

Hodnocení účinnosti obnovy kotlů v domácnostech na zlepšení kvality ovzduší v malých sídlech

Assessing the effectiveness of household boiler replacements on improving air quality in small settlements

Markéta Schreiberová, Leona Vlasáková, Hana Škáchová, Václav Novák

Český hydrometeorologický ústav
Oddělení informačního systému kvality ovzduší
Na Šabatce 2050/17
143 06 Praha 4-Komořany
✉ marketa.schreiberova@chmi.cz

The issue of benzo[a]pyrene and suspended particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}) air pollution is one of the main topics of environmental protection in the Czech Republic. Since 2015, measures have been taken to improve air quality by targeting the main sources of these pollutants, i.e. the renewal of older types of solid fuel boilers in households. Analysis of air pollution monitoring data in small settlements from 2016 to 2023 showed that although there was a temporary deterioration in air quality in some locations due to the energy crisis, there was a long-term decline in pollutant concentrations. The results of the study confirmed the importance of replacing older types of solid fuel boilers by more modern heat sources as a potentially effective measure for improving air quality in small settlements.

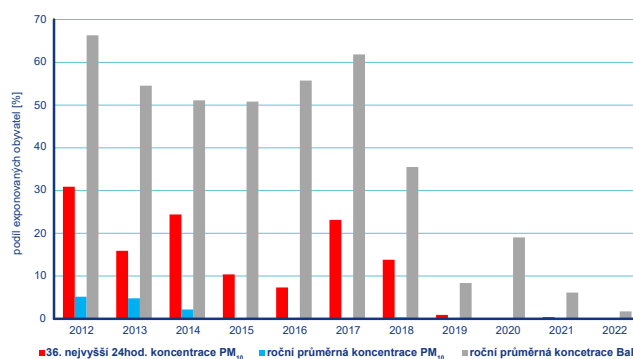
KLÍČOVÁ SLOVA: znečištění ovzduší – sídla malá – vytápění domácností lokální – opatření ke zlepšení kvality ovzduší – částice suspendované PM₁₀ – benzo[a]pyren

KEYWORDS: air pollution – small settlements – local domestic heating – measures for improving air quality – suspended particles PM₁₀ – benzo[a]pyrene

1. Úvod

Znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem (BaP) a suspendovanými částicemi frakcí PM₁₀ i PM_{2.5} představuje v Evropě dlouhodobě jeden z hlavních environmentálních problémů. Nejvyšší koncentrace BaP se vyskytují hlavně ve střední a východní Evropě, přičemž nejvyšší hodnoty jsou opakovaně zaznamenány na stanicích v Polsku, v České republice a ve východní části Pádské nížiny v severní Itálii (Schreiberová et al. 2020; EEA 2020). BaP se v atmosféře vyskytuje především navázan na pevné částice PM. Dle české legislativy

(zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb.) je stanoven pro BaP pouze roční imisní limit (1 ng·m⁻³) pro ochranu lidského zdraví. Zatímco suspendované částice PM₁₀ mají jak krátkodobý imisní limit (50 µg·m⁻³) pro průměrnou 24hod. koncentraci (s povoleným počtem překročení 35krát v roce), tak i dlouhodobý imisní limit (40 µg·m⁻³) pro roční průměrnou koncentraci. Před deseti lety byla ještě velká část obyvatel ČR vystavována nadlimitním koncentracím výše zmíněných polutantů (obr. 1) (ČHMÚ 2013). V případě karcinogenního BaP byla koncentracím překračujícím imisní limit exponována více než polovina obyvatel ČR až do roku 2018. Nadlimitním koncentracím suspendovaných částic PM₁₀ bylo mezi roky 2012 až 2018 vystavováno od 7 do 31 % obyvatelstva. Hlavním zdrojem emisí těchto problematických škodlivin v ČR je lokální vytápění domácností. Proto bylo v roce 2015 přijato opatření s cílem zlepšit kvalitu ovzduší ve formě zákazu provozu kotlů na tuhá paliva emisní třídy 1 nebo 2 s platností od 1. září 2022 (zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb.). Tento termín však nakonec vláda vzhledem k nepříznivé ekonomické situaci posunula o dva roky, tj. k 1. září 2024. Na podporu výměny starších typů kotlů za modernější kotle, případně za tepelná čerpadla byly vypsány v období 2014–2023 tzv. kotlíkové dotace. Během tohoto období se uskutečnilo několik vln výzev, kdy se postupně zpříšňovaly požadavky na obnovu kotlů a zároveň se rozšiřovaly možnosti pořízení nových zdrojů tepla.



Obr. 1 Podíl obyvatelstva žijících v oblastech s nadlimitními koncentracemi PM₁₀ a BaP (%) v rámci České republiky, 2012–2022.

Fig. 1. Percentage of population living in areas with above-limit concentrations of PM₁₀ and BaP (%) in the Czech Republic, 2012–2022.

Změna hodnot poměru BaP/PM_{10} ukazuje na změnu skladby vytápění. Nárůst poměru, tj. zvýšení zastoupení BaP v částicích, poukazuje na zhoršení kvality vytápění domácností (tedy vyšší míru spalování různých typů pevných paliv v různých typech zařízení). Naopak pokles tohoto poměru indikuje žádoucí zlepšení kvality vytápění domácností. S využitím vývoje poměru BaP/PM_{10} během jednotlivých kampaní (poklesu nebo vzestupu) lze následně konstatovat, zda dochází ke zlepšení či zhoršení kvality vytápění domácností v dané lokalitě a posléze vyhodnotit vliv opatření pro zlepšení kvality ovzduší.

Úroveň znečištění ovzduší je však primárně dána množstvím, typem a intenzitou zdrojů znečišťování (např. lokálního vytápění na tuhá paliva) v okolí měření a vlivem meteorologických podmínek (teplota vzduchu, rychlost a směr větru, množství srážek atd.). Při posuzování změny kvality ovzduší je tedy potřeba hodnotit koncentrace znečišťujících látek a poměry BaP/PM_{10} společně.

Pro vyhodnocení změny poměrů BaP/PM_{10} mezi kampaněmi 2017/2018 (poměry BaP/PM_{10} není možné vyhodnotit pro první kampaň 2016/2017 z důvodu absence souběžného měření BaP a PM_{10} v jeden den v souladu s původní metodikou; Novák, Plachá 2023) a ostatními kampaněmi byla zvolena metoda ANOVA a post hoc analýza (Tukeyův test pro významné rozdíly). Pro účel statistického vyhodnocení byly poměry BaP/PM_{10} z důvodu požadavku na normalitu dat transformovány (dekadický logaritmus).

Pro vyhodnocení změny koncentrací BaP a PM_{10} mezi meteorologicky obdobnými kampaněmi 2016/2017 a 2022/2023 (viz 3.1) byl použit dvouvýběrový t-test s hladinou významnosti $p\text{-value} < 0,05$. Pro účel statistického vyhodnocení byly koncentrace suspendovaných částic PM_{10} a BaP z důvodu požadavku na normalitu dat transformovány (dekadický logaritmus). Statistická analýza dat byla provedena pomocí softwaru R (R Core Team 2020).

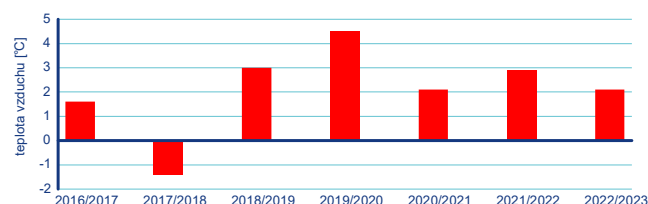
3. Výsledky a diskuze

3.1 Meteorologické podmínky během měřicích kampaní

Meteorologické podmínky mají významný vliv na úroveň znečištění ovzduší. Teplota vzduchu ovlivňuje intenzitu vytápění a s tím související množství uvolněných znečišťujících látek do ovzduší (emise). Srážky napomáhají s odstraňováním znečišťujících látek z ovzduší a v závislosti na jejich množství a intenzitě mohou významně snižovat koncentrace škodlivin v ovzduší. Rozptylové podmínky, které jsou určeny stabilitou atmosféry a rychlostí větru, mají zásadní vliv na setrvání znečišťujících látek v ovzduší (Škáchová 2021). Při vyhodnocování koncentrací znečišťujících látek je proto zásadní znát meteorologické podmínky během měřicích období. Naměřené meteorologické prvky na sledovaných lokalitách nebyly úplné, jelikož jejich sledování bylo zahájeno až v polovině projektu. Pro vyhodnocení naměřených koncentrací byla tedy použita charakteristika meteorologických podmínek na celorepublikové úrovni. To umožnilo získat ucelenou řadu a základní zhodnocení kampaní z pohledu meteorologických podmínek.

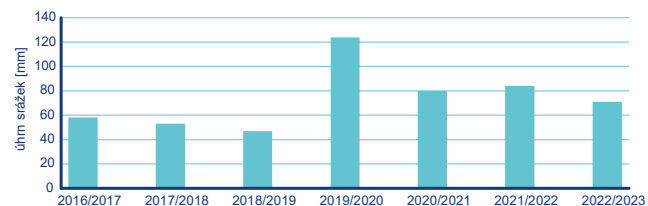
Nejteplejší kampaň v hodnoceném období byla kampaň 2019/2020, kdy průměrná denní teplota vzduchu na území ČR dosáhla hodnoty 4,5 °C. Naopak nejchladnější byla kampaň 2017/2018 s průměrnou denní teplotou vzduchu na území ČR

–1,4 °C (obr. 3). V průběhu kampaně 2018/2019 byl zaznamenán nejnižší průměrný úhrn srážek na území ČR (47 mm). Naopak nejdešivější byla kampaň 2019/2020, kdy byl průměrný úhrn srážek na území ČR 124 mm (obr. 4). Nejlepší rozptylové podmínky panovaly během kampaně 2019/2020. Naopak horší rozptylové podmínky byly zaznamenány v průběhu kampaně 2020/2021 a během poslední kampaně 2022/2023 (obr. 5). Za předpokladu určitého zjednodušení lze říci, že poslední kampaň 2022/2023 byla z pohledu meteorologických a rozptylových podmínek srovnatelná s kampaněmi 2020/2021 a 2016/2017, přičemž v kampani 2020/2021 se vyskytovalo o něco více dnů s nepříznivými rozptylovými podmínkami. Kampaň 2016/2017 byla mírně chladnější (v důsledku chladnějšího listopadu 2016) než kampaň 2022/2023, na druhou stranu se během ní vyskytovalo méně dnů s mírně nepříznivými rozptylovými podmínkami.



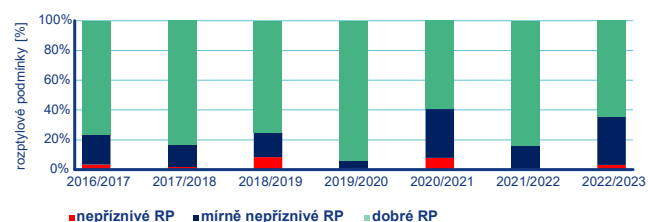
Obr. 3 Průměrná denní teplota vzduchu v ČR během jednotlivých měřicích kampaní.

Fig. 3. Average daily air temperature in the Czech Republic during individual measurement campaigns.



Obr. 4 Úhrn srážek v ČR během jednotlivých měřicích kampaní.

Fig. 4. Precipitation totals in the Czech Republic during individual measurement campaigns.



Obr. 5 Rozptylové podmínky v ČR během jednotlivých měřicích kampaní.

Fig. 5. Dispersion conditions in the Czech Republic during individual measurement campaigns.

3.2 Počty vyměněných kotlů ve sledovaných obcích

Od roku 2015 bylo z dotačních programů na hodnocených lokalitách vyměněno celkem 424 kotlů (tab. 2). Nejvíce výměn (71) proběhlo v letech 2018 a 2020, nejméně (2) v roce 2015. V posledním hodnoceném roce 2023 byl počet vyměněných kotlů druhý nejnižší.

Na jednotlivých lokalitách se počet výměn výrazně liší v souvislosti s počtem obyvatel obce, a tím i počtem potencionál-

Tab. 2 Počet vyměněných kotlů v rámci kotlíkových dotací v projektových lokalitách (k 1. 9. 2023).

Table 2. Number of boilers replaced under boiler subsidies in project localities (as of 1 September 2023).

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Celkem
Bochovice (kraj Vysočina)	0	3	2	1	1	0	1	0	1	9
Bolatice (Moravskoslezský kraj)	0	18	21	93	41	48	30	20	11	228
Černín (Středočeský kraj)	0	3	2	3	1	1	5	5	5	25
Hřivice (Ústecký kraj)	1	6	7	4	6	5	2	5	1	37
Jablonné nad Orlicí (Pardubický kraj)	1	17	17	20	11	16	11	6	2	101
Košíky (Zlínský kraj)	0	0	2	0	0	0	0	0	1	3
Kuřimská Nová Ves (Jihomoravský kraj)	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2
Příšov (Plzeňský kraj)	0	4	1	3	1	1	7	1	1	19
Celkem	2	51	52	71	61	71	57	37	22	424

Zdroj dat: MŽP

ních kotlů k výměně. Nejvíce jich proběhlo v Bolaticích (228), přičemž maximum bylo dosaženo v letech 2018–2020. Druhý nejvyšší počet výměn proběhl v Jablonném nad Orlicí (101), kde bylo dosaženo maxima v letech 2016–2018. Naopak nejméně kotlů bylo vyměněno v Košíkách (3) a v Kuřimské Nové Vsi (2).

3.3 Vývoj znečišťujících látek pocházejících z lokálního vytápění domácností během kampaní 2016/2017 až 2022/2023

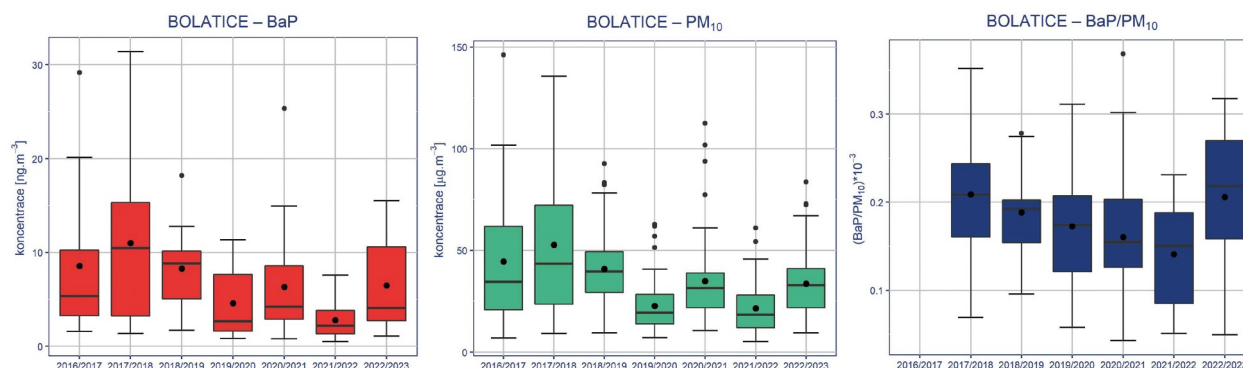
V souvislosti s hodnocením účinnosti opatření na zlepšení kvality ovzduší jsou hodnoceny koncentrace PM_{10} a BaP. Data z krátkodobých kampaní neumožňují hodnotit úroveň koncentrací vůči dlouhodobým ročním imisním limitům pro ochranu lidského zdraví, lze však alespoň v případě koncentrací PM_{10} vyhodnotit počet překročení hodnoty 24hod. imisního limitu. Na všech lokalitách docházelo v průběhu kampaní k překračování hodnoty 24hod. imisního limitu PM_{10} . Nejvíce překročení bylo zaznamenáno na lokalitě Bolatice (87×), nejméně na lokalitě Jablonné nad Orlicí (5×). Na pěti lokalitách byla překročena alespoň jednou hodnota 24hod. imisního limitu PM_{10} v poslední kampani. V rámci interního projektu ČHMÚ bylo v roce 2020 provedeno celoroční měření PM_{10} a BaP v Černíněch a Bolaticích, v roce 2021 v Jablonném nad Orlicí. V Bolaticích došlo k více než čtyřnásobnému překročení ročního imisního limitu u BaP (ČHMÚ 2021).

Na obr. 6–13 jsou uvedené boxploty naměřených hodnot koncentrací PM_{10} a BaP, včetně jejich vzájemného poměru BaP/ PM_{10} pro jednotlivé lokality. Grafy nemají stejné rozsahy hodnot na ose y a jejich účelem je především ukázat změny těchto charakteristik mezi jednotlivými kampaněmi. Výsledná data ukazují na značné rozdíly v úrovni znečišťujících látek mezi jednotlivými lokalitami. Nicméně mezi jednotlivými kampaněmi lze pro většinu lokalit pozorovat podobný vývoj koncentrací BaP i PM_{10} . Nejnížší koncentrace BaP i PM_{10} byly zaznamenány v kampaních s nejpriznivějšími meteorolo-

gickými a rozptylovými podmínkami v letech 2019/2020 a 2021/2022. Naopak nejvyšší koncentrace BaP byly zjištěny převážně (na čtyřech lokalitách) v kampani 2017/2018, kdy byly zaznamenány nejvyšší průměrné teploty indikující vyšší potřebu vytápění, a tedy vyšší emise látek znečišťujících ovzduší. Dále byly nejvyšší hodnoty koncentrací BaP pozorovány na dvou lokalitách v první kampani 2016/2017 a ve třetí kampani 2018/2019. V případě koncentrací PM_{10} byly nejvyšší koncentrace naměřeny převážně v kampani 2016/2017 (na čtyřech lokalitách) a v kampani 2017/2018 (na třech lokalitách) a na jedné lokalitě ve třetí kampani 2018/2019.

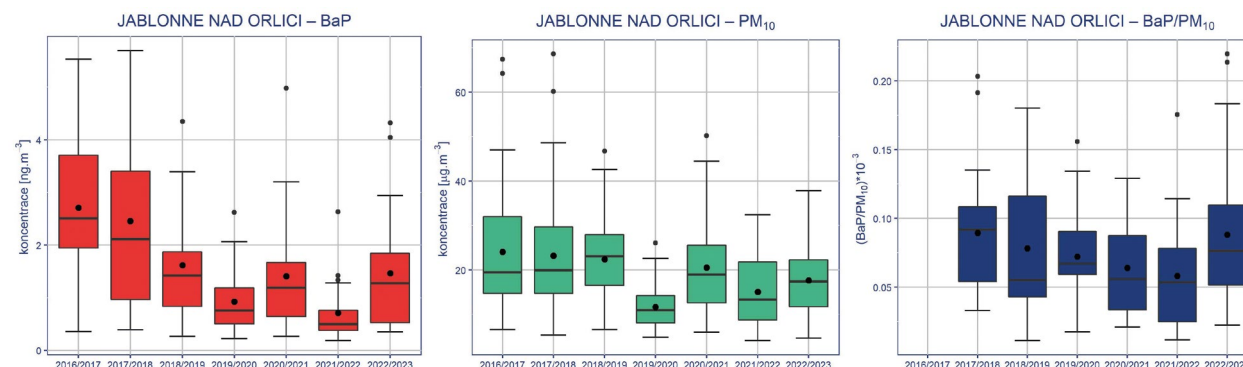
Při porovnání koncentrací BaP v meteorologicky obdobné první a poslední kampani (tj. 2016/2017 a 2022/2023) je vidět, že koncentrace poklesly na všech lokalitách s výjimkou Bochovic. V Bochovicích, kde zůstala průměrná koncentrace BaP na podobné úrovni, byly po celou dobu sledování jedny z nejnižších hodnot koncentrací BaP, a proto zde byl i nižší potenciál na zlepšení. Pokles koncentrací BaP se pohyboval od 0,4 do 2,3 $ng \cdot m^{-3}$ (v procentech od cca 19 do 48 %). V případě koncentrací PM_{10} je z porovnání meteorologicky obdobné první a poslední kampaně (tj. 2016/2017 a 2022/2023) viditelný pokles na všech lokalitách, přičemž na dvou lokalitách byl pokles relativně nízký (do 1,2 $\mu g \cdot m^{-3}$). Naopak na třech lokalitách byl pokles výrazný (cca 10–14 $\mu g \cdot m^{-3}$).

Z hodnocení vývoje hodnot poměrů BaP/ PM_{10} je vidět, že v kampani 2017/2018 byly hodnoty poměrů BaP/ PM_{10} nejvyšší na většině lokalit. Následný pokles hodnot poměrů a dosažení nejnižších hodnot je pozorován na třech lokalitách během kampaně 2019/2020, na dvou lokalitách během kampaně 2020/2021 a na třech lokalitách během předposlední kampaně 2021/2022. V poslední kampani 2022/2023 došlo na většině lokalit k nárůstu hodnot poměrů BaP/ PM_{10} a na polovině lokalit se hodnoty dokonce vrátily na nejvyšší úroveň z kampaně 2017/2018.



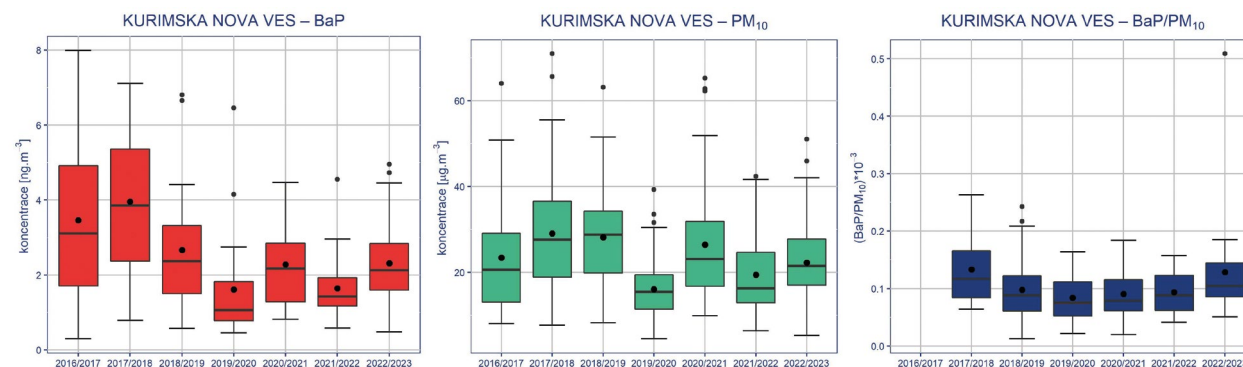
Obr. 6 Bolatice – srovnání koncentrací BaP, PM₁₀ a poměrů BaP/PM₁₀ během jednotlivých měřicích etap 2016–2023.

Fig. 6. Bolatice municipality – comparison of BaP, PM₁₀ concentrations and BaP/PM₁₀ ratios during individual measurement periods 2016–2023.



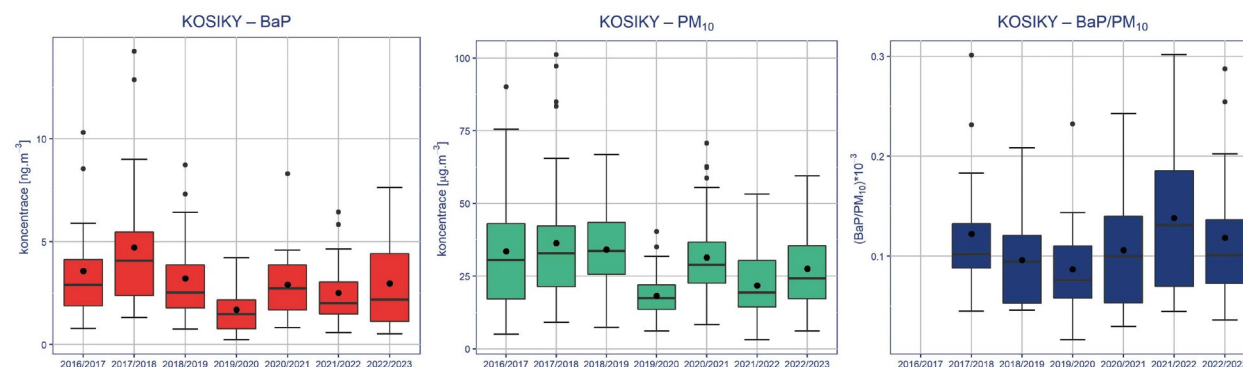
Obr. 7 Jablonné nad Orlicí – srovnání koncentrací BaP, PM₁₀ a poměrů BaP/PM₁₀ během jednotlivých měřicích etap 2016–2023.

Fig. 7. Jablonné nad Orlicí municipality – comparison of BaP, PM₁₀ concentrations and BaP/PM₁₀ ratios during individual measurement periods 2016–2023.



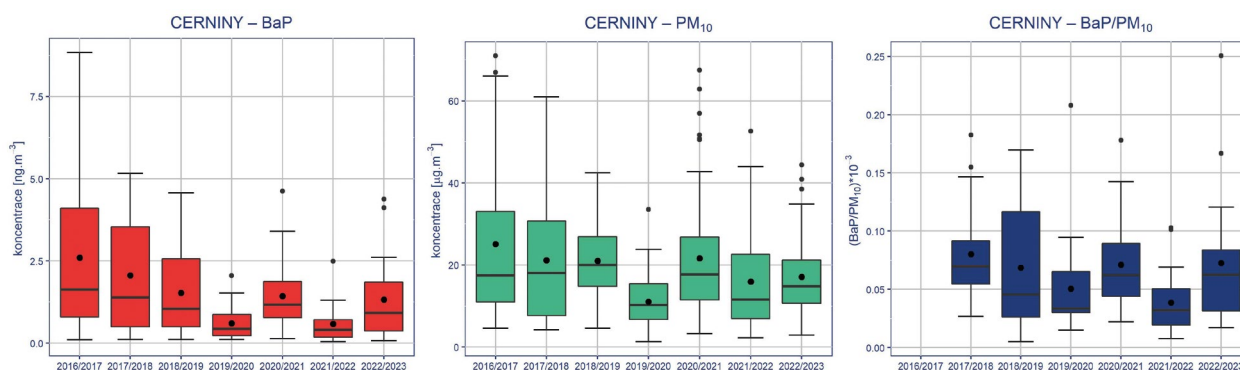
Obr. 8 Kuřimská Nová Ves – srovnání koncentrací BaP, PM₁₀ a poměrů BaP/PM₁₀ během jednotlivých měřicích etap 2016–2023.

Fig. 8. Kuřimská Nová Ves municipality – comparison of BaP, PM₁₀ concentrations and BaP/PM₁₀ ratios during individual measurement periods 2016–2023.



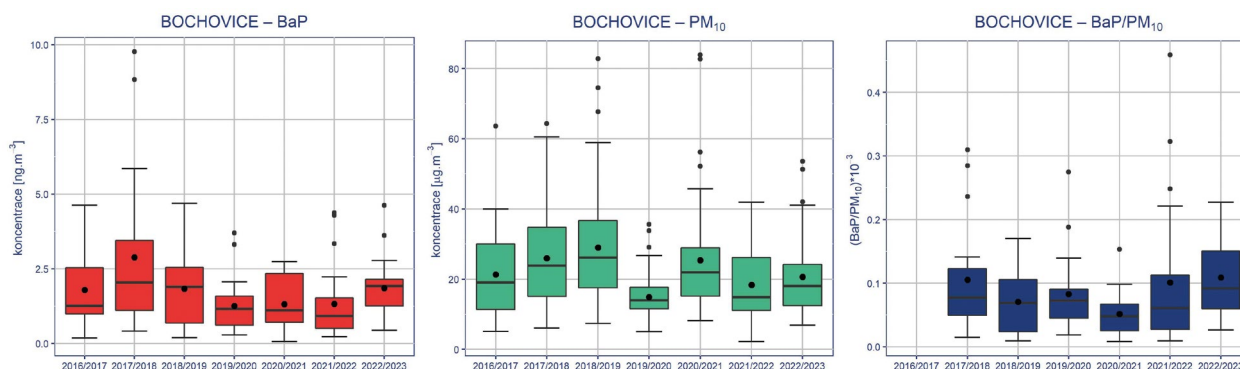
Obr. 9 Košíky – srovnání koncentrací BaP, PM₁₀ a poměrů BaP/PM₁₀ během jednotlivých měřicích etap 2016–2023.

Fig. 9. Košíky municipality – comparison of BaP, PM₁₀ concentrations and BaP/PM₁₀ ratios during individual measurement periods 2016–2023.



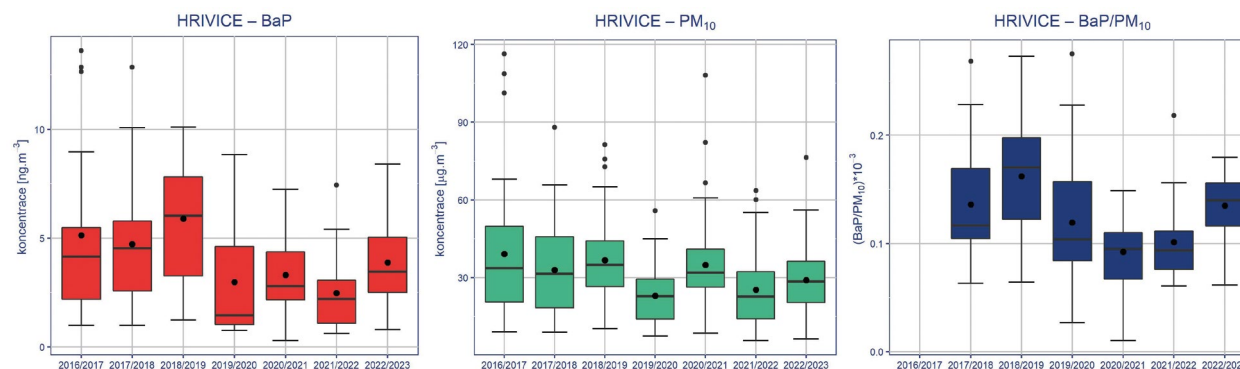
Obr. 10 Černín – srovnání koncentrací BaP, PM₁₀ a poměrů BaP/PM₁₀ během jednotlivých měřicích etap 2016–2023.

Fig. 10. Černín municipality – comparison of BaP, PM₁₀ concentrations and BaP/PM₁₀ ratios during individual measurement periods 2016–2023.



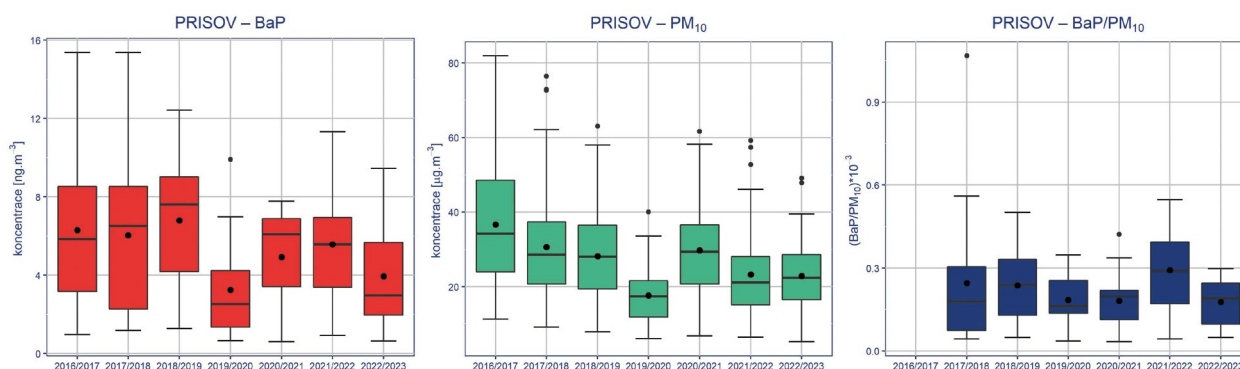
Obr. 11 Bochovice – srovnání koncentrací BaP, PM₁₀ a poměrů BaP/PM₁₀ během jednotlivých měřicích etap 2016–2023.

Fig. 11. Bochovice municipality – comparison of BaP, PM₁₀ concentrations and BaP/PM₁₀ ratios during individual measurement periods 2016–2023.



Obr. 12 Hřivice – srovnání koncentrací BaP, PM₁₀ a poměrů BaP/PM₁₀ během jednotlivých měřicích etap 2016–2023.

Fig. 12. Hřivice municipality – comparison of BaP, PM₁₀ concentrations and BaP/PM₁₀ ratios during individual measurement periods 2016–2023.



Obr. 13 Příšov – srovnání koncentrací BaP, PM₁₀ a poměrů BaP/PM₁₀ během jednotlivých měřicích etap 2016–2023.

Fig. 13. Příšov municipality – comparison of BaP, PM₁₀ concentrations and BaP/PM₁₀ ratios during individual measurement periods 2016–2023.

Tab. 3 Výsledky statistické analýzy – změna koncentrací suspendovaných částic PM₁₀ a BaP mezi kampaněmi 2016/2017 a 2022/2023 srovnatelnými z hlediska meteorologických a rozptylových podmínek.

Table 3. Results of the statistical analysis – change in concentrations of suspended particles PM₁₀ and BaP between the comparable campaigns 2016/2017 and 2022/2023 in terms of meteorological and dispersion conditions.

Lokalita	Počet obyvatel (zdroj ČSÚ) ³	Převažující způsob vytápění (zdroj: ČSÚ) ⁴	log (koncentrace PM ₁₀)		Pokles	log (koncentrace BaP)		Pokles
			2016/2017	2022/2023		2016/2017	2022/2023	
Bolatice	4 464	zemní plyn	1,55	1,26	↓***	0,78	0,69	
Hřivice	625	tuhá paliva	1,51	1,34	↓**	0,59	0,52	
Jablónné nad Orlicí	3 193	zemní plyn	1,31	1,12	↓***	0,35	0,05	↓**
Příšov	281	tuhá paliva	1,51	1,31	↓***	0,71	0,49	↓*
Kuřimská Nová Ves	121	zemní plyn	1,31	1,24		0,41	0,31	
Černíny	375	tuhá paliva	1,28	1,08	↓**	0,19	-0,09	↓*
Košíky	403	zemní plyn	1,44	1,28	↓**	0,47	0,35	
Bochovice	151	tuhá paliva	1,25	1,20		0,13	0,21	

Poznámka: Statisticky významný pokles koncentrací PM₁₀ a BaP mezi kampaněmi 2016/2017 a 2022/2023 je označen ↓ a hladina významnosti * pro p-value < 0,05, ** pro p-value < 0,01 a *** pro p-value < 0,001.

Note: Statistically significant decreases in PM₁₀ and BaP concentrations between the 2016/2017 and 2022/2023 campaigns are indicated by ↓ and significance levels * for p-value < 0.05, ** for p-value < 0.01 and *** for p-value < 0.001.

3.4 Změna kvality ovzduší v souvislosti s realizovanými opatřeními na zlepšení kvality ovzduší

Z porovnání hodnot poměrů BaP/PM₁₀ mezi kampaněmi 2017/2018 (tedy první kampaní, kdy bylo možné poměry spočítat) a poslední kampaní neovlivněnou energetickou krizí, tj. 2021/2022, vyplývá, že ke statisticky významnému poklesu poměrů BaP/PM₁₀ došlo na třech lokalitách (Bolatice, Jablonné nad Orlicí a Černíny) z osmi. Na lokalitě Hřivice byl statisticky významný pokles poměrů BaP/PM₁₀ nalezen mezi kampaněmi 2017/2018 a kampaní 2020/2021. Významný pokles hodnot poměrů BaP/PM₁₀ ukazuje postupné zlepšování kvality vytápění domácností s nižší produkcí karcinogenního BaP během sledovaného období až do předposlední kampaně 2021/2022. Poté je, společně se zbývajících lokalitami Příšov, Kuřimská Nová Ves, Košíky a Bochovice, pozorován nárůst hodnoty poměrů BaP/PM₁₀. V poslední kampani 2022/2023 došlo na většině lokalit k nárůstu hodnot poměrů BaP/PM₁₀ a na polovině lokalit se hodnoty dokonce vrátily na nejvyšší úroveň z kampaně 2017/2018 a došlo ke zhoršení kvality vytápění domácností ve spojitosti s energetickou krizí a návratu části domácností k levnějšímu méně ekologickému způsobu vytápění.

Vzhledem k podobnosti meteorologických podmínek v kampaních 2016/2017 (první kampaň) a 2022/2023 (poslední kampaň), viz kapitola 3.1, lze výraznější změny koncentrací mezi kampaněmi přisuzovat změně emisí znečišťujících látek z lokálního vytápění domácností. Výsledkem porovnání byl statisticky významný pokles koncentrací PM_{10} na šesti lokalitách (Bolatice, Hřivice, Jablonné nad Orlicí, Příšov, Černíny a Košíky) a v případě koncentrací BaP na třech lokalitách (Jablonné nad Orlicí, Příšov a Černíny) (tab. 3). K významnému poklesu koncentrací došlo i přesto, že poslední hodnocená kampaň 2022/2023 byla negativně ovlivněna zhoršenou kvalitou vytápění některých domácností ve spojitosti s energetickou

krizí, jak vyplynulo z analýzy poměrů BaP/PM₁₀. Významný pokles koncentrací mezi meteorologicky obdobnými kampagněmi 2016/2017 a 2022/2023 poukázal na zlepšení kvality ovzduší v malých sídlech v souvislosti s obnovou starých kotlů. Díky této obměně navíc nedošlo k výraznému zhoršení kvality ovzduší v souvislosti s energetickou krizí.

Závěry z provedené analýzy obsahují určité nejistoty vyplývající z použité metodiky. Zejména se jedná o zjednodušené použití meteorologických podmínek na celorepublikové úrovni a hodnocení jejich podobnosti. Dále mohou být hodnoty BaP/PM₁₀ ovlivněny tvorbou sekundárních částic PM. Jistá omezení přináší i velmi omezená reprezentativnost měření v malých sídlech. Přesto však analýza potvrzuje pokles koncentrací znečišťujících látek v ovzduší v souvislosti s modernizací zdrojů tepla v domácnostech.

Pro přesnější kvantifikaci vlivu opatření (výměny kotlů) na snížení koncentrací znečišťujících látek z lokálního vytápění domácností by bylo zapotřebí získat více relevantních informací o způsobu vytápění a skladbě využívaného paliva v zájmovém území a údaj o počtu vyměněných kotlů mimo dotace. Jelikož šíření znečišťujících látek ve venkovním ovzduší nemá hranice a důležitou roli na stavu ovzduší hraje jejich dálkový transport, byly by zapotřebí i doplňující informace o skladbě a výměně kotlů pro rozsáhlejší území, než jsou sledované obce. Využití významných markerů (hopany a jejich poměry) pro identifikaci typu spalovaného paliva (Schauer et al. 1996) by poskytly další užitečné informace o dopadech obnovy starých kotlů. Ačkoli by analýza dalších znečišťujících látek (např. těžkých kovů) byla přínosná, nebyla zatím z časových důvodů provedena. Další možností by bylo využití identifikace zdrojů znečišťování ovzduší pomocí receptorového modelu PMF (Norris et al. 2014), což by však vyžadovalo značné finanční náklady.

³ Zdroj: ČSÚ, 2015. Databáze demografických údajů za obce ČR [online]. [cit. 22. 9. 2023]. Dostupné z WWW: <https://www.czso.cz/csu/czso/databaze-demograficky-udaju-za-obce-cr>.

⁴ Zdroj: ČSÚ, 2011; SLDB 2011. Obydlené byty podle způsobu vytápění v obci [online]. [cit. 22. 9. 2023]. Dostupné z WWW:https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jspx?_af=vytapi&_afParametry=&_afPov=OTOB119&sp=A&pvoc=&katalog=30814&z=T.

4. Závěr

Cílem vyhodnocení bylo zjistit, zda došlo ke změně resp. k žádoucímu poklesu koncentrací znečišťujících látek (PM_{10} a BaP) v souvislosti s realizací opatření pro zlepšení kvality ovzduší v malých sídlech (výměna starých typů kotlů za modernější zdroje tepla) v hodnoceném období 2016–2023. Analýzy naměřených koncentrací znečišťujících látek a poměru koncentrací BaP/ PM_{10} z osmi malých sídel ukázaly, že až do nástupu energetické krize se na většině lokalit od roku 2016 do roku 2021 prokazatelně zlepšila kvalita vytápění domácností. V poslední kampani 2022/2023 došlo na většině lokalit k nárůstu hodnot poměrů BaP/ PM_{10} , což poukázalo na zhoršení kvality vytápění domácností ve spojitosti s energetickou krizí a návratu části domácností ke spalování pevných paliv.

Přestože v souvislosti s energetickou krizí v poslední kampani došlo ke zhoršení kvality vytápění v některých domácnostech, z dlouhodobého hlediska došlo k prokazatelnému poklesu koncentrací znečišťujících látek PM_{10} a BaP na většině monitorovacích míst. Zlepšení situace v malých sídlech lze částečně přisoudit poklesu emisí PM_{10} a BaP v souvislosti s celkovou modernizací vytápění domácností (obnova kotlů a přechod řady domácností k alternativnímu, z pohledu kvality ovzduší vhodnějšímu způsobu vytápění), která se realizuje pomocí opatření ke zlepšení kvality ovzduší. Kromě toho ke zlepšení kvality ovzduší přispívají i meteorologické podmínky v zimních měsících posledních let, jako jsou vyšší průměrné teploty a lepší rozptylové podmínky. Současné úrovně koncentrací BaP i PM_{10} však zůstávají v některých oblastech stále vysoké, a dochází dokonce k překračování jejich imisních limitů. Se zákazem provozu starých kotlů od 1. září 2024 lze očekávat další zlepšování kvality ovzduší.

S ohledem na plánovanou revizi evropských směrnic o kvalitě vnějšího ovzduší a pravděpodobné zpřísnění imisních limitů ve spojitosti s nejnovějšími doporučeními Světové zdravotnické organizace je proto žádoucí pokračovat v opatřeních ke zlepšení kvality ovzduší. Tato opatření by měla být zaměřena nejen na snižování emisí znečišťujících látek, ale také na monitorování kvality ovzduší v malých sídlech. Pouze tak lze zajistit dlouhodobé zlepšení životního prostředí a ochranu lidského zdraví v těchto oblastech problematických z hlediska kvality ovzduší.

Poděkování a financování:

Monitoring kvality ovzduší v malých sídlech byl financován z projektu TAČR, TITSMZP704, číslo smlouvy 2018007 oblasti V3 Hodnocení účinnosti programů zlepšování kvality ovzduší v malých sídlech, z Monitoringu kvality ovzduší v rámci specifického cíle 2.1 Operačního programu Životního prostředí a interního projektu ČHMÚ. Podrobnější údaje lze najít v závěrečné výzkumné zprávě (Novák, Plachá 2023).

Literatura:

- ČHMÚ, 2013. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2012 [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 15. 1. 2024]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/12groc/gr12cz/Obsah_CZ.html.
- ČHMÚ, 2021. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2020 [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 15. 1. 2024]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/20groc/gr20cz/Obsah_CZ.html.
- ČHMÚ, 2022. Souhrnný tabelární přehled 2021 [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 15. 1. 2024]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2022_enh/index_CZ.html.
- EEA, 2020. Air Quality in Europe – 2020 Report [online]. European Environment Agency [cit. 15. 1. 2024]. EEA Report No. 10/2019, Copenhagen, Denmark. Dostupné z WWW: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>.
- GIANELLE, V., COLOMBI, C., CASERINI, S., OZGEN, S., GALANTE, S. et al., 2013. Benzo(a)pyrene air concentrations and emission inventory in Lombardy region, Italy. *Atmospheric Pollution Research*, Vol. 4, s. 257–266. Dostupné z: <https://doi.org/10.5094/APR.2013.028>.
- NOVÁK, V., PLACHÁ, H. (eds.), 2023. Monitoring kvality ovzduší v rámci specifického cíle 2.1 Operačního programu Životního prostředí [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 15. 1. 2024]. Závěrečná zpráva. Dostupné z WWW: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_TP_OPZP_OPST/\\$FILE/ofe-u-monitoring_kvality_ovzdusi-20240112.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_TP_OPZP_OPST/$FILE/ofe-u-monitoring_kvality_ovzdusi-20240112.pdf).
- NORRIS, G., DUVALL, R., BROWN, S., BAI, S., 2014. EPA Positive Matrix Factorization (PMF) 5.0 Fundamentals and User Guide. U. S. Environmental Protection Agency.
- R CORE TEAM, 2020. R: A language and environment for statistical computing [online]. [cit. 15. 1. 2024]. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Dostupné z WWW: <https://www.R-project.org/>.
- SCHREIBEROVÁ, M., VLASÁKOVÁ, L., VLČEK, O., ŠMEJDÍŘOVÁ, J., HORÁLEK, J., BIESER, J., 2020. Benzo(a)pyrene in the Ambient Air in the Czech Republic: Emission Sources, Current and Long-Term Monitoring Analysis and Human Exposure. *Atmosphere*, Vol. 11, s. 955. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/atmos11090955>.
- SCHAUER, J. J., ROGGE, W. F., HILDEMAN, L. M., MAZUREK, M. A., CAS, G. R., SIMONEIT, B. R. T., 1996. Source apportionment of airborne particulate matter using organic compounds as tracers. *Atmospheric Environment*, Vol. 30, s. 3837–55. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/1352-2310\(96\)00085-4](https://doi.org/10.1016/1352-2310(96)00085-4).
- ŠKÁCHOVÁ, H., 2021. Vliv meteorologických faktorů na koncentrace vybraných látek znečišťujících ovzduší. Diplomová práce. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Katedra životního prostředí.
- Zákon o ovzduší č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. In: Sbírka zákonů. 13. června 2012. ISSN 1211-1244.

Lektoři (Reviewers):

RNDr. Vladimíra Volná, Ph.D., RNDr. Bohumil Kotlík, Ph.D.