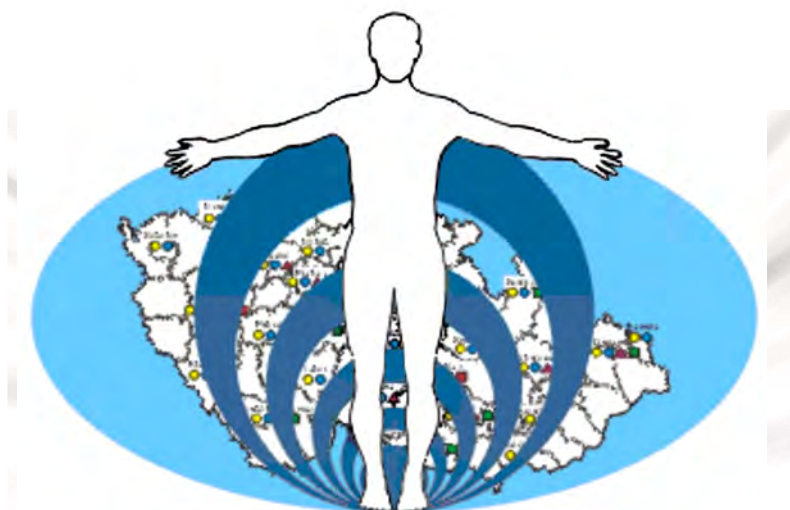


System monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí



Subsystem I.

Zdravotní důsledky a rizika znečištění ovzduší

Odborná zpráva za rok 2019



Státní zdravotní ústav
Praha, srpen 2020

Ústředí systému
monitorování zdravotního stavu obyvatelstva
ve vztahu k životnímu prostředí

Základní údaje:

Ředitelka ústředí: MUDr. Růžena Kubínová

Projekt č. I.: Zdravotní důsledky a rizika znečištění ovzduší

Garant projektu: MUDr. Helena Kazmarová

Řešitelské pracoviště: Centrum zdraví a životního prostředí Státního
zdravotního ústavu v Praze

Spolupracující organizace: Zdravotní ústavy se sídlem v Ústí nad Labem a v
Ostravě

Odpovědný řešitel: MUDr. Helena Kazmarová

Řešitelé:
RNDr. Bohumil Kotlík, Ph.D.
Bc. Linda Kuklová
Ing. Miroslava Mikešová
RNDr. Vladimíra Puklová
Ing. Věra Vrbíková
Hana Hrušková
Zuzana Tománková

Vydáno na informačním CD MZSO s ISBN 978-80-7071-393-8

1. vydání

Materiál je zpracován na základě usnesení vlády ČR č. 369/91 a č. 810/1998.

Plný text Odborné zprávy v české verzi je prezentován i na internetových stránkách
Státního zdravotního ústavu v Praze:

http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/odborne_zpravy/OZ_19/ovzdusi_2019.pdf

Obsah:	strana
ÚVOD.....	4
I. CÍLE MONITORINGU	5
II. ZAHRNUTÁ MĚSTA A MĚŘICÍ PROGRAMY	6
III. REFERENČNÍ POSTUPY	9
IV. SBĚR A PŘENOS DAT	10
VI. Ukazatele kvality venkovního ovzduší	12
1 Sledované škodliviny	13
2 Imisní limity a referenční koncentrace	13
3 Základní sledované látky	15
3.1 Oxid siřičitý - SO ₂	15
3.2 Suma oxidů dusíku - NO _x	15
3.3 Oxid dusnatý - NO	16
3.4 Oxid dusičitý - NO ₂	16
3.5 Suspendované částice frakce PM ₁₀	17
3.6 Suspendované částice frakce PM _{2,5}	18
3.7 Oxid uhelnatý - CO	19
3.8 Prašný aerosol (TSP).....	19
3.9 Ozón - O ₃	19
4 Těžké kovy	20
4.1 Arsen - As.....	21
4.2 Kadmium - Cd.....	22
4.3 Olovo - Pb.....	22
4.4 Nikl - Ni.....	23
4.5 Mangan - Mn	23
4.6 Chrom - Cr	24
4.7 Titan, vanad, železo, kobalt, zinek, selen a měď	24
5 Specifické sledované látky	25
5.1 VOC - těkavé organické látky	25
5.2 PAU - polycyklické aromatické uhlovodíky	26
6 Validace naměřených hodnot	30
6.1 Hodnoty pod mezí detekce použitých analytických postupů	30
6.2 Zásahy do hodnot naměřených v roce 2019	30
VII. Komplexní hodnocení kvality ovzduší.....	31
A. INDEX KVALITY OVZDUŠÍ - IKO_R	31
B. SUMA PLNĚNÍ ROČNÍCH IMISNÍCH LIMITŮ	32
C. HODNOCENÍ RIZIK	33
VIII. DISKUSE.....	43
IX. ZÁVĚRY	46
X. SOUHRN.....	48
1 Základní látky (SO₂, NO, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, CO, O₃)	49
2 Kovy v suspendovaných částicích (As, Cd, Cr, Mn, Ni a Pb)	51
3 Organické látky (benzen a PAU)	52
4 Komplexní hodnocení kvality ovzduší	54
4.1 Index kvality ovzduší (IKO _R).....	54
4.2 Suma plnění ročních imisních limitů.....	55

4.3	Hodnocení zdravotních rizik	56
Příloha č. 1	- Kategorizace stanic měřících kvalitu venkovního ovzduší.....	58
Příloha č. 2	60
Tabulka č. 13.	- Zařazení zahrnutých stanic do příslušných kategorií	60
Příloha č. 3 - Tabulka č. 14	- Úrovně zátěže a odhad potenciálních zdravotních účinků pro základní látky, těžké kovy, benzen a BaP v roce 2019 pro jednotlivé typy městských kategorií (příloha č. 1). Hodnoty jsou uvedeny v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a v ng/m^3 - kovy a PAU.....	65
Příloha č. 4	- Pylová informační služba.....	67
Příloha č. 5.	- Grafická prezentace výsledků za rok 2019	82
Seznam tabulek.....		100

ÚVOD

Odborná zpráva o monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k venkovnímu a vnitřnímu ovzduší obsahuje zpracování a vyhodnocení výsledků získaných v rámci tohoto subsystému v roce 2019 v sídlech České republiky.

Sběr dat o kvalitě venkovního a vnitřního ovzduší, jejich ukládání, zpracování a vyhodnocení je výsledkem spolupráce pracovníků zdravotních ústavů, krajských hygienických stanic a pracovníků Státního zdravotního ústavu v Praze.

Měřicí stanice provozované hygienickou službou, zapojené do monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k ovzduší, jsou také součástí Informačního systému kvality ovzduší Českého hydrometeorologického ústavu. Z této databáze jsou recipročně přebírána a zahrnuta do zpracování data z vybraných, převážně městských, stanic Státní imisní sítě provozované ČHMÚ.

Předkládaná zpráva obsahuje výsledky za **dvacátý šestý** rok monitorování. Je členěna tak, aby byla předložena vždy komplexní informace o každém sledovaném ukazateli. Obsahuje text a grafické výstupy souhrnně pro všechna monitorovaná sídla jako republikový přehled. Snahou autorů byla maximální přehlednost a snadná orientace ve výsledcích.

Výsledky zahrnují kompletní rozsah sledovaných parametrů kvality ovzduší.

I. CÍLE MONITORINGU

Cílem tohoto subsystému monitoringu je získání informací využitelných pro čtyři nosné účely:

1. Charakteristika kvality venkovního ovzduší.

Popis je získáván integrovaným systémem sběru dat. Výsledná informace popisného charakteru je určena pro Ministerstvo zdravotnictví, vládu České republiky a veřejnost. Na základě zjištěných skutečností jsou či budou v odůvodněných případech iniciovány cílené studie.

2. Zhodnocení trendu vývoje jednotlivých sledovaných ukazatelů.

Informace je využívána jako nástroj primární prevence pro iniciaci opatření k ochraně prostředí, pro sledování efektu provedených opatření a pro sledování dynamiky vývoje a změn vnímavosti populace k vlivům prostředí. Zdrojem jsou již existující archivní i nově získané časové řady dat.

3. Posouzení a vyhodnocení zdravotních rizik sledovaných parametrů.

Představuje sledování dynamiky expozice populace, zpřesňování odhadu úrovně expozice a určení oblastí nejvíce zatížených kombinovaným nebo specifickým působením sledovaných látek.

4. Zhodnocení situace v zátěži obyvatelstva vybranými škodlivinami ve vnitřním prostředí.

Získání podkladů o výskytu a koncentračním rozmezí vybraných parametrů kvality vnitřního ovzduší v různých typech vnitřního prostředí.

II. ZAHRNUTÁ MĚSTA A MĚŘICÍ PROGRAMY

Tabulka č. 1. – Souhrn monitorovaných parametrů kvality venkovního ovzduší v jednotlivých městech

Město/městská část	kód	SO ₂	NO _x	TSP	kovy PM ₁₀ /PM _{2,5}	NO	NO ₂	CO	O ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	Pyly	PAU (BaP)	BZN
PRAHA 1	A01		+			+	+			+				+
PRAHA 2	A02	+	+		+/	+	+	+	+	+	+		+	+
PRAHA 4	A04	+	+		+/+	+	+	+	+	+	+		+	+
PRAHA 5	A05		+		+/	+	+		+	+	+		+	+
PRAHA 6	A06		+			+	+		+	+	+			
PRAHA 8	A08		+			+	+		+	+	+			
PRAHA 9	A09		+			+	+		+	+				
PRAHA 10	A10		+		+/+	+	+			+	+	+	+	
KLADNO	KL								+	+	+			+
ČESKÉ BUDĚJOVICE	CB	+	+		+/	+	+		+	+	+	+	+	+
KLATOVY	KT				+/					+	+		+	
PLZEŇ	PM	+	+		+/	+	+		+	+	+	+	+	+
SOKOLOV	SO	+	+			+	+		+	+	+			+
DĚČÍN	DC		+			+	+			+	+			
LIBEREC	LB	+	+		+/	+	+		+	+	+	+	+	+
MOST	MO	+	+			+	+		+	+	+			+
ÚSTÍ NAD LABEM	UL	+	+		+/+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
HRADEC KRÁLOVÉ	HK		+		+/	+	+	+		+	+		+	+
ÚSTÍ N/ORLICÍ	UO											+		
BRNO	BM	+	+		+/	+	+	+	+	+	+	+	+	+
HODONÍN	HO				+/					+	+		+	
JIHLAVA	Jl	+	+		+/	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ŽDÁR NAD SÁZAVOU	ZR				+/					+	+		+	
KARVINÁ	KI	+	+		+/	+	+		+	+	+		+	
OLOMOUC	OL		+		+/	+	+			+	+		+	+
OSTRAVA	OS	+	+		+/+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

MĚSTA NEBO STANICE MIMO ZÁKLADNÍ SYSTÉM MZSO

Město/městská část	kód	SO ₂	NO _x	TSP	kovy PM ₁₀ /PM _{2,5}	NO	NO ₂	CO	O ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	Pyly	PAU	VOC
BEROUN	BE		+			+	+	+		+	+			
OKRES KLADNO	OKL				+/					+				
KLADNO-ŠVERMOV	KLS	+	+		+/	+	+			+			+	
BRANDÝS N/LABEM	BNL												+	
MLADÁ BOESLAV	MB		+			+	+		+	+	+			
ROŽDÁLOVICE (Nymburk)	ROZ	+	+			+	+			+	+		+	
KRALUPY N/V	KRA				+/					+	+		+	
PŘÍBRAM	PB		+		+/	+	+			+				
PRACHATICE	PRA		+			+	+		+	+				
CHURÁŇOV	CHU	+	+		+/	+	+		+					
TÁBOR	TA		+			+	+	+	+	+				
HOJNÁ VODA	HOJ								+	+				
PELHŘIMOV	PE				+/					+	+		+	
CHEB	CH						+			+				+
KARLOVY VARY	KV											+		
MARIÁNSKÉ LÁZNĚ	ML	+	+	+										
FRANTIŠKOVY LÁZNĚ	FL	+	+	+										
KAMENNÝ ÚJEZD	KU	+	+			+	+			+	+			
ČESKÁ LÍPA	CL									+				
CHOMUTOV	CHO									+				
PŘEBUZ (okr. Sokolov)	PRB	+	+			+	+		+					
LITOMĚŘICE	LT	+							+	+				
TEPLICE	TP	+							+	+	+		+	
FRÝDLANT	FRY	+							+					
KRUPKA (u Teplíc)	KRU	+								+				
DOKSANY	DOK	+	+		+/	+	+		+				+	
TUŠIMICE	TUS	+	+		+/	+	+		+	+	+			+
SNĚŽNÍK	SNE	+	+			+	+		+					
MĚDĚNEC	MED	+								+				
RUDOLICE V HORÁCH	RVH								+	+				+
TANVALD	TAN				+/									
SOUŠ	SOU				+/				+					
JIZERKA	JIZ				+/									
LOM U MOSTU	LM		+		+/	+	+		+	+	+			
POLOM	POL		+			+	+		+	+				

Město/městská část	kód	SO ₂	NO _x	TSP	kovy PM ₁₀ /PM _{2,5}	NO	NO ₂	CO	O ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	Pyly	PAU	VOC
PARDUBICE	PU	+	+		+/	+	+		+	+	+		+	+
TRUTNOV	TRU									+				
ZLÍN	ZL	+	+		+/	+	+		+	+	+		+	+
PROSTĚJOV	PRO									+				
TŘEBÍČ	TR									+				
UHERSKÉ HRADIŠTĚ	UH		+			+	+	+		+				
ZNOJMO	ZN		+			+	+			+	+			
MIKULOV	MIK	+	+			+	+		+	+	+			+
KUCHAŘOVICE (okr. Znojmo)	KUCH				+/				+				+	
TĚŠNOVICE	TES	+	+			+	+		+	+	+			
FRÝDEK-MÍSTEK	FM		+			+	+			+	+			
TŘINEC	TRI								+	+	+	+		+
OPAVA	OP		+			+	+		+	+	+			+
BRUNTÁL	BRU				+/									
KRNOV	KRN				+/									
PŘEROV	PR	+							+	+	+			
JESENÍK	JES	+	+			+	+			+				
ČESKÝ TĚŠÍN	CT	+	+		+/	+	+		+	+	+		+	
HAVÍŘOV	HA									+	+			
MORAVSKÁ TŘEBOVÁ	MT		+			+	+			+	+			
VALAŠSKÉ MEZIRÍČÍ	VAM									+	+		+	+
VĚŘŇOVICE	VER	+	+			+	+			+	+			+
STUDĚNKA (N. Jičín)	STU	+	+			+	+		+	+	+		+	
RYCHVALD (Karviná)	RYCH	+	+			+	+			+	+			
BĚLOTÍN (OKR. PŘEROV)	BEL									+	+			
CELKEM		37	52	2	35/4	50	51	10	43	70	49	11	30	26

- Pozn:
- N - nehodnotitelné, buď ukončeno měření v průběhu roku 2019, nebo výpadek měření > 30 dnů
 - Měření ozónu ještě na stanicích Ondřejov, Kocelovice, Přimda, Rýchory, Svatouch, Červená Hora, Kostelní Myslová
 - kovy ve frakci PM₁₀ ještě měřeny na Svatouchu a Černé Hoře
 - na čtyřech stanicích (Svatouch, Bruntál, Krnov a Vítězná) pouze indikativní měření BaP
 - Kód uvedený v tabulce je dále používán v grafech a tabulkách

III. REFERENČNÍ POSTUPY

Tabulka č. 2. - Referenční postupy vzorkování a analytické postupy

Typ škodliviny	Matrice, směs, škodlivina	CAS Nr.	Odkaz na referenční postup
Kovy ve frakci PM ₁₀ (PM _{2,5}) částic	arsen	7440-38-2	ČSN EN 14902: „Kvalita ovzduší - Normovaná metoda pro stanovení Pb, Cd, As, Ni ve frakci PM ₁₀ aerosolových částic“
	kadmium	7440-43-9	
	nikl	7440-02-0	
	olovo	7439-92-1	
	chrom	1854-02-99	Shodné s postupem v ČSN EN 14902
	mangan	7439-96-5	
Základní látky	oxid siřičitý	7446-09-5	ČSN EN 14212: „Kvalita ovzduší - Normovaná metoda stanovení oxidu siřičitého na principu ultrafialové fluorescence“
	oxid dusnatý, dusičitý, suma NO _x	10102-44-0	ČSN EN 14211: „Kvalita ovzduší - normovaná metoda stanovení oxidu dusičitého a oxidu dusnatého na principu chemiluminiscence“
	oxid uhelnatý	630-08-0	ČSN EN 14626: „Kvalita ovzduší - normovaná metoda stanovení oxidu uhelnatého na principu nedisperzní infračervené spektrometrie“
	ozón	10028-15-6	ČSN EN 14625: „Kvalita ovzduší - normovaná metoda stanovení ozonu na principu ultrafialové spektrometrie“
Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU/PAH)	PAU zachycené na křemenném filtru, frakce PM _{2,5}		ISO 12884: „Stanovení sumy (pevná a plynná fáze) polycyklických aromatických uhlovodíků ve vnějším ovzduší - odběr na filtry a sorbent s analýzou metodou GS/MS“ ČSN EN 15549 „Kvalita ovzduší - Normovaná metoda stanovení benzo[a]pyrenu ve venkovním ovzduší“
Suspendované (aerosolové) částice	TSP PM ₁₀ PM _{2,5} PM _{1,0}		ČSN EN 12341: „Kvalita ovzduší - referenční gravimetrická metoda stanovení hmotnostní koncentrace frakcí aerosolových částic PM ₁₀ a PM _{2,5} “ ČSN EN 14907: „Kvalita ovzduší - Normovaná gravimetrická metoda stanovení frakce PM _{2,5} aerosolových částic“
Těkavé organické látky (VOC)	benzen	71-43-2	ČSN EN ISO 16017-1 „Vnitřní, venkovní a pracovní ovzduší - Odběr vzorku VOC sorpčními trubicemi, tepelná desorpce a analýza GC- Část 1: Odběr vzorku prosáváním sorpční trubicí“

Zdroje metod – citace:

Částka 121, Vyhláška č. 330/2012 Sb. „Vyhláška o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích“, příloha č. 6 – Referenční metody sledování kvality ovzduší (strana 4 190).

Změny platných norem viz: <https://www.unmz.cz/obecne/vestnik-unmz/>

IV. SBĚR A PŘENOS DAT

Základním způsobem přenosu informací z detašovaných pracovišť SZÚ, ze spolupracujících zdravotních ústavů nebo jejich poboček a z ČHMÚ je elektronická pošta – e-mail.

- Základní látky:
 - 24hodinové měřené hodnoty získané analýzou vzorků ovzduší odebraných v manuálních měřicích programech jsou Zdravotními ústavy ukládány do jednotného ukládacího programu a v měsíčních intervalech odesílány do SZÚ k dalšímu zpracování.
 - Sběr dat v automatických měřicích stanicích je řešen softwarově s minimálně jednoměsíčním ukládáním dat na externím datovém mediu. Jako základní měřené hodnoty jsou ukládány 1hodinové průměrné hmotnostní koncentrace měřených látek. Softwarově je zajištěn výpočet 24hodinových koncentrací, které jsou jednou měsíčně (ZÚ se sídlem v Ostravě) nebo kvartálně (ZÚ se sídlem v Ústí nad Labem) odesílány do SZÚ.

Přepočet objemových koncentrací na hmotnostní vychází z Vyhlášky č. 330/2012 Sb., která v § 3, bodu 7 uvádí „Vyhodnocení úrovně znečištění pro plynné znečišťující látky se vztahuje na standardní podmínky, tedy objem odběru vzorků přepočtený na teplotu 293,15 K (20 °C) a normální tlak 101,325 kPa ($1,01325 \times 10^5$ Pa). U částic PM₁₀, PM_{2,5} a znečišťujících látek, které se analyzují v částicích PM₁₀, se objem odběru vzorků ovzduší vztahuje k vnějším podmínkám v den měření“.

- Výsledky analýz kovů v suspendovaných částicích frakce PM₁₀ (PM_{2,5}) a analýz PAU jsou odesílány na SZÚ vždy do dvou měsíců po ukončení čtvrtletí ve formě datových souborů o jednotné datové větě.
- Validovaná imisní data ze zahrnutých stanic ČHMÚ jsou na SZÚ předávána ve čtvrtletních intervalech. Data kovů a PAU jsou z ČHMÚ na SZÚ předávána v ročních dávkových souborech, v průběhu června následujícího roku – až po jejich celkové validaci.

Data o kvalitě ovzduší, která přicházejí do SZÚ, jsou ukládána do centrální databáze. Tato databáze je koncipována jako nástroj umožňující zpracovávat veškerá dostupná data z různých zdrojů v jednotném formátu, včetně definovaných výstupních tabelárních a grafických sestav. Centrální databázová aplikace ISID (Oracle klient-server) je založena na modulárním principu; jednotlivé moduly zastupují všechny parametry sledované v projektu. Nadstavbová SQL modulární část Discoverer umožňuje variabilní definování výstupních sestav.

Data jsou pravidelně několikanásobně průběžně zálohována a archivována na externím síťovém HD.

V. SYSTÉM QA/QC

Je dlouhodobě založen na důsledném uplatňování všech dílčích prvků systému zajištění kvality a kontroly kvality (QA/QC).

1. Základní prvky :

- Používání referenčních postupů (Vyhláška 330/2012 Sb., příloha č. 6) v síti měřicích stanic a jednotné harmonogramy odběru vzorků u specifických látek (kovy a PAU) ve venkovním ovzduší.
- Doložené testy ekvivalence u nově instalovaných měřicích a odběrových systémů.
- Laboratoře zdravotních ústavů dodávající výsledky pro MZSO musí mít zajištěnou externí kontrolu celého systému v rámci akreditace u Českého institutu pro akreditaci. Laboratoře předávající data do systému MZSO musí být také autorizovány MŽP pro měření (resortní prvek zajištění jakosti) a musí doložit získanou uznanou úroveň zajištění jakosti.
- Kvalita předávaných dat byla v roce 2019 kontrolována systémem programů zkoušení způsobilosti (PZZ) ČIA organizovaných mimo jiné subjekty i Expertní skupinou pro zkoušení způsobilosti SZÚ, která je akreditována ČIA (Akreditovaná laboratoř č. 7001).
- Zpětná validace a verifikace dat o kvalitě ovzduší předávaných do centrální databáze je založena na dvojitě nezávislé kontrole. Na primární kontrole a ověřování podezřelých či chybných dat realizované na úrovni SZÚ - spolupracující zdravotní ústavy a na sekundární kontrole prováděné ISKO ČHMÚ.

2. Přetrvávající problémy:

- Výpadky měření přetrvávající 14 dní vcelku - v roce 2019 bylo na některých stanicích přerušeno měření některého parametru kvality ovzduší buď zcela, nebo zde nebyl měřen minimálně jeden měsíc vcelku;
- Validace a verifikace datových souborů - plná funkčnost zpětné vazby (ověření podezřelých hodnot) pracovišti, která přímo provádí měření kvality ovzduší;

Systém QA/QC tak zahrnuje souběžně realizovaný proces akreditací ČIA, systém resortních autorizací Ministerstva životního prostředí (MŽP) v oblasti měření venkovního ovzduší a Ministerstva zdravotnictví (MZ) v oblasti měření kvality vnitřního prostředí. Výsledkem je dostačující kvalita získávaných dat, která zajišťuje adekvátní podklady pro vyhodnocení, interpretaci a statistická zpracování.

VI. Ukazatele kvality venkovního ovzduší

Standardní informaci představují výstupy z měření základních škodlivin používaných pro charakterizování stavu znečištění ovzduší (SO₂, NO, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}) rozšířené o měření hmotnostních koncentrací vybraných kovů v suspendovaných částicích frakce PM₁₀ (výběrově ve frakci PM_{2,5}). Ve vybraných oblastech je zavedeno měření dalších látek, mezi které patří ozón, oxid uhelnatý, z organických látek se jedná o benzen a skupinu deseti (výběrově patnácti) PAU.

Zpracovávané výsledky ze 73 sídel (a 8 pražských částí) zahrnují celkem 111 měřicích stanic, z toho 23 stanic provozuje hygienická služba a 88 stanic je součástí Státní imisní sítě ČHMÚ. Do zpracování jsou pro srovnání zahrnuta i data ze dvou pozad'ových stanic EMEP (Co-operative programme for the monitoring and evaluation of the long range transmission of air pollutants in Europe) - Košetice (kód ISKO - JKOS) a Bílý Kříž (kód ISKO - TBKR) provozovaných ČHMÚ. Součástí jsou dále stanice - Jeseník, Svratouch, Rudolice v Horách, Kuchařovice, Souš, Jizerka a Červená, Hora, které mají pro některé sledované škodliviny význam regionálního pozadí a data z dopravou významně zatížených stanic (v Praze 2 - v Legerově ulici, v Ústí n/Labem - Všebořická ulice, v Brně - Úvoz a v Ostravě - Českobratrská ulice) tzv. „traffic hot spot“.

Standardní vyhodnocení imisních charakteristik vychází ze stanovených ročních imisních limitů a referenčních koncentrací stanovených SZÚ. Pro hodnocení naměřených koncentrací a vypočtených imisních charakteristik sledovaných látek byly použity imisní limity stanovené Zákonem o ochraně ovzduší (č. 201/2012 Sb.) ze dne 2. května 2012 ve znění novely 172/2018 Sb. a referenční koncentrace vydané SZÚ v květnu 2003 - aktualizované v roce 2018 (zmocnění je obsaženo v § 27 odst. 5 zákona č. 201/2012 Sb.). Pro základní vyhodnocení naměřených hodnot ve vztahu k limitům jsou standardně používány aritmetické průměry.

Pro praktickou interpretaci a pro flexibilní využití dat o kvalitě ovzduší v rámci hodnocení kvality ovzduší ve městech a pro hodnocení zdravotních rizik, je nutnou podmínkou propojení dat získávaných v síti stacionárních měřicích stanic v monitorovaných městech s dalšími informacemi. Vyhodnocení dat ze staničních měření, jejichž prostorová reprezentativnost je zatížena významnými a navíc obtížně kvantifikovatelnými nejistotami, které komplikují odhad expozičních úrovní, je proto rozšířeno o hodnocení různých typů městských lokalit. Zahrnuté měřicí stanice byly ve spolupráci s pracovníky zdravotních ústavů v rámci roční aktualizace rozděleny do skupin (kategorií). Kritérii byla intenzita okolní dopravy a podíl jednotlivých typů zdrojů vytápění, případně zátěž významným průmyslovým zdrojem. Toto rozdělení umožňuje v prvním přiblížení jednoznačnější interpretaci příčin lokálních extrémních hodnot. V druhé úrovni byla data o kvalitě ovzduší za rok 2019 pro vybrané škodliviny (NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, As, Cd, Ni, Pb a BaP) zpracována skupinově - pro jednotlivé typy městských lokalit. Za předpokladu podobnosti imisních charakteristik, sezónního chování a dlouhodobých trendů u městských lokalit s podobnou topografickou charakteristikou, strukturou a dynamikou zdrojů znečištění ovzduší, dopravní zátěží a účelem využití obytná, průmyslová, dopravní, obchodní ... atd., lze získané výstupy

s určitou akceptovatelnou mírou nejistoty zobecnit ([příloha č. 1 - kategorizace stanic](#)). Hodnocení úrovně zátěže v některých městech mírně ovlivnily výpadky měření. [Tabulka č. 14 v příloze č. 3](#) shrnuje odhad roční hodnoty pro všechny hodnocené látky vypočtený pro definované kategorie/typy městských a mimoměstských lokalit. Pro odhad střední hodnoty zátěže populace ve městech pak byla použita střední hodnota za městské kategorie 2 až 5. Deskripce a identifikace do zpracování zahrnutých stanic je uvedena v [příloze č. 2](#), kde jsou uvedeny i ostatní identifikační kódy přidělené stanicím provozovaným ZÚ/SZÚ v závislosti na měřicím programu (PAU, TK ve frakci PM₁₀ nebo TK ve frakci PM_{2,5}). Interpretace získaných výstupů je zahrnuta v hodnocení jednotlivých látek ve formě grafického zobrazení v [příloze č. 5](#).

1 Sledované škodliviny

Základní plošně sledované látky:

oxidy dusíku - NO/NO₂/NO_x, suspendované částice frakce PM₁₀/frakce PM_{2,5}/PM_{1,0} a vybrané kovy v suspendovaných částicích frakce PM₁₀ (na šesti stanicích ve frakci PM_{2,5})
- As, Cd, Cr, Mn, Ni a Pb, výběrově Cu, V, Fe, Co, Se, Zn.

Výběrově sledované látky:

Oxid siřičitý - SO₂, prašný aerosol - TSP, oxid uhelnatý - CO, ozón - O₃, polycyklické aromatické uhlovodíky - PAU a těkavé organické sloučeniny - VOC

- PAU - benzo[*a*]antracen, chrysen, benzo[*b*]fluoranten, benzo[*k*]fluoranten, benzo[*j*]fluoranten, benzo[*a*]pyren, dibenz[*a,h*]antracen, benzo[*g,h,i*]perylene, indeno[1,2,3-*c,d*]pyren, coronen a toxický ekvivalent benzo[*a*]pyrenu, od roku 2019 pichen, perylen a benzo[*e*]pyren
- VOC - benzen

2 Imisní limity a referenční koncentrace

Tabulka č. 3. - Imisní limity (IL) základních sledovaných látek (podle přílohy č. 1 - Zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. ze dne 2. května 2012) ve znění novely č. 172 ze dne 19. 7. 2018

Znečišťující látka	Časový interval	Hodnota IL (µg/m ³)	Poznámka: Další kritéria plnění IL
oxid siřičitý SO ₂	24 hod	125	nesmí být překročena více jak 3krát/rok
	1 hod	350	nesmí být překročena více jak 24krát/rok
suspendované částice frakce PM ₁₀	rok	40	-
	24 hod	50	nesmí být překročena více jak 35krát/rok
suspendované částice frakce PM _{2,5}	rok	20	od roku 2020
oxid dusičitý NO ₂	rok	40	-
	1 hod	200	nesmí být překročena více jak 18krát/rok
oxid uhelnatý CO	8 hodin	10 000	maximální 8hod. klouzavý průměr
benzen C ₆ H ₆	rok	5	-
ozón O ₃	8 hodin	120	maximální 8hod. klouzavý průměr, nesmí být překročen více jak 25krát/rok, v průměru za tři roky
olovo Pb	rok	0,5	ve frakci PM ₁₀
kadmium Cd	rok	0,005	
arsen As	rok	0,006	
nikl Ni	rok	0,020	
benzo[<i>a</i>]pyren	rok	0,001	ve frakci PM _{2,5}

Tabulka č. 4. - Referenční koncentrace vydané SZÚ (v µg/m³) - (podle § 27, odst. 6, b, zákona č. 201/2012 Sb.), aktualizace v roce 2018.

Chemická látka	CAS N.	PK	KR-6	interval	zdroj inf.	klasif.IARC	pozn.
aceton	67-64-1	370		rok	US-EPA ^d	N	
akrylonitril	107-13-1		0,05	rok	WHO ^a	2B	
benzo[<i>a</i>]antracen	56-55-3		0,01	rok	SZÚ ^b	2 A	
1,2-dichloreten	107-06-2		1	rok	WHO ^a	2B	
dichlormetan	75-09-2	3000		den	WHO ^a	2B	
etylbenzen	100-41-4	400			SZÚ ^b	2B	
fenantren	85-01-8		1		SZÚ ^b	3	
fenol	108-95-2	20		rok	RIVM ^c	3	
fluor a anorg. slouč.	7782-41-4	50		rok	SZÚ ^b	N	
formaldehyd	50-00-0	60		hodina	SZÚ ^b	2A	
chlorbenzen	108-90-7	100		rok	SZÚ ^b	N	
chrom šestimocný	1854-02-99		$2,5 \times 10^{-5}$	rok	WHO ^a	1	
mangan	7439-96-5	0,15		rok	WHO ^a	N	
sírouhlík	75-15-0	100*		den	WHO ^a	N	1
sirovodík	7783-06-4	150*		den	WHO ^a	N	2
styren	100-42-5	260*		rok	WHO ^a	2B	3
tetrachloreten	127-18-4	250		rok	WHO ^a	2A	
tetrachlormetan	56-23-5	20		rok	SZÚ ^b	N	
toluen	108-88-3	260		rok	WHO ^a	N	
trichloreten	79-01-6		2,3	rok	WHO ^a	2A	
trichlormetan	67-66-3	100		rok	RIVM ^c	2B	
vanad	7440-62-2	1		den	WHO ^a	N	
vinylchlorid	75-01-4		1	rok	WHO ^a	1	
suma xylenu	1330-20-7	100		rok	IRIS ^e	3	

Vysvětlivky:

CAS.N. - identifikační číslo látky v seznamu Chemical Abstracts Service

PK (Rfk) - referenční koncentrace pro látky s prahovými účinky

KR-6 - referenční koncentrace pro karcinogenní látky, odpovídající úrovni rizika $1 \cdot 10^{-6}$

* - referenční koncentrace nezajišťují ochranu vůči obtěžování zápachem

^a - Air quality guidelines for Europe second edition 2000

^b - stanoveno NRL pro venkovní ovzduší SZÚ

^c - Human toxicological maximum permissible risk levels, RIVM Bilthoven, 2001

^d - US-EPA, Risk based concentration region III, Philadelphia, Pennsylvania, USA

^e - Integrated risk information system US EPA

Klasifikace IARC:

1. Skupina 1 - látky prokazatelně karcinogenní pro člověka
2. Skupina 2 - látky pravděpodobně karcinogenní pro člověka
3. Skupina 2A - látky s alespoň omezenou průkazností karcinogenity pro člověka a dostačujícím důkazem karcinogenity pro zvířata
4. Skupina 2B - látky s nedostatečně doloženou karcinogenitou pro člověka a s dostatečně doloženou karcinogenitou pro zvířata
5. Skupina 3 - látky, které nelze klasifikovat na základě jejich karcinogenity pro člověka
6. N - látka není uvedena v seznamu

Poznámky:

1. pro ochranu proti obtěžování zápachem $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2. pro ochranu proti obtěžování zápachem $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$
3. pro ochranu proti obtěžování zápachem $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$

3 Základní sledované látky

Výsledky za rok 2019 ve formě imisních charakteristik a koncentračních tříd četnosti 24hodinových koncentrací na zahrnutých stanicích a městech pro jednotlivé měřené škodliviny prezentují grafy v [příloze č. 5](#).

Měřené hodnoty již několik let ovlivňují, zvláště v případě suspendovaných částic, dlouhodobější období sucha. Ze zprávy ČHMÚ „Kvalita ovzduší na území České republiky v roce 2019, předběžné zhodnocení“ z ledna 2020 vyplývá, že:

- Teplota - rok 2019 byl na území ČR teplotně mimořádně nadnormální, průměrná roční teplota 9,5 °C byla o 1,6 °C vyšší než normál 1981 - 2010.
- Srážky - rok 2019 byl na území ČR srážkově normální. Průměrný roční úhrn srážek 634 mm představuje 92 % normálu 1981 - 2010.
- Rozptylové podmínky - v porovnání s dlouhodobým průměrem 2007 - 2018 byly v roce 2019 silně nadnormální rozptylové podmínky. V celorepublikovém průměru se dobré rozptylové podmínky vyskytovaly v 88 % případů, což představuje 115 % dlouhodobého průměru.

Detailní tabelární zpracování všech hodnocených látek lze nalézt na <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/imisni-situace>.

3.1 Oxid siřičitý - SO₂

Imisní charakteristiky oxidu siřičitého sledované v roce 2019 celkem na 43 stanicích potvrzují dlouhodobě stabilizovaný stav.

Roční aritmetické průměry se na městských stanicích pohybovaly v rozmezí 2 (na úrovni republikových pozadřových stanic) až 11 µg/m³, odhad střední hodnoty pro nezatížené městské lokality je 4,2 µg/m³. Což proti roku 2018 znamená pokles o cca 1 µg/m³.

Nejvyšší hodnota ročního průměru byla zjištěna v Moravskoslezském kraji, a to na stanici v Českém Těšíně (TCTN) - 11,2 µg/m³.

Na žádné ze stanic nebyl překročen 24hodinový imisní limit 125 µg/m³ a nebyla překročena ani hodnota hodinového imisního limitu 350 µg/m³.

SO₂ - Stanovení

On-line - ČSN EN 14212

„Kvalita ovzduší - normovaná metoda stanovení oxidu siřičitého na principu ultrafialové fluorescence“, rozsah měření 3 až 3 000 µg/m³, detekční limit (DL) 3 µg/m³.

Imisní limit

24 hod. - 125 µg/m³ (nesmí být překročen více jak 3krát/rok), 1 hod. - 350 µg/m³ (nesmí být překročen více jak 24krát/rok).

3.2 Suma oxidů dusíku - NO_x

Suma oxidů dusíku byla hodnocena na 70 stanicích, pro výpadky měření byla data ze 2 stanic z hodnocení vyřazena. Odhad roční střední hodnoty v dopravně a průmyslem méně zatížených lokalitách pro rok 2019 je 24,1 µg/m³/rok.

NO_x - Stanovení

On-line - ČSN EN 14211

„Kvalita ovzduší - normovaná metoda stanovení oxidu dusičitého a oxidu dusnatého na principu chemiluminiscence“, rozsah měření 2 až 2 000 µg/m³, detekční limit (DL) 2 µg/m³

Imisní limit

Pro městské oblasti není stanoven.

Roční imisní charakteristiky sumy oxidů dusíku naměřené na pozadových stanicích ČHMÚ byly v rozmezí 2,9 až 5,0 µg/m³.

Na 84 % zahrnutých stanic (včetně pozadových) se hodnoty ročního aritmetického průměru pohybovaly v rozmezí 3 až 50 µg/m³, na dalších zbylých stanicích byl roční aritmetický průměr > 50 µg/m³ (maximální hodnota byla 109,5 µg/m³ na dopravním hotspotu v Praze 2 - Legerova (ALEG)).

Význam dopravních emisí ilustruje skutečnost, že úroveň 80 µg/m³/rok byla překročena na dvou z pěti dopravně významně exponovaných stanic tj. v Praze 2 (stanice ALEG) - 109,5 µg/m³/rok a v Brně Úvoze (stanice BBNV) - 80,3 µg/m³/rok.

3.3 Oxid dusnatý - NO

Jedná se o látku úzce svázanou s dopravní zátěží. Dokladem jsou hodnoty ročních průměrů nad 20 µg/m³ na dopravně exploatovaných „hot-spot“ stanicích - v Praze 2 - Legerova ulice (ALEG), Ústí n/Labem Všebořické (UULD), Brně Úvoze (BBNV), v Ostravě Českobratrské (TOCB). A na dalších stanicích v pražské aglomeraci tj. Průmyslová (APRU) a Vysočany (AVYN) a v Berouně (SBER), které reprezentují vliv významných městských tranzitních komunikací.

Na většině ostatních městských stanic nebyla překročena úroveň 25 µg/m³/rok, odhad roční střední hodnoty ve městech je 5,4 µg/m³/rok.

Za hodnotu přirozeného pozadí ČR lze považovat roční imisní charakteristiky do 0,8 µg/m³/rok měřené na pozadových stanicích ČHMÚ.

NO - Stanovení

On-line - ČSN EN 14211

„Kvalita ovzduší - normovaná metoda stanovení oxidu dusičitého a oxidu dusnatého na principu chemiluminiscence“, rozsah měření 2 až 2 000 µg/m³, detekční limit (DL) 2 µg/m³

Imisní limit

Pro městské oblasti není stanoven.

NO₂ - Stanovení

On-line - ČSN EN 14211

„Kvalita ovzduší - normovaná metoda stanovení oxidu dusičitého a oxidu dusnatého na principu chemiluminiscence“, rozsah měření 2 až 2 000 µg/m³, detekční limit (DL) 2 µg/m³

Imisní limit

rok - 40 µg/m³
hodina - 200 µg/m³ (nesmí být překročeno více jak 18krát za rok).

3.4 Oxid dusičitý - NO₂

Imisní charakteristiky NO₂ byly hodnoceny na celkem 69 stanicích ve 43 městech a v 8 pražských částech ([příloha č. 5, graf č. 1](#)), pro výpadky měření byly 2 stanice z hodnocení vyřazeny. Shodně s oxidem dusnatým i u oxidu dusičitého jsou vyšší měřené hodnoty primárně svázané s dopravou jako majoritním zdrojem a zvláště v městských celcích, kde se doprava kombinuje s dalšími zdroji (CZI, výtopny a domácí vytápění), má znečištění ovzduší oxidem dusičitým v podstatě plošný charakter. Zřejmě je to především v pražské

aglomeraci, kde byla hodnota ročního imisního limitu ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) překročena na 1 z 12 stanic a na dalších 2 stanicích se hodnota ročního aritmetického průměru pohybovala v rozsahu 30 až $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Roční průměr nad $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ byl mimo Prahu a Brno naměřen také v Ústí nad Labem (UULD) - $31,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a v Ostravě (TOCB) - $31,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

- Pozad'ové koncentrace NO_2 v ČR dlouhodobě nepřekračují $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$; nejvyšší hodnota byla naměřena v Jesníku (MJES), a to $4,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Střední roční hodnota se v závislosti na intenzitě okolní dopravy pohybovala v rozsahu od $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na nezátížených lokalitách, přes 13 až $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ u dopravně středně zatížených stanic, až k $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ročního průměru v dopravně velmi významně exponovaných lokalitách. Odhad roční střední hodnoty v dopravou a průmyslem méně zatížených lokalitách pro rok 2019 je $15 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$.
- Roční průměr překročil imisní limit pouze na dopravní „hot spot“ stanici Praha - Legerova (ALEG) $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kde dosáhl úrovně 120 % stanoveného ročního imisního limitu.
- Na žádné ze stanic nebylo překročeno $200 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{hod}$.

Proti roku 2018 došlo prakticky na všech hodnocených stanicích k poklesu ročního průměru v řádu jednotek mikrogramů. Stále však lze, s dalším předpokladatelným rozvojem dopravy a souvisejících technologií, v závislosti na aktuálních meteorologických podmínkách, očekávat rozšíření počtu exponovaných lokalit, a to nejen v okolí komunikací.

3.5 Suspendované částice frakce PM_{10}

V monitorovaných městech je zátěž ovzduší aerosolovými částicemi významně ovlivňována meteorologickými podmínkami. Ty charakterizuje vyšší četnost excesů a rychlých změn počasí střídaných dlouhodobějšími obdobími sucha nebo vysokých teplot či krátkými obdobími intenzivních srážek. Hodnoty v roce 2019 a odhad středních ročních hodnot byly významně ovlivněny jak mimořádně příznivými rozptylovými podmínkami, tak dlouhodobými obdobími zvýšených teplot bez srážek. Přetrvává významnost podílu emisí z dopravy jako majoritního zdroje znečištění ovzduší ve městech a v městských aglomeracích proti emisím z dalších typů zdrojů (teplárny, výtopy a domácí vytápění). Specifickou a vyšší zůstává zátěž v průmyslových lokalitách na Ostravsku. To vyplývá i z porovnání imisních charakteristik stanic umístěných v jednotlivých typech městských obytných lokalit (pozad'ových a zatížených různou úrovní dopravy), které jednoznačně identifikuje dopravu jako hlavní příčinu vyšší zátěže suspendovanými částicemi ve městech. Je zřejmá přímá závislost na intenzitě dopravy, kdy se emise

PM_{10} - Stanovení

Integrální – gravimetrie – detekční limit (DL) $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

On-line – ČSN EN 12341:

„Kvalita ovzduší – referenční gravimetrická metoda stanovení hmotnostní koncentrace frakcí aerosolových částic PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ “.

Detekční limit pro β absorpci a nefelometrické postupy (OPTO) – $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Imisní limit

Rok – $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

24 hod. – $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nesmí být překročen více jak 35krát/rok).

WHO nedoporučuje překračovat hodnotu $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ročního průměru.

z liniového zdroje/zdrojů přičítají k městskému pozadí ovlivňovanému lokálními malými zdroji - topeništi. Zvláštním případem jsou oblasti v ostravsko-karvinské aglomeraci, kde je obvyklá kombinace hlavních typů zdrojů (doprava a lokální zdroje) doplněna o vliv významných průmyslových zdrojů. Nezanedbatelný význam zde má také dálkový a přeshraniční transport. Nasvědčuje tomu střední hodnota překračující $38 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ měřená dlouhodobě na venkovské stanici Věřňovice ležící na spojnici ostravské aglomerace a polských průmyslových pohraničních oblastí s hustou sítí lokálních zdrojů v Jastřebsko-Rybnické oblasti ([příloha č. 5, graf č. 2](#)).

- Hodnoty ročního aritmetického průměru měřené na pozadových stanicích ČHMÚ byly v rozmezí 10 až $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$; na žádné z pozadových stanic - Košetice (JKOS), Jeseník (MJES), Rudolice v Horách (URVH), Hojná Voda (CHVO), Měděnec (UMED) a Polom (HPLO) nebylo v roce 2019 naměřeno překročení 24hodinové koncentrace $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Roční střední hodnota se ve všech krajích, kromě moravskoslezského, v závislosti na intenzitě okolní dopravy pohybovala v rozsahu od 11 do $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v dopravou nezátížených lokalitách, přes cca 17 až $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ u dopravně exponovaných míst, k 19 až $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v průmyslem exponovaných lokalitách. V moravskoslezském kraji byly roční aritmetické průměry PM_{10} v ovzduší v průměru o přibližně $6 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ vyšší než v ostatních regionech. Nejvyšší hodnota byla zjištěna na stanici Věřňovice (TVER) s hodnotou ročního průměru $37,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Roční imisní limit $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nebyl v roce 2019 překročen na žádné stanici.
- Druhé kritérium překročení imisního limitu (tj. více než 35 překročení 24 hod. limitu $50 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{kalendářní rok}$) bylo v roce 2019 naplněno na 7 (7 %) z 99 hodnocených měřicích stanic. 24hodinový imisní limit ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nebyl mimo pozadové stanice překročen také na stanici v Českých Budějovicích (CCBT) a v Prachaticích (CPRA), ve všech ostatních monitorovaných lokalitách došlo alespoň 1 krát k jeho překročení. Nejvyšší počet překročení, a to 74, byl zaznamenán na měřicí stanici ve Věřňovicích (TVER), 64 překročení bylo zaznamenáno na stanici v Ostravě - Radvanicích (TORE).
- Na 39 % (6 pozadových a 33 městských) nebyla v roce 2019 překročena hodnota $20 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$, doporučená WHO.

U hodnot ročních průměrů na dopravně zatížených městských stanicích došlo v roce 2019 proti roku 2018 k významnému poklesu o cca 5 až $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Přetrvává rozdíl cca $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ročního průměru mezi městskými stanicemi v moravskoslezském kraji a ostatními regiony ČR. Měřené hodnoty významně ovlivnila kombinace příznivých rozptylových podmínek a pokračujících teplých zim.

PM_{2,5} - Stanovení

ČSN EN 12341: „Kvalita ovzduší - Referenční gravimetrická metoda stanovení hmotnostní koncentrace frakcí aerosolových částic PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ a ČSN EN 14907: „Kvalita ovzduší - Normovaná gravimetrická metoda stanovení frakce $\text{PM}_{2,5}$ aerosolových částic“

Imisní limit

rok - $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Detekční limit pro β absorpci a nefelometrické postupy (OPTO) - $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

3.6 Suspendované částice frakce $\text{PM}_{2,5}$

Hodnocení výsledků měření suspendovaných částic frakce $\text{PM}_{2,5}$ vychází z dat už 65 stanic ve 44 městech. Průměrné roční hmotnostní koncentrace se v jednotlivých městech pohybovaly od 9 do $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Roční průměr na pozadové stanici v Košetících byl $10,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hodnota ročního imisního limitu $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ byla překročena na 8 stanicích.

Pouze na třech do hodnocení zahrnutých

stanicích - v Českých Budějovicích (CCBT), v Plzni (PPLV) a v Sokolově (KSOM) nebylo překročeno 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ročního průměru (dvojnásobek teoretické nejnižší rizikové expozice podle WHO) ([příloha č. 5, graf č. 3](#)).

Podíl suspendovaných částic frakce $\text{PM}_{2,5}$ ve frakci PM_{10} vypočítaný z hodnot souběžně měřených na 65 stanicích se pohybuje od 0,55 na stanici v Plzni (PPLV) po 0,85 na stanici v Českých Budějovicích (CCBT). Průměrná hodnota se dlouhodobě pohybuje na úrovni 75 %, v roce 2019 byla 0,72 (0,76 v roce 2018). Vyšší podíl je zjišťován v zimních měsících nebo například za smogových situací.

3.7 Oxid uhelnatý - CO

Imisní charakteristiky CO byly v roce 2019 hodnoceny na - 11 stanicích. Roční průměr CO na stanici v Košetických (JKOS) byl 218 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$. Nejvyšší roční aritmetické průměry - nad 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - byly naměřeny na dopravních „hot spot“ stanicích v Praze 2 Legerova (ALEG), v Berouně (SBER), v Ústí nad Labem Všebořická (UULD), v Brně Úvoze (BBNV) a na stanici v Ostravě Českobratrská (TOCB).

Pouze na čtyřech stanicích překročila hodnota ročního průměru 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Jednoznačnost vazby vyšších měřených hodnot na lokality zatížené dopravou dokládá i skutečnost, že 24 hodinové hodnoty překračující 1 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se objevují výjimečně, a to v jednotkách za rok a většinou pouze na dopravně extrémně zatížených stanicích - dopravních „hot-spotech“.

CO - stanovení

On-line - ČSN EN 14626:
„Kvalita ovzduší - normovaná metoda stanovení oxidu uhelnatého na principu nedisperzní infračervené spektrometrie“, rozsah měření do 100 ppm
detekční limit (DL) 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Imisní limit

stanoven (10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) - jako maximální 8 hod. klouzavý průměr.

3.8 Prašný aerosol (TSP)

Vzhledem k malému počtu stanic (pouze stanice v Mariánských a Františkových Lázních) je uváděn jen v tabelárním zpracování naměřených hodnot.

O₃ - Stanovení

On-line - ČSN EN 14625:
„Kvalita ovzduší - normovaná metoda stanovení ozónu na principu ultrafialové spektrometrie“, rozsah měření 2 až 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,
detekční limit (DL) 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Imisní limit

stanoven (120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) - jako maximální 8 hod. klouzavý průměr, hodnota nesmí být překročena více jak 25krát/rok, v průměru za tři roky.

3.9 Ozón - O₃

Do sledování hmotnostních koncentrací ozónu byla v roce 2019 zahrnuta data z 55 stanic ve 47 městech a v 6 pražských obvodech.

Roční aritmetické průměry se na pozadových stanicích pohybovaly v rozmezí 65 až 78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

V městských lokalitách byly v rozsahu od 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na stanici v Praze 9 (AVYN), do 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na stanici ve Frýdlantu (LEFR). Hodnoty nad

70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ročního průměru byly naměřeny celkem na deseti pozad'ových stanicích, kdy se jedná o výše položené pozad'ové stanice primárně zaměřené na hodnocení dálkového transportu. Nejvyšší hodnota ročního průměru byla naměřena na stanici Churáňov (CCHU) 77,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$,

Na všech hodnocených stanicích překročil v roce 2019 nejvyšší denní 8hodinový klouzavý průměr 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{hod.}$, nejvyšší hodnota byla naměřena na stanici Rudolice v Horách (URVH) - 174,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{hod.}$

4 Těžké kovy

Z třinácti těžkých kovů (zahrnuto je i sledování Ti na stanici v SZÚ) sledovaných v rámci projektu ve vzorcích suspendovaných částic frakce PM_{10} odebraných z venkovního ovzduší jich bylo na 22 stanicích provozovaných zdravotními ústavy sledováno šest - arsen, kadmium, olovo, nikl, chrom a mangan. Součástí zpracování jsou i data z 24 stanic sítě AIM ČHMÚ, kde bylo sledováno celkem 12 prvků; mimo šesti výše uvedených se dále jednalo o vanad, selen, kobalt, železo, měď a zinek. U šesti měřicích stanic byly v roce 2019 k dispozici i paralelně měřené hodnoty kovů ve frakci $\text{PM}_{2,5}$.

Hmotnostní koncentrace vybraných kovů byly, na stanicích provozovaných zdravotními ústavy, získány ze čtrnáctidenních sumačních vzorků suspendovaných částic odebíraných podle jednotného harmonogramu.

V síti stanic provozované ČHMÚ jsou odebírány/analyzovány 24 hodinové vzorky v režimu každý druhý den.

K rozkladu odebraných vzorků se používá mikrovlnná pec. Stanovení stopových množství kovů postupy AAS (plamenová AAS, bezplamenová atomizace a hydridová technika) vychází z příslušných referenčních návodu a řídí se, stejně jako v případě ostatních používaných postupů (ICP, XRF...), individuálními laboratorními postupy.

Do vyhodnocení byly pro srovnání zahrnuty roční střední hodnoty stanic EMEP Košetice a Bílý Kříž a z dalších stanic charakterizovatelných u některých prvků jako pozad'ové - Churáňov, Červená Hora, Souš, Jizerka, Kuchařovice a Svratouch.

Hodnoty na stanicích ve městech, pravděpodobně i díky nadprůměrně teplé zimě a příznivým rozptylovým podmínkám, meziročně klesly.

4.1 Arsen - As

As - Stanovení

ČSN EN 14902: "Kvalita ovzduší - normovaná metoda pro stanovení Pb, Cd, As a Ni ve frakci PM₁₀ aerosolových částic" s detekčním limitem (DL) na úrovni 0,05 ng/m³.

Imisní limit

IL - imisní limit stanovený jako roční aritmetický průměr - 0,006 µg/m³ (= 6 ng/m³)
Jednotka karcinogenního rizika (UCR) - $1,5 \times 10^{-3}$ (µg.m⁻³)⁻¹.

Sezónně zvýšené koncentrace arsenu jsou obecně považovány za citlivý indikátor spalování pevných paliv (zvláště fosilních paliv v domácích topeništích). Jak prokazují měřicí stanice reprezentující okolí významných průmyslových zdrojů v Ostravě, představují i významnou složku emitovanou z metalurgických procesů.

Význam malých zdrojů (lokálních topenišť spalujících pevná/fosilní paliva) potvrzuje jak hodnota 3,4 ng/m³ ročního průměru na příměstské/vesnické stanici Kladno - Švermov (SKLS), tak hodnoty naměřené na dalších podobně umístěných příměstských stanicích (Řeporyje, Vrapice, Lom u Mostu) nebo v Tanvaldu, kde se roční průměrná hodnota pohybovala mezi 2,3 až 2,9 ng/m³ ([příloha č. 5, graf č. 4](#)).

- Roční střední hodnota z pozadových stanic provozovaných ČHMÚ byla na úrovni 0,15 až 0,46 ng/m³, odhad hodnoty republikového pozadí byl 0,40 ng/m³ - tj. na úrovni 7 % imisního limitu.
- Roční aritmetický průměr koncentrace arsenu v suspendovaných částicích pouze na stanici Kladno-Švermov (SKLS) překročil 3 ng/m³ - tj. úroveň poloviny IL; na dalších osmi stanicích byla hodnota ročního průměru vyšší než 2 ng/m³. Imisní limit nebyl v roce 2019 překročen na žádné stanici.
- Odhad střední hodnoty pro obydlené lokality - 0,99 ng/m³ imisní limit naplňuje přibližně ze 17 % a je tak přibližně dvojnásobný ve srovnání s hodnotami měřenými na pozadových stanicích EMEP.

Teoretický odhad pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění při celoživotní expozici měřeným koncentracím arsenu se pro sledovaná města pohybuje v rozsahu $2,3 \times 10^{-7}$ až $5,4 \times 10^{-6}$, tj. přibližně 2 případy na 10 milionů až 6 případů na 1 milion celoživotně exponovaných obyvatel ([příloha č. 5, graf č. 18 a](#)). Významu spalování pevných a fosilních paliv v malých městech a na předměstích odpovídá i odhad pro městské extenzivně dopravou a průmyslem nezatížené oblasti na úrovni $1,6 \times 10^{-6}$, tj. na úrovni 2 případů na 1 milion celoživotně exponovaných obyvatel.

Z analýzy zastoupení As v souběžně odebíraných vzorcích frakcí PM₁₀ a PM_{2,5} vyplývá, že ve frakci PM_{2,5} je $\approx 90\%$ arsenu a tento podíl se mírně liší podle podílu zastoupení průmyslových a malých zdrojů ([příloha č. 5, graf č. 8](#)). Význam výroby energie spalováním fosilních paliv (včetně lokálního vytápění) pak jednoznačně prokazuje průběh ročních hodnot, kdy v topné sezóně jsou hodnoty přibližně dvakrát vyšší.

4.2 Kadmium - Cd

Roční aritmetické průměry se na pozadových stanicích pohybovaly mezi 0,03 až 0,23 ng/m³. Ze 47 zahrnutých stanic ve městech byl roční průměr 0,5 ng/m³ (10 % IL) překročen pouze na pěti stanicích, dvou v Ostravě (TORE a TORO), Buštěhradě (SBUS) a dvou stanicích v okolí Tanvaldu (LSOU a LTAS) ([příloha č. 5, graf č. 5](#)).

Na většině městských stanic se roční průměry pohybovaly na úrovni hodnot měřených na pozadových stanicích, v ostatních případech může být příčinou lokálního mírného zvýšení spalování pevných paliv a odpadů v domácích topeništích.

Indikuje to i vysoký (až 90 % v zimním období) podíl kadmia ve frakci PM_{2,5}, zjištěný při analýze souběžně odebíraných vzorků frakcí PM₁₀ a PM_{2,5} ([příloha č. 5, graf č. 8](#)).

Imisní limit nebyl na žádné stanici v roce 2019 překročen.

- Odhad střední hodnoty pro městské oblasti 0,22 ng/m³ je proti hodnotám měřeným na pozadových stanicích přibližně dvojnásobný.
- Hodnoty vyšší než 1,0 ng/m³/rok (desetinásobek ročních průměrů na pozadových stanicích) byly naměřeny na stanicích Tanvald (LTAS) - 4,0 ng/m³ a na stanici v Ostravě - Radvanice (TORE) - 1,4 ng/m³. Lze je shodně připsat vlivu průmyslových zdrojů.

Teoretický odhad pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění při celoživotní expozici měřeným koncentracím kadmia se pro sledovaná města pohybuje v rozsahu 1,5 x 10⁻⁸ až 2 x 10⁻⁶, tj. na nejvíce exponované lokalitě cca 2 případy z 1 milionu, v ostatních případech cca 2 případy na sto milionů celoživotně exponovaných obyvatel ([příloha č. 5, graf č. 18 c](#)). Odhad pro městské extenzivně dopravou a průmyslem nezátížené oblasti je na úrovni 2,0 x 10⁻⁷, tj. přibližně 2 případy na 10 milionů celoživotně exponovaných obyvatel.

4.3 Olovo - Pb

Odhad roční střední hodnoty hmotnostní koncentrace olova v aerosolu ve venkovním ovzduší sídel ≈ 6,4 ng/m³ (1/3 IL) řadí olovo mezi zdravotně méně významné škodliviny. Skutečnost, že hodnota ročního průměru nepřekročila 15 ng/m³/rok (< 3 % IL) na 40 ze 44 do hodnocení zahrnutých měřicích stanic, svědčí o téměř zanedbatelném významu plošně působících zdrojů. Blízkost hodnot ročního aritmetického a geometrického průměru svědčí o stabilitě a homogenitě měřených imisních hodnot bez velkých sezónních, klimatických i jiných výkyvů

Cd - Stanovení

ČSN EN 14902: "Kvalita ovzduší - normovaná metoda pro stanovení Pb, Cd, As a Ni ve frakci PM₁₀ aerosolových částic" s detekčním limitem (DL) na úrovni 0,001 ng/m³.

Imisní limit

IL - imisní limit stanovený jako roční aritmetický průměr - 0,005 μg/m³ (5 ng/m³).

Jednotka karcinogenního rizika (UCR) - 4,9 × 10⁻⁴ (μg·m⁻³)⁻¹.

Pb - Stanovení

ČSN EN 14902: "Kvalita ovzduší - normovaná metoda pro stanovení Pb, Cd, As a Ni ve frakci PM₁₀ aerosolových částic" s detekčním limitem (DL) na úrovni 0,003 ng/m³.

Imisní limit

IL - imisní limit stanovený jako roční aritmetický průměr - 0,5 μg/m³ (= 500 ng/m³ - odpovídá doporučené hodnotě WHO).

([příloha č. 5, graf č. 7](#)). Imisní limit nebyl na žádné stanici v roce 2019 překročen.

- Odhad střední hodnoty pro městské oblasti ($6,4 \text{ ng/m}^3$) je přibližně dvojnásobkem až trojnásobkem hodnot naměřených na pozadových stanicích.
- Roční střední hodnoty $> 20 \text{ ng/m}^3$ byly zjištěny pouze na 2 stanicích v Moravskoslezském kraji (TORO a TORE) a na stanici v Příbrami (SPBR). Mají lokální charakter a přímou souvislost s okolní průmyslovou zátěží. Nejvyšší hodnota byla naměřena na stanici Ostrava – Radvanice (TORE) – $51,98 \text{ ng/m}^3$.

Z analýzy zastoupení Pb v souběžně odebíraných vzorcích frakcí PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ vyplývá, že ve frakci $\text{PM}_{2,5}$ je více než 75 % olova a tento podíl se mírně liší podle podílu zastoupení průmyslových a malých zdrojů ([příloha č. 5, graf č. 8](#)).

4.4 Nikl – Ni

V případě Ni nelze ve městech přisoudit majoritní význam žádnému z hlavních typů zdrojů, které přicházejí v úvahu (doprava a antikoroční ochrana, průmysl – legování ocelí).

- Hodnoty ročních aritmetických průměrů niklu na pozadových stanicích nepřesáhly $0,5 \text{ ng/m}^3/\text{rok}$; na 35 (78 %) městských stanicích nepřesáhly 1 ng/m^3 tj. 5 % IL ([příloha č. 5, graf č. 6](#)).
- Odhad střední hodnoty pro obydlené oblasti je $0,59 \text{ ng/m}^3$.
- Nejvyšší hodnota ročního průměru byla naměřena na dvou stanicích v Ostravě – Mariánské Hory (TOMH) – $4,0 \text{ ng/m}^3$ a Ostrava - Přívoz (TOPR) – $3,6 \text{ ng/m}^3$, kde dosáhla 20 % IL.

Ni - Stanovení

ČSN EN 14902: “Kvalita ovzduší – normovaná metoda pro stanovení Pb, Cd, As a Ni ve frakci PM_{10} aerosolových částic” s detekčním limitem (DL) na úrovni $0,02 \text{ ng/m}^3$.

Imisní limit

IL – imisní limit stanovený jako roční aritmetický průměr – $0,020 \mu\text{g/m}^3 (= 20 \text{ ng/m}^3)$. Jednotka karcinogenního rizika (UCR) – $3,8 \times 10^{-4} (\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3})^{-1}$.

Teoretický odhad pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění při celoživotní expozici měřeným koncentracím niklu se pro sledovaná města pohybuje v rozsahu 8×10^{-8} až $1,5 \times 10^{-6}$, tj. 1 případ na deset milionů až dva případy na milion celoživotně exponovaných obyvatel. Odhad pro městské dopravou a průmyslem nezátížené stanice je na úrovni $3,2 \times 10^{-7}$, tj. 2 až 3 případy na 10 milionů celoživotně exponovaných obyvatel. ([příloha č. 5, graf č. 18 b](#)). Z analýzy

zastoupení Ni v souběžně odebíraných vzorcích frakcí PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ vyplývá, že tento podíl náhodně kolísá v průběhu kalendářního roku a závisel na typu lokality (městská, městská pozadová, průmyslová [příloha č. 5, graf č. 8](#)).

Mn - Stanovení

ČSN EN 14902: “Kvalita ovzduší – normovaná metoda pro stanovení Pb, Cd, As a Ni ve frakci PM_{10} aerosolových částic” s detekčním limitem (DL) na úrovni $0,002 \text{ ng/m}^3$.

Imisní limit

Limit není stanoven, referenční koncentrace (Rfk) stanovená SZÚ – $0,15 \mu\text{g/m}^3/\text{rok}$ ($150 \text{ ng/m}^3/\text{rok}$).

4.5 Mangan – Mn

Roční průměry manganu na 37 stanicích nepřekročily 15 ng/m^3 (10 % Rfk), více zatížené lokality se nachází téměř výhradně v Moravskoslezském kraji. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny na dvou průmyslem zatížených

stanicích v Ostravě Radvanicích (TORE) - 79,7 ng/m³ (tj. cca 50 % stanovené RfK) a (TORO) - 40,0 ng/m³. Hodnoty ročních aritmetických průměrů na pozadových stanicích nepřekročily 4 ng/m³.

Referenční koncentrace nebyla v roce 2019 překročena na žádné měřicí stanici. Roční průměr nad 15 ng/m³ byl naměřen na průmyslovým zdrojem (metalurgie) zatížených stanicích v Moravskoslezském kraji - v Karviné (TKAO), v Ostravě (TOMH, TOPR, TORO, TORE), v Českém Těšíně (TCTN) a také v Brně na stanici Masná (BBNA).

Z analýzy zastoupení Mn v souběžně odebíraných vzorcích frakcí PM₁₀ a PM_{2,5} vyplývá vyšší podíl v hrubé frakci PM₁₀ než PM_{2,5}, (30 až 50 % celkového obsahu Mn). Na průmyslem zatížených stanicích v Moravskoslezském kraji je to 50 až 75 % Mn ve frakci PM_{2,5}, vyšší hodnoty byly měřeny v zimních měsících.

4.6 Chrom - Cr

Na 39 z 44 hodnocených stanic se roční aritmetické průměry pohybovaly v rozmezí 0,5 - 4 ng/m³, pouze na Ostravské stanici - Radvanice (TORE) bylo naměřeno více jak 5 ng/m³.

Konzervativní odhad střední hodnoty v zahrnutých městech je 1,22 ng/m³/rok.

Za modelového odhadu, při středním zastoupení Cr^{VI+} ve směsi na úrovni 0,1 až 0,5 %, by se koncentrace Cr^{VI+} pohybovaly převážně v rozmezí 0,002 - 0,01 ng/m³, tedy pod úrovní 40 % referenční koncentrace.

Z analýzy zastoupení Cr v souběžně odebíraných vzorcích frakcí PM₁₀ a PM_{2,5} vyplývá, že tento podíl se mění v závislosti na roční době a lokalitě (více v průmyslem nezatížených lokalitách) v rozsahu od 10 do více než 90 % podílu Cr ve frakci PM_{2,5}.

Cr - Stanovení

ČSN EN 14902: "Kvalita ovzduší - normovaná metoda pro stanovení Pb, Cd, As a Ni ve frakci PM₁₀ aerosolových částic" s detekčním limitem (DL) na úrovni 0,03 ng/m³.

Imisní limit

Imisní limit - není stanoven, referenční koncentrace SZÚ (pouze pro Cr^{VI+}) - 2,5 × 10⁻⁵ µg/m³/rok (0,025 ng/m³/rok). Uvedenou referenční koncentraci nelze pro hodnocení celkového chromu ve venkovním ovzduší (variabilní směs Cr^{III+} a Cr^{VI+} s odhadovaným zastoupením Cr^{VI+} v rozsahu od 0,01 % do 10 % - tj. čtyř řádů) přímo použít.

4.7 Titan, vanad, železo, kobalt, zinek, selen a měď

Titan je ve zkušebním módu měřen pouze na jedné stanici. Ostatní kovy ve frakci PM₁₀ jsou měřeny pouze na stanicích provozovaných ČHMÚ. Nejsou pro ně stanoveny imisní limity a zatím ani hodnoty použitelné pro hodnocení jejich expozice a vlivu na zdraví. Proto jsou zpracovány pouze v tabelární formě dostupné na http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/imisky/tk_2019.pdf.

5 Specifické sledované látky

5.1 VOC – těkavé organické látky

VOC - Stanovení

ČSN EN ISO 16017-1 „Vnitřní, venkovní a pracovní ovzduší – Odběr vzorku VOC sorpčními trubicemi, tepelná desorpce a analýza GC- Část 1: Odběr vzorku prosáváním sorpční trubicí“

Imisní limit

Limit pro benzen je $5 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$.
Jednotka karcinogenního rizika (UCR) je $6 \times 10^{-6}(\mu\text{g}.\text{m}^{-3})^{-1}$.

Do zpracování za rok 2019 byly zahrnuty hodnoty benzenu měřené na 31 stanici, z nichž 2 stanice (Rudolice v Horách – URVH a Mikulov - BMIS) lze klasifikovat jako pozad'ové. Dvě stanice (Košetice - JKOS a Praha Smíchov – ASMI) byly pro nedostatečný počet hodnot z hodnocení vyřazeny. Všechny stanice provozuje ČHMÚ v rámci státní imisní sítě AIM.

Úroveň znečištění ovzduší benzenem se v roce 2019 v měřených městských lokalitách pohybovala v rozmezí $0,7 - 4,1 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$, imisní limit pro benzen nebyl překročen na žádné měřicí stanici. ([příloha č. 5, graf č. 9](#)).

Pro hodnoty benzenu naměřené na stanicích v různých městských lokalitách platí:

- Hodnoty ročního aritmetického průměru na pozad'ových stanicích byly $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Rozpětí ročních průměrů na městských stanicích nezatížených průmyslem a intenzivní dopravou se pohybuje mezi $0,7$ až $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Odhad střední hodnoty ve městech je $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$.
- V dopravně silně zatížených lokalitách byla střední roční hodnota $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ (rozpětí $1,0 - 2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- V průmyslově zatížených lokalitách (chemický průmysl, metalurgie...) jsou dlouhodobě zjišťovány nejvyšší střední hodnoty (průměr - $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$). Rozpětí naměřených koncentrací je ale poměrně široké $0,8$ až $4,1 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$.

Teoretický odhad pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění při celoživotní expozici měřeným koncentracím benzenu pro města v ČR je 8×10^{-6} (tj. cca 1 osoba na 100 tisíc obyvatel), rozpětí ve sledovaných městech je od $3,6 \times 10^{-6}$ po $2,5 \times 10^{-5}$ ([příloha č. 5, graf č. 18 d](#)), tj. od 4 – 24 osob na 1 milion celoživotně exponovaných obyvatel.

5.2 PAU – polycyklické aromatické uhlovodíky

PAU - Stanovení

ISO 12884: „Stanovení sumy (pevná a plynná fáze) polycyklických aromatických uhlovodíků ve vnějším ovzduší – odběr na filtry a sorbent s analýzou metodou GS/MS“
ČSN EN 15549: „Kvalita ovzduší – Normovaná metoda stanovení benzo[a]pyrenu ve venkovním ovzduší“ s detekčním limitem (DL) na úrovni 0,02 ng/m³.

Imisní limit

Je stanoven pro benzo[a]pyren (BaP) jako roční – 0,001 µg/m³ (1 ng/m³).
Jednotka karcinogenního rizika (UCR) pro BaP – $8,7 \times 10^{-2}(\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3})^{-1}$.
Referenční koncentrace (Rfk) je stanovena jako roční pro benzo[a]antracen – 0,01 µg/m³ (10 ng/m³).

Do zpracování za rok 2019 byly zahrnuty hodnoty polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) měřené na 42 stanicích (dvě stanice – Rožďalovice (SROR) a Praha Smíchov – (ASMI) byly pro nedostatečný počet hodnot ze zpracování vyřazeny). Dvě stanice – Košetice (JKOS) a Kuchařovice (BKUC) lze klasifikovat jako pozadové.

Sledováno bylo spektrum 9 výšemolekulárních PAU, které jsou majoritně vázané na submikronových částicích a mají významné karcinogenní účinky:

- Benzo[a]antracen (BaA), chrysen (CRY), benzo[b]fluoranten (BbF), benzo[j]fluoranthén (BjF), benzo[k]fluoranten (BkF), benzo[a]pyren (BaP), benzo[g,h,i]perylene (BghiP), dibenz[a,h]antracen (BahA), indeno[1,2,3-c,d]pyren (IcdP)
- Výběrově, na 24 stanicích ČHMÚ, bylo spektrum PAU rozšířeno o benzo[e]pyren (BeP), coronen (COR), picen (PIC) a perylen (PRL)
- Vyhodnocován byl i toxický ekvivalent BaP - TEQ.

Odběry PAU byly, podle Směrnice 2004/10/ES pro stacionární měření, prováděny každý 3. den, na 4 stanicích bylo prováděno tzv. indikativní měření BaP - každý 6. den.

Z porovnání imisních charakteristik stanic umístěných v jednotlivých typech městských lokalit vyplývá, že se jedná vždy o kombinaci vlivu dvou typů zdrojů emisí PAU (majoritní domácí topeniště a doprava), kdy se emise z liniových zdrojů sčítají s městským pozadím ovlivňovaným lokálními malými zdroji. Specifickým případem je exponovaná ostravsko-karvinská aglomerace, kde se k obvyklým zdrojům (doprava a lokální zdroje) přidávají jako majoritní zdroje velké průmyslové celky a dálkový transport.

V centrech městských celků a aglomerací lze zátěž z dopravy charakterizovat jako plošnou, rozdíly mezi málo a významně exponovanými lokalitami jsou minimální.

Domácí topeniště se prosazují hlavně v okrajových částech měst a v místech s významným podílem spalování fosilních/pevných paliv. Tyto lokality se vyznačují vyššími koncentracemi v topném období a hodnotami pod mezí detekce v netopném období. Výše uvedené závěry lze aplikovat na měřené hodnoty jednotlivých PAU.

Pro benzo[a]pyren (BaP), který je většinou používán jako indikátor zátěže ovzduší, platí:

- Hodnota ročního aritmetického průměru na pozadových stanicích byla mezi 0,3 až 0,5 ng/m³ a zároveň se zde hmotnostní koncentrace v zimním období pohybovaly v jednotkách ng/m³. Srovnatelnou úroveň zátěže lze najít v některých městských lokalitách.

- Rozpětí ročních průměrů na městských stanicích nezatížených průmyslem a intenzivní dopravou se pohybuje mezi 0,4 až 3,1 ng/m³, odhad střední hodnoty zde je 1,1 ng/m³/rok. V letním období zde byly měřeny 24hodinové koncentrace na úrovni detekčního limitu (pod 0,02 ng/m³), v zimním období pak nepřekračovaly 10 až 15 ng/m³.
- V dopravně silně zatížených lokalitách byla střední roční průměrná hodnota 0,8 ng/m³/rok (rozpětí 0,4 až 1,2 ng/m³), tyto lokality se vyznačovaly menší variabilitou mezi hodnotami naměřenými v zimním a letním období.
- V průmyslově zatížených lokalitách (chemický průmysl, metalurgie...) především v Ostravsko-karvinské pánvi, jsou až několikanásobně vyšší roční střední hodnoty (0,9 až 8,7 ng/m³/rok) se zimními 24hodinovými maximy v řádu desítek ng/m³. V letním období se zde měřené hodnoty nejčastěji pohybovaly od 1 do 4 ng/m³; střední roční hodnota pro tyto lokality byla 2,8 ng/m³.

V roce 2019 byla hodnota imisního limitu pro benzo[*a*]pyren překročena na 22 z 42 do zpracování zahrnutých městských stanic ([příloha č. 5, graf č. 10](#)). Limit byl několikanásobně překročen především na všech stanicích v Ostravě (roční průměr mezi 1,6 až 8,7 ng/m³/rok); dále trojnásobně na stanicích v Č. Těšíně (TCTN) a v Kladně Švermově (SKLS). Vysoké hodnoty byly dále zjištěny v Karvině (TKAO), Valašském Meziříčí (ZVMZ) a na stanici Studénka v okrese Nový Jičín (TSTS). Na ostatních městských stanicích byla hodnota IL překročena maximálně o 70 %. Nejnižší hodnoty, pod 0,5 ng/m³/rok, které byly naměřené na městských stanicích v Brně - Líšni (BBNI), Brno - Masná (BBNA), v Ústí nad Labem - Kočkov (UULK) a v Pelhřimově (JPEM) jsou srovnatelné s koncentracemi zjištěnými na pozadových stanicích. Hodnoty měřené na venkovských nebo předměstských a příměstských stanicích dokazují existenci lokalit významně zatížených lokálními topeništi, kde může docházet a dochází až k vícenásobnému překročení imisního limitu.

Teoretický odhad pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění při celoživotní expozici měřeným koncentracím benzo[*a*]pyrenu se v České republice pohybuje v rozsahu $2,4 \times 10^{-5}$ až $7,6 \times 10^{-4}$, tj. 2 – 76 osob na 100 tisíc celoživotně exponovaných obyvatel. Odhad pro městské, dopravou a průmyslem významně nezatížené lokality je, podobně jako v roce 2018, na úrovni 12 osob na 100 tisíc ([příloha č. 5, graf č. 18 e](#)).

Význam emisí z velkých průmyslových zdrojů a lokálně působících emisí z malých energetických zdrojů je zřejmý i u další látky, pro kterou je stanovena referenční koncentrace, a to u benzo[*a*]antracenu (BaA):

- U benzo[*a*]antracenu ([příloha č. 5, graf č. 11 a](#)) byly zjištěny roční průměry v širokém rozpětí 0,5 – 9,95 ng/m³, nejnižší hodnoty byly srovnatelné s pozadovými stanicemi.
- Stanovená referenční koncentrace (10 ng/m³) nebyla na rozdíl od předchozích let překročena na žádné stanici.
- Na městských stanicích mimo Ostravsko-karvinskou pánev roční střední hodnoty nepřesáhly 2,6 ng/m³. Výjimkou byla pouze hodnota 4,4 ng/m³ zjištěná v Kladně Švermově (SKLS), která tak ukazuje na význam vlivu lokálních malých spalovacích zdrojů.
- Na stanicích v Ostravsko-karvinské pánvi byly roční průměry v rozmezí 2,6 až 4,4 ng/m³/rok, z tohoto rozpětí vybočuje průmyslem a lokálními topeništi silně zatížená stanice v Ostravě Radvanicích (TORE), kde se roční střední hodnota přiblížila referenční koncentraci.

Pro všechny sledované výšemolekulární PAU je charakteristický vyšší rozdíl mezi aritmetickým a geometrickým průměrem, což svědčí o značném sezónním kolísání

koncentrací. Je to dobře patrné na [grafu č. 12 v příloze č. 5](#), kde měsíční průměry BaA, BaP a TEQ BaP na různých typech městských lokalit vykazují významné rozdíly. V zimním období jsou nejen několikanásobně vyšší střední hodnoty, ale i velké rozpětí mezi jednotlivými stanicemi, které u BaA i BaP představuje více než 15 ng/m³/měsíc. Naproti tomu v letních měsících jsou hodnoty vyrovnanější a v roce 2019 střední hodnota měsíčních průměrů BaP nepřesáhla 0,4 ng/m³.

Směs PAU tvoří řada látek, z nichž některé jsou klasifikovány jako karcinogeny, které se liší významností zdravotních účinků. Odhad celkového karcinogenního potenciálu směsi PAU v ovzduší vychází z porovnání potenciálních karcinogenních účinků sledovaných PAU se závažností jednoho z nejtoxičtějších a nejlépe popsaných zástupců - benzo[*a*]pyrenu. Vyjadřuje se proto jako toxický ekvivalent benzo[*a*]pyrenu (TEQ BaP) a jeho výpočet je dán součtem součinnů toxických ekvivalentových faktorů (TEF) stanovených US EPA (tab. 5) a měřených koncentrací.

Tabulka č. 5. - Hodnoty TEF pro jednotlivé látky [Zdroj: US EPA]

Sloučenina	TEF	Sloučenina	TEF
Benzo[<i>a</i>]pyren	1	Benzo[<i>b</i>]fluoranten	0,1
Dibenz[<i>a,h</i>]antracen	1	Benzo[<i>k</i>]fluoranten	0,01
Chrysen	0,01	Benzo[<i>j</i>]fluoranten	0,1
Benzo[<i>a</i>]antracen	0,1	Indeno[<i>c,d</i>]pyren	0,1

Z vypočtených hodnot TEQ BaP ([příloha č. 5, graf č. 11 b](#)) je patrné, že nejvyšší hodnoty toxického ekvivalentu BaP byly v roce 2019 zjištěny na stanici v Ostravě – Radvanicích (TORE) - 12,1 ng/m³/rok. Ta monitoruje vliv velkého průmyslového zdroje. Rovněž na dalších průmyslem zatížených stanicích Moravskoslezského kraje byly nalezeny hodnoty TEQ BaP (2,2 až 5,3 ng/m³/rok), které jsou výrazně vyšší než na městských stanicích v jiných krajích ČR. Tam se roční hodnoty nezávisle na úrovni zátěže z dopravy pohybovaly od 0,7 do 2,7 ng/m³. Potenciální vliv malých lokálních zdrojů na pevná paliva a dopravy v těžko odvětrávaných místech v malých sídlech pak dobře ilustruje hodnota 5,2 ng/m³ na stanici v Kladně – Švermově (SKLS) a 2,7 ng/m³ v Brandýse n/Labem (SBRL).

Na [grafu č. 13 v příloze č. 5](#) je znázorněno rozpětí koncentrací BaP, BaA a TEQ BAP v letech 2005 – 2019 na stanicích, které PAU měří nepřetržitě minimálně 4 roky (celkem 37 stanic). Je zřejmé, že pro BaP byl imisní limit překročen alespoň jednou na 86 % stanic. Naopak k překračování referenční koncentrace pro BaA dochází dlouhodobě pouze na stanicích v Karvině (TKAO) a v Ostravě Radvanicích (TORE).

Význam lokálních zdrojů i vliv meteorologických podmínek je dobře patrný z [grafu č. 14, příloha č. 5](#). Zde jsou zobrazeny koncentrace BaP a BaA v letech 2005 - 2019 pro tři různá období - topná sezóna, přechodná a netopná sezóna na čtyřech vybraných stanicích, které představují různé typy lokalit. Na pozadíové stanici v Košetících se roční průměry pohybovaly v rozmezí 0,2 – 0,7 ng/m³, v netopné sezóně byly měřeny hodnoty poblíž meze stanovitelnosti (0,02 ng/m³) a v topné sezóně v rozmezí 0,5 – 1,5 ng/m³. Na městské středně dopravně zatížené stanici v Praze 10 (ASRO) byly hodnoty v netopné sezóně srovnatelné s Košetickými, v přechodné a topné sezóně byly více než dvojnásobné. Na stanici reprezentující významnou zátěž průmyslem

v Ostravě Radvanicích (TORE) ani v netopné sezóně neklesaly průměrné koncentrace BaP pod 1 ng/m³ (roční limit pro BaP), v přechodné se pohybovaly v rozmezí 6,3 – 10,2 ng/m³, v topné sezóně dosahovaly koncentrace až desítek ng/m³. Na další průmyslem zatížené stanici v Karviné (TKAO) byly ve všech typech sezón průměrné koncentrace BaP méně než poloviční ve srovnání se stanicí v Ostravě Radvanicích. Z grafů rovněž vyplývá úzká souvislost mezi měřenými hodnotami BaP a BaA ve všech typech lokalit.

Odhad lineárního trendu BaP v sídlech ČR za posledních 10 let je možno popsat jako nerostoucí lineární trend. Interpretovat to lze jako víceméně dlouhodobě stabilní zátěž danou zastoupením spolupůsobících zdrojů, jejíž aktuální úroveň nejvíce ovlivňují meteorologické jevy, případně režim provozu malých energetických zdrojů. Proti roku 2018 nedošlo na většině měřicích stanic k významnému poklesu.



6 Validace naměřených hodnot

6.1 Hodnoty pod mezí detekce použitých analytických postupů

Pokud je výsledek stanovení pod mezí detekce příslušné metody, je jako reálná hodnota vložena hodnota poloviny intervalu mezi mezí detekce a nulou. V případě, že v souboru dat je více než 50 % hodnot pod mezí detekce, nejsou dále hodnoceny imisní charakteristiky.

Tabulka č. 6. - Meze detekce používaných automatizovaných/on-line postupů

Látka	Metoda	detekční limit
oxid siřičitý	UV fluorescence	3 µg/m ³
oxidy dusíku	chemiluminiscence	1,2-2 µg/m ³
oxid uhelnatý	IR korelační spektrometrie	100 µg/m ³
ozón	UV fotometrie	2 µg/m ³
suspendované částice	β-absorbce, optical counters	10 µg/m ³

Pozn.: Citlivost používaných analyzátorů je na hladině 1% použitého rozsahu měření.

Tabulka č. 7. - Meze detekce používaných aspiračních/nepřímých postupů

Látka	Metoda	detekční limit	
suspendované částice	(gravimetrie)	10 µg/m ³	
benzen	sorbční trubičky, GC-MS	0,1 až 1 µg/m ³	
kadmium	ICP - MS	0,001 ng/m ³	
chrom		0,03 ng/m ³	
olovo		0,003 ng/m ³	
arsen		0,05 ng/m ³	
nikl		0,02 ng/m ³	
mangan		0,002 ng/m ³	
měď		0,15 ng/m ³	
zinek		0,3 ng/m ³	
PAU		ISO EN 12884	0,02 ng/m ³

Pozn.: Hodnoty DL počítány pro odběr 200 m³ vzdušiny.

6.2 Zásahy do hodnot naměřených v roce 2019

Ze zpracování byly v rámci ověřovacího procesu ve spolupracujících oblastech vyloučeny jednotlivé hodnoty nebo intervaly, u kterých byla prokázána nesprávná činnost analyzátoru či analytická chyba.

Z hodnocení byly vyloučeny měřicí stanice, které nesplňovaly podmínku pro stacionární měření tj. 90 % naměřených hodnot v průběhu kalendářního roku (Vyhláška č. 330/2012 Sb. „Vyhláška o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích“).

Samostatnou součástí systému je validace všech měřených primárních hodnot, která probíhá průběžně ve spolupráci s pracovníky Informačního systému kvality ovzduší (ISKO) ČHMÚ.

VII. Komplexní hodnocení kvality ovzduší

Komplexní hodnocení kvality ovzduší bylo, již standardně, v roce 2019 provedeno pro základní identifikované typy městských lokalit (**viz příloha č. 1**). Tento postup je používán od roku 2007, kdy nahradil původní přístup k hodnocení městských celků nebo hodnot na jedné měřicí stanici. Kritérii rozdělení byla primárně intenzita okolní dopravy, dále podíl jednotlivých typů zdrojů vytápění a zátěž významným průmyslovým zdrojem. V případě, že v daném typu lokality nebyla v roce 2019 určitá specifická látka nebo typ látek sledovány, daná kategorie městských lokalit byla hodnocena podle odhadu střední zátěže v městských lokalitách (kategorie 2 až 5). Vypočtené hodnoty ale nelze vzhledem ke změnám v zařazení některých stanic a změnám v jejich počtu přímo srovnávat s výsledky z minulých let.

A. Index kvality ovzduší - IKO_R

Nejčastěji byl v roce 2019 ve městech a v okolí velkých průmyslových zdrojů překračován imisní limit pro benzo[*a*]pyren (22 stanic), roční IL pro frakci PM_{2,5} (8 stanic, a to výhradně v Moravskoslezském kraji) a kritérium maximálního překročení denního imisního limitu pro suspendované částice frakce PM₁₀ (celkem 7 stanic). V pražské aglomeraci s vysokou hustotou dopravních komunikací byl na jedné stanici překročen IL pro oxid dusičitý, na 11 stanicích v Moravskoslezském kraji IL pro frakci PM_{2,5}.

Zpracování Indexu kvality ovzduší (IKO_R) vychází z limitních koncentrací (imisní limit – IL) škodlivin uvedených v příloze č. 1 Zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. v platném znění. Do zpracování byly zahrnuty roční hodnoty aritmetického průměru oxidu dusičitého (NO₂), suspendovaných částic frakce PM₁₀ a PM_{2,5}, arsenu, kadmia, niklu, olova, benzenu a benzo[*a*]pyrenu. (Bližší informace k IKO_R je možno nalézt na:

http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/organizace_mzso/index_kvality_ovzdusi.pdf.)

Na **grafu č. 15 v příloze č. 5** jsou znázorněny vypočtené hodnoty IKO_R, pro srovnání jsou zde (jako kategorie č. 11) uvedeny hodnoty vypočtené pro pozad'ové stanice (IKO_R = 0,51 až 0,66), tedy hodnoty sice mírně proti roku 2018 snížené, ale víceméně dlouhodobě stabilní.

Z vypočtených hodnot IKO_R za rok 2019 vyplývá, že:

- Na hranici první třídy kvality ovzduší se pohybovala většina městských pozad'ových lokalit; venkovské pozad'ové lokality, charakterizované stanicemi EMEP, spadaly s přibližně poloviční hodnotou také do první třídy.
- Skupinové zpracování zvýraznilo význam vlivu malých lokálních zdrojů na kvalitu ovzduší ve městech. Průměrná hodnota IKO_R v městských obytných zónách pouze s lokálními zdroji vytápění se pohybovala, v závislosti na lokálních podmínkách, v druhé třídě kvality ovzduší (IKO_R = 0,96 až 1,30).
- Střední hodnoty vypočítané pro jednotlivé typy městských lokalit bez významné zátěže průmyslovou výrobou se pohybují od 0,96 do 1,36 tj. stále maximálně v rozsahu druhé třídy kvality ovzduší.

- V lokalitách ovlivněných průmyslovými zdroji, zvláště v ostravsko-karvinské oblasti, byla maximální hodnota IKO_R pro kategorie 8 až 10 (3,50) tj. ve čtvrté třídě IKO_R (ZNEČIŠTĚNÉ OVZDUŠÍ).
- Přes velmi řídké pokrytí předměstských či vesnických oblastí měřeními lze odhadovat, že v ČR i v roce 2019 byla malá či střední sídla, kde se hodnoty IKO_R pohybovaly na rozmezí druhé a třetí třídy kvality ovzduší IKO_R (maximální hodnota $IKO_R = 2,26$).

Průměrná hodnota charakterizující městské stanice v ČR, odhadnutá pro kategorie 2 až 5 ([viz příloha č. 1](#)), spadá do druhé třídy ($IKO_R = 1,02$) – což představuje proti roku 2018 opět mírné zlepšení. Hodnoty v posledních letech oscilují těsně nad hranicí druhé třídy kvality ovzduší. Střední hodnota IKO_R 1,24 odhadnutá pro celou Českou republiku je proti roku 2018 mírně nižší.

B. Suma plnění ročních imisních limitů

Kvalitu ovzduší lze komplexně hodnotit i pomocí individuálních podílů jednotlivých sledovaných látek vyjádřených ve formě celkové sumy podílů imisních limitů a ročních aritmetických průměrů. Srovnání zátěže v jednotlivých typech městských lokalit prezentuje [graf č. 16, příloha č. 5](#), kde jsou zobrazeny odhady úrovně expozice zdravotně významným škodlivinám ve venkovním ovzduší. Na dalším grafu ([graf č. 17, příloha č. 5](#)) je zpracován odhad podílu průměrných ročních koncentrací škodlivin v základních typech městských lokalit a příslušných limitních hodnot pro rok 2019 v procentech limitní hodnoty. Pro srovnání jsou zde zahrnuty i výsledky pozad'ových stanic provozovaných ČHMÚ.

Ve všech hodnocených typech městských a vesnických lokalit překračuje suma individuálních podílů hodnotu 1 a pohybuje se v rozsahu od 1,8 (městské pozad'ové oblasti) do 13,54, s nejvyššími hodnotami v průmyslem exponovaných lokalitách na Ostravsku.

Z detailnějšího rozboru vyplývá:

- Zátěž měřených lokalit suspendovanými částicemi frakce PM_{10} má v městech plošný charakter; hodnoty podílu se zde pohybují v rozsahu od 0,28 do 0,94. Odpovídající hodnota pro pozad'ové stanice byla 0,31.
- Vysoká variabilita zátěže měřených městských lokalit PAU (indikátor benzo[a]pyren), kde se hodnoty podílu pohybují v rozsahu od 0,41 v městských oblastech až po maximum 8,72 na stanici v průmyslem zatížené oblasti v Ostravě. Odpovídající hodnota z pozad'ových stanic ČHMÚ byla 0,37.
- Hodnoty podílu suspendovaných částic frakce $PM_{2,5}$ se pohybují od 0,45 v městských pozad'ových lokalitách po 1,4 v průmyslových oblastech Moravskoslezského kraje.
- Variabilní, lokálně vysoká zátěž ovzduší oxidem dusičitým (hodnoty podílu se pohybují od 0,18 do 1,20, s maximem v městských dopravně exponovaných lokalitách), arsenem (od 0,07 do 0,56 v lokalitách s významným podílem spalování fosilních paliv) a benzenem (od 0,16 do 0,14 respektive do 0,82 v Ostravě Přívoze - TOPR).
- Nižší zátěž ovzduší Cd s podílem k limitu $< 0,1$ (výjimkou jsou průmyslové oblasti a okolí Tanvaldu - 0,80), Ni s podílem ročních středních hodnot k limitu $< 0,2$ a již téměř nevýznamná zátěž ovzduší Pb, kde se hodnota podílu přiblížila k úrovni 0,1 pouze na stanici v průmyslové vlečce v Ostravě Radvanicích (TORE).

I přes nedostatek podkladů o kvalitě ovzduší v předměstských a vesnických lokalitách, které jsou stacionárním měřeními pokryty v minimálním rozsahu, lze zde

očekávat existenci oblastí, kde suma podílů imisních limitů a ročních aritmetických průměrů může být významně zvýšená (v roce 2019 se zde hodnoty sumy imisních limitů pohybovaly v rozsahu 2,2 až 6,5).

C. Hodnocení rizik

Jednou z možností hodnocení úrovně znečištění ovzduší je odhad vlivu znečišťujících látek na zdraví lidí metodou hodnocení zdravotních rizik respektive zdravotních dopadů (Health Risk Assessment / Health Impact Assessment). Uplatnění tohoto vlivu je závislé na koncentraci v ovzduší a době, po kterou jsou lidé těmto látkám vystaveni. Skutečná expozice v průběhu roku a v průběhu života jednotlivce značně kolísá a liší se v závislosti na povolání, životním stylu, resp. na koncentracích látek v různých lokalitách a prostředích.

Při hodnocení se využívá znalostí o působení látek odvozených z epidemiologických studií, experimentů na zvířatech, nebo ze studií vlivu těchto látek v pracovním prostředí a odhaduje se, jaký dopad na zdraví může mít konkrétní úroveň znečištění ovzduší. Pro vyjádření míry rizika se používá odhad výskytu zdravotních účinků u exponovaných osob.

Mezi zdravotně nejvýznamnější znečišťující látky v ovzduší sídel ČR patří v první řadě aerosol (suspendované částice v ovzduší), polycyklické aromatické uhlovodíky a v lokalitách významně zatížených dopravními emisemi i oxid dusičitý. Místně se pak mohou prosazovat malé lokálně působící energetické zdroje. V oblastech s významnými průmyslovými zdroji jsou nacházeny zvýšené hodnoty dalších látek - As, Cd, Ni, Cr, benzenu či Pb.

Působení **oxidu dusičitého (NO₂)** je spojováno se zvýšením celkové, kardiovaskulární a respirační úmrtnosti. Je majoritně emitován při spalování, nejvyšší měřené hodnoty nalézáme v oblastech zatížených intenzivní dopravou a vytápěním. Jeho koncentrace vysoce korelují s ostatními primárními i sekundárními zplodinami. Nelze proto jasně stanovit, zda pozorované zdravotní účinky jsou důsledkem nezávislého vlivu NO₂ nebo spíše působením celé směsi látek, zejména aerosolu, uhlovodíků, ozónu a dalších látek. Hlavním účinkem krátkodobého působení vysokých koncentrací NO₂ je nárůst reaktivity dýchacích cest. Na základě působení na změny reaktivity u nejcitlivějších astmatiků je také odvozena doporučená hodnota WHO pro 1hodinovou koncentraci NO₂ (200 µg/m³). Nejvíce jsou oxidu dusičitému vystaveni obyvatelé velkých městských aglomerací významně ovlivněných dopravou. Pro děti znamená expozice vyšším hodnotám NO₂ zvýšené riziko respiračních onemocnění v důsledku snížené obranyschopnosti vůči infekci a snížení plicních funkcí. Z hodnot zjištěných ročních průměrů vyplývá, že u obyvatel v dopravou zatížených oblastech, např. v pražské nebo brněnské aglomeraci, lze očekávat snížení plicních funkcí, zvýšení výskytu respiračních onemocnění, zvýšený výskyt astmatických obtíží a alergií, a to u dětí i dospělých. Přestože některé kvantitativní vztahy expozice a zdravotních účinků NO₂ (např. na celkovou, kardiovaskulární a respirační úmrtnost) již byly specifikovány, nelze jednoznačně stanovit míru překrývání těchto účinků s působením ostatních znečišťujících látek v ovzduší. Proto WHO doporučuje hodnotit zdravotní dopady

znečištění ovzduší na základě vztahů pro aerosolové částice, ve kterých je vliv NO₂ i dalších znečišťujících látek zahrnut.

Pro roční průměrnou koncentraci je v doplňku směrnice WHO 2005 pro kvalitu ovzduší v Evropě uvedena doporučená hodnota 40 µg/m³. Z některých nedávných studií, zabývajících se vlivem NO₂ ve vnitřním prostředí na zdraví dětí a zejména astmatických osob vyplývá, že pro dlouhodobou zátěž by měla být tato doporučená koncentrace patrně ještě snížena, ale podle WHO pro takový krok zatím není k dispozici dostatek důkazů.

Aerosolové částice

Účinek částic závisí na jejich velikosti, tvaru a chemickém složení. Velikost částic je rozhodující pro průnik a ukládání v dýchacím traktu. Větší částice jsou zachyceny v horních partiích dýchacího ústrojí. Částice frakce PM₁₀ (se střední hodnotou aerodynamického průměru 10 µm) se dostávají do dolních cest dýchacích. Částice označené jako frakce PM_{2,5} pronikají do průdušinek, nejjemnější submikronová frakce až do plicních sklípků. Účinky suspendovaných částic jsou ovlivněny také adsorpcí dalších znečišťujících látek na jejich povrchu.

Inhalační expozice proto může mít široké spektrum účinků na srdečně-cévní a respirační ústrojí. Dráždí sliznici dýchacích cest, může způsobit změnu struktury i funkce řasinkové tkáně, zvýšit produkci hlenu a snížit samočisticí schopnosti dýchacího ústrojí. Tyto změny omezují přirozené obranné mechanismy a usnadňují vznik infekce. Recidivující akutní zánětlivá onemocnění mohou vést ke vzniku chronického zánětu průdušek a chronické obstrukční nemoci plic s následným přetížením pravé srdeční komory a oběhovým selháváním. Spolupodílí se vliv mnoha dalších individuálních faktorů, jako je stav imunitního systému organismu, alergická dispozice, expozice látkám v pracovním prostředí, kouření apod. Jednou z obranných funkcí dýchacích cest je pohlcování vdechnutých částic specializovanými buňkami, tzv. makrofágy. Při něm dochází k uvolňování látek, které navozují zánětlivou reakci v plicní tkáni a mohou přestupovat do krevního oběhu. Uvolňované regulační molekuly imunitního systému podporují tvorbu agresivních volných radikálů v bílých krvinkách a tím přispívají k tzv. oxidačnímu stresu. Ten ovlivňuje metabolismus tuků, vede k poškození stěn v tepnách a přispívá k rozvoji aterosklerózy. Dalším z mechanismů, které se podílí na rozvoji srdečních onemocnění, je narušení rovnováhy autonomního nervového systému a ovlivnění elektrické aktivity srdce. Některé studie naznačují, že riziko akutní srdeční příhody je vyšší u diabetiků. Vzhledem k tomuto širokému spektru mechanismů systémového působení a i dalším účinkům jsou aerosolové částice považovány za nejvýznamnější environmentální faktor ovlivňující úmrtnost.

Aerosolové částice PM samostatně, stejně jako celá směs látek způsobujících znečištění venkovního ovzduší, jsou zařazeny od roku 2013 Mezinárodní Agenturou pro výzkum rakoviny (IARC) Světové zdravotnické organizace (WHO) mezi prokázané lidské karcinogeny skupiny 1, přispívající ke vzniku rakoviny plic. Tento fakt se prozatím nijak neodrazil v doporučeních pro kvantitativní komplexní hodnocení vlivu znečištěného ovzduší.

Dlouhodobá expozice ovzduší znečištěnému aerosolem má za následek vyšší úmrtnost na choroby srdečně-cévní a respirační, včetně rakoviny plic a s tím související zkrácení délky života, zvýšení nemocnosti na onemocnění dýchacího ústrojí a výskytu symptomů chronického zánětu průdušek a snížení plicních funkcí u dětí i dospělých. Přibývá důkazů o vlivu expozice částicím na vznik diabetu II. typu, na neurologický vývoj dětí a neurologické poruchy dospělých.

Pro působení aerosolových částic v ovzduší nebyla zatím zjištěna bezpečná prahová koncentrace. Podle nedávného hodnocení epidemiologických studií nebylo možné nalézt žádnou takovou mez a zvýšená úmrtnost byla spojena i s velmi nízkými koncentracemi PM_{2,5}, např. 8,5 µg/m³. Předpokládá se, že citlivost jedinců v populaci má tak velkou variabilitu, že ti nejcitlivější jsou v riziku účinků i při velmi nízkých koncentracích. Při chronické expozici suspendovaným částicím frakce PM_{2,5} se redukce očekávané délky života začíná projevovat již od průměrných ročních koncentrací 5 µg/m³.

Krátkodobá expozice zvýšeným koncentracím aerosolových částic se podílí na nárůstu celkové nemocnosti i úmrtnosti, zejména na onemocnění srdečně-cévní a dýchacích cest, na zvýšení počtu osob hospitalizovaných pro tato onemocnění, zvýšení kojenecké úmrtnosti, zvýšení výskytu respiračních symptomů jako je kašel a ztížené dýchání – zejména u astmatiků a na změnách plicních funkcí zjistitelných spirometrickým vyšetřením.

Zásadním ukazatelem zdravotních dopadů dlouhodobé expozice je **odhad počtu předčasně zemřelých pro dospělou populaci nad 30 let věku s vyloučením vnějších příčin úmrtí** (úrazy, sebevraždy apod.). Tento ukazatel zahrnuje jak předčasnou úmrtnost pro jednotlivé příčiny úmrtí (kardiovaskulární nebo respirační onemocnění, rakoviny plic atd.), tak i úmrtí v důsledku krátkodobé expozice PM. Pro kvantitativní odhad zdravotních dopadů v důsledku dlouhodobé expozice suspendovaným částicím byla použita funkce koncentrace-účinek doporučená v závěrečné zprávě projektu Světové zdravotnické organizace HRAPIE. Doporučení pro hodnocení dlouhodobých účinků suspendovaných částic frakce PM_{2,5} vychází ze závěrů metaanalýzy třinácti různých kohortových studií provedených na dospělé populaci v Evropě a Severní Americe. Podle autorů nárůst průměrné roční koncentrace frakce suspendovaných částic PM_{2,5} o 10 µg/m³ zvyšuje celkovou úmrtnost exponované populace nad 30 let o 6,2 %. Relativní riziko (RR) je 1,062 (95 % CI 1,040, 1,083) na 10 µg/m³.

Pro hodnocení byly použity koncentrace v ČR plošněji měřené frakce PM₁₀. Postup výpočtu byl upraven na základě odhadu průměrného zastoupení frakce PM_{2,5} ve frakci PM₁₀.

Poznámka: Průměrný roční podíl suspendovaných částic frakce PM_{2,5} ve frakci PM₁₀, vypočítaný z hodnot souběžně měřených na 57 stanicích, se v roce 2019 pohyboval od 55 % do 85 % se střední hodnotou 72,2 %. Dlouhodobému průměru podílu frakce PM_{2,5} ve frakci PM₁₀ v České republice odpovídá hodnota 75 %.

Navýšení roční koncentrace PM₁₀ o každých 10 µg/m³ nad 13,3 µg/m³/rok pak v tomto případě zvyšuje odhad celkové předčasné úmrtnosti exponované populace o 4,65 %.

- Na základě odhadu průměrné koncentrace suspendovaných částic frakce PM₁₀, v roce 2019

v městském prostředí mimo Moravskoslezský kraj ($19,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$), lze zhruba odhadnout, že v důsledku znečištění ovzduší touto škodlivinou byla celková úmrtnost navýšena o 2,65 % při zohlednění průměrného 75 % zastoupení frakce $\text{PM}_{2,5}$ ve frakci PM_{10} .

- Vzhledem k rozmezí průměrných ročních koncentrací této škodliviny v různých typech sídelních lokalit, které se pohybovaly od $11,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ do $37,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se odhad podílu předčasně zemřelých v důsledku znečištění ovzduší PM_{10} na celkovém počtu zemřelých pohybuje od 2,9 % v městských lokalitách bez dopravní zátěže až po 11,3 % v dopravně exponovaných a průmyslových oblastech, při zohlednění průměrného 75 % zastoupení frakce $\text{PM}_{2,5}$ ve frakci PM_{10} .
- Celkový počet zemřelých v roce 2019 činil 112 362 (zdroj: ČSÚ 2020). Na základě údajů za roky 2012 až 2018 lze odhadnout, že zhruba 6 % činí podíl zemřelých mladších 30 let a podíl zemřelých na vnější příčiny. Počet zemřelých nad 30 let po vyloučení zemřelých na vnější příčiny byl 105 620 tisíc osob v roce 2019.
- Z uvedených dat lze odhadnout počet předčasných úmrtí, na kterých se podílela expozice suspendovaným částicím frakce PM_{10} . Ten byl v roce 2019 na úrovni 3 100 osob při průměrném 75 % zastoupení frakce $\text{PM}_{2,5}$ ve frakci PM_{10} . Po mírném nárůstu v roce 2018 tak pokračuje dlouhodobý klesající trend; hodnoty jsou ale vždy primárně závislé na

počet předčasných úmrtí/rok	2009	2010	2011	2012
PM_{10} - (75 % podíl $\text{PM}_{2,5}$)	3 500 (0–14 600)	4 500 (0–24 500)	6 500 (0–16 200)	5 500 (0–17 200)
počet předčasných úmrtí/rok	2013	2014	2015	2016
PM_{10} - (75 % podíl $\text{PM}_{2,5}$)	5 200 (0–15 200)	5 200 (700–13 500)	4 800 (2 000–12 000)	4 000 (700–11 500)
počet předčasných úmrtí/rok	2017	2018	2019	
PM_{10} - (75 % podíl $\text{PM}_{2,5}$)	5 200 (1 300–13 100)	5 600 (2 300–13 400)	3 100 (3 000–10 700)	

meteorologických podmínkách.

Tabulka č. 8 – Vývoj (2009 – 2019) hodnot navýšení celkové roční úmrtnosti o „předčasná úmrtí“ - střední hodnota a rozpětí hodnot v ČR

Poznámky:

- Navýšení celkové úmrtnosti bylo počítáno z rozpětí měřených hodnot v ČR a ze středních hodnot pro města v České republice. K odhadu průměrné městské hodnoty (městského pozadí) byla použita střední roční hmotnostní koncentrace vypočtená pro stanice charakterizující městské obytné zóny kategorií 2 až 5 v ČR (viz příloha č. 1).
- Při přepočtu účinků PM_{10} byl použit, na základě doporučení WHO, odhad střední hodnoty zastoupení frakce $\text{PM}_{2,5}$ ve frakci PM_{10} pro Českou republiku na úrovni 75 %.
- Hodnoty ročního průměru $\text{PM}_{10} \leq 13,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hodnoceny jako 0.
- Odhady jsou zaokrouhleny na celá sta.

Doplněním výše uvedeného může být **odhad počtu ztracených let života (tzv. YLLs, Years of Life Lost)** v důsledku znečištění ovzduší aerosolovými částicemi. Vzhledem k dostupnosti demografických údajů ho lze vždy provést pouze pro předcházející rok tj. rok 2018.

Pro odhad počtu ztracených let života v důsledku dlouhodobé expozice obyvatel aerosolovým částicím ve venkovním ovzduší byla použita funkce koncentrace-účinek, doporučená v projektu Světové zdravotnické organizace HRAPIE $\text{RR} = 1,062$ (CI 95% 1,40 - 1,083). Nejistota odhadu je pak vyjádřena jednak z hlediska rozpětí funkce koncentrace-účinek v podobě vyjádření odhadu s 95 % intervalem spolehlivosti a dále

variantním uvažováním výše expozice. Protože nelze stanovit prahovou hodnotu expozice $PM_{2,5}$, která by mohla být považována za bezpečnou pro lidské zdraví, byla v tomto odhadu, jako hodnota teoretické nejnižší rizikové expozice, použita mezní koncentrace $PM_{2,5}$ $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V ČR je ale frakce $PM_{2,5}$ měřena na příliš malém počtu stanic, proto byly pro odhad YLLs použity hodnoty frakce PM_{10} , přepočítané konverzním koeficientem $PM_{2,5}/PM_{10} = 0,75$, který popisuje průměrný podíl jemných částic frakce $PM_{2,5}$ na obsahu měřených částic frakce PM_{10} .

Pro analýzu počtu ztracených let života v důsledku znečištění ovzduší aerosolovými částicemi byly použity zkrácené úmrtnostní tabulky pro 5leté věkové skupiny a každé pohlaví zvlášť za rok 2018 (předpoklad podobných měř úmrtnosti v rámci věkové skupiny). Údaje o obyvatelstvu byly čerpány z veřejně dostupných statistik ČSÚ. Jedná se o počet (exponovaných) obyvatel nad 30 let (=populační skupina, pro kterou jsou účinky znečištění ovzduší PM na kardiovaskulární systém a další poškození relevantní, a byla pro ni nalezena funkce dávka-účinek) jako střední stav obyvatelstva k 1. 7. 2017 a dále údaje o intenzitě úmrtnosti bez vnějších příčin smrti (MKN10, dg. S00-T98) v roce 2018. Na základě dat o úmrtnosti byla spočtena naděje dožití e_x pro 5leté věkové skupiny mužů a žen za hypotetického předpokladu neexistence úmrtí v důsledku vnějších příčin. Pro odhad vlivu znečištění ovzduší aerosolovými částicemi na předčasnou úmrtnost byly použity průměrné roční hmotnostní koncentrace frakce PM_{10} na stanicích zařazených do kategorií 2 - 5 (jedná se o konzervativní odhad, kdy jsou hodnocena data z městských stanic, které reprezentují „běžné městské prostředí“, kdy jsou vyloučeny stanice s velmi vysokou dopravní zátěží tj. nad 10 tisíc vozidel denně, a dále stanice významně ovlivněné průmyslovou výrobou ([příloha č. 1](#))). Lokality v tomto rozsahu kategorií dobře charakterizují typické prostředí sídel - obytné zóny s běžnými zdroji znečištění a s nízkou až středně vysokou dopravní zátěží.

Výpočet vycházel tedy z odhadu středních ročních koncentrací PM_{10} v městských kategoriích 2 až 5 v ČR a v ČR bez stanic v Moravskoslezském kraji (MSK), které v roce 2018 činily 19,8 respektive 19,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Důvodem je, že v MSK jsou v důsledku specifických podmínek regionálního pozadí a přeshraničního přenosu imisí dlouhodobě zjišťovány roční koncentrace zvýšené v průměru o zhruba 5 až 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ ve srovnání s obdobnými lokalitami jinde v republice. Proto pro převažující území republiky jsou relevantní údaje z lokalit mimo MSK. Výše uvedená konzervativní varianta ale může vyloučením nejvíce zatížených městských oblastí v MSK situaci podhodnocovat. Proto byl proveden alternativní výpočet se zohledněním i této oblasti. Tato varianta tak zahrnuje veškeré běžné městské prostředí v ČR.

Pro rok 2018 činí odhad počtu ztracených let života v důsledku dlouhodobé expozice aerosolovým částicím pro dospělé obyvatele České republiky:

- Pro městské stanice skupiny 2 - 5 v ČR mimo MSK 80 600 let (CI 95 % 27 900 - 141 000)
- Pro všechny městské stanice skupiny 2 - 5 v ČR 89 900 (CI 95 % 30 900 - 155 200)

Při akceptování značné míry zjednodušení lze výsledek interpretovat i tak, že každý obyvatel ČR starší 30 let v roce 2018 ztratil v průměru 4,4 dny (4,9 v roce 2017) života v důsledku předčasné úmrtnosti.

Tabulka č. 9 – Počet roků ztráty života

Rok	Rozsah	Spodní hranice odhadu	Střed	Horní hranice odhadu
2012	ČR bez MSK	28 500	84 600	143 200
	ČR	30 500	90 600	153 000
2013	ČR bez MSK	30 900	91 600	155 100
	ČR	33 500	99 100	167 400
2014	ČR bez MSK	29 400	84 500	147 400
	ČR	29 500	85 000	148 300
2015	ČR bez MSK	23 800	70 000	120 900
	ČR	26 900	77 600	135 800
2016	ČR bez MSK	21 400	62 100	109 100
	ČR	24 100	67 800	122 300
2017	ČR bez MSK	25 700	74 200	130 00
	ČR	28 800	82 900	144 800
2018	ČR bez MSK	27 900	80 600	141 000
	ČR	30 900	88 900	155 200

Poznámka: Počítáno pro městské kategorie 2 - 5 (viz příloha č. 1), zaokrouhleno na celé stovky

Znečištění ovzduší **oxidem uhelnatým** a **oxidem siřičitým** nepředstavuje v měřených městech zdravotní riziko, a to i když v případě oxidu siřičitého práh účinku pro 24hod. koncentraci nebyl epidemiologickými studiemi dosud zjištěn. V roce 2019 bylo na stanicích v ČR naměřeno 16 24hodinových koncentrací SO₂ nad 40 µg/m³/24 hodin (z toho 7 na stanici v Českém Těšíně); 40 µg/m³ přitom představuje dvojnásobek cílové hodnoty doporučené WHO, stanovené s vysokou mírou předběžné opatrnosti. U **oxidu uhelnatého** v roce 2019 pouze na čtyřech stanicích překročila hodnota ročního průměru 400 µg/m³ (max. hodnota 484 µg/m³ na stanici v Berouně - SBER). 24 hodinové hodnoty překračující 1 000 µg/m³ byly výjimečné - jednotky za rok a pouze na dopravně extrémně zatížených stanicích - dopravních „hot-spotech“.

Přízemní ozón není do atmosféry emitován, ale vzniká fotochemickými reakcemi oxidů dusíku a těkavých organických látek. 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 chronickými 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. Zvýšení denní maximální 8hodinové koncentrace o každých 10 µg/m³ nad hladinu 70 µg/m³ vede k zvýšení celkové denní úmrtnosti o 0,3 %. Dopad na respirační úmrtnost u populace nad 30 let je odhadován na 1,4 % na každých 10 µg/m³ průměru z maximálních denních 8hodinových koncentrací ozónu nad 70 µg/m³ během období duben-září.

Z **těžkých kovů** stanovovaných ve vzorcích aerosolu je **olovo** od plošného zavedení bezolovnatého benzínu zdravotně téměř nevýznamnou látkou. Stejně tak měřené

koncentrace **niklu, arsenu, manganu a kadmia** ve většině oblastí nepředstavují zdravotní riziko. Roční hodnoty **arsenu** nad 50 % IL se objevují ve vesnických lokalitách s majoritním spalováním fosilních paliv a v případě **kadmia** zůstává zvýšenou průmyslová zátěž v okolí Tanvaldu. Znečištění ovzduší **chromem** je kvantitativně obtížně hodnotitelné vzhledem k nemožnosti kvantifikovat zastoupení šesti a trojmocného chromu (význam jeho měření tak zatím zůstává v indikaci přítomnosti potenciálně významného zdroje).

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 tj. jednotka karcinogenního rizika (riziko vzniku rakoviny v důsledku celoživotní inhalace ovzduší s koncentrací hodnocené látky rovné $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Zpracovaný odhad používá screeningový přístup, který uvažuje celoživotní expozici 24 hodin denně pro dospělého člověka o hmotnosti 70 kg, který vdechne 20 m^3 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.

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.

Stručný souhrn informací o hodnocených látkách:

- **Arsen (As)** - hlavní cestou expozice arsenu je vdechování a příjem potravou a vodou. Arsen vstřebaný do organismu se ukládá zejména v kůži a jejích derivátech, jako jsou nehty a vlasy. Proniká placentární bariérou. Vylučován je převážně močí. Chronická otrava nejčastěji zahrnuje kontaktní alergické dermatitidy a ekzémy. Časté je poškození nervového systému (degenerace optického nervu, poškození vestibulárního ústrojí), trávicího ústrojí, cévního systému i krevetvorby. V epidemiologických studiích byla pozorována zvýšená úmrtnost na kardiovaskulární choroby. U exponovaných osob byly zjištěny chromosomální aberace periferních lymfocytů. Arseničnan sodný inhibuje reparaci DNA v buňkách lidské kůže a v lymfocytech. Anorganické sloučeniny arsenu jsou klasifikovány jako lidský karcinogen. Kritickým účinkem po expozici vdechováním je rakovina plic. Pro riziko jejího vzniku je odhadována jednotka rizika ze studií profesionálně exponovaných populací ve Švédsku a USA. Hodnota jednotkového rizika převzatá od Světové zdravotnické organizace je pro arsen odhadována na $1,50 \times 10^{-3}$.
- **Nikl (Ni)** - vdechování všech typů sloučenin niklu vyvolává podráždění a poškození dýchacích cest, různé imunologické odezvy včetně zvýšení počtu alveolárních mikrofágů a imunosupresi. Nikl proniká placentární bariérou, takže je schopen ovlivnit prenatální vývoj přímým působením na embryo. Studie na pokusných zvířatech svědčí o tom, že některé sloučeniny niklu vykazují široký rozsah karcinogenní potence. Nejsilnějším karcinogenem v těchto experimentech byl sulfid niklitý a sulfid nikelnatý. U člověka byla popsána akutní otrava tetrakarbonylniklem, alergická kožní reakce, astma (u zaměstnanců pracujících s niklem) a podráždění sliznic. Karcinogenní účinky byly prokázány epidemiologickými studiemi po inhalační expozici vysokým koncentracím niklu, neboť respirační trakt je cílovým orgánem, ve kterém dochází k retenci niklu s následným

rizikem vzniku rakoviny dýchacího traktu. Sloučeniny niklu jsou na základě takových studií klasifikovány IARC jako prokázaný lidský karcinogen ve skupině 1, kovový nikl jako možný karcinogen ve skupině 2B. Hodnota jednotkového rizika převzatá od Světové zdravotnické organizace pro nikl je odhadována na $3,8 \times 10^{-4}$.

- **Kadmium (Cd)** - je kov, jehož hlavním metabolickým rysem je mimořádně dlouhý biologický poločas, který má za následek prakticky nevratnou akumulaci kadmia v organismu, zejména v ledvinách a játrech. Ledviny jsou kritickým orgánem pro chronickou expozici kadmiu, která vede k jejich poškození a ohrožení funkcí. Kadmium způsobuje inhibici sulfhydrylových enzymů (vazbou na SH-skupinu), váže se v játrech na metaloproteiny, zasahuje do metabolismu sacharidů a inhibuje sekreci inzulínu. Kadmiové ionty jsou také účinnými blokátory kalciových kanálů, čímž dochází k přerušení šíření nervového vzruchu. Kadmium je toxické pro reprodukci (ohrožuje funkčnost a kvalitu spermií a poškozuje zárodečný epitel varlat), narušuje metabolismus ostatních kovů, kostní tkáň, imunitní i kardiovaskulární systém. Inhalační expozice kadmiu může způsobovat rakovinu plic u lidí a zvířat a poškození plodu. IARC klasifikovala kadmium a sloučeniny kadmia jako lidské karcinogeny skupiny 1. Hodnota jednotkového rizika převzatá od Světové zdravotnické organizace pro kadmium je odhadována na $4,9 \times 10^{-4}$.
- **Benzo[a]pyren (BaP)** - polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) mají schopnost přetrvávat v prostředí, kumulují se v jeho složkách a v živých organismech, jsou lipofilní a řada z nich má toxické, mutagenní či karcinogenní vlastnosti. Patří mezi endokrinní disruptory, ovlivňují porodní váhu a růst plodu. Působí imunosupresivně, snížením hladin IgG a IgA. Ve vysokých koncentracích (převyšujících koncentrace nejen ve venkovním ovzduší, ale i v pracovním prostředí) mohou mít dráždivé účinky. PAU patří mezi nepřímo působící genotoxické sloučeniny. Vlivem biotransformačního systému organismu vznikají postupně metabolity s karcinogenním a mutagenním účinkem. Elektrofilní metabolity kovalentně vázané na DNA představují poté základ karcinogenního potenciálu PAU. V praxi je nejvíce používaným zástupcem PAU při posuzování karcinogenity benzo[a]pyren (BaP). BaP je z hlediska klasifikace karcinogenity od roku 2010 zařazen IARC do skupiny 1 - prokázaný karcinogen. Hodnota jednotkového rizika převzatá od Světové zdravotnické organizace je pro BaP $8,7 \times 10^{-2}$.
- **Benzen (C₆H₆)** - Benzen má nízkou akutní toxicitu, při dlouhodobé expozici má účinky hematotoxické, genotoxické, imunotoxické a karcinogenní. Nejzávažnějším účinkem benzenu je jeho karcinogenní působení. Benzen je z hlediska klasifikace karcinogenity zařazen do skupiny 1 - prokázaný karcinogen (IARC 1987). Byly popsány nádory jater, prsu, nosní dutiny a leukémie. Přibývá studií, které uvádějí důkazy o vztahu mezi expozicí benzenu ze znečištěného ovzduší a vznikem akutní leukémie u dětí (IARC, 2010). Některé studie dokonce naznačují, že toto riziko by mohlo nastat již při nižších koncentracích než je současný imisní limit $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro benzen ve venkovním ovzduší, ale tyto studie zatím nejsou využitelné pro kvantitativní hodnocení. WHO definovalo pro benzen, na základě zhodnocení řady studií, jednotku karcinogenního rizika pro celoživotní expozici koncentrací $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v rozmezí $4,4 - 7,5 \times 10^{-6}$ (střední hodnota 6×10^{-6}). V těchto studiích byly osoby exponovány koncentracím o několik řádů vyšším, než se mohou vyskytnout ve venkovním ovzduší. Je proto možné, že extrapolace do oblastí nižších koncentrací neodpovídá reálné křivce účinnosti. Hodnota UCR doporučená WHO je experty EU považována za horní mez odhadu rizika, dolní mez hodnoty jednotky karcinogenního rizika byla s použitím sublineární křivky extrapolace odhadnuta na 5×10^{-8} . Tento rozsah hodnot UCR znamená, že riziko leukémie 1×10^{-6} by se mělo pohybovat v rozmezí roční průměrné koncentrace benzenu v ovzduší cca $0,2 - 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V tomto zpracování byla použita jednotka karcinogenního rizika 6×10^{-6} uváděná WHO. Při aplikaci této UCR

vychází koncentrace benzenu ve vnějším ovzduší, odpovídající akceptovatelné úrovni karcinogenního rizika pro populaci 1×10^{-6} v úrovni koncentrace $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$.

Pozn: Hodnoty jednotkového rizika byly převzaty z internetových stránek WHO a z dalších zdrojů (US EPA, HEAST).

Tabulka č. 10. – Vybrané škodliviny - použité hodnoty jednotkového rizika

Škodlivina	As	Ni	Cd	BENZ
Jednotka rizika	1,50E-03	3,80E-04	4,90E-04	6,00E-6
Škodlivina	BaP	BaA	BbF	BkF
Jednotka rizika	8,70E-02	1,00E-04	1,00E-04	1,00E-05
Škodlivina	BghiP	DbahA	CRY	I123cdP
Jednotka rizika	1,00E-06	1,00E-03	1,00E-06	1,00E-04

Pozn: Benzo[a]antracen (BaA), chrysen (CRY), benzo[b]fluoranten (BbF), benzo[j]fluoranthen (BjF), benzo[k]fluoranten (BkF), benzo[a]pyren (BaP), benzo[g,h,i]perylen (BghiP), dibenz[a,h]antracen (DbahA), indeno[1,2,3-c,d]pyren (I123cdP)

Pro každý typ městské lokality bylo na základě ročních aritmetických průměrů za rok 2019 standardizovaným postupem vypočteno riziko odvozené z expozice jednotlivým látkám. Celkové karcinogenní riziko je součtem těchto dílčích rizik. Výsledky shrnuje tabulka č. 11, ve které je pro všechny hodnocené škodliviny vždy uvedena hodnota spočtená pro pozad'ové stanice v ČR, tj. teoretická minimální hodnota zdravotního rizika. Dále střední (AVG) a maximální hodnota pro ČR a odhad střední hodnoty pro nezatížené městské lokality. Detailnější zpracování pro hodnocené typy městských lokalit je v [grafech č. 18 a až f, příloha č. 5](#).

Tabulka č. 11. – 2019 - Pozad'ová, střední (AVG) a maximální hodnota zdravotního rizika (ILCR) pro ČR a odhad střední hodnoty v monitorovaných městech

Látka	Pozadí ČR	Avg (ČR)	Max (ČR)	Střední hodnota (města)
As	7,35E-07	2,44E-06	4,41E-06	1,99E-06
Ni	1,18E-07	3,95E-07	1,52E-06	3,15E-07
Cd	5,39E-08	1,91E-07	1,96E-06	1,14E-07
BZN	4,20E-06	9,43E-06	2,46E-05	3,60E-06
BaP	3,22E-05	1,60E-04	7,59E-04	2,44E-05

Pozn: K odhadu střední městské hodnoty (městského pozadí) byla použita střední roční hmotnostní koncentrace vypočtená pro stanice charakterizující městské obytné zóny kategorií 2 až 5 ([viz příloha č. 1](#)).

Navýšení rizika pro jednotlivé látky v městech se pohybuje v řádu $5,5 \times 10^{-8}$ až $7,6 \times 10^{-4}$, největší příspěvek představuje dlouhodobě expozice benzo[a]pyrenu (> 95%). Vypočtené úrovně rizik expozice hodnoceným látkám v jednotlivých typech městských lokalit jsou v [grafech č. 18 a až e, v příloze č. 5](#). Trend karcinogenního populačního rizika v posledních pěti letech mírně kolísá.

Tabulka č. 12. – Vývoj (2010 – 2019) rozpětí hodnot karcinogenního populačního rizika v ČR (Min/Max) na 10 mil. obyvatel

Populační riziko (přidatné případy na 1 rok)	2010	2011	2012	2013	2014
Arsen	0,09 - 1,66	0,08 - 1,34	0,14 - 1,26	0,08 - 1,42	0,14 - 1,28
Nikl	0,02 - 0,78	0,02 - 1,50	0,02 - 0,34	0,02 - 0,54	0,02 - 0,38
Kadmium	N				
Benzen	0,78 - 5,74	0,42 - 5,82	0,64 - 4,80	0,52 - 3,42	0,60 - 3,08
BaP	6,22 - 89,4	4,50 - 126,4	6,58 - 134,6	8,20 - 116,7	4,72 - 115,9
Hodnocené karcinogenní látky celkem	7,10 - 97,6	5,02 - 135,08	7,42 - 141,0	8,82 - 122,1	5,5 - 120,6
Populační riziko (přidatné případy na 1 rok)	2015	2016	2017	2018	2019
Arsen	0,06 - 0,98	0,04 - 1,08	0,04 - 1,30	0,06 - 0,83	0,03 - 0,72
Nikl	0,00 - 0,14	0,01 - 0,18	0,01 - 0,14	0,01 - 0,21	0,01 - 0,22
Kadmium	N	0,01 - 0,09	0,01 - 0,21	0,01 - 0,22	0,001 - 0,28
Benzen	N	0,06 - 2,82	0,52 - 3,26	0,60 - 4,37	0,51 - 3,51
BaP	4,48 - 97,3	7,32 - 111,9	6,46 - 116,3	5,21 - 96,14	3,48 - 108,4
Hodnocené karcinogenní látky celkem	4,54 - 98,42	7,44 - 116,1	7,04 - 121,2	5,89 - 101,8	4,04 - 113,1

Poznámka: N = nehodnoceno v daném období nebo nedostatek relevantních údajů

VIII. DISKUSE

V první úrovni zahrnuje zpracování dat za rok 2019 základní srovnání hodnot měřených na jednotlivých měřicích stanicích s platnými imisními limity. Postupy pro hodnocení imisních charakteristik ve vztahu k imisním limitům jsou stanoveny přílohou č. 1 Zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. Při hodnocení situace, zejména hmotnostních koncentrací frakce PM₁₀, je nutno brát v úvahu ovlivnění klimatickými a rozptylovými podmínkami. V roce 2019:

- téměř plošné meziroční snížení ročních středních hodnot frakce PM₁₀ o cca 5 až 10 µg/m³ a 7 stanic (7 %) s překročením alespoň jedním kritériem imisního limitu v roce 2019 je nutno hodnotit ve vztahu k mimořádně příznivým rozptylovým podmínkám a relativně teplé zimě;
- na vyhodnocení získaných datových souborů mají významný vliv výpadky měření způsobené poruchou nebo mimořádnou událostí nebo ukončením provozu stanice;
- problém způsobují často i velmi nízké měřené koncentrace (kovy, BaP) – v některých případech může být i více než 50 % naměřených hodnot v kalendářním roce pod mezí stanovitelnosti, v těchto případech nebyly pro danou škodlivinu hodnoceny roční imisní charakteristiky. Použití doplnění chybějících údajů střední hodnotou z lokalit s podobným složením zdrojů může být jen velmi hrubým odhadem;
- porovnání naměřených hmotnostních koncentrací chromu v odebraných vzorcích suspendovaných částic s referenční koncentrací ($2,5 \times 10^{-5}$ µg/m³/rok stanovenou pro Cr^{+VI}) je komplikováno nemožností určit zastoupení složek Cr^{+III} a Cr^{+VI} ve směsi. Odhadovaný podíl Cr^{+VI} se podle literárních podkladů pohybuje v relaci od 10 % do 0,01 %. S výjimkou lokalit blízkých zdrojům šestimocného chromu (staré zátěže, galvanovny) lze ale očekávat, že se zastoupení Cr^{+VI} ve směsi blíží spíše nižší hranici (0,1 až 0,5 %);
- ze srovnání imisních charakteristik v monitorovaných městech s hodnotami na pozadových stanicích v České republice vyplývá, že imisní charakteristiky, zvláště v případě některých kovů, byly na některých městských stanicích nižší. Příčinou může být skutečnost, že měřené hodnoty na pozadových stanicích mohou být ovlivňovány lokálně ohraničenými procesy včetně dálkového transportu či resuspenzí;
- roční střední hodnoty Cd v roce 2019 ovlivnila epizoda zvýšených hodnot na většině měřicích stanic okolo 16. 7. 2019;

Druhou možností – doplňující a rozšiřující informace o kvalitě ovzduší, je hodnocení středních ročních imisních charakteristik v jednotlivých kategoriích městských zón/lokalit. Zde jsou měřicí stanice rozděleny podle majoritního zastoupení okolních zdrojů a úroveň znečištění ovzduší je pak hodnocena pro jednotlivé definované kategorie. Tento přístup:

- při hodnocení vychází z jednotlivých typů městských lokalit (výsledek není tedy závislý na konkrétním městě), odstraňuje tak nevýhodu dříve používaného postupu s diskutabilní reprezentativností odhadu expozice pro celé hodnocené město jen z průměru vypočteného z místních měřicích stanic;
- umožňuje pro některé hodnocené látky (PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, BaP, benzen a ostatní PAU a As) určitou míru generalizace získaných hodnot. V případě specifických látek a unikátních, téměř výhradně průmyslových zdrojů (Cr, Mn, Fe, benzen) pak dovoluje identifikaci problémových lokalit. Ze zpracování skupinového hodnocení kategorií 2 až 5 městských lokalit je pak významným výstupem odhad střední hodnoty zátěže populace ve městech;

- jednoznačně identifikuje význam určitých skupin zdrojů znečištění venkovního ovzduší (domácí topeniště, doprava, průmysl) při interpretaci naměřených hodnot PAU, benzenu, těžkých kovů, oxidů dusíku a suspendovaných částic frakcí PM_{2,5} a PM₁₀;
- v rámci tohoto zpracování byla zohledněna, v části znečištění ovzduší aerosolovými částicemi frakce PM₁₀, specifičnost Moravskoslezského kraje. Odhad středních hodnot pro jednotlivé typové městské kategorie byl proto pro Moravskoslezský kraj hodnocen odděleně.

Validitu tohoto přístupu snižuje nestejně pokrytí typů městských lokalit měřeními kvality ovzduší. Přes zahrnutí městských stanic provozovaných ČHMÚ stále jsou, v extrémních případech (pozaďové stanice, dopravní „hot spot“ stanice, okolí průmyslových zdrojů) a pro některé sledované škodliviny (PAU, benzen a těžké kovy) při zpracování k dispozici data z nedostatečného počtu stanic. Pro dopravně extrémně zatížené lokality (uliční kaňony) nebo významně zatížené vesnické/předměstské lokality nejsou dlouhodobě například data PAU k dispozici.

Nejistoty odhadu zdravotního rizika jsou dány nejistotami použitých vstupních dat, expozičních faktorů, odhadu chování exponované populace apod. Proto je popis a analýza nejistot nedílnou součástí odhadu rizika. Při každém dalším použití závěrů odhadu zdravotních rizik z venkovního ovzduší je nutno mít tyto nejistoty na vědomí. Provedený odhad rizika vybraných látek z ovzduší je zatížen následujícími nejistotami:

- působení oxidu dusičitého je spojené se zvýšením celkové, kardiovaskulární i respirační úmrtnosti a nemocnosti, ale je obtížné až nemožné oddělit účinky dalších současně působících látek, zejména aerosolu;
- pro odhad rizika dlouhodobé expozice suspendovaným částicím byly použity závěry projektu WHO HRAPIE, který ve zprávě z roku 2013 formuluje doporučení pro funkce koncentrace a účinku pro aerosol, ozón a oxid dusičitý. Doporučení pro hodnocení dlouhodobých účinků suspendovaných částic frakce PM_{2,5} vychází ze závěrů metaanalýzy třinácti různých kohortových studií provedených na dospělé populaci v Evropě a Severní Americe. Podle autorů nárůst průměrné roční koncentrace jemné frakce suspendovaných částic PM_{2,5} o 10 µg/m³ nad 5 µg/m³ zvyšuje celkovou úmrtnost exponované populace nad 30 let o 6,2 % a úmrtnost na choroby srdce a cév o 12 %. Relativní riziko (RR) pro předčasnou úmrtnost je 1,062 (95 % CI 1,040, 1,083) na 10 µg/m³. Tento vztah doporučuje WHO pro částice PM₁₀ modifikovat přepočtem 2:1, kdy navýšení roční koncentrace frakce PM₁₀ o 10 µg/m³ zvyšuje celkovou úmrtnost exponované populace o 3,1 %. Lze ale předpokládat, že vyšší zastoupení částic frakce PM_{2,5} ve frakci PM₁₀ by vedlo k podhodnocení odhadu zdravotních účinků. Proto bylo na základě odhadu průměrného zastoupení frakce PM_{2,5} ve frakci PM₁₀ (72 % v roce 2019 v ČR) toto doporučení WHO pro ČR upraveno a jsou zde prezentovány výstupy pro dlouhodobě pozorované 75 % zastoupení frakce PM_{2,5} ve frakci PM₁₀;
- s výše uvedeným souvisí aktuálně široce diskutovaný požadavek – při hodnocení vlivu aerosolových částic odečítat od naměřené (střední) hodnoty odhad úrovně přirozeného pozadí. Předpokládá se, že u frakce PM₁₀ se bude jednat o 10 µg/m³, u frakce PM_{2,5} o 5 µg/m³. V této zprávě byla v části odhadu ztracených roků života (YLLs) použita hodnota 5 µg/m³ a frakce PM_{2,5};
- karcinogenní riziko hodnocené pomocí jednotek rizika odvozených lineární extrapolací z působení vysokých koncentrací nemusí odpovídat nízkým expozičním koncentracím, které se vyskytují ve venkovním ovzduší. Přesto je standardně používáno s vědomím, že představuje horní mez odhadu rizika a reálné riziko je pravděpodobně nižší;

- u látek s dokladovaným bezprahovým působením není hodnocen jejich systémový účinek, který se předpokládá u významně vyšších koncentrací, než jsou běžně ve venkovním ovzduší nalézány;
- v roce 2013 zařadila Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC), na základě nezávislé analýzy více než 1 000 studií, znečištěné venkovní ovzduší i suspendované částice jako jeho složku, mezi prokázané karcinogeny pro člověka do skupiny 1. Byly publikovány vztahy pro kvantitativní hodnocení, ale pokud jsou samostatně hodnoceny karcinogenní látky, které jsou součástí aerosolu, znamenalo by jejich použití dvojnásobné hodnocení téhož;
- použitý screeningový expoziční scénář uvažuje nejneprůzračnější variantu (horní mez), která předpokládá, že lidé jsou vystaveni hodnoceným koncentracím celých 24 hodin. Tento přístup může nadhodnocovat míru rizika z venkovního ovzduší. Pro hodnocení celoživotní reálné expozice z venkovního ovzduší (70 let) při odhadované skutečné střední době expozice 2 hodiny/24 hodin, je zapotřebí vynásobit uváděné hodnoty koeficientem 0,083;
- jako expoziční koncentrace je brána střední hodnota z koncentrací změřených na stacionárních stanicích charakterizujících určitý přesně definovaný typ městské lokality;
- hodnocení zdravotních rizik je zatíženo nejistotou vyplývající z nemožnosti odhadnout rizika pro všechny potenciální karcinogenní látky v ovzduší (pro absenci dat a vztahů);
- je spočteno riziko pro ty typy účinků, které mají definován vztah mezi dávkou respektive expoziční koncentrací a účinkem. Neznamená to ale, že znečišťující látky nemají ještě další dopady na zdraví, které sice mohou být uvedeny v jejich toxikologické charakteristice, ale není pro ně (zatím) stanovena c-r křivka, takže je nelze kvantifikovat;
- odhad ztracených roků života (YLLs):
 - v ČR je stále frakce PM_{2,5} měřena v malém rozsahu (do hodnocení mohlo být zahrnuto pouze 57 stanic z celkového počtu 65 stanic ve 44 městech), když frakce PM₁₀ byla v roce 2018 hodnocena z hodnot na 91 městské stanici.
Pro odhad YLLs byly proto použity hodnoty plošněji sledované frakce PM₁₀, přepočítané konverzním koeficientem $PM_{2,5}/PM_{10} = 0,75$. Ten respektuje průměrný podíl jemných částic frakce PM_{2,5} na obsahu měřených částic frakce PM₁₀;
 - jako referenční hladina průměrné roční koncentrace bylo zvoleno 5 µg/m³ částic PM_{2,5}. (To podle WHO představuje horní interval koncentrací, ve kterém byly prokázány negativní zdravotní účinky jemných částic;
 - problémem je „aktuálnost“ výpočtu daná časovou dostupností příslušných demografických údajů. V odborné zprávě za rok 2019 tak bylo možno zpracovat rok 2018;
 - pro výpočet byly využity výsledky měření sítě stacionárních stanic ve městech. Střední koncentrace z měřících stanic určitého typu, charakteristického pro prostředí sídel, přitom představuje silné zjednodušení distribuce koncentrací vyznačujících se vysokou variabilitou, a jen vzdáleně může přiblížit neznámou individuální expozici. Podle literárních podkladů je tento přístup ve studiích dopadů znečištěného ovzduší konzistentní s přístupem použitým v epidemiologických studiích, ve kterých jsou zjišťovány funkce expozice-účinek rovněž na základě průměrných koncentračních hodnot.

IX. ZÁVĚRY

Mimořádně příznivé rozptylové podmínky v roce 2019 a pokračující teplotně nadprůměrné zimy 2012 až 2019 jsou hlavní příčinou toho, že koncentrace většiny měřených látek v roce 2019 významně poklesly. Přetrvává situace, kdy mimo průmyslově a specificky zatížené lokality, které lze nalézt na území krajských měst, průmyslových zón a v aglomeraci Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek, je znečištění ovzduší koncentrováno v městských celcích majoritně zatížených tranzitní, místní a cílovou dopravou.

Přes mírný pokles přetrvává problém s dlouhodobě zvýšenou úrovní znečištění ovzduší sídel polycyklickými aromatickými uhlovodíky. Zátěž obyvatelstva suspendovanými částicemi PM₁₀ a PM_{2,5} se v roce 2019 snížila v rozsahu 5 až 10 µg/m³ ročního průměru. Analýza trendů ročních středních hodnot ve městech potvrdila meziroční mírný pokles hodnot BaP, benzenu, arsenu a niklu a výrazný pokles hodnot PM₁₀ a PM_{2,5}. Další látky jsou, v závislosti na rozložení a podílu jednotlivých typů zdrojů, významné lokálně - oxid dusičitý v silně dopravně zatížených lokalitách - zejména v pražské a brněnské aglomeraci, v průmyslem zatížených lokalitách na Ostravsku benzen nebo kadmium v okolí Tanvaldu. Zvýšené hodnoty arsenu, prachu a PAU jsou dále měřeny v lokalitách s majoritním zastoupením malých zdrojů na pevná nebo fosilní paliva. V období duben až srpen narůstají počty dnů se zvýšenými hodnotami ozónu.

Doprava je dlouhodobě ve městech dominantním zdrojem znečištění ovzduší a má hlavní podíl na zvýšené zátěži obyvatel suspendovanými částicemi PM₁₀ a PM_{2,5}, NO₂ a PAU. Potvrzuje to i vyhodnocení ročních imisních charakteristik těchto látek v městských, dopravně významně zatížených lokalitách. Další spolupůsobící zdroje (teplárny - CZT, domácí vytápění, malé a střední průmyslové podniky) mají lokální význam. Vyšší hustota dopravní sítě a intenzita dopravy nebo kombinace velkých průmyslových zdrojů a dálkového nebo i přeshraničního transportu mohou vést k dlouhodobě zvýšeným až nadlimitním hodnotám, a to u více látek. Tak tomu je v zatížené aglomeraci Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek v Moravskoslezském kraji nebo na dopravních uzlech v Praze a v Brně. Překročení alespoň jednoho kritéria imisního limitu frakce PM₁₀ bylo naměřeno na 7 % z hodnocených 99 stanic. Překročení hodnot doporučených WHO pro suspendované částice frakce PM₁₀ a PM_{2,5} bylo naměřeno na 40 % respektive na 95 % stanic u frakce PM_{2,5}. Hodnoty benzo[*a*]pyrenu BaP na 22 hodnocených stanicích (54 %) překročily hodnotu imisního limitu. Nejvyšší hodnoty aerosolových částic a PAU jsou dlouhodobě měřeny v průmyslových oblastech Ostravska, u PAU v maximu s téměř devítinásobným překročením imisního limitu.

Z hlediska zátěže obyvatel a vlivu na zdraví mají dlouhodobě největší význam aerosolové částice frakce PM₁₀ a PM_{2,5} a polycyklické aromatické uhlovodíky.

- Z odhadu střední roční hodnoty koncentrace suspendovaných částic frakce PM₁₀ v městském prostředí ČR v roce 2019 (21,2 µg/m³) lze zhruba odhadnout, že znečištění ovzduší touto škodlivinou se mohlo podílet na zvýšení předčasné úmrtnosti v průměru o 3,7 % při zohlednění 75 % zastoupení frakce PM_{2,5} ve frakci PM₁₀.

Odhad počtu ztracených let života (YLLs, Years of Life Lost) v důsledku znečištění ovzduší aerosolovými částicemi byl, vzhledem k dostupnosti demografických údajů, proveden pro rok 2018. V roce 2018 byl počet ztracených let života předčasným úmrtím následkem expozice znečištěnému ovzduší aerosolovými částicemi pro obyvatele ČR starší 30 let 88 900 let (tj. 1 218let/100 000 obyvatel). Při akceptování značné míry zjednodušení lze výsledek interpretovat i tak, že na každého obyvatele ČR staršího 30 let připadalo v roce 2018 v průměru 4,4 ztracených dní života v důsledku předčasné úmrtnosti.

- Navýšení karcinogenního rizika pro jednotlivé látky (ILCR) se ve městech pohybovalo v řádu $5,5 \times 10^{-8}$ až $7,6 \times 10^{-4}$, největší příspěvek představuje expozice benzo[*a*]pyrenu (> 95 %), jako reprezentanta polycyklických aromatických uhlovodíků. Tento stav se dlouhodobě nemění.

Úroveň znečištění ovzduší v monitorovaných městech, při víceméně stabilizované emisní zátěži, kolísá a je významněji ovlivňována meteorologickými podmínkami než změnami v emisních bilancích. Přetrvává vyšší četnost excesů a rychlých změn počasí střídaných dlouhodobějšími suchými obdobími vysokých teplot nebo krátkými obdobími intenzivních srážek. Úroveň znečištění ovzduší významně ovlivňují aktuální relativně teplé zimy (2013 – 2019) a v roce 2019 ji navíc významně ovlivnily mimořádně příznivé rozptylové podmínky.

V rámci této zprávy je hodnocení vycházející ze vztahu k imisním limitům, tedy deskriptivní přístup hodnocení kvality ovzduší, doplněno a rozšířeno o vazbu na definované typy/kategorie městských lokalit. Přínosem je to především při hodnocení zátěže z ovzduší respektive expozičních úrovní suspendovaných částicemi (frakce PM₁₀, PM_{2,5}), NO₂, PAU, benzenem a s výjimkou specifickými zdroji zatížených lokalit i As. V případě lokálně nebo i regionálně významných zdrojů Cr, Cd nebo Ni lze takto detailněji analyzovat a přesněji určit problémové lokality (Cd v Tanvaldu). V druhé úrovni tento postup interpretace dat umožňuje identifikovat význam a podíl spolupůsobících zdrojů (domácí topeniště, doprava, průmysl). Významným výstupem je i odhad středních ročních hodnot v průmyslem a dopravou nezatížených městských oblastech.

X. SOUHRN

V městech a v městských aglomeracích je dlouhodobě hlavním zdrojem znečištění ovzduší doprava a procesy s ní spojené tj. primární spalovací a nespalovací emise), (tj. resuspenze, otěry, koroze atd.). Jedná se o majoritní zdroj oxidů dusíku, aerosolových částic všech frakcí včetně ultra-fine částic, chromu a niklu, olova (resuspenze), těkavých organických látek - VOC (zážehové motory), polycyklických aromatických uhlovodíků - PAU (vznětové motory).

Ve svém součtu jsou velmi významné také emise skleníkových plynů oxidu uhelnatého a oxidu uhličitého (cca 10^2 až 10^3 g CO₂/1 km/vozidlo). Malé, lokálně významné energetické zdroje spalující plynná a pevná fosilní paliva pak mohou být nezanedbatelným zdrojem oxidů dusíku, oxidu uhelnatého, PAU a aerosolových částic s významným podílem částic ultra-jemné frakce. Malé průmyslové podniky jsou zdrojem aerosolu, pachově postižitelných látek, kovů a VOC.

Samostatnou kapitolu představuje okolí velkých průmyslových a energetických zdrojů nebo oblasti významně zatížené dálkovým přenosem. Obojí významně ovlivňuje kvalitu ovzduší v ostravsko-karvinské a severočeské aglomeraci. Je třeba zmínit i problém sekundárních škodlivin včetně ozonu, vznikajícího v ovzduší z emitovaných prekursorů (VOC). Jeho koncentrace v současnosti narůstají i díky vícedenním epizodám a narůstajícímu počtu tropických dnů.

Výsledky měření koncentrací znečišťujících látek ve venkovním ovzduší jsou získávány ze sítě měřicích stanic, které provozují zdravotní ústavy v monitorovaných městech (CS-MON) a z měřicích stanic spravovaných Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ), jejichž umístění a rozsah měřených látek vyhovuje požadavkům Systému monitorování. Z měřicí sítě AIM provozované ČHMÚ byla v roce 2019 do zpracování zahrnuta data o základních škodlivinách, těžkých kovech, PAU a benzenu.

Zpracovávány výsledky ze 79 měst (a z 8 pražských částí) zahrnují 111 městských stanic, z toho 23 stanic provozovala hygienická služba (zdravotní ústavy) a 88 stanic je součástí Státní imisní sítě ČHMÚ. Do zpracování jsou zahrnuta pro srovnání i data o úrovni venkovského pozadí získaná v rámci příslušných měřicích programů na dvou stanicích EMEP provozovaných ČHMÚ (Co-operative programme for the monitoring and evaluation of the long range transmission of air pollutants in Europe) v Košetících a na Bílém Kříži, dále jsou jako pozadové stanice regionálního významu hodnoceny stanice Jeseník, Svatouch, Kuchařovice, Červená a Rudolice v Horách, a jako dopravně extrémně zatížené stanice („hot spot“) stanice v Praze, Brně, Ústí n/L a v Ostravě.

Ve většině sídel byl v antropogenní vrstvě atmosféry monitorován oxid dusičitý (69 hodnocených stanic), aerosolové částice frakce PM₁₀ (99 stanic), na 46 stanicích jsou sledovány hmotnostní koncentrace vybraných těžkých kovů (arsen, chrom, kadmium, mangan, nikl a olovo) ve vzorcích aerosolových částic frakce PM₁₀. Podle osazení měřicích stanic jsou tato data variabilně doplněna měřením oxidu siřičitého, oxidu dusnatého, sumy oxidů dusíku, ozónu, oxidu uhelnatého, dalších kovů (Co, Zn, Cu, Se, Ti, V, Fe), měřením suspendovaných částic frakce PM_{2,5} a prvků ve frakci PM_{2,5}. Součástí zpracování jsou výsledky z rutinního monitoringu těkavých organických

látek (benzen - 33 stanic) a polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU - 42 hodnocených stanic).

Imisní charakteristiky byly zpracovány ve dvou úrovních. První část je zaměřena na hodnocení ve vztahu ke stanoveným ročním imisním limitům a referenčním koncentracím stanoveným SZÚ. Pro hodnocení byly použity imisní limity (IL) stanovené přílohou č. 1 Zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. a referenční koncentrace (Rf_K) vydané SZÚ v květnu 2003, aktualizované v roce 2018 - aktuální zmocnění je v § 27 odst. 6 Zákona č. 201/2012 Sb. Ve druhé úrovni byla kvalita ovzduší hodnocena v definovaných typech (kategoriích) městských lokalit. Kritériem pro zařazení lokality/měřicí stanice do příslušné kategorie je intenzita okolní dopravy, podíl jednotlivých typů zdrojů vytápění a případná zátěž významným průmyslovým zdrojem. Definice kategorií podle těchto kritérií jsou uvedeny v příloze č. 1. Údaje o kvalitě ovzduší byly pak pro vybrané škodliviny (NO_2 , PM_{10} , As, Cd, Ni, Pb, benzen a BaP) zpracovány skupinově - pro jednotlivé typy lokalit. Pro populaci žijící ve městech byl zpracován odhad úrovně zátěže pro jednotlivé škodliviny definovaný jako střední hodnota vypočtená z městských pozadových stanic. Do tohoto odhadu v případě suspendovaných částic frakce PM_{10} nebyly zahrnuty údaje městských stanic v Moravskoslezském kraji, vzhledem k plošně vyšší zátěži ve srovnání se stanicemi v ostatních regionech republiky; ty jsou hodnoceny samostatně.

V roce 2019 se úroveň znečištění venkovního ovzduší ve srovnání s rokem 2018 plošně významně (aerosolové částice obou sledovaných frakcí) až mírně (NO_2 , BaP, As a Pb) zlepšila. Výjimkou je stálá zvýšená zátěž Ostravské aglomerace PAU. To může být důsledek mírné, shodně s obdobím 2012 až 2018, teplotně nadprůměrné zimy a celoročního výskytu příznivých rozptylových podmínek. Naopak u látek majoritně vázaných na průmyslové zdroje (benzen, Cd, Ni) nebo na dopravu (NO_2) hodnoty lokálně mírně vzrostly. Potvrdilo se, že kvalita ovzduší v monitorovaných městech je významně ovlivňována meteorologickými podmínkami, které lze charakterizovat vyšší četností excesů.

1 Základní látky (SO_2 , NO, NO_2 , NO_x , PM_{10} , $PM_{2,5}$, CO, O_3)

Dominantními a v podstatě plošně působícími zdroji znečištění ovzduší měst a městských aglomerací zůstávají spalovací a nespalovací emise z dopravy. Další spolupůsobící zdroje (výroba energie, malé a střední průmyslové zdroje, domácí vytápění, průmysl) mají více lokální až regionální význam. Příkladem je extenzivně průmyslem zatížená oblast Moravskoslezského kraje (MSK), která dlouhodobě vykazuje zvýšené hodnoty škodlivin ve venkovním ovzduší. Zde mají zásadní význam i emise z velkých průmyslových zdrojů a dálkový přenos škodlivin.

Významnými zdroji jsou také malé domácí/lokální topeniště na pevná a fosilní paliva. To potvrzují roční imisní charakteristiky suspendovaných částic frakce PM_{10} a $PM_{2,5}$ a benzo[a]pyrenu, které nejenom v městských dopravně exponovaných lokalitách, ale zvláště v průmyslem zatížených oblastech MSK překračují jak doporučené hodnoty Světové zdravotnické organizace (WHO), tak i imisní limity. Naproti tomu měřené hodnoty oxidu uhelnatého a oxidu siřičitého na stanicích ve městech jen výjimečně překročily úroveň 10 % stanovených krátkodobých imisních limitů, nevýznamně

zvýšené koncentrace oxidu siřičitého lze pozorovat spíše výjimečně. S vyšší četností slunných až tropických dnů narůstá počet dnů a oblastí se zvýšenými koncentracemi přízemního ozónu.

Ke sledovaným parametrům kvality ovzduší:

- Roční aritmetické průměry **oxidu dusičitého** na pozadových stanicích EMEP nepřekročily $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ve městech se v závislosti na intenzitě okolní dopravy pohybovaly v rozsahu od $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v emisně významně nezatížených městských/předměstských lokalitách, přes 13 až $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ u dopravně středně zatížených oblastí, až k $30 - 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v dopravně silně zatížených lokalitách. Nejvyšší hodnoty jsou měřeny na dopravních „hot spot“ stanicích (Praha, Ostrava, Brno a Ústí n/L), kde se roční střední koncentrace pohybovaly mezi 30 až $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (≈ 120 % imisního limitu $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ve městech se na výsledném znečištění oxidem dusičitým spolupodílí spalovací procesy (výroba energie, domácí topeniště) a v Ostravsko-karvinské oblasti i velké průmyslové zdroje. Situace se dlouhodobě nemění.
- Expozici **suspendovaným částicím frakce PM₁₀** lze, přes výrazný pokles měřených hodnot v roce 2019, považovat dlouhodobě za plošně zvýšenou. Přes výrazné snížení měřených hodnot lze odhadovat, že přibližně 7 % z cca 4,15 milionu obyvatel zahrnutých měst žije v lokalitách, kde je alespoň na jedné měřicí stanici naplněno alespoň jedno z kritérií překročení imisního limitu. Více než 35 překročení krátkodobého 24hod. imisního limitu ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3/24$ hodin) bylo v roce 2019 naměřeno na 7 stanicích (7 % měřicích stanic z celkového počtu 99 hodnocených), roční imisní limit ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$) nebyl v roce 2019 překročen na žádné hodnocené měřicí stanici. Nejvyšší městská hodnota ročního aritmetického průměru ($37,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) byla naměřena na stanici ve Věřňovicích (TVER - $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Vyšší zátěž částicemi frakce PM₁₀ v Moravskoslezském kraji dokládá rozdíl cca $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mezi odhadem roční průměrné koncentrace pro městské prostředí v MSK - $24 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ vs $19 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ pro ostatní města ČR.

V jednotlivých typech městských lokalit, v závislosti na intenzitě okolní dopravy, se roční střední hodnota PM₁₀ pohybovala:

- na úrovni $18,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v MSK) v dopravou přímo nezatížených městských lokalitách (kategorie 2 a 3);
- v rozsahu 17 až $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (až $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v MSK) ročního průměru v dopravně exponovaných místech (kategorie 4 až 6);
- až po 19 až $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (až $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v MSK) ročního průměru v průmyslem silně exponovaných lokalitách (kategorie 8 až 10).

Z tohoto srovnání je zřejmá závislost měřených hodnot PM₁₀ jak na intenzitě dopravy, kdy se emise z liniového zdroje/zdrojů přičítají k městskému pozadí, tak na vlivu lokálních malých zdrojů - topenišť. V ostravsko-karvinské aglomeraci je obvyklá kombinace zdrojů (doprava a lokálně působící zdroje) doplněna o vliv významných průmyslových zdrojů a nezanedbatelný význam zde má i dálkový transport. Nasvědčuje tomu roční hodnota $37,5 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ na venkovské stanici Věřňovice ležící na spojnici ostravské aglomerace a polského, průmyslem zatíženého příhraničí v Jastřebsko-Rybnické oblasti.

V roce 2019 byla střední hodnota PM₁₀ $20 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$, doporučená jako mezní Světovou zdravotnickou organizací (WHO), překročena na 40 % z hodnocených 99 měřicích stanic (mírné snížení proti roku 2018). Což lze, při srovnání s hodnotami měřenými v letech 2012 až 2018, přes průkazný vliv příznivých rozptylových podmínek, hodnotit pozitivně. Trend vývoje zátěže prostředí aerosolovými částicemi frakce PM₁₀ v sídlech ČR je, i díky tomuto faktu, v posledních 10 letech klesající, příznivý vývoj se ale může velmi rychle zvrátit.

- Do hodnocení zátěže prostředí **suspendovanými částicemi frakce PM_{2,5}** byla v roce 2019 zahrnuta data z 65 stanic. Měření reflektuje převážně větší městské aglomerace, vyšší

hodnoty jsou měřeny v průmyslových lokalitách na Ostravsku (15 až 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$). Průměrné roční hmotnostní koncentrace se pohybovaly od 9 do 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hodnota ročního imisního limitu 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ byla překročena na osmi stanicích (vše v MSK). Roční průměr 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (doporučení WHO), byl překročen na 61 (94 %) do hodnocení zahrnutých stanicích včetně republikové pozad'ové stanice v Košetících (10,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Podíl suspendovaných částic frakce $\text{PM}_{2,5}$ ve frakci PM_{10} se pohyboval od 55 % (stanice Plzeň - Doubravka - PPLV) po 85 % (stanice Č. Budějovice - Třešňová - CCBT). V období 2007 až 2018 se průměrná hodnota podílu pohybovala mezi 72 až 78 %. V roce 2019 byl tento podíl 72 %. Tento parametr je primárně dán složením spolupůsobících zdrojů, ale zároveň vykazuje významnou sezónní závislost, kdy vyšší hodnoty podílu frakce $\text{PM}_{2,5}$ (≈ 90 %) jsou měřeny v topné sezóně, případně v období nepříznivých rozptylových podmínek.

2 Kovy v suspendovaných částicích (As, Cd, Cr, Mn, Ni a Pb)

Úroveň znečištění ovzduší sledovanými těžkými kovy je ve většině hodnocených městských lokalit dlouhodobě bez významnějších výkyvů. V případě niklu a arsenu hodnoty v posledních letech klesají.

Koncentrace As, Cd, Ni a Pb v sídlech jsou ve srovnání s hodnotami přirozeného republikového pozadí, měřenými na stanicích EMEP v Košetících, na Bílém Kříži a ve Svratouchu, dlouhodobě většinou mírně zvýšené (přibližně dvakrát). Výjimku tvoří četnější vyšší hodnoty arsenu, které lze nalézt především v okolí významných průmyslových zdrojů na stanicích v Ostravě (metalurgie) a v lokalitách s majoritním zastoupením spalování tuhých fosilních paliv (v Kladně-Švermově - 3,4 $\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$) a dále na stanicích v menších sídlech (Stehelčevěs, Březiněves, Vrapice, Lom u Mostu) nebo v Tanvaldu, kde se roční průměrné hodnoty pohybovaly mezi 2 až 3 ng/m^3 . Vyšší koncentrace ostatních kovů mají většinou lokálně ohraničený výskyt i význam, když průmyslem zatížené oblasti na Ostravsku jsou charakterizovány zvýšenými hodnotami Ni, Cr, Mn, Cd a Pb. Průmyslovou zátěž Cd charakterizují hodnoty na stanici v Tanvaldu - školka (3,2 $\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$) a roční průměrná koncentrace olova na stanici v Příbrami (20,4 $\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$) indikuje starou zátěž.

- **arsen** je považován za citlivý indikátor spalování fosilních paliv, výsledky měření prokazují i jeho významnost v emisích z metalurgických procesů. Roční průměry 0,15 až 0,46 ng/m^3 byly nalezeny na 6 stanicích reprezentujících pozad'ovou zátěž. Hodnoty nad 2 ng/m^3 (33 % IL) ročního aritmetického průměru byly v roce 2019 naměřeny na 9 stanicích (19 %) reprezentujících vliv lokálních topenišť a metalurgických provozů. Odhad střední hodnoty v městských lokalitách se pohyboval na úrovni 1 $\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$ - tedy ≈ 17 % IL. Z analýzy zastoupení As v souběžně odebíraných vzorcích frakcí PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ vyplývá, že v roce 2019 bylo v průměru 90 % arsenu ve frakci $\text{PM}_{2,5}$ a tento podíl se mírně liší podle podílu zastoupení průmyslových a malých zdrojů. Význam výroby energie spalováním fosilních paliv (včetně lokálního vytápění) - plošně působícího typu zdroje/zdrojů pak jednoznačně prokazuje průběh ročních hodnot, kdy v topné sezóně jsou hodnoty přibližně dvakrát vyšší;
- roční imisní charakteristiky **kadmia** u většiny hodnocených městských stanic (42 z 47) nepřesáhly 0,5 ng/m^3 (10 % IL), navýšení v městech proti průměru na pozad'ových stanicích ČHMÚ (0,1 $\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$) je možno připsat lokálním zdrojům nebo průmyslové zátěži. Hodnoty ve většině sídel jsou dlouhodobě stabilní; odhad střední hodnoty v městských lokalitách - 0,22 $\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$ - znamená sice dvojnásobnou hodnotu proti pozad'ovým hodnotám, ale jedná se stále o méně než 10 % naplnění IL. Oblastí se zvýšenou zátěží způsobenou průmyslovou výrobou zůstává Tanvald a okolí (≈ 4 $\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$);

- roční aritmetické průměry koncentrací **chromu** byly na většině (39 z 44) městských stanic v rozmezí 0,5 - 4 ng/m³, pouze na Ostravské stanici Radvanice (TORE) bylo naměřeno více jak 5 ng/m³ (7,0 ng/m³). Konzervativní odhad střední hodnoty ve městech se pohybuje na úrovni 1,22 ng/m³/rok. Podle modelového odhadu při středním zastoupení Cr^{VI+} ve směsi na úrovni 0,1 až 0,5 % by se jeho hodnoty pohybovaly v rozmezí 0,002 - 0,01 ng/m³, tedy pod úrovní 40 % stanovené referenční koncentrace;
- roční střední koncentrace **niklu** tvoří ve městech poměrně homogenní pole s koncentracemi < 2 ng/m³/rok (< 10 % IL). Při porovnání s hodnotami přirozeného pozadí (< 0,6 ng/m³) se jedná o mírně zvýšené hodnoty. Odhad roční koncentrace Ni v městských pozad'ových lokalitách byl 0,59 ng/m³. Hodnoty vyšší než 2 ng/m³ byly v roce 2019 naměřeny na čtyřech stanicích v Moravskoslezském kraji, kdy nejvyšší hodnoty ročního průměru byly naměřeny na dvou stanicích v Ostravě (Ostrava Mariánské Hory (TOMH) - 4,0 ng/m³, Ostrava - Přívoz (TOPR) - 3,61 ng/m³), kdy dosáhly 20 % IL. Z analýzy zastoupení Ni v souběžně odebíraných vzorcích frakcí PM₁₀ a PM_{2,5} vyplývá, že tento podíl náhodně kolísá v průběhu kalendářního roku a bez zjevné závislosti na typu lokality (městská, městská pozad'ová, průmyslová);
- **olovo** zůstává prvkem s dlouhodobě stabilními hodnotami a homogenním polem měřených imisních hodnot bez velkých sezónních, klimatických či jiných výkyvů. Odhad střední hodnoty ve městech (≈ 6,4 ng/m³/rok) řadí olovo mezi méně významné škodliviny. Svědčí o tom i skutečnost, že roční střední hodnoty na 40 stanicích z 47 hodnocených nepřekročily 15 ng/m³ (< 3 % IL). Roční imisní charakteristiky nad 20 ng/m³ (tj. nad 4 % IL) byly v roce 2019 naměřeny pouze na 2 stanicích v Moravskoslezském kraji (TORO a TORE) a stanici v Příbrami (SPBR), ale i nejvyšší hodnota ročního průměru na stanici TORE v Ostravě Radvanicích (51,92 ng/m³) je na úrovni 10 % IL. Z analýzy zastoupení Pb v souběžně odebíraných vzorcích frakcí PM₁₀ a PM_{2,5} vyplývá, že ve frakci PM_{2,5} je více než 75 % olova a tento podíl se mírně liší podle podílu zastoupení průmyslových a malých zdrojů;
- roční střední hodnoty **manganu** na 37 městských stanicích z 47 nepřekročily 15 ng/m³ (10 % Rfk); vyšší hodnoty se nachází téměř výhradně v Moravskoslezském kraji. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny na dvou průmyslem zatížených stanicích v Ostravě Radvanicích TORE 79,7 ng/m³ (tj. cca 50 % stanovené Rfk) a TORO 40,0 ng/m³. Hodnoty ročních aritmetických průměrů na pozad'ových stanicích nepřekročily 4 ng/m³. Z analýzy zastoupení Mn v souběžně odebíraných vzorcích frakcí PM₁₀ a PM_{2,5} vyplývá vyšší podíl v hrubé frakci PM₁₀ než PM_{2,5}, (30 až 50 % celkového obsahu Mn). Na průmyslem zatížených stanicích v Moravskoslezském kraji je 50 až 75 % Mn ve frakci PM_{2,5}, vyšší hodnoty podílu byly měřeny v zimních měsících.
- **titan** je měřen pouze na stanici v SZÚ (ASRO), **vanad, železo, kobalt, zinek, selen a měď** jsou kovy měřené ve frakci PM₁₀ pouze na stanicích provozovaných ČHMÚ. Nejsou pro ně stanoveny imisní limity a zatím ani hodnoty použitelné pro hodnocení jejich expozice a vlivu na zdraví.

3 Organické látky (benzen a PAU)

Benzen - do zpracování za rok 2019 byly zahrnuty hodnoty benzenu měřené celkem na 31 stanicích. Úroveň znečištění ovzduší benzenem se v měřených městských lokalitách pohybovala v rozmezí 0,7 - 4,1 µg/m³/rok, imisní limit pro benzen nebyl překročen na žádné stanici. Nejvyšší hodnoty jsou dlouhodobě zjišťovány v průmyslově zatížených lokalitách (chemický průmysl, metalurgie...).

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) - z porovnání imisních charakteristik sledovaného spektra na 42 stanicích umístěných v jednotlivých typech městských

lokalit vyplývá, že se jedná vždy o kombinaci vlivu dvou hlavních typů zdrojů emisí PAU (domácí topeniště a doprava), kdy se emise z liniových zdrojů sčítají s městským pozadím místně ovlivňovaným lokálně působícími malými zdroji. Specifickým případem je průmyslem a starou zátěží exponovaná Ostravsko-karvinská aglomerace, kde se k obvyklým zdrojům přidávají jak emise z velkých průmyslových celků, tak významný příspěvek dálkového transportu. Výšemolekulární frakce PAU je převážně vázána na jemné aerosolové částice (frakce $PM_{2,5}$ a menší; majoritní podíl mají pravděpodobně velikostní frakce 0,5 až 0,8 μm), ale mohou se vyskytovat i ve formě par. Pro výšemolekulární PAU je také dlouhodobě charakteristický velký rozdíl mezi aritmetickým a geometrickým průměrem, což svědčí o značném sezónním kolísání koncentrací.

- Ve větších městských celcích lze nadále v roce 2019 zátěž z dopravy charakterizovat jako plošnou, kdy rozdíly mezi málo zatíženými a dopravně významně exponovanými lokalitami jsou minimální;
- v okrajových částech měst a v místech s významným/majoritním podílem spalování fosilních paliv je, zvláště v topném období, zřejmý vliv domácích topenišť. Tyto lokality se vyznačují vyššími koncentracemi v topném období a hodnotami pod mezí detekce v netopném období;
- velmi významné lokální navýšení měřených hodnot způsobuje těžký průmysl.

Pro **benzo[a]pyren** (BaP), používaný jako indikátor zátěže ovzduší, platí:

- hodnoty ročního aritmetického průměru na pozařových stanicích byly 0,3 až 0,5 ng/m^3 a zároveň se zde hmotnostní koncentrace v zimním období pohybovaly v jednotkách ng/m^3 , to je srovnatelné s úrovní zátěže v některých městských lokalitách;
- rozpětí ročních průměrů na městských stanicích nezatížených průmyslem a intenzivní dopravou se pohybovalo mezi 0,4 až 3,1 ng/m^3 , odhad střední hodnoty byl 1,1 $ng/m^3/rok$;
- v dopravně silně zatížených lokalitách byla střední roční hodnota 0,8 $ng/m^3/rok$ (rozpětí 0,4 až 1,2 ng/m^3), tyto lokality se vyznačovaly menší variabilitou mezi hodnotami naměřenými v zimním a letním období;
- v průmyslově zatížených lokalitách (chemický průmysl, metalurgie...), především v Ostravsko-karvinské pánvi, byly až několikanásobně vyšší roční střední hodnoty (0,9 až 8,7 $ng/m^3/rok$) se zimními 24 hodinovými maximy v řádu desítek ng/m^3 ; v letním období se zde měřené hodnoty nejčastěji pohybovaly od 1 do 4 ng/m^3 ; střední roční hodnota pro tyto lokality byla 2,8 ng/m^3 .
- střední hodnota 3,5 ng/m^3 zjištěná na stanici ve Švermově u Kladna, kde se v úzkém sevřeném údolí kombinují emise z domácích topenišť na pevná paliva s lokálně významným podílem emisí z dopravy, dokazuje existenci významně zatížených, měřením a tím i vyhodnocením v podstatě nepokrytých vesnických či předměstských lokalit, kde pravděpodobně dochází až k několikanásobnému překročení IL.

V roce 2019 byla hodnota imisního limitu (1 $ng/m^3/rok$) pro benzo[a]pyren (BaP) překročena na 22 z 41 do zpracování zahrnutých stanic. Imisní limit byl, mimo zcela specifickou venkovskou - příměstskou stanici v Kladně Švermově (SKLS) a příměstskou stanici v Praze 5 Řeporyjích (ARER) několikanásobně překročen především na všech stanicích v Ostravě (1,6 až 8,7 $ng/m^3/rok$); dále trojnásobně na stanici v Českém Těšíně (TCTN). Vysoké hodnoty byly dále zjištěny v Karvině (TKAO), ve Valašském Meziříčí (ZVMZ) a na stanici Studénka (TSTS) v okrese Nový Jičín. Na ostatních městských stanicích byla hodnota IL překročena maximálně o 70 %. Nejnižší hodnoty, pod 0,5 $ng/m^3/rok$ naměřené na městských stanicích v Brně - Líšni

(BBNI), Masná (BBNA), v Ústí nad Labem – Kočkov (UULK) a v Pelhřimově (JPEM), jsou srovnatelné s koncentracemi zjištěnými na pozadových stanicích.

Význam emisí z velkých průmyslových zdrojů a lokálně působících emisí z malých energetických zdrojů je zřejmý i u další látky, pro kterou je stanovena referenční koncentrace, a to u **benzo[*a*]antracenu** (BaA). Jeho roční průměry sledované na městských stanicích měly široké rozpětí od 0,5 do 9,95 ng/m³. Na stanicích mimo Ostravsko-karvinskou pánev roční střední hodnoty nepřekročily 2,5 ng/m³/rok. Výjimkou z pravidla je zdrojově a umístěním zcela specifická stanice v Kladně - Švermově (4,4 ng/m³/rok). Na stanicích v Ostravsko-karvinské pánvi byly roční průměry vyšší, v rozmezí 2,6 až 4,4 ng/m³/rok, z tohoto rozpětí pak vybočuje průmyslem a lokálními topeništi silně zatížená stanice v Ostravě Radvanicích (TORE), kde se roční střední hodnota (9,95 ng/m³) přiblížila referenční koncentraci. Roční referenční koncentrace (RfK - 10 ng/m³/rok) nebyla v roce 2019 překročena.

Karcinogenní potenciál směsi k-PAU (suma karcinogenních PAU) vyjádřený jako ekvivalent BaP (TEQ BaP) vykazoval velké rozdíly v závislosti na měřené lokalitě. Nejvyšší hodnota 12,1 ng/m³/rok byla zjištěna na stanici monitorující okolí významného průmyslového zdroje v Ostravě – městské části Radvanice (TORE). Rovněž na dalších průmyslem zatížených stanicích v Moravskoslezském kraji byly nalezeny vyšší hodnoty (2 - 5 ng/m³/rok TEQ BaP) než na ostatních městských stanicích. Tam se roční hodnoty TEQ BaP pohybovaly od 0,7 do 2,7 ng/m³. Potenciální vliv malých lokálních zdrojů na pevná paliva a dopravy v těžko odvětrávaných místech v malých sídlech pak dobře ilustrují hodnoty 5,2 ng/m³ na stanici v Kladně - Švermově (SKLS) a 2,7 ng/m³ v Brandýse n/Labem (SBRL).

4 Komplexní hodnocení kvality ovzduší

Základem je hodnocení stavu ovzduší formou indexu kvality ovzduší, který vychází z dlouhodobých (ročních) imisních limitů (IL) stanovených přílohou č. 1 Zákona č. 201/2012 Sb. Doplněním je porovnání individuálních podílů středních ročních imisních charakteristik a imisních limitů jednotlivých sledovaných látek a celkové sumy těchto podílů.

Nadstavbou je zpracování odhadu zdravotních rizik, způsobených expozicí populace konkrétním znečišťujícím látkám. Ten byl zpracován jak pro aerosolové částice (PM₁₀, PM_{2,5}), tak pro látky s potenciálním karcinogenním účinkem (bezprahovým), mezi něž jsou zahrnuty As, Cd, Ni, benzen a BaP. Výpočty platí pro celoživotní expozici 24 hodin denně pro dospělého člověka o hmotnosti 70 kg, který vdechne 20 m³ vzduchu za den. Hodnocení bylo provedeno pro základní typy městských lokalit; kritérii rozdělení byla intenzita okolní dopravy, podíl jednotlivých typů zdrojů vytápění a zátěž významným průmyslovým zdrojem.

Součástí je odhad ztracených let života (YLLs), zpracovaný, vzhledem k omezené dostupnosti příslušných demografických dat, pro rok 2018.

4.1 Index kvality ovzduší (IKO_R)

Do výpočtu byly zahrnuty roční aritmetické průměry všech měřených škodlivin, pro které jsou stanoveny roční imisní limity (oxid dusičitý – NO₂, suspendované částice

frakce PM₁₀ a PM_{2,5}, arsen – As, kadmium – Cd, nikl – Ni, olovo – Pb, benzen – BZN a benzo[*a*]pyren – BaP). Nejčastěji byl v roce 2019 ve městech a v okolí velkých průmyslových zdrojů překračován roční imisní limit pro benzo[*a*]pyren (22 stanic), pro frakci PM_{2,5} (8 stanic, a to výhradně v Moravskoslezském kraji) a kritérium maximálního počtu překročení denního imisního limitu pro suspendované částice frakce PM₁₀ (celkem 7 stanic). V pražské aglomeraci s vysokou hustotou dopravních komunikací byl na jedné stanici překročen IL pro oxid dusičitý, na 11 stanicích v Moravskoslezském kraji IL pro frakci PM_{2,5}.

Z hodnot vypočtených pro jednotlivé typy městských lokalit vyplývá, že v oblastech s vlivem lokálně působících malých zdrojů na tuhá paliva byly hodnoty IKO_R, v rozmezí 0,96 až 1,30; shodně s léty 2011 až 2018 tak zůstávají na hranici druhé třídy (vyhovující kvalita ovzduší). Srovnatelné hodnoty IKO_R (0,96 až 1,36) v městských lokalitách, rozdělených v závislosti na intenzitě dopravy, potvrzují významnost vlivu obou těchto typů zdrojů na znečištění městského ovzduší. Mírnější zimy 2013 až 2019 a příznivé rozptylové podmínky v roce 2019 se také v tomto ukazateli projeví postupným poklesem hodnot v oblastech s majoritou malých zdrojů. Souběhu lokálně působících emisí včetně dopravních, vlivu emisí z průmyslových zdrojů a vlivu přeshraničního transportu z Polska na Ostravsko-karvinskou oblast odpovídá odhadnutá střední roční hodnota IKO_R > 2 (klasifikace 3. třída IKO_R – mírně znečištěné ovzduší) a maximální hodnota na stanici Ostrava-Radvanice spadající do 4. třídy IKO_R s hodnotou 3,48 (klasifikace 4. třída IKO_R – znečištěné ovzduší).

4.2 Suma plnění ročních imisních limitů

Ve všech hodnocených typech městských lokalit a dokonce i na regionálních a republikových pozadových stanicích (zde 1,52), překročila suma individuálních podílů hodnotu 1 a pohybuje se v rozsahu od 2,7 v městských pozadových oblastech po 13,28 v průmyslem exponované lokalitě v Ostravě.

- Nejvyšší míra čerpání imisního limitu byla zjištěna pro benzo[*a*]pyren (BaP), u něhož byl odhad podílu k IL pouze v městských pozadových oblastech nižší než 1. V žádném typu městské lokality neklesl průměrný podíl pod hodnotu ročního imisního limitu. Roční průměr pro pozadové stanice čerpal imisní limit maximálně z 50 %. Střední hodnoty čerpání se v průmyslem nezatížených městských lokalitách pohybovaly od 41 do 314 %; nejvyšší (střední) hodnota 872 % patří ostravské městské průmyslové oblasti.
- Průměrná roční koncentrace částic PM₁₀ čerpá imisní limit v nejnižší míře v městských pozadových (30 %), nejvíce pak v městských průmyslových (až 78 %) případně vesnických lokalitách v MSK (94 %). Totéž s rozšířením o dopravně exponované lokality platí pro oxid dusičitý, kde maximální hodnota na dopravním Hot-Spotu byla 120 %.
- U částic frakce PM_{2,5} se městské pozadové a dopravní lokality lišily v jednotkách procent (71 až 87 %), nadlimitní čerpání IL bylo zaznamenáno pouze v průmyslových lokalitách MSK.
- V průmyslových lokalitách je zřejmá i zvýšená zátěž ovzduší arsenem (metalurgické provozy v MSK), kadmiem (Tanvald a okolí) a benzenem (ostravská aglomerace).

Pro podobný popis situace v malých sídlech sice stále není dost podkladů, nicméně za nejvýznamnější lze považovat suspendované částice (PM₁₀ a PM_{2,5}), BaP a arsen, jejichž zdrojem jsou převážně malé lokální zdroje na pevná paliva.

Maximální hodnota čerpání imisního limitu byla nalezena pro BaP (872 %) na stanici v Ostravě-Radvanicích (TORE). Další v pořadí nejvyšší hodnoty podílu roční střední koncentrace a imisního limitu dosahují hodnoty PM₁₀ a PM_{2,5} v MSK (až 85 respektive 130 %), oxidu dusičitého v dopravně exponovaných lokalitách (až 120 %), arsenu v oblastech s významným zastoupením lokálních topenišť (až 56 %) a benzenu (až 82 %) v okolí velkých průmyslových zdrojů v MSK. Výjimku z jinak významně nižších podílů roční střední koncentrace k imisnímu limitu u olova, niklu a kadmia (5 až 30 %) představují pouze zvýšené hodnoty kadmia ze staré zátěže v okolí Tanvaldu (≈ 80 %). Za pozitivní ukazatel lze považovat dlouhodobě nízkou zátěž SO₂, Ni a Pb prakticky ve všech ostatních městských lokalitách.

4.3 Hodnocení zdravotních rizik

Uplatnění vlivů znečišťujících látek z ovzduší na zdraví je závislé na jejich koncentraci v ovzduší a době, po kterou jsou lidé těmto látkám vystaveni. Skutečná expozice v průběhu dne, roku a v průběhu života jednotlivce značně kolísá a liší se v závislosti na povolání, životním stylu, resp. na koncentracích látek v různých lokalitách a prostředích.

Mezi zdravotně nejvýznamnější znečišťující látky v ovzduší sídel ČR patří v první řadě aerosol (suspendované částice frakce PM₁₀ a PM_{2,5}), polycyklické aromatické uhlovodíky a v lokalitách významně zatížených dopravními emisemi i oxid dusičitý. Místně se pak mohou prosazovat malé lokálně působící energetické či průmyslové zdroje. V oblastech s významnými průmyslovými zdroji jsou nacházeny zvýšené hodnoty dalších látek - As, Cd, Ni, Cr, benzenu či Pb.

Na základě odhadu průměrné koncentrace suspendovaných částic frakce PM₁₀ v roce 2019 v městském prostředí, mimo MSK (19 µg/m³), lze hruba odhadnout, že v důsledku znečištění ovzduší touto škodlivinou byla bazální celková úmrtnost navýšena o 2,65 %, při zohlednění 75 % podílu frakce PM_{2,5}. Konzervativní odhad počtu předčasných úmrtí, na kterých se podílela expozice suspendovaným částicím frakce PM₁₀ v roce 2019 se pohybuje na úrovni 3,1 tisíce osob.

Ztracené roky života (YLLs) - podle provedeného odhadu činil v roce 2018 pro obyvatele ČR starší 30 let počet ztracených let života předčasným úmrtím následkem expozice znečištěnému ovzduší aerosolovými částicemi 88 900 let (tj. 1 218 let na 100 000 obyvatel). Při akceptování značné míry zjednodušení lze tento výsledek interpretovat i tak, že na každého obyvatele ČR staršího 30 let připadalo v roce 2018 v průměru 4,4 (4,9 v roce 2017) dnů života ztracených v důsledku předčasné úmrtnosti.

Celkové navýšení individuálního celoživotního rizika vypočtené pro látky s bezprahovým působením (BaP, benzen, Cd, Ni a As) v městských lokalitách v ČR pro rok 2019 bylo na úrovni $1,7 \times 10^{-4}$, tj. přibližně dva případy na 10 tisíc obyvatel. Pro jednotlivě hodnocené látky se navýšení individuálního celoživotního rizika pohybuje v řádu 10^{-7} až 10^{-4} , tedy v řádu jednotek případů onemocnění na 10 000 až 10 milionů obyvatel za 70 let.

Hodnoty individuálního karcinogenního rizika (ILCR) vycházející z odhadu střední hodnoty v městských obalst nezatížených extenzivní dopravou a průmyslem pro jednotlivé hodnocené látky:

- BaP $1,2 \times 10^{-4}$ (≈ 1 případ z 10 tisíc)
- Arsen $2,0 \times 10^{-6}$ (≈ 2 případy z 1 milionu);
- Benzen $7,2 \times 10^{-6}$ (≈ 7 případů z 1 milionů)
- Nikl $3,2 \times 10^{-7}$ (≈ 3 případy z 10 milionů)
- Kadmium $1,0 \times 10^{-7}$ (≈ 1 případ z 10 milionů) - nejnižší z hodnocených látek.

Největší příspěvek dlouhodobě představuje expozice směsi PAU.



Příloha č. 1 - Kategorizace stanic měřících kvalitu venkovního ovzduší

Městská - URBAN

1. **Pozad'ová** - URBAN BACKGROUND (území intravilánu sídla bez významných hodnotitelných zdrojů, bez dopravy - např. parky, sportoviště, vodní plochy, plochy půdy ležící ladem apod.).
2. **Městská obytná zóna pouze s lokálními zdroji (dříve REZZO III)** (vilové čtvrti, satelity, zahrádkářské kolonie..., doprava na nízké úrovni do 2 tis. vozidel/24 hodin a/nebo ve vzdálenosti větší jak 150 m od významné komunikace či křížení ulic a/nebo na stíněné straně budovy od této komunikace), lokální zdroje pro vytápění (dříve REZZO II) v komerčních, administrativních a obytných objektech - URBAN RESIDENTIAL LOCAL HEATING.
3. **Městská obytná zóna bez lokálních zdrojů emisí** (sídlíště vytápěná vzdálenými zdroji CZT, doprava na nízké úrovni do 2 tis. vozidel/24 hodin a/nebo ve vzdálenosti vyšší jak 150 m od významné komunikace či křížení ulic a/nebo na stíněné straně budovy od této komunikace) - veřejná energetika, dálkové vytápění URBAN RESIDENTIAL.
4. **Městská obytná zóna s lokálním i CZT vytápěním a s dopravní zátěží 2 až 5 tis. vozidel/24 hodin** (komunikace městské kategorie) a/nebo ve vzdálenosti vyšší jak 150 m od další významné komunikace vyšší úrovně či významného dopravního křížení ulic a/nebo na stíněné straně budovy od této komunikace - URBAN RESIDENTIAL LOW TRAFFIC.
5. **Městská obytná zóna s lokálním i CZT vytápěním a s dopravní zátěží 5 až 10 tis. vozidel/24 hodin** (komunikace městské kategorie, hlavní třídy) a/nebo ve vzdálenosti vyšší jak 150 m od další významné komunikace vyšší úrovně či významného křížení ulic a/nebo na stíněné straně budovy od této komunikace - URBAN RESIDENTIAL MIDDLE TRAFFIC.
6. **Městská obytná zóna s lokálním i CZT vytápěním a s dopravní zátěží s více než 10 tis. vozidel/24 hodin** - prostorově otevřená komunikace (zástavba ve vzdálenosti minimálně 10 m od okraje vozovky) - URBAN RESIDENTIAL TRAFFIC.
7. **Městská obytná zóna s více jak 10 tis. vozidel/24 hodin** (uzavřená komunikace tvaru kaňonů) a tranzitní komunikace s více jak **25 tis. vozidel/24 hodin** - URBAN RESIDENTIAL HEAVY TRAFFIC.

Průmyslová - URBAN INDUSTRIAL

8. **Městská průmyslová zóna** s vyšším významem vlivu technologií než dopravy (do 10 tis. vozidel/den) na kvalitu ovzduší v příslušné zóně.
9. **Městská průmyslová zóna s vyšším významem vlivu dopravní zátěže než vlivu technologií v příslušné zóně.** Do této kategorie se řadí i železniční uzly (nádraží, depa apod.).
10. **Městská průmyslová zóna s výrazným vlivem dopravní zátěže (nad 25 tis. vozidel/den)** než vlivu technologií v příslušné zóně.

Venkovská (rural)

11. **Pozad'ová (background)** - lesy, parky (mimo intravilán), pastviny, neobdělávaná půda, vodní plochy, louky apod.
12. **Zemědělská (agricultural)** - vliv zemědělského zdroje - obdělávaná zemědělská půda.
13. **Průmyslová (industrial)** - převažující vliv průmyslu nad dopravou.

14. **Průmyslová s dopravní zátěží** – převažující vliv dopravy nad vlivem průmyslu.
15. **Obytná zóna s nízkou úrovní dopravy** (do 2 tis. vozidel/24 hod.), (residential).
16. **Obytná zóna se střední úrovní dopravy** (2 až 10 tis. vozidel/24 hod.), (traffic).
17. **Obytná zóna s vysokou úrovní dopravy** (> 10 tis. vozidel/24 hod.), (heavy traffic).
18. **Dopravní zátěž** (>10 tis. vozidel/24 hod.) bez zástavby (zóny ad 1 a ad 2).

Poznámky :

1. Obytná – sídliště, satelitní městečka, vilové čtvrti, nákupní centra, areály nemocnic, městská zástavba, včetně drobných provozoven služeb a výroby.
2. U průmyslové zóny se primárně nehodnotí typ průmyslu. A to i když z hlediska znečištění ovzduší podstatnější roli než doprava typ průmyslu v řadě případů má – příkladem technologií s různým vlivem mohou být metalurgické procesy, lehké montážní haly, lakovny, pivovar (bez vlastního zdroje tepla), význam má také „výška komínů“, fugitivní emise atd.
3. U kategorií definovaných účelem využití je kladen důraz vždy na majoritní zdroje znečištění ovzduší (tj. vždy jeden ze tří - doprava, průmysl, vytápění).
4. Venkovská zóna je vymezena definicí, že platí pro sídla do 2 tis. obyvatel a extravilány.
5. Při řazení do kategorií se bere v úvahu dlouhodobá zátěž lokality.

Příloha č. 2

Tabulka č. 13. - Zařazení zahrnutých stanic do příslušných kategorií

Zahrnuté stanice do zpracování, jejich rozdělení do kategorií a souhrn monitorovacích programů měření kvality venkovního ovzduší na jednotlivých zahrnutých stanicích (A - automatické měření, M - manuální, 0 - kovy ve frakci PM₁₀, 5 - ve frakci PM_{2,5}, P - BaP a D - benzen)

2019	Název stanice	Kategorie lokality	Kód stanice	Měřicí program (kód stanice)					
				AIM	MAN	TK PM ₁₀	TK PM _{2,5}	PAU	BZN
PRAHA									
	ČHMÚ Praha 1, N. Republiky	6	AREP	A					D
	ČHMÚ Praha 2, Legerova	7	ALEG	A		0			D
	ČHMÚ Praha 2, Riegrový sady	3	ARIE	A				P	
	ČHMÚ Praha 4, Chodov	3	ACHO	A					
	ČHMÚ Praha 4, Libuš	3	ALIB	A		0	5	P	D
	Praha 5, Řeporyje	4	ARER	A		0		P	
	CHMÚ Praha 5, Smíchov, Strahovský tunel	6	ASMI	N					D
	ČHMÚ Praha 5, Stodůlky	3	ASTO	A					
	ČHMÚ, Praha 6, Břevnov	5	ABRE	A					
	ČHMÚ Praha 6, Suchdol	3	ASUC	A					
	ČHMÚ Praha 8, Karlín	6	AKAL	A					
	ČHMÚ Praha 8, Kobylisy	5	AKOB	A					
	ČHMÚ Praha 9, Vysočany	7	AVYN	A					
	ČHMÚ Praha 10, Průmyslová	10	APRU	A					
	Praha 10, SZÚ	3	ASRO	A	M	0	5	P	
	ČHMÚ Praha 10, Vršovice	6	AVRS	A					
KRAJ STŘEDOČESKÝ									
	ČHMÚ Beroun	6	SBER	A					
	ČHMÚ Kladno, střed města	6	SKLM	A					D
	Kolín, SAZ, ZÚ	5	SKOA	N		N		N	
	Kralupy, sportoviště, ZÚ	8	SKRP	A		0		P	
	ČHMÚ Mladá Boleslav	3	SMBO	A					
	ČHMÚ Příbram	3	SPRI	A		0			
	Buštěhrad (okres Kladno)	13	SBUS		M	0			
	Vrapice (okres Kladno)	14	SKLC		M	0			

2019	Název stanice	Kategorie lokality	Kód stanice	Měřicí program (kód stanice)					
				AIM	MAN	TK PM ₁₀	TK PM _{2,5}	PAU	BZN
	Stehelčeves (okres Kladno)	14	SSTE		M	0			
	ČHMÚ Kladno, Švermov	16	SKLS	A		0		P	
	ČHMÚ Brandýs n/Labem	2	SBRL					P	
	ČHMÚ Rožďalovice, Ruská (okr. Nymburk)	12	SROR	A/N				P	
	ČHMÚ Ondřejov	11	SONR	A					
KRAJ JIHOČESKÝ									
	ČHMÚ Č. Budějovice, Antala Staška	3	CCBD	A		0		P	D
	Č. Budějovice, Třešňová, ZÚ	2	CCBT	A		0		P	
	ČHMÚ Hojná Voda	12	CHVO	A					
	ČHMÚ Churáňov	11	CCHU	A		0			
	ČHMÚ Prachatice	3	CPRA	A					
	Pelhřimov	2	JPEM	A		0		P	
	ČHMÚ Tábor	5	CTAB	A					
	ČHMÚ Kocelovice	11	CKOC	A					
KRAJ KARLOVARSKÝ									
	Cheb, Eska	6	KCHE		M				
	ČHMÚ Cheb	2	KCHM	A					D
	ČHMÚ Sokolov	3	KSOM	A					D
	ČHMÚ Přebuz	11	KPRB	A					
	F. Lázně, Chebská	3	KFLC		M				
	M. Lázně, Krásný domov	3	KMLK		M				
KRAJ PLZEŇSKÝ									
	Klatovy, Soud, ZÚ	4	PKLS	A		0		P	
	ČHMÚ Plzeň, Slovany	6	PPLA			0		P	D
	Plzeň, Roudná, ZÚ	2	PPLR	A		0		P	
	ČHMÚ Plzeň, Doubravka	12	PPLV	A					
	ČHMÚ Přimda	11	PPRM	A					
	ČHMÚ Kamenný Újezd (okr. Rokycany)	12	PKUJ	A					
KRAJ LIBERECKÝ									
	ČHMÚ Česká Lípa	3	LCLM	A					
	ČHMÚ Jizerka	11	LJIZ			0			
	ČHMÚ Souš	11	LSOU	A		0			
	ČHMÚ Liberec - Rochlice	3	LLIL	A		0		P	D

2019	Název stanice	Kategorie lokality	Kód stanice	Měřicí program (kód stanice)					
				AIM	MAN	TK PM ₁₀	TK PM _{2,5}	PAU	BZN
	ČHMÚ Frýdlant	11	LFRT	A					
	ČHMÚ Tanvald školka	8	LTAS			0			
KRAJ ÚSTECKÝ									
	ČHMÚ Děčín	8	UDCM	A					
	ČHMÚ Chomutov	3	UCHM	A					
	ČHMÚ Litoměřice	3	ULTT	A					
	ČHMÚ Lom (okr. Most)	13	ULOM	A		0			
	ČHMÚ Most	5	UMOM	A					D
	ČHMÚ Teplice	6	UTPM	A				P	
	Ústí n/L, Prokopa Diviše, ZÚ	8	UUDI	A		0		P	
	ČHMÚ Ústí n/L, Všebořická/HOT-SPOT	6	UULD	A					D
	ČHMÚ Ústí n/L, Kočkov	3	UULK	A		0	5	P	
	ČHMÚ Ústí n/L, Město	6	UULM	A					D
	ČHMÚ Rudolice v Horách	11	URVH	A					D
	ČHMÚ Krupka (okr. Teplice)	12	UKRU	A					
	ČHMÚ Doksany	12	UDOK	A		0		P	
	ČHMÚ Měděnec	12	USNZ	A					
	ČHMÚ Sněžník	12	UMED	A					
	ČHMÚ Tušimice	8	UTUS	A		0			D
KRAJ KRÁLOVÉHRADECKÝ									
	ČHMÚ H. Králové, Brněnská	5	HHKB	A					D
	H. Králové, Sukovy Sady, ZÚ	5	HHKS	A		0		P	
	ČHMÚ H. Králové, tř. SNP	3	HHKT			0		P	
	ČHMÚ Trutnov, Tkalcovská	3	HTRT	A					
	ČHMÚ Krkonoše-Rýchory	11	HKRY	A					
	ČHMÚ Polom	11	HPLO	A					
	ČHMÚ Vítězná (Krkonoše)	11	HVIT					P	
KRAJ PARDUBICKÝ									
	ČHMÚ Pardubice, Dukla	8	EPAU	A		0		P	D
	ČHMÚ Pardubice, Rosice	2	EPAO	A					D
	ČHMÚ Svratouch	11	ESVR	A		0		P	
	ČHMÚ Moravská Třebová	3	EMTP	A					
KRAJ JIHOMORAVSKÝ									

2019	Název stanice	Kategorie lokality	Kód stanice	Měřicí program (kód stanice)					
				AIM	MAN	TK PM ₁₀	TK PM _{2,5}	PAU	BZN
	ČHMÚ Brno, Líšen	2	BBNI	A		0		P	
	ČHMÚ Brno, dětská nemocnice	5	BBDN	A					D
	Brno, Masná ulice, ZÚ	6	BBNA	A		0		P	
	ČHMÚ Brno, Úvoz	6	BBNV	A					D
	ČHMÚ Brno, Tuřany	15	BBNY	A					
	Hodonín, ZÚ	2	BHOD	A		0		P	
	ČHMÚ Kuchařovice (okr. Znojmo)	12	BKUC	A		0		P	
	ČHMÚ Znojmo	5	BZNO	A					
	ČHMÚ Mikulov Sedlec	11	BMIS	A					D
KRAJ VYSOČINA									
	ČHMÚ, Jihlava	4	JJIH	A		0			D
	Jihlava, Znojemská, ZÚ	6	JJIZ	A		0		P	
	ČHMÚ Třebíč	2	JTRE	A					
	Žďár n/Sázavou, parkoviště, ZÚ	3	JZNZ	A		0		P	
	ČHMÚ Košetice (EMEP)	11	JKOS	A		0	5	P	D
	ČHMÚ Kostelní Myslová	12	JKMY	A					
KRAJ ZLÍNSKÝ									
	ČHMÚ Zlín	2	ZZLN	A		0		P	D
	ČHMÚ Uh. Hradiště	6	ZUHR	A					
	ČHMÚ Štítná	11	ZSNV	A					
	ČHMÚ Valašské Meziříčí	3	ZVMZ	A				P	D
	ČHMÚ Těšnovice	12	ZTNV	A					
KRAJ OLOMOUCKÝ									
	ČHMÚ Prostějov	2	MPST	A					
	ČHMÚ Přerov	5	MPRR	A					
	ČHMÚ Olomouc, Hejčín	6	MOLJ	A		0		P	D
	Olomouc, Šmeralova, ZÚ	3	MOLS	A		0		P	
	ČHMÚ Běloutín	12	MBEL	A					
	ČHMÚ Jeseník	11	MJES	A					
KRAJ MORAVSKOSLEZSKÝ									
	ČHMÚ Frýdek-Místek	2	TFMI	A					
	Karviná, ZÚ	8	TKAO	K		0		P	
	ČHMÚ Karviná	9	TKAR	A					

2019	Název stanice	Kategorie lokality	Kód stanice	Měřicí program (kód stanice)					
				AIM	MAN	TK PM ₁₀	TK PM _{2,5}	PAU	BZN
	ČHMÚ Červená Hora (okres Opava)	11	TCER	A		0			
	ČHMÚ Opava, Kateřinky	3	TOVK	A					D
	ČHMÚ Ostrava, Českobratrská, HOT-SPOT	10	TOCB	A					D
	ČHMÚ Ostrava, Fifejdy	8	TOFF	A					D
	Ostrava, Mariánské Hory, ZÚ	8	TOMH	K		0		P	
	Ostrava, Poruba	4	TOPD					P	
	ČHMÚ Ostrava, Poruba	4	TOPO	A		0	5	P	D
	ČHMÚ Ostrava, Přívoz	9	TOPR	A		0	5	P	D
	Ostrava Radvanice, ZÚ	8	TORE	K		0		P	
	Ostrava Radvanice, OZO	8	TORO	K		0		P	
	ČHMÚ Ostrava, Zábřeh	8	TOZR	A					
	ČHMÚ Bruntál	3	TBRS			0		P	
	ČHMÚ Krnov	2	TKRV			0		P	
	ČHMÚ Český Těšín	3	TCTN	A		0		P	
	ČHMÚ Havířov	9	THAR	A					
	ČHMÚ Bílý Kříž (EMEP)	11	TBKR	A		0			
	ČHMÚ Věřňovice	13	TVER	A					D
	ČHMÚ Třinec Kosmos	3	TTRO	A					D
	ČHMÚ Studénka (okr. N. Jičín)	12	TSTD	A				P	
	ČHMÚ Rychvald	4	TRYC	A					
	Celkem v jednotlivých programech	116/3N		116/3N	7	53/1N	6	47/2N	32/1N

Pozn: N - nehodnotitelné, buď ukončeno měření v průběhu roku 2019, nebo výpadek měření > 30 dnů

Republikové pozad'ové stanice a stanice použité u jednotlivých látek jako pozad'ové (kategorie 11) - Churáňov (CCHU), Jizerka (LJIZ), Souš (LSOU), Frýdlant (LFRT), Rudolice v Horách (URVH), Krkonoše-Rýchory (HKRY), Svratouch (ESVR), Mikulov-Sedlec (BMIS), Košetice (JKOS), Jeseník (MJES), Červená Hora (TCER) a Bílý Kříž (TBKR).

Příloha č. 3 - Tabulka č. 14 - Úrovně zátěže a odhad potenciálních zdravotních účinků pro základní látky, těžké kovy, benzen a BaP v roce 2019 pro jednotlivé typy městských kategorií ([příloha č. 1](#)). Hodnoty jsou uvedeny v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a v ng/m^3 - kovy a PAU.

Česká republika 2019

Střední roční hmotnostní koncentrace pro hodnocené kategorie městských stanic

Rok 2019 - MZSO - Monitoring zdravotního stavu obyvatelstva		Městské dopravou a průmyslem nezatížené lokality		Městské středně dopravou zatížené lokality		Dopravní Hot-spots	Městské oblasti zatížené průmyslem		Pozadové stanice ČHMÚ	Venkovské, předměstské stanice					Odhad střední hodnoty ve městech ČR	Do hodnocení zahrnuje celkem stanic		
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	2 - 5	
látky	kategorie																	
PM ₁₀ $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$	ČR (bez MSK)	19,5	18,2	19,4	20,5	23,0	24,3	21,5	-	23,2	12,2	18,1	27,3	28,1	19,8	25,4	19,0	80
	M-S kraj	22,0	23,3	28,7	24,2	25,5	-	27,1	28,5	31,0	12,6	23,7	37,5	-	-	-	23,9	22
PM _{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$)		14,3	14,4	16,5	15,7	14,9	17,3	18,0	21,0	22,5	11,4	14,0	21,6	-	15,3	-	14,9	67
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$)		3,7	4,5	4,0	3,5	5,8	-	3,9	6,6	-	3,4	4,5	6,6	-	2,7	4,4	4,2	43
NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$)		4,1	4,3	5,0	7,9	17,1	30,7	5,7	6,8	22,3	0,7	2,4	3,0	-	3,8	5,5	5,4	68
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$)		13,8	15,5	15,9	19,4	26,2	40,5	18,8	21,1	31,4	4,9	10,4	12,3	-	13,8	15,0	16,5	69
NO _x ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$)		19,9	21,4	23,4	31,5	53,9	87,6	27,2	31,6	65,6	5,8	13,9	17,0	-	19,5	23,5	24,1	69
CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$)		-	328	301	333	422	475	-	-	545	218	-	-	-	-	-	323	10
O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$)		53,5	56,3	56,8	51,0	54,5	39,7	55,3	53,1	-	71,7	56,9	49,9	-	54,0	-	54,9	55
Benzen ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$)		1,0	1,0	1,5	1,0	1,2	1,2	1,4	4,1	2,3	0,7	-	1,8	-	-	-	1,1	33
BaP ($\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$)		0,92	0,98	1,57	-	0,82	-	2,85	2,71	-	0,37	1,41	-	-	-	3,19	1,10	46
As ($\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$)		0,75	1,06	1,03	1,22	0,82	-	1,60	1,62	-	0,49	0,98	2,13	2,59	-	3,36	0,99	52
Cd ($\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$)		0,17	0,22	0,26	0,19	0,16	-	1,45	0,37	-	0,11	0,40	0,23	0,19	-	0,20	0,22	52
Cr ($\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$)		0,99	1,31	1,16	1,06	2,03	-	1,69	2,60	-	0,51	0,81	1,62	3,84	-	1,10	1,22	52
Mn ($\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$)		6,57	6,31	6,11	8,44	7,82	-	11,57	22,15	-	2,53	4,02	7,78	8,38	-	5,23	6,33	52
Ni ($\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$)		0,66	0,62	0,84	-	0,80	-	0,60	3,61	-	0,31	0,45	0,66	0,68	-	0,65	0,59	52
Pb ($\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$)		3,92	7,68	5,39	4,97	5,07	-	9,25	14,62	-	2,27	3,27	3,71	5,35	-	4,58	6,35	52
ČR (bez MSK) - PM₁₀ - odhad nárůstu předčasné úmrtnosti v %		2,88	2,28	2,84	3,35	4,51	5,12	3,81	-	4,60	-0,51	2,23	6,51	6,88	3,02	5,63	2,65	
MSK - PM₁₀ - odhad nárůstu předčasné úmrtnosti v %		4,05	4,65	7,16	5,07	5,67	-	6,42	7,07	8,23	-0,33	4,84	11,25	-	-	-	4,93	
Celkové ILCR (Benzen, BaP, As, Cd, Ni)		8,7E-04	9,3E-05	1,5E-04	1,0E-04	8,0E-05	-	2,6E-04	2,6E-04	-	3,7E-05	1,3E-04	1,1E-04	1,1E-04	-	2,9E-04	1,0E-04	

Poznámka: Odhad předčasné úmrtnosti je počítán pro průměrné 75 % zastoupení frakce PM_{2,5} ve frakci PM₁₀ a pro ČR a Moravskoslezský kraj zvlášť.

Zpracovala NRL pro venkovní ovzduší, Centra zdraví a životního prostředí, Státní zdravotní ústav v Praze



Poznámky:

- *Hodnoty ročních aritmetických průměrů jsou pro každou zahrnutou látku vypočteny ze všech měřicích stanic splňujících kritéria daná vyhláškou č. 330/2012 Sb. a konkrétního typu lokality/kategorie (deskripce kategorií – viz příloha č. 1).*
- *Odděleně – pro Českou republiku bez Moravskoslezského kraje a zvlášť pro Moravskoslezský kraj jsou zpracovány hodnoty suspendovaných částic frakce PM₁₀.*
- *Součástí zpracování je odhad střední hodnoty vypočtený pro městské dopravou a průmyslem extenzivně nezatížené stanice (aritmetický průměr za kategorie 2 až 5).*
- *V tabulce jsou uvedeny odhady vlivu/impaktu nejzávažnějších sledovaných škodlivin – nárůst předčasné úmrtnosti v procentech (pro 75 % zastoupení frakce PM_{2,5} ve frakci PM₁₀) a odhad celkového individuálního karcinogenního rizika (ILCR - Individual Lifetime Cancer Risk) pro benzo[a]pyren (BaP), arsen (As) a nikl (Ni).*
- *Detailnější informace o jednotlivých stanicích a zahrnutých městech, distribuci 24 hodinových (a hodinových) měřených hodnot lze dohledat na stránkách SZÚ - viz:*

<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/imisni-situace>

<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/odborna-zprava-ovzdusi-za-rok-2019>

nebo v tabelárních a grafických ročenkách na stránkách ČHMÚ - viz:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2019_enh/index_CZ.html

Příloha č. 4 - Pylová informační služba

Cílem pylového monitoringu je informování veřejnosti o aktuálním výskytu množství pylu určitých, zejména alergenních, rostlin v ovzduší. Zahrnutí do systému MZSO od roku 2008 umožnilo splnění požadavků na zajištění kvality odběru a zejména pak vyhodnocování získaných vzorků. Data z jednotlivých měřicích stanic byla/jsou v průběhu vegetačního období předávána do médií a prezentována na volně přístupných internetových stránkách ve formě grafické a tabelární informace (viz například „<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/tydenni-zpravodajstvi>“).

Do zprávy za rok 2019 jsou na základě dohody s příslušnými zdravotními ústavy a ČIPA (Česká iniciativa pro astma) zahrnuta data z celkem 11 stanic, a to z Prahy, Českých Budějovic (stanice instalovaná v roce 2019), Plzně, Karlových Varů, Ústí nad Labem, Liberce, Jihlavy, Ústí nad Orlicí, Brna, Ostravy a Třince.

Popis odběrových lokalit:

Do zpracování výstupů za rok 2019 byla zahrnuta odběrová místa:

České Budějovice (48 ° 57'40,0 "N 14 ° 28'01,0" E, 381 m n.m. + 15 m od země k lapači) - monitor se nachází na střeše nemocnice v Českých Budějovicích, B. Němcové 585/54, České Budějovice 7, 370 01. Asi 3 kilometry vzdušnou čarou a asi 5 kilometrů pěšky se nachází rozlehlý lesopark Stromovka. Původní rychle rostoucí lesy (tvořené topoly, vrbami, olšemi a břízami) se postupně nahrazují novými (javory, duby, buky, lípy a ojediněle jehličnany). Po povodni v roce 2002 v oblasti převládají bříza, lípa, olše, dub a javor. Byliny jsou zastoupeny hlavně různými zástupci čeledi Poaceae, celkem se zde vyskytuje asi 135 druhů bylin. Louky jsou pravidelně sečeny od 90. let. V bezprostřední blízkosti stanice leží nemocniční park s převážně listnatými stromy a keři - lípy, javory, duby, buky, platany, jírovce. V okolí se nachází i jehličnany, především borovice a smrky.

Liberec (50° 45' s.š., 150 04' v.d., 425 m.n.m.) - na ploché střeše Státního veterinárního ústavu, v okolí je zástavba rodinných domků se zahrádkami a vzrostlé stromy (buk, javor, lípa, smrk). Cca 1 až 3 km od lokality se nacházejí souvislé lesní porosty (smrk, buk, méně borovice).

Plzeň (49° 44' s.š., 130 22' v.d., 327,5 m.n.m.) - na střeše budovy KHS v centru města, v souvislé zástavbě 2 až 3 patrových domů. Do 500 m je malý park s převahou listnatých dřevin, dále jsou zde pouze trávníky v blocích domů.

Praha (50° 5' s.š., 140 25' v.d., 245,5 m.n.m) - v areálu Státního zdravotního ústavu, kde je parková výsadba s trávníky, břízami, jehličnany a dalšími stromy. Areál se nachází ve východní části centra města a v jeho bezprostředním okolí je vilová čtvrť a areál fakultní nemocnice. Asi 1 km od stanoviště je rozsáhlý komplex Olšanských hřbitovů s různorodou parkovou výsadbou včetně exotických dřevin i bylin.

Jihlava (49.3980928N, 15.5707256E 420 m.n.m.) - Nemocnice Jihlava - na kraji města a analyzátor je umístěn na ploché střeše vstupu do nemocnice, ve výšce cca 20 m nad zemí v běžné městské zástavbě. Za budovou cca 200m od analyzátoru je umístěn heliport.

Ústí nad Orlicí (49° 58' s.š., 160 24' v.d., 402 m.n.m.) - v areálu okresní nemocnice na okraji města, v sousedství panelové sídliště a zástavba rodinných domků. V areálu nemocnice je upravená zahrada, v těsné blízkosti se nachází zahrádkářská kolonie. Na sídliště navazují pole, která jsou 500 až 1000 m od stanice, ve vzdálenosti asi 2 až 3 km začínají souvislé lesy.

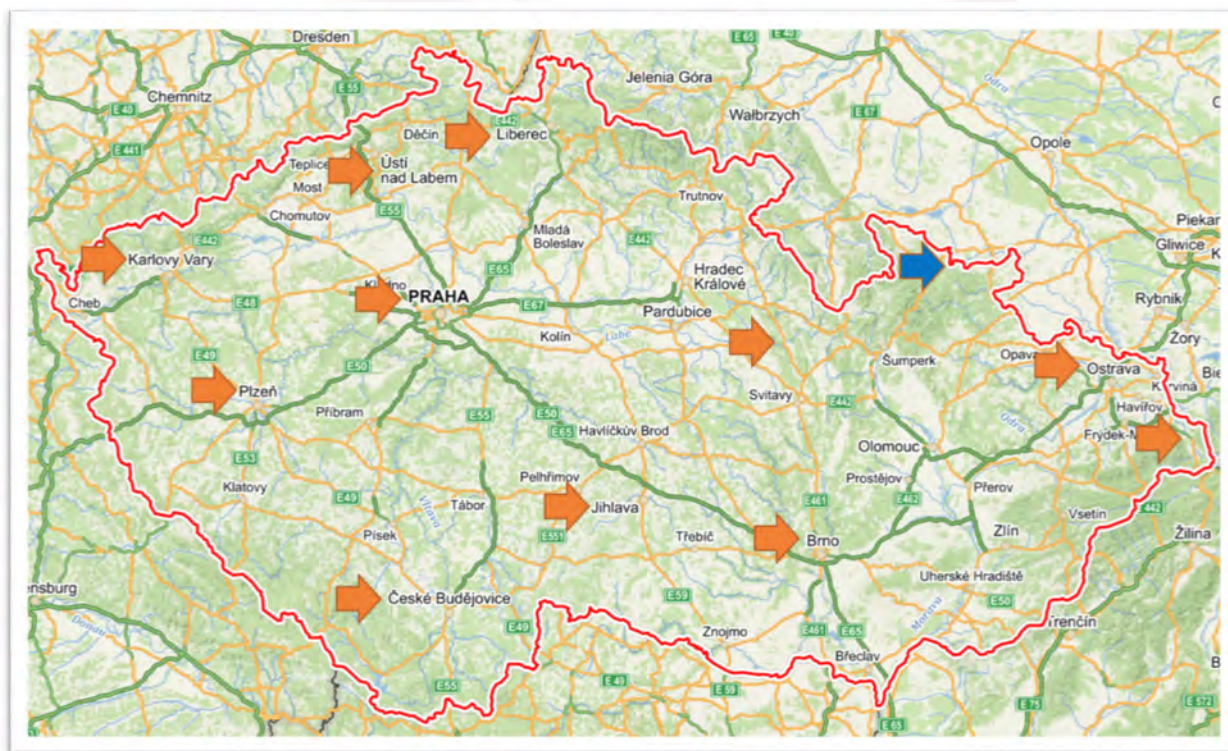
Karlovy Vary (50° 13' s.š., 120 52' v.d., 418 m.n.m.) - v areálu okresní nemocnice v tradiční vilové zástavbě nad údolím řeky. V okolí jsou parky s výsadbou listnatých a jehličnatých dřevin, menší plochy zahradní zeleně, zahrádkářská kolonie, smíšený les a louky.

Ústí nad Labem (50° 39' s.š., 140 01' v.d., 140 m.n.m) - pavilón D Masarykovy nemocnice v severní části města. Spíše klidová poloha, v okolí sídliště a parkové či zatravněné plochy s výsadbou listnatých stromů.

Brno (49° 12' s.š., 160 37' v.d., 248 m.n.m) - bližší informace nejsou k dispozici.

Ostrava a Třinec - bližší informace nejsou k dispozici.

Odběrové lokality přesto reprezentativně pokrývají území České republiky (obr. 1).



Obrázek č. 1 - Odběrová místa pylového monitoringu v ČR (modře - nezahrnuté místo)

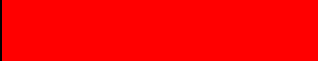




Metodika pylového monitoringu

Sběr pylů probíhá podle lokální meteorologické situace přibližně od začátku února do konce října. Pyly jsou sbírány pomocí pylových lapačů, instalovaných obvykle na střeše vhodné budovy ve výšce 15 - 20 metrů nad zemí. Lapač je vybaven páskou, na které jsou při průtoku vzduchu 10 l/min v týdenním cyklu (pondělí až pondělí), impakcí zachytávány částice včetně pylových zrn. Po vybarvení vzorku 1% safraninem jsou pod mikroskopem stanoveným postupem odečtena a určena

jednotlivá pylová zrna dále interpretovatelná jako průměrný počet zrn v m³ za 24 hodin.

Výsledky

Souhrnné vyhodnocení dat ze všech měřicích stanic za rok 2019 je založeno na charakteristických klimatických intervalech a vývoji koncentrace pylu konkrétního rodu resp. skupiny rostlin ve vzduchu v průběhu roku.

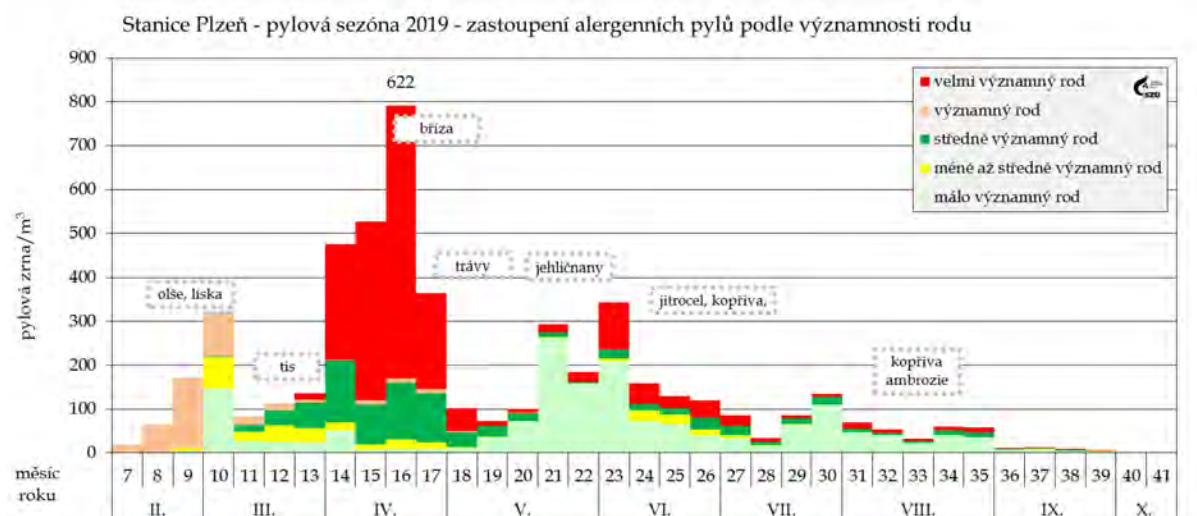
Pylová skupina	Zařazené sledované rody rostlin	Identifikace v grafech
velmi významný rod	bříza, trávy, pelyněk, ambrózie	
významný rod	olše, líska, cypřišovitě	
středně významný rod	vrba, jasan, habr, dub, platan, jitrocel, šťovík, merlíkovité	
méně až středně významný rod	řepka olejka, topol, buk, ořešák, lípa, pajasan, hvězdicovité	
málo významný rod	tis, borovice, jírovec, kopřiva, javor, mrkvovité	

Podle typického zastoupení jednotlivých druhů pylů lze pylovou sezónu dělit na několik charakteristických období: jarní, pozdně jarní, letní a raně podzimní.

V závislosti na aktuálních meteorologických podmínkách pak (přibližně) platí:

Období	interval roku	typický představitel
jarní	5. – 13. týden (únor – březen/duben)	olše, líska, bříza, cypřišovitě
pozdně jarní	14. – 25. týden (duben – červen)	trávy, dřeviny, šťovík, kopřiva
letní	26. – 38. týden (červenec – září)	jitrocel, pelyněk, ambrosia
raně podzimní	39. týden a dále (září – říjen)	ambrosie, spory plísni

Pozn: Plísně jsou v ovzduší zastoupeny po celé sledované období



Obrázek č. 2 – Typický průběh pylové sezóny – rok 2019 na stanici v Plzni

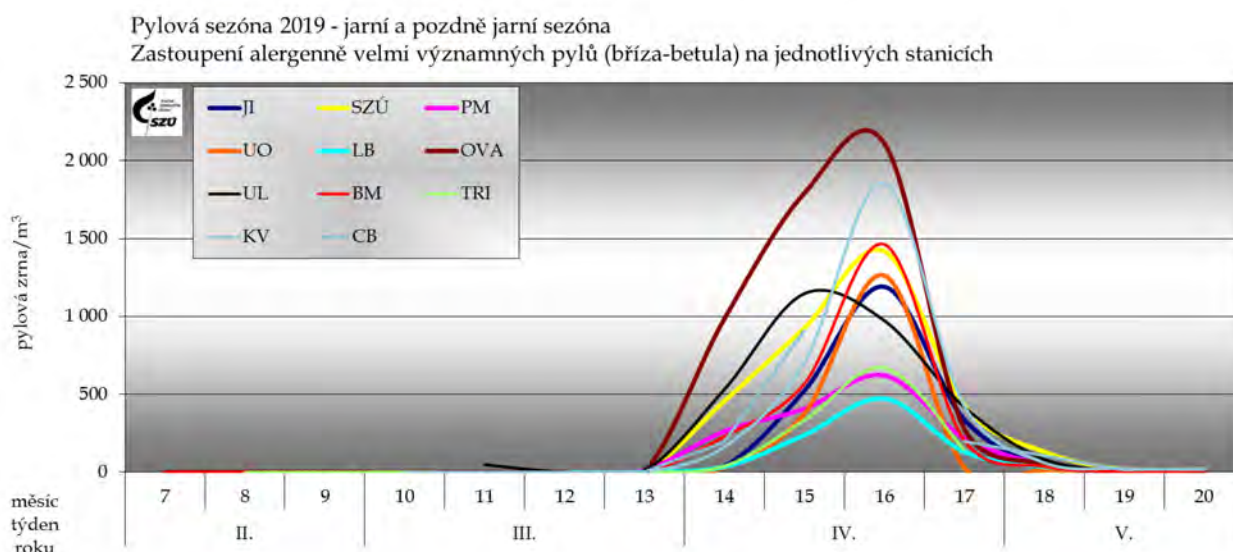
Pylová sezóna začíná výskytem pylových zrn kvetoucích dřevin. Od jejího začátku se objevuje pyl **lísky** (*Corylus*) a **olše** (*Alnus*), dva významně alergenní pyly, které mohou způsobovat první sezónní alergické obtíže (a z důvodu zkřížené reaktivity, způsobují problémy také u lidí citlivých na břízu). V roce 2019 začala jejich sezóna ve druhé polovině února a trvala do poloviny dubna. Líska kulminovala v 9. týdnu, tj. na přelomu února a března, olše v 9. a 10. týdnu. Nejvíce pylových zrn lísky za den napočítali 676 zrn v Třinci (26. 2.), u olše to bylo 2 563 v Ostravě (26. 2.).

Pyl **tisu** (*Taxus*), který patří mezi málo významné alergeny, se začal vyskytovat na většině stanic na konci února - v 9. týdnu, a kulminoval následující týden. Lokality se v maximálních denních hodnotách počtu nalezených zrn výrazně lišily, jednalo se o jednotky v Třinci, až po 4 059 v Brně (7. 3.). Ve stejném období se objevil alergenně významnější pyl **topolu** (*Populus*), který kulminoval převážně ve 12. týdnu a v ovzduší se nacházel do poloviny dubna. Nejvíce zrn za den napočítali v Karlových Varech 21. 3. (317).

Mezi významné jarní alergeny patří, vedle lísky a olše, také **cypřišovitě** (*Cupressaceae*). Pyl těchto dřevin bylo možné v ovzduší nalézt od března do května, s kulminací převážně ve 14. týdnu. Denní odečty měly opět velké rozpětí, od jednotek v Třinci a Liberci, po maximálních 1 057 zrn v Jihlavě (5. 4.).

V průběhu března se začal objevovat další, středně významný, jarní alergen - **jasan** (*Fraxinus*), s kulminací ve 14. - 16. týdnu. Nejnižší denní hodnoty pylových zrn napočítali v Liberci (do 30), nejvíce se pak našlo 4. 4. v Ostravě (390). V ostatních lokalitách se maximální denní hodnoty pohybovaly od desítek do 200 zrn.

Nejvýznamnější jarní alergen - pyl **břízy** (*Betula*) - se objevil na konci března (13. týden) a ve větším počtu se vyskytoval až do druhé poloviny května (20. a 21. týden). Jednotlivá zrna bylo možné nalézat až do června, někde i do července. Jeho kulminace byla v polovině dubna (16. týden, v Ústí nad Orlicí v 15. týdnu). Denní počty zrn tradičně dosahují stovek. Nejvyšší denní hodnoty: Ostrava 5 936, Ústí nad Labem 3 560, Praha 3 228, Brno 3 032, Karlovy Vary, Jihlava a České Budějovice do 3 tisíc, ostatní stanice do 2 000 zrn za den.

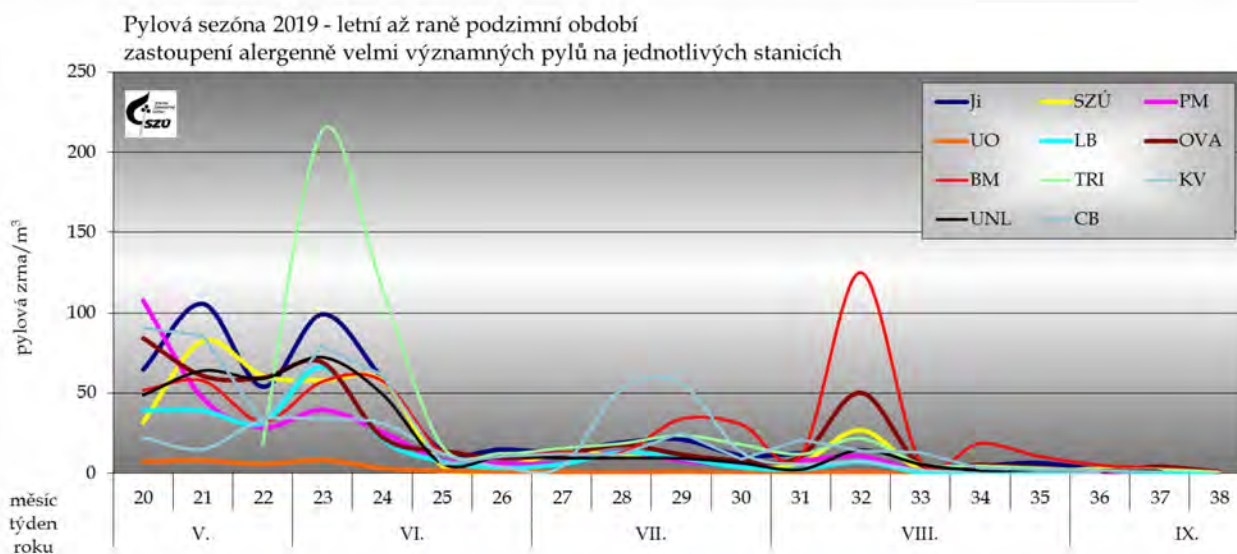


Obrázek č. 3 - Velmi významně alergenní pyly - pylová sezóna břízy v roce 2019

Pro pozdně jarní období je typický výskyt pylu kvetoucích dřevin a bylin. Koncem března a začátkem dubna začal kvést **habr** (Carpinus), následně se přidávají **javor** (Acer) a **dub** (Quercus). Koncem dubna se téměř současně objevují pylová zrna **smrku** (Picea) a **borovice** (Pinus). Ve velkém množství jsou přítomna v ovzduší až do poloviny června. Pyly habru a dubu se řadí mezi středně významné alergeny, javor, smrk a borovice patří k málo významným. Koncem dubna nalézáme první pylová zrna silně alergenních **trav** a na přelomu května a června zrna **kopřivy**, která jsou ale málo významným alergenem.

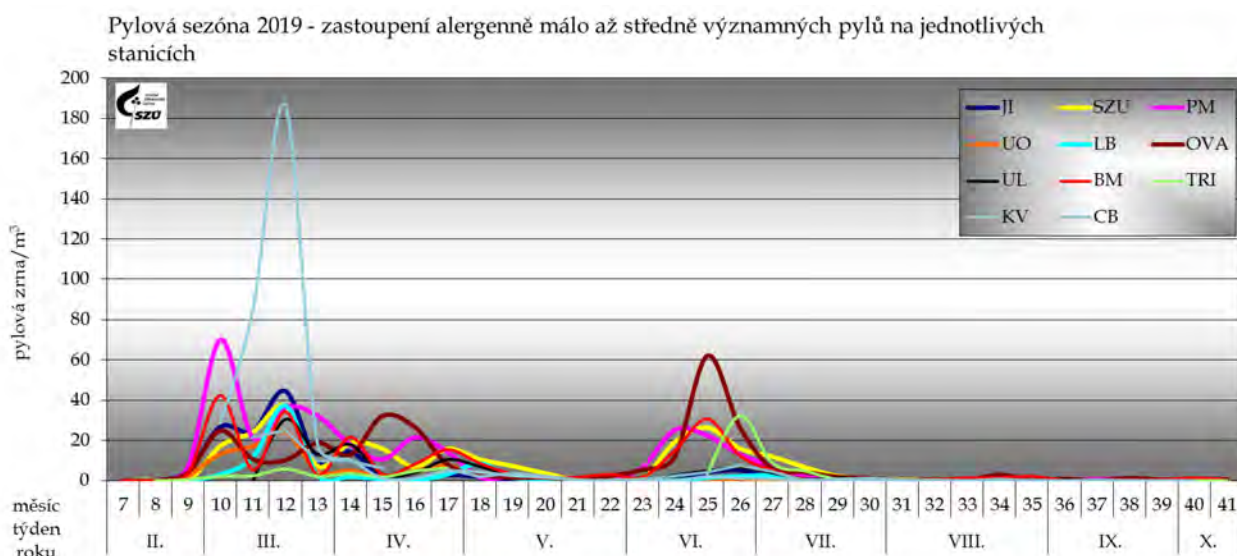
Nejčastější původce alergických obtíží v ČR – pylová zrna trav z čeledi lipnicovitých (Poaceae) – bylo možné v roce 2019 najít v ovzduší od konce dubna až do konce pylové sezóny (září - říjen), s kulminací od 22. týdne (Ústí n/O) po 27. týden (Brno), tedy od konce května po začátek července. Maximální počty pylových zrn se pohybovaly od 36 (Ústí n/O) po 275 zrn v Plzni.

V letním období se v ovzduší vyskytují převážně pylová zrna bylin a plevelnatých rostlin. Pylová sezóna alergologicky středně významných pylů **jitrocele** (Plantago) začala v druhé polovině května, rostlin z čeledi **merlíkovitých** (Chenopodiaceae) v červnu a trvala téměř do konce pylové sezóny, tj. do října. Týdenní koncentrace pylu jitrocele a merlíkovitých na většině stanic nedosahovala v roce 2019 ani hodnot 100 zrn. Výjimku tvořily u jitrocele stanice v Jihlavě s maximem 120 zrn a Třinec, kde se hodnoty tohoto pylu pohybovaly kolem 100 zrn s nejvyšším počtem 349. U merlíkovitých bylo výjimkou Brno s týdenním maximem 155 zrn.



Obrázek č. 4 - Alergenně velmi významné pyly v letním až podzimním období

Svojí vysokou koncentrací v ovzduší mohl v tomto období působit potíže i poměrně málo alergenní pyl **kopřivy** (Urtica), jehož zrna se nacházela v ovzduší od konce května do října. Vrcholy nálezů měl převážně ve 30. týdnu, tzn. v druhé polovině července. Maximální denní počet zrn napočítali 22. 7. v Ostravě (470). Je otázkou nakolik jejich počet souvisí s existencí tzv. brownfields ve městech či s nedostatečnou údržbou veřejné zeleně nebo s dlouhými obdobími sucha.



Obrázek č. 5 – Alergenně málo až středně významné pyly

Od poloviny července do října se v ovzduší nacházel silně alergenní pyl **pelyňku černobýlu** (*Artemisia vulgaris*), s vrcholem pylové sezóny koncem července a začátkem srpna – v týdnech 31 a 32. Maximální denní počty zrn se podle lokalit lišily – v Ústí nad Orlicí napočítali 2 zrna, v Karlových Varech 106.

Velmi agresivní pyl **ambrózie** (*Ambrosia*) se začal objevovat o něco později. První zrna byla nalezena koncem července (Brno, Třinec), na většině stanic v polovině srpna. V ovzduší se jednotlivá zrna nacházela do konce pylové sezóny a množství pylu se podle lokalit velmi lišilo. Nejvyšší denní hodnoty naměřili v Brně (258 zrn) a Ostravě (138). Na většině ostatních stanic se jednalo o hodnoty v řádu desítek, nejnižší hodnota (9) byla naměřena v Plzni.

Spory venkovních **plísni** se v ovzduší vyskytovaly prakticky v průběhu celého sledovaného období (viz průběhy v jednotlivých lokalitách), přesto markantní nárůst koncentrace spor začíná na přelomu dubna a května a tradičně se maximální hodnoty objevují v letním období a začátkem podzimu. Jednotlivé oblasti se od sebe značně liší jak v absolutních hodnotách koncentrací spor, tak ve tvaru křivky vývoje v čase.

V říjnu (raně podzimní období), kdy pylová sezóna v ČR končí, se v ovzduší nacházela pylová zrna **kopřivy** (*Urtica*), **pelyňku** (*Artemisia*), **ambrózie** (*Ambrosia*), **trav** (*Poaceae*) a **jitrocele** (*Plantago*) jen ojediněle a v malém množství. V alergologicky významném množství byly nalézány pouze spory venkovních plísni.

Shrnutí

Pylová sezóna začala v roce 2019 v druhé polovině února a končila začátkem října. Z hlediska dosažených maxim koncentrací pylových zrn ve vzduchu jsou zřejmá tři období.

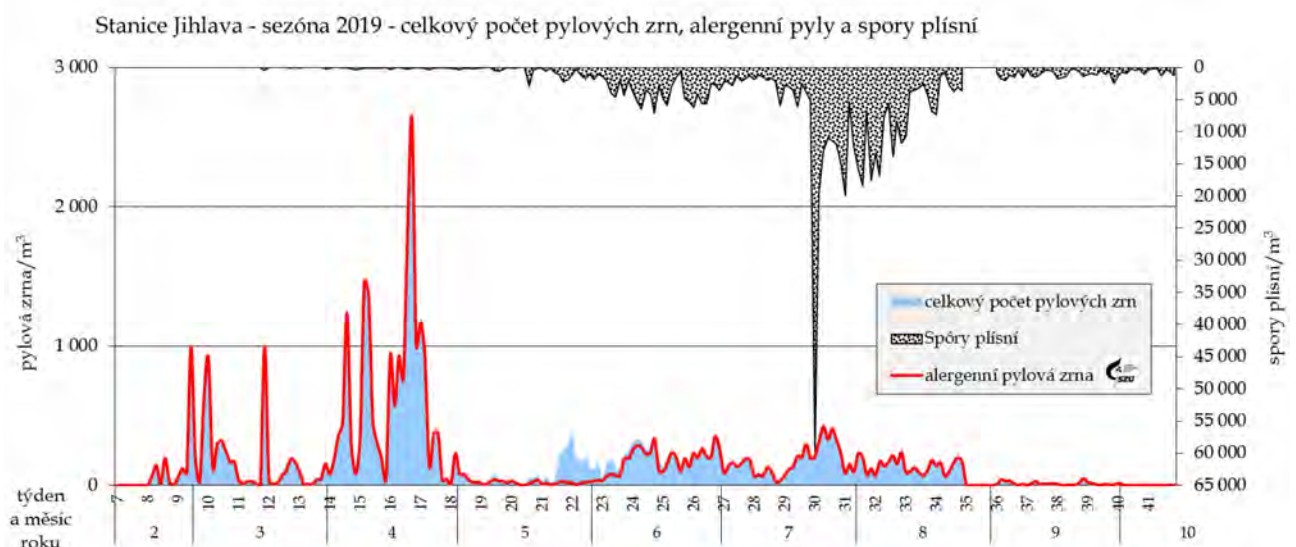
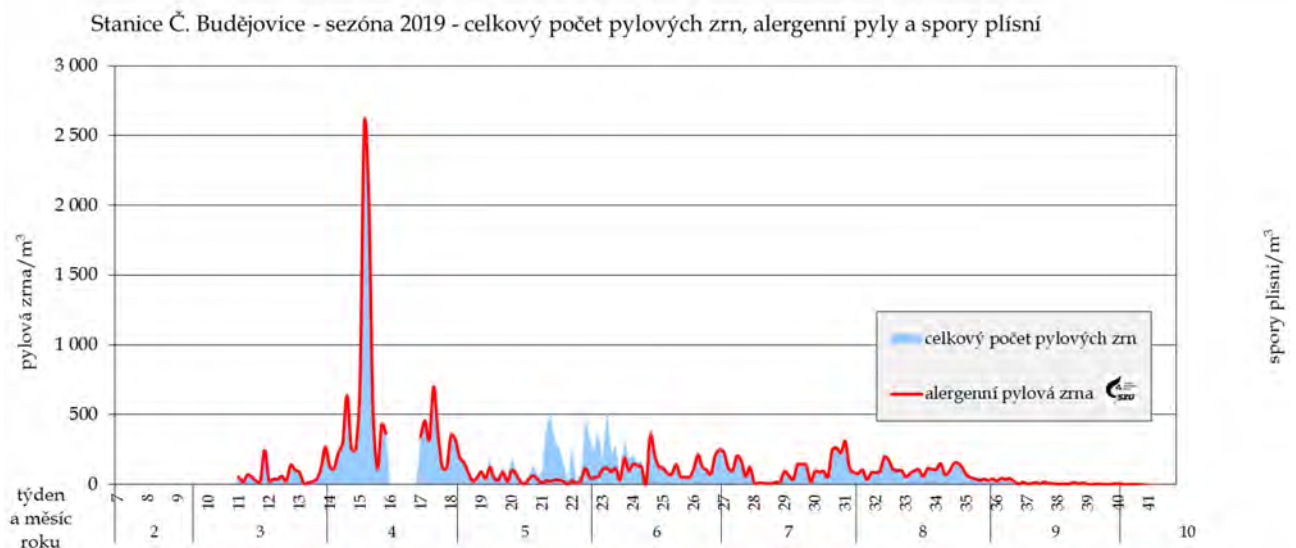
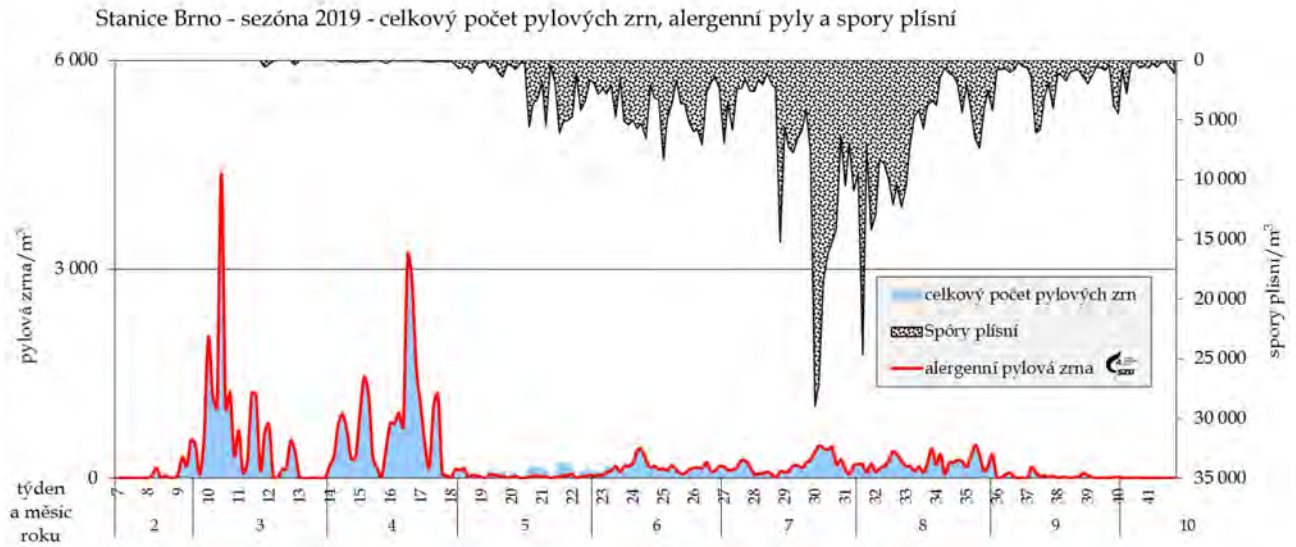
- První odpovídá době květu olše a lísky a trvalo od poloviny února do poloviny dubna. Obě kulminovaly na přelomu února a března.

- Druhé období odpovídá době květu břízy a tento rok probíhalo na všech lokalitách téměř shodně: od konce března do druhé poloviny května, s kulminací v půlce dubna.
- Třetí období zahrnuje postupně na sebe navazující vývin pylů trav, kopřivy, pelyňku a ambrózie a trvalo od konce dubna do konce září nebo října, podle lokalit a ukončení sezóny.

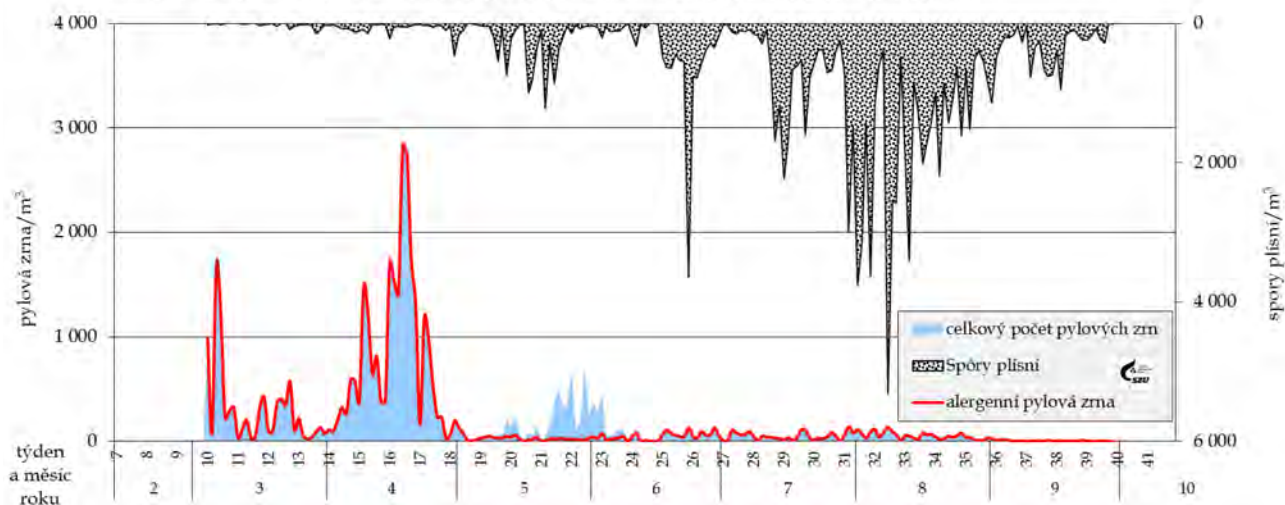
Po celé sledované období jsou v ovzduší přítomné spory venkovních plísňí, jejichž koncentrace, v závislosti na aktuálních meteorologických podmínkách, obvykle kulminuje v letních měsících a začátkem podzimu.



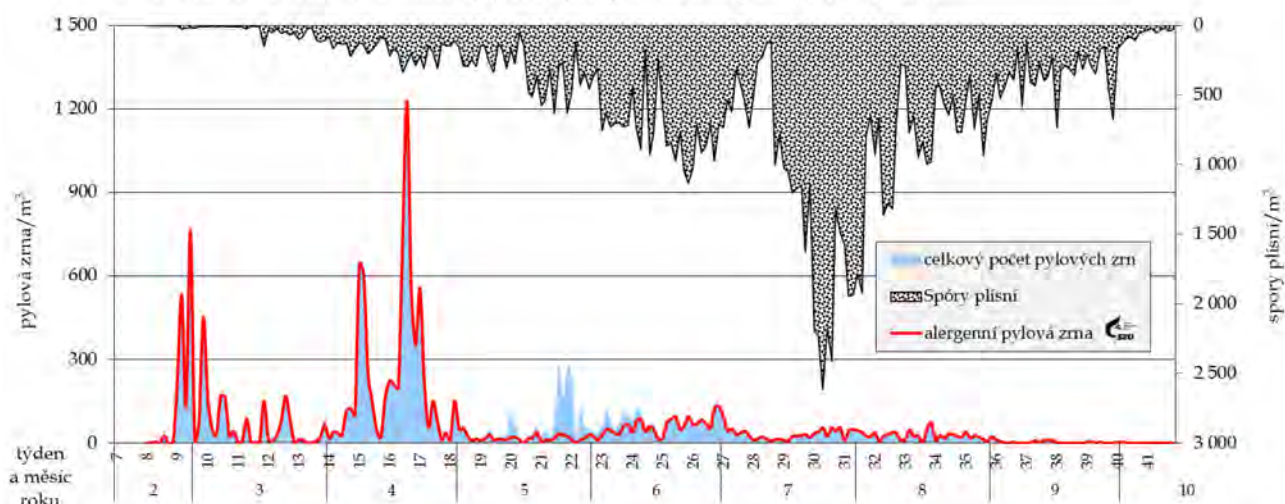
Doplnění 1 - Pylová sezóna 2019 - průběh týdenních hodnot sumy sledovaných alergenních a nealergenních pylů a plísni v jednotlivých lokalitách



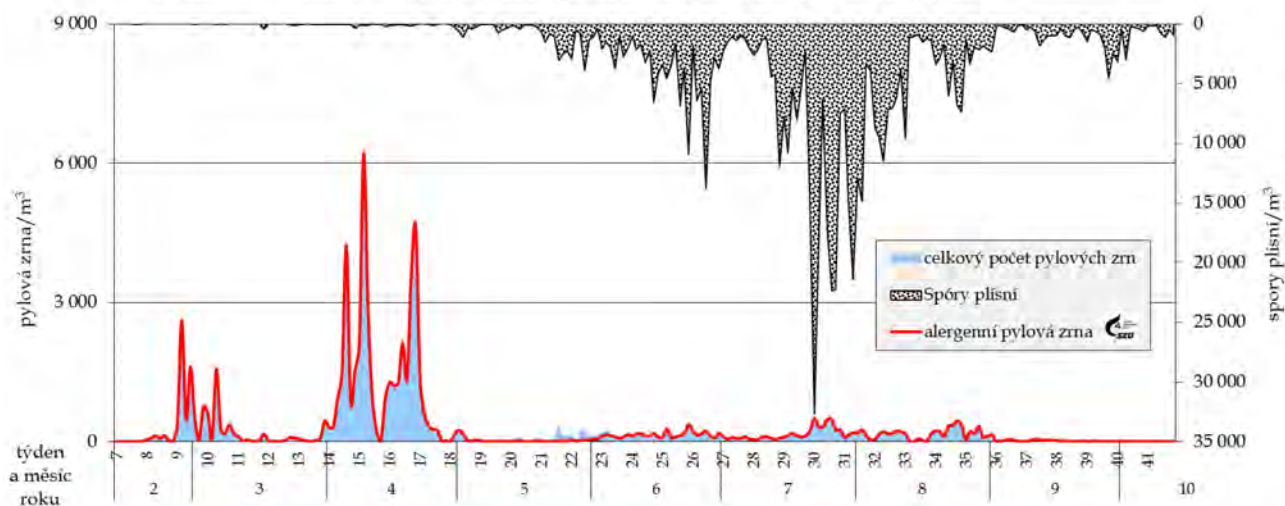
Stanice K. Vary - sezóna 2019 - celkový počet pylových zrn, alergenní pyly a spory plísní



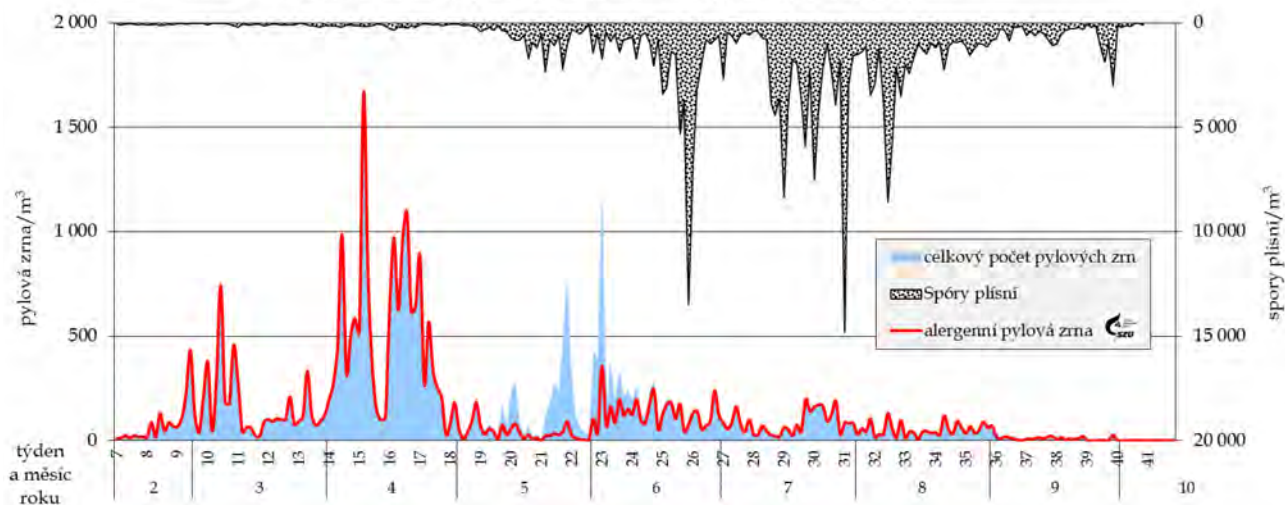
Stanice Liberec - sezóna 2019 - celkový počet pylových zrn, alergenní pyly a spory plísní



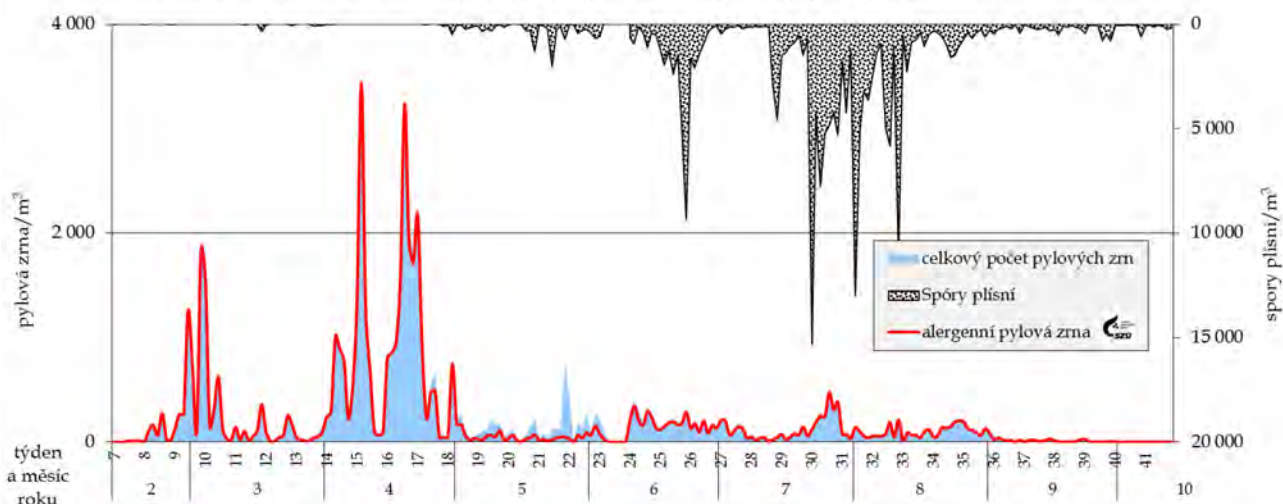
Stanice Ostrava - sezóna 2019 - celkový počet pylových zrn, alergenní pyly a spory plísní



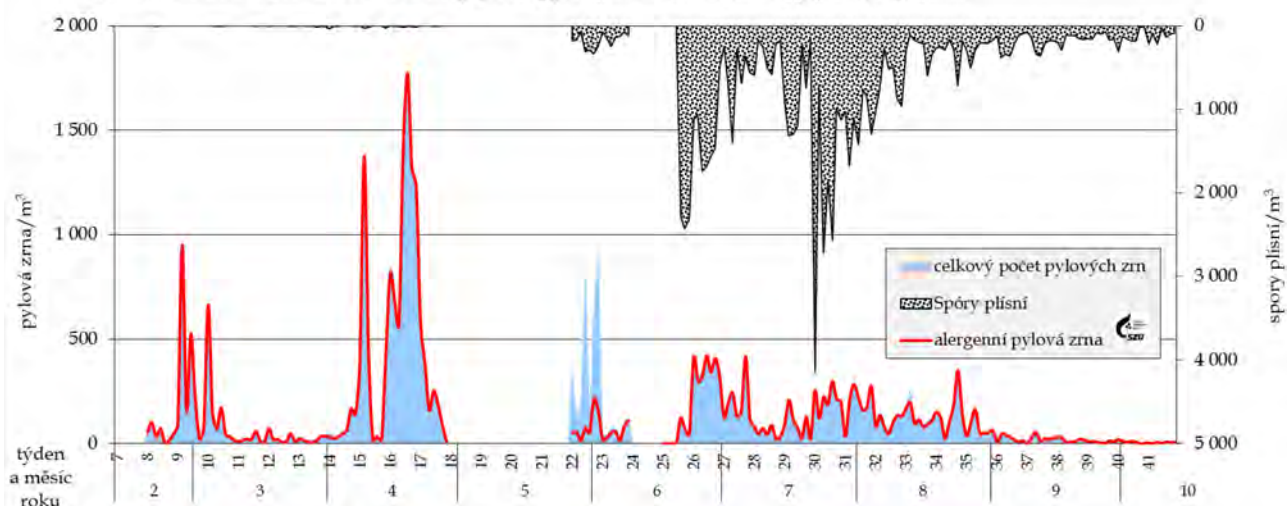
Stanice Plzeň - sezóna 2019 - celkový počet pylových zrn, alergenní pyly a spory plísní



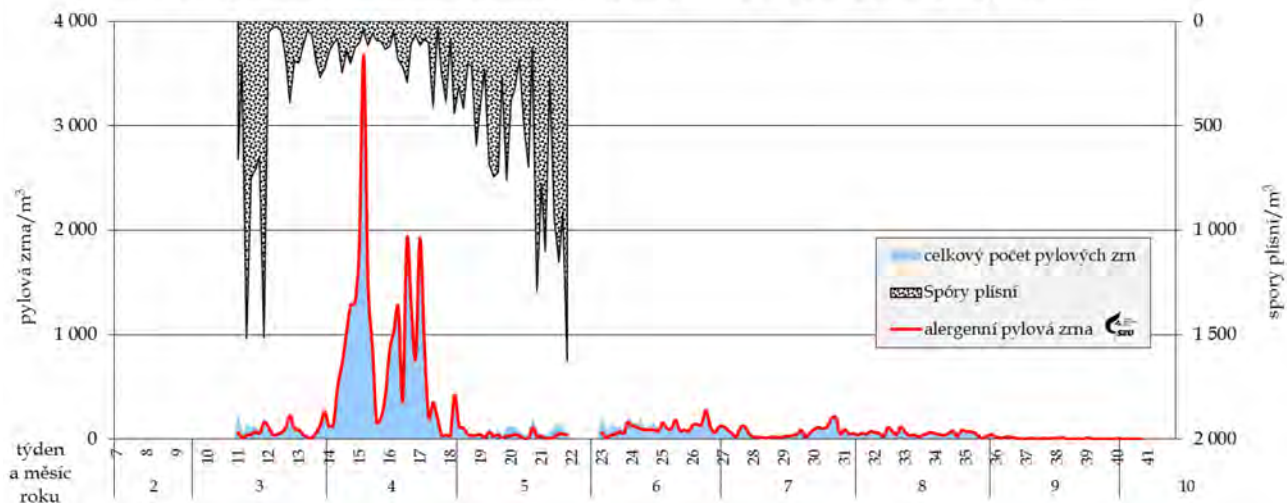
Stanice Praha - sezóna 2019 - celkový počet pylových zrn, alergenní pyly a spory plísní



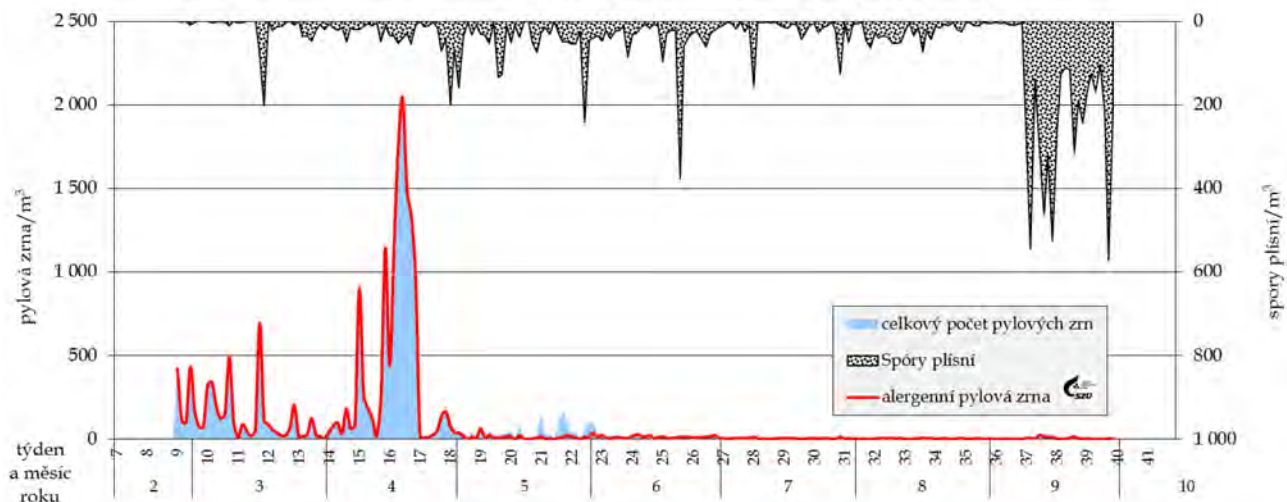
Stanice Třinec - sezóna 2019 - celkový počet pylových zrn, alergenní pyly a spory plísní



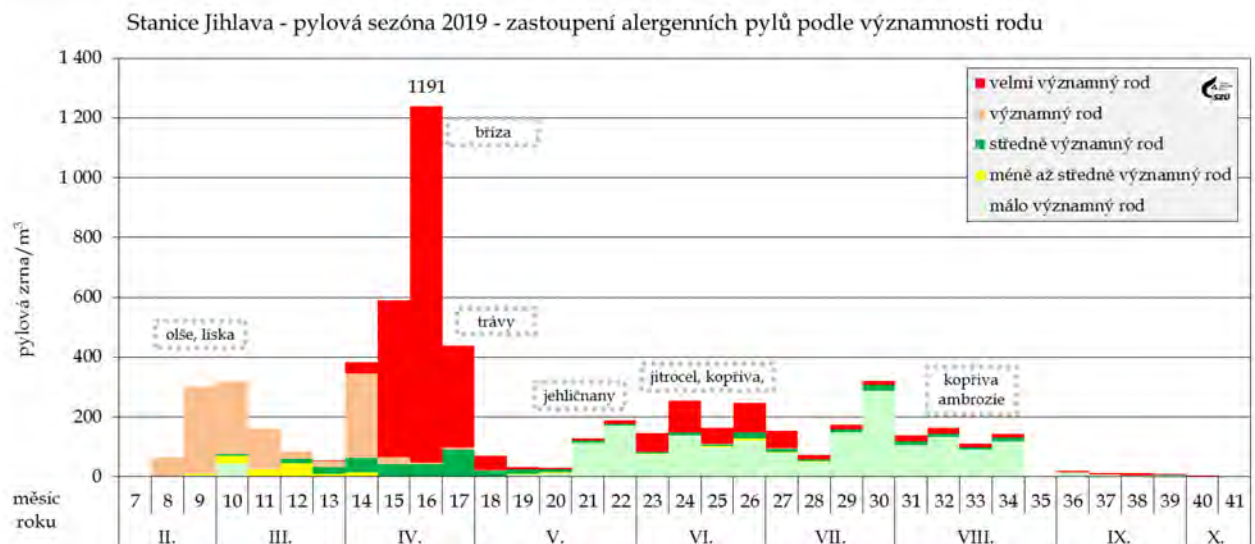
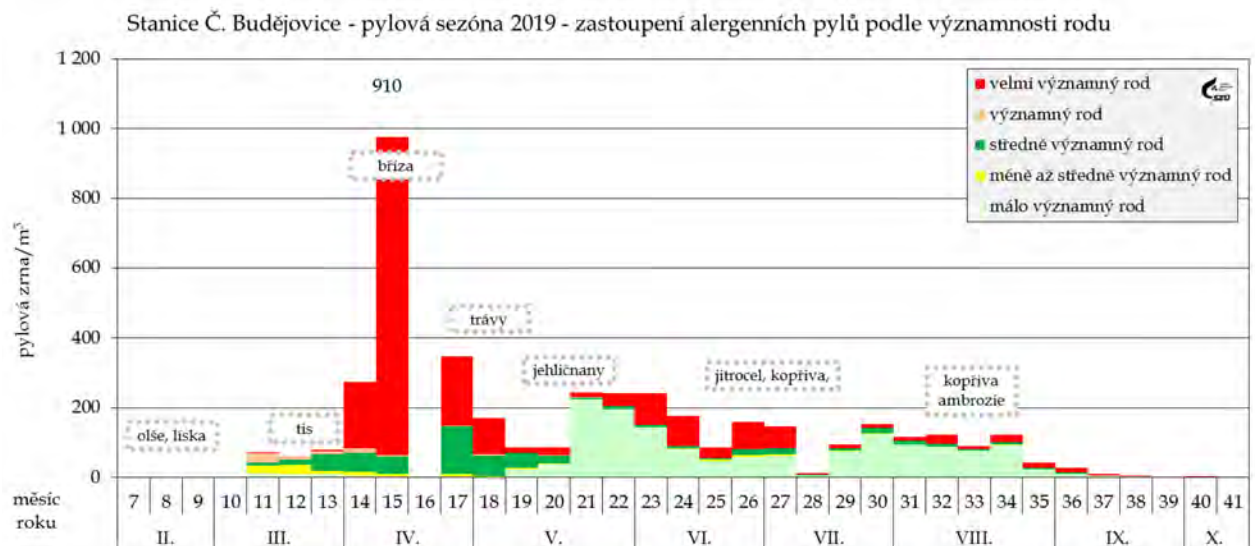
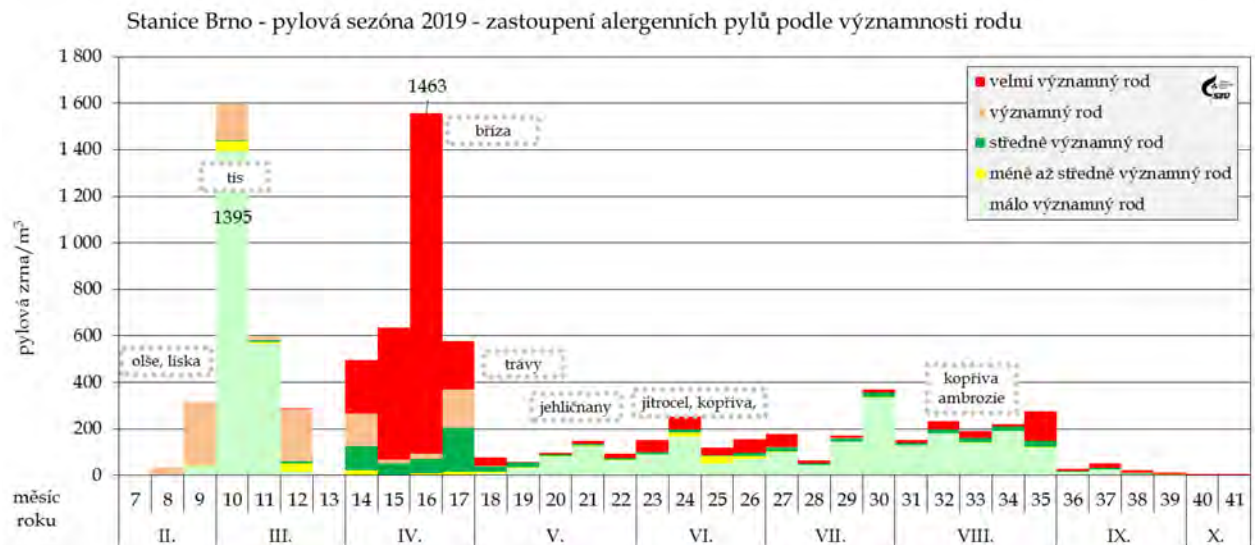
Stanice Ústí n/Labem- sezóna 2019 - celkový počet pylových zrn, alergenní pyly a spory plísni



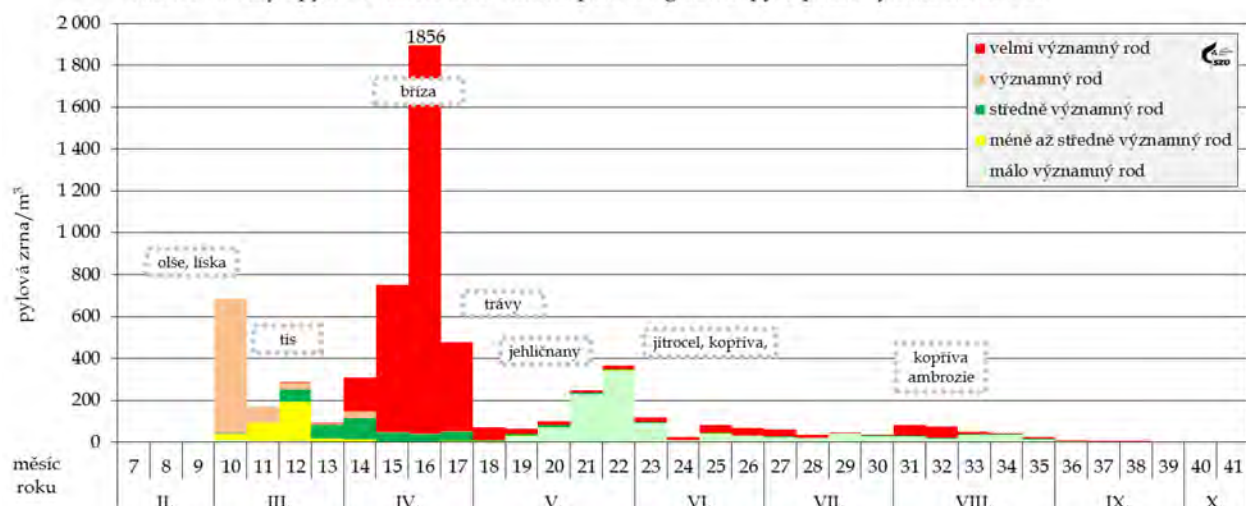
Stanice Ústí n/Orlicí - sezóna 2019 - celkový počet pylových zrn, alergenní pyly a spory plísni



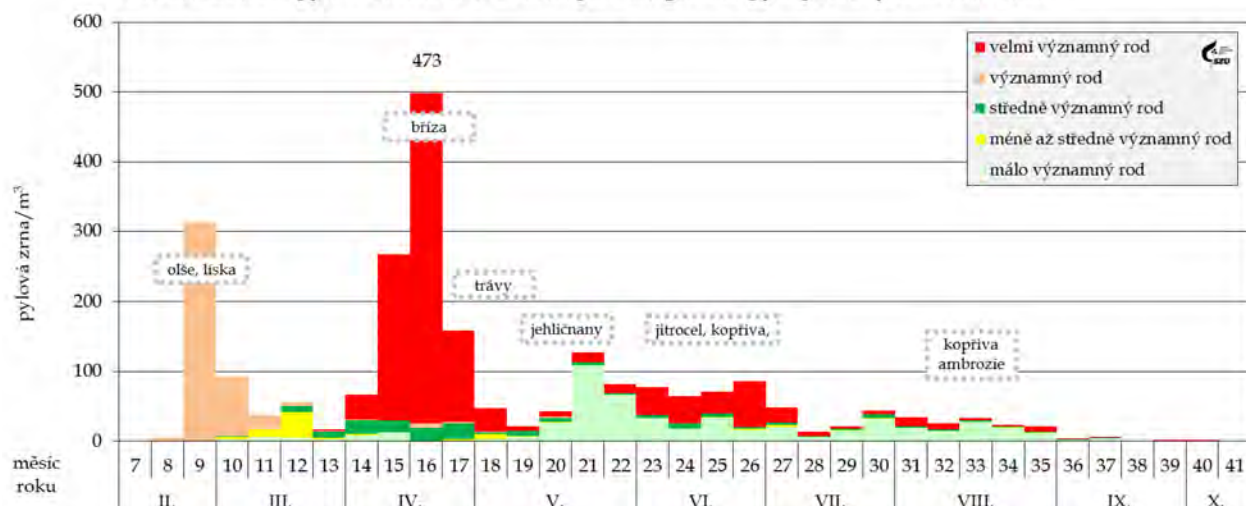
Doplnění 2 - Pylová sezóna 2019 v jednotlivých lokalitách



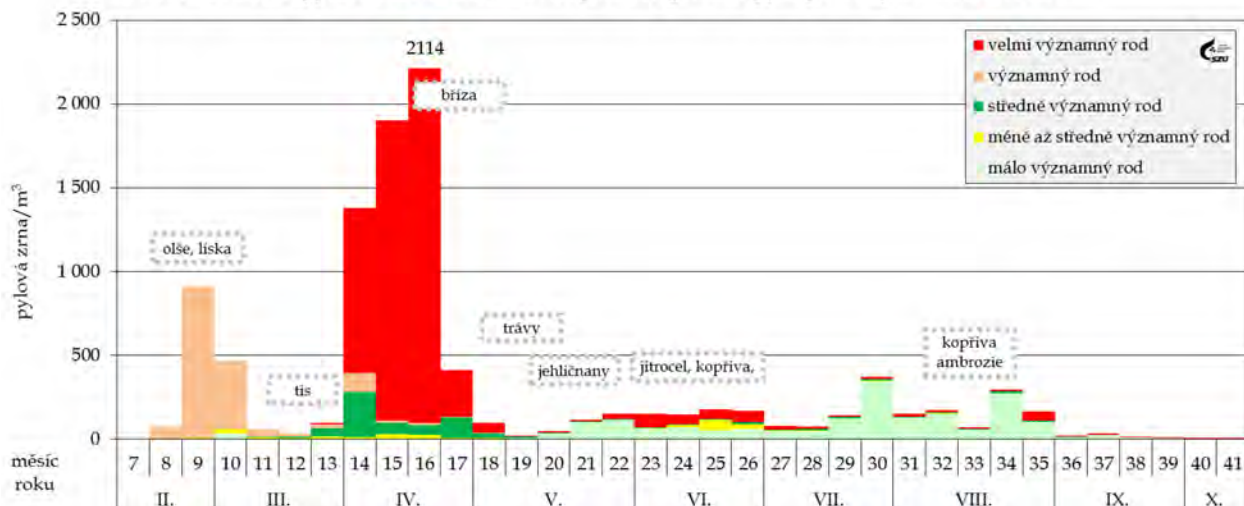
Stanice K. Vary - pylová sezóna 2019 - zastoupení alergenních pylů podle významnosti rodu



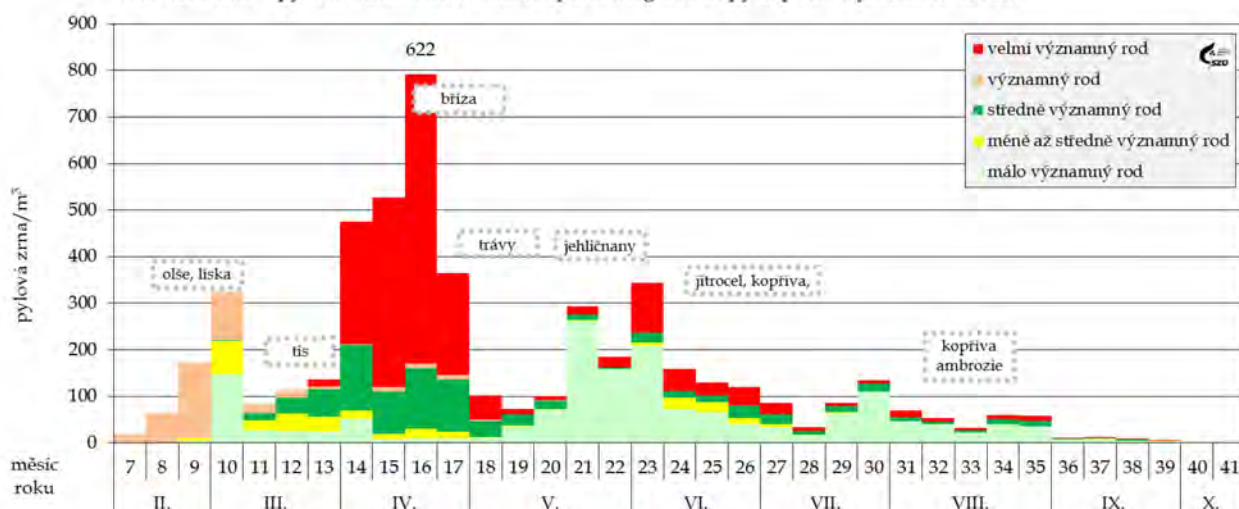
Stanice Liberec - pylová sezóna 2019 - zastoupení alergenních pylů podle významnosti rodu



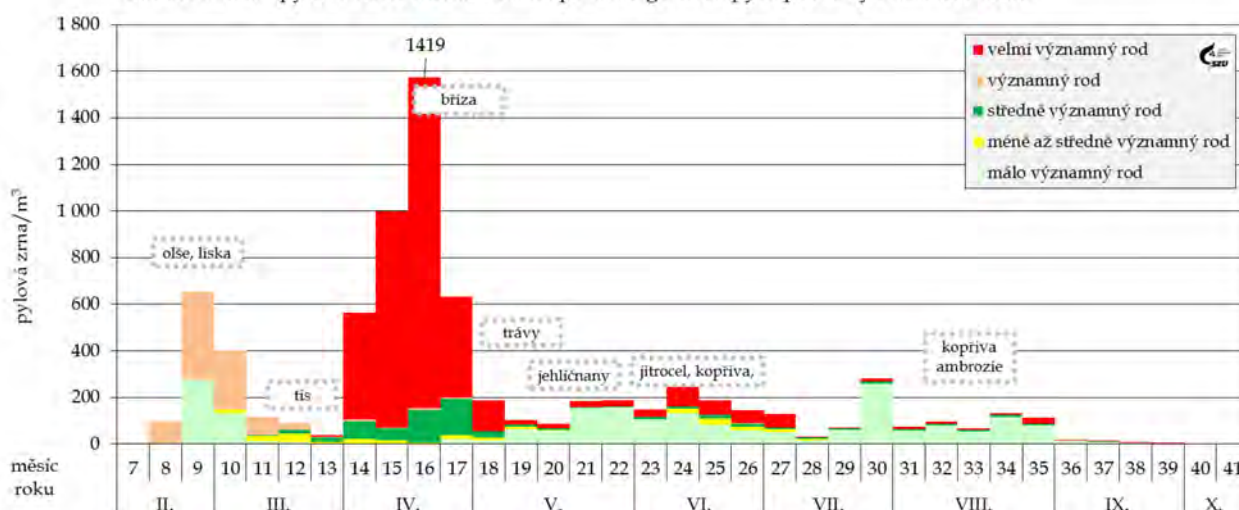
Stanice Ostrava - pylová sezóna 2019 - zastoupení alergenních pylů podle významnosti rodu



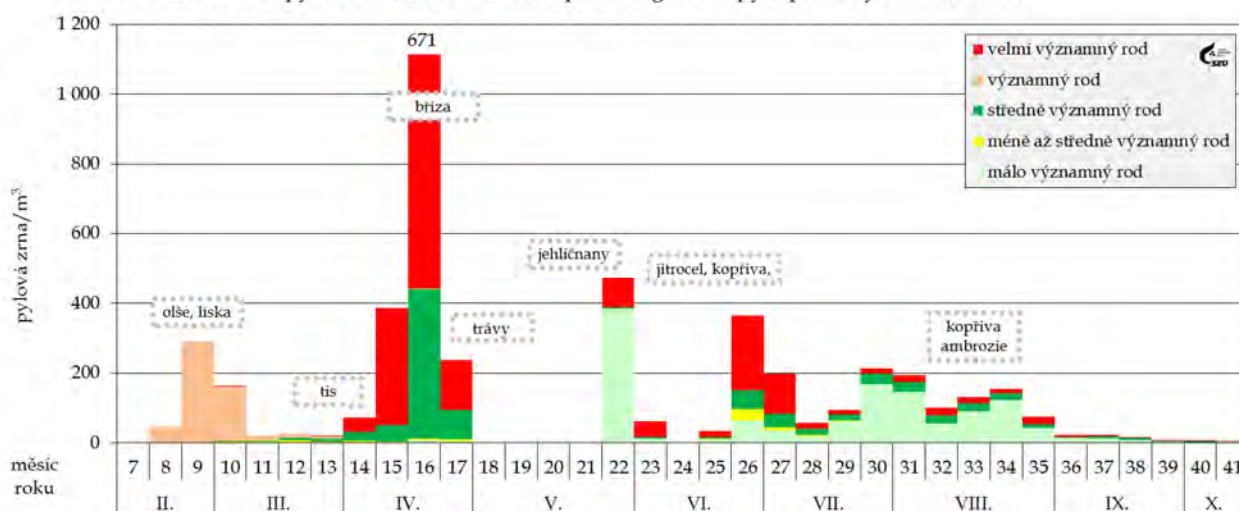
Stanice Plzeň - pylová sezóna 2019 - zastoupení alergenních pylů podle významnosti rodu



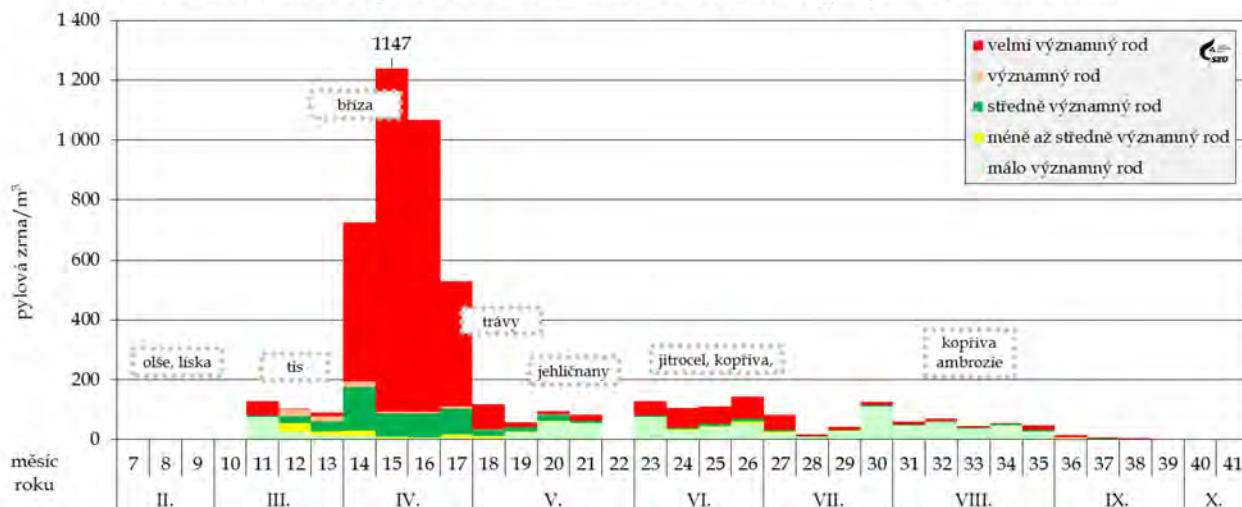
Stanice Praha - pylová sezóna 2019 - zastoupení alergenních pylů podle významnosti rodu



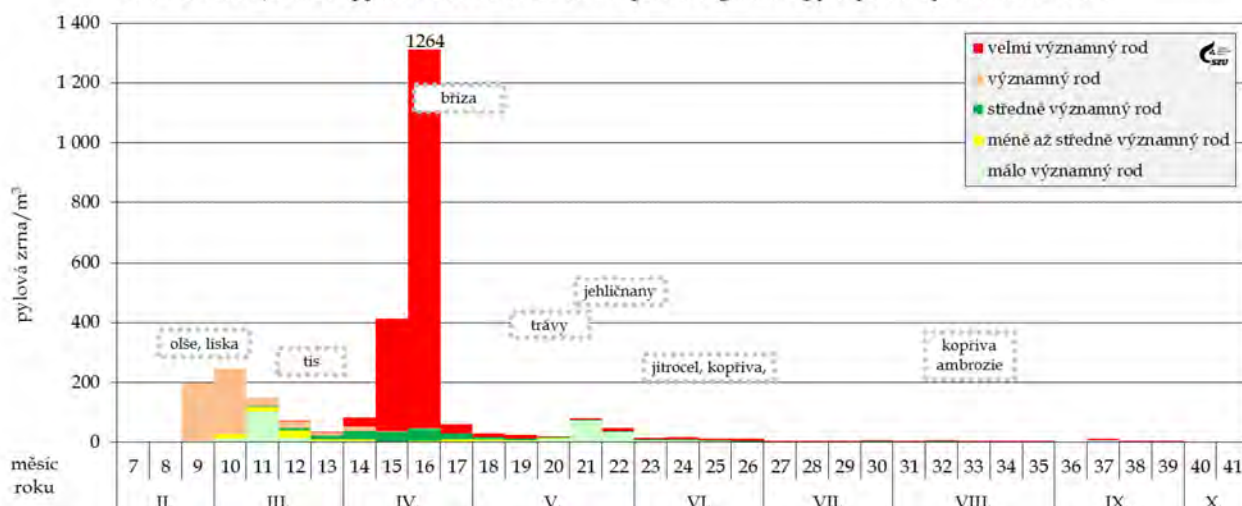
Stanice Třinec - pylová sezóna 2019 - zastoupení alergenních pylů podle významnosti rodu



Stanice Ústí n/Labem - pylová sezóna 2019 - zastoupení alergenních pylů podle významnosti rodu



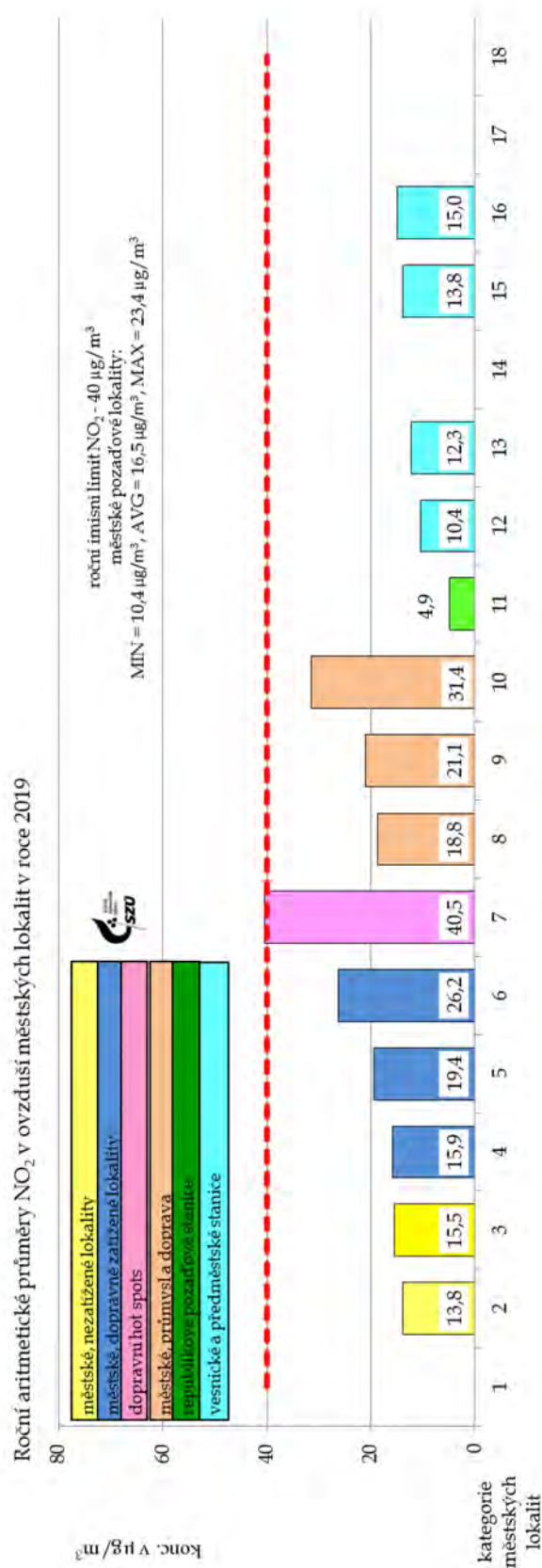
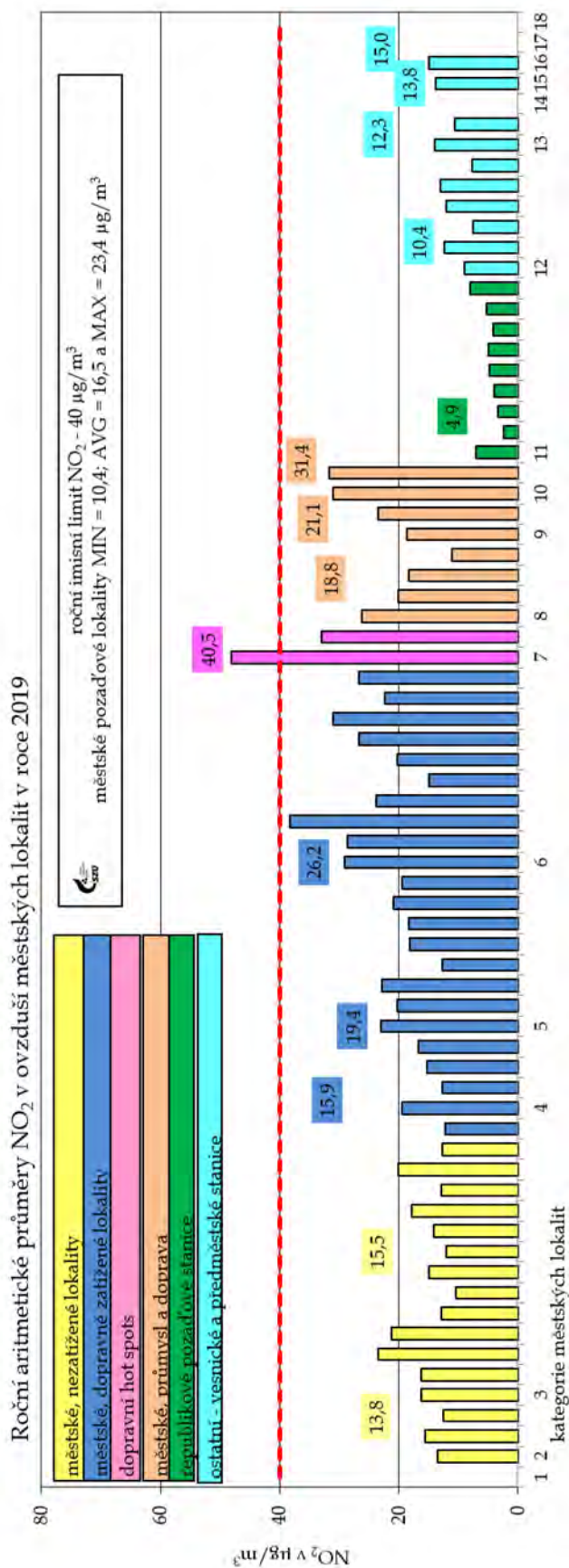
Stanice Ústí n/Orlicí - pylová sezóna 2019 - zastoupení alergenních pylů podle významnosti rodu



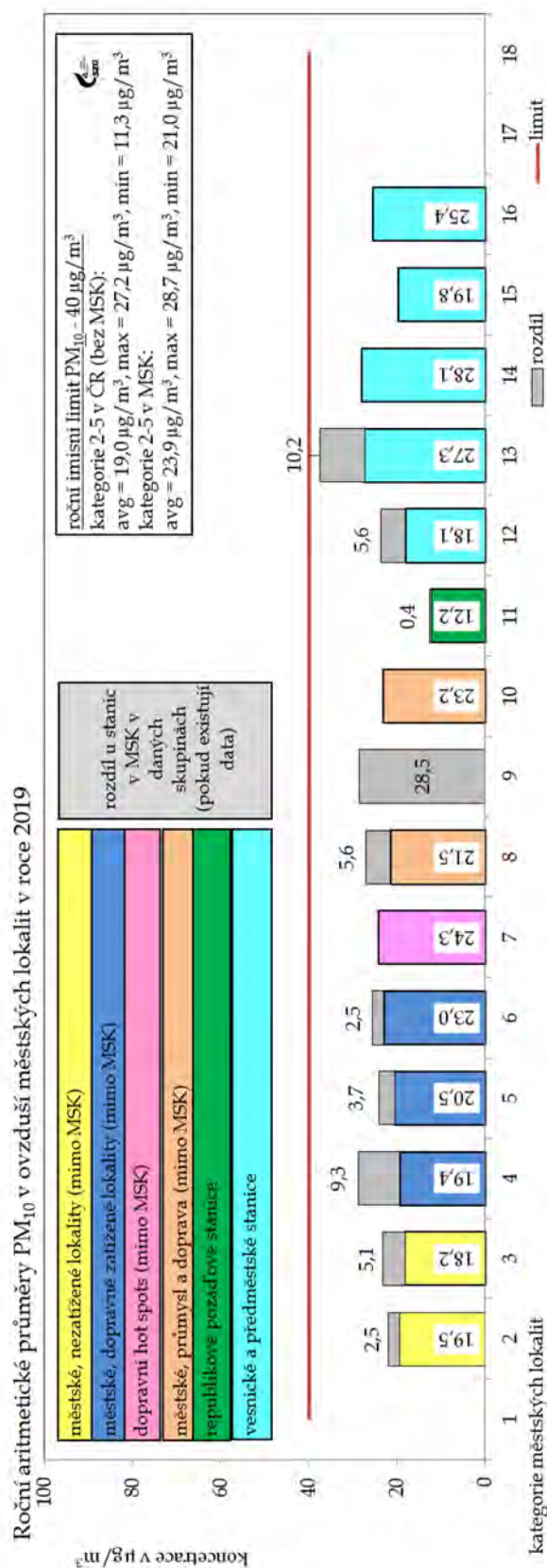
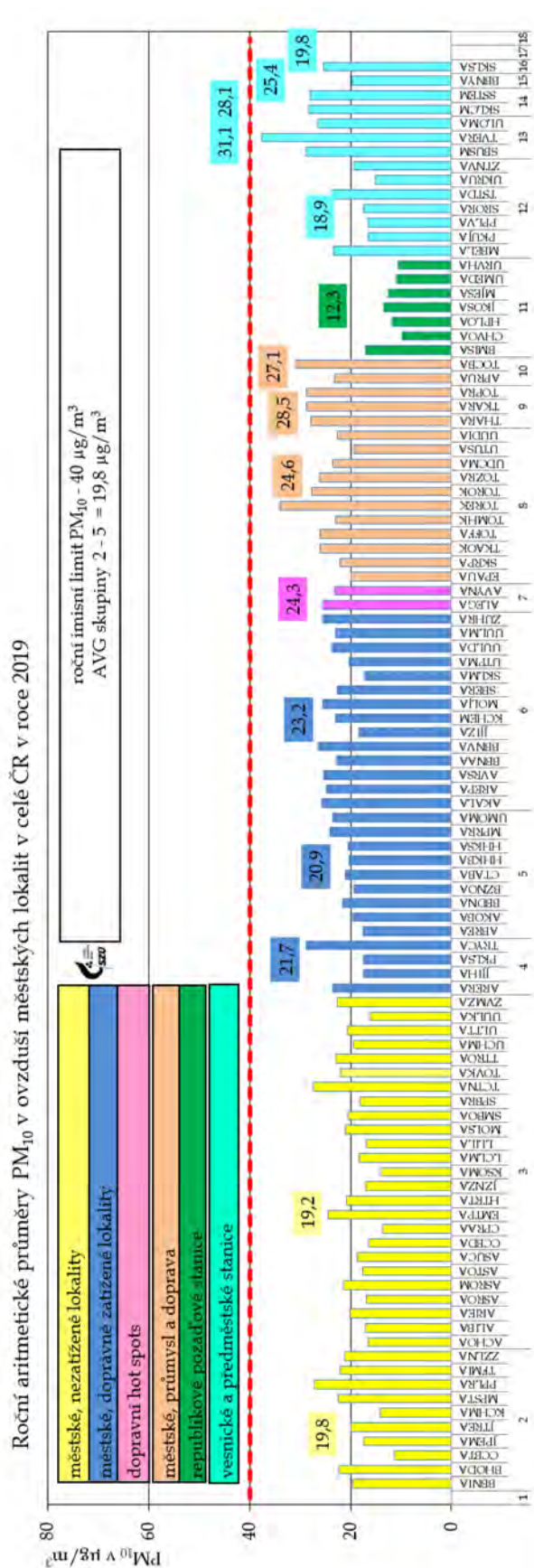
Příloha č. 5. - Grafická prezentace výsledků za rok 2019

Graf č.	název	strana
Graf č. 1. a, b	– 2019 - roční aritmetické průměry NO ₂ na jednotlivých stanicích a průměry pro jednotlivé městské lokality	83
Graf č. 2. a, b	– 2019 - roční aritmetické průměry PM ₁₀ na jednotlivých stanicích a průměry pro jednotlivé městské lokality	84
Graf č. 3. a, b	– 2019 - roční aritmetické průměry PM _{2,5} na zahrnutých stanicích a v městských kategoriích.....	85
Graf č. 4.	– 2019 - roční aritmetické průměry As v ovzduší obydlených lokalit.....	86
Graf č. 5.	– 2019 - roční aritmetické průměry Cd v ovzduší obydlených lokalit.....	86
Graf č. 6.	– 2019 - roční aritmetické průměry Ni v ovzduší obydlených lokalit	87
Graf č. 7.	– 2019 - roční aritmetické průměry Pb v ovzduší obydlených lokalit	87
Graf č. 8.	– 2019 - As, Cd, Cr, Mn, Ni a Pb průběh měsíčních hodnot ve frakci PM ₁₀ a PM _{2,5} a podíl ve frakci PM _{2,5}	88
Graf č. 9. a, b	– 2019 - roční aritmetické průměry benzenu v ovzduší městských lokalit a na jednotlivých hodnocených stanicích	89
Graf č. 10. a, b	– 2019 - roční aritmetické průměry BaP v ovzduší městských lokalit a na jednotlivých hodnocených stanicích	90
Graf č. 11. a, b	– 2019 - roční aritmetické průměry BaA a TEQ BaP v ovzduší na jednotlivých hodnocených stanicích.....	91
Graf č. 12. a, b, c	– 2019 - sezónní chování BaA, BaP a TeQ BaP v městských lokalitách	92
Graf č. 13.	2005 – 2019, rozpětí ročních středních hodnot BaP	93
Graf č. 14. a, b, c, d, e, f, g, h	– 2005 – 2019 - trendy průběhů sezónních průměrů BaA a BaP na stanicích v Košetících, SZÚ Praha, Karviné a v Ostravě - Bartovicích ...	94
Graf č. 15.	– 2019 - hodnoty a rozpětí ročního IKOR (zahrnuty hodnoty NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , As, Cd, Pb, Ni, benzenu a BaP) v jednotlivých typech lokalit.....	95
Graf č. 16.	– 2019 - rozpětí hodnot sumy plnění ročních imisních limitů v jednotlivých typech lokalit - poměr ročního aritmetického průměru k hodnotě imisního limitu (zahrnuty hodnoty NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , As, Cd, Pb, Ni, benzenu a BaP)	96
Graf č. 17	– 2019 - podíl průměrných ročních koncentrací škodlivin v základních typech městských lokalit/kategorií a příslušných limitních hodnot v procentech limitní hodnoty	97
Graf č. 18. a, b, c, d, e, f	– 2019 - rozpětí odhadu pravděpodobnosti zvýšení počtu nádorových onemocnění z příjmu As, Ni, Cd, benzenu a BaP z venkovního ovzduší pro jednotlivé typy městských lokalit	98

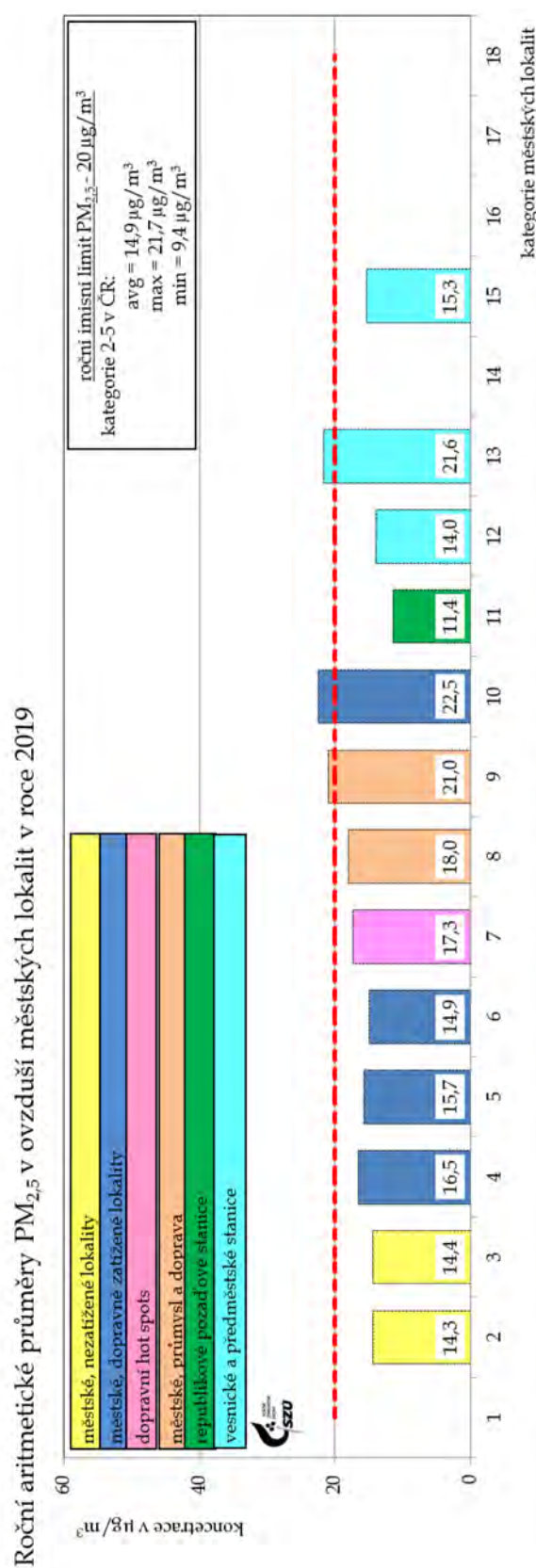
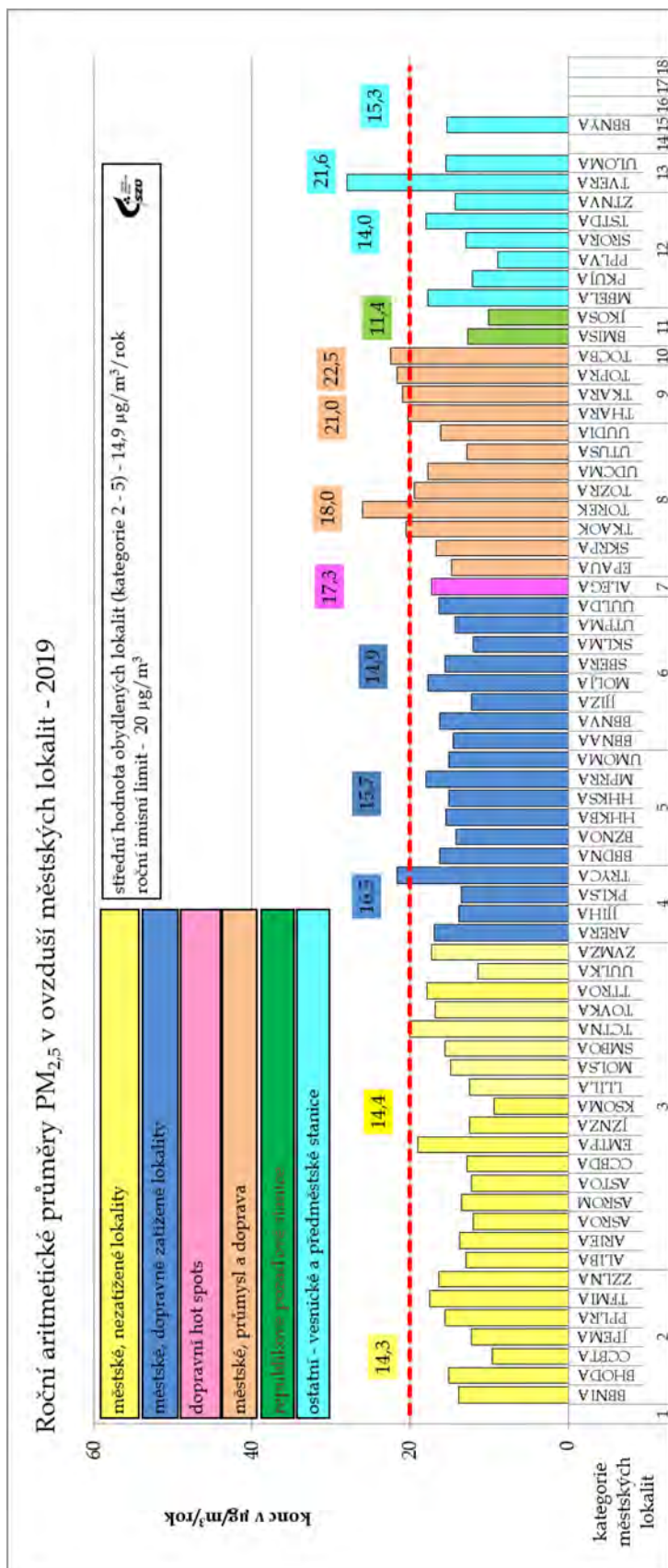
Graf č. 1. a, b – 2019 - roční aritmetické průměry NO₂ na jednotlivých stanicích a průměry pro jednotlivé městské lokality



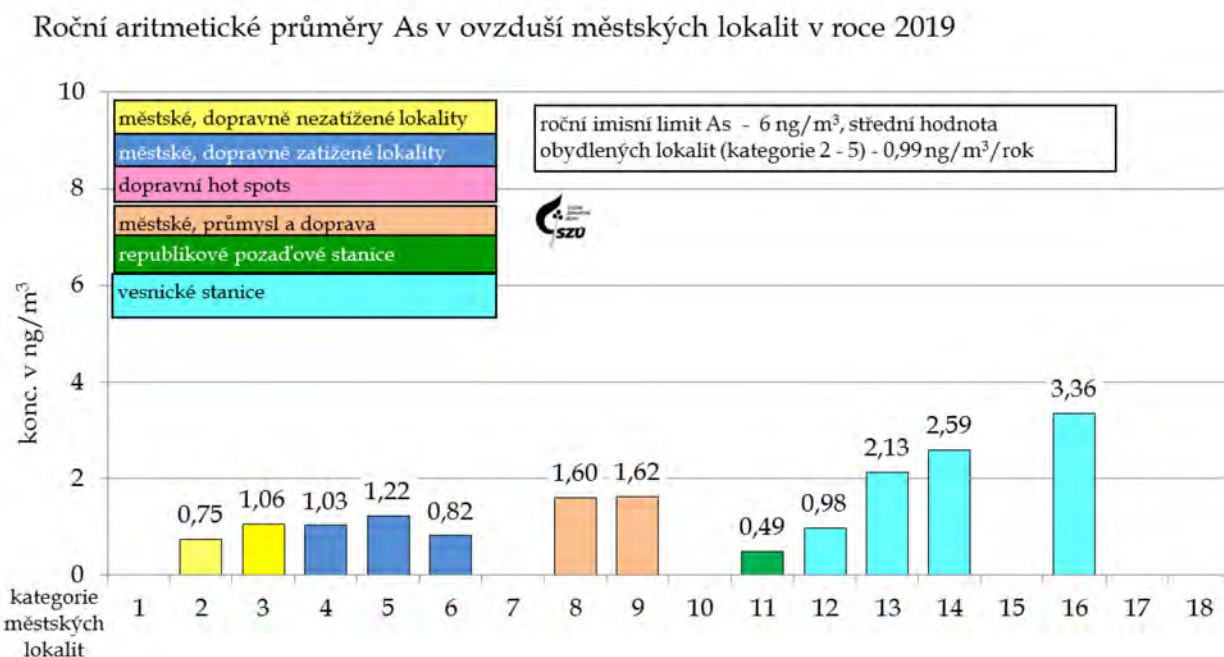
Graf č. 2. a, b - 2019 - roční aritmetické průměry PM₁₀ na jednotlivých stanicích a průměry pro jednotlivé městské lokality



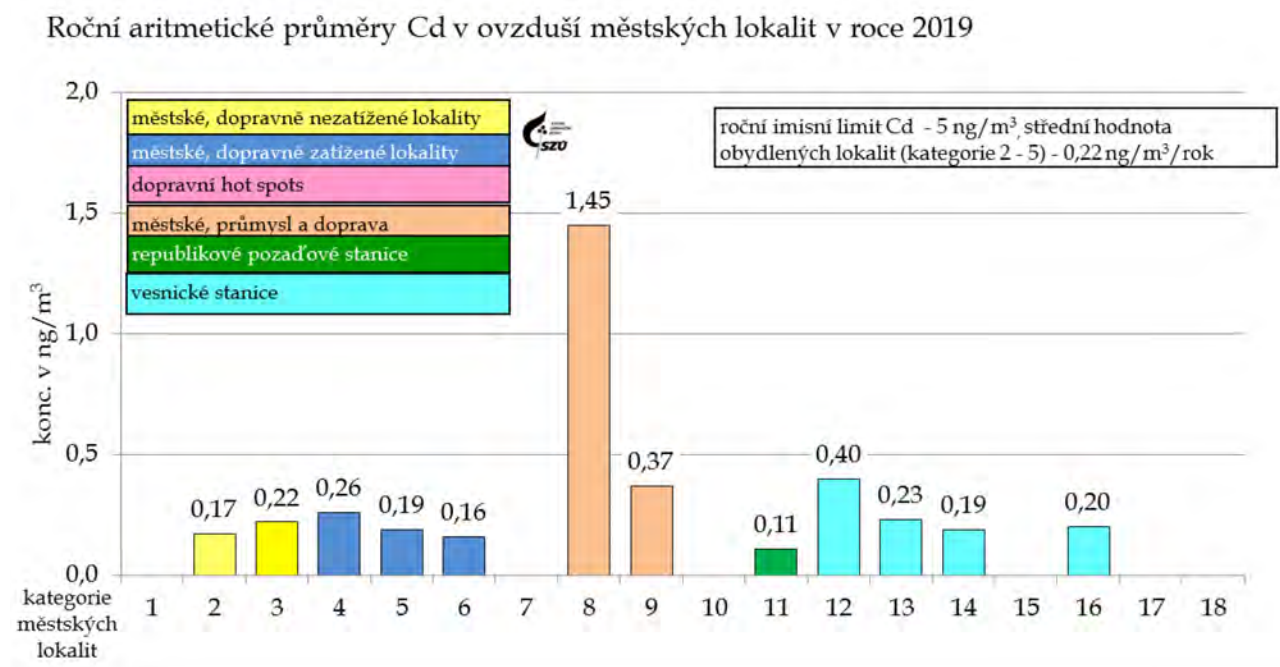
Graf č. 3. a, b - 2019 - roční aritmetické průměry PM_{2,5} na zahrnutých stanicích a v městských kategoriích



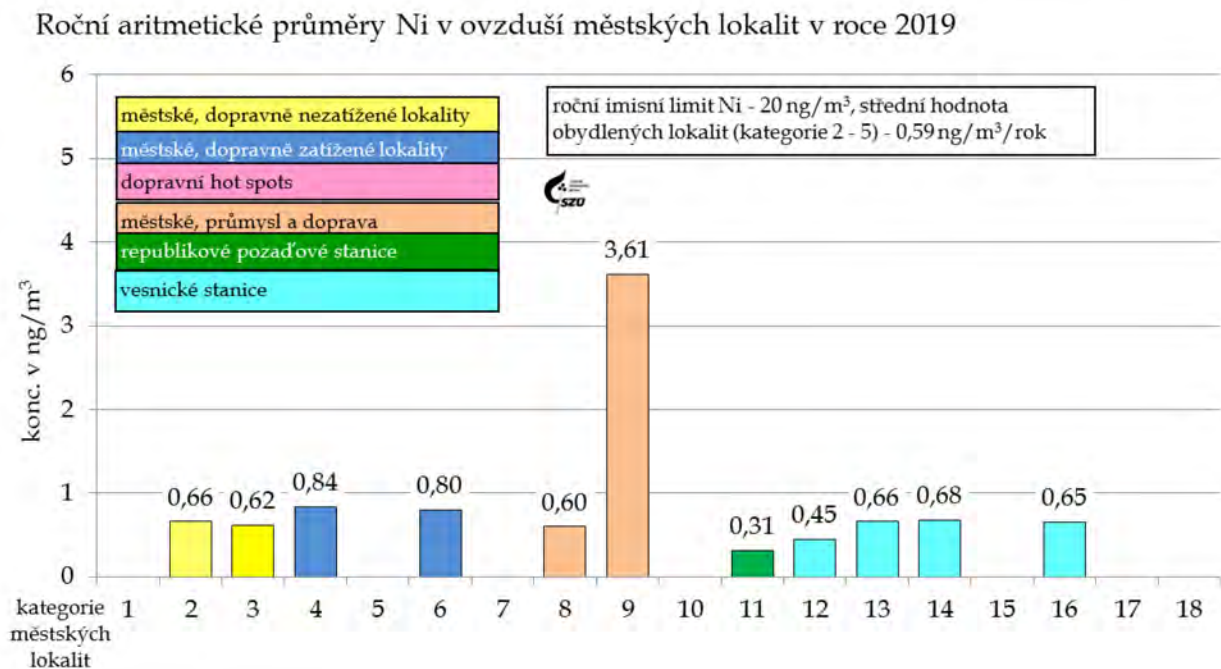
Graf č. 4. - 2019 - roční aritmetické průměry As v ovzduší obydlých lokalit



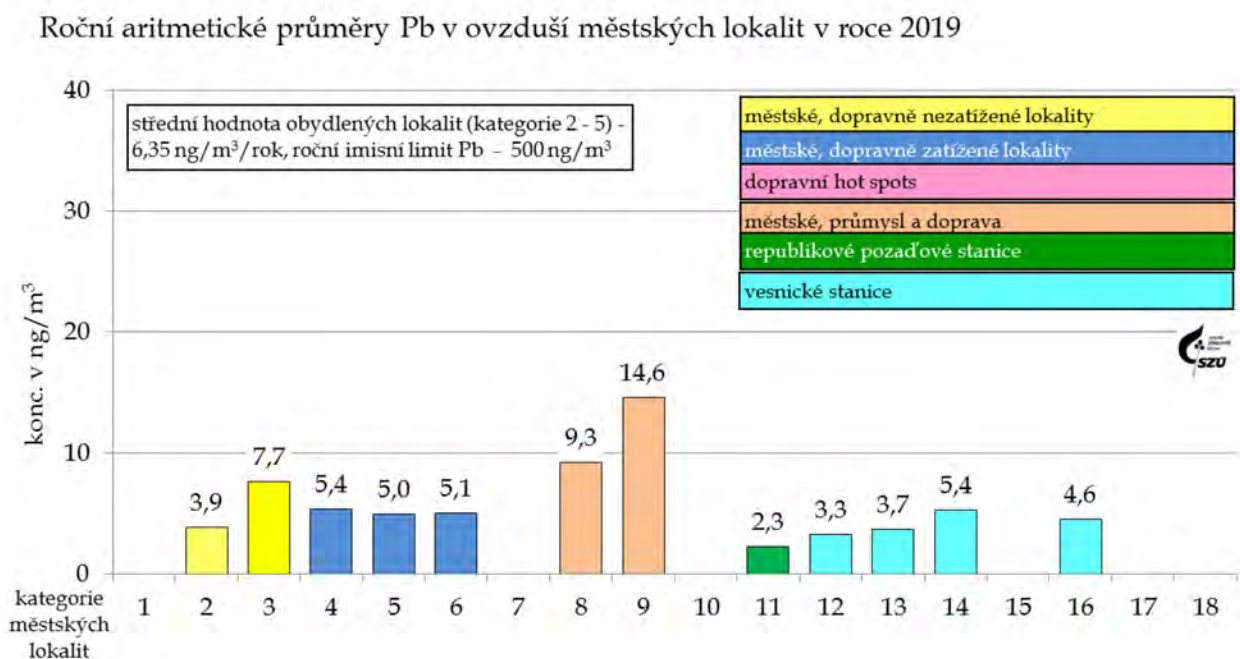
Graf č. 5. - 2019 - roční aritmetické průměry Cd v ovzduší obydlých lokalit



Graf č. 6. – 2019 - roční aritmetické průměry Ni v ovzduší obydlených lokalit



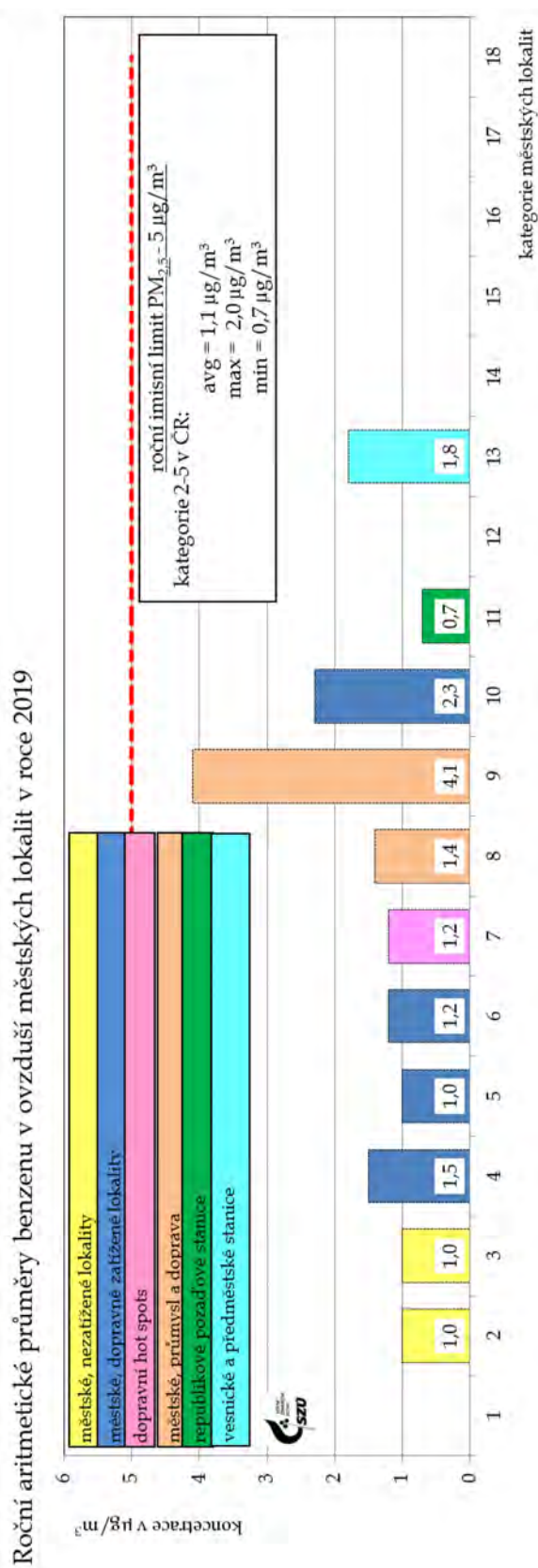
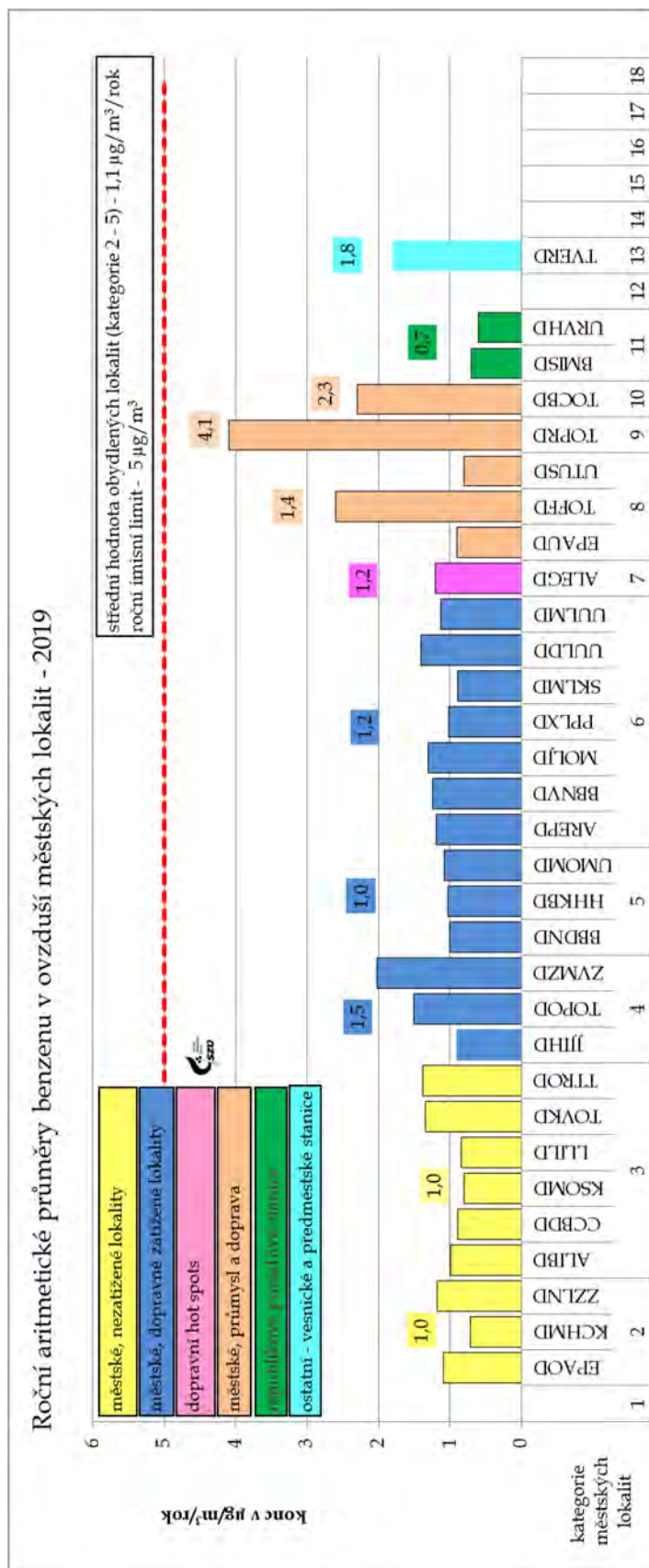
Graf č. 7. – 2019 - roční aritmetické průměry Pb v ovzduší obydlených lokalit



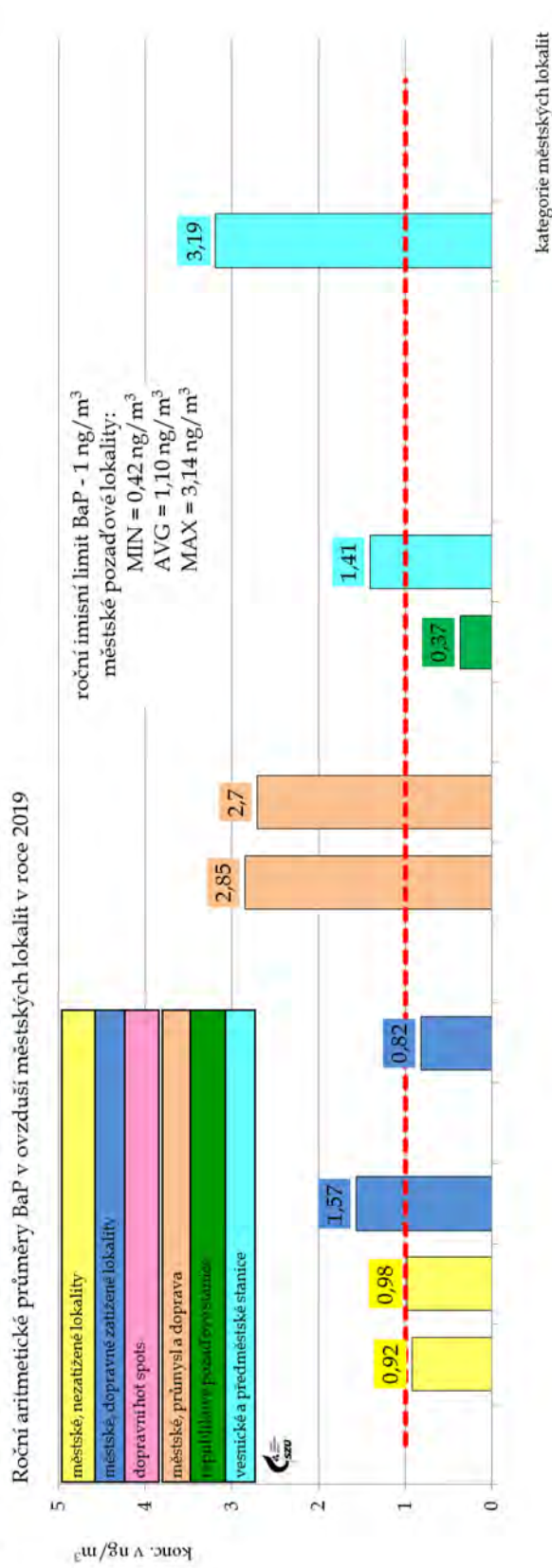
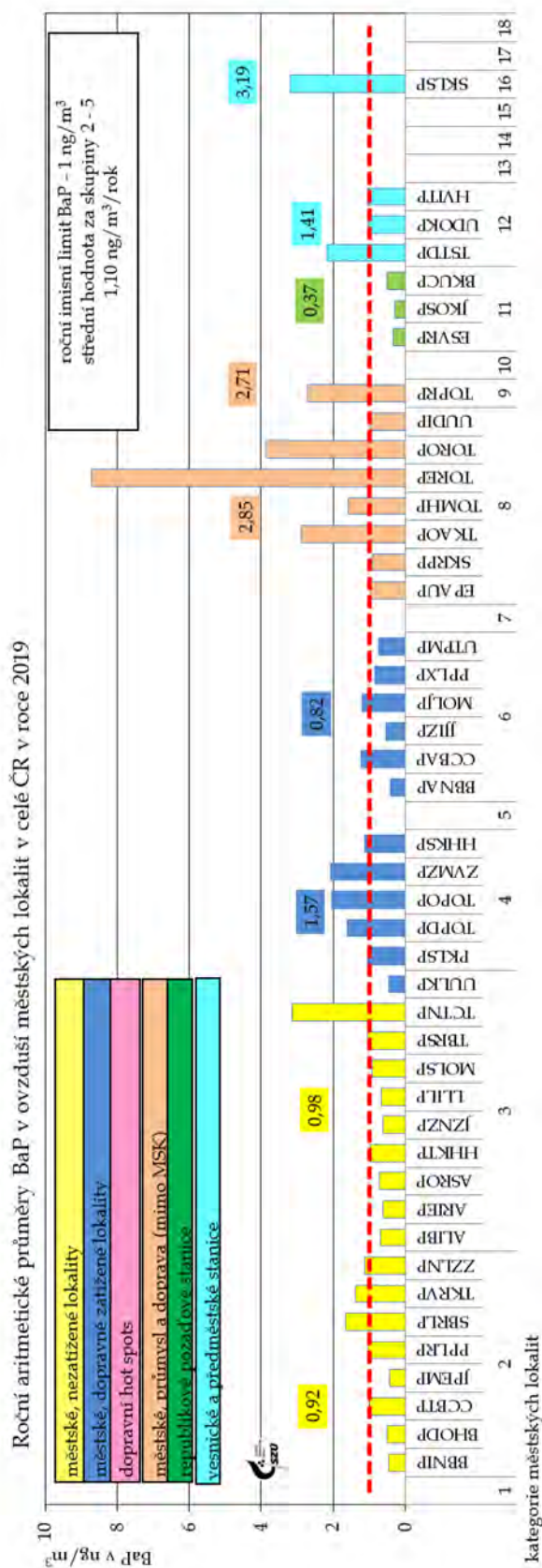
Graf č. 8. – 2019 - As, Cd, Cr, Mn, Ni a Pb průběh měsíčních hodnot ve frakci PM₁₀ a PM_{2,5} a podíl ve frakci PM_{2,5}



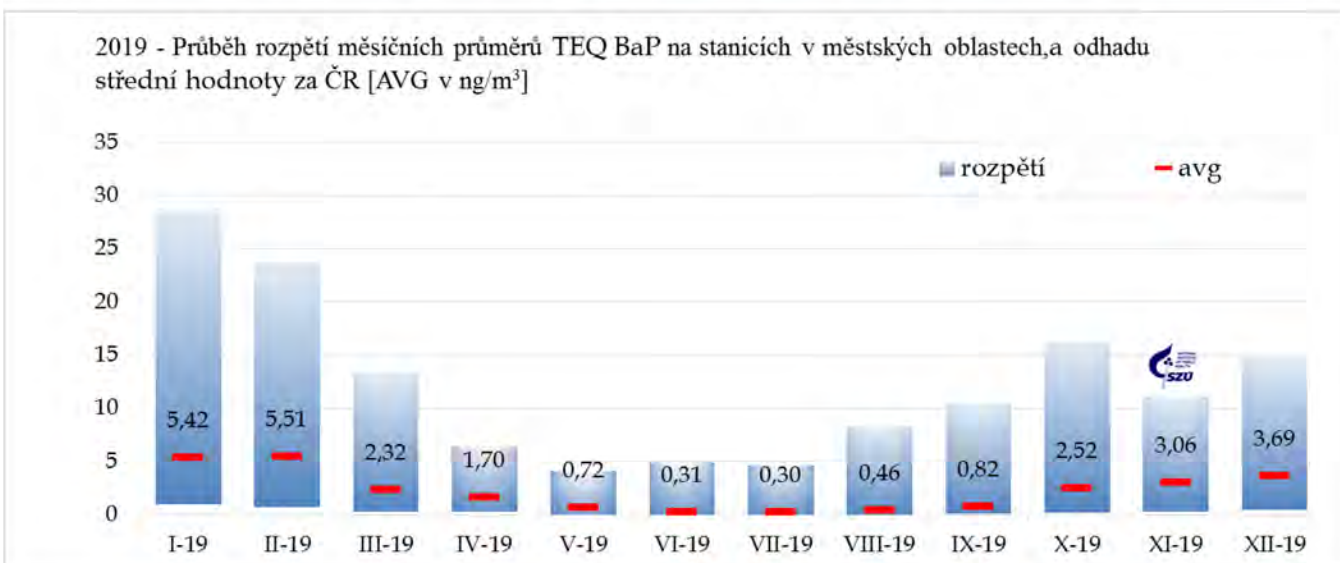
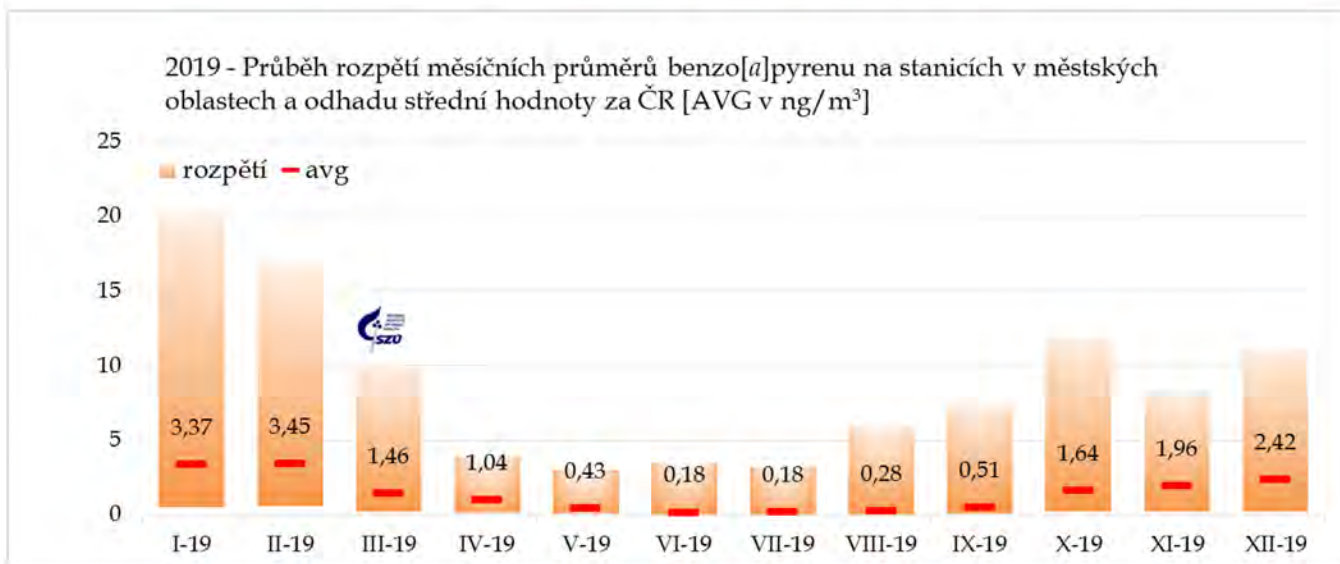
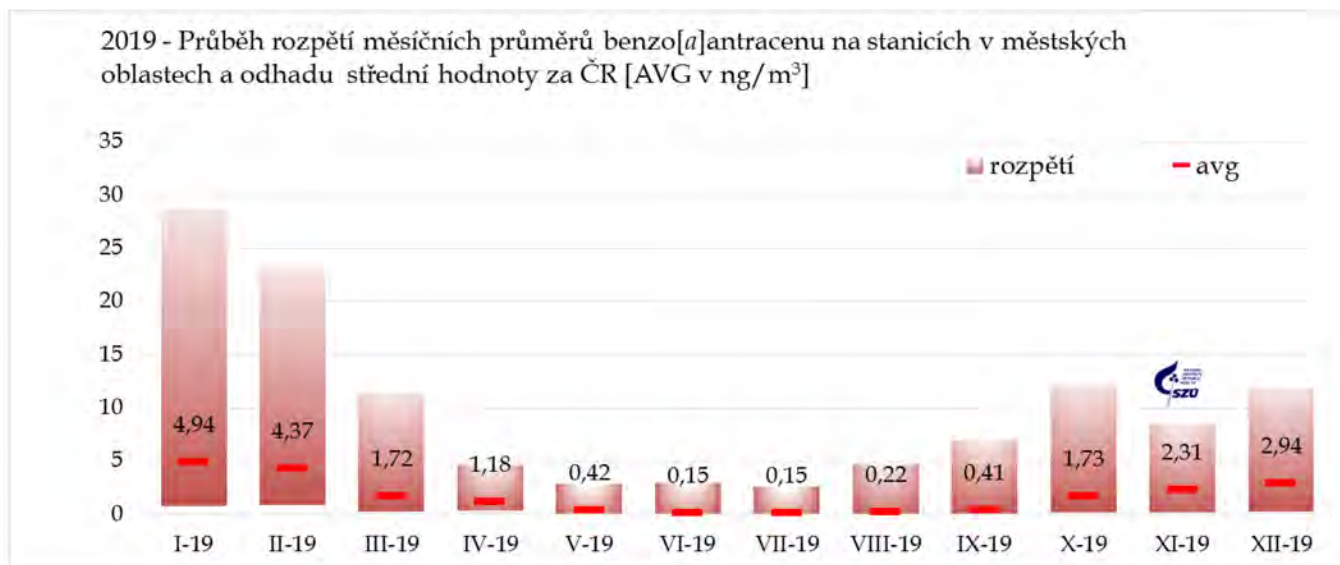
Graf č. 9. a, b – 2019 - roční aritmetické průměry benzenu v ovzduší městských lokalit a na jednotlivých hodnocených stanicích



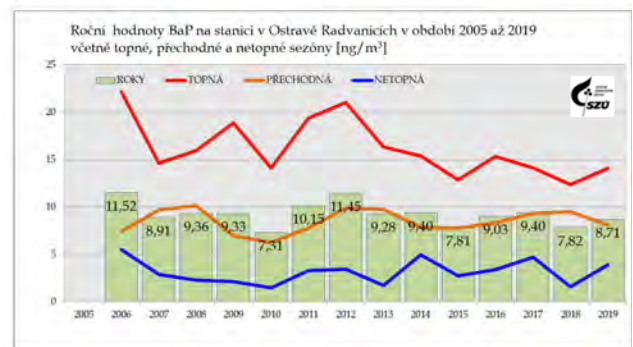
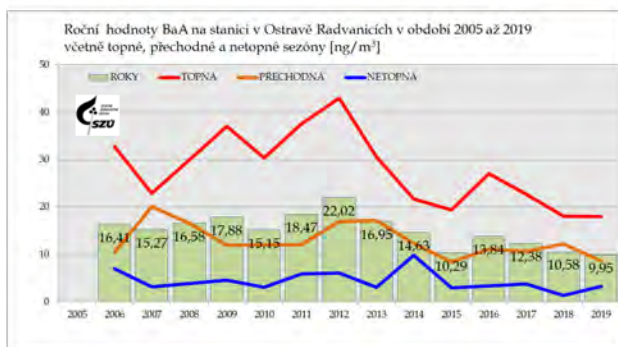
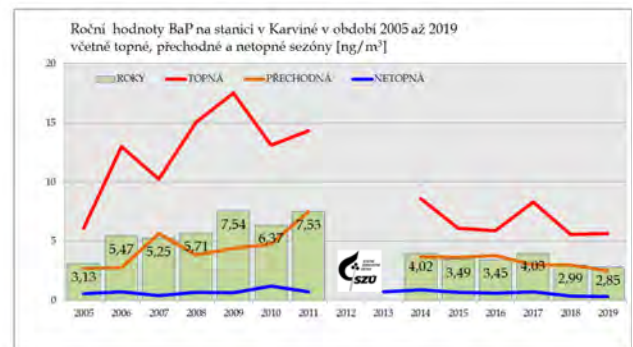
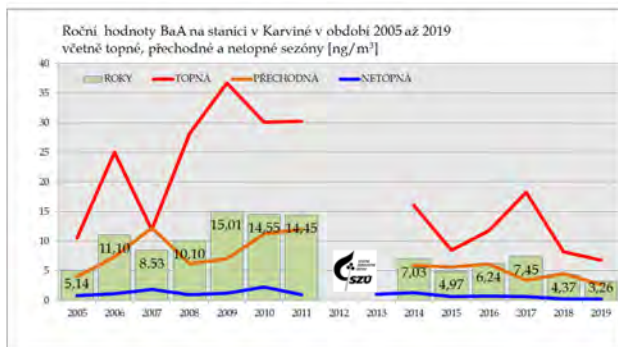
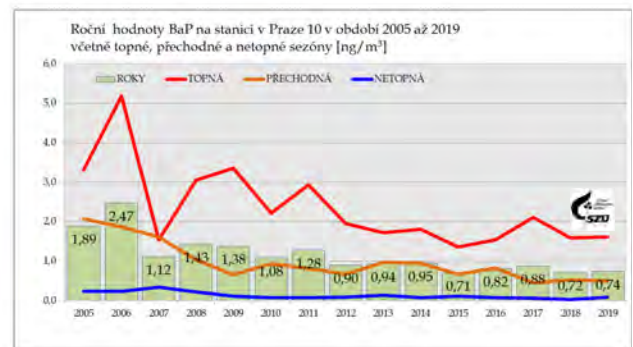
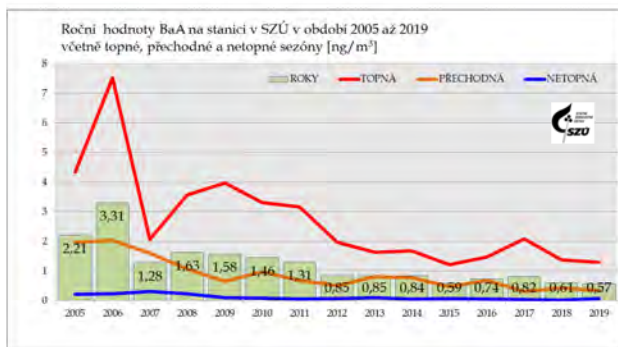
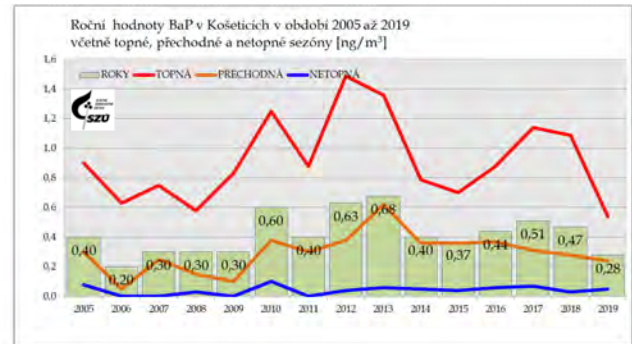
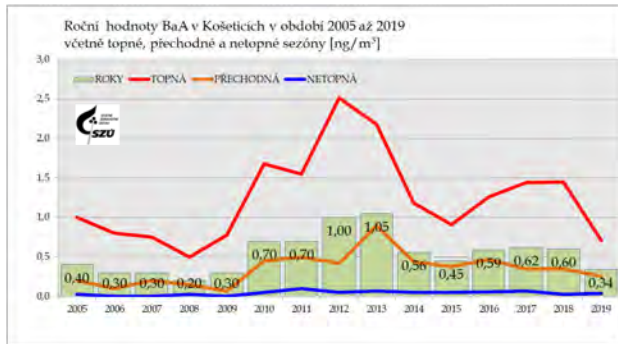
Graf č. 10. a, b – 2019 - roční aritmetické průměry BaP v ovzduší městských lokalit a na jednotlivých hodnocených stanicích



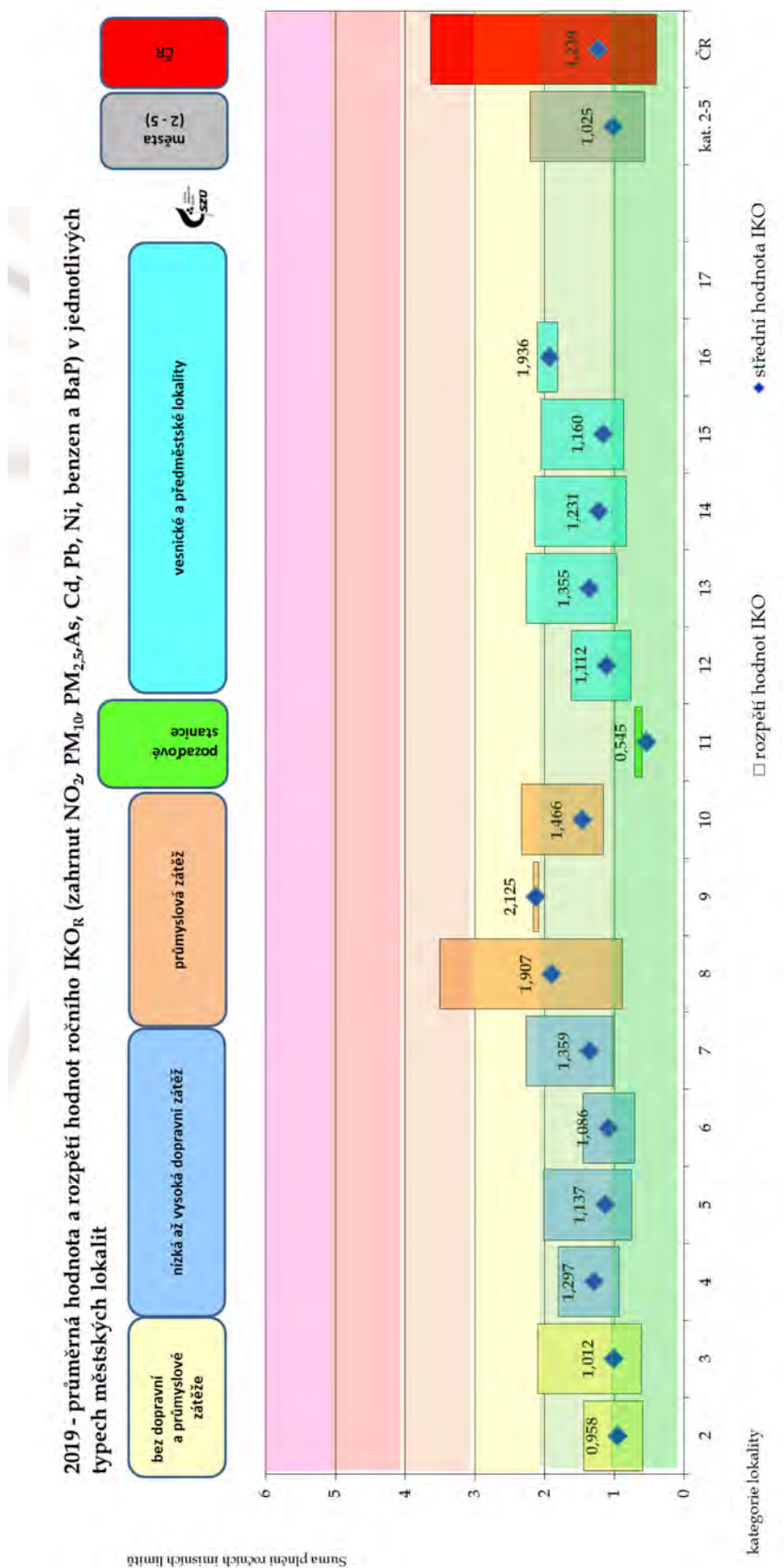
Graf č. 12. a, b, c - 2019 - sezónní chování BaA, BaP a TeQ BaP v městských lokalitách



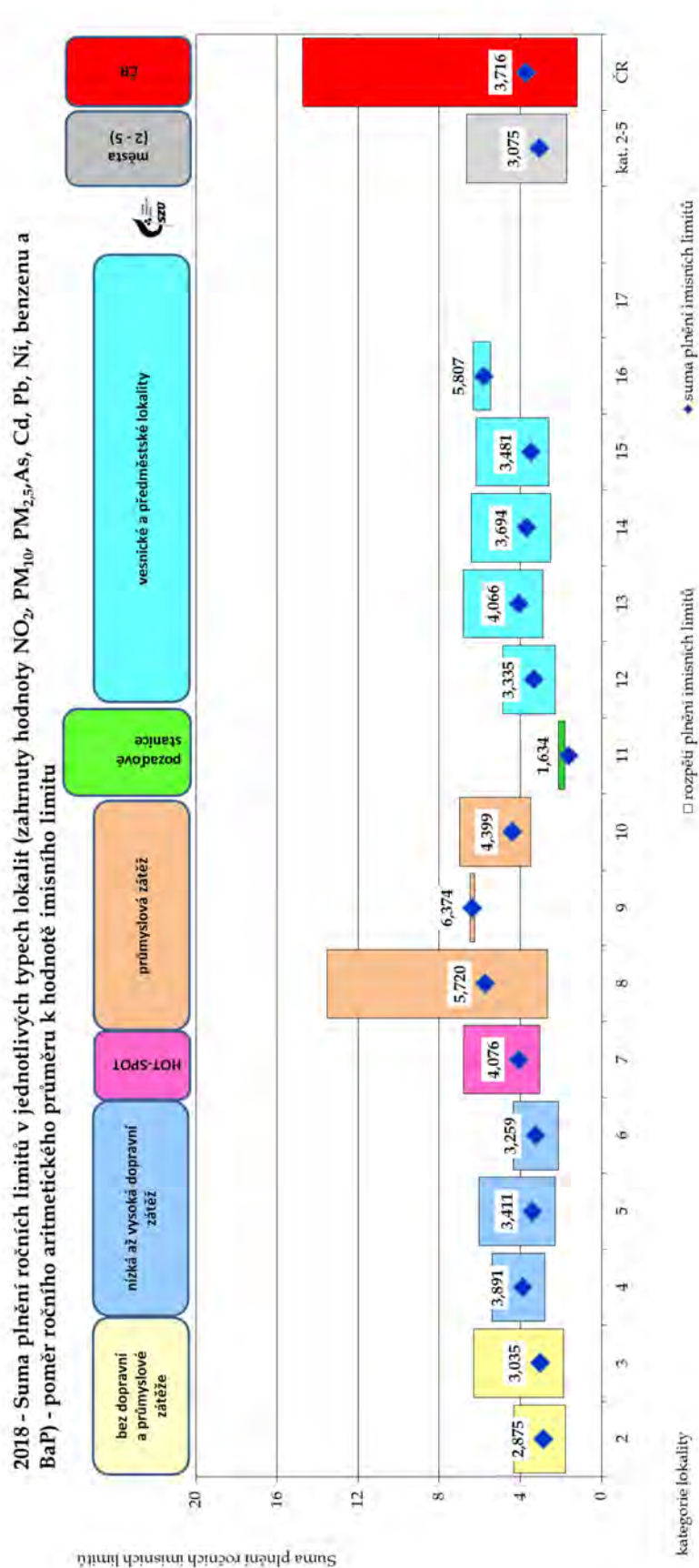
Graf č. 14. a, b, c, d, e, f, g, h - 2005 - 2019 - trendy průběhů sezónních průměrů BaA a BaP na stanicích v Košeticích, SZÚ Praha, Karviné a v Ostravě - Bartovicích



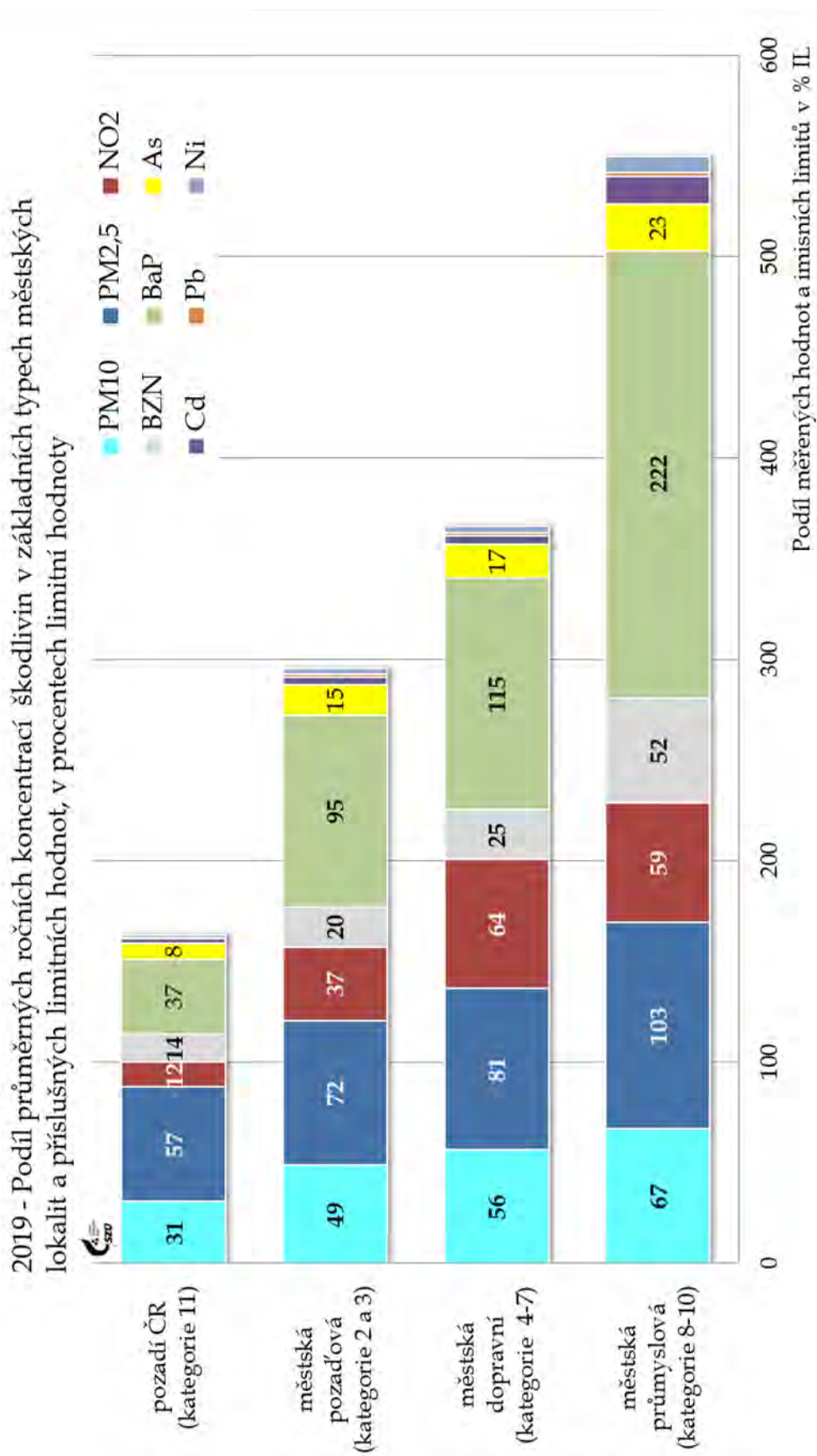
Graf č. 15. – 2019 - hodnoty a rozpětí ročního IKO_R (zahrnuté hodnoty NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, As, Cd, Pb, Ni, benzen a BaP) v jednotlivých typech lokalit



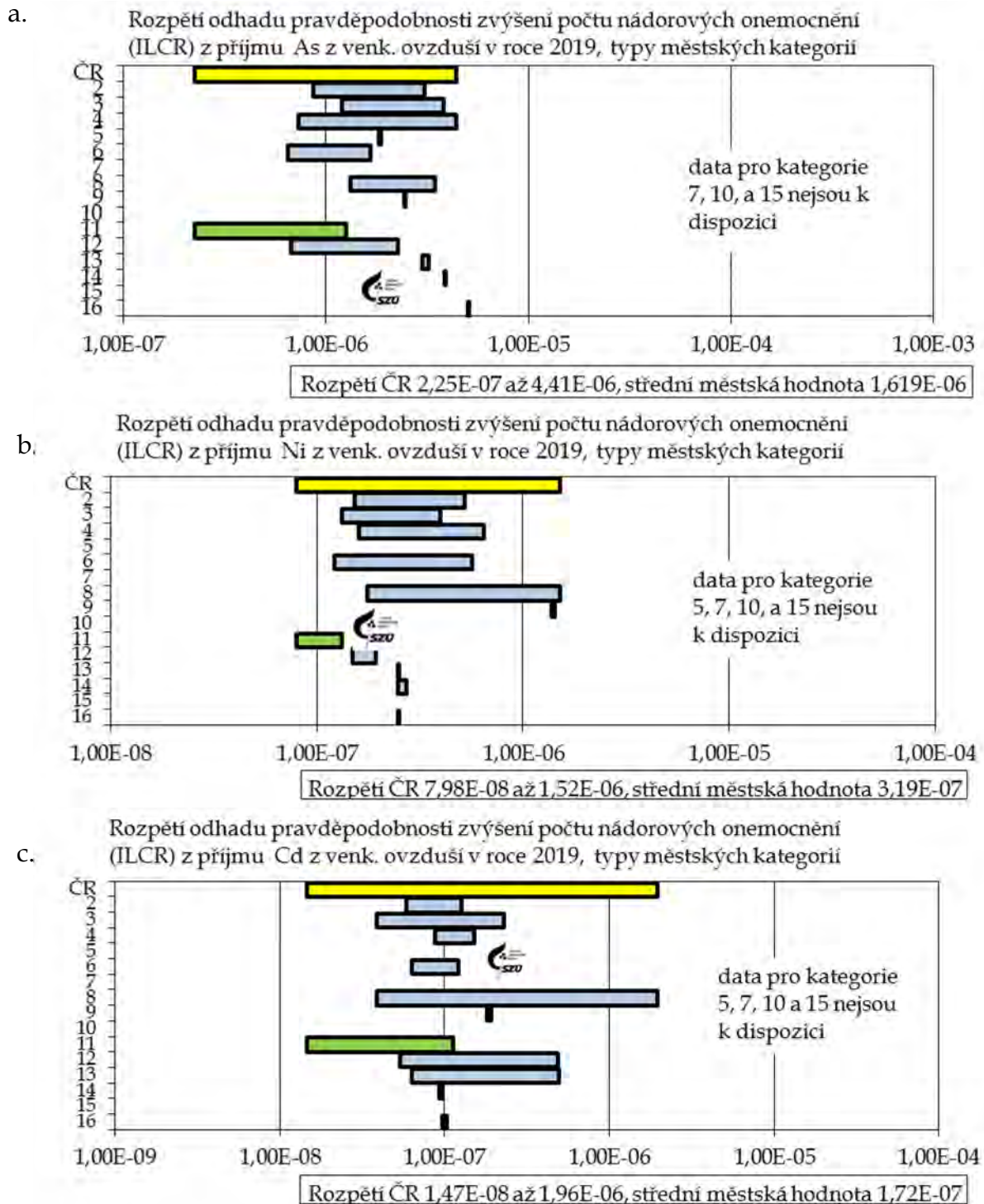
Graf č. 16. – 2019 - rozpětí hodnot sumy plnění ročních imisních limitů v jednotlivých typech lokalit - poměr ročního aritmetického průměru k hodnotě imisního limitu (zahrnuty hodnoty NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, As, Cd, Pb, Ni, benzen a BaP)



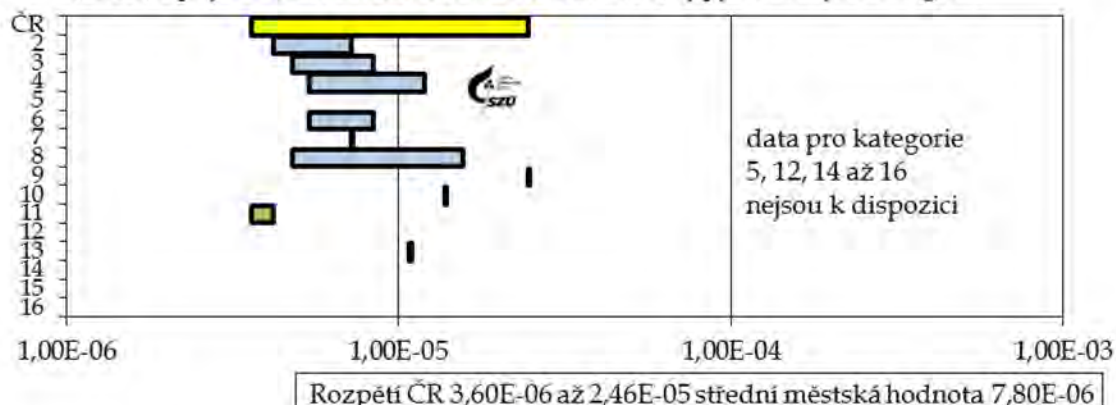
Graf č. 17 - 2019 - podíl průměrných ročních koncentrací škodlivin v základních typech městských lokalit/kategorií a příslušných limitních hodnot v procentech limitní hodnoty



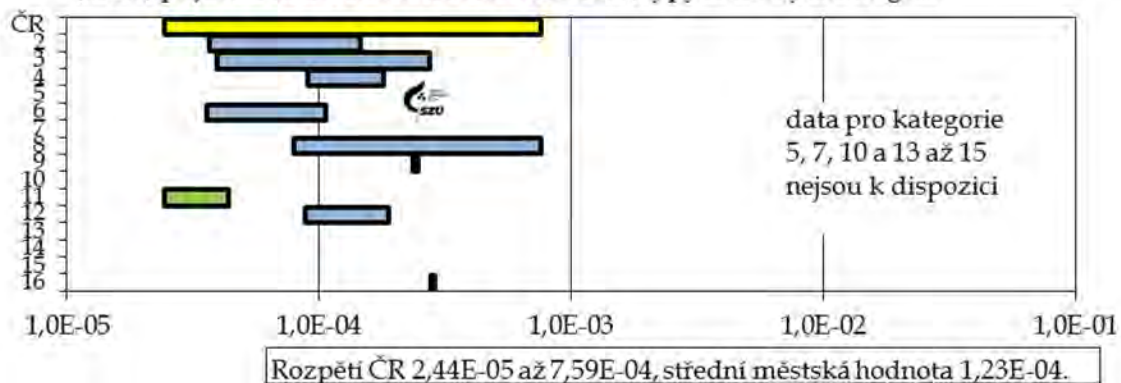
Graf č. 18. a, b, c, d, e, f - 2019 - rozpětí odhadu pravděpodobnosti zvýšení počtu nádorových onemocnění z příjmu As, Ni, Cd, benzenu a BaP z venkovního ovzduší pro jednotlivé typy městských lokalit



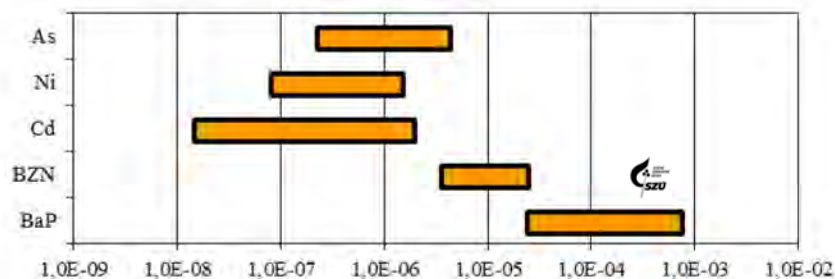
d. Rozpětí odhadu pravděpodobnosti zvýšení počtu nádorových onemocnění (ILCR) z příjmu BZN z venk. ovzduší v roce 2019, typy městských kategorií



e. Rozpětí odhadu pravděpodobnosti zvýšení počtu nádorových onemocnění z (ILCR) příjmu BaP z venk. ovzduší v roce 2019, typy městských kategorií



f. 2019 - Průměr za ČR a rozpětí odhadu pravděpodobnosti zvýšení počtu nádorových onemocnění (ILCR) z příjmu As, Ni, Cd, benzenu a BaP z venkovního ovzduší



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.

Seznam tabulek

Tabulka č. 1. – Souhrn monitorovaných parametrů kvality venkovního ovzduší v jednotlivých městech	6
Tabulka č. 2. - Referenční postupy vzorkování a analytické postupy	9
Tabulka č. 3. - Imisní limity (IL) základních sledovaných látek (podle přílohy č. 1 - Zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. ze dne 2. května 2012) ve znění novely č. 172 ze dne 19. 7. 2018.....	13
Tabulka č. 4. - Referenční koncentrace vydané SZÚ (v $\mu\text{g}/\text{m}^3$) - (podle § 27, odst. 6, b, zákona č. 201/2012 Sb.), aktualizace v roce 2018.....	13
Tabulka č. 5. - Hodnoty TEF pro jednotlivé látky [Zdroj: US EPA].....	28
Tabulka č. 6. - Meze detekce používaných automatizovaných/on-line postupů	30
Tabulka č. 7. - Meze detekce používaných aspiračních/nepřímých postupů	30
Tabulka č. 8 – Vývoj (2009 – 2019) hodnot navýšení celkové roční úmrtnosti o „předčasná úmrtí“ - střední hodnota a rozpětí hodnot v ČR.....	36
Tabulka č. 9 – Počet roků ztráty života	38
Tabulka č. 10. – Vybrané škodliviny - použité hodnoty jednotkového rizika.....	41
Tabulka č. 11. – 2019 - Pozad'ová, střední (AVG) a maximální hodnota zdravotního rizika (ILCR) pro ČR a odhad střední hodnoty v monitorovaných městech.....	41
Tabulka č. 12. – Vývoj (2010 – 2019) rozpětí hodnot karcinogenního populačního rizika v ČR (Min/Max) na 10 mil. obyvatel.....	42
Tabulka č. 13. - Zařazení zahrnutých stanic do příslušných kategorií.....	60
Příloha č. 3 - Tabulka č. 14 - Úrovně zátěže a odhad potenciálních zdravotních účinků pro základní látky, těžké kovy, benzen a BaP v roce 2019 pro jednotlivé typy městských kategorií (příloha č. 1). Hodnoty jsou uvedeny v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a v ng/m^3 - kovy a PAU.....	65



**System monitorování
zdravotního stavu obyvatelstva
České republiky
ve vztahu k životnímu prostředí**

**Subsystem č. I.
Zdravotní důsledky a rizika znečištění ovzduší**

Odborná zpráva za rok 2019

1. vydání, 102 stran

Vydáno na informačním CD MZSO s ISBN 978-80-7071-393-8