

IV.2 Benzo[a]pyren

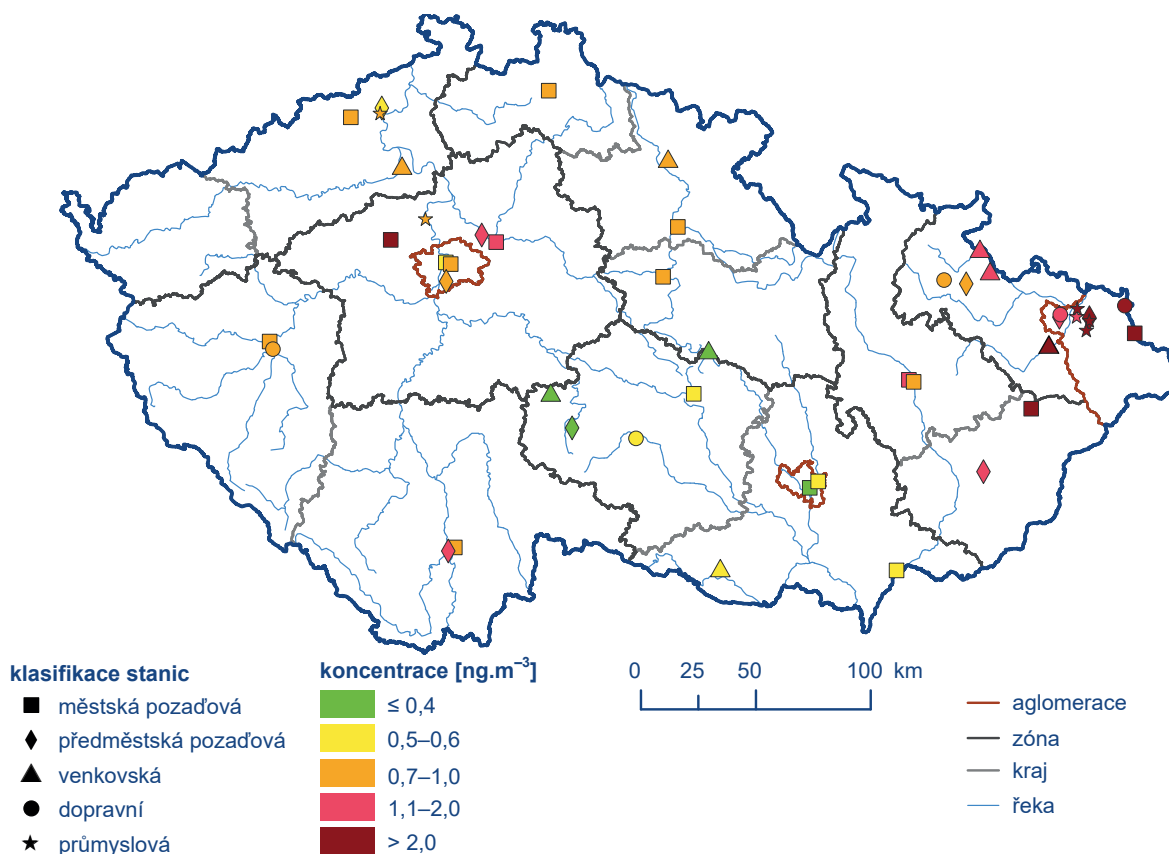
IV.2.1 Znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem v roce 2019

Znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem patří k hlavním problémům kvality ovzduší v ČR. V roce 2019 překročily roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu imisní limit (1 ng.m^{-3}) na 41 % stanic (tj. na 19 z celkového počtu 46 stanic s dostatečným počtem naměřených dat pro hodnocení; obr. IV.2.1). V meziročním srovnání 2018/2019 tak došlo k dalšímu poklesu, neboť v roce 2018 bylo zaznamenáno překročení na 58 % (v roce 2017 na 66 %). Řada měst a obcí byla vyhodnocena, stejně jako v předchozích letech, jako území s překročeným imisním limitem (obr. IV.2.2). V roce 2019 se zmenšila plocha s nadlimitními koncentracemi benzo[a]pyrenu a imisní limit byl překročen na 8,4 % plochy území ČR (v roce 2018 na 13 % plochy území ČR) s cca 27,5 % obyvatel ČR (v roce 2018 přibližně 35,5 %). K největšímu úbytku plochy, na které došlo k překročení imisního limitu benzo[a]pyrenu oproti předchozímu roku 2018, došlo v oblasti Krušných hor a na Kladensku. Nejvíce zatíženou oblastí s nejvyššími hodnotami koncentrací benzo[a]pyrenu stále zůstávají kraje Moravskoslezský, Zlínský a Olomoucký (obr. IV.2.3).

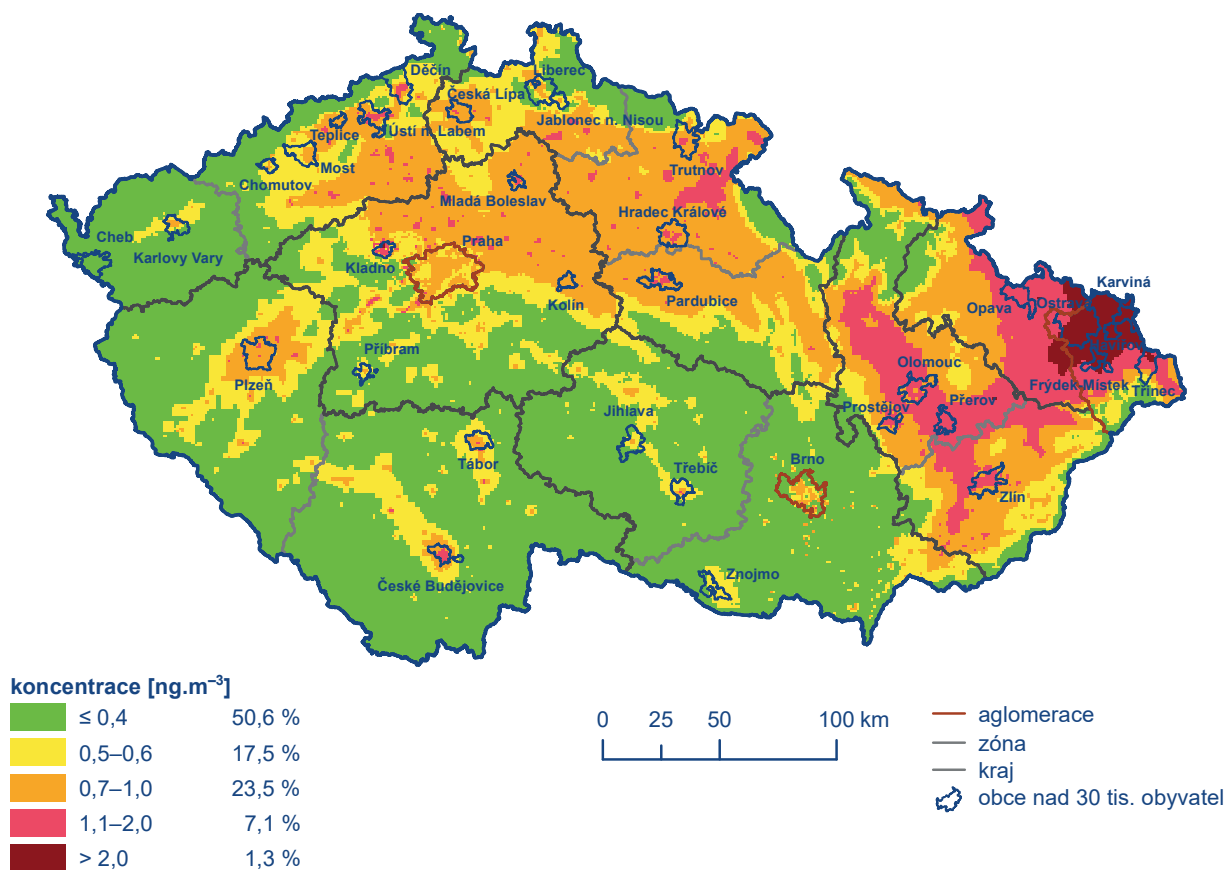
Je třeba mít na zřeteli, že odhad polí ročních průměrných koncentrací benzo[a]pyrenu (obr. IV.2.2) je zatížen výrazně většími nejistotami ve srovnání s ostatními mapovanými látkami. Na nejistotě mapy se

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. Toto se ČHMÚ snaží nahradit metodou rotujících stanic, která umožní proměřit více lokalit v období několika let. Větší nejistotou je tedy zatíženo 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.

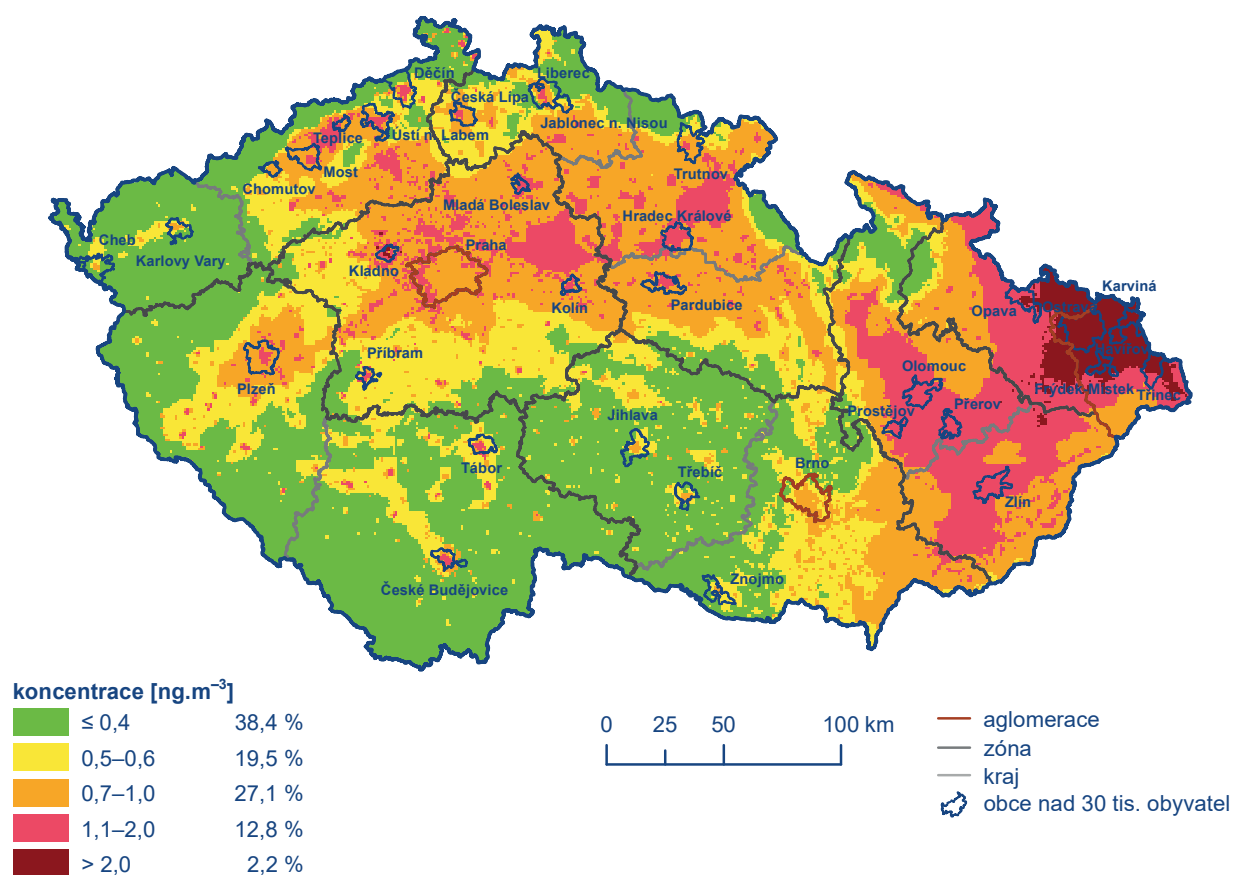
Nejvyšší roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu jsou dlouhodobě zaznamenávány na celém území aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek (O/K/F-M) (obr. IV.2.4) v důsledku nejvyššího emisního zatížení v rámci ČR (z různých typů zdrojů) a vlivu přeshraničního přenosu z Polska (podrobněji kap. V.3). Stejně jako v minulých letech i v roce 2019 byla nejvyšší hodnota roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu ($8,7 \text{ ng.m}^{-3}$) zaznamenána na průmyslové stanici Ostrava-Radvanice ZÚ, a hodnota imisního limitu zde byla tedy překročena více než osminásobně. Mimo aglomeraci O/K/F-M jsou ve spojitosti s hustou zástavbou rodinných domů s lokálními topeništi v okolí měřicí stanice zaznamenávány vyšší koncentrace benzo[a]pyrenu na Kladensku (stanice Kladno-Švermov). Nadlimitní hodnoty lze očekávat i v dalších obcích s vyšším podílem vytápění domácností pevnými palivy, kde se BaP rutinně neměří. Naopak nejnižší roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu lze očekávat v místech vzdálených od přímého působení emisních zdrojů a na dobře provětrávaných lokalitách (přírodní horské oblasti). Nejnižší průměrné



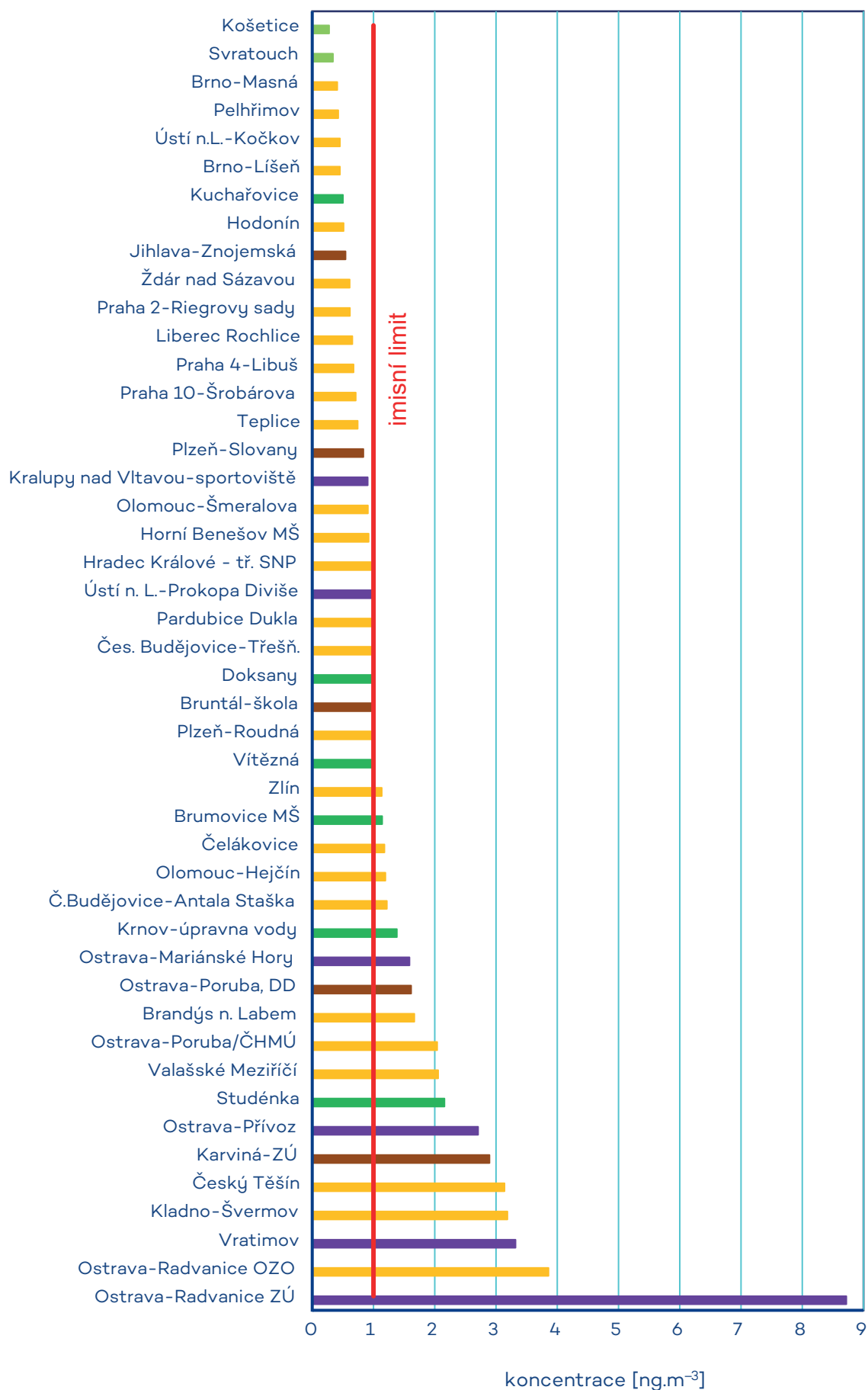
Obr. IV.2.1 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu měřené na stanicích imisního monitoringu, 2019



Obr. IV.2.2 Pole roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu, 2019



Obr. IV.2.3 Pětiletý průměr ročních průměrných koncentrací benzo[a]pyrenu, 2015–2019



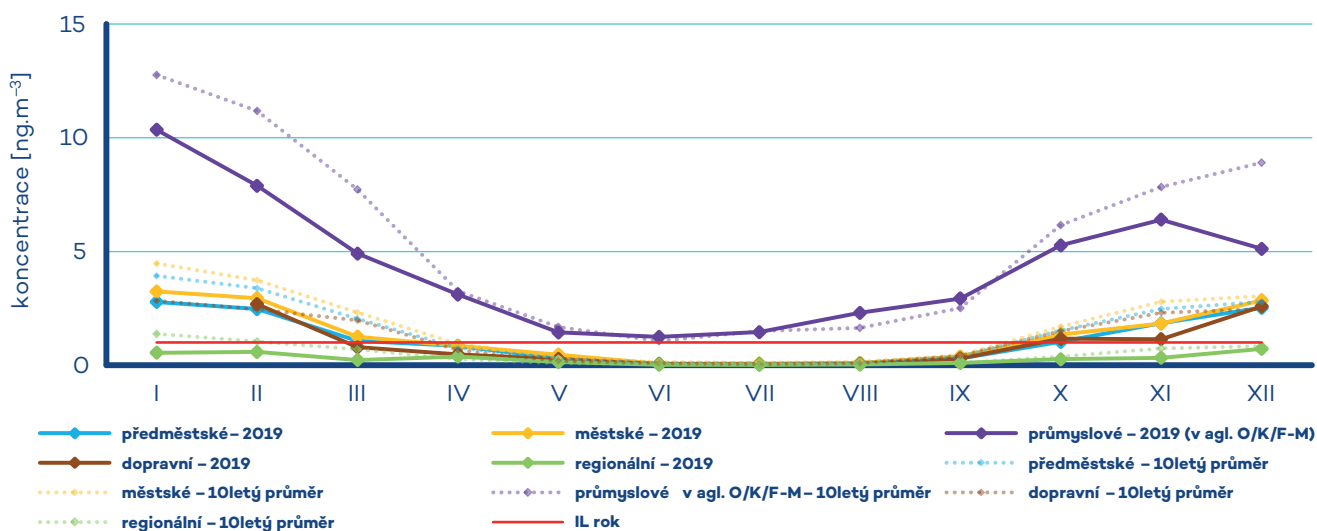
Obr. IV.2.4 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na měřicích stanicích, 2019

roční koncentrace benzo[a]pyrenu byly naměřeny na regionálních stanicích Košetice a Svratouch ($0,3 \text{ ng.m}^{-3}$), tedy na stanicích, které monitorují pozadové koncentrace znečišťujících látek v České republice. Tyto stanice nejsou přímo ovlivněny lokálními emisními zdroji, ale jsou ovlivňovány pouze dálkovým transportem znečišťujících látek v kombinaci s meteorologickými a rozptylovými podmínkami. Podlimitní hodnoty koncentrací benzo[a]pyrenu jsou zaznamenávány i ve velkých městech zatížených dopravou (Praha, Brno), kde tato doprava nemá větší vliv na zvýšení průměrných ročních koncentrací benzo[a]pyrenu. Stejně tak jako vazba na lokální vytápění, protože je v těchto městech vysoký podíl dálkového centrálního vytápění.

Nadlimitní úrovní benzo[a]pyrenu jsou naopak zatíženy i obce, ve kterých nejsou jeho koncentrace rutinně sledovány. Tato skutečnost je opakovaně potvrzována měřeními koncentrací BaP na různých stanicích dotovaných z rozpočtu Moravskoslezského kraje¹, například Krnov ($1,4 \text{ ng.m}^{-3}$) a Bruntál-škola ($1,0 \text{ ng.m}^{-3}$) v roce 2019, Třinec-Konská ($3,1 \text{ ng.m}^{-3}$ v $\text{PM}_{2,5}$), Třinec-Nebory ($2,4 \text{ ng.m}^{-3}$ v $\text{PM}_{2,5}$) v roce 2018 a Český Těšín-autobusové nádraží ($4,4 \text{ ng.m}^{-3}$), Vražné ($3,3 \text{ ng.m}^{-3}$) a Opava-Univerzitní zahrada ($1,8 \text{ ng.m}^{-3}$) v roce 2017. Vysoké hodnoty denních koncentrací benzo[a]pyrenu v zimních měsících spojené s lokálním vytápěním domácností byly zaznamenány také během tříletého (2015–2017) kampaňového měření v malých sídlech Ostopovice a Moravany na území Jihomoravského kraje (ČHMÚ 2018). Na základě výše uvedeného lze předpokládat, že v malých sídlech, kde koncentrace benzo[a]pyrenu nejsou pravidelně monitorovány a převládá zde vytápění domácností pevnými palivy, mohou být koncentrace karcinogenního benzo[a]pyrenu na nadlimitní úrovni.

Koncentrace benzo[a]pyrenu vykazují výrazný roční chod (obr. IV.2.5) s maximy v zimním období, které souvisejí s emisemi ze sezonních antropogenních zdrojů – z lokálních topenišť (tj. nejvýznamnějšího zdroje emisí benzo[a]pyrenu; obr. IV.2.9) a se zhoršenými rozptylovými podmínkami. Roční chod měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu jasně kopíruje působení emisí z lokálního vytápění,

jejichž míru (nebo intenzitu) ovlivňuje zejména počet topných dnů během topné sezóny, který určuje spotřebu paliv a lze ho vyjádřit pomocí tzv. denostupňů. V letním období naopak 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 poklesu emisí z antropogenních zdrojů (Li et al. 2009; Ludykar et al. 1999; Teixeira et al. 2012). Průměrné měsíční koncentrace benzo[a]pyrenu v létě se na pozadových stanicích nezdá pohybuje kolem meze detekce ($0,03 \text{ ng.m}^{-3}$), naopak na průmyslových lokalitách v aglomeraci (O/K/F-M) se vyskytují i denní koncentrace vyšší než 1 ng.m^{-3} , což dokládá celoroční vliv emisí v těchto oblastech. Z porovnání měsíčních průměrů koncentrací benzo[a]pyrenu s desetiletým průměrem (2009–2019) lze říci, že průměrné měsíční koncentrace na městských a předměstských pozadových stanicích byly nižší (o cca 20–60%) ve všech měsících roku vyjma dubna a května, kdy zůstaly na podobné úrovni. Výrazný pokles koncentrací benzo[a]pyrenu na městských a předměstských pozadových stanicích byl zejména v zimních měsících. Pokles koncentrací lze přisoudit poklesu emisí BaP z lokálních topenišť, poklesu počtu topných dnů v jednotlivých měsících a dobrým rozptylovým podmínkám, ale také již realizovaným opatřením (např. výměně kotlů). Vyhodnocení vlivu realizovaných opatření je zkoumáno v rámci projektu TITSMZP704 – Měření a analýza znečištění ovzduší s důrazem na vyhodnocení podílu jednotlivých skupin zdrojů – financovaném se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu BETA2, jehož výsledky budou k dispozici na konci roku 2021. Roční chod měsíčních koncentrací na regionální stanici Košetice je podobný jako na předměstských a městských stanicích, ale s výrazně nižšími hodnotami koncentrací benzo[a]pyrenu. Na průmyslových stanicích v aglomeraci Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek (O/K/F-M), 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, byl zaznamenán výrazný propad měsíčních koncentrací v zimních měsících na počátku roku.



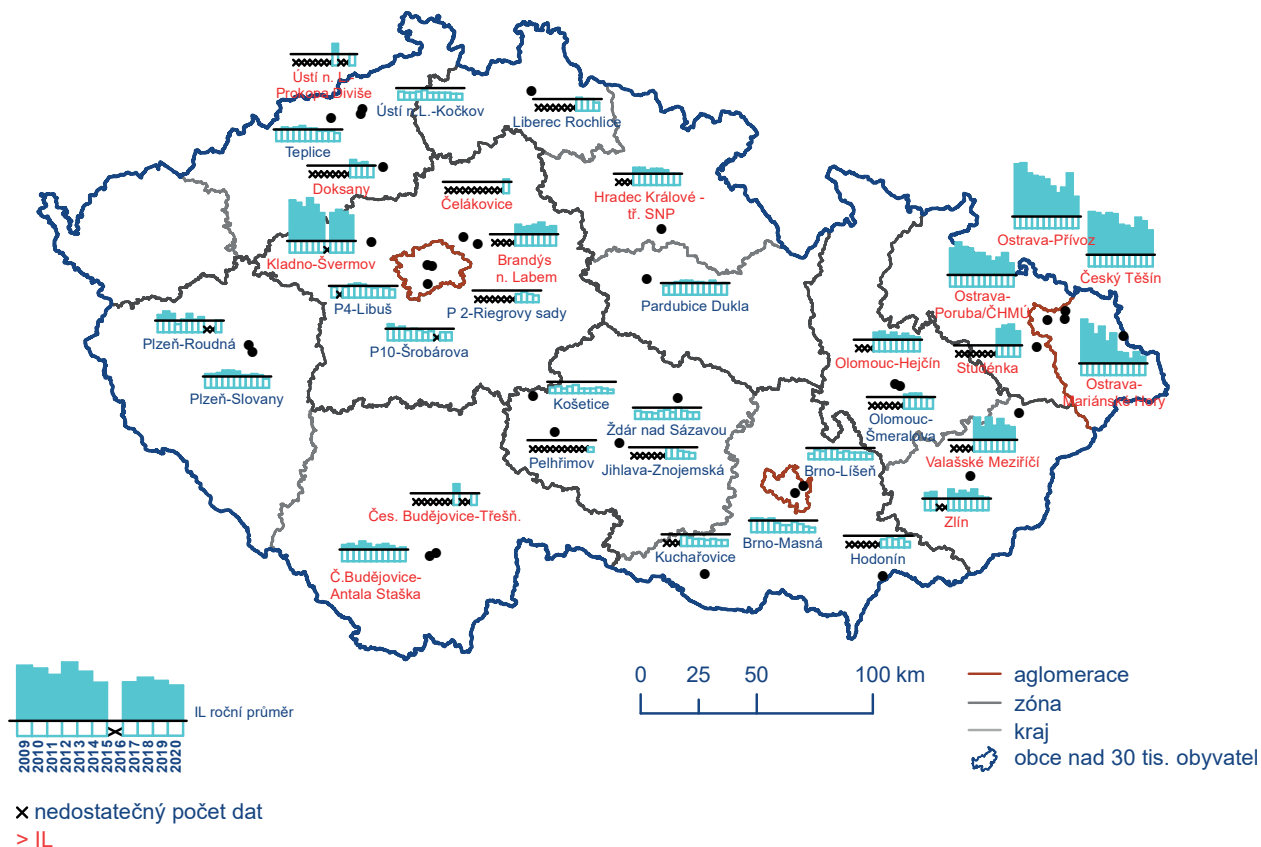
Obr. IV.2.5 Roční chod průměrných měsíčních koncentrací benzo[a]pyrenu (průměry pro daný typ stanice), 2019

1 Podrobná každoroční vyhodnocení viz www.chmi.cz, <https://air.zuova.cz/ovzdusi/article/detail/1>.

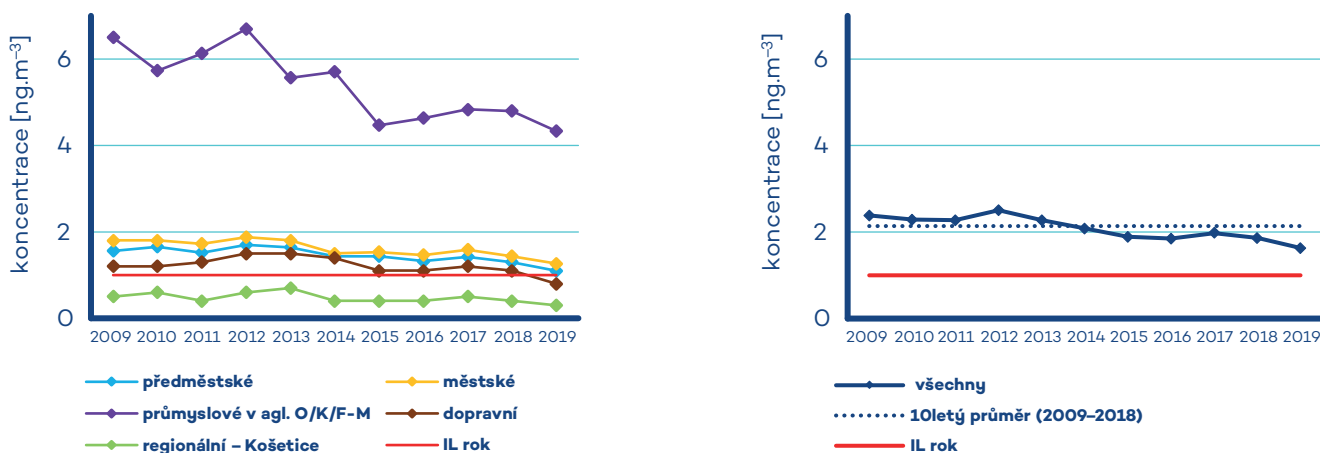
IV.2.2 Vývoj koncentrací benzo[a]pyrenu

Vývoj koncentrací benzo[a]pyrenu na jednotlivých typech stanic je hodnocen za období posledních 11 let, tj. 2009–2019. Průměrné roční koncentrace benzo[a]pyrenu během hodnoceného období kolísají a v oblastech největšího imisního zatížení (Kladensko a aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek) dochází k jejich poklesu (obr. IV.2.6). Ačkoliv v meziročním srovnání 2018/2019 do-

šlo k nárůstu počtu topných dnů, a to díky podnormálním teplotním podmínkám v měsíci květnu, koncentrace benzo[a]pyrenu poklesly na 25 ze 33 stanic (tj. na 76 %), které měly data pro oba porovnávané roky. Nejvýraznější pokles byl zaznamenán na průmyslové stanici Ostrava-Přívoz, a to o $2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ (60 %), nicméně koncentrace benzo[a]pyrenu zde stále překračují imisní limit téměř trojnásobně. Výrazné poklesy koncentrací benzo[a]pyrenu byly zaznamenány na všech stanicích v Moravskoslezském kraji vyjma průmyslové stanice Ostrava-Radvanice ZÚ, kde byl zaznamenán nárůst průměrné roční koncentrace benzo[a]pyrenu o $1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ (cca 12 %).

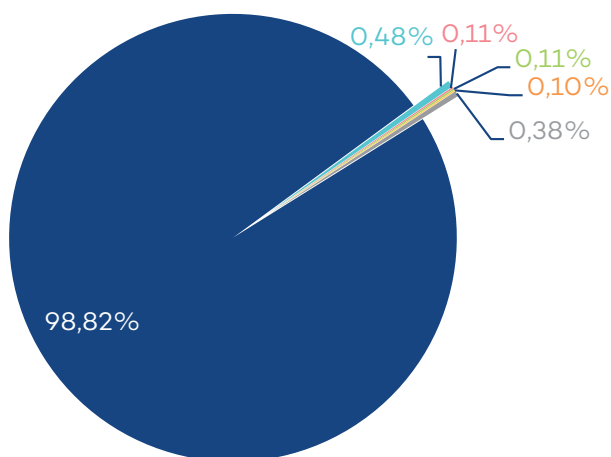


Obr. IV.2.6 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na vybraných stanicích, 2009–2019

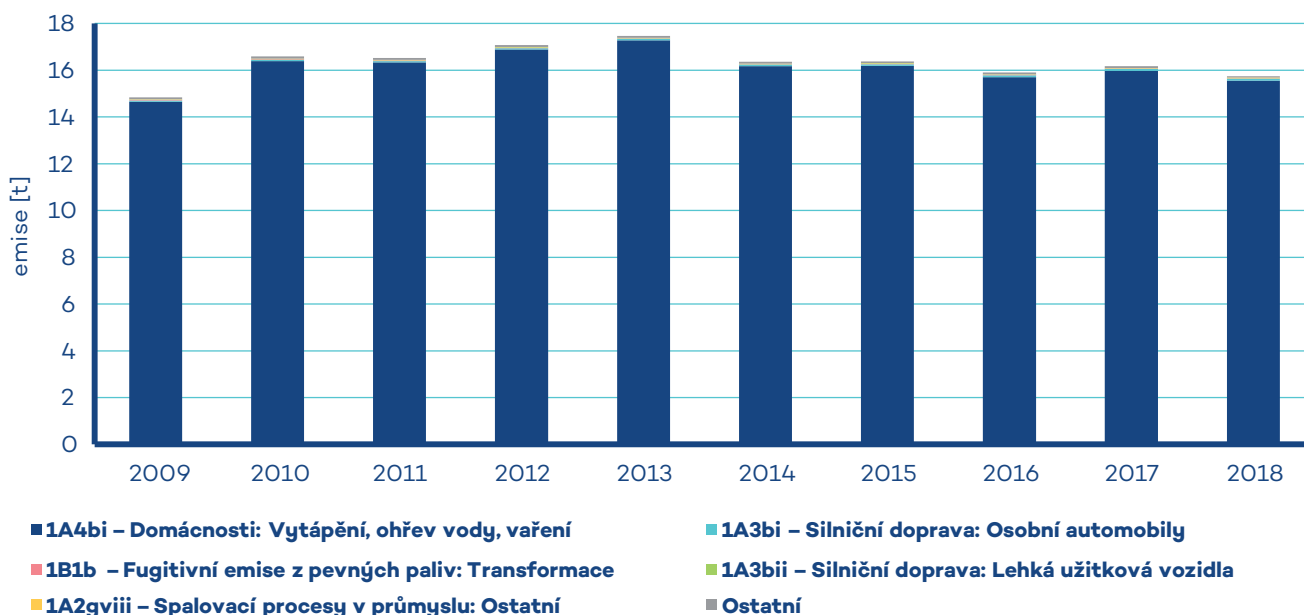


Obr. IV.2.7 Vývoj roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na jednotlivých typech stanic v České republice, 2009–2019

Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu na všech typech stanic byly v roce 2019 nejnižší za hodnocené období 2009–2019 (obr. IV.2.7), nicméně v mnoha městech zůstávají stále na nadlimitní úrovni. Oproti desetiletému průměru 2009–2018 došlo v roce 2019 k poklesu koncentrací benzo[a]pyrenu na všech stanicích v průměru o cca 20%. Ke zlepšení situace přispěly dobré rozptylové podmínky, které se v České republice vyskytují v posledních pěti letech, nižší počet topných dnů v zimních měsících a realizovaná opatření ke zlepšení kvality ovzduší, mj. obnova kotlů v domácnostech.



Obr. IV.2.8 Podíl sektorů NFR na celkových emisích benzo[a]pyrenu, 2018



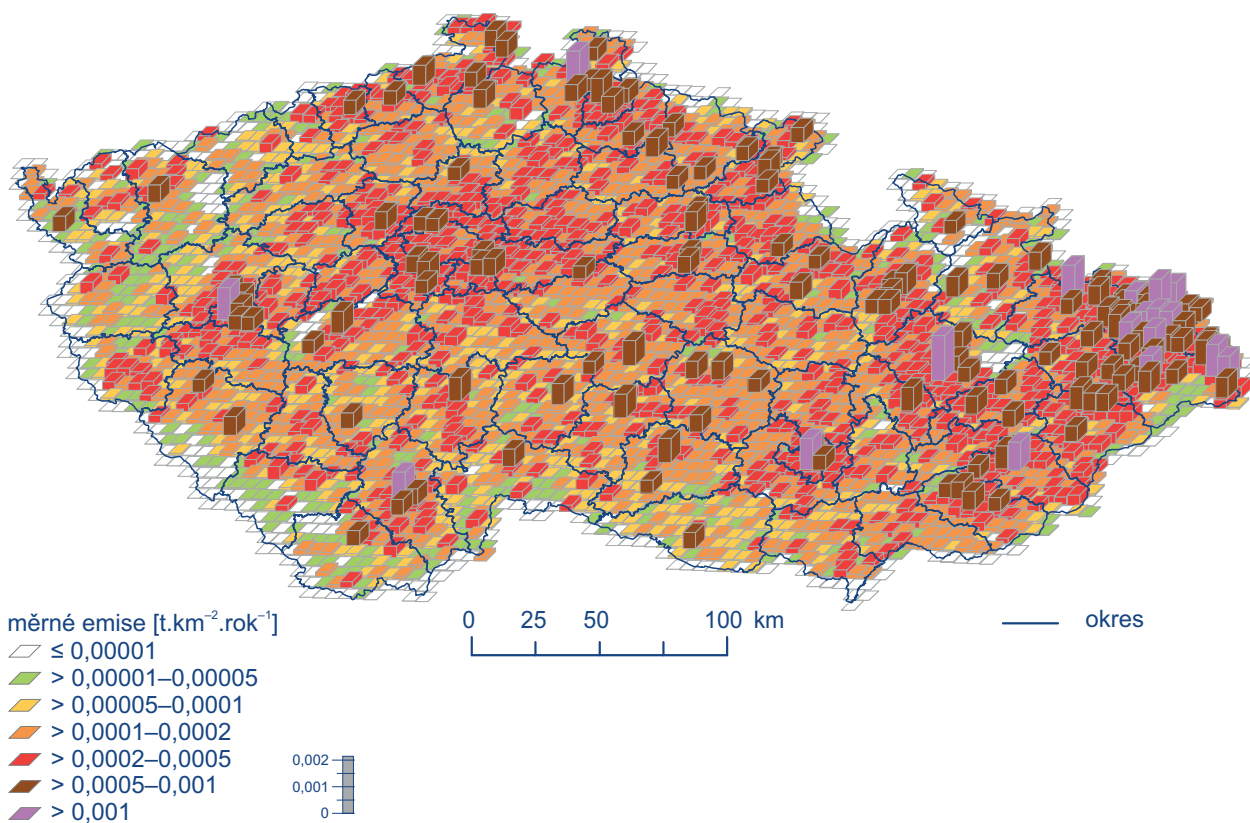
Obr. IV.2.9 Vývoj celkových emisí benzo[a]pyrenu, 2009–2018

IV.2.3 Emise benzo[a]pyrenu

Emise PAH, z nichž je v oblasti ochrany 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 300–600 °C. Mezi jeho nejvýznamnější zdroje se proto řadí spalování pevných paliv v kotlích nižších výkonů, především v domácích topeništích.

Sektor 1A4bi – Lokální vytápění domácností se na emisích benzo[a]pyrenu v roce 2018 v celorepublikovém měřítku podílel 98,8%. Hlavní příčinou takto vysokého podílu je spalování pevných paliv, především uhlí, v kotlích starších typů (odhořivací a prohořivací způsob spalování). Podle odhadů představovaly v roce 2018 odhořivací a prohořivací kotle 69% všech kotlů na spalování pevných paliv v domácnostech ČR. Vliv sektoru dopravy je odhadován na 0,8% (obr. IV.2.8).

Vzhledem k dominantnímu podílu sektoru 1A4bi jsou emise benzo[a]pyrenu rozloženy na území obydlené zástavby celé ČR a jejich množství v období 2009–2018 bylo závislé především na vývoji spotřeby pevných paliv v domácnostech (obr. IV.2.9). Vliv dopravy se uplatňuje především podél dálnic, komunikací s intenzivní dopravou a na území větších městských celků. Největšími emisemi benzo[a]pyrenu je zatížen Moravskoslezský kraj z důvodu vyššího podílu spalování černého uhlí v domácnostech v kotlích prohořivacího typu (obr. IV.2.10).



Obr. IV.2.10 Emisní hustoty benzo[a]pyrenu ze čtverců 5 x 5 km, 2018