyren	22
3.1.2 Polycyklické aromatické uhlovodíky.....	26
3.1.3 Aerosolové částice PM ₁₀	29
3.2 Kraj Vysočina	32
3.2.1 Benzo[a]pyren	33
3.2.2 Polycyklické aromatické uhlovodíky.....	37
3.2.3 Aerosolové částice PM ₁₀	40
4 Posouzení zdrojů PAU	43
5 Srovnání monitorovaných lokalit s vybranými lokalitami SSIM	48
5.1 Jihomoravský kraj	49
5.2 Kraj Vysočina	52
6 Výsledky kontinuálních měření	54

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

6.1	Jihomoravský kraj	54
6.1.1	Veselí nad Moravou	55
6.1.2	Bučovice	58
6.1.3	Tišnov	61
6.1.4	Lukov	64
6.2	Kraj Vysočina	67
6.2.1	Červená Řečice	67
6.2.2	Brtnice	70
6.2.3	Třešť	75
6.2.4	Jimramov	78
7	Shrnutí	81
8	Literatura	87
9	Seznam obrázků	89

Seznam použitých zkratk

PZKO	program zlepšování kvality ovzduší
JMK	Jihomoravský kraj
VYS	Kraj Vysočina
EVL	Evropsky významné lokality
CHOPAV	chráněné oblasti přirozené akumulace vod
CHKO	chráněná krajinná oblast
NO	oxid dusnatý
NO ₂	oxid dusičitý
NO _x	souhrn koncentrací oxidu dusnatého a oxidu dusičitého vyjádřeného jako koncentrace oxidu dusičitého (součet hmotnostních zlomků NO + NO ₂ v ppb převedený na odpovídající hmotnostní koncentraci NO ₂)
SO ₂	oxid siřičitý
CO	oxid uhličitý
NMVOC	nemetanové těkavé organické látky
O ₃	ozon
PAU	polycyklické aromatické uhlovodíky
PM ₁₀	aerosolové částice s aerodynamickým průměrem menším nebo rovným 10 µm dispergované v ovzduší
PM _{2.5}	aerosolové částice s aerodynamickým průměrem menším nebo rovným 2,5 µm dispergované v ovzduší
PM ₁	aerosolové částice s aerodynamickým průměrem menším nebo rovným 1 µm dispergované v ovzduší
BcF	Benzo[c]fluorene
BaA	Benzo[a]anthracene
Chr	Chrysene
CcP	Cyklopenta[cd]pyrene
MCh	5-Methylchrysen
BbF	Benzo[b]fluoranthene
BkF	Benzo[k]fluoranthene
BjF	Benzo[j]fluoranthene
BaP	Benzo[a]pyrene

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

DBA	Dibenz[a,h]anthracene
Ipy	Indeno[1,2,3-cd]pyrene
Bpe	Benzo[ghi]perylene
DBIP	Dibenzo[a,l]pyrene
DBeP	Dibenzo[a,e]pyrene
DBiP	Dibenzo[a,i]pyrene
DBhP	Dibenzo[a,h]pyrene
SSIM	Státní síť imisního monitoringu

Souhrn

V průběhu tří kampaní zima 2022 (18. 1. – 18. 4. 2022), léto 2022 (14. 6. – 12. 9. 2022) a zima 2023 (18. 1. – 17. 4. 2023) byla postupně realizována měření kvality ovzduší na území Jihomoravského kraje a Kraje Vysočina. Celkem bylo v průběhu dvou zimních a jedné letní kampaně odebráno 2160 vzorků aerosolových částic frakce PM₁₀, odebráno bylo vždy 6 filtrů se vzorky částic během 14 dní na každé ze 120 lokalit v průběhu jedné měřicí kampaně. Ve všech odebraných vzorcích aerosolových částic byly stanoveny koncentrace 16 polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) vč. Benzo[a]pyrenu (BaP) a současně stanoveny koncentrace aerosolových částic frakce PM₁₀. Odběry probíhaly v termínech dle odběrového kalendáře Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ).

Měření si kladlo za cíl zjistit koncentrace BaP na území Jihomoravského kraje (JMK) a kraje Vysočina (VYS) a v návaznosti na to porovnat naměřené výsledky s Programem zlepšování kvality ovzduší (PZKO) pro zónu Jihovýchod, který byl mimo jiné využit jako základ pro výběr lokalit. Při výběru lokalit byla dále zohledňována další kritéria, a to velikost obcí a měst, kategorie vytápění a počet obydlí na tuhá paliva, vliv velkého a středního zdroje znečišťování, vliv silniční komunikace, charakter okolí (zakřivení reliéfu, zdali se jedná o obce na rovině, v údolí, popř. ve vrcholové poloze). Dále byly v každém z krajů vybrány lokality zvláště chráněných území z pohledu ochrany přírody a krajiny, a to 3 lokality chráněné oblasti přirozené akumulace vod, 2 lokality chráněné krajinné oblasti a 3 evropsky významné lokality.

Odběry vzorků aerosolových částic thorakální frakce PM₁₀ byly realizovány dle ČSN EN 12341 s využitím středněobjemových vzorkovačů Leckel MVS6 a SEQ 47/50 (výrobce obou zařízení Sven Leckel Ingenierbüro, Německo). Částice byly zachytávány na filtr o průměru 47 mm z křemenných vláken (Merck Milipore, Německo) po dobu 24 hodin. Koncentrace PAU byly stanoveny plynovou chromatografií (GC) v kombinaci s hmotnostní spektrometrií (MS) s využitím zařízení GC MS Triple Quadrupole GC/QQQ 7000C (Agilent technologies, USA).

Na 31 ze 120 lokalit byly naměřeny průměrné koncentrace BaP, vypočtené z 18 odebraných a analyzovaných vzorků v průběhu tří odběrových kampaní, nad hodnotou 1 ng.m⁻³. Tato hodnota je hodnotou imisního limitu pro BaP stanovená zákonem o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb., nicméně je definována jako roční průměrná koncentrace. Proto naměřené koncentrace BaP nelze interpretovat jako překročení imisního limitu, ale jako zvýšené koncentrace. V porovnání krajů se jednalo o 17 lokalit na území JMK a 14 lokalit na území KV. Meziročně (porovnání odběrových kampaní zima 2022 a zima 2023) došlo k nárůstu koncentrací BaP na 45 lokalitách v JMK a na 19 lokalitách VYS. Průměrně byly naměřeny vyšší koncentrace PAU (a to včetně BaP) na území JMK. V prvním roce měření (zima 2022) byly naměřeny vyšší koncentrace BaP na lokalitách kraje Vysočina, ve druhém roce měření (zima 2023) byly vyšší koncentrace BaP sledovány na lokalitách Jihomoravského kraje. Tyto rozdíly jsou s největší pravděpodobností způsobeny rozdílnými meteorologickými podmínkami, které panovali v období realizace měření. V JMK byla průměrná teplota v rámci zimní kampaně v roce 2023 v porovnání se zimní kampaní nižší o cca. 1,1 °C (4,4 °C v roce 2022 3,3 °C v roce 2023), což způsobilo vyšší koncentrace BaP vlivem intenzivnějšího vytápění domácností. Naopak v rámci KV byla průměrná teplota v rámci zimní kampaně v roce 2023 v porovnání se zimní kampaní vyšší o cca. 0,7 °C (6,2 °C v roce 2022 5,5 °C v roce 2023), což způsobilo nižší koncentrace BaP vlivem nižší intenzity vytápění domácností. V případě celkových koncentrací všech 16 stanovených PAU došlo v porovnání zimních kampaní k meziročnímu zvýšení koncentrací PAU na 47 lokalitách JMK a na 21 lokalitách VYS. Z výsledků dále vyplývá, že vyšší koncentrace BaP nutně neznamenají nárůst koncentrací PAU. Původ PAU je především ze spalování

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

fosilních paliv, typicky se uvolňují při nedokonalém spalovacím procesu, a to jak v motorech automobilů, tak v průmyslových procesech a zejména při spalování tuhých paliv v při vytápění domácností. Při každém z těchto procesů vzniká jiná směs PAU, a proto při různém příspěvku těchto zdrojů měříme rozdílné koncentrace jednotlivých PAU.

V případě PM_{10} byly stanoveny vyšší koncentrace na VYS. Mezi ročně v porovnání zimních období došlo ke zvýšení koncentrací PM_{10} na 51 lokalitách JMK a na 22 lokalitách VYS. Z důvodu většího spektra potencionálních zdrojů aerosolových částic, nejen ze spalovacích procesů, nemusí vyšší koncentrace PM_{10} znamenat vyšší koncentrace BaP. Aerosolové částice mohou vznikat jak v důsledku činnosti člověka (spalovací procesy, doprava, technologické procesy), tak také přirozeně z přírodních zdrojů (mořský aerosol, sopečná činnost, půdní eroze vlivem větru), ale i chemickými a fyzikálními procesy přímo v ovzduší. Příspěvek všech těchto zdrojů pak určuje celkovou koncentraci aerosolových částic v ovzduší.

Z výsledků kontinuálních měření oxidů dusíku (NO , NO_2 a NO_x), oxidu siřičitého (SO_2), oxidu uhelnatého (CO) a ozonu (O_3) realizovaných v obcích identifikovaných PZKO jako cílové pro realizaci opatření vyplývá, že nebyly naměřeny hodnoty překračující žádný z imisních limitů podle zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Dosažené výsledky odběrových i měřících kampaní ukazují na významný podíl lokálních topenišť na koncentrace PAU vč. BaP na sledovaných lokalitách, což je nejvíce patrné z porovnání zimních a letního měření. Koncentrace škodlivin v průběhu letní odběrové kampaně byly výrazně nižší v porovnání se zimními kampaněmi, kdy byly v obou zimních kampaních naměřené koncentrace až řádově vyšší.

1 Úvod

1.1 Popis projektu

Znečištění ovzduší polycyklickými aromatickými uhlovodíky (PAU) je v poslední době vysoce aktuální a sledované téma. Důvodem je fakt, že některé PAU mají závažné dopady na zdraví člověka vč. karcinogenních účinků a naměřené hodnoty benzo[a]pyrenu, který je jedním z této skupiny škodlivin, na mnoha stanicích v České republice pravidelně překračují legislativně stanovený roční imisní limit. Mnohé látky ze skupiny PAU jsou považovány za indikátory (markery) různých specifických zdrojů znečišťování ovzduší. Z toho důvodu je jejich monitoring a následné pokročilé vyhodnocení vhodným nástrojem pro identifikaci zdrojů znečišťování ovzduší. V malých obcích jsou zvýšené koncentrace většiny PAU indikátorem zvýšeného podílu lokálních zdrojů vytápění na emisní zdrojové skladbě.

Projektový záměr vycházel z PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+, ve kterém je benzo[a]pyren specifikován jako nejproblematictější znečišťující látka. Pro kraj Vysočina i Jihomoravský kraj jsou v rámci návrhu PZKO vybrány cílové obce Programu, kde je třeba realizovat opatření, nicméně tyto obce pokrývají jen poměrně malou oblast v rámci obou krajů. Projekt je proto zaměřen na detailní proměření koncentrací PAU definovaných evropskou legislativou v doporučení Evropské komise 2005/108/ES (Evropská komise, 2005) v čele s benzo[a]pyrenem (dále pak benzo[c]fluoren, benz[a]anthracen, cyklopenta[cd]pyren, chrysen, 5-methylchrysen, benzo[b]fluoranthén, benzo[k]fluoranthén, benzo[j]fluoranthén, benzo[a]pyren, indeno[1,2,3-cd]pyren, dibenz[a,h]anthracen, benzo[ghi]perylene, dibenzo[a,l]pyren, dibenzo[a,e]pyren, dibenzo[a,i]pyren, dibenzo[a,h]pyren) na 60 lokalitách Jihomoravského kraje a 60 lokalitách Kraje Vysočina. V projektu budou plošně proměřeny další oblasti a lokality, s cílem zpřesnění PZKO v rámci celých krajů.

1.2 Měřené znečišťující látky

1.2.1 Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

Legislativním zástupcem polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) je benzo[a]pyren (BaP). Přírodní hladina pozadí benzo[a]pyrenu může být s výjimkou výskytu lesních požárů téměř nulová. Jeho antropogenním zdrojem, stejně jako ostatních PAU, je nedokonalé spalování fosilních paliv jak ve stacionárních (domácí topeniště – zcela majoritní zdroj emisí), tak i v mobilních zdrojích (motory spalující naftu a benzín), ale také průmyslová výroba (zejména výroba koksu a oceli). Přibližně 80–100 % PAU s pěti a více aromatickými jádry (tedy i benzo[a]pyren) je navázáno především na částice menší než 2,5 μm , tedy na tzv. jemnou frakci atmosférického aerosolu $\text{PM}_{2.5}$ (sorpcí na povrchu částic). Tyto částice přetrvávají v atmosféře poměrně dlouhou dobu, což umožňuje jejich transport na velké vzdálenosti (až stovky km) (Holoubek, 1996).

U benzo[a]pyrenu, stejně jako u některých dalších PAU, jsou prokázány karcinogenní účinky na lidský organismus.

PAU, zastoupené v oblasti sledování kvality ovzduší benzo[a]pyrenem, jsou produkovány téměř výhradně spalovacími procesy, při nichž nedochází k dostatečné oxidaci přítomných organických spalitelných látek. Benzo[a]pyren je produktem nedokonalého spalování při teplotách 300 až 600 °C. Mezi jeho nejvýznamnější zdroje se proto řadí spalování pevných paliv v kotlích nižších výkonů, především v domácích topeništích, a doprava. Lokální vytápění domácností se na emisích benzo[a]pyrenu v roce 2022 v celorepublikovém měřítku podílí 97,3 % (ČHMÚ, 2023).

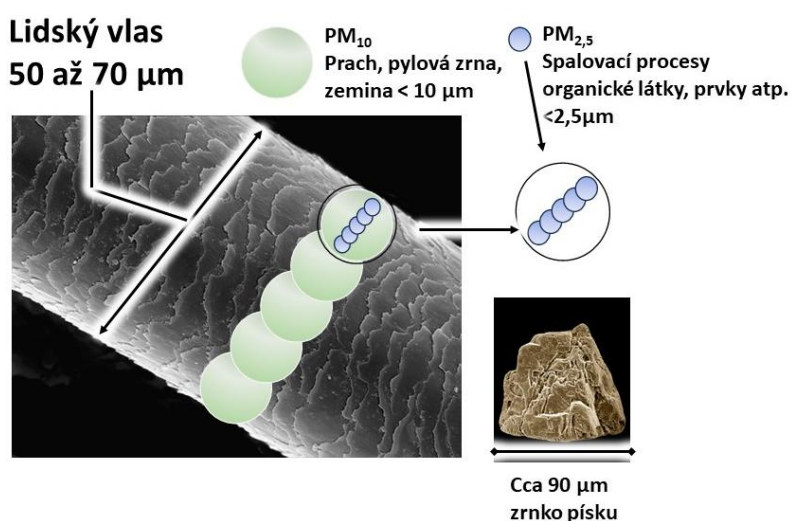
Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

1.2.2 Aerosolové částice

Aerosolové částice jsou emitovány jak přírodními (např. sopky či prашné bouře), tak i antropogenními (např. elektrárny a průmyslové technologické procesy, doprava, spalování uhlí v domácnostech, spalování odpadu) zdroji. Většina těchto antropogenních emisních zdrojů je soustředěna v urbanizovaných oblastech, tj. v oblastech, ve kterých žije velká část populace.

Z hlediska platné legislativy jsou v ovzduší sledovány dvě velikostní frakce aerosolových částic. Jedná se o frakci PM₁₀ (suspendované částice venkovního ovzduší s aerodynamickým průměrem do 10 µm), pro kterou je stanoven denní imisní limit 50 µg·m⁻³ (maximální povolený počet překročení této hodnoty 35x za rok) a roční imisní limit 40 µg·m⁻³ a jemnější frakci PM_{2.5} (suspendované částice venkovního ovzduší s aerodynamickým průměrem do 2,5 µm) s ročním imisním limitem 20 µg·m⁻³. Názorně jsou tyto částice velikostně srovnány s lidským vlasem na Obr. 1.



Obr. 1: Srovnání velikostí částic PM₁₀ a PM_{2.5} s lidským vlasem a zrnkem písku.

Mezi hlavní zdroje emisí částic v roce 2022 patřil v rámci celé ČR lokální vytápění domácností, který se podílel na znečišťování ovzduší v celorepublikovém měřítku látkami PM₁₀ 70 % a PM_{2.5} 83,7 % (ČHMÚ, 2023).

1.2.3 Oxid dusičitý (NO₂)

Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku (NO_x) rozumí směs oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO₂).

Pro oxid dusičitý jsou v příloze 1 zákona o ochraně ovzduší uvedeny dva imisní limity. Pro průměrnou roční koncentraci (40 µg·m⁻³) a pro hodinovou koncentraci (200 µg·m⁻³), která může být za kalendářní rok 18 x překročena.

Z hlediska imisních limitů je na území ČR klíčovější imisní limit pro průměrnou roční koncentraci NO₂. Imisní limit pro hodinovou koncentraci není v současnosti na žádné lokalitě v ČR překračován, a to ani na dopravně nejzatíženějších lokalitách, jako je Praha-Legerova.

Více než 90 % z celkových oxidů dusíku ve venkovním ovzduší je emitováno ve formě NO. NO₂ vzniká relativně rychle reakcí NO s přízemním ozonem nebo s radikály. Hraje také klíčovou roli při tvorbě fotochemických oxidantů. Pozornost je věnována NO₂ z důvodu jeho negativního vlivu na lidské zdraví. Expozice zvýšeným koncentracím NO₂ ovlivňuje plicní funkce a způsobuje snížení imunity.

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovlodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

V Evropě vznikají emise NO_x převážně z antropogenních spalovacích procesů, kde NO vzniká reakcí mezi dusíkem a kyslíkem ve spalovaném vzduchu a částečně i oxidací dusíku z paliva. Hlavní antropogenní zdroje představuje především silniční doprava (významný podíl má ovšem i doprava letecká a vodní) a dále spalovací procesy ve stacionárních zdrojích. Méně než 10 % celkových emisí NO_x vzniká ze spalování přímo ve formě NO_2 . Přírodní emise NO_x vznikají převážně z půdy, vulkanickou činností a při vzniku blesků. Jsou poměrně významné z globálního pohledu, z pohledu Evropy však představují méně než 10 % celkových emisí.

Největší množství emisí NO_x pochází z dopravy, která se na celorepublikových emisích NO_x v roce 2022 podílela 36,8 %. Ze sektoru veřejné energetiky a výroby tepla bylo do ovzduší vneseno 20,9 % emisí NO_x (ČHMÚ, 2023).

1.2.4 Oxid siřičitý (SO_2)

Pro oxid siřičitý jsou v příloze 1 zákona o ochraně ovzduší uvedeny dva imisní limity. Pro průměrnou denní koncentraci ($125 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), která může být za kalendářní rok 3x překročena, a pro hodinovou koncentraci ($350 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), která může být za kalendářní rok 24x překročena.

Z hlediska imisních limitů je na území ČR klíčovější imisní limit pro průměrnou denní koncentraci SO_2 a i ten je překračován pouze výjimečně (zejména Ústecký kraj). Imisní limit pro hodinovou koncentraci není dlouhodobě na žádné lokalitě v ČR překračován.

Hlavním antropogenním zdrojem oxidu siřičitého (SO_2) je spalování fosilních paliv (uhlí a těžkých olejů) a tavení rud s obsahem síry. V atmosféře je SO_2 oxidován na sírany a kyselinu sírovou vytvářející aerosol jak ve formě kapiček, tak i pevných částic širokého rozsahu velikostí.

V roce 2022 pocházelo v celorepublikovém měřítku z veřejné energetiky a výroby tepla 39,7 % emisí SO_2 a z lokálního vytápění domácností 25,2 % (ČHMÚ, 2023).

SO_2 má dráždivé účinky, při vysokých koncentracích může způsobit zhoršení plicních funkcí a změnu plicní kapacity.

1.2.5 Přízemní ozón (O_3)

Ozon je označován za sekundární znečišťující látku v ovzduší. Nemá totiž vlastní významný zdroj emisí, ale vzniká v ovzduší celou řadou chemických reakcí z tzv. prekursorů, kterými jsou oxidy dusíku a těkavé organické látky (VOC), za účinku slunečního záření a spolupůsobení O_2 . Koncentrace ozonu roste se zvyšující se teplotou. V noci i ve dne dochází k rozkladu molekul ozonu chemickými reakcemi s redukcujícími složkami ovzduší. Chemické reakce vedoucí ke vzniku ozonu mají za následek roční chod ozonu s nejvyššími koncentracemi na jaře a v létě. Nejnižší koncentrace ozonu jsou pozorovány v zimě.

Koncentrace ozonu během dne vzrůstá v důsledku promíchávání spodních vrstev vzduchu s vrstvami ležícími výše, ve kterých jsou vyšší koncentrace ozonu, a v důsledku vzniku ozonu fotochemickými reakcemi. Denní chody jsou výraznější na městských stanicích než na stanicích venkovských. Tento rozdíl je způsoben zčásti rychlejší destrukcí ozonu v městském ovzduší během večerních a nočních hodin, ke které dochází v důsledku vyšších koncentrací oxidů dusíku. Koncentrace ozonu ve venkovských oblastech položených ve vyšší nadmořské výšce nevykazují tak výrazný denní chod s velkými rozdíly mezi denními a nočními hodnotami a vysoké koncentrace O_3 mohou přetrvávat i během noci.

Zvýšené koncentrace přízemního ozonu mají nežádoucí účinky na zdraví. Můžou způsobovat různá onemocnění dýchací soustavy a mají silně dráždivé účinky na oční spojivky (SZÚ). Pozor by si měly dávat

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovlků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

především osoby s chronickými obstrukčními onemocněními a astmatem a malé děti. V poledních a odpoledních hodinách je při vysokých koncentracích přízemního ozonu lepší zdržet se intenzivní fyzické aktivity pod širým nebem. Pro přízemní ozon je v Zákonu o ochraně ovzduší stanoven imisní limit, který má hodnotu $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ jako maximální denní 8h klouzavý průměr a maximální povolený počet překročení za 3 po sobě jdoucí roky je 25 – v opačném případě mluvíme o překročení imisního limitu pro přízemní ozon. Dále se počítá index AOT40, ten bere v potaz pouze koncentrace v denní dobu (8-20 SEČ) a letní období.

1.2.6 Oxid uhelnatý (CO)

Oxid uhelnatý je produktem spalování paliv obsahujících uhlík za nízké teploty a nedostatku spalovacího vzduchu. Největší množství emisí CO vzniká v lokálním vytápění domácností, který se v roce 2022 podílel na celorepublikových emisích 69,7 %. Mezi další významné zdroje patřily spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví (8,2 %) (ČHMÚ, 2023).

Zvýšené koncentrace CO se vyskytují především na městských lokalitách významně ovlivněných dopravou, průmyslem a lokálními zdroji emisí z vytápění domácností. Na městských a venkovských pozadových lokalitách se pohybují koncentrace CO hluboko pod imisním limitem ($10000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pro maximální 8hodinový klouzavý průměr).

Oxid uhelnatý působí na srdce, cévní a nervový systém. Přijímáme ho pouze vdechováním. Při jeho nízkých koncentracích může zdravý člověk pociťovat únavu, člověk se srdečními problémy bolest na prsou. Při jeho vyšších koncentracích může dojít k poruchám vidění a koordinace, bolestem hlavy, závratím, zmatečnému chování a může být pociťována žaludeční nevolnost. Velmi vysoké koncentrace jsou smrtelné.

2 Metodika

2.1 Výběr lokalit

Za účelem výběru lokalit pro realizaci měření koncentrací a odběrů vzorků aerosolových částic a BaP byla definována kritéria výběru zahrnující velikost obce a města z hlediska počtu obydlí, kategorii převládajícího zdroje vytápění a počet obydlí na tuhá paliva, možný vliv velkého a středního zdroje znečišťování a silniční komunikace, charakter okolí zejména zakřivení reliéfu (rovina/údolí/vrcholová poloha). Při výběru byla zohledněna metodika zpracovaná v projektu č. TA 02021267 a rovněž byly využity znalosti prostředí uživatelů výsledků (zástupců obou dotčených krajů). Na základě těchto definovaných kritérií bylo vybráno celkem 120 lokalit, 60 na území každého kraje, přičemž byly vybrány lokality jak v malých sídlech, tak i v menších, středních a větších obcích a městech v rámci obou krajů tak, aby vybraná místa postihovala výše definovaná kritéria a byla proměřena místa různého charakteru a současně byla zahrnuta i zvláště chráněná území z pohledu ochrany přírody a krajiny (chráněné oblasti přirozené akumulace vod, chráněné krajinné oblasti, evropsky významné lokality a proměřeny byly také cílové obce specifikované v rámci PZKO pro realizaci nápravných opatření (viz. Obr. 2)

Konkrétní místa měření pak byla vybrána po zahrnutí všech podmínek stanovených v požadavcích na umístění bodů vzorkování pro stacionární měření ve Vyhlášce č. 330/2012 Sb., bezpečného umístění měřicí techniky, a to jak z pohledu zabezpečení přístrojů proti krádeži, tak bezpečného přístupu k přístrojům při provozu i vlastní instalaci a dostupnosti připojení k elektrické energii. Program zlepšování kvality ovzduší zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+ cílí opatření pouze na jednu znečišťující látku, Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

a to benzo[a]pyren. Pro výběr cílových obcí programu ovšem používá pouze modelových výpočtů, které jsou zatíženy větší potenciální nejistotou v odhadu koncentrací škodlivin, než exaktní měření dle stanovených referenčních metod. Na základě těchto modelových výpočtů bylo vytipováno pouze několik cílových obcí v obou dotčených krajích (Jihomoravský kraj a Kraj Vysočina), ve kterých je třeba realizovat nová opatření ke zlepšení stávajícího stavu znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem (viz Tab. 1 a Tab. 2).

Proto bylo cílem projektu proměřit plošně celé území zóny Jihovýchod, a to na 120 lokalitách (60 lokalitách Jihomoravského kraje a 60 lokalitách Kraje Vysočina). Na základě toho vznikl mnohem detailnější a přesnější obraz o charakteru znečištění benzo[a]pyrenem a dalšími polycyklickými aromatickými uhlovodíky v dotčeném území. Proměřeny byly samozřejmě i cílové obce zmíněné v PZKO, a to nejen na koncentrace benzo[a]pyrenu a dalších PAU, ale některé z nich i na další běžně měřené látky (SO₂, NO, NO₂, NO_x, CO, O₃, PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁) pomocí automatizovaných měřících stanic.

Název kraje	Název ORP	Název obce	Procento plochy s překročeným imisním limitem v roce 2023 po aplikaci stávajících opatření benzo[a]pyren
Kraj Vysočina	Havlíčkův Brod	Přibyslav	34
Kraj Vysočina	Humpolec	Humpolec	53
Kraj Vysočina	Pacov	Lukavec	19
Kraj Vysočina	Pacov	Pacov	47
Kraj Vysočina	Pelhřimov	Červená Řečice	26
Kraj Vysočina	Pelhřimov	Kamenice nad Lipou	38
Kraj Vysočina	Světlá nad Sázavou	Hradec	11
Kraj Vysočina	Světlá nad Sázavou	Ledeč nad Sázavou	28
Kraj Vysočina	Světlá nad Sázavou	Ostrov	27
Kraj Vysočina	Telč	Telč	36

Tab. 1: Cílové obce Programu, kde je třeba realizovat nová opatření – Kraj Vysočina (Zdroj: PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+)

Název kraje	Název ORP	Název obce	Procento překročení imisičního limitu po aplikaci stávajících opatření
			benzo[a]pyren
Jihomoravský kraj	Bučovice	Bučovice	35
Jihomoravský kraj	Kyjov	Bzenec	6
Jihomoravský kraj	Kyjov	Domanín	87
Jihomoravský kraj	Kyjov	Těmice	22
Jihomoravský kraj	Veselí nad Moravou	Blatnice pod Svatým Antonínkem	92
Jihomoravský kraj	Veselí nad Moravou	Hroznová Lhota	2
Jihomoravský kraj	Veselí nad Moravou	Hrubá Vrbka	73
Jihomoravský kraj	Veselí nad Moravou	Javorník	50
Jihomoravský kraj	Veselí nad Moravou	Kuželov	87
Jihomoravský kraj	Veselí nad Moravou	Lipov	98
Jihomoravský kraj	Veselí nad Moravou	Louka	66
Jihomoravský kraj	Veselí nad Moravou	Nová Lhota	45
Jihomoravský kraj	Veselí nad Moravou	Tasov	81
Jihomoravský kraj	Veselí nad Moravou	Velká nad Veličkou	69
Jihomoravský kraj	Veselí nad Moravou	Veselí nad Moravou	70

Tab. 2: Cílové obce Programu, kde je třeba realizovat nová opatření – Jihomoravský kraj (Zdroj: PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+)

Jihomoravský kraj			Kraj Vysočina		
Veselí nad Moravou ¹	Vyškov	Lukov ² – NP	Třebíč	Humpolec	Golčův Jeníkov
Bučovice ²	Blansko	Znojmo	Telč	Pacov	Spálava - CHKO
Domanín	Tišnov ²	Mikulov	Velké Meziříčí	Červená Řečice ¹	Horní Krupá
Hrubá Vrbka	Skryje	Šlapanice	Moravské Budějovice	Kamenice nad Lipou	Kámen
Nová Lhota	Boskovice	Moravský Krumlov	Hrotovice	Hradec	Přibyslav
Tasov	Rousínov	Rosice	Náměšť nad Oslavou	Ledeč nad Sázavou	Bystřice nad Pernštejnem
Louka	Letovice	Ivančice	Velká Bíteš	Rantířov	Vír
Velká nad Veličkou	Sloup	Pohořelice	Jemnice	Havlíčkův Brod	Žďár nad Sázavou
Hodonín	Bukovinka – EVL	Židlochovice	Mohelno – EVL	Pelhřimov	Nové Město na Moravě
Čejkovice	Adamov – EVL	Vranov nad Dyjí – EVL	Okříšky	Světlá nad Sázavou	Chotěboř
Lovčice	Křtiny – CHKO	Jaroslavice	Jaroměřice nad Rokytnou	Černovice	Mílovy – EVL
Dambořice	Lomnice	Hevlín	Želetava	Žirovnice	Sobíňov – EVL
Ratíškovice	Lažánky	Žerotice	Brtnice ²	Černov	Fryšava – CHKO
Bzenec	Úsobrno	Břežany	Měřín	Kochánov	Herálec – CHKO
Břeclav	Šošůvka	Brod nad Dyjí	Řásná	Sázava	Jimramov ² – CHOPAV
Lanžhot – CHOPAV	Krásensko	Vratěním	Dolní Vilímeč	Lukavec	Radostín – CHOPAV
Diváky	Rozdrojovice	Horní Kounice	Dešov	Jihlava	Bohdalov
Lednice – CHOPAV	Olešnice	Sokolnice	Svatoslav	Polná	Horní Rozsídka
Hustopeče	Lysice	Tasovice	Valdík	Jamně	Kadolec
Pavlov – CHKO	Hostěnice	Vranovská Ves	Otín	Třešť ²	Krásnéves

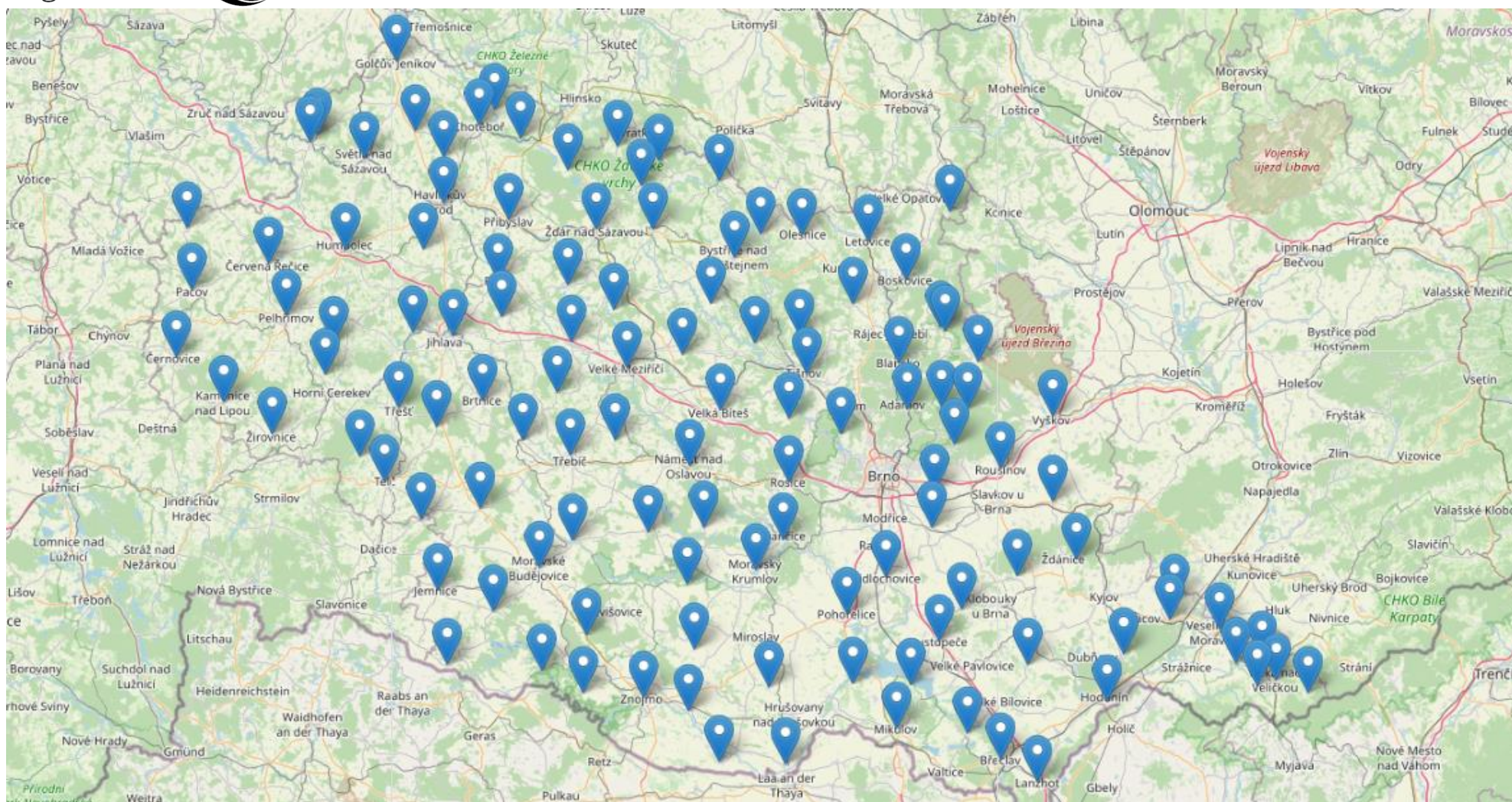
Tab. 3: Vybrané lokality na území Jihomoravského kraje a Kraje Vysočina

¹ Na lokalitě byly krom monitoringu PAU realizována kontinuální měření koncentrací plyných škodlivin a aerosolových částic po dobu trvání celého sledovaného období

² Na lokalitě byly krom monitoringu PAU realizována kontinuální měření koncentrací plyných škodlivin a aerosolových částic po dobu 14 dní

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+



Obr. 2 : Vybrané lokality na území Jihomoravského kraje a Kraje Vysočina

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

2.2 Metodika měření

Odběrové dny se shodovaly s odběrovým kalendářem ČHMÚ (každý 3. den), tak aby bylo možné naměřené koncentrace porovnat i s daty dalších měřících institucí (především ČHMÚ). Datum odběru 6. vzorku bylo vybráno dle aktuálních potřeb (např. zastoupení víkendových dní apod.). Každá lokalita byla proměřena ve třech 14denních kampaních, a to 2x během topné sezóny a 1x během netopné sezóny za účelem zahrnutí možného vlivu různých zdrojů v různých ročních obdobích. Z každé lokality bylo během realizace projektu odebráno 18 vzorků PAU zachycených na filtru. Dohromady tak bylo odebráno 2160 vzorků PM₁₀ a následně analyzováno ke stanovení obsahů PAU vč. BaP.

Nad rámec měření koncentrací PAU byly v některých cílových obcích, specifikovaných v rámci PZKO pro realizaci nápravných opatření, proměřeny i další znečišťující látky (SO₂, NO, NO₂, NO_x, CO, O₃, PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁). Cílem tohoto měření bylo zjištění stavu znečištění ve zmíněných problematických lokalitách i v souvislosti s dalšími znečišťujícími látkami, pro které jsou legislativně stanoveny imisní limity pro ochranu zdraví. Tato měření probíhala na 3 lokalitách v každém z krajů pomocí přístrojového zařízení vybavených referenční technikou, přičemž 2 zařízení byla na 2 lokalitách umístěna trvale po celou dobu měřících kampaní korespondujících s odběry PAU (3 měsíce v topných sezónách a 3 měsíce v netopné sezóně).

Stanovení koncentrací BaP bylo realizováno v souladu s postupy pro odběr vzorků a provádění analýz stanovenými v části A přílohy č. 6 k vyhlášce MŽP č. 330/2012 Sb. o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích, tzn. V souladu s normou ČSN EN 15549, která uvádí postup stanovení BaP neseného aerosolovými částicemi ve venkovním ovzduší a je referenční metodou pro stanovení koncentrací BaP. Stejně bylo postupováno při stanovení koncentrací všech 16 PAU.

Odběry vzorků aerosolových částic thorakální frakce PM₁₀ byly realizovány dle ČSN EN 12341 s využitím středněobjemových vzorkovačů Leckel MVS6 a SEQ 47/50 (výrobce obou zařízení Sven Leckel Ingenierbüro, Německo, viz Obr. 3). Částice byly zachytávány na filtr o průměru 47 mm z křemenných vláken (Merck Milipore, Německo) po dobu 24 hodin, které byly předem vyžehány při 400 °C z důvodu odstranění organických látek, které by mohly zkreslovat výsledky analýz. Před vlastní expozicí na lokalitě a po ukončení expozice byly filtry zváženy na mikrováhách MX5 (Mettler – Toledo GmbH, Švýcarsko) za účelem stanovení koncentrací aerosolových částic v souladu s ČSN EN 12341. Po gravimetrické analýze byly filtry se vzorky přeloženy exponovanou stranou k sobě, zabaleny do Al-fólie, poté vloženy do polyethylenového sáčku se zipovým uzávěrem a uchovávány v mrazničce při teplotě -18 °C.



Obr. 3: Odběrová zařízení Sven Leckel MVS6 a SEQ47/50

Koncentrace PAU vč. BaP byly stanoveny plynovou chromatografií (GC) v kombinaci s hmotnostní spektrometrií (MS) s využitím zařízení GC MS Triple Quadrupole GC/QQQ 7000C (Agilent technologies, USA, viz Obr. 4). K rozdělení PAU v závislosti na jejich afinitě k zakotvené fázi slouží GC křemenná kapilární kolona DB-EUPAH s vnitřním průměrem 0,25 mm, u níž je deklarováno podrobnější rozdělení PAU, než u stávajících běžně užívaných kolon. Zakotvená fáze o tloušťce vrstvy 0,25 μm je patentována firmou J&W. Jako nosného plynu bylo použito helium kvality He 6.0 (SIAD S.p.A., Itálie). Ke stanovení PAU byla využita metoda „multiple reaction monitoring“ (MRM), jež je citlivější než metody „full scan“ a SIM. Kalibrační křivky byly sestaveny pomocí standardních roztoků směsí PAU, od výrobců Dr. Ehrenstorfer, Restek, Fluka a Supelco se stejnými koncentracemi každého PAU přítomného v příslušném standardu. Ze standardů byly připraveny základní kalibrační roztoky. Ke každé kalibrační úrovni byl samostatně přidáván roztok D-PAH MIX 9 a p-terfenyl. Výsledky odezev z měření kalibračních roztoků byly zpracovány vyhodnocovacím software MassHunter (Agilent technologies, USA), který je součástí příslušenství GC MS.



Obr. 4: GC/MS Agilent Triple Quadrupole GC/QQQ 7000C

Na některých lokalitách specifikovaných v rámci PZKO pro realizaci nápravných opatření byly proměřeny i další znečišťující látky (SO_2 , NO, NO_2 , NO_x , CO, O_3 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, PM_1). Cílem tohoto měření

bylo zjištění stavu znečištění ve zmíněných problematických lokalitách i v souvislosti s dalšími znečišťujícími látkami, pro které jsou legislativně stanoveny imisní limity pro ochranu zdraví.

Koncentrace plyných škodlivin byly měřeny kontinuálně přístrojem Airpointer (Recordum Messtechnik GmbH, Rakousko, viz Obr. 5) rovněž v souladu s přílohou č. 6 k vyhlášce č. 330/2012 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Konkrétně oxid dusnatý (NO), oxid dusičitý (NO₂) a jejich souhrn (NO_x) bude stanoven referenční metodou podle české technické normy ČSN EN 14211 „Kvalita ovzduší – Normovaná metoda stanovení oxidu dusičitého a oxidu dusnatého na principu chemiluminiscence“, koncentrace oxidu uhelnatého (CO) referenční metodou podle české technické normy ČSN EN 14626 „Kvalita ovzduší – Normovaná metoda stanovení koncentrací oxidu uhelnatého nedisperzní infračervenou spektrometrií“, koncentrace ozónu (O₃) referenční metodou podle české technické normy ČSN EN 14625 „Kvalita ovzduší – Normovaná metoda stanovení ozonu ultrafialovou spektrometrií“ a koncentrace oxidu siřičitého (SO₂) referenční metodou podle české technické normy ČSN EN 14212 „Kvalita ovzduší – Normovaná metoda stanovení oxidu siřičitého ultrafialovou fluorescencí“. Přístroj Airpointer je kompaktní, integrovaný, vícesložkový měřicí systém pro měření škodlivin v ovzduší se zabudovanou jednotkou regulace teploty, nulového vzduchu a systémem pro sběr a zpracování údajů. Hlavice pro průběžné nasávání vzdušiny je ve výšce cca 1,8 m nad terénem. Tímto přístrojem byly rovněž stanoveny kontinuálně koncentrace aerosolových částic frakcí PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁ nefelometrickou metodou (fotometr rozptylující světlo, LED zdroj světla v oblasti blízké infračervené, křemíkový detektor, hybridní předzesilovač a zdrojový referenční detektor), přičemž naměřená data byla validována na základě diskontinuálních 24hodinových odběrů na filtry s využitím sekvenčních vzorkovačů SVEN LECKEL SEQ 47/50-CD (Sven Leckel Ingenierbüro, Německo), s následnou gravimetrickou analýzou na mikrováhách MX5 (Mettler – Toledo GmbH, Švýcarsko).



Obr. 5: Přístroj Airpointer pro monitoring kvality ovzduší

Společnost ENVitech Bohemia s.r.o. poskytla pro monitoring plyných škodlivin měřicí přívěs (viz Obr. 6) vybavený referenčními nebo ekvivalentními certifikovanými analyzátory, plně v souladu s požadavky přílohy č. 6 k vyhlášce č. 330/2012 Sb. ve znění pozdějších předpisů.

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+



Obr. 6: Měřicí přívěs Envitech

Měření souvisejících meteorologických prvků byla realizována meteorologickými stanicemi WS500-UMB (G. Lufft Mess – und Regeltechnik GmbH, Německo) a meteorologickými sety Envitech (jejich součástí jsou čidla Airmar) (Obr. 7).



Obr. 7: Meteorologické multičidlo Lufft WS500-UMB (vlevo), meteorologické multičidlo Airmar (vpravo)

Všechna měřící zařízení, která byla využívána k řešení projektu, procházela pravidelným servisem u výrobce nebo dodavatele a současně kalibrací v příslušné kalibrační laboratoři (SHMÚ, ČHMÚ, ČMI). Navrhovaná měření koncentrací škodlivin jsou autorizována (CDV č. j. 75332/ENV/13, Envitech Bohemia s.r.o. č. j. 21116/ENV/13) i akreditována ČIA (LCDV č. 1506).

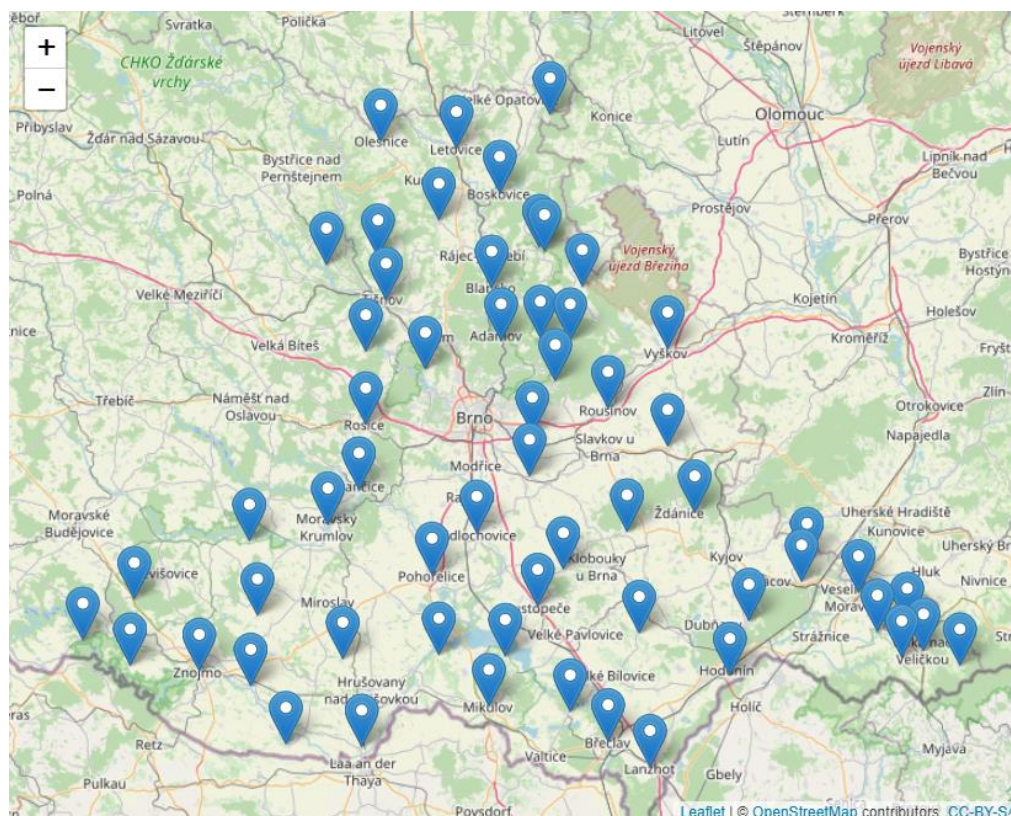
3 Výsledky měření koncentrací BaP

3.1 Jihomoravský kraj

Na základě výše popsaných faktorů a skutečností uvedených v části výběr lokalit bylo vybráno 60 lokalit na území Jihomoravského kraje. Vybrané lokality jsou vyobrazeny na Obr. 8, seznam vyjmenovaných lokalit včetně termínu realizace odběrových kampaní na jednotlivých lokalitách shrnuje následující Tab. 4.

1. Etapa		2. Etapa	3. Etapa
Zima 2022	18. 1.-30. 1.2022	2. 2.-14. 2.2022	17. 2.-1. 3.2022
Léto 2022	14. 6.-26. 6.2022	29. 6.-11. 7.2022	14. 7.-26. 7.2022
Zima 2023	19. 1.-31. 1.2023	3. 2.-15. 2.2023	18. 2.-1. 3.2023
Veselí nad Moravou		Vyškov	Lukov – NP
Bučovice		Blansko	Znojmo
Domanín		Tišnov	Mikulov
Hrubá Vrbka		Skryje	Šlapanice
Nová Lhota		Boskovice	Moravský Krumlov
Tasov		Rousínov	Rosice
Louka		Letovice	Ivančice
Velká nad Veličkou		Sloup	Pohořelice
Hodonín		Bukovinka – EVL	Židlochovice
Čejkovice		Adamov – EVL	Vranov nad Dyjí – EVL
Lovčice		Křtiny – CHKO	Jaroslavice
Dambořice		Lomnice	Hevlín
Ratíškovice		Lažánky	Žerotice
Bzenec		Úsobrno	Břežany
Břeclav		Šošůvka	Brod nad Dyjí
Lanžhot – CHOPAV		Krásensko	Vratěnín
Diváky		Rozdrojovice	Horní Kounice
Lednice – CHOPAV		Olešnice	Sokolnice
Hustopeče		Lysice	Tasovice
Pavlov – CHKO		Hostěnice	Vranovská Ves

Tab. 4: Vybrané lokality JMK, zeleně označeny cílové obce, kde je třeba realizovat nová opatření dle PZKO, oranžově označeny obce, kde byla realizována kontinuální měření plynných nečistot



Obr. 8: Vybrané lokality – Jihomoravský kraj

3.1.1 Benzo[a]pyren

V průběhu monitoringu koncentrací BaP byly stanoveny vyšší koncentrace ve vzorcích v průběhu zimních odběrových kampaní. V meziročním srovnání byly sledovány vyšší koncentrace v průběhu roku 2023. Na Obr. 9 jsou vyobrazeny výsledné koncentrace analyzovaných vzorků ovzduší odebraných na území JMK. Jedná se o průměr z 18 odebraných vzorků na každé lokalitě v průběhu tří odběrových kampaní (zima a léto 2022, zima 2023). Řazení obcí použité v případě Obr. 9 (dle pořadí koncentrací BaP od nejnižších po nejvyšší) bylo drženo i dále v následujících grafech.

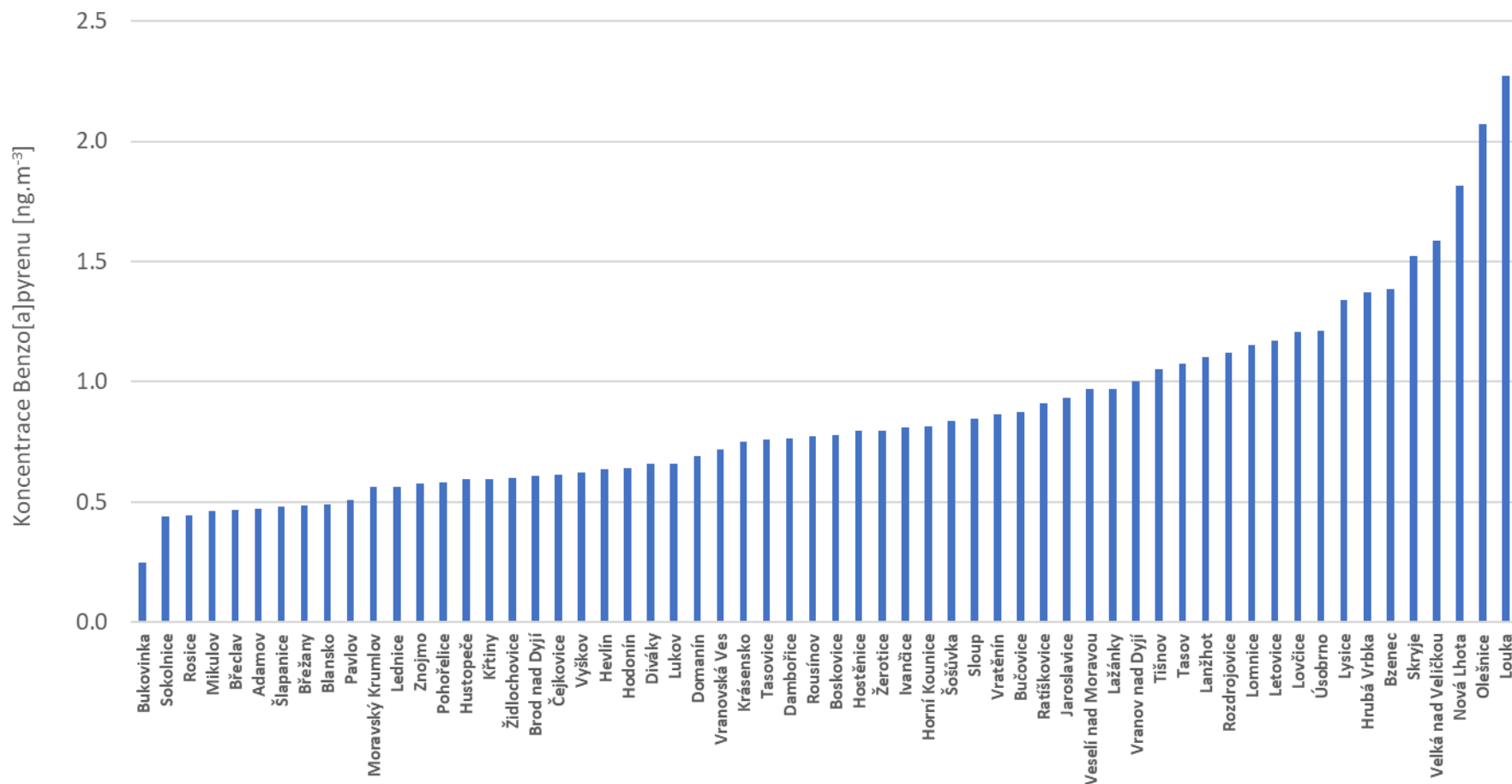
Na 17 lokalitách (z 60 sledovaných lokalit) byly analyzovány koncentrace BaP převyšující hodnotu ročního imisního limitu (1 ng.m^{-3}). Ovšem, nejedená se o překročení imisního limitu a to z důvodu nedostatečného množství odebraných vzorků, které by toto srovnání umožňovalo. Srovnání s hodnotou imisního limitu bylo využito za účelem orientačního srovnání těchto hodnot pro lepší představu o výsledných naměřených koncentracích. Meziročně (při porovnání odběrových kampaní zima 2022 a zima 2023) došlo ke zvýšení koncentrací BaP v odebraných vzorcích na 45 lokalitách JMK.

Na Obr. 10 jsou vyobrazeny výsledky za jednotlivé odběrové kampaně (průměrná koncentrace stanovena na základě 6 odebraných vzorků na každé lokalitě v průběhu 14denního monitoringu). Z výsledků je patrný velký rozdíl mezi ročními obdobími z hlediska koncentrací BaP. V průběhu letní odběrové kampaně byly měřeny výrazně nižší koncentrace BaP ve srovnání se zimními kampaněmi. Při pohledu na zařazení jednotlivých lokalit dle kategorie vytápění, tak v 58 případech se jedná o lokality s vytápěním na plynná paliva, pouze v případě obcí Nová Lhota a Vranov nad Dyjí jsou tyto lokality řazeny do kategorie vytápění na tuhá paliva. Avšak i přes plynofikaci většiny lokalit byly pozorovány

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

vyšší koncentrace v zimních měsících na všech 60 sledovaných lokalitách. To ukazuje mimo jiné na zvýšenou intenzitu vytápění v lokálních topeništích v průběhu zimních měsíců, zařazení lokalit dle kategorie vytápění se v průběhu měření neprojevilo. Koncentrace BaP obecně vykazují výrazný roční chod s maximy v zimním období. To souvisí se zvýšenými emisemi PAU ze sezónních antropogenních zdrojů, lokálních topenišť, nebo také s vyšší produkcí emisí PAU z dopravy v důsledku studených startů. Vliv hrají také zhoršené rozptylové podmínky.

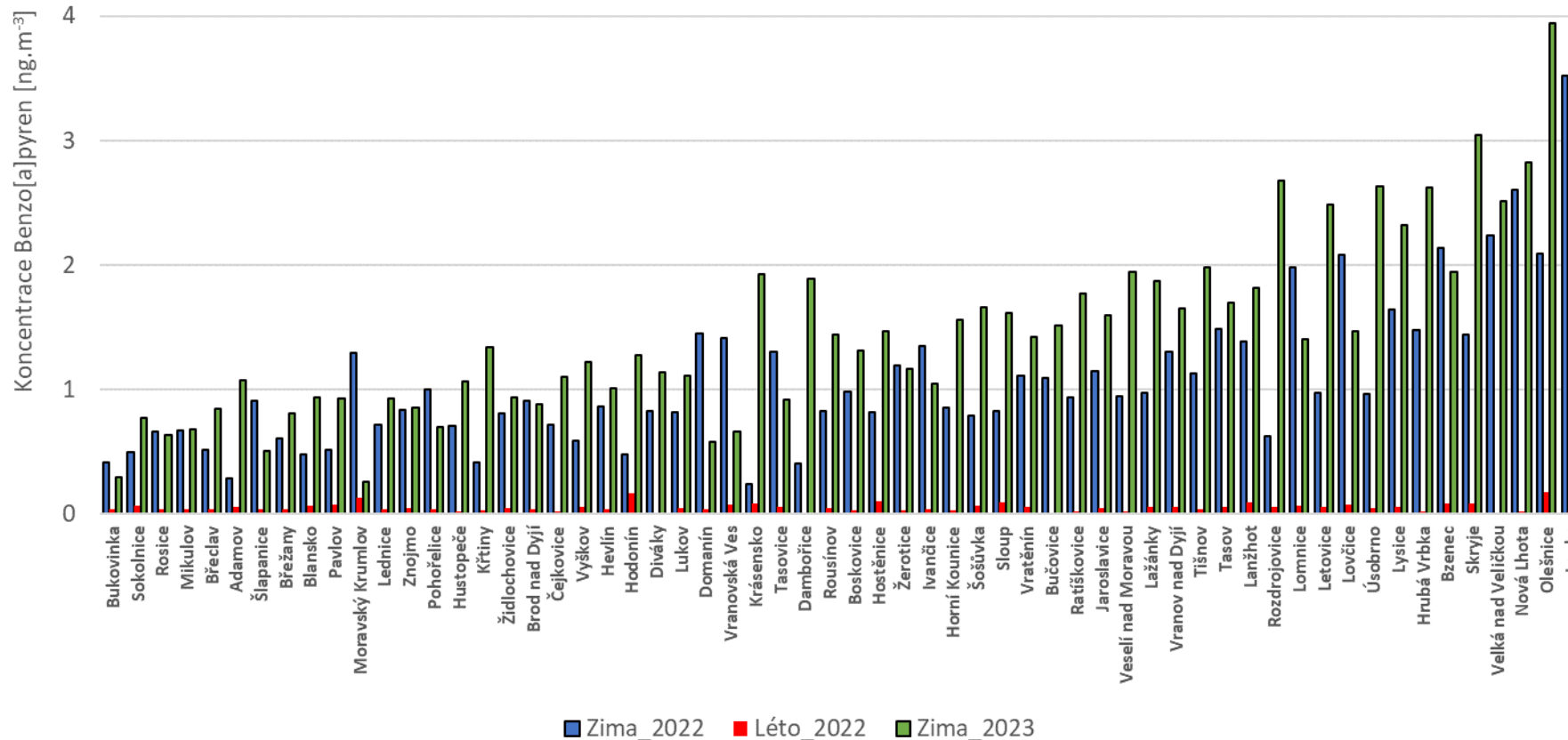


Obr. 9: Průměrné koncentrace BaP v průměru za celou dobu řešení projektu

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

5



Obr. 10: Průměrné koncentrace BaP za jednotlivá sledovaná období

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

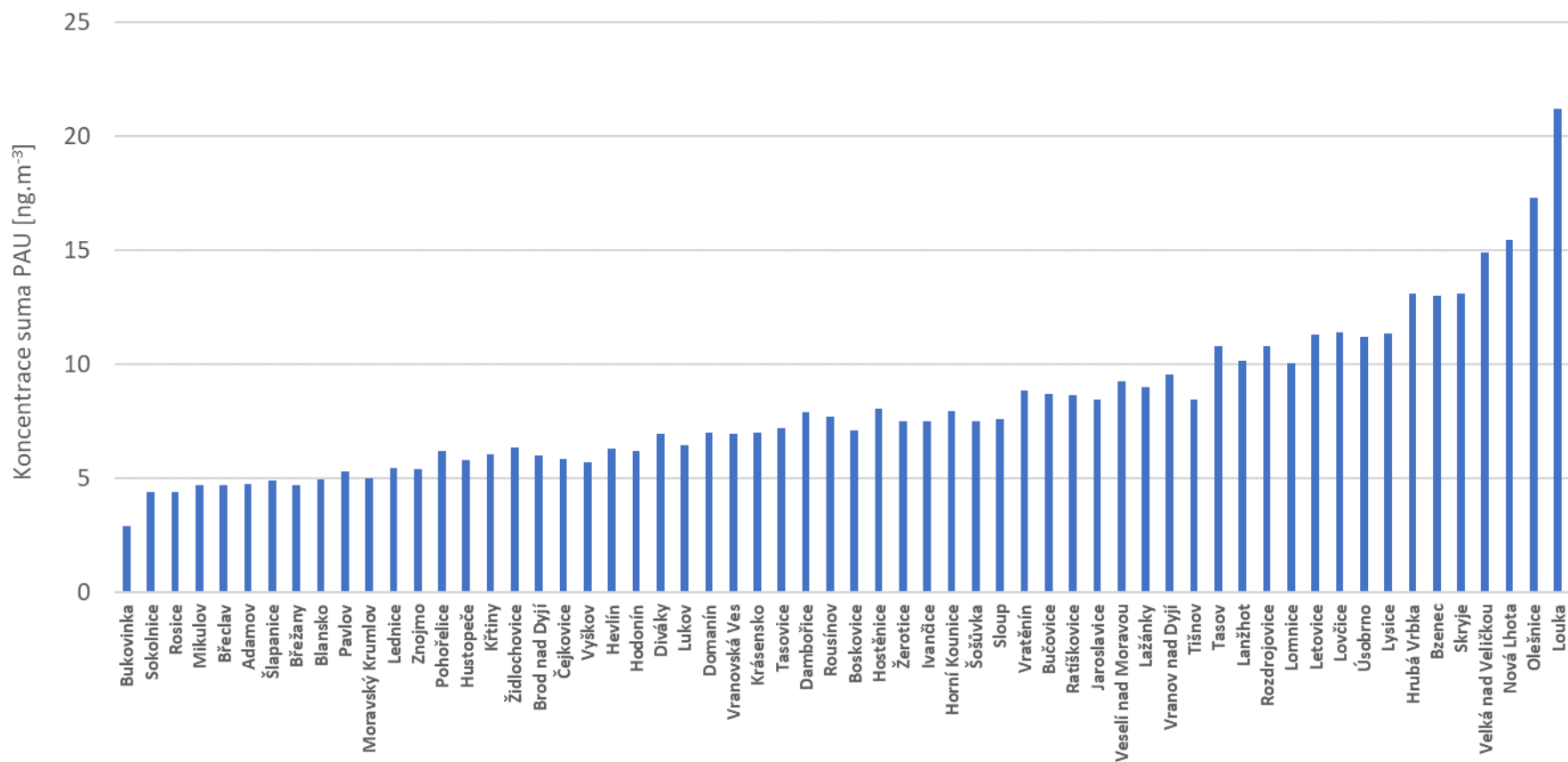
Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

3.1.2 Polycyklické aromatické uhlovodíky

V průběhu monitoringu koncentrací PAU byly stanoveny vyšší koncentrace ve vzorcích v průběhu zimních odběrových kampaní. V meziročním srovnání byly sledovány vyšší koncentrace v průběhu roku 2023. Na Obr. 11 jsou vyobrazeny výsledné koncentrace analyzovaných vzorků ovzduší odebraných na území JMK. Jedná se o průměr z 18 odebraných vzorků na každé lokalitě v průběhu tří odběrových kampaní (zima a léto 2022, zima 2023).

Na Obr. 12 jsou vyobrazeny výsledky za jednotlivé odběrové kampaně (průměrná koncentrace stanovena na základě 6 odebraných vzorků na každé lokalitě v průběhu 14denního monitoringu). Z výsledků je patrný velký rozdíl mezi ročními obdobími z hlediska koncentrací PAU. V průběhu letní odběrové kampaně byly měřeny výrazně nižší koncentrace PAU ve srovnání se zimními kampaněmi. Tento jev byl pozorován na všech 60 sledovaných lokalitách. Meziročně (při porovnání odběrových kampaní zima 2022 a zima 2023) došlo ke zvýšení koncentrací PAU v odebraných vzorcích na 47 lokalitách JMK.

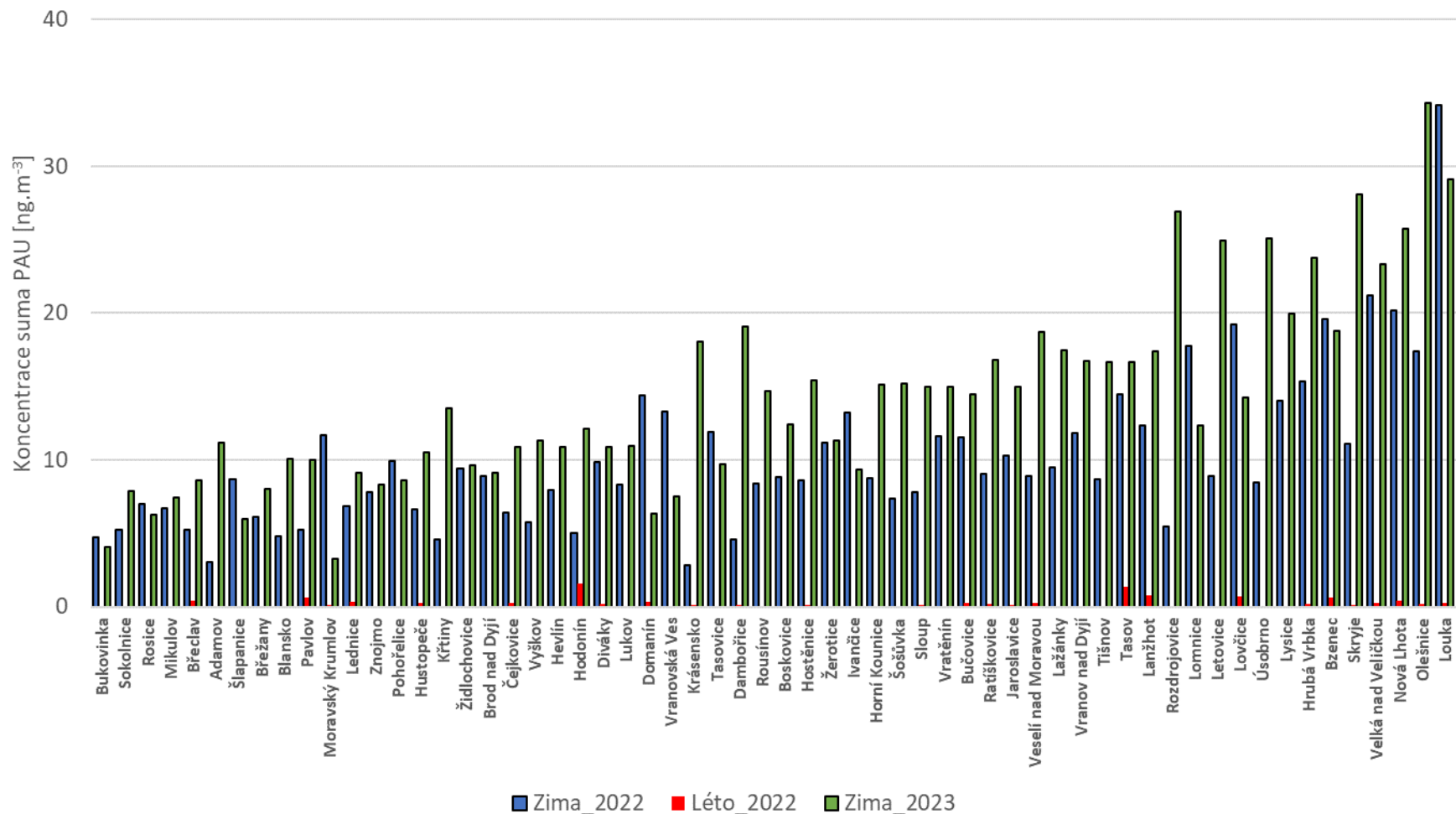
Z dosažených výsledků je také patrné, že na kvalitě ovzduší se z pohledu PAU podílí i jiné (další) zdroje než lokální topeniště jako jsou například doprava či průmyslové zdroje. Koncentrace PAU na některých lokalitách vybočují z trendu stanoveného koncentrací BaP. Vyšší koncentrace v průběhu zimních měsíců však ukazují na významný podíl lokálních topenišť ve sledovaných obcích. V případě koncentrací PAU se téměř výhradně jedná o látky, které jsou produkovány spalovacími procesy, při nichž nedochází k dostatečné oxidaci přítomných organických spalitelných látek. Za účelem přesnějšího určení původu PAU na sledovaných lokalitách byla na základě analýzy zastoupení jednotlivých PAU v odebraných vzorcích provedena identifikace potencionálních zdrojů znečištění ovzduší, výsledky identifikace potencionálních zdrojů PAU jsou shrnuty v kapitole 4.



Obr. 11: Průměrné koncentrace sumy PAU v průměru za celou dobu řešení projektu

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+



Obr. 12: Průměrné koncentrace sumy PAU za jednotlivá sledovaná období

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

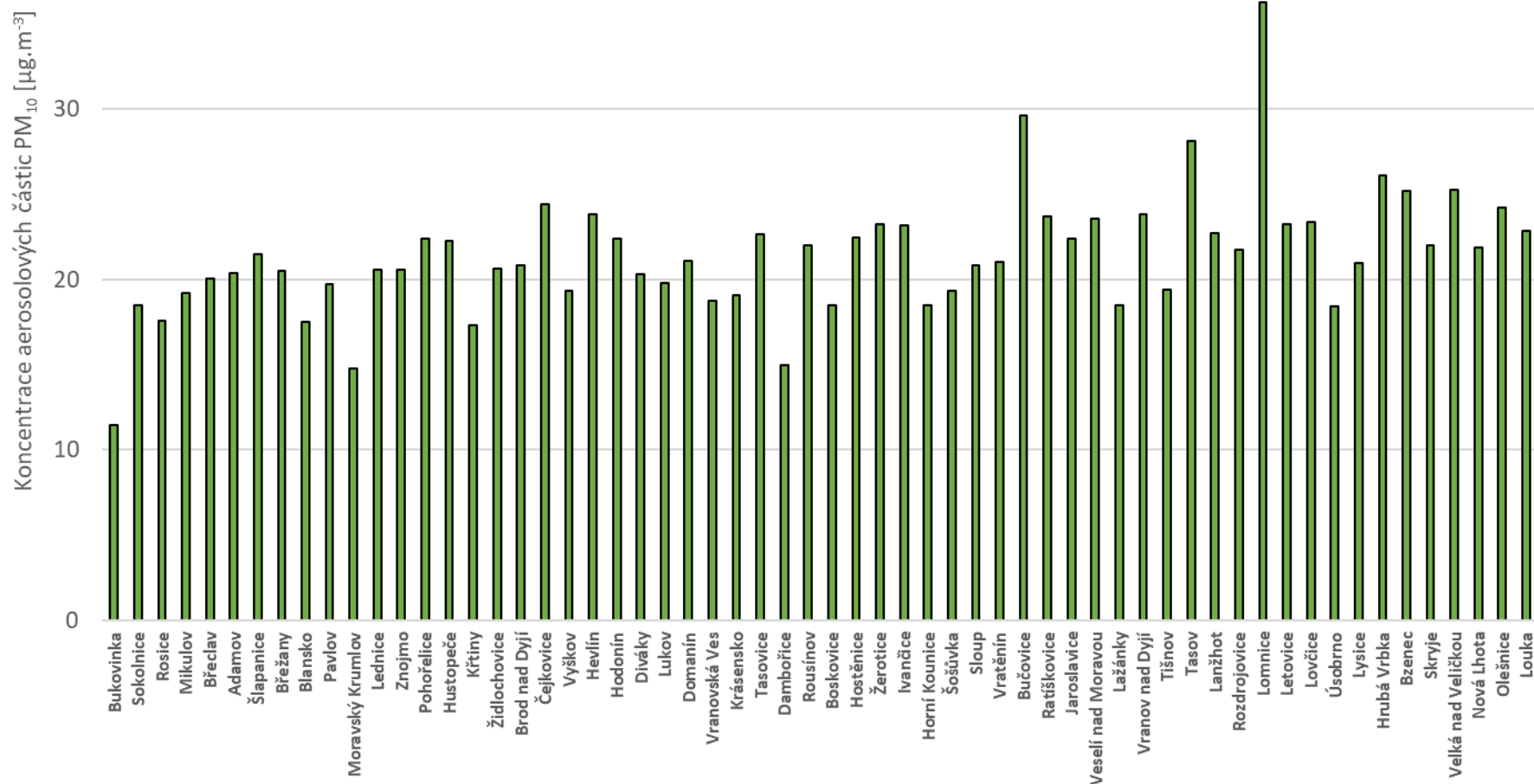
Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

3.1.3 Aerosolové částice PM₁₀

V průběhu monitoringu koncentrací PM₁₀ byly sledovány mírně vyšší koncentrace ve vzorcích ze zimních odběrových kampaní. V meziročním srovnání byly sledovány vyšší koncentrace v průběhu roku 2023. Na Obr. 13 jsou vyobrazeny výsledné koncentrace analyzovaných vzorků ovzduší odebraných na území JMK. Jedná se o průměr z 18 odebraných vzorků na každé lokalitě v průběhu tří odběrových kampaní (zima a léto 2022, zima 2023).

Na Obr. 14 jsou vyobrazeny výsledky za jednotlivé odběrové kampaně (průměrná koncentrace stanovena na základě 6 odebraných vzorků na každé lokalitě v průběhu 14denního monitoringu). Z výsledků není patrný velký rozdíl mezi ročními obdobími z hlediska koncentrací PM₁₀. V průběhu letní odběrové kampaně byly měřeny obdobné koncentrace PM₁₀ ve srovnání se zimními kampaněmi. Meziročně došlo ke zvýšení koncentrací aerosolových částic frakce PM₁₀ na 51 sledovaných lokalitách JMK.

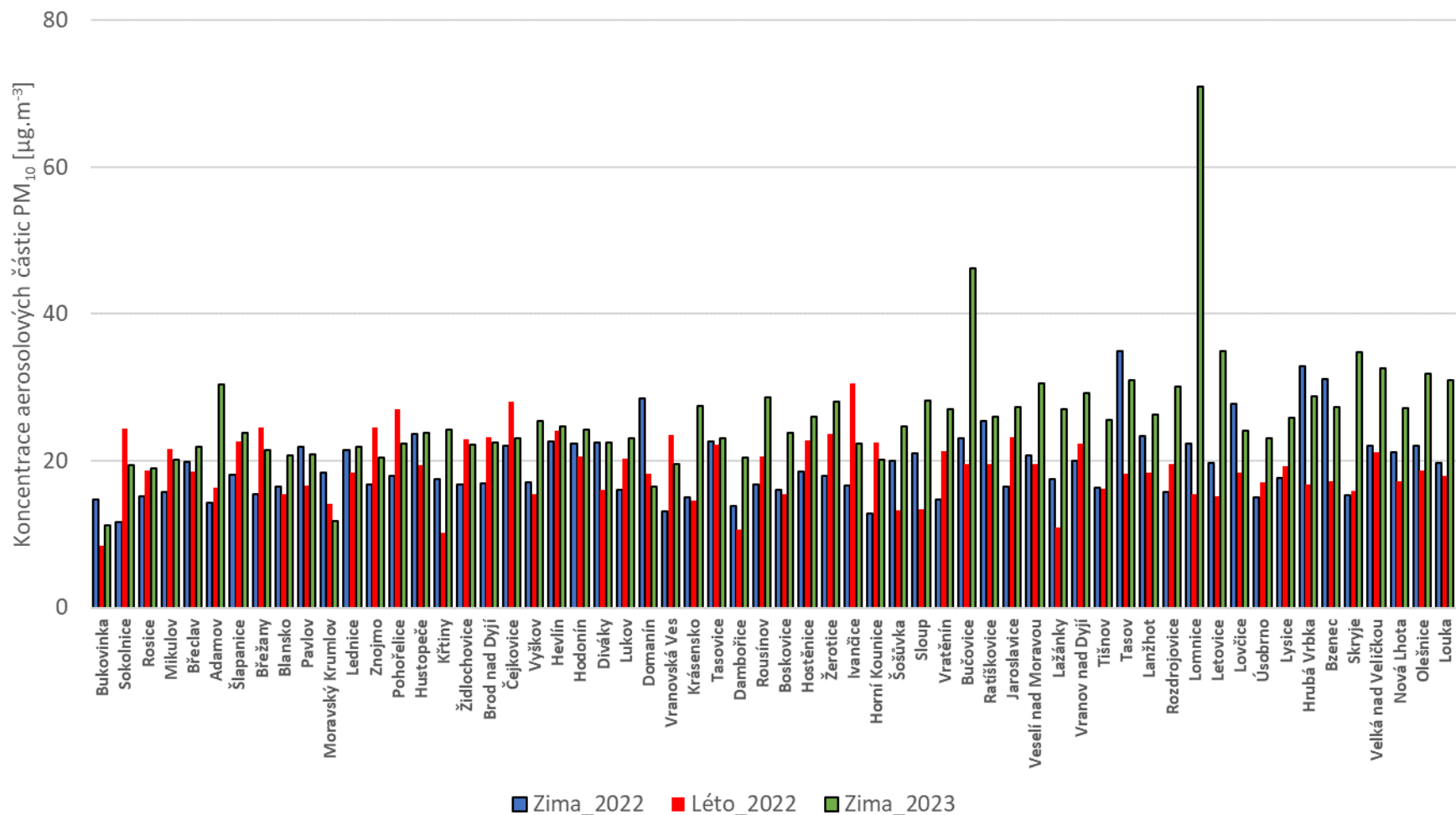
Z dosažených výsledků je také patrné, že na kvalitě ovzduší se z pohledu PM₁₀ podílí i jiné (další) zdroje než lokální topeniště jako například stavební a zemědělská činnost, resuspenze částic z povrchu, větrná eroze popřípadě částice přírodního původu (prach, pyl, přírodní požáry). Koncentrace PM₁₀ na lokalitách vybočují z trendu stanoveného koncentrací BaP, rozdíly v jejich koncentracích zima/léto ve srovnání s BaP a PAU nejsou natolik výrazné. Naše měření ukázala, že v průběhu roku se na celkových koncentracích aerosolových částic podílí různé zdroje. Zatímco v zimních měsících se na koncentracích PM₁₀ podílí zejména lokální topeniště, což potvrzují zvýšené koncentrace PAU, v letních měsících jsou zdroje jiné, pravděpodobně větrná eroze, či zemědělská činnost, což potvrzují velmi nízké koncentrace PAU.



Obr. 13: Průměrné koncentrace aerosolových částic PM₁₀ v průměru za celou dobu řešení projektu

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+



Obr. 14: Průměrné koncentrace aerosolových částic PM_{10} za jednotlivá sledovaná období

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

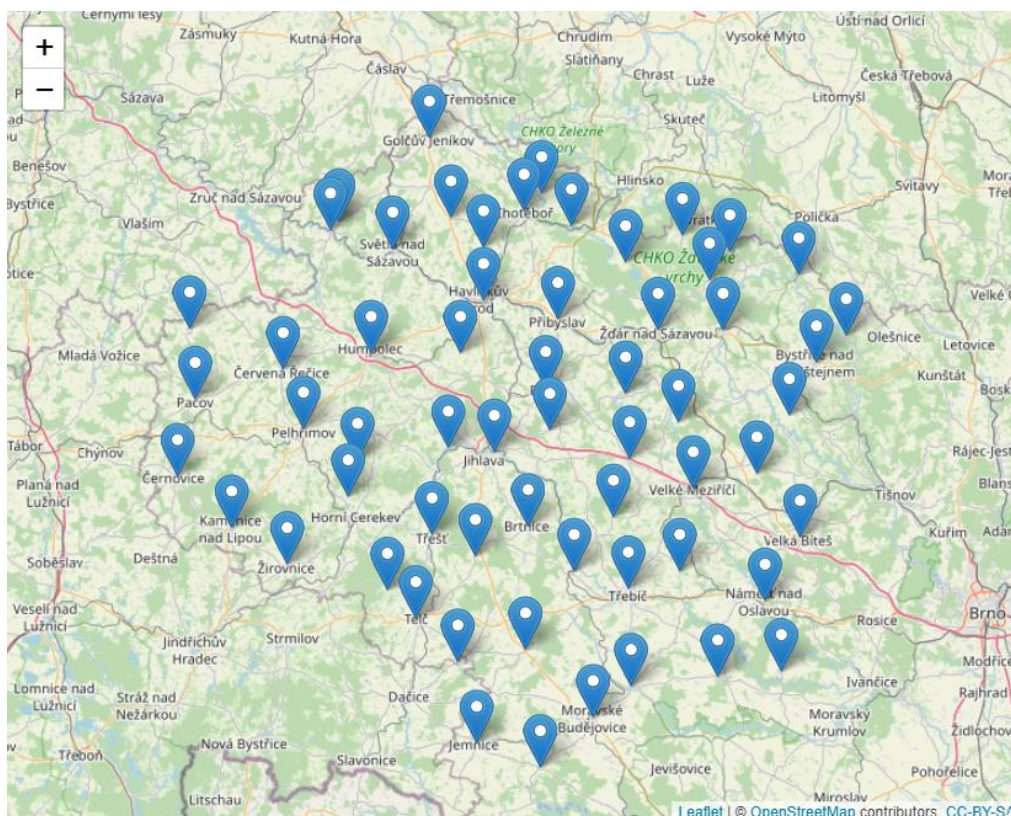
Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

3.2 Kraj Vysočina

Na základě výše popsaných faktorů a skutečností uvedených v části výběr lokalit bylo vybráno 60 lokalit na území Kraje Vysočina. Vybrané lokality jsou vyobrazeny na Obr. 15, seznam vyjmenovaných lokalit včetně termínu realizace odběrových kampaní na jednotlivých lokalitách shrnuje následující Tab. 5.

1. Etapa		2. Etapa	3. Etapa
Zima 2022	4. 3.-16. 3.2022	19. 3. -31. 3. 2022	3. 4.-15. 4. 2022
Léto 2022	29. 7.-10. 8.2022	13. 8.-25. 8. 2022	28. 8.-6. 9. 2022
Zima 2023	5. 3.-16. 3.2023	21. 3.-1. 4.2023	5. 4.-16. 4. 2023
Třebíč		Humpolec	Golčův Jeníkov
Telč		Pacov	Spálava – CHKO
Velké Meziříčí		Červená Řečice	Horní Krupá
Moravské Budějovice		Kamenice nad Lipou	Kámen
Hrotovice		Ostrov	Přibyslav
Náměšť nad Oslavou		Ledeč nad Sázavou	Bystřice nad Pernštejnem
Velká Bíteš		Rantířov	Vír
Jemnice		Havlíčkův Brod	Žďár nad Sázavou
Mohelno – EVL		Pelhřimov	Nové Město na Moravě
Okříšky		Světlá nad Sázavou	Chotěboř
Jaroměřice nad Rokytnou		Černovice	Mílovy – EVL
Želetava		Žirovnice	Sobíňov – EVL
Brtnice		Černov	Fryšava – CHKO
Měřín		Kochánov	Herálec – CHKO
Řásná		Sázava	Jimramov – CHOPAV
Dolní Vilímeč		Lukavec	Radostín – CHOPAV
Dešov		Jihlava	Bohdalov
Svatoslav		Polná	Horní Rozsíkka
Valdík		Jamně	Kadolec
Otín		Třešť	Krásnéves

Tab. 5: Vybrané lokality VYS, zeleně označeny cílové obce, kde je třeba realizovat nová opatření dle PZKO, oranžově označeny obce, kde byla realizována kontinuální měření plynných nečistot



Obr. 15: Vybrané lokality – Kraj Vysočina

3.2.1 Benzo[a]pyren

V průběhu monitoringu koncentrací BaP byly stanoveny vyšší koncentrace ve vzorcích v průběhu zimních odběrových kampaní. V meziročním srovnání byly sledovány vyšší koncentrace v průběhu roku 2022. Na Obr. 16 jsou vyobrazeny výsledné koncentrace analyzovaných vzorků ovzduší odebraných na území VYS. Jedná se o průměr z 18 odebraných vzorků na každé lokalitě v průběhu tří odběrových kampaní (zima a léto 2022, zima 2023). Řazení obcí použité v případě Obr. 16 (dle pořadí koncentrací BaP od nejnižších po nejvyšší) bylo drženo i dále v následujících grafech.

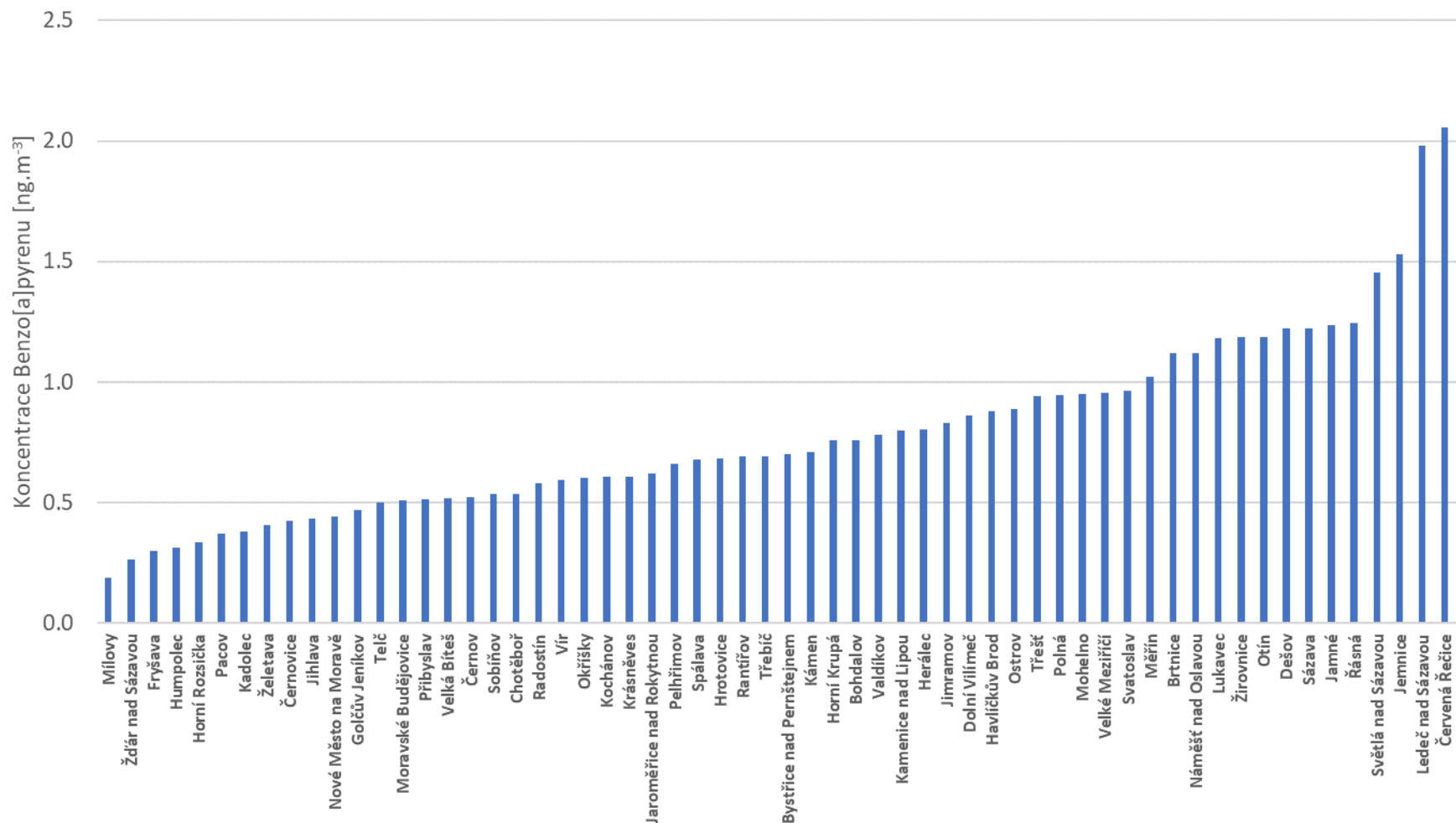
Na 14 lokalitách (z 60 sledovaných lokalit) byly analyzovány koncentrace BaP převyšující hodnotu ročního imisního limitu ($1 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$). Ovšem, nejedená se o překročení imisního limitu a to z důvodu nedostatečného množství odebraných vzorků, které by toto srovnání umožňovalo. Srovnání s hodnotou imisního limitu bylo využito za účelem orientačního srovnání těchto hodnot pro lepší představu o výsledných naměřených koncentracích. Meziročně (při porovnání odběrových kampaní zima 2022 a zima 2023) došlo, ke zvýšení koncentrací BaP v odebraných vzorcích na 19 lokalitách VYS.

Na Obr. 17 jsou vyobrazeny výsledky za jednotlivé odběrové kampaně (průměrná koncentrace stanovena na základě 6 odebraných vzorků na každé lokalitě v průběhu 14denního monitoringu). Z výsledků je patrný velký rozdíl mezi ročními obdobími z hlediska koncentrací BaP. V průběhu letní odběrové kampaně byly měřeny výrazně nižší koncentrace BaP ve srovnání se zimními kampaněmi. Při pohledu na zařazení jednotlivých lokalit dle kategorie vytápění, tak ve 41 případech se jedná o lokality s vytápěním na plynná paliva, pouze ve zbývajících 19 případech jsou tyto lokality řazeny do kategorie vytápění na tuhá paliva. Avšak i přes plynofikaci většiny lokalit byly naměřeny vyšší koncentrace

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

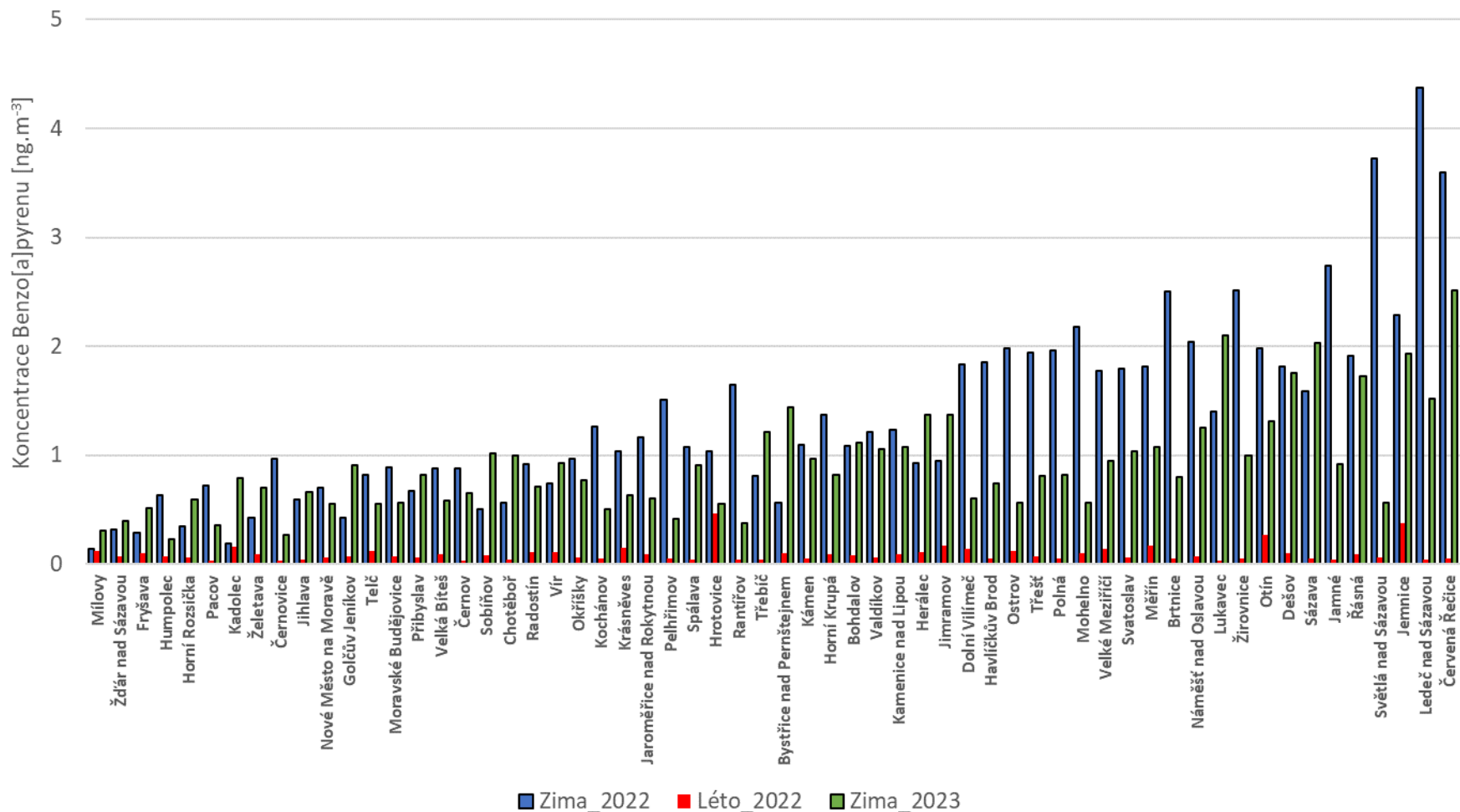
v zimních měsících na všech 60 sledovaných lokalitách. To ukazuje mimo jiné na zvýšenou intenzitu vytápění v lokálních topeništích v průběhu zimních měsíců, zařazení lokalit dle kategorie vytápění se v průběhu měření neprojevilo. Koncentrace BaP obecně vykazují výrazný roční chod s maximy v zimním období. To souvisí se zvýšenými emisemi PAU ze sezónních antropogenních zdrojů, lokálních topenišť, nebo také s vyšší produkcí emisí PAU z dopravy v důsledku studených startů. Vliv hrají také zhoršené rozptylové podmínky.



Obr. 16: Průměrné koncentrace BaP v průměru za celou dobu řešení projektu

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+



Obr. 17: Průměrné koncentrace BaP za jednotlivá sledovaná období

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

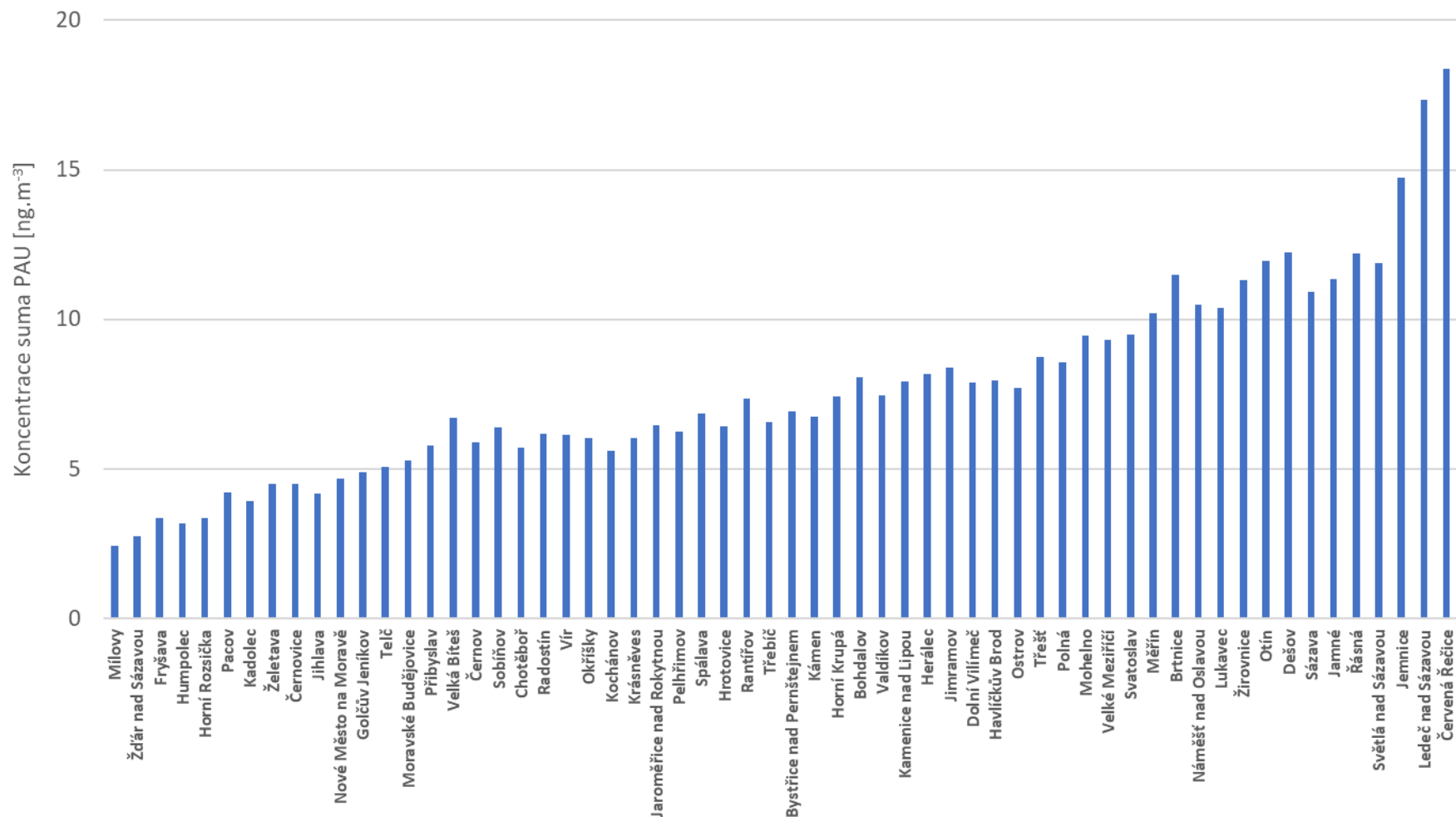
Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

3.2.2 Polycyklické aromatické uhlovodíky

V průběhu monitoringu koncentrací PAU byly stanoveny vyšší koncentrace ve vzorcích v průběhu zimních odběrových kampaní. V meziročním srovnání byly sledovány vyšší koncentrace v průběhu roku 2022. Na Obr. 18 jsou vyobrazeny výsledné koncentrace analyzovaných vzorků ovzduší odebraných na území VYS. Jedná se o průměr z 18 odebraných vzorků na každé lokalitě v průběhu tří odběrových kampaní (zima a léto 2022, zima 2023).

Na Obr. 19 jsou vyobrazeny výsledky za jednotlivé odběrové kampaně (průměrná koncentrace stanovena na základě 6 odebraných vzorků na každé lokalitě v průběhu 14denního monitoringu). Z výsledků je patrný velký rozdíl mezi ročními obdobími z hlediska koncentrací PAU. V průběhu letní odběrové kampaně byly měřeny výrazně nižší koncentrace PAU ve srovnání se zimními kampaněmi. Tento jev byl pozorován na všech 60 sledovaných lokalitách. Meziročně (při porovnání odběrových kampaní zima 2022 a zima 2023) došlo ke zvýšení koncentrací PAU v odebraných vzorcích na 21 lokalitách VYS.

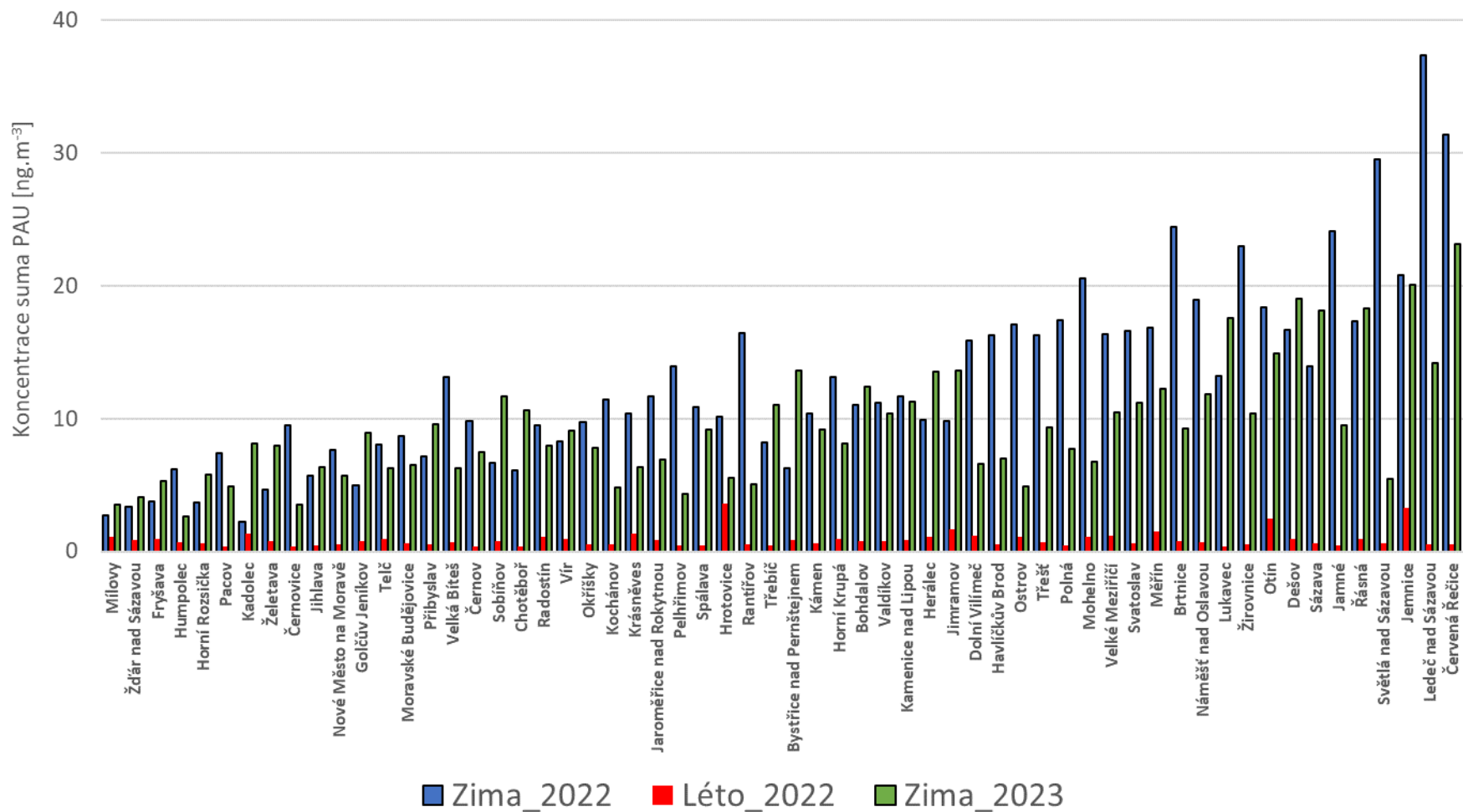
Vyšší koncentrace v průběhu zimních měsíců však ukazují na významný podíl lokálních topenišť ve sledovaných obcích. V případě koncentrací PAU se téměř výhradně jedná o látky, které jsou produkovány spalovacími procesy, při nichž nedochází k dostatečné oxidaci přítomných organických spalitelných látek. Za účelem přesnějšího určení původu PAU na sledovaných lokalitách byla na základě analýzy zastoupení jednotlivých PAU v odebraných vzorcích provedena identifikace potencionálních zdrojů znečištění ovzduší, výsledky identifikace potencionálních zdrojů PAU jsou shrnuty v kapitole 4.



Obr. 18: Průměrné koncentrace sumy PAU v průměru za celou dobu řešení projektu

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+



Obr. 19: Průměrné koncentrace sumy PAU za jednotlivá sledovaná období

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

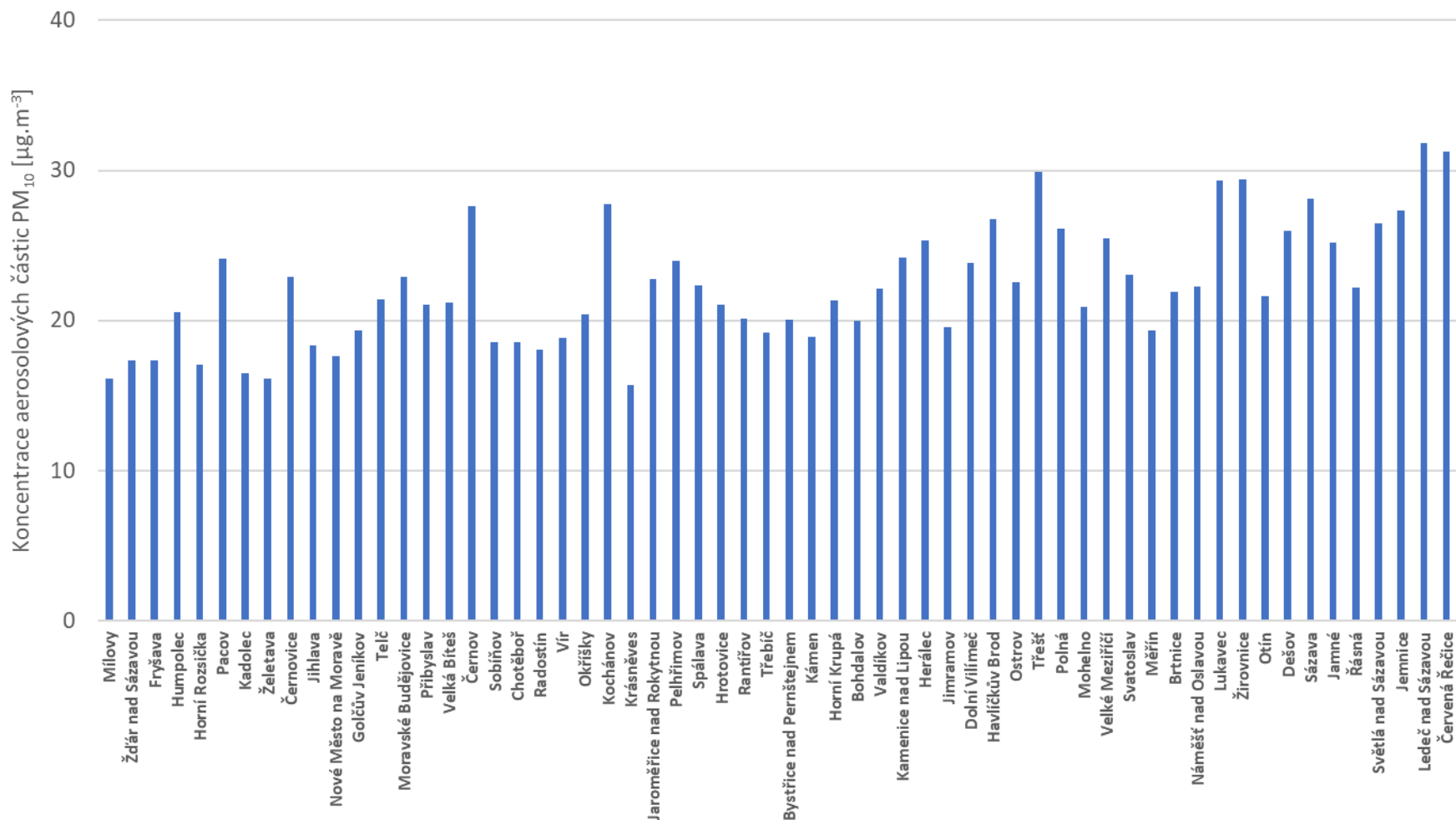
Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

3.2.3 Aerosolové částice PM₁₀

V průběhu monitoringu koncentrací PM₁₀ byly sledovány mírně vyšší koncentrace ve vzorcích ze zimních odběrových kampaní. V meziročním srovnání byly sledovány vyšší koncentrace v průběhu roku 2022. Na Obr. 20 jsou vyobrazeny výsledné koncentrace analyzovaných vzorků ovzduší odebraných na území VYS. Jedná se o průměr z 18 odebraných vzorků na každé lokalitě v průběhu tří odběrových kampaní (zima a léto 2022, zima 2023).

Na Obr. 21 jsou vyobrazeny výsledky za jednotlivé odběrové kampaně (průměrná koncentrace stanovena na základě 6 odebraných vzorků na každé lokalitě v průběhu 14denního monitoringu). Z výsledků není patrný velký rozdíl mezi ročními obdobími z hlediska koncentrací PM₁₀. V průběhu letní odběrové kampaně byly měřeny obdobné koncentrace PM₁₀ ve srovnání se zimními kampaněmi. Meziročně došlo ke zvýšení koncentrací aerosolových částic frakce PM₁₀ na 22 sledovaných lokalitách VYS.

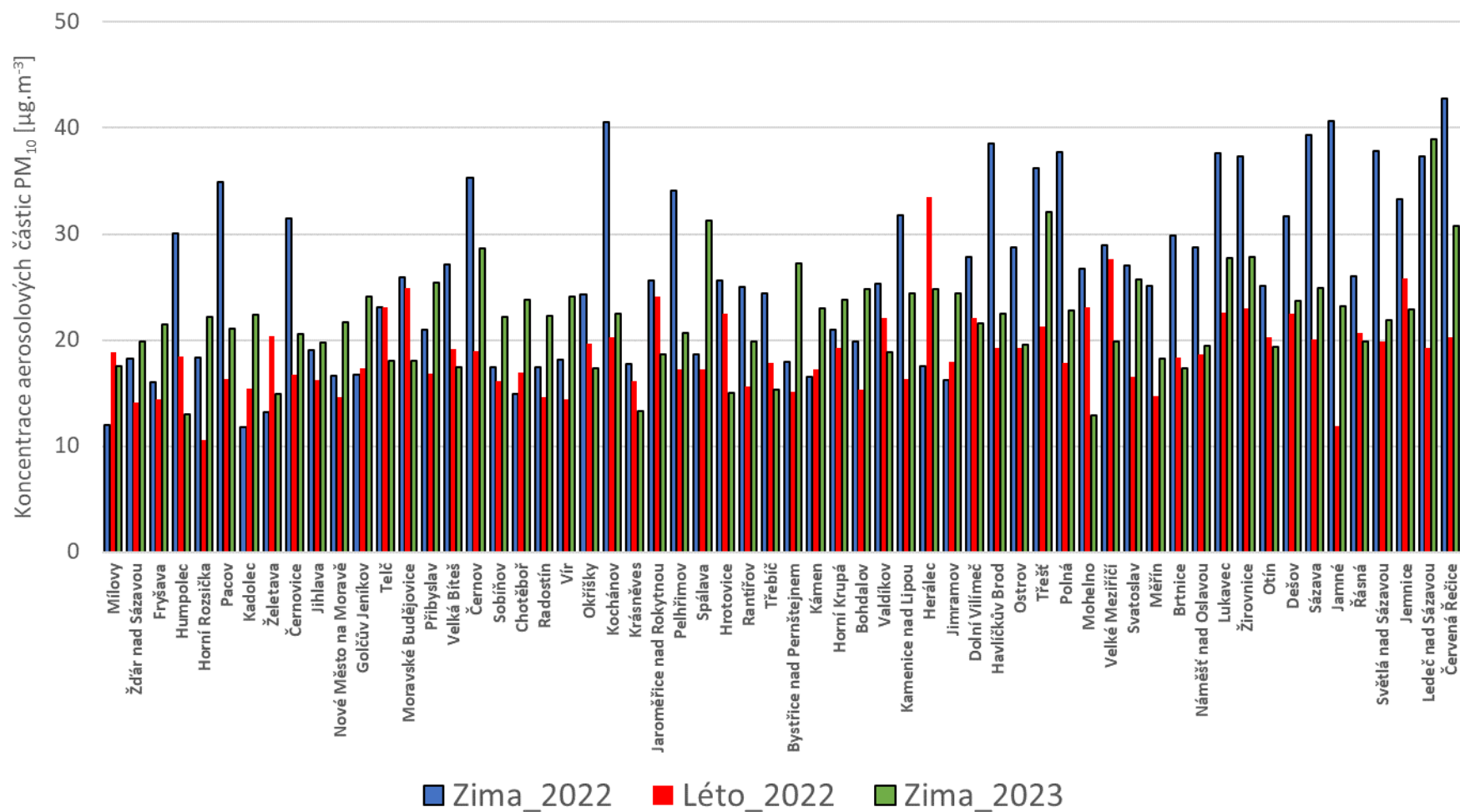
Z dosažených výsledků je také patrné, že na kvalitě ovzduší se z pohledu PM₁₀ podílí i jiné (další) zdroje než lokální topeniště jako například stavební a zemědělská činnost, resuspenze částic z povrchu, větrná eroze popřípadě částice přírodního původu (prach, pyl, přírodní požáry). Koncentrace PM₁₀ na lokalitách vybočují z trendu stanoveného koncentrací BaP, rozdíly v jejich koncentracích ve srovnání zima/léto ve srovnání s BaP a PAU nejsou natolik výrazné. Naše měření ukázala, že v průběhu roku se na celkových koncentracích aerosolových částic podílí různé zdroje. Zatímco v zimních měsících se na koncentracích PM₁₀ podílí zejména lokální topeniště, což potvrzují zvýšené koncentrace PAU, v letních měsících jsou zdroje jiné, pravděpodobně větrná eroze, či zemědělská činnost, což potvrzují velmi nízké koncentrace PAU.



Obr. 20: Průměrné koncentrace aerosolových částic PM₁₀ v průměru za celou dobu řešení projektu

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+



Obr. 21: Průměrné koncentrace aerosolových částic PM_{10} za jednotlivá sledovaná období

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

4 Posouzení zdrojů PAU

K posouzení zdrojů polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) bylo použito diagnostických poměrů vybraných PAU (Křůmal et al., 2012; Tobiszewski, Namiešnik, 2012). Jako markery byly vybrány indeno[1,2,3-cd]pyren (IPy) a benzo[ghi]perylen (BPe). Vzhledem k tomu, že v literatuře jsou diagnostické poměry uváděny v různé formě – jako prostý poměr, jako poměr jednoho PAU a součtu dvou PAU, byly diagnostické poměry sjednoceny ve formě

$$[IPy, BPe] = \frac{IPy - BPe}{IPy + BPe}$$

Tento diagnostický poměr je symetrický vůči oběma PAU a nabývá hodnot od -1 pro IPy=0 do +1 pro BPe=0. Pro IPy=BPe je hodnota [IPy,BPe] rovna 0.

Z tohoto důvodu byly přepočteny diagnostické poměry uváděné v literatuře podle uvedeného vzorce. Jejich hodnoty ukazuje Tab. 6. Zde jsou barevně vyznačeny skupiny zdrojů podle (Tobiszewski, Namiešnik, 2012) v souladu s výsledky, které ukazuje Tab. 7.

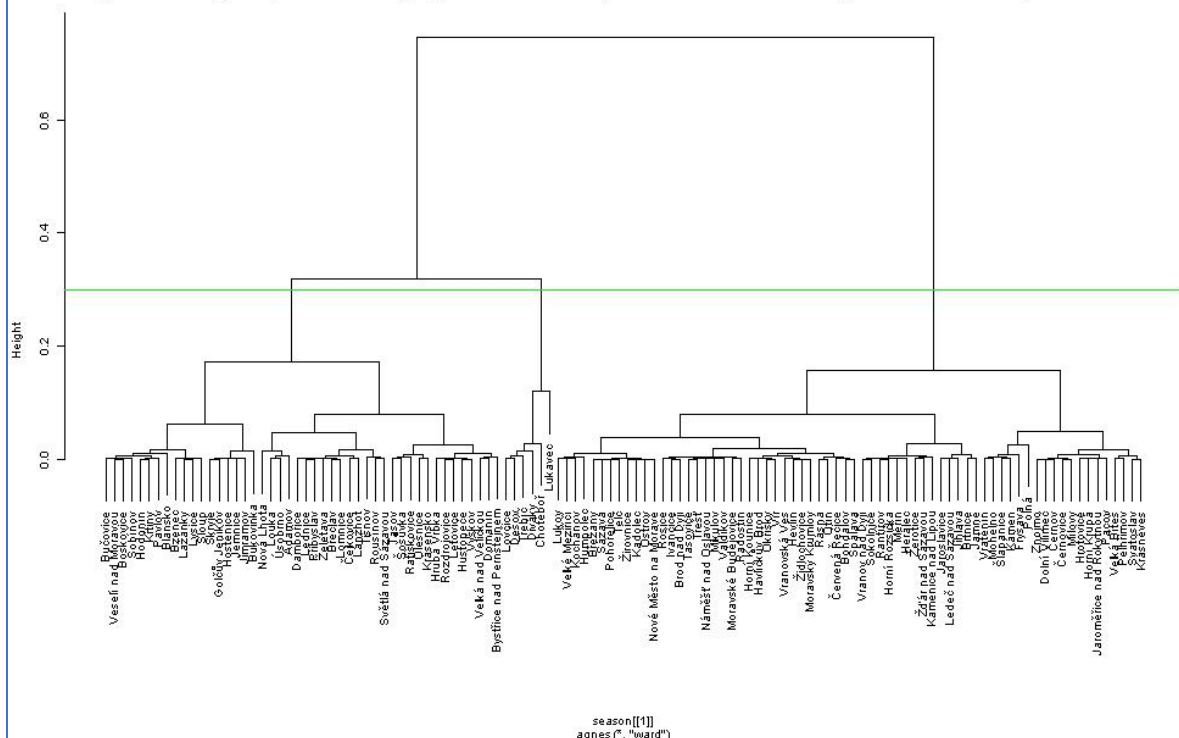
Původ PAU	IPy/(IPy+BPe)			[IPy,BPe]			Literatura
	min	max	střed	min	max	střed	
Petrogenní zdroje (úniky)	0,00	0,20		-1,00	-0,60		Tobiszewski, Namiešnik, 2012
Spalování benzínu			0,18			-0,64	Křůmal et al., 2012
Spalování benzínu	0,00	0,29		-1,00	-0,43		Křůmal et al., 2012
Spalování benzínu	0,2	0,50		-0,60	0,00		Tobiszewski, Namiešnik, 2012
Průmysl	0,36	0,57		-0,28	0,14		Křůmal et al., 2012
Spalování nafty	0,35	0,70		-0,30	0,40		Křůmal et al., 2012
Spalování trávy, dřeva, uhlí	0,50	1,00		0,00	1,00		Tobiszewski, Namiešnik, 2012
Spalování uhlí			0,56			0,12	Křůmal et al., 2012
Spalování dřeva			0,62			0,24	Křůmal et al., 2012
Výroba cementu			0,65			0,3	Křůmal et al., 2012

Tab. 6: Přepočtené diagnostické poměry PAU

Vzhledem k tomu, že v uvedené literatuře jsou uváděny v některých případech rozmezí diagnostických poměrů, jindy pouze střední hodnoty, byla provedena pro upřesnění zařazení shluková analýza naměřených hodnot. Pro analýzu byly použity průměrné hodnoty koncentrací jednotlivých PAU pro každou lokalitu zvlášť a pro každé období (teplejší – chladnější) zvlášť. Z takto vypočtených hodnot byly spočteny hodnoty [IPy,BPe] použité pro shlukovou analýzu.

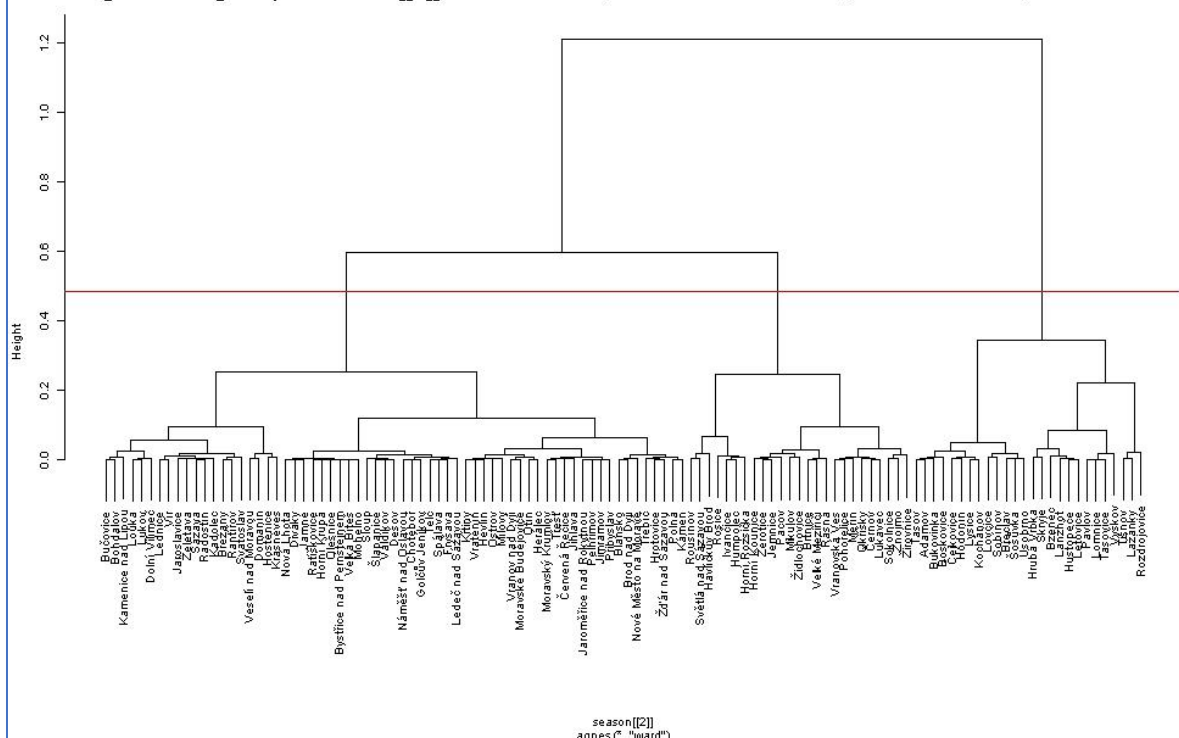
Při shlukové analýze byla použita Euklidovská metrika a Wardova metoda shlukování a k výpočtům byl využit OpenSource software R (R Core Team, 2024), balíček „cluster“ (Maechler et al., 2024). Výsledky shlukové analýzy ukazují Obr. 22 a Obr. 23, kde je vyznačeno oddělení jednotlivých shluků vodorovnými čarami na úrovni 40 % maximální vzdálenosti shluků.

Dendrogram of agnes(x = season[[1]], diss = FALSE, metric = "euclidean", stand = FALSE, method = "ward")



Obr. 22: Shluková analýza pro chladnější období

Dendrogram of agnes(x = season[[2]], diss = FALSE, metric = "euclidean", stand = FALSE, method = "ward")



Obr. 23: Shluková analýza pro teplejší období

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

Přiřazení zdrojů jednotlivým skupinám lokalit pro obě období ukazuje Tab. 7.

Lokalita	Pořadí	Chladné období		Teplé období	
		Cluster1	[IPy,BPe]	Cluster2	[IPy,BPe]
Bučovice	1	1	0,0504	1	0,0822
Veselí nad Moravou	2	1	0,0511	1	0,0990
Nová Lhota	3	1	-0,0110	1	0,0406
Tasov	4	1	0,0384	3	0,1538
Hrubá Vrbka	5	1	0,0324	3	0,2325
Velká nad Veličkou	6	1	0,0283		
Louka	7	1	-0,0015	1	0,0713
Dambořice	8	1	0,0201		
Lovčice	9	2	-0,0434	3	0,1330
Domanín	10	1	0,0261	1	0,0945
Ratíškovice	11	1	0,0358	1	0,0423
Bzenec	12	1	0,0484	3	0,2412
Čejkovice	13	1	0,0178	3	0,1720
Hodonín	14	1	0,0549	3	0,1691
Lanžhot	15	1	0,0162	3	0,2514
Břeclav	16	1	0,0208	3	0,1482
Lednice	17	1	0,0196	1	0,0634
Pavlov	18	1	0,0533	3	0,2062
Hustopeče	19	1	0,0308	3	0,2493
Diváky	20	2	-0,0334	1	0,0411
Tišnov	21	1	0,0095	3	0,3207
Skryje	22	1	0,0713	3	0,2258
Olešnice	23	1	0,0415	1	0,0429
Rozdrojovice	24	1	0,0319	3	0,3402
Lažánky	25	1	0,0465	3	0,3244
Lomnice	26	1	0,0206	3	0,2066
Lysice	27	1	0,0469	3	0,1662
Úsobrno	28	1	-0,0010	3	0,1449
Letovice	29	1	0,0316	3	0,2493
Boskovice	30	1	0,0514	3	0,1594
Sloup	31	1	0,0456	1	0,0288
Šošůvka	32	1	0,0378	3	0,1467
Hostěnice	33	1	0,0708	1	0,1051
Krásensko	34	1	0,0425		
Křtiny	35	1	0,0551	1	0,0186
Bukovinka	36	1	0,0823	3	0,1555
Blansko	37	1	0,0610	1	-0,0049
Adamov	38	1	0,0039	3	0,1543
Rousínov	39	1	0,0137	2	-0,0925
Vyškov	40	1	0,0309	3	0,1917

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovlků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

Lokalita	Pořadí	Chladné období		Teplé období	
		Cluster1	[IPy,BPe]	Cluster2	[IPy,BPe]
Lukov	41	3	0,1261	1	0,0707
Vranov nad Dyjí	42	3	0,1050	1	0,0124
Vratěšín	43	3	0,1501	1	0,0174
Rosice	44	3	0,1197	2	-0,1252
Ivančice	45	3	0,1193	2	-0,1327
Horní Kounice	46	3	0,1132	2	-0,0272
Vranovská Ves	47	3	0,1156	2	-0,0483
Tasovice	48	3	0,1183	3	0,2071
Jaroslavice	49	3	0,0910	1	0,0555
Hevlín	50	3	0,1162	1	0,0179
Břežany	51	3	0,1233	1	0,0531
Brod nad Dyjí	52	3	0,1192	1	-0,0054
Mikulov	53	3	0,1173	2	-0,0317
Šlapanice	54	3	0,1527	1	0,0310
Sokolnice	55	3	0,1053	2	-0,0625
Židlochovice	56	3	0,1166	2	-0,0381
Moravský Krumlov	57	3	0,1164	1	0,0264
Žerotice	58	3	0,1040	2	-0,0246
Znojmo	59	3	0,1343	2	-0,0587
Pohořelice	60	3	0,1234	2	-0,0483
Brtnice	61	3	0,0976	2	-0,0154
Okříšky	62	3	0,1144	2	-0,0517
Třebíč	63	2	-0,0483	1	0,0051
Velká Bíteš	64	3	0,1457	1	0,0430
Náměšť nad Oslavou	65	3	0,1188	1	0,0389
Valdík	66	3	0,1177	1	0,0310
Svatoslav	67	3	0,1418	1	0,0478
Dešov	68	2	-0,0415	1	0,0318
Jemnice	69	1	0,0722	2	-0,0241
Dolní Vilímeč	70	3	0,1344	1	0,0675
Řásná	71	3	0,1093	2	-0,0131
Telč	72	3	0,1236	1	0,0358
Měřín	73	3	0,1071	2	-0,0458
Želetava	74	1	0,0191	1	0,0570
Otín	75	3	0,1097	1	0,0080
Velké Meziříčí	76	3	0,1276	2	-0,0147
Hrotovice	77	3	0,1376	1	0,0032
Mohelno	78	3	0,1495	1	0,0433
Jaroměřice nad Rokytnou	79	3	0,1368	1	0,0228
Moravské Budějovice	80	3	0,1214	1	0,0119
Třešť	81	3	0,1181	1	0,0267

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

Lokalita	Pořadí	Chladné období		Teplé období	
		Cluster1	[IPy,BPe]	Cluster2	[IPy,BPe]
Černovice	82	3	0,1354		
Pacov	83	3	0,1396	2	-0,0210
Žirovnice	84	3	0,1244	2	-0,0715
Černov	85	3	0,1346	2	-0,0506
Sázava	86	3	0,1233	1	0,0582
Kamenice nad Lipou	87	3	0,1018	1	0,0886
Světlá nad Sázavou	88	1	0,0120	2	-0,0905
Ostrov	89	3	0,1240	1	0,0160
Ledeč nad Sázavou	90	3	0,0915	1	0,0339
Lukavec	91	2	-0,1394	2	-0,0504
Červená Řečice	92	3	0,1109	1	0,0254
Jihlava	93	3	0,0929	1	0,0241
Pelhřimov	94	3	0,1452	1	0,0229
Polná	95	3	0,1722	1	0,0012
Rantířov	96	3	0,1061	1	0,0522
Humpolec	97	3	0,1308	2	-0,1321
Havlíčkův Brod	98	3	0,1127	2	-0,1051
Kochánov	99	3	0,1281	3	0,1666
Jamně	100	3	0,0967	1	0,0409
Jimramov	101	1	0,0729	1	0,0229
Mílovy	102	3	0,1351	1	0,0147
Herálec	103	3	0,1065	1	0,0084
Vír	104	3	0,1145	1	0,0637
Bystřice nad Pernštejnem	105	1	0,0237	1	0,0428
Přibyslav	106	1	0,0196	1	0,0232
Fryšava	107	3	0,1576	1	0,0353
Nové Město na Moravě	108	3	0,1241	1	-0,0039
Kadolec	109	3	0,1243	1	0,0601
Radostín	110	3	0,1209	1	0,0590
Bohdalov	111	3	0,1116	1	0,0813
Sobíňov	112	1	0,0520	3	0,1384
Horní Rozsička	113	3	0,1058	2	-0,1379
Žďár nad Sázavou	114	3	0,1045	1	0,0032
Krásněves	115	3	0,1419	1	0,1101
Golčův Jeníkov	116	1	0,0712	1	0,0381
Spálava	117	3	0,1115	1	0,0358
Chotěboř	118	2	-0,0640	1	0,0386
Kámen	119	3	0,1517	1	0,0001
Horní Krupá	120	3	0,1384	1	0,0423

Tab. 7: Rozdělení lokalit podle identifikovaných skupin zdrojů PAU

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

Na základě diagnostických poměrů, které uvádí Tab. 6 a shlukové analýzy, která přiřadila jednotlivým lokalitám příslušné shluky vyznačené čísly ve sloupcích Cluster1 a Cluster2, byly pro jednotlivé skupiny lokalit provedeny odhady zdrojů podílejících se na znečištění ovzduší PAU vázanými na aerosolové částice. Klíč k tomuto přiřazení uvádí Tab. 8.

Zdroj znečištění	Chladné období		Teplé období		Rozmezí shluků
	Cluster1	[IPy,BPe]	Cluster2	[IPy,BPe]	
Spalování dřeva, uhlí, trávy	3	0,1722	3	0,3402	max
	3	0,0910	3	0,1330	min
Smíšené zdroje	1	0,0823	1	0,1101	max
	1	-0,0110	1	-0,0054	min
Spalování nafty, spalování benzínu	2	-0,0334	2	-0,0131	max
	2	-0,1394	2	-0,1379	min

Tab. 8: Přiřazení zdrojů PAU jednotlivým shlukům lokalit

Z uvedeného tedy vyplývá, že v chladnějším období převládaly zdroje se spalováním tuhých paliv, případně smíšené zdroje spalování tuhých paliv a pohonných hmot. Zdroje ze spalování nafty a benzínu převládaly na minimu lokalit.

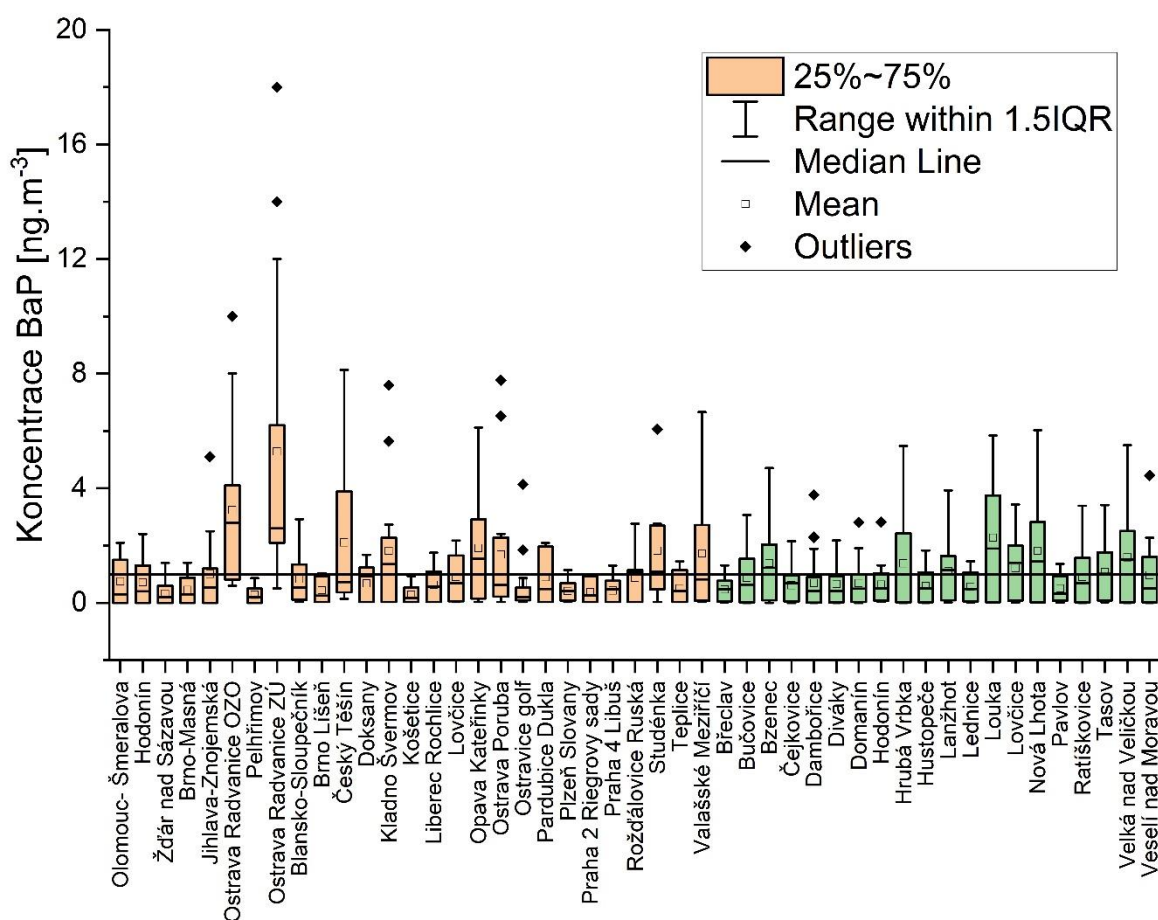
V teplejším období přibýlo lokalit se znečištěním ovzduší ze spalování nafty a benzínu a snížil se počet lokalit znečišťovaných spalováním tuhých paliv. Kromě toho, na některých lokalitách byly koncentrace PAU pod limitem stanovení, a tudíž nebylo možné stanovit jejich diagnostické poměry.

5 Srovnání monitorovaných lokalit s vybranými lokalitami SSIM

Odběrové dny byly stanoveny tak, aby byly shodné s odběrovým kalendářem ČHMÚ. Díky tomu bylo možné porovnat výsledky dosažené na jednotlivých lokalitách s výsledky SSIM. Za tímto účelem bylo vybráno 27 lokalit ze SSIM, kde probíhal monitoring BaP ve shodných termínech jako v případě námi řešeného projektu. Srovnání bylo provedeno formou krabicových grafů, které shrnují výsledky za dobu všech tří kampaní na každé z lokalit (zima 2022, léto 2022 a zima 2023). Výsledky jsou rozčleněny na základě jednotlivých etap, přesunů techniky, vždy po 20 sledovaných lokalitách. V krabicových grafech je dále vynesena hladina koncentrací $1 \text{ ng} \cdot \mu\text{m}^{-3}$, symbolizující hodnotu ročního imisního limitu.

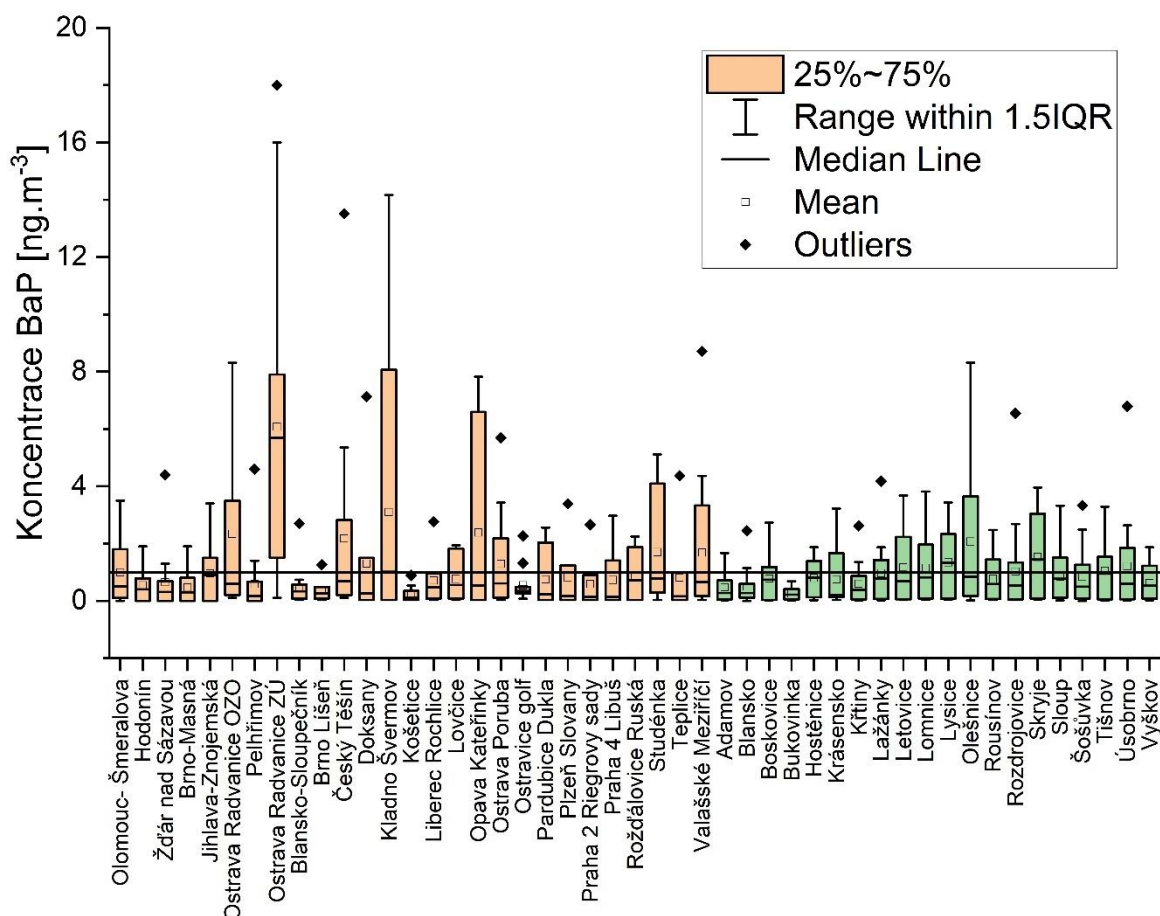
5.1 Jihomoravský kraj

Ze srovnání výsledku (Obr. 24) SSIM a námi realizovaných měření v rámci první etapy měření vidíme, že na lokalitách SSIM Ostrava Radvanice (OZO + ZÚ) a Kladno Švermov byly monitorovány výrazně vyšší koncentrace než ve srovnání se zbývajících lokalitami jak už stanic SSIM, tak i námi monitorovanými lokalitami. V případě lokalit Hrubá Vrbka, Louka, Nová Lhota a Velká nad Veličkou byly sledovány koncentrace odpovídající lokalitám Opava Kateřinky, Studénka a Valašské Meziříčí.



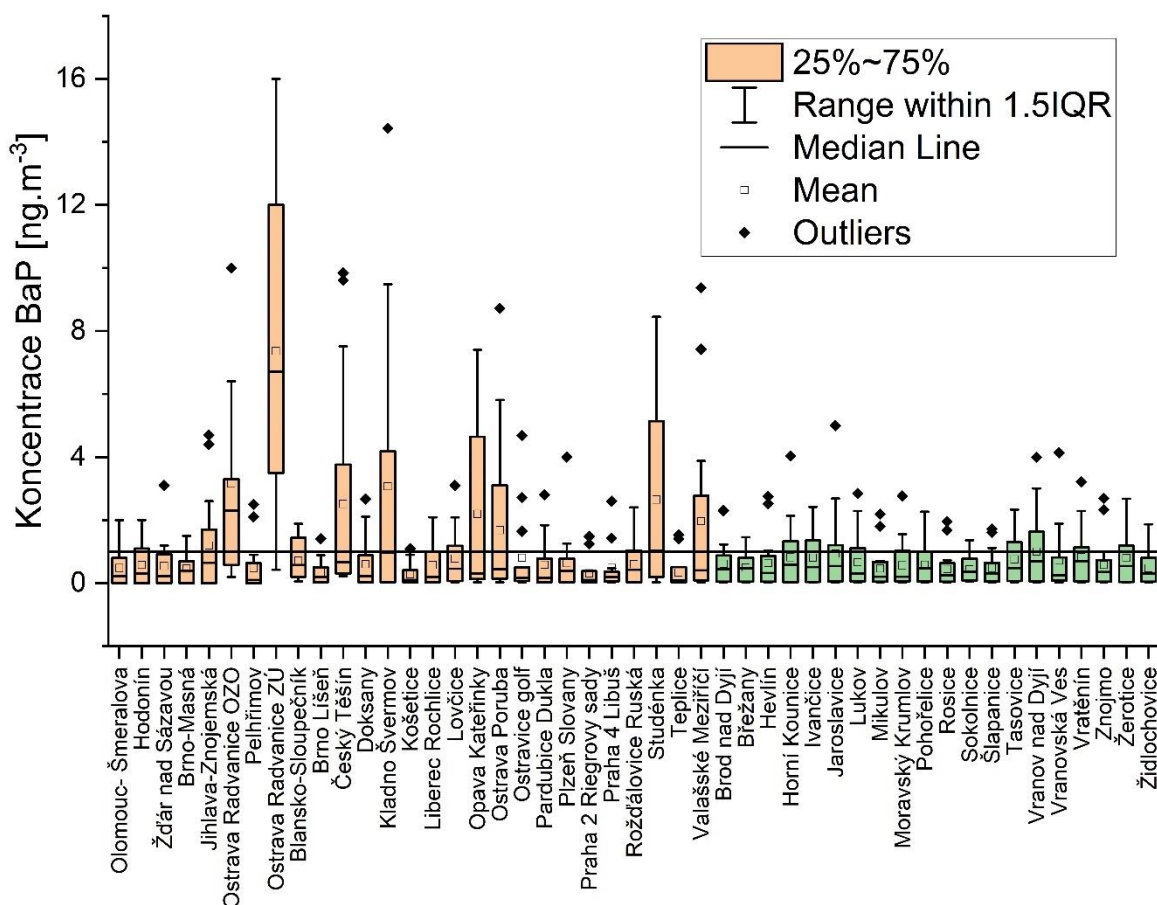
Obr. 24: Srovnání lokalit SSIM (oranžové) s měřenými lokalitami v rámci projektu (zelené), koncentrace BaP, první etapa měření na území JMK (zdroj dat: ZU OVA, ČHMÚ)

Ze srovnání výsledků (Obr. 25) SSIM a námi realizovaných měření v rámci druhé etapy měření vidíme, že na lokalitách SSIM Ostrava Radvanice (OZO + ZÚ), Kladno Švermov a Opava Kateřinky byly monitorovány výrazně vyšší koncentrace než ve srovnání se zbývajících lokalitami jak už stanic SSIM, tak i námi monitorovanými lokalitami. V případě lokality Olešnice byly sledovány nejvyšší koncentrace z pohledu lokalit monitorovaných v rámci projektu, ze srovnání s měřeními SSIM koncentrace odpovídají lokalitě Ostrava Radvanice OZO, případně Studénka. V případě zbývajících lokalit měřených v rámci projektu byly pozorovány v průměru vyšší koncentrace než na stanicích SSIM.



Obr. 25: Srovnání lokalit SSIM (oranžové) s měřeními lokalitami v rámci projektu (zelené), koncentrace BaP, druhá etapa měření na území JMK (zdroj dat: ZU OVA, ČHMÚ)

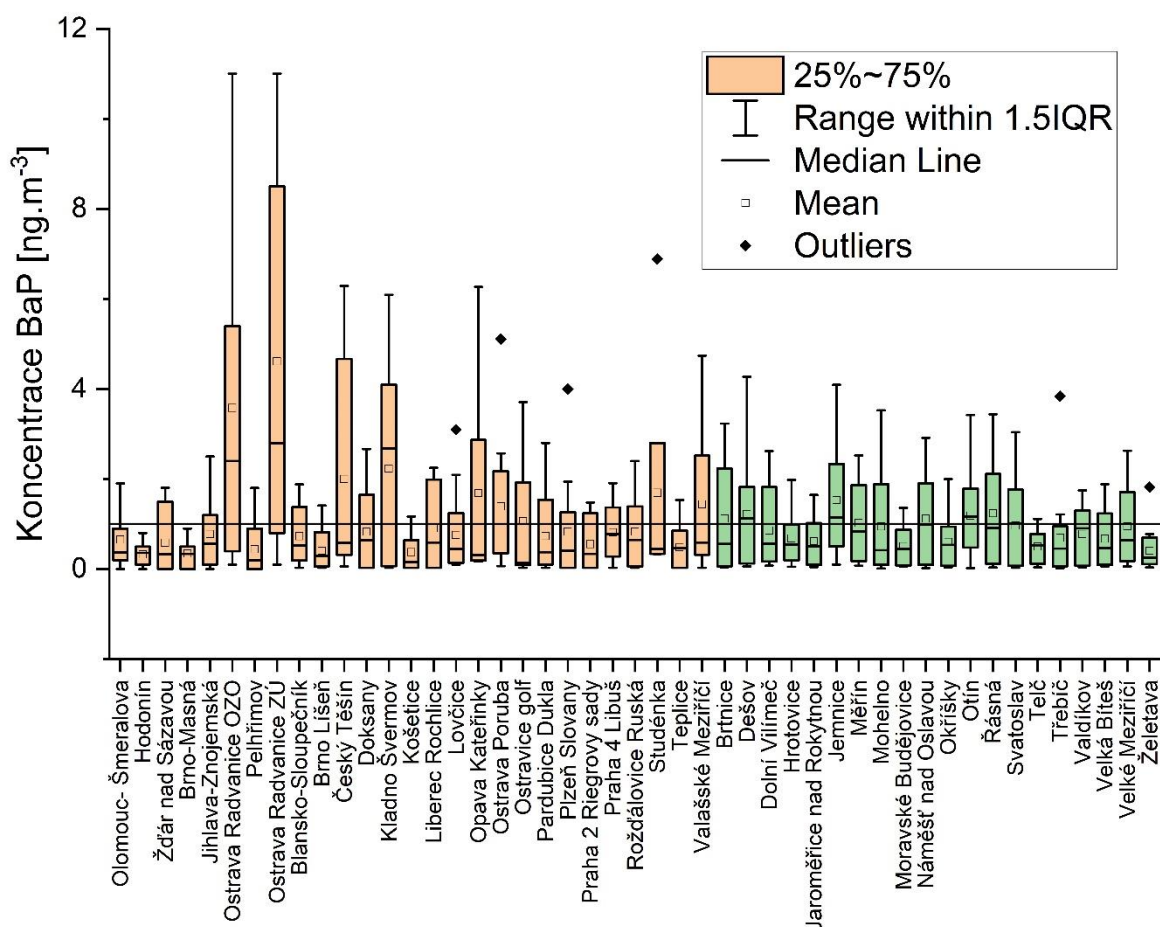
Výsledky třetí (Obr. 25) realizované etapy ve srovnání s výsledky SSIM ukazují, že na lokalitách SSIM Ostrava Radvanice (OZO + ZÚ), Ostrava Poruba, Kladno Švermov, Český Těšín, Opava Kateřinky, Studénka a Valašské Meziříčí byly monitorovány výrazně vyšší koncentrace než ve srovnání se zbývajících lokalitami jak už stanic SSIM, tak i námi monitorovanými lokalitami. V případě zbývajících lokalit měřených v rámci projektu byly pozorovány v průměru nižší koncentrace než na stanicích SSIM.



Obr. 26: Srovnání lokalit SSIM (oranžové) s měřenými lokalitami v rámci projektu (zelené), koncentrace BaP, třetí etapa měření na území JMK (zdroj dat: ZU OVA, ČHMÚ)

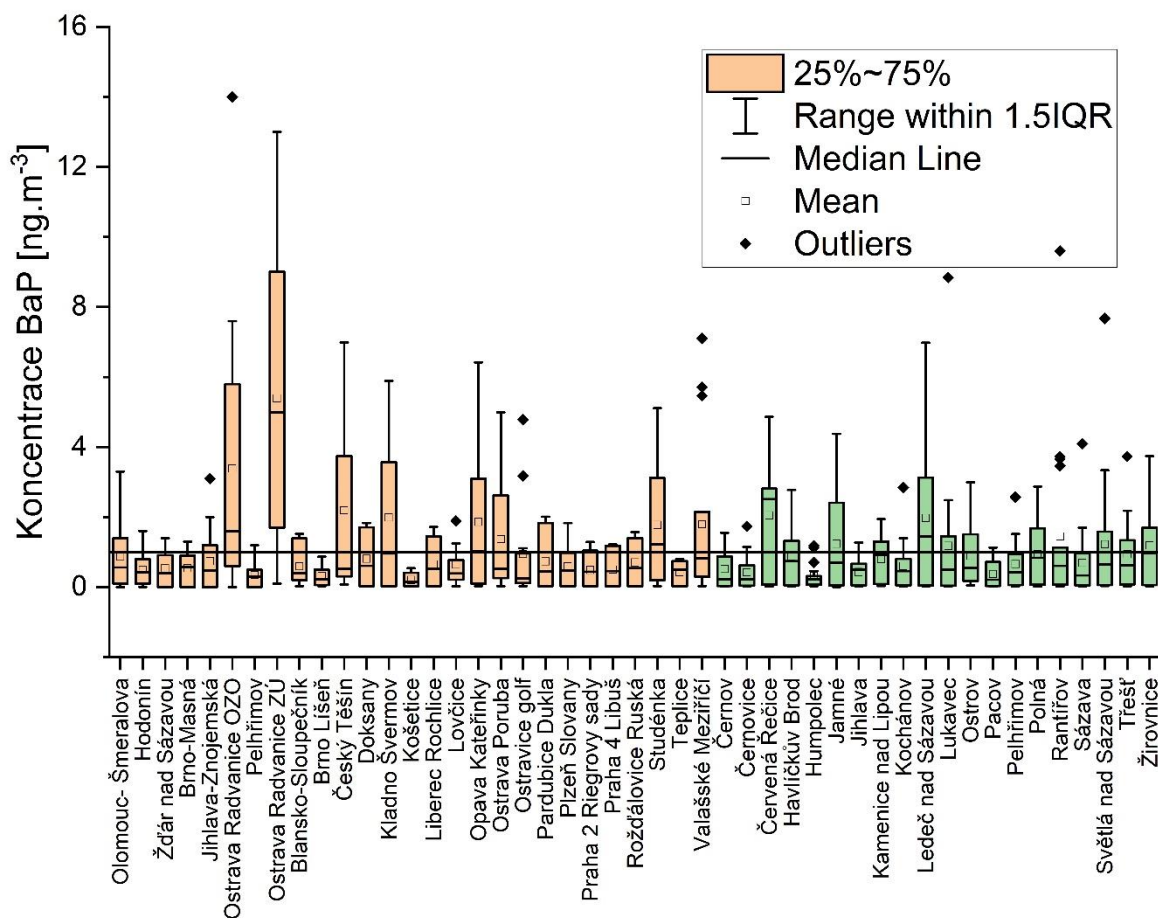
5.2 Kraj Vysočina

Ze srovnání výsledku (Obr. 27) SSIM a námi realizovaných měření v rámci první etapy měření vidíme, že na lokalitách SSIM Ostrava Radvanice (OZO + ZÚ), Český Těšín, Kladno Švermov a Opava Kateřinky byly monitorovány výrazně vyšší koncentrace než ve srovnání se zbývajících lokalitami jak už stanic SSIM, tak i námi monitorovanými lokalitami. V případě lokalit měření v rámci projektu PAUPZKO byly měřeny v průměru obdobné koncentrace jako v SSIM (krom výše uvedených). Nejvyšší koncentrace v rámci měření projektu byly pozorovány na lokalitě Jemnice.



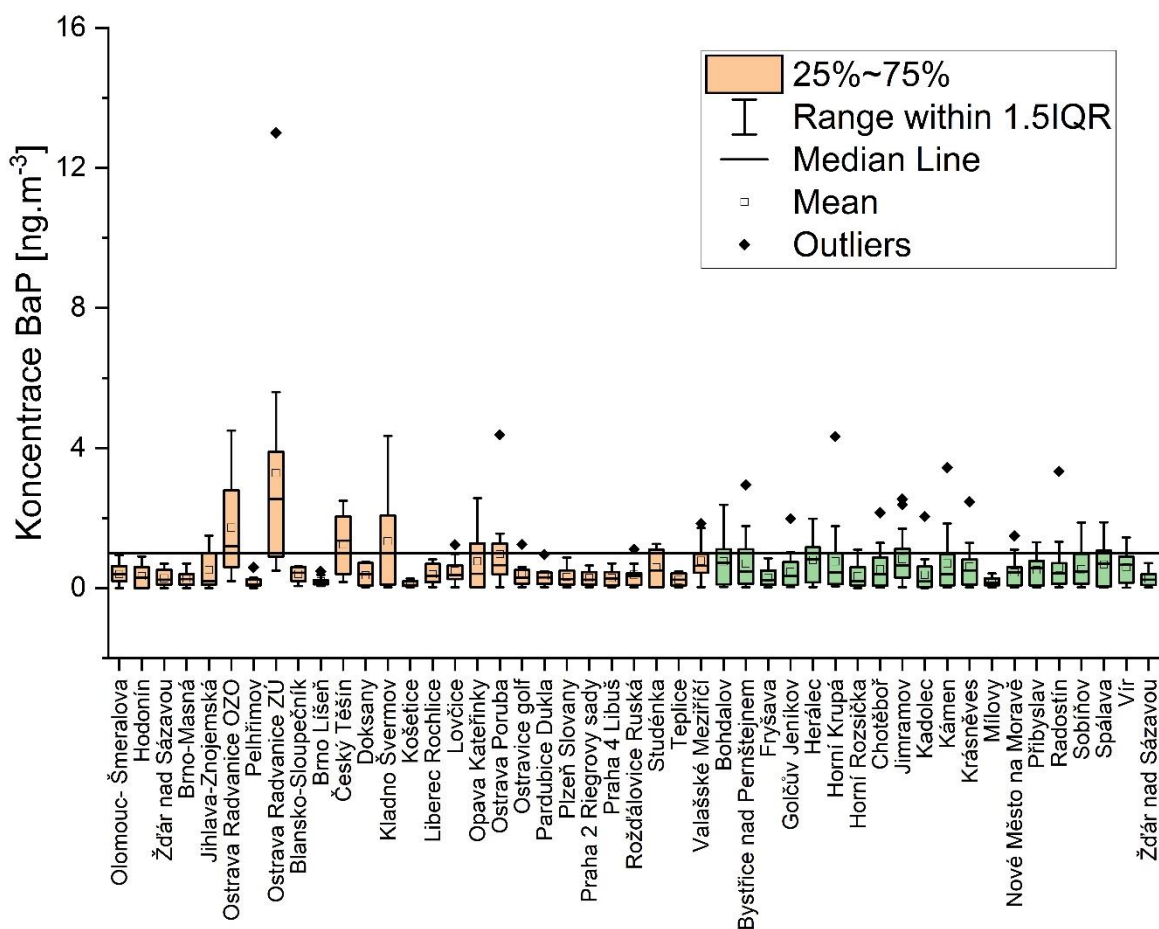
Obr. 27: Srovnání lokalit SSIM (oranžové) s měřeními lokalitami v rámci projektu (zelené), koncentrace BaP, první etapa měření na území VYS (zdroj dat: ZU OVA, ČHMÚ)

Ze srovnání výsledků (Obr. 28) SSIM a námi realizovaných měření v rámci druhé etapy měření vidíme, že na lokalitách SSIM Ostrava Radvanice (OZO + ZÚ), Český Těšín, Kladno Švermov, Opava Kateřinky, Ostrava Poruba, Studénka a Valašské Meziříčí byly monitorovány výrazně vyšší koncentrace než ve srovnání se zbývajících lokalitami jak už stanic SSIM, tak i námi monitorovanými lokalitami. V případě lokalit Červená Řečice a Ledec nad Sázavou byly sledovány nejvyšší koncentrace z pohledu lokalit monitorovaných v rámci projektu, ze srovnání s měřeními SSIM koncentrace odpovídají přibližně lokalitě Ostrava Poruba. V případě zbývajících lokalit měřených v rámci projektu byly pozorovány v průměru obdobné koncentrace jak na stanicích SSIM.



Obr. 28: Srovnání lokalit SSIM (oranžové) s měřeními lokalitami v rámci projektu (zelené), koncentrace BaP, druhá etapa měření na území VYS (zdroj dat: ZU OVA, ČHMÚ)

Výsledky třetí (Obr. 29) realizované etapy ve srovnání s výsledky SSIM ukazují, že na lokalitách SSIM Ostrava Radvanice (OZO + ZÚ), Kladno Švermov a Český Těšín byly monitorovány vyšší koncentrace než ve srovnání se zbývajících lokalitami jak už stanic SSIM, tak i námi monitorovanými lokalitami. V případě zbývajících lokalit měřených v rámci projektu byly pozorovány v průměru lehce vyšší koncentrace než na stanicích SSIM.



Obr. 29: Srovnání lokalit SSIM (oranžové) s měřenými lokalitami v rámci projektu (zelené), koncentrace BaP, třetí etapa měření na území VYS (zdroj dat: ZU OVA, ČHMÚ)

6 Výsledky kontinuálních měření

6.1 Jihomoravský kraj

Nad rámec měření koncentrací PAU byly na vybraných lokalitách, specifikovaných v rámci PZKO pro realizaci nápravných opatření, proměřeny i další znečišťující látky (SO_2 , NO , NO_2 , NO_x , CO , O_3 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, PM_1). Cílem tohoto měření bylo zjištění stavu znečištění ve zmíněných problematických lokalitách i v souvislosti s dalšími znečišťujícími látkami, pro které jsou legislativně stanoveny imisní limity pro ochranu zdraví.

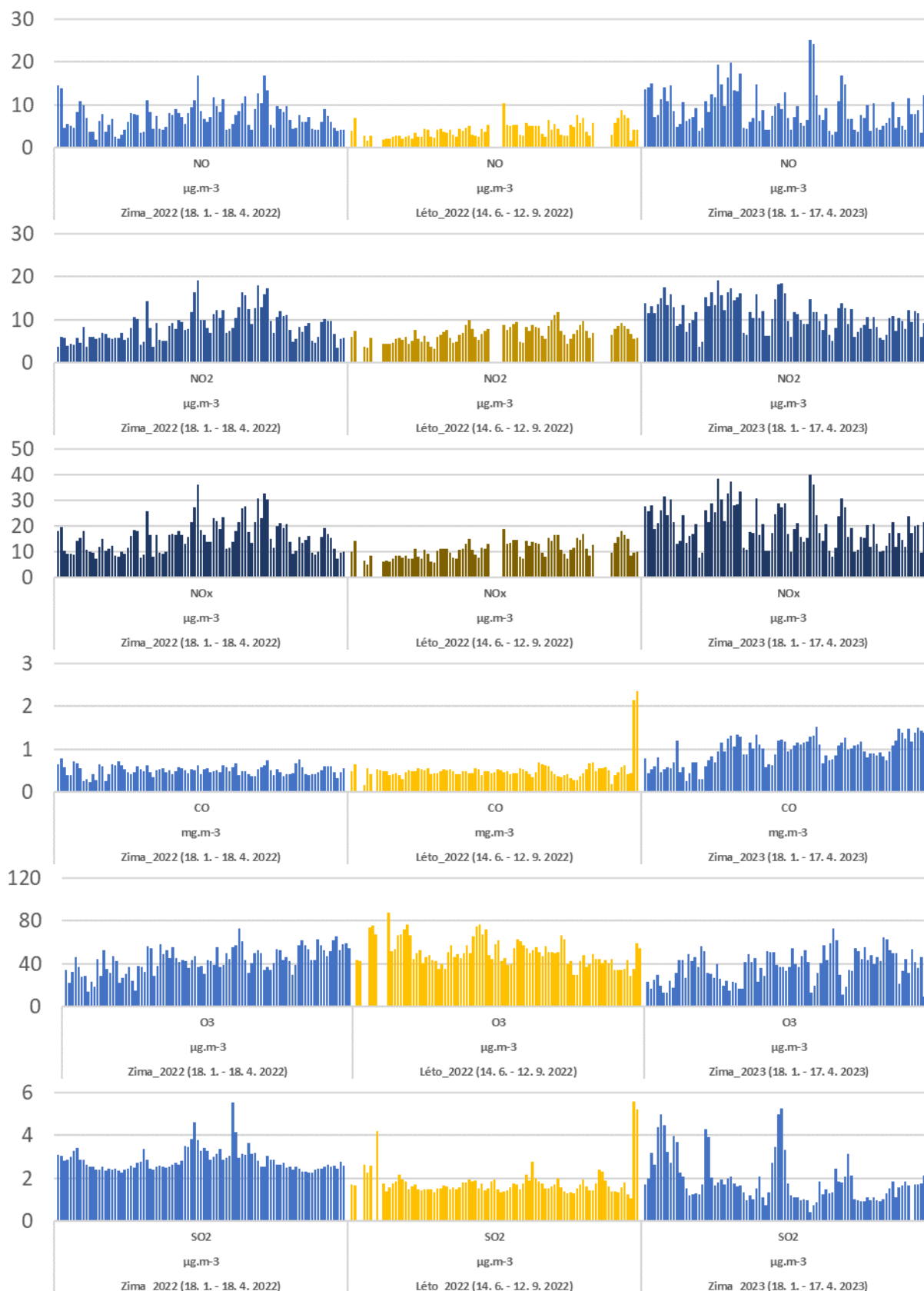
6.1.1 Veselí nad Moravou

Měření proběhla v období od 18. 1. do 18. 4. 2022 (zima 2022), 14. 6. – 12. 9. 2022 (léto 2022) a 18. 1. – 17. 4. 2023 (zima 2023). Data byla měřena v minutových intervalech.

V průběhu měření nebyl překročen žádný z imisních limitů podle zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích č. 330/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

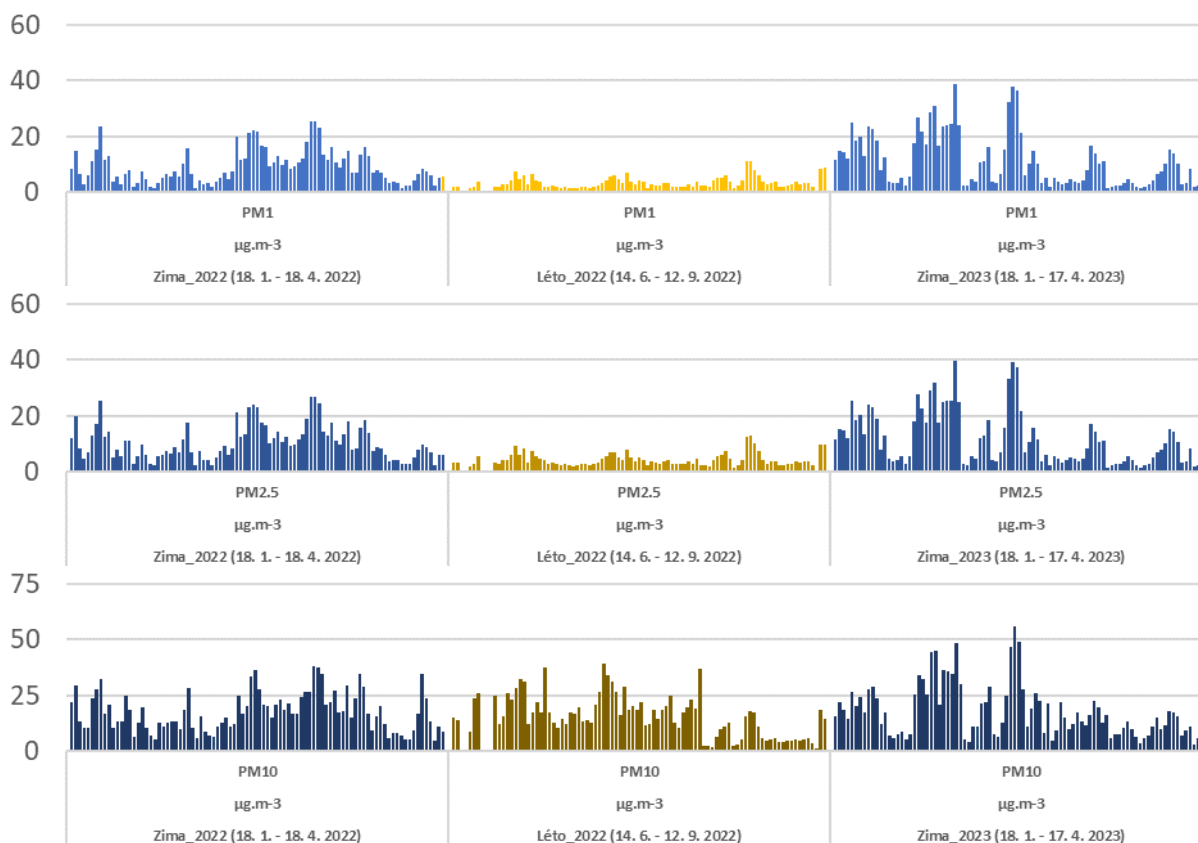
Výsledky jsou níže uvedeny ve formě grafů na Obr. 30. Pro přehlednější srovnání jednotlivých měřících kampaní jsou výsledky zobrazeny formou denních průměrů pro jednotlivé polutanty. Z naměřených výsledků je patrný pokles koncentrací aerosolových částic, oxidů dusíku a SO_2 v průběhu letních měřících kampaní. Nejvyšší koncentrace oxidů dusíku byly měřeny v průběhu zimy 2023, to samé i v případě měření koncentrací CO. V případě SO_2 byly nejvyšší koncentrace naměřeny v průběhu zimy 2022. Nejvyšší koncentrace O_3 byly měřeny v průběhu léta 2022.

Z pohledu porovnání kvality ovzduší na sledované lokalitě v jednotlivých kampaních lze konstatovat, že meziročně došlo k mírnému zhoršení situace a to zejména v případě koncentrací aerosolových částic, oxidů dusíku a CO. V případě aerosolových částic frakce PM_{10} byly měřeny koncentrace, které v 1 případě překročily hodnotu pro denní imisní limit ($50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), a to v průběhu zimy 2023. Při předpokladu celoročního měření podobných koncentrací lze předpokládat, že by nedošlo k překročení i v případě ročního imisního limitu ($40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), to samé platí i v případě jemnější frakce $\text{PM}_{2.5}$, kde je stanoven roční imisní limit na $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Průměrné hodnoty za celou dobu monitoringu (všechny tři realizované kampaně, 273 dní) byly v případě $\text{PM}_{2.5}$ $8.9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a v případě PM_{10} $17,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+



Obr. 30: Denní průměry jednotlivých kontinuálně sledovaných polutantů v ovzduší během jednotlivých měřících kampaní, Veselí nad Moravou

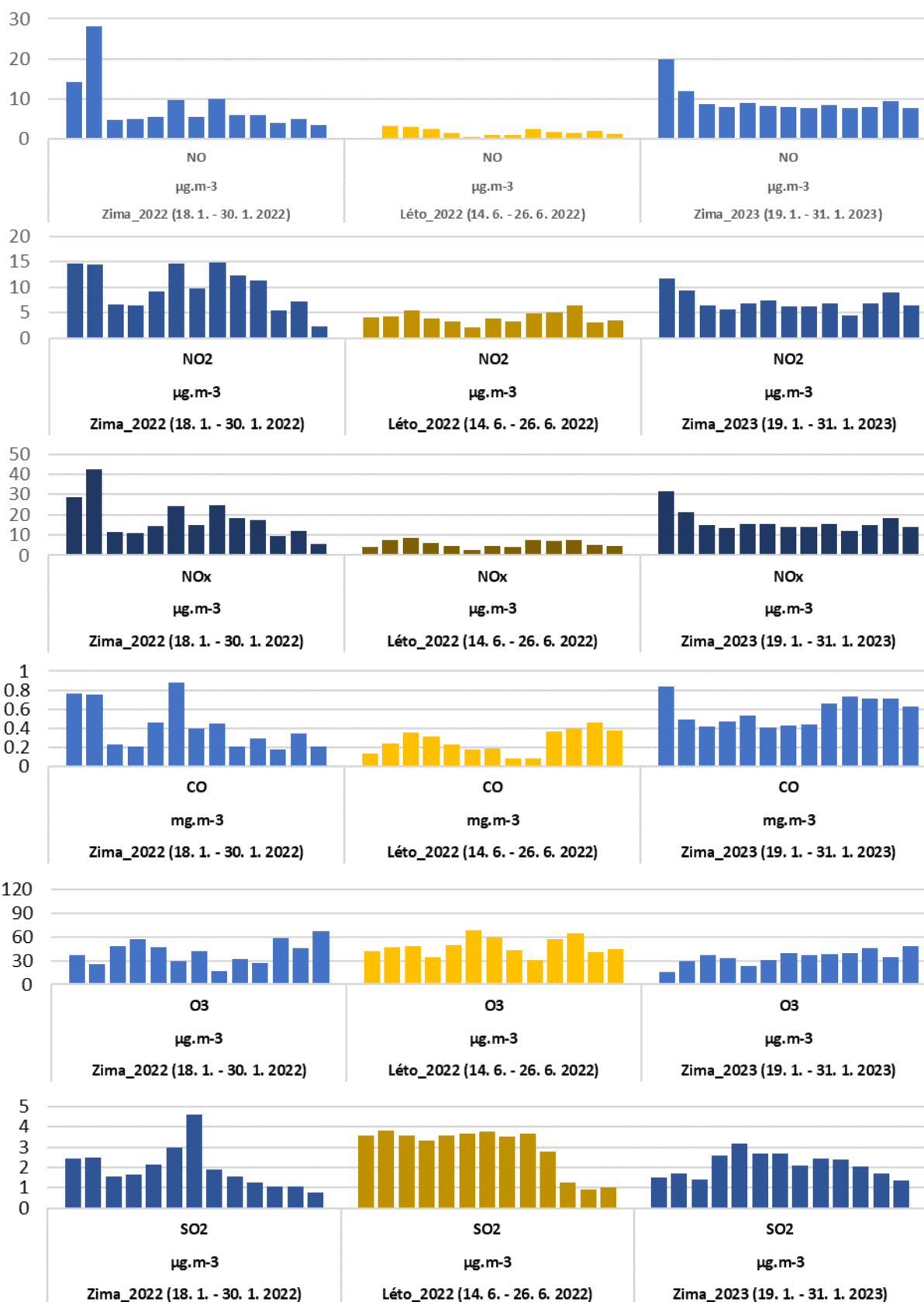
6.1.2 Bučovice

Měření proběhla v období od 18. 1. do 30. 1. 2022 (zima 2022), 14. 6. – 26. 6. 2022 (léto 2022) a 19. 1. – 31. 1. 2023 (zima 2023). Data byla měřena v minutových intervalech.

V průběhu měření nebyl překročen žádný z imisních limitů podle zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích č. 330/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

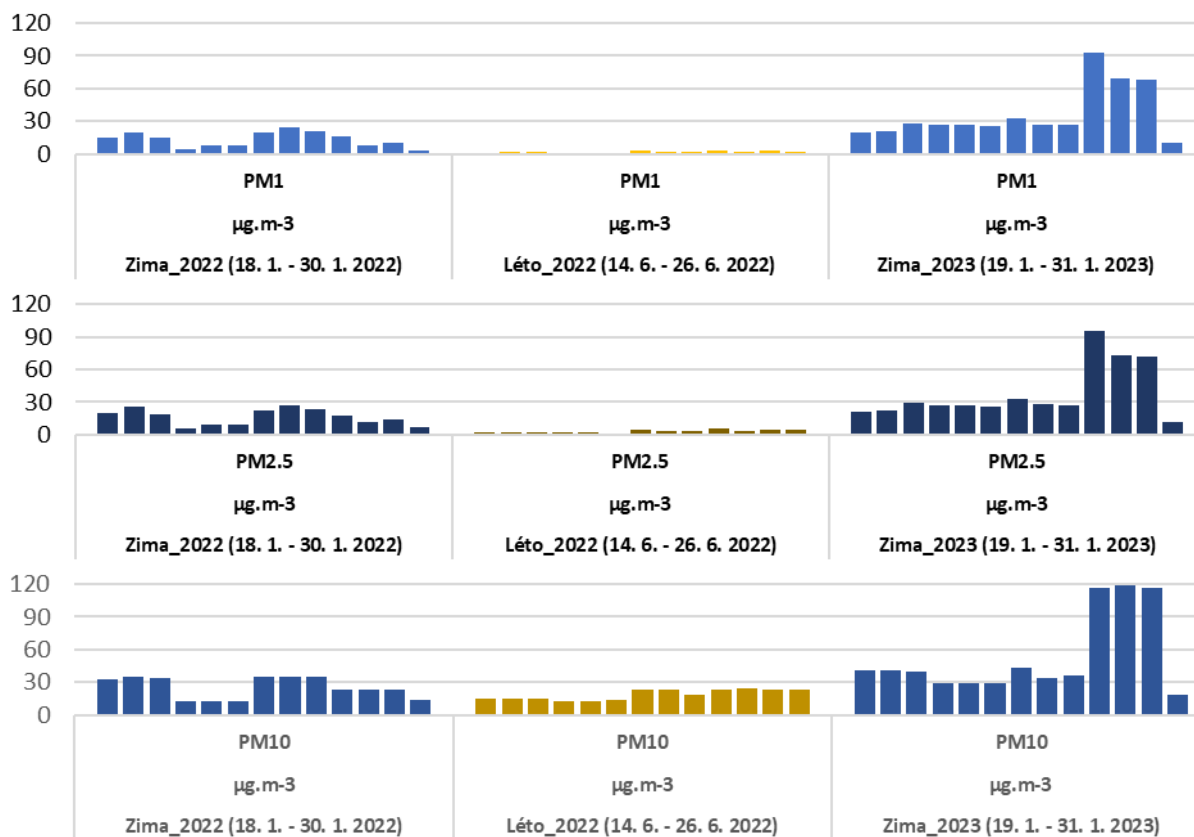
Výsledky jsou níže uvedeny ve formě grafů na Obr. 31. Pro přehlednější srovnání jednotlivých měřících kampaní jsou výsledky zobrazeny formou denních průměrů pro jednotlivé polutanty. Z naměřených výsledků je patrný pokles koncentrací oxidů dusíku a všech frakcí aerosolových částic v průběhu letních měření. V případě zbývajících plynných kontinuálně sledovaných nečistot v ovzduší pozorujeme mírný pokles koncentrací CO v průběhu letní kampaně. V případě koncentrací SO₂ a O₃ nebyly pozorovány výraznější rozdíly v jednotlivých kampaních.

Z pohledu porovnání kvality ovzduší na sledované lokalitě v jednotlivých kampaních lze konstatovat, že meziročně došlo k mírnému zhoršení situace a to zejména v případě koncentrací aerosolových částic. V případě aerosolových částic frakce PM₁₀ byly v roce 2023 měřeny ve třech dnech koncentrace převyšující hodnotu pro denní imisní limit (50 µg.m⁻³), avšak o překročení imisního limitu jde pouze tehdy, jedná-li se o 36 překročení této hodnoty. Při předpokladu celoročního měření podobných koncentrací lze předpokládat, že by nedošlo k překročení ani v případě ročního imisního limitu (40 µg.m⁻³), to samé platí i v případě jemnější frakce PM_{2.5}, kde je stanoven roční imisní limit na 20 µg.m⁻³.



Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+



Obr. 31: Denní průměry jednotlivých kontinuálně sledovaných polutantů v ovzduší během jednotlivých měřících kampaní, Bučovice

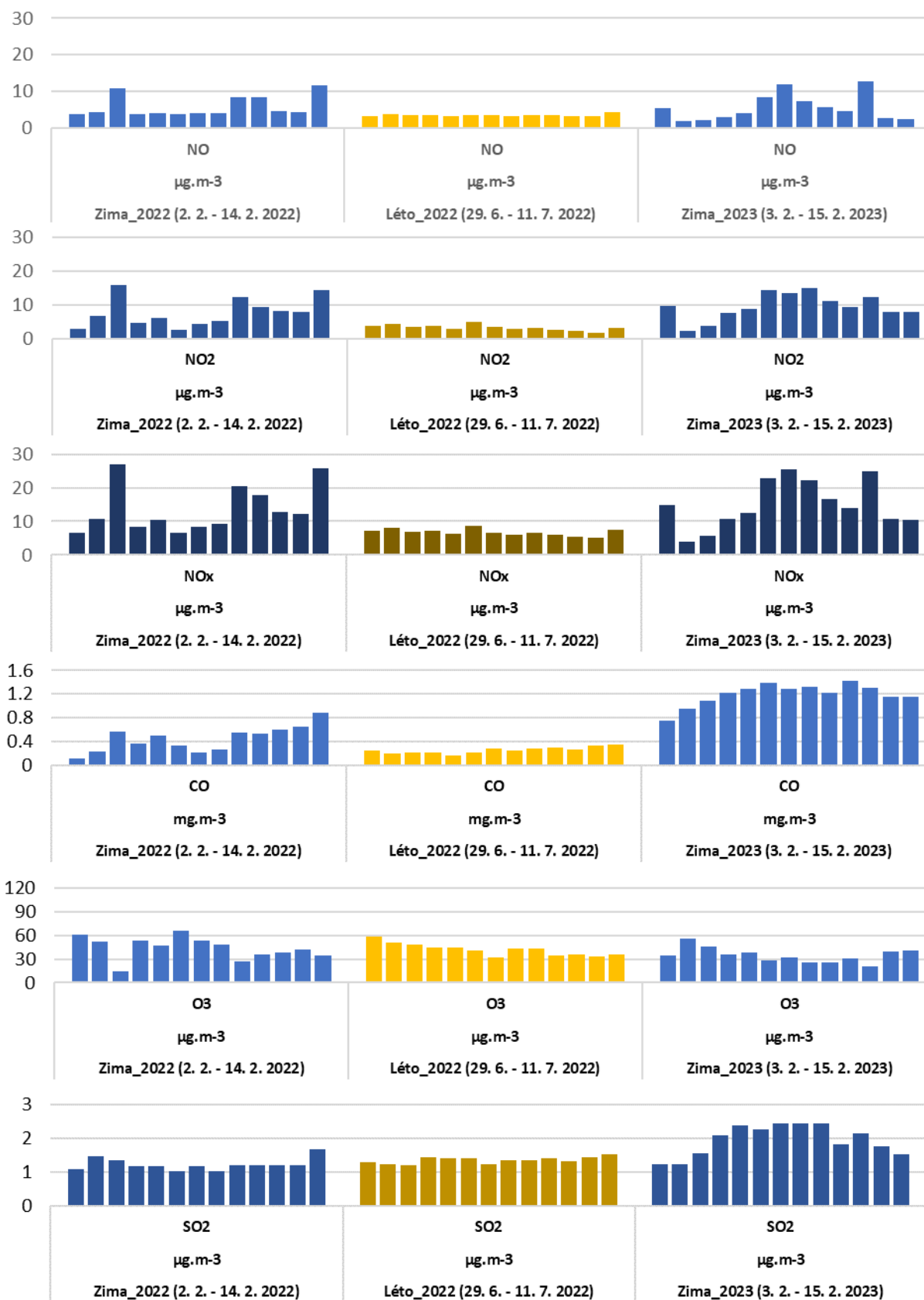
6.1.3 Tišnov

Měření proběhla v období od 2. 2. do 14. 2. 2022 (zima 2022), 29. 6. – 11. 7. 2022 (léto 2022) a 3. 2. – 15. 2. 2023 (zima 2023). Data byla měřena v minutových intervalech.

V průběhu měření nebyl překročen žádný z imisních limitů podle zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích č. 330/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

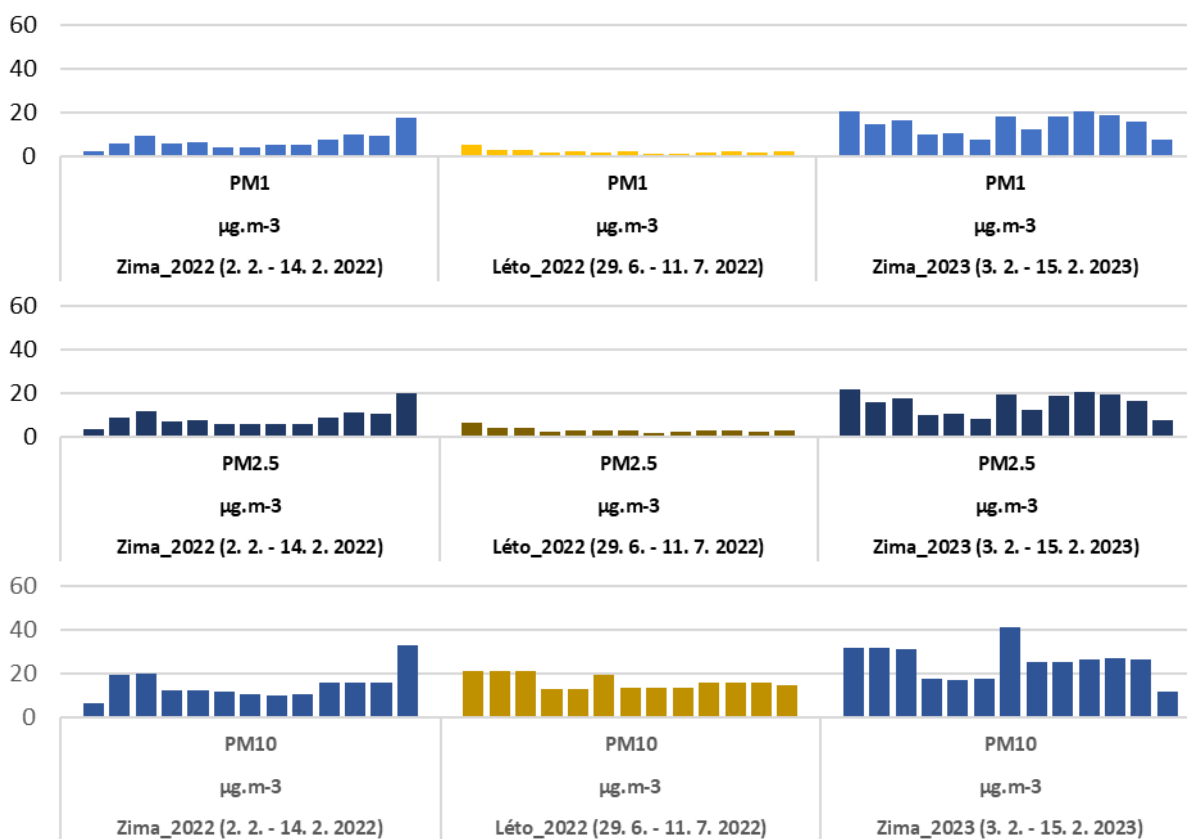
Výsledky jsou níže uvedeny ve formě grafů na Obr. 32. Pro přehlednější srovnání jednotlivých měřicích kampaní jsou výsledky zobrazeny formou denních průměrů pro jednotlivé polutanty. Z naměřených výsledků je patrný pokles koncentrací oxidů dusíku a jemných frakcí aerosolových částic (PM_{10} a $PM_{2.5}$) v průběhu letních měření (v případě PM_{10} bylo měření nejspíše ovlivněno v letní kampani stavební činností v blízkosti měřicí lokality). V případě zbývajících plynných kontinuálně sledovaných nečistot v ovzduší pozorujeme mírný pokles koncentrací CO v průběhu letní kampaně. U koncentrací SO_2 byl pozorován nárůst koncentrací v průběhu druhé zimní kampaně, v případě O_3 nebyly pozorovány výraznější rozdíly v jednotlivých kampaních.

Z pohledu porovnání kvality ovzduší na sledované lokalitě v jednotlivých kampaních lze konstatovat, že meziročně došlo k mírnému zhoršení situace a to zejména v případě koncentrací aerosolových částic. Avšak ani v případě aerosolových částic frakce PM_{10} nebyly v roce 2023 měřeny koncentrace převyšující hodnotu pro denní imisní limit ($50 \mu g \cdot m^{-3}$). Při předpokladu celoročního měření podobných koncentrací lze předpokládat, že by nedošlo k překročení ani v případě ročního imisního limitu ($40 \mu g \cdot m^{-3}$), to samé platí i v případě jemnější frakce $PM_{2.5}$, kde je stanoven roční imisní limit na $20 \mu g \cdot m^{-3}$.



Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+



Obr. 32: Denní průměry jednotlivých kontinuálně sledovaných polutantů v ovzduší během jednotlivých měřících kampaní, Tišnov

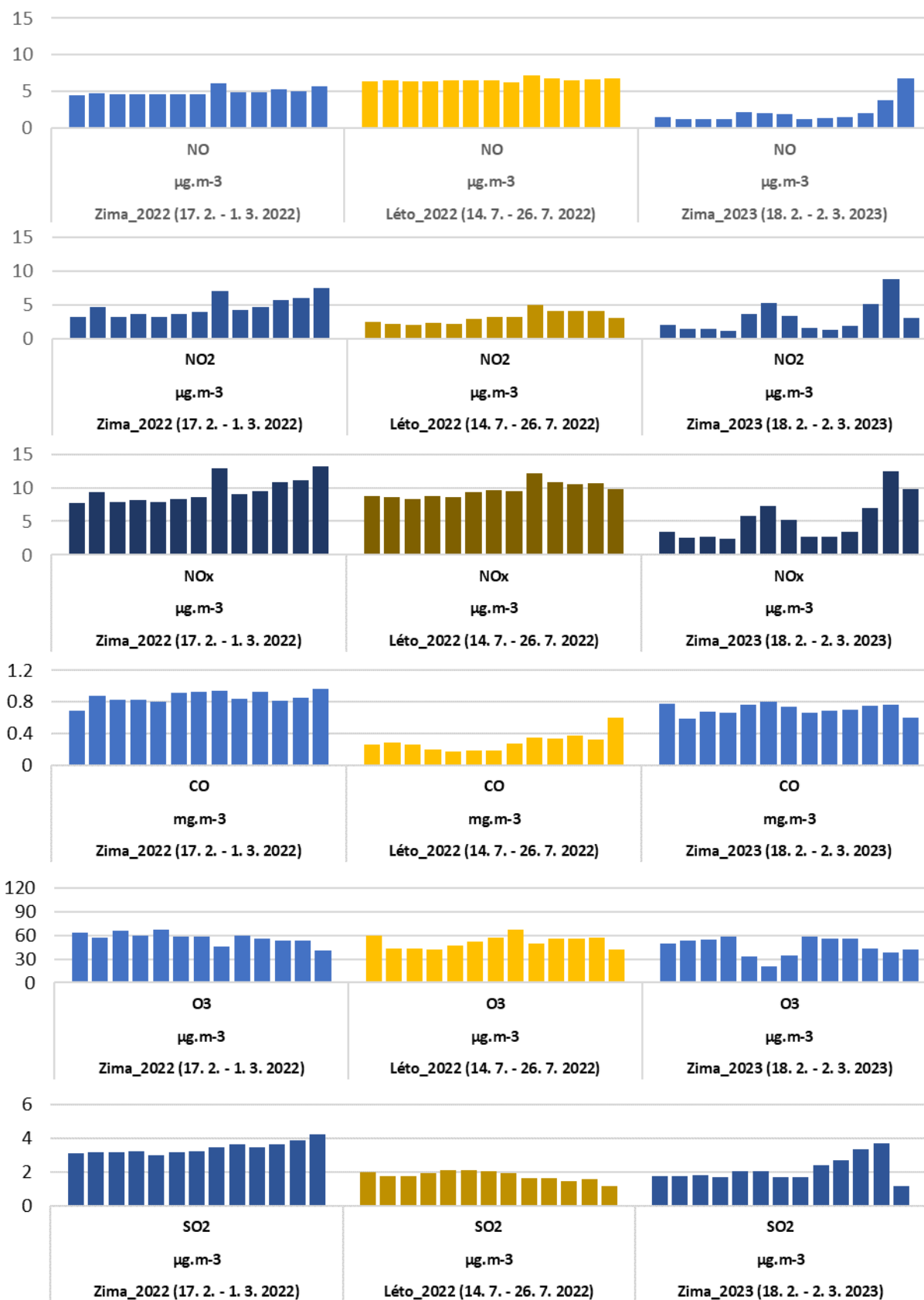
6.1.4 Lukov

Měření proběhla v období od 17. 2. do 1. 3. 2022 (zima 2022), 14. 7. – 26. 7. 2022 (léto 2022) a 18. 2. – 2. 3. 2023 (zima 2023). Data byla měřena v minutových intervalech.

V průběhu měření nebyl překročen žádný z imisních limitů podle zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích č. 330/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

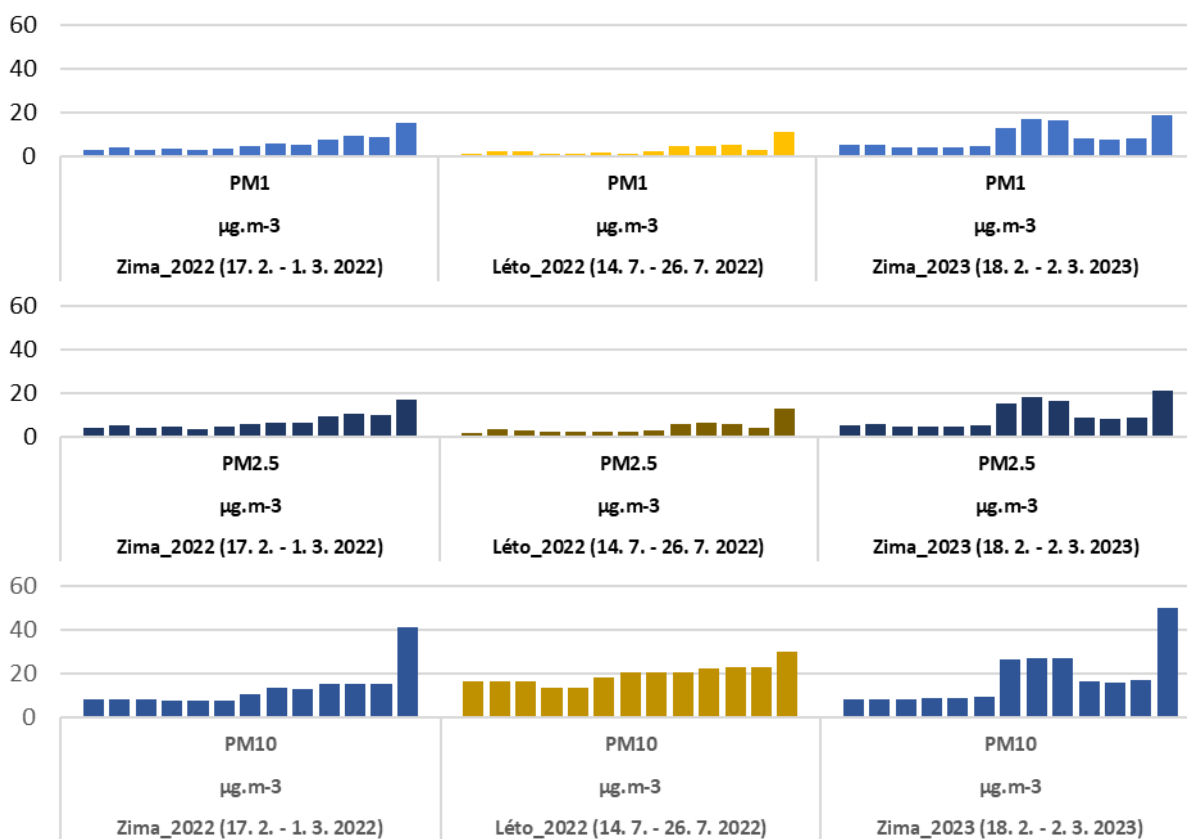
Výsledky jsou níže uvedeny ve formě grafů na Obr. 33. Pro přehlednější srovnání jednotlivých měřících kampaní jsou výsledky zobrazeny formou denních průměrů pro jednotlivé polutanty. Z naměřených výsledků je patrný pokles koncentrací oxidů dusíku v průběhu druhé zimní měřící kampaně a mírný pokles frakcí aerosolových částic PM_{10} a $PM_{2.5}$ v průběhu letní měřící kampaně. V případě zbývajících plynných kontinuálně sledovaných nečistot v ovzduší pozorujeme mírný pokles koncentrací CO a SO_2 v průběhu letní kampaně. V případě O_3 nebyly pozorovány výraznější rozdíly v jednotlivých kampaních.

Z pohledu porovnání kvality ovzduší na sledované lokalitě v jednotlivých kampaních lze konstatovat, že meziročně nedošlo k významnějším změnám kvality ovzduší. V případě aerosolových částic frakce PM_{10} nebyly v roce 2022 ani v roce 2023 měřeny koncentrace převyšující hodnotu pro denní imisní limit ($50 \mu g \cdot m^{-3}$). Při předpokladu celoročního měření podobných koncentrací lze předpokládat, že by nedošlo k překročení ani v případě ročního imisního limitu ($40 \mu g \cdot m^{-3}$), to samé platí i v případě jemnější frakce $PM_{2.5}$, kde je stanoven roční imisní limit na $20 \mu g \cdot m^{-3}$.



Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+



Obr. 33: Denní průměry jednotlivých kontinuálně sledovaných polutantů v ovzduší během jednotlivých měřících kampaní, Lukov

6.2 Kraj Vysočina

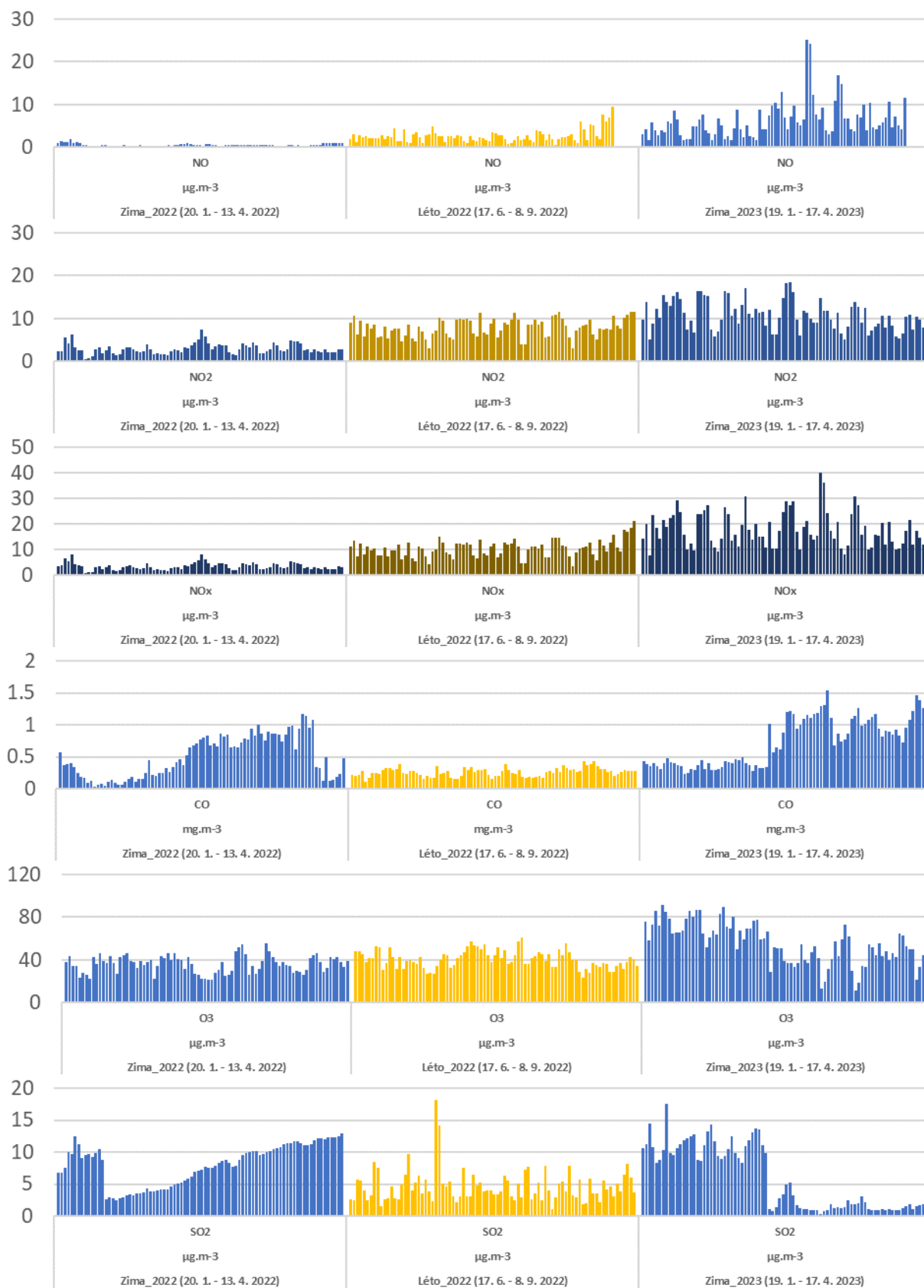
6.2.1 Červená Řečice

Měření proběhla v období od 20. 1. do 13. 4. 2022 (zima 2022), 17. 6. – 8. 9. 2022 (léto 2022) a 19. 1. – 17. 4. 2023 (zima 2023). Data byla měřena v minutových intervalech.

V průběhu měření nebyl překročen žádný z imisních limitů podle zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích č. 330/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

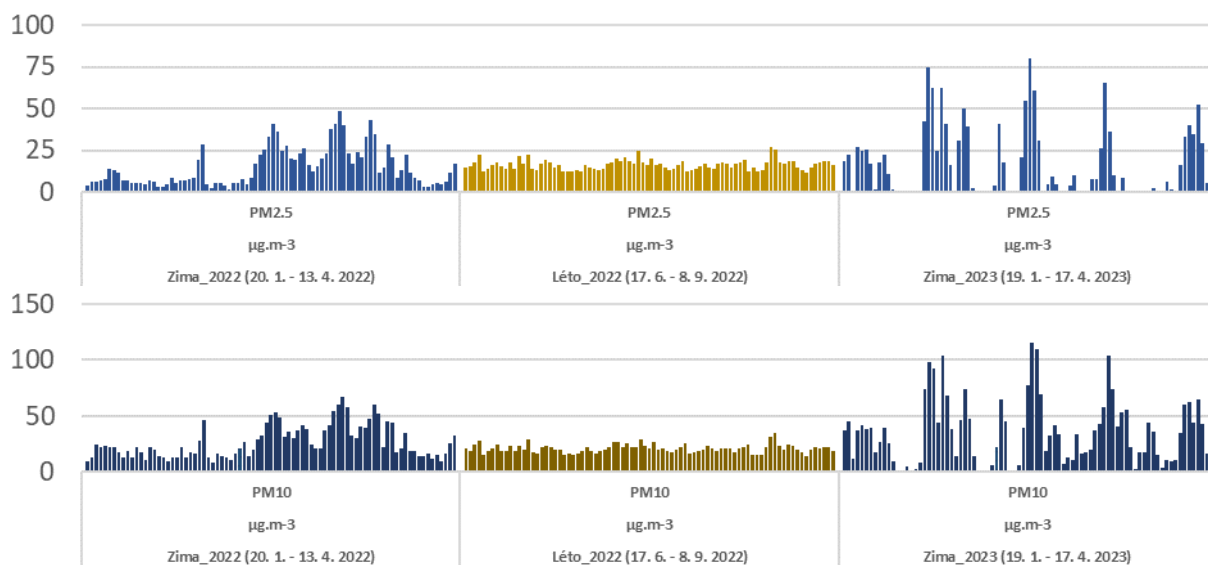
Výsledky jsou níže uvedeny ve formě grafů na Obr. 34. Pro přehlednější srovnání jednotlivých měřících kampaní jsou výsledky zobrazeny formou denních průměrů pro jednotlivé polutanty. Z naměřených výsledků je patrný pokles koncentrací aerosolových částic, CO a SO₂ v průběhu letních měřících kampaní. V případě oxidů dusíky byly měřeny nejnižší koncentrace v průběhu měření v zimě 2022, nejvyšší koncentrace poté v zimě roku 2023. V průběhu roku 2022 (měření zima a léto) byly měřeny obdobné koncentrace O₃, v zimě roku 2023 došlo k mírnému nárůstu koncentrací O₃.

Z pohledu porovnání kvality ovzduší na sledované lokalitě v jednotlivých kampaních lze konstatovat, že meziročně došlo ke zhoršení situace a to zejména v případě koncentrací aerosolových částic a oxidů dusíku. V případě aerosolových částic frakce PM₁₀ byly měřeny koncentrace, které v celkem 26 případech překročily hodnotu pro denní imisní limit (50 µg.m⁻³), a to 7x v průběhu zimy 2022 a 19x v průběhu zimy 2023. Při předpokladu celoročního měření podobných koncentrací lze předpokládat, že by nedošlo k překročení i v případě ročního imisního limitu (40 µg.m⁻³), to samé platí i v případě jemnější frakce PM_{2.5}, kde je stanoven roční imisní limit na 20 µg.m⁻³. Průměrné hodnoty za celou dobu monitoringu (všechny tři realizované kampaně, 252 dní) byly v případě PM_{2.5} 18,7 µg.m⁻³ a v případě PM₁₀ 28,0 µg.m⁻³



Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovlků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+



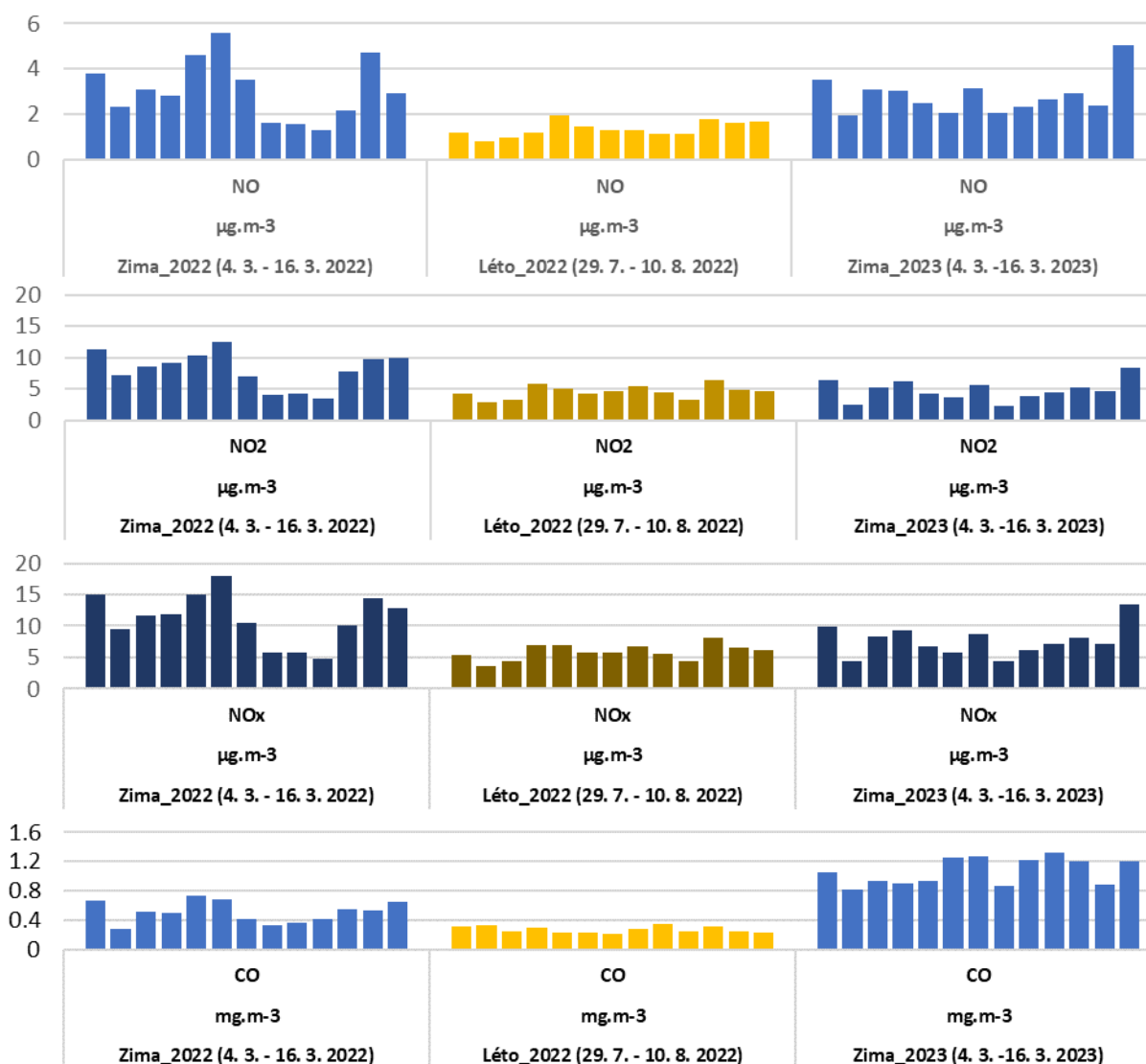
Obr. 34: Denní průměry jednotlivých kontinuálně sledovaných polutantů v ovzduší během jednotlivých měřících kampaní, Červená Řečice

6.2.2 Brtnice

Měření proběhla v období od 4. 3. do 16. 3. 2022 (zima 2022), 29. 7. – 10. 8. 2022 (léto 2022) a 5. 3. – 17. 3. 2023 (zima 2023). Data byla měřena v minutových intervalech.

V průběhu měření nebyl překročen žádný z imisních limitů podle zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích č. 330/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Výsledky jsou níže uvedeny ve formě grafů na Obr. 35

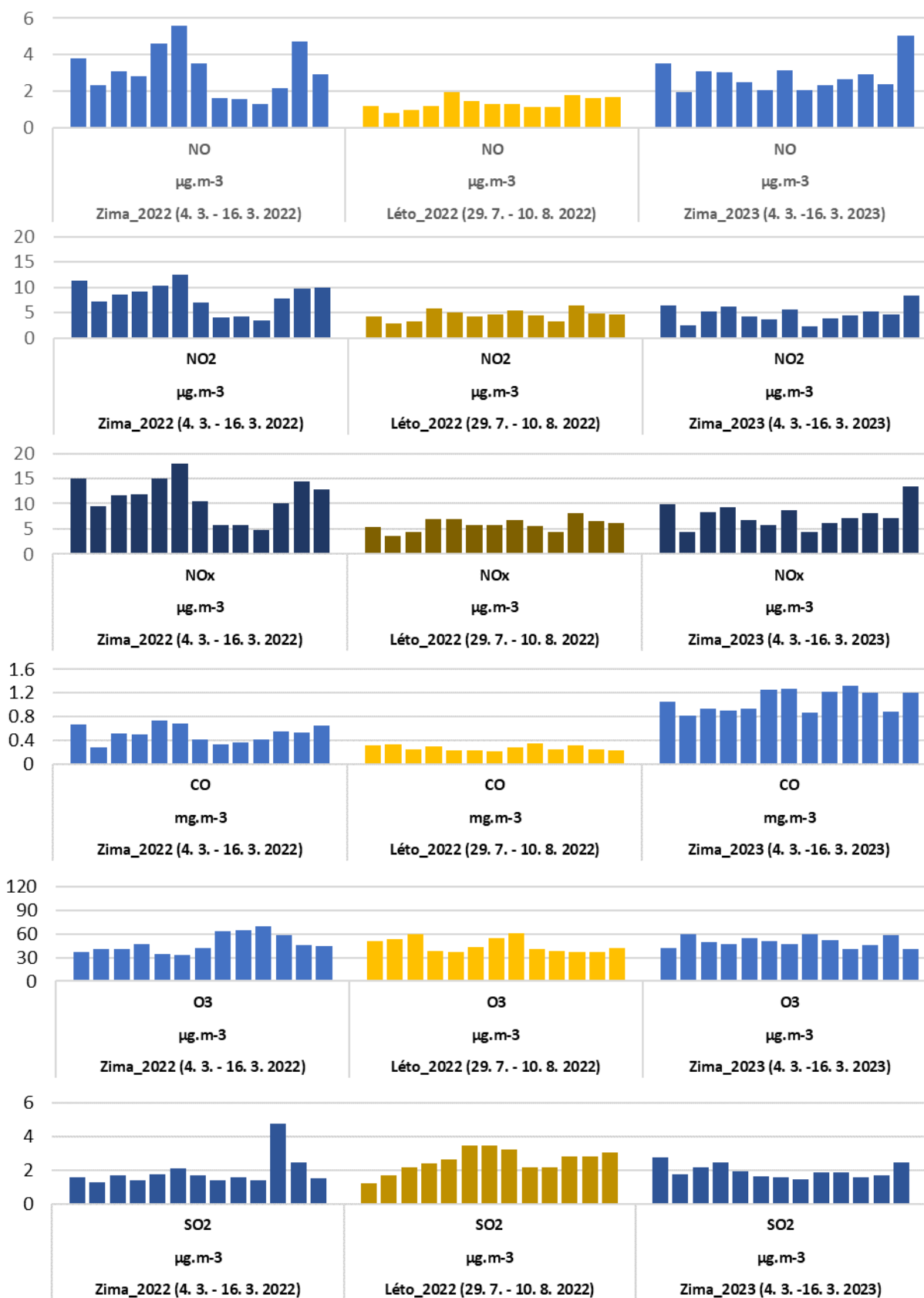




Obr. 35. Pro přehlednější srovnání jednotlivých měřících kampaní jsou výsledky zobrazeny formou denních průměrů pro jednotlivé polutanty. Z naměřených výsledků je patrný pokles koncentrací oxidů dusíku a všech frakcí aerosolových částic v průběhu letních měření. Nejvyšší koncentrace oxidů dusíku i aerosolových částic byly měřeny v průběhu kampaně probíhající v zimě roku 2022. V případě zbývajících plynných kontinuálně sledovaných nečistot v ovzduší pozorujeme mírný pokles koncentrací CO v průběhu letní kampaně. V případě koncentrací SO₂ a O₃ nebyly pozorovány výraznější rozdíly v jednotlivých kampaních. Z pohledu porovnání kvality ovzduší na sledované lokalitě v jednotlivých kampaních lze konstatovat, že meziročně došlo k mírnému zlepšení situace a to zejména v případě koncentrací aerosolových částic. V případě aerosolových částic frakce PM₁₀ byly měřeny koncentrace, Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

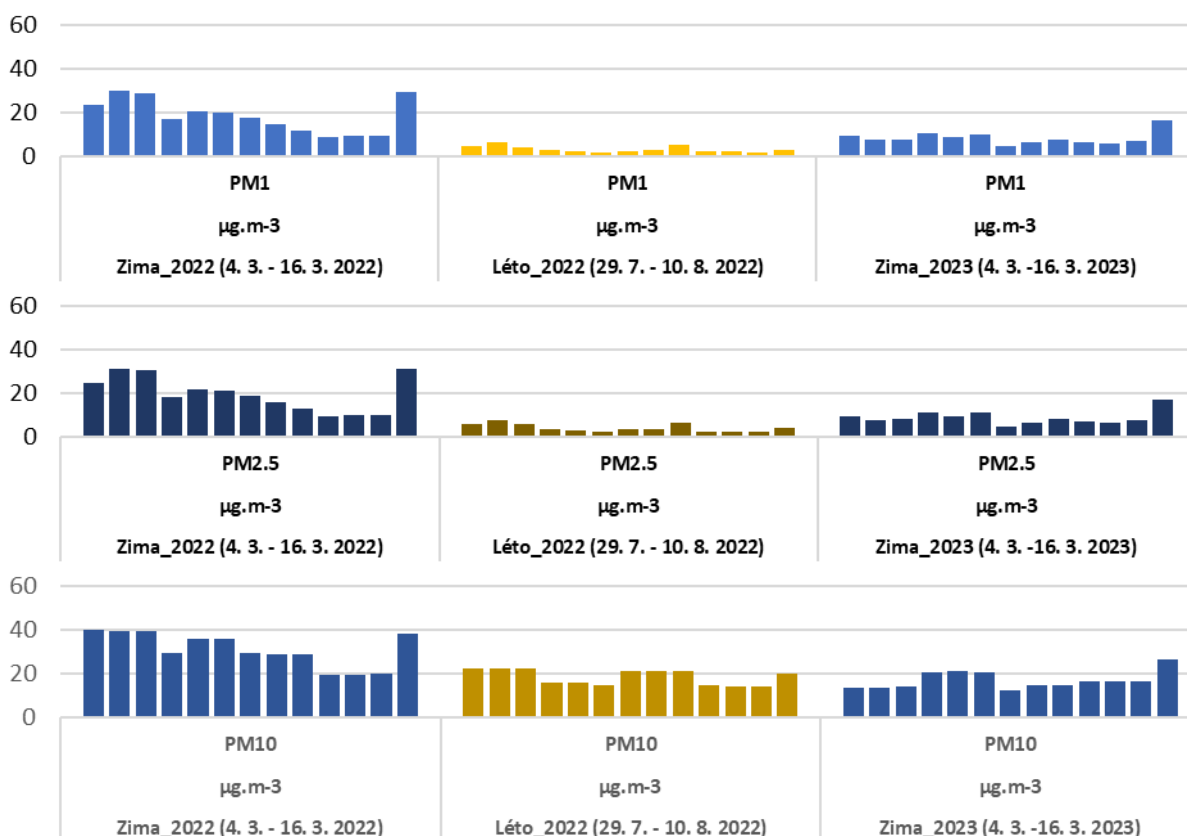
Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

které ani v jednom dni nepřevyšovaly hodnotu pro denní imisní limit ($50 \mu\text{g.m}^{-3}$). Při předpokladu celoročního měření podobných koncentrací lze předpokládat, že by nedošlo k překročení ani v případě ročního imisního limitu ($40 \mu\text{g.m}^{-3}$), to samé platí i v případě jemnější frakce $\text{PM}_{2.5}$, kde je stanoven roční imisní limit na $20 \mu\text{g.m}^{-3}$.



Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+



Obr. 35: Denní průměry jednotlivých kontinuálně sledovaných polutantů v ovzduší během jednotlivých měřicích kampaní, Brtnice

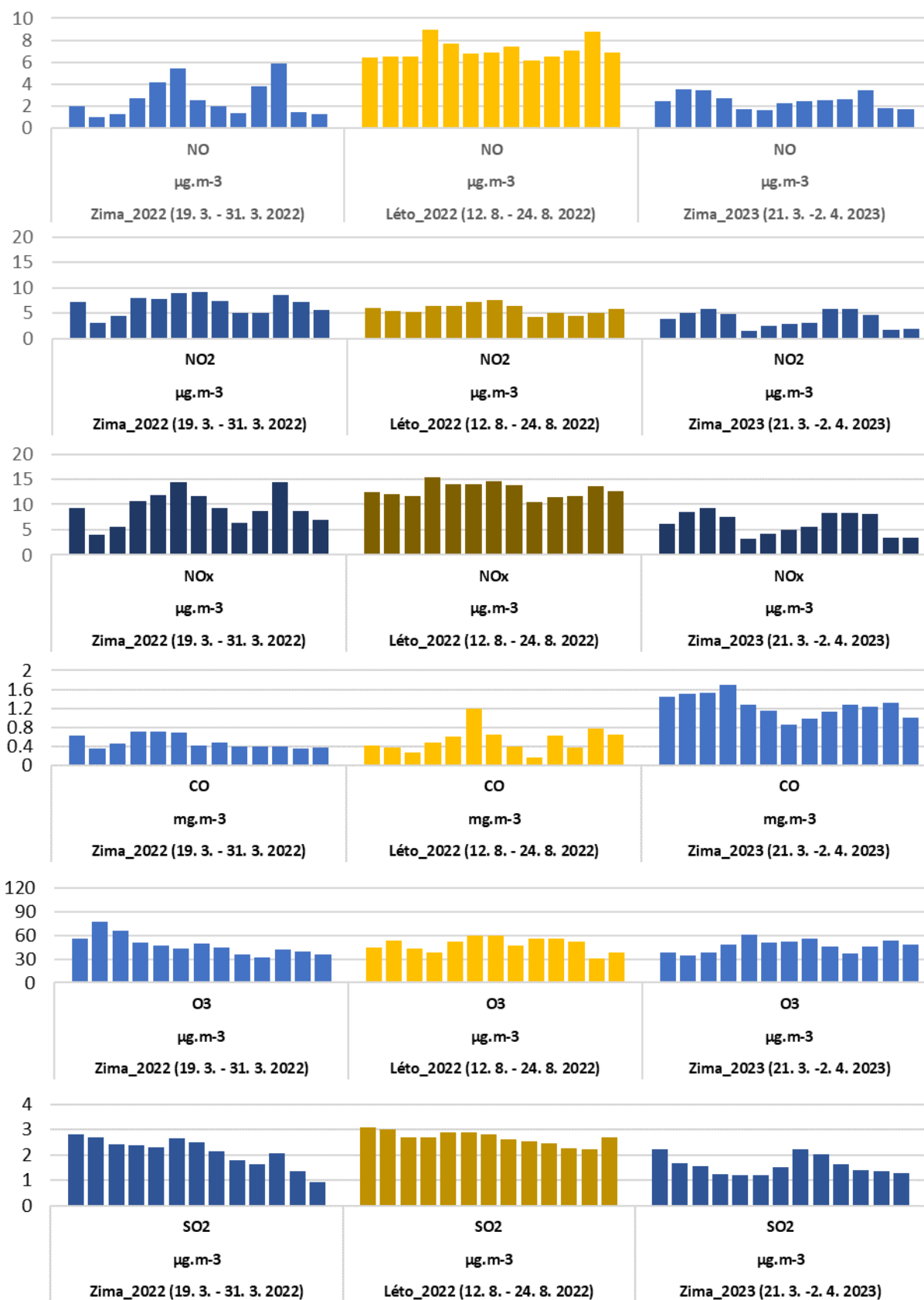
6.2.3 Třešť

Měření proběhla v období od 19. 3. do 31. 3. 2022 (zima 2022), 12. 8. – 24. 8. 2022 (léto 2022) a 21. 3. – 2. 4. 2023 (zima 2023). Data byla měřena v minutových intervalech.

V průběhu měření nebyl překročen žádný z imisních limitů podle zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích č. 330/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

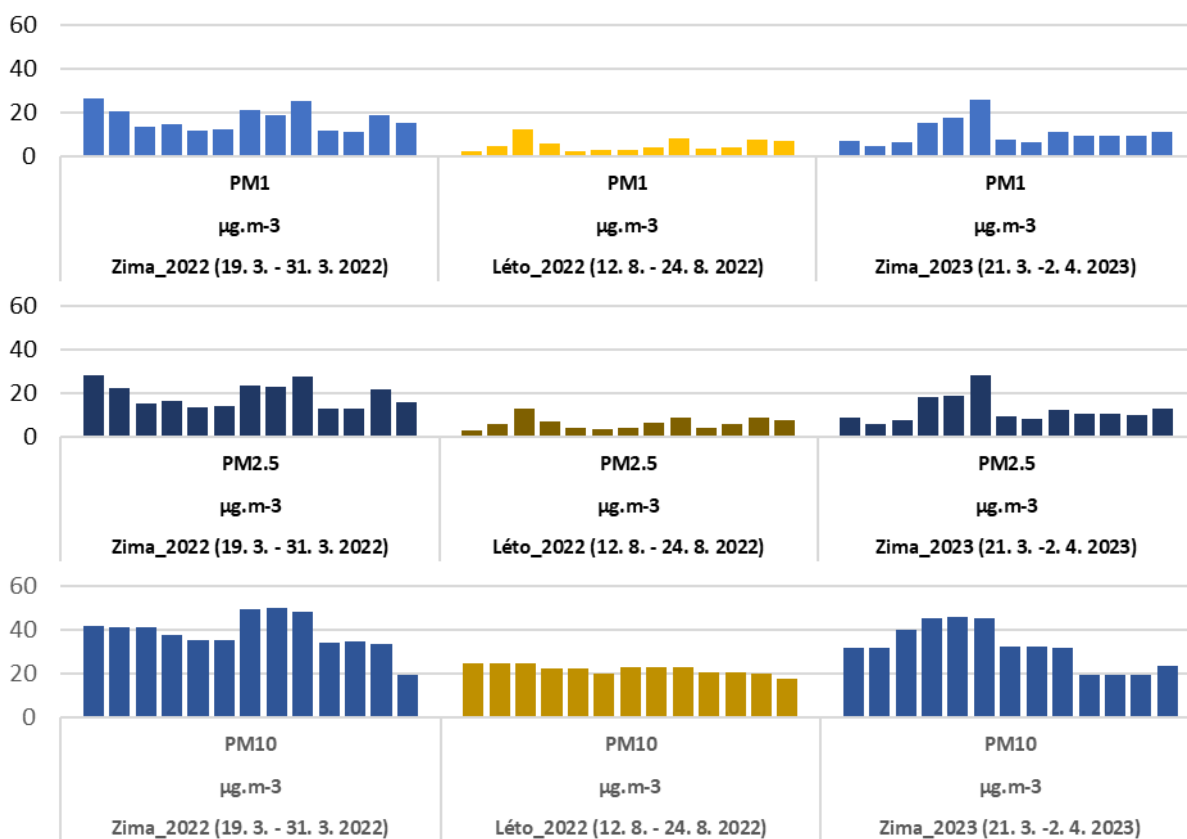
Výsledky jsou níže uvedeny ve formě grafů na Obr. 36. Pro přehlednější srovnání jednotlivých měřicích kampaní jsou výsledky zobrazeny formou denních průměrů pro jednotlivé polutanty. Z naměřených výsledků je patrný pokles koncentrací oxidů dusíku v druhém zimním měření v roce 2023. Nejvyšší koncentrace oxidů dusíku byly měřeny v průběhu léta 2022. Koncentrace aerosolových částic klesají v letních měsících. Nejvyšší koncentrace aerosolových částic byly měřeny v průběhu kampaně probíhající v zimě roku 2022. V případě zbývajících plynných kontinuálně sledovaných nečistot v ovzduší pozorujeme mírný pokles koncentrací CO v průběhu letní kampaně. V případě koncentrací SO₂ byly měřeny nejvyšší koncentrace v průběhu letní kampaně 2022. V případě koncentrací O₃ nebyly pozorovány výraznější rozdíly v jednotlivých kampaních.

Z pohledu porovnání kvality ovzduší na sledované lokalitě v jednotlivých kampaních lze konstatovat, že meziročně došlo k mírnému zlepšení situace a to zejména v případě koncentrací aerosolových částic a oxidů dusíku. V případě aerosolových částic frakce PM₁₀ byly měřeny koncentrace, které ani v jednom dni nepřevyšovaly hodnotu pro denní imisní limit (50 µg.m⁻³). Při předpokladu celoročního měření podobných koncentrací lze předpokládat, že by nedošlo k překročení ani v případě ročního imisního limitu (40 µg.m⁻³), to samé platí i v případě jemnější frakce PM_{2.5}, kde je stanoven roční imisní limit na 20 µg.m⁻³.



Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+



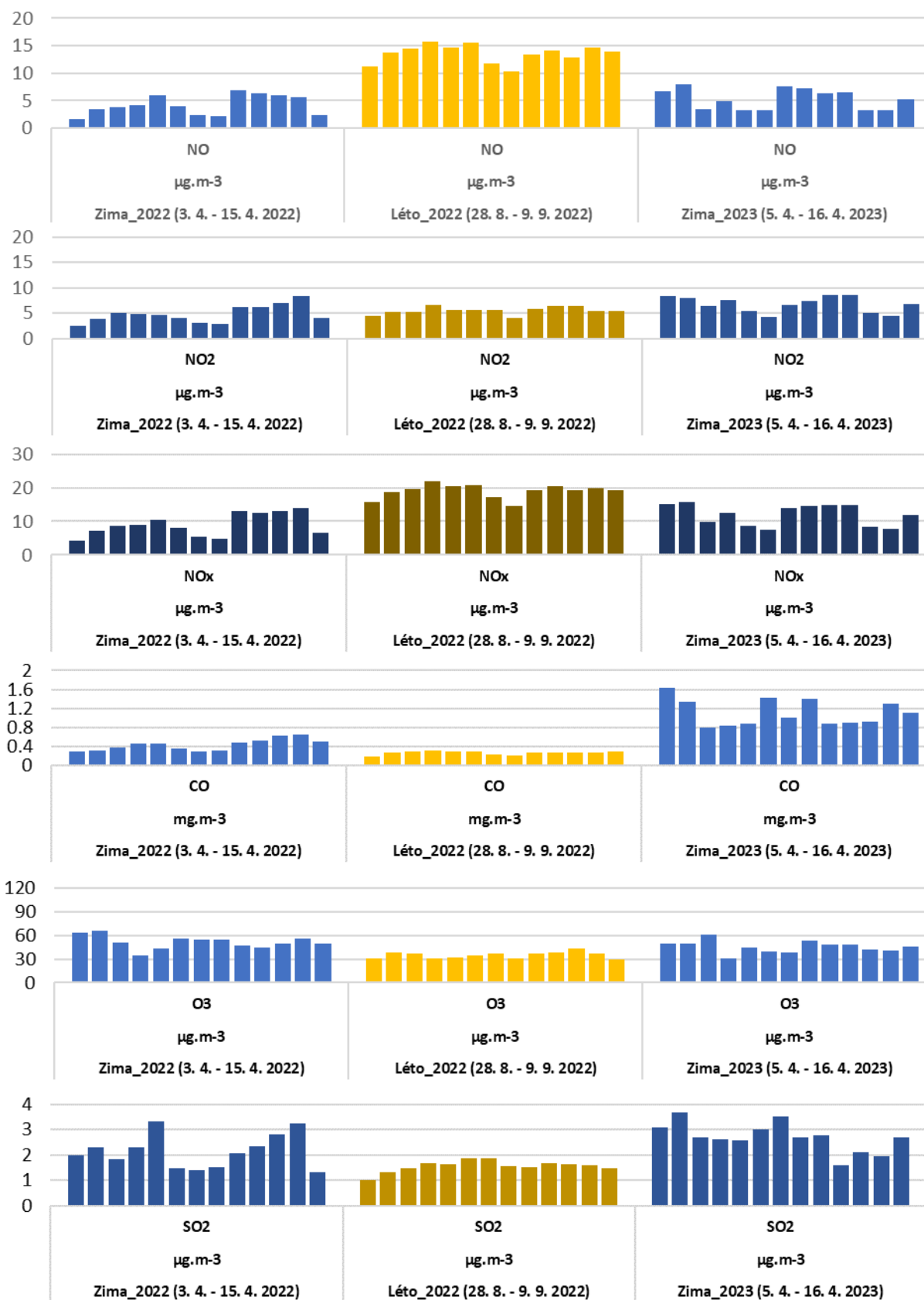
Obr. 36: Denní průměry jednotlivých kontinuálně sledovaných polutantů v ovzduší během jednotlivých měřících kampaní, Třešť

6.2.4 Jimramov

Měření proběhla v období od 3. 4. do 15. 4. 2022 (zima 2022), 28. 8. – 9. 9. 2022 (léto 2022) a 5. 4. – 17. 4. 2023 (zima 2023). Data byla měřena v minutových intervalech.

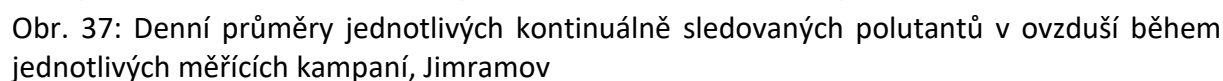
V průběhu měření nebyl překročen žádný z imisních limitů podle zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích č. 330/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Výsledky jsou níže uvedeny ve formě grafů na Obr. 37. Pro přehlednější srovnání jednotlivých měřících kampaní jsou výsledky zobrazeny formou denních průměrů pro jednotlivé polutanty. Z naměřených výsledků je patrný nárůst koncentrací oxidů dusíku v průběhu letní kampaně (měřící lokalita byla umístěna poblíž křižovatky, kde docházelo k ovlivnění dopravou). Nejvyšší koncentrace oxidů dusíku byly měřeny v průběhu léta 2022. Koncentrace aerosolových částic byly nejnižší v průběhu první zimní měřící kampaně (2022). Nejvyšší koncentrace aerosolových částic byly měřeny v průběhu kampaně probíhající v zimě roku 2023. V případě zbývajících plynných kontinuálně sledovaných nečistot v ovzduší pozorujeme mírný pokles koncentrací CO a SO₂ v průběhu letní kampaně. V případě koncentrací SO₂ byly měřeny nejvyšší koncentrace v průběhu zimních měřících kampaní. V případě koncentrací O₃ byl pozorován pokles koncentrací v průběhu letního měření. Z pohledu porovnání kvality ovzduší na sledované lokalitě v jednotlivých kampaních lze konstatovat, že meziročně došlo k mírnému zhoršení situace a to zejména v případě koncentrací aerosolových částic a oxidů dusíku. V případě aerosolových částic frakce PM₁₀ byly měřeny koncentrace, které ani v jednom dni nepřevyšovaly hodnotu pro denní imisní limit (50 µg.m⁻³). Při předpokladu celoročního měření podobných koncentrací lze předpokládat, že by nedošlo k překročení ani v případě ročního imisního limitu (40 µg.m⁻³), to samé platí i v případě jemnější frakce PM_{2.5}, kde je stanoven roční imisní limit na 20 µg.m⁻³.



Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+



7 Shrnutí

V průběhu let 2022 a 2023 byly postupně realizovány tři měřicí a odběrové kampaně zaměřené na kvalitu ovzduší na území Jihomoravského kraje a Kraje Vysočina. Celkem bylo v průběhu dvou zimních a jedné letní kampaně odebráno 2160 vzorků aerosolových částic frakce PM₁₀ (odebráno bylo vždy 6 filtrů na každé ze 120 lokalit v průběhu jedné měřicí kampaně), které byly dále podrobeny gravimetrické analýze a dále také ke stanovení obsahu PAU (včetně BaP) a jejich podílu na znečištění ovzduší na jednotlivých lokalitách.

Při srovnání výsledku zimních měřících a odběrových kampaní byly v prvním roce měření (2022) sledovány vyšší koncentrace znečištění ovzduší na lokalitách kraje Vysočina, v druhém roce měření (2023) byly vyšší koncentrace znečištění sledovány na lokalitách Jihomoravského kraje. Měřicí a odběrové kampaně byly ovlivněny mimo rozdílné charakteristiky jednotlivých lokalit také atmosférickými vlivy, zejména pak teplotou. V JMK byly měřeny nižší teploty v průběhu druhého sledovaného roku (v roce 2022 byla průměrná teplota na území JMK 4,4 °C, v roce 2023 došlo v průměru k poklesu na 3,3 °C). Opačná situace byla pozorována na lokalitách VYS, kde druhý sledovaný rok byl ve srovnání s prvním teplejší (v roce 2022 byla průměrná teplota na území VYS 5,5 °C, v roce 2023 došlo v průměru k oteplení na 6,2 °C, lokálně byl nárůst teplot až o 10 °C). Vliv teploty hraje je jedním z důležitých faktorů, který ovlivňuje míru vytápění v lokálních topeništích, což se v jisté míře projevilo i ve výsledcích našich měření.

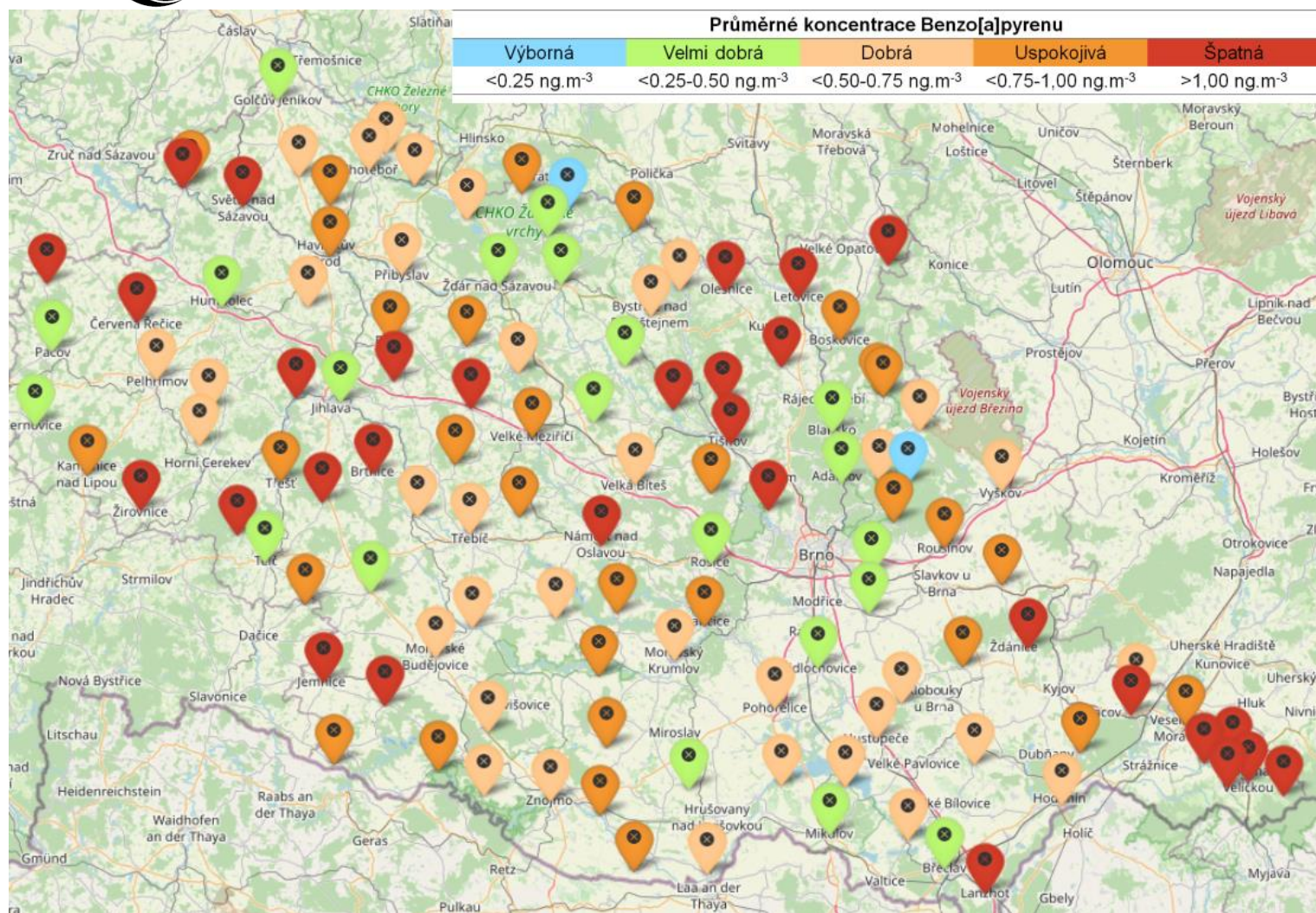
Na území více než čtvrtiny měst a obcí, kde byly realizovány odběry vzorků aerosolových částic, na 31 ze 120 lokalit, byly měřeny zvýšené koncentrace BaP (tj. průměrná koncentrace BaP vypočtená z 18 odebraných a analyzovaných vzorků v průběhu tří odběrových kampaní nad hodnotou 1 ng.m⁻³). V porovnání krajů se jednalo o 17 lokalit na území JMK a 14 lokalit na území VYS. Meziročně (porovnání odběrových kampaní zima 2022 a zima 2023) došlo k nárůstu koncentrací BaP na 45 lokalitách JMK a na 19 lokalitách VYS. Průměrně byly naměřeny vyšší koncentrace PAU (a to včetně BaP) na území JMK. V případě koncentrací PAU došlo v porovnání zimních kampaní k meziročnímu zvýšení koncentrací PAU na 47 lokalitách JMK a na 21 lokalitách VYS. Z výsledků dále vyplývá, že vyšší koncentrace BaP nutně neznamenají nárůst koncentrací PAU. Tento jev je způsoben dalšími potencionálními zdroji zbývajících 15 sledovaných a analyzovaných PAU. Mezi faktory ovlivňující zastoupení jednotlivých PAU se řadí mimo jiné spalovaný materiál (rozdílné složení PAU je produkováno například při spalování dřevěného materiálu a uhlí), způsob a intenzita vytápění apod. Graficky byly výsledky koncentrací BaP zpracovány ve formě map, a to formou celkového průměru pro danou lokalitu za celou dobu realizace projektu a dále také pro jednotlivé měřicí kampaně na Obr. 38 - Obr.41.

Koncentrace aerosolových částic frakce PM₁₀ byly dle očekávání vyšší v průběhu zimních odběrových kampaní. Tento fakt se však neprojevil tak výrazně jako tomu bylo v případě PAU. To bylo způsobeno dalšími faktory, ovlivňující koncentrace aerosolových částic v ovzduší. Mezi další významné zdroje aerosolových částic PM₁₀ v ovzduší mimo lokální topeniště se řadí také stavební činnost, doprava, polní práce nebo také resuspenze částic. Z těchto důvodů není rozdíl zimních a letních měření tak výrazný. V případě PM₁₀ byly gravimetricky sledovány vyšší koncentrace na VYS. Mezi ročně v porovnání zimních období došlo ke zvýšení koncentrací PM₁₀ na 51 lokalitách JMK a na 22 lokalitách VYS. Na území JMK byly měřeny vyšší koncentrace v roce 2023 (19,4 μg.m⁻³ v roce 2022, 25,8 μg.m⁻³ v roce 2023), na VYS byly měřeny vyšší koncentrace v roce 2022 (26,1 μg.m⁻³ v roce 2022, 21,9 μg.m⁻³ v roce 2023). Z výše

popsaných důvodu, zejména z důvodu původu aerosolových částic z více zdrojů, nejen ze spalovacích procesů, neznamenají vyšší koncentrace PM₁₀ vyšší koncentrace BaP.

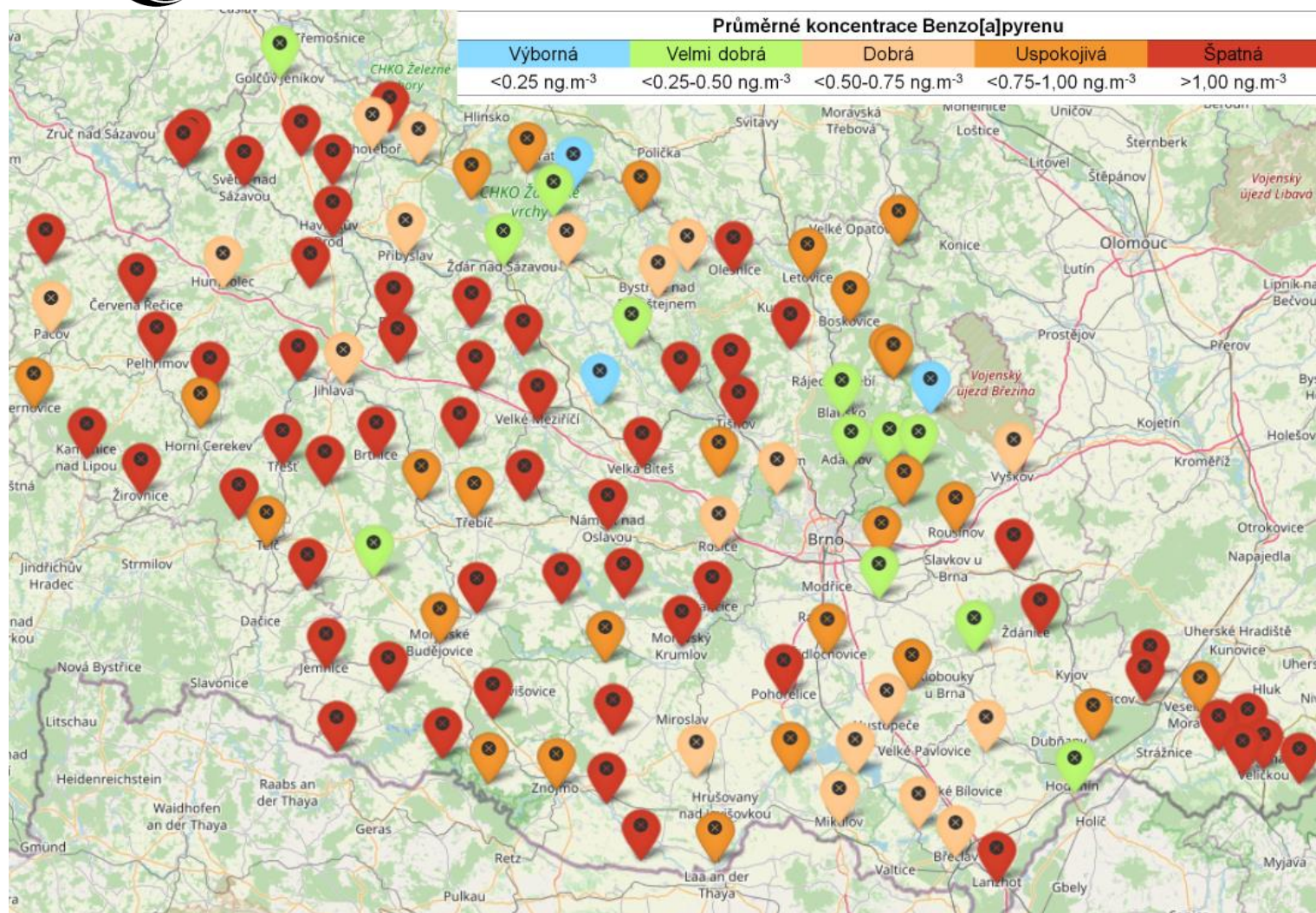
Z výsledků kontinuálních měření nebyly naměřeny hodnoty překračující žádný z imisních limitů podle zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích č. 330/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Dosažené výsledky odběrových i měřících kampaní ukazují na výrazný podíl lokálních topenišť na kvalitu ovzduší na sledovaných lokalitách. Nejvíce je toto patrné z výsledků analýzy odebraných vzorků na koncentrace PAU (včetně BaP) v porovnání zimních a letního měření. Koncentrace v průběhu letní odběrové kampaně byly výrazně nižší v porovnání se zimními kampaněmi, kde v obou sledovaných zimních kampaních došlo k výraznému nárůstu koncentrací. Naměřené výsledky dále také ukazují na shodné oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší, jako je tomu v PZKO, které vychází z modelových hodnot.



Obr. 38: Mapa výsledků koncentrací BaP na území JMK a VYS, průměrná koncentrace na lokalitách za všechny odběrové kampaně
Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

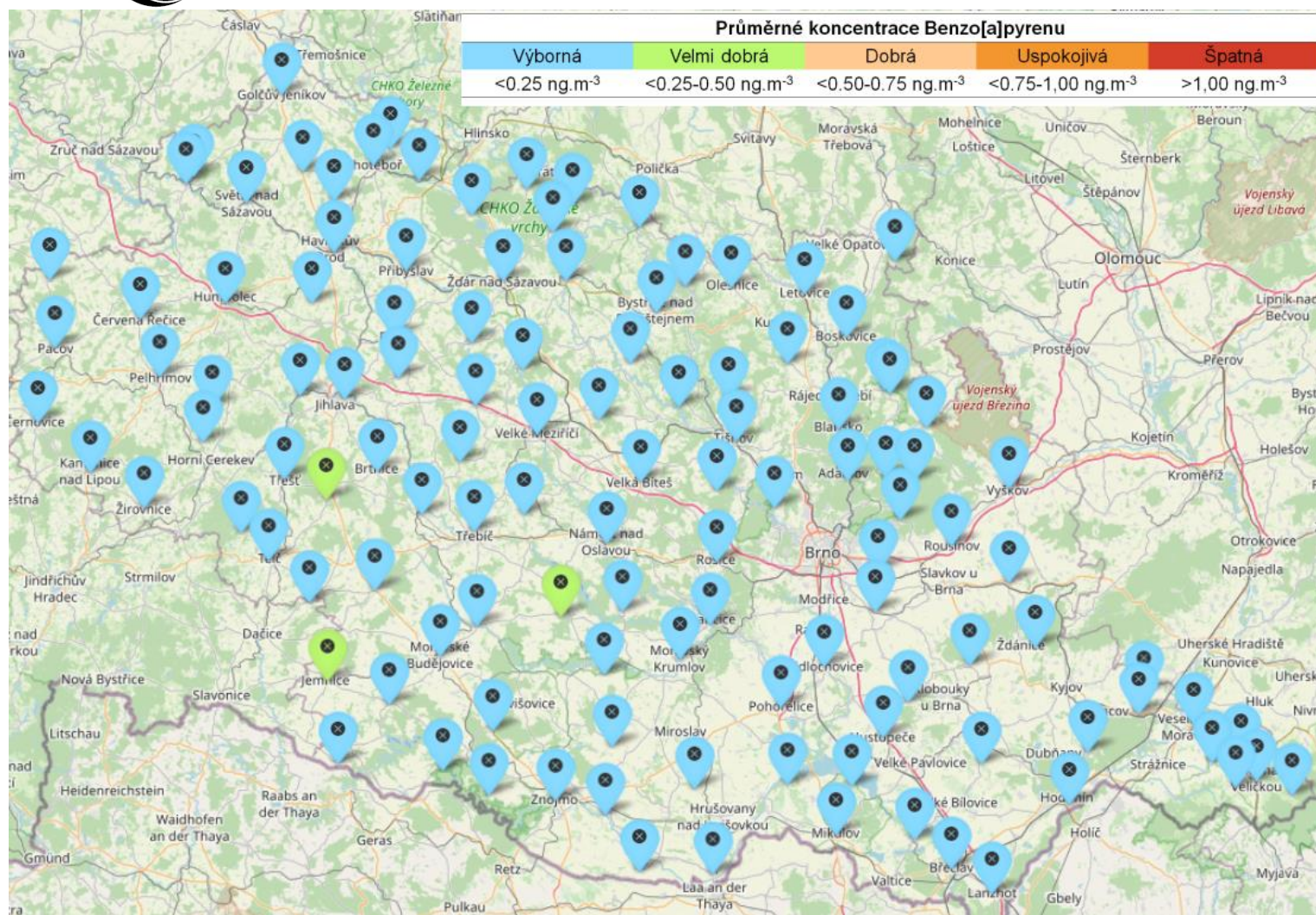
Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+



Obr. 39: Mapa výsledků koncentrací BaP na území JMK a VYS, průměrná koncentrace na lokalitách za odběrovou kampaň zima 2022

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

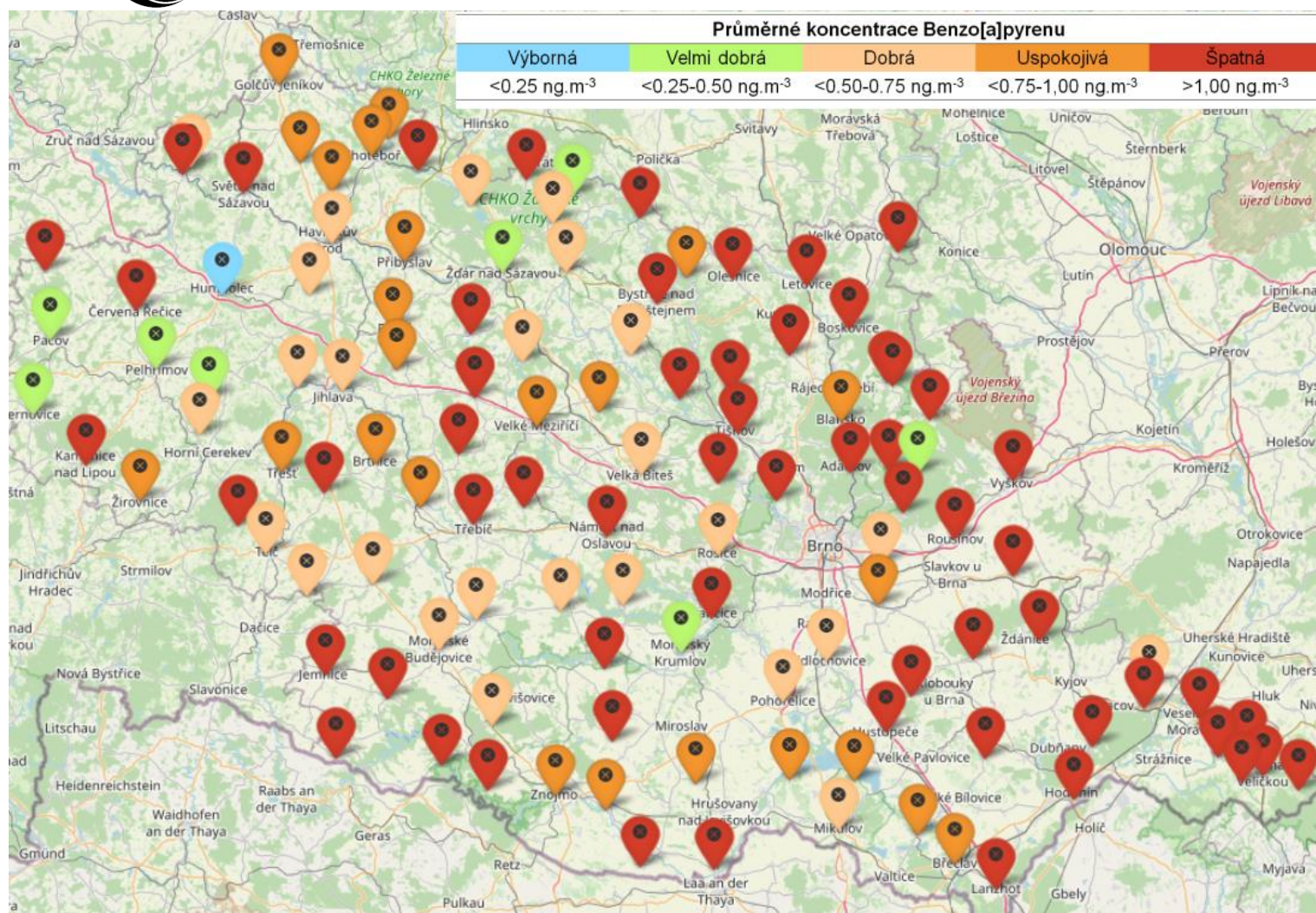
Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+



Obr. 40: Mapa výsledků koncentrací BaP na území JMK a VYS, průměrná koncentrace na lokalitách za odběrovou kampaň léto 2022

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+



Obr.41: Mapa výsledků koncentrací BaP na území JMK a VYS, průměrná koncentrace na lokalitách za odběrovou kampaň zima 2023

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

8 Literatura

Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší ve znění pozdějších předpisů, 2012 - 2017, MŽP, 2012.

EC: Commission Recommendation of 4 February 2005 on the further investigation into the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in certain foods (notified under document number C(2005) 256) (Text with EEA relevance), Dostupné na: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reco/2005/108/oj>

Návrh PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+, [Online]. dostupné na www.mzp.cz

ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2022,“ Praha 2023. [Online]. Dostupné na: <https://info.chmi.cz/rocenka/ko2022/ko2022.pdf>

US. EPA, „Particulate Matter (PM) Pollution,“ [Online]. Dostupné na: <https://www.epa.gov/pm-pollution>.

J. Keder, „Rozbor výsledků kontinuálního měření spekter velikostí částic analyzátoru Grimm,“ v Ovzduší 2007, Brno, 2007.

USEPA, „Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution,“ [Online]. Dostupné na: <https://www.epa.gov/no2-pollution>.

P. WARNECK, Chemistry of the natural atmosphere, San Diego: Academic Press: ISBN 0-12-735632-0, 2000.

European Commission, „Position paper on air quality: nitrogen dioxide,“ 1997.

WHO, „Air quality guidelines for Europe, Second Edition,“ WHO Regional Publications, European Series, sv. No. 91, 2000.

J. H. Seinfeld a S. N. Pandis, Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change, New York: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-471-72017-1, 2006.

J. Fiala a D. Závodský, „Chemické aspekty znečištěného ovzduší – troposférický ozon,“ v Kompendium ochrany kvality ovzduší, Praha, 2003.

J. Brzezina, „Není ozon, jako ozon“, 2018 [Online]. Dostupné na: <https://chmibrno.org/blog/2018/08/01/neni-ozon-jako-ozon/>

I. Colbeck a A. R. Mackenzie, „Air Pollution by photochemical oxidants,“ Air Quality Monographs, č. Elsevier. ISBN 0-444-88542-0, 1994.

Arnika, „Oxid uhelnatý,“ [Online]. Dostupné na: <https://arnika.org/oxid-uhelnaty>.

EEA, „Air quality in Europe — 2016 report,“ 2016. [Online]. Dostupné na: https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016/at_download/file.

IARC, „List of classifications by alphabetical order. Agents Classified by the IARC Monographs,“ [Online]. Dostupné na: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>.

ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky 1996 - 2015,“ 1 12 2016. [Online]. Dostupné na: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html.

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

Vyhláška č. 330/2012 Sb. o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích, Praha, 2012.

ČHMÚ, „Průměrné koncentrace za roky 2011-2015, Jihomoravský kraj,“ 2016. [Online]. Dostupné na: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/ozko/15petileti/png/jihomoravsky_CZ.html.

ČHMÚ, „Pětileté průměrné koncentrace podle zákona o ochraně ovzduší 201/2012 Sb., §11, odst. 5 a 6,“ 2016. [Online]. Dostupné na: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/ozko/ozko_CZ.html.

Š. L. Š. H. Tolasz R., „Počasí, podnebí a kvalita ovzduší v ČR v roce 2016 – vybrané události,“ 13 1 2016. [Online]. Dostupné na: <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1484297500>.

ČHMÚ, „Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší,“ 2010-2015. [Online]. Dostupné na: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emisnibilance_CZ.html.

M. VOJTÍŠEK, „O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkovaných v městských aglomeracích,“ Konference ČAS 2010. Sborník konference. , č. ISBN: 978-80-86186-25-2, 2010.

A. Bufka a MPO, „Malá spalovací zařízení na pevná paliva pro domácnosti,“ 2011. [Online]. Dostupné na: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/48322/54476/600290/priloha001.pdf>.

Křůmal, K., Mikuška, P., Večeřa, Z. Využití organických markerů pro identifikaci zdrojů atmosférických aerosolů. *Chemické listy* 106 (2012), 95-103

Tobiszewski, M., Namieśnik, J. PAH diagnostic ratios for the identification of pollution emission sources *Environmental Pollution* 162 (2012), 110-119

R Core Team (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.

Maechler, M., Rousseeuw, P., Struyf, A., Hubert, M., Hornik, K.(2023). *cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions*. R package version 2.1.6.

9 Seznam obrázků

Obr. 1: Srovnání velikostí částic PM ₁₀ a PM _{2,5} s lidským vlasem a zrnkem písku.	10
Obr. 2 : Vybrané lokality na území Jihomoravského kraje a Kraje Vysočina	16
Obr. 3: Odběrová zařízení Sven Leckel MVS6 a SEQ47/50	18
Obr. 4: GC/MS Agilent Triple Quadrupole GC/QQQ 7000C	18
Obr. 5: Přístroj Airpointer pro monitoring kvality ovzduší	19
Obr. 6: Měřicí přívěs Envitech	20
Obr. 7: Meteorologické multičidlo Lufft WS500-UMB (vlevo), meteorologické multičidlo Airmar (vpravo)	20
Obr. 8: Vybrané lokality – Jihomoravský kraj	22
Obr. 9: Průměrné koncentrace BaP v průměru za celou dobu řešení projektu	24
Obr. 10: Průměrné koncentrace BaP za jednotlivá sledovaná období	25
Obr. 11: Průměrné koncentrace sumy PAU v průměru za celou dobu řešení projektu	27
Obr. 12: Průměrné koncentrace sumy PAU za jednotlivá sledovaná období	28
Obr. 13: Průměrné koncentrace aerosolových částic PM ₁₀ v průměru za celou dobu řešení projektu	30
Obr. 14: Průměrné koncentrace aerosolových částic PM ₁₀ za jednotlivá sledovaná období	31
Obr. 15: Vybrané lokality – Kraj Vysočina	33
Obr. 16: Průměrné koncentrace BaP v průměru za celou dobu řešení projektu	35
Obr. 17: Průměrné koncentrace BaP za jednotlivá sledovaná období	36
Obr. 18: Průměrné koncentrace sumy PAU v průměru za celou dobu řešení projektu	38
Obr. 19: Průměrné koncentrace sumy PAU za jednotlivá sledovaná období	39
Obr. 20: Průměrné koncentrace aerosolových částic PM ₁₀ v průměru za celou dobu řešení projektu	41
Obr. 21: Průměrné koncentrace aerosolových částic PM ₁₀ za jednotlivá sledovaná období	42
Obr. 22: Shluková analýza pro chladnější období	44
Obr. 23: Shluková analýza pro teplejší období	44
Obr. 24: Srovnání lokalit SSIM (oranžové) s měřenými lokalitami v rámci projektu (zelené), koncentrace BaP, první etapa měření na území JMK (zdroj dat: ZU OVA, ČHMÚ)	49
Obr. 25: Srovnání lokalit SSIM (oranžové) s měřenými lokalitami v rámci projektu (zelené), koncentrace BaP, druhá etapa měření na území JMK (zdroj dat: ZU OVA, ČHMÚ)	50
Obr. 26: Srovnání lokalit SSIM (oranžové) s měřenými lokalitami v rámci projektu (zelené), koncentrace BaP, třetí etapa měření na území JMK (zdroj dat: ZU OVA, ČHMÚ)	51
Obr. 27: Srovnání lokalit SSIM (oranžové) s měřenými lokalitami v rámci projektu (zelené), koncentrace BaP, první etapa měření na území VYS (zdroj dat: ZU OVA, ČHMÚ)	52
Obr. 28: Srovnání lokalit SSIM (oranžové) s měřenými lokalitami v rámci projektu (zelené), koncentrace BaP, druhá etapa měření na území VYS (zdroj dat: ZU OVA, ČHMÚ)	53
Obr. 29: Srovnání lokalit SSIM (oranžové) s měřenými lokalitami v rámci projektu (zelené), koncentrace BaP, třetí etapa měření na území VYS (zdroj dat: ZU OVA, ČHMÚ)	54
Obr. 30: Denní průměry jednotlivých kontinuálně sledovaných polutantů v ovzduší během jednotlivých měřících kampaní, Veselí nad Moravou	57
Obr. 31: Denní průměry jednotlivých kontinuálně sledovaných polutantů v ovzduší během jednotlivých měřících kampaní, Bučovice	60
Obr. 32: Denní průměry jednotlivých kontinuálně sledovaných polutantů v ovzduší během jednotlivých měřících kampaní, Tišnov	63

Podpořeno Norskem prostřednictvím Norských fondů

Detailní monitoring polycyklických aromatických uhlovodíků v návaznosti na zpřesnění PZKO zóny Jihovýchod CZ06Z 2020+

Obr. 33: Denní průměry jednotlivých kontinuálně sledovaných polutantů v ovzduší během jednotlivých měřících kampaní, Lukov	66
Obr. 34: Denní průměry jednotlivých kontinuálně sledovaných polutantů v ovzduší během jednotlivých měřících kampaní, Červená Řečice	69
Obr. 35: Denní průměry jednotlivých kontinuálně sledovaných polutantů v ovzduší během jednotlivých měřících kampaní, Brtnice	74
Obr. 36: Denní průměry jednotlivých kontinuálně sledovaných polutantů v ovzduší během jednotlivých měřících kampaní, Třešť	77
Obr. 37: Denní průměry jednotlivých kontinuálně sledovaných polutantů v ovzduší během jednotlivých měřících kampaní, Jimramov	80
Obr. 38: Mapa výsledků koncentrací BaP na území JMK a VYS, průměrná koncentrace na lokalitách za všechny odběrové kampaně	83
Obr. 39: Mapa výsledků koncentrací BaP na území JMK a VYS, průměrná koncentrace na lokalitách za odběrovou kampaň zima 2022	84
Obr. 40: Mapa výsledků koncentrací BaP na území JMK a VYS, průměrná koncentrace na lokalitách za odběrovou kampaň léto 2022	85
Obr. 41: Mapa výsledků koncentrací BaP na území JMK a VYS, průměrná koncentrace na lokalitách za odběrovou kampaň zima 2023	86