TD 000152

Celkové hodnocení účinnosti programů zlepšování kvality ovzduší v malých sídlech

Finální vyhodnocení měřicích kampaní a dopadu relevantních opatření PZKO na kvalitu ovzduší, návrh úprav

Ing. Václav Novák, Ing. Helena Plachá

RNDr. Lenka Crhová, Ph.D.; Bc. Hana Škáchová; RNDr. Leona Vlasáková, Ph.D.

RNDr. Markéta Schreiberová

Mgr. Ondřej Vlček; Ing. Jana Šmejdířová; RNDr. Nina Benešová, Ph.D.

Ing. Daniel Hladký; RNDr. Vladimíra Volná

Ing. Radim Seibert

Mgr. Irina Nikolová

Praha / 1. 7. 2021-30. 9. 2021

Český hydrometeorologický ústav

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.

Ministerstvo životního prostředí

Celkové hodnocení účinnosti programů zlepšování kvality ovzduší v malých sídlech

Finální vyhodnocení měřicích kampaní a dopadu relevantních opatření PZKO na kvalitu ovzduší, návrh úprav

Konečný uživatel výsledků: **Ministerstvo životního prostředí**

Vršovická 1442/65, 110 10 Praha 10

Název projektu: Celkové hodnocení účinnosti programů zlepšování kvality ovzduší v malých sídlech

Číslo projektu: TITSMZP704

Řešitel projektu: Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4

Doba řešení: 1. 4. 2018 – 31. 12. 2021

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.

Ministerstvo životního prostředí

Český hydrometeorologický ústav

Informace o autorském týmu:

Vedoucí autorského kolektivu
Ing. Václav Novák, Ing. Helena Plachá

1 Úvod
Ing. Václav Novák, Ing. Helena Plachá

2 Souhrnná informace o provedeném měření
Ing. Václav Novák, Ing. Helena Plachá, RNDr. Lenka Crhová, Ph.D., Bc. Hana Škáchová, RNDr. Leona Vlasáková, Ph.D.

3 Porovnání výsledků kampaně s měřením na lokalitách ČHMÚ
Bc. Hana Škáchová

4 Hodnocení účinnosti programů zlepšování kvality ovzduší v malých sídlech
RNDr. Markéta Schreiberová, RNDr. Leona Vlasáková, Ph.D.

5 Modelové hodnocení dopadů 1. až 3. kola kotlíkových dotací na kvalitu ovzduší
Mgr. Ondřej Vlček, Ing. Jana Šmejdířová, RNDr. Nina Benešová, Ph.D.

Příloha I – Měření na lokalitě Bolatice v kalendářním roce 2020
Ing. Daniel Hladký, RNDr. Vladimíra Volná

Příloha II – Použitelnost metody PMF pro hodnocení účinnosti programů zlepšování kvality ovzduší v malých sídlech
Ing. Radim Seibert, RNDr. Markéta Schreiberová

Příloha III – Identifikace spalovaného typu paliva pomocí hopanů a retenu
Mgr. Irina Nikolova

Příloha IV – Změny emisí z lokálního vytápění pro jednotlivé žádosti 1. – 3. kola kotlíkových dotací
Ing. Jana Šmejdířová

Další informace o projektu:

Celkové hodnocení účinnosti programů zlepšování kvality ovzduší v malých sídlech
Hodnocení účinnosti programů zlepšování kvality ovzduší v malých sídlech – zima 2020/2021 a vyhodnocení v kontextu předchozích měření

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.
Ministerstvo životního prostředí

Cílem této části projektu je hodnocení kvality ovzduší v malých sídlech ČR zaměřené zejména na problematiku stacionárních zdrojů provozovaných v domácnostech a na účinnost opatření stanovených v Programech zlepšování kvality ovzduší z roku 2016 pod kódem D, a to v osmi konkrétních obcích, které byly vybrány na základě příslušnosti do jednotlivých kategorií dle parametrů ovlivňujících kvalitu ovzduší jako je reliéf, doprava, vliv stacionárních zdrojů. Projekt bude zahrnovat rovněž modelování scénářů vývoje kvality ovzduší vybraných opatření z Programů zlepšování kvality ovzduší.

Zpráva za 14. kvartál řešení projektu (1. 7. 2021 – 30. 9. 2021)

Program veřejných zakázek v aplikovaném výzkumu a inovacích pro potřeby státní správy BETA2 byl schválen usnesením vlády České republiky č. 278 ze dne 30. 3. 2016 a je zaměřen na podporu aplikovaného výzkumu a inovací pro potřeby orgánů státní správy. Poskytovatelem finančních prostředků je Technologická agentura ČR.

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.
Ministerstvo životního prostředí

Obsah

1 Úvod ... 6
2 Souhrnná informace o provedeném měření ... 6
2.1 Lokality měření ... 7
2.2 Meteorologická situace ... 10
2.3 Statistické vyhodnocení naměřených dat ... 17
3 Porovnání výsledků kampaně s měřením na lokalitách ČHMÚ ... 26
3.1 Suspendované částice PM_{10} ... 29
3.2 Benzo[a]pyren ... 33
3.3 Arzen ... 37
3.4 Kadmium ... 41
3.5 Nikl ... 45
3.6 Olovo ... 49
3.7 Shrnutí ... 53
4 Hodnocení účinnosti PZKO v malých sídlech dle výsledků měření ... 54
4.1 Koncentrace BaP, PM_{10} a poměry BaP/PM_{10} na projektových lokalitách během kampaní 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 a 2020/2021 ... 57
4.2 Koncentrace benzo[a]pyrenu a suspendovaných částic PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} na projektových lokalitách během jednotlivých měřicích etap (únor a listopad) ... 62
4.3 Vyhodnocení naměřených koncentrací BaP, PM_{10} a jejich poměrů v souvislosti s meteorologickými podmínkami za celé projektové období ... 67
4.4 Imisní limity pro ochranu zdraví ... 70
4.5 Výměny kotlů ... 70
4.6 Shrnutí ... 72
5 Modelové hodnocení dopadů 1. až 3. kola kotlíkových dotací na kvalitu ovzduší ... 73
5.1 Metodika ... 73
5.1.1 Výpočet emisí z lokálního vytápění ... 73
5.1.2 Modelové hodnocení ... 77
5.2 Výsledky a diskuze ... 81
5.2.1 Počty vyměněných kotlů a změny emisí ... 81
5.2.2 Změny koncentrací ... 90
5.3 Shrnutí ... 97
6 Závěr ... 98

7 Literatura 100
8 Vysvětlivky a seznam použitých zkratek 101
Příloha I – Měření na lokalitě Bolatice v kalendářním roce 2020 102
Charakteristika lokality 102
Suspendované částice PM_{10} 105
Polycyklické aromatické uhlovodíky 108
Těžké kovy 113
Denní typy proudění 115
Shrnutí 118
Příloha II – Použitelnost metody PMF pro hodnocení účinnosti PZKO v malých sídlech 119
Příloha III – Identifikace spalovaného typu paliva pomocí hopanů a retenu 127
Příloha IV – Změny emisí z lokálního vytápění pro jednotlivé žádosti 1. – 3. kola kotlíkových dotací... 135

1 Úvod

Cílem oblasti V3 projektu TA ČR č. TITSMZP704 bylo hodnocení účinnosti programů zlepšování kvality ovzduší (PZKO) z roku 2016 pod kódem D (tedy opatření k omezování emisí ze zdrojů provozovaných v domácnostech, popřípadě v živnostenské činnosti). Za tímto účelem byla provedena měření v 8 projektových lokalitách. Zpráva předkládá souhrnnou informaci o provedených měřeních, jejich porovnání s měřeními na stanicích státní sítě imisního monitoringu a analýzu naměřených hodnot zaměřenou na odhad dopadů obměny zdrojů lokálního vytápění v obcích.

Analýza dopadů obměny kotlů na kvalitu ovzduší měla být podle původního záměru prováděna po očištění naměřených koncentrací od vlivu meteorologie. Uvažovaná metodika očištění byla prezentována ve zprávě za 2. kvartál řešení ze září 2018 a následně aplikována na měření v sezónách 2016/2017 a 2017/2018 (zpráva za 3. kvartál řešení z prosince 2018). Statisticky významný pokles byl sice identifikován na polovině projektových lokalit, nicméně výsledky v sobě nesly několik významných nejistot: meteorologické parametry nebyly až na výjimku měřeny v dané obci, ale dopočítávány modelem a neobsahovaly srážky. Hodnocení dopadů opatření PZKO (tedy výměn kotlů v rámci dotačního titulu) bylo navíc komplikováno tím, že se nepodařilo přes vynaložené úsilí získat informaci o počtech kotlů vyměněných mimo dotační programy. V literatuře bylo dále dohledáno, že i pokročilejší metody očištění měřených koncentrací od meteorologie vykazují predikční schopnost v rámci faktoru 2 – tzn. pro prokazatelnou identifikaci vlivu emisí (resp. nemeteorologických příčin) by musely očištěné koncentrace poklesnout o cca 50 % (Barmpadimos et al. 2011), což se s ohledem na počty kotlů vyměněných v rámci dotace v projektových lokalitách nejevilo jako realistické. Z toho důvodu bylo nakonec přistoupeno k hodnocení poměrů benzo[*a*]pyrenu a suspendovaných částic PM_{10}, se kterého je možné usuzovat na trend podílu zdrojů lokálního vytápění spalujících tuhá paliva na naměřených koncentracích. Kvantifikace absolutních změn koncentrací pak byla provedena modelovým výpočtem. Výhodou modelového hodnocení pak bylo, že umožnil izolované hodnocení dopadu kotlíkových dotací na kvalitu ovzduší a to na území celé České republiky.

Kromě výše uvedeného je v přílohách prezentována detailní analýza celoročního měření v obci Bolatice v roce 2020, potenciál využití metody Positive Matrix Factorisation (PMF) k určení časové změny podílů zdrojů na celkovém znečištění v obci a možnost Identifikace druhu spalovaného paliva pomocí vybraných organických markerů.

2 Souhrnná informace o provedeném měření

Dle požadavků Smlouvy o poskytnutí dotace Technologické agentury České republiky, číslo projektu TITSMZP704, číslo smlouvy 2018007 (dále Smlouvy) bylo v oblasti V3 Hodnocení účinnosti programů zlepšování kvality ovzduší v malých sídlech provedeno měření imisí znečišťujících látek uvedených v příloze Smlouvy (benzo[*a*]pyren (BaP), těžké kovy (arzen As, kadmium Cd, nikl Ni, olovo Pb), gravimetrie suspendovaných částic PM_{10}) v trvání 30 dní v termínech 16. 11. – 16. 12. 2017, 2. 2. – 3. 3. 2018, 2. 11. – 1. 12. 2018, 3. 2. – 4. 3. 2019, 31. 10. – 1. 12. 2019, 29. 1. – 29. 2. 2020, 28. 10. – 28. 11. 2020 a 1. 2. – 4. 3. 2021 dle harmonogramu prací (viz Smlouva). V případě poruchy, výpadku proudu byly provedeny náhradní odběry ihned po plánovaném ukončení kampaně.

Odběr byl proveden na osmi lokalitách. Výběr lokalit byl shodný s lokalitami vybranými v souladu s požadavky Smlouvy o dílo na realizaci zakázky „Monitoring kvality ovzduší v rámci specifického cíle

2.1 Operačního programu Životního prostředí“ [1]. Lokality se nacházejí v obcích, kde byl identifikován potenciál k výměně kotlů v budoucím období. Lokality jsou umístěny tak, aby co nejlépe zachytily předpokládané znečištění v obci před a po výměně kotlů. Výběr probíhal v souladu s certifikovanou metodikou „Hodnocení kvality ovzduší v malých sídlech podle kategorií“ č. 76860/ENV/15, která vznikla v rámci řešení projektu TAČR TA02021267.

2.1 Lokality měření

Měření imisí je prováděno v těchto lokalitách (Obr. 2.1 Projektové lokality hodnocení účinnosti programů zlepšování kvality ovzduší v malých sídlech):

Kategorie I. (vliv REZZO 1,2 – ano, doprava – ne, reliéf – rovina/vrcholová poloha, plynná paliva)

obec **Bolatice** (Moravskoslezský kraj)

Měřící místo bylo umístěno v areálu ZŠ a MŠ Bolatice, ul. Školní 540/9, Bolatice, GPS souřadnice 49°57'11.6"N 18°05'18.7"E. Tato lokalita byla vybrána i proto, že zde probíhalo měření ČHMÚ i ZÚ se sídlem v Ostravě již v minulosti a je možné na tuto řadu navázat a při vyhodnocení použít i výsledky těchto měření. Obsluhu stanice zajišťoval ČHMÚ, pobočka v Ostravě.

Kategorie II. (vliv REZZO 1,2 – ano, doprava – ne, reliéf – rovina/vrcholová poloha, tuhá paliva)

obec **Hřivice** (Ústecký kraj)

Lokalita v Hřivicích (GPS N 50°17.33287', E 13°43.99593') byla, tak jako většina stanic, vybraná ve spolupráci se starostou a zastupitelstvem obce. Místo bylo vybráno i s ohledem na převládající směr proudění vzduchu v obci a to bylo potvrzeno i větrnou růžicí. Obsluhu stanice zajišťoval ČHMÚ, pobočka v Ústí nad Labem.

Kategorie III. (vliv REZZO 1,2 – ano, doprava – ano, reliéf – údolní, plynná paliva)

obec **Jablonné nad Orlicí** (Pardubický kraj)

Lokalita Jablonné nad Orlicí (GPS 50°1,668´ N, 16°36,476´ E) se nachází v areálu zahrady MŠ Hradisková ve východní části města Jablonné nad Orlicí s počtem cca 3 300 obyvatel. V blízkosti mateřské školy se nachází jednak zástavba rodinných a bytových domů, směrem na SZ od MŠ je situován areál sportovního stadionu, směrem JJV areál městského koupaliště. Obsluhu stanice zajišťoval ČHMÚ, pobočka v Hradci Králové.

Kategorie IV. (vliv REZZO 1,2 – ano, doprava – ne, reliéf – údolní, tuhá paliva)

obec **Příšov** (Plzeňský kraj)

Lokalita v obci Příšov (GPS N 49°48.80865', E 13°18.50880') byla vybrána nejen proto, že je zde relativně vysoký počet obměn kotlů, ale i proto, že v této lokalitě již nějakou dobu provádí pracovníci ČHMÚ měření v rámci sledování dopadů výstavby spalovny ZEVO Chotíkov na imisní situaci v oblasti. Obsluhu stanice zajišťoval ČHMÚ, pobočka v Plzni.

Kategorie V. (vliv REZZO 1,2 – ne, doprava – ne, reliéf – rovina/vrcholová poloha, plynná paliva)

[1] https://ezak.mzp.cz/contract_display_5045.html

obec **Kuřimská Nová Ves** (Jihomoravský kraj)

Plynofikovaná lokalita, počet obyvatel 122, počet rodinných domů 47, počet potenciálních kotlů na výměnu 23, rovina (GPS N 49°20.74290', E 16°17.91342'). Jedná se o lokalitu, která je prakticky bez vlivu dopravy (silnice 2. nebo 3. třídy vede kolem vesnice, přímo ve vesnici všechny silnice končí). Lokalita odběru byla před hasičskou zbrojnicí, která je součástí budovy obecního úřadu. Obsluhu stanice zajišťoval ČHMÚ, pobočka v Brně.

Kategorie VI. (vliv REZZO 1,2 – ne, doprava – ne, reliéf – rovina/vrcholová poloha, tuhá paliva)

obec **Černíny** (Středočeský kraj)

Odběrové místo v obci Černíny (GPS N 49°50.30328', E 15°13.06488') bylo zvoleno tak, aby byly vzorkovače umístěny vzhledem k převládajícímu směru větru v jižní části obce mimo rekreační oblast. Obsluhu stanice zajišťoval ČHMÚ, CLI Praha Libuš.

Kategorie VII. (vliv REZZO 1,2 – ne, doprava – ne, reliéf – údolní, plynná paliva)

obec **Košíky** (Zlínský kraj) – obec byla na základě reálného umístění odběrového místa přeřazena z kategorie V.

Plynofikovaná lokalita, počet obyvatel 411, počet rodinných domů 151, počet potenciálních kotlů na výměnu 67, údolí (GPS N 49°9.49165', E 17°24.91523'). Jedná se o lokalitu, která je prakticky bez vlivu dopravy, silnice zde končí. Lokalita odběru byla v zahradě místní školky v centru obce, ve svahu, přibližně v úrovni komínů. Obsluhu stanice zajišťoval ČHMÚ, pobočka v Brně.

Kategorie VIII. (vliv REZZO 1,2 – ne, doprava – ne, reliéf – údolní, tuhá paliva)

obec **Bochovice** (kraj Vysočina) – obec byla na základě reálného umístění odběrového místa přeřazena z kategorie VI.

Neplynofikovaná lokalita, počet obyvatel 153, počet rodinných domů 57, počet potenciálních kotlů na výměnu 54, údolí, GPS: (N 49°19.23398', E 15°53.83273'). Jedná se o lokalitu, kde je vliv dopravy poměrně zanedbatelný (přes obec vede velmi málo využívaná silnice 2. třídy – provoz prakticky bez nákladních automobilů a kamionů). Lokalita odběru je u budovy obecního úřadu v centru obce. Obsluhu stanice zajišťoval ČHMÚ, pobočka v Brně.

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.
Ministerstvo životního prostředí

Obr. 2.1 Projektové lokality hodnocení účinnosti programů zlepšování kvality ovzduší v malých sídlech

Materiál pro měření byl v předstihu předán pracovníkům ČHMÚ. Odběr i stanovení prováděli pracovníci ČHMÚ podle požadavků uvedených v SOP T 21 AA-022, T 21 AA-027. Pro transport vzorků byla využita logistika ČHMÚ. Vzorky byly postupně předávány do laboratoří ČHMÚ (gravimetrie a PAH do pobočky ČHMÚ v Ústí nad Labem, těžké kovy do CLI v Praze) a byly zpracovány dle příslušných SOP (T 21 AA-013, T 21 AA-009, T 21 AA-015, T 21 AA-012, T 21 AA-005).

2.2 Meteorologická situace

Meteorologické a rozptylové podmínky (průměrná teplota, úhrn srážek a četnost typů rozptylových podmínek) a denostupně na měřicích lokalitách během jednotlivých etap a kampaní[2] jsou znázorněny na Obr. 2.2–Obr. 2.5..
Nejstudenější byla měřicí kampaň 2017/2018, druhá nejstudenější byla kampaň 2020/2021. Na třetí a čtvrté místo se řadí kampaně 2018/2019 a 2019/2020. Z hlediska podmínek pro rozptyl látek znečišťující ovzduší byla nejpříznivější měřicí kampaň 2019/2020, následovaly kampaně 2017/2018, 2018/2019 a 2020/2021. V kampani 2020/2021 došlo v 40 % případů k výskytu mírně nepříznivých a nepříznivých rozptylových podmínek. Z hlediska srážek byla nejdeštivější kampaň 2019/2020.

Z hlediska jednotlivých měřicích listopadových etap byla nejnižší průměrná teplota naměřena v listopadu 2017, následoval listopad 2018, 2020 a nejvyšší průměrná teplota byla zaznamenána v listopadu 2019. Z hlediska podmínek pro rozptyl látek znečišťující ovzduší byla nejpříznivější listopadová etapa 2019, následována listopadem 2017, 2018 a 2020.

Z hlediska jednotlivých měřicích únorových etap byla nejnižší průměrná teplota naměřena v únoru 2018, následoval únor 2021 a 2019, nejvyšší průměrná teplota byla zaznamenána v únoru 2020. Z hlediska podmínek pro rozptyl látek znečišťující ovzduší byla nejpříznivější měřicí únorová etapa 2020, následována únorem 2018, 2019 a 2021.

Podrobnější vyhodnocení meteorologických a rozptylových podmínek během jednotlivých etap a kampaní je následující:

I. etapa 1. kampaně 16. 11. – 16. 12. 2017

Průměrná teplota vzduchu na území ČR pro období 16. 11. – 16. 12. 2017 byla 1,5 °C, což je o 0,8 °C vyšší než normál 1981–2010. Průměrná denní teplota vzduchu v tomto období značně kolísala. Výrazněji nad hodnotami normálu byla teplota ve dnech 22.–25. 11. a 11.–12. 12. Ve dnech 22.–24. 11. přesahovala maxima teploty na několika stanicích sítě ČHMÚ 15 °C. Naopak chladné byly dny 1.–3. 12., kdy se průměrná teplota pohybovala více než 3 °C pod hodnotami normálu. (Obr. 2.5)

Průměrný úhrn srážek na území ČR za hodnocené období byl 42 mm, což představuje 86 % normálu 1981–2010. Srážky se na našem území vyskytovaly v průběhu celého období.

V porovnání s desetiletým průměrem 2007–2016 panovaly v hodnoceném období výrazně zlepšené rozptylové podmínky. Dobré rozptylové podmínky, vyjádřené pomocí ventilačního indexu[3] pro celou ČR, byly zaznamenány ve 27 dnech, mírně nepříznivé pak ve čtyřech dnech. Nepříznivé rozptylové podmínky zaznamenány nebyly.

[2] Etapy jsou v grafech označeny měsíci, ve kterých převážně probíhalo měření. V některých případech nastal přesah o několik dní do března v případě února a do října nebo prosince v případě listopadu.
[3] http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/mes_zpravy/mesprehledy.html#ventindex

II. etapa 1. kampaně 2. 2. – 3. 3. 2018

Průměrná teplota vzduchu na území ČR pro období 2. 2. – 3. 3. 2018 byla –4,4 °C, což je o 3,7 °C méně než normál 1981–2010. Průměrná denní teplota vzduchu na území ČR se začátkem tohoto období pohybovala kolem hodnot normálu nebo lehce pod ním. Od 19. 2. nastala velmi chladná epizoda s výrazně zápornými odchylkami průměrné teploty od normálu. Ve dnech 25. 2. – 1. 3. byla průměrná teplota na území ČR více než 10 °C pod hodnotou normálu. V těchto dnech denní maxima teploty vzduchu zůstávala na celém území ČR pod bodem mrazu po celý den a denní minima teploty klesala pod –10 °C. (Obr. 2.5)

Hodnocené období bylo suché, průměrný úhrn srážek na území ČR za toto období byl 12 mm, což představuje pouze 28 % normálu 1981–2010. Srážky se na našem území v druhé polovině hodnoceného období téměř nevyskytovaly. Nižší srážkové úhrny byly zaznamenány v západní polovině území ČR, nejméně srážek spadlo v kraji Libereckém a Ústeckém.

V porovnání s desetiletým průměrem 2008–2017 panovaly v hodnoceném období standardní rozptylové podmínky. Dobré rozptylové podmínky, vyjádřené pomocí ventilačního indexu pro celou ČR, byly zaznamenány ve 24 dnech, mírně nepříznivé v pěti dnech a nepříznivé rozptylové podmínky v jednom dni.

I. etapa 2. kampaně 2. 11. – 1. 12. 2018

Průměrná teplota vzduchu na území ČR pro období 2. 11. – 1. 12. 2018 byla 3,9 °C, což je o 1,1 °C vyšší než normál 1981–2010. V první polovině hodnoceného období se průměrná denní teplota vzduchu na území ČR pohybovala výrazně nad hodnotami normálu s odchylkami od normálu vyššími než +4 °C. V těchto dnech byla na několika stanicích sítě ČHMÚ dokonce zaznamenána denní maxima teploty 20 °C a vyšší. Následovaly dvě chladné epizody, v období 17.–21. 11. a 27. 11. – 1. 12. průměrná denní teplota klesla pod hodnoty normálu o více než 2 °C. Ve dnech 29. 11. – 1. 12. nepřekročila denní maxima teploty vzduchu hodnotu 0 °C na více než 100 stanicích standardní sítě ČHMÚ. (Obr. 2.5)

Průměrný úhrn srážek na území ČR za hodnocené období byl 19 mm, což představuje pouze 38 % normálu 1981–2010. Nejnižší úhrny srážek byly zaznamenány v Libereckém a Zlínském kraji. Srážky se vyskytovaly ve formě deště i sněhu. Nejvýraznější srážky se vyskytly dne 2. 11., kdy se na většině území ČR vyskytovaly dešťové srážky. Více sněhových srážek spadlo až v druhé polovině období.

V porovnání s desetiletým průměrem 2008–2017 panovaly v hodnoceném období standardní rozptylové podmínky. Dobré rozptylové podmínky, vyjádřené pomocí ventilačního indexu pro celou ČR, byly zaznamenány ve 23 dnech, mírně nepříznivé pak v sedmi dnech. Nepříznivé rozptylové podmínky zaznamenány nebyly.

II. etapa 2. kampaně 3. 2. – 4. 3. 2019

Průměrná teplota vzduchu na území ČR pro období 3. 2. – 4. 3. 2019 byla 2,2 °C, což je o 2,7 °C vyšší než normál 1981–2010. Průměrná denní teplota vzduchu na území ČR se po většinu tohoto období pohybovala nad hodnotami normálu. Pod hodnotu normálu klesla pouze ve dvou krátkých epizodách, a to 4.–7. 2. a 23.–24. 2. Výrazně teplý byl především konec období, dne 28. 2. a 4. 3. byla odchylka průměrné teploty od normálu větší než +7 °C. Ve dnech 27., 28. 2. a 4. 3. se denní maxima teploty na několika stanicích vyšplhala nad 18 °C. (Obr. 2.5**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**)

Průměrný úhrn srážek na území ČR za hodnocené období byl 29 mm, což představuje 68 % normálu 1981–2010. Srážky se vyskytovaly ve formě deště i sněhu. Vydatnější srážky nastaly ve dnech 3. 2. a 21. 2., kdy byly zaznamenány na většině našeho území a na více než 100 stanicích sítě ČHMÚ byly

naměřeny denní úhrny vyšší než 10 mm. Nejvíce nového sněhu napadlo 3. 2., na některých stanicích to bylo více jak 30 cm.

V porovnání s desetiletým průměrem 2009–2018 panovaly v hodnoceném období zlepšené rozptylové podmínky. Dobré rozptylové podmínky, vyjádřené pomocí ventilačního indexu pro celou ČR, byly zaznamenány ve 22 dnech, mírně nepříznivé ve třech dnech a nepříznivé rozptylové podmínky v pěti dnech.

I. etapa 3. kampaně 31. 10. – 1. 12. 2019

Průměrná teplota vzduchu na území ČR pro období 31. 10. – 1. 12. 2019 byla 5,3 °C, což je o 2,4 °C vyšší než normál 1981–2010. Průměrná denní teplota vzduchu na území ČR se po většinu tohoto období pohybovala nad hodnotami normálu s odchylkami od normálu často vyššími než +4 °C. Chladnější byly pouze první a poslední dny hodnoceného období a dny 10.–14. 10., kdy průměrná teplota klesla lehce pod hodnoty normálu. (Obr. 2.6)

Průměrný úhrn srážek na území ČR za hodnocené období byl 43 mm, což představuje 84 % normálu 1981–2010. Srážky se na našem území vyskytovaly více v první polovině tohoto období. Sněhové srážky nastaly především ve dnech 12. a 13. 11., kdy byl nový sníh zaznamenán na větším území ČR.

V porovnání s desetiletým průměrem 2009–2018 panovaly v hodnoceném období výrazně zlepšené rozptylové podmínky. Dobré rozptylové podmínky, vyjádřené pomocí ventilačního indexu pro celou ČR, byly zaznamenány ve 29 dnech, mírně nepříznivé pak ve třech dnech. Nepříznivé rozptylové podmínky zaznamenány nebyly.

II. etapa 3. kampaně 29. 1. – 29. 2. 2020

Průměrná teplota vzduchu na území ČR pro období 29. 1. – 29. 2. 2020 byla 3,6 °C, což je o 4,5 °C vyšší než normál 1981–2010. Průměrná denní teplota vzduchu na území ČR se po celé období pohybovala nad hodnotami normálu, často velmi výrazně. Velmi teplé období nastalo ve dnech 31. 1. – 3. 2., kdy byly odchylky průměrné denní teploty od normálu vyšší než +7 °C. Nejtepleji bylo 31. 1. a 1. 2., kdy byla na některých stanicích naměřena denní maxima teploty 15 °C a vyšší. Během února nastalo ještě několik takto teplých dní, kdy denní maxima teploty byla vyšší než 15 °C. Bylo to ve dnech 10. 2., 16.–17. 2. a 23.–25. 2. (Obr. 2.6)

Průměrný úhrn srážek na území ČR za hodnocené období byl 80 mm, což představuje 185 % normálu 1981–2010. Na srážky bohatý byl začátek měsíce únor 1.–4. 2. Dne 3. 2. v průměru na území ČR spadlo více než 13 mm srážek, na více než 130 stanicích standardní sítě ČHMÚ byl denní úhrn srážek vyšší než 20 mm. Významné sněžení bylo zaznamenáno dne 27. 2. (především v noci z 27. na 28. 2.), kdy bylo na více než 100 stanicích standardní sítě ČHMÚ naměřeno 10 cm nového sněhu a více. Vysoké denní úhrny nového sněhu byly zaznamenány také 4. 2..

V porovnání s desetiletým průměrem 2010–2019 panovaly v hodnoceném období výrazně zlepšené rozptylové podmínky. Dobré rozptylové podmínky, vyjádřené pomocí ventilačního indexu pro celou ČR, byly zaznamenány ve 31 dnech, mírně nepříznivé pak v jednom dni. Nepříznivé rozptylové podmínky zaznamenány nebyly.

I. etapa 4. kampaně 28. 10. – 28. 11. 2020

Průměrná teplota vzduchu na území ČR pro období 28. 10. – 28. 11. 2020 byla 4,7 °C, což je o 1,3 °C vyšší než normál 1981–2010. V tomto období nastaly dvě teplé epizody, kdy se průměrná denní teplota na území ČR pohybovala výrazněji nad hodnotami normálu, a to 30. 10. – 4. 11. a 12.–19. 11. V dalších dnech tohoto období se teplota pohybovala kolem hodnot normálu nebo lehce pod ním. Velmi teplé byly dny 2. a 3. 11., kdy byly odchylky průměrné teploty od normálu 1981–2010 větší než +6 °C. V těchto dnech na některých stanicích denní maxima teploty vzduchu přesahovala 19 °C. (Obr. 2.6)

Průměrný úhrn srážek na území ČR za hodnocené období byl 36 mm, což představuje 68 % normálu 1981–2010. Srážky byly časově velmi nerovnoměrně rozděleny. Většina srážkového úhrnu spadla v prvních osmi dnech hodnoceného období.

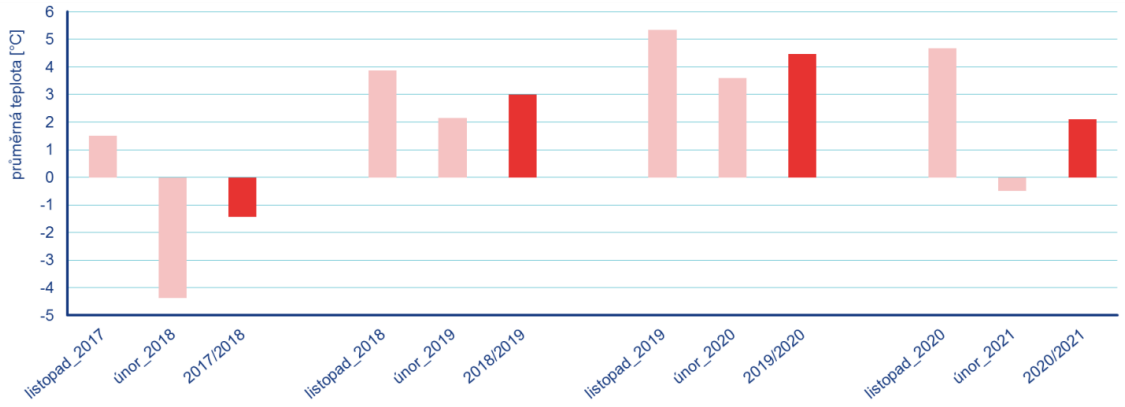
V porovnání s desetiletým průměrem 2009–2018 panovaly v hodnoceném období zhoršené rozptylové podmínky. Dobré rozptylové podmínky, vyjádřené pomocí ventilačního indexu pro celou ČR, byly zaznamenány v 19 dnech, mírně nepříznivé v 10 dnech a nepříznivé rozptylové podmínky ve třech dnech.

II. etapa 4. kampaně 1. 2. – 4. 3. 2021

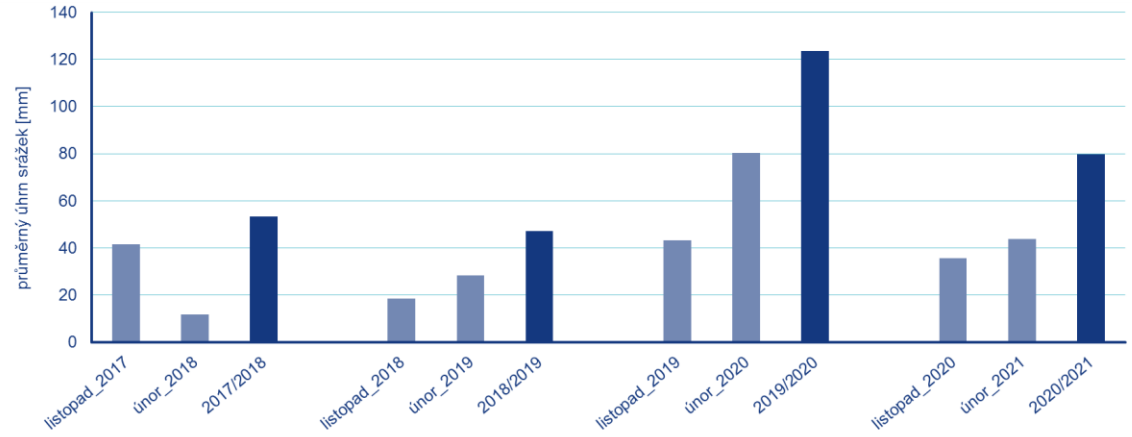
Průměrná teplota vzduchu na území ČR pro období 1. 2. – 4. 3. 2021 byla –0,5 °C, což je o 0,1 °C vyšší než normál 1981–2010. Průměrná denní teplota vzduchu na území ČR se po většinu období držela nad hodnotou normálu. Ve dnech 7.–15. 2. však nastala výrazně chladná epizoda, kdy průměrná teplota byla o 4–10 °C nižší než normál. V těchto dnech se teplota vzduchu držela pod bodem mrazu po celý den na většině stanic sítě ČHMÚ. V období 10.–15. 2, klesla denní minima teploty vzduchu pod –10 °C na více než 100 stanicích standardní sítě ČHMÚ. Nejtepleji bylo ve dnech 24. a 25. 2., kdy denní maxima teploty vzduchu na našem území často přesahovala 15 °C. (Obr. 2.6)

Průměrný úhrn srážek na území ČR za hodnocené období byl 44 mm, což je rovno normálu 1981–2010. Vysokými hodnotami srážkových úhrnů se vyznačovalo hlavně 3. a 7. 2., kdy denní srážkové úhrny přesahovaly 10 mm na mnoha stanicích. Sněhové srážky byly zaznamenávány zejména mezi 5.–15. 2, často i v nižších polohách.

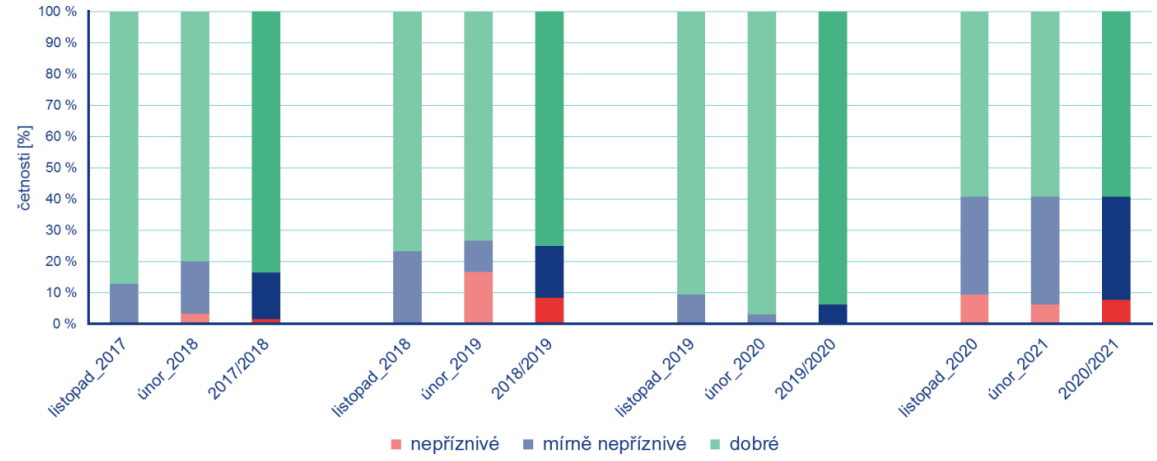
V porovnání s desetiletým průměrem 2010–2019 panovaly v hodnoceném období zhoršené rozptylové podmínky. Dobré rozptylové podmínky, vyjádřené pomocí ventilačního indexu pro celou ČR, byly zaznamenány v 19 dnech, mírně nepříznivé v 11 dnech a nepříznivé rozptylové podmínky ve dvou dnech.



Obr. 2.2 Průměrná teplota vzduchu za období měřicích etap a kampaní v sezónách 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 a 2020/2021



Obr. 2.3 Průměrný úhrn srážek za období měřicích etap a kampaní v sezónách 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 a 2020/2021

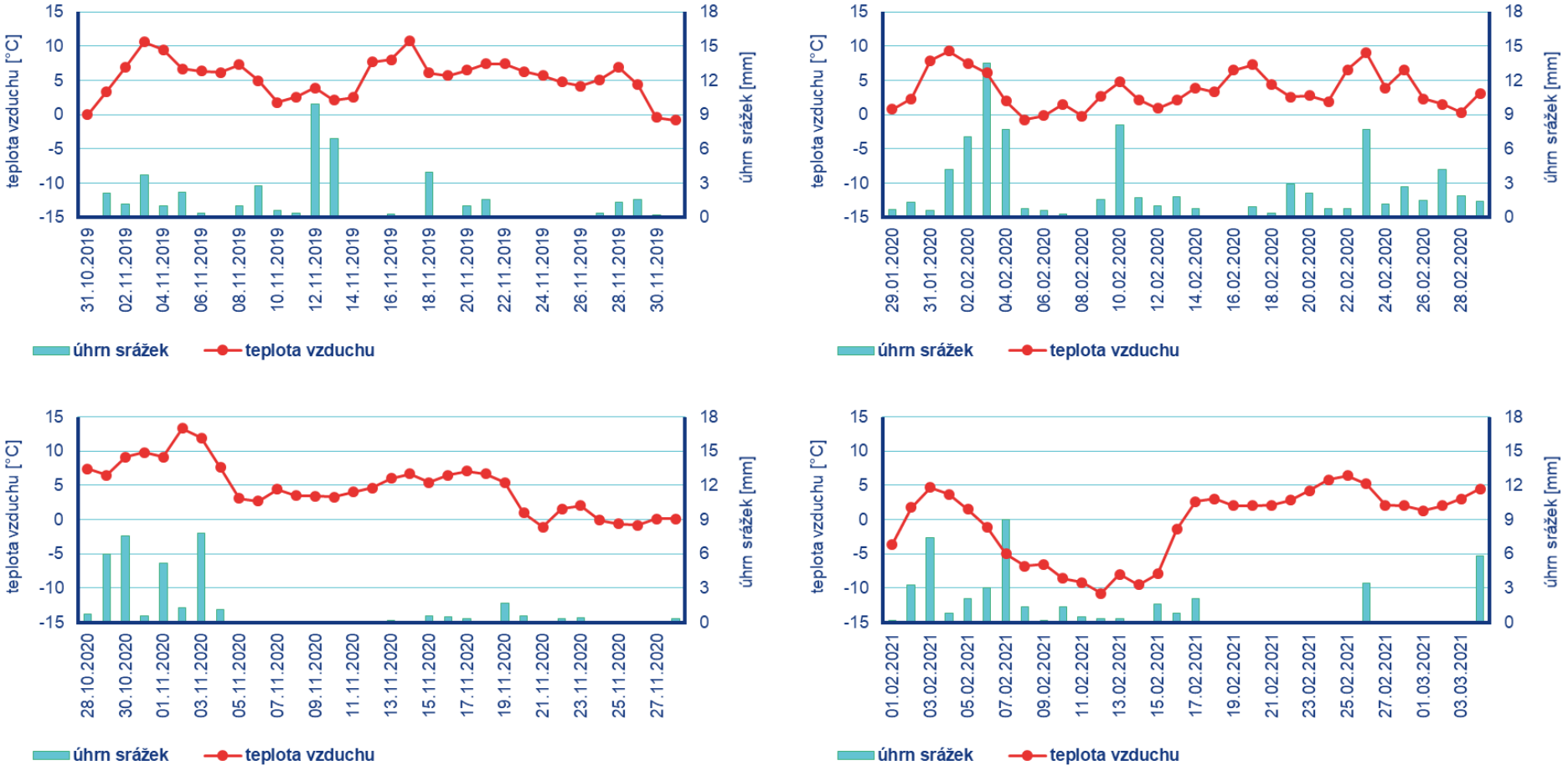


Obr. 2.4 Četnosti typů rozptylových podmínek za období měřicích etap a kampaní v sezónách 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 a 2020/2021

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.

Obr. 2.5 Průběh průměrné denní teploty a denního úhrnu srážek (průměr za ČR) během 1. (16. 11. – 16. 12. 2017, 2. 2. – 3. 3. 2018) a 2. (2. 11. – 1. 12. 2018, 3. 2. – 4. 3. 2019) kampaně.

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.



Obr. 2.6 Průběh průměrné denní teploty a denního úhrnu srážek (průměr za ČR) během 3. (31. 10. – 1. 12. 2019, 29. 1. – 29. 2. 2020) a 4. (28. 10. – 28. 11. 2020, 1. 2. – 4. 3. 2021) kampaně.

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.

2.3 Statistické vyhodnocení naměřených dat

Pro jednotlivé znečišťující látky byly spočteny základní statistické parametry pro první a druhé etapy všech čtyř kampaní v termínech 16. 11. – 16. 12. 2017, 2. 2. – 3. 3. 2018, 2. 11. – 1. 12. 2018, 3. 2. – 4. 3. 2019, 31. 10. – 1. 12. 2019, 29. 1. – 29. 2. 2020, 28. 10. – 28. 11. 2020 a 1. 2. – 4. 3. 2021. Všechna naměřená data jsou uvedena v předchozích zprávách.

Nejvyšší průměrné koncentrace PM_{10} (Tab. 2.1) byly během 1., 2. a 4. kampaně naměřeny na lokalitě Bolatice, během 3. kampaně pak na lokalitě Hřivice. Nejnižší průměrné koncentrace PM_{10} byly během 1., 2. a 3. kampaně naměřeny na lokalitě Černíny, během 4. kampaně pak na lokalitě Jablonné nad Orlicí.

Nejvyšší průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu (

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.

Tab. 2.6) byly během všech čtyř kampaní naměřeny na lokalitě Bolatice. Nejnižší průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu byly během 1., 2. a 3. kampaně naměřeny na lokalitě Černíny, během 4. kampaně pak na lokalitě Bochovice.

Nejvyšší průměrné koncentrace arzenu (

Tab. 2.11) byly během všech čtyř kampaní naměřeny na lokalitě Hřivice. Nejnižší průměrné koncentrace arzenu byly během 1. a 4. kampaně naměřeny na lokalitě Kuřimská Nová Ves, během 2. kampaně na lokalitě Bochovice a během 3. kampaně na lokalitě Černíny.

Nejvyšší průměrné koncentrace kadmia (Tab. 2.16) byly během 1., 2. a 3. kampaně naměřeny na lokalitě Bolatice, během 4. kampaně pak na lokalitě Košíky. Nejnižší průměrné koncentrace kadmia byly během 1. a 3. kampaně naměřeny na lokalitě Černíny, během 2. na lokalitě Jablonné nad Orlicí a během 4. kampaně pak na lokalitě Bochovice.

Nejvyšší průměrné koncentrace niklu (Tab. 2.21) byly během 1. kampaně naměřeny na lokalitě Příšov, během 2. a 4. kampaně na lokalitě Bolatice a během 3. kampaně na lokalitě Hřivice. Nejnižší průměrné koncentrace niklu byly během 1. kampaně naměřeny na lokalitě Kuřimská Nová Ves, během 2. kampaně na lokalitě Bochovice, během 3. kampaně na lokalitě Příšov a během 4. kampaně pak na lokalitě Černíny.

Nejvyšší průměrné koncentrace olova (Tab. 2.26) byly během všech čtyř kampaní naměřeny na lokalitě Bolatice. Nejnižší průměrné koncentrace olova byly během 1. kampaně naměřeny na lokalitě Černíny, během 2. kampaně na lokalitě Jablonné nad Orlicí a během 3. a 4. kampaně pak na lokalitě Bochovice.

T A
Č R
Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.

Tab. 2.1 Průměrné denní koncentrace PM_{10} [$\mu g \cdot m^{-3}$] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

lokalita	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	16,5	35,1	26,0	26,1	31,9	29,0	16,5	13,2	14,9	18,0	32,9	25,4	**23,7**
Bolatice	30,9	76,2	52,8	44,4	37,5	41,0	28,5	16,9	22,7	24,9	45,0	35,0	**37,7**
Černíny	11,2	31,1	21,1	24,2	17,9	21,0	14,3	7,9	11,1	15,4	28,0	21,7	**18,7**
Hřivice	22,4	43,5	33,0	39,4	33,9	36,7	27,8	18,2	23,0	26,8	42,8	34,9	**31,9**
Jablonné nad Orlicí	15,5	29,8	23,2	23,3	21,5	22,4	13,3	10,0	11,7	17,1	24,3	20,6	**19,5**
Košíky	23,7	48,4	36,4	36,0	32,2	34,1	20,3	16,1	18,2	26,4	36,5	31,4	**30,0**
Kuřimská Nová Ves	21,1	36,5	29,0	28,3	28,1	28,2	18,4	13,8	16,1	21,9	31,0	26,4	**24,9**
Příšov	23,6	37,2	30,6	29,6	26,7	28,1	20,7	14,1	17,3	23,4	36,1	29,8	**26,5**

Tab. 2.2 Maximální denní koncentrace PM_{10} [$\mu g \cdot m^{-3}$] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

lokalita	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	31,6	64,3	64,3	42,1	82,8	82,8	33,8	35,6	35,6	30,6	83,9	83,9	**83,9**
Bolatice	92,9	135,7	135,7	92,6	78,3	92,6	62,9	40,8	62,9	51,3	112,5	112,5	**135,7**
Černíny	37,2	61,0	61,0	40,6	42,4	42,4	33,6	20,0	33,6	28,2	67,5	67,5	**67,5**
Hřivice	47,9	88,0	88,0	75,8	81,4	81,4	45,0	55,8	55,8	41,0	108,1	108,1	**108,1**
Jablonné nad Orlicí	31,4	68,6	68,6	46,7	33,3	46,7	26,1	22,6	26,1	32,2	50,2	50,2	**68,6**
Košíky	55,2	101,2	101,2	66,8	61,0	66,8	40,3	31,8	40,3	46,6	70,8	70,8	**101,2**
Kuřimská Nová Ves	41,4	71,0	71,0	51,5	63,2	63,2	39,3	33,6	39,3	40,4	65,3	65,3	**71,0**
Příšov	42,2	76,5	76,5	63,0	55,6	63,0	33,6	31,6	33,6	41,3	61,6	61,6	**76,5**

Tab. 2.3 Minimální denní koncentrace PM_{10} [$\mu g \cdot m^{-3}$] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	6,0	13,0	6,0	13,7	7,4	7,4	5,8	5,0	5,0	8,1	13,7	8,1	**5,0**
Bolatice	9,1	33,5	9,1	22,5	9,4	9,4	10,7	7,2	7,2	10,6	17,5	10,6	**7,2**
Černíny	4,2	7,5	4,2	9,8	4,6	4,6	5,9	1,3	1,3	3,3	4,3	3,3	**1,3**
Hřivice	9,0	17,2	9,0	17,3	10,3	10,3	13,0	7,5	7,5	8,7	14,5	8,7	**7,5**
Jablonné nad Orlicí	5,4	10,0	5,4	8,5	6,6	6,6	5,5	4,9	4,9	9,3	6,0	6,0	**4,9**
Košíky	9,1	20,4	9,1	18,6	7,4	7,4	10,1	6,1	6,1	13,5	8,3	8,3	**6,1**
Kuřimská Nová Ves	7,7	17,2	7,7	15,3	8,3	8,3	7,4	4,5	4,5	9,9	14,5	9,9	**4,5**
Příšov	9,1	14,5	9,1	10,2	7,9	7,9	12,1	6,1	6,1	6,8	14,8	6,8	**6,1**

Tab. 2.4 Medián denních koncentrací PM_{10} [$\mu g \cdot m^{-3}$] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	15,9	34,7	23,9	25,1	29,4	26,1	15,6	12,8	13,9	18,6	27,5	21,9	**19,8**
Bolatice	23,8	67,1	43,4	39,8	38,7	39,6	25,6	14,0	19,4	24,5	38,2	31,5	**31,9**
Černíny	7,7	30,4	18,0	23,2	17,0	20,0	13,1	7,0	10,3	14,7	22,3	17,7	**16,1**
Hřivice	18,7	42,0	31,5	37,8	32,9	34,9	26,9	14,8	22,8	27,4	40,9	32,0	**30,0**
Jablonné nad Orlicí	15,9	27,4	19,9	23,0	23,6	23,1	13,1	9,3	10,9	16,2	24,2	19,0	**17,5**
Košíky	21,8	41,8	32,8	35,6	31,9	33,7	19,4	15,5	17,4	26,4	36,5	28,9	**27,2**
Kuřimská Nová Ves	19,1	34,0	27,6	27,5	29,5	28,8	17,6	12,9	15,4	20,8	26,7	23,1	**21,8**
Příšov	22,8	35,6	28,6	28,2	27,6	28,0	19,9	12,0	17,4	22,2	34,8	29,3	**23,8**

Tab. 2.5 Počet měření denních koncentrací PM_{10} [$\mu g \cdot m^{-3}$] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	30	31	61	32	32	64	34	32	66	32	32	64	**255**
Bolatice	32	30	62	32	32	64	32	32	64	32	32	64	**254**
Černíny	30	30	60	31	32	63	32	32	64	32	32	64	**251**
Hřivice	31	31	62	34	32	66	32	32	64	32	33	65	**257**
Jablonné nad Orlicí	30	35	65	32	30	62	32	32	64	34	32	66	**257**
Košíky	30	32	62	32	32	64	32	32	64	32	32	64	**254**
Kuřimská Nová Ves	30	32	62	32	32	64	32	32	64	32	32	64	**254**
Příšov	30	32	62	32	32	64	31	32	63	32	32	64	**253**

Tento projekt je financován se státní podporou
Technologické agentury ČR v rámci
Programu BETA2.

www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.

T A
Č R
Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.

Tab. 2.6 Průměrné denní koncentrace BaP [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

lokalita	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	2,5	3,4	3,0	1,2	2,5	1,8	1,2	1,4	1,3	0,9	1,8	1,3	**1,8**
Bolatice	7,6	14,8	11,0	8,6	8,0	8,3	5,8	3,4	4,6	5,0	7,3	6,1	**7,5**
Černíny	1,1	3,0	2,1	1,7	1,4	1,5	0,8	0,5	0,6	0,9	2,0	1,5	**1,4**
Hřivice	4,0	5,5	4,7	6,6	5,1	5,9	4,1	1,8	3,0	2,4	4,4	3,5	**4,3**
Jablonné nad Orlicí	1,4	3,3	2,5	1,3	2,0	1,6	1,0	0,7	0,9	1,4	1,8	1,6	**1,6**
Košíky	3,0	6,3	4,7	2,9	3,5	3,2	1,8	1,5	1,7	2,3	3,4	2,9	**3,1**
Kuřimská Nová Ves	3,1	5,0	4,1	1,7	3,6	2,7	1,9	1,3	1,6	2,1	2,4	2,3	**2,6**
Příšov	7,7	4,4	6,0	5,4	8,2	6,8	3,2	3,3	3,3	4,8	5,3	5,1	**5,3**

Tab. 2.7 Maximální denní koncentrace BaP [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

lokalita	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	9,8	8,8	9,8	3,3	4,7	4,7	3,7	3,7	3,7	2,6	2,7	2,7	**9,8**
Bolatice	20,6	31,4	31,4	18,2	12,8	18,2	11,4	11,2	11,4	13,7	25,4	25,4	**31,4**
Černíny	4,8	5,2	5,2	4,6	3,8	4,6	1,5	2,1	2,1	1,7	4,6	4,6	**5,2**
Hřivice	12,9	10,1	12,9	9,9	10,1	10,1	7,7	8,8	8,8	4,5	7,3	7,3	**12,9**
Jablonné nad Orlicí	5,7	5,0	5,7	3,4	4,4	4,4	2,6	2,1	2,6	5,2	5,0	5,2	**5,7**
Košíky	9,0	14,2	14,2	7,3	8,7	8,7	4,2	3,8	4,2	4,5	8,3	8,3	**14,2**
Kuřimská Nová Ves	6,2	7,1	7,1	3,3	6,8	6,8	6,5	2,7	6,5	4,5	4,4	4,5	**7,1**
Příšov	15,4	9,2	15,4	10,6	12,4	12,4	7,0	9,9	9,9	7,6	8,0	8,0	**15,4**

Tab. 2.8 Minimální denní koncentrace BaP [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	0,4	0,9	0,4	0,2	0,4	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,5	0,1	**0,1**
Bolatice	1,4	6,8	1,4	3,8	1,7	1,7	1,0	0,8	0,8	0,8	1,6	0,8	**0,8**
Černíny	0,1	0,4	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,4	0,1	**0,1**
Hřivice	1,0	2,2	1,0	2,4	1,2	1,2	0,9	0,8	0,8	0,3	1,6	0,3	**0,3**
Jablonné nad Orlicí	0,4	1,7	0,4	0,3	1,0	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,6	0,3	**0,2**
Košíky	1,3	2,9	1,3	0,8	0,7	0,7	0,7	0,2	0,2	1,0	0,8	0,8	**0,2**
Kuřimská Nová Ves	0,8	2,3	0,8	0,6	0,7	0,6	0,5	0,7	0,5	0,8	1,0	0,8	**0,5**
Příšov	1,8	1,2	1,2	1,3	1,7	1,3	0,7	0,9	0,7	0,6	1,1	0,6	**0,6**

Tab. 2.9 Medián denních koncentrací BaP [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	1,5	2,1	2,0	0,8	2,3	1,9	1,3	1,0	1,2	0,7	2,3	1,1	**1,3**
Bolatice	3,2	11,9	10,5	8,3	9,5	8,8	6,0	2,2	2,6	4,0	4,5	4,1	**5,8**
Černíny	0,6	3,4	1,4	0,9	1,2	1,0	0,8	0,3	0,5	0,9	2,1	1,2	**0,9**
Hřivice	3,9	5,1	4,5	7,3	5,0	6,0	4,5	1,1	1,5	2,2	4,4	3,5	**4,0**
Jablonné nad Orlicí	0,9	3,3	2,1	0,8	1,7	1,4	0,9	0,6	0,7	1,1	1,5	1,2	**1,2**
Košíky	2,2	5,1	4,1	2,4	3,2	2,5	1,7	0,8	1,5	2,0	3,4	2,5	**2,4**
Kuřimská Nová Ves	2,7	5,3	3,9	1,6	3,3	2,4	1,5	0,9	1,0	1,8	2,3	2,2	**2,2**
Příšov	7,5	2,4	6,5	5,7	8,7	7,1	3,1	2,4	2,5	4,3	6,3	6,2	**4,5**

Tab. 2.10 Počet měření denních koncentrací BaP [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	10	11	21	11	11	22	14	11	25	11	11	22	**90**
Bolatice	11	10	21	11	11	22	11	11	22	11	11	22	**87**
Černíny	10	10	20	11	11	22	11	11	22	11	11	22	**86**
Hřivice	11	11	22	12	11	23	11	11	22	11	13	24	**91**
Jablonné nad Orlicí	10	12	22	11	10	21	11	12	23	12	11	23	**89**
Košíky	10	11	21	11	11	22	11	11	22	11	11	22	**87**
Kuřimská Nová Ves	10	11	21	11	11	22	11	11	22	11	11	22	**87**
Příšov	10	10	20	11	11	22	11	11	22	11	11	22	**86**

Tento projekt je financován se státní podporou
Technologické agentury ČR v rámci
Programu BETA2.

www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.

Tab. 2.11 Průměrné denní koncentrace As [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

lokalita	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	0,6	2,1	1,3	2,1	0,9	1,5	0,4	0,5	0,5	0,5	1,1	0,8	**1,0**
Bolatice	4,5	4,8	4,7	11,1	4,3	7,7	1,6	1,6	1,6	1,7	4,7	3,2	**4,3**
Černíny	0,9	3,0	2,0	3,2	0,7	2,0	0,5	0,3	0,4	0,6	1,8	1,2	**1,4**
Hřivice	12,9	17,5	15,3	33,6	8,7	21,7	7,8	5,7	6,8	6,6	19,2	12,9	**14,3**
Jablonné nad Orlicí	1,0	1,8	1,5	1,7	1,4	1,5	0,6	0,5	0,5	0,6	1,6	1,1	**1,2**
Košíky	0,8	1,6	1,2	2,4	1,0	1,7	0,5	0,4	0,5	0,5	1,7	1,1	**1,1**
Kuřimská Nová Ves	0,6	1,5	1,1	1,9	1,6	1,8	0,5	0,4	0,4	0,5	0,9	0,7	**1,0**
Příšov	5,4	7,0	6,3	12,9	5,4	9,1	4,6	3,4	4,0	2,3	5,7	4,0	**5,8**

Tab. 2.12 Maximální denní koncentrace As [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

lokalita	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	1,2	6,1	6,1	4,0	1,7	4,0	0,8	2,1	2,1	1,0	2,6	2,6	**6,1**
Bolatice	14,8	10,3	14,8	25,7	8,4	25,7	3,2	3,6	3,6	3,7	12,3	12,3	**25,7**
Černíny	4,4	5,3	5,3	9,3	1,5	9,3	1,1	1,1	1,1	1,3	6,4	6,4	**9,3**
Hřivice	28,5	39,3	39,3	62,4	19,5	62,4	21,3	27,7	27,7	16,1	37,2	37,2	**62,4**
Jablonné nad Orlicí	2,8	3,8	3,8	4,5	2,4	4,5	0,9	0,9	0,9	0,9	8,2	8,2	**8,2**
Košíky	2,2	4,1	4,1	3,7	2,4	3,7	1,1	1,0	1,1	0,9	9,5	9,5	**9,5**
Kuřimská Nová Ves	1,5	4,7	4,7	4,4	4,4	4,4	0,8	1,5	1,5	1,1	3,7	3,7	**4,7**
Příšov	11,3	17,1	17,1	30,4	10,2	30,4	12,9	10,4	12,9	4,0	11,7	11,7	**30,4**

Tab. 2.13 Minimální denní koncentrace As [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	0,2	0,7	0,2	0,9	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3	0,1	**0,1**
Bolatice	0,5	2,3	0,5	2,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4	0,2	1,3	0,2	**0,2**
Černíny	0,2	0,4	0,2	0,8	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	**0,1**
Hřivice	1,3	5,1	1,3	4,2	2,2	2,2	2,6	1,6	1,6	2,7	1,7	1,7	**1,3**
Jablonné nad Orlicí	0,2	0,7	0,2	0,0	0,5	0,0	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	**0,0**
Košíky	0,2	0,8	0,2	1,4	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	**0,1**
Kuřimská Nová Ves	0,1	0,8	0,1	0,8	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	**0,0**
Příšov	2,1	1,4	1,4	2,8	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8	0,7	1,0	0,7	**0,7**

Tab. 2.14 Medián denních koncentrací As [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	0,3	1,6	1,0	1,8	0,8	1,2	0,4	0,3	0,3	0,4	0,9	0,6	**0,7**
Bolatice	1,8	4,1	3,0	9,9	4,3	6,3	1,2	1,3	1,2	1,5	3,1	2,6	**2,6**
Černíny	0,5	3,2	1,0	2,7	0,5	1,2	0,4	0,2	0,3	0,5	1,2	1,0	**0,7**
Hřivice	9,2	17,3	12,7	29,0	7,4	19,5	7,6	2,5	4,8	5,5	14,6	10,5	**9,1**
Jablonné nad Orlicí	0,9	1,9	1,3	1,3	1,4	1,4	0,5	0,4	0,5	0,5	1,0	0,7	**0,8**
Košíky	0,5	1,3	1,0	2,5	1,0	1,5	0,5	0,3	0,4	0,5	1,0	0,7	**0,8**
Kuřimská Nová Ves	0,5	1,2	0,9	1,8	1,3	1,6	0,4	0,3	0,3	0,6	0,7	0,6	**0,8**
Příšov	4,4	5,6	4,7	11,5	5,2	6,4	2,5	1,8	2,4	1,7	5,5	3,5	**4,2**

Tab. 2.15 Počet měření denních koncentrací As [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**85**
Bolatice	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**87**
Černíny	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**86**
Hřivice	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**90**
Jablonné nad Orlicí	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**87**
Košíky	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**87**
Kuřimská Nová Ves	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**86**
Příšov	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**87**

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.

Tab. 2.16 Průměrné denní koncentrace Cd [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

lokalita	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	0,2	0,3	0,3	0,6	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
Bolatice	0,3	1,0	0,7	1,9	0,4	1,1	0,3	0,1	0,2	0,3	0,4	0,3	0,6
Černíny	0,1	0,3	0,2	0,6	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2
Hřivice	0,2	0,4	0,3	0,9	0,2	0,6	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
Jablonné nad Orlicí	0,1	0,3	0,2	0,4	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Košíky	0,2	0,6	0,4	0,9	0,3	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,8	0,5	0,4
Kuřimská Nová Ves	0,2	0,4	0,3	0,7	0,2	0,4	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
Příšov	0,3	0,4	0,3	1,0	0,1	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3

Tab. 2.17 Maximální denní koncentrace Cd [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

lokalita	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	0,4	0,8	0,8	1,2	0,6	1,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	1,2
Bolatice	1,0	2,7	2,7	4,9	1,2	4,9	0,7	0,3	0,7	0,6	1,3	1,3	4,9
Černíny	0,2	0,6	0,6	1,1	0,2	1,1	0,3	0,1	0,3	0,3	0,6	0,6	1,1
Hřivice	0,4	0,8	0,8	1,4	0,5	1,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,6	0,6	1,4
Jablonné nad Orlicí	0,2	0,7	0,7	0,8	0,3	0,8	0,3	0,1	0,3	0,4	0,7	0,7	0,8
Košíky	0,7	1,9	1,9	1,9	1,2	1,9	0,4	0,4	0,4	0,5	4,3	4,3	4,3
Kuřimská Nová Ves	0,4	0,9	0,9	1,3	0,6	1,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,6	0,6	1,3
Příšov	0,5	0,8	0,8	1,3	0,4	1,3	0,3	0,3	0,3	0,8	0,5	0,8	1,3

Tab. 2.18 Minimální denní koncentrace Cd [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
Bolatice	0,1	0,3	0,1	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Černíny	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Hřivice	0,0	0,1	0,0	0,7	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
Jablonné nad Orlicí	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Košíky	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Kuřimská Nová Ves	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Příšov	0,1	0,1	0,1	0,5	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0

Tab. 2.19 Medián denních koncentrací Cd [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	0,2	0,3	0,2	0,5	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
Bolatice	0,2	0,8	0,4	1,3	0,3	0,8	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3
Černíny	0,1	0,3	0,2	0,5	0,1	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1
Hřivice	0,1	0,3	0,2	0,9	0,1	0,7	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2
Jablonné nad Orlicí	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1
Košíky	0,2	0,3	0,3	0,8	0,2	0,6	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2
Kuřimská Nová Ves	0,1	0,3	0,2	0,6	0,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Příšov	0,3	0,3	0,3	1,3	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2

Tab. 2.20 Počet měření denních koncentrací Cd [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	85
Bolatice	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	87
Černíny	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	86
Hřivice	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	90
Jablonné nad Orlicí	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	87
Košíky	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	87
Kuřimská Nová Ves	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	86
Příšov	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	87

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.

Tab. 2.21 Průměrné denní koncentrace Ni [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

lokalita	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	0,4	0,4	0,4	1,6	0,9	1,3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,8	0,6	**0,7**
Bolatice	0,4	1,2	0,8	3,7	2,4	3,1	0,7	0,3	0,5	0,6	1,2	0,9	**1,3**
Černíny	0,5	0,4	0,5	2,4	0,3	1,4	0,2	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3	**0,6**
Hřivice	0,5	0,8	0,6	3,0	0,7	1,9	0,6	1,6	1,1	0,5	0,6	0,6	**1,1**
Jablonné nad Orlicí	1,6	0,5	1,0	2,3	0,3	1,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	**0,8**
Košíky	0,5	0,9	0,7	3,0	0,3	1,6	0,6	0,5	0,6	0,2	0,6	0,4	**0,8**
Kuřimská Nová Ves	0,5	0,2	0,4	2,9	0,2	1,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	**0,7**
Příšov	1,3	0,9	1,1	3,8	0,5	2,1	0,2	0,3	0,2	0,4	0,7	0,6	**1,0**

Tab. 2.22 Maximální denní koncentrace Ni [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

lokalita	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	1,1	0,8	1,1	3,0	3,8	3,8	0,7	1,7	1,7	0,7	2,7	2,7	**3,8**
Bolatice	1,2	2,2	2,2	6,7	19,7	19,7	1,5	0,8	1,5	2,1	2,8	2,8	**19,7**
Černíny	2,4	0,7	2,4	3,2	1,0	3,2	0,5	1,0	1,0	0,5	2,4	2,4	**3,2**
Hřivice	2,0	1,7	2,0	3,9	1,4	3,9	1,1	7,6	7,6	0,9	1,1	1,1	**7,6**
Jablonné nad Orlicí	3,4	1,0	3,4	4,7	1,0	4,7	0,8	1,1	1,1	0,7	1,3	1,3	**4,7**
Košíky	1,5	1,6	1,6	4,4	1,0	4,4	1,8	1,5	1,8	0,8	2,5	2,5	**4,4**
Kuřimská Nová Ves	1,1	0,9	1,1	4,2	0,7	4,2	0,8	0,6	0,8	1,0	1,1	1,1	**4,2**
Příšov	4,1	2,4	4,1	8,7	1,1	8,7	0,5	0,7	0,7	1,4	2,1	2,1	**8,7**

Tab. 2.23 Minimální denní koncentrace Ni [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	0,0	0,1	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	**0,0**
Bolatice	0,0	0,3	0,0	2,1	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	**0,0**
Černíny	0,0	0,1	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	**0,0**
Hřivice	0,0	0,1	0,0	2,2	0,1	0,1	0,3	0,4	0,3	0,2	0,4	0,2	**0,0**
Jablonné nad Orlicí	0,3	0,1	0,1	1,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	**0,0**
Košíky	0,0	0,2	0,0	1,9	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	**0,0**
Kuřimská Nová Ves	0,2	0,1	0,1	1,2	0,0	0,0	0,3	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	**0,0**
Příšov	0,4	0,2	0,2	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	**0,0**

Tab. 2.24 Medián denních koncentrací Ni [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	0,3	0,4	0,3	1,6	0,7	1,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	**0,4**
Bolatice	0,3	1,1	0,8	3,2	0,8	2,3	0,5	0,2	0,3	0,5	0,7	0,6	**0,7**
Černíny	0,4	0,5	0,4	2,6	0,3	1,0	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	**0,3**
Hřivice	0,4	0,6	0,6	2,9	0,5	2,2	0,5	1,0	0,6	0,5	0,6	0,5	**0,6**
Jablonné nad Orlicí	1,2	0,5	0,7	2,0	0,2	1,1	0,4	0,3	0,3	0,2	0,4	0,3	**0,5**
Košíky	0,4	0,9	0,5	3,0	0,0	1,5	0,4	0,4	0,4	0,1	0,3	0,2	**0,4**
Kuřimská Nová Ves	0,5	0,1	0,3	2,7	0,0	0,9	0,4	0,4	0,4	0,2	0,3	0,3	**0,3**
Příšov	0,8	0,7	0,7	2,8	0,3	1,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	0,4	**0,5**

Tab. 2.25 Počet měření denních koncentrací Ni [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**85**
Bolatice	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**87**
Černíny	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**86**
Hřivice	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**90**
Jablonné nad Orlicí	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**87**
Košíky	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**87**
Kuřimská Nová Ves	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**86**
Příšov	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**87**

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.

Tab. 2.26 Průměrné denní koncentrace Pb [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

lokalita	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	5.2	11.0	8.1	14.5	3.7	9.1	2.5	1.6	2.0	2.7	5.1	3.9	**5.8**
Bolatice	9.6	30.4	19.5	50.1	13.4	31.8	10.5	5.1	7.8	7.2	16.3	11.8	**17.7**
Černíny	2.4	10.0	6.2	15.8	3.0	9.4	3.7	1.2	2.4	2.3	7.0	4.6	**5.6**
Hřivice	3.8	14.8	9.5	26.5	5.2	16.3	6.0	2.6	4.3	4.0	7.9	6.0	**9.1**
Jablonné nad Orlicí	3.3	12.8	8.5	10.0	5.0	7.6	3.0	2.1	2.5	3.1	7.8	5.5	**6.0**
Košíky	4.7	16.3	10.8	25.2	11.5	18.4	4.5	4.6	4.6	4.0	10.9	7.4	**10.3**
Kuřimská Nová Ves	4.4	11.7	8.2	18.6	4.5	11.6	4.4	4.8	4.6	3.0	5.4	4.2	**7.2**
Příšov	5.3	14.6	10.2	28.8	5.8	17.3	5.0	2.6	3.8	4.8	7.3	6.1	**9.3**

Tab. 2.27 Maximální denní koncentrace Pb [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

lokalita	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	15.8	32.0	32.0	32.3	6.3	32.3	5.3	2.6	5.3	6.1	10.1	10.1	**32.3**
Bolatice	33.0	61.0	61.0	116.0	35.4	116.0	21.0	14.9	21.0	19.1	39.8	39.8	**116.0**
Černíny	4.7	24.3	24.3	27.4	7.6	27.4	7.3	2.6	7.3	4.0	22.5	22.5	**27.4**
Hřivice	8.9	39.5	39.5	48.6	12.7	48.6	15.5	9.7	15.5	5.4	15.4	15.4	**48.6**
Jablonné nad Orlicí	5.2	23.6	23.6	25.2	8.4	25.2	7.1	4.8	7.1	8.3	37.8	37.8	**37.8**
Košíky	11.2	48.1	48.1	65.2	64.0	65.2	14.3	10.2	14.3	9.2	35.8	35.8	**65.2**
Kuřimská Nová Ves	8.0	29.1	29.1	36.3	7.8	36.3	14.1	15.0	15.0	8.6	14.5	14.5	**36.3**
Příšov	8.6	37.0	37.0	60.3	12.4	60.3	7.7	7.1	7.7	9.0	12.0	12.0	**60.3**

Tab. 2.28 Minimální denní koncentrace Pb [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	2,0	2,1	2,0	4,1	0,6	0,6	1,0	0,7	0,7	0,8	1,7	0,8	**0,6**
Bolatice	2,4	7,9	2,4	17,8	3,2	3,2	2,5	2,4	2,4	1,9	5,5	1,9	**1,9**
Černíny	0,8	1,8	0,8	6,2	0,7	0,7	1,3	0,5	0,5	0,8	0,7	0,7	**0,5**
Hřivice	1,7	2,1	1,7	13,7	1,4	1,4	2,9	0,9	0,9	1,9	3,0	1,9	**0,9**
Jablonné nad Orlicí	1,9	5,0	1,9	0,0	1,9	0,0	1,6	0,7	0,7	1,2	1,3	1,2	**0,0**
Košíky	2,2	2,8	2,2	8,4	0,6	0,6	1,2	1,9	1,2	1,1	1,7	1,1	**0,6**
Kuřimská Nová Ves	1,9	3,7	1,9	6,8	1,0	1,0	1,6	0,5	0,5	1,5	0,3	0,3	**0,3**
Příšov	2,6	3,2	2,6	12,6	1,4	1,4	2,0	1,1	1,1	2,8	3,9	2,8	**1,1**

Tab. 2.29 Medián denních koncentrací Pb [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	3,7	9,4	5,2	13,6	4,2	5,0	2,3	1,4	2,1	2,0	5,4	3,4	**3,4**
Bolatice	5,0	27,9	12,2	45,2	13,0	22,0	10,9	3,3	4,5	4,8	9,6	8,9	**10,0**
Černíny	1,9	9,1	3,8	15,9	2,3	6,9	2,9	1,1	2,0	2,2	5,6	3,0	**2,9**
Hřivice	2,9	13,6	5,3	24,3	4,4	13,7	4,5	1,7	3,4	4,1	7,5	4,9	**4,9**
Jablonné nad Orlicí	3,3	12,1	5,2	6,3	4,8	5,0	2,7	1,8	2,3	2,3	4,8	3,3	**3,7**
Košíky	4,3	11,3	6,0	20,6	6,1	15,2	3,5	4,0	4,0	2,8	8,4	5,7	**5,8**
Kuřimská Nová Ves	4,4	10,2	5,1	17,4	4,4	7,7	3,1	2,4	3,1	2,5	5,5	2,9	**4,6**
Příšov	5,1	14,1	6,7	24,3	5,0	12,5	4,8	2,1	3,4	4,1	7,0	5,3	**5,5**

Tab. 2.30 Počet měření denních koncentrací Pb [ng·m^{-3}] na jednotlivých lokalitách za I. a II. etapu každé kampaně a za celé období

	K1/1	K1/2	K1	K2/1	K2/2	K2	K3/1	K3/2	K3	K4/1	K4/2	K4	K1-4
Bochovice	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**85**
Bolatice	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**87**
Černíny	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**86**
Hřivice	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**90**
Jablonné nad Orlicí	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**87**
Košíky	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**87**
Kuřimská Nová Ves	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**86**
Příšov	11	14	25	12	12	24	15	13	28	13	12	25	**87**

T A
Č R
Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.

3 Porovnání výsledků kampaně s měřením na lokalitách ČHMÚ

Pro každou z 8 lokalit měření projektu byly vybrány 2 reprezentativní lokality ČHMÚ (Tab. 3.1). Při výběru lokalit byl kladen důraz především na geografickou blízkost daného místa, podobnou velikost sídla a dostupnost měřených veličin i typ měřicího programu na lokalitě.

Tab. 3.1 Vybrané lokality ČHMÚ pro srovnání s lokalitami projektu

Lokalita projekt	Kraj	Popis umístění	Počet obyv.	Lokality relativně podobně umístěné	Kraj	Popis umístění	Počet obyv.	Měřicí program
Bolatice	Moravskoslezský	V okraj obce	4 400	Studénka	Moravskoslezský	V okraj města	9 700	AIM+MAN
				Nový Malín	*Olomoucký*	*Samota v polích*	*3 700*	*MAN*
				Bělotín	Olomoucký	JV část obce	1 700	MAN
Hřivice	Ústecký	Blíže k V okraji	600	Doksany	Ústecký	Samota v polích	380	MAN+PAH+TK
				Lom	*Ústecký*	*V od obce*	*3 700*	*AIM+TK*
Jablonné nad Orlicí	Pardubický	V okraj obce	3 100	Svratouch	Pardubický	V od obce	870	MAN+TK
				Rychnov nad Kněžnou	*Královéhradecký*	*SZ část města*	*11 000*	*MAN (jen PM_{10})*
Příšov	Plzeňský	V okraj obce	300	Kamenný Újezd	Plzeňský	Blíže k J okraji	750	AIM
				Staňkov	*Plzeňský*	*Blíže k Z okraji*	*3 300*	*MAN (jen PM_{10})*
Kuřimská Nová Ves	Jihomoravský	V okraj obce	120	Kuchařovice	Jihomoravský	SV od obce	960	MAN+PAH+TK
				Lovčice	*Jihomoravský*	*SV část obce*	*700*	*MAN (jen PM_{10})*
Černíny	Středočeský	Blíže k Z okraji	390	*Rožďalovice-Ruská*	*Středočeský*	*V okraj obce*	*1 600*	*AIM+PAH*
				Brandýs nad Labem	*Středočeský*	*Zahrada ve městě*	*17 000*	*MAN+PAH*
				Čelákovice	*Středočeský*	*Střed města*	*12 000*	*MAN (jen PM_{10})*
Košíky	Zlínský	Blíže k S okraji	400	Těšnovice	Zlínský	Z od obce	400	MAN
				Dolní Studénky	Olomoucký	Z okraj obce	1 300	MAN
Bochovice	Vysočina	Střed obce	150	Křižanov	Vysočina	Z okraj obce	1900	MAN
				Jeseník-lázně	*Olomoucký*	*areál lázní Jeseník*	*11 500*	*AIM*

pozn.: *kurzívou jsou označeny lokality méně vhodné pro porovnání*

Na lokalitách Brandýs n. Labem a Dolní Studénky bylo v průběhu TAČR ukončeno měření a byly nahrazeny odpovídajícími lokalitami Čelákovicemi a Novým Malínem.

AIM – automatizovaný imisní monitoring
MAN – manuální měření
PAH – manuální měření s analýzou polycyklických aromatických uhlovodíků
TK – manuální měření s analýzou látek ze skupiny těžkých kovů

Suspendované částice PM_{10}

Porovnávané lokality měřicí suspendované částice PM_{10} ze sítě imisního monitoringu ČHMÚ věrohodně vystihují trendy projektových lokalit, rozdíly nastávají u maximálních hodnot. Naměřené maximální hodnoty jsou závislé na konkrétní lokalitě a místní meteorologické situaci. Porovnávané reprezentativní lokality ČHMÚ se nacházejí většinou ve stejném kraji jako projektové, jejich vzdálenost však může být i více než 50 km.

Nejvyšší koncentrace PM_{10} byly měřeny během II. etapy 1. kampaně (únor 2018) a 4. kampaně (únor 2021), naopak nejnižší koncentrace byly naměřeny během 3. kampaně (listopad 2019 a únor 2020) (Obr. 3.1–Obr. 3.8). Nejvyšší koncentrace za celou dobu měření (135,7 $\mu g \cdot m^{-3}$) byla naměřena na lokalitě Bolatice dne 2. 3. 2018, nejnižší (1,3 $\mu g \cdot m^{-3}$) na lokalitě Černíny dne 11. 2. 2020.

K překročení hodnoty denního imisního limitu docházelo na všech osmi lokalitách. Nejvíce překročení bylo zaznamenáno během II. etapy 1. kampaně (únor 2018) a 4. kampaně (únor 2021), nejméně během II. etapy 3. kampaně (únor 2020) a I. etapy 4. kampaně (listopad 2020). K nejvyššímu počtu překročení došlo na lokalitě Bolatice (59), k nejmenšímu počtu překročení došlo na lokalitě Jablonné nad Orlicí (2).

Benzo[a]pyren

Porovnání výsledků měření koncentrací benzo[*a*]pyrenu na projektových lokalitách a reprezentativních lokalitách ČHMÚ není příliš možné. Z vybraných lokalit ČHMÚ jsou dostupná data pouze na čtyřech z nich: Studénka, Doksany, Kuchařovice a Čelákovice. Přestože se jedná o velmi malý vzorek dat, lze usuzovat na jistou podobnost chodů koncentrací BaP na lokalitách ČHMÚ a projektu.

Nejvyšší koncentrace benzo[*a*]pyrenu byly měřeny během II. etapy 1. kampaně (únor 2018) a 4. kampaně (únor 2021), naopak nejnižší koncentrace byly naměřeny během 3. kampaně (listopad 2019 a únor 2020) a I. etapy 4. kampaně (listopad 2020) (Obr. 3.9–Obr. 3.16). Nejvyšší koncentrace za celou dobu měření (31,4 $ng \cdot m^{-3}$) byla naměřena na lokalitě Bolatice dne 1. 3. 2018, nejnižší (0,07 $ng \cdot m^{-3}$) na lokalitě Bochovice dne 15. 11. 2020.

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.

Těžké kovy

Porovnání výsledků měření koncentrací těžkých kovů na projektových lokalitách a reprezentativních lokalitách ČHMÚ je komplikované. Z vybraných lokalit ČHMÚ jsou k dispozici data pouze ze čtyř z nich: Doksany, Lom, Svratouch a Kuchařovice.

Nejvyšší koncentrace těžkých kovů byly měřeny během II. etapy 1. kampaně (únor 2018), naopak nejnižší koncentrace byly naměřeny během II. etapy 3. kampaně (únor 2020) a I. etapy 4. kampaně (listopad 2020).

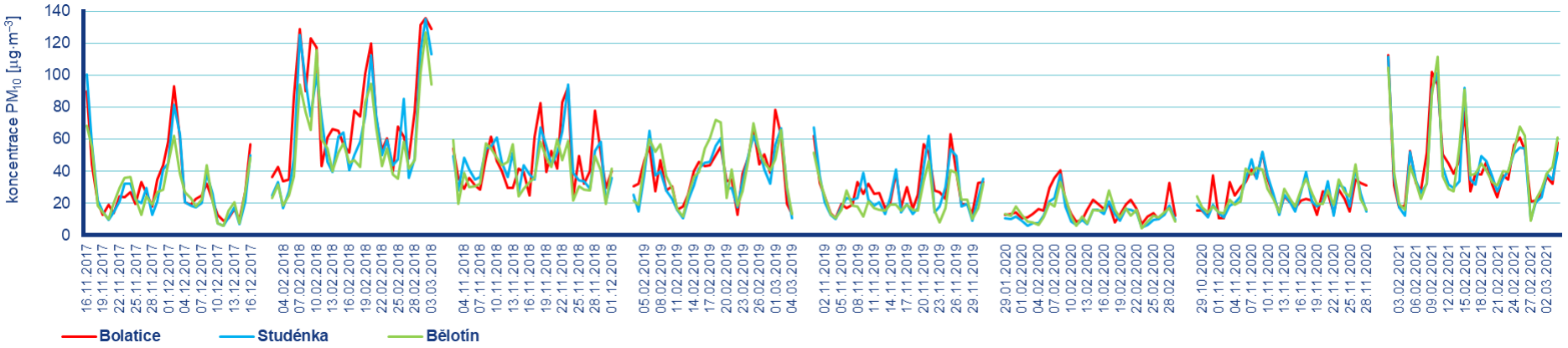
Nejvyšší koncentrace arzenu za celou dobu měření (62,4 ng·m^{-3}) byla naměřena na lokalitě Hřivice dne 2. 12. 2018, nejnižší (0,02 ng·m^{-3}) na lokalitě Kuřimská Nová Ves dne 4. 2. 2021 (Obr. 3.17–Obr. 3.24).

Nejvyšší koncentrace kadmia za celou dobu měření (4,9 ng·m^{-3}) byla naměřena na lokalitě Bolatice dne 17. 11. 2018, nejnižší (0,001 ng·m^{-3}) na lokalitě Jablonné nad Orlicí dne 29. 11. 2018 (Obr. 3.25–Obr. 3.32).

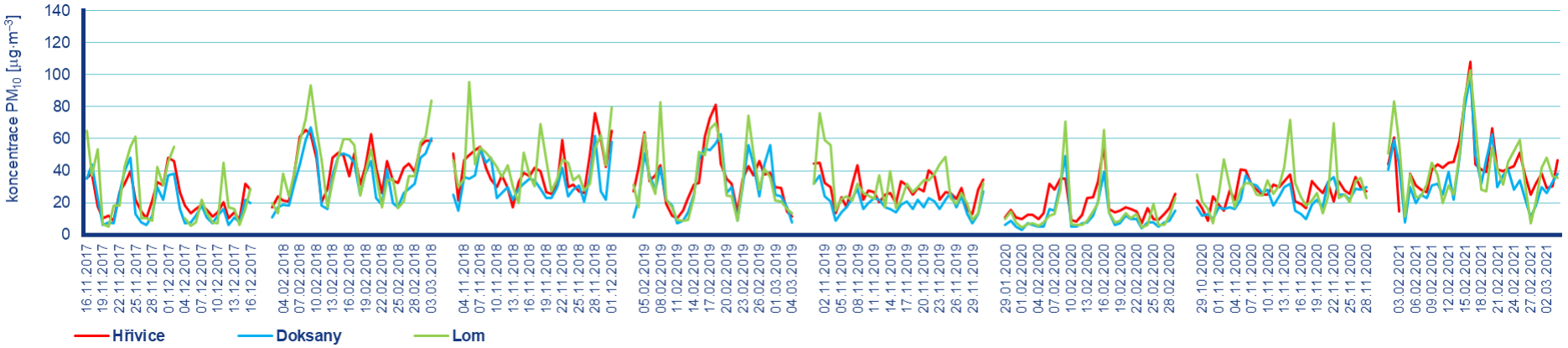
Nejvyšší koncentrace niklu za celou dobu měření (19,7 ng·m^{-3}) byla naměřena na lokalitě Bolatice dne 15. 2. 2019, nejnižší (0,01 ng·m^{-3}) na lokalitě Bolatice ve dnech 19. 11. a 4. 12. 2017, na lokalitě Černíny dne 4. 12. 2017 a na lokalitě Hřivice ve dnech 7. a 16. 12. 2017 (Obr. 3.33–Obr. 3.40).

Nejvyšší koncentrace olova za celou dobu měření (116 ng·m^{-3}) byla naměřena na lokalitě Bolatice dne 17. 11. 2018, nejnižší (0,005 ng·m^{-3}) na lokalitě Jablonné nad Orlicí ve dnech 23. a 29. 11. 2018 (Obr. 3.41–Obr. 3.48).

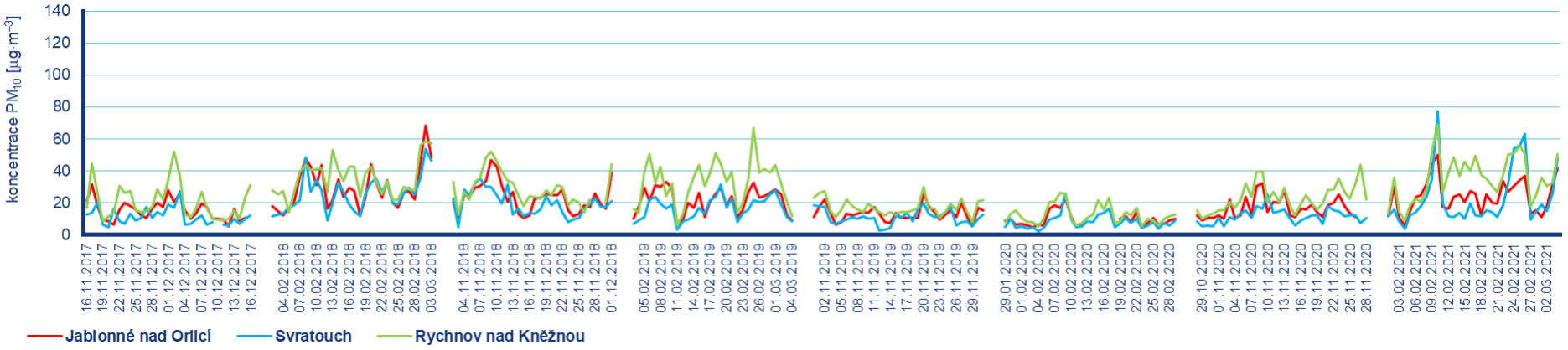
3.1 Suspendované částice PM_{10}



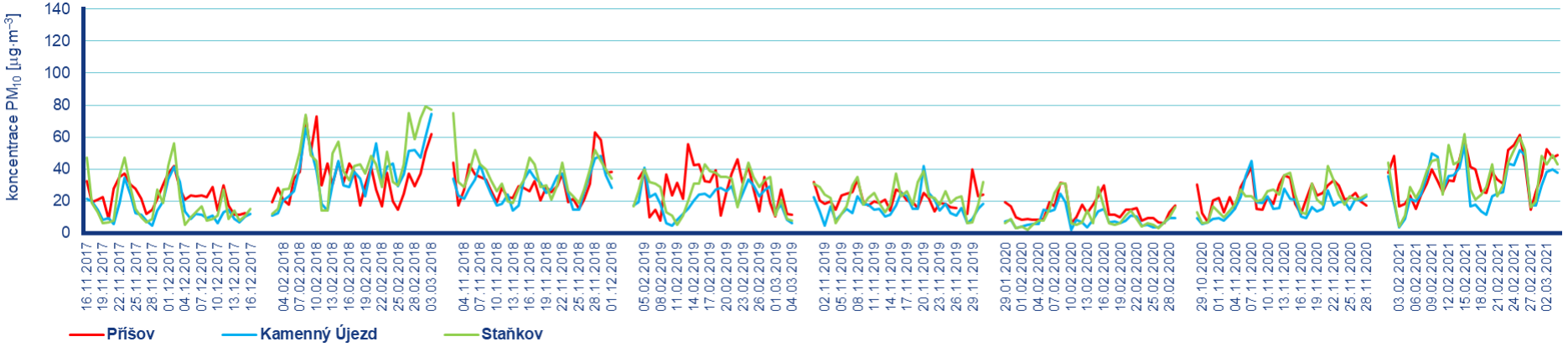
Obr. 3.1 Srovnání koncentrací PM_{10} na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Bolatice.



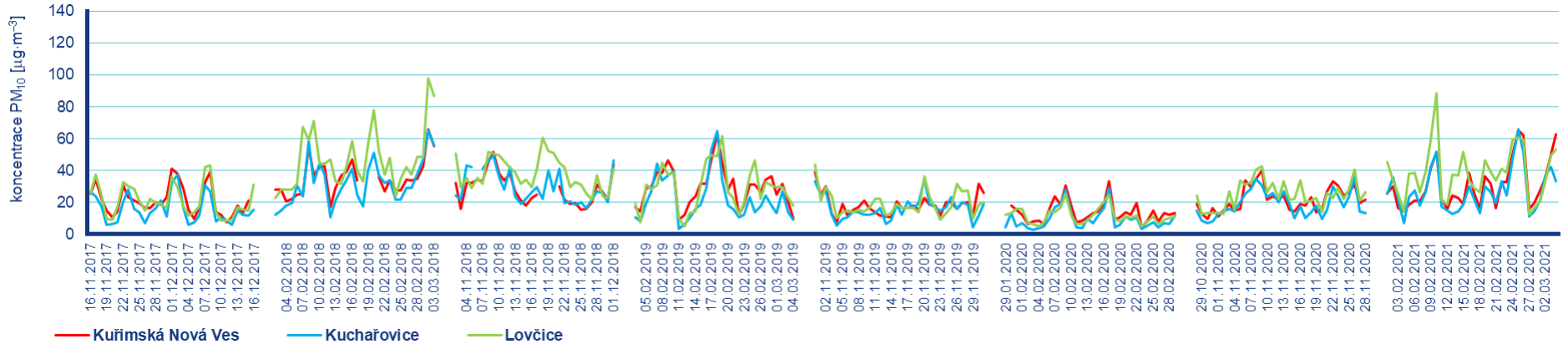
Obr. 3.2 Srovnání koncentrací PM_{10} na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Hřivice.



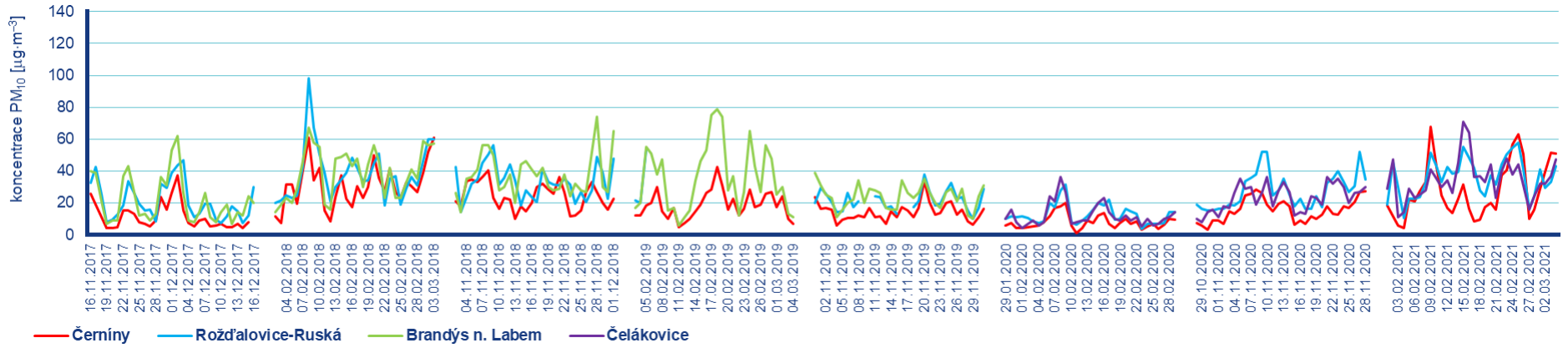
Obr. 3.3 Srovnání koncentrací PM_{10} na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Jablonné nad Orlicí.



Obr. 3.4 Srovnání koncentrací PM_{10} na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Příšov.

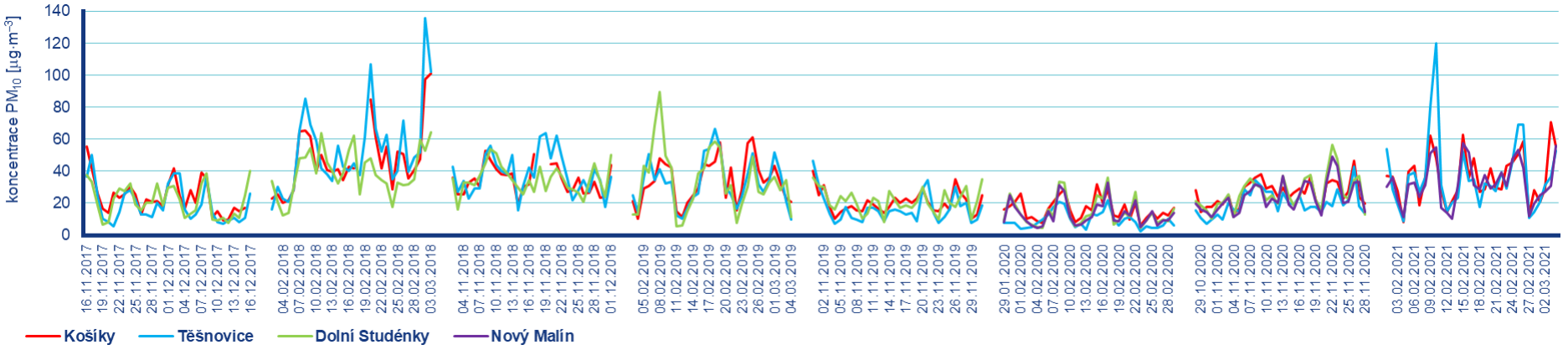


Obr. 3.5 Srovnání koncentrací PM_{10} na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Jablonné nad Orlicí.

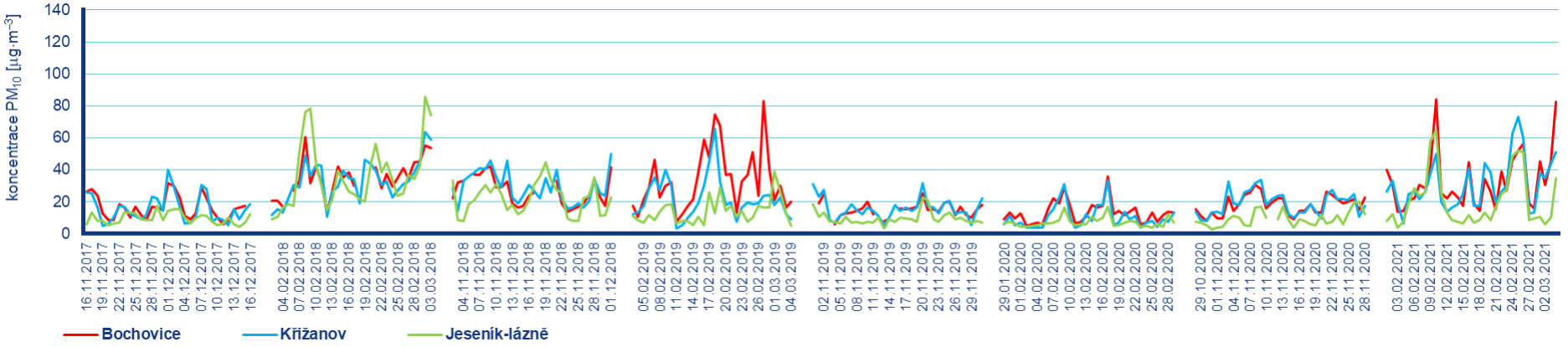


Obr. 3.6 Srovnání koncentrací PM_{10} na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Příšov.

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.
Ministerstvo životního prostředí

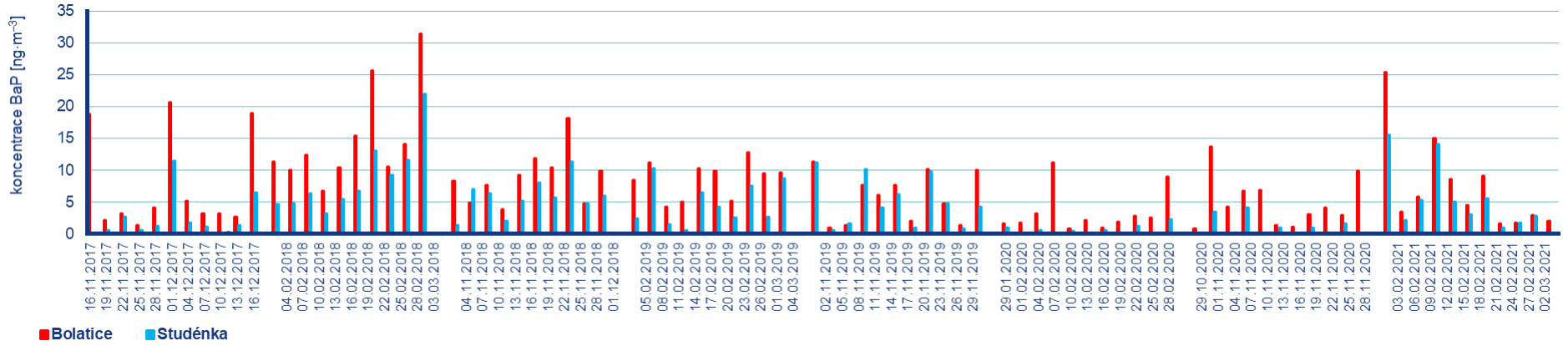


Obr. 3.7 Srovnání koncentrací PM_{10} na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Jablonné nad Orlicí.

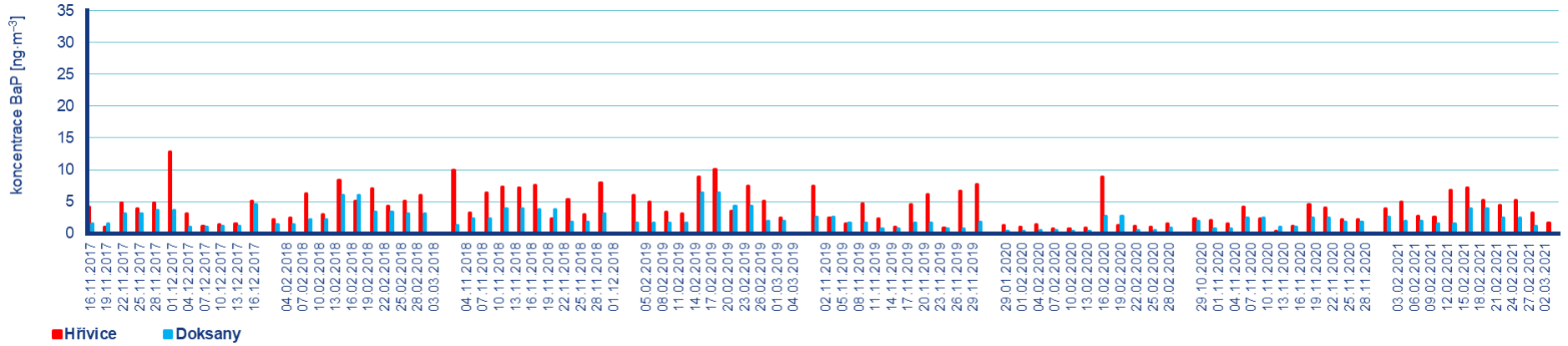


Obr. 3.8 Srovnání koncentrací PM_{10} na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Příšov.

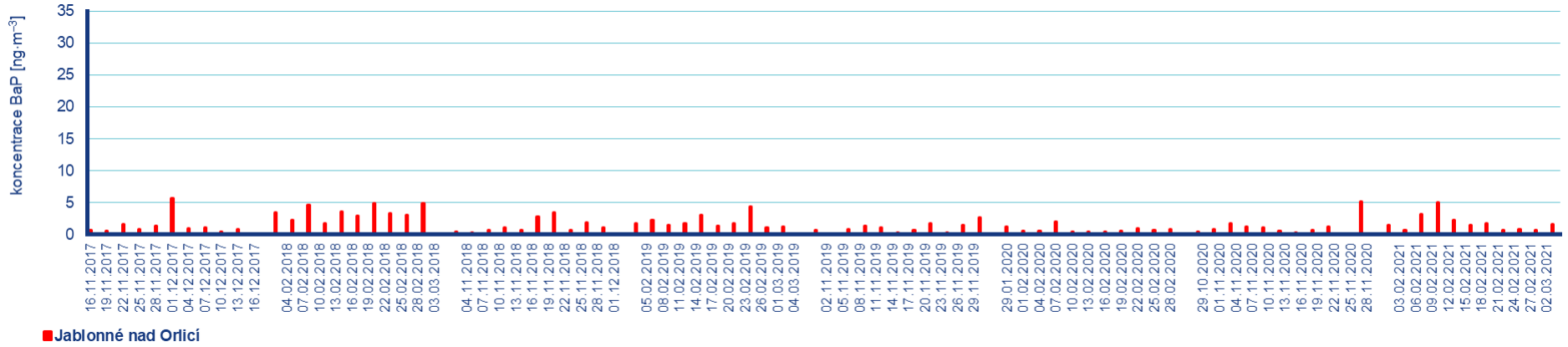
3.2 Benzo[a]pyren



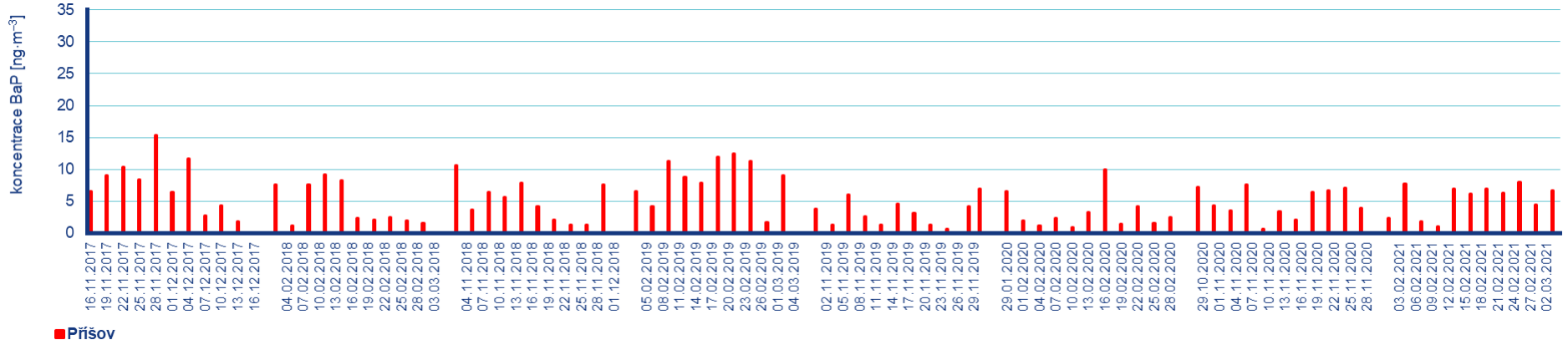
Obr. 3.9 Srovnání koncentrací benzo[*a*]pyrenu na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Bolatice.



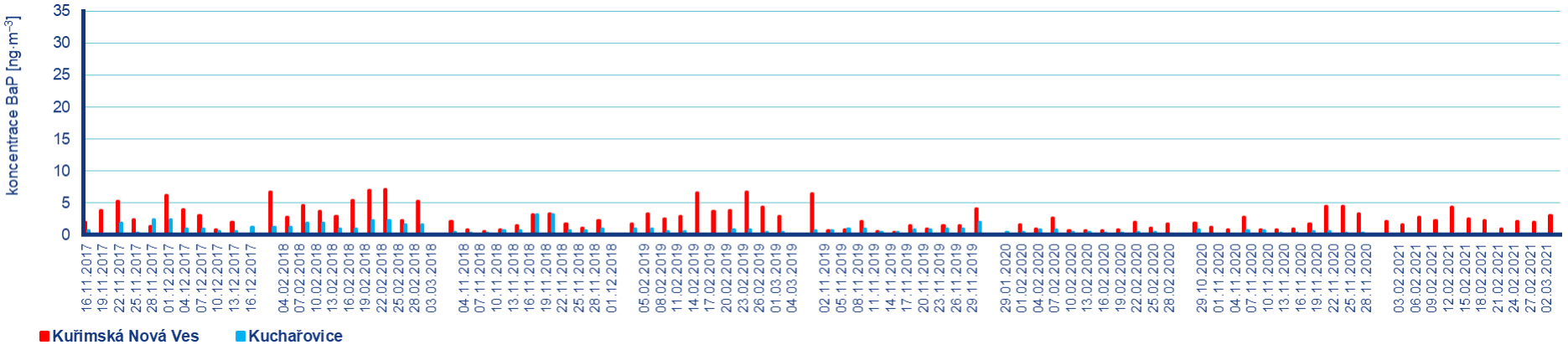
Obr. 3.10 Srovnání koncentrací benzo[*a*]pyrenu na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Hřivice.



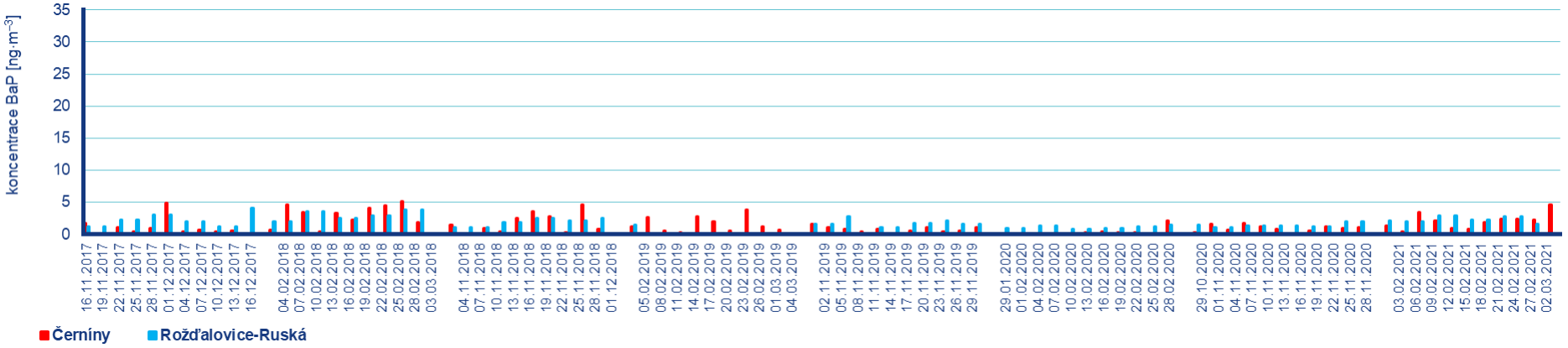
Obr. 3.11 Koncentrace benzo[*a*]pyrenu na projektové lokalitě Jablonné nad Orlicí.



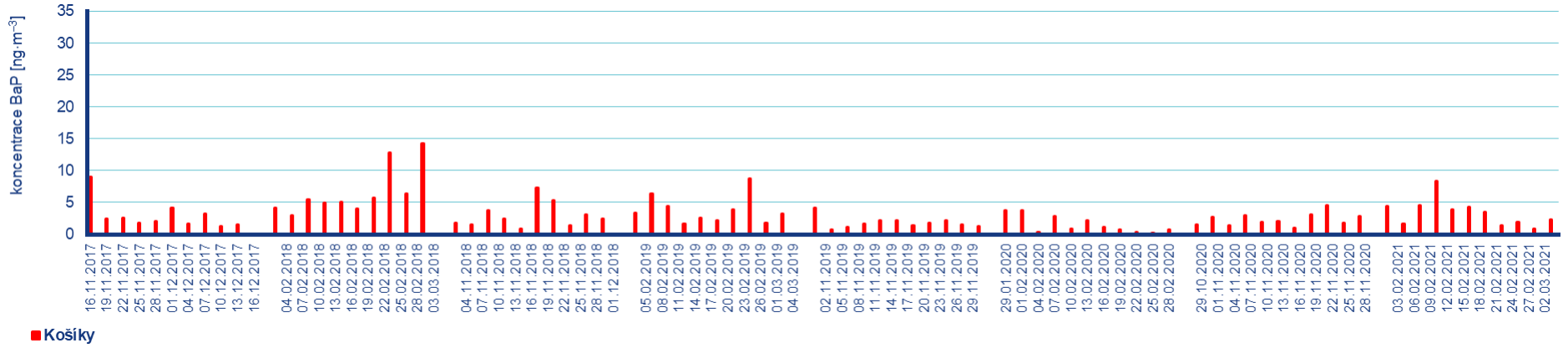
Obr. 3.12 Koncentrace benzo[*a*]pyrenu na projektové lokalitě Příšov.



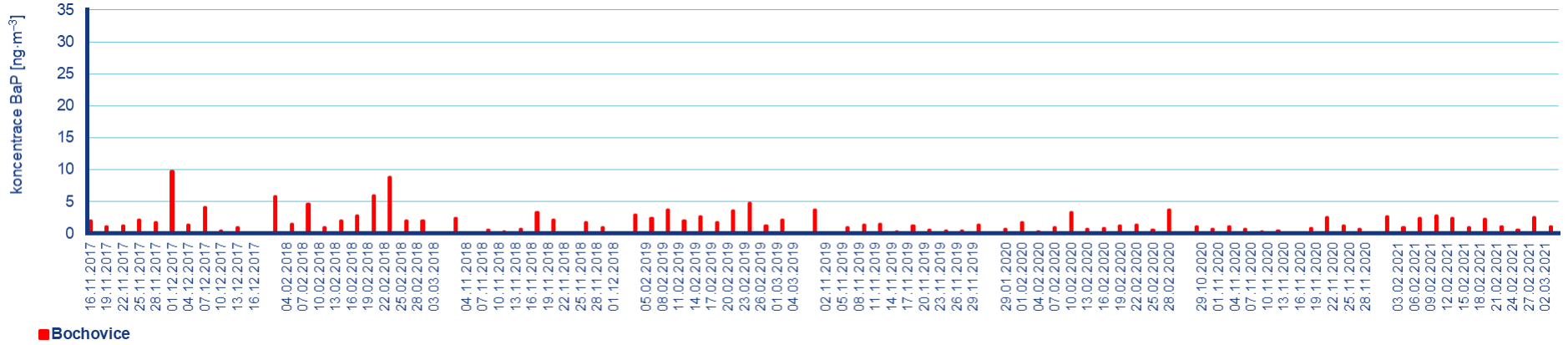
Obr. 3.13 Srovnání koncentrací benzo[*a*]pyrenu na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Kuřimská Nová Ves.



Obr. 3.14 Srovnání koncentrací benzo[*a*]pyrenu na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Černíny.

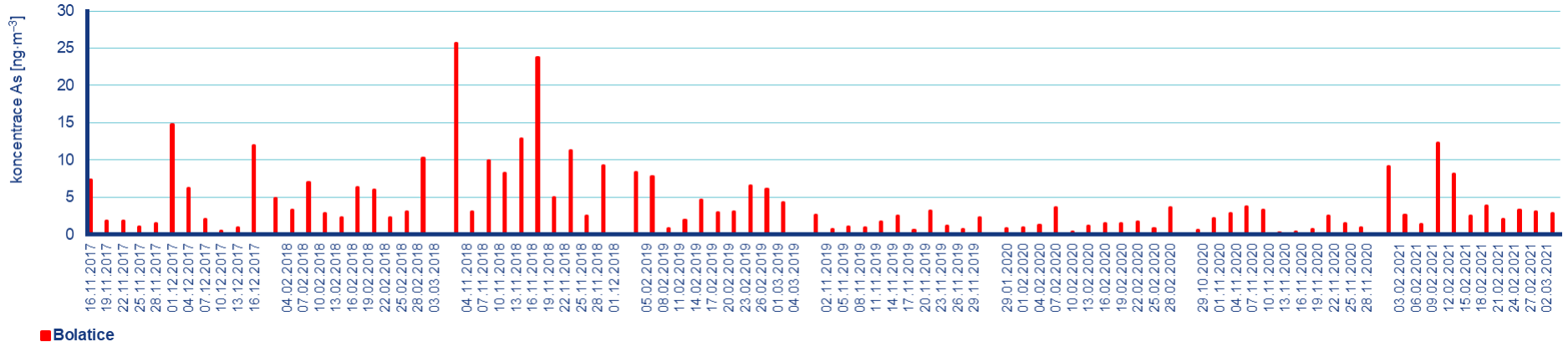


Obr. 3.15 Koncentrace benzo[*a*]pyrenu na projektové lokalitě Košíky.

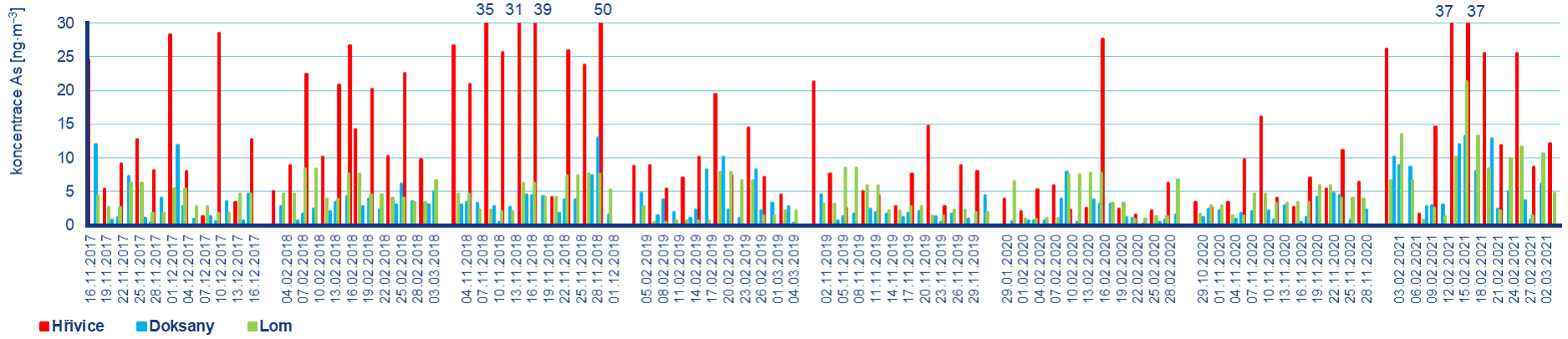


Obr. 3.16 Koncentrace benzo[*a*]pyrenu na projektové lokalitě Bochovice.

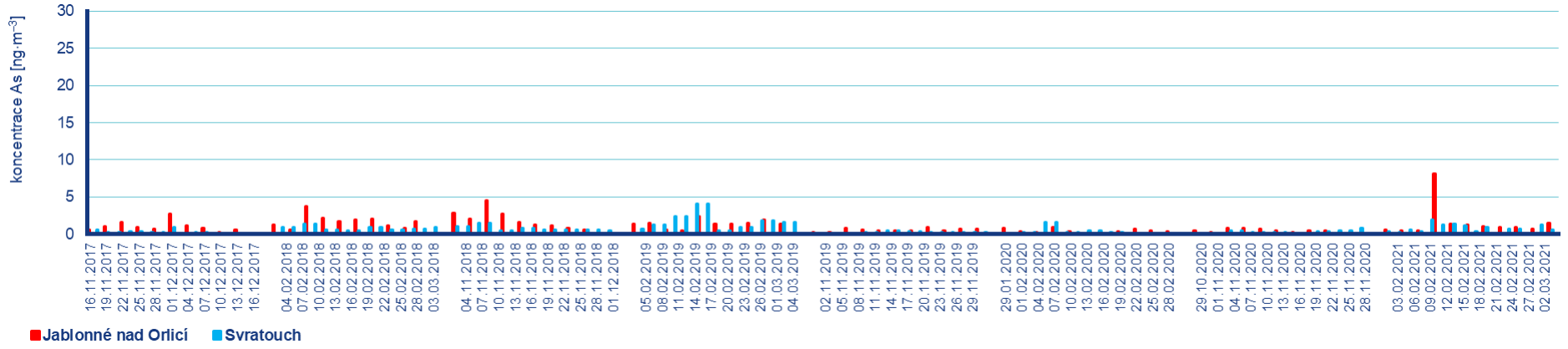
3.3 Arzen



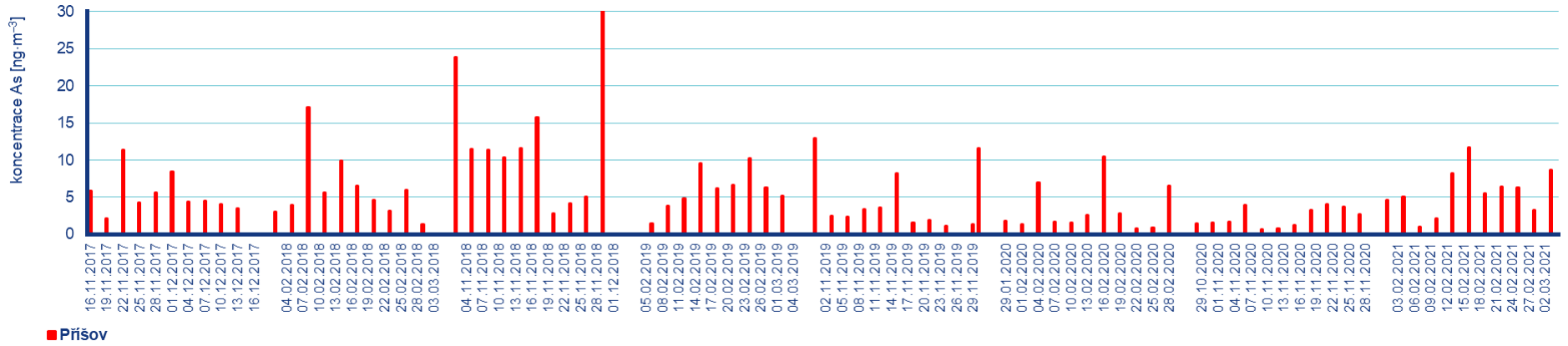
Obr. 3.17 Koncentrace arzenu na projektové lokalitě Bolatice.



Obr. 3.18 Srovnání koncentrací arzenu na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Hřivice.

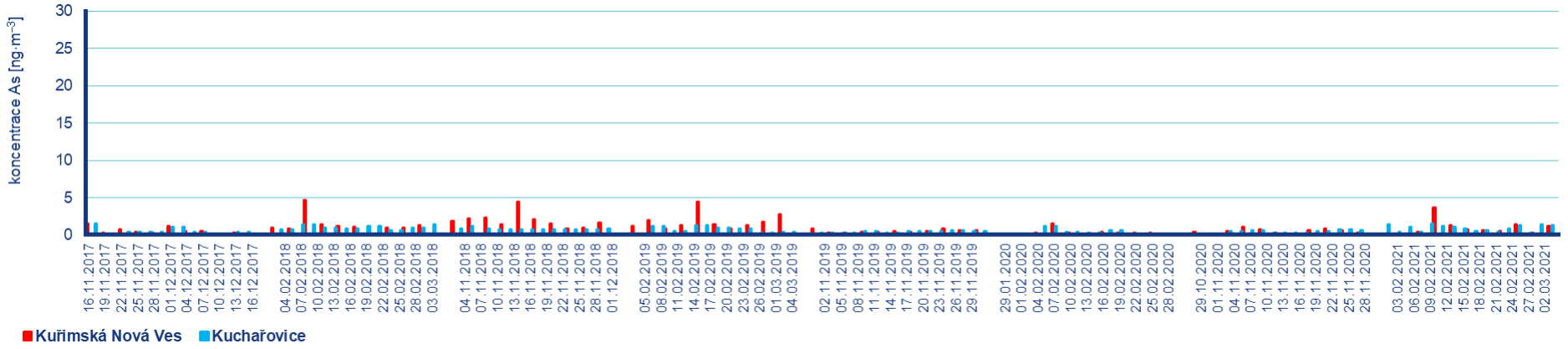


Obr. 3.19 Srovnání koncentrací arzenu na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Jablonné nad Orlicí.

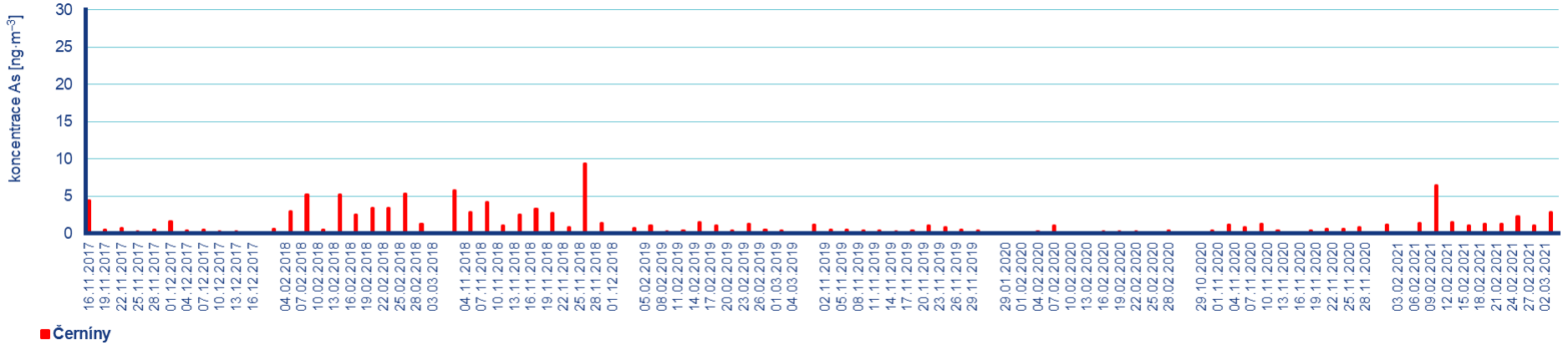


Obr. 3.20 Koncentrace arzenu na projektové lokalitě Příšov.

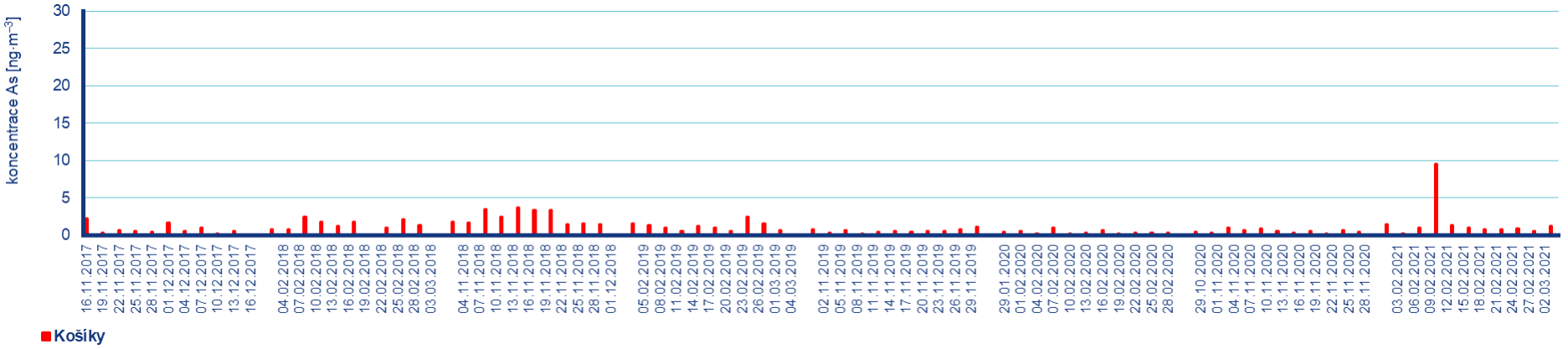
Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.
Ministerstvo životního prostředí



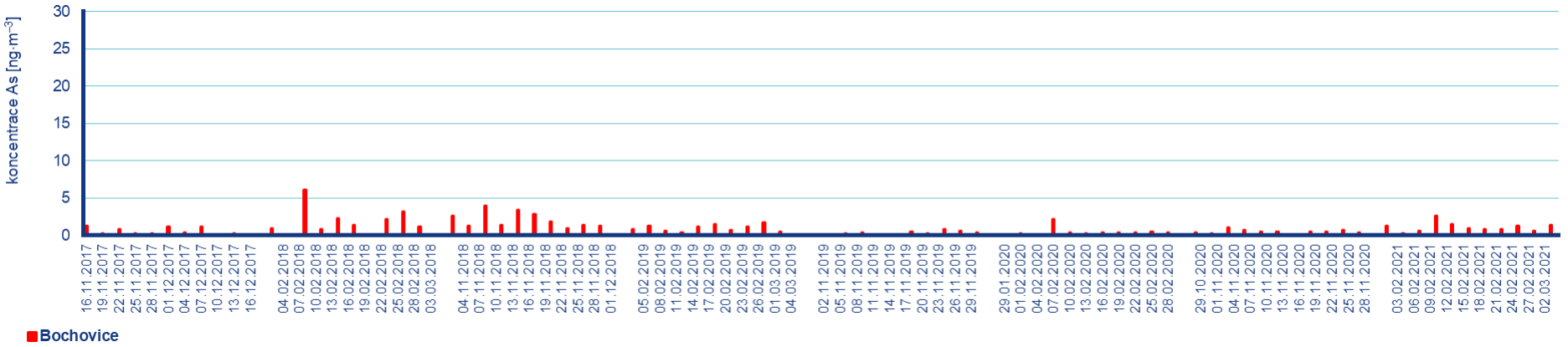
Obr. 3.21 Srovnání koncentrací arzenu na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Kuřimská Nová Ves.



Obr. 3.22 Koncentrace arzenu na projektové lokalitě Černíny.

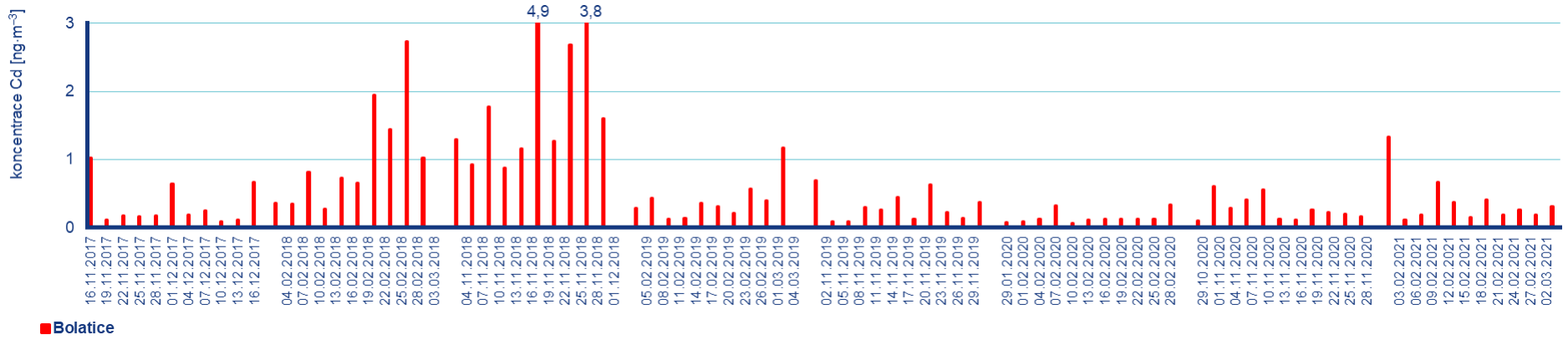


Obr. 3.23 Koncentrace arzenu na projektové lokalitě Košíky.

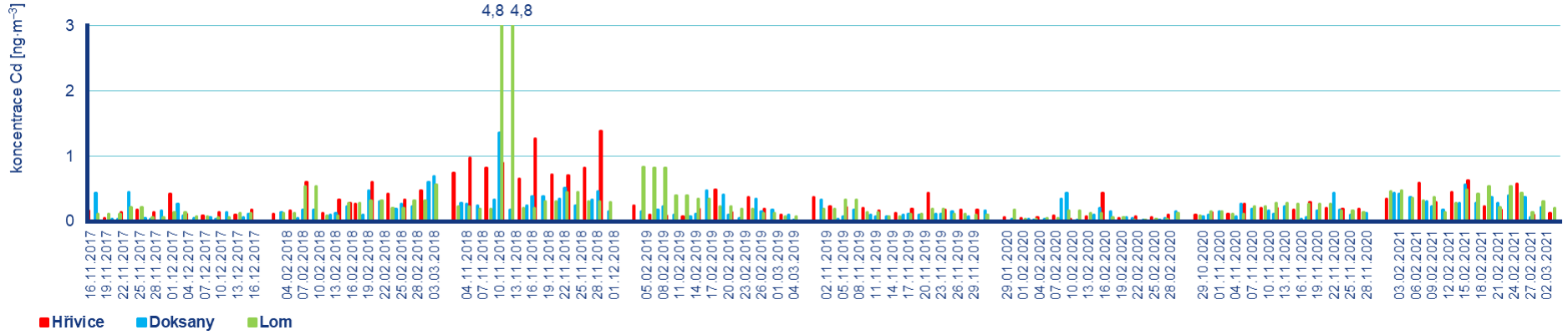


Obr. 3.24 Koncentrace arzenu na projektové lokalitě Bochovice.

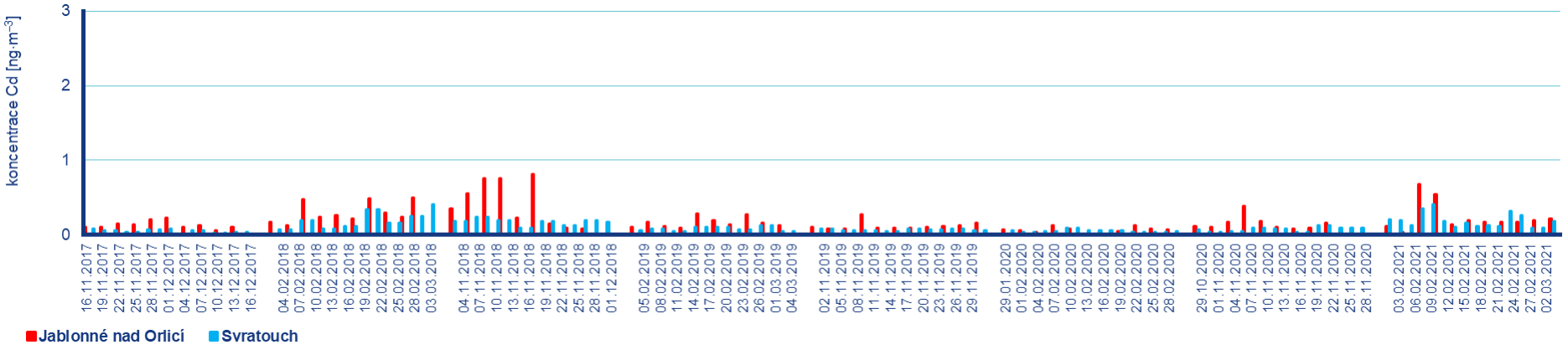
3.4 Kadmium



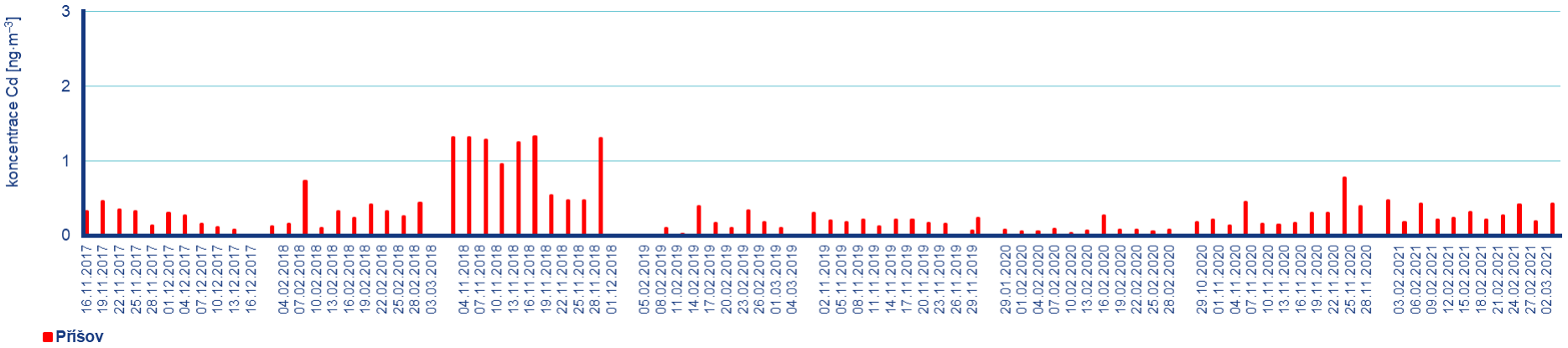
Obr. 3.25 Koncentrace kadmia na projektové lokalitě Bolatice.



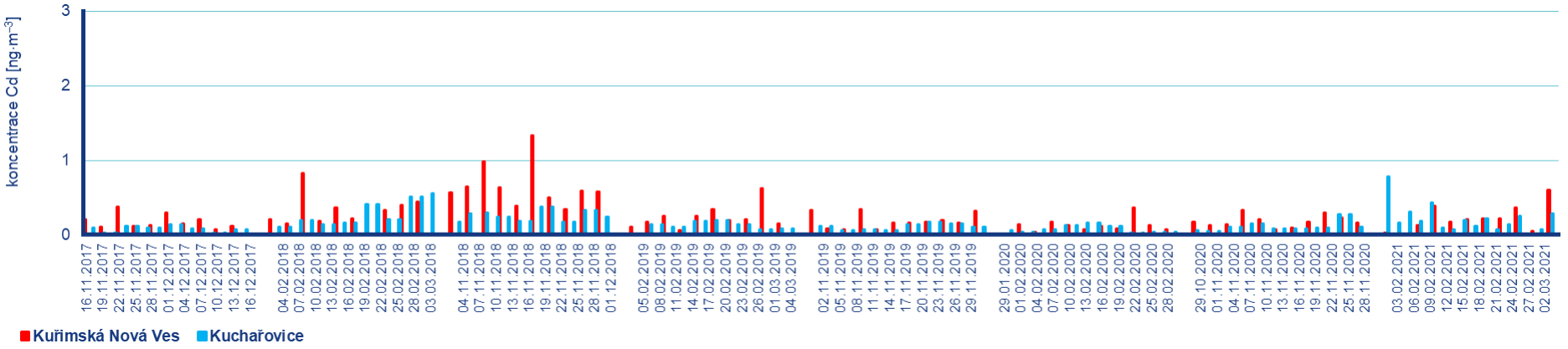
Obr. 3.26 Srovnání koncentrací kadmia na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Hřivice.



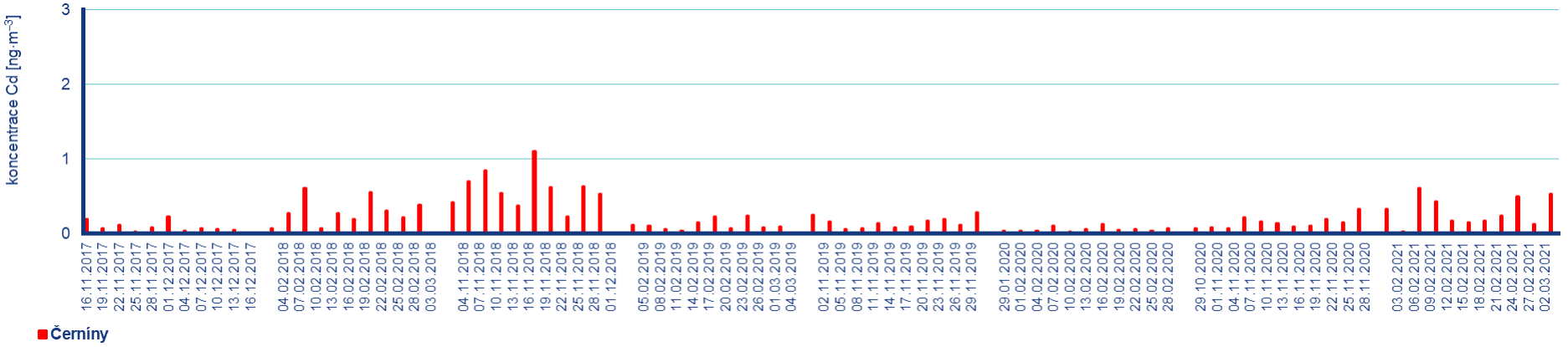
Obr. 3.27 Srovnání koncentrací kadmia na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Jablonné nad Orlicí.



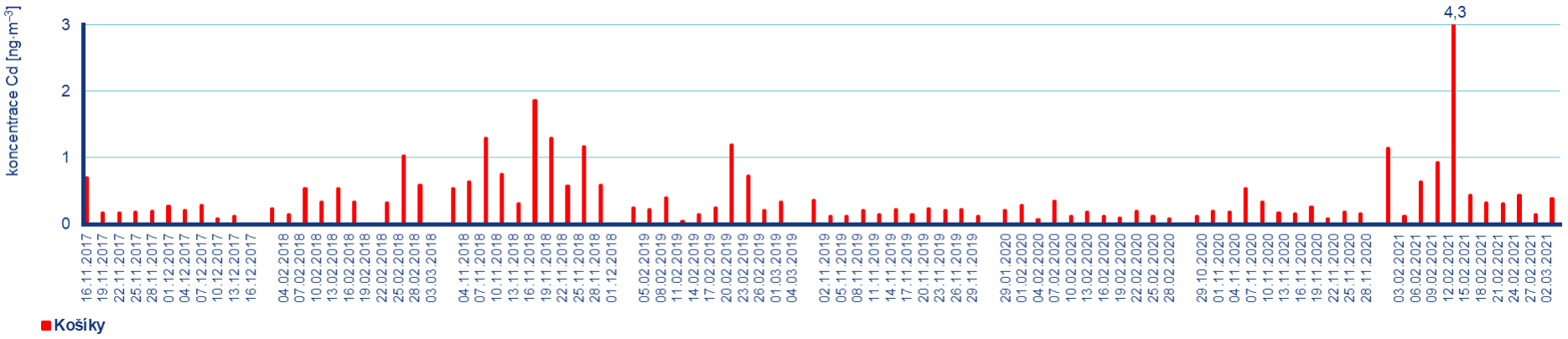
Obr. 3.28 Koncentrace kadmia na projektové lokalitě Příšov.



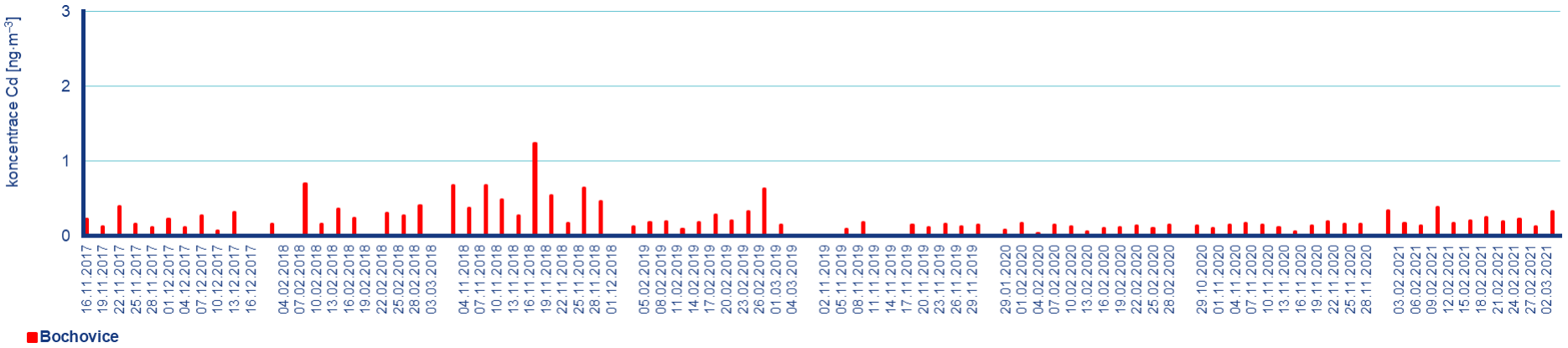
Obr. 3.29 Srovnání koncentrací kadmia na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Kuřimská Nová Ves.



Obr. 3.30 Koncentrace kadmia na projektové lokalitě Černíny.

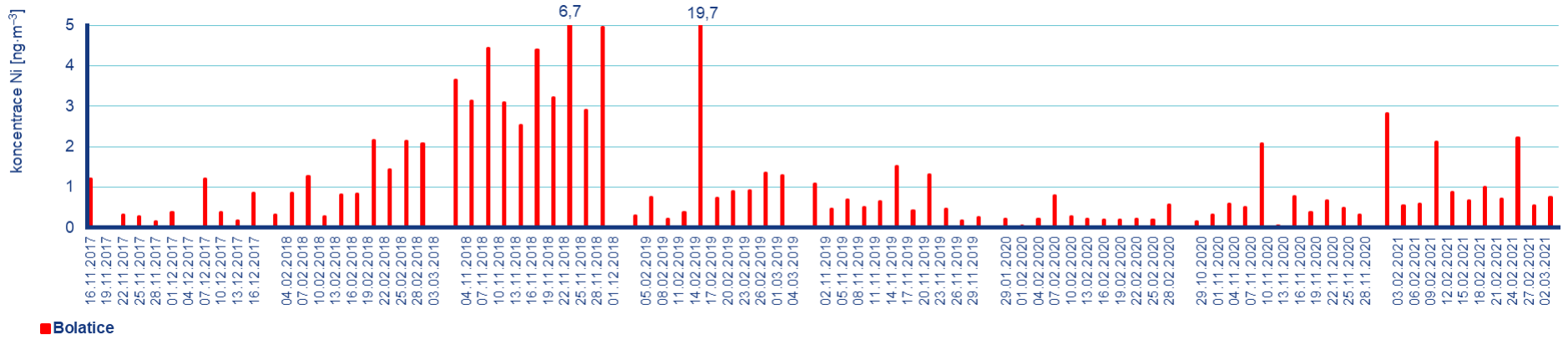


Obr. 3.31 Srovnání koncentrací kadmia na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Košíky.

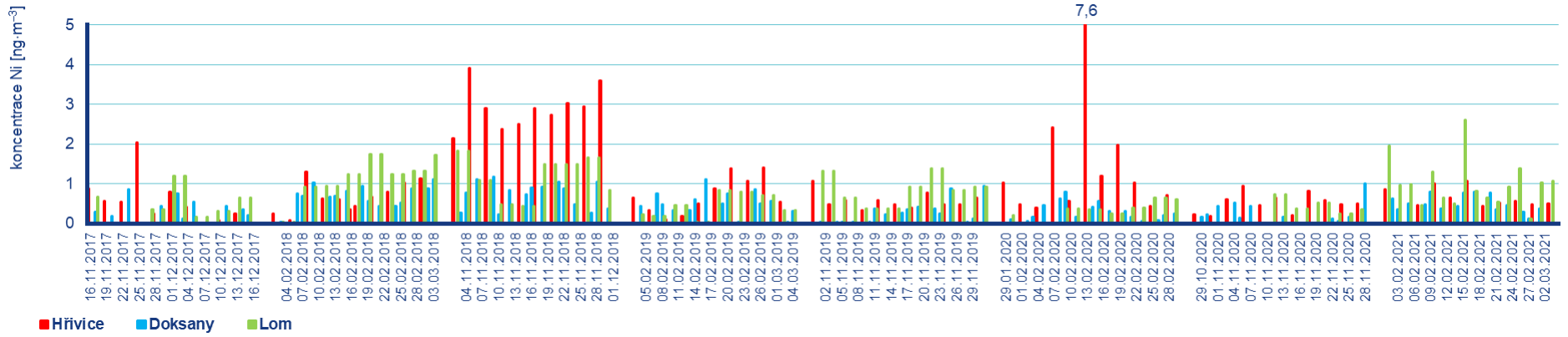


Obr. 3.32 Koncentrace kadmia na projektové lokalitě Bochovice.

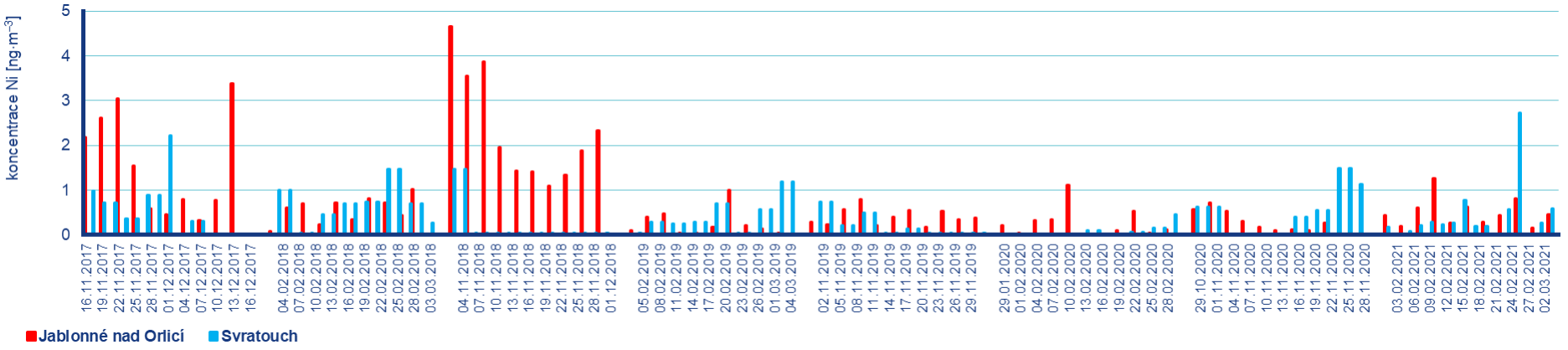
3.5 Nikl



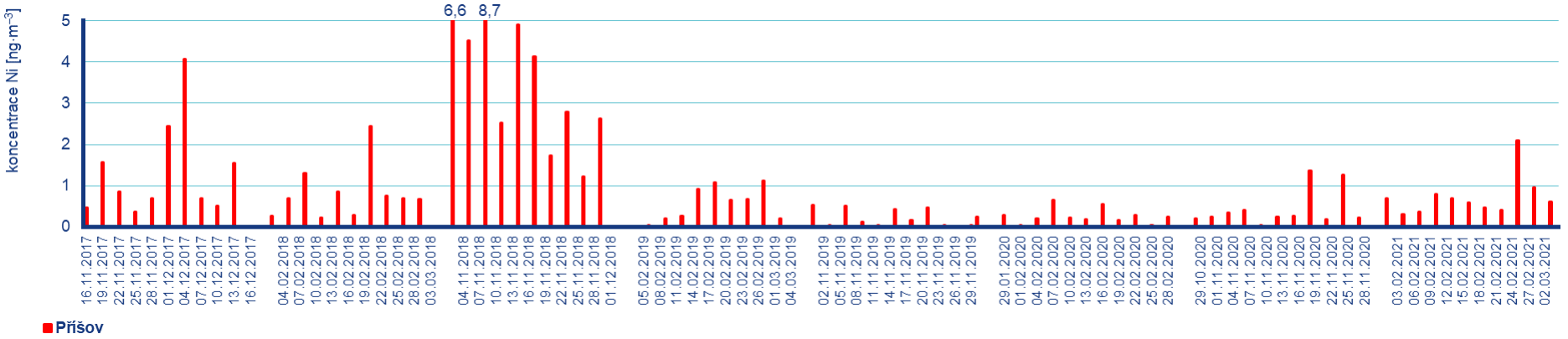
Obr. 3.33 Koncentrace niklu na projektové lokalitě Bolatice.



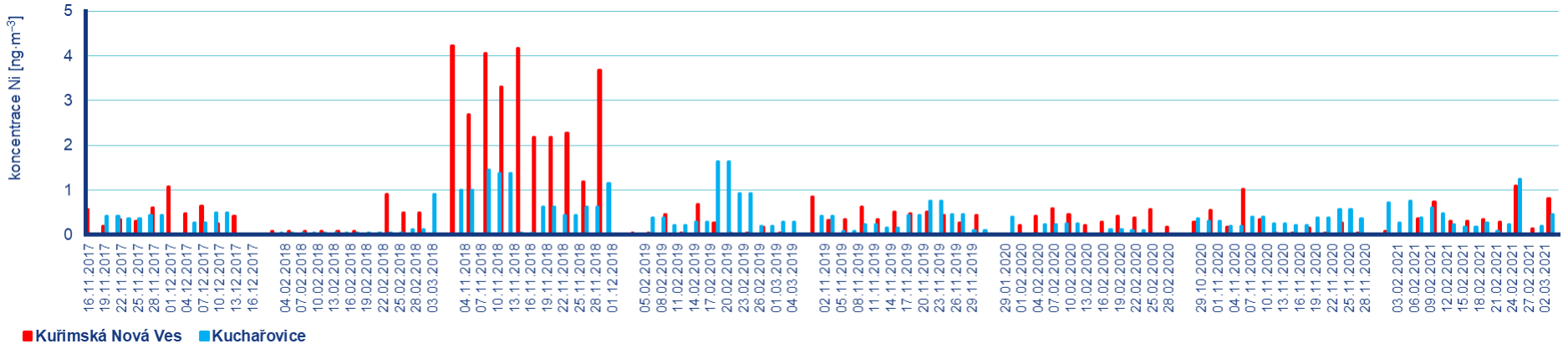
Obr. 3.34 Srovnání koncentrací niklu na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Hřivice.



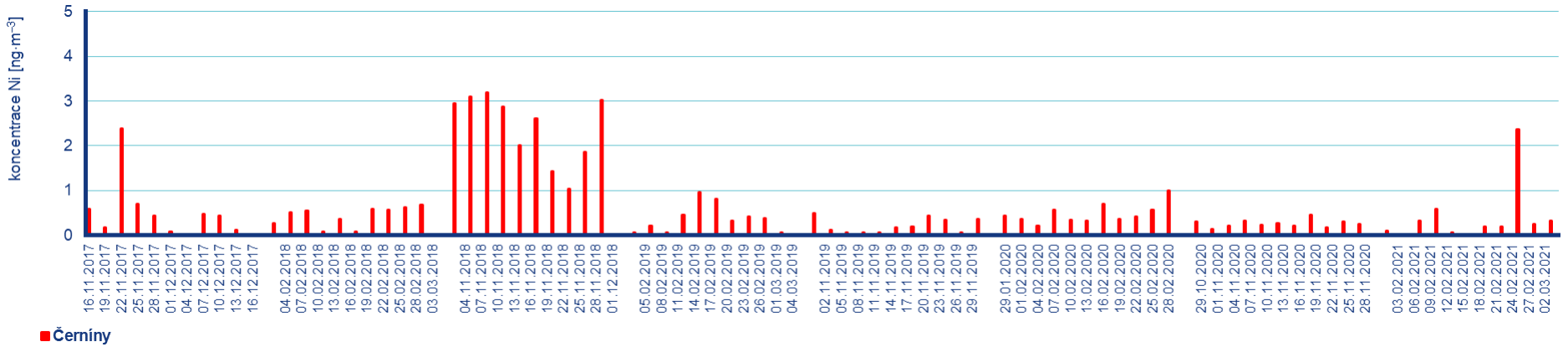
Obr. 3.35 Srovnání koncentrací niklu na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Jablonné nad Orlicí.



Obr. 3.36 Koncentrace niklu na projektové lokalitě Příšov.

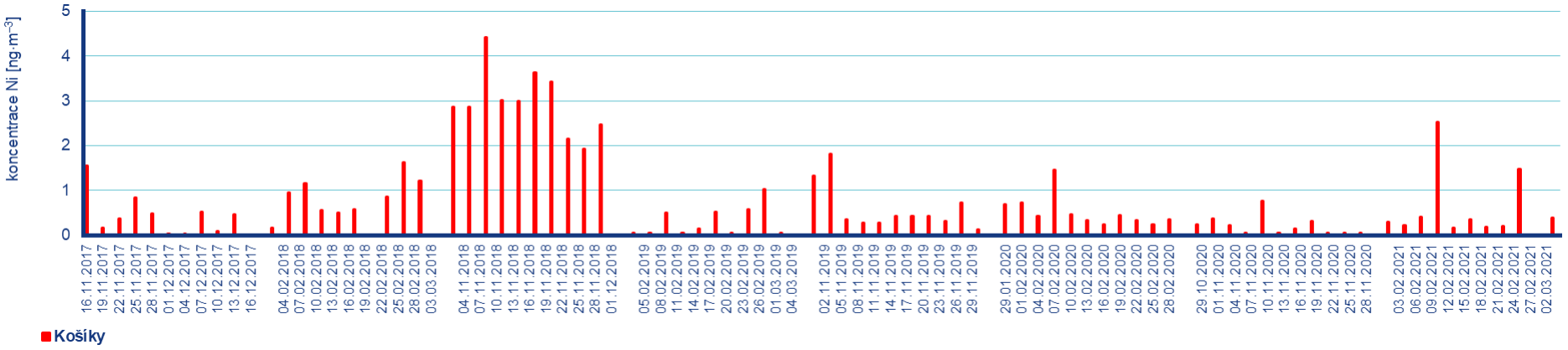


Obr. 3.37 Srovnání koncentrací niklu na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Kuřimská Nová Ves.

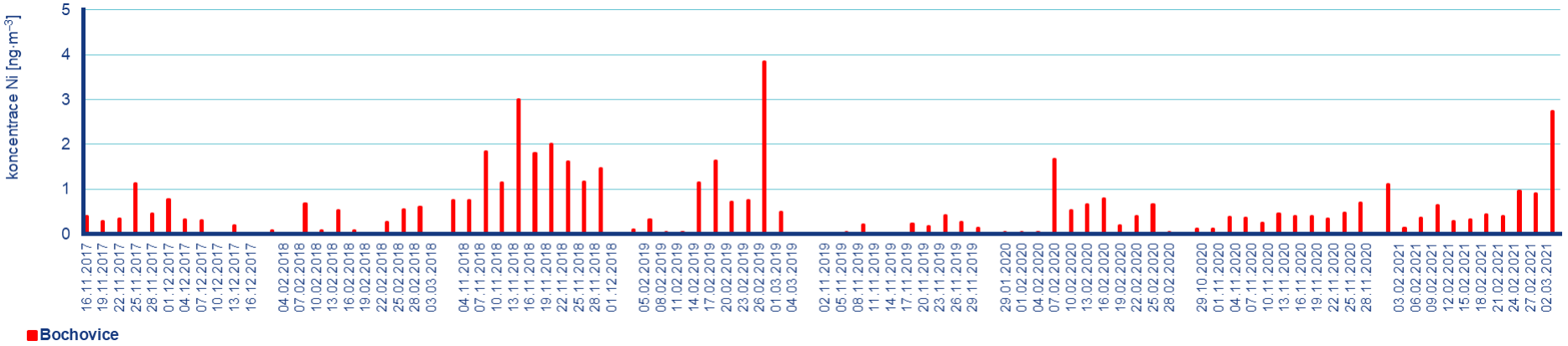


Obr. 3.38 Koncentrace niklu na projektové lokalitě Černíny.

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.
Ministerstvo životního prostředí

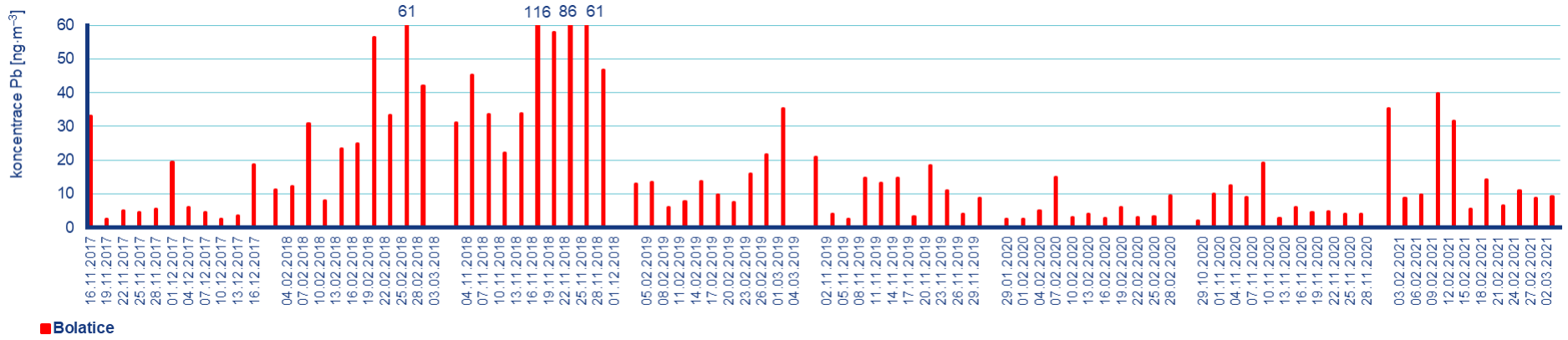


Obr. 3.39 Koncentrace niklu na projektové lokalitě Košíky.

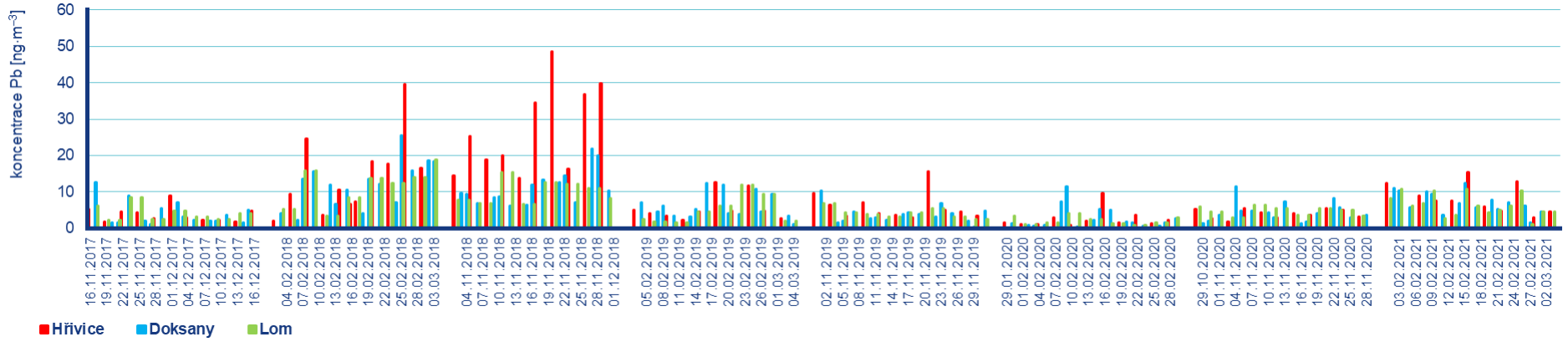


Obr. 3.40 Koncentrace niklu na projektové lokalitě Bochovice.

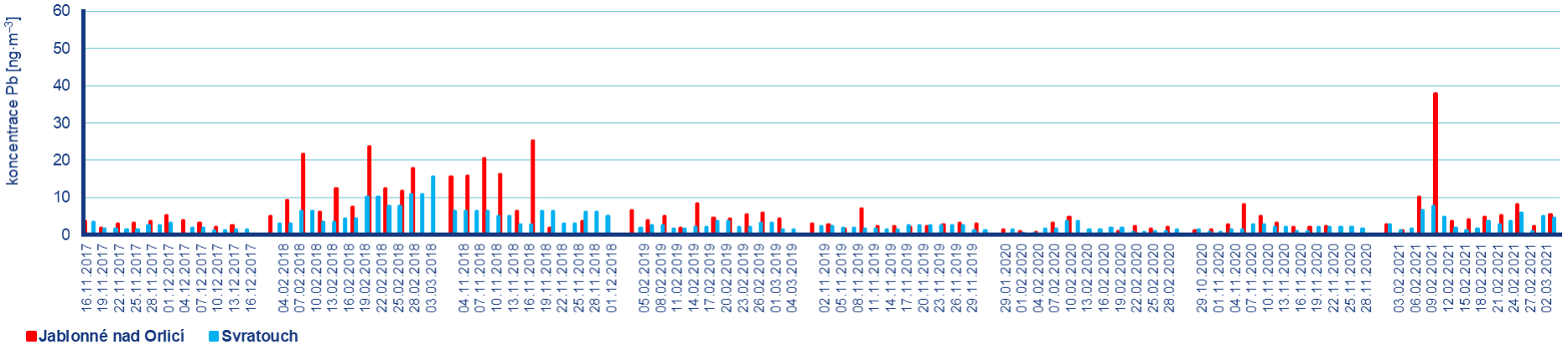
3.6 Olovo



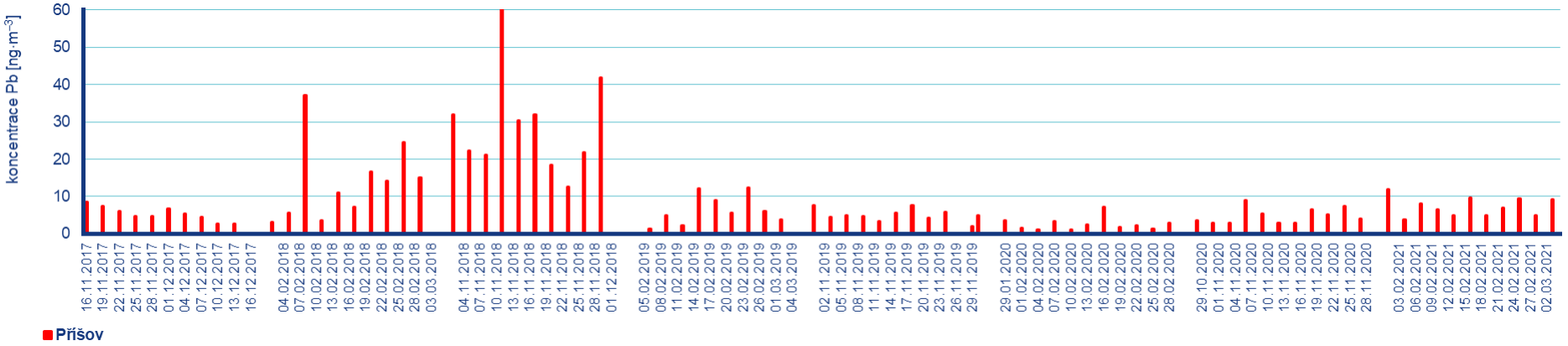
Obr. 3.41 Koncentrace olova na projektové lokalitě Bolatice.



Obr. 3.42 Srovnání koncentrací olova na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Hřivice.

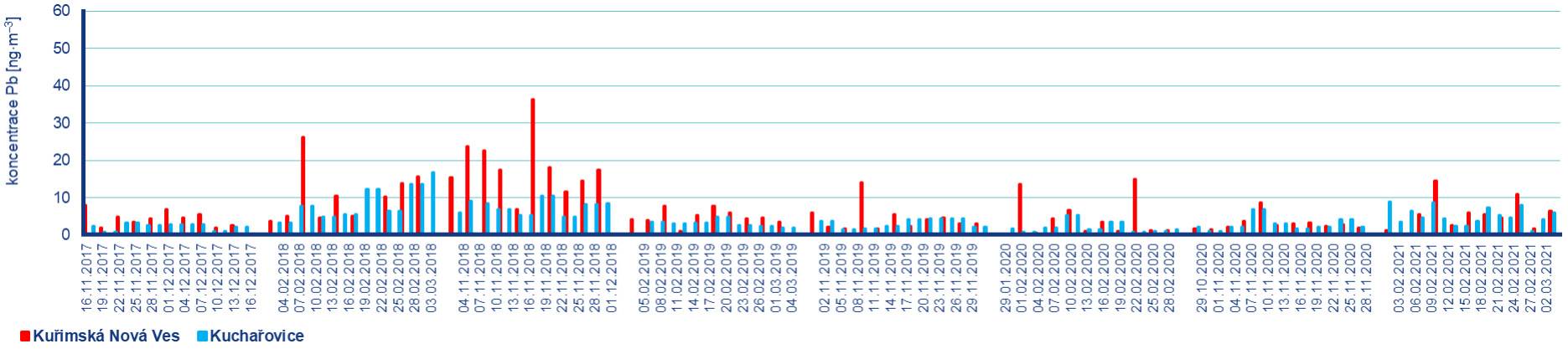


Obr. 3.43 Srovnání koncentrací olova na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Jablonné nad Orlicí.

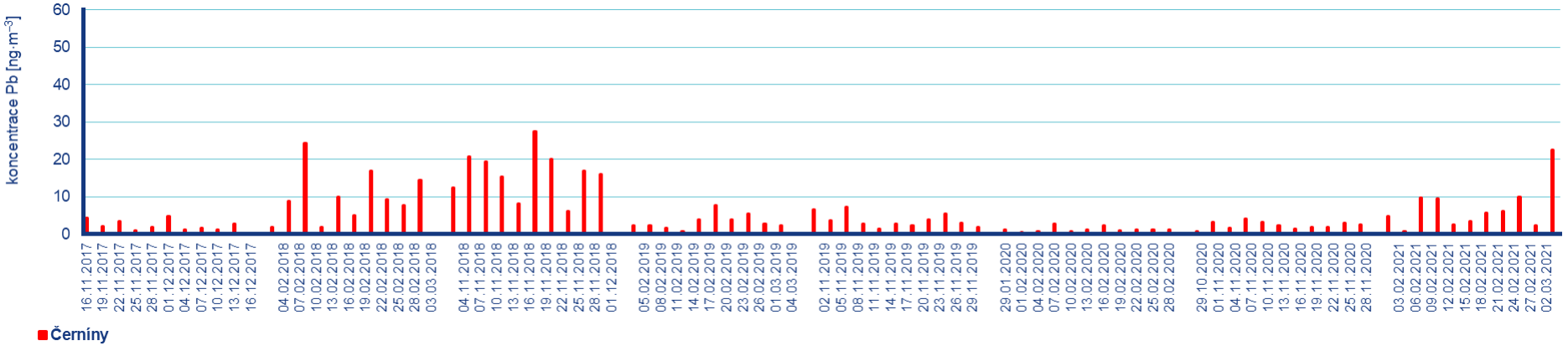


Obr. 3.44 Koncentrace olova na projektové lokalitě Příšov.

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.
Ministerstvo životního prostředí

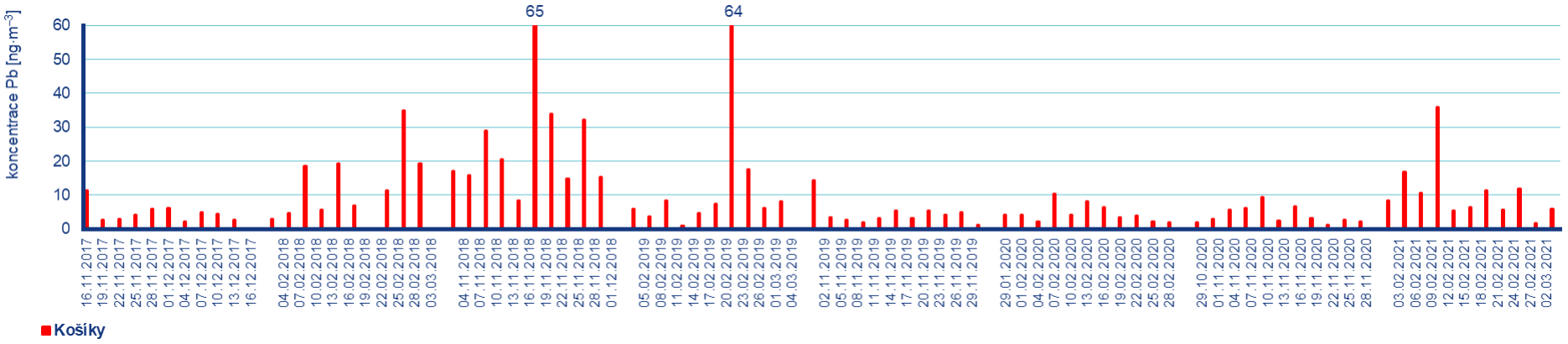


Obr. 3.45 Srovnání koncentrací olova na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Kuřimská Nová Ves.

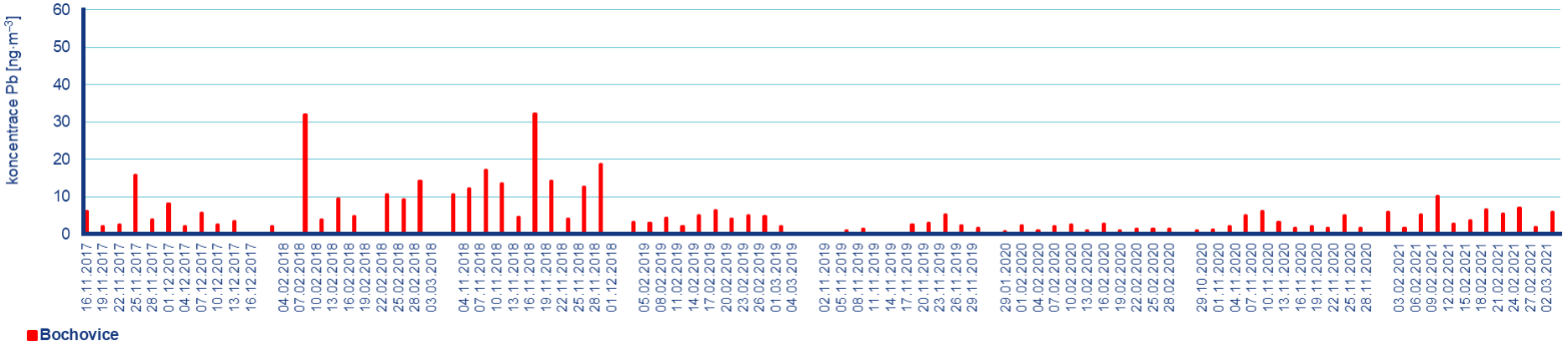


Obr. 3.46 Srovnání koncentrací olova na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Černíny.

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.



Obr. 3.47 Srovnání koncentrací olova na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Košíky.



Obr. 3.48 Srovnání koncentrací olova na projektových a zvolených lokalitách ČHMÚ – lokalita Bochovice.

3.7 Shrnutí

Pro všechny lokality a na nich měřené znečišťující látky byly spočítány základní statistické parametry. V případě PM_{10} i benzo[a]pyrenu byly nejvyšší průměrné koncentrace naměřeny na lokalitě Bolatice, nejnižší na lokalitě Černíny. V případě arzenu byly nejvyšší koncentrace naměřeny v lokalitě Hřivice. V případě kadmia, niklu a olova lze konstatovat, že průměrné naměřené hodnoty se na žádné lokalitě nepřibližují hodnotě dolní meze pro posuzování pro roční průměr.

Nejvyšší koncentrace PM_{10} a benzo[a]pyrenu byly měřeny během II. etapy 1. kampaně (únor 2018) a 4. kampaně (únor 2021), naopak nejnižší koncentrace byly naměřeny během 3. kampaně (listopad 2019 a únor 2020) a I. etapy 4. kampaně (listopad 2020). Nejvyšší koncentrace těžkých kovů byly měřeny během II. etapy 1. kampaně (únor 2018), naopak nejnižší koncentrace byly naměřeny během II. etapy 3. kampaně (únor 2020) a I. etapy 4. kampaně (listopad 2020).

Porovnávané lokality měřicí suspendované částice PM_{10} ze sítě imisního monitoringu ČHMÚ věrohodně vystihují trendy projektových lokalit, rozdíly nastávají u maximálních hodnot. Naměřené maximální hodnoty jsou závislé na konkrétní lokalitě a místní meteorologické situaci. Porovnání výsledků měření koncentrací benzo[a]pyrenu na projektových lokalitách a reprezentativních lokalitách ČHMÚ není příliš možné. Nicméně přestože se jedná o velmi malý vzorek dat, lze usuzovat na jistou podobnost chodů koncentrací benzo[a]pyren na lokalitách ČHMÚ a projektu.

4 Hodnocení účinnosti PZKO v malých sídlech dle výsledků měření

Dle aktuálního hodnocení stavu ovzduší v ČR (ČHMÚ 2021) lze konstatovat následující: znečištění ovzduší benzo[*a*]pyrenem patří k hlavním problémům kvality ovzduší v ČR. 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. Sektor 1A4bi – Domácnosti: vytápění, ohřev vody a vaření se na emisích benzo[*a*]pyrenu v roce 2019 v celorepublikovém měřítku podílel téměř 95 % (Obr. 4.1). Hlavní příčinou takto vysokého podílu je spalování pevných paliv, především uhlí, v kotlích starších typů (odhořívací a prohořívací způsob spalování).

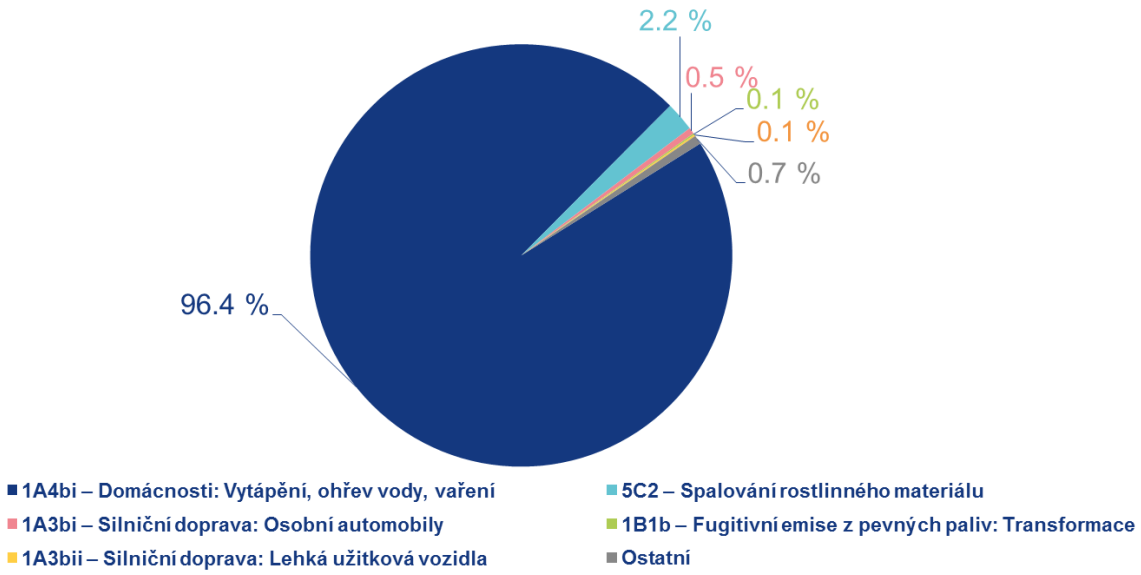
Na emisích suspendovaných částic PM_{10} se kromě sektoru Domácnosti: vytápění, ohřev vody a vaření (55,1 %) významně podílí i jiné zdroje, a to sektor Polní práce (9,6 %) a mobilní zdroje (12,2 %) (Obr. 4.2). Nicméně sektor Polní práce má sezónní charakter a lze předpokládat, že během měřicích etap v lednu a únoru se na emisích suspendovaných částic PM_{10} nepodílí.

V roce 2020 překročily roční průměrné koncentrace benzo[*a*]pyrenu imisní limit (1 ng·m^{-3}) na 40 % stanic (tj. na 21 z celkového počtu 53 stanic s dostatečným počtem naměřených dat pro hodnocení). V roce 2020 se opět zmenšila plocha s nadlimitními koncentracemi benzo[*a*]pyrenu a imisní limit byl překročen na 4,6 % plochy území ČR s cca 19 % obyvatel ČR (v roce 2019 na 8,4 % plochy území ČR s cca 27,5 %, v roce 2018 na 12,6 % plochy území ČR s přibližně 35,5 % obyvatel; v roce 2017 na 26 % plochy území ČR s přibližně 61,8 %).

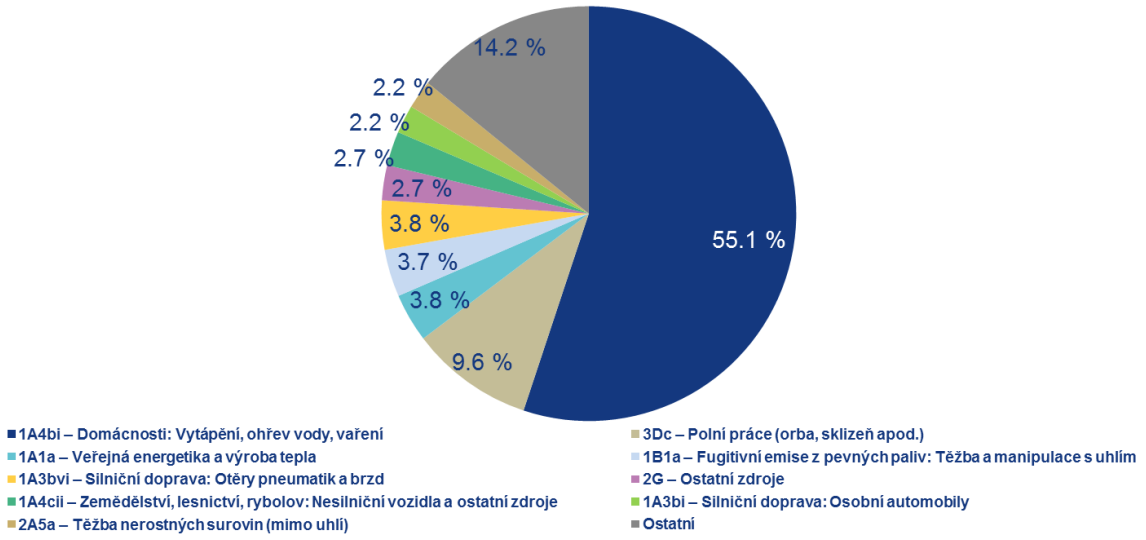
Koncentrace benzo[*a*]pyrenu vykazují výrazný roční chod s maximy v zimním období, které souvisejí s emisemi ze sezónních antropogenních zdrojů – z lokálních topenišť a se zhoršenými rozptylovými podmínkami. Průměrné měsíční koncentrace benzo[*a*]pyrenu v létě se na pozaďových stanicích nezřídka pohybují kolem meze detekce (0,02 ng·m^{-3}).

Imisní limit pro průměrnou 24hodinovou koncentraci PM_{10} byl v roce 2020 překročen pouze na 0,001 % území ČR s cca 0,002 % obyvatel. V porovnání s předchozími lety (0,3 % v roce 2019, 3,2 % v roce 2018, 8,3 % v roce 2017, 1,4 % v roce 2016 a 2,5 % v roce 2015) došlo k dalšímu zmenšení plochy území ČR vystavené nadlimitní koncentraci PM_{10}

Koncentrace PM_{10} vykazují zřetelný roční chod s nejvyššími hodnotami v chladných měsících roku. Vyšší koncentrace PM_{10} v ovzduší během chladného období roku souvisejí jak s vyššími hodnotami emisí částic ze sezonně provozovaných tepelných zdrojů, tak i se zhoršenými rozptylovými podmínkami.



Obr. 4.1 Podíl sektorů NFR na celkových emisích benzo[*a*]pyrenu, 2019 (Zdroj: ČHMÚ 2021)



Obr. 4.2 Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM_{10}, 2019 (Zdroj: ČHMÚ 2021)

Vzhledem k tomu, že BaP se v ovzduší vyskytuje především navázán na suspendované částice, je následující analýza založena na poměru koncentrací BaP a suspendovaných částic PM_{10}. Poměr BaP/PM_{10}[4] udává množství BaP v PM_{10} a je využíván jako indikátor intenzity emisních zdrojů BaP (Gianelle 2013). Vyšší hodnoty poměru BaP/PM_{10} jsou očekávány v místech s intenzivními emisními zdroji BaP v dané oblasti. S obnovou kotlů dochází k poklesu emisí BaP v PM_{10} v důsledku kvalitnějšího spalování pevných paliv. Moderní zdroje tepla (automatizované kotle) v kombinaci s kvalitnějším palivem (např. suchým dřevem) mají nižší hodnoty emisních faktorů[5]. Následně dochází také k poklesu koncentrací BaP v PM_{10} ve venkovním ovzduší, který lze indikovat nižšími hodnotami poměru BaP/PM_{10}. Použití tohoto poměru umožňuje částečně vyloučit z analýzy vliv akumulace znečišťujících látek v nižších částech atmosféry během chladného období v důsledku omezeného rozptylu v atmosféře. Během tohoto období se očekává, že budou ovlivněny jak koncentrace BaP, tak PM_{10} podobným způsobem. Na druhou stranu je třeba uvažovat, že absolutní hodnota poměru bude ovlivněna sekundární tvorbou suspendovaných částic (např. Příloha I). Nicméně tato skutečnost nemá vliv na hodnocení vývoje poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých etap a kampaní na konkrétní projektové lokalitě, kde nelze předpokládat velké meziroční změny skladby emisních zdrojů[6]. S využitím vývoje poměru BaP/PM_{10} během jednotlivých etap a kampaní (poklesu nebo vzestupu) lze následně konstatovat, zda dochází ke zlepšení či zhoršení kvality vytápění v dané lokalitě a-posléze vyhodnotit vliv opatření pro zlepšení kvality ovzduší.

Kapitola obsahuje zpracování výsledků měření a jejich základní vyhodnocení, tj. srovnání úrovní koncentrací suspendovaných částic PM_{10} (dále jako PM_{10}) a benzo[a]pyrenu (dále jako BaP) resp. poměru BaP a PM_{10} naměřených během kampaní 2017/2018 (etapy 16. 11. – 16. 12. 2017 a 2. 2. – 3. 3. 2018), 2018/2019 (etapy 2. 11. – 1. 12. 2018 a 3. 2. – 4. 3. 2019), 2019/2020 (etapy 31. 10. – 1. 12. 2019 a 29. 1. – 29. 2. 2020) a 2020/2021 (etapy 28. 10. 2020 – 28. 11. 2021 a 1. 2. 2021 – 4. 3. 2021).

Informace o počtu vyměněných kotlů v rámci dotačních programů a odpovídajících změnách emisí jsou uvedeny v 4.5.

[4] Poměr koncentrací ($BaP/PM_{10} *10^{-3}$).

[5] http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/embil/dokumentyEMEP.html

[6] V únoru 2021 byly také zaznamenány zvýšené koncentrace PM_{10} na celém území ČR v souvislosti s pískem ze Sahary, proto byla data z tohoto období (25. 2. 2021) vyloučena z analýzy, aby nedošlo ke zkreslení (výraznému poklesu) výsledného poměru BaP/PM_{10}.

4.1 Koncentrace BaP, PM_{10} a poměry BaP/PM_{10} na projektových lokalitách během kampaní 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 a 2020/2021

Na Obr. 4.3–Obr. 4.10 je znázorněno porovnání koncentrací BaP a PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} na všech lokalitách během jednotlivých měřicích kampaní 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 a 2020/2021. Základní statistické charakteristiky (průměr, směrodatná odchylka a medián) hodnot koncentrací BaP a PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během měřicích kampaní 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 a 2020/2021 jsou uvedeny v Tab. 4.1.

Z hlediska koncentrací suspendovaných částic PM_{10} a BaP lze konstatovat, že nejvyšších hodnot na většině lokalit dosáhly během kampaně 2017/2018, nejnižších hodnot během kampaně 2019/2020. Toto odpovídá skutečnosti, že kampaň 2017/2018 byla nejchladnější (průměrná teplota pod bodem mrazu) s nejvíce denostupni a došlo během ní k výskytu mírně nepříznivých a nepříznivých rozptylových podmínek. Naopak pro kampaň 2019/2020 byla zaznamenána nejvyšší průměrná teplota, výskyt převážně dobrých rozptylových podmínek a nejvyšší úhrn srážek, tj. kombinace tří zásadních faktorů silně snižující úroveň polutantů v ovzduší.

Z hlediska poměrů suspendovaných částic PM_{10} a BaP lze konstatovat, že nejvyšších hodnot na většině lokalit dosáhly během kampaně 2018/2019 a poté je pozorován pokles a dosažení minim na části lokalit během kampaně 2019/2020 a na části lokalit během kampaně 2020/2021. Během poslední kampaně 2020/2021 byly nejmenší hodnoty poměrů vypočítány pro čtyři lokality (Bolatice, Hřivice, Jablonné nad Orlicí a Bochovice), na lokalitě Příšov hodnota poměru stagnuje a na zbývajících lokalitách (Kuřimská Nová Ves, Černíny a Košíky) došlo k vzestupu hodnoty poměru v porovnání s druhými nejnižšími hodnotami za kampaň 2019/2020.

Vzhledem k tomu, že během kampaně 2020/2021 v porovnání s předešlými kampaněmi panovaly nejhorší rozptylové podmínky (nečastější výskyt mírně nepříznivých a nepříznivých podmínek za celou dobu měření 2017–2021) a byla naměřena druhá nejnižší průměrná teplota (Obr. 2.2), lze dosažení nejnižších a druhých nejnižších hodnot poměrů BaP/PM_{10} během kampaně 2020/2021 považovat za ukazatel poklesu měrných emisí BaP z vytápění domácností spojené se zvýšenou kvalitou spalování pevných paliv ve zdrojích tepla v domácnostech v oblastech projektových lokalit.

Zlepšující se situaci ve smyslu modernizace zdrojů vytápění na hodnocených lokalitách potvrzuje i skutečnost, že k poklesu resp. stagnaci hodnot poměrů BaP/PM_{10} na čtyřech resp. na jedné lokalitě z osmi došlo i mezi dvěma posledními kampaněmi 2019/2020 a 2020/2021. Během kampaně 2019/2020 byly podmínky z hlediska kvality ovzduší nejlepší (nejvyšší průměrná teplota, nejvyšší úhrn srážek a více než 90% výskyt dobrých rozptylových podmínek) a naopak, během kampaně 2020/2021 zhoršené až nejhorší (druhá nejnižší teplota a nejnižší výskyt (60 %) dobrých rozptylových podmínek) za celou dobu měření.

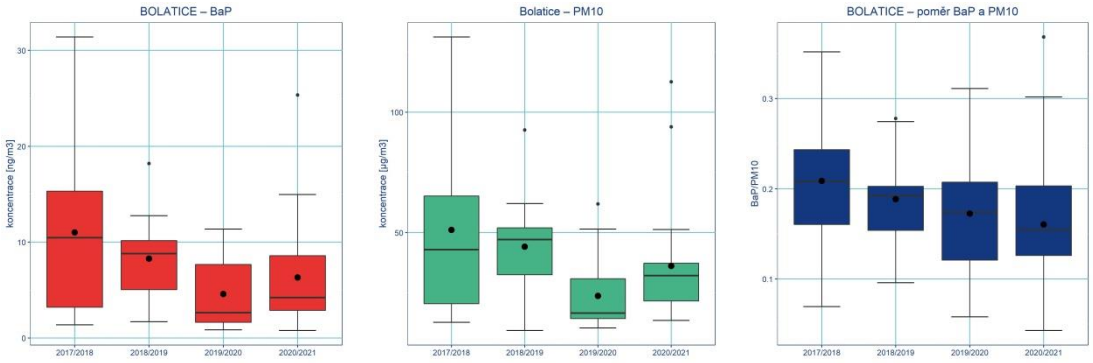
Tab. 4.1 Základní statistické charakteristiky hodnot koncentrací BaP a PM10 a poměrů BaP/PM10 během měřicích kampaní 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 a 2020/20217

Koncentrace BaP	aritmetický průměr				směrodatná odchylka				medián			
	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021
Bolatice	11.0	8.3	4.6	6.31	8.4	3.7	3.8	5.90	10.5	8.8	2.65	4.21
Hřivice	4.5	5.9	3.0	3.31	2.8	2.8	2.7	1.79	4.3	6.0	1.46	2.79
Jablonné nad Orlicí	2.4	1.6	0.9	1.41	1.7	1.1	0.6	1.12	2.0	1.4	0.74	1.19
Příšov	6.0	6.8	3.2	4.92	4.0	3.5	2.4	2.32	6.5	7.1	2.45	6.09
Kuřimská Nová Ves	4.0	2.7	1.6	2.28	1.9	1.7	1.4	1.19	3.9	2.4	1.06	2.17
Černíny	2.1	1.5	0.6	1.43	1.8	1.3	0.5	1.08	1.4	1.0	0.44	1.17
Košíky	4.8	3.2	1.7	2.90	3.6	2.1	1.1	1.72	4.1	2.5	1.47	2.72
Bochovice	3.1	1.8	1.2	1.36	2.7	1.3	1.1	0.86	2.0	1.9	0.93	1.12
VŠECHNY STANICE	4.7	4.0	2.1	3.0	3.4	2.2	1.7	2.00	4.3	3.9	1.4	2.68

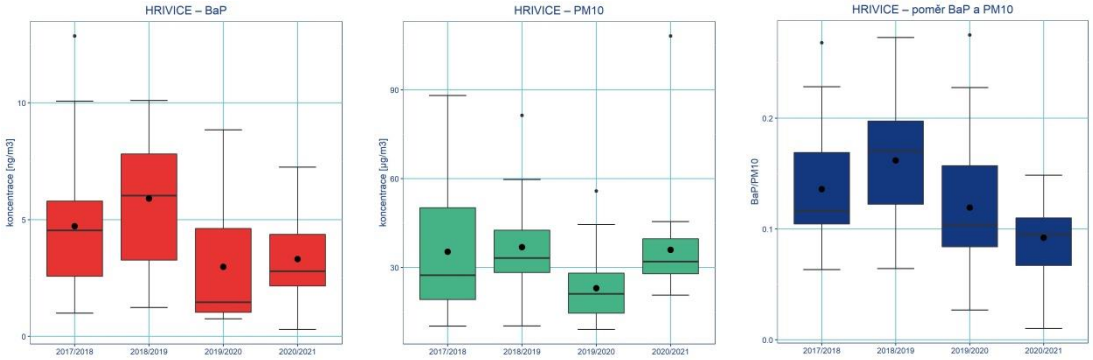
Koncentrace PM_{10}	aritmetický průměr				směrodatná odchylka				medián			
	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021
Bolatice	51.1	44.1	23.8	36.16	35.0	17.4	13.5	24.51	43.0	47.1	16.6	32.14
Hřivice	32.8	36.8	23.0	35.97	17.5	15.2	12.1	18.07	26.7	33.2	21.1	31.98
Jablonné nad Orlicí	25.4	22.5	12.7	22.16	12.3	6.6	3.7	10.43	20.3	23.8	12.8	22.40
Příšov	30.2	31.3	17.8	28.09	14.0	11.9	7.2	8.24	28.8	32.7	18.8	30.10
Kuřimská Nová Ves	29.5	29.9	17.9	27.39	11.4	12.3	7.3	10.92	30.7	31.6	18.2	24.20
Černíny	23.5	22.4	11.6	20.31	16.5	9.7	5.3	11.99	20.5	22.9	11.1	17.60
Košíky	37.1	33.8	18.8	30.04	19.3	13.0	6.6	12.65	35.2	33.0	17.7	28.30
Bochovice	27.6	30.2	14.7	27.96	13.8	18.0	3.6	16.58	27.5	27.1	15.2	24.30
VŠECHNY STANICE	32.1	31.4	17.5	28.5	17.5	13.0	7.4	14.17	29.1	31.4	16.4	26.38

Poměry BaP / PM_{10}	aritmetický průměr				směrodatná odchylka				medián			
	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021
Bolatice	0.21	0.19	0.17	0.16	0.07	0.07	0.08	0.08	0.21	0.19	0.17	0.15
Hřivice	0.14	0.16	0.12	0.09	0.05	0.05	0.06	0.04	0.12	0.16	0.10	0.10
Jablonné nad Orlicí	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.03	0.03	0.10	0.06	0.07	0.06
Příšov	0.25	0.24	0.18	0.18	0.24	0.24	0.09	0.09	0.18	0.24	0.16	0.20
Kuřimská Nová Ves	0.14	0.10	0.08	0.09	0.07	0.07	0.04	0.05	0.12	0.09	0.08	0.08
Černíny	0.08	0.07	0.05	0.07	0.04	0.04	0.04	0.04	0.07	0.05	0.03	0.06
Košíky	0.13	0.10	0.09	0.11	0.06	0.06	0.05	0.06	0.10	0.09	0.08	0.10
Bochovice	0.10	0.07	0.08	0.05	0.08	0.08	0.06	0.03	0.08	0.07	0.07	0.05
VŠECHNY STANICE	0.14	0.13	0.11	0.10	0.08	0.08	0.06	0.05	0.12	0.12	0.09	0.10

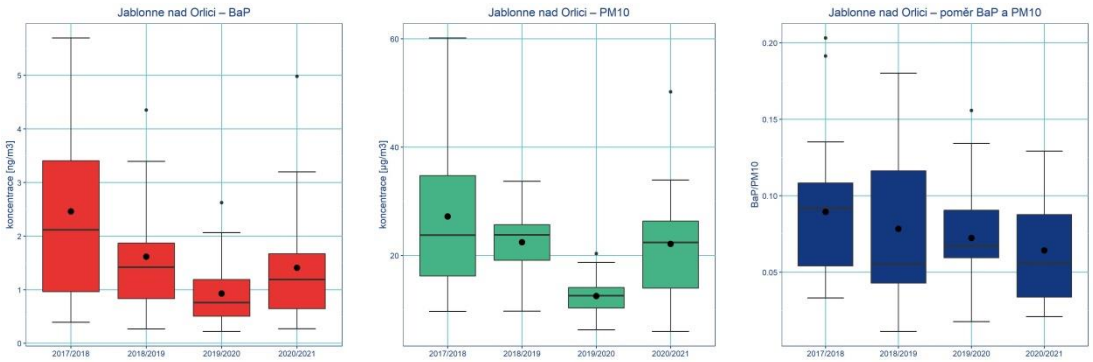
[7] Základní statistické charakteristiky jsou spočteny ze dnů, ve kterých byly měřeny jak koncentrace BaP, tak suspendovaných částic PM_{10}, přičemž koncentrace BaP jsou měřeny v třídenním intervalu.



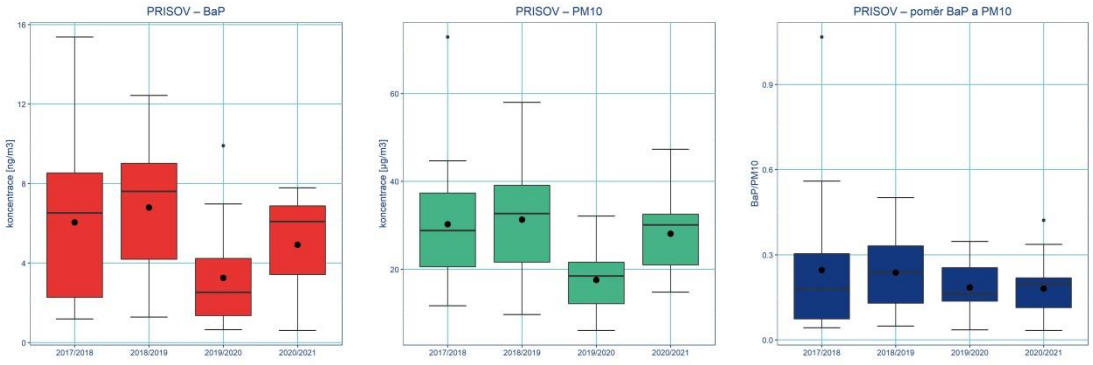
Obr. 4.3 Bolatice – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích kampaní 2017–2021



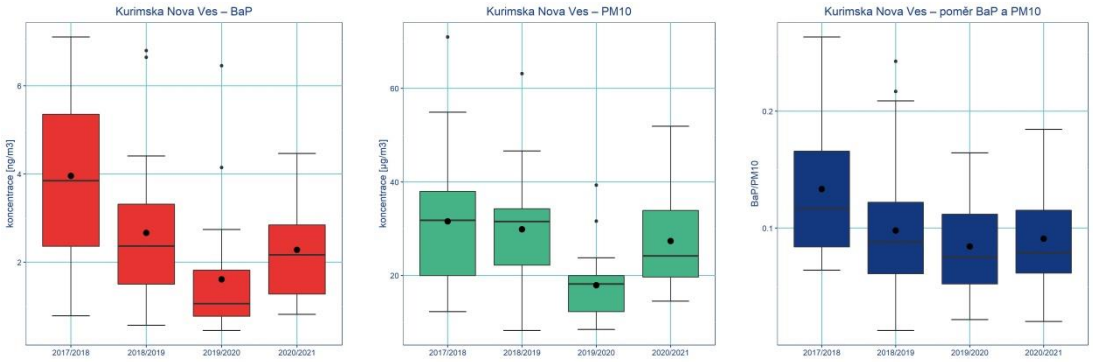
Obr. 4.4 Hřivice – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích kampaní 2017–2021



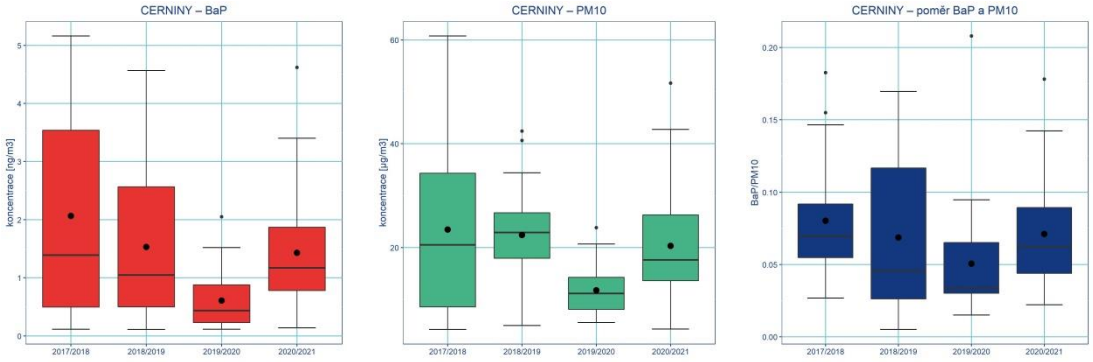
Obr. 4.5 Jablonné nad Orlicí – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích kampaní 2017–2021



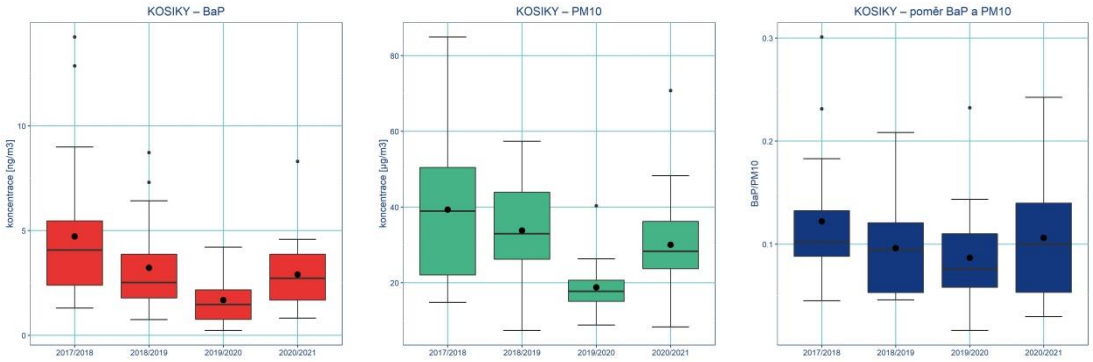
Obr. 4.6 Příšov – srovnání koncentrací BaP, $PM1_0$ a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích kampaní 2017–2021



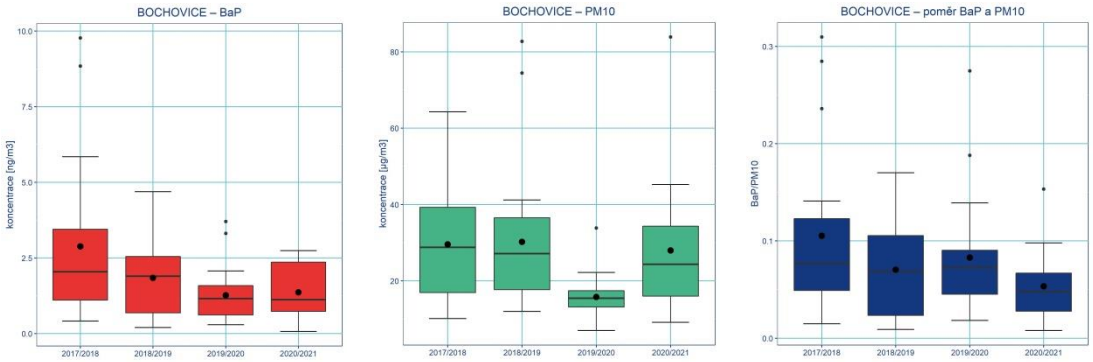
Obr. 4.7 Kuřimská Nová Ves – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích kampaní 2017–2021



Obr. 4.8 Černíny – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích kampaní 2017–2021



Obr. 4.9 Košíky – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích kampaní 2017–2021



Obr. 4.10 Bochovice – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích kampaní 2017–2021

4.2 Koncentrace benzo[a]pyrenu a suspendovaných částic PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} na projektových lokalitách během jednotlivých měřicích etap (únor a listopad)[8]

Na Obr. 4.11–Obr. 4.18 je znázorněno porovnání koncentrací BaP a PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} na všech lokalitách během jednotlivých etap (únor a listopad) v zimních kampaních 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 a 2020/2021. Porovnání vývoje koncentrací BaP a PM_{10} zvlášť pro listopadové a únorové měřící etapy poukazuje na silný vliv meteorologických podmínek a míry intenzity vytápění na úroveň znečišťujících látek.

Listopadové etapy

Během listopadových etap byly nejvyšší koncentrace BaP a PM_{10} zaznamenány zejména během listopadu 2018, kdy byla naměřena druhá nejnižší průměrná teplota, nejmenší (podnormální) úhrn srážek a byl zaznamenán výskyt mírně nepříznivých podmínek. Nejnižší koncentrace BaP byly zaznamenány během listopadu 2019 a 2020; nejnižší koncentrace PM_{10} byly naměřeny během listopadu 2019. Obecně jsou ale listopadové koncentrace v porovnání s únorovými více rozkolísané.

Poměry suspendovaných částic PM_{10} a BaP dosáhly nejvyšších hodnot během listopadové etapy 2018 a poté je pozorován pokles a dosažení minim na většině lokalit během listopadu 2019 a na části lokalit během listopadu 2020. Nicméně podobně jako koncentrace jsou listopadové hodnoty jejich poměrů v porovnání s únorovými více rozkolísané (Tab. 4.2).

Zlepšující se situaci ve smyslu modernizace zdrojů tepla a zvyšující se kvality vytápění na hodnocených lokalitách potvrzuje při hodnocení listopadových etap zejména skutečnost, že k poklesu a stagnaci hodnot poměrů BaP/PM_{10} došlo i mezi dvěma posledními listopadovými etapami 2019 a 2020, tj. mezi etapou s nejčastějším výskytem dobrých rozptylových podmínek (přes 90 %) a etapou s nejméně častým výskytem dobrých rozptylových podmínek (60 %). Teplotní a srážkové poměry za tyto etapy byly podobné (Obr. 2.2 a Obr. 2.3).

Únorové etapy

Nejnižší průměrné koncentrace BaP a PM_{10} byly zaznamenány na všech lokalitách během předposlední únorové etapy 2020, které souvisejí s extrémně příznivými meteorologickými a rozptylovými podmínkami v únoru 2020[9]. Naopak nejvyšší koncentrace BaP a PM_{10} na většině lokalit byly naměřeny během první únorové etapy 2018, což souvisí s výskytem nízkých teplot pod bodem mrazu (nejnižší průměrné teploty za únorové etapy) a výskytem mírně nepříznivých až nepříznivých podmínek (Obr. 2.2 a Obr. 2.4).

Poměry suspendovaných částic PM_{10} a BaP dosáhly nejvyšších hodnot na většině lokalit během únorové etapy 2018 a poté je pozorován pokles a dosažení minim na části lokalit během února 2020 a na části lokalit během února 2021.

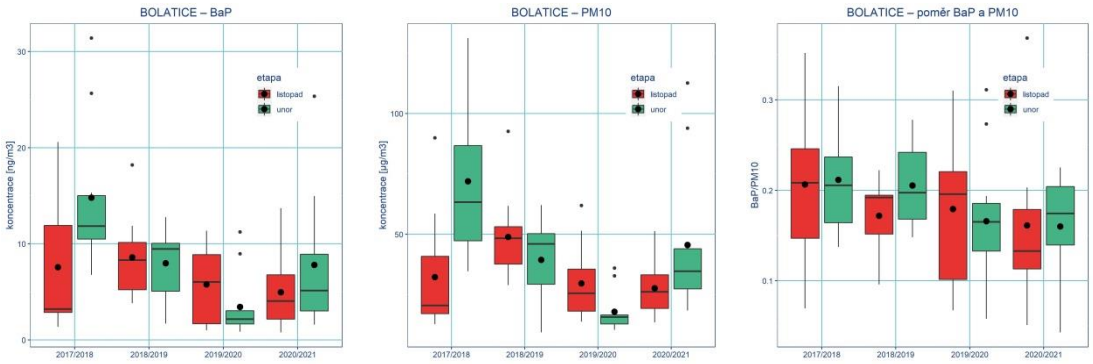
Vzhledem k tomu, že během února 2021 v porovnání s předešlými etapami panovaly nejhorší rozptylové podmínky (nečastější výskyt mírně nepříznivých a nepříznivých podmínek za celou dobu měření 2017–2021) a byla naměřena druhá nejnižší průměrná teplota (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**), lze dosažení nejnižších a druhých nejnižších hodnot poměrů BaP/PM_{10} během února 2021 považovat za ukazatel

[8] Etapy jsou v grafech označeny měsíci, ve kterých převážně probíhalo měření. V některých případech nastal přesah o několik dní do března v případě února a do října nebo prosince v případě listopadu.

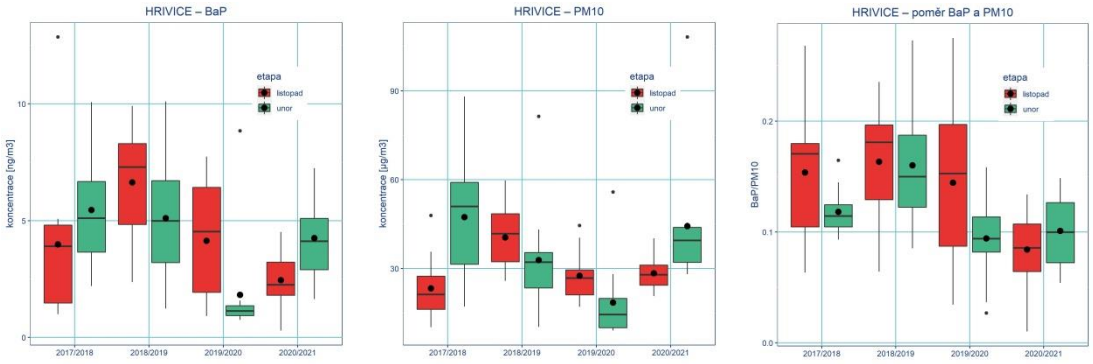
[9] Více viz https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/20groc/gr20cz/20_03_meteo_podminky_cz_v4.pdf.

zvyšující se modernizaci zdrojů tepla a s tím spojenou zvýšenou kvalitu spalování (pokles BaP v PM_{10}) ve zdrojích tepla v domácnostech v oblastech projektových lokalit.

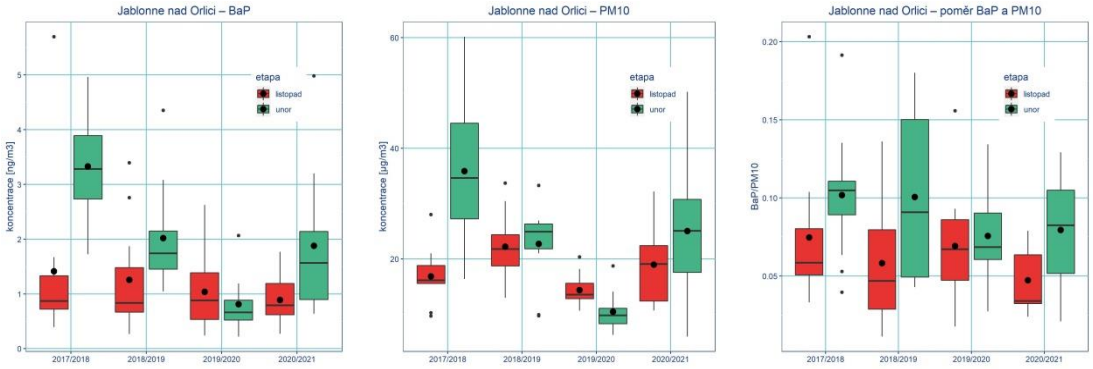
Zlepšující se situaci ve smyslu modernizace zdrojů tepla a zvyšující se kvality vytápění na hodnocených lokalitách potvrzuje i skutečnost, že k poklesu a stagnaci hodnot poměrů BaP/PM_{10} došlo i mezi dvěma posledními únorovými etapami 2020 a 2021, tj. mezi etapou s nejlepšími meteorologickými a rozptylovými podmínkami z hlediska kvality ovzduší (nejvyšší průměrná teplota, nejvyšší úhrn srážek a více než 90 % výskyt dobrých rozptylových podmínek) a etapou, kdy panovaly zhoršené až nejhorší podmínky (druhá nejnižší teplota a nejnižší výskyt (60 %) dobrých rozptylových podmínek) za celou dobu měření.



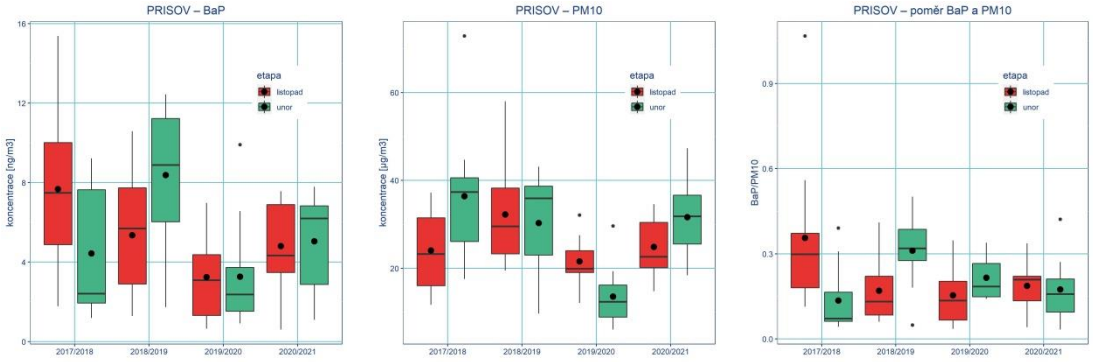
Obr. 4.11 Bolatice – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích etap 2017–2021



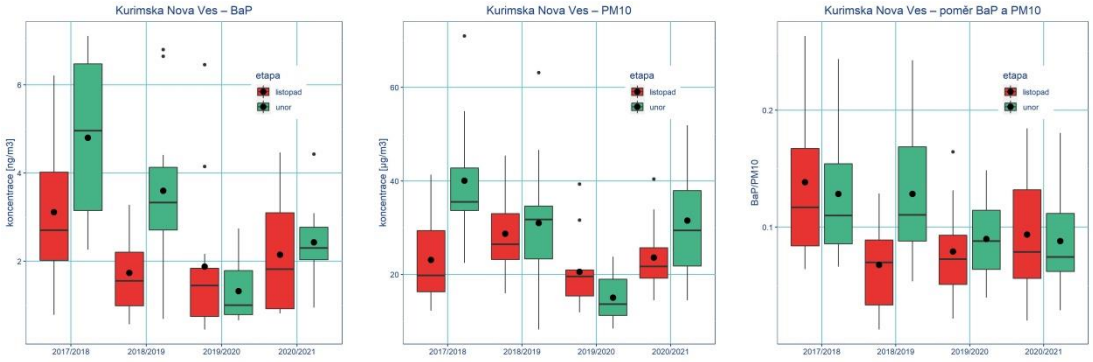
Obr. 4.12 Hřivice – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích etap 2017–2021



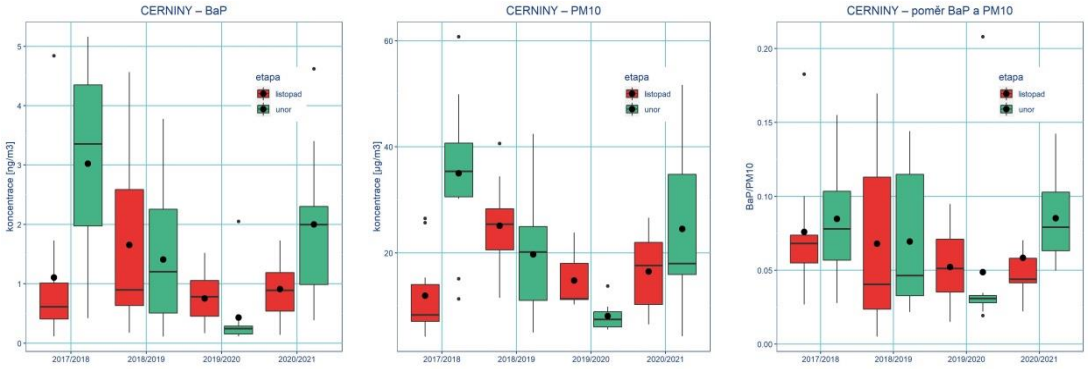
Obr. 4.13 Jablonné nad Orlicí – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích etap 2017–2021



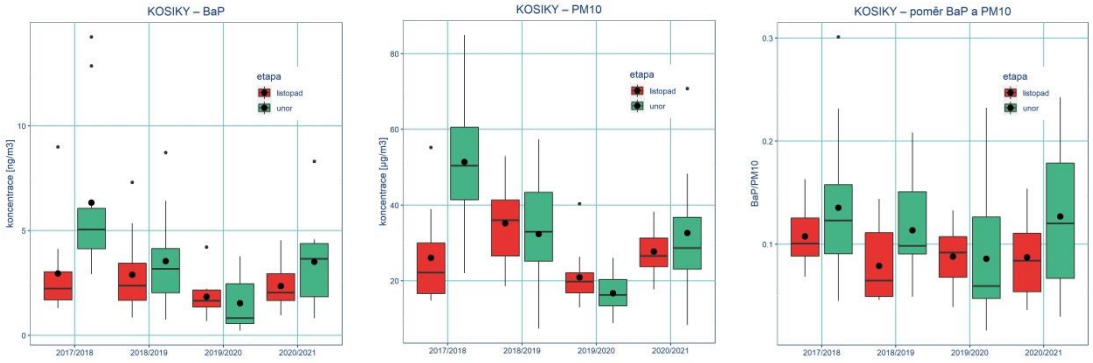
Obr. 4.14 Příšov – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích etap 2017–2021



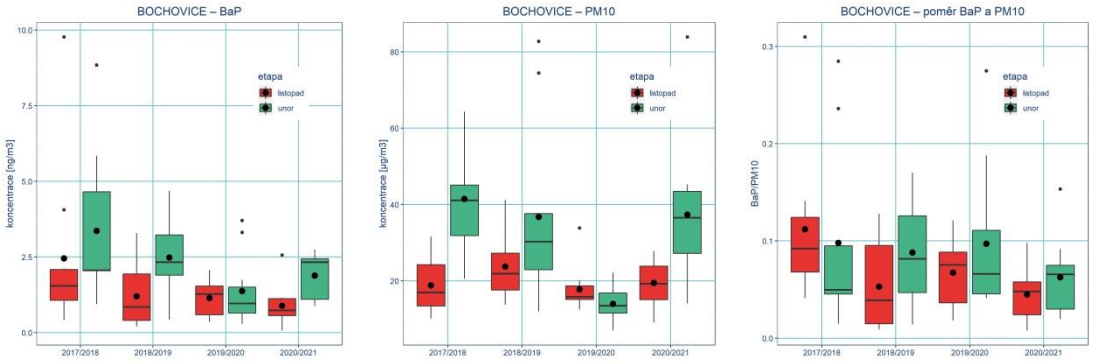
Obr. 4.15 Kuřimská Nová Ves – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích etap 2017–2021



Obr. 4.16 Černíny – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích etap 2017–2021



Obr. 4.17 Košíky – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích etap 2017–2021



Obr. 4.18 Bochovice – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích etap 2017–2021

Tab. 4.2 Průměrné koncentrace BaP a PM_{10} a průměrné hodnoty poměrů koncentrací BaP / PM_{10} během měřicích etap 2017, 2018, 2019 a 2020[10]

Koncentrace BaP	aritmetický průměr			
	listopad 2017	listopad 2018	listopad 2019	listopad 2020
Bolatice	7.56	8.59	5.76	4.96
Hřivice	3.98	6.34	4.13	2.44
Jablonné nad Orlicí	1.41	1.25	1.04	0.89
Příšov	7.66	5.35	3.15	4.80
Kuřimská Nová Ves	3.11	1.74	1.88	2.15
Černíny	1.11	1.65	0.75	0.91
Košíky	2.95	2.89	1.84	2.35
Bochovice	2.45	1.20	1.06	0.88
VŠECHNY STANICE	3.78	3.63	2.45	2.42

Koncentrace BaP	aritmetický průměr			
	únor 2018	únor 2019	únor 2020	únor 2021
Bolatice	14.80	7.96	3.44	7.80
Hřivice	4.99	5.10	1.82	4.25
Jablonné nad Orlicí	3.47	2.02	0.80	1.88
Příšov	4.43	8.21	3.26	5.04
Kuřimská Nová Ves	4.82	3.60	1.32	2.43
Černíny	3.02	1.41	0.43	2.00
Košíky	6.59	3.55	1.53	3.51
Bochovice	3.67	2.48	1.37	1.89
VŠECHNY STANICE	5.72	4.29	1.75	3.60

Koncentrace PM_{10}	aritmetický průměr			
	listopad 2017	listopad 2018	listopad 2019	listopad 2020
Bolatice	32.23	48.88	29.63	27.64
Hřivice	23.34	40.37	27.55	28.38
Jablonné nad Orlicí	16.85	22.22	14.36	18.96
Příšov	24.06	32.23	22.53	24.85
Kuřimská Nová Ves	23.10	28.70	20.54	23.60
Černíny	11.93	25.11	14.78	16.49
Košíky	26.02	35.18	20.88	27.71
Bochovice	18.79	23.70	15.78	19.45
VŠECHNY STANICE	22.04	32.05	20.76	23.38

Koncentrace PM_{10}	aritmetický průměr			
	únor 2018	únor 2019	únor 2020	únor 2021
Bolatice	71.91	39.41	17.91	45.54
Hřivice	43.29	32.87	18.48	44.31
Jablonné nad Orlicí	33.85	22.72	10.74	25.03
Příšov	36.38	30.29	13.57	31.64
Kuřimská Nová Ves	36.59	31.01	15.04	31.55
Černíny	34.99	19.70	8.49	24.50
Košíky	48.19	32.35	16.68	32.60
Bochovice	38.59	36.72	13.95	37.33
VŠECHNY STANICE	42.97	30.63	14.36	34.06

Poměry BaP / PM_{10}	aritmetický průměr			
	listopad 2017	listopad 2018	listopad 2019	listopad 2020
Bolatice	0.21	0.17	0.18	0.16
Hřivice	0.15	0.16	0.14	0.08
Jablonné nad Orlicí	0.07	0.06	0.07	0.05
Příšov	0.36	0.17	0.13	0.19
Kuřimská Nová Ves	0.14	0.07	0.08	0.09
Černíny	0.08	0.07	0.05	0.06
Košíky	0.11	0.08	0.09	0.09
Bochovice	0.11	0.05	0.06	0.04
VŠECHNY STANICE	0.15	0.10	0.10	0.10

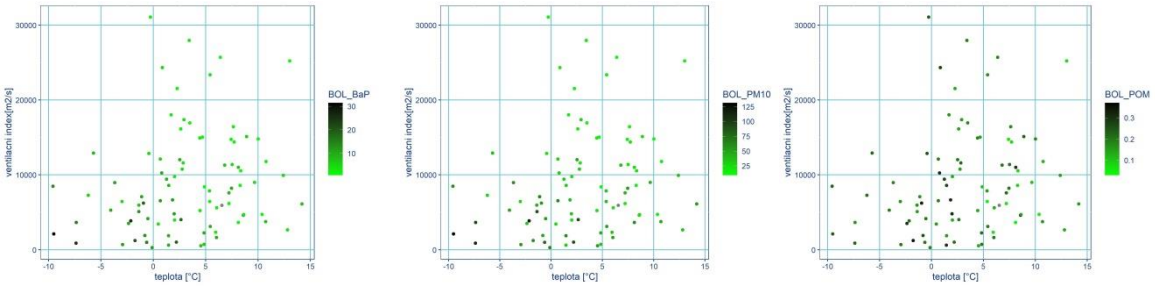
Poměry BaP / PM_{10}	aritmetický průměr			
	únor 2018	únor 2019	únor 2020	únor 2021
Bolatice	0.21	0.21	0.17	0.16
Hřivice	0.12	0.16	0.09	0.10
Jablonné nad Orlicí	0.11	0.10	0.08	0.08
Příšov	0.14	0.31	0.22	0.17
Kuřimská Nová Ves	0.13	0.13	0.09	0.09
Černíny	0.08	0.07	0.05	0.09
Košíky	0.14	0.11	0.09	0.13
Bochovice	0.10	0.09	0.10	0.06
VŠECHNY STANICE	0.13	0.15	0.11	0.11

Na základě uvedených výsledků a následné analýzy vyplývá, že na uvedených projektových lokalitách dochází ke snižování poměrů BaP/PM_{10}, tj. obsahu BaP v suspendovaných částicích PM_{10}.

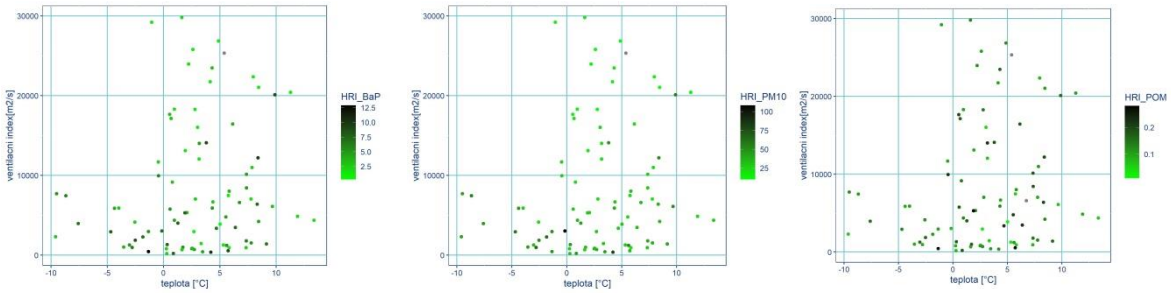
[10] Průměrné koncentrace BaP a PM_{10} a průměrné hodnoty poměrů koncentrací BaP/PM_{10} během měřicích etap jsou spočteny ze dnů, ve kterých byly měřeny jak koncentrace BaP, tak suspendovaných částic PM_{10}, přičemž koncentrace BaP jsou měřeny v třídenním intervalu.

4.3 Vyhodnocení naměřených koncentrací BaP, PM_{10} a jejich poměrů v souvislosti s meteorologickými podmínkami za celé projektové období

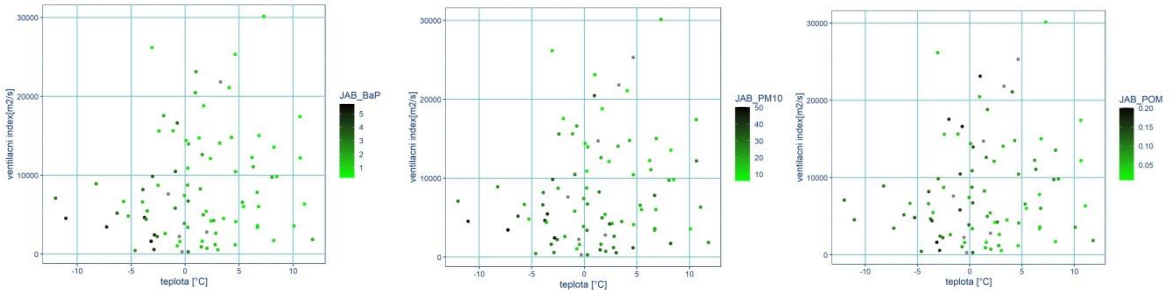
Závislost samotných koncentrací látek znečišťujících ovzduší na teplotních poměrech a rozptylových podmínkách (ventilačním indexu) znázorňují i grafy na Obr. 4.19–Obr. 4.26. Z obrázků je vidět jasný vliv meteorologických podmínek na koncentrace BaP a PM_{10}, kdy při teplotách pod bodem mrazu a špatných rozptylových podmínek (nízké hodnoty ventilačního indexu) jsou koncentrace obou polutantů nejvyšší. Naprosto nejvyšší koncentrace BaP jsou zaznamenány během dnů s teplotou pod bodem mrazu, zatímco vysoké hodnoty koncentrací PM_{10} se vyskytují i ve dnech, kdy je teplota nad bodem mrazu. Z těchto grafů je i patrné, že poměr BaP/PM_{10} na rozdíl od koncentrací BaP a PM_{10} na těchto podmínkách nezávisí. Toto potvrzuje, že poměr BaP/PM_{10} lze využít jako ukazatel intenzity emisních zdrojů v dané lokalitě.



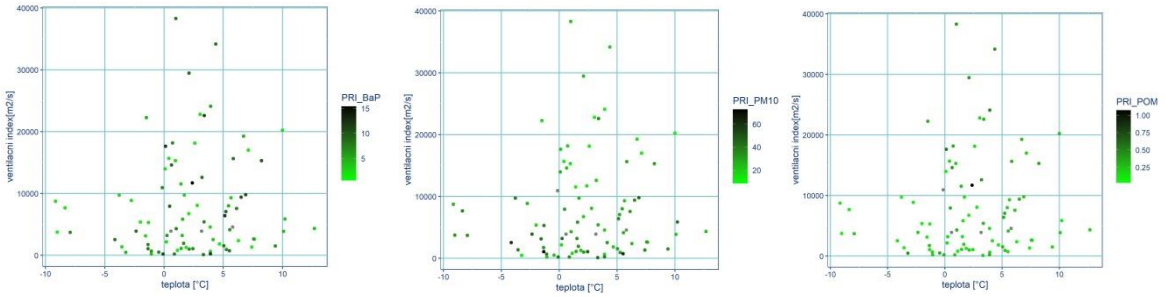
Obr. 4.19 Bolatice – průměrné denní koncentrace BaP [ng·m^{-3}], PM_{10} [µg·m^{-3}] a hodnoty denních poměrů BaP/PM_{10} podle teploty a ventilačního indexu



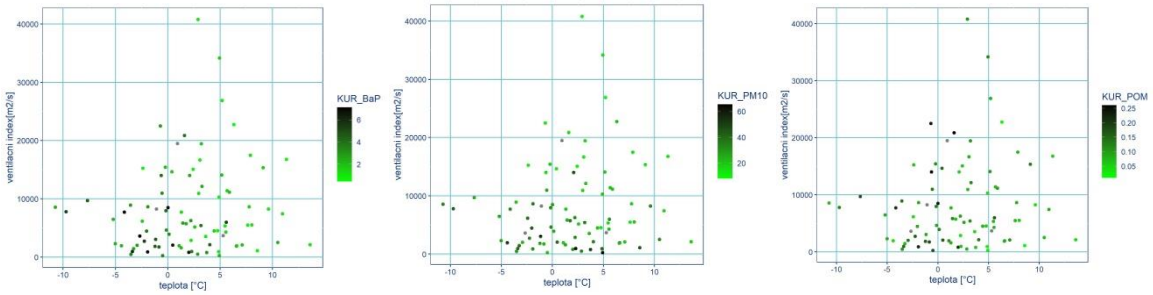
Obr. 4.20 Hřivice – průměrné denní koncentrace BaP [ng·m^{-3}], PM_{10} [µg·m^{-3}] a hodnoty denních poměrů BaP/PM_{10} podle teploty a ventilačního indexu



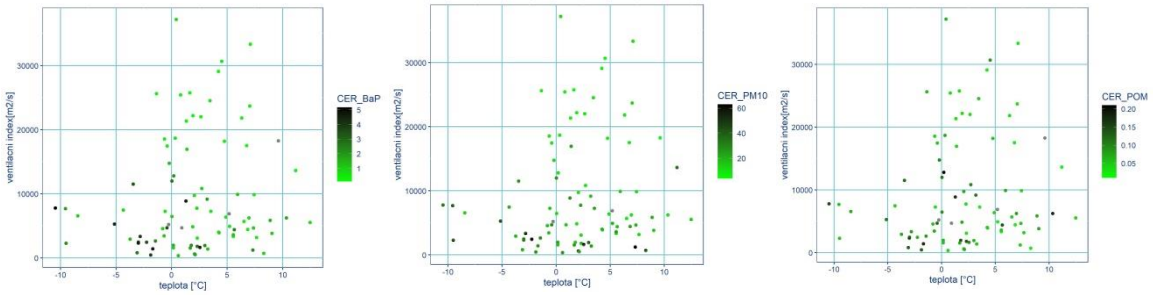
Obr. 4.21 Jablonné nad Orlicí – průměrné denní koncentrace BaP [ng·m^{-3}], PM_{10} [µg·m^{-3}] a hodnoty denních poměrů BaP/PM_{10} podle teploty a ventilačního indexu



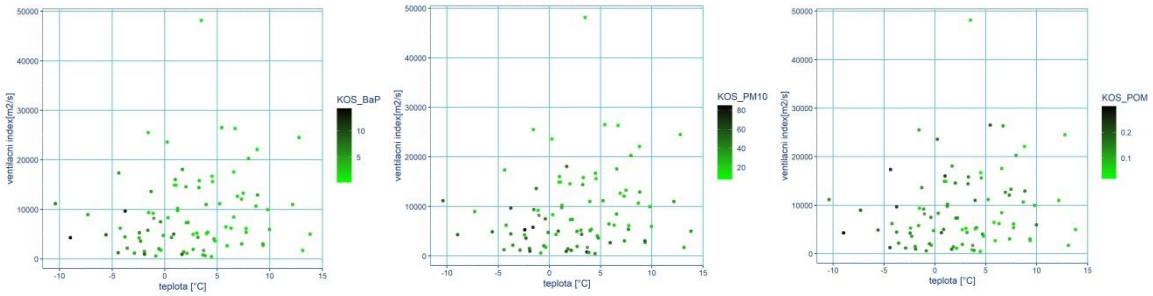
Obr. 4.22 Příšov – průměrné denní koncentrace BaP [ng·m^{-3}], PM_{10} [µg·m^{-3}] a hodnoty denních poměrů BaP/PM_{10} podle teploty a ventilačního indexu



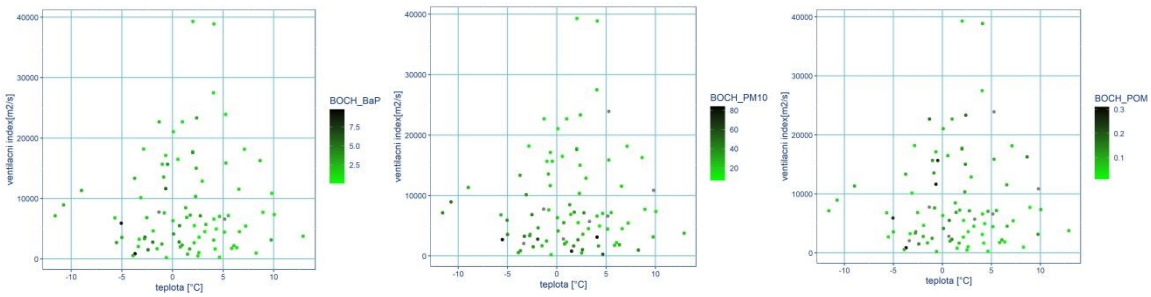
Obr. 4.23 Kuřimská Nová Ves – průměrné denní koncentrace BaP [ng·m^{-3}], PM_{10} [µg·m^{-3}] a hodnoty denních poměrů BaP/PM_{10} podle teploty a ventilačního indexu



Obr. 4.24 Černíny – průměrné denní koncentrace BaP [ng·m^{-3}], PM_{10} [µg·m^{-3}] a hodnoty denních poměrů BaP/PM_{10} podle teploty a ventilačního indexu



Obr. 4.25 Košíky – průměrné denní koncentrace BaP [ng·m^{-3}], PM_{10} [µg·m^{-3}] a hodnoty denních poměrů BaP/PM_{10} podle teploty a ventilačního indexu



Obr. 4.26 Bochovice – průměrné denní koncentrace BaP [ng·m^{-3}], PM_{10} [µg·m^{-3}] a hodnoty denních poměrů BaP/PM_{10} podle teploty a ventilačního indexu

4.4 Imisní limity pro ochranu zdraví

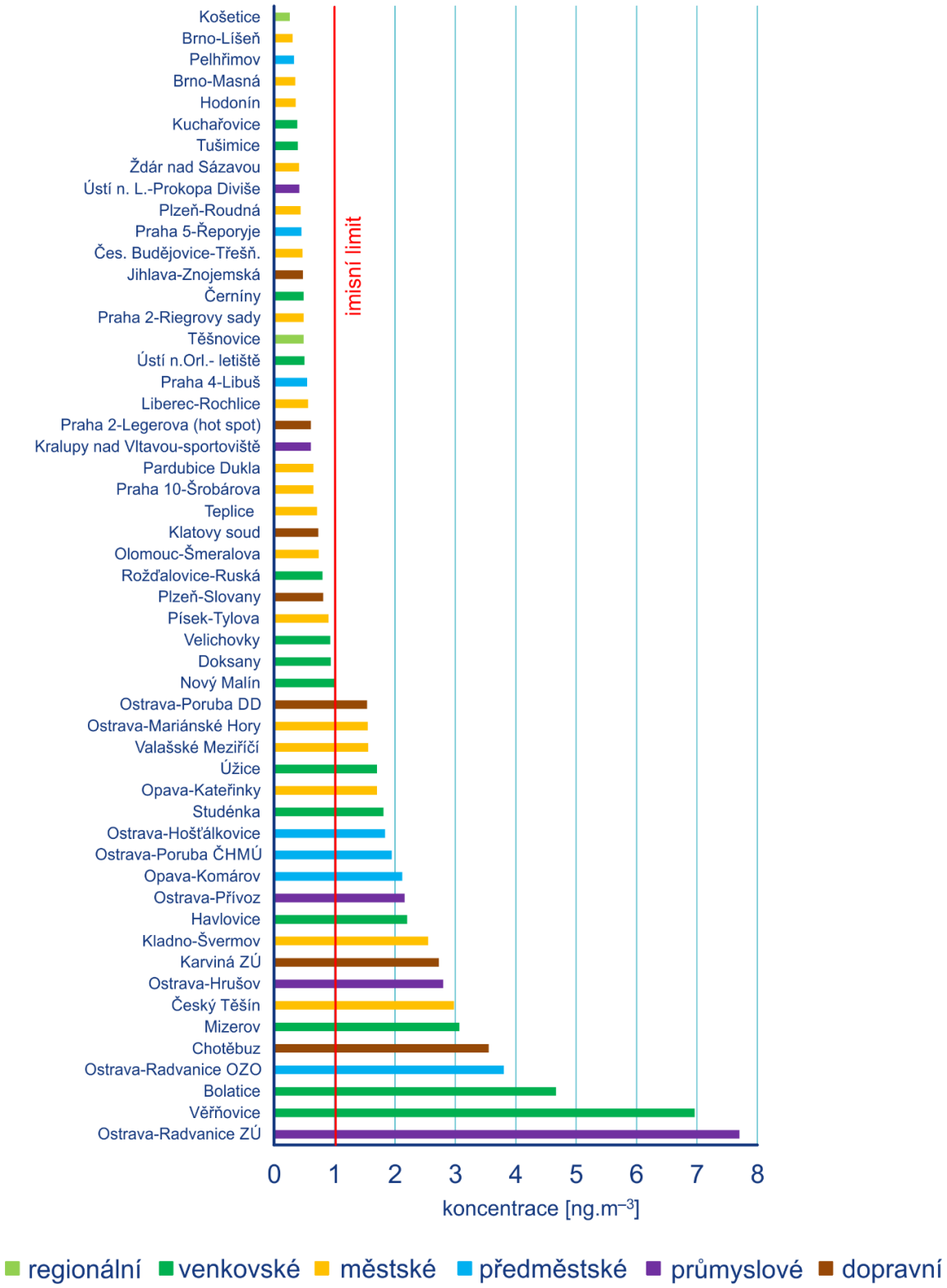
V roce 2020 bylo provedeno také celoroční měření BaP a PM_{10} ve dvou projektových obcích – Bolatice a Černíny v rámci výzkumných činností ČHMÚ. Bolatice představují obec s větším počtem obyvatel (cca 4 500 obyvatel) a Černíny je naopak malá obec s cca 100 obyvateli. V Bolaticích byla naměřena třetí nejvyšší roční průměrná koncentrace BaP (4,7 ng·m^{-3}) v rámci České republiky v roce 2020 (podrobnější vyhodnocení viz Příloha II), která překročila imisní limit BaP více než čtyřikrát (Obr. 4.27). Obec Bolatice leží v regionu se souvisle násobně překročeným limitem pro BaP. Nejvyšší roční průměrné koncentrace benzo[*a*]pyrenu jsou dlouhodobě zaznamenávány na celém území aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek v důsledku nejvyššího emisního zatížení v rámci ČR (z různých typů zdrojů) a vlivu přeshraničního přenosu z Polska. V Černínech byla naměřená roční průměrná koncentrace na polovině hodnoty imisního limitu (0,5 ng·m^{-3}). V případě PM_{10} nedošlo k překročení ročního ani denního imisního limitu (roční průměrná koncentrace 22,7 µg·m^{-3} v Bolaticích, roční průměrná koncentrace 14,6 µg·m^{-3} v Černínech). Nicméně hodnota denního imisního pro PM_{10} byla překročena v Bolaticích (12×) i v Černínech (2×) v rámci povoleného počtu překročení (35×).

4.5 Výměny kotlů

Tab. 4.3 Počet vyměněných kotlů v rámci kotlíkových dotací v projektových lokalitách (k 1. 10. 2020)

obec	počet výměn kotlů								Počet kotlů*	Počet kotlů na pevná paliva**	% výměn 2015–2021
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	celkem			
Bochovice (kraj Vysočina)	0	3	2	1	1	0	1	8	**42**	**57**	**14**
Bolatice (Moravskoslezský kraj)	0	18	21	39	41	39	23	181	**1405**	**134**	**135**
Černíny (Středočeský kraj)	0	3	2	3	1	1	1	11	**55**	**137**	**8**
Hřivice (Ústecký kraj)	1	6	7	3	0	4	6	27	**143**	**215**	**13**
Jablonné nad Orlicí (Pardubický kraj)	1	17	17	20	8	10	13	86	**1209**	**355**	**24**
Košíky (Zlínský kraj)	0	0	2	0	0	0	0	2	**152**	**72**	**3**
Kuřimská Nová Ves (Jihomoravský kraj)	0	0	0	1	0	0	1	2	**46**	**26**	**8**
Příšov (Plzeňský kraj)	0	4	1	3	1	1	7	17	**135**	**77**	**22**
Celkem	**2**	**51**	**52**	**65**	**20**	**55**	**52**	297	- - -		- - -

* počet adresních míst s nenulovým počtem bytů a vytápěných lokálním kotlem neevidovaným v REZZO 1 a 2 podle databáze adresních míst platné k 1. 1. 2019 (Adresní místa (MIDAS). WWW: https://www.czso.cz/csu/rso/vrstva_adresnich_mist)
** k 1. 1. 2015



Obr. 4.27 Roční průměrné koncentrace benzo[*a*]pyrenu na měřicích stanicích, 2020. (Zdroj: ČHMÚ 2021)

4.6 Shrnutí

Cílem vyhodnocení bylo zjistit, zda došlo ke změně resp. k žádoucímu poklesu koncentrací PM_{10} a BaP po další etapě realizace opatření pro zlepšení kvality ovzduší v malých sídlech (výměna kotlů) a poklesu karcinogenního BaP v emisích z lokálních topenišť. Analýza byla provedena na základě naměřených koncentrací obou polutantů a jejich poměru.

Na základě uvedených výsledků a následné analýzy vyplývá, že na uvedených projektových lokalitách dochází ke snižování poměrů BaP/PM_{10}, tj. obsahu BaP v suspendovaných částicích PM_{10}. Vzhledem k tomu, že během poslední kampaně 2020/2021 v porovnání s předešlými kampaněmi panovaly nejhorší rozptylové podmínky a průměrná teplota byla druhá nejnižší, lze dosažení nejnižších a druhých nejnižších hodnot poměrů BaP/PM_{10} během poslední kampaně 2020/2021 považovat za ukazatel poklesu měrných emisí BaP z vytápění domácností spojeného se zvýšenou kvalitou spalování pevných paliv ve zdrojích tepla v domácnostech v oblastech projektových lokalit. Poměr BaP/PM_{10} je jedním z možných ukazatelů a nástrojů pro vyhodnocení vlivu opatření pro zlepšení kvality ovzduší z hlediska kvality spalovacího procesu ve zdrojích tepla v domácnostech.

Z provedené analýzy je zřejmý silný vliv meteorologických a rozptylových podmínek na úroveň znečišťujících látek v ovzduší. Vyšší teploty a dobré rozptylové podmínky v únoru 2020 vedly k nejnižším koncentracím BaP a PM_{10} za hodnocené období. Nicméně v případě výskytu nízkých teplot a teplot pod bodem mrazu a/nebo výskytu mírně nepříznivých až nepříznivých rozptylových podmínek dochází k navýšení koncentrací polutantů ve venkovním ovzduší, přičemž k navýšení koncentrací BaP dochází zejména během mrazivých dnů. Při potenciálním zvýšení cen energií lze navíc v budoucnu očekávat i návrat k levnějšímu způsobu vytápění, což by vedlo k dalšímu navýšení koncentrací látek znečišťujících ovzduší.

I přes pokračující obnovu zdrojů vytápění domácností byla v rámci celoročního měření v Bolaticích v roce 2020 naměřena roční průměrná koncentrace BaP o hodnotě 4,7 $ng \cdot m^{-3}$. Obec Bolatice leží v regionu se souvisle násobně překročeným limitem pro BaP. Nejvyšší roční průměrné koncentrace benzo[*a*]pyrenu jsou dlouhodobě zaznamenávány na celém území aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek v důsledku nejvyššího emisního zatížení v rámci ČR (z různých typů zdrojů) a vlivu přeshraničního přenosu z Polska. K více než čtyřnásobnému překročení imisního limitu (1 $ng \cdot m^{-3}$) došlo v Bolaticích tedy i v roce, který byl z hlediska kvality ovzduší výjimečně příznivý, ve kterém byly naměřeny nejnižší koncentrace polutantů za období 2010–2020 a který byl zároveň teplotně silně nadnormální, srážkově nadnormální a panovaly v něm standardní rozptylové podmínky (ČHMÚ 2021).

Realizovaná opatření (výměna kotlů) vedou ke zkvalitnění vytápění s nižší produkcí karcinogenního BaP. Provedená analýza však indikuje, že v případě déletrvajícího výskytu nízkých až mrazivých teplot v následujících letech lze očekávat zvýšené až nadlimitní koncentrace polutantů. Nižší měrné emise BaP z lokálních topenišť však znamenají, že při pokračující výměně zdrojů tepla a správném způsobu vytápění by neměly imisní koncentrace v dalších letech dosáhnout úrovní koncentrací z minulých a z hlediska meteorologických a rozptylových podmínek srovnatelných let. Pokračující realizace opatření v dalších letech je proto více než žádoucí.

5 Modelové hodnocení dopadů 1. až 3. kola kotlíkových dotací na kvalitu ovzduší

Od 1. září 2022 bude podle zákona o ochraně ovzduší z roku 2012 povoleno používat kotle pouze 3. a vyšší emisní třídy podle ČSN EN 303-5. Provoz zastaralých kotlů bude zakázán. Dotační program známý pod zkratkou „kotlíkové dotace“ odstartoval v roce 2015. V třech výzvách bylo přijato 120 000 žádostí, vyměněno 84 000 kotlů a vyplaceno 9,3 mld. Kč. V provozu může být aktuálně stále až 300 000 nevyhovujících kotlů na pevná paliva.[11] V této kapitole je provedeno modelové hodnocení dopadu doposud provedených výměn na základě anonymizovaných dat poskytnutých MŽP.

5.1 Metodika

5.1.1 Výpočet emisí z lokálního vytápění[12]

5.1.1.1 Výchozí stav – rok 2015

Pro výpočet a vyhodnocení dopadu kotlíkových dotací byl zvolen rok 2015 jako referenční rok. V tomto roce se spustila první vlna kotlíkových dotací, při kterých bylo možné provést výměnu starého neekologického kotle za nový, který splňoval přísnější parametry emisních limitů a účinnosti, případně za jiný zdroj energie.

Emise za rok 2015 byly vypočítány modelem využívaným k inventarizaci emisí z domácností pro celou ČR na úrovni základních územních jednotek (ZÚJ). Základní podkladová data tvoří výsledky ze sčítání lidu, domů a bytů (SLDB) 2011 a šetření ENERGO 2015 (ČSÚ 2017). Každý rok se aktualizují údaje o počtu bytů a jejich způsobu vytápění, parametry paliv, podíl spotřebovaného paliva dle typu konstrukce kotle a klimatické podmínky za daný rok vyjádřené počtem denostupňů.

Model je založen na bottom-up principu, ve kterém se ze vstupních údajů (počet bytů, způsob vytápění, zateplení bytu, měrná potřeba tepla na byt, počet denostupňů) počítá spotřeba tepla a konkrétního druhu paliva na jeden průměrný byt. Následně se za použití emisních faktorů pro daný typ paliva a konstrukci spalovacího zařízení vypočítají emise znečišťujících látek (ZL) po palivech. Podrobný popis metodiky výpočtu včetně použitých emisních faktorů a účinnosti kotlů je dostupný Modlík et al. (2017). Pro výpočet emisí byly použity emisní faktory při jmenovitém a sníženém tepelném výkonu kotle v poměru 15/85, které reflektují odhadovaný provoz kotlů v průběhu roku (tj. 85 % času jsou provozovány na snížený výkon, ve zbylém čase na jmenovitý). Tento předpoklad je v souladu se Směrnicí o Ekodesignu 2009/125/ES (Ekodesign 2009).

[11] https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/kotlikove-dotace/zakladni-informace/ [cit. 12. 10. 2021]

[12] Přílohou zprávy je soubor s vyčíslením změn emisí pro jednotlivé výměny v rámci 1. až 3. kola kotlíkových dotací: *14_V3_Finalni_vyhodnoceni_dopadu_opatreni_PZKO_PRILOHA_IV_zmeny_emisi_jednotlive_vymeny_kotlu.xlsx*.

5.1.1.2 Změny emisí v důsledku kotlíkových dotací

Pro vyčíslení efektu výměny kotlů v rámci dotačního programu kotlíkové dotace byla použita anonymizovaná data z prvního a druhého kola (stav k 17. 1. 2020) a dále 3. kola (stav z dubna 2021).

Efekt výměny kotlů byl počítán pro každou žádost zvlášť jako rozdíl emisí před a po výměně v dané lokalitě. Aby mohly být výsledky aplikovány a porovnány s emisemi z modelového výpočtu za rok 2015, byla potřeba tepla na jednotku bytu počítána z podkladů z modelu za rok 2015. Z anonymizovaných dat byly pro vyhodnocení využity údaje o lokaci, kde proběhla výměna (ZÚJ), konstrukci nahrazovaného kotle, používaném palivu a podílu na pokrytí tepelné potřeby budovy, případně o dalším zdroji vytápění a o novém zdroji tepla. Do vyhodnocení byly zahrnuty všechny žádosti mimo ty, které byly ke dni aktualizace dat vyřazeny nebo vráceny (zařazeny žádosti se stavem administrace projektu: ukončena realizace, vydána smlouva o podpoře, zásobník projektů, žádost podána). Je tedy možné, že některé žádosti mohou být ještě z dotačního programu vyřazeny a jeho efekt tak bude nepatrně nižší.

5.1.1.2.1 Roční potřeba tepla

Pro vyhodnocení byla nejdříve u každé žádosti vypočtena roční potřeba tepla na byt. Parametry bytů (měrná potřeba tepla na vytápění bytů, podíl zateplených a nezateplených bytů, průměrná podlahová plocha bytu v ZÚJ) byly převzaty z modelu pro výpočet emisí za rok 2015. Údaje o počtu denostupňů pro jednotlivé ZÚJ byly rovněž použity za rok 2015.

$$Q_{a,sf,j} = 0{,}0036 \cdot \sum_b (q_{m1,k} \cdot K_1 + q_{m2,k} \cdot K_2) \cdot P_j \cdot \frac{D21_{2015,j}}{D21N} \quad (1)$$

$Q_{a,sf,j}$	roční potřeba tepla na vytápění bytu při převažujícím způsobu vytápění pevnými palivy *sf* v ZÚJ *j* [GJ·rok^{-1}]
$q_{m1,k}$	měrná potřeba tepla na vytápění nezateplených bytů v rodinných domech v kraji k [kWh.m^{-2}·rok^{-1}]
$q_{m2,k}$	měrná potřeba tepla na vytápění zateplených bytů v rodinných domech v kraji k [kWh.m^{-2}·rok^{-1}]
K_1	podíl nezateplených bytů při převažujícím způsobu vytápění pevnými palivy
K_2	podíl zateplených bytů při převažujícím způsobu vytápění pevnými palivy
Pj	průměrná podlahová plocha bytu v rodinných domech v ZÚJ *j* [m^2]
j	index základní územní jednotky
k	index krajů ČR
$D21_{2015,j}$	počet denostupňů v ZUJ j v roce 2015 při vnitřní teplotě vzduchu 21 °C [D·K]
$D21N$	normál denostupňů [D·K]

5.1.1.2.2 Příprava dat – první výzva

V podkladech první výzvy kotlíkových dotací se u každé žádosti uváděla konstrukce nahrazovaného kotle (prohořívací, odhořívací, zplyňovací) a typ používaného paliva (černé uhlí, hnědé uhlí, biomasa). Dále mohl žadatel uvést i druhý a třetí zdroj vytápění (černé/hnědé uhlí, biomasa, zemní plyn, LPG, elektřina, solární energie), přičemž u každého z těchto zdrojů byl uveden podíl na pokrytí tepelné potřeby budovy.

U nahrazovaného kotle (hlavní zdroj vytápění) mohly být uvedeny dva typy používaného paliva, v těchto případech nebyl uveden poměr spotřeby paliv v nahrazovaném kotli. Pro výpočet spotřeby tepla bylo nutné znát podíl spotřeby jednotlivých typů paliv. Proto byl tento poměr pro účely výpočtu stanoven na základě žádosti o nový zdroj (A1–C), který měl nahradit původní kotel. Vycházelo se z předpokladu, že žadatel v žádosti o nový kotel na pevná paliva rozhoduje dle toho, jaký typ paliva převážně používal před

výměnou. V případě, že žadatel uváděl jako používané palivo v nahrazovaném kotli biomasu a uhlí a zároveň žádal o nový zdroj typu A1 (kotel na uhlí), bylo stanoveno, že vytápěl z 80 % uhlím a z 20 % biomasou. Pokud žádal ve stejném případě o kotel na biomasu (A3), bylo stanoveno vytápění uhlím z 20 % a biomasou z 80 %. U ostatních žádostí (A2, B, C) byl poměr uhlí a biomasy stanoven na 1:1.

Tab. 5.1 Přehledová tabulka stanovení podílu spotřeby uhlí a biomasy v případě uvedení dvou typů paliv v nahrazovaném kotli, první kolo

označení	nový zdroj	uhlí [%]	biomasa [%]
A1	kotel na uhlí	80	20
A2	kotel na uhlí a biomasu	50	50
A3	kotel na biomasu	20	80
B	tepelné čerpadlo	50	50
C	plynový kotel	50	50

U všech výměn se počítalo se 100% pokrytím na tepelné potřeby budovy novým zdrojem, doplňkové zdroje vytápění nebyly uvažovány. V případě nového zdroje typu A1 (kotel na uhlí) byla veškerá potřeba tepla na vytápění pokryta spalováním uhlí (černé a hnědé uhlí ve stejném poměru jako v uvedené žádosti), u zdroje typu A3 spalováním biomasou. Tepelná čerpadla byla ve výpočtu nahrazena nulovými emisemi a u plynových kotlů se počítalo s vytápěním zemním plynem. V případě nového zdroje typu A2 (kotel na uhlí a biomasu) byl ponechán původní poměr pevných paliv. Pokud žadatel uvedl, že před výměnou za kotel na uhlí a biomasu vytápěl pouze uhlím, bylo po výměně stanoveno vytápění z 80 % uhlím a z 20 % biomasou.

5.1.1.2.3 Příprava dat – druhá a třetí kolo

V podkladech druhého a třetího kola byla rovněž uvedena v každé žádosti konstrukce nahrazovaného kotle a nový zdroj vytápění. Údaje o používaných palivech byly v žádostech uvedeny v kategoriích palivové dřevo, černé uhlí, hnědé uhlí, zemní plyn, elektřina a jiné jako podíl na celkové spotřebě paliv. V případě kategorie paliva jiné byl pro účely výpočtu uvedený podíl paliva nahrazen jako mix dřevní biomasy a hnědouhelných briket (pro Moravskoslezský kraj koks) v poměru 1:1. Z takto doplněného mixu paliv se vypočítala spotřeba tepla na byt podle vzorce 2.

Spotřeba tepla dle typu paliva po výměně se počítala obdobně jako u prvního kola, tedy že nový zdroj pokrýval stejně jako v prvním kole 100 % tepelné potřeby budovy. Při výměně za kotel na biomasu a uhlí (A2) byly podíly pevných paliv ponechány, přičemž do spotřeby uhlí se sečetly podíly černého a hnědého uhlí, do biomasy se přičetly podíly ostatních uvedených typů paliv (palivové dřevo, zemní plyn, elektřina a jiné).

5.1.1.2.4 Spotřeba tepla

Spotřeba tepla se počítala na základě podílu spotřeby jednotlivých druhů paliv, roční potřeby tepla na vytápění bytu a průměrné tepelné účinnosti spalovacího zařízení.

$$M_{a,f} = \frac{P_f \cdot Q_{a,sf,j}}{\eta_{t,f}} \qquad (2)$$

$M_{a,f}$ roční spotřeba tepla paliva f na vytápění bytu [GJ·rok^{-1}]

P_f podíl spotřeby paliva f na pokrytí tepelné potřeby budovy
$Q_{a,sf,j}$ roční potřeba tepla na vytápění bytu [GJ·rok^{-1}]
f index typu paliva
$\eta_{t,f}$ průměrná tepelná účinnost spalovacího zařízení t při spalování paliva f [%]

5.1.1.2.5 Výpočet emisí

Výsledné emise se počítaly jako součin vypočtené spotřeby paliva a příslušného emisního faktoru pro daný typ spalovacího zařízení pro každou znečišťující látku (ZL).

$$E_{ZL,j} = \frac{\sum_f M_{a,f} \cdot EF_{ZL,f,c}}{1000} \quad (3)$$

$E_{ZL,j}$ emise ZL na ZÚJ j [kg·rok^{-1}]
$M_{a,f}$ roční spotřeba tepla paliva f na vytápění bytu [GJ·rok^{-1}]
$EF_{ZL,f,c}$ emisní faktor ZL pro daný typ paliva f a konstrukci spalovacího zařízení c [g·GJ^{-1}]

Pro výpočet emisí byly stejně jako u výchozího roku 2015 použity emisní faktory zohledňující předpoklad, že kotle budou v průběhu roku provozovány po 85 % času na snížený výkon a ve zbylém čase na jmenovitý výkon.

5.1.1.2.6 Celková změna emisí

Efekt výměny kotlů v rámci kotlíkových dotací byl vyčíslen jako množství emisí ZL, o které byly sníženy celkové emise těchto ZL v dané lokalitě na základě výměny kotlů z prvního až třetího kola.

$$E_{efekt\ ZL,j} = \sum_f E_{po\ ZL,f,j} - E_{před\ ZL,f,j} \quad (4)$$

$E_{efekt\ ZL,\ j}$ změna emisí dané ZL na ZÚJ j
$E_{po\ ZL,f,j}$ emise po výměně kotle/zdroje pro danou ZL a typ paliva f na ZÚJ j
$E_{před\ ZL,f,j}$ emise před výměnou kotle/zdroje pro danou ZL a typ paliva f na ZÚJ j

Pro vyhodnocení dopadu výměny kotlů v rámci kotlíkových dotací z první a druhé výzvy se výsledný efekt změny emisí daných ZL pro každou ZÚJ přičetl k emisím z roku 2015.

$$E_{dopad\ ZL,j} = E_{2015\ ZL,j} + E_{efekt\ ZL,j} \quad (5)$$

Porovnáním s rokem 2015 se získal předpokládaný dopad kotlíkových dotací na snížení emisí jednotlivých ZL.

Emise pro výchozí stav nejsou s vyhodnoceným efektem výměn kotlů zcela korektně srovnatelné. Efektivita výměn kotlů se počítala z údajů pro každou žádost – bytovou jednotku – zvlášť, zatímco vstupní data v modelu byly většinou průměrné údaje na byt na krajské, případně celorepublikové úrovni, vycházející z jiných podkladových materiálů.

5.1.2 Modelové hodnocení

Pro výpočet změn kvality ovzduší byl použit chemický transportní model CAMx v5.4.1 (Ramboll Environ, 2018), kterým byl namodelován výchozí stav pro referenční rok 2015 a následně stav se změněnými emisemi z lokálního vytápění. Výsledné koncentrace byly stanoveny kombinací modelových výstupů a mapového hodnocení kvality ovzduší v roce 2015 uvedeného v grafické ročence ČHMÚ (ČHMÚ 2016) podle vzorce (6).

$$C_{scénář} = \frac{CAMx_{scénář}}{CAMx_{ref}} \cdot C_{ref} \quad (6)$$

kde C_{ref} je mapovaná imisní charakteristika (roční průměr, 36. nejvyšší denní koncentrace atd.) dle ročenky ČHMÚ (označovaná v obrázcích též jako ISKO) a $CAMx_{scénář}$, popř. $CAMx_{ref}$ je ta samá charakteristika spočtená modelem CAMx pro referenční rok, případně scénář.

5.1.2.1 Parametry modelového výpočtu

5.1.2.1.1 Výpočetní oblast

Výpočet modelem CAMx napojeným na model ALADIN byl proveden na dvou výpočetních doménách: d01 zahrnovala oblast širší střední Evropy v rozlišení 14,1 x 14,1 km, d02 území České a Slovenské republiky v rozlišení 4,7 x 4,7 km.

5.1.2.1.2 Vstupní data – výchozí stav

Pro Českou republiku byly použity národní emise z databáze REZZO pro rok 2015 a dále emise ze silniční dopravy vycházející ze sčítání ŘSD v roce 2016 (aktualizace údajů o dopravě nejbližší roku 2015). Emise ze silniční dopravy připravila na základě smlouvy s ČHMÚ společnost ATEM - Ateliér ekologických modelů, s. r. o. a zahrnují v sobě i resuspenzi prachu usazeného na vozovce, která činí naprostou většinu celkových emisí primárních částic. Byly zahrnuty i fugitivní emise z povrchové těžby (celá ČR), výroby koksu, železa a oceli a jiných zdrojů (aglomerace CZ08A) a sléváren (celá ČR). Pro území Polska byly pro rok 2015 k dispozici detailní emisní vstupy poskytnuté úřady GIOS (Głόvny Inspektorat Ochrony Środowiska) a KOBiZE (Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami) v rámci projektu LIFE-IP MAŁOPOLSKA získané v projektu LIFE-IP MAŁOPOLSKA. Pro Slovensko byly k dispozici detailní emise z lokálního vytápění. Emise z lokálního vytápění pro Českou republiku a Slovensko byly spočteny za předpokladu, že kotle jsou po 15 % času provozovány na jmenovitý výkon a po zbytek času na snížený výkon, znamenající nedokonalé spalování a zvýšené emise. Mimo výše uvedené oblasti a pro ostatní sektory, než SNAP 2 na území Slovenska byl využit inventář CAMS European anthropogenic emissions v1.1 – Air pollutants pro rok 2015 (Kuenen et al. 2014; Granier et al. 2012). Evropské emise benzo[a]pyrenu byly připraveny J. Bieserem v rámci projektu LIFE-IP MAŁOPOLSKA. Biogenní emise byly vypočteny modelem MEGAN v2.1 (Guenther et al. 2012). Emise byly zpracovány procesorem FUME (Benešová et al. 2018). Okrajové podmínky převzaty z globální předpovědi ECMWF CAMS IFS (ECMWF 2020).

Meteorologické vstupy odpovídaly roku 2015 a byly připraveny 6hodinovým asimilačním cyklem modelu ALADIN (analýza situace v 0, 6, 12 a 18 UTC následovaná předpovědí na nejbližších 6 hodin).
Horizontální rozlišení modelu ALADIN je 4,7 x 4,7 km.

5.1.2.2 Validace modelu pro referenční rok

Legislativní požadavky na přesnost modelových výstupů jsou uvedeny v příloze č. 1 vyhlášky 330/2012 Sb., o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích (dále Vyhláška). V případě průměrných ročních koncentrací je povolena maximální nejistota 50 % u částic PM_{10} a $PM_{2,5}$, 30 % u NO_2 a 60 % u benzo[*a*]pyrenu. Maximální nejistota průměrných denních koncentrací PM_{10} není stanovena. Tato nejistota je definována jako „*maximální odchylka naměřených a vypočítaných úrovní koncentrace na 90 % jednotlivých měřicích míst za příslušné období ve vztahu k imisnímu limitu, přičemž se nebere v úvahu časové rozvržení událostí. Nejistota u modelování se považuje za platnou v oblasti příslušného imisního limitu. Stacionární měření, jež je třeba zvolit pro porovnání s výsledky modelování, musí být reprezentativní pro rozsah modelované situace*“. Vyhláška ani směrnice 50/2008/EC neobsahuje vzorec pro výpočet takto definované nejistoty. V technické zprávě Evropské agentury pro životní prostředí (EEA Technical report No 10/2011)[13] byl proto navržen vztah pro její výpočet:

$$RDE = |C_{model} - C_{měření}|/LV \cdot 100\ , \qquad (7)$$

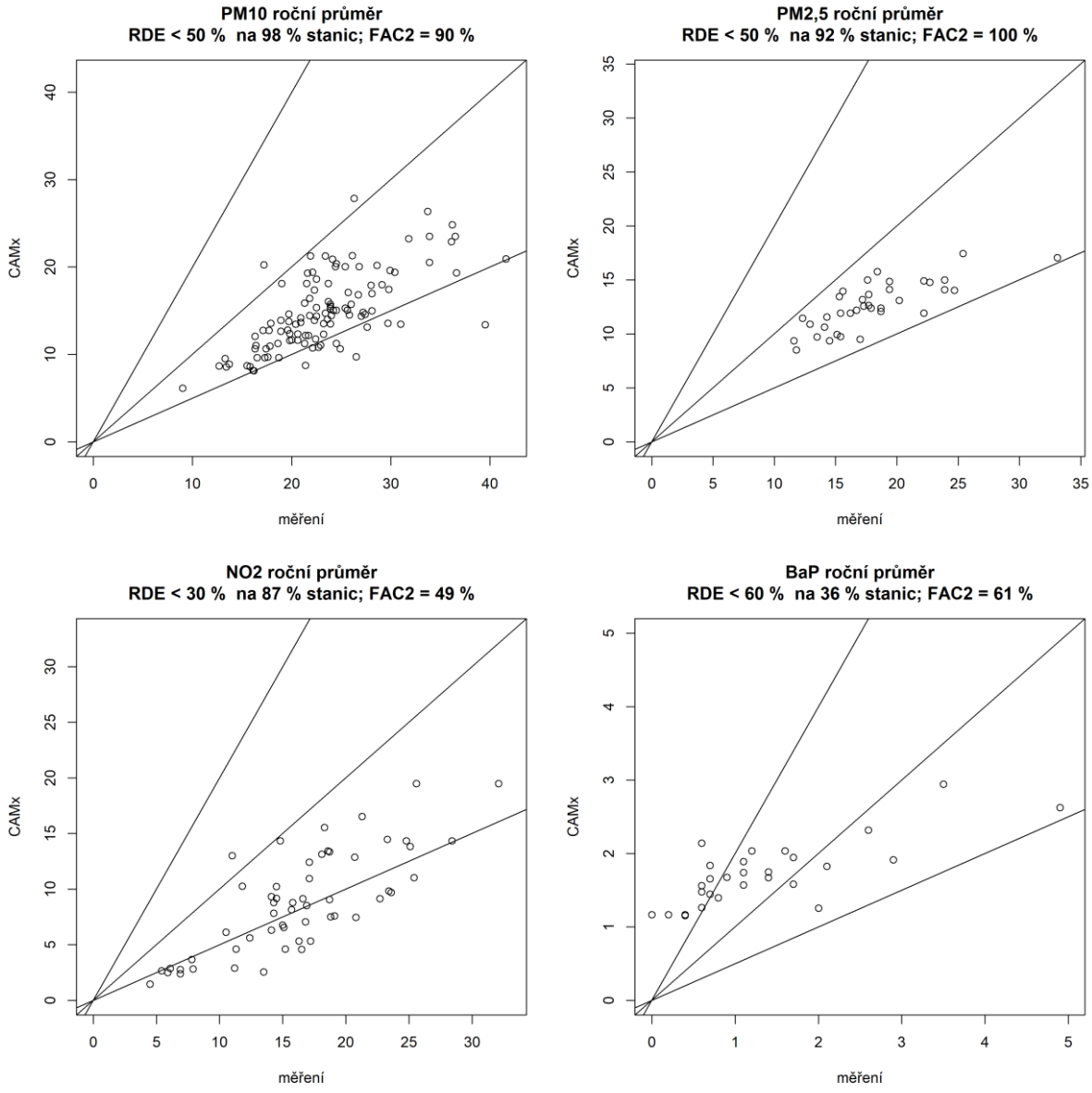
kde C je modelovaná, resp. naměřená průměrná roční koncentrace a LV je hodnota ročního imisního limitu. Jak bylo řečeno výše, tato nejistota musí být menší, než požadovaná mez, na 90 % stanic.

Níže uvedené srovnání je provedeno pro výstupy modelu CAMx v doméně d02. Modelované koncentrace tedy odpovídají průměrné koncentraci v buňce o horizontálních rozměrech 4,7 x 4,7 km a s výšce cca 50 m. V Tab. 5.2 shrnujeme, kolik stanic splňuje požadavek na *RDE* a také kolik modelových hodnot se nachází v rámci faktoru dvou (*FAC2*) od měřených hodnot (tj. v rozmezí poloviny a dvojnásobku měření). Vzhledem k horizontálnímu rozlišení modelu CAMx (4,7 km) je směrodatné jeho srovnání s hodnotami naměřenými na pozaďových stanicích. Pro úplnost ale uvádíme i výsledky při zahrnutí všech stanic s platným ročním průměrem v roce 2015. Legislativní požadavek je splněn u průměrných ročních koncentrací PM_{10} (pozaďové i všechny typy), $PM_{2,5}$ (pozaďové). Téměř je splněn u průměrných ročních koncentrací NO_2 na pozaďových stanicích. Splněn není u benzo[*a*]pyrenu, jehož koncentrace jsou nadhodnocovány (viz obrázky níže). To vyplývá ze zahrnutí benzo[*a*]pyrenu jako pasivní znečišťující látky, ale i z velké nejistoty na straně emisí. U výpočtu *RDE* u $PM_{2,5}$ byla použita hodnota imisního limitu 20 $\mu g \cdot m^{-3}$. Rozptylové diagramy jsou na Obr. 5.1 a Obr. 5.2.

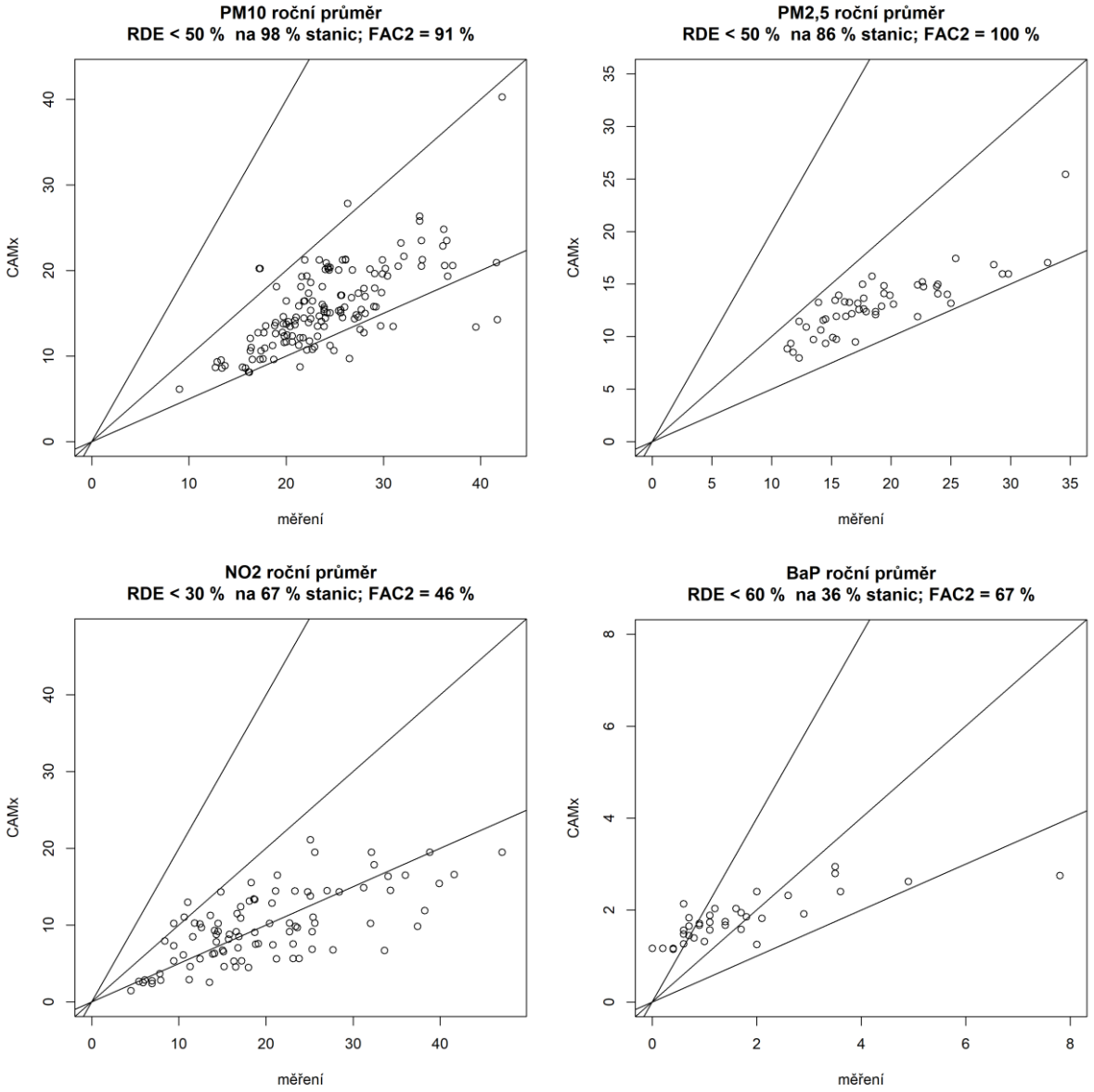
Tab. 5.2 Průměrné roční koncentrace PM_{10}, $PM_{2,5}$, NO_2 a benzo[*a*]pyrenu v roce 2015 – srovnání modelu CAMx s hodnotami naměřenými na stanicích v databázi ISKO ČHÚ.

	PM_{10}		$PM_{2,5}$		NO_2		BaP	
Typ stanice	**pozaďové**	**všechny**	**pozaďové**	**všechny**	**pozaďové**	**všechny**	**pozaďové**	**všechny**
RDE < mez [% stanic]	**98**	**98**	**92**	86	87	67	36	36
FAC2 [% stanic]	90	91	100	100	49	46	61	67

[13] The application of models under the European Union's Air Quality Directive: A technical reference guide. EEA Technical report No 10/2011. ISBN 978-92-9213-223-1, ISSN Technical report series 1725-2237, doi:10.2800/80600. WWW: https://www.eea.europa.eu/publications/fairmode



Obr. 5.1 Rozptylové grafy (scatterploty) pro průměrné roční koncentrace na pozaďových českých stanicích v databázi ISKO v roce 2015. Měření na horizontální, model na vertikální ose. Jednotky μg·m^{-3} (u benzo[*a*]pyrenu ng·m^{-3}). Vykresleny jsou čáry vymezující faktor dvou (tj. oblast mezi polovinou a dvojn8sobkem měřených hodnot).



Obr. 5.2 Rozptylové grafy (scatterploty) pro průměrné roční koncentrace na všech českých stanicích v databázi ISKO v roce 2015. Měření na horizontální, model na vertikální ose. Jednotky μg·m^{-3} (u benzo[*a*]pyrenu ng·m^{-3}). Vykresleny jsou čáry vymezující faktor dvou (tj. oblast mezi polovinou a dvojn8sobkem měřených hodnot).

5.2 Výsledky a diskuze

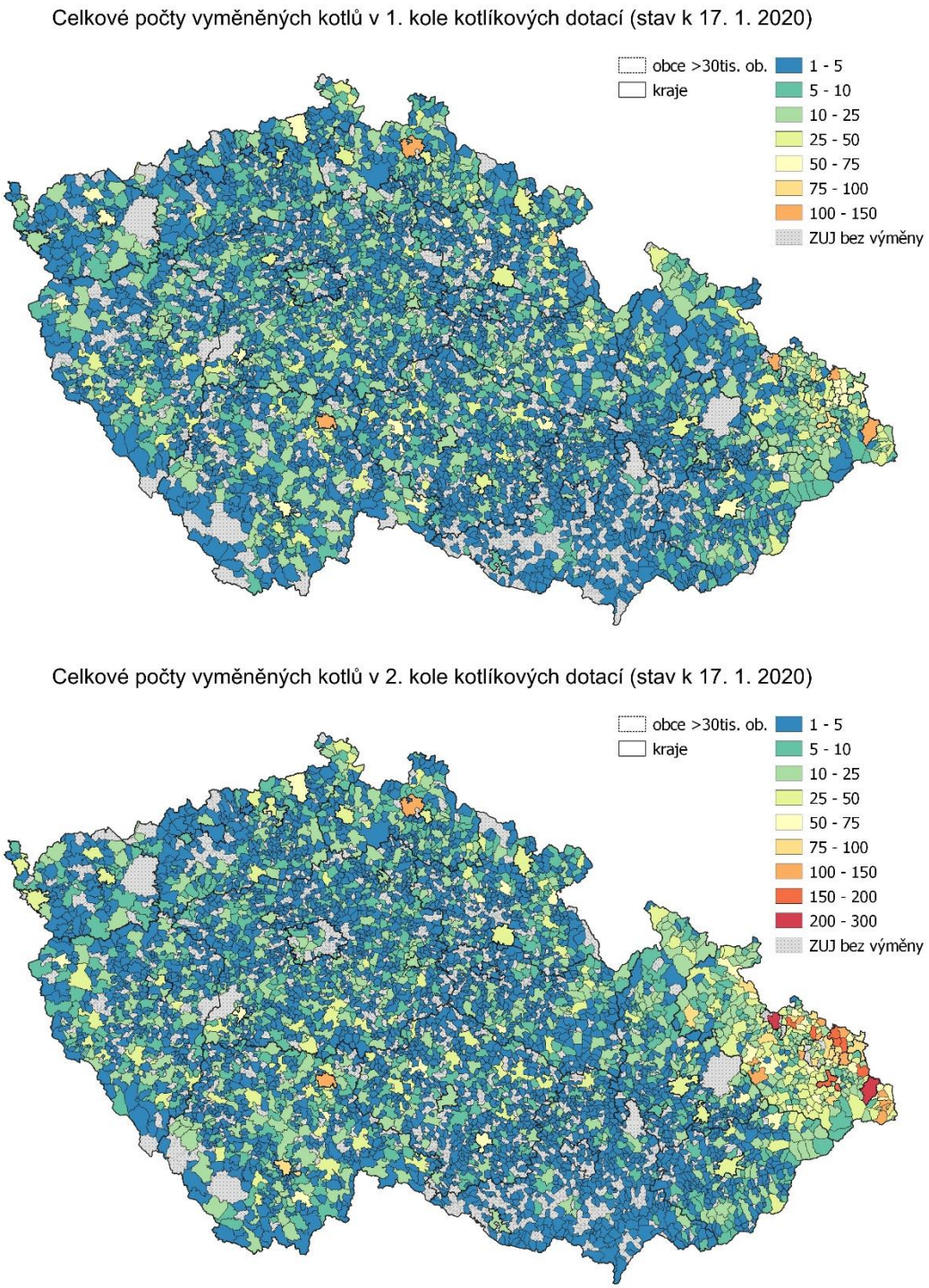
5.2.1 Počty vyměněných kotlů a změny emisí

Celkové počty výměn kotlů financovaných z dotačních titulů jsou uvedeny v Tab. 5.3 a pro projektové lokality v Tab. 4.3. Obr. 5.3 a Obr. 5.4 pak dává informaci o prostorovém rozložení výměn v ZUJ. Změny celorepublikových emisí z lokálního vytápění ve vztahu k výchozímu roku 2015 jsou uvedeny v Tab. 5.4. Informaci o tom, v jakém rozmezí se pohybovaly počty výměn a relativní změny emisí na úrovni ZUJ, dává Tab. 5.5. Celkové počty výměn a relativní změny emisí z lokálního vytápění v projektových lokalitách jsou uvedeny v Tab. 5.6. Na Obr. 5.5 – Obr. 5.7 jsou pak v mapě uvedeny relativní změny emisí v jednotlivých ZUJ.

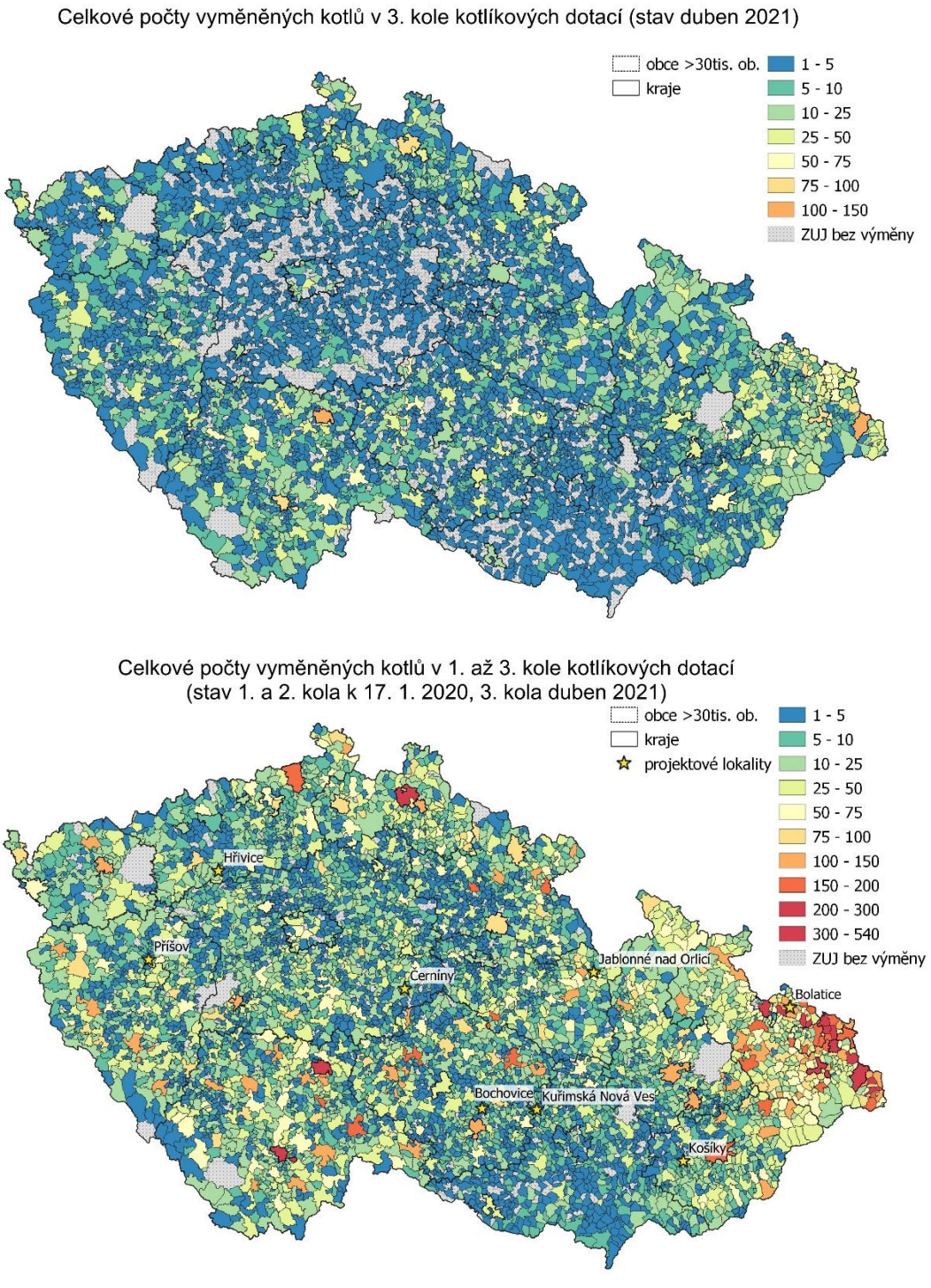
U jedné ZUJ byly v důsledku 3. kola spočteny záporné emise SO_2 (−13 %, Tab. 5.5). To je způsobeno rozdílnou povahou vstupních dat pro výpočet emisí pro výchozí stav a jejich změn v důsledku kotlíkových dotací, jak bylo uvedeno výše. Pro účely modelového hodnocení byla tato emise nastavena na nulu. Zároveň je zřejmé, zatím co spočtené změny emisí jsou relativně spolehlivé, výhledový stav, popř. jejich relativní změny vůči výchozímu stavu je třeba brát s jistou rezervou.

Tab. 5.3 Celkový počet výměn zahrnutých do hodnocení a počet ZUJ s alespoň jednou výměnou (data pro 1. a 2. kolo platná k 17. 1. 2020, data pro 3. kolo z dubna 2021)

	1. kolo	2. kolo	3. kolo	Celkem
počet výměn	27 283	34 271	25 466	87 020
počet ZUJ z celkových 6 385 s alespoň jednou výměnou	4 850	4 987	4 620	5 974



Obr. 5.3 Počty vyměněných kotlů v ZUJ v 1. a 2. kole kotlíkových dotací



Obr. 5.4 Počty vyměněných kotlů v ZUJ v 3. kole kotlíkových dotací a celkové počty výměn v 1. – 3. kole

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.
Ministerstvo životního prostředí

Tab. 5.4 Změny emisí z lokálního vytápění (celá ČR) v důsledku 1. – 3. kola kotlíkových dotací

	celková změna v důsledku 1. - 3. kola [t] nebo [kg]	celkové emise [t] nebo [kg]		změna [t] nebo [kg]			relativní změna [%]			
		výchozí stav 2015	po 1. - 3. kole	v důsledku 1. kola	v důsledku 2. kola	v důsledku 3. kola	v důsledku 1. kola	v důsledku 2. kola	v důsledku 3. kola	v důsledku 1. - 3. kola
As [kg]	**-20**	361	341	-1	-9	-10	-0,3	-2,4	-2,8	-5,6
BaP [kg]	**-1 515**	15 589	14 074	-409	-639	-467	-2,6	-4,1	-3,0	-9,7
BC [t]	**-504**	4 896	4 393	-144	-207	-152	-2,9	-4,2	-3,1	-10,3
BENZ [t]	**-27**	256	228	-7	-12	-8	-2,7	-4,8	-3,3	-10,7
Cd [kg]	**-19**	457	438	-5	-8	-6	-1,0	-1,7	-1,4	-4,1
CO [t]	**-68 431**	717 034	648 604	-21 426	-26 438	-20 567	-3,0	-3,7	-2,9	-9,5
Cr [kg]	**-155**	2 529	2 375	-39	-63	-52	-1,6	-2,5	-2,1	-6,1
Cu [kg]	**-18**	749	731	3	-9	-12	0,5	-1,2	-1,7	-2,5
Hg [kg]	**-25**	509	484	-7	-10	-8	-1,4	-1,9	-1,7	-5,0
CH_4 [t]	**-1 453**	26 914	25 461	-339	-586	-528	-1,3	-2,2	-2,0	-5,4
NH_3 [t]	**-142**	3 618	3 476	-49	-50	-44	-1,3	-1,4	-1,2	-3,9
Ni [kg]	**-23**	411	388	-5	-10	-9	-1,1	-2,3	-2,2	-5,6
NMVOC [t]	**-19 924**	200 764	180 839	-6 068	-7 900	-5 957	-3,0	-3,9	-3,0	-9,9
NO_2 [t]	**-7**	433	426	0	-2	-5	-0,1	-0,4	-1,2	-1,7
NO_X [t]	**-147**	8 631	8 484	-6	-37	-104	-0,1	-0,4	-1,2	-1,7
OC [t]	**-3 434**	29 289	25 855	-962	-1 431	-1 041	-3,3	-4,9	-3,6	-11,7
Pb [kg]	**-68**	1 151	1 083	-8	-29	-31	-0,7	-2,6	-2,7	-5,9
PM_{10} [t]	**-7 275**	63 377	56 102	-2 045	-3 026	-2 204	-3,2	-4,8	-3,5	-11,5
$PM_{2,5}$ [t]	**-7 149**	62 116	54 967	-2 009	-2 975	-2 166	-3,2	-4,8	-3,5	-11,5
Se [kg]	**-17**	215	198	-3	-8	-6	-1,2	-3,7	-3,0	-8,0
SO_2 [t]	**-725**	17 373	16 648	-4	-8	-713	0,0	0,0	-4,1	-4,2
TSP [t]	**-7 934**	68 424	60 490	-2 227	-3 303	-2 404	-3,3	-4,8	-3,5	-11,6
Zn [kg]	**-167**	3 746	3 579	-19	-72	-76	-0,5	-1,9	-2,0	-4,5

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.
Ministerstvo životního prostředí

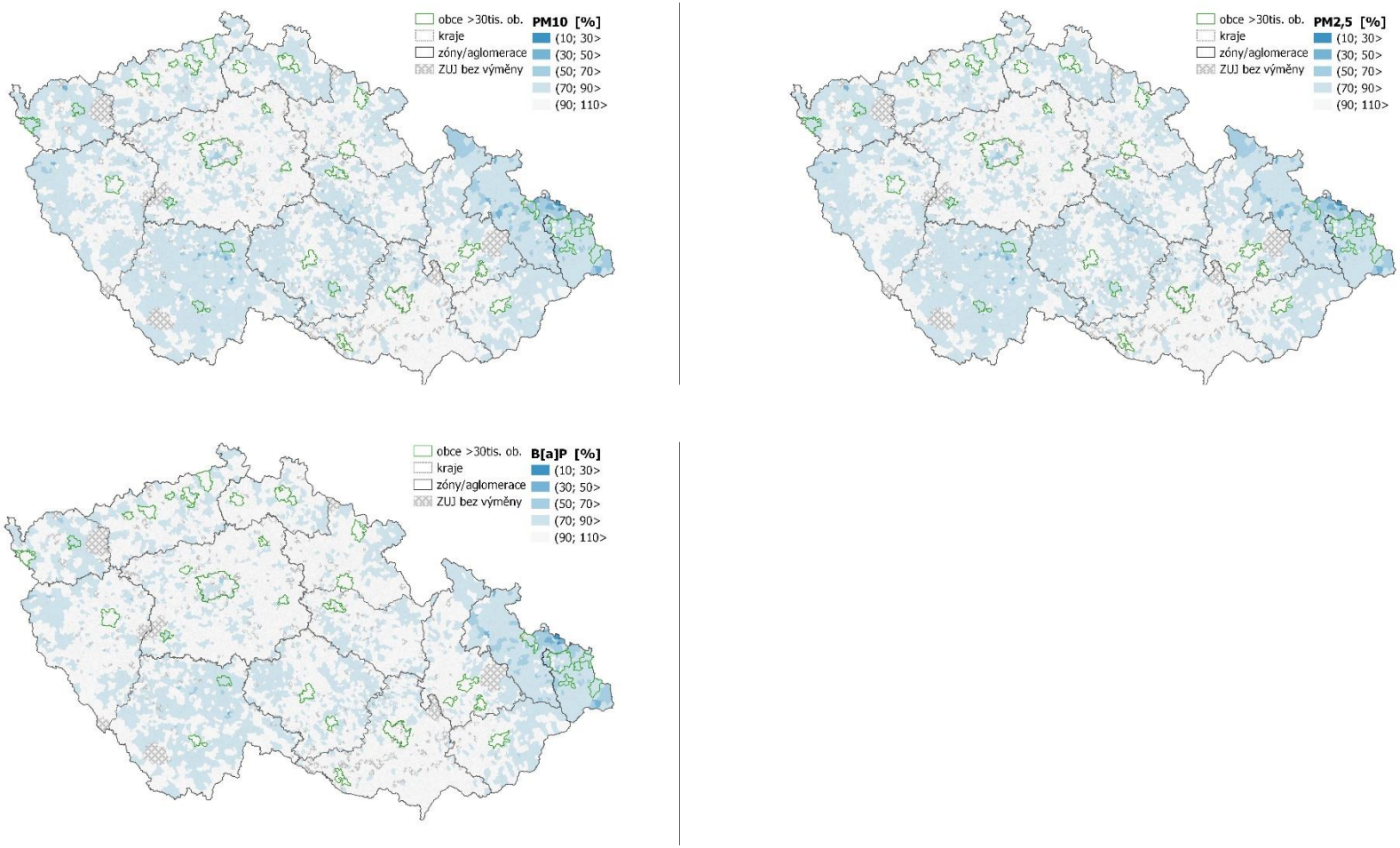
Tab. 5.5 Počty vyměněných kotlů a relativní změny emisí z lokálního vytápění [%] v důsledku 1. – 3. kola kotlíkových dotací – rozmezí změn v jednotlivých ZUJ

		1. kolo					2. kolo					3. kolo					1. až 3. kolo				
		min	$Q_{0.1}$	$Q_{0.5}$	$Q_{0.9}$	max	min	$Q_{0.1}$	$Q_{0.5}$	$Q_{0.9}$	max	min	$Q_{0.1}$	$Q_{0.5}$	$Q_{0.9}$	max	min	$Q_{0.1}$	$Q_{0.5}$	$Q_{0.9}$	max
počet výměn		1	1	3	12	121	1	1	3	15	298	1	1	3	13	122	1	2	7	32	540
As	arzen	-36	-3	0	3	28	-42	-7	-2	1	32	-50	-8	-3	-1	0	-62	-13	-4	1	32
BaP	benzo[*a*]pyren	-40	-6	-2	-1	0	-45	-8	-3	-1	0	-35	-8	-3	-1	0	-72	-17	-7	-2	0
BC	elementární uhlík	-48	-7	-3	-1	0	-43	-9	-3	-1	0	-42	-8	-3	-1	0	-69	-18	-8	-3	0
BENZ	benzen	-43	-6	-2	-1	0	-52	-9	-3	-1	0	-46	-8	-3	-1	0	-81	-18	-7	-2	0
Cd	kadmium	-25	-3	-1	0	1	-50	-4	-1	0	2	-20	-4	-1	0	2	-58	-9	-3	0	2
CO	oxid uhelnatý	-35	-7	-3	-1	0	-43	-8	-3	-1	0	-41	-7	-3	-1	1	-62	-17	-8	-3	1
Cr	chrom	-39	-5	-1	0	3	-48	-7	-2	0	2	-34	-6	-2	0	0	-61	-13	-4	0	3
Cu	měď	-20	-2	0	4	23	-33	-4	-1	2	18	-21	-4	-2	0	3	-40	-7	-2	3	25
Hg	rtuť	-20	-4	-1	0	1	-39	-5	-2	0	1	-27	-5	-2	0	1	-51	-10	-4	-1	1
CH_4	metan	-18	-3	-1	0	0	-29	-5	-2	0	1	-30	-5	-2	0	1	-39	-10	-4	-1	1
NH_3	amoniak	-20	-4	-1	0	6	-38	-4	-1	0	7	-19	-4	-1	0	10	-46	-8	-3	0	10
Ni	nikl	-21	-3	-1	0	6	-37	-5	-2	0	6	-26	-6	-2	-1	1	-47	-11	-4	-1	6
NMVOC	těkavé organické látky bez CH_4	-34	-7	-3	-1	0	-39	-8	-3	-1	0	-38	-7	-3	-1	0	-60	-17	-8	-3	0
NO_2	oxid dusičitý	-14	-2	0	2	14	-22	-2	0	2	20	-29	-4	-1	0	2	-33	-5	-1	2	20
NO_X	oxidy dusíku vyjádřené jako NO_2	-14	-2	0	2	15	-22	-2	0	2	20	-29	-4	-1	0	2	-33	-5	-1	2	20
OC	organický uhlík	-63	-8	-3	-1	0	-47	-10	-4	-1	0	-55	-9	-3	-1	0	-86	-20	-9	-3	0
Pb	olovo	-30	-3	-1	2	18	-35	-6	-2	1	23	-43	-7	-3	-1	7	-61	-12	-4	0	23
PM_{10}	částice PM_{10}	-60	-7	-3	-1	0	-46	-10	-4	-1	0	-53	-9	-3	-1	0	-83	-20	-9	-3	0
$PM_{2,5}$	částice $PM_{2,5}$	-61	-7	-3	-1	0	-47	-10	-4	-1	0	-53	-9	-3	-1	0	-84	-20	-9	-3	0
Se	selen	-28	-4	-1	1	10	-45	-7	-2	0	7	-40	-7	-3	-1	0	-69	-14	-5	-1	11
SO_2	oxid siřičitý	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	-113	-12	-4	-1	0	-113	-11	-3	0	0
TSP	celkové částice	-62	-8	-3	-1	0	-47	-10	-4	-1	0	-54	-9	-3	-1	0	-85	-20	-9	-3	0
Zn	zinek	-23	-3	0	2	15	-31	-5	-1	1	22	-40	-6	-2	0	13	-42	-9	-3	1	28

Pozn.: hodnoty v daném sloupci mohou odpovídat různým ZUJ.

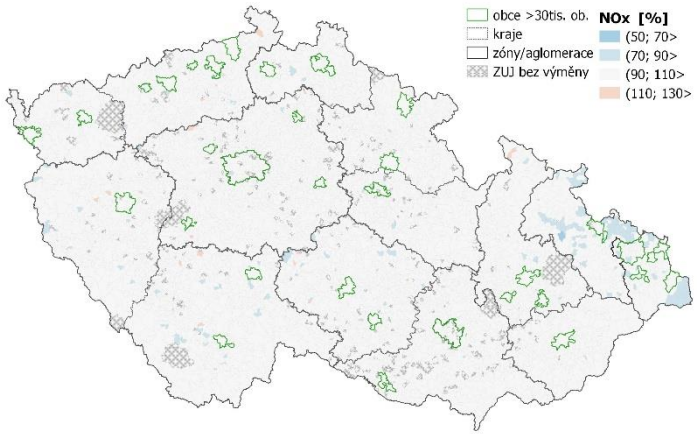
Tab. 5.6 Celkové relativní změny emisí z lokálního vytápění v důsledku 1. až 3. kola kotlíkových dotací v projektových lokalitách

ZUJ		Bolatice	Černíny	Hřivice	Příšov	Jablonné nad Orlicí	Bochovice	Košíky	Kuřimská Nová Ves
Kód ZUJ		**506214**	**534013**	**566217**	**567086**	**580376**	**590347**	**592307**	**595985**
celkový počet výměn		**204**	**8**	**24**	**12**	**93**	**8**	**2**	**2**
As	arzen	-38	0	-2	0	-13	0	-2	-6
BaP	benzo[*a*]pyren	-51	-5	-11	-11	-21	-13	-3	-7
BC	elementární uhlík	-49	-5	-12	-12	-23	-16	-3	-8
BENZ	benzen	-62	-4	-11	-8	-26	-14	-3	-6
Cd	kadmium	-17	-1	-4	-3	-5	-2	-3	-3
CO	oxid uhelnatý	-34	-6	-13	-16	-22	-16	-2	-8
Cr	chrom	-26	-2	-10	-4	-9	-6	-3	-7
Cu	měď	-22	2	1	6	-3	5	-2	-5
Hg	rtuť	-14	-3	-8	-7	-9	-7	-2	-6
CH_4	metan	-26	-2	-7	-6	-12	-6	-1	-6
NH_3	amoniak	-15	-1	-5	-6	-7	-6	-2	-4
Ni	nikl	-30	-1	-6	-3	-11	-5	-2	-6
NMVOC	těkavé organické látky bez CH_4	-41	-6	-12	-16	-24	-16	-2	-7
NO_2	oxid dusičitý	-15	3	-1	4	-3	3	-1	-4
NO_X	oxidy dusíku vyjádřené jako NO_2	-15	3	-1	4	-3	3	-1	-4
OC	organický uhlík	-58	-6	-13	-13	-26	-17	-3	-9
Pb	olovo	-41	0	-3	-3	-16	-5	0	-7
PM_{10}	částice PM_{10}	-57	-6	-13	-13	-26	-17	-3	-9
$PM_{2,5}$	částice $PM_{2,5}$	-57	-6	-13	-13	-26	-17	-3	-9
Se	selen	-56	-1	-5	-1	-17	-5	-3	-7
SO2	oxid siřičitý	-19	0	-4	-4	-12	-2	0	-6
TSP	celkové částice	-57	-6	-13	-13	-26	-17	-3	-9
Zn	zinek	-29	-1	-4	-4	-11	-2	0	-5

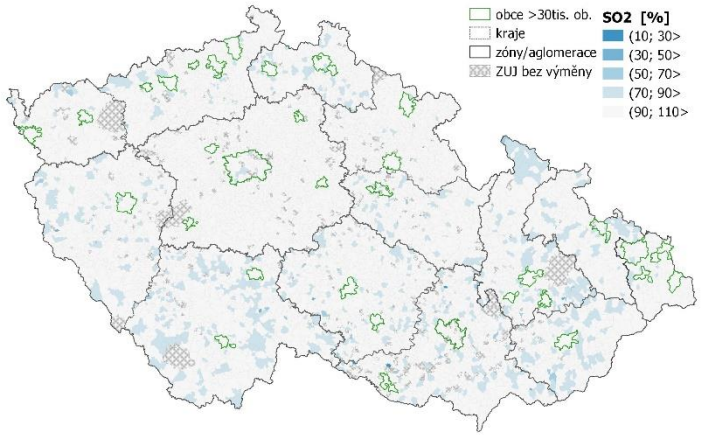


Obr. 5.5 Emise primárních částic PM_{10}, $PM_{2,5}$ a benzo[*a*]pyrenu z lokálního vytápění po 1. – 3. kole kotlíkových dotací (referenční rok 2015 je 100 %).

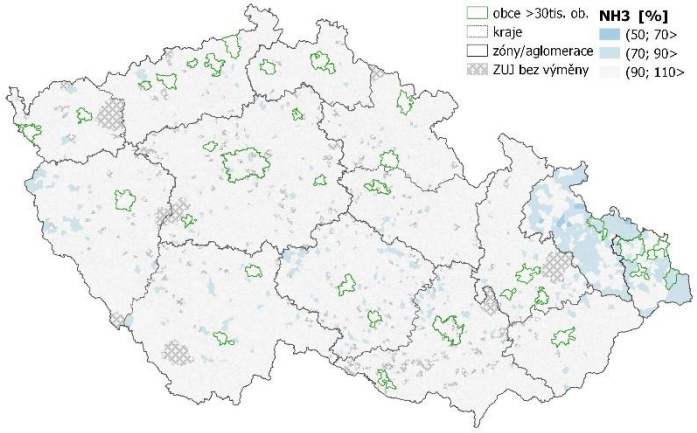
Změna emisí z lokálního vytápění v ZUJ po kotlíkových dotacích
(celkový dopad 1. – 3. kola vztažený k roku 2015)



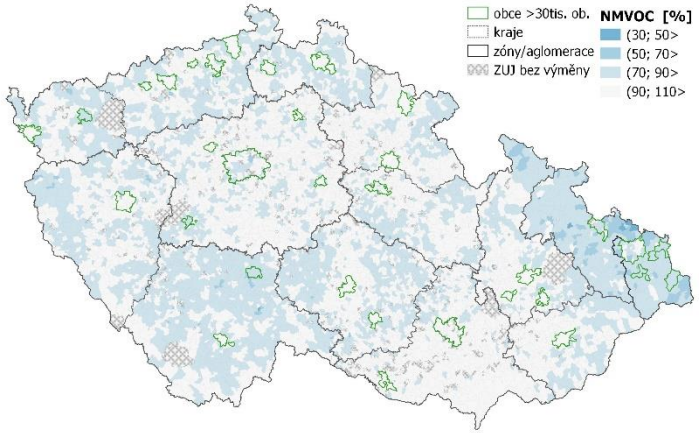
Změna emisí z lokálního vytápění v ZUJ po kotlíkových dotacích
(celkový dopad 1. – 3. kola vztažený k roku 2015)

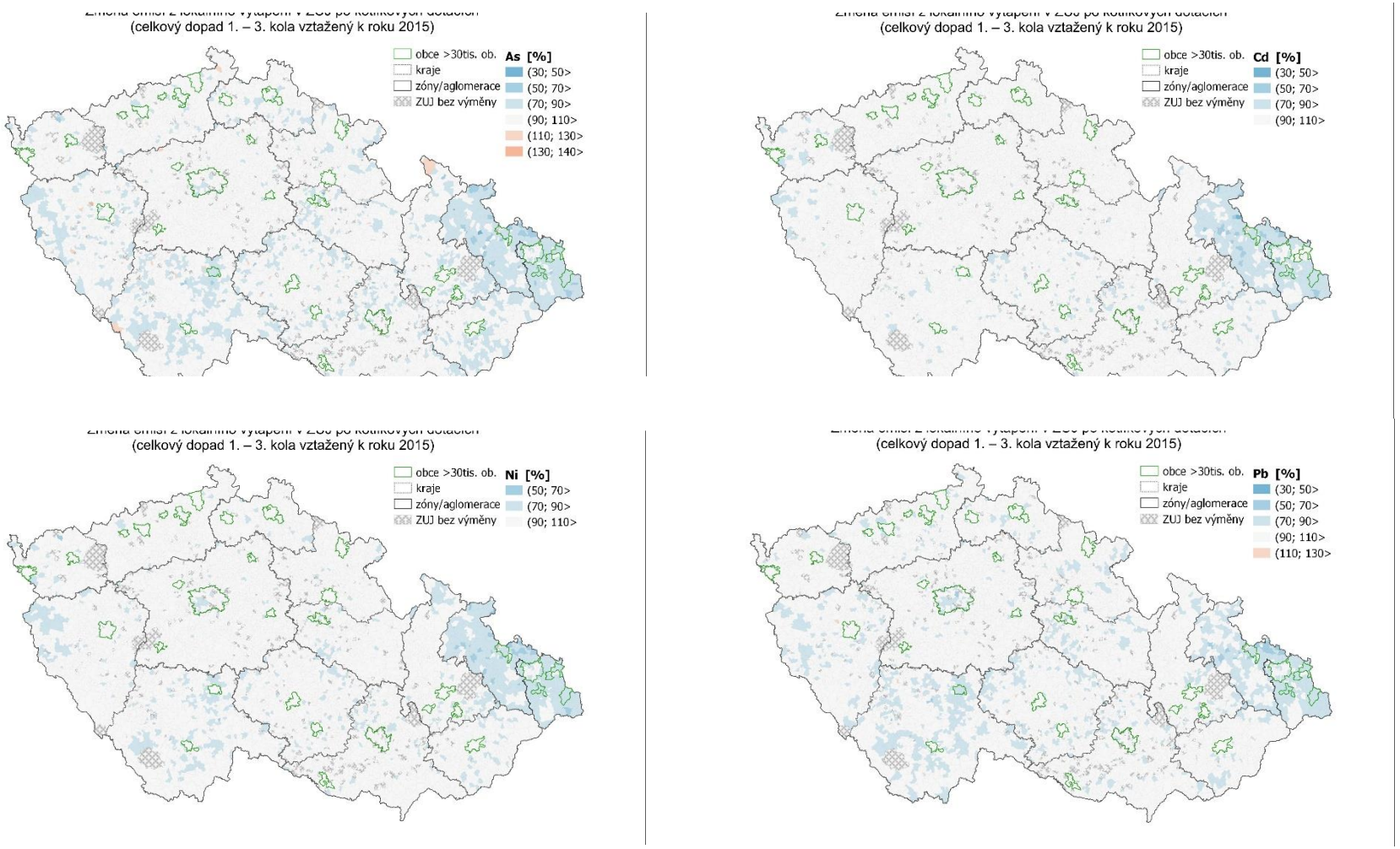


Změna emisí z lokálního vytápění v ZUJ po kotlíkových dotacích
(celkový dopad 1. – 3. kola vztažený k roku 2015)



Změna emisí z lokálního vytápění v ZUJ po kotlíkových dotacích
(celkový dopad 1. – 3. kola vztažený k roku 2015)





Obr. 5.7 Emise těžkých kovů z lokálního vytápění po 1. – 3. výzvě kotlíkových dotací (referenční rok 2015 je 100 %).

5.2.2 Změny koncentrací

Koncentrace pro referenční rok 2015, situaci po 3. kole kotlíkových dotací a jejich změny jsou pro vybrané látky ve formě percentilů shrnuty v Tab. 5.7. Odpovídající mapy pro PM_{10}, $PM_{2,5}$ a benzo[*a*]pyren jsou na Obr. 5.8 – Obr. 5.11 a v Tab. 5.8 je uvedena změna území s překročením imisního limitu. Veškeré tyto údaje se vztahují k průměrným koncentracím v gridu 4,7 km x 4,7 km a meteorologickým podmínkám roku 2015. Při výpočtu situace po 1. – 3. kole dotací se jiné emise, než české emise z lokálního vytápění neměnily. Odhad koncentrací v roce 2015 a jejich změn v projektových lokalitách je uveden v Tab. 5.9.

Průměrná roční koncentrace PM_{10} v důsledku kotlíkových dotací poklesla na většině území o 0,3–0,8 $\mu g \cdot m^{-3}$ (tj. 0,75–2 % imisního limitu (IL)). Na velké části území aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek činí pokles 1,5–2,6 $\mu g \cdot m^{-3}$ (tj. 3,8–6, 5 % IL). Pokles v případě 36. nejvyšší denní koncentrace je na velké části území přibližně dvojnásobný a na území aglomerace O-K-F/M činí 3,2–7,6 $\mu g \cdot m^{-3}$ (tj. 8–19 % IL).

Průměrná roční koncentrace $PM_{2,5}$ v důsledku kotlíkových dotací poklesla na většině území o 0,2–0,6 $\mu g \cdot m^{-3}$ (1–3 % IL). Na velké části území aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek a ve východní polovině okresu Opava činil pokles 2–2,5 $\mu g \cdot m^{-3}$ (10–12,5 % IL).

Průměrná roční koncentrace benzo[*a*]pyrenu v důsledku kotlíkových dotací poklesla na většině území o 0,003–0,06 $ng.m^{-3}$ (0,3–6 % IL). V převážné části zóny Moravskoslezsko byl pokles mezi 0,24–0,55 $ng.m^{-3}$ (24–55 % IL).

Průměrná roční koncentrace SO_2, NO_2 a benzenu se v důsledku kotlíkových dotací výrazněji nezměnila.

V důsledku dotací lze očekávat pokles území s překročením imisního limitu o necelá 3 % v případě benzo[*a*]pyrenu, 2 % v případě $PM_{2,5}$ a 1 % v případě denního průměru PM_{10}. Roční průměr PM_{10} nebyl v roce 2015 v modelovém gridu překročen.

V projektových lokalitách byl výpočtem odhadnut největší pokles koncentrací v Bolaticích a v Jablonném nad Orlicí (zhruba třetinový ve srovnání s Bolaticemi). Změny v ostatních projektových lokalitách jsou srovnatelné a zhruba poloviční ve srovnání s Jablonným nad Orlicí.

Tab. 5.7 Percentily koncentrací pro výchozí stav, po 3. kole dotací a jejich změny v gridu 4,7 km x 4,7 km

		percentil [µg·m^{-3}] ([ng·m^{-3}] pro BaP)				
		0%	10%	50%	90%	100%
výchozí stav	PM_{10} rok	8,1	14,5	18,4	23,7	40,1
	PM_{10} d36	16,8	26,1	32,3	41,9	77,6
	$PM_{2,5}$ rok	5,5	10,3	13,9	18,5	31,7
	BaP rok	0,1	0,1	0,6	1,2	4,5
	SO_2 rok	1,8	3,0	3,7	5,5	11,0
	NO_2 rok	1,3	7,5	9,8	12,8	29,1
	benzen rok	0,0	0,5	1,0	1,4	2,3
po 1. - 3. kole dotací	PM_{10} rok	8,0	14,2	17,8	23,0	38,0
	PM_{10} d36	16,5	25,3	31,3	40,7	73,8
	$PM_{2,5}$ rok	5,4	10,1	13,4	18,0	29,4
	BaP rok	0,0	0,1	0,5	1,1	4,0
	SO_2 rok	1,8	3,0	3,6	5,5	11,0
	NO_2 rok	1,3	7,4	9,8	12,7	28,8
	benzen rok	0,0	0,5	1,0	1,4	2,3
změna koncentrací	PM_{10} rok	-2,65	-0,78	-0,53	-0,32	0,12
	PM_{10} d36	-7,65	-1,80	-0,96	-0,41	0,15
	$PM_{2,5}$ rok	-2,49	-0,63	-0,42	-0,24	-0,07
	BaP rok	-0,55	-0,06	-0,02	0,00	0,00
	SO_2 rok	-0,23	-0,05	-0,03	-0,01	0,06
	NO_2 rok	-0,39	-0,12	-0,05	-0,01	0,21
	benzen rok	-0,09	-0,02	-0,01	0,00	0,01

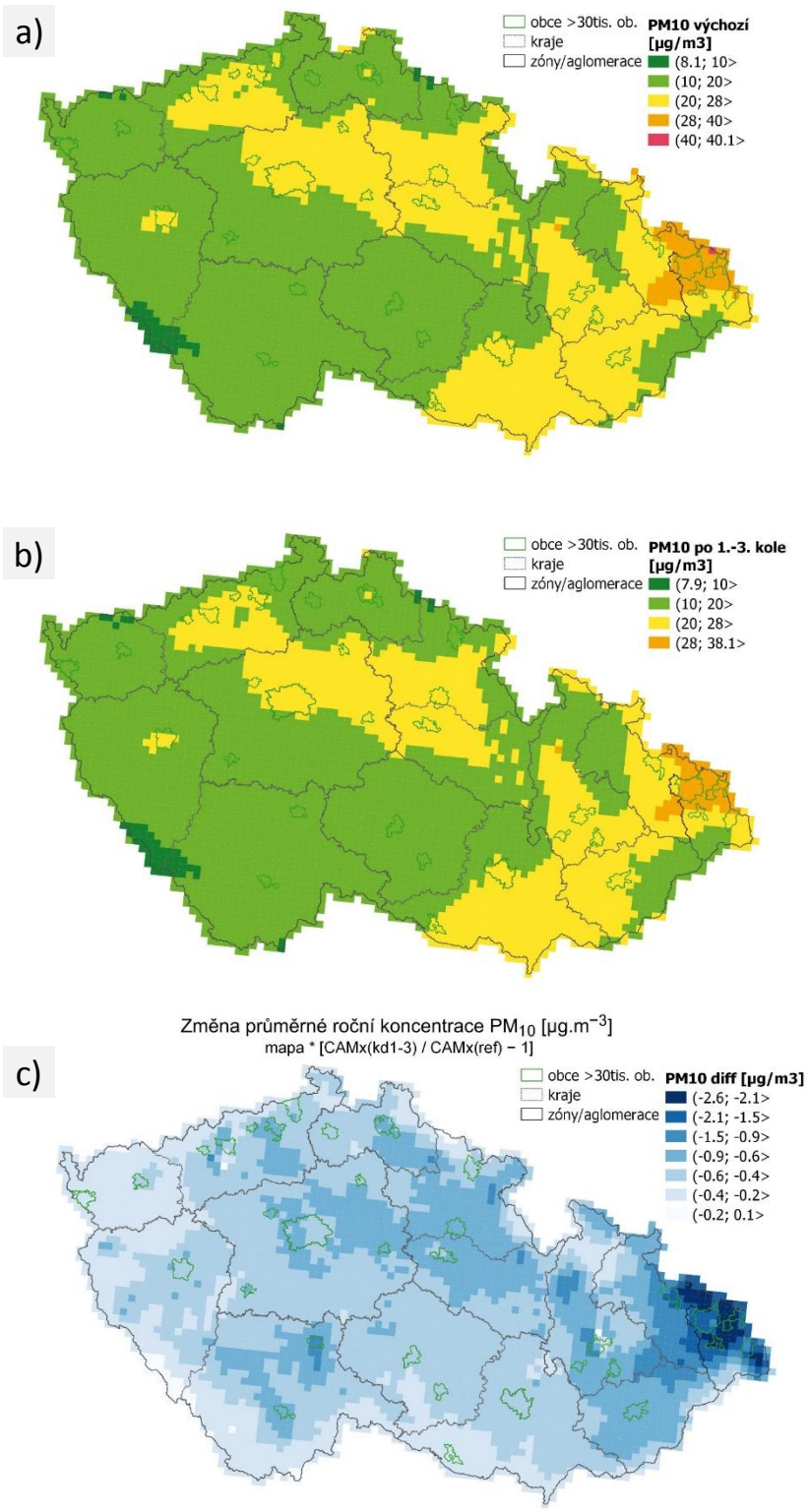
Tab. 5.8 Změny území s překročením imisního limitu pro vybrané látky v gridu 4,7 km x 4,7 km

	území s překročením IL [%]		rozdíl [%]
	výchozí stav	po 1. - 3. kole dotací	
BaP	20,9	18,3	−2,7
PM_{10} rok	0,0	0,0	0,0
PM_{10} d36	2,7	1,9	−0,8
$PM_{2.5}$ rok	5,2	3,8	−1,5

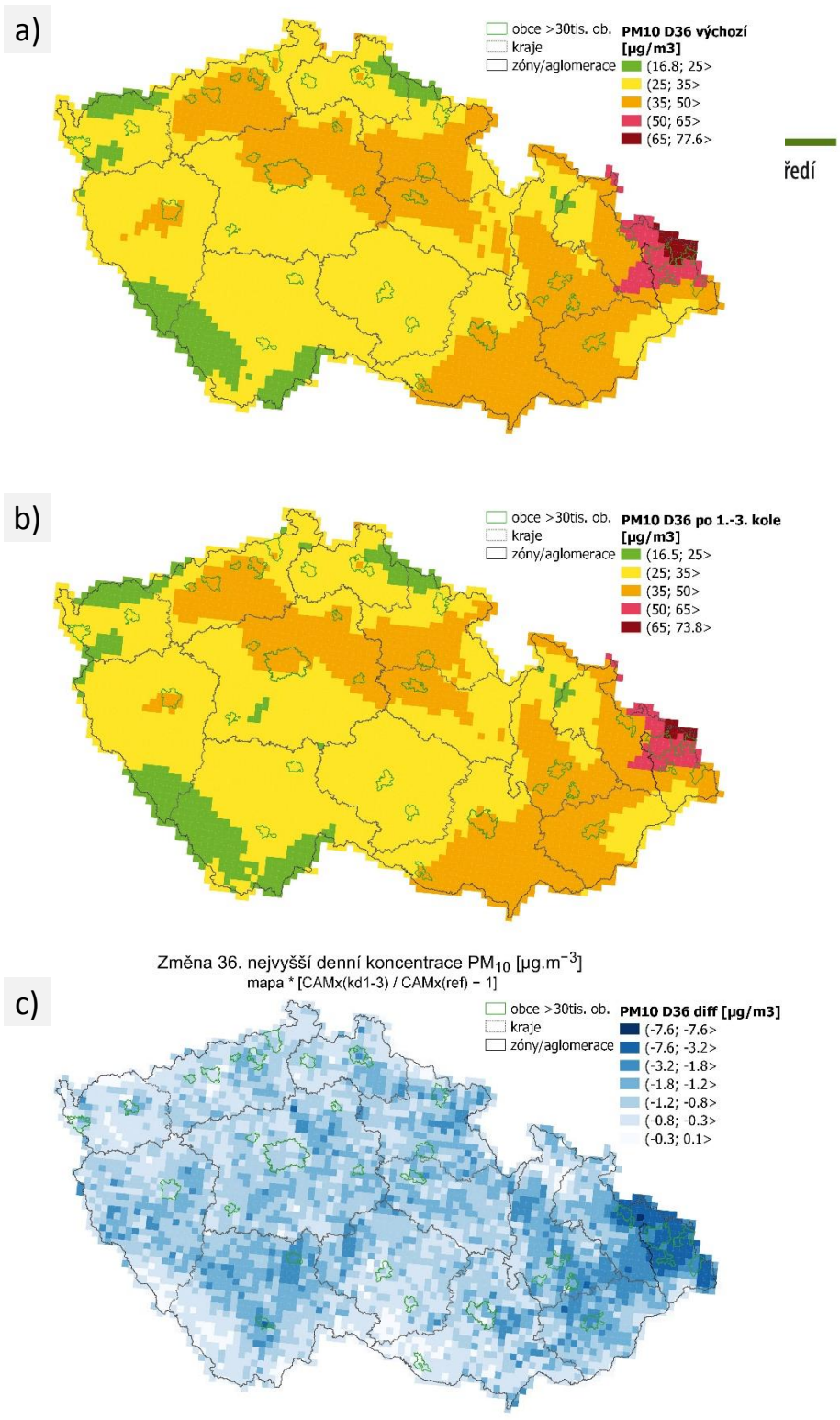
Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.
Ministerstvo životního prostředí

Tab. 5.9 Koncentrace v projektových lokalitách - výchozí stav roku 2015, stav po 3. kole dotací a jejich změny (průměrné hodnoty v gridu 4,7 km x 4,7 km)

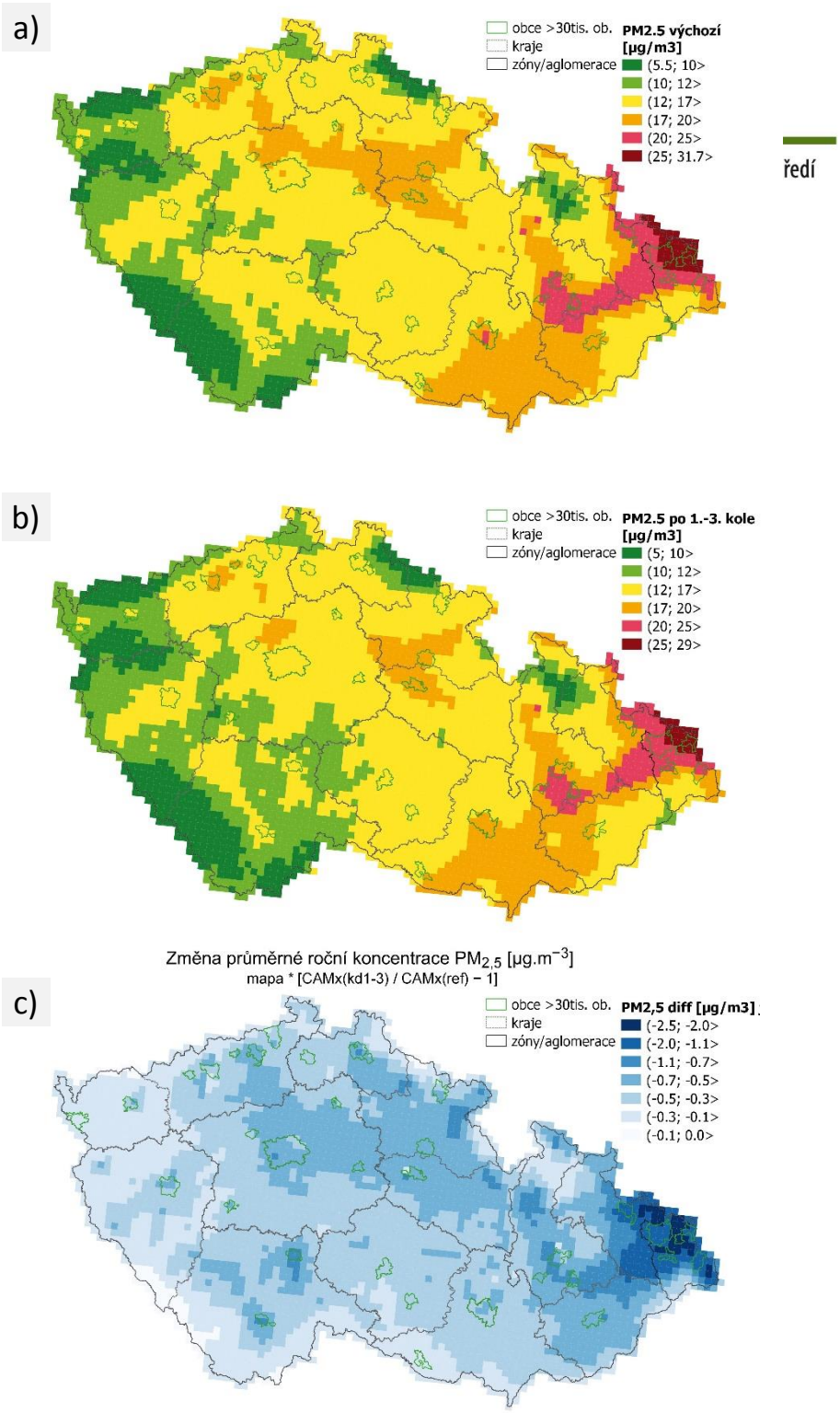
		Bolatice	Černíny	Hřivice	Příšov	Jablonné nad Orlicí	Bochovice	Košíky	Kuřimská Nová Ves
		506214	534013	566217	567086	580376	590347	592307	595985
		[µg·m^{-3}] (pro BaP [ng·m^{-3}])							
výchozí stav	PM_{10} rok	30.9	18.2	17.8	18.0	20.1	18.1	22.6	18.3
	PM_{10} d36	59.2	31.2	32.6	32.4	34.6	31.2	39.2	31.8
	$PM_{2,5}$ rok	24.1	13.5	12.9	12.9	15.4	13.9	17.9	14.5
	BaP rok	2.5	0.7	0.4	0.6	1.0	0.5	1.0	0.5
	SO_2 rok	5.1	3.1	5.6	4.7	3.6	3.2	3.9	3.0
	NO_2 rok	13.2	9.3	10.1	10.5	9.3	8.5	11.4	9.4
	benzen rok	1.8	0.8	1.1	1.0	1.0	0.7	1.2	0.9
po 1. - 3. kole dotací	PM_{10} rok	28.3	17.7	17.2	17.4	19.3	17.6	22.0	17.8
	PM_{10} d36	54.5	30.3	31.3	31.6	32.8	30.4	38.6	31.3
	$PM_{2,5}$ rok	21.9	13.1	12.5	12.5	14.7	13.5	17.4	14.0
	BaP rok	2.2	0.6	0.3	0.5	0.9	0.5	0.9	0.5
	SO_2 rok	5.1	3.0	5.6	4.6	3.5	3.2	3.9	3.0
	NO_2 rok	13.1	9.2	10.1	10.4	9.2	8.5	11.3	9.4
	benzen rok	1.8	0.8	1.1	1.0	1.0	0.7	1.2	0.9
změna koncentrací	PM_{10} rok	-2.54	-0.50	-0.52	-0.54	-0.86	-0.48	-0.60	-0.55
	PM_{10} d36	-4.73	-0.96	-1.36	-0.81	-1.76	-0.85	-0.54	-0.53
	$PM_{2,5}$ rok	-2.18	-0.39	-0.40	-0.41	-0.71	-0.38	-0.50	-0.47
	BaP rok	-0.30	-0.03	-0.01	-0.02	-0.07	-0.02	-0.04	-0.02
	SO_2 rok	-0.06	-0.02	-0.04	-0.04	-0.06	-0.03	-0.01	-0.03
	NO_2 rok	-0.09	-0.06	-0.04	-0.03	-0.06	-0.06	-0.12	-0.05
	benzen rok	-0.07	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01



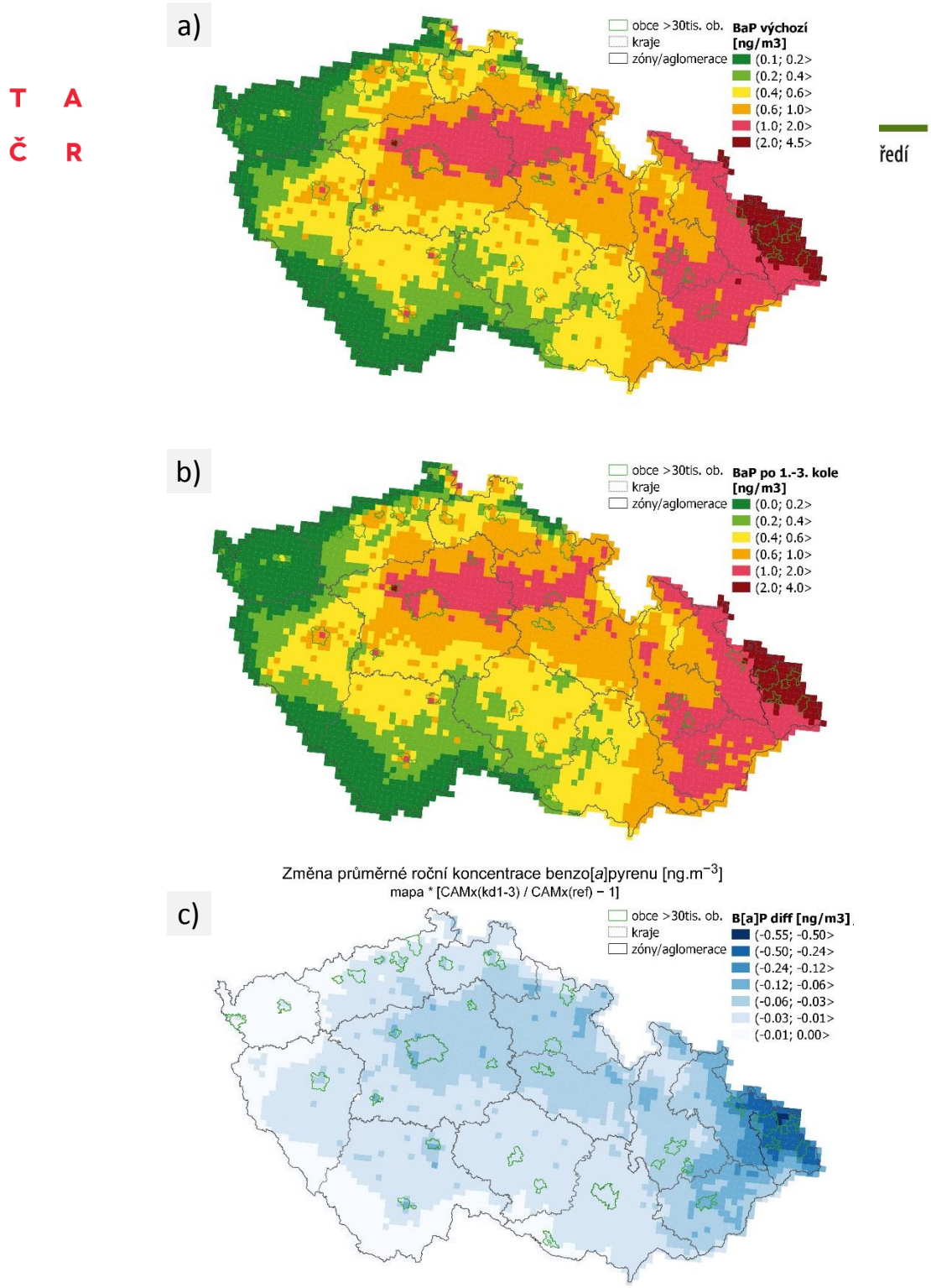
Obr. 5.8 Roční průměr PM10: referenční rok 2015 - mapa (ČHMÚ 2016) zprůměrovaná do gridu modelu CAMx (a), scénář, pokud by se emise z lokálního vytápění změnily v důsledku kotlíkových dotací (celkový efekt 1. – 3. výzvy) (b) a rozdíl scénář – referenční rok (c).



Obr. 5.9 36. nejvyšší denní průměr PM_{10}: referenční rok 2015 - mapa (ČHMÚ 2016) zprůměrovaná do gridu modelu CAMx (a), scénář, pokud by se emise z lokálního vytápění změnily v důsledku kotlíkových dotací (celkový efekt 1. – 3. výzvy) (b) a rozdíl scénář – referenční rok (c).



Obr. 5.10 Roční průměr $PM_{2,5}$: referenční rok 2015 - mapa (ČHMÚ 2016) zprůměrovaná do gridu modelu CAMx (a), scénář, pokud by se emise z lokálního vytápění změnily v důsledku kotlíkových dotací (celkový efekt 1. – 3. výzvy) (b) a rozdíl scénář – referenční rok (c).



Obr. 5.11 Roční průměr benzo[a]pyrenu: referenční rok 2015 - mapa (ČHMÚ 2016) zprůměrovaná do gridu modelu CAMx (a), scénář, pokud by se emise z lokálního vytápění změnily v důsledku kotlíkových dotací (celkový efekt 1. – 3. kola) (b) a rozdíl scénář – referenční rok (c).

Modelové hodnocení je zatíženo několika druhy nejistot, zejména:

- v modelovém výpočtu nejsou zahrnuty všechny známé druhy emisí (např. resuspenze způsobená větrnou erozí) s výsledné změny koncentrací tak mohou být poněkud nižší;
- zahrnuté emise mohou být zatíženy různou mírou nejistoty a to jak z pohledu jejich celkové kvantifikace, tak z pohledy prostorového a časového rozpočtu. Vliv této nejistoty (i ve smyslu znaménka) je velmi obtížné určit;

- emise z lokálního vytápění pro výchozí stav a jejich změny v důsledku kotlíkových dotací nejsou plně srovnatelné (pro výpočet změn byly k dispozici přesnější údaje);
- modelový výpočet byl proveden v rozlišení 4,7 km x 4,7 km. Skutečné koncentrace v lokálních hot-spotech tak mohou být vyšší, stejně tak jako změny koncentrací z důsledku obměny kotlů;
- výpočet byl proveden pro referenční rok 2015 a výsledné změny koncentrací v jiných letech s jinými meteorologickými podmínkami se tak budou lišit od uvedených výsledků.

Přesto je možné říci, že se kotlíkové dotace pozitivně projevily zejména v poklesu koncentrací benzo[a]pyrenu (zejména v oblasti severní Moravy), průměrné roční koncentrace suspendovaných částic $PM_{2,5}$ a 36. nejvyššího denního průměru PM_{10}.

5.3 Shrnutí

Bylo provedeno modelové hodnocení dopadu výměn kotlů v rámci 1. – 3. kola kotlíkových dotací. Do výpočtu vstoupilo celkem 87 020 výměn. Jejich celkový dopad na celorepublikové emise z lokálního vytápění byl odhadnut na cca 7 kt PM_{10}, resp. $PM_{2,5}$ a 1,5 t benzo[a]pyrenu, 20 tk těkavých organických látek a z toho necelých 30 t benzenu. V důsledku kotlíkových dotací došlo jak k poklesu průměrných ročních tak maximální denní koncentrací nejproblematičtějších látek, kterými jsou z hlediska ochrany ovzduší suspendované částice a benzo[a]pyren. Poklesla i plocha území s překročením imisního limitu těchto látek. Změny nastaly na celém území ČR a v ročním průměru kopírovaly do značné míry plošné rozložení koncentrací (tedy k větším poklesům došlo v oblastech s vyššími koncentracemi). Nejvýraznější poklesy nastaly v Moravskoslezském kraji a zejména v aglomeraci Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek

6 Závěr

Pro jednotlivé znečišťující látky byly spočteny základní statistické parametry pro první a druhé etapy všech čtyř kampaní v termínech 16. 11. – 16. 12. 2017, 2. 2. – 3. 3. 2018, 2. 11. – 1. 12. 2018, 3. 2. – 4. 3. 2019, 31. 10. – 1. 12. 2019, 29. 1. – 29. 2. 2020, 28. 10. – 28. 11. 2020 a 1. 2. – 4. 3. 2021.

Nejvyšší koncentrace PM_{10} a benzo[*a*]pyrenu byly měřeny během II. etapy 1. kampaně (únor 2018) a 4. kampaně (únor 2021), naopak nejnižší koncentrace byly naměřeny během 3. kampaně (listopad 2019 a únor 2020) a I. etapy 4. kampaně (listopad 2020). Nejvyšší koncentrace těžkých kovů byly měřeny během II. etapy 1. kampaně (únor 2018), naopak nejnižší koncentrace byly naměřeny během II. etapy 3. kampaně (únor 2020) a I. etapy 4. kampaně (listopad 2020).

V případě PM_{10} i benzo[*a*]pyrenu byly nejvyšší průměrné koncentrace naměřeny na lokalitě Bolatice, nejnižší na lokalitě Černíny. V případě arzenu byly nejvyšší koncentrace naměřeny v lokalitě Hřivice. V případě kadmia, niklu a olova lze konstatovat, že průměrné naměřené hodnoty se na žádné lokalitě nepřibližují hodnotě dolní meze pro posuzování pro roční průměr.

Hlavním cílem vyhodnocení bylo zjistit, zda došlo ke změně resp. k žádoucímu poklesu koncentrací PM_{10} a BaP po další etapě realizace opatření pro zlepšení kvality ovzduší v malých sídlech (výměna kotlů) a poklesu karcinogenního BaP v emisích z lokálních topenišť. Analýza byla provedena na základě naměřených koncentrací obou polutantů a jejich poměru.

Na základě uvedených výsledků a následné analýzy vyplývá, že na uvedených projektových lokalitách dochází ke snižování poměrů BaP/PM_{10}, tj. obsahu BaP v suspendovaných částicích PM_{10}. Vzhledem k tomu, že během poslední kampaně 2020/2021 v porovnání s předešlými kampaněmi panovaly nejhorší rozptylové podmínky a průměrná teplota byla druhá nejnižší, lze dosažení nejnižších a druhých nejnižších hodnot poměrů BaP/PM_{10} během poslední kampaně 2020/2021 považovat za ukazatel poklesu měrných emisí BaP z vytápění domácností spojeného se zvýšenou kvalitou spalování pevných paliv ve zdrojích tepla v domácnostech v oblastech projektových lokalit.

Nezanedbatelný pokles emisí a koncentrací suspendovaných částic a benzo[*a*]pyrenu dokládají i výsledky z modelového hodnocení.

Pro výpočet a vyhodnocení dopadu kotlíkových dotací byl zvolen rok 2015 jako referenční rok. Pro vyčíslení efektu výměny kotlů v rámci dotačního programu kotlíkové dotace byla použita anonymizovaná data z prvního a druhého kola (stav k 17. 1. 2020) a dále 3. kola (stav z dubna 2021). Pro výpočet změn kvality ovzduší v důsledku kotlíkových dotací byl použit chemický transportní model CAMx v5.4.1 (Ramboll Environ, 2018), kterým byl namodelován referenční rok a následně stav se změněnými emisemi z lokálního vytápění v důsledku 1. – 3. kola dotací. Modelové hodnocení odpovídá průměrným koncentracím v gridu 4,7 x 4,7 km. Jeho závěrem je, že při meteorologických podmínkách odpovídajících roku 2015:

- Průměrná roční koncentrace PM_{10} v důsledku kotlíkových dotací poklesla na většině území o 0,3–0,8 $\mu g \cdot m^{-3}$ (tj. 0,75–2 % imisního limitu (IL)). Na velké části území aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek činí pokles 1,5–2,6 $\mu g \cdot m^{-3}$ (tj. 3,8–6, 5 % IL). Pokles v případě 36. nejvyšší denní koncentrace je na velké části území přibližně dvojnásobný a na území aglomerace O-K-F/M činí 3,2–7,6 $\mu g \cdot m^{-3}$ (tj. 8–19 % IL).

- Průměrná roční koncentrace $PM_{2,5}$ v důsledku kotlíkových dotací poklesla na většině území o 0,2–0,6 $\mu g \cdot m^{-3}$ (1–3 % IL). Na velké části území aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek a ve východní polovině okresu Opava činil pokles 2–2,5 $\mu g \cdot m^{-3}$ (10–12,5 % IL).
- Průměrná roční koncentrace BaP v důsledku kotlíkových dotací poklesla na většině území o 0,003–0,06 $ng.m^{-3}$ (0,3–6 % IL). V převážné části zóny Moravskoslezsko byl pokles mezi 0,24–0,55 $ng.m^{-3}$ (24–55 % IL).

I přes pokračující obnovu zdrojů vytápění domácností byla v rámci celoročního měření v Bolaticích v roce 2020 naměřena roční průměrná koncentrace BaP o hodnotě 4,7 $ng \cdot m^{-3}$. Obec Bolatice leží v regionu se souvisle násobně překročeným limitem pro BaP. Nejvyšší roční průměrné koncentrace benzo[*a*]pyrenu jsou dlouhodobě zaznamenávány na celém území aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek v důsledku nejvyššího emisního zatížení v rámci ČR (z různých typů zdrojů) a vlivu přeshraničního přenosu z Polska. K více než čtyřnásobnému překročení imisního limitu (1 $ng \cdot m^{-3}$) došlo v Bolaticích tedy i v roce, který byl z hlediska kvality ovzduší výjimečně příznivý, ve kterém byly naměřeny nejnižší koncentrace polutantů za období 2010–2020 a který byl zároveň teplotně silně nadnormální, srážkově nadnormální a panovaly v něm standardní rozptylové podmínky (ČHMÚ 2021).

Vyšší teploty a dobré rozptylové podmínky v únoru 2020 vedly k nejnižším koncentracím BaP a PM_{10} za hodnocené období. Nicméně v případě výskytu nízkých teplot a teplot pod bodem mrazu a/nebo výskytu mírně nepříznivých až nepříznivých rozptylových podmínek dochází k navýšení koncentrací polutantů ve venkovním ovzduší, přičemž k navýšení koncentrací BaP dochází zejména během mrazivých dnů. Při potenciálním zvýšení cen energií lze navíc v budoucnu očekávat i návrat k levnějšímu způsobu vytápění, což by vedlo k dalšímu navýšení koncentrací látek znečišťujících ovzduší.

Realizovaná opatření (výměna kotlů) vedou ke zkvalitnění vytápění s nižší produkcí karcinogenního BaP. Provedená analýza však indikuje, že v případě déletrvajícího výskytu nízkých až mrazivých teplot v následujících letech lze očekávat zvýšené až nadlimitní koncentrace polutantů. Nižší měrné emise BaP z lokálních topenišť však znamenají, že při pokračující výměně zdrojů tepla a správném způsobu vytápění by neměly imisní koncentrace v dalších letech dosáhnout úrovní koncentrací z minulých a z hlediska meteorologických a rozptylových podmínek srovnatelných let. Pokračující realizace opatření v dalších letech je proto více než žádoucí.

7 Literatura

BARMPADIMOS, I. et al., 2011. Influence of meteorology on PM_{10} trends and variability in Switzerland from 1991 to 2008. Atmospheric Chemistry and Physics, 11, 1813–1835. WWW: https://www.atmos-chem-phys.net/11/1813/2011/

BENEŠOVÁ N. et al., 2018. New open source emission processor for air quality models. In Sokhi, R. et al. (eds) Proceedings of Abstracts 11th International Conference on Air Quality Science and Application. DOI: 10.18745/PB.19829. (pp. 27). Dostupné z WWW: http://fume-ep.org.

CAMS-REGv1.1-AP. Dostupné z WWW: https://permalink.aeris-data.fr/CAMS-REGv1.1-AP.

ČHMÚ, 2016. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2015. Dostupné z WWW: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/15groc/gr15cz/Obsah_CZ.html.

ČHMÚ, 2021. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2021. ISBN 978-80-7653-023-2. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/20groc/gr20cz/20_00_obsah_v1.pdf.

ČSÚ, 2017: Spotřeba paliv a energií v domácnostech. Český statistický úřad, Praha, 2017. Dostupné z WWW: https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-paliv-a-energii-v-domacnostech.

EC, 2004. Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air, OJ L 23, 26, 1, 2005, page 3–16.

EC, 2008. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe, OJ L 152, 11, 6, 2008, page 1–44.

ECMWF, 2020. CAMS Global archived analysis and forecast daily data. Dostupné z WWW: https://confluence.ecmwf.int/pages/viewpage.action?pageId=56659592.

GIANELLE, V., COLOMBI, C., CASERINI, S., OZGEN, S., GALANTE, S., MARONGIU, A., LANZANI, G., 2013. Benzo(a)pyrene air concentrations and emission inventory in Lombardy region, Italy. Atmospheric Pollution Research, 4, 257–266. Dostupné z WWW: https://doi.org/10.5094/APR.2013.028.

GRANIER C. et al., 2012. Report on the update of anthropogenic surface emissions, MACC-II deliverable report D_22.1.

GUENTHER A. B. et al., 2012. The Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature version 2.1 (MEGAN2.1): an extended and updated framework for modeling biogenic emissions. Geoscientific Model Development, vol. 5, p. 1471–1492. Dostupné z WWW: http://www.geosci-model-dev.net/5/1471/2012/.

KŘŮMAL, K., MIKUŠKA, P., VEČEŘA, Z., 2012. Application of organic markers in identification of sources of organic aerosols. Chem. Listy 106, 95–103.

KUENEN J. J. P. et al., 2014. TNO-MACC_II emission inventory; a multi-year (2003–2009) consistent high-resolution European emission inventory for air quality modelling. Atmospheric Chemistry and Physics, vol. 14, p. 10963–10976.

MODLÍK, M., BUFKA, A., HOPAN, F., HORÁK, J., 2017. Metodika inventarizace emisí ze spalování paliv v domácnostech [online]. Technický dokument ČHMÚ [cit. 27. 7. 2020]. Dostupné z WWW: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/embil/NovaMetodikaEBSpalovZdrojuVDomacnostech.pdf

OROS, D.R., SIMONEIT, B.R.T., 2000. Identification and emission rates of molecular tracers in coal smoke particulate matter. Fuel 79, 515–536.

Ramboll Environ, 2018: CAMx, Comprehensive Air Quality Model with Extensions. Dostupné z WWW: www.camx.com.

SCHAUER, J.J., ROGGE, W.F., HILDEMANN, L.M., MAZUREK, M.A., CAS,S G.R., SIMONEIT, B.R.T., 1996. Source apportionment of airborne particulate matter using organic compounds as tracers. Atmos. Environ., 30, 3837–55.

SIMONEIT, B.R.T., 1999. A review of biomarker compounds as source indicators and tracers for air pollution. Environmental Science and Pollution Research, 6, 159-169.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES ze dne 21. října 2009 o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie (Text s významem pro EHP).

WHO, 2006. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global update 2005, Summary of risk assessment, World Health Organization 2006, WHO/SDE/PHE/OEH/06,02.

Zákon o ovzduší č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. In: Sbírka zákonů. 13. června 2012. ISSN 1211-1244.

8 Vysvětlivky a seznam použitých zkratek

I–XII	Měsíce v roce
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DKRVO	Dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace
MSK	Moravskoslezský kraj
PAH	Polycyklické aromatické uhlovodíky
BaA	Benzo[*a*]antracen
BaP	Benzo[*a*]pyren
BbF	Benzo[*b*]fluoranten
BghiPRL	Benzo[*g,h,i*]perylen
BjF	Benzo[*j*]fluoranten
BkF	Benzo[*k*]fluoranten
CRY	Chrysen
DBahA	Dibenzo[*a,h*]antracen
I123cdP	Indeno[*1,2,3-cd*]pyren
PM_{10}/$PM_{2,5}$	Suspendované částice PM_{10}/$PM_{2,5}$
PZKO	Programy zlepšování kvality ovzduší
SSIM	Státní síť imisního monitoringu
TK	Těžké kovy
As	Arzen
Cd	Kadmium
Co	Kobalt
Cr	Chrom
Cu	Měď
Fe	Železo
Mn	Mangan
Ni	Nikl

	Pb	Olovo
	Se	Selen
	V	Vanad
	Zn	Železo
WHO	Světová zdravotnická organizace	

Příloha I – Měření na lokalitě Bolatice v kalendářním roce 2020

Charakteristika lokality

V roce 2020 probíhalo měření manuálními vzorkovači suspendovaných částic v ovzduší v Bolaticích dotované z DKRVO jako doplnění projektu TITSMZP704 oblast V3 – Celkové hodnocení účinnosti programů zlepšování kvality ovzduší v malých sídlech.

Obec Bolatice se nachází přibližně 10 km jižně od hranic s Polskem v okrese Opava, 12 km severozápadně od Ostravy. V Bolaticích žije přibližně 4 500 obyvatel.

Dotované odběrové zařízení na lokalitě Bolatice (Obr. 1 a Obr. 2 Obr. 1 Poloha stanice Bolatice), bylo umístěno v areálu ZŠ a MŠ Bolatice. Areál je na okraji obce a ze tří stran je obklopen zástavbou rodinných domů. Lokalita byla klasifikována jako pozaďová, typ zóny venkovská, s charakteristikou obytná, zemědělská (Tab. 1).

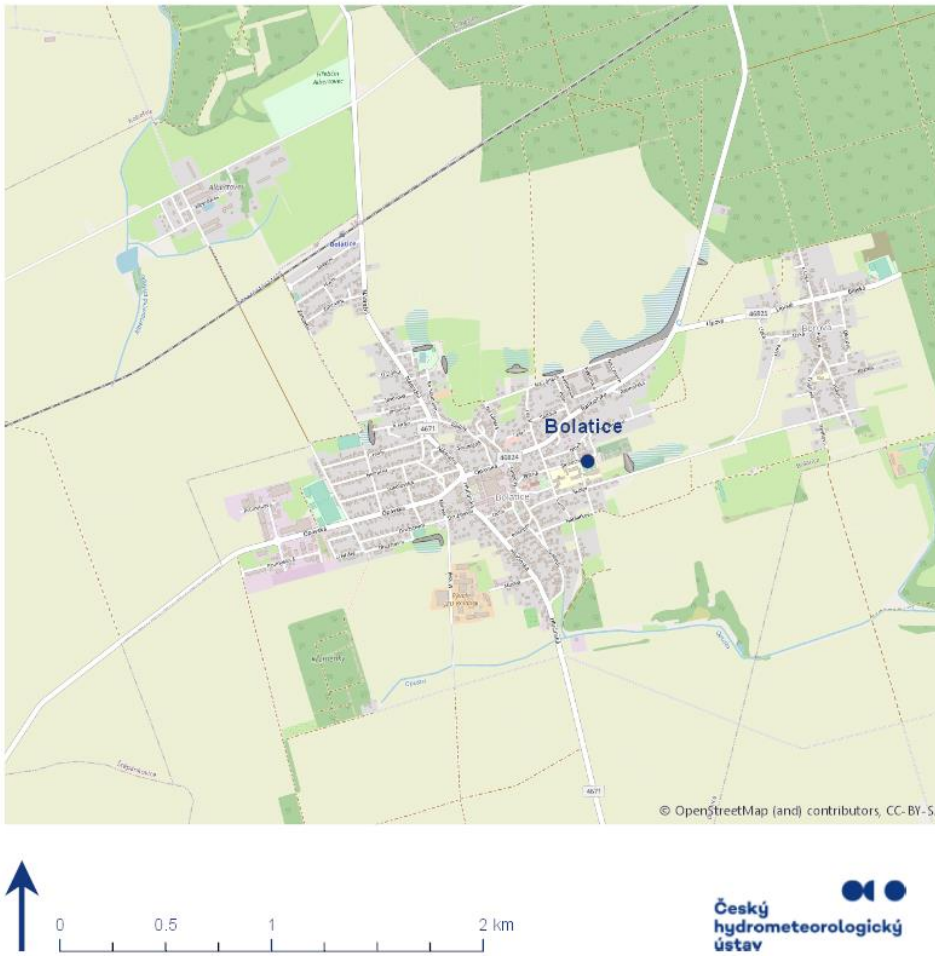
Tab. 1 Lokalita Bolatice

Charakteristika	Bolatice
Severní zem. šířka	49° 57′ 11.593"
Východní zem. délka	18° 5′ 18.700"
Nadmořská výška	264 m
EOI klasifikace	B/R/RA
Reprezentativnost	Střední měřítko (100–500 m)

Měření probíhalo v souladu s pravidly Imisního monitoringu ČHMÚ, který je zkušební laboratoří č. L 1460 akreditovanou ČIA, o. p. s. pro zkoušky a odběry uvedené v Příloze Osvědčení o akreditaci[14]. ČHMÚ je autorizován k měření imisí znečišťujících látek Ministerstvem životního prostředí ČR dle osvědčení o autorizaci k měření imisí osvědčení MŽP ČR o autorizaci k měření imisí č. j. 45629/ENV /14 ze dne 20. 8. 2014.

Při hodnocení výsledků měření byly získané hodnoty porovnávány s imisními limity dle zákona č. 201/2012, o ochraně ovzduší, v platném znění, vycházejícími ze směrnic Evropské unie (EC, 2004; EC, 2008) a s hodnotami stanovenými ve směrnicích Světové zdravotnické organizace (WHO) pro kvalitu vnějšího ovzduší (WHO, 2006). Pro porovnání koncentrací byly využity výsledky měření kvality ovzduší ve Státní síti imisního monitoringu v Moravskoslezském kraji, dostupná operativní data ze stanic Zdravotního ústavu se sídlem v Ostravě a vybraných polských stanic ze Slezského vojvodství.

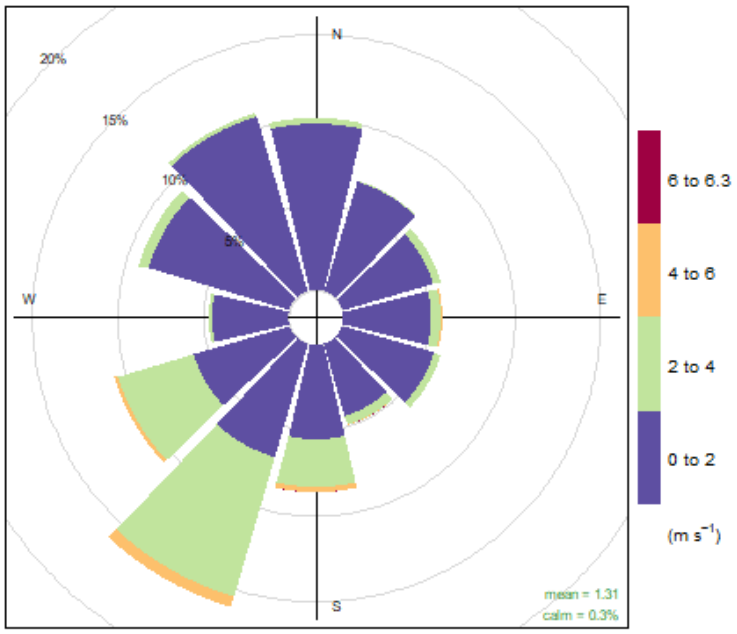
[14] www.cai.cz v sekci Seznam akreditovaných subjektů



Obr. 2 Stanice Bolatice

Obr. 1 Poloha stanice Bolatice

Charakter proudění větru na lokalitách je zobrazen prostřednictvím větrné růžice (Obr. 3). Ze změn podílů proudění z jednotlivých směrů při různých rychlostech větru lze usuzovat na změny podílů imisní zátěže z různých typů zdrojů znečišťování ovzduší (vysoká vs. nízká emise apod.) na lokalitě za různých meteorologických podmínek.



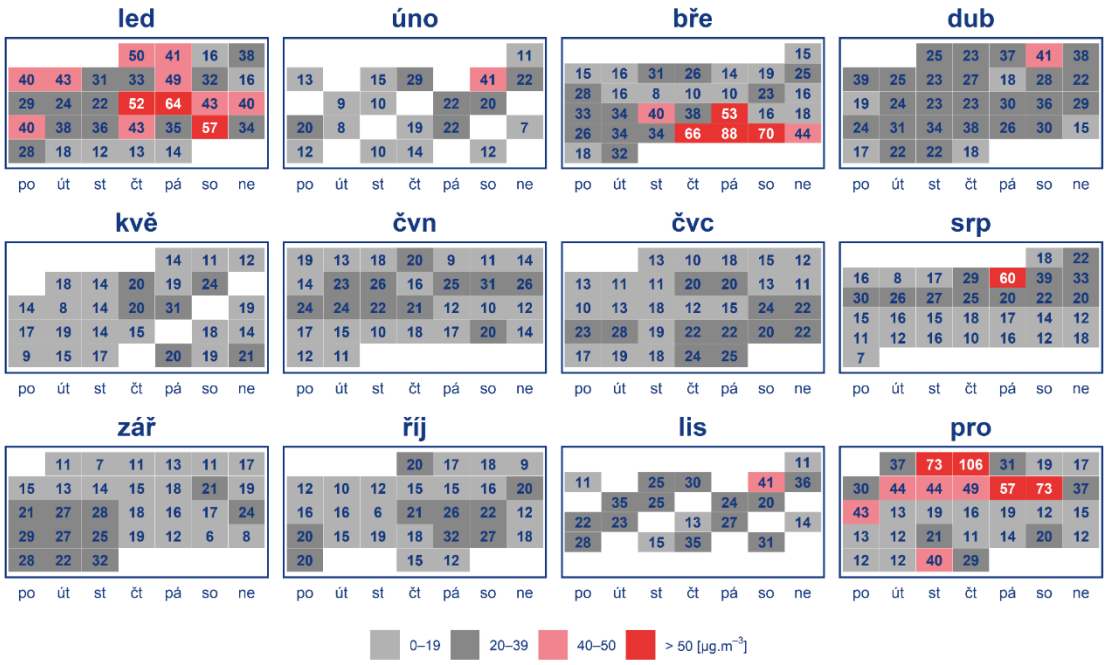
Obr. 3 Větrná růžice rozdělená dle směru a rychlosti větru, Bolatice, 2020

Suspendované částice PM_{10}

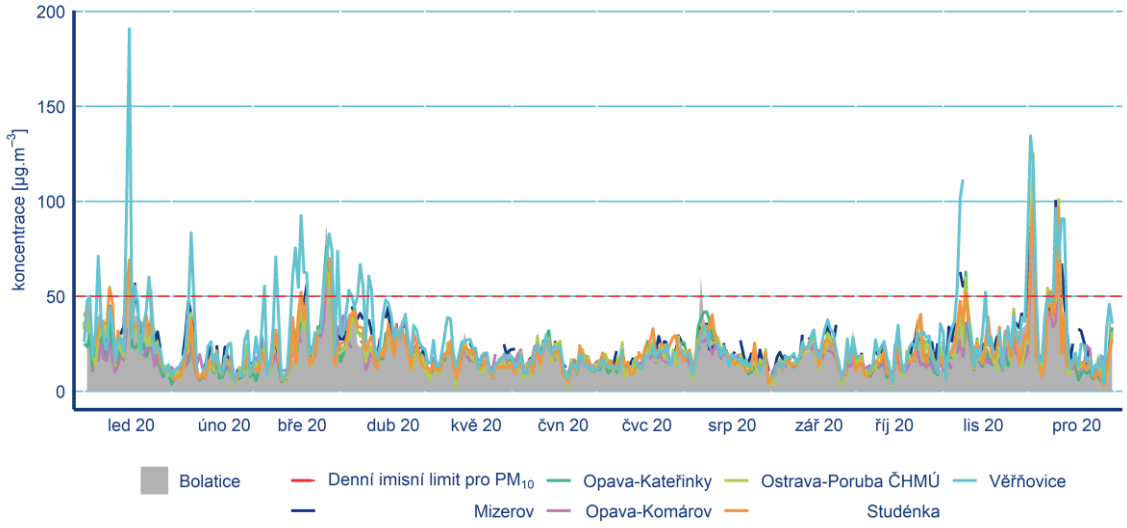
Průměrná roční koncentrace PM_{10} v roce 2020 na stanici v Bolaticích byla 23 $\mu g \cdot m^{-3}$, roční imisní limit pro PM_{10} tedy překročen nebyl. Ve srovnání s průměrnou roční koncentrací ze stanic Moravskoslezského kraje v roce 2020 se zahrnutím všech typů lokalit, dosáhla roční průměrná koncentrace v Bolaticích 105 %. Doporučená hodnota 20 $\mu g \cdot m^{-3}$ pro roční průměrné koncentrace suspendovaných částic PM_{10} dle WHO (2006) byla v Bolaticích překročena (Obr. 4). V porovnání s jednotlivými lokalitami Státní sítě imisního monitoringu ČHMÚ byla průměrná roční koncentrace PM_{10} mírně nadprůměrná (Obr. 5**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Pro doplnění kontextu byly porovnány průměrné roční koncentrace z vybraných stanic na území Moravskoslezského kraje a Slezského vojvodství (Obr. 7). Průměrné roční koncentrace suspendovaných částic v kraji se na všech stanicích meziročně snížily. Výslednou imisní situaci pozitivně ovlivnily zejména lepší meteorologické podmínky, zvláště v zimních měsících. Za celý rok nebyly naplněny podmínky pro vyhlášení smogové situace.

Počet dnů s překročením hodnoty denního imisního limitu 50 $\mu g \cdot m^{-3}$ (přičemž přípustný počet překročení je 35 v kalendářním roce dle) byl v Bolaticích 13, ale tento údaj je pouze orientační a nelze jej porovnávat s legislativně stanoveným maximálním povoleným počtem denních překročení, protože platná legislativa dovoluje v kalendářním roce maximálně 10 % chybějících výsledků a tato podmínka nebyla vzhledem ke kompromisně zvolenému odběrovému kalendáři splněna. Nadlimitní denní průměrné koncentrace se vyskytovaly převážně v chladné polovině roku (Obr. 6). V roce 2020 byla v Bolaticích maximální 24hodinová koncentrace 106 $\mu g \cdot m^{-3}$ naměřena dne 3. 12. 2020. K překročení hodnot denních průměrných koncentrací odpovídajících informativní (100 $\mu g \cdot m^{-3}$) a regulační (150 $\mu g \cdot m^{-3}$) prahové hodnotě PM_{10} pro posuzování podmínek vzniku smogových situací došlo v Bolaticích pouze 1 krát (Obr. 4, Obr. 5).

Průměrné měsíční koncentrace v Bolaticích byly vyšší než průměrné oblastní koncentrace Moravskoslezského kraje. Roční chod znečištění PM_{10} neměl v roce 2020 zcela typický průběh, v únoru byly naměřeny velmi nízké koncentrace (Obr. 6).

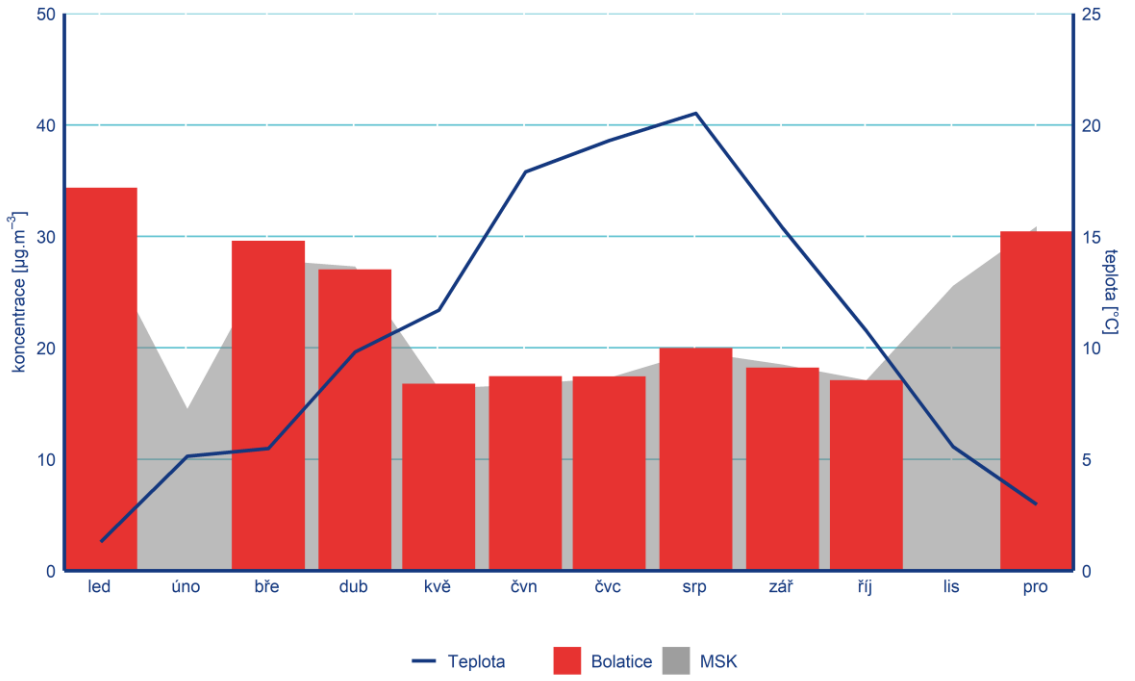


Obr. 4 Denní koncentrace PM_{10}, Bolatice, 2020

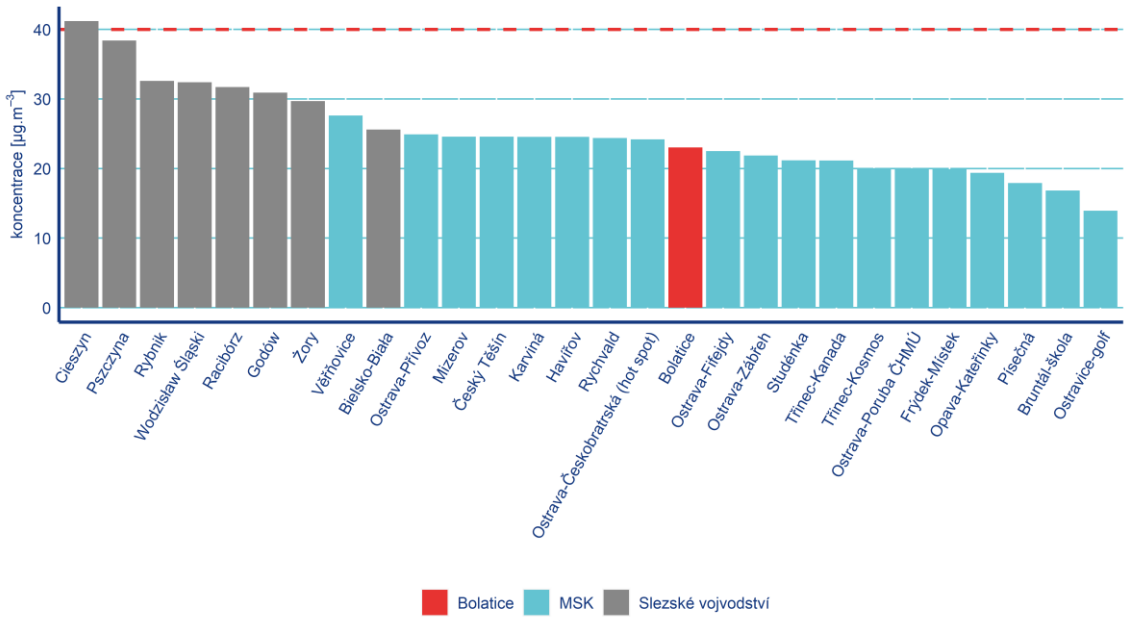


Obr. 5 Denní koncentrace PM_{10} na vybraných stanicích v Moravskoslezském kraji, 2020

T A
Č R
Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.
Ministerstvo životního prostředí



Obr. 6 Roční chod průměrných měsíčních koncentrací PM_{10} v Bolaticích, průměrné měsíční teploty a průměrných měsíčních koncentrací na stanicích SSIM v Moravskoslezském kraji v roce 2020



Obr. 7 Průměrné roční koncentrace PM_{10} na stanicích v Moravskoslezském kraji a Slezském vojvodství, 2020 (přerušovanou čarou zobrazena hodnota ročního imisního limitu)

Polycyklické aromatické uhlovodíky

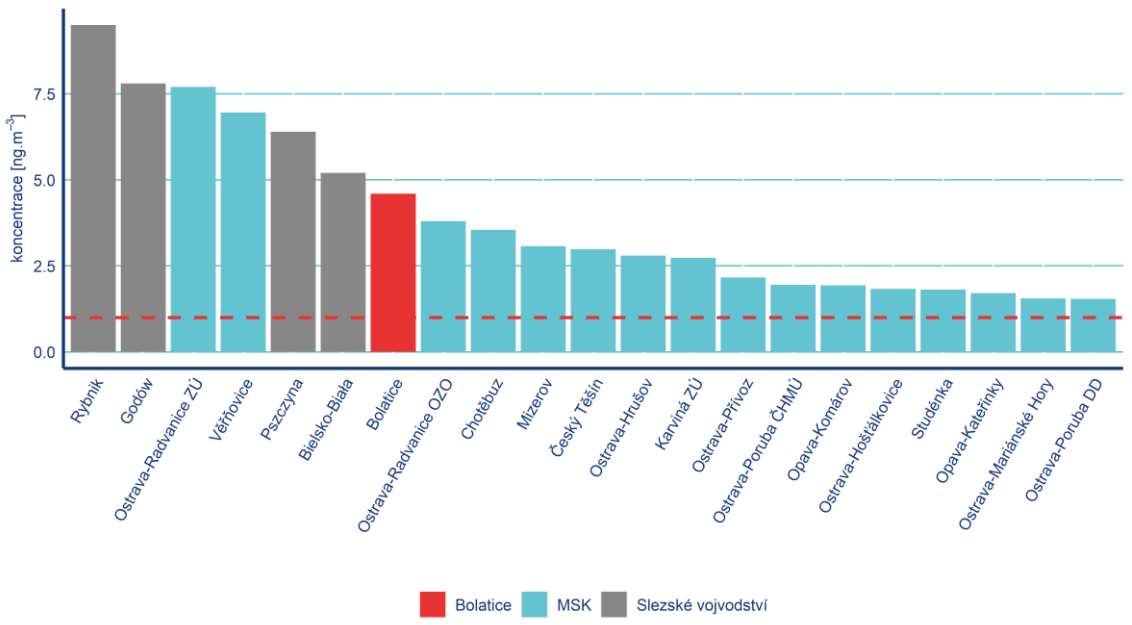
Většinu roku 2020 bylo prováděno měření polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH) v suspendovaných částicích PM_{10} v šestidenním cyklu, kromě února a listopadu, kdy probíhalo měření každý třetí den. U většiny stanovovaných polycyklických aromatických uhlovodíků se projevil výrazný roční chod významným rozdílem mezi koncentracemi měřenými v teplé a chladné části roku (Obr. 9). Hodnoty koncentrací jednotlivých stanovovaných látek v teplém období dosahovaly 9–21 % hodnot koncentrací v chladném období. Mezi Bolaticemi a vybranými stanicemi imisního monitoringu v MSK nebyly významnější rozdíly v poměrném zastoupení jednotlivých polycyklických aromatických uhlovodíků (Obr. 10, Obr. 11, Tab. 3).

Hodnota ročního imisního limitu pro benzo[*a*]pyren 1 $ng \cdot m^{-3}$ byla překročena více než čtyř a půl násobně (4,6 $ng \cdot m^{-3}$). Hodnota 1 $ng \cdot m^{-3}$ byla u denních průměrných koncentrací překročena v 63 % případů. K překročení ročního limitu došlo i na všech ostatních lokalitách Státní sítě imisního monitoringu (SSIM) v Moravskoslezském kraji, kde je benzo[*a*]pyren rutinně stanovován v PM_{10} (Tab. 2). Průměrná roční koncentrace benzo[*a*]pyrenu v Bolaticích byla třetí nejvyšší krajskou hodnotou. Pro doplnění kontextu byly porovnány průměrné roční koncentrace z vybraných stanic na území Moravskoslezského kraje a Slezského vojvodství (Obr. 8**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**).

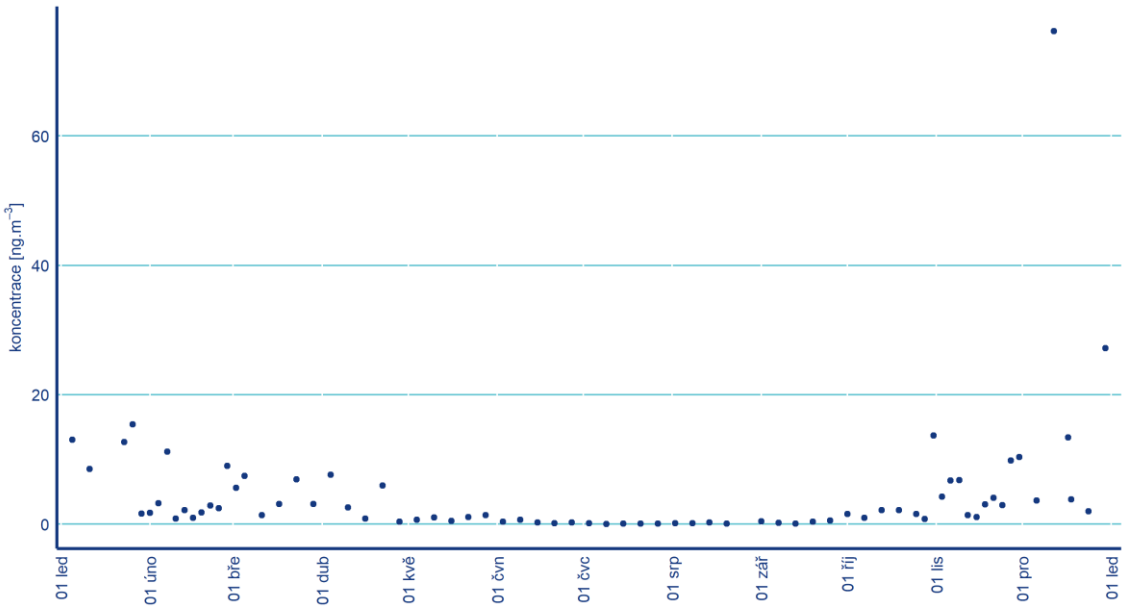
Při porovnání denních koncentrací benzo[*a*]pyrenu v chladných měsících roku 2020 na stanicích v Moravskoslezském kraji je zřejmé, že nejvyšších hodnot je dosaženo na stanicích v blízkosti hranice s Polskem (Věřňovice, Bolatice a Mizerov). Jednoznačně nejvyšší denní koncentrací v roce 2020 na vybraných stanicích Moravskoslezského kraje je hodnota ze dne 12. 12. 2020 na stanici v Bolaticích (Obr. 12, Obr. 13).

Tab. 2 Porovnání koncentrací benzo[a]pyrenu s hodnotami na vybraných lokalitách stacionárního imisního monitoringu

2020	Průměrná roční koncentrace [ng·m^{-3}]
Ostrava-Radvanice ZÚ	**7,70**
Věřňovice	**6,96**
Bolatice	**4,60**
Ostrava-Radvanice OZO	**3,80**
Chotěbuz	**3,55**
Mizerov	**3,07**
Český Těšín	**2,98**
Ostrava-Hrušov	**2,80**
Karviná ZÚ	**2,73**
Ostrava-Přívoz	**2,16**
Ostrava-Poruba ČHMÚ	**1,95**
Opava-Komárov	**1,93**
Ostrava-Hošťálkovice	**1,83**
Studénka	**1,81**
Opava-Kateřinky	**1,71**
Ostrava-Mariánské Hory	**1,55**
Ostrava-Poruba DD	**1,54**



Obr. 8 Průměrná roční koncentrace BaP v roce 2020 (přerušovanou čarou zobrazena hodnota ročního imisního limitu 1 ng·m^{-3})

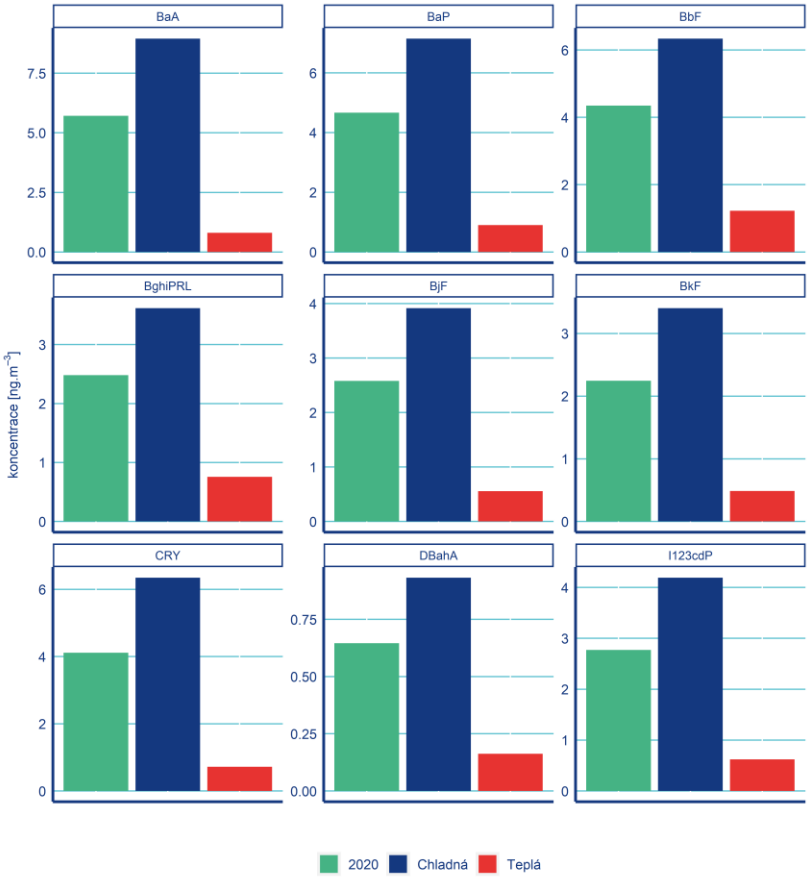


Obr. 9 Denní koncentrace benzo[a]pyrenu v roce 2020

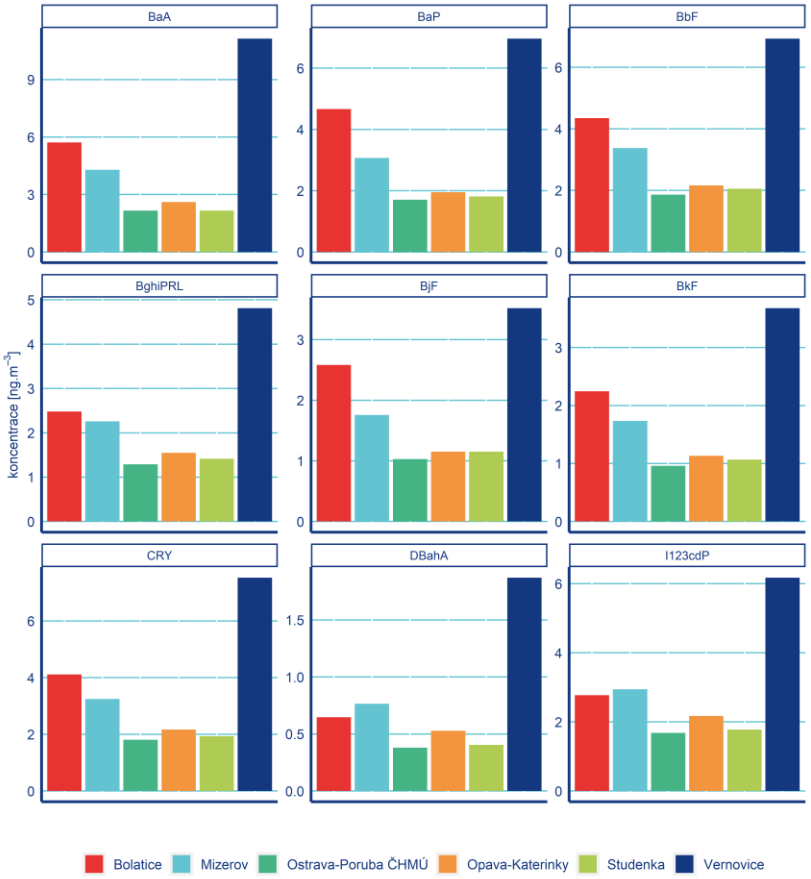
Tab. 3 Průměrné koncentrace polycyklických aromatických uhlovodíků za celý rok, v chladné a teplé sezoně v ng·m^{-3}, 2020

PAH	BaA	BaP	BbF	BghiPRL	BjF	BkF	CRY	DBahA	I123cdP
Roční průměr	5,7	4,7	4,3	2,5	2,6	2,2	4,1	0,6	2,8
Chladná sezona	9,0	7,1	6,3	3,6	3,9	3,4	6,3	0,9	4,2
Teplá sezona	0,8	0,9	1,2	0,8	0,6	0,5	0,7	0,2	0,6

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.
Ministerstvo životního prostředí



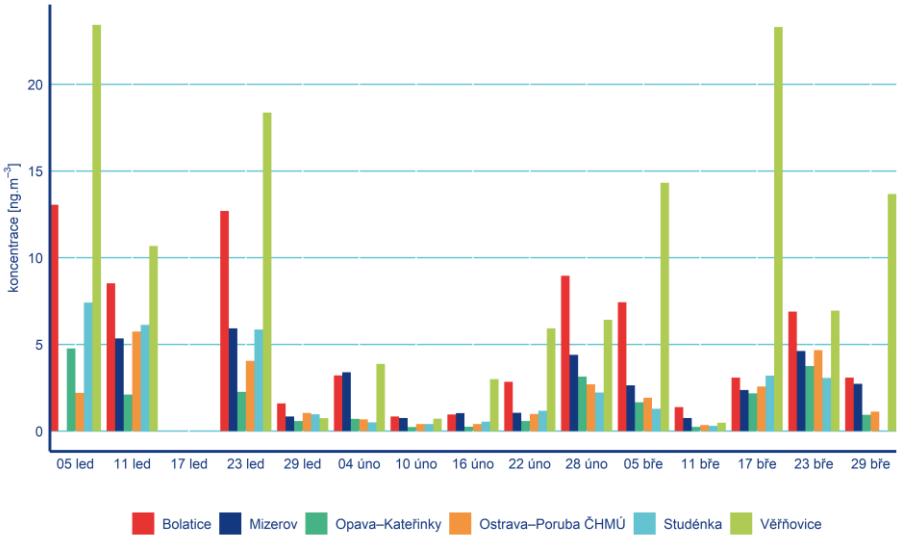
Obr. 10 Průměrné koncentrace PAH v Bolaticích během chladné, teplé sezony a celého roku, 2020



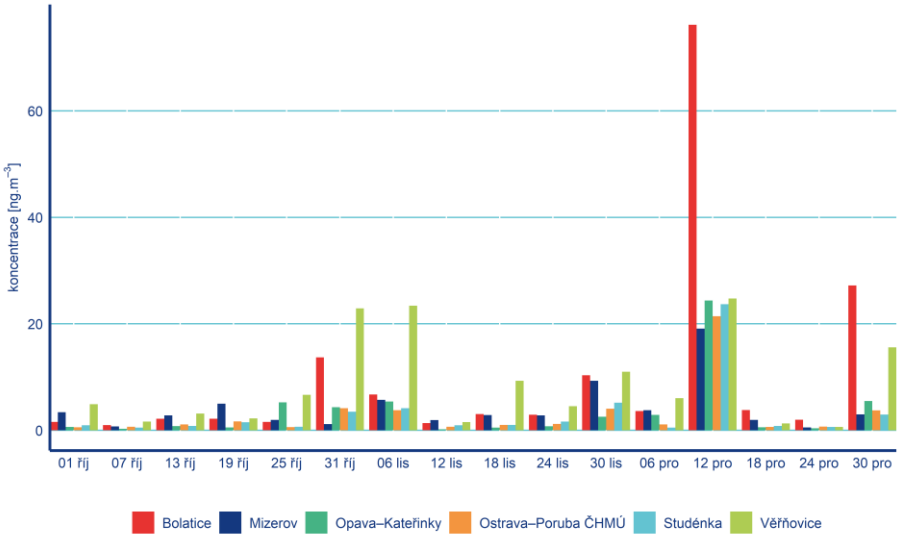
Obr. 11 Průměrné roční koncentrace PAH v Bolaticích a na vybraných stanicích v MSK, 2020

T A
Č R
Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.
Ministerstvo životního prostředí

Obr. 12 Denní koncentrace BaP na vybraných stanicích v Moravskoslezském kraji v chladných měsících roku 2020 (leden až březen)



Obr. 13 Denní koncentrace BaP na vybraných stanicích v Moravskoslezském kraji v chladných měsících roku 2020 (říjen až prosinec)



ení v kontextu předchozích měření

Těžké kovy

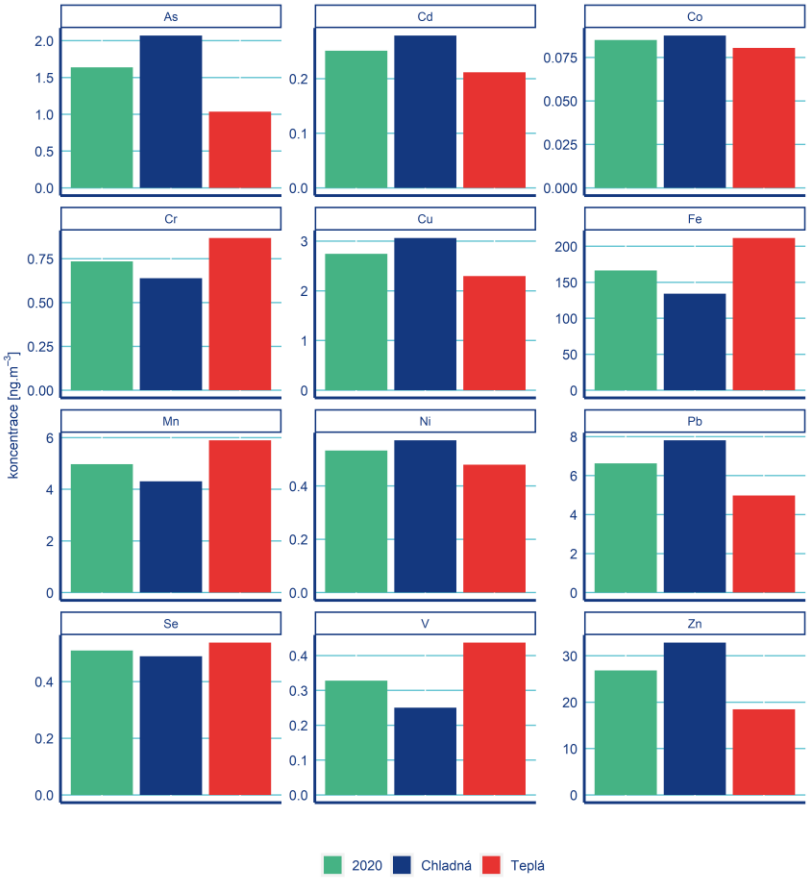
V roce 2020 probíhalo měření obsahu těžkých kovů (resp. kovů s toxickými účinky) v suspendovaných částicích PM_{10} každý 6. den. Výsledné koncentrace těžkých kovů v Bolaticích byly výrazně podlimitní (Tab. 4).

Podíl průměrných koncentrací jednotlivých stanovovaných látek naměřených v teplém období tvořil v průměrech za chladné období roku 50 až 174 % (Tab. 4, Obr. 14). Mezi Bolaticemi a vybranými stanicemi imisního monitoringu v MSK se vyskytly významnější rozdíly v poměrném zastoupení jednotlivých těžkých kovů, příkladem je arzen (Obr. 15**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**).

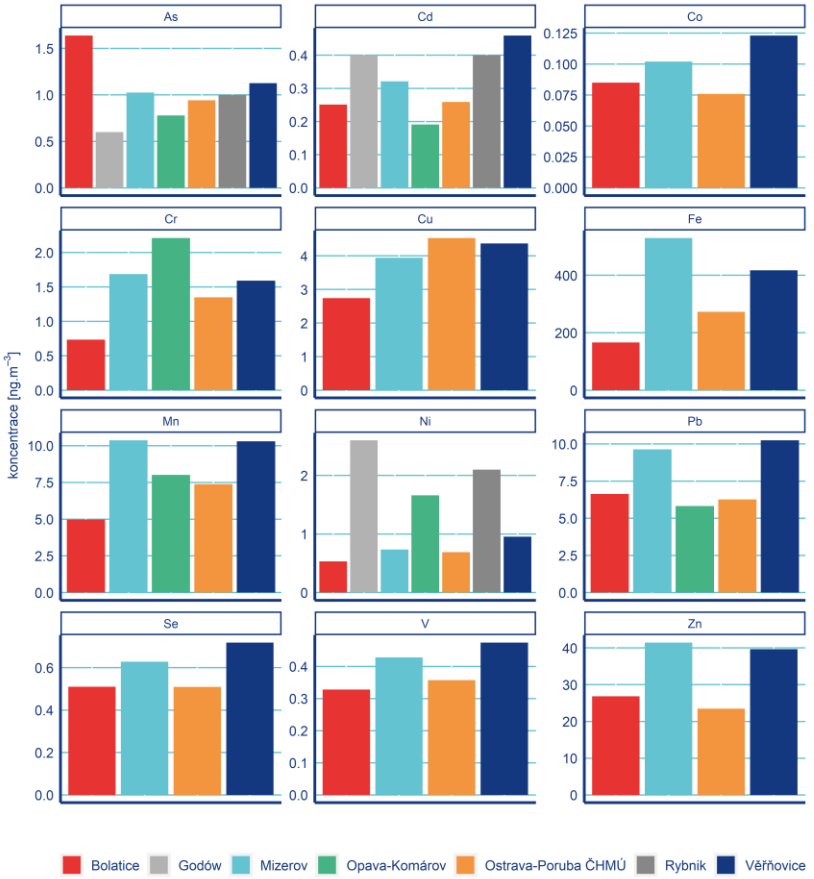
Tab. 4 Průměrné koncentrace těžkých kovů za celý rok, v chladné a teplé sezoně v ng·m^{-3}, Bolatice, 2020

Těžké kovy	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Se	V	Zn
Roční průměr	1,6	0,3	0,1	0,7	2,7	166,4	5,0	0,5	6,6	0,5	0,3	26,8
Chladná sezona	2,1	0,3	0,1	0,6	3,1	134,1	4,3	0,6	7,8	0,5	0,3	32,8
Teplá sezona	1,0	0,2	0,1	0,9	2,3	211,6	5,9	0,5	5,0	0,5	0,4	18,4

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.
Ministerstvo životního prostředí



Obr. 14 Průměrné koncentrace těžkých kovů v Bolaticích během chladné, teplé sezóny a celého roku 2020



Obr. 15 Průměrné roční koncentrace TK v Bolaticích, na vybraných stanicích v MSK a ve Slezském vojvodství, 2020

Denní typy proudění

Pro hodnocení 24hodinových koncentrací znečišťujících látek v závislosti na směru větru byla využita interní metodika ČHMÚ pro stanovení denního typu směru proudění (DTP). Metodika DTP určuje denní převládající směr proudění, který se počítá z hodinových dat směru a rychlosti větru, přičemž musí být dostupných aspoň 18 hodnot v daném dni. Na základě metodiky je možné určit DTP pro 8 základních směrů (S, SV, SZ, V, Z, J, JZ, JV), případně sektorů pro dva směry nacházející se vedle sebe (S–SV, S–SZ, J–JZ, J–JV, JV–V, SV–V, JZ–Z, SZ–Z), dále pro bezvětří (≤ 0,4 $m \cdot s^{-1}$), proměnlivý vítr a DTP, který nebylo možné specifikovat (neurčitelný).

Hodnocení koncentrací škodlivin v závislosti na DTP nemusí být objektivní s ohledem na skutečnost, že měření neprobíhalo každý den (zvláště v případě benzo[*a*]pyrenu, kdy měření probíhalo každý 6. den). Měření každý 6. den nezahrnuje objektivně situace s různým výskytem denních koncentrací benzo[*a*]pyrenu během roku (ať už s vysokými či nízkými koncentracemi) a není možné zahrnout ani výskyt všech typů meteorologických podmínek. Jedná se o orientační charakteristiku s omezenou vypovídací hodnotou.

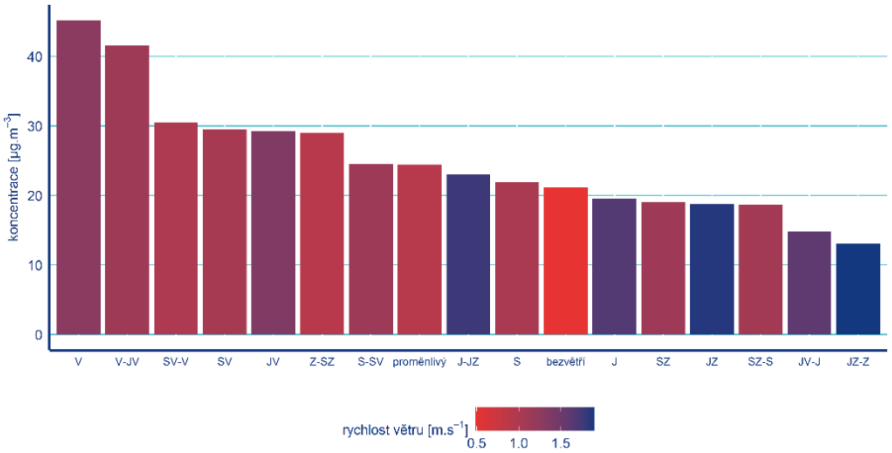
Jednoznačně nejčetnějším denním typem proudění ve dnech s měřením PM_{10} i BaP je proměnlivé, dále jihozápadní. Naopak západní denní typ proudění se ve dnech s měřením PM_{10} a BaP nevyskytl vůbec. Pro dny s měřením PM_{10} bylo nejméně četným prouděním Z–SZ, dále SV–V a JZ–Z. Pro dny s měřením BaP se kromě západního typu proudění nevyskytl rovněž denní typ JV–J, JZ–Z a Z–SZ. Souhrnná Tab. 5 ukazuje, jaká byla četnost proudění z jednotlivých směrů (a četnost výskytu DTP: proměnlivý, neurčitelný a bezvětří) ve dnech s měřením dané znečišťující látky (% wd) a kolika procenty se koncentrace dané znečišťující látky při proudění z konkrétního směru podílely na celkové průměrné roční koncentraci (% PM_{10} a % BaP).

Průměrné koncentrace při proudění z jednotlivých sektorů jsou zobrazeny na Obr. 16 a Obr. 17. Nejvyšší průměrné koncentrace PM_{10} jsou dosahovány při V (45,2 $\mu g \cdot m^{-3}$) a V–JV (41,5 $\mu g \cdot m^{-3}$) typu proudění a průměrné denní rychlosti větru nad 1 $m \cdot s^{-1}$. Nejvyšší průměrná koncentrace benzo[*a*]pyrenu 27,7 $ng \cdot m^{-3}$ se vyskytuje při východním denním typu proudění a průměrné denní rychlosti větru do 1 $m \cdot s^{-1}$. Tato nejvyšší průměrná koncentrace BaP však byla způsobena výskytem jedné vysoké denní koncentrace 76,2 $ng \cdot m^{-3}$ dne 12. 12. 2020. Maximální denní koncentrace PM_{10} 106 $\mu g \cdot m^{-3}$ byla zjištěna při V–JV denním typu proudění a průměrné denní rychlosti větru 1,4 $m \cdot s^{-1}$. Zmíněná maximální denní koncentrace benzo[*a*]pyrenu při východním DTP byla dosažena při průměrné denní rychlosti větru 1 $m \cdot s^{-1}$ (Obr. 18 a Obr. 19).

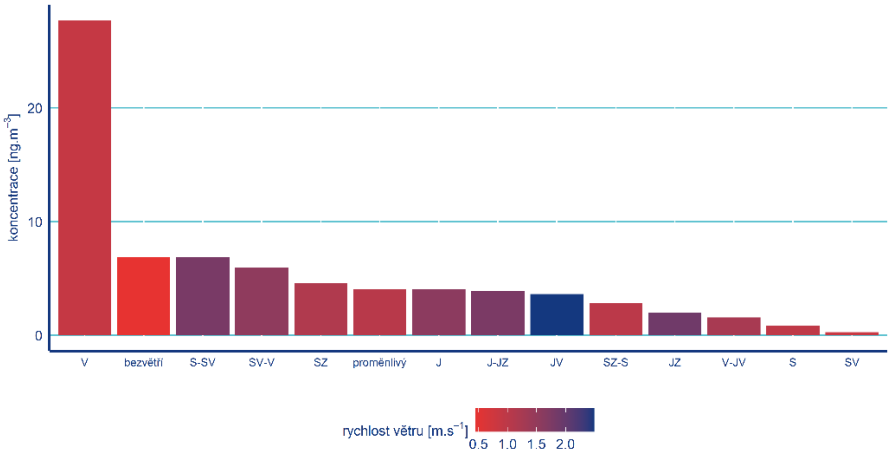
Tab. 5 Koncentrace PM_{10} a BaP v závislosti na DTP, Bolatice, 2020

Směr větru	% PM_{10}	% wd	% BaP	% wd
J	7.9	9.3	9.5	11.1
J–JZ	6.0	6.0	9.2	11.1
JV	2.3	1.8	1.1	1.4
JV–J	1.2	1.8	-	-
JZ	16.7	20.3	7.0	16.7
JZ–Z	0.7	1.2	-	-
S	9.2	9.6	1.0	5.6
S–SV	1.0	0.9	2.0	1.4
SV	2.3	1.8	0.1	1.4
SV–V	1.2	0.9	1.8	1.4
SZ	6.0	7.2	8.1	8.3
SZ–S	2.9	3.6	1.7	2.8
V	7.1	3.6	24.4	4.2
V–JV	3.3	1.8	0.5	1.4
Z–SZ	0.4	0.3	-	-
Z	-	-	-	-
Bezvětří	3.9	4.2	12.2	8.3
Proměnlivý	27.9	26.0	21.6	25.0

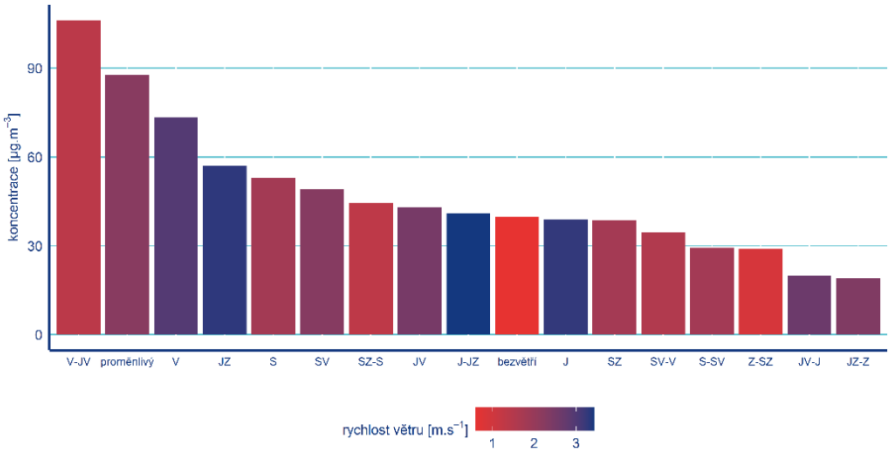
Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.
Ministerstvo životního prostředí



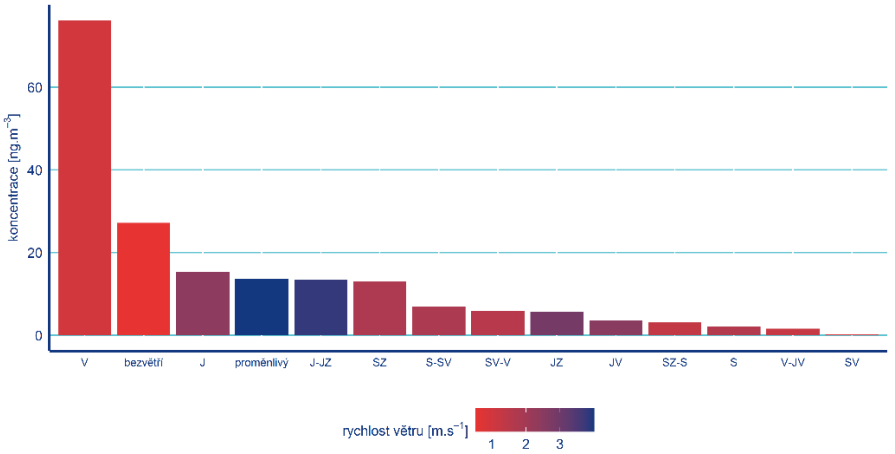
Obr. 2 Průměrné koncentrace PM_{10} v závislosti na DTP, Bolatice, 2020



Obr. 3 Průměrné koncentrace BaP v závislosti na DTP, Bolatice, 2020



Obr. 4 Maximální denní koncentrace PM_{10} pro jednotlivé DTP, Bolatice, 2020



Obr. 5 Maximální denní koncentrace BaP pro jednotlivé DTP, Bolatice, 202

Shrnutí

Roční měření v Bolaticích prokázalo výskyt nadlimitních denních koncentrací PM_{10}. Nejvyšší denní koncentrace PM_{10} byly dosaženy v chladných měsících roku, v prosinci, lednu a březnu. S ohledem na fakt, že v roce 2020 převažovaly ve srovnání s předchozími lety lepší rozptylové podmínky, lze předpokládat, že výskyt nadlimitních denních koncentrací PM_{10} může být v Bolaticích během roku, především v jeho chladné části, četnější. Dále byl potvrzen předpoklad výskytu nadlimitní roční koncentrace benzo[*a*]pyrenu, a to více než čtyřnásobně. Benzo[*a*]pyren je problémem velké části Moravskoslezského kraje a celé jeho příhraniční oblasti s Polskem. Při hodnocení průměrných koncentrací v závislosti na denním typu proudění (přes zmíněné nejistoty), lze předpokládat, že příspěvek k nejvyšším koncentracím benzo[*a*]pyrenu a suspendovaných částic PM_{10} přichází na stanici Bolatice z východního sektoru při rychlosti větru do 1,5 $m \cdot s^{-1}$. Průměrné roční koncentrace všech měřených kovů byly v Bolaticích významně podlimitní. V Bolaticích byla při porovnání s dalšími vybranými stanicemi v Moravskoslezském kraji a polskými stanicemi v příhraničí zjištěna nejvyšší roční koncentrace arzenu.

Nejvýznamnějším předpokládaným zdrojem znečišťování ovzduší v Bolaticích je lokální vytápění z příhraniční oblasti a Polska. Výsledky naměřené v Bolaticích v roce 2020 doplnily informace o imisní situaci v kontextu celého Moravskoslezského kraje, zvláště v oblasti mezi Opavou, Ostravou a česko-polskou hranicí.

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.
Ministerstvo životního prostředí

Příloha II – Použitelnost metody PMF pro hodnocení účinnosti PZKO v malých sídlech

V rámci projektu TAČR TITSMZP704 je prováděna identifikace zdrojů znečišťování ovzduší pomocí receptorového modelu PMF (část V1 projektu) a monitoring imisní situace v malých sídlech za účelem vyhodnocení účinnosti dotačních programů pro výměnu spalovacích zařízení v domácnostech ČR (část V3 projektu). Předkládaná výzkumná zpráva dokumentuje přínos propojení těchto dvou aktivit.

Použitá datová základna

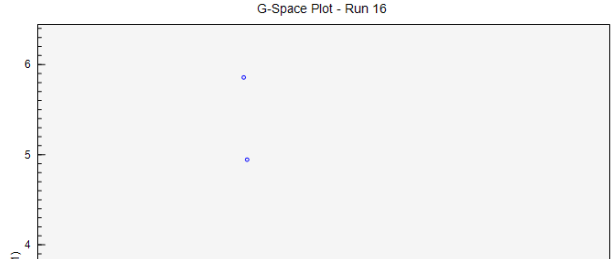
Posouzení, nakolik může model PMF pomoci při hodnocení vlivu předmětných dotačních, bylo provedeno na základě dat získaných v průběhu monitorovacích kampaní v obci Hřivice v rámci výsledku V3 projektu TAČR TITSMZP. Do hodnocení vstupovala data za období listopad 2017 až listopad 2019. V této obci byly prováděny 2 měřicí kampaně ročně v chladné části roku, vždy v období listopad–prosinec a únor–březen. S ohledem na termín posouzení bylo možno do vyhodnocení zahrnout za rok 2019 pouze podzimní měřicí kampaň. Celkem tedy do hodnocení vstupovala data z 5 měřicích kampaní.

Odběry vzorků v rámci měřicích kampaní byly prováděny vždy pomocí 2 ks typově identických sekvenčních vzorkovačů Leckel SEQ s konstantním průtokem cca 2,3 m3/h po dobu 24 hodin. Odběr vzorků byl v rámci měřicí kampaně takto prováděn každý 3. den. Jeden vzorkovač byl využit k odběru vzorků suspendovaných částic PM10 na nitrocelulózové filtry pro následnou laboratorní gravimetrickou analýzu a analýzu prvkového složení zachyceného prašného aerosolu pomocí ICP-MS, jeden vzorkovač sloužil pro odběr prašného aerosolu na quarzové filtry pro analýzu PAH, a od podzimu 2018 také hopanů, metodou GC-MS. V rámci každé odběrové kampaně bylo odebráno 11–12 vzorků. Celkem bylo ze všech 5 odběrových kampaní pro modelování pomocí PMF využito 57 vzorků.

Modelování pomocí PMF

Na laboratorní analýzy navázala kompletace naměřených koncentrací a nejistot laboratorního stanovení všech analytů do vstupního formátu modelu PMF v. 5.0. Ten byl použit v souladu s manuálem U. S. EPA Positive Matrix Factorization (PMF), Fundamentals and User Guide. Podle poměru signál/šum byly analyty roztříděny do kategorií STRONG, WEEK A BAD. S ohledem na omezený počet dat a zvýšenou úroveň šumu byl na základě předběžných modelových propočtů zvýšena hodnota pro klasifikaci STRONG proměnných. Namísto obvykle doporučovaného poměru S/N ve výši 1,0 byly jako STRONG klasifikovány až proměnné s poměrem S/N > 2,0. Adekvátně byl zvýšen také práh pro WEEK proměnné z obvyklé hodnoty 0,5 na 1,0. Celkem 35 analytů bylo klasifikováno jako STRONG, 16 jako WEEK a 31 analytů bylo vyloučeno, nejčastěji z důvodu velkého počtu hodnot pod mezí detekce. Chybějící hodnoty analytů byly nahrazeny mediánem s nejistotou stanovenou ve výši čtyřnásobku hodnoty mediánu. Hodnotám pod mezí detekce byla přiřazena polovina meze detekce a nejistota ve výši 5/6 meze detekce.

Stabilní modelové řešení bylo nalezeno při počtu 3 a 4 faktorů. Ačkoliv 4 faktorové řešení vykazovalo matematicky lepší parametry z pohledu vysvětlení větší části variability koncentrace PM_{10}, dva z identifikovaných faktorů vykazovaly vzájemnou souvislost. Jednalo se o faktor s dominancí As a faktor s vysokým zastoupením dalších kovů, zejména Pb, Cd, Ni, Mn, Sb, Zn a Cu (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Je proto pravděpodobné, že ve skutečnosti se jedná o jediný faktor.

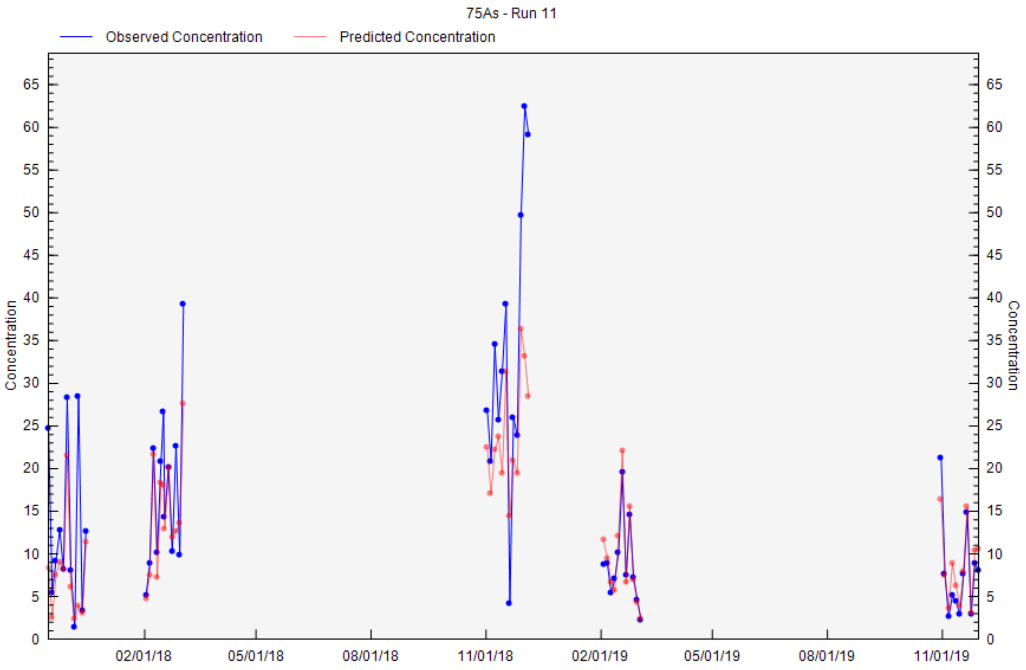


Obr. 1 G-space Plot faktorů s dominancí arzenu (Factor 2) a dalších kovů (Factor 4)

Z těchto interpretačních důvodů **bylo rozhodnuto o použití modelového řešení se 3 faktory**, i když matematicky vykazuje mírně horší výsledky (vyšší modelová rezidua v případě As, Ni, Mn, Ba, Pb) a menší shodu naměřených a modelových koncentrací PM_{10} s koeficientem determinace $R^2 = 0{,}76$).

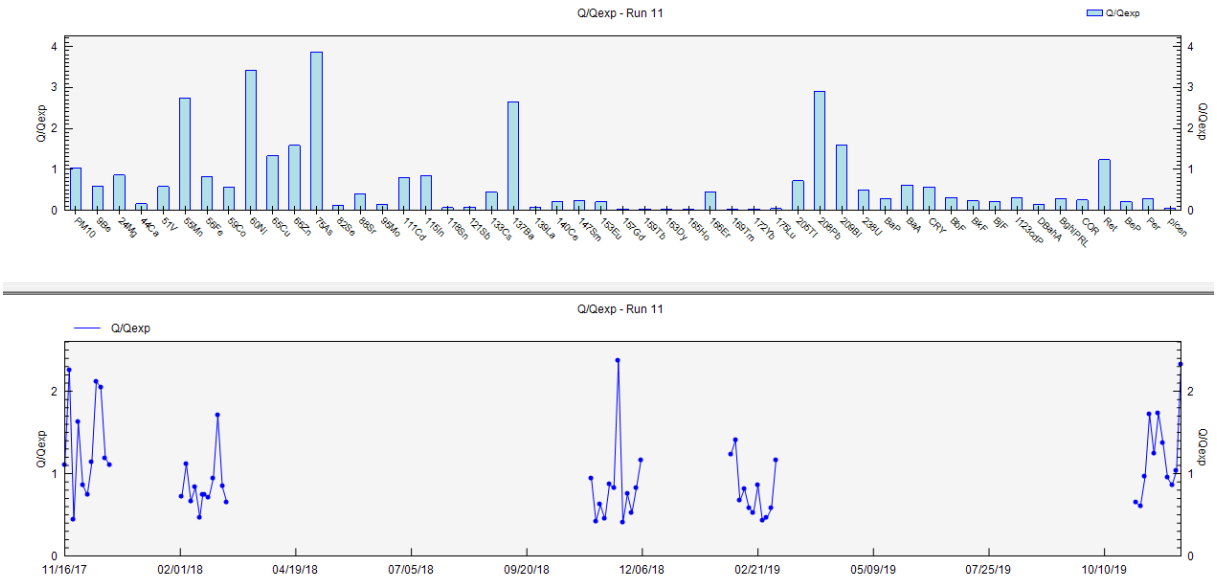
Po odladění vykazuje výsledné třífaktorové řešení normální rozložení a přijatelnou velikost rezidují s poměrem Q/Q_{exp} většiny analytů < 2. Vliv odlehlých hodnot na řešení vyjádřený poměrem $Q_{robust}/Q_{true} > 98\%$ je nevýznamný. Všechny 3 faktory jsou na základě G-space grafů vzájemně nezávislé.

Zhoršené parametry modelu jsou přijatelné při zohlednění skutečnosti, že vysoké imisní příspěvky arzenu a uvedených kovů, které jej v příslušném chemickém profilu doprovázejí, jsou vázány pouze na období podzimu 2018 (naměřené a modelové koncentrace arzenu viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**).



Obr. 2 Naměřené a modelem predikované koncentrace arzenu

Je proto pochopitelné, že krátkodobě působící faktor obsahující převahu arzenu má oproti ostatním faktorům, které působily po celé hodnocené období, statisticky nižší váhu. Vliv tohoto „arzenového" faktoru na matematické řešení je proto oproti ostatní faktorům slabší, což deformuje normalitu reziduí a přiléhavost modelu ke skutečně naměřeným koncentracím. To je důvodem, proč normovaná modelová rezidua As, Mn, Ni, Ba a Pb (prvky obsažené v krátkodobě působícím faktoru na podzim 2018) překračují doporučenou velikosti < 2 **(Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.)**.

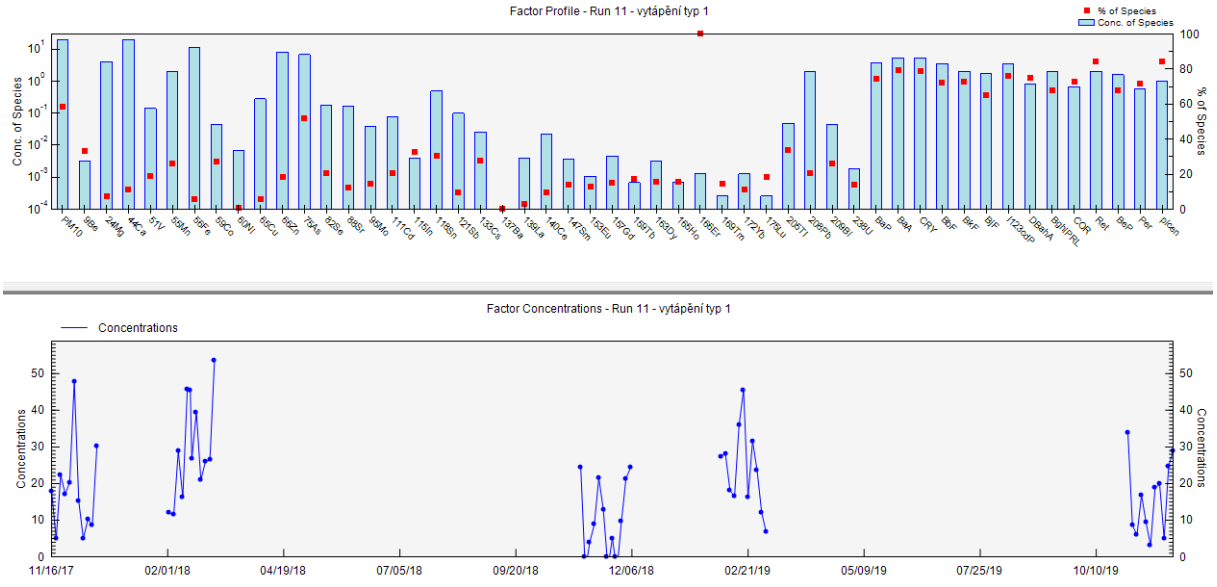


Obr. 3 Graf modelového poměru Q/Qexp

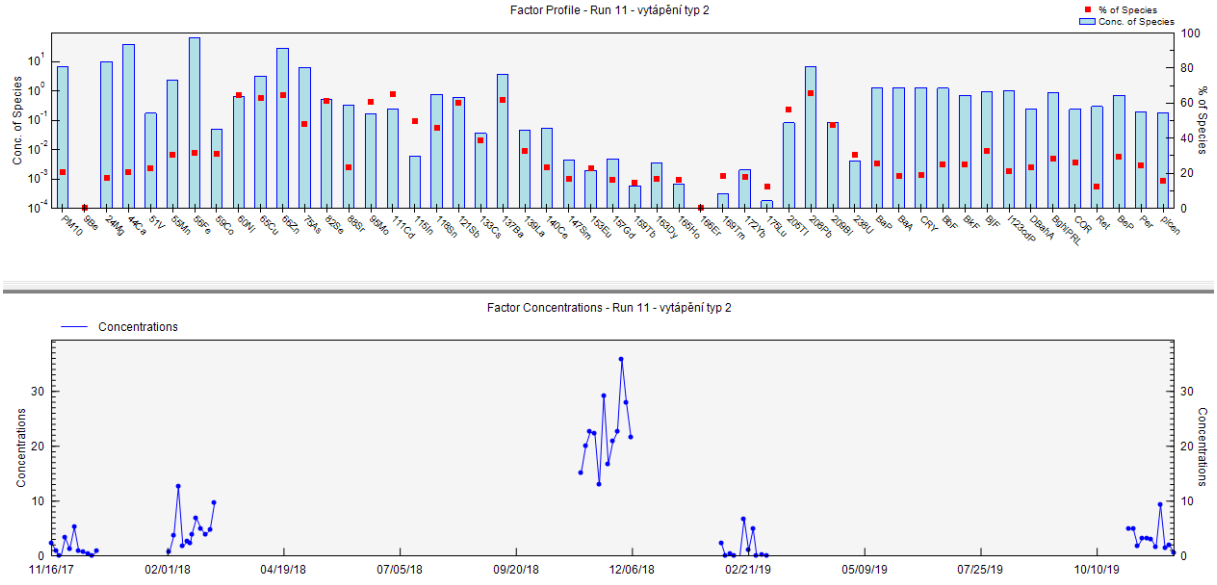
Interpretace modelových výsledků

Chemická skladba hlavních faktorů

Hlavní vliv na celkovou imisní koncentraci suspendovaných částic PM_{10} v Hřivicích mělo v hodnoceném období lokální vytápění, převážně uhlím (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Tento faktor nazvaný „vytápění typ 1“ vykazuje v hodnoceném období 11/2017 – 12/2019 celkově stagnující trend s minimem na podzim 2018. Možným vysvětlením tohoto minima je, že v tomto termínu bylo používáno ve větší míře jiné palivo vyznačující se vysokými emisemi As, které krátkodobě nahradilo tradiční uhlí. Spalování neobvyklého paliva v tomto období se projevilo naopak maximem ve faktoru „vytápění typ 2“ (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**).



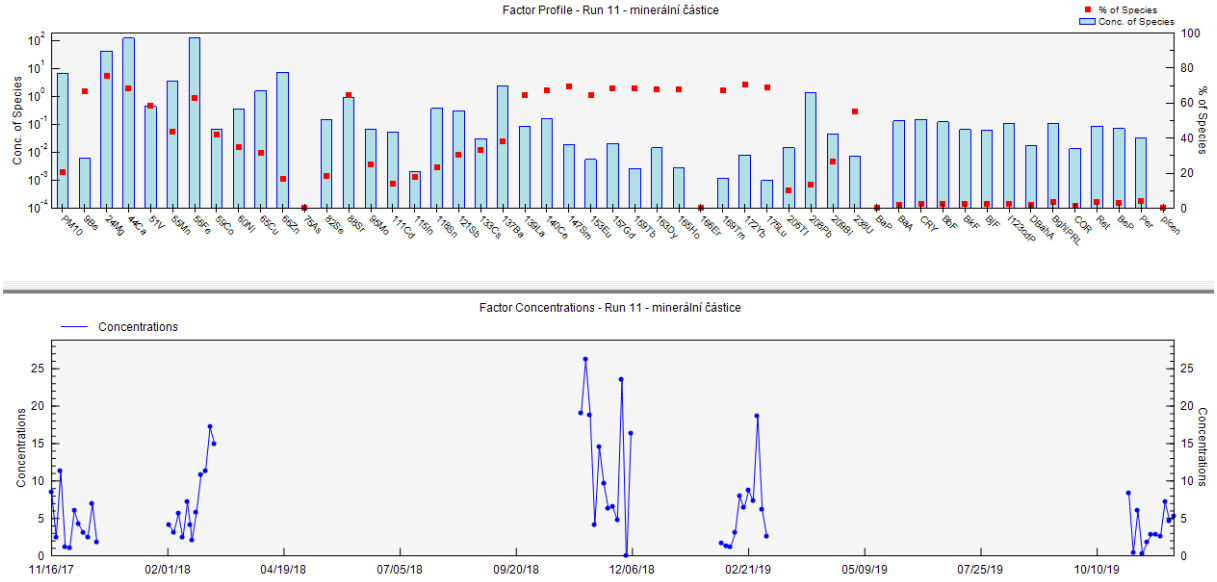
Obr. 4 Chemický profil a časová řada faktoru „vytápění typ 1“



Obr. 5 Chemický profil a časová řada faktoru „vytápění typ 2“

Kromě uvedených dvou faktorů vázaných na provoz individuálních zdrojů tepla v domácnostech se na celkové koncentraci PM_{10} podle modelového výpočtu podílely významně také částice minerální povahy (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Jsou dobře identifikovatelné podle vysokého procentuálního obsahu

prvků vysoce zastoupených v zemské kůře (typicky Al, Ca, Fe, Mn, Sr, lanthanoidy) a naopak relativně nízkého obsahu analytů typických pro antropogenní emise (PAH, těžké kovy).



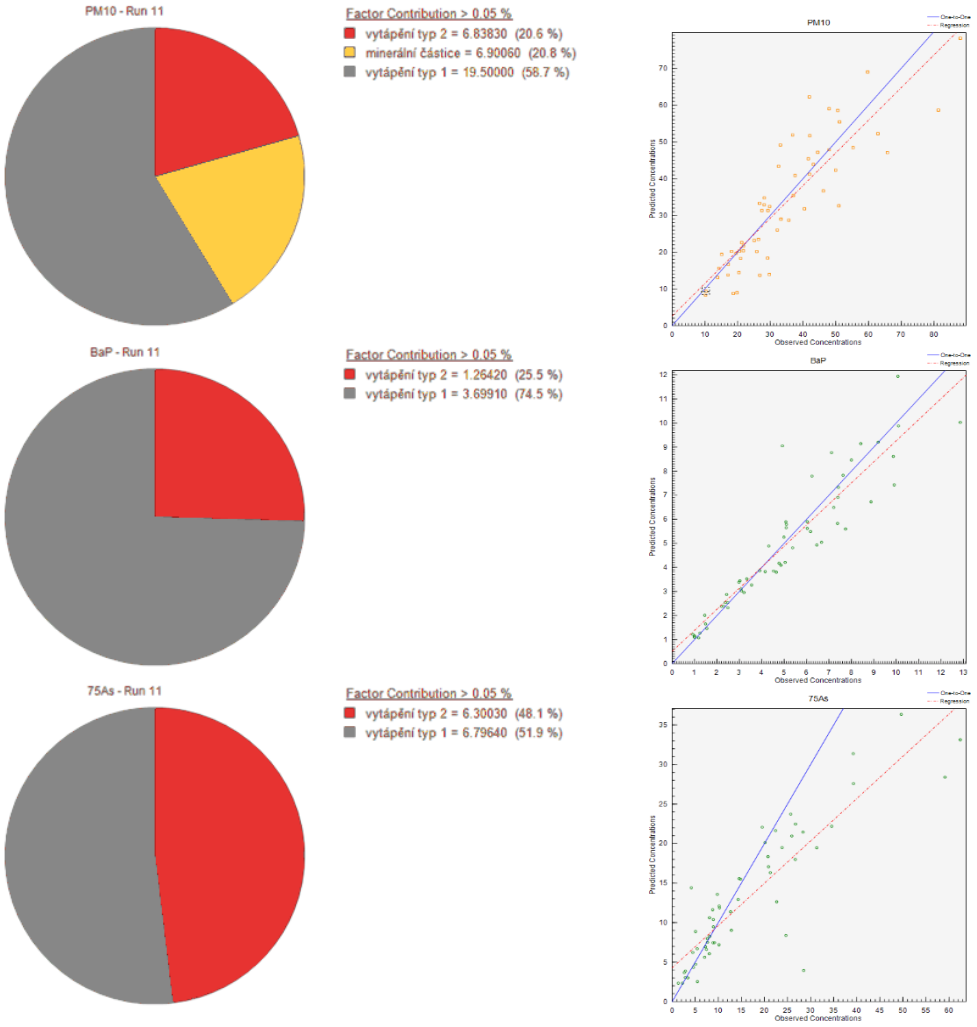
Obr. 6 Chemický profil a časová řada faktoru „minerální částice“

Podíly faktorů na imisní koncentraci PM_{10}, As a BaP

Za dobu hodnocených měřicích kampaní tvořilo nadpoloviční podíl koncentrace PM_{10} znečištění pocházející z vytápění domácností typu 1 a okolo 1/5 znečištění připadalo na vytápění domácností typu 2. Dominantně tak byla kvalita ovzduší ovlivněna vytápěním domácností (okolo 80 % znečištění). Přibližně pětina koncentrace PM_{10} byla působena částicemi minerální povahy. Jiné faktory podílející se na znečištění nebyly modelem PMF identifikovány pravděpodobně proto, že ve srovnání s uvedenými faktory měly ve sledovaném období významně nižší imisní vliv, a také z důvodu omezeného spektra analytů, které vstupovaly do modelování.

Zdrojem arzenu a benzo[*a*]pyrenu bylo dle modelového výpočtu pouze vytápění domácností. V případě benzo[*a*]pyrenu pocházely přibližně ¾ z obvykle působícího vytápění typu 1 a přibližně ¼ z typu 2. Imisní příspěvky arzenu pocházely v průměru za všechny hodnocené odběrové kampaně přibližně stejným dílem z obou typů vytápění, ačkoliv typ 2 působil významně pouze na podzim 2018.

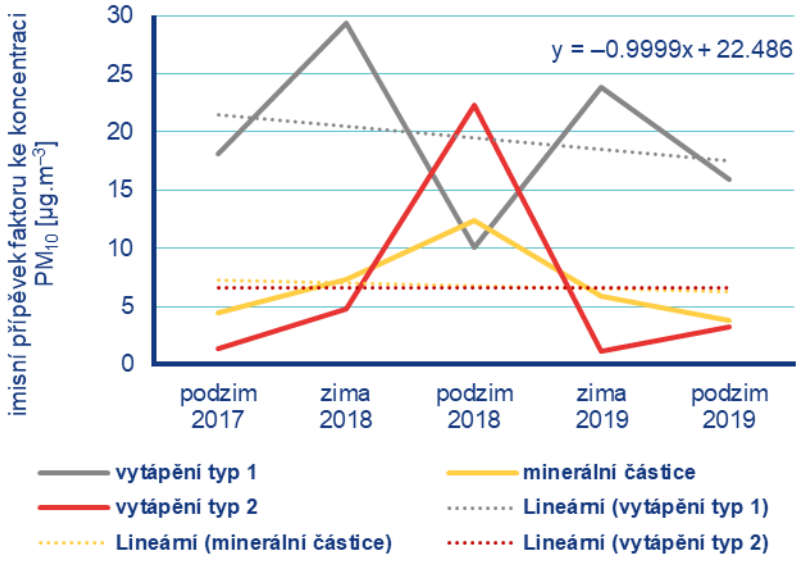
Nejistotu modelu PM_{10}, As a benzo[*a*]pyrenu lze vyjádřit hodnotami koeficientu lineární regrese skutečně naměřených a modelových koncentrací, které činí R^2 = 0,76, 0,78 a 0,85. Graficky jsou relativní podíly faktorů na naměřených koncentracích a uvedené regresní závislosti prezentovány na **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**.



Obr. 7 Relativní podíly faktorů a graf závislosti naměřených a modelových koncentrací PM_{10}, As a BaP

Časový trend identifikovaných faktorů

Časové řady identifikovaných faktorů byly sezónně zprůměrovány, aby bylo možno zřetelněji odečíst jejich generelní časový průběh. Následující graf (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**) ukazuje, že v případě faktoru "vytápění typ 1", což byl podle modelu za hodnocené období hlavní faktor ovlivňující kvalitu ovzduší v obci, docházelo ve sledovaném období k poklesu jeho imisního příspěvku ke koncentraci PM_{10} rychlostí přibližně 2 $\mu g \cdot m^{-3}$ / rok. Ostatní dva identifikované faktory naproti tomu vykazovaly stagnující trend. Hodnocené období je ale krátké, takže spíše než na absolutní hodnoty rychlosti trendu je potřeba na zjištěné zákonitosti nahlížet jako na indikativní **relativní** změny vlivu identifikovaných typů zdrojů znečišťování (vhodné pro posouzení, zda vliv určitého typu zdrojů spíše narůstá nebo klesá, a jak významná je tato změna vůči ostatním typům zdrojů).



Obr. 8 Časový trend faktorových imisních příspěvků PM_{10}, As a BaP

Shrnutí

Jedním z hlavních problémů při hodnocení účinnosti programů zlepšování kvality ovzduší v malých sídlech je relativně malá rychlost očekávaných změn i velikost jejich imisního vlivu ve srovnání s amplitudou celkových imisních koncentrací. Metoda hodnocení proto musí být dostatečně citlivá, aby oddělila vliv emisních změn v sektoru individuálního vytápění od jiných faktorů, a to jednak od jiných zdrojů emisí, jednak od vlivu meteorologických podmínek. Jedná se přitom o řešení složitého problému s velkým počtem proměnných faktorů, přičemž jejichž velikost ani proměnlivost v rámci posuzovaného období nejsou známy.

Předkládané posouzení s využitím modelu PMF bylo provedeno na základě omezené datové sady s absencí některých důležitých markerů. Rozlišovací schopnost identifikace různých typů zdrojů byla proto omezena pouze na nejvýznamnější faktory. Chyběly také informace o meteorologických podmínkách v době zahrnutých měřicích kampaní, takže nebylo možno výsledky modelu dostatečně verifikovat. Posouzení proto **slouží především pro demonstraci výstupů, kterými může PMF přispět k hodnocení účinnosti opatření provedených v určitém segmentu zdrojů.**

Z provedeného hodnocení vyplývá, že použití modelu PMF je vhodné pro očištění vlivu sledovaného typu zdroje znečišťování ovzduší od jiných zdrojů emisí, které se v hodnocené lokalitě podílejí na změnách celkové imisní koncentrace konkrétní látky. Vliv těchto rušivých faktorů je v průběhu roku i meziročně velmi variabilní a může proto hodnocení opatření v sektoru vytápění domácností zásadně komplikovat. Použití PMF je vhodné například pro odlišení vlivu a časového trendu imisního příspěvku místního vytápění od přenosu znečištění z jiných oblastí, či od přírodních faktorů (např. resuspenze). Vliv těchto faktorů je obvykle významný a jinými způsoby jej lze z důvodu nejistot emisních vstupů odhadnout pouze hrubě.

Vliv provedených opatření vyhodnocený pomocí PMF může být zřetelnější a může být určen přesněji, než při hodnocení naměřených celkových imisních koncentrací. Zejména je to markantní v případě suspendovaných částic a těžkých kovů, které jsou významně ovlivňovány širším spektrem zdrojů než např. PAH, u kterých lze očekávat dominanci vlivu individuálního vytápění. **Pravděpodobně nejcennější informací, kterou může PMF poskytnout, je relativní pokles imisního příspěvku z vytápění domácností a jeho proporce vůči trendu ostatních identifikovaných zdrojů.** Tato informace by pravděpodobně mohla být využita pro zpřesnění hodnocení účinnosti provedeného na základě transportních modelů, například pro korekci emisí ze zdrojů s obtížně kvantifikovatelnými emisemi.

Příloha III – Identifikace spalovaného typu paliva pomocí hopanů a retenu

V roce 2018 v rámci plnění výzkumného úkolu č. 7 DKRVO (Dlouhodobá koncepce rozvoje výzkumné organizace) pro vývoj metod pro odběry a analýzy za účelem identifikace zdrojů znečišťování atmosféry se započalo praktické ověření nově vyvinutých metod. Vybrané organické markery, které vznikají při spalování v lokálních topeništích, např. hopany, reten atd. se pak následně běžně měřily od roku 2019 i v projektu TAČR TITSMZP704 V3 – Celkové hodnocení účinnosti programů zlepšování kvality ovzduší v malých sídlech.

Významné markery pro identifikaci typu spalovaného uhlí jsou **hopany a jejich poměry** (Oros et al., 2000; Schauer et al., 1996, Simoneit et al., 1999). Hopanoidní uhlovodíky neboli hopany jsou pentacyklické triterpenoidy, které jsou odvozeny z prekurzorů buněčných membrán prokaryot (bakteriální zdroj) a sinic (modro-zelené řasy), nebo z vyšších rostlin jako jsou kapradiny. Hopany patří mezi molekulární markery pro emise, které pocházejí ze spalování ropných produktů, dopravy a uhlí. Koncentrace hopanů je stanovována plynovou chromatografií s hmotnostní detekcí po předchozí extrakci vzorku, jeho vyčištění a zakoncentrování (SOP T 21 AA-10). Průměrné koncentrace naměřených hopanů pro jednotlivé etapy podle lokality jsou shrnuty v vytápění.

Tab. 1 a zobrazeny na Obr. 1. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny na lokalitách Příšov, Hřivice a Bolatice, které se v různých etapách střídají na prvních třech místech znečištění ovzduší. Tyto tři lokality se ale liší typem spalovaného uhlí (poměr mezi jednotlivými hopany) (Obr. 2). Nejstarší uhlí obsahuje hopany se strukturou 17α(H),21β(H), v mladším uhlí se nacházejí hopany se strukturou 17β(H),21α(H). V emisích lignitu je nejvíce zastoupeny 17α(H), 21β(H)-22R-homohopan a jeho množství (procentuální zastoupení) klesá s rostoucím stářím uhlí (Oros et al., 2000). Pro identifikaci různých druhů uhlí lze použít charakteristický poměr mezi koncentracemi 17α(H), 21β(H)-22R-homohopanu a 17α(H), 21β(H)-22S-homohopanu, známý jako homohopanový index $\mathbf{i_{hh}}$. Pro spalování uhlí v lokálních topeništích je homohopanový index $\mathbf{i_{hh}}$ v rozmezí 0,05 - 0,45 a zvyšuje se se stářím uhlí - 0,05 u lignitního uhlí; 0,08 u hnědého uhlí; 0,20 u směsí hnědého a černého uhlí a 0,37 pro černé uhlí (Oros et al., 2000). Průměrné hodnoty homohopanového indexu $\mathbf{i_{hh}}$ pro jednotlivé etapy podle lokality jsou shrnuty v vytápění.

Tab. 1 a zobrazeny na Obr. 3. Průměrné hodnoty homohopanového indexu $\mathbf{i_{hh}}$ ve vzorcích ze stanic Příšov a Hřivice jsou 0,10 a 0,13 a ukazují na spalování hnědého uhlí v lokálních topeništích. Ve vzorcích z Bolatic je průměrná hodnota homohopanového indexu $\mathbf{i_{hh}}$ 0,32. Ta ukazuje na převažující spalování černého uhlí v lokálních topeništích.

Nejnižší koncentrace hopanů byly naměřeny na lokalitě Bochovice, ale zároveň na této lokalitě byly naměřeny i jedny z nejvyšších koncentrací retenu. **Reten** je jedním z markerů pro spalování jehličnatého dřeva (Simoneit et al., 1999, Křůmal et al., 2012). Reten je polycyklický aromatický uhlovodík, který je biologicky produkován jehličnatými stromy. Jeho přítomnost ve vzorcích potvrzuje využití měkkého dřeva k vytápění domácností. Medián koncentrací retenu pro jednotlivé etapy podle lokality jsou shrnuty v Tab. 2 a zobrazeny na Obr. 4. Reten byl přítomen ve všech lokalitách, ale nejvyšší hodnoty byly naměřeny na lokalitách Příšov, Hřivice, Bochovice a Kuřimská Nová Ves. Na lokalitách Bochovice a Kuřimská Nová Ves dosahovaly koncentrace retenu velmi často nejvyšších hodnot všech měřených PAH, což spolu s nízkými koncentracemi hopanů naznačuje na velký podíl používání měkkého dřeva na topení.

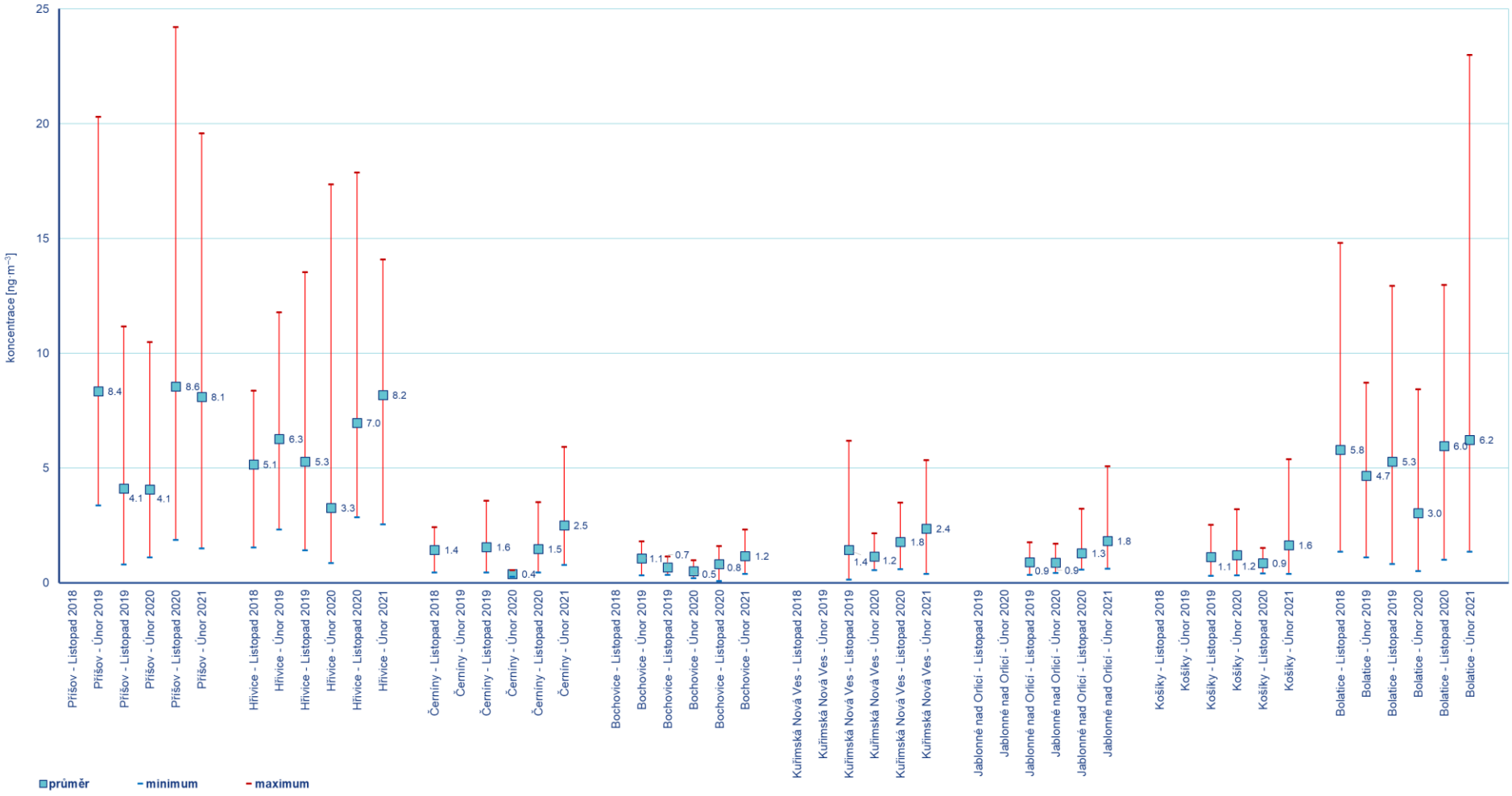
Měření organických markerů může být dobrým podpůrným nástrojem pro identifikaci spalovaného typu paliva. Analýza vybraných organických markerů v našem případě ukazuje na převažující spalování hnědého uhlí v lokálních topeništích na lokalitách Příšov a Hřivice, zatímco ve vzorcích z Bolatic je potvrzeno převažující spalování černého uhlí. Na lokalitách Bochovice a Kuřimská Nová Ves je prokázán výrazný podíl používání měkkého dřeva na vytápění.

Tab. 1 Průměrné koncentrace naměřených hopanů pro jednotlivé etapy.

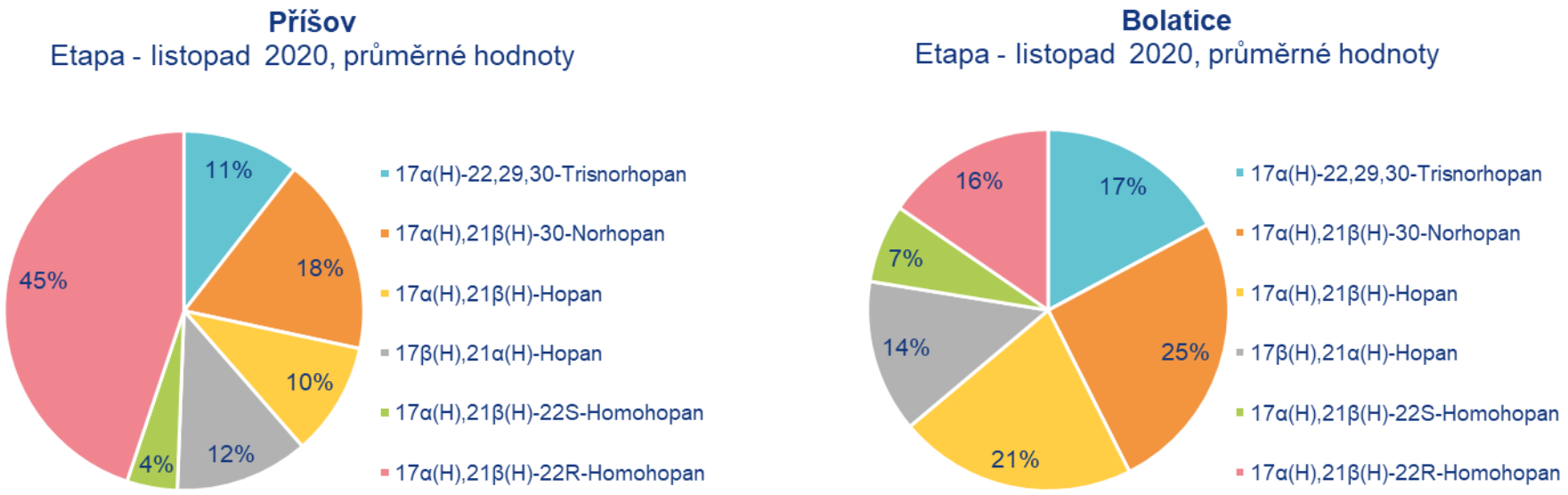
Škodlivina ↓	Lokalita →	Příšov	Hřivice	Černíny	Bochovice	Kuřimská Nová Ves	Jablonné nad Orlicí	Košíky	Bolatice
Etapa – listopad 2018, průměrné hodnoty									
Hopany									
17α(H)-22,29,30-Trisnorhopan	[ng·m^{-3}]	NA	0.90	0.23	NA	NA	NA	NA	1.22
17α(H),21β(H)-30-Norhopan	[ng·m^{-3}]	NA	1.09	0.27	NA	NA	NA	NA	1.37
17α(H),21β(H)-Hopan	[ng·m^{-3}]	NA	0.85	0.25	NA	NA	NA	NA	1.33
17β(H),21α(H)-Hopan	[ng·m^{-3}]	NA	0.83	0.20	NA	NA	NA	NA	0.76
17α(H),21β(H)-22S-Homohopan	[ng·m^{-3}]	NA	0.34	0.09	NA	NA	NA	NA	0.44
17α(H),21β(H)-22R-Homohopan	[ng·m^{-3}]	NA	2.32	0.40	NA	NA	NA	NA	0.68
Suma hopanů	[ng·m^{-3}]	NA	**6.33**	**1.43**	NA	NA	NA	NA	**5.79**
Poměry hopanů									
i_{hh} [S/S+R]	–	NA	0.14	0.09	NA	NA	NA	NA	0.37
Etapa – únor 2019, průměrné hodnoty									
Hopany									
17α(H)-22,29,30-Trisnorhopan	[ng·m^{-3}]	1.01	0.80	NA	0.11	NA	NA	NA	0.87
17α(H),21β(H)-30-Norhopan	[ng·m^{-3}]	1.35	1.07	NA	0.17	NA	NA	NA	1.13
17α(H),21β(H)-Hopan	[ng·m^{-3}]	0.96	0.84	NA	0.17	NA	NA	NA	1.06
17β(H),21α(H)-Hopan	[ng·m^{-3}]	0.87	0.64	NA	0.09	NA	NA	NA	0.53
17α(H),21β(H)-22S-Homohopan	[ng·m^{-3}]	0.39	0.41	NA	0.08	NA	NA	NA	0.33
17α(H),21β(H)-22R-Homohopan	[ng·m^{-3}]	3.77	2.51	NA	0.44	NA	NA	NA	0.74
Suma hopanů	[ng·m^{-3}]	**8.35**	**6.27**	NA	**1.07**	NA	NA	NA	**4.66**
Poměry hopanů									
i_{hh} [S/S+R]	–	0.10	0.15	NA	0.17	NA	NA	NA	0.31
Etapa – listopad 2019, průměrné hodnoty									
Hopany									
17α(H)-22,29,30-Trisnorhopan	[ng·m^{-3}]	0.50	0.73	0.18	0.08	0.19	0.11	0.11	0.97
17α(H),21β(H)-30-Norhopan	[ng·m^{-3}]	0.67	0.91	0.26	0.13	0.24	0.17	0.17	1.24
17α(H),21β(H)-Hopan	[ng·m^{-3}]	0.46	0.70	0.20	0.13	0.21	0.15	0.15	1.18
17β(H),21α(H)-Hopan	[ng·m^{-3}]	0.52	0.68	0.21	0.08	0.17	0.13	0.11	0.73
17α(H),21β(H)-22S-Homohopan	[ng·m^{-3}]	0.21	0.30	0.09	0.06	0.09	0.06	0.07	0.40
17α(H),21β(H)-22R-Homohopan	[ng·m^{-3}]	1.76	1.96	0.63	0.25	0.55	0.29	0.53	0.77
Suma hopanů	[ng·m^{-3}]	**4.12**	**5.29**	**1.57**	**0.72**	**1.44**	**0.91**	**1.13**	**5.29**
Poměry hopanů									
i_{hh} [S/S+R]	–	0.11	0.14	0.15	0.23	0.20	0.19	0.14	0.33
Etapa – únor 2020, průměrné hodnoty									
Hopany									
17α(H)-22,29,30-Trisnorhopan	[ng·m^{-3}]	0.48	0.42	0.05	0.06	0.13	0.10	0.10	0.57
17α(H),21β(H)-30-Norhopan	[ng·m^{-3}]	0.64	0.56	0.06	0.09	0.18	0.14	0.14	0.70
17α(H),21β(H)-Hopan	[ng·m^{-3}]	0.41	0.41	0.05	0.08	0.14	0.11	0.11	0.65
17β(H),21α(H)-Hopan	[ng·m^{-3}]	0.51	0.44	0.06	0.06	0.14	0.12	0.11	0.44
17α(H),21β(H)-22S-Homohopan	[ng·m^{-3}]	0.17	0.17	0.03	0.05	0.07	0.05	0.06	0.22
17α(H),21β(H)-22R-Homohopan	[ng·m^{-3}]	1.85	1.27	0.15	0.18	0.45	0.32	0.68	0.48
Suma hopanů	[ng·m^{-3}]	**4.06**	**3.27**	**0.39**	**0.52**	**1.10**	**0.83**	**1.20**	**3.04**
Poměry hopanů									
i_{hh} [S/S+R]	–	0.09	0.13	0.15	0.21	0.13	0.15	0.11	0.29

Škodlivina ↓	Lokalita →		Příšov	Hřivice	Černíny	Bochovice	Kuřimská Nová Ves	Jablonné nad Orlicí	Košíky	Bolatice
Etapa – listopad 2020, průměrné hodnoty										
Hopany										
17α(H)-22,29,30-Trisnorhopan	[ng·m^{-3}]		0.90	0.85	0.15	0.08	0.17	0.12	0.06	1.02
17α(H),21β(H)-30-Norhopan	[ng·m^{-3}]		1.53	1.32	0.26	0.16	0.31	0.23	0.12	1.52
17α(H),21β(H)-Hopan	[ng·m^{-3}]		0.87	0.88	0.18	0.11	0.22	0.16	0.10	1.27
17β(H),21α(H)-Hopan	[ng·m^{-3}]		1.03	0.87	0.20	0.11	0.23	0.18	0.10	0.82
17α(H),21β(H)-22S-Homohopan	[ng·m^{-3}]		0.39	0.38	0.09	0.05	0.10	0.08	0.05	0.42
17α(H),21β(H)-22R-Homohopan	[ng·m^{-3}]		3.84	2.67	0.60	0.35	0.74	0.52	0.42	0.92
Suma hopanů	[ng·m^{-3}]		**8.56**	**6.97**	**1.47**	**0.87**	**1.78**	**1.30**	**0.87**	**5.96**
Poměry hopanů										
i_{hh} [S/S+R]	–		0.11	0.12	0.14	0.15	0.13	0.14	0.12	0.30
Etapa – únor 2021, průměrné hodnoty										
Hopany										
17α(H)-22,29,30-Trisnorhopan	[ng·m^{-3}]		0.85	0.91	0.22	0.11	0.23	0.20	0.17	1.08
17α(H),21β(H)-30-Norhopan	[ng·m^{-3}]		1.62	1.61	0.41	0.21	0.39	0.35	0.29	1.73
17α(H),21β(H)-Hopan	[ng·m^{-3}]		0.94	1.02	0.27	0.16	0.26	0.26	0.25	1.42
17β(H),21α(H)-Hopan	[ng·m^{-3}]		1.02	1.10	0.33	0.15	0.28	0.24	0.19	0.92
17α(H),21β(H)-22S-Homohopan	[ng·m^{-3}]		0.39	0.43	0.12	0.07	0.11	0.10	0.10	0.43
17α(H),21β(H)-22R-Homohopan	[ng·m^{-3}]		3.85	3.67	1.07	0.37	0.91	0.54	0.48	0.87
Suma hopanů	[ng·m^{-3}]		**8.67**	**8.74**	**2.41**	**1.06**	**2.18**	**1.70**	**1.48**	**6.45**
Poměry hopanů										
i_{hh} [S/S+R]	–		0.10	0.11	0.10	0.17	0.14	0.15	0.17	0.30
Etapy listopad 2018 – únor 2021, průměrné hodnoty										
Poměry hopanů										
i_{hh} [S/S+R]	–		0,10	0,13	0,13	0,19	0,15	0,16	0,14	0,32

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.
Ministerstvo životního prostředí

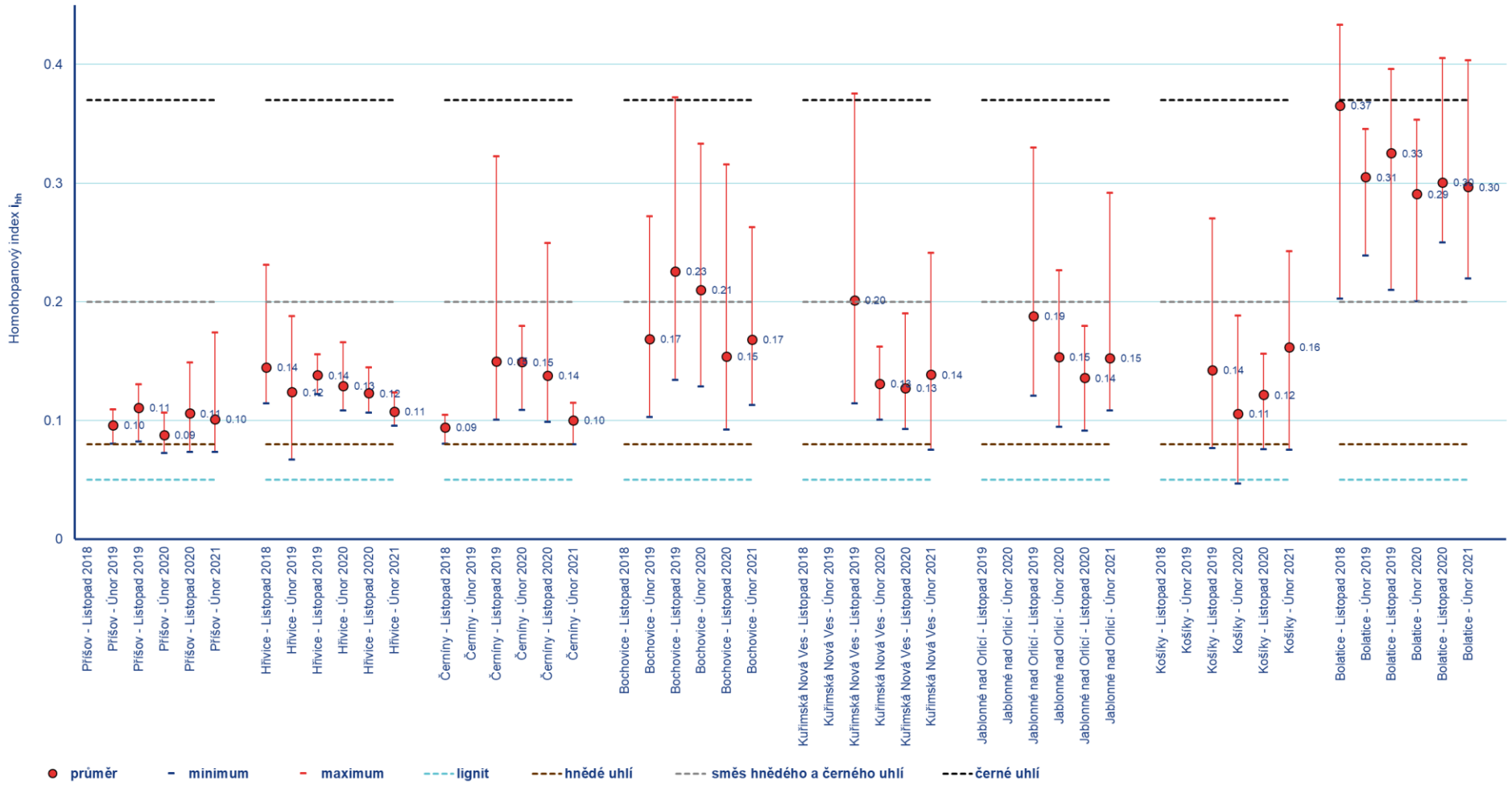


Obr. 1 Suma naměřených hopanů podle lokality.



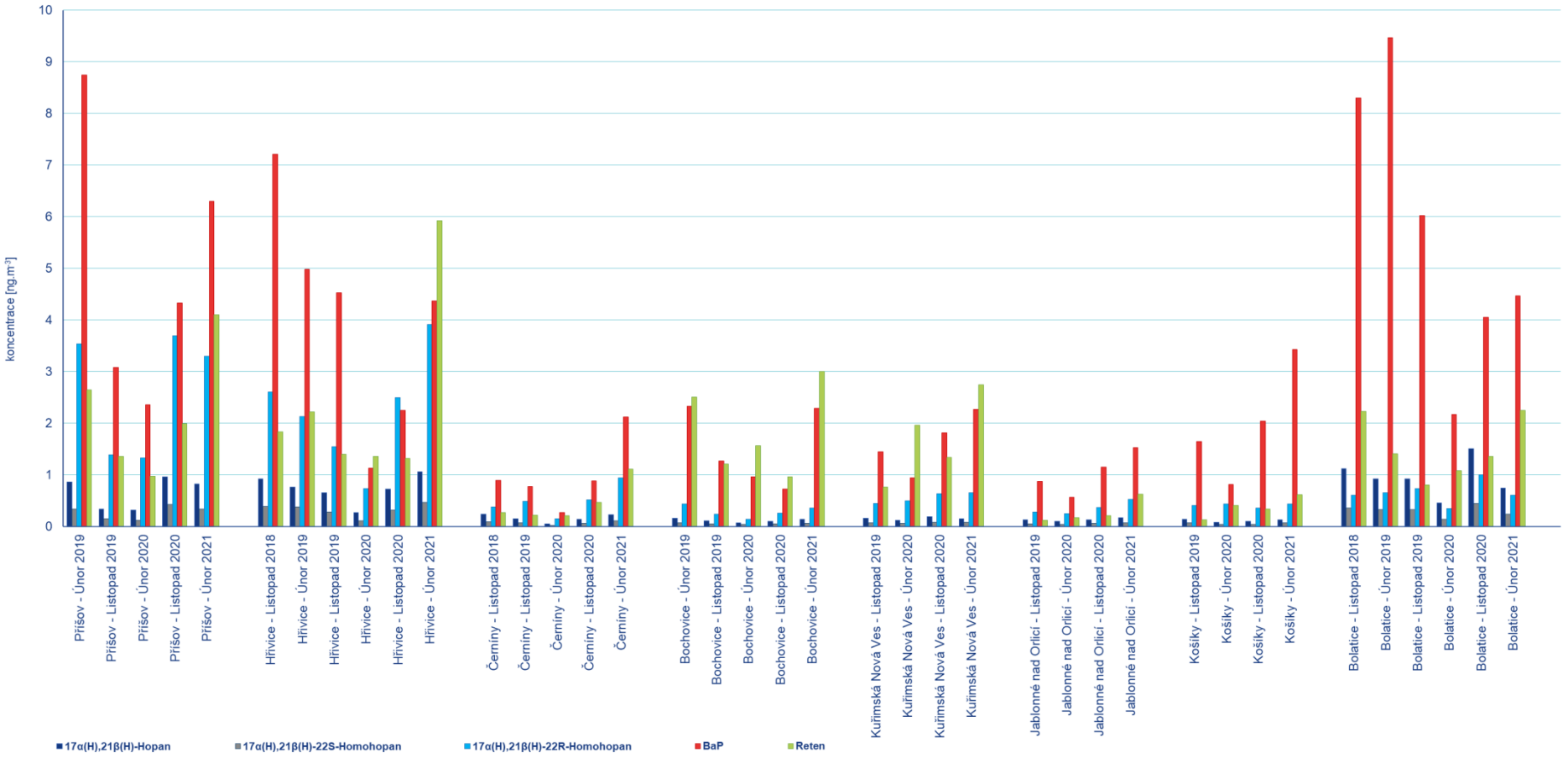
Obr. 2 Procentuální zastoupení měřených hopanů na lokalitách Příšov a Bolatice.

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.
Ministerstvo životního prostředí



Obr. 3 Homohopanový index i_{hh} pro jednotlivé etapy podle lokality.

Tento projekt je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2.
www.tacr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.
Ministerstvo životního prostředí



Obr. 4 Koncentrace vybraných markerů

Tab. 2 Medián koncentrace retenu pro jednotlivé etapy podle lokality.

Etapa ↓	Lokalita →	Příšov	Hřivice	Černíny	Bochovice	Kuřimská Nová Ves	Jablonné nad Orlicí	Košíky	Bolatice
listopad 2018	[ng·m^{-3}]	1,12	1,16	0,20	0,69	0,52	0,17	0,31	1,56
únor 2019	[ng·m^{-3}]	3,99	3,17	0,45	3,21	2,58	0,42	0,90	1,87
listopad 2019	[ng·m^{-3}]	1,36	1,40	0,23	1,21	0,76	0,12	0,13	0,81
únor 2020	[ng·m^{-3}]	0,97	1,36	0,21	1,57	1,97	0,17	0,41	1,08
listopad 2020	[ng·m^{-3}]	1,99	1,32	0,47	0,97	1,34	0,21	0,34	1,36
únor 2021	[ng·m^{-3}]	4,10	5,92	1,11	3,00	2,75	0,63	0,62	2,25

Příloha IV – Změny emisí z lokálního vytápění pro jednotlivé žádosti 1. – 3. kola kotlíkových dotací

Samostatnou přílohou zprávy je soubor

14_V3_Finalni_vyhodnoceni_dopadu_opatreni_PZKO_PRILOHA_IV_zmeny_emisi_jednotlive_vymeny_kotlu.xlsx

obsahující vyčíslení změn emisí pro jednotlivé výměny kotlů z 1. – 3. kola kotlíkových dotací, jak je popsáno v kap. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**.

Český
hydrometeorologický
ústav