

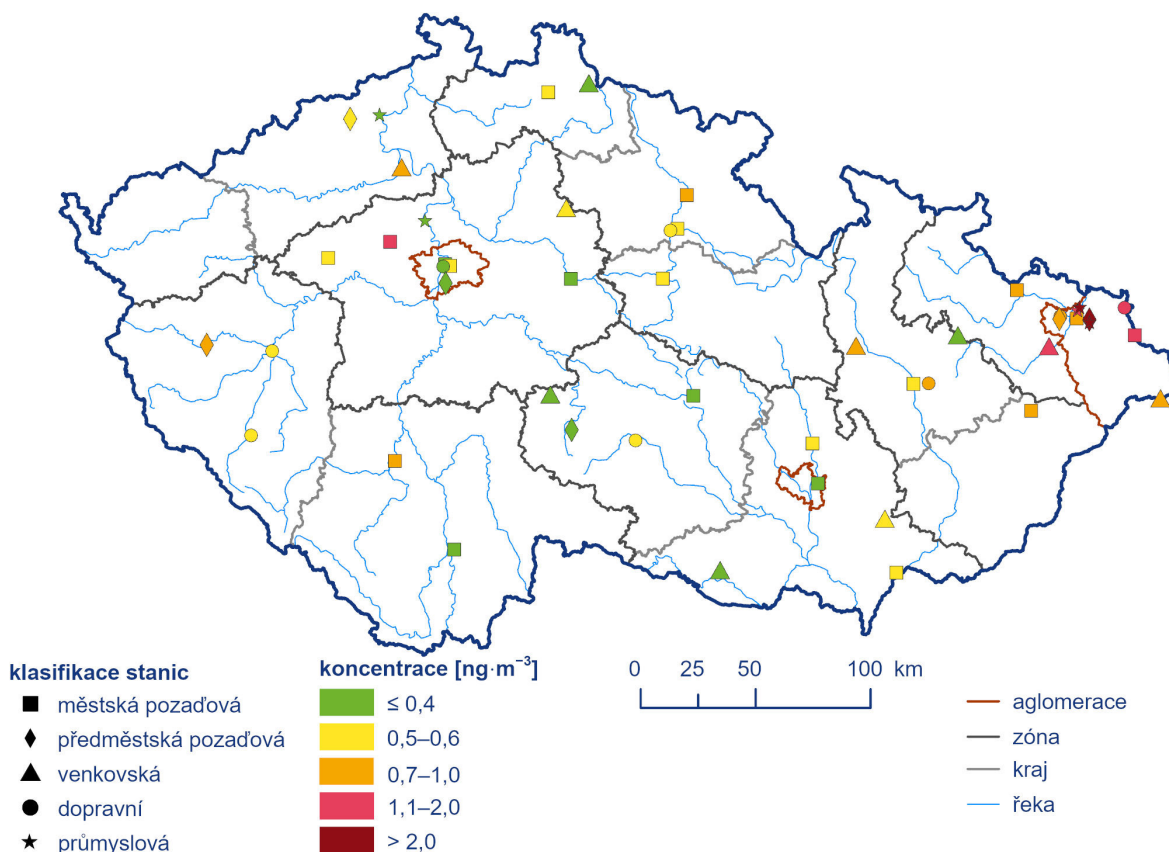
IV.2 Benzo[a]pyren

IV.2.1 Znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem v roce 2023

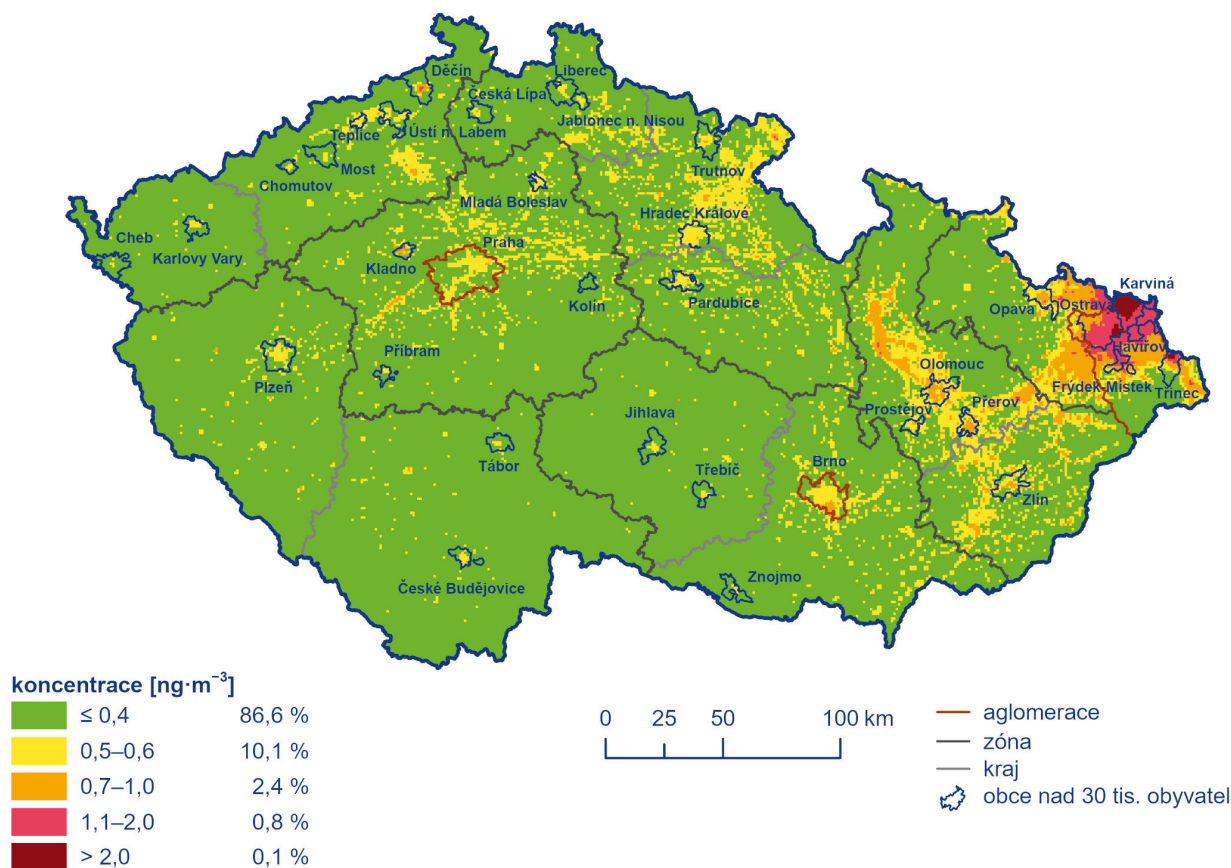
Znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem patří k hlavním problémům kvality ovzduší v ČR. V roce 2023 došlo k výraznému poklesu počtu stanic, na kterých byly zaznamenány hodnoty benzo[a]pyrenu překračující roční imisní limit ($1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$). Nadlimitní koncentrace benzo[a]pyrenu byly naměřeny na cca 16 % stanic, tj. na 8 z celkového počtu 49 stanic s dostatečným počtem měření pro hodnocení (Obr. IV.2.1). Naproti tomu, v předchozím roce 2022, překročily roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu imisní limit na cca 37 % stanic, což odpovídalo 19 stanicím z celkového počtu 52. Při porovnání překročení imisního limitu ze stejného souboru stanic je meziroční pokles méně výrazný. Z 35 stanic, které měřily v obou letech, byl imisní limit v roce 2023 překročen na 8 stanicích (29 %), zatímco v předchozím roce na 13 stanicích (37 %). Plocha s nadlimitními koncentracemi benzo[a]pyrenu se v roce 2023 opět zmenšila a byla vymezena na 0,9 % plochy území ČR (v roce 2022 na 1,7 %), kde žije přibližně 5,9 % obyvatel ČR (v roce 2022 cca 12 %) (Obr. IV.2.2). Nejzátíženějšími oblastmi s nejvyššími hodnotami koncentrací benzo[a]pyrenu z dlouhodobého hlediska zůstávají kraje Moravskoslezský, Zlínský a Olomoucký (Obr. IV.2.3). Nicméně k překračování ročního imisního

limitu benzo[a]pyrenu ve spojitosti s lokálním vytápěním dochází i v řadě měst a obcí mimo zmíněné nejzátíženější kraje.

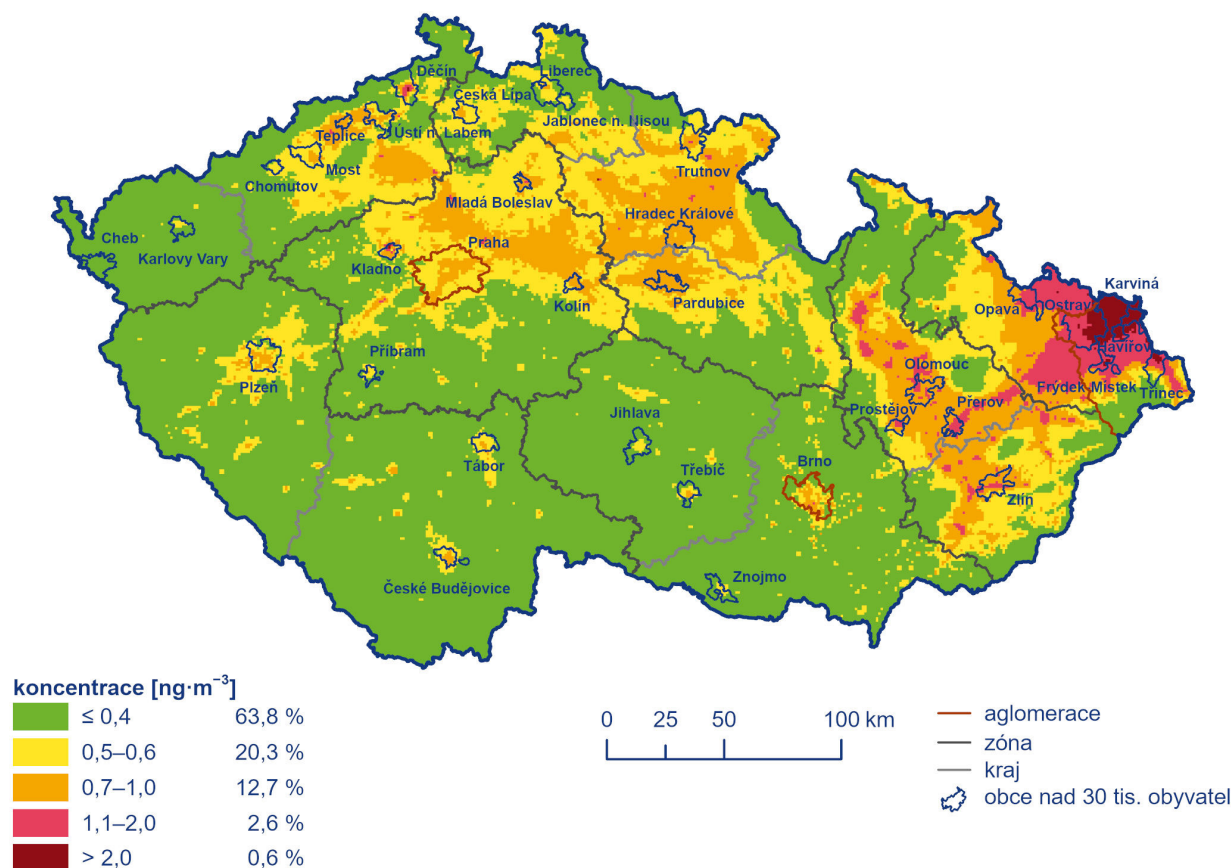
Nejvyšší roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu jsou dlouhodobě zaznamenávány na všech typech stanic na celém území aglomerace O/K/F-M (Obr. IV.2.4). Vysoké nadlimitní koncentrace benzo[a]pyrenu se zde vyskytují ve spojitosti s nejvyšším emisním zatížením v rámci ČR (z různých typů zdrojů) a vlivu přeshraničního přenosu z Polska. Nachází se zde významný emisní zdroj benzo[a]pyrenu – areál hutního podniku Liberty Ostrava a. s., který kvůli finančním potížím začal na konci září 2023 postupně omezovat svou výrobu s úplným zastavením provozu ke konci roku 2023. Stejně jako v minulých letech, i v roce 2023 byla nejvyšší hodnota roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu ($5,2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) zaznamenána na průmyslové stanici Ostrava-Radvanice ZÚ, kde tak byl roční imisní limit benzo[a]pyrenu překročen pětinasobně. Z výsledků provedené identifikace zdrojů znečišťování ovzduší s vyhodnocením příčin znečištění ovzduší ve východní části Ostravy v projektu ARAMIS (TA ČR „Integrovaný systém výzkumu, hodnocení a kontroly kvality ovzduší“) vyplývá, že na této stanici s omezenou reprezentativností řádově stovky metrů od stanice (odpovídající klasifikaci a účelu stanice) pochází znečištění benzo[a]pyrenem převážně z areálu hutního podniku Liberty Ostrava a. s. (asi dvě třetiny v chladné části roku) a téměř celá zbývající část připadá na vytápění domácností (Seibert et al. 2022). Nadlimitní hodnoty benzo[a]pyrenu byly naměřeny na sedmi stanicích v aglomeraci O/K/F-M a na stanici Kladno-Švermov ve Středočeském kraji. Vysoké koncentrace benzo[a]pyrenu na



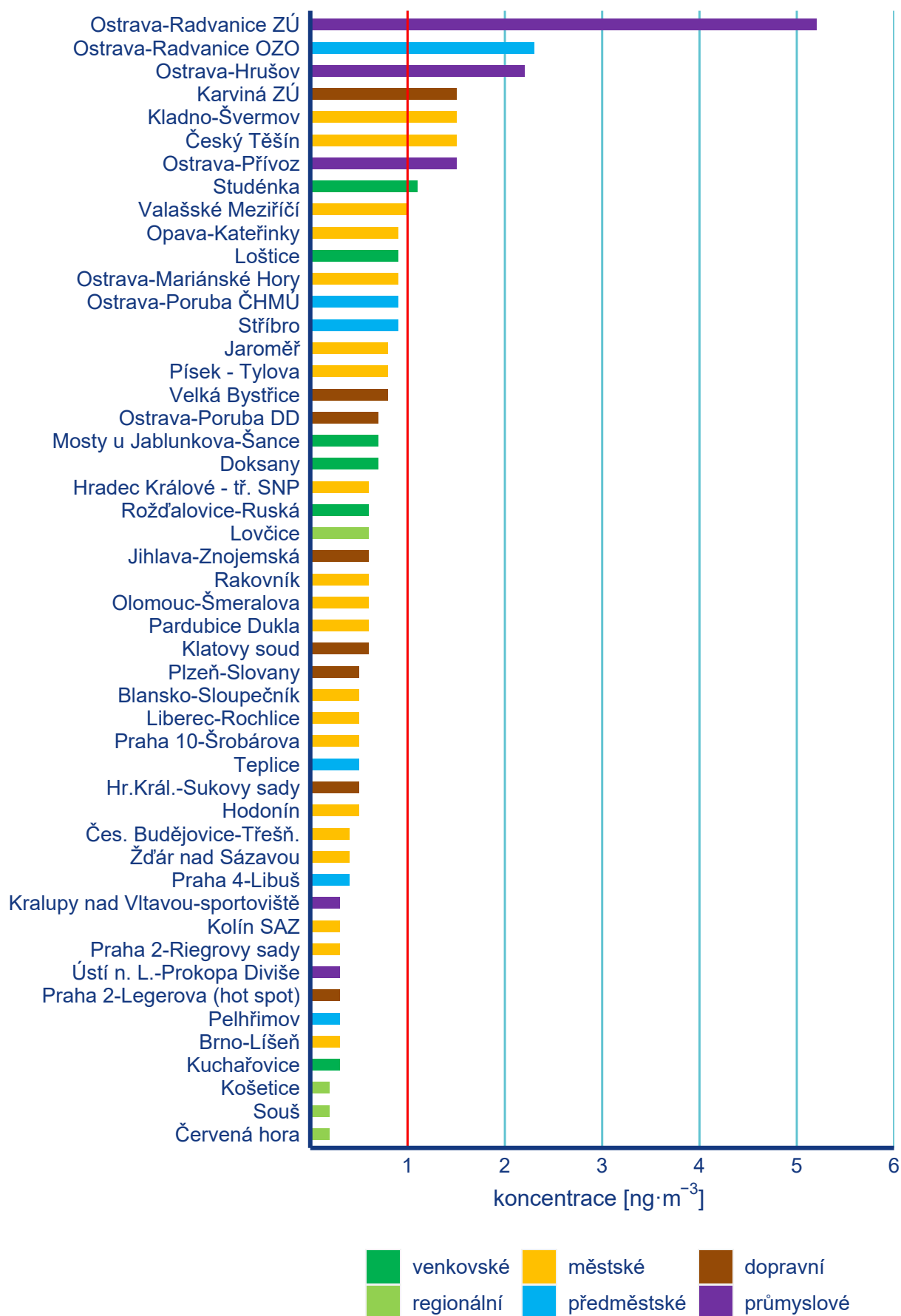
Obr. IV.2.1 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu měřené na stanicích imisního monitoringu, 2023



Obr. IV.2.2 Pole roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu, 2023



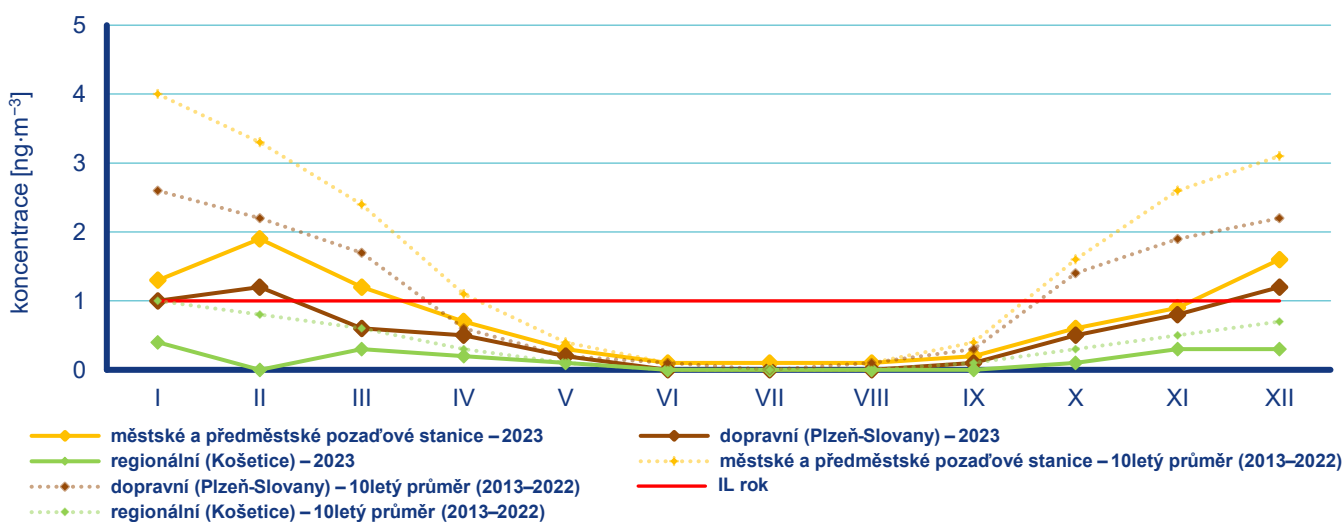
Obr. IV.2.3 Pětiletý průměr ročních průměrných koncentrací benzo[a]pyrenu, 2019–2023



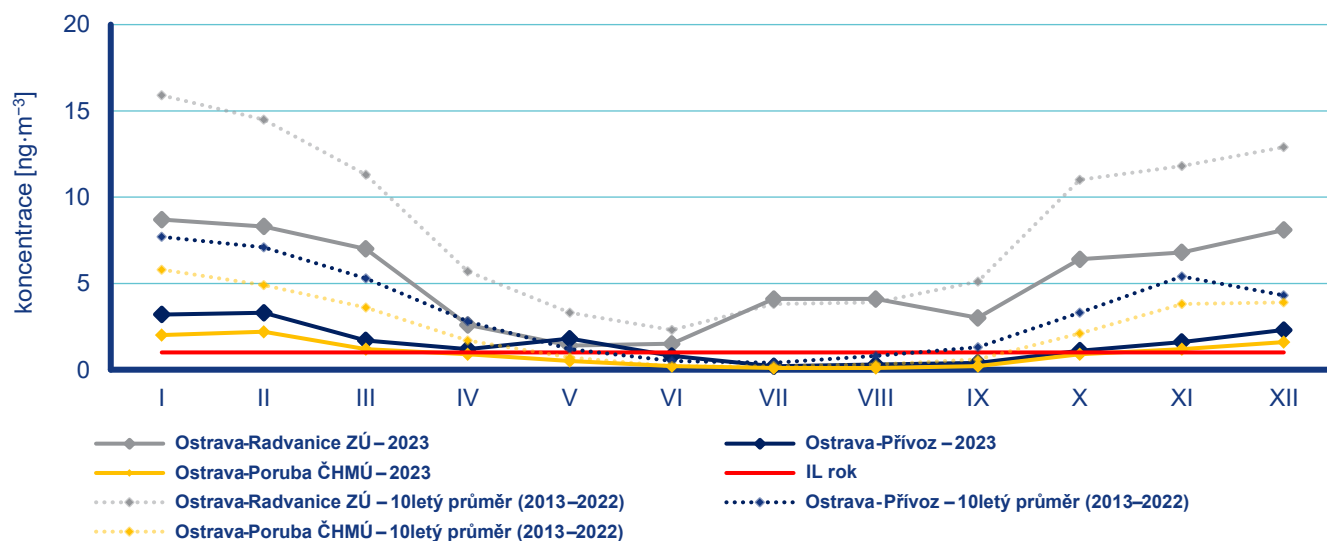
Obr. IV.2.4 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na měřicích stanicích, 2023

kladenské stanici souvisí s hustou zástavbou rodinných domů vytápěných pevnými palivy a se zhoršenými podmínkami provětrávání vzhledem k umístění v údolí Týneckého potoka. Poprvé za dobu sledování (tj. od roku 2005) klesly koncentrace benzo[a]pyrenu na některých městských pozadových stanicích v aglomeraci O/K/F-M pod imisní limit (Ostrava-Poruba ČHMÚ a Ostrava-Mariánské Hory) a na dopravní stanici Ostrava-Poruba DD, přesto ale stále patří ke stanicím s nejvyššími koncentracemi benzo[a]pyrenu v ČR. Vyšší hodnoty lze očekávat i v dalších obcích s vyšším podílem vytápění domácností pevnými palivy, kde se benzo[a]pyren rutinně neměří. Příkladem mohou být lokality Stříbro a Jaroměř s ročními průměrnými koncentracemi benzo[a]pyrenu 0,9 a 0,8 ng·m⁻³. Zmíněné obce byly proměřeny během putovního měření ČHMÚ, které je zacíleno na znečištění ovzduší pocházejícího převáž-

ně z lokálního vytápění. Nízké roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu byly zjištěny opětovně v aglomeracích Brno a Praha, dále v Jihočeském kraji a v kraji Vysočina. Podlimitní hodnoty koncentrací benzo[a]pyrenu jsou zaznamenávány i v centrech velkých měst (Praha, Brno, Plzeň) mimo zástavbu rodinných domů, tedy v místech s vysokým podílem dálkového centrálního vytápění. Nejnižší průměrná roční koncentrace benzo[a]pyrenu byla naměřena na regionálních venkovských stanicích Červená hora, Souš a Košetice (0,2 ng·m⁻³). Regionální lokality nejsou přímo ovlivněny místními emisními zdroji, ale jsou ovlivňovány pouze dálkovým transportem znečišťujících látek v kombinaci s meteorologickými a rozptylovými podmínkami. Nízké koncentrace benzo[a]pyrenu lze tedy očekávat i v místech vzdálených od přímého působení emisních zdrojů a na dobře provětrávaných lokalitách (např. přírodní horské oblasti).



Obr. IV.2.5 Roční chod průměrných měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu (průměry pro daný typ stanice), 2023 a v průměru let 2013–2022



Obr. IV.2.6 Roční chod průměrných měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu na stanicích Ostrava-Radvanice, Ostrava-Přívov a Ostrava-Poruba ČHMÚ, 2023 a v průměru let 2013–2022

Koncentrace benzo[a]pyrenu vykazují výrazný roční chod s nejvyššími hodnotami v zimním období (Obr. IV.2.5, Obr. IV.2.6). Důvodem vysokých koncentrací benzo[a]pyrenu v chladné části roku jsou emise ze sezonních antropogenních zdrojů – z lokálních topenišť, které jsou navíc umocněny působením nepříznivých meteorologických podmínek v tomto období. Roční chod měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu jasně kopíruje působení emisí z lokálního vytápění, jejichž míru (nebo intenzitu) ovlivňuje počet topných dnů během topné sezony, který určuje spotřebu paliv. Na hodnotu roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu, která má stanovený imisní limit, mají zásadní vliv úrovně koncentrací v měsících během chladného období roku, jelikož v letních měsících jsou koncentrace benzo[a]pyrenu minimální – vyjma průmyslových oblastí v aglomeraci O/K/F-M (Obr. IV.2.6). V letním období dochází k poklesu koncentrací díky zlepšení rozptylových podmínek, zvýšení chemického a fotochemického rozkladu PAH za vyšší intenzity slunečního záření a vysokých teplot a samozřejmě hlavně díky razantnímu poklesu emisí z antropogenních zdrojů (Li et al. 2009; Ludykar et al. 1999; Teixeira et al. 2012). V roce 2023 byly nejvyšší měsíční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na městských a předměstských lokalitách zaznamenány v únoru a v prosinci (Obr. IV.2.5). Všechny měsíční průměrné koncentrace byly nižší než desetiletý průměr (2013–2022). Výrazně nižší koncentrace benzo[a]pyrenu oproti desetiletému průměru (2013–2022) na městských a předměstských pozadových stanicích (téměř o $1,3 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$, tj. 67 % respektive o $0,9 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$, tj. 65 %) byly zjištěny v lednu a v listopadu. Kvalita ovzduší se dlouhodobě zlepšuje díky opatřením jako je např. výměna kotlů v domácnostech. Výraznější změny koncentrací benzo[a]pyrenu jsou však také ovlivněny působením meteorologických podmínek. K nízkým koncentracím v lednu přispěly nadnormální teploty spojené s nižší potřebou vytápění domácností a tím menší produkcí emisí z lokálních topenišť. V listopadu byly nezvykle dobré rozptylové podmínky během celého měsíce a navíc často přšelo (silně nadnormální úhrn srážek, 200 % normálu). Roční chod měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu na regionální stanici Košetice je podobný jako na předměstských a městských stanicích, ale s výrazně nižšími hodnotami koncentrací benzo[a]pyrenu.

Na Obr. IV.2.6 je znázorněn roční chod na průmyslových stanicích Ostrava-Přívov a Ostrava-Radvanice, kde se kromě přeshraničního přenosu znečištění, typického pro celou oblast Ostravsko-Karvinska, projevuje enormní emisní zátěž kombinace emisních zdrojů pocházejících z lokálního vytápění a z průmyslu (zejména výše zmíněný areál hutního podniku Liberty Ostrava a. s.). Pro porovnání je v grafu také uvedena městská pozadová stanice Ostrava-Poruba ČHMÚ. Na stanici Ostrava-Přívov byly měsíční koncentrace benzo[a]pyrenu oproti dlouhodobému průměru ve všech měsících, vyjma května a června, nižší. Při porovnání s městskou pozadovou stanicí Ostrava-Poruba ČHMÚ jsou hodnoty na stanici Ostrava-Přívov nepatrně vyšší, nicméně roční chod je na obou stanicích obdobný. Hodnoty měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu na průmyslové stanici Ostrava-Radvanice ZÚ jsou několikanásobně vyšší než na stanicích Ostrava-Přívov i Ostrava-Poruba ČHMÚ a mají mírně odlišný průběh. Oproti jiným stanicím jsou na této lokalitě zaznamenávány vyšší koncentrace benzo[a]pyrenu nejen v zimním, ale v letním období. Denní koncentrace nad $1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ se zde vyskytují v průběhu celého roku, včetně letních měsíců,

což dokládá celoroční vliv emisí z průmyslu v této lokalitě. V porovnání s dlouhodobým průměrem 2013–2022 koncentrace benzo[a]pyrenu na stanici Ostrava-Radvanice ZÚ byly výrazně nižší v lednu (o $7,2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$, tj. o 45 % nižší) a v únoru ($6,2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$, tj. o 42 % nižší). Hodnoty desetiletých průměrů (2013–2023) pro měsíční průměrné koncentrace byly mírně překročeny v letních měsících (červenec a srpen). Zároveň se jednalo o poměrně vysoké hodnoty pro toto období ($3,8$ a $3,9 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$). Vliv omezení provozu areálu hutního podniku Liberty Ostrava a. s. na konci roku 2023 na kvalitu ovzduší nelze zatím z důvodu krátkého období blíže komentovat.

Je třeba mít na zřeteli, že odhad polí ročních průměrných koncentrací benzo[a]pyrenu (Obr. IV.2.2) je zatížen výrazně většími nejistotami ve srovnání s ostatními mapovanými látkami. Na nejistotě mapy se podílí mj. omezený počet měření na venkovských regionálních stanicích a absence rozsáhlejších měření v malých sídlech ČR, která by z hlediska znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem reprezentovala zásadní vliv lokálních topenišť. ČHMÚ proto využívá tzv. systém rotujících stanic, který umožňuje proměřit více lokalit během několika let. Větší nejistotou je zatíženo proto i posuzování meziroční změny podílu zasaženého území a obyvatel vystavených nadlimitním koncentracím benzo[a]pyrenu. Počet stanic s měřením benzo[a]pyrenu je limitován zejména vysokými náklady na laboratorní analýzy a kapacitou laboratoří pro zpracování vzorků benzo[a]pyrenu. Nejistoty map jsou podrobně popsány v Příloze I.

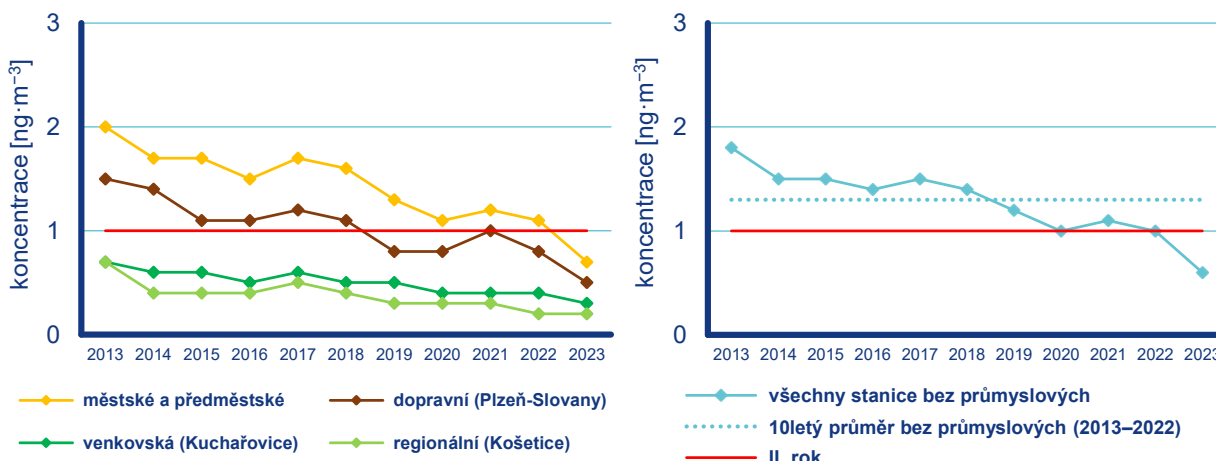
IV.2.2 Vývoj koncentrací benzo[a]pyrenu

Vývoj průměrných ročních koncentrací benzo[a]pyrenu na jednotlivých typech stanic a v průměru pro všechny stanice vyjma průmyslových je hodnocen za období posledních 11 let, tj. 2013–2023 (Obr. IV.2.7). Průměrné roční koncentrace benzo[a]pyrenu v hodnoceném období vykazují klesající trend. Roční průměrná koncentrace benzo[a]pyrenu v průměru pro všechny stanice v roce 2023 svým výrazným poklesem překonala rekordně nízké koncentrace v roce 2022, a byla tedy nejnižší za celou dobu měření, tj. od počátku druhého tisíciletí. Roční průměrná koncentrace benzo[a]pyrenu poklesla oproti roku 2022 o cca 36 % (o $0,4 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$). Oproti desetiletému průměru (2013–2022) byla roční koncentrace benzo[a]pyrenu nižší o 53 % (o $0,7 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$). Navíc se roční průměrná koncentrace pro stanice, které měřily ve všech letech hodnoceného období, dostala pod úroveň ročního imisního limitu. K výraznému poklesu roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu v ovzduší v roce 2023 v porovnání s předchozím rokem a s desetiletým průměrem 2013–2023 přispěla realizovaná opatření ke zlepšení kvality ovzduší na všech typech zdrojů, zejména ovšem obnova kotlů v domácnostech a přechod domácností na vytápění alternativními způsoby (Novák V., Plachá H. (eds.) 2023). Zákaz provozu kotlů na tuhá paliva emisní třídy 1 nebo 2 (tzv. neekologických kotlů) s platností od 1. září 2024 a energetická krize uspořádání nových alternativních zdrojů tepla v domácnostech. Data MPO (MPO 2023) ukazují, že rozvoj obnovitelných zdrojů energie

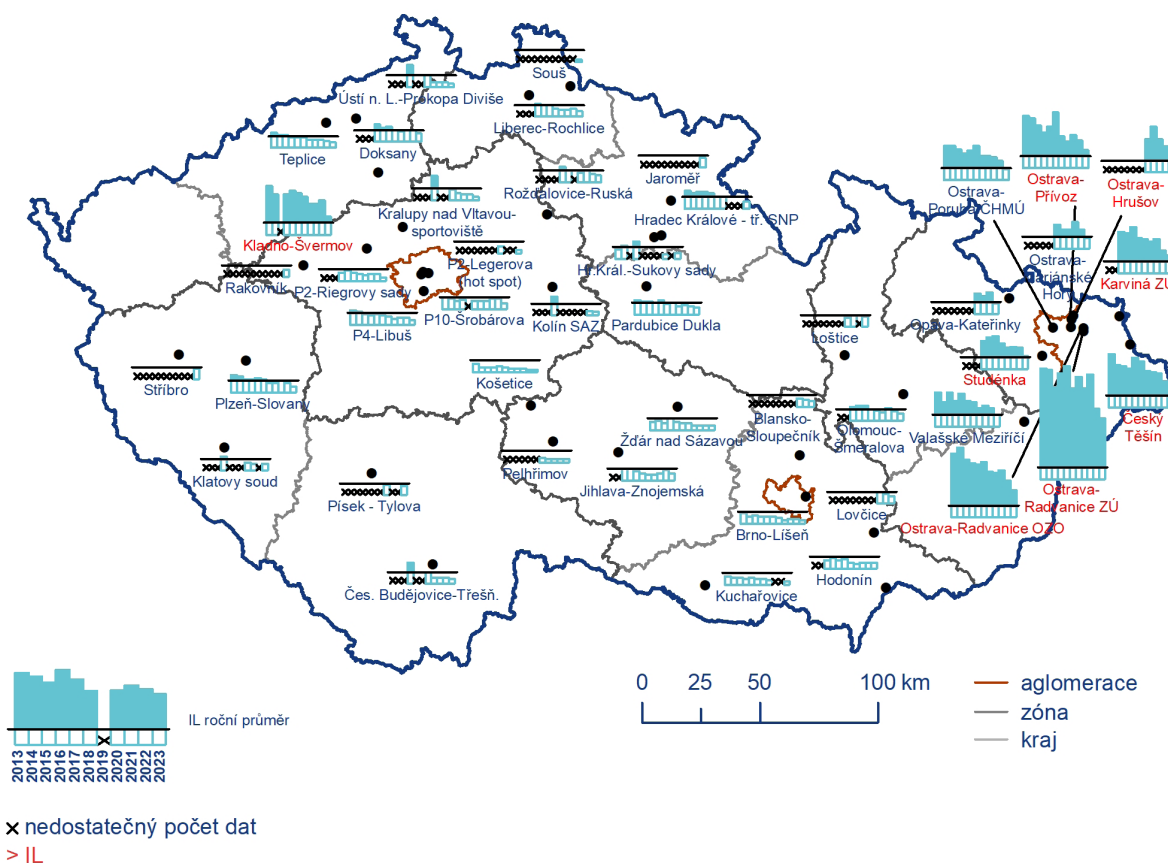
v ČR výrazně zrychlil. Zatímco na začátku roku 2022 bylo v ČR do sítě zapojeno okolo 50 tisíc fotovoltaických elektráren, v polovině roku 2023 jich bylo už přes 130 tisíc. Zároveň bylo v letech 2022 a 2023 prodáno rekordních 115 tisíc tepelných čerpadel. K nižšímu znečištění ovzduší napomohl i výskyt atypických meteorologických podmínek (nadprůměrné teploty a srážky a dobré rozptylové podmínky) v zimních měsících, zejména v lednu a v listopadu. Teplejší zimy spolu s postupným zateplováním domů snižují potřebu vytápění a dochází tak také ke snižování

znečišťování ovzduší z lokálních topenišť. V ostravském regionu se navíc pravděpodobně projevil jak efekt postupného odstavení jednotlivých prvovýrob společnosti Liberty Ostrava a. s. v druhé polovině roku, tak pokles znečištění z dálkového transportu z Polska, kde stejně jako v ČR probíhají opatření na zlepšení kvality ovzduší.

Průměrné roční koncentrace benzo[a]pyrenu na stanicích během hodnoceného období kolísají a v oblastech největšího imisní-

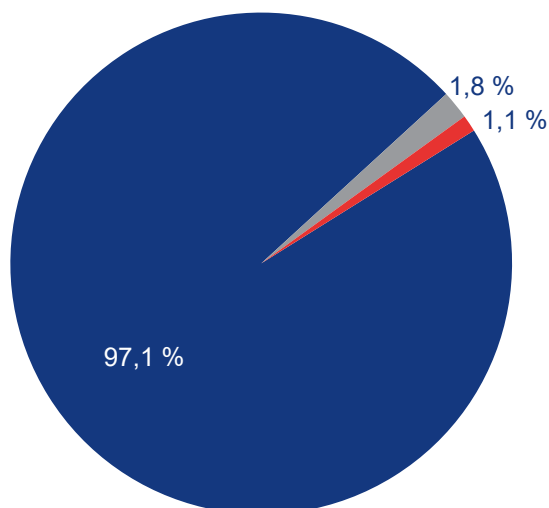


Obr. IV.2.7 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na jednotlivých typech stanic, 2013–2023



Obr. IV.2.8 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na vybraných stanicích, 2013–2023

ho zatížení (aglomerace O/K/F-M a Kladensko) dochází k jejich poklesu (Obr. IV.2.8). V meziročním srovnání 2022/2023 koncentrace benzo[a]pyrenu klesly na všech stanicích, které měly data pro oba porovnávané roky. Nejvyšší meziroční pokles koncentrací benzo[a]pyrenu zaznamenaly stanice Kladno-Švermov (o $1,4 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$, tj. o 48 %) a stanice Ostrava-Radvanice ZÚ, Ostrava-Přívoz a Opava-Kateřinky (o $0,9 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$, tj. 14 %, 37 % a 48 %).

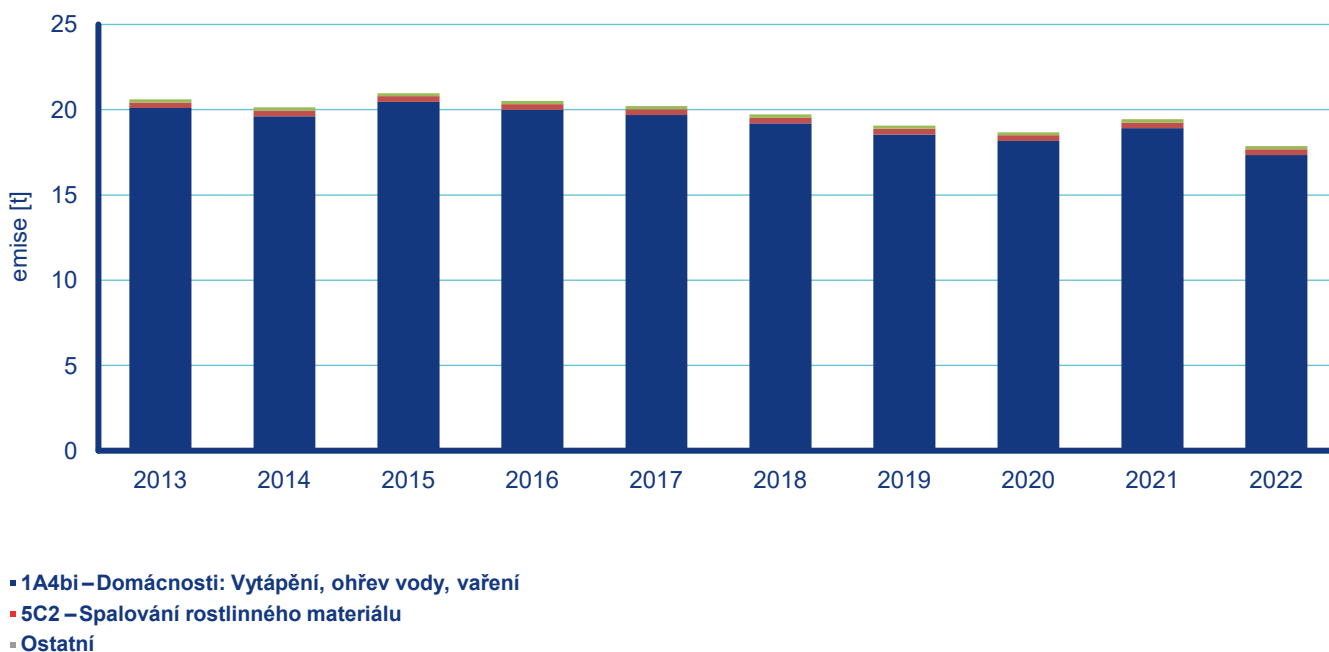


Obr. IV.2.9 Podíl sektorů NFR na celkových emisích benzo[a]pyrenu, 2022

IV.2.3 Emise benzo[a]pyrenu

Emise PAH, z nichž je v oblasti kvality ovzduší sledován zejména benzo[a]pyren, jsou produkovány téměř výhradně spalovacími procesy, při nichž nedochází k dostatečné oxidaci přítomných organických spalitelných látek. Benzo[a]pyren je produktem nedokonalého spalování při teplotách 300 až 600 °C. Jednoznačně nejvýznamnější skupinou zdrojů je proto spalování pevných paliv v kotlích nižších výkonů, především v domácích topeništích (sektor 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření Obr. IV.2.9), které se podle modelového výpočtu podílí 97,1 % na celkové produkci benzo[a]pyrenu v roce 2022 (ČHMÚ 2024f). Dalším významnějším zdrojem je spalování rostlinného materiálu (NFR 5C2), které se podílí v roce 2022 na celkových emisích 1,8 %. Vliv dopravy se uplatňuje především podél dálnic, komunikací s intenzivní dopravou a na území větších městských celků. Emise benzo[a]pyrenu z průmyslových zdrojů, především z koksoven, sice nepředstavují významný podíl na celkových emisích, ale v lokálním měřítku mohou i s ohledem na celoroční provoz zásadně ovlivňovat kvalitu ovzduší. Vývoj celkových emisí v letech 2013–2022 (Obr. IV.2.10) souvisí především se spotřebou pevných paliv v domácnostech, závislou na konkrétních teplotních podmínkách. Na snížení emisí v posledních letech se podílí také výměna starších kotlů a přechod na neemisní zdroje, zejména tepelná čerpadla.

Vzhledem k dominantnímu podílu sektoru 1A4bi jsou emise benzo[a]pyrenu rozloženy na území obydlené zástavby celé ČR. Největšími emisemi benzo[a]pyrenu je zatížena aglomerace O/K/F-M. Důvodem je především vysoká hustota osídlení, vyšší podíl spalování černého uhlí v domácnostech v kotlích prohořivacího typu a rovněž hutní průmysl a výroba koksu.



Obr. IV.2.10 Vývoj celkových emisí benzo[a]pyrenu, 2013–2022