

Ovzduší

Údaje o znečištění ovzduší použité pro hodnocení vlivu na zdraví pocházejí z 16 pražských měřicích stanic (provozovaných ČHMÚ, SZÚ a Zdravotním ústavem se sídlem v Ústí n/L), na kterých jsou v antropogenní vrstvě atmosféry sledovány koncentrace škodlivin.

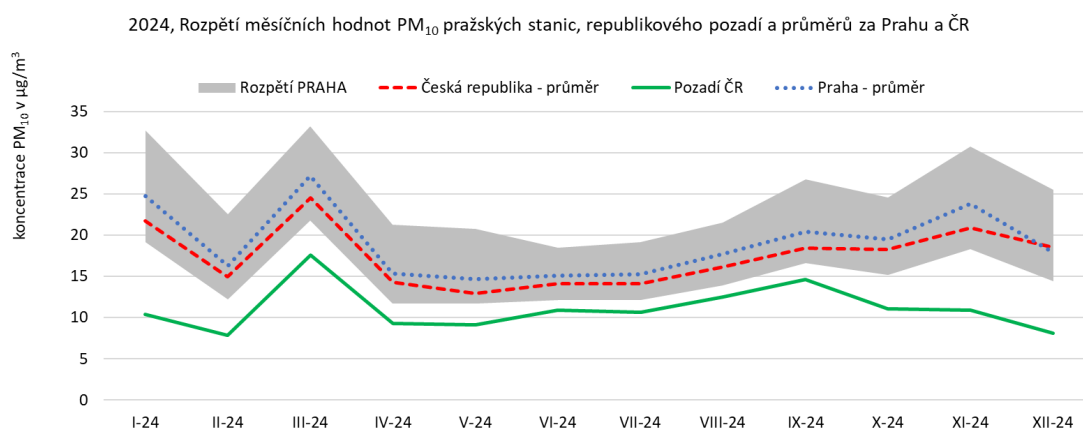
Dlouhodobě přetrvávajícím problémem jsou v pražské aglomeraci především látky, jejichž emise do ovzduší jsou přímo svázány s dopravou a procesy s ní spojenými, tj. primární spalovací a ostatní emise (resuspenze, otěry, koroze...). V sídlištních celcích jsou pak tyto emise často kombinovány s emisemi z SZTE (Soustava zásobování tepelnou energií) a v okrajových částech města se může přidávat vliv lokálních topenišť.

Tabulka – 2024 - Srovnání odhadu průměrných ročních hmotnostních koncentrací některých látek v Praze s odhadem průměrné hodnoty v městském prostředí v ČR, v případě suspendovaných částic frakce PM₁₀ mimo Moravskoslezský kraj a s hodnotami měření na pozadových stanicích ČR.

2024	NO ₂ (μg/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)	PM _{2,5} (μg/m ³)	BZN (μg/m ³)	BaP (ng/m ³)	Cd (v PM ₁₀) (ng/m ³)	Pb (v PM ₁₀) (ng/m ³)	Ni (v PM ₁₀) (ng/m ³)	As (v PM ₁₀) (ng/m ³)
městské lokality v ČR	12,8	16,7	12,7	1,00	0,76	0,16	4,40	0,38	0,76
Praha	20,1	19,0	12,8	0,99	0,46	0,12	3,61	0,55	0,84
Pozadové stanice ČR	3,9	11,1	7,8	0,54	0,22	0,07	1,69	0,25	0,29

V roce 2024 se úroveň znečištění venkovního ovzduší ve srovnání s rokem 2023 u některých látek zlepšila (kovy, BaP), na druhou stranu u některých nevýznamně vzrostla (NO₂, PM₁₀ a PM_{2,5}). Shodně s rokem 2023 nebyl v Praze na žádné měřicí stanici překročen imisní limit. Vývoji sice stále napomáhají teplé zimy a celoročně příznivé rozptylové podmínky, tento vliv se ale postupně vyčerpává. Situaci lze stále charakterizovat vyšší četností excesů a rychlých změn počasí zahrnujících suchá období vysokých teplot a období intenzivních srážek. Jako posledních několik let hodnotí ČHMÚ i v roce 2024 průměrnou roční teplotu jako nadprůměrnou. S vyšší četností slunných dnů a teplotami nad 30 °C narůstá i počet dnů se zvýšenými koncentracemi přízemního ozónu.

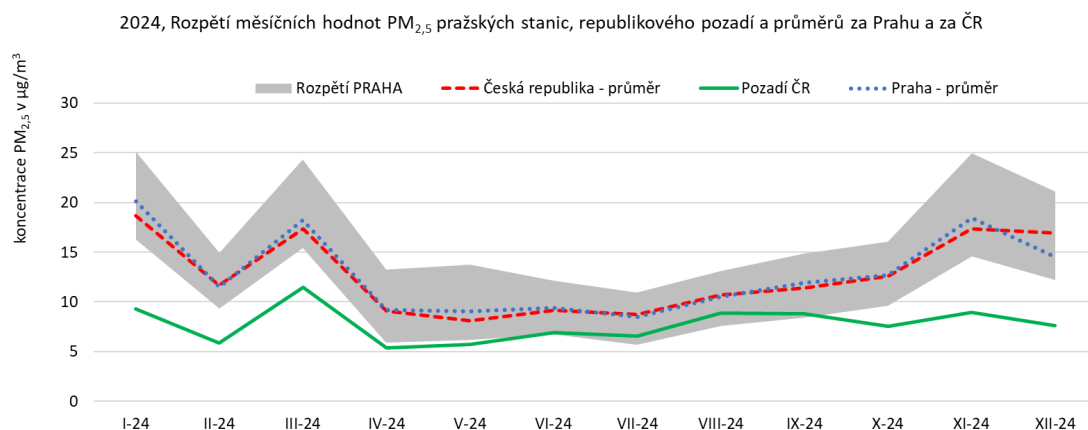
1. Běžně sledované škodliviny (SO₂, NO₂, CO, PM₁₀, PM_{2,5}, O₃)



2. Graf č. 1. – Rozpětí měsíčních hodnot frakce PM₁₀ pražských stanic, hodnota republikového pozadí a střední hodnoty za Prahu a ČR v roce 2024

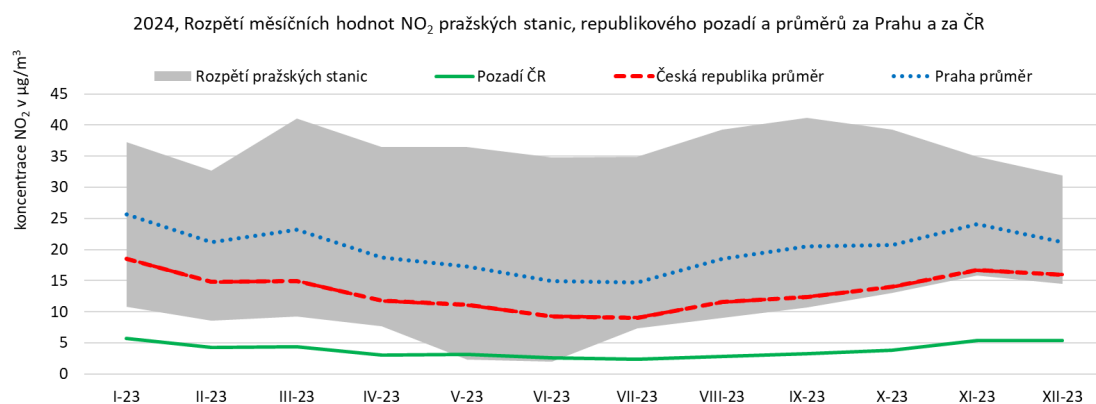
- Zdravotně nevýznamnou zůstává expozice obyvatel **oxidu uhelnatému** reprezentovatelná i relativně nízkou maximální hodnotou 529 μg/m³/rok v dopravou významně exponované lokalitě (Legerova ulice – dopravní HOT-SPOT) a **oxidu siřičitému** (1,9 až 2,3 μg/m³/rok).

- **suspendované částice frakce PM_{10}** – více než $20 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ bylo naměřeno na 8 stanicích N. Republiky (AREP), Legerova (ALEG), Řeporyje (ARER), Karlín (AKAL), Vysočany (AVYN), Průmyslová (APRU), Vršovice (AVRS) s maximem na stanici Argentinská (AHOL) $23,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nejvíce překročení 24hodinové koncentrace $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (celkem 23x za rok) bylo zaznamenáno na stanici Legerova v Praze 2 (ALEG). Roční aritmetické průměry koncentrací měly v roce 2024 v rozpětí od $15,4$ do $23,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se střední hodnotou $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (meziroční nárůst o $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Z porovnání ročních průměrných koncentrací frakce PM_{10} s doporučenou hodnotou WHO ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$) pak vychází, že tato hodnota byla překročena na všech pražských stanicích, a to až o 56 % v maximu.



Graf č. 2. – Rozpětí měsíčních hodnot frakce $PM_{2,5}$ pražských stanic, hodnota republikového pozadí a střední hodnoty za Prahu a ČR v roce 2024

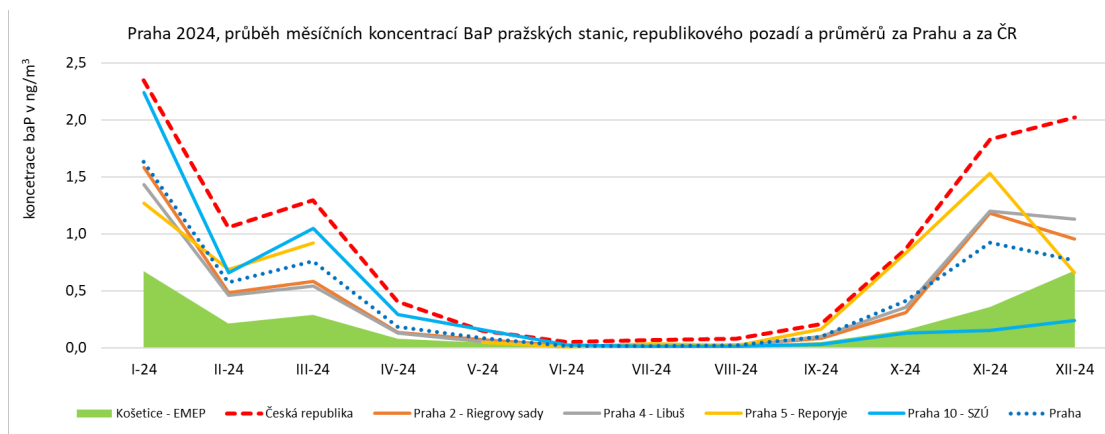
- **suspendované částice frakce $PM_{2,5}$** - v roce 2024 měřené hodnoty nepřekročily imisní limit, přesto se v pražské aglomeraci stále jedná o významnější zátěž. Roční průměry na sedmi měřicích stanicích byly proti roku 2023 mírně zvýšené, byly v rozsahu $10,7$ až $15,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tedy na úrovni 54 až 77 % stávajícího ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ročního imisního limitu. To představuje až dvojnásobek středních hodnot měřených na republikových pozadových stanicích. Z porovnání ročních průměrných koncentrací frakce $PM_{2,5}$ s doporučenou hodnotou WHO ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$) vychází, že tato hodnota byla na všech stanicích v Praze dvoj- až trojnásobně překročena.



Graf č. 3. – Rozpětí měsíčních hodnot NO_2 pražských stanic, hodnota republikového pozadí a střední hodnoty za Prahu a ČR v roce 2024

- **oxid dusičitý (NO₂)** - roční imisní limit NO₂ (40 µg/m³) sice nebyl překročen na žádné stanici, ale za hraniční lze považovat hodnotu 36,7 µg/m³ na dopravní „HOT-SPOT“ stanici v Legerově ulici v Praze 2 (ALEG). Vyšší zátěž dále vykazala stanice Argentinská (AHOL), kde byla hodnota ročního průměru nad 25 µg/m³. Na žádné pražské měřicí stanici nebylo naměřeno překročení hodinového imisního limitu 200 µg/m³/hod. Násobně vyšší hodnoty průměrných ročních koncentrací NO₂ na pražských stanicích proti republikovému průměru potvrzují význam přetrvávající zátěže pražského ovzduší emisemi ze spalovacích procesů a z dopravy. Z porovnání ročních průměrných koncentrací NO₂ s doporučenou hodnotou WHO (10 µg/m³/rok) vychází, že tato hodnota byla na všech stanicích v Praze minimálně o 15 % překročena; na dopravním hotspotu v Legerově ulici (ALEG) to bylo až téměř čtyřnásobně. Pole zvýšených hodnot NO₂ má, zvláště ve středu města, kde je vyšší hustota dopravní infrastruktury, plošný charakter.
- **ozón (O₃)** – roční průměry měřené v Praze celkem na sedmi stanicích se pohybovaly v rozpětí od 42,3 µg/m³ (Praha 9, Vysočany, dopravní lokalita) po 57,1 µg/m³ (Praha 4, Libuš, městská pozad'ová oblast). Nejvyšší hodnota 8hodinového klouzavého průměru byla v Praze naměřena na stanici Stodůlky (ASTO) 178 µg/m³. Zvyšuje se četnost letních dlouhodobějších období nepříznivých rozptylových podmínek, kdy roste pravděpodobnost, že maximální hodnota 8hodinového klouzavého průměru překročí 120 µg/m³.

2. Výběrově sledované ukazatele - benzo[a]pyren – BaP jako zástupce PAU, benzen a kovy



Graf č. 4. – 2024, Měsíční průběhy koncentrací BaP na pražských stanicích

- **benzo[a]pyren jako zástupce PAU** – hodnoty ročních průměrů BaP se na pěti stanicích v Praze pohybovaly v rozmezí 0,42 až 0,51 ng/m³ s průměrem v hodnotě 0,46 ng/m³. Hodnoty jsou proti roku 2023 mírně zvýšené. Jsou přibližně dvojnásobné proti hodnotám měřeným na republikové pozad'ové stanici. (Referenční roční koncentrace stanovená SZÚ pro **benzo[a]antracen** (10 ng/m³) byla v Praze naplněna ze 3 až 4 %).
- **benzen** – rozpětí ročních průměrů na čtyřech pražských stanicích bylo v roce 2023 0,93 až 1,02 µg/m³, tj. v maximu na úrovni 20 % stanoveného limitu a přibližné dvojnásobné proti úrovni měřené na pozad'ových stanicích.
- **kovy** – As, Cd, Ni a Pb – Úroveň znečištění ovzduší těžkými kovy je dlouhodobě víceméně stabilní, bez významnějších výkyvů a má klesající trend. Dobrá shoda hodnot ročního aritmetického a geometrického průměru u chrómu, manganu, niklu, kadmia a olova svědčí o relativní stabilitě a homogenitě měřených imisních hodnot. Ze srovnání s hodnotami měřenými v městských, dopravou a průmyslem nezatížených oblastech v ČR vyplývá, že Praha patří mezi oblasti s nižší (nikl, arsen a kadmium) a až průměrnou (Pb) zátěží ovzduší.

Roční průběhy

- **niklu** v maximu dosáhly $0,8 \text{ ng/m}^3$ (4 % stanoveného limitu);
- **kadmia** v maximu dosáhly $0,19 \text{ ng/m}^3$ (4 % stanoveného limitu);
- **olova** v maximu dosáhly $3,4 \text{ ng/m}^3$ (cca 0,7 % stanoveného limitu);
- **arzen** – mírně složitější situace je v případě arzenu, kde vyčnívá příměstská stanice v Řeporyjích s ročním průměrem $2,91 \text{ ng/m}^3$ (≈ 48 % stanoveného imisního limitu). Hodnoty měřené na ostatních stanicích v Praze byly do 1 ng/m^3 (≈ 17 % stanoveného imisního limitu).

Dlouhodobě platí, že hodnoty suspendovaných částic měřené na dopravně exponovaných stanicích (Legerova - ALEG, Argentinská – AHOL, Průmyslová – APRU, Karlin – AKAL či Vršovice – AVRS) zůstávají na zvýšené úrovni. Přes významný podíl plynofikace zůstává nezanedbatelnou, zvláště v okrajových městských částech, zátěž ovzduší z lokálních zdrojů. V kombinaci se stále nezanedbatelnou zátěží prostředí BaP se jedná o zdravotně nejzávažnější polutanty, u kterých navíc dochází k nejvýznamnějšímu čerpání imisního (potenciálně expozičního) limitu.

Odhad zdravotních rizik

(Dále uváděná procentuální data je nutno vztáhnout k tzv. očištěné úmrtnosti v roce 2024 v Praze, která představovala 11 203 zemřelých. Zdroj ČSÚ)

Ozón - Znečištění ovzduší ozónem, které je typickou součástí tzv. letního smogu, může v teplém období roku dosahovat míry ovlivňující zdraví. Ozón má silně dráždivé účinky na oční spojivky a dýchací cesty a ve vyšších koncentracích způsobuje ztížené dýchání a zánětlivou reakci sliznic v dýchacích cestách. Zvýšeně citlivé vůči expozici ozónu jsou osoby s chronickým obstrukčním onemocněním plic a astmatem. Krátkodobá i dlouhodobá expozice ozónu ovlivňuje respirační nemocnost i úmrtnost. Chronická expozice ozónu zvyšuje četnost hospitalizací pro zhoršení astmatu u dětí a pro akutní zhoršení kardiovaskulárních a respiračních onemocnění u starších osob. Pro hodnocení dlouhodobé expozice ozónu je používán parametr SOMO35, definovaný jako roční součet denních nejvyšších hodnot 8hod. klouzavého průměru, překračujících koncentraci $70 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. (Pro každý den je vybráno maximum klouzavého 8hodinového průměru a hodnoty nad $70 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ se sečtou za celý rok.) Pro odhad dopadů O_3 na úmrtnost na respirační onemocnění u osob starších 30 let se používá koeficient relativního rizika $\text{RR} = 1,014$ (95 % CI = 1,005, 1,024), který vyjadřuje zvýšení této úmrtnosti o 1,4 % na každých $10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ průměrné hodnoty maximálních denních 8hodinových klouzavých průměrů O_3 za období duben až září. Odhad dopadů měřených hodnot O_3 na úmrtnost na respirační onemocnění u osob starších 30 let pro Prahu se pohybuje v rozmezí 1,54 až 2,11 %.

Je prokázáno, že krátkodobě zvýšené denní koncentrace **suspendovaných částic PM_{10} ($\text{PM}_{2,5}$)** způsobují nárůst celkové nemocnosti i úmrtnosti, zejména na onemocnění srdce a cév, zvýšení kojenecké úmrtnosti, zvýšení výskytu kašle a ztíženého dýchání, zejména u astmatiků. Mezi prokázané účinky dlouhodobě zvýšených koncentrací patří snížení plicních funkcí u dětí i dospělých, zvýšení nemocnosti na onemocnění dýchacího ústrojí a výskytu symptomů chronického zánětu průdušek, zkrácení délky života zejména z důvodu vyšší úmrtnosti na choroby srdce a cév, a i na rakovinu plic. Pro odhad rizika dlouhodobé expozice suspendovaným částicím byla použita doporučení Globální pokyny WHO pro kvalitu ovzduší - Pevné částice ($\text{PM}_{2,5}$ a PM_{10}), ozon, oxid dusičitý, oxid siřičitý a oxid uhelnatý (září 2021) pro funkce koncentrace a účinku pro aerosol, ozon a oxid dusičitý. Podle autorů nárůst průměrné roční koncentrace frakce suspendovaných částic PM_{10} o každých $10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ nad bazální hladinu $15 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ zvyšuje celkovou úmrtnost exponované populace o 4,1 %.

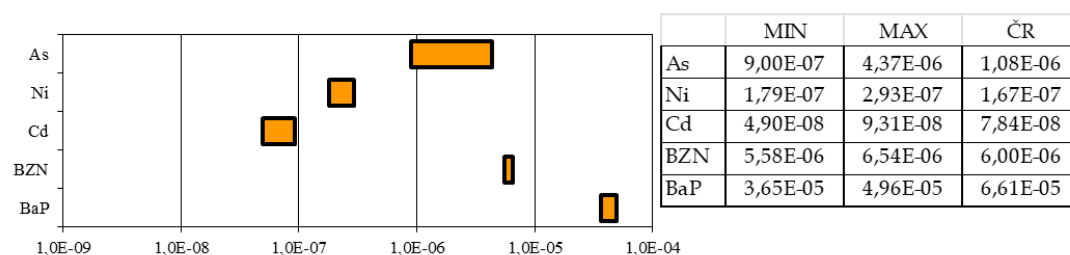
- Konzervativní odhad podílu předčasně zemřelých v důsledku znečištění ovzduší suspendovanými

částicemi PM₁₀ (při odhadu střední „pražské“ hodnoty 19,0 µg/m³) po vyloučení zemřelých na vnější příčiny je v Praze 1,6 %. To představuje v roce 2024 odhad přibližně 175 předčasných úmrtí způsobených expozicí suspendovaným částicím frakce PM₁₀.

- Na základě hodnocení vlivu znečištěného ovzduší na zdraví obyvatel Prahy lze odhadovat, že znečištění suspendovanými částicemi frakce PM₁₀ přispívá i ke zvýšení výskytu příznaků zánětu průdušek a dalších respiračních symptomů u dětí.
- Konzervativní odhad podílu předčasně zemřelých v důsledku znečištění ovzduší suspendovanými částicemi PM_{2,5} (při odhadu střední „pražské“ hodnoty 12,8 µg/m³) po vyloučení zemřelých na vnější příčiny pro Prahu je 6,24 %. To představuje v roce 2024 přibližně 720 předčasných úmrtí způsobených expozicí suspendovaným částicím frakce PM_{2,5}.

Při hodnocení **karcinogenů** se vychází z teorie bezprahového působení. Ta předpokládá, že neexistuje žádná koncentrace, pod kterou by působení dané látky bylo nulové. Jakákoliv expozice znamená určité riziko a velikost tohoto rizika se zvyšuje se zvyšující se expozicí. Míru karcinogenního potenciálu dané látky vyjadřuje směrnice rakovinového rizika. Pro hodnocení se používá UCR/ICR tj. jednotka karcinogenního rizika/inhalační karcinogenní riziko (riziko vzniku rakoviny v důsledku celoživotní inhalace ovzduší s koncentrací hodnocené látky rovné 1 µg/m³). Ze sledovaných ukazatelů znečištění ovzduší byly do hodnocení zahrnuty ty sledované škodliviny s karcinogenním účinkem, pro které byla definována míra karcinogenního potenciálu (UCR) – arsen, nikl, kadmium, benzen a benzo[*a*]pyren. Zpracovaný odhad používá screeningový přístup, který uvažuje celoživotní expozici 24 hodin denně pro dospělého člověka o hmotnosti 70 kg, který vdechne 20 m³ vzduchu za den. Výstupem odhadu je teoretické navýšení pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění pro jednotlivce, které může způsobit daná úroveň expozice hodnocené látky nad obecný výskyt v populaci za 70 let celoživotní expozice. Teoretické zvýšení pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění v důsledku expozice karcinogenním látkám v pražském ovzduší bylo hodnoceno pro celoživotní expozici arzenu, niklu, kadmiu, benzenu a polycyklickým aromatickým uhlovodíkům – viz graf č. 5.

Graf č. 5. – Srovnání rozpětí odhadu pravděpodobnosti zvýšení nádorových onemocnění v centrální Praze a v ČR pro hodnocené škodliviny při celoživotní expozici odhadu středních hodnot v roce 2024.



Pozn.: Riziko 1,0E-03 (dtto 10⁻³, 1 z 1000) znamená pravděpodobnost zvýšení počtu nádorových onemocnění o 1 případ na 1 000 osob, 1,0E-07 o 1 případ na 10 mil. osob atp.

Odhad zvýšení celkového individuálního karcinogenního rizika v důsledku znečištění ovzduší v pražské aglomeraci se v roce 2024 pohyboval na úrovni 4,3 až 6,1 × 10⁻⁵ (cca 4 až 6 přídatných případů na 100 000 obyvatel) pro celoživotní expozici této koncentrační hladině (70 let) – jedná se proti roku 2023 o mírné zvýšení. Největší příspěvek k riziku představuje expozice benzo[*a*]pyrenu (přibližně 80 % podíl na celkovém karcinogenním riziku). Pro celkový počet obyvatel Prahy (1 387 354 – zdroj ČSÚ) se celkové karcinogenní riziko vyjádřené jako pravděpodobné zvýšení počtu nádorových onemocnění v důsledku znečištění ovzduší v roce 2024 pohybovalo na úrovni jednoho přídatného případu (1) za rok.

Porovnáním potenciálního karcinogenního účinku (IARC, WHO) zjištěných koncentrací různých zástupců měřené směsi polycyklických aromatických uhlovodíků se zdravotní závažností jednoho z nejtoxičtějších a nejlépe prozkoumaných karcinogenních PAU – benzo[*a*]pyrenu (BaP), lze vyjádřit karcinogenní potenciál směsi v ovzduší pomocí toxického ekvivalentu (TEQ BaP). Karcinogenní potenciál PAU spočtený pro 2 hodnotitelné pražské stanice (Řeporyje a SZÚ) je dlouhodobě v průměru dvakrát až téměř třikrát vyšší než hodnoty naměřené na pozadové stanici v ČR (v roce 2024 0,68 až 0,98 ng/m³). Zároveň jsou ale spočtené hodnoty srovnatelné s hodnotami nalézanými na ostatních městských stanicích v ČR a několikanásobně nižší než na nejvíce zatížených stanicích v průmyslové Ostravsko-karvinské oblasti Moravskoslezského kraje.

Pozn:

1. AVG – roční aritmetický průměr koncentrace v ovzduší
2. V září 2021 vydalo WHO aktualizaci Globální pokyny WHO pro kvalitu ovzduší - Pevné částice (PM_{2,5} a PM₁₀), ozon, oxid dusičitý, oxid siřičitý a oxid uhelnatý

Příspěvek zpracovali MUDr. H. Kazmarová a RNDr. Bohumil Kotlík, Ph.D.