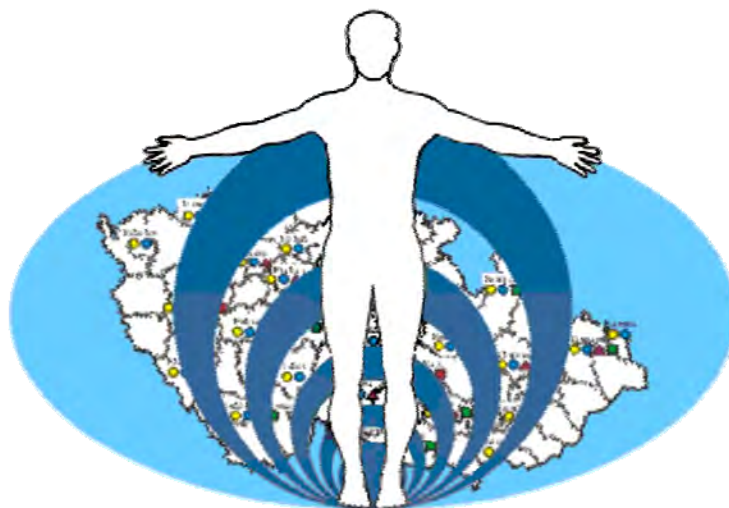


System monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí



Subsystem I.

Zdravotní důsledky a rizika znečištění ovzduší

Odborná zpráva za rok 2016



Státní zdravotní ústav
Praha, září 2017

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 a vybrané pobočky ZÚ
Odpovědný řešitel:	MUDr. Helena Kazmarová
Řešitelé:	RNDr. Bohumil Kotlík, Ph.D. Mgr. Michaela Lustigová Ing. Miroslava Mikešová RNDr. Vladimíra Puklová Mgr. Lenka Pekařová Ing. Věra Vrbíková Hana Hrušková Marie Mocová

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/tema/zivotni-prostredi/archiv-odbornych-zprav>

Obsah:	strana
ÚVOD.....	6
I. CÍLE MONITORINGU	8
II. ZAHRNUTÉ OBLASTI, STANICE A MĚŘICÍ PROGRAMY V JEDNOTLIVÝCH KRAJÍCH ČR	10
III. REFERENČNÍ POSTUPY	13
IV. SBĚR A PŘENOS DAT	15
V. SYSTÉM QA/QC.....	17
VI. Ukazatele kvality venkovního ovzduší	19
1 Sledované škodliviny	20
2 Imisní limity a referenční koncentrace SZÚ	20
3 Základní sledované látky.....	22
3.1 Oxid siřičitý - SO ₂	22
3.2 Suma oxidů dusíku - NO _x	22
3.3 Oxid dusnatý - NO	23
3.4 Oxid dusičitý - NO ₂	23
3.5 Suspendované částice frakce PM ₁₀	24
3.6 Suspendované částice frakce PM _{2,5}	25
3.7 Oxid uhelnatý - CO	26
3.8 Prašný aerosol (TSP).....	26
3.9 Ozón - O ₃	26
4 Těžké kovy	27
4.1 Arsen - As.....	28
4.2 Kadmium - Cd.....	29
4.3 Olovo - Pb.....	29
4.4 Nikl - Ni.....	30
4.5 Mangan - Mn	30
4.6 Chrom - Cr	31
4.7 Vanad, železo, kobalt, zinek, selen, berylium a měď	31
5 Specifické sledované látky	32
5.1 VOC - těkavé organické látky	32
5.2 PAU - polycyklické aromatické uhlovodíky	33
6 Validace naměřených hodnot.....	36
6.1 Hodnoty pod mezí detekce použitých analytických postupů	36
6.2 Zásahy do hodnot naměřených v roce 2016	37
VII. Komplexní hodnocení kvality ovzduší.....	39
A. INDEX KVALITY OVZDUŠÍ - IKO_R.....	39
B. SUMA PLNĚNÍ ROČNÍCH IMISNÍCH LIMITŮ	40
C. HODNOCENÍ RIZIK	41
VIII. DISKUSE.....	49
1 Kvalita venkovního ovzduší	49
2 Vnitřní ovzduší v mateřských školách	51
IX. ZÁVĚRY	53
X. SOUHRN.....	55
1 Základní látky (SO₂, NO, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, CO, O₃)	56
2 Kovy v suspendovaných částicích (As, Cd, Cr, Mn, Ni a Pb).....	58
3 Organické látky (benzen a PAU)	59

4 Komplexní hodnocení kvality ovzduší	61
4.1 Index kvality ovzduší (IKO _R).....	61
4.2 Suma plnění ročních imisních limitů.....	62
4.3 Hodnocení zdravotních rizik.....	62
Příloha č. 1 - Třídy kategorií měřicích stanic.....	64
Příloha č. 2 - Tabulka č. 13. - Zařazení zahrnutých stanic do příslušných kategorií ...	66
Příloha č. 3 - Tabulka č. 14 - Úrovně zátěže a odhad potenciálních zdravotních účinků pro základní látky, těžké kovy, benzen a BaP v roce 2016 pro jednotlivé typy městských lokalit (kategorizace viz příloha č. 1). Hodnoty jsou uvedeny v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a v ng/m^3 - kovy a PAU.....	72
Příloha č. 4 - Pylová informační služba.....	74
Příloha č. 5. - Kvalita vnitřního ovzduší v mateřských školách.....	88
1. STUDIE - ROZSAH MĚŘENÝCH PARAMETRŮ KVALITY PROSTŘEDÍ	88
2. VÝBĚR MATEŘSKÝCH ŠKOL	88
3. DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ	89
4. ORGANIZACE MĚŘENÍ A POUŽITÉ POSTUPY	89
4.1. Rozsah měřených parametrů kvality prostředí	89
4.2. Metodika měření.....	89
4.3. Limitní hodnoty	90
4.4. Analytické postupy	91
5. VÝSLEDKY	92
5.1. Deskripce proměřených mateřských školek.....	92
5.2. Deskripce souboru dětí v měřených třídách.....	92
5.3. Fyzikální parametry (teplota, relativní vlhkost, CO ₂ , prašnost).....	93
5.3.1. Teplota	93
5.3.2. Relativní vlhkost.....	93
5.3.3. Oxid uhličitý (CO ₂).....	93
5.3.4. Prašnost - frakce PM ₁₀ , PM _{2,5} , PM _{1,0} a distribuce částic větších než 250 nm.....	94
5.3.5. Těkavé organické látky (VOC/TOL) ve venkovním a vnitřním ovzduší.....	96
5.3.6. Mikrobiologické znečištění (bakterie, plísňe a kvasinky).....	96
6. SOUHRN A DISKUSE	97
Příloha č. 6. - Grafická prezentace výsledků za rok 2016	100

POZNÁMKA:

Část II. - Tabele a grafické zpracování dat za jednotlivá sledovaná sídla a pražské obvody je ve formátu „*.xls“ umístěno na internetové stránce SZÚ. (viz <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/odborna-zprava-za-rok-2016>)

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 2016 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 provozovaných ČHMÚ.

Předkládaná zpráva obsahuje výsledky za **dvacátý třetí** rok monitorování. Je členěna tak, aby byla předložena vždy komplexní informace o každém sledovaném ukazateli. První část obsahuje text a grafické výstupy souhrnně pro všechna monitorovaná sídla jako republikový přehled. Druhá část, publikovaná pouze v digitální formě, obsahuje sledované charakteristiky pro jednotlivá města ve formě samostatných tabelárně - grafických modulů. Snahou autorů byla maximální přehlednost a snadná orientace ve výsledcích.

Výsledky zahrnují kompletní rozsah sledování 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.

Sledování dynamiky expozice populace, zpřesňování odhadu úrovně expozice a určení oblastí s největší zátěží kombinovanému nebo specifickému působení 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. ZAHRNUTÉ OBLASTI, STANICE A MĚŘICÍ PROGRAMY V JEDNOTLIVÝCH KRAJÍCH ČR

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

Sídlo/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								+	+	+			+
KOLÍN	KO				+/-					N			+	
PŘÍBRAM	PB		+			+	+			+				
ČESKÉ BUDĚJOVICE	CB	+	+		+/-	+	+		+	+	+		+	+
KLATOVY	KT				+/-					N			+	
PLZEŇ	PM	+	+		+/-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
SOKOLOV	SO	+	+			+	+		+	+	+			+
DĚČÍN	DC		+			+	+			+	+			
JABLONEC NAD NISOU	JN								+	+				
LIBEREC	LB	+	+			+	+		+	+	+	+	+	+
MOST	MO	+	+			+	+		+	+	+			+
ÚSTÍ NAD LABEM	UL	+	+		+/+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
HRADEC KRÁLOVÉ	HK		+		+/-	+	+	+	+	+	+		+	+
HAVLÍČKŮV BROD	HB				+/-					+	+		+	
ÚSTÍ NAD ORLICÍ	UO											+		
BRNO	BM	+	+		+/-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
HODONÍN	HO				+/-					+	+		+	
JIHLAVA	JI	+	+		+/-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ŽDÁR NAD SÁZAVOU	ZR				+/-					+	+		+	
KARVINÁ	KI	+	+		+/-	+	+		+	+	+		+	
OLOMOUC	OL		+		+/-	+	+			+	+		+	+
OSTRAVA	OS	+	+		+/+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

SÍDLA NEBO STANICE MIMO SYSTÉM MZSO

Sídlo/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 BOLESLAV	MB		+			+	+		+	+	+			+
KUTNÁ HORA	KH									+				
ROŽDÁLOVICE (NYMBURK)	ROZ	+	+			+	+			+	+			
KRALUPY N/V	KRA		N		+/	N	N			N			+	
PRACHATICE	PRA	+	+		+/	+	+		+	+	+			
TÁBOR	TA		+			+	+	+	+	+				
VODŇANY	VOD									+				
CHEB	CH						+			+				+
KARLOVY VARY	KV									+		+		
MARIÁNSKÉ LÁZNĚ	ML	+	+	+										
FRANTIŠKOVY LÁZNĚ	FL	+	+	+										
KAMENNÝ ÚJEZD	KU	+	+			+	+			+	+			
ČESKÁ LÍPA	CL									+				
RADIMOVICE	RAD									+				
CHOMUTOV	CHO									+				
LITOMĚŘICE	LT	+							+	+				
VALDEK	VAL									+				
TEPLICE	TP	+							+	+	+		+	
FRÝDLANT	FRY	+							+	+	+			
KRUPKA (U TEPLIC)	KRU	+								+				
DOKSANY	DOK	+	+			+	+		+	+	+		+	
TANVALD	TAN				+/					+				
SOUŠ	S				+/									
JIZERKA	J				+/									
LOM U MOSTU	LM				+/									
JIČÍN	JI									+	+		+	
PARDUBICE	PU	+			+/				+	+	+			+
RYCHNOV N/K	RNK									+				
TRUTNOV	TU									+				
VELICHOVKY	VEL									+				
ZLÍN	ZL	+	+		+/	+	+		+	+	+		+	+

Sídlo/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
PROSTĚJOV	PRO									+				
TŘEBÍČ	TR									+				
UHERSKÉ HRADIŠTĚ	UH		+			+	+	+		+				
ZNOJMO	ZN		+		+/	+	+		+	+	+		+	
KŘÍŽANOV	KRI									+	+			
FRÝDEK-MÍSTEK	FM		+			+	+			+				
TŘINEC	TRI								+	+	+	+		+
BRUNTÁL	BRU									+	+			
OPAVA	OP		+		+/	+	+		+	+	+			+
PŘEROV	PR	+							+	+	+			
JESENÍK	JES	+	+			+	+		+	+				
VSETÍN	VSE									+				
ORLOVÁ	ORL									+				
ČESKÝ TĚŠÍN	CT		+		+/	+	+			+	+		+	
HAVÍŘOV	HA									+	+			
MORAVSKÁ TŘEBOVÁ	MT		+			+	+			+	+			
VALAŠSKÉ MEZIRÍČÍ	VAM									+			+	+
VĚŘŇOVICE	VER	+	+			+	+			+	+			+
ČELADNÁ (FRÝDEK-MÍSTEK)	CEL									+	+			
PÍSEČNÁ (FRÝDEK-MÍSTEK)	PIS									+				
STUDENKA (N. JIČÍN)	STU	+	+			+	+		+	+	+		+	
RYCHVALD (KARVINÁ)	RYCH	+	+			+	+			+	+			
CELKEM		30	34	2	31/4	42	43	11	28	81	45	10	29	24

Pozn: N - nehodnotitelné, buď ukončeno měření v průběhu roku 2016, nebo výpadek měření > 30 dnů

III. REFERENČNÍ POSTUPY

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

Činnost, 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 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	Pouze interní postupy pro sumu Cr - rozklad mikrovlnná pec - AAS, XRF, modifikace ICP
	mangan	7439-96-5	Shodné s postupem v EN 14902: (2006)
Základní látky	oxid siřičitý	7446-09-5	ČSN 14212: „Kvalita ovzduší - Normovaná metoda stanovení oxidu siřičitého ultrafialovou fluorescencí“
	oxid dusnatý, dusičitý, suma NO _x	10102-44-0	ČSN 14211: „Kvalita ovzduší - normovaná metoda stanovení oxidu dusičitého a oxidu dusnatého chemiluminiscencí“
	oxid uhelnatý	630-08-0	ČSN 14626: „Kvalita ovzduší - normovaná metoda stanovení oxidu uhelnatého nedisperzní infračervenou spektrometrií“
	ozón	10028-15-6	ČSN 14625: „Kvalita ovzduší - normovaná metoda stanovení ozonu ultrafialovou spektrometrií“
Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)	PAU o rozsahu ISO EN 12884		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 12341: „Kvalita ovzduší - referenční gravimetrická metoda stanovení hmotnostní koncentrace frakcí aerosolových částic PM ₁₀ a PM _{2,5} “ ČSN 14907: „Kvalita ovzduší - stanovení hmotnostní koncentrace frakcí aerosolových částic PM ₁₀ a PM _{2,5} “
Těkavé organické látky (VOC)	benzen		ČSN EN 14662: „Kvalita ovzduší - normovaná metoda stanovení benzenu“

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: <http://www.unmz.cz/urad/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:
 - 24 hodinové měřené hodnoty získané analýzou vzorků ovzduší odebraných v manuálních měřicích stanicích provozovaných Zdravotními ústavu jsou ukládány do jednotného dodaného 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 1 a 1/2 hodinové průměrné koncentrace měřených látek. Softwarově je zajištěn výpočet 24 hodinových koncentrací, které jsou jednou měsíčně 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 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 května až 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.

Sběr dat v roce 2016 významně ovlivnila rekonstrukce sítě CS-MON provozované Zdravotním Ústavem se sídlem v Ústí n/Labem, kdy jimi provozované stanice nesplnily požadavky na produkovaná data z on-line měřicích systémů.

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 2016 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 dvojité nezávislé kontrole – primární kontrola a ověřování podezřelých či chybných dat je realizována na úrovni SZÚ – spolupracující zdravotní ústavy, sekundární vychází z kontrolních procesů ISKO ČHMÚ.

2. Přetrvávající problémy:

- výpadky měření přetrvávající 14 dní v celku – v roce 2016 bylo na minimálně 24 stanicích přerušeno měření některého parametru kvality ovzduší buď zcela, nebo zde nebyl měřen minimálně jeden měsíc v celku;
- validace a verifikace datových souborů – plná funkčnost zpětné vazby (ověření podezřelých hodnot) pracovišti, která přímo provádí měření kvality ovzduší;
- situaci v roce 2016 v síti provozované ZÚ se sídlem v Ústí n/L komplikovaly strukturální změny spojené s její rekonstrukcí (CS MON).

Spojení výše uvedených dílčích částí systému QA/QC a souběžně realizovaný proces akreditací ČIA a systém resortních autorizací Ministerstva životního prostředí (MŽP) v oblasti měření venkovního ovzduší a Ministerstva zdravotnictví (MZ) v oblasti měření kvality vnitřního prostředí vede k dostačující úrovni validity získávaných dat, která zajišťuje adekvátní podklady pro vyhodnocení a 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 dvanácti) PAU.

Zpracovávané výsledky za 73 sídel (a 8 pražských částí) zahrnují celkem 135 měřicích stanic, z toho 21 stanic provozuje hygienická služba a 114 stanic je součástí Státní imisní sítě ČHMÚ. Do zpracování jsou tak pro srovnání zahrnuta i data ze dvou pozadřových 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 v České republice. Součástí jsou dále stanice - Jeseník, Svratouch, Rudolice v Horách, Kuchařovice, Souš, Jizerka a Červená, které mají pro některé sledované škodliviny význam regionálního pozadí a data z dopravou významně zatížených stanic (v Praze 2 - v Legerově ulici, v Praze 5 - ulice Svornosti, 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 a referenční koncentrace vydané SZÚ v květnu 2003 (aktuální 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 různých zadání hodnocení kvality ovzduší v sídlech, zejména pro hodnocení zdravotních rizik, je nutnou podmínkou propojení dat získávaných v síti stacionárních měřicích stanic v monitorovaných sídlech s dalšími informacemi. Vyhodnocení dat z bodově ohraničených staničních měření zatížených významnými a navíc obtížně kvantifikovatelnými nejistotami, které komplikují odhad expozičních úrovní, je proto rozšířeno o zpracování různých typů městských lokalit. Zahrnuté měřicí stanice byly v rámci roční aktualizace ve spolupráci s pracovníky zdravotních ústavů 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 tak byla data o kvalitě ovzduší za rok 2016 pro vybrané škodliviny (NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, As, Cd, Ni 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. -

viz příloha č. 1 - kategorizace lokalit) lze získané výstupy s určitou mírou nejistoty zobecnit. Hodnocení úrovně zátěže v některých sídlech mírně ovlivnily výpadky měření. Tabulka č. 14 v příloze č. 3 pak shrnuje odhad roční hodnoty pro všechny hodnocené látky vypočtený pro definované kategorie/typy městských a mimoměstských lokalit. Pro odhad střední hodnoty zátěže populace v sídlech 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 uvedena 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 grafické příloze č 6.

1 Sledované škodliviny

Základní

Oxid siřičitý - SO₂, oxidy dusíku - NO/NO₂/NO_x, prašný aerosol TSP, suspendované částice frakce PM₁₀/frakce PM_{2,5}, oxid uhelnatý - CO a ozón - O₃ 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, Be a Hg.

Výběrově sledované látky:

Polycyklické aromatické uhlovodíky - PAU a těkavé organické sloučeniny - VOC

- PAU (rozsah US EPA TO 13) - fenantren, antracen, fluoranten, pyren, 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, floren, coronen a toxický ekvivalent benzo[a]pyrenu
- VOC - (benzen)

2 Imisní limity a referenční koncentrace SZÚ

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)

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	25	-
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	ve frakci PM ₁₀
arsen As	rok	0,006	
nikl Ni	rok	0,020	
benzo[a]pyren	rok	0,001	

Tabulka č. 4. - Referenční koncentrace vydané SZÚ (v $\mu\text{g}/\text{m}^3$) - (podle § 27, odst. 6, b, zákona č. 201/2012 Sb.)

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	
sirouhlík	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 xylenů	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 2016 ve formě imisních charakteristik a tříd četností 24 hodinových koncentrací na zahrnutých stanicích a sídlech pro jednotlivé měřené škodliviny prezentují grafy v příloze č. 6.

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 2016 celkem na 39 stanicích (pro výpadky měření byla jedna stanice z hodnocení vyřazena) potvrzují dlouhodobě stabilizovaný stav.

Roční aritmetické průměry se na městských stanicích pohybovaly v rozmezí 2,2 (tj. lehce nad úroveň republikových pozadřových stanic) až 9,2 µg/m³, odhad střední hodnoty pro nezatížené městské lokality je 4,6 µg/m³.

Nejvyšší hodnota ročního průměru (9,2 µg/m³) byla zjištěna v Moravskoslezském kraji, a to na stanici v Karviné (kód stanice: TKARA).

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

SO₂ - Stanovení

On-line - ČSN 14212

„Kvalita ovzduší - normovaná metoda stanovení oxidu siřičitého ultrafialovou fluorescencí“ (2013), 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

NO_x - Stanovení

Aspirační - integrální metoda - ISO 6767 - VIS

spektrofotometrie - TEA nebo Guajakolová metoda

(Salzmann), rozsah od 1 až 7 µg/m³ do 1 500 µg/m³,

detekční limit (DL) 4 µg/m³.

On-line - ČSN 14211 „Kvalita ovzduší - normovaná metoda stanovení oxidu dusičitého a oxidu dusnatého

chemiluminiscencí“ (2014), rozsah měření 2 až 2 000

µg/m³, detekční limit (DL) 2 µg/m³

Imisní limit

Pro městské oblasti není stanoven.

Suma oxidů dusíku byla sledována na 65 stanicích, pro výpadky měření byly 3 stanice z hodnocení vyřazeny. Odhad roční střední hodnoty v dopravně a průmyslem méně zatížených lokalitách pro rok 2016 je 26,2 µg/m³/rok.

Roční imisní charakteristiky sumy oxidů dusíku naměřené na pozadřových stanicích ČHMÚ byly v rozmezí 5,7 až 6,7 µg/m³.

Na 80 % zahrnutých stanic se hodnoty ročního aritmetického průměru pohybovaly v rozmezí 5 až 50 µg/m³, na dalších 7 stanicích bylo rozmezí ročních aritmetických průměrů od 50 do 80 µg/m³.

Význam dopravních emisí ilustruje skutečnost, že úroveň 80 µg/m³/rok byla překročena na 5 dopravně významně exponovaných stanicích (Praha 2 - stanice ARIEA, Praha 5 - stanice ASMIA, Brno stanice BBNVA, Ostrava stanice TOCBA a Ústí nad Labem stanice UULDA). Z těch se pak vyčleňují

dopravní „hot-spot“ lokality, kdy v Praze 2 v Legerově ulici bylo naměřeno 129,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$, na Smíchově u Strahovského tunelu 104,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ a na stanici Brno Úvoz 104,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$.

3.3 Oxid dusnatý - NO

Jedná se o látku úzce svázanou s dopravní zátěží. Dokladem jsou hodnoty ročního průměru měřené na dopravně exploatovaných „hot-spot“ stanicích – v Praze 2 - Legerova ulice, Praha 5 - Strahovský tunel a v Brně na stanici Úvoz na úrovni cca 40 - 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, které reprezentují hranici významné městské tranzitní komunikace.

Na většině ostatních městských stanic nebyla překročena úroveň 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$, s odhadem roční střední hodnoty v sídlech 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$.

Za hodnotu přirozeného pozadí ČR lze považovat roční imisní charakteristiky do 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ měřené na pozad'ových stanicích ČHMÚ.

NO - Stanovení

On-line - ČSN 14211

„Kvalita ovzduší – normovaná metoda stanovení oxidu dusičitého a oxidu dusnatého chemiluminiscencí“ (2014), rozsah měření 2 až 2 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, detekční limit (DL) 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Imisní limit

Pro městské oblasti není stanoven.

3.4 Oxid dusičitý - NO₂

NO₂ - Stanovení

Aspirační - integrální metoda - ISO 6767 - VIS

spektrofotometrie - TEA nebo Guajakolová metoda

(Salzmann), rozsah od 1 až 7

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ do 1 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,

detekční limit (DL) 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

On-line - ČSN 14211 „Kvalita

ovzduší – normovaná metoda

stanovení oxidu dusičitého a

oxidu dusnatého

chemiluminiscencí“ (2014),

rozsah měření 2 až 2 000

$\mu\text{g}/\text{m}^3$, detekční limit (DL) 2

$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Imisní limit

rok - 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

hodina - 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (nesmí

být překročena více jak 18krát za rok).

Imisní charakteristiky NO₂ byly hodnoceny na celkem 65 stanicích ve 37 sídlech a v 8 pražských částech **příloha č. 6, graf č. 1**, pro výpadky měření byla část stanic (3) z hodnocení vyřazena. 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 (teplárny, 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 2 z 11 stanic a na dalších 3 stanicích se hodnota ročního aritmetického průměru pohybovala v rozsahu 30 až 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. V Brně byl roční imisní limit překročen na 1 stanici (stanice BBNVA 44,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Na hranici překročení imisního limitu je roční průměr na dopravou silně zatížené stanici Českobratrská - kód: TOCBA (39,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) v Ostravě.

- Pozad'ové koncentrace NO₂ v ČR dlouhodobě nepřekračují 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (nejvyšší hodnota byla naměřena v Košetících (stanice JKOSA), a to 6,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Střední roční hodnota se v závislosti na intenzitě okolní dopravy pohybovala v

rozsahu od přibližně 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na nezatížených lokalitách, přes 20 až cca 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ u dopravně středně zatížených stanic, až k cca 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ročního průměru v dopravně velmi významně exponovaných lokalitách. Odhad roční střední hodnoty v dopravou a průmyslem méně zatížených lokalitách pro rok 2016 je 17,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$.

- Roční průměry na dopravních „hot spot“ stanicích Praha - Legerova (ALEGA) 53,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Strahovský tunel (ASMIA) 43,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Brno - Úvoz (BBNVA) 44,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a Ostrava - ulice Českobratrská (TOCBA) 39,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dosáhly až do úrovně 130 % stanoveného imisního limitu.

Přestože se v roce 2016 situace vlivem příznivějších rozptylových podmínek na extrémně exponovaných místech opět mírně zlepšila, lze s dalším předpokladatelným rozvojem dopravy a souvisejících technologií za stávajících podmínek očekávat v městech rozšíření počtu exponovaných lokalit, a to nejen v okolí komunikací.

3.5 Suspendované částice frakce PM_{10}

Zátěž ovzduší aerosolovými částicemi v monitorovaných sídlech je významně ovlivňována meteorologickými podmínkami, které lze charakterizovat vyšší četností excesů a rychlých změn počasí střídaných dlouhodobějšími obdobími sucha nebo vysokých teplot či krátkými obdobími intenzivních srážek. V roce 2016 nenastala významnější zimní inverzní situace. Přetrvává významnost podílu emisí z dopravy jako majoritního zdroje znečištění ovzduší ve městech a městských aglomeracích proti emisím z dalších typů zdrojů (teplárny, výtopny 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 (pozařových a zatížených různou úrovní dopravy), které jednoznačně usvědčuje dopravu jako hlavní příčinu vyšší zátěže suspendovanými částicemi ve městech. Je zřejmá přímá závislost na intenzitě dopravy, kdy se emise 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 dálkový a přeshraniční transport. Nasvědčuje tomu střední hodnota na úrovni 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ měřená na venkovské stanici Věřňovice ležící na spojnici ostravské aglomerace a polských průmyslových pohraničních oblastí s hustou sítí lokálních zdrojů v Jastřebsko-Rybnické oblasti – bližší viz. **příloha č. 6, graf č. 2:**

PM_{10} - Stanovení

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

On-line – ČSN 12341:

„Kvalita ovzduší – referenční gravimetrická metoda stanovení hmotnostní koncentrace frakcí aerosolových částic PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ “ (2014).

Detekční limit pro β absorpci, vibrační (TEOM) 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.

- hodnoty ročního aritmetického průměru měřené na pozadových stanicích ČHMÚ byly v rozmezí 11 až 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (na stanici Košetice bylo naměřeno 1 překročení 24 hodinové koncentrace 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$);
- roční střední hodnota se v závislosti na intenzitě okolní dopravy pohybovala ve všech krajích, kromě moravskoslezského, v rozsahu od 18 do 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ v dopravou nezatížených lokalitách, přes cca 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ u dopravně exponovaných míst až po 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ročního průměru v průmyslem silně exponovaných lokalitách. V moravskoslezském kraji byly roční aritmetické průměry PM_{10} v ovzduší o přibližně 4 - 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ vyšší než v ostatních regionech. V průmyslových lokalitách (Ostrava Radvanice - TOREK) hodnota ročního průměru překročila 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- alespoň jedno z kritérií překročení imisního limitu (aritmetický roční průměr > 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a/nebo více než 35 překročení 24 hod. limitu 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{kalendářní rok}$) bylo v roce 2016 naplněno na 18 ze 109 hodnocených měřicích stanic. 24 hodinový imisní limit (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) byl kromě pozadových stanic Rudolice v Horách (URVHA), Bílý Kříž (TBKRA) a Jizerka (LJIZM) překročen ve všech monitorovaných lokalitách. Nejvyšší počet překročení, a to 94, byl zaznamenán na stanici v Ostravě - Radvanicích (TOREK) a na měřicí stanici ve Věřňovicích (TVERA), kde bylo zaznamenáno 79 překročení;
- jen na 20 % (5 pozadových a 17 městských) ze 109 zahrnutých měřicích stanic nebyla v roce 2016 překročena hodnota 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$, doporučovaná WHO.

Hodnoty ročních průměrů na dopravně zatížených městských stanicích se v roce 2016 proti roku 2015 významně nezměnily, což je možno připsat aktuálním meteorologickým podmínkám (teplé zimy 2014 - 2015 i 2015 - 2016). Dlouhodobý pozorovaný vývoj - snižování měřených hodnot v některých zatížených oblastech - je často kompenzován pozvolným zhoršováním situace v málo zatížených lokalitách.

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

$\text{PM}_{2,5}$ - Stanovení

Integrální metoda - ČSN 12341: „Kvalita ovzduší - referenční gravimetrická metoda stanovení hmotnostní koncentrace frakcí aerosolových částic PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ “.

Imisní limit

rok - 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Hodnocení výsledků měření suspendovaných částic frakce $\text{PM}_{2,5}$ vychází z dat už 59 stanic v 45 sídlech. Průměrné roční hmotnostní koncentrace se v jednotlivých sídlech pohybovaly od 12,6 do 35,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Roční průměr na pozadové stanici v Košetících byl 11,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hodnota ročního imisního limitu 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ byla překročena na sedmi stanicích, 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ročního průměru (dvojnásobek teoretické nejnižší rizikové expozice podle WHO) bylo překročeno na všech do

hodnocení zahrnutých stanicích (**příloha č. 6, graf č. 3**).

Podíl suspendovaných částic frakce $\text{PM}_{2,5}$ ve frakci PM_{10} vypočítaný z hodnot souběžně měřených na 59 stanicích se pohybuje od 0,64 (dopravní stanice v Brně - Úvoz - BBNVA) po 0,89 na stanici Opava (TOVKA). Přes mírný nárůst střední hodnoty na 0,779 v roce 2016 má v období 2007 až 2016 hodnota průměrného podílu frakce $\text{PM}_{2,5}$ ve frakci PM_{10} neklesající trend a kolísá okolo 75 %.

3.7 Oxid uhelnatý - CO

Imisní charakteristiky CO byly v roce 2016 sledovány v 11 oblastech na celkem 13 stanicích. Pozad'ové koncentrace CO měřené na stanici č. 1138 v Košetících se pohybovaly na úrovni 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$. Nejvyšší roční aritmetický průměr byl naměřen na dopravní „hot spot“ stanici v Ostravě na Českobratrské ulici – stanice TOCBA (551 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Roční střední hodnoty na většině stanic v roce 2016 nepřekročily 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tuto úroveň přesahují hodnoty v dopravně nejvíce zatížených lokalitách, v Brně a v Ostravě. V Praze nebyla hodnota 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ překročena ani na stanici v Legerově ulici (ALEGA). 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 vyjíměčně, a to pouze na dopravně extrémně zatížených stanicích - dopravních „hot-spotech“.

CO - stanovení

On-line - ČSN 14626:
„Kvalita ovzduší - normovaná metoda stanovení oxidu uhelnatého nedisperzní infračervenou spektrometrií“, 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 (stanice v Mariánských a ve Františkových Lázních) je pouze součástí tabelárního zpracování naměřených hodnot.

3.9 Ozón - O₃

O₃ - Stanovení

On-line - ČSN 14625:
„Kvalita ovzduší - normovaná metoda stanovení ozónu ultrafialovou spektrometrií“, (2013) 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.

Do sledování hmotnostních koncentrací ozónu byla v roce 2016 zahrnuta data z 47 stanic ve 29 městech a v 6 pražských obvodech.

Roční aritmetické průměry se na pozad'ových stanicích pohybovaly v rozmezí 64 až 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (stanice ČHMÚ v Košetících, na Bílém Kříži, v Rýchorách v Krkonoších, v Rudolicích v Horách, v Jeseníku a na Svratouchu).

V městských lokalitách byly v rozsahu od 35,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na stanici v Praze 9 (AVYNA), do 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nejvyšší hodnota - 71,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pak byla naměřena na stanici Churáňov (CCHUA), která má charakter výše položené pozad'ové stanice primárně zaměřené na hodnocení dálkového transpotu.

Na všech hodnocených stanicích překročil v roce 2016 nejvyšší denní 8hodinový klouzavý průměr 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{hod.}$, nejvyšší hodnota byla naměřena na

stanici Brno - Zvonařka (212 $\mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{hod.}$).

4 Těžké kovy

Z dvanácti těžkých kovů (zahrnut je i metaloid As) plošně sledovaných v rámci projektu ve vzorcích suspendovaných částic frakce PM₁₀ odebraných z venkovního ovzduší bylo šest - arsen, kadmium, olovo, nikl, chrom a mangan - sledováno na 21 stanicí provozované zdravotními ústavy. Součástí zpracování jsou i data z 24 stanic sítě AIM ČHMÚ, kde bylo sledováno celkem 12 prvků; mimo výše uvedených se jednalo o vanad, selen, kobalt, železo, měď a zinek. U šesti měřicích stanic byly v roce 2016 k dispozici i paralelně měřené hodnoty kovů ve frakci PM_{2,5}. Vzhledem k nízkému počtu dat (rekonstrukce sítě, poruchy) nebyla do celkového souhrnu započítána data z pěti stanic.

Hmotnostní koncentrace vybraných kovů byly, na stanicích provozovaných ZÚ, získány ze čtrnáctidenních sumačních vzorků suspendovaných částic odebíraných podle jednotného harmonogramu. Vzduch se zde prosává v závislosti na typu separační hlavice rychlostí 2,3 m³/hodinu přes membránový (acetyl/nitrocelulosa, nitrocelulosa) filtr (porosita 0,85/1,2 μm, průměr 47 mm).

V síti stanic provozované ČHMÚ jsou odebírány/analyzovány 24 hodinové vzorky v režimu každý druhý den. Tyto vzorky byly analyzovány metodou ICP-MS (hmotnostní spektrometrie s indukčně vázanou plazmou).

K rozkladu odebraných sumačních vzorků se používá mikrovlnná pec. Stanovení stopových množství kovů postupy AAS (plamenová AAS, bezplamenová atomizace a hydridová technika) vychází z příslušných referenčních návodů 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 pozadových stanic Churáňov, Jizerka a Svratouch.

4.1 Arsen - As

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

As - Stanovení

ČSN 14902: "Kvalita ovzduší - normovaná metoda pro stanovení Pb, Cd, As a Ni ve frakci PM₁₀ aerosolových částic" s detekčním limitem (DL) na úrovni 0,3 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 × 10⁻³ (µg.m⁻³)⁻¹.

Význam malých zdrojů (lokálních topenišť spalujících pevná/fosilní paliva) potvrzují výsledky naměřené na vesnické stanici Kladno - Švermov (kde v roce 2016 naměřená hodnota 5,07 ng/m³ dosáhla úrovně téměř 85 % imisního limitu) a dále na stanicích v menších sídlech (Stehelčevy, Lom u Mostu) nebo v Tanvaldu, kde se roční průměrná hodnota pohybovala mezi 3 až 4,1 ng/m³ viz **příloha č. 6, graf č. 9**.

- Roční střední hodnota z pozadových stanic provozovaných ČHMÚ byla na úrovni 0,5 až 0,6 ng/m³ - tj. méně než 10 % imisního limitu;
- roční aritmetické průměry koncentrací arsenu v suspendovaných částicích na 36 (90 %) stanicích nepřekročily úroveň poloviny IL; na 35 stanicích z toho nebyla překročena hodnota 2 ng/m³;
- odhad střední hodnoty pro obydlené lokality - 1,08 ng/m³ pak imisní limit naplňuje přibližně z 20 % a zároveň představuje jeden až jednaapůlnásobek hodnoty měřené na pozadových stanicích EMEP - na žádné ze stanic nebyl překročen stanovený roční imisní limit.

Teoretický odhad pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění při celoživotní expozici měřeným koncentracím arsenu se pro sledovaná sídla pohybuje v rozsahu 3,3 × 10⁻⁷ až 7,6 × 10⁻⁶, tj. přibližně 1 až 8 případů z 1 milionu celoživotně exponovaných obyvatel (**příloha č. 6, graf č. 17 a**). Významu spalování pevných a fosilních paliv v malých sídlech a na předměstích odpovídá i odhad pro městské extenzivně dopravou a průmyslem nezatížené oblasti na úrovni 1,7 × 10⁻⁶, tj. na úrovni 2 případy 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 > 80% arsenu a tento podíl se mírně liší podle podílu zastoupení průmyslových a malých zdrojů (**příloha č. 6, graf č. 13 a**). Význam plošně většinového typu zdroje/zdrojů (výroba energie spalováním fosilních paliv) pak jednoznačně prokazuje průběh ročních hodnot, kdy v topné sezóně jsou hodnoty přibližně 2x vyšší.

4.2 Kadmium – Cd

Roční aritmetické průměry se na pozadových stanicích EMEP pohybovaly okolo 0,1 ng/m³; na 36 (97 %) na městských stanicích nepřesáhly 0,5 ng/m³ tj. 10 % IL (**příloha č. 6, graf č. 10**).

Příčinou lokálního mírného zvýšení ve městech, proti pozadovým stanicím, může být spalování uhlí a odpadů v domácích topeništích.

Indikuje to i vysoký (80 % a až více než 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. 6, graf č. 13 b**). Hodnota 70 % IL byla v roce 2016 překročena na stanici Tanvald – školka (LTAS0 – 3,8 ng/m³);

- odhad střední hodnoty pro městské oblasti 0,19 ng/m³ je proti hodnotám měřeným na pozadových stanicích velmi mírně zvýšený;
- hodnoty vyšší než 1,0 ng/m³/rok (desetinásobek ročních průměrů na pozadových stanicích) byly naměřeny na stanicích Souš (LSOU0 – 1,2 ng/m³), Tanvald (LTAS0 – 3,8 ng/m³) a na stanici v Ostravě - Radvanice (TORE0 – 1,02 ng/m³). Lze je shodně připisat vlivu průmyslových zdrojů či starým zátěžím.

Teoretický odhad pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění při celoživotní expozici měřeným koncentracím arsenu se pro sledovaná sídla pohybuje v rozsahu 5,1 × 10⁻⁸ až 6,6 × 10⁻⁷, méně než 1 případ z 1 milionu celoživotně exponovaných obyvatel (**příloha č. 6, graf č. 17 c**). Významu spalování pevných a fosilních paliv v malých sídlech a na předměstích odpovídá i odhad pro městské extenzivně dopravou a průmyslem nezatížené oblasti na úrovni 3,31 × 10⁻⁸, tj. méně než 1 případ na 10 milionů celoživotně exponovaných obyvatel.

4.3 Olovo – Pb

Pb - Stanovení

ČSN 14902: “Kvalita ovzduší – normovaná metoda pro stanovení Pb, Cd, As a Ni ve frakci PM₁₀ aerosolových částic“ s detekčním limitem (DL) na úrovni 0,3 ng/m³.

Imisní limit

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

Cd - Stanovení

ČSN 14902: “Kvalita ovzduší – normovaná metoda pro stanovení Pb, Cd, As a Ni ve frakci PM₁₀ aerosolových částic“ s detekčním limitem (DL) na úrovni 0,3 ng/m³.

Imisní limit

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

Odhad roční střední hodnoty hmotnostní koncentrace olova v aerosolu ve venkovním ovzduší sídel (≈ 7,2 ng/m³/v roce 2016) řadí olovo již mezi zdravotně méně významné škodliviny. Potvrzuje to i shoda hodnot ročního aritmetického a geometrického průměru ve většině oblastí. Skutečnost, že hodnota ročního průměru nepřekročila 15 ng/m³/rok (< 3 % IL) na 35 ze 40 do hodnocení zahrnutých měřicích stanic, svědčí o téměř zanedbatelném významu plošně působících zdrojů a o stabilitě a homogenitě měřených imisních hodnot bez velkých sezónních, klimatických i jiných výkyvů (**příloha č. 6, graf č. 12**).

- Odhad střední hodnoty pro městské oblasti 7 ng/m^3 je přibližně dvojnásobkem hodnot naměřených na pozadových stanicích;
- roční střední hodnoty $> 20 \text{ ng/m}^3$ byly zjištěny pouze na 5 stanicích v Moravskoslezském kraji, mají lokální charakter a přímou souvislost s okolní průmyslovou zátěží, nejvyšší hodnota byla naměřena na stanicích (Ostrava TORE – $48,6 \text{ ng/m}^3$).

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 85 až 95 % olova a tento podíl se mírně liší podle podílu zastoupení průmyslových a malých zdrojů (příloha č. 6, graf č. 13 d).

4.4 Nikl – Ni

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

Hodnoty ročních aritmetických průměrů niklu na pozadových stanicích EMEP nepřesáhly $0,3 \text{ ng/m}^3/\text{rok}$; na 26 (70 %) městských stanicích nepřesáhly 1 ng/m^3 tj. 5 % IL (příloha č. 6, graf č. 11).

- Odhad střední hodnoty pro obydlené oblasti je $0,60 \text{ ng/m}^3$;
- roční průměrná hodnota na žádné ze stanic nepřesáhla $2,7 \text{ ng/m}^3$, tj. 14% IL.

Teoretický odhad pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění při celoživotní expozici měřeným koncentracím niklu se pro sledovaná sídla pohybuje v rozsahu $6,1 \times 10^{-8}$ až $1,3 \times 10^{-6}$, tj. 1 případ z 10 milionů až 1 případ z 1 miliónu celoživotně exponovaných obyvatel, odhad pro městské extenzivně dopravou a průmyslem nezátěžené stanice je na úrovni $2,9 \times 10^{-7}$, tj. cca 3 případy na 10 milionů celoživotně exponovaných obyvatel. (příloha č. 6, graf č. 17 b).

Z analýzy zastoupení Ni v souběžně odebíraných vzorcích frakcí PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ vyplývá, že v průměru bylo přibližně 50 až 60 % niklu ve frakci $\text{PM}_{2,5}$ a tento podíl náhodně kolísal v průběhu kalendářního roku a závisel na typu lokality (městská, městská pozadová, průmyslová příloha č. 6, graf č. 13 b).

4.5 Mangan – Mn

Roční průměry manganu na 34 stanicích nepřekročily 15 ng/m^3 (10 % RfK). Pouze na 2 stanicích, převážně průmyslového zaměření, byly naměřeny hodnoty vyšší než 40 ng/m^3 ročního průměru (27 % RfK). Hodnoty ročních aritmetických průměrů na pozadových stanicích EMEP nepřekročily 4 ng/m^3 .

Referenční koncentrace nebyla v roce 2016

Ni - Stanovení

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

Imisní limit

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

Mn - Stanovení

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

Imisní limit

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

překročena na žádné měřicí stanici. Zvýšené hodnoty byly naměřeny na stanicích zatížených významným průmyslovým zdrojem v Ostravě (TORO - 41,75 ng/m³/rok a TORE - 85,96 ng/m³/rok).

Příčinou vyšší zátěže na stanici v Brně (BBNA v Masné ulici - 25,3 ng/m³/rok) může být průmyslový zdroj lokálního významu nebo i přenos z blízké komunikace či železniční tratě. Z analýzy zastoupení Mn v souběžně odebíraných vzorcích frakcí PM₁₀ a PM_{2,5} vyplývá, že více než 50 % obsahu Mn je v hrubé frakci PM₁₀ až PM_{2,5}, v Ostravě je podíl v hrubé frakci 40 %.

4.6 Chrom - Cr

Na 38 z 40 hodnocených stanic se roční aritmetické průměry pohybovaly v rozmezí 0,4 - 5 ng/m³, na 2 stanicích mezi 5 - 6 ng/m³.

Konzervativní odhad střední hodnoty v zahrnutých sídlech se pohybuje na úrovni 1,45 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 více než 50 % a více obsahu Cr je v hrubé frakci PM₁₀ až PM_{2,5}.

Cr - Stanovení

Pouze interní postupy pro sumu Cr - rozklad mikrovlnná pec - AAS, XRF, modifikace ICP - detekční limit - 0,2 ng/m³.

Imisní limit

Imisní limit - není stanoven, referenční koncentrace SZÚ (pouze pro Cr^{VI+}) - $2,5 \times 10^{-5}$ 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 Vanad, železo, kobalt, zinek, selen, berylium a měď

Tyto kovy ve frakci PM₁₀ jsou měřeny pouze na stanicích provozovaných ČHMÚ. Nejsou 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/tema/zivotni-prostredi/imisni-situace>.

5 Specifické sledované látky

5.1 VOC – těkavé organické látky

Do zpracování za rok 2016 byly zahrnuty hodnoty benzenu měřené celkem na 34 stanicích, z nichž 2 stanice (Košetice – JKOS a Rudolice v Horách – URVH) lze klasifikovat jako pozad'ové. Všechny stanice provozuje ČHMÚ v rámci státní imisní sítě AIM.

Úroveň znečištění ovzduší benzenem se v roce 2016 v měřených městských lokalitách pohybovala v rozmezí 0,7 – 3,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$, v žádném případě tedy nedošlo k překročení imisního limitu pro benzen (**příloha č. 6, graf č. 5**). Pro benzen naměřený ve stanicích různé zátěže lze konstatovat:

- hodnota ročního aritmetického průměru na pozad'ových stanicích byla 0,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, což je srovnatelné s úrovní zátěže v některých městských lokalitách;
- rozpětí ročních průměrů na městských stanicích nezatížených průmyslem a intenzivní dopravou se pohybuje mezi 0,8 až 2,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, odhad střední hodnoty v sídlech je 1,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$.
- v dopravně silně zatížených lokalitách byla střední roční hodnota 1,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ (rozpětí 0,9 – 2,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- v průmyslově zatížených lokalitách (chemický průmysl, metalurgie...) jsou dlouhodobě zjišťovány nejvyšší střední hodnoty (1,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$). Rozpětí naměřených koncentrací je poměrně široké 0,7 až 3,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$.

Teoretický odhad pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění při celoživotní expozici měřeným koncentracím benzenu pro města v ČR je cca $7,8 \times 10^{-6}$ (tj. cca 1 osoba na 100 tisíc obyvatel), rozpětí ve sledovaných sídlech je od $4,2 \times 10^{-6}$ po 2×10^{-5} , tj. od 4 – 20 osob na 1 milion celoživotně exponovaných obyvatel (**příloha č. 6, graf č. 17 d**).

VOC - Stanovení

ČSN EN ISO 16017- 2 „Vnitřní, venkovní a pracovní ovzduší - Odběr vzorku těkavých organických sloučenin sorpčními trubicemi, tepelná desorpce a analýza kapilární plynovou chromatografií - Část 2: Difúzní vzorkování“.

Imisní limit

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

5.2 PAU – polycyklické aromatické uhlovodíky

PAU - Stanovení

ISO 12884: 2000 „Stanovení sumy (pevná a plynná fáze) polycyklických aromatických uhlovodíků ve vnějším ovzduší – odběr na filtry a sorbent s analýzou metodou GS/MS“
ČSN EN 15549:2010 „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 2016 byly zahrnuty hodnoty polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) měřené celkem na 43 stanicích, z nichž 2 stanice (Košetice JKOS a Kuchařovice - BKUC) lze klasifikovat jako pozadřové. Sledováno bylo spektrum výšemolekulárních PAU významných pro své karcinogenní účinky, které jsou vázané majoritně na částicích.

V režimu odběrů každý třetí den byl sledován soubor 9 základních PAU:

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]perlylen (BghiP), dibenz[a,h]antracen (BahA), indeno[1,2,3-c,d]pyren (IcdP)

Vyhodnocován byl i toxický ekvivalent BaP - TEQ. Výběrově, na 24 stanicích ČHMÚ, byl sledován coronen (COR).

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

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 pozadřových stanicích byla 0,4 až 0,5 ng/m³ a zároveň se zde hmotnostní koncentrace v zimním období pohybovaly v jednotkách ng/m³, to je srovnatelné s úrovní zátěže v některých městských lokalitách;
- rozpětí ročních průměrů na městských stanicích nezátížených průmyslem a intenzivní dopravou se pohybuje mezi 0,6 až 3,3 ng/m³, odhad střední hodnoty 1,5 ng/m³/rok. V letním období zde byly měřené 24 hodinové koncentrace na úrovni detekčního limitu (pod 0,02 ng/m³), v zimním období pak nepřekračovaly 10 ng/m³;

- v dopravně silně zatížených lokalitách byla střední roční hodnota 1,6 ng/m³/rok (rozpětí 0,8 až 2,9 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 (1 až 9 ng/m³/rok) se zimními 24 hodinovými maximy v řádu desítek ng/m³; v letním období se zde měřené hodnoty nejčastěji pohybovaly do 1 ng/m³; střední roční hodnota pro tyto lokality byla 3,4 ng/m³.

V roce 2016 byla hodnota imisního limitu pro benzo[*a*]pyren překročena na 31 z 43 do zpracování zahrnutých stanic (**příloha č. 6, graf č. 4**). Stanovená hodnota byla několikanásobně překročena především na všech stanicích v Ostravě (1,9 až 9,0 ng/m³/rok) a více než trojnásobně na stanicích v Karviné (TKAO), Českém Těšíně (TCTN), v Kladně Švermově (SKLS) a v Praze 5 Řeporyjích (AREP). Na ostatních městských stanicích byla hodnota IL překročena o několik procent až o 140 %. Nejnižší hodnoty 0,6 ng/m³/rok naměřené na městských stanicích v Brně – Líšni (BBNI) a Ústí nad Labem - Kočkově (UULK) jsou srovnatelné s koncentracemi zjištěnými na pozadových stanicích. Na druhou stranu roční aritmetický průměr naměřený na předměstské stanici v Kladně – Švermově (3,4 ng/m³), kde se v úzkém sevřeném údolí koncentrují emise z domácích topenišť spalujících převážně pevná fosilní paliva s významným podílem emisí z dopravy, dokazuje existenci významně zatížených vesnických či předměstských lokalit, kde může docházet a dochází až k několikanásobnému překročení imisního limitu.

Teoretický odhad pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění při celoživotní expozici měřeným koncentracím benzo[*a*]pyrenu se pro sledované lokality pohybuje v rozsahu $5,2 \times 10^{-5}$ až $7,8 \times 10^{-4}$, tj. 5 – 80 osob ze 100 tisíc celoživotně exponovaných obyvatel; odhad pro městské dopravou a průmyslem významně nezatížené lokality se pohybuje na úrovni 13 osob ze 100 tisíc (**příloha č. 6, graf č. 17 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 byly zjištěny roční průměry v širokém rozpětí 0,7 – 13,8 ng/m³. Na městských stanicích mimo Ostravsko-karvinskou pánev se roční střední hodnoty pohybovaly v rozsahu od 0,7 do 5,4 ng/m³/rok, spodní hranice tohoto intervalu je pak plně srovnatelná s ročním průměrem naměřeným na pozadových stanicích. Stanovená referenční koncentrace (10 ng/m³) byla překročena na emisemi, včetně průmyslových, silně zatížené stanici v Ostravě v Radvanicích – TOPR (13,8 ng/m³), na ostatních stanicích v Ostravsko-karvinské pánvi byly roční průměry v rozmezí 3,3 až 7,9 ng/m³/rok. Význam vlivu lokálních malých spalovacích zdrojů pak charakterizuje hodnota BaA naměřená na venkovské stanici v Kladně-Švermově – 5,4 ng/m³/rok.

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

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 popsanych

zástupců - benzo[a]pyrenu. Vyjadřuje se proto jako toxický ekvivalent benzo[a]pyrenu (TEQ BaP) a jeho výpočet je dán součtem součinitelů 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[a]pyren	1	Benzo[b]fluoranten	0,1
Dibenz[a,h]antracen	1	Benzo[k]fluoranten	0,01
Chrysen	0,01	Benzo[j]fluoranten	0,1
Benzo[a]antracen	0,1	Indeno[c,d]pyren	0,1

Z vypočtených hodnoty TEQ BaP (**příloha č. 6, graf č. 6 b**) je patrné, že nejvyšší hodnoty toxického ekvivalentu BaP byly v roce 2016 zjištěny na stanici v Ostravě – Radvanicích – TORE- (13,1 ng/m³/rok), která monitoruje vliv velkého průmyslového zdroje. Rovněž na dalších, průmyslem zatížených stanicích v MSK, byly nalezeny hodnoty TEQ BaP (2,9 a 6,8 ng/m³), které jsou výrazně vyšší než na ostatních městských stanicích. Tam se roční hodnoty nezávisle na úrovni zátěže z dopravy pohybovaly od 1,0 do 5,7 ng/m³. Potenciální vliv malých lokálních zdrojů na pevná paliva a dopravy v těžko odvětrávaných místech v malých sídlech pak dobře ilustruje hodnota 5,7 ng/m³ na stanici v Kladně – Švermově (SKLS) a hodnota 4,5 ng/m³ v Praze v Řeporyjích (AREP).

Graf č. 7 v příloze č. 6 prezentuje na vybraných stanicích dlouhodobý vývoj zátěže (1997 až 2016) městského ovzduší PAU (BaP, BaA a TEQ BaP) a odhad trendu ročních středních hodnot BaP. Vybrané tři stanice mají již dostatečně dlouhou časovou reprezentativnost a zastupují základní typy městského prostředí - městské pozadí (stanice ve Žďáru n/Sázavou), městská středně dopravně zatížená lokalita (stanice v SZÚ na Praze 10) a městská průmyslová oblast (stanice v Karviné), kde se v roce 2012 a začátkem roku 2013 z technických důvodů neměřilo. Na první pohled je zřejmý rozdíl mezi úrovní zátěže v těchto lokalitách, kdy jednoznačně nejvyšší hodnoty jsou dlouhodobě měřeny v průmyslem a dálkovým transportem zatížené Karviné, kde jsou hodnoty dva až třikrát vyšší. A naopak, je možné v průběhu ročních hodnot všech tří stanic pozorovat určité shodné prvky, např. dlouhodobý trend. Odhad vývoje (použito exponenciálního trendu) pro časové řady ročních průměrů v období 1997 až 2016 dává pro dvě stanice neklesající trend, pro Karvinou to není možné v důsledku výpadku měření vypočítat. Interpretovat to lze i jako víceméně dlouhodobě stabilní zátěž danou zastoupením spolupůsobících zdrojů, jejíž aktuální úroveň v současnosti nejvíce ovlivňují meteorologické jevy, případně režim provozu malých energetických zdrojů.

Význam lokálních zdrojů i vliv meteorologických podmínek je dobře patrný z **grafu č. 8, příloha č. 6**. Zde jsou zobrazeny koncentrace BaP v letech 2005 - 2016 pro tři různá období - topná sezóna, přechodná a netopná sezóna na čtyřech vybraných stanicích, které představují různé typy lokalit. Na pozad'ové stanici v Košetících se v letech 2005 - 2016 pohybovaly roční průměry 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 0,6 - 1,5 ng/m³. Na městské středně dopravně zatížené stanici v Praze 10 byly hodnoty v netopné sezóně srovnatelné s Košetíci, v přechodné a topné sezóně byly více než dvojnásobné. Na stanici reprezentující významnou zátěž

průmyslem Ostravě Radvanicích 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 byly průměrné koncentrace nižší jak v netopné sezóně (0,4 – 1,2 ng/m³), tak v přechodné sezóně (2,7 – 7,5 ng/m³).

Pozornost také zasluhuje úzká souvislost mezi měřeními hodnotami BaP a BaA.

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, vibrační, optical counters	10 µg/m ³

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

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

Látka	Metoda	detekční limit
oxid siřičitý	(West-Gaeke - spektrofotometrie)	4 µg/m ³
suma oxidů dusíku	(Saltzman - spektrofotometrie)	8 µg/m ³
suspendované částice	(gravimetrie)	10 µg/m ³
Benzen, toluen	sorbční trubičky, GC-MS	0,1 až 1 µg/m ³
kadmium	ICP - MS	0,001 ng/m ³
chrom		0,02 ng/m ³
olovo		0,002 ng/m ³
arsen		0,02 ng/m ³
nikl		0,01 ng/m ³
mangan		0,002 ng/m ³
berylidium		0,02 ng/m ³
měď		0,15 ng/m ³
zinek		0,3 ng/m ³
PAU		ISO EN 12884:2000

Poznámka: Hodnoty DL počítány pro odběr 200 m³ vzdušiny.

6.2 Zásahy do hodnot naměřených v roce 2016

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

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 2016 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 2016 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

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. Do zpracování byly zahrnuty roční hodnoty aritmetického průměru oxidu dusičitého (NO₂), suspendovaných částic frakce PM₁₀ a PM_{2,5}, arzenu, kadmia, niklu, olova, benzenu a benzo[*a*]pyrenu. (Postup výpočtu IKO_R je možno nalézt na http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/organizace_mzso/index_kvality_ovzdusi.pdf.) Vypočtené hodnoty IKO_R jsou znázorněny na **grafu č. 14 v příloze č. 6**, kde jsou pro srovnání (jako kategorie č. 11) uvedeny hodnoty vypočtené pro pozad'ové stanice (IKO_R = 0,54 až 0,71), tedy hodnoty srovnatelné s rokem 2015.

Nejčastěji byl v roce 2016 v sídlech a v okolí velkých průmyslových zdrojů překračován imisní limit pro benzo[*a*]pyren (31 stanic) a kritérium maximálního překročení denního imisního limitu pro suspendované částice frakce PM₁₀ (celkem 20 stanic), v pražské a brněnské aglomeraci s vysokou hustotou dopravních komunikací i pro oxid dusičitý, na Ostravsku i pro frakci PM_{2,5}. Lokálně se objevují ojedinělá překročení stanoveného imisního limitu např. pro kadmium na stanici v Tanvaldu.

Z vypočtených hodnot IKO_R za rok 2016 vyplývá, že:

- Na hranici první a druhé třídy kvality ovzduší se pohybovala většina čistých městských pozad'ových lokalit; venkovské pozad'ové lokality, charakterizované stanicemi EMEP, spadaly 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 ≈ 1,12 až 1,84);
- střední hodnoty vypočítané pro jednotlivé typy městských lokalit bez významné zátěže průmyslovou výrobou se pohybují od 1,22 do 1,45 tj. stále 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 (3,5) tj. až ve čtvrté třídě IKO_R (ZNEČIŠTĚNÉ OVZDUŠÍ);

- přes velmi řídké pokrytí předměstských či vesnických oblastí měření, lze odhadovat, že v ČR i v roce 2016 byla malá či střední sídla, kde se hodnoty IKO_R pohybovaly na hranici 2. a 3. třídy kvality ovzduší IKO_R (viz hodnota v kategorii č. 16 ($IKO_R = 2,31$)).

Průměrná hodnota charakterizující městské stanice v ČR, odhadnutá pro kategorie 2 až 5 (viz příloha č. 1), spadá do druhé třídy ($IKO_R = 1,23$ – což představuje proti roku 2014 mírné zhoršení – hodnoty v posledních letech oscilují na úrovni lepší druhé třídy kvality ovzduší. Střední hodnota IKO_R v roce 2016 za Českou republiku se, na rozdíl od odhadu pro městské pozad'ové lokality, mírně snížila na 1,40 (1,46 v roce 2015).

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 prezentují graf č. 15, příloha č. 6, kde jsou zobrazeny odhady úrovně expozice jednotlivým zdravotně významným škodlivinám ve venkovním ovzduší. Je zde uveden odhad podílu průměrných ročních koncentrací škodlivin v základních typech městských lokalit a příslušných limitních hodnot pro rok 2016, v procentech limitní hodnoty (graf č. 16, příloha č. 6).

V grafickém zpracování jsou pro srovnání 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 3,36 (městské pozad'ové oblasti) do 6,77 v průmyslem exponovaných lokalitách na Ostravsku; pro republikové pozad'ové stanice byla v roce 2016 odpovídající hodnota 1,63 (1,58 v roce 2015, 1,86 v roce 2014, 2,44 v roce 2013).

Z detailnějšího rozboru vyplývá:

- zátěž měřených lokalit suspendovanými částicemi frakce PM_{10} má v sídlech plošný charakter; hodnoty podílu se zde pohybují v rozsahu od 0,58 do 1,03. Odpovídající hodnota pro pozad'ové stanice byla 0,33;
- vysoká variabilita zátěže měřených městských lokalit PAU (indikátor benzo[a]pyren), kde se hodnoty podílu pohybují v rozsahu od 0,59 v městských pozad'ových oblastech až po maximum 9,0 na stanici v průmyslem zatížených lokalitách v Ostravě. Odpovídající hodnota z pozad'ových stanic ČHMÚ byla 0,48;
- variabilní, lokálně vysoká zátěž ovzduší oxidem dusičitým (hodnoty podílu se pohybují od 0,5 do 1,3, s maximem v městských dopravně exponovaných lokalitách) a arsenem (od 0,21 do 0,85 v lokalitách s významným podílem spalování fosilních paliv a až 0,62 v okolí velkých průmyslových zdrojů);
- nižší zátěž ovzduší Cd s podílem k limitu $< 0,1$ (výjimkou jsou průmyslové oblasti a okolí Tanvaldu – 0,75), Ni s podílem ročních středních hodnot k limitu $< 0,1$ a již téměř nevýznamná zátěž ovzduší Pb, kde se hodnota podílu přiblížila k úrovni 0,1 pouze na stanici v průmyslové vlečce (Ostrava Radvanice - TORE).

I přes nedostatek podkladů o kvalitě ovzduší v předměstských a vesnických lokalitách, které jsou stacionárním měřením pokryty v minimálním rozsahu, lze zde očekávat existenci oblastí, kde suma podílů imisních limitů a ročních aritmetických průměrů může být významně zvýšená (v roce 2016 se zde hodnoty sumy imisních limitů pohybovaly v rozsahu 1,6 až 5,4).

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 předpověď výskytu zdravotních účinků u exponovaných osob.

Mezi zdravotně nejvýznamnější znečišťující látky v ovzduší sídel ČR patří v prvé 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, Pb či benzenu.

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

Aerosolové částice obsažené ve vdechovaném vzduchu mají široké spektrum účinků na srdečně-cévní a respirační ústrojí. Dráždí sliznici dýchacích cest, mohou 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 tom 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 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 působících 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.

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 u dětí a neurologické poruchy u 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 dýchací a 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 při spirometrickém vyšetření.

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 jemné 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 vycházející ze vztahu mezi expozicí suspendovaným částicím frakce PM_{2,5} byly koncentrace plošněji měřené frakce PM₁₀ přepočítány na základě odhadu průměrného zastoupení frakce PM_{2,5} ve frakci PM₁₀. Průměrný roční podíl suspendovaných částic frakce PM_{2,5} ve frakci PM₁₀, vypočítaný z hodnot souběžně měřených na 31 stanicích, se pohyboval od 65 % do 89 % se střední hodnotou 77,9 % v roce 2016.

Dlouhodobému průměru podílu frakce PM_{2,5} ve frakci PM₁₀ v České republice pak odpovídá hodnota 75 %.

Navýšení roční koncentrace PM₁₀ o každých 10 µg/m³ nad 13,3 µg/m³/rok v tomto případě zvyšuje odhad celkové předčasné úmrtnosti exponované populace o 4,515 %.

- Na základě odhadu průměrné koncentrace suspendovaných částic frakce PM₁₀, v roce 2016 v městském prostředí mimo Moravskoslezský kraj (21,0 µg/m³), lze zhruba odhadnout, že v důsledku znečištění ovzduší touto škodlivinou byla celková úmrtnost navýšena o 3,5 % při zohlednění průměrného 75 % zastoupení frakce PM_{2,5} ve frakci PM₁₀.
- Vzhledem k rozmezí průměrných ročních koncentrací této škodliviny v různých typech sídelních lokalit, které se pohybovaly od 13,9 µg/m³ do 41,1 µg/m³, se odhad podílu předčasně zemřelých v důsledku znečištění ovzduší PM₁₀ na celkovém počtu zemřelých pohybuje od 0,7 % v městských lokalitách bez dopravní zátěže až po 12,6 % v dopravně exponovaných a průmyslových oblastech, při zohlednění průměrného 75 % zastoupení frakce PM_{2,5} ve frakci PM₁₀.
- Celkový počet zemřelých v roce 2015 činil 107 750 (zdroj: ČSÚ 2017). Na základě údajů za roky 2012 až 2015 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 101 285 osob v roce 2016.
- Z uvedených dat lze odhadnout počet předčasných úmrtí, na kterých se podílela expozice suspendovaným částicím frakce PM₁₀. Ten byl v roce 2016 na úrovni 4 000 osob při průměrném 75 % zastoupení frakce PM_{2,5} ve frakci PM₁₀. Trend má v posledních letech (od roku 2011) charakter mírného poklesu a je závislý na meteorologických podmínkách.

Tabulka č. 8 - Vývoj (2007 - 2016) hodnot navýšení celkové roční úmrtnosti o „předčasná úmrtí“ za posledních 10 let - střední hodnota a rozpětí hodnot v ČR

počet předčasných úmrtí/rok	2007	2008	2009	2010	2011
PM ₁₀ - (75 % podíl PM _{2,5})	3 700 (0-18 700)	3 200 (0-12 500)	3 500 (0-14 600)	4 500 (0-24 500)	6 500 (0-16 200)
počet předčasných úmrtí/rok	2012	2013	2014	2015	2016
PM ₁₀ - (75 % podíl PM _{2,5})	5 500 (0-17 200)	5 200 (0-15 200)	5 200 (700-13 500)	4 800 (2 000-12 000)	4 000 (700-11 500)

Poznámky:

- Navýšení celkové úmrtnosti bylo počítáno z rozpětí měřených hodnot v ČR a ze středních hodnot pro sídla 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 PM₁₀ byl použit, na základě doporučení WHO, odhad střední hodnoty zastoupení frakce PM_{2,5} ve frakci PM₁₀ pro Českou republiku na úrovni 75 %.
- Hodnoty ročního průměru PM₁₀ ≤ 13,3 µg/m³ hodnoceny jako 0.

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 2015.

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 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 odhadu jako hodnota teoretické nejnižší rizikové expozice použita WHO udávaná mezní koncentrace PM_{2,5} 5 µg/m³. V ČR je ale frakce PM_{2,5} měřena na příliš malém počtu stanic, proto byly pro odhad YLLs použity hodnoty frakce PM₁₀, přepočítané konverzním koeficientem PM_{2,5}/PM₁₀ = 0,75, který popisuje průměrný podíl jemných částic frakce PM_{2,5} na obsahu měřených částic frakce PM₁₀.

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 2015 (předpoklad podobných měr úmrtnosti v rámci věkové skupiny). Údaje o obyvatelstvu byly čerpány z veřejně dostupných statistik ČSÚ, jednak 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. 2015 a dále údaje o intenzitě úmrtnosti bez vnějších příčin smrti (MKN10, dg. S00-T98) v roce 2015. 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 PM₁₀ na stanicích zařazených do kategorií 2 - 5 (městské stanice, 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 - viz 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 PM₁₀ v městských kategoriích 2 až 5 v ČR a v ČR bez stanic v Moravskoslezském kraji (MSK), které v roce 2015 činily 23,9 a 22,3 µg/m³. Důvodem je, že v MSK jsou v důsledku specifických podmínek regionálního pozadí a přeshraničního přenosu imisí dlouhodobě zjišťované roční koncentrace zvýšené v průměru o zhruba 5 až 15 µg/m³/rok ve srovnání s obdobnými lokalitami jinde v republice. Proto pro převažující území republiky jsou relevantní údaje z lokalit mimo MSK. Výše uvedená 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.

Tabulka č. 9 – počet roků ztráty života (zaokrouhlen na celé stovky)

Rok	Rozsah	Spodní hranice odhadu	Střed	Horní hranice odhadu
2012	ČR bez MSK	67 900	102 600	134 300
	ČR	73 600	111 200	145 300
2013	ČR bez MSK	73 300	110 800	144 900
	ČR	78 300	118 200	154 400
2014	ČR bez MSK	35 600	102 000	177 000
	ČR	35 800	102 500	177 900
2015	ČR bez MSK	30 200	87 000	151 700
	ČR	33 300	95 600	166 200

Poznámka: Počítáno pro městské kategorie 2 - 5 (viz příloha č. 1), rok 2012 byl přepočten podle výše uvedených kritérií

Pro rok 2015 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 87 005 let (CI 95 % 30 238 - 151 738)
- Pro všechny městské stanice skupiny 2 - 5 v ČR 95 579 (CI 95 % 33 293 - 166 246)

Při akceptování značné míry zjednodušení lze výsledek interpretovat i tak, že každý obyvatel ČR starší 30 let v roce 2015 ztratil v průměru 3,3 (5,6 v roce 2014/5,3 v roce 2012/5,7 v roce 2013) dnů života v důsledku předčasné úmrtnosti.

Znečištění ovzduší oxidem uhelnatým a oxidem siřičitým nepředstavuje v měřených sídlech zdravotní riziko, i když v případě oxidu siřičitého práh účinku pro 24hod. koncentraci nebyl epidemiologickými studiemi dosud zjištěn. V roce 2016 bylo na stanicích v ČR naměřeno 20 24hodinových koncentrací nad 40 µg/m³/24 hodin; 40 µg/m³ přitom představuje dvojnásobek cílové hodnoty doporučené WHO, stanovené s vysokou mírou předběžné opatrnosti.

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 ozonu jsou osoby s chronickými obstrukčními onemocněními 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nad hladinu 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vede k zvýšení celkové úmrtnosti o 0,3 %. Dopad na respirační úmrtnost u populace nad 30 let je odhadován na 1,4 % na každých 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ průměru z maximálních denních 8hodinových koncentrací ozónu nad 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ během období duben-září.

Z těžkých kovů stanovených ve vzorcích aerosolu je olovo od plošného zavedení bezolovnatého benzinu zdravotně téměř nevýznamnou látkou. Stejně tak měřené koncentrace manganu a kadmia ve většině oblastí nepředstavují zdravotní riziko; 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.

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, 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. Z organismu je vylučován 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.

- 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.
- Benzo[a]pyren (BaP) - PAU mají schopnost přetrvávat v prostředí, kumulují se ve složkách prostředí 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 při posuzování karcinogenity nejvíce používaným zástupcem PAU benzo[a]pyren (BaP). BaP je z hlediska klasifikace karcinogenity zařazen do skupiny 1 - prokázaný karcinogen (IARC 2010).
- Benzen (C_6H_6) - 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 definovala 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 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 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 $0,2 - 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Při aplikaci výše uvedené UCR 6×10^{-6} vychází koncentrace benzenu ve vnějším ovzduší, odpovídající akceptovatelné úrovni karcinogenního rizika pro populaci 1×10^{-6} v úrovni roční průměrné koncentrace $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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

Tabulka č. 10. - Hodnoty jednotkového rizika

Škodlivina	As	Ni	Cd	BENZ
Jednotka rizika	1,50E-03	3,80E-04	1,74E-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

Pro každý typ městské lokality bylo na základě ročních aritmetických průměrů za rok 2016 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 pozadíové stanice v ČR, minimální hodnota zdravotního rizika, maximální a střední hodnota (AVG) ze všech monitorovaných sídel. Detailnější zpracování pro hodnocené typy městských lokalit je v **grafu č. 17 f, příloha č. 6**.

Tabulka č. 11. - 2016 - Minimální, maximální a střední hodnota (AVG) zdravotního rizika (ILCR) pro ČR a odhad střední hodnoty v monitorovaných sídlech

Látka	Pozadí ČR	Avg (ČR)	Max (ČR)	Střední hodnota (sídla)
As	3,23E-07	1,95E-06	7,61E-06	1,62E-06
Ni	6,03E-08	2,74E-07	1,29E-06	2,28E-07
Cd	5,14E-09	5,57E-08	6,55E-07	3,31E-08
BZN	3,39E-06	7,80E-06	1,99E-05	7,20E-06
BaP	3,77E-05	1,56E-04	7,83E-04	1,27E-04

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 v ČR (**viz příloha č. 1**).

Navýšení rizika pro jednotlivé látky v sídlech se pohybuje v řádu 1×10^{-8} až 1×10^{-3} , největší příspěvek představuje expozice benzo[a]pyrenu (> 95).

Vypočtené úrovně rizik expozice hodnoceným látkám v jednotlivých typech městských lokalit jsou v **grafech č. 17 a až e, v příloze č. 6**. Trend karcinogenního populačního rizika v posledních pěti letech mírně kolísá.

Tabulka č. 12. - Vývoj (2009 – 2016) rozpětí hodnot karcinogenního populačního rizika

Populační riziko (přidatné případy na 1 rok)	2009	2010	2011	2012
Arsen	0,05 - 1,84	0,09 - 2,01	0,08 - 1,33	0,14 - 1,26
Nikl	0,01 - 0,45	0,02 - 0,76	0,02 - 1,49	0,02 - 0,34
Kadmium	NEHODNOCENO			
Benzen	0,40 - 4,91	0,75 - 5,74	0,42 - 5,44	0,68 - 4,80
BaP	2,30 - 114,0	7,09 - 89,0	4,97 - 121,4	6,58 - 134,6
Hodnocené karcinogenní látky celkem	2,76 - 121,2	7,95 - 97,6	5,49 - 129,7	7,42 - 141,0
Populační riziko (přidatné případy na 1 rok)	2013	2014	2015	2016
Arsen	0,28 - 1,42	0,14 - 1,28	0,06 - 0,98	0,02 - 0,54
Nikl	0,02 - 0,54	0,02 - 0,38	0,02 - 0,14	0,004 - 0,09
Kadmium	NEHODNOCENO			
Benzen	0,52 - 3,42	0,60 - 3,08	N	0,03 - 1,41
BaP	8,20 - 116,7	4,72 - 115,9	4,48 - 97,28	3,66 - 55,93
Hodnocené karcinogenní látky celkem	8,82 - 122,1	5,5 - 120,6	4,54 - 98,42	3,66 - 58,02

Poznámka: NEHODNOCENO v daném období, N - nedostatek relevantních údajů

VIII. DISKUSE

1 Kvalita venkovního ovzduší

Základní zpracování dat za rok 2016 zachovává standardní srovnání ročních středních 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 2016:

- při interpretaci získaných datových souborů mají významný vliv výpadky měření způsobené poruchou nebo mimořádnou událostí nebo ukončením provozu stanice; z hodnocení muselo být vyřazeno například 9 stanic měřících PM₁₀, 3 stanice měřící NO₂ provozovaných ZÚ se sídlem v Ústí n/Labem – projekt CS-MON. Problém způsobují často i velmi nízké měřené koncentrace (kovy, BaP) – v některých případech může být i více než 50 % hodnot pod mezí stanovitelnosti, v těchto případech nebyly pro danou škodlivinu hodnoceny roční imisní charakteristiky. Doplnění chybějících údajů střední hodnotou z blízkých lokalit nebo lokalit s podobným složením zdrojů může být pak jen velmi hrubým odhadem;
- polycyklické aromatické uhlovodíky (BaP) - v roce 2016 platil jednotný rozsah měřených látek a harmonogram s měřicí sítí provozovanou ČHMÚ;
- porovnání naměřených hmotnostních koncentrací chrómu v odebraných vzorcích suspendovaných částic s referenční koncentrací ($2,5 \times 10^{-5} \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ 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 šestmocného chrómu (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 sídlech 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 transportními procesy či resuspenzí;

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

- odstraňuje nevýhodu dříve používaného postupu s diskutabilní reprezentativností odhadu expozice z průměru vypočteného ze zahrnutých měřicích stanic pro celé hodnocené sídlo;
- 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 typových městských lokalit je pak významným výstupem odhad střední hodnoty zátěže populace v sídlech;
- jednoznačně identifikuje význam určitých skupin zdrojů (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 toho zpracování byla zohledněna, v úrovni znečištění ovzduší aerosolovými částicemi frakce PM₁₀, specifická Moravsko-slezského kraje; odhad středních hodnot pro jednotlivé typové městské lokality byl hodnocen pro Moravsko-slezský kraj odděleně;
- hodnocení vychází z jednotlivých typů městských lokalit, nezávisle na sídle.

Validitu tohoto přístupu snižuje nestejněměrné pokrytí typů městských lokalit měřením kvality ovzduší. Přes zahrnutí městských stanic provozovaných ČHMÚ stále jsou, v extrémních případech (pozařovací stanice, dopravní „hot spot“ stanice, okolí průmyslových zdrojů), pro některé sledované škodliviny (PAU, benzen a těžké kovy) při zpracování k dispozici data pouze z jedné stanice. Pro dopravně extrémně zatížené lokality (uliční kaňony) nebo významně zatížené vesnické/předměstské lokality nebyla data PAU v roce 2016 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 (77,5 % v roce 2016 v ČR) v předkládané roční zprávě systému MZSO toto doporučení WHO pro ČR upraveno a jsou zde presentovány 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 pro frakci 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 dvojí hodnocení téhož;
- použitý screeningový expoziční scénář uvažuje nejnepříznivější 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;
- nejistota provázející nemožnost 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 (na 59 stanic ve 45 sídlech, když frakce PM₁₀ byla v roce 2016 hodnocena z hodnot na 109 stanicích). Pro odhad YLLs byly proto použity hodnoty plošněji sledované frakce PM₁₀, přepočítané konverzním koeficientem PM_{2,5}/PM₁₀ = 0,75. Ten popisuje 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 2016 tak bylo možno zpracovat rok 2015;
 - pro výpočet byly využity výsledky měření sítě stacionárních stanic v sídlech. Střední koncentrace z měřicích 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 konsistentní s přístupem použitým v epidemiologických studiích, ve kterých jsou zjišťovány funkce expozice-účinek rovněž na základě průměrných koncentračních hodnot.

2 Vnitřní ovzduší v mateřských školách

Přestože výstupy z realizované studie dávají poměrně dobrou představu o situaci v určitém segmentu mateřských školek ve velkých městech v ČR a zároveň jsou k dispozici jako podklad pro přípravu novely Vyhlášky č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky na hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí v pobytových místnostech některých staveb byly identifikovány určité problémy:

- nejednotný přístup participujících laboratoří, a to jak k analýze exponovaných dozimetrů, tak k dokumentaci měření či provádění odběrů vzorků ovzduší. I přes zpracování jednotných SOP. Je zřejmé, že do budoucna jsou v takových případech možné pouze dvě cesty řešení – buď soustředit všechny analýzy v jedné laboratoři, nebo v druhém případě, podobné studii předřadit srovnávací měření participujících laboratoří – cross-test, který by případnou systematickou chybu vyloučil;
- Problémem zůstává interpretace naměřených hodnot CO₂ - Vyhláška MMR č. 20/2012, kterou se mění Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby stanoví v článku II, § 11, odstavec 5 limit pro oxid uhličitý, když „jeho koncentrace nesmí ve vnitřním vzduchu překročit 1 500 ppm“. Pokud by pro hodnocení tohoto ukazatele bylo použito hodinové či delší průměrování, pak byl tento limit v rámci realizované studie překročen pouze v jedné školce. Na druhou stranu v deseti školkách hodnota maximální měřené minutové koncentrace také překročila úroveň 1 500 ppm což ale v dikci výše citovaného ustanovení znamená překročení stanoveného limitu. Nejednoznačnost definice tak může vést k rozdílné interpretaci naměřených hodnot a tím k rozdílnému posouzení kvality ovzduší.
- Časté měření počtu hmotnostních koncentrací částic frakcí PM₁₀ a PM_{2,5} nefelometrickými postupy. Rozšiřující se používání čítačů částic při měření kvality vnitřního prostředí může vést k výrazným rozdílům při hodnocení kvality vnitřního prostředí. Příčinou je variabilita faktorů používaných pro přepočítání počtu částic na hmotnostní koncentrace. Přestože studie prokázala poměrně úzkou vazbu měřených hodnot mezi hmotnostní koncentrací frakce PM_{1,0} a počtem částic menších než 1 μm při gravimetrickém faktoru rovném jedné, totéž zdaleka naplatí pro částice > 1 μm;
- při měření kvality vnitřního prostředí zřetelně nestačí vyhodnocovat pouze a jenom ty látky, pro které jsou Vyhláškou č. 6/2003 stanoveny limity. Spektrum dalších možných látek pocházejících z například technologických nekázní při rekonstrukcích nebo ze starých zátěží je výrazně širší – je zapotřebí VŽDY interpretovat i hodnoty všech látek dosahujících potenciálně zdravotně významné koncentrace a to včetně případného pachového obtěžování;
- Při měření mikrobiologické zátěže vnitřního prostředí byl v rámci studie zjišťován možný rozptyl hodnot (koeficient variability) a možnost hodnocení průměrné koncentrace z 2 opakování (podle Vyhlášky č. 6/2003 Sb.) a možnost hodnocení průměrných koncentrací z 5 opakování. Byly sledovány variační koeficienty, které jsou vyšší než 50 %, protože je všeobecně známo, že měření je ovlivněno okolními podmínkami, hlavně prouděním vzduchu. Průměrné koncentrace získané ze dvou anebo z pěti opakování vykazovaly v mnoha případech rozdílné výsledky; rozdílný přístup by v 5 případech dokonce ovlivnil hodnocení. Je třeba zvážit, zda podmínky stanovení a postupu práce dané Vyhláškou odpovídají reálným podmínkám a zda naměřené koncentrace CPM a CP mají dostatečnou vypovídací hodnotu a odpovídají skutečným podmínkám, kterým jsou děti vystaveny. Otázkou je, zda pro vyšší reprezentativnost naměřených hodnot, není potřeba stanovit míru rozptylu hodnot pro koncentrace mikroorganismů získané měřením v obytných místnostech s vyloučením odlehklých hodnot.

IX. ZÁVĚRY

Teplotně nadprůměrné zimy 2012 až 2016 jsou hlavní příčinou toho, že se základní charakteristiky znečištění ovzduší v ČR v roce 2016 v zásadě nelišily od posledních let. Mimo průmyslově a specificky zatížené lokality, které lze nalézt na území krajských měst a v aglomeraci Ostrava-Karviná-Frýdek-Místek, je znečištění ovzduší koncentrováno v městských celcích majoritně zatížených tranzitní a cílovou dopravou. Přetrvává problém se zvýšenou a místně i rostoucí úrovní znečištění ovzduší polycyklickými aromatickými uhlovodíky, zvláště pak v topné sezóně. Zátěž obyvatelstva suspendovanými částicemi PM₁₀ a PM_{2,5} plošně velmi mírně klesá, místy spíše stagnuje. Proti roku 2015 v ČR mírně vzrostly hodnoty BaP a dalších PAU. 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 a arzén, kadmium v okolí Tanvaldu. Zvýšené hodnoty arsenu, prachu a PAU jsou dále nalézány v lokalitách s majoritním zastoupením malých zdrojů na pevná nebo fosilní paliva.

Doprava je dlouhodobě ve městech dominantním zdrojem znečištění ovzduší a má hlavní podíl na zvýšené zátěži obyvatel suspendovanými částicemi, 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 střední průmyslové podniky) mají lokální význam. Vyšší hustota dopravní sítě a intenzit 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 jako je tomu v zatížené ostravsko-karvinsko-frýdecko-místecké aglomeraci v Moravskoslezském kraji nebo na dopravních uzlech v Praze a v Brně. Překročení alespoň jednoho kritéria imisního limitu frakce PM₁₀ bylo naměřeno na 16 % stanic. Překročení hodnot doporučených WHO pro suspendované částice frakce PM₁₀ a PM_{2,5} bylo naměřeno na 80 % respektive na 100 % stanic u frakce PM_{2,5}. Hodnoty benzo[*a*]pyrenu BaP na většině hodnocených stanic (72 %) překročily hodnotu imisního limitu. Nejvyšší hodnoty aerosolových částic a PAU jsou dlouhodobě měřeny v průmyslových oblastech Ostravska, u PAU s až více než 5 násobným překročením imisního limitu.

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

- Ze střední roční hodnoty koncentrace suspendovaných částic frakce PM₁₀ v městském prostředí (23,1 µg/m³) lze zhruba odhadnout, že znečištění ovzduší touto škodlivinou se mohlo podílet na zvýšení předčasné úmrtnosti v průměru o 4,4 % 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 2015. V roce 2015 pro obyvatele ČR starší 30 let byl počet ztracených let života předčasným úmrtím následkem expozice znečištěnému ovzduší aerosolovými částicemi 95 600 let (tj. 1 319let/100 000 obyvatel). Při akceptování značné míry zjednodušení lze výsledek interpretovat i tak, že na

každého obyvatele ČR staršího 30 let připadaly v roce 2015 v průměru 3,3 dny života ztracené v důsledku předčasné úmrtnosti.

- Navýšení karcinogenního rizika pro jednotlivé látky v sídlech (ILCR) se pohybovalo v řádu 1×10^{-8} až 1×10^{-3} , největší příspěvek představuje expozice benzo[*a*]pyrenu (> 90 %), jako reprezentanta polycyklických aromatických uhlovodíků. Tento stav se dlouhodobě nemění.

Dlouhodobě pozorovaný vývoj - snižování měřených hodnot v některých zatížených oblastech a pozvolné „zhoršování“ situace v málo zatížených lokalitách přetrvává. Důsledkem je, že se koncentrace zjišťované na znečištěných a relativně čistých lokalitách k sobě přibližují při zachování nebo nepatrném zvyšování středních hodnot. Úroveň znečištění ovzduší v monitorovaných sídlech, přitom 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 relativně teplé zimy 2013 - 2016 a skutečnost, že nenastala významnější inverzní situace.

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 suspendovanými 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 (Tanvald). 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 jsou dlouhodobě hlavními zdroji znečištění ovzduší doprava a procesy s ní spojené (primární spalovací a nespalovací emise - resuspenze, otěry, koroze atd.) a emise z malých zdrojů. Doprava je majoritním zdrojem oxidů dusíku, hrubých aerosolových částic frakcí PM₁₀ a PM_{2,5}, jemných částic (PM_{1,0} a dalších frakcí ultra-jemných částic), chrómu a niklu, olova (resuspenze), těkavých organických látek - VOC (zážehové motory), polycyklických aromatických uhlovodíků - PAU (vznětové motory) a ve svém součtu velmi významné emise skleníkových plynů oxidu uhelnatého a oxidu uhličitého (cca 10² až 10³ g CO₂/1 km/vozidlo). Malé/lokálně významné energetické zdroje spalování plyných a pevných fosilních paliv pak jsou/mohou být nezanedbatelným zdrojem oxidů dusíku, oxidu uhelnatého, PAU a samozřejmě aerosolových částic s významným podílem částic ultra-jemné frakce.

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).

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 2016 do zpracování zahrnuta data o základních škodlivinách, těžkých kovech, PAU a VOC.

Zpracovávané výsledky za 83 sídel (a 8 pražských částí) zahrnují 120 městských stanic, z toho 17 stanic provozovala hygienická služba (zdravotní ústavy) a 103 stanic je součástí Státní imisní sítě ČHMÚ. Do zpracování jsou zahrnuta pro srovnání i data o úrovni venkovského pozadí získané 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 pozadřové stanice regionálního významu (Jeseník, Svratouch, Kuchařovice, Červená a Rudolice v Horách) a dopravně extrémně zatížené stanice („hot spot“) v Praze, Brně, Ústí n/L a v Ostravě.

Ve většině sídel byl v antropogenní vrstvě atmosféry monitorován oxid dusičitý (63 hodnocených stanic), aerosolové částice frakce PM₁₀ (118 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, Hg, V, Fe, Be) a měřením suspendovaných částic frakce PM_{2,5} a prvků ve frakci PM_{2,5}. Součástí zpracování jsou výsledky z rutinního monitoringu těkavých organických látek (VOC - 34 stanic) a polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU - 43 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 (RfK) vydané SZÚ v květnu 2003 – aktuální zmocnění je v § 27 odst. 5 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. Rozdělení typů lokalit podle těchto kritérií je uvedeno v příloze č. 1. Údaje o kvalitě ovzduší byly pak pro vybrané škodliviny (NO₂, PM₁₀, As, Cd, Ni, benzen a BaP) zpracovány skupinově - pro jednotlivé typy lokalit. Pro populaci žijící v sídlech byl zpracován odhad úrovně zátěže měst pro jednotlivé škodliviny definovaný jako střední hodnota vypočtená z městských pozadových stanic. Do tohoto odhadu v případě suspendovaných částic frakce PM₁₀ 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.

1 Základní látky (SO₂, NO, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, CO, O₃)

Ve srovnání s předchozím rokem se úroveň znečištění venkovního ovzduší v roce 2016 ve většině sledovaných parametrů mírně zlepšila, naměřené hodnoty ale nevybočují z dlouhodobého trendu. Kvalita ovzduší v monitorovaných sídlech je významně ovlivňována meteorologickými podmínkami, které lze charakterizovat vyšší četností excesů a rychlých změn počasí střídaných dlouhodobějšími období sucha nebo vysokých teplot či krátkými obdobími intenzivních srážek; pokračuje trend snížení počtu zimních dlouhodobějších inverzních situací. Shodně s roky 2012 až 2015 byly zimní měsíce v roce 2016 teplotně nadprůměrné.

Dominantním a v podstatě plošně působícím zdrojem znečištění ovzduší měst a městských aglomerací zůstávají spalovací a nespalovací emise z dopravy. Další spolupůsobící zdroje (výroba energie, domácí vytápění, průmysl) mají více lokální až regionální význam. Příkladem je extenzivně průmyslem zatížená oblast Moravskoslezského kraje (MSK), kde mají zásadní význam emise z velkých průmyslových zdrojů a dálkový transport škodlivin, která dlouhodobě vykazuje zvýšené hodnoty škodlivin ve venkovním ovzduší a patří sem i oblasti s vyšší koncentrací malých zdrojů na pevná paliva.

To potvrzují roční imisní charakteristiky suspendovaných částic frakce PM₁₀ 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 5 % 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 $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ve městech se v závislosti na intenzitě okolní dopravy pohybovaly v rozsahu od $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v emisně významně nezatížených městských/předměstských lokalitách, mezi 20 až $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ u dopravně středně zatížených stanic až k $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ročního průměru 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 40 až $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (> 130 % imisního limitu $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). V městech se na výsledném znečištění oxidem dusičitým kromě dopravy podílí spalovací procesy (výroba energie, domácí topeniště) a zejména v ostravsko-karvinské oblasti i velké průmyslové zdroje. Situace je, s výjimkou extenzivně dopravou exponovaných městských hot-spotů, víceméně dlouhodobě stabilizovaná;
- U dlouhodobě zvýšené expozice suspendovaným částicím frakce PM_{10} , i přes zlepšení v roce 2016, ve městech přetrvává plošný charakter. Lze odhadovat, že minimálně 16 % z cca 4,5 miliónu obyvatel žije v městech, 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 2016 naměřeno na 20 stanicích (17 % měřicích stanic z celkového počtu 115 hodnocených), roční imisní limit ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$) byl překročen pouze na jedné měřicí stanici, a to v Ostravě na stanici Radvanice, kde byla naměřena nejvyšší městská hodnota ročního aritmetického průměru ($41,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Vyšší zátěž částicemi frakce PM_{10} v MSK dokládá rozdíl cca $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mezi odhadovanou roční průměrnou koncentrací pro městské prostředí: $27,7 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ pro města MSK vs $21 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ pro ostatní sídla ČR.

V jednotlivých typech městských lokalit, v závislosti na intenzitě okolní dopravy, se roční střední hodnota PM_{10} pohybovala:

- na úrovni $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v MSK) v dopravou přímo nezatížených městských lokalitách (kategorie 2 a 3);
- v rozsahu 18 až $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (až $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v MSK) ročního průměru v dopravně exponovaných místech (kategorie 4 až 6);
- až po 21 až $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (až $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v MSK) ročního průměru v průmyslem silně exponovaných lokalitách (kategorie 8 až 10).

Z tohoto srovnání je zřejmá závislost měřených hodnot PM_{10} 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 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$ na venkovské stanici Věřňovice ležící na spojnici ostravské aglomerace a polského, průmyslem zatíženého příhraničí v Jastřebsko-Rybnické oblasti.

Dlouhodobě pozorovaný vývoj snižování měřených hodnot v některých zatížených oblastech je často kompenzován pozvolným zhoršováním situace v dosud málo zatížených lokalitách.

- V roce 2016 byla střední hodnota PM_{10} $20 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$, doporučená jako mezní Světovou zdravotnickou organizací WHO, překročena na 83 % z hodnocených 104 měřicích stanic (stejně jako v roce 2015). Což lze hodnotit, při srovnání s hodnotami měřenými v letech 2012 až 2014 (90 %) hodnotit jako mírné snížení zátěže. Trend vývoje zátěže prostředí aerosolovými částicemi frakce PM_{10} v sídlech má v posledních 10 letech charakter „neklesajícího trendu“.
- Do hodnocení zátěže prostředí **suspendovanými částicemi frakce $\text{PM}_{2,5}$** byla v roce 2016 zahrnuta data z 59 stanic. Měření tedy reflektuje převážně větší městské aglomerace, vyšší

hodnoty jsou měřeny v dopravně silně exponovaných místech a v průmyslových lokalitách (25 až 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$). Průměrné roční hmotnostní koncentrace se v jednotlivých sídlech pohybovaly od 12,6 do 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hodnota ročního imisního limitu 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ byla překročena na osmi stanicích (vše v MSK), 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ročního průměru, doporučených WHO už ale bylo překročeno na všech do hodnocení zahrnutých stanicích včetně republikové pozadové stanice v Košetících (11,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Podíl suspendovaných částic frakce $\text{PM}_{2,5}$ ve frakci PM_{10} se pohyboval od 64 % (stanice v Brně) po 89 % na stanici v Opavě. V období 2007 až 2015 se průměrná hodnota podílu pohybovala mezi 72 až 76 %. V roce 2016 narostl tento podíl o necelá 3 %, ze 75 % v roce 2015 na 77,9 % v roce 2016. Tento parametr je primárně dán složením spolupůsobících zdrojů, ale zároveň vykazuje významnou sezónní závislost s vyššími hodnotami podílu frakce $\text{PM}_{2,5}$ (≈ 90 %) v topné sezóně.

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. Dobrá shoda hodnot ročního aritmetického a geometrického průměru ve většině oblastí svědčí o relativní stabilitě a homogenitě měřených imisních hodnot ve městech bez zásadních sezónních, klimatických či jiných výkyvů. V případě niklu hodnoty v posledních pěti letech setrvale klesají.

Pole koncentrací As, Cd, Ni a Pb v sídlech je ve srovnání s hodnotami přirozeného republikového pozadí, měřenými na stanicích EMEP v Košetících a na Bílém Křížci a Svratouch dlouhodobě většinou mírně zvýšené (přibližně 2 až 3krát). Výjimku tvoří četnější vyšší hodnoty arzenu nebo i překročení jeho imisního limitu, 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 - 5,07 $\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$ a dále na stanicích v menších sídlech (Stehelčevěs, Lom u Mostu) nebo v Tanvaldu, kde se roční průměrná hodnota pohybovala mezi 3 až 4,1 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, Mn, Cd a Pb. Průmyslovou zátěž Cd identifikují hodnoty na stanici v Tanvaldu - školka (3,8 ng/m^3) a staré zátěže Pb a Ni zůstávají platné například v Příbrami.

- **arsen** je považován za citlivý indikátor spalování fosilních paliv, výsledky měření prokazují i jeho významnost v emisích z metalurgických procesů. Roční průměry 0,5 až 0,6 ng/m^3 byly nalezeny na pozadových stanicích ČHMÚ. Hodnoty nad 2 ng/m^3 (33 % IL) ročního aritmetického průměru byly v roce 2016 naměřeny na 5 stanicích reprezentujících vliv lokálních topenišť a metalurgické provozy; na 32 městských stanicích nepřekročily roční střední hmotnostní koncentrace 2 ng/m^3 . Odhad střední hodnoty v městských lokalitách se pohybuje na úrovni 1,08 $\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$ - tedy cca 15 - 20 % plnění IL.

Z analýzy zastoupení As v souběžně odebíraných vzorcích frakcí PM_{10} a PM_2 , vyplývá, že v roce 2016 bylo v průměru více než 80 % arzenu ve frakci $\text{PM}_{2,5}$ a tento podíl se mírně liší podle podílu zastoupení průmyslových a malých zdrojů;

- roční imisní charakteristiky **kadmia** u většiny zahrnutých městských stanic (35 z 38) nepřesáhly 0,5 ng/m^3 (10 % IL), navýšení v sídlech ve srovnání s hodnotami měřenými na pozadových stanicích ČHMÚ (0,1 $\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$) je možno připsat lokálním zdrojům nebo průmyslové zátěži. Vliv mohou mít i spalovací procesy v domácích topeništích, pro které

svědčí i jeho vysoký podíl (> 80 % až 90 %) v zimním období ve frakci PM_{2,5}. Hodnoty ve většině sídel jsou dlouhodobě stabilní; odhad střední hodnoty v městských lokalitách - 0,2 ng/m³/rok - znamená méně než 10 % naplnění IL. Oblastí se zvýšenou zátěží způsobenou průmyslovou výrobou zůstává Tanvald a okolí (3,8 ng/m³/rok);

- roční aritmetické průměry koncentrací **chromu** byly na většině (38 z 40) městských stanic v rozmezí 0,4 - 5 ng/m³, na zbylých dvou stanicích mezi 5 až 6 ng/m³. Odhad střední hodnoty v sídlech se pohybuje na úrovni 1,45 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 < 3 ng/m³/rok (< 15 % IL). Při porovnání s hodnotami přirozeného pozadí (< 0,3 ng/m³) se jedná o mírně zvýšené hodnoty. Roční průměry vyšší než odhad střední hodnoty ve městech (≈ 0,60 ng/m³/rok) byly naměřeny celkem na 23 stanicích. V případě Ni, kdy nelze ve městech přisoudit majoritní význam žádnému z hlavních typů zdrojů, které zde přicházejí v úvahu (doprava a antikorozi ochrana, průmysl - legování ocelí), bylo v průměru 50 až 60 % niklu obsaženo ve frakci PM_{2,5} a tento podíl náhodně kolísá v průběhu kalendářního roku a závislosti na hodnocené lokalitě;
- **olovo** zůstává prvkem s dlouhodobě stabilními hodnotami a homogenním polem měřených imisních hodnot bez velkých sezónních, klimatických či jiných výkyvů. Odhad střední hodnoty v sídlech (≈ 7 ng/m³/rok) řadí olovo již mezi méně významné škodliviny. Svědčí o tom skutečnost, že roční střední hodnoty na 35 stanicích z 41 hodnocených nepřekročily 15 ng/m³ (< 3 % IL). Roční imisní charakteristiky nad 20 ng/m³ (tj. nad 4 % IL) byly v roce 2016 naměřeny pouze na 5 stanicích v Moravsko-slezském kraji. Z analýzy zastoupení Pb v souběžně odebíraných vzorcích frakcí PM₁₀ a PM_{2,5} vyplývá, že ve frakci PM_{2,5} je 85 až 95 % olova a tento podíl se mírně liší podle podílu zastoupení průmyslových a malých zdrojů;
- roční střední hodnoty **manganu** na 34 stanicích z 41 nepřekročily 15 ng/m³ (10 % RfK); na 2 stanicích převážně průmyslového charakteru v Ostravě byly naměřeny hodnoty nad 40 ng/m³ (cca 30 % RfK). Z analýzy zastoupení Mn v souběžně odebíraných vzorcích frakcí PM₁₀ a PM_{2,5} vyplývá, že více než 50 % obsahu Mn je v hrubé frakci PM₁₀ až PM_{2,5}, v Ostravě je podíl v hrubé frakci 40 %;
- vanad, železo, kobalt, zinek, selen a měď - 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 2016 byly zahrnuty hodnoty benzenu měřené celkem na 34 městských a dvou (Košetice - JKOS a Rudolice v Horách - URVH) pozadových stanicích. Úroveň znečištění ovzduší benzenem se v roce 2016 v měřených městských lokalitách pohybovala v rozmezí 0,7 - 3,3 µg/m³/rok, na žádné stanici tedy nedošlo k překročení imisního limitu. V průmyslově zatížených lokalitách (chemický průmysl, metalurgie...) jsou dlouhodobě zjišťovány nejvyšší střední hodnoty (1,9 µg/m³/rok).

Polycklické aromatické uhlovodíku (PAU) - z porovnání imisních charakteristik sledovaného spektra na 41 stanici umístěné 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. Jejich výšemolekulární frakce 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.

- Ve větších městských celcích lze nadále v roce 2016 zátěž z dopravy charakterizovat jako plošnou, kdy rozdíl 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;
- lokální velmi významné navýšení měřených hodnot způsobuje těžký průmysl.

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

- hodnota ročního aritmetického průměru na pozadových stanicích byla 0,4 až 0,5 ng/m³ a zároveň se zde hmotnostní koncentrace v zimním období pohybovaly v jednotkách ng/m³, to je srovnatelné s úrovní zátěže v některých městských lokalitách;
- rozpětí ročních průměrů na městských stanicích nezatížených průmyslem a intenzivní dopravou se pohybuje mezi 0,6 až 3,3 ng/m³, odhad střední hodnoty 1,5 ng/m³/rok;
- v dopravně silně zatížených lokalitách byla střední roční hodnota 1,6 ng/m³/rok (rozpětí 0,8 až 2,9 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 (1 až 9 ng/m³/rok) se zimními 24 hodinovými maximy v řádu desítek ng/m³; v letním období se zde měřené hodnoty nejčastěji pohybovaly do 1 ng/m³; střední roční hodnota pro tyto lokality byla 3,4 ng/m³.
- střední hodnota 5,7 ng/m³ 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 2016 byla hodnota imisního limitu (1 ng/m³/rok) pro benzo[a]pyren (BaP) překročena na 31 z 43 hodnocených stanic. Imisní limit byl, mimo zcela specifickou venkovskou - příměstskou stanici v Kladně Švermově a příměstskou stanici v Praze 5 - Řeporyjích, překročen především na všech stanicích v Ostravě (1,9 až 9,0 ng/m³) a více než trojnásobně na stanicích v Karviné a v Českém Těšíně. Mimo MSK byla hodnota IL na městských stanicích překročena maximálně o 140 %. Nejnižší hodnoty, naměřené v sídlech (v Brně a v Ústí n/L - Kočkov ≈ 0,6 ng/m³/rok), jsou srovnatelné s koncentracemi zjištěnými na pozadových stanicích.

Pro výšemolekulární PAU je dlouhodobě charakteristický velký rozdíl mezi aritmetickým a geometrickým průměrem, což svědčí o značném sezónním kolísání koncentrací. Význam emisí z průmyslových zdrojů a z lokálních zdrojů na fosilní/tuhá paliva je zřejmý u hodnot **benzo[a]antracenu** (BaA). Jeho roční průměry sledované na 43 stanicích měly široké rozpětí od 0,7 do 13,8 ng/m³. Na stanicích mimo Ostravsko-karvinskou pánev roční střední hodnoty nepřekročily 3 ng/m³/rok. Výjimkou z pravidla je zdrojově a umístěním zcela specifická stanice v Kladně - Švermově (5,4 ng/m³/rok). Roční referenční koncentrace (RfK - 10 ng/m³/rok) byla

překročena na průmyslovými emisemi silně zatížené stanici v Ostravě v Radvanicích (13,75 ng/m³).

Karcinogenní potenciál směsi k-PAU vyjádřený jako **ekvivalent BaP** (TEQ BaP) vykazoval velké rozdíly v závislosti na měřené lokalitě. Nejvyšší hodnota 13,1 ng/m³/rok byla zjištěna na stanici monitorující okolí významného průmyslového zdroje v Ostravě – městské části Radvanice. Rovněž na dalších průmyslem zatížených stanicích v Moravsko-slezském kraji byly nalezeny několikanásobně vyšší hodnoty (≥ 5 ng/m³/rok TEQ BaP) než na ostatních městských stanicích, kde se roční hodnoty TEQ BaP, nezávisle na úrovni zátěže z dopravy, pohybovaly od 1 do 3,3 ng/m³. Výjimkou jsou hodnoty naměřené na městské průmyslem nezatížené, jinak zdrojové a umístěním zcela specifické stanici Kladno - Švermov (5,7 ng/m³/rok).

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 vybrané látky s prahovým účinkem, tak pro látky s potenciálním karcinogenním účinkem (bezprahovým), mezi něž jsou zahrnuty As, Ni, benzen a směs karcinogenních PAU. 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 2015.

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}, arzen – As, kadmium – Cd, nikl - Ni, olovo – Pb, benzen - BZN a benzo[*a*]pyren – BaP). Nejčastěji je/byl ve velkých městských aglomeracích a v okolí velkých průmyslových zdrojů překračován imisní limit pro benzo[*a*]pyren (31 stanic) a alespoň jedno z kritérií překročení imisního limitu pro suspendované částice frakce PM₁₀ (20 stanic). Na dopravně exponovaných pražských a brněnských měřicích stanicích byl překročen i imisní limit stanovený pro oxid dusičitý a v ostravské aglomeraci imisní limit stanovený pro suspendované částice frakce PM_{2,5}.

Z hodnot vypočtených pro jednotlivé typy městských lokalit vyplývá, že v oblastech s vlivem lokálně působících malých zdrojů na tuhá paliva dosáhla hodnota IKO_R podobně s lety 2011 až 2015 druhé třídy kvality ovzduší. Srovnatelné hodnoty IKO_R (< 1,5) v městských lokalitách, rozdělených v závislosti na intenzitě dopravy, potvrzují

významnost vlivu obou těchto typů zdrojů na znečištění městského ovzduší. Mírnější zimy 2013 až 2015 se také v tomto ukazateli projeví postupným poklesem hodnot v oblastech s majoritou malých zdrojů. Vlivu emisí průmyslových zdrojů v ostravsko-karvinské oblasti odpovídá odhad zvýšené střední roční hodnoty $IKO_R > 2$ (klasifikace 3. třída IKO – znečištěné ovzduší) a maximální hodnota na stanici Ostrava-Radvanice spadající do 4. třídy IKO s hodnotou $IKO_R 3,5$.

4.2 Suma plnění ročních imisních limitů

Ve všech hodnocených typech městských lokalit a dokonce i na regionálních a republikových pozadových stanicích, překročila suma individuálních podílů hodnotu 1 a pohybuje se v rozsahu od 3,4 (městské pozadové oblasti) po 6,8 na průmyslem exponovaných lokalitách v Ostravě. Z detailnějšího rozboru vyplývá:

- v podstatě plošnou zvýšenou zátěž hodnocených typů městských lokalit suspendovanými částicemi frakce PM_{10} ;
- vysoká variabilita zátěže měřených lokalit PAU – indikátor benzo[a]pyren (BaP) - kde se hodnoty podílu pohybují v rozsahu od 0,6 v městských, dopravou a spalovacími procesy málo zatížených, oblastech až po maximum 9 v průmyslem zatížených lokalitách v Ostravě. Odpovídající hodnota na pozadové stanici Košetice byla 0,36;
- variabilní, lokálně zvýšená zátěž ovzduší oxidem dusičitým v městských dopravně exponovaných lokalitách, arsenem v lokalitách s významným podílem spalování pevných paliv nebo se zátěží významným průmyslovým zdrojem a benzenem v okolí velkých průmyslových zdrojů v MSK;
- nižší zátěž Cd $< 0,25$ (mimo průmyslové oblasti a okolí Tanvaldu, s 0,75) a Ni s podílem ročních středních hodnot k limitu $< 0,1$ a již téměř nevýznamná zátěž ovzduší Pb, kde hodnota podílu překročila hladinu 0,1 pouze na stanici Ostrava Radvanice reprezentující vlečku významného průmyslového zdroje;
- výsledky vyhodnocení pro předměstské a venkovské oblasti naznačují existenci silně zatížených lokalit, kde suma plnění imisních limitů může až několikanásobně překročit hodnotu 1;

Za pozitivní ukazatel lze považovat dlouhodobě nízkou zátěž SO_2 , As, Cd, Ni a Pb v prakticky všech ostatních městských lokalitách. Výjimku tvoří ostravské průmyslem extrémně zatížené lokality.

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 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.

Na základě odhadu průměrné koncentrace suspendovaných částic frakce PM₁₀ v roce 2016 v městském prostředí mimo MSK (21,0 µg/m³) lze zhruba odhadnout, že v důsledku znečištění ovzduší touto škodlivinou byla bazální celková úmrtnost navýšena o 3,5 % (rozmezí v ČR 0,7 až 12,6 %) při zohlednění 75 % podílu frakce PM_{2,5}. Odhad počtu předčasných úmrtí, na kterých se podílela expozice suspendovaným částicím frakce PM₁₀ se pak pohybuje na úrovni 4,8 tisíce osob.

Ztracené roky života (YLLs) - podle provedeného odhadu činil v roce 2015 pro obyvatele ČR starší 30 let počet ztracených let života předčasným úmrtím následkem expozice znečištěnému ovzduší aerosolovými částicemi 95 600 let (tj. 1 319 let/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 2015 v průměru 3,3 (5,6 v roce 2014) 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 2016 se pohybovalo 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^{-8} až 10^{-4} , tedy v řádu jednotek případů onemocnění na 10 000 až 10 miliónů obyvatel za 70 let.

Hodnoty ILCR vycházející z odhadu střední hodnoty v sídlech pro jednotlivé hodnocené látky:

- BaP $1,6 \times 10^{-4}$ (≈ 2 případy z 10 tisíc)
- Arsen $2,0 \times 10^{-6}$ (≈ 2 případy z 1 miliónu);
- Benzen $7,8 \times 10^{-7}$ (≈ 8 případů z 10 miliónů)
- Nikl $2,7 \times 10^{-7}$ (≈ 3 případy z 10 miliónů)
- Kadmium $5,6 \times 10^{-8}$ (≈ 6 případů z 100 miliónů) - nejnižší z hodnocených látek.

Největší příspěvek dlouhodobě představuje expozice směsi PAU.

Příloha č. 1 - Třídy kategorií měřicích stanic

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 otevřené 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** (uzavřené 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

Tabulka č. 13. - Souhrn monitorovacích programů měření kvality venkovního ovzduší na jednotlivých zahrnutých stanicích (A - automatické měření, M - manuální, kovy ve frakci PM₁₀ a PM_{2,5}, BaP a benzen)

2016	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					D
	ČHMÚ Praha 2, Riegrovy sady	3	ARIE	A		0		P	
	ČHMÚ Praha 4, Bráník	6	ABRA	A					
	ČHMÚ Praha 4, Chodov	3	ACHO	A					
	ČHMÚ Praha 4, Libuš	3	ALIB	A	M	0	5	P	D
	Praha 5, Řeporyje	4	ARER	A/N		0		P	
	ČHMÚ Praha 5, Smíchov, Strahovský tunel	6	ASMI	A					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/N	M	0	5	P	
	ČHMÚ Praha 10, Vršovice	6	AVRS	A					
Středočeský	ČHMÚ Beroun	6	SBER	A					
	ČHMÚ Kladno, střed města	6	SKLM	A					D
	Kolín, SAZ	5	SKOA	A/N		0		P	
	ČHMÚ Kutná Hora	3	SKUH		M				
	Kralupy, sportoviště	8	SKRP	A/N		0		P	
	ČHMÚ Mladá Boleslav	3	SMBO	A					D
	ČHMÚ Příbram	5	SPRI	A		0			

2016	Název stanice	Kategorie lokality	Kód stanice	Měřicí program (kód stanice)					
				AIM	MAN	TK PM ₁₀	TK PM _{2,5}	PAU	BZN
	Buštěhrad, okres Kladno	13	SBUS		M	0			
	Vrapice, okr. Kladno	14	SKLC		M	0			
	Stehelčevy, okres Kladno	14	SSTE		M	0			
	ČHMÚ Kladno, Švermov	16	SKLS	A		0		P	
	ČHMÚ Brandýs n/Labem	2	SBRL		M			P	
	ČHMÚ Rožďalovice, Ruská (okr. Nymburk)	12	SROR	A					
Jihočeský	ČHMÚ Č. Budějovice	3	CCBD	A	M	0		P	D
	Č. Budějovice, Třešňová	2	CCBT	A/N		0		P	
	ČHMÚ Churáňov	11	CCHU			0			
	ČHMÚ Prachatice	3	CPRA	A					
	ČHMÚ Tábor	5	CTAB	A					
	ČHMÚ Vodňany	3	CVOD		M				
Karlovarský	Cheb, Eska	6	KCHE		M				
	ČHMÚ Cheb	2	KCHM	A					D
	ČHMÚ Karlovy Vary	3	KKVA		M				
	ČHMÚ Sokolov	3	KSOM	A					D
	F. Lázně, Chebská	3	KFLC		M				
	M. lázně, Krásný domov	3	KMLK		M				
Plzeňský	Klatovy, Soud	4	PKLS	A/N		0		P	
	ČHMÚ Plzeň, Slovany	6	PPLA	A		0		P	D
	Plzeň, Roudná	2	PPLR	A/N		0		P	
	ČHMÚ Plzeň, Doubravka	12	PPLV	A					
	ČHMÚ Kamenný Újezd (okr. Rokycany)	12	PKUJ	A					
Liberecký	ČHMÚ Česká Lípa	3	LCLM	A					
	ČHMÚ Jizerka	11	LJIZ		M	0			
	ČHMÚ Jablonec n/N	3	LJNM	A	M				
	ČHMÚ Souš	11	LSOU	A	M	0			
	ČHMÚ Liberec - Rochlice	3	LLIL	A		0		P	D
	ČHMÚ Frýdlant	11	LFRT	A	M				

2016	Název stanice	Kategorie lokality	Kód stanice	Měřicí program (kód stanice)					
				AIM	MAN	TK PM ₁₀	TK PM _{2,5}	PAU	BZN
	ČHMÚ Tanvald školka	8	LTAS		M	0			
	ČHMÚ Radimovice (okr. Liberec)	12	LRAD		M				
Ústecký	ČHMÚ Děčín	8	UDCM	A					
	ČHMÚ Chomutov	3	UCHM	A					
	ČHMÚ Litoměřice	3	ULTT	A					
	ČHMÚ Lom	13	ULOM	A		0			
	ČHMÚ Most	5	UMOM	A					D
	ČHMÚ Teplice	6	UTEM	A					
	ČHMÚ Teplice (2)	6	UTPM	A				P	
	Ústí n/L, Prokopa Diviše	8	UUDI	A/N		0		P	
	ČHMÚ Ústí n/L, Všebořická/HOT-SPOT	6	UULD	A					D
	ČHMÚ Ústí nad Labem, Kočkov	3	UULK	A		0	5	P	
	ČHMÚ UNL Město	6	UULM	A					D
	ČHMÚ Rudolice v Horách	11	URVH	A					D
	ČHMÚ Krupka (okr. Teplice)	12	UKRU	A					
	ČHMÚ Valdek (okr. Děčín)	12	UVAL	A	M				
	ČHMÚ Doksany	12	UDOK	A	M			P	
	ČHMÚ Tušimice	8	UTUS						D
Hradecký	ČHMÚ H. Králové, Brněnská	5	HHKB	A					D
	ČHMÚ H. Králové, observatoř	1	HHKO		K				
	H. Králové, Sukovy Sady	5	HHKS	A/N		0		P	
	ČHMÚ H. Králové, tř. SNP	3	HHKT		M	0		P	
	ČHMÚ Jičín	3	HJIC		M				
	ČHMÚ Rychnov n/Kněžnou	13	HRNK		M				
	ČHMÚ Trutnov, Tkalcovská	3	HTRT	A					
	ČHMÚ Krkonoše-Rýchory	11	HKRY	A					
	ČHMÚ Velichovky	3	HVEL		M				
Pardubický	ČHMÚ Pardubice, Rosice	2	EPAO						D
	ČHMÚ Pardubice, Dukla	8	EPAU	A	M	0		P	D

2016	Název stanice	Kategorie lokality	Kód stanice	Měřicí program (kód stanice)					
				AIM	MAN	TK PM ₁₀	TK PM _{2,5}	PAU	BZN
Brněnský	ČHMÚ Svratouch	11	ESVR	A	M	0			
	ČHMÚ M.Třebová, Piaristická	3	EMTP	A					
	ČHMÚ Brno, dětská nemocnice	5	BBDN	A					D
	ČHMÚ Brno, Líšen	2	BBNI	A	M	0		P	
	Brno, Masná ulice	6	BBNA	A	M	0		P	
	ČHMÚ - Brno, Úvoz	6	BBNV	A					D
	ČHMÚ Brno, Tuřany	15	BBNY	A					
	Hodonín	2	BHOD	A		0		P	
	ČHMÚ Kuchařovice (okr. Znojmo)	12	BKUC	A	M	0		P	
	ČHMÚ Znojmo	5	BZNO	A					
	ČHMÚ Mikulov Sedlec	11	BMIS	A					D
Vysočina	H. Brod, Smetanovo n.	3	JHBS	A		0		P	
	ČHMÚ, Jihlava	4	JJIH	A		0		P	D
	Jihlava, Znojemska	6	JJIZ	A	M	0		P	
	ČHMÚ Třebíč	2	JTRE	A					
	Žďár n/Sázavou, parkoviště	3	JZNZ	A		0		P	
	ČHMÚ Košetice (EMEP)	11	JKOS	A	M	0	5	P	D
	ČHMÚ Kostelní Myslová	12	JKMY	A					
ČHMÚ Křižanov	12	JKRI		M					
Zlínský	ČHMÚ Uh. Hradiště	6	ZUHR	A					
	ČHMÚ Zlín	2	ZZLN	A		0		P	D
	ČHMÚ Vsetín, hvězdárna	2	ZVSH		M				
	ČHMÚ Valašské Meziříčí	3	ZVMZ	A				P	D
Olomoucký	ČHMÚ Přerov	5	MPPR	A					
	ČHMÚ Prostějov	2	MPST	A					
	ČHMÚ Olomouc, Hejčín	6	MOLJ	A		0		P	D
	Olomouc,	3	MOLS	A		0		P	
	ČHMÚ Jeseník	11	MJES	A					
	ČHMÚ Bruntál, škola	3	TBRS		M				


2016	Název stanice	Kategorie lokality	Kód stanice	Měřicí program (kód stanice)					
				AIM	MAN	TK PM ₁₀	TK PM _{2,5}	PAU	BZN
	ČHMÚ Frýdek-Místek	2	TFMI	A					
	Karviná, ZÚ	8	TKAO	K		0		P	
	ČHMÚ Karviná	9	TKAR	A					
	ČHMÚ Červená hora	11	TCER	A		0			D
	ČHMÚ Opava, Kateřinky	3	TOVK	A					
	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	M	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 Orlová	5	TORV	A					
	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 Čeladná (okr. F. Místek)	12	TCEL		M				
	ČHMÚ Písečná (okr. F. Místek)	12	TPIS		M				
	ČHMÚ Studénka (okr. N. Jičín)	12	TSTD	A				P	
	ČHMÚ Rychvald	4	TRYC	A					
CELKEM STANIC A STANIC V JEDNOTLIVÝCH PROGRAMECH				135	108	38	48	6	43

Republikové pozad'ové stanice a stanice použité jako pozad'ové (kategorie 11)

Název stanice	Kategorie lokality	Kód stanice	Měřicí program (kód stanice)					
			AIM	MAN	TK PM ₁₀	TK PM _{2,5}	PAU	BZN
ČHMÚ Churáňov	11	CCHU			0			
ČHMÚ Jizerka	11	LJIZ		M	0			
ČHMÚ Souš	11	LSOU	A	M	0			
ČHMÚ Frýdlant	11	LFRT	A	M				
ČHMÚ Rudolice v Horách	11	URVH	A					D
ČHMÚ Krkonoše-Rýchory	11	HKRY	A					
ČHMÚ Svratouch	11	ESVR	A	M	0			
ČHMÚ Mikulov Sedlec	11	BMIS	A					D
ČHMÚ Košetice (EMEP)	11	JKOS	A	M	0	5	P	D
ČHMÚ Jeseník	11	MJES	A					
ČHMÚ Červená hora	11	TCER	A		0			D
ČHMÚ Bílý Kříž (EMEP)	11	TBKR	A		0			

Pozn: N - nehodnotitelné, buď ukončeno měření v průběhu roku 2016, nebo výpadek měření > 30 dnů

Příloha č. 3 - Tabulka č. 14 - Úrovně zátěže a odhad potenciálních zdravotních účinků pro základní látky, těžké kovy, benzen a BaP v roce 2016 pro jednotlivé typy městských lokalit (kategorizace viz příloha č. 1). Hodnoty jsou uvedeny v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a v ng/m^3 - kovy a PAU.

 Rok 2016 - MZSO - Monitoring zdravotního stavu obyvatelstva		Městské dopravou a průmyslem nezatížené lokality		Městské středně dopravou zatížené lokality			Dopravní Hot-spots	Městské oblasti zatížené průmyslem			Pozad'ové stanice ČHMÚ	Venkovské, předměstské stanice					Odhad střední hodnoty ve městech ČR	Do hodnocení zahrnuto celkem stanic	
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		2-5
látky	kategorie																		
PM ₁₀ $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$	ČR (bez MSK)	21,8	20,7	17,5	21,9	24,3	23,9	21,3	-	26,8	13,1	19,2	26,8	33,8	22,0	26,7	-	21,0	89
	M-S kraj	25,7	26,2	-	30,2	27,8	-	32,3	33,1	34,2	13,9	24,3	39,4	-	-	-	-	27,7	30
PM _{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$)		19,3	17,7	18,1	18,1	17,8	16,1	23,4	26,6	26,1	10,5	17,1	25,4	-	18,1	-	-	18,2	70
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$)		3,6	4,8	4,4	3,3	5,7	-	4,9	7,6	-	2,5	4,5	7,7	-	2,2	4,8	-	4,6	31
NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$)		4,0	4,8	3,8	9,1	19,8	39,5	10,4	7,1	27,2	0,8	3,1	3,2	-	4,2	6,9	-	6,0	63
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$)		15,6	17,4	15,9	19,9	28,0	44,5	22,5	23,1	35,5	5,7	11,9	13,9	-	15,3	16,5	-	17,9	64
NO _x ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$)		21,7	23,2	21,8	34,0	60,0	102,0	38,4	34,1	77,4	6,8	16,7	19,5	-	21,8	27,1	-	26,2	65
CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$)		-	287	303	351	410	442	-	342	551	162	-	-	-	-	-	-	324	13
O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$)		47,6	49,8	48,2	43,3	44,9	35,1	46,3	47,9	-	65,7	48,4	43,3	-	49,4	-	-	48,0	47
Benzen ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{rok}$)		1,1	1,1	1,6	1,1	1,3	1,3	1,3	3,3	2,5	0,6	0,8	2,3	-	-	-	-	1,2	34
BaP ($\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$)		1,32	1,22	1,97	1,6	1,13	-	3,45	3,02	-	0,48	1,94	-	-	-	3,40	-	1,46	43
As ($\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$)		0,71	1,05	1,02	1,54	0,99	-	1,76	1,96	-	0,56	0,52	3,09	4,04	-	5,07	-	1,08	46
Cd ($\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$)		0,18	0,21	0,18	0,27	0,18	-	0,95	0,40	-	0,11	0,11	0,13	0,18	-	0,25	-	0,19	46
Cr ($\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$)		1,43	1,47	1,33	2,05	1,73	-	2,35	3,23	-	0,44	0,47	1,29	4,81	-	1,18	-	1,45	46
Mn ($\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$)		6,32	7,80	6,73	7,90	7,40	-	16,40	22,30	-	2,31	3,96	6,85	8,85	-	5,52	-	7,24	46
Ni ($\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$)		0,68	0,56	0,59	1,02	0,99	-	1,18	3,41	-	0,23	0,36	0,63	1,28	-	0,49	-	0,60	46
Pb ($\text{ng}/\text{m}^3/\text{rok}$)		5,6	8,2	6,6	6,7	6,5	-	18,8	20,6	-	3,3	3,7	4,5	7,6	-	7,6	-	7,3	46
<i>ČR - PM₁₀ - odhad nárůstu předčasné úmrtnosti v %</i>		3,84	3,34	1,90	3,88	4,97	4,79	3,61	-	6,10	< 0,1	2,66	6,10	9,26	3,93	6,05	-	3,48	
<i>MSK - PM₁₀ - odhad nárůstu předčasné úmrtnosti v %</i>		5,60	5,82	-	7,63	6,55	-	8,58	8,94	9,44	0,27	4,97	11,78	-	-	-	-	6,50	
<i>Celkové ILCR (Benzen, BaP, As, Cd, Ni)</i>		1,2E-04	1,2E-04	1,8E-04	1,5E-04	1,1E-04	-	3,1E-04	2,9E-04	-	4,6E-05	1,8E-04	-	-	-	3,0E-04	-	1,4E-04	

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 zvláště pro Moravskoslezský kraj jsou zpracovány hodnoty suspendovaných částic frakce PM₁₀.
- Součástí zpracování je odhad střední hodnoty vypočtený pro městské dopravou a průmyslem extenzivně nezátížené 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). Benzen byl z hodnocení za rok 2015 pro nedostatečný rozsah měření/měřicích stanic vyloučen.
- Jednotlivé kategorie jsou barevně rozlišeny.
- V tabulce je údaj o počtu zahrnutých stanic.
- Detailnější informace o jednotlivých stanicích a zahrnutých sídlech, 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-2016>

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

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2016_enh/index_CZ.html

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_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>“).

V roce 2016 došlo ke dvěma změnám, kdy sběr dat v Havlíčkově Brodě a v Karviné byl ukončen a naopak začal pylový monitoring v Ostravě a Jihlavě. Do zprávy za rok 2016 jsou na základě dohody s příslušnými zdravotními ústavy a ČIPA (Česká iniciativa pro astma) zahrnuta data z celkem 10 stanic, a to z Prahy (SZÚ), Plzně, Karlových Varů, Ústí nad Labem, Liberce, Jihlavy, Ústí nad Orlicí, Brna, Ostravy a z Třince.

Popis odběrových lokalit:

Do zpracování výstupů za rok 2016 byla zahrnuta odběrová místa:

Liberec (500 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 (490 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 (500 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, Vrchlického 59, 58633 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 (490 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 (500 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 (500 39' s.š., 140 01' v.d., 140 m.n.m) - ul. Sociální péče, 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., 16° 37' v.d., 248 m.n.m) – bližší informace nejsou k dispozici.

Ostrava – bližší informace nejsou k dispozici.

Do zpracování není zahrnuta stanice:

Zlaté hory – Jeseníky, sanatorium EDEL– bližší informace nejsou k dispozici.

Odběrové lokality přesto poměrně reprezentativně pokrývají území České republiky (obr. 1). Místa zahrnutá do tohoto zpracování jsou modře, nezahrnutá – červenou barvou.








Obrázek č. 1 – Odběrová místa pylového monitoringu v ČR

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 určena jednotlivá pylová zrna a přepočtem přes odebraný objem vzorku jsou stanoveny 24 hodinové koncentrace konkrétních pylů v ovzduší.

Výsledky

Souhrnné vyhodnocení dat ze všech měřicích stanic za rok 2016 je založeno na charakteristických klimatických intervalech a vývoji koncentrace pylu konkrétního rodu resp. skupiny rostlin ve vzduchu v průběhu roku.

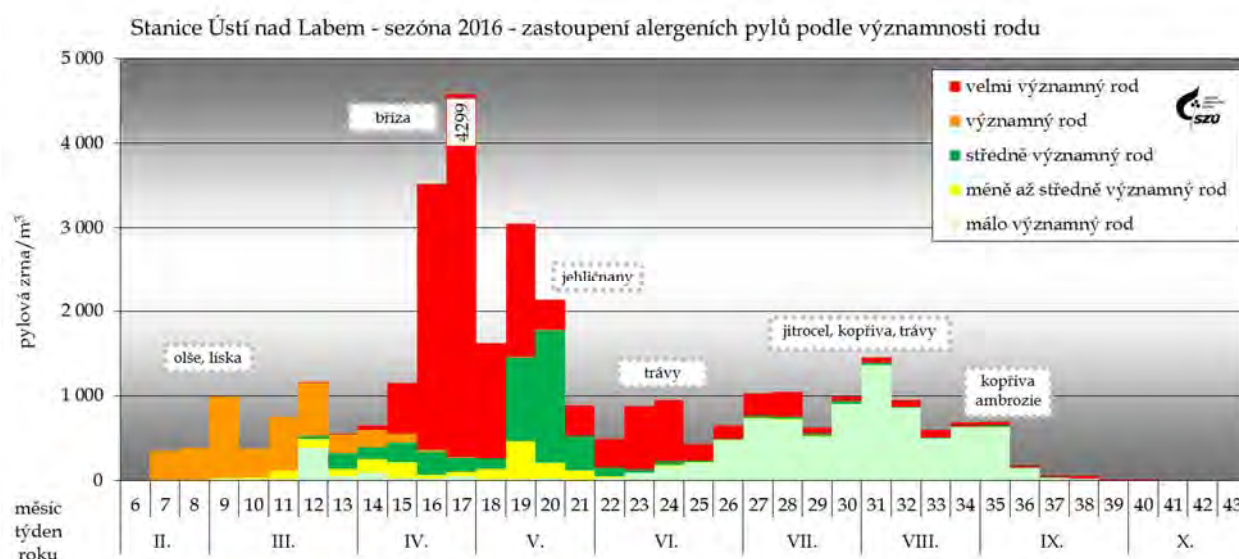
Pylová skupina	Zařazené sledované rody rostlin	Identifikace v grafech
velmi významný rod	bříza, trávy, pelyněk, ambrózie	
významný rod	olše, líska, cypřišovitě	
středně významný rod	vrba, jasan, habr, dub, platan, jitrocel, šťovík, merlíkovité	
méně až středně významný rod	řepka olejka, topol, buk, ořešák, lípa, pajasan, hvězdicovité	
málo významný rod	tis, borovice, jírovec, kopriva, 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, kopriva
letní	26 - 38 týden (červenec - září)	jitrocel, pelyněk, ambrosia
raně podzimní	39 týden a dále (září - říjen)	ambrosia, spory plísni

Pozn: Plísně jsou v ovzduší zastoupeny po celé sledované období



Obrázek č. 2 - Typický průběh pylové sezóny - rok 2016 - stanice v Ústí n/L

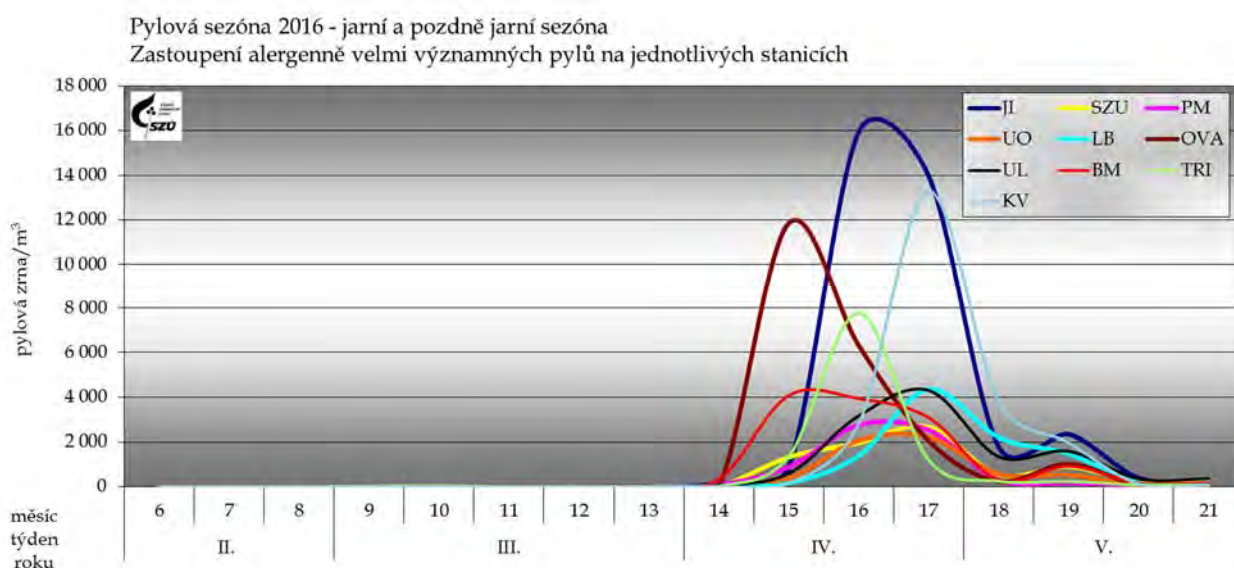
Pylová sezóna začíná výskytem pylových zrn kvetoucích dřevin. Od jejího začátku se objevuje pyl lísky (*Corylus*) a olše (*Alnus*) - významné alergenní pyly, které mohou způsobovat první sezónní alergické potíže (a z důvodu zkřížené reaktivity způsobují problémy také u lidí citlivých na břízu). V roce 2016 začala jejich sezóna v únoru a kulminovala mezi týdny 6. - 12. (líska), podle lokality. Např. v Brně a v Ústí n/Labem to byl začátek února a v Liberci až 11. týden, tj. v půli března. U olše bylo nejvíce pylových zrn nacházeno v týdnech 7. a 8., týdenní hodnoty byly až několikanásobně větší, než tomu bylo u lísky. V Ostravě 3 441, v Karlových Varech 2 490, v Jihlavě 2 120 zrn.

Téměř současně kvetoucím alergenem byl tis (*Taxus*), jeho kulminace (podle lokality) nastala mezi týdny 7. (SZÚ) až 14. (Jihlava). Lokality se lišily i v počtech nalézáných zrn, nejčastěji bylo nalezeno kolem stovky zrn, nejvíce pak tradičně v Brně a v Jihlavě. V Brně se několik týdnů udržel velký počet zrn – 8. až 11. týden, s vrcholem v 9. týdnu - 13 223 zrn (jen 6. 3. bylo napočítáno 10 652 zrn).

Mezi významné jarní alergeny patří také cypřišovitité (*Cupressaceae*). Pyl těchto dřevin bylo možné v ovzduší najít od února až do května, někde i do června (Ostrava, Jihlava, Praha). Nalézané množství bylo od desítek (Ústí n/L 86), po cca 500 zrn v Praze, za týden. Výjimkou bylo Brno, kde ve 13. týdnu (přelom března a dubna) bylo napočítáno 1 294 zrn.

O měsíc později se v ovzduší objevil další jarní alergen – jasan (*Fraxinus*) s kulminací mezi týdny 14. až 17. tj. během měsíce dubna. Jeho hodnoty nebyly vysoké, nejvíce pylových zrn se našlo v Plzni (816) a v Třinci (567), v ostatních lokalitách se hodnoty pohybovaly nejčastěji kolem 200 zrn.

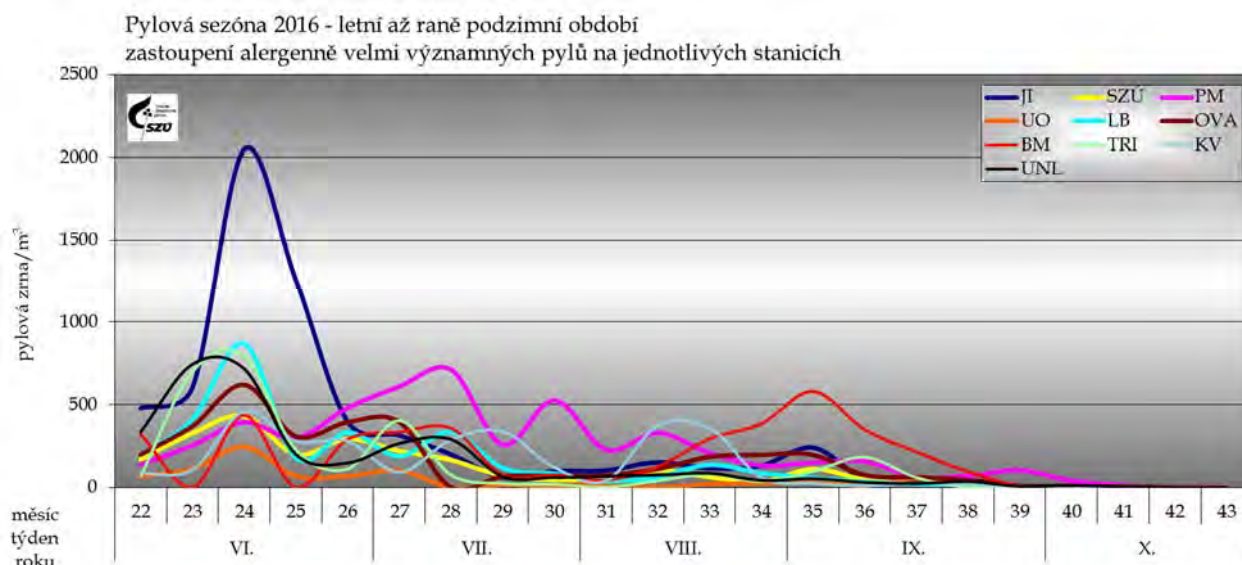
Nejvýznamnější jarní alergen – pyl břízy (*Betula*) - se ve vzduchu nacházel od března do konce května, výjimečně do poloviny června s kulminací v 15. a 16. týdnu. Týdenní počty zrn tohoto pylu v ovzduší dosáhly v Liberci 4 340, v Třinci 7 764, v Ústí n/Labem 4 299. Nejvyšších hodnot bylo napočítáno v Karlových Varech 13 284, v Ostravě 11 852 a v Jihlavě 15 914 zrn.



Obrázek č. 3 - Významně alergenní pyly - pylová sezóna břízy v roce 2016

Pro pozdně jarní období je typický výskyt pylu kvetoucích dřevin a bylin. V polovině dubna se objevují ve velkých počtech pylová zrna smrku (*Picea*), borovice (*Pinus*), dubu (*Quercus*), habru (*Carpinus*), javoru (*Acer*), v květnu začínají kvést trávy, ke konci května pak i kopřivy.

Nejčastější původce alergických potíží v ČR – pylová zrna trav z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) – bylo možné v roce 2016 najít v ovzduší od května až téměř do konce pylové sezóny s kulminací v týdnech 22. (Ústí n/Labem) až 27. Nejvíce pylových zrn bylo napočítáno v Jihlavě, v 23. týdnu 2 026. V Liberci pak v 23. týdnu 867, v Ústí n/Labem ve 22. týdnu 740 a v Třinci ve 23. týdnu 789.



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

V letním období se v ovzduší vyskytují převážně pylová zrna bylin a plevelnatých rostlin. Pylová sezóna alergologicky středně významných pylů jitrocele (*Plantago*) začala v květnu, rostlin z čeledi merlíkovitých (*Chenopodiaceae*) v červnu a končila v září, v některých lokalitách v říjnu. Koncentrace pylu jitrocele dosahovala hodnot v řádu kolem 100 zrn/týden. U rostlin merlíkovitých byly počty zrn/týden ještě nižší, kromě Plzně, kde dosáhly také stovky.

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 května do října; vrcholy nálezů měl mezi 26. až 33. týdnem v závislosti na lokalitě.

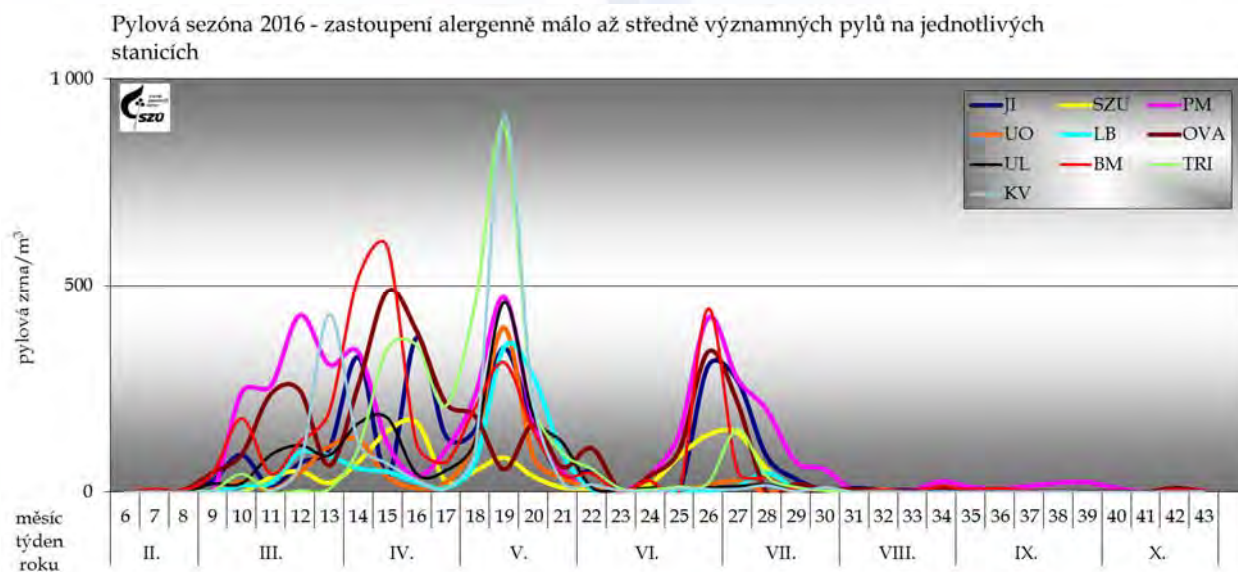
V Průběhu období 2014 až 2016, počty pylových zrn kopřivy mírně narůstají. Zatímco v roce 2015 byly maximální počty zrn/týden mezi 600 - 1 000 zrn, pro rok 2016 platí, že maxima byla mezi 780 (Liberec, Třinec) až 2 666 (Brno) zrn/týden. Přes dva tisíce zrn bylo napočítáno i v Ostravě (30. týden) a v Jihlavě (také v 30. týdnu). Je otázkou nakolik tento nárůst souvisí s existencí tzv. brownfields ve městech či s nedostatečnou údržbou veřejné zeleně.

Od července až do září, někde i do října, se v ovzduší nacházel silně alergenní pyl pelyňku černobýlu (*Artemisia vulgaris*); s vrcholem pylové sezóny v první polovině srpna. Týdenní počty zrn se podle lokalit lišily - od několika málo desítek (Třinec, Ústí n/Orlicí) bylo napočítáno 249 zrn v Plzni, 367 zrn v Karlových Varech, 261 v Brně.

Velmi agresivní pyl ambrózie (*Ambrosia*) bylo možné najít v ovzduší od srpna do konce pylové sezóny. Kulminace počtu zrn byla většinou na přelomu srpna a září - Ostrava, 34. týden 147 zrn; Jihlava 34. týden 200 zrn; Brno 501 zrn v 34. týdnu; Třinec v 35. týdnu 152 zrn.

Spory venkovních plísní se v ovzduší vyskytovaly prakticky v průběhu celého sledovaného období (viz průběhy v jednotlivých lokalitách), přesto markantní nárůst koncentrace spor začíná v květnu 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.



Obrázek č. 5 - Alergenně málo až středně významné pyly

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 plísňů.

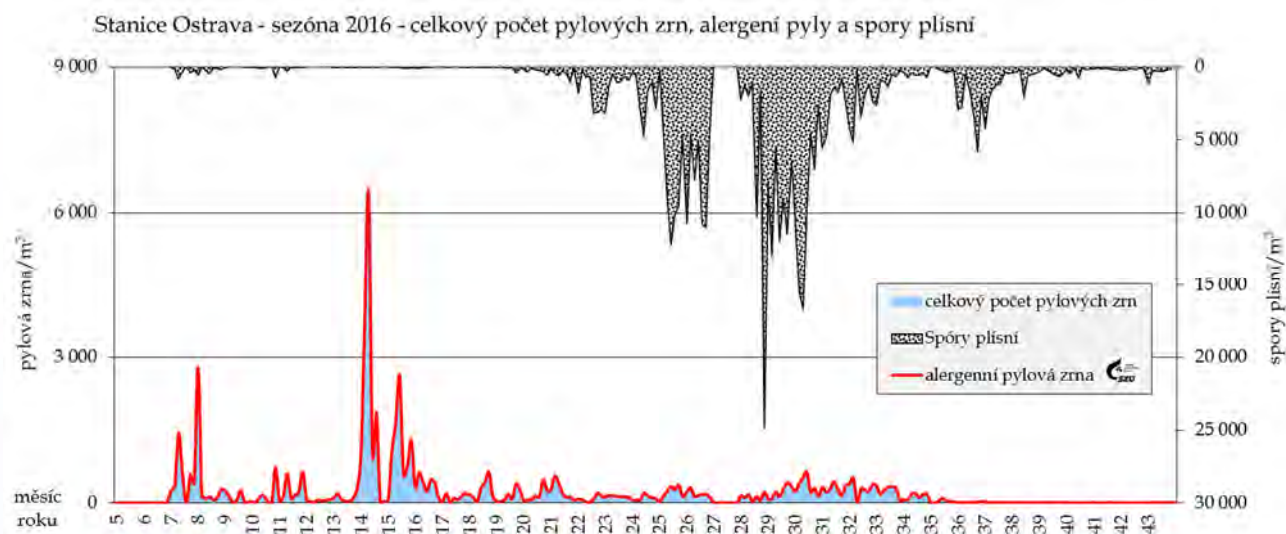
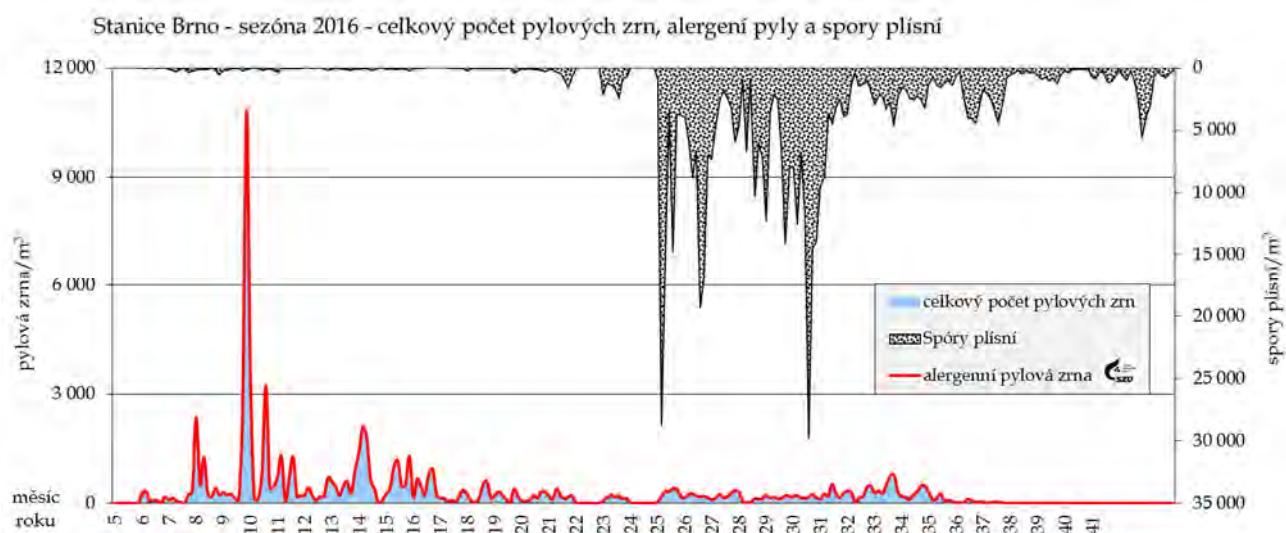
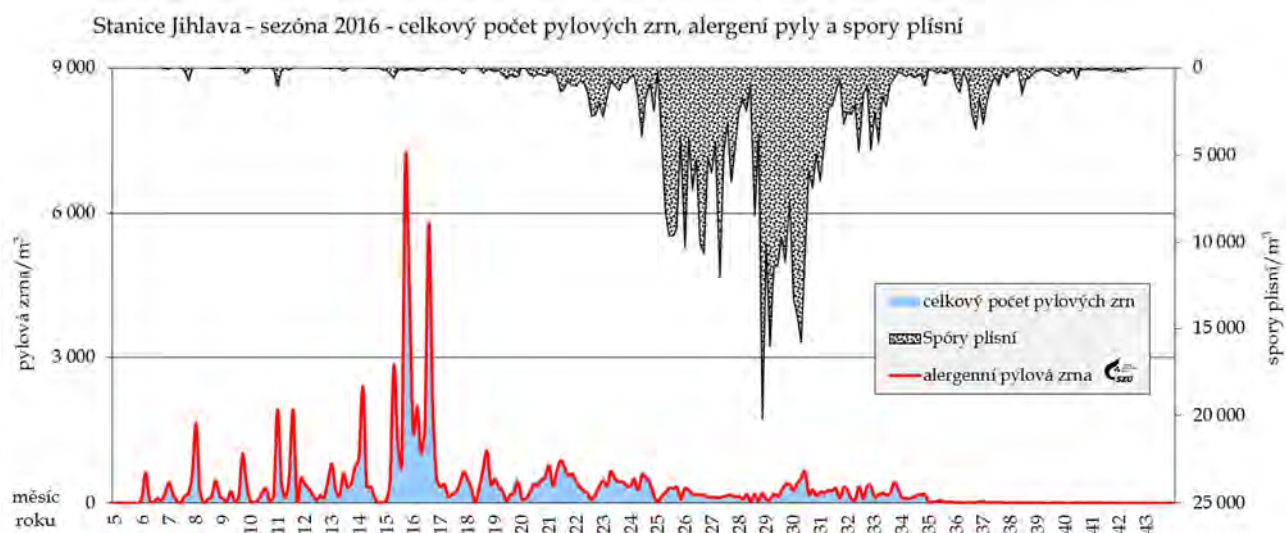
Shrnutí

Pylová sezóna začala v roce 2016 v únoru a doznívala během měsíce října. Výskyt alergenně významných pylů měl typický průběh, z hlediska dosažených maxim koncentrací pylových zrn ve vzduchu jsou zřejmá tři údobí.

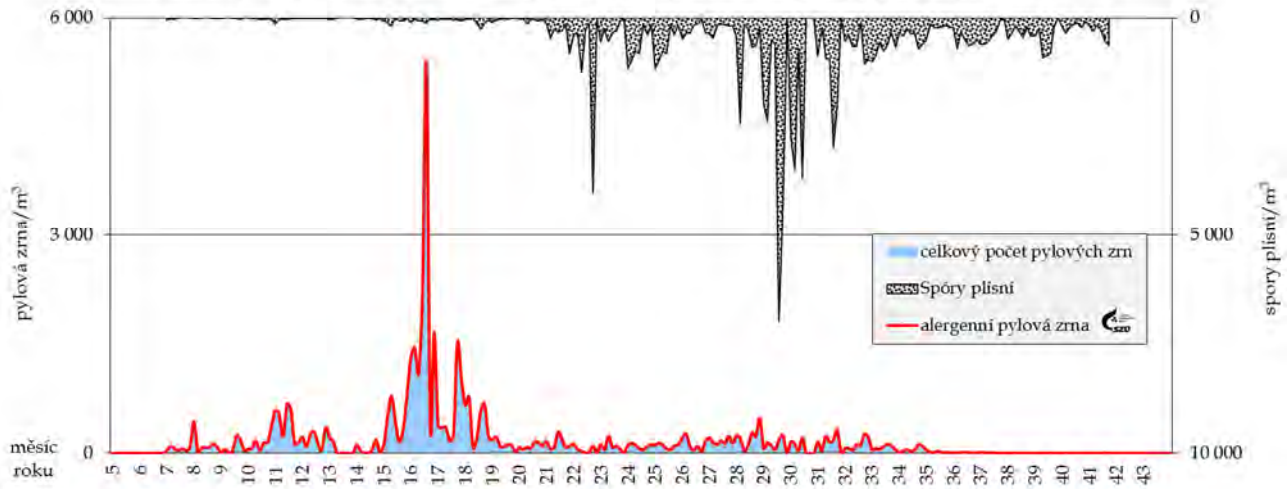
- První odpovídá květu olše a lísky, začalo v únoru a skončilo na přelomu března a dubna.
- Druhé období odpovídá době květu břízy, což je dle lokality polovina března až konec května
- Třetí období zahrnuje postupně na sebe navazující vývin pylů trav, kopřivy, pelyňku, a ambrosie a trvá obvykle od května do konce září.

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

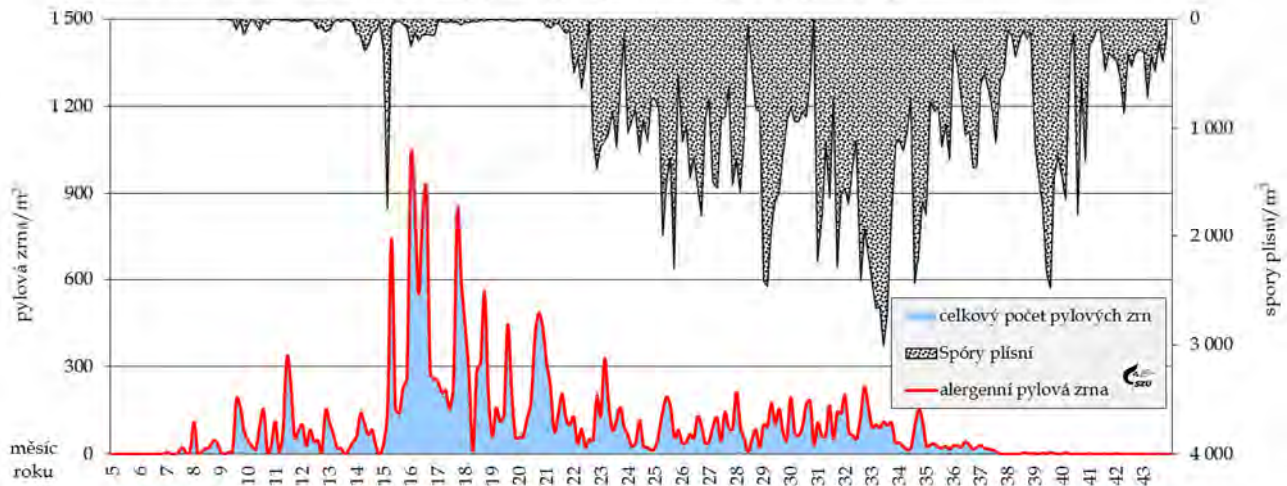
Doplnění 1 - Vývoj pylové sezóny 2016 v jednotlivých lokalitách



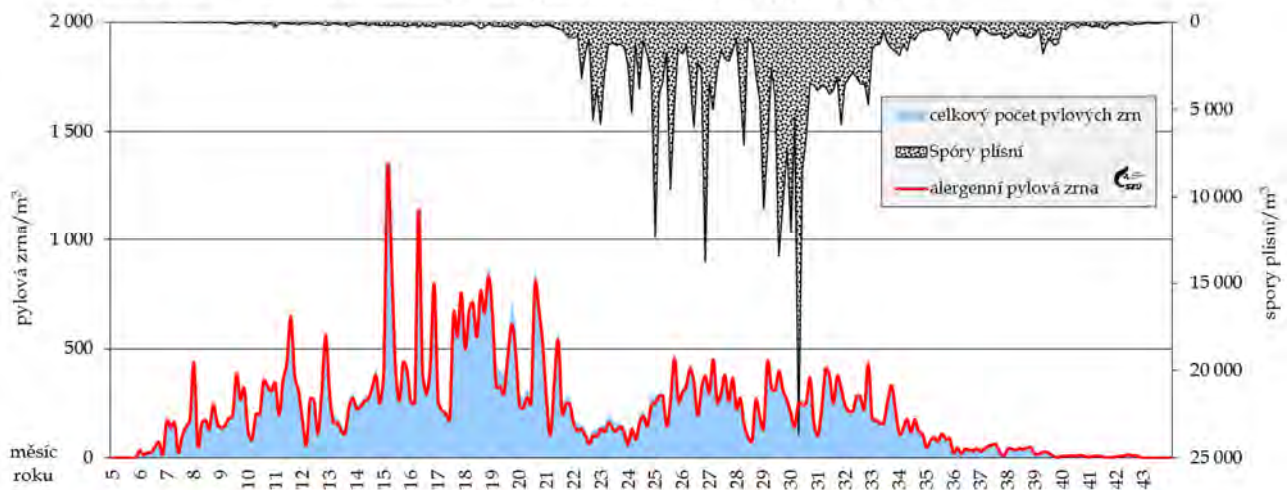
Stanice Karlovy Vary - sezóna 2016 - celkový počet pylových zrn, alergení pyly a spory plísní



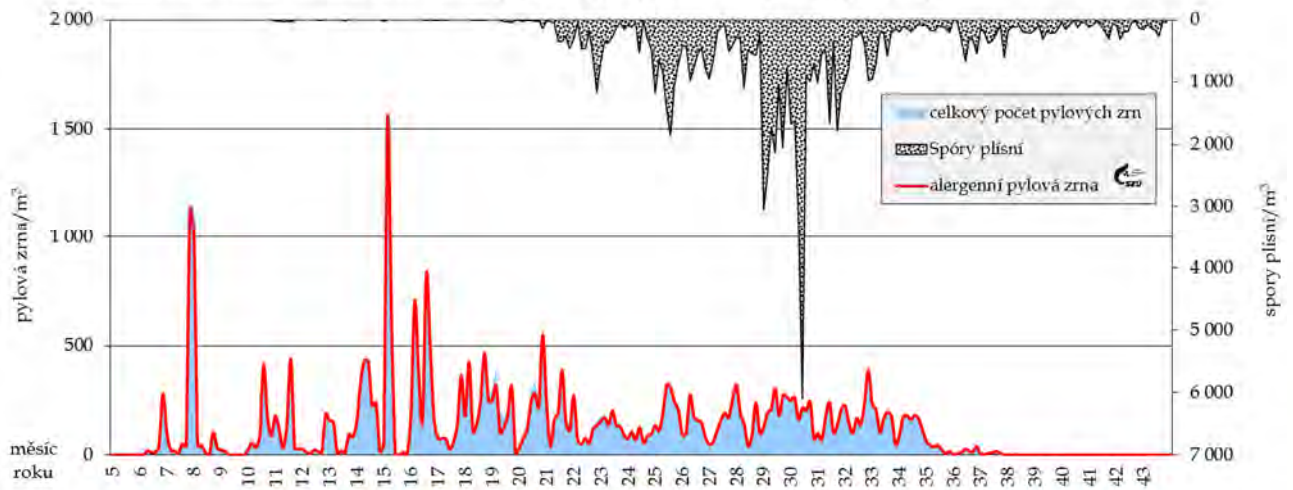
Stanice Liberec - sezóna 2016 - celkový počet pylových zrn, alergení pyly a spory plísní



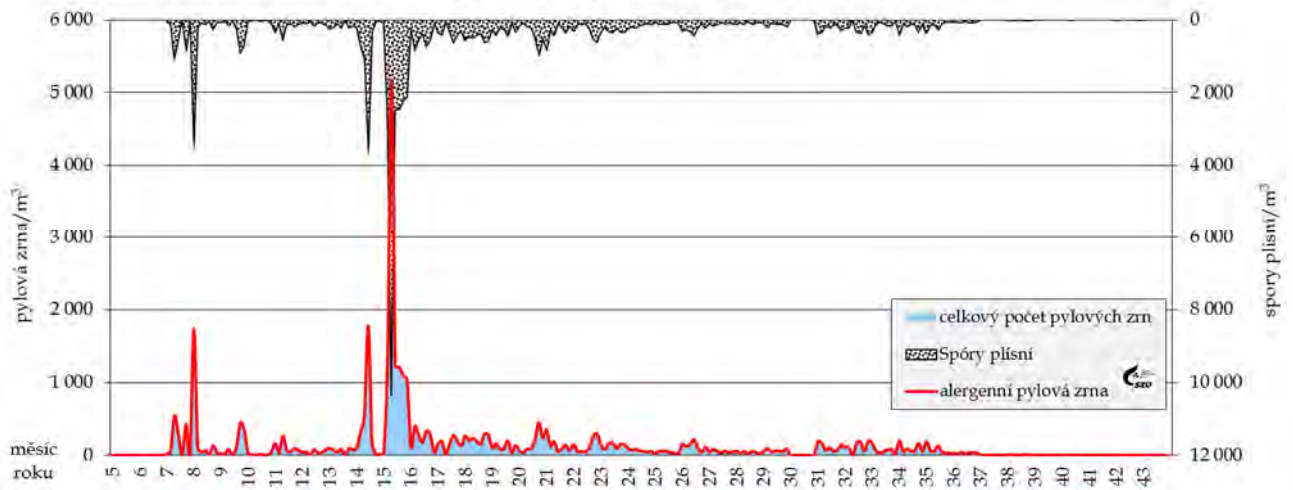
Stanice Plzeň - sezóna 2016 - celkový počet pylových zrn, alergení pyly a spory plísní



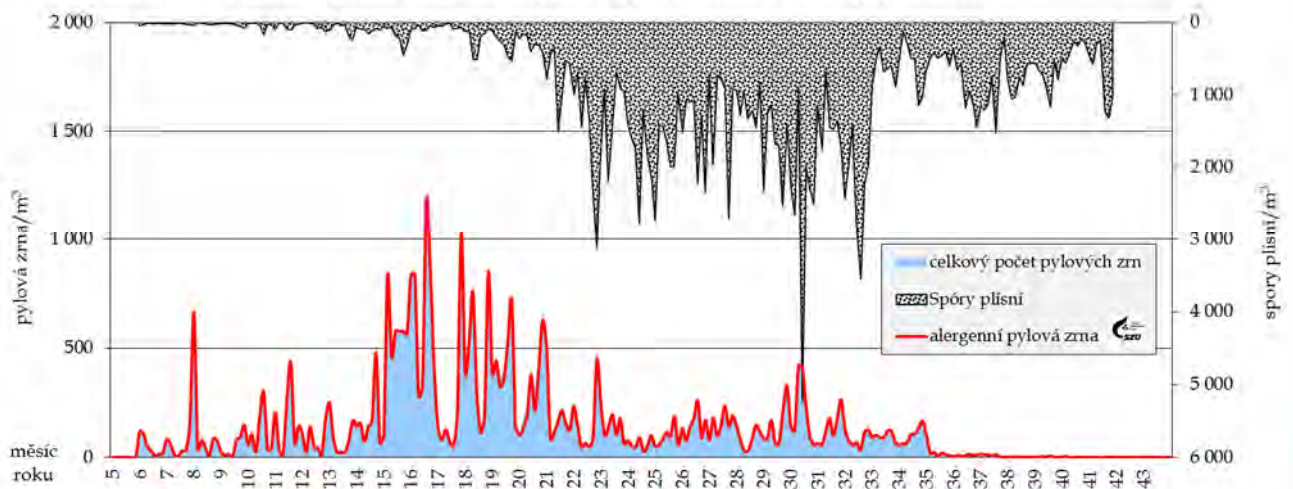
Stanice SZÚ Praha - sezóna 2016 - celkový počet pylových zrn, alergení pyly a spory plísní

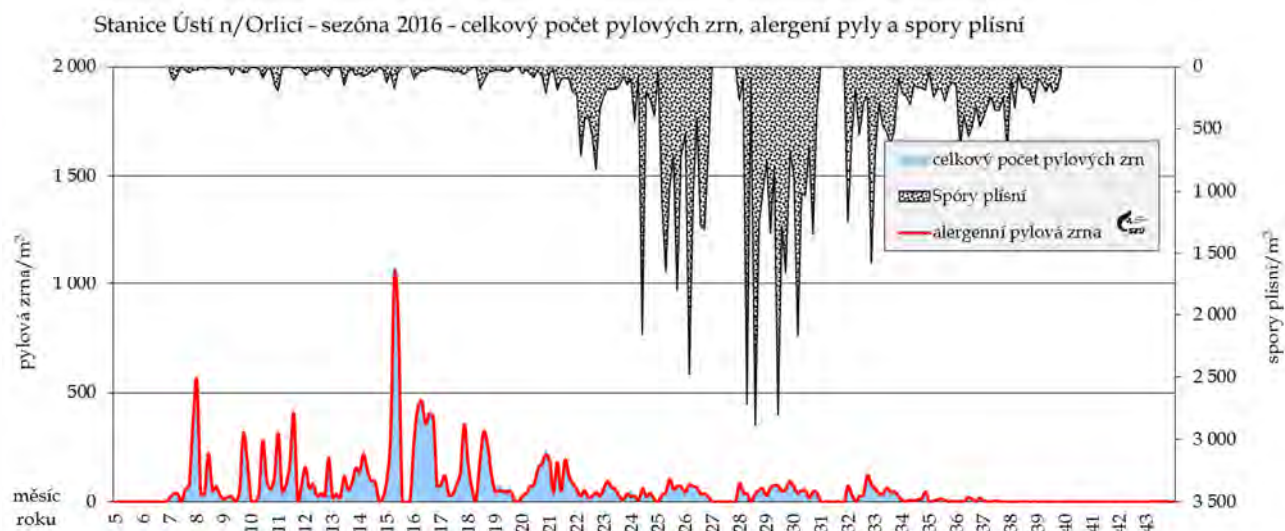


Stanice Třinec - sezóna 2016 - celkový počet pylových zrn, alergení pyly a spory plísní

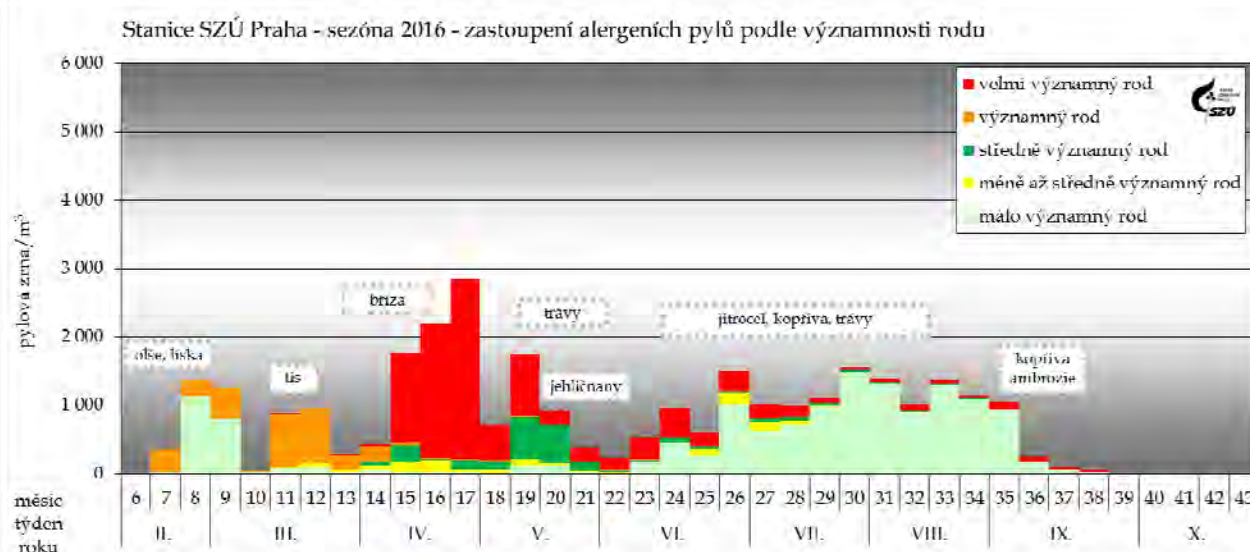
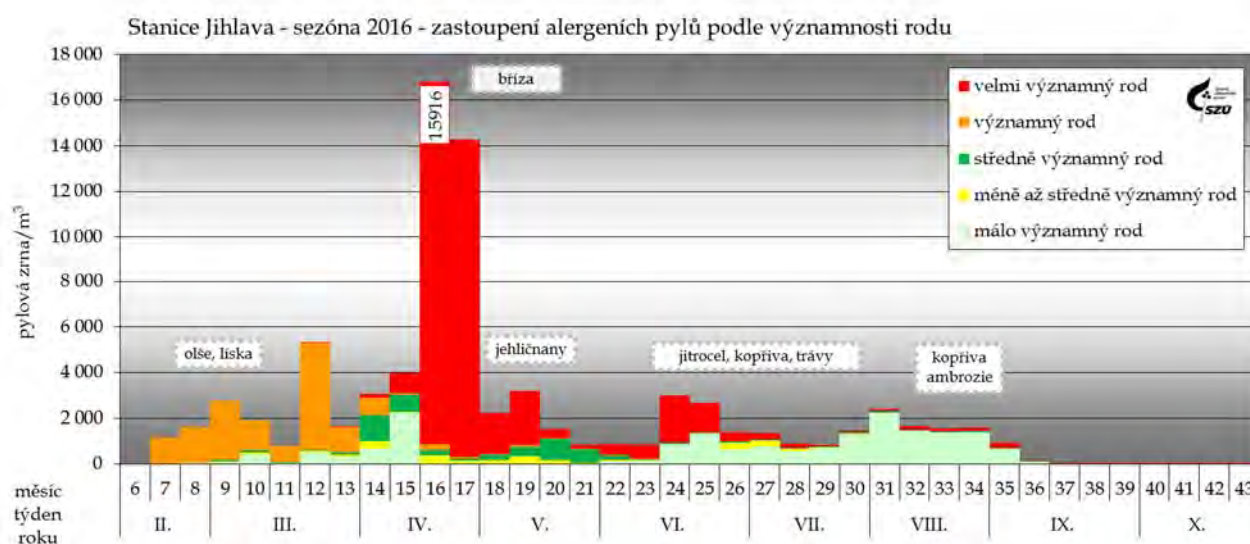


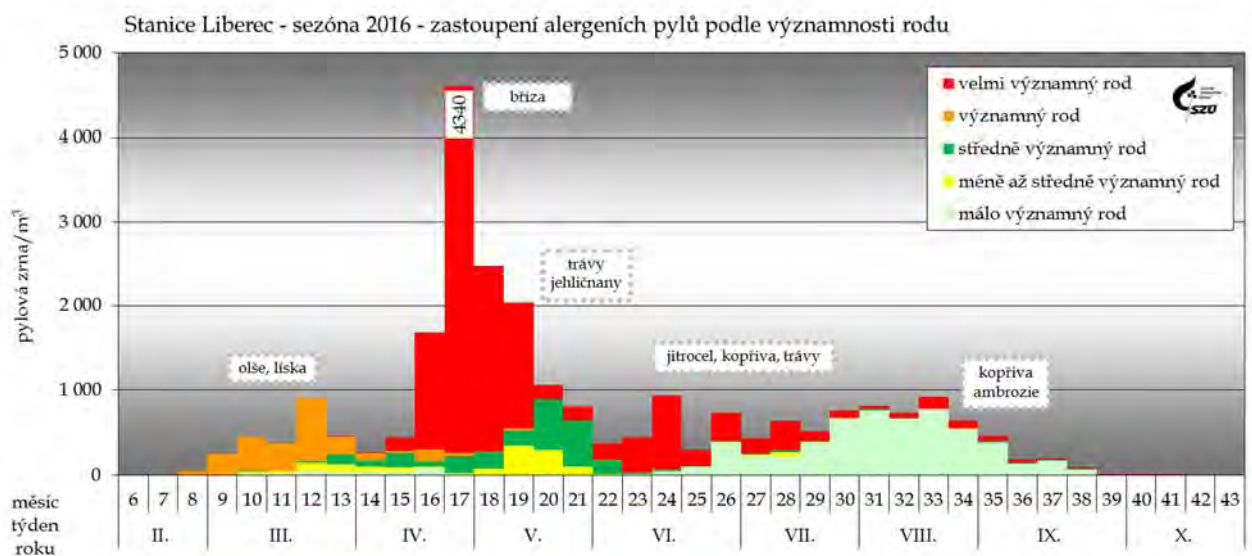
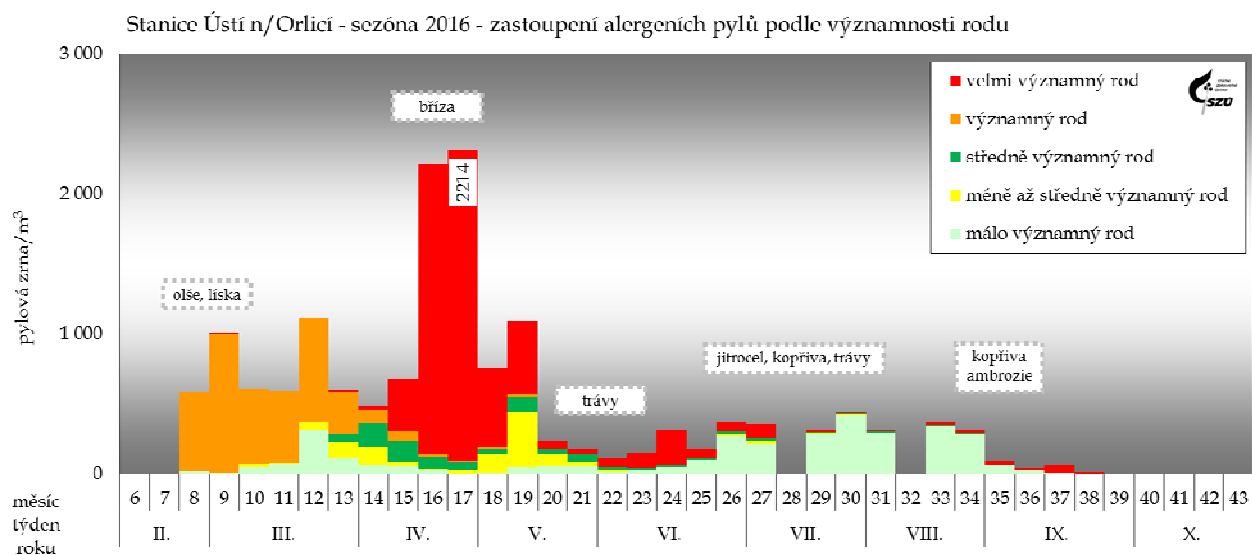
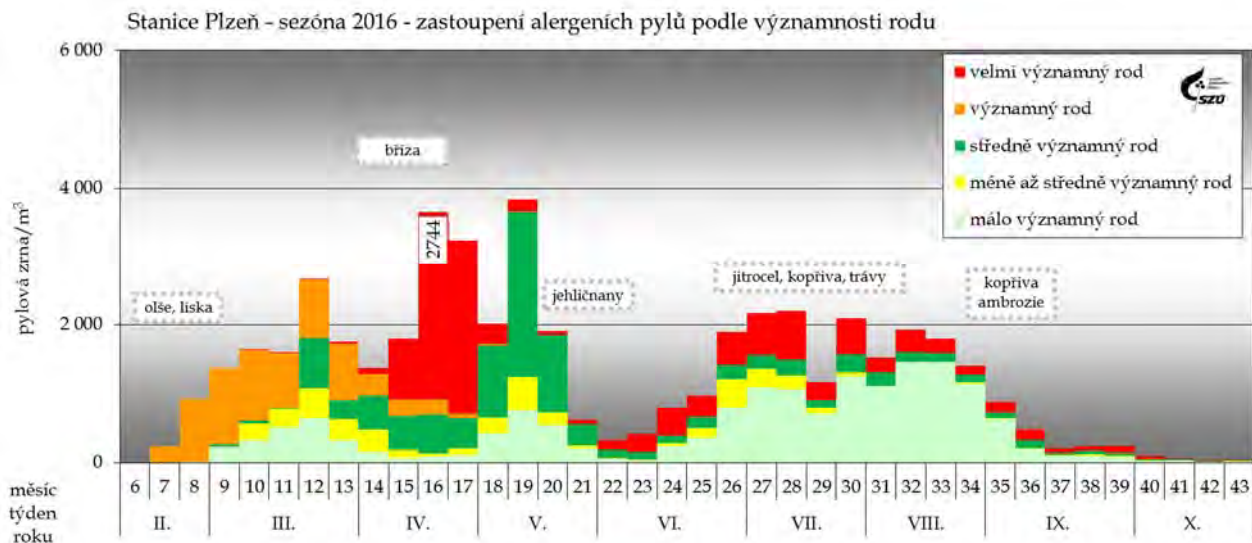
Stanice Ústí n/Labem - sezóna 2016 - celkový počet pylových zrn, alergení pyly a spory plísní

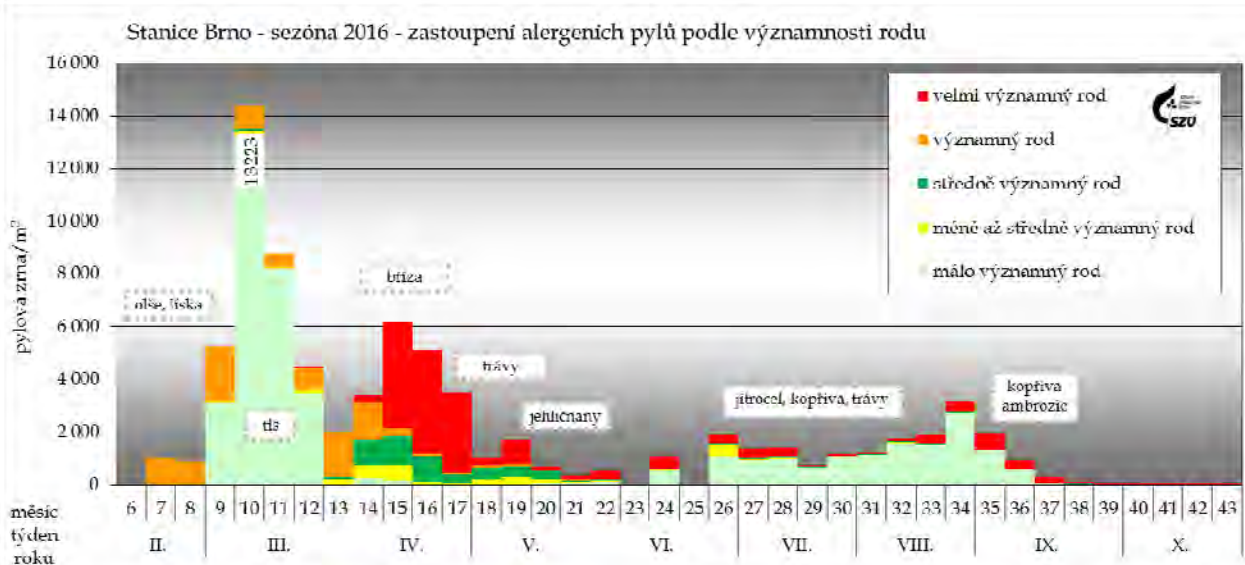
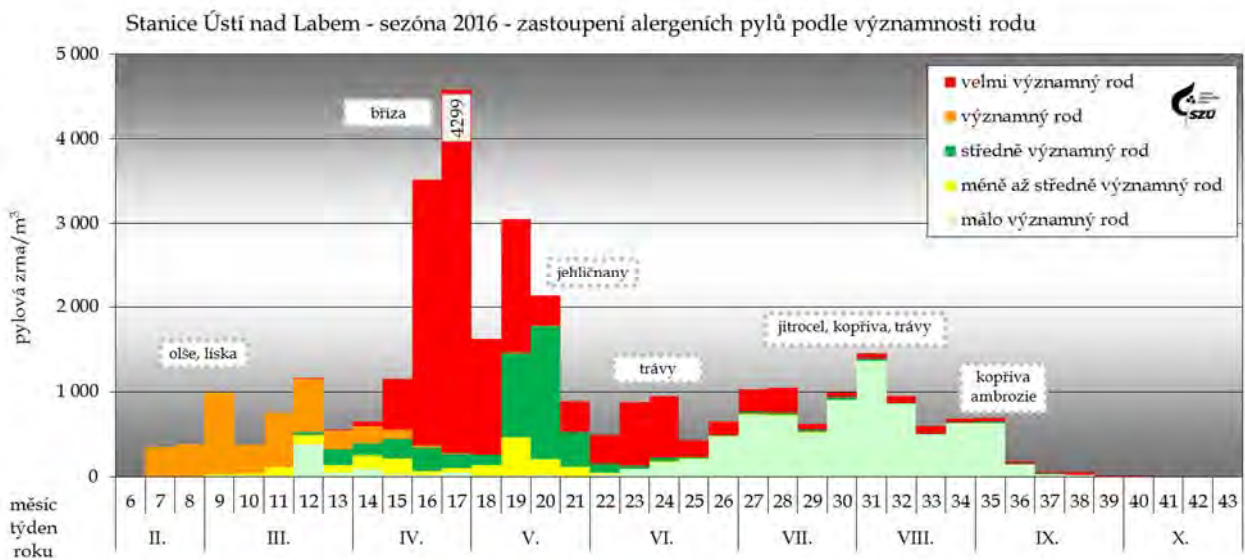
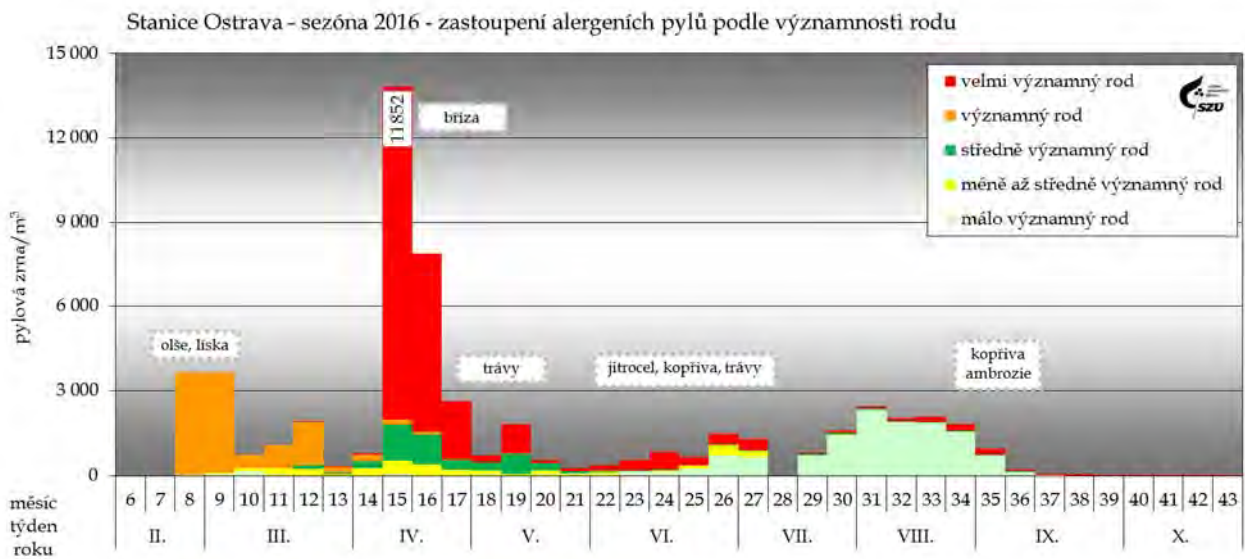


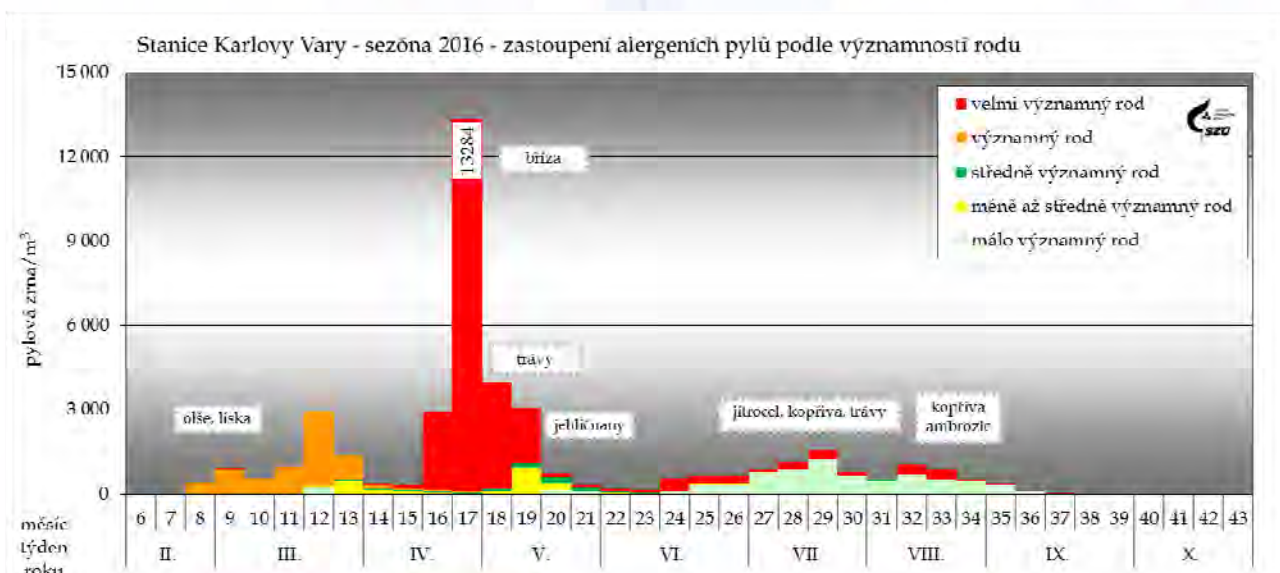
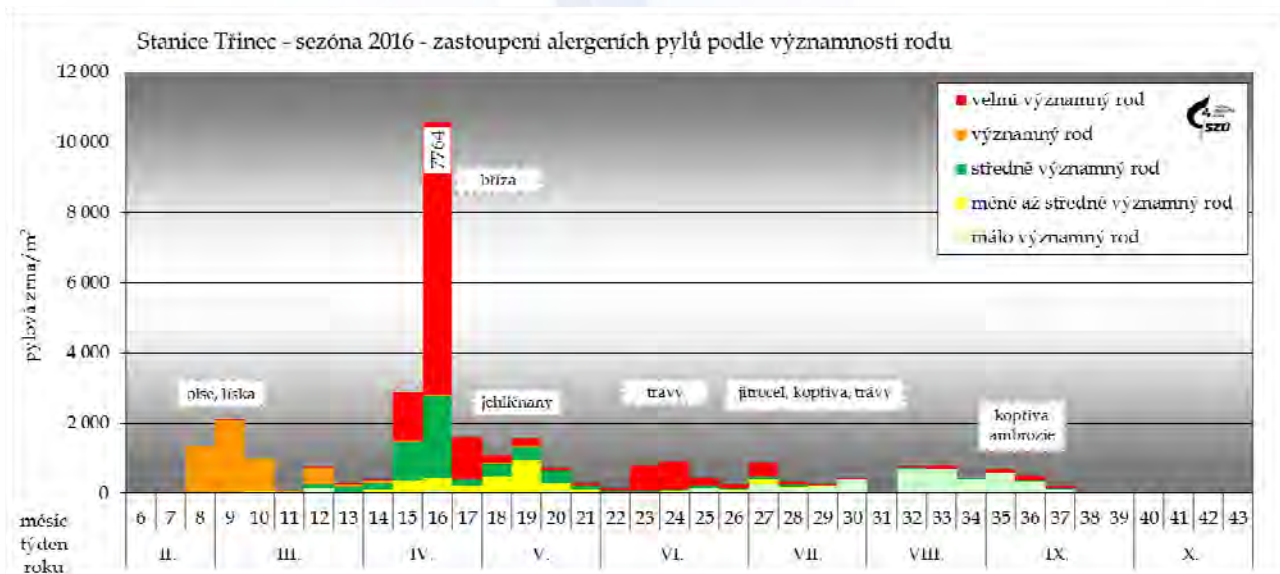


Doplnění 2 - Pylová sezóna 2016 v jednotlivých lokalitách









Příloha č. 5. - Kvalita vnitřního ovzduší v mateřských školách

Měření kvality vnitřního ovzduší je druhou základní součástí Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí - Subsystem I. Zdravotní důsledky a rizika znečištění ovzduší. Po základních školách (období 2006 až 2008) byla v topné sezóně 2015-2016 pozornost zaměřena na mateřské školky. V městech nad 100 tisíc obyvatel bylo proměřeno celkem 25 mateřských škol. V každé školce byla změřena vždy 1 třída a souběžně byla sledována i kvalita venkovního ovzduší v okolí školky. Záměrem bylo aktualizovat, doplnit a rozšířit informace o výskytu látek ve vnitřním ovzduší mateřských škol, o existujících zdrojích znečištění ovzduší a problémech a o spolupůsobících vlivech.

Projekt byl zaměřen na deskripci životního prostředí specifické skupiny dětí - dětí navštěvujících mateřské školky. Kvalita ovzduší v interiéru je vždy ovlivněna řadou zdrojů znečištění a lze ji zlepšit kontrolou těchto zdrojů a účinným větráním. Významným faktorem ovlivňujícím interiér je i venkovní ovzduší, které může být zatíženo blízkými dopravními nebo průmyslovými zdroji.

Primárním cílem projektu je zlepšení kvality prostředí v mateřských školách a zpracování podkladů pro příslušná doporučení včetně doporučení týkajících se např. stavebních či užitných materiálů do mateřských škol a režimu jejich provozu. Při řešení projektu SZÚ spolupracoval s odbory HDM místně příslušných krajských hygienických stanic a v oblasti zajištění měření a laboratorních činností se Zdravotním ústavem se sídlem v Ostravě a Zdravotním ústavem se sídlem v Ústí nad Labem.

Dílčí cíle:

- Popsat rozsah koncentrací předem specifikovaných látek a hodnot parametrů kvality prostředí (mikroklima, mikrobiologické parametry) ve vnitřním ovzduší vybraných mateřských škol. U látek, pro které jsou Vyhláškou MZČR 6/2003 Sb., stanoveny limity, vyhodnotit potenciální překročení stanovených limitních hodnot.
- Kvantifikovat vliv venkovního ovzduší na kvalitu vnitřního ovzduší ve školkách.
- Formou dotazníkového šetření popsat soubory měřených školek, zjistit výskyt respiračních a alergických onemocnění u dětí, případně identifikovat další důležité faktory životního stylu rodin.

1. Studie - Rozsah měřených parametrů kvality prostředí

Projekt byl zpracován pro pět měst v ČR - pro Prahu, Brno, Ostravu, Plzeň a pro Liberec v úzké spolupráci s pracovníky odboru hygieny dětí a mládeže (HDM) krajských hygienických stanic a se Zdravotním ústavem se sídlem v Ostravě a Zdravotním ústavem se sídlem v Ústí nad Labem.

2. Výběr mateřských škol

V každém z pěti měst bylo ve spolupráci s pracovníky HDM KHS vybráno vždy 5 školek. V rámci možností byly vybírány mateřské školy spadající do určité typové

kategorie - viz příloha č. 1 Kategorizace typů městských lokalit SZÚ - městského prostředí. Projekt předpokládal pokrytí nejvýznamnějších typů městských lokalit - od městských pozadových lokalit, přes dopravně zatížené oblasti, po školky v průmyslem exponovaných místech. Přitom platí, že ne všechny typy lokalit se vyskytovaly v každém městě.

3. Dotazníkové šetření

Součástí projektu bylo dotazníkové šetření. Použity byly dva dotazníky vycházející z mezinárodního projektu Sinfonie (<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/sinfonie>). Prvním byl dotazník „školka“ představující deskripci školky a měřeného prostoru tj. třídy; dotazník byl vyplňován vždy v průběhu měření společně s odpovědným zástupcem školky. Druhý, multifaktoriální dotazník zaměřený na děti v proměřených třídách, vyplnili rodiče, kteří byli, ve spolupráci s pracovníky odboru HDM místní KHS a pracovníky SZÚ, s žádostí o spolupráci osloveni formou dopisu.

4. Organizace měření a použité postupy

4.1. Rozsah měřených parametrů kvality prostředí

Vnitřní prostředí mateřských školek:

- chemické faktory - těkavé organické látky (benzen, toluen, suma xylenů, etylbenzen, styren, tetrachloreten, limonen, alfa-pinen a dále aceton, acetaldehyd, formaldehyd);
- fyzikální faktory - teplota, vlhkost, hmotnostní koncentrace frakcí PM₁₀, PM_{2,5} a PM_{1,0}, distribuce počtu submikrometrických frakcí částic;
- biologické faktory - mikroorganismy, plísně;
- charakteristika výměny vzduchu (indikátor CO₂).

Venkovní ovzduší:

- chemické faktory - těkavé organické látky (benzen, toluen, suma xylenů, etylbenzen, styren, tetrachloreten, limonen, alfa-pinen a dále aceton, acetaldehyd, formaldehyd);
- fyzikální faktory - teplota, vlhkost, aerosolové částice frakcí PM₁₀, PM_{2,5} a PM_{1,0}, distribuce počtu submikrometrických frakcí částic;
- biologické faktory - mikroorganismy, plísně.

Pozn.:

Rozsah měřených parametrů vychází z výsledků studie realizované v základních školách v letech 2006 - 2008. Byl rozšířen o vybrané těkavé organické látky, které by podle posledních odborných studií mohly mít negativní vliv na zdraví (alfa-pinen, limonen, aceton, acetaldehyd) a bylo doplněno měření biologických faktorů.

4.2. Metodika měření

V topné sezóně (v optimálním případě za venkovních teplot ≤ 10 °C) byla v každé školce proměřena vždy jedna třída. **Měření byly vždy prostory, kde si děti hrají a spí, současně s měřením byly zaznamenávány činnosti, které měřené hodnoty, mohly ovlivnit.**

Měřený interval (školky a souvisejícího venkovního ovzduší):

- Fyzikální faktory - měřeno vždy od cca 6:30 (podle provozu školky) do ukončení spaní dětí + jedna hodina navíc (maximálně do 16:00). Vzorkování vnitřního ovzduší probíhalo ve výši maximálně 1 m nad podlahou, venkovního ovzduší v blízkosti měřené budovy (zahrada, hřiště).
- Biologické faktory - bylo měřeno jedno místo ve vnitřním prostředí, z toho 1x před příchodem personálu a dětí, 1x po intenzivním 20 minutovém větrání a 1x po dvou hodinách pobytu dětí, ve venkovním ovzduší bylo provedeno jedno měření
- Měření těkavých organických látek pomocí pasivních vzorkovačů - vždy jeden pracovní týden (po až pá), vzorkovače byly umístěny ve volném prostoru pod stropem;
- Ve všech měřených prostorech vyplnil pracovník měřicí/odběrové skupiny ZÚ/SZÚ průvodní list k měření a zajistil komplexní fotodokumentaci.

4.3. Limitní hodnoty

Stanovuje Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb a Vyhláška MMR č. 20/2012, o technických požadavcích na stavby.

- Příloha č. 1. Vyhlášky č. 6/2003 Sb. stanovuje požadavky na mikroklimatické parametry (teplota, relativní vlhkost a na proudění vzduchu). V topném období by se vnitřní teplota měla pohybovat v rozmezí $22,0 \pm 2$ °C a relativní vlhkost by neměla klesnout pod 30 %.
- Příloha č. 2. Vyhlášky č. 6/2003 Sb. stanovuje limitní hodinové koncentrace chemických ukazatelů.

Příloha č. 2 k vyhlášce č. 6/2003 Sb.

Limitní koncentrace chemických ukazatelů ve vnitřním prostředí staveb

Tabulka č. 5: **Limitní hodinové koncentrace chemických ukazatelů a prachu**

Ukazatelé	jednotka	limit ⁴⁾
oxid dusičitý	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	100
frakce prachu PM10 ¹⁾	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	150
frakce prachu PM2.5 ²⁾	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	80
oxid uhelnatý	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	5000
ozón	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	100
azbestová a minerální vlákna ³⁾	počet vláken $\cdot\text{m}^{-3}$	1000
amoniak	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	200
benzen	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	7
toluen	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	300
suma xylenů	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	200
styren	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	40
etylbenzen	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	200
formaldehyd	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	60
trichloretylen	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	150
tetrachloretylen	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	150

Vysvětlivky:

- 1) Frakce prachu PM10 - prachové částice s převládající velikostí částic o průměru 10 μm , které projdou speciálním selektivním filtrem s 50% účinností.
- 2) Frakce prachu PM2.5 - prachové částice s převládající velikostí částic o průměru 2,5 μm , které projdou speciálním selektivním filtrem s 50% účinností.
- 3) Průměr vlákna < 3 μm , délka vlákna \geq 5 μm , poměr délky a průměru vlákna je > 3:1.
- 4) Limity jsou stanoveny pro koncentrace látek vztahované na standardní podmínky.

- V paragrafu 5, bod 2 Vyhlášky č. 6/2003 Sb. jsou stanoveny limity výskytu mikroorganismů - požadavky na kvalitu vnitřního prostředí staveb s výjimkou prostorů vyžadujících

zvýšené nároky na jeho čistotu se pokládají za splněné, nepřekročí-li koncentrace bakterií (CPM) 500 kolonie tvořících jednotek na 1 m³ (dále jen „KTJ/m³ vzduchu“) a koncentrace plísni (CP) 500 KTJ/m³ při stanovení koncentrace mikroorganismů nasáváním aeroskopem.

- Vyhláška 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých.
- Vyhláška MMR č. 20/2012, kterou se mění Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby pak stanoví v článku II, § 11, odstavec 5 limit pro oxid uhličitý, když „jeho koncentrace nesmí ve vnitřním vzduchu překročit 1 500 ppm“.

4.4. Analytické postupy

- **Měření těkavých organických látek pomocí pasivních vzorkovačů.** Pro stanovení těkavých organických látek byly použity pasivní vzorkovače, které obsahovaly trubičky naplněné aktivním uhlím (Radiello 130) nebo pro stanovení aldehydů a ketonů trubičky s náplní silikagelu pokrytého dinitrofenylhydrazinem (Radiello 165). Hmotnostní koncentrace organických látek byly stanoveny metodou plynové chromatografie s hmotnostním detektorem, který umožňuje kvantifikaci i identifikaci neznámých látek.
- **Měření průběhu hmotnostních koncentrací frakcí PM₁₀, PM_{2,5} a PM_{1,0} a distribuce počtu submikronových frakcí částic.** Pro stanovení aerosolových částic byly použity kontinuální nefelometrické analyzátory Grimm 1.109, které jsou založeny měření rozptylu záření na povrchu částic procházejících měrnou celou. Primárně byly měřeny počty částic 32 velikostních frakcí, podle výrobcem stanoveného algoritmu byly dále vyhodnocovány hmotnostní koncentrace frakcí PM_{1,0}, PM_{2,5} a PM₁₀ v µg/m³. Byly použity dva typy přístrojů, Grimm 1.109, který umožňoval souběžné měření hmotnostních koncentrací a počtu částic a Grimm 1.108 (v Ostravě a v Brně), který pracoval vždy pouze v jednom módu. Zde byly v měřicí den vyhodnocovány hmotnostní koncentrace.
- **Měření mikroklimatických faktorů a oxidu uhličitého.** Použity byly kontinuální analyzátory Testo (typ 445 nebo 435), s odporovým čidlem NTC pro měření teploty a kapacitním vlhkoměrem pro měření vlhkosti. Pro měření CO₂ je zde využívána infračervená spektroskopie. Pro měření teploty a vlhkosti venkovního ovzduší byla používána čidla umístěná např. v mobilní měřicí jednotce.
- **Měření biologických faktorů.** Bylo prováděno stanovení celkového počtu životaschopných mikroorganismů (CPM) vyrostlých na selektivní kultivační půdě při 30 °C a stanovení celkových počtů plísni a kvasinek (CP) vyrostlých na selektivní kultivační půdě při 25 °C. Vzorkování ovzduší bylo prováděno přístrojem Aeroskop na Petriho misku s agarem. Po předepsané inkubaci byl proveden odečet narostlých kolonií a stanoven počet mikroorganismů (KTJ) na 1 m³ vzduchu. Odběr venkovního ovzduší se prováděl na stejné straně budovy, jako byla větrací okna měřené místnosti.

Stanovení koncentrace bakterií a plísni v ovzduší vnitřního prostředí se provádí tak, že se místnost 20 minut důkladně vyvětrá, uzavřou se okna a po další jedné hodině od uzavření oken se provede měření (měření B). Ve všech školkách se nepodařilo provést měření B bez přítomnosti dětí, proto nejsou hodnoty koncentrací pro jednotlivé školky mezi sebou porovnatelné. Pro monitoring vnitřního ovzduší v mateřské školce byla provedena další měření, a to měření A, které se provádělo hned po otevření školky před příchodem dětí a personálu. Měření C bylo prováděno po 1-2 hodinách přítomnosti a aktivní činnosti dětí. Hodnota V náleží koncentraci plísni a bakterií ve venkovním ovzduší.

Postup měření uvedený ve Vyhlášce MZ ČR č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb v příloze 3 stanovuje v postupu práce provádět dvě opakování (záchyt na 2 misky) s intervalem 10 minut. V této studii bylo prováděno 5 opakování, s cílem ověřit správnost postupu založeného na dvou opakováních. Zjištěné hodnoty byly statisticky zpracovány, byly vyhodnoceny směrodatné odchylky a jako míra relativního rozptýlení dat byly vyhodnoceny variační koeficienty pro 5 opakování. Oproti postupu uvedenému v příloze 3, Vyhlášky č. 6/2003 Sb., byla upravena výška místa nasávání vzduchu, která byla přizpůsobena výšce dětí ve školkách tj. na 110 - 120 cm.

Měření a odběr vzorků vnitřního prostředí probíhaly přísně podle požadavků aktualizovaného metodického návodu a jednotných vzorkovacích a analytických postupů, které spolupracující zdravotní ústavy obdržely před zahájením realizační fáze projektu. Laboratorní analýzy těkavých organických látek po odběru pasivními dozimetry zajišťovala pro Prahu, Ostravu a Brno laboratoř ovzduší SZÚ, pro Plzeň a Liberec laboratoř ZÚ se sídlem v Ústí n/Labem. Mikrobiologické rozborů prováděla jednotlivá pracoviště.

5. Výsledky

(detailně je shrnuje závěrečná zpráva na:

http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/Vnitri_ovzdusi/indoor_2015_2016/mkolky_zprava_2016.pdf)

5.1. Deskripce proměřených mateřských školek

- Ve vybraném souboru školek byly zastoupeny různé typy městských lokalit:
 - 6 školek (24 %) se nacházelo v městské pozadové lokalitě (kategorie 2);
 - 6 školek (24 %) v městské lokalitě s mírnou až střední dopravní zátěží (kategorie 3, 4);
 - 9 školek (36 %) se nacházelo v dopravně exponované lokalitě (kategorie 5, 6);
 - 4 školky (16 %) byly v průmyslové lokalitě (kategorie 8 až 10).
- Stáří školek se pohybovalo v rozmezí 3 - 139 let.
- Budovy školek byly převážně cihlové (68 %), část školek byla z betonu (24 %), dále byla v měřeném souboru 1 školka z dřevotřískových materiálů a 1 školka kontejnerová.
- Školky se lišily také maximální kapacitou dětí, kdy 7 školek (28 %) mělo kapacitu < 50 dětí, 44 % školek mělo kapacitu 50 - 100 dětí a 28 % školek mělo kapacitu > 100 dětí.
- Velikost měřených tříd se pohybovala v rozmezí od 48 do 128 m².
- Ve většině měřených tříd byl na části podlahy položen koberec a na části podlahové plochy byla omyvatelná umělá hmota (PVC), plovoucí podlaha, marmoleum nebo korek. Pouze v jediné školce byl v měřené třídě položen celoplošný koberec.
- V každé třídě se úklid provádí minimálně jednou denně (častěji v topné sezóně), buď ráno před příchodem dětí do školky, v době procházky nebo spaní dětí nebo večer po odchodu dětí. V převážné většině tříd je prováděn úklid hadrem namokro a vysavačem, pouze v jedné třídě s celoplošným kobercem byl používán pouze vysavač.
- Pět měřených tříd (20 %) bylo vybaveno čističkou vzduchu.

5.2. Deskripce souboru dětí v měřených třídách

Dotazník se skládal celkem ze šesti částí, které obsahovaly kromě obecných otázek dotazy na zdravotní stav dítěte, jeho časový rozvrh, informace o stravovacích návycích, otázky k domácímu prostředí dítěte a otázky na socio-ekonomický stav

rodiny. Celkem se od rodičů podařilo získat 340 vyplněných dotazníků, což představuje více než 50 % respondenci.

- V popisovaném souboru 340 dětí bylo celkem 159 dívek a 181 chlapců, jejich věk se pohyboval v rozmezí od 2,5 roku do 7 let.
- U 14 dětí rodiče uvedli astma diagnostikované lékařem, zároveň ale 16 dětí pravidelně užívalo léky na astma; některé děti, kterým astma diagnostikováno nebylo, tedy pravděpodobně užívalo tyto léky např. kvůli chronickému kašli.
- U 46 z 340 dětí rodiče uvedli výskyt alergického onemocnění, ve 32 případech potvrzeného lékařem. U 206 dětí se vyskytovalo alergické onemocnění v rodině. Téměř třetina dětí měla někdy ekzém (99 dětí) v 80 případech potvrzený lékařem.

Další zjištěné ukazatele:

- Z 337 dětí bylo 29 dětí (9 %) denně nebo alespoň někdy doma vystaveno tabákovému kouři, naopak 308 dětí nebylo tabákovému kouři v domácnosti vystaveno vůbec.
- V ložnici dětí je na podlaze nejčastěji koberec (44 %), dřevo nebo parkety uvedlo 34 % rodičů, vinyl/ PVC je v 21 % dětských ložnic. Stěny dětských pokojů jsou nejčastěji natřeny vodě rozpustnou barvou (82 %), cca 10 % rodičů uvedlo tapety.
- Domácí zvíře v bytě mělo 154 z 339 dětí (45 %).
- Klimatizace/úprava vzduchu je instalována ve 14 (4 %) domácnostech, čistička vzduchu v 21 (6 %) a zvlhčovač ve 38 (11 %) domácnostech dětí z mateřských škol, jejichž rodiče vyplnili dotazník.

5.3. Fyzikální parametry (teplota, relativní vlhkost, CO₂, prašnost)

(Pro měření byly použity analyzátoři Grimm 1.109/1.108 nastavené na jednotkovou hustotu – korekční faktor = 1 - a přístroj Testo 345/445).

5.3.1. Teplota

Zatímco průměrná hodnota teploty za všechny proměřené mateřské školky byla přesně na úrovni středu doporučeného rozmezí (21,94 °C) a maximální naměřená střední hodnota ve třídě (23,8 °C) doporučovaný rozsah nepřekročila, v jedné školce průměrná hodnota (19 °C) nesplnila požadavky vyhlášky. V osmi mateřských školkách (32 %) maximální naměřené krátkodobé hodnoty překračovaly povolené rozpětí. Tento výstup může mít plošný rozsah.

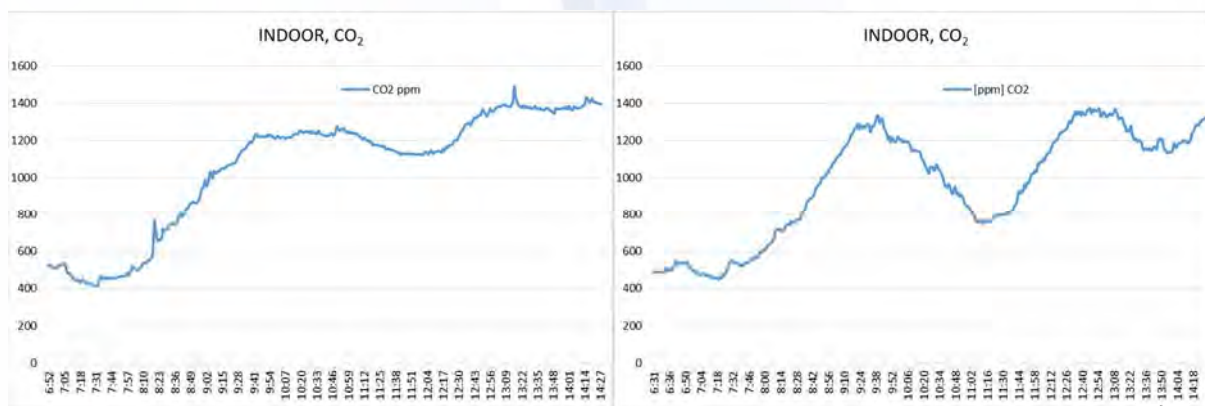
5.3.2. Relativní vlhkost

Podle očekávání, (měření v zimní – topné sezóně) byl vyšší podíl prostor s nízkou relativní vlhkostí (kde byly naměřeny hodnoty pod 30 %) a ve třech případech (12 %) byla průměrná hodnota za celou dobu měření nižší než požadovaných 30 %. Naopak horní hranice rozpětí stanovená Vyhláškou č. 410/2005 nebyla překročena.

5.3.3. Oxid uhličitý (CO₂)

V deseti třídách (40 %) hodnoty CO₂ překročily Vyhláškou MMR č. 20/2012 stanovený limit 1 500 ppm, v dalších devíti třídách (36 %) překročily maximální měřené hodnoty 1 200 ppm CO₂. Ve více jak třech čtvrtinách měřených tříd (76 %) tedy dosáhly měřené koncentrace (které samozřejmě mimo intenzity větrání závisí na počtu aktuálně přítomných dětí, jejich aktivitách a velikosti třídy) hodnot, které již mohou být pro tuto citlivou skupinu obyvatelstva obtěžující.

Obr. Typické průběhy hodnot CO₂ v nevětrané a větrané třídě a vliv aktivit (pohyb - hry, oběd, příprava na „spinkání“) a počtu dětí ve třídě (pobyt venku).



Tabulka středních, minimálních a maximálních naměřených hodnot CO₂

Školka	CO ₂ [ppm]		
	minimum	průměr	maximum
A1	449	978	1 374
A2	461	925	1 246
A3	449	939	1 559
A4	413	1 058	1 492
A5	488	805	1 142
L1	549	886	1 281
L2	528	1 171	2 366
L3	437	1 013	1 700
L4	525	923	1 485
L5	459	926	1 506
O1	401	1 009	1 408
O2	415	740	1 054
O3	505	1 629	2 978
O4	410	1 330	2 048
O5	410	1 130	1 683

Školka	CO ₂ [ppm]		
	minimum	průměr	maximum
P1	628	1 439	2 035
P2	439	803	1 172
P3	442	857	1 456
P4	450	666	946
P5	514	926	1 482
B1	469	767	1 369
B2	490	1 284	1 761
B3	426	1 145	2 062
B4	422	590	867
B5	429	872	1 484

V tabulce je vyznačeno překročení limitní a doporučené hodnoty.

Limit	1 500 ppm
Doporučení	1 200 ppm

Pozn: A = Praha, B = Brno, L = Liberec, P = Plzeň a O = Ostrava

5.3.4. Prašnost - frakce PM₁₀, PM_{2,5}, PM_{1,0} a distribuce částic větších než 250 nm

Maximální minutové hodnoty překročily u frakce PM₁₀ 150 µg/m³ u čtyř MŠ v Praze, u dvou MŠ v Liberci a ve všech MŠ v Plzni. U jedné MŠ v Ostravě překročily 150 µg/m³ nejen maximální minutové hodnoty PM₁₀, ale i PM_{2,5} a hodnoty PM_{1,0} zde překročily 100 µg/m³.

Hodnota hodinového limitu u frakce PM₁₀ byla překročena ve dvou případech v Praze a ve dvou případech v Plzni. U jedné školky v Ostravě byla překročena hodnota hodinového limitu u frakce PM_{2,5}.

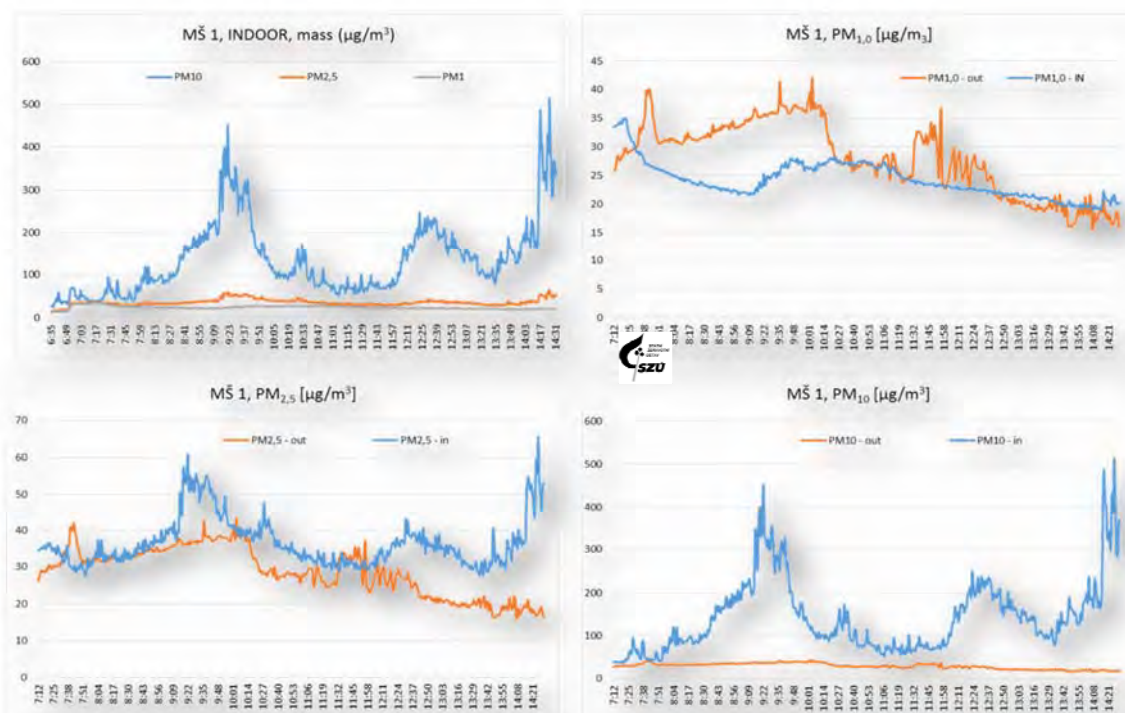
Celkově lze vnitřní prostředí všech 25 měřených mateřských školek hodnotit jako vyhovující, přestože nárazově hodnoty (v 32 %) zvláště „hrubé“ frakce PM₁₀ překračovaly 150 µg/m³. Z pohledu ohrožení zdraví je ale významně nebezpečnější, a to i přesto, že se jedná o krátkodobé maximum, hodnota 185 µg/m³ frakce PM_{2,5}

u jedné MŠ v Ostravě (v dané školce byla nalezena navíc i velmi vysoká maximální hodnota frakce $PM_{1,0}$ ($112 \mu\text{g}/\text{m}^3$)).

V druhé úrovni byla ve třech městech (Praha, Plzeň a Liberec) zároveň s hmotnostními koncentracemi frakcí $PM_{1,0; 2,5; 10}$ sledována distribuce počtu částic větších než 250 nm. Cílem bylo odhadnout a případně ověřit možnost hodnocení vnitřního prostředí měření počtu částic namísto hmotnostních koncentrací. Měření našlo poměrně úzkou vazbu měřených hodnot mezi frakcí $PM_{1,0}$ a počtem částic menších než $1 \mu\text{m}$ ($1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ této frakce odpovídal přibližně 12,5 miliónům částic menších než jeden $\mu\text{m} \pm 30 \%$). Tato skutečnost je, v relaci k rozšiřujícímu se používání čítačů částic při měření kvality vnitřního prostředí, poměrně příznivá.

Při interpretaci vlivu venkovního ovzduší na hmotnostní koncentrace aerosolových částic ze souběžného měření venkovního a vnitřního ovzduší vyplynula jednoznačná závislost měřených hodnot „hrubé“ frakce $PM_{2,5-10}$ ve vnitřním prostředí na aktivitách (hry, pohyb, oběd, spánek, počet dětí) v místnosti. U frakce $PM_{2,5}$ již není tato vazba tak silná, i když je stále ještě identifikovatelná, a u frakce $PM_{1,0}$ se již na kvalitě ovzduší rovnocenně podílí další vlivy (majoritně transport z venkovního ovzduší). **Z podstaty věci vyplývá téměř nemožná regulace dopadu vnitřních zdrojů/aktivit na množství „hrubé“ frakce. Částečného omezení lze pravděpodobně dosáhnout režimovými opatřeními (bezprašné povrchy, mokré stěry).**

Obr. Příklad průběhů minutových hodnot $PM_{1,0}$, $PM_{2,5}$ a PM_{10} , venkovní a vnitřní ovzduší



5.3.5. Těkavé organické látky (VOC/TOL) ve venkovním a vnitřním ovzduší

Sledovány byly benzen, toluen, suma xylenů, etylbenzen, styren, tetrachloreten, limonen, α -pinen, aceton, acetaldehyd, formaldehyd a případná další měřitelná zdravotně významná látka (například 2-etyl-1-hexanol). Hodnoty trichloreteny byly pod hranicí meze stanovitelnosti.

Naměřené hodnoty v 25 mateřských školách lze rozdělit do čtyř skupin:

- etylbenzen, styren, tetrachloreten, trichloreten a α -pinen - nalezené hodnoty se pohybovaly na úrovni meze stanovitelnosti, pokud byly hodnoty měřitelné lze je hodnotit jako zdravotně nevýznamné;
- benzen, toluen, suma xylenů, limonen, acetaldehyd a aceton - rozsah měřených koncentrací odpovídal běžně měřeným hodnotám, výjimku tvoří mírně zvýšené hodnoty v ostravských MŠ a hodnoty limonenu nad $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ naměřené ve dvou školách. Vzhledem k většinovému výskytu jejich zdrojů ve vnitřním prostředí je na místě hledat další postupy pro snížení zátěže;
- formaldehyd - ve dvou školách bylo naměřeno překročení stanoveného limitu, v dalších třech mírně zvýšené hodnoty (40 až $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Hodnoty nad $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ byly naměřeny celkově v 15 školách, takže prostor ke snížení zátěže zde určitě je;
- 2-etyl-1-hexanol - vzhledem k majoritnímu zdroji této látky (technologická nekázeň) by měly být její měřitelné hodnoty ve vnitřním prostředí spíše výjimkou, přesto byly ve čtyřech případech naměřeny hodnoty nad $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Z měření vyplynulo:

- Rozdělení látek podle jejich zdrojů - venkovní (benzen, toluen, etylbenzen, xyleny) x vnitřní (pinen a limonen, formaldehyd, acetaldehyd) prostředí.
- Poměrně nízké rozpětí měřených hodnot většiny sledovaných látek, vyjma:
 - Ostrava - nižší výměna vzduchu (větrání), což se projevilo hlavně u formaldehydu, kde byla limitní hodnota $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ překročena v jedné MŠ ($71,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a v jedné školce byla naměřena hodnota formaldehydu shodná s limitem ($59,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
 - Liberec - pravděpodobně nadměrné používání úklidové chemie, které se projevilo vysokými koncentracemi limonenu ve dvou školách ($108,9$ a $285,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

5.3.6. Mikrobiologické znečištění (bakterie, plísňe a kvasinky)

Měření byla v pěti opakováních prováděna aeroskopy typu MAS 100, MAS 100 - ECO a BIOMER - Air Ideal.

Koncentrace bakterií (CPM)

- Průměrné hodnoty CPM při měření před příchodem personálu a dětí (hodnoty A) se pohybovaly v rozmezí 18 až $4,5 \times 10^2 \text{KTJ}/\text{m}^3$. Pouze u čtyř školek byla limitní hodnota, kterou pro sledované typy mikroorganismů povoluje Vyhláška č. 6/2003 Sb., překročena (školy A4, B3, P2 a P3), přičemž u jedné školky (P2) byl limit překročen trojnásobně ($1,7 \times 10^3 \text{KTJ}/\text{m}^3$).
- Po vyvětrání (hodnota B) byly překročeny limitní hodnoty ve 3 školách v Praze, kde se již ale pohybovaly děti a personál (školy A1, A2 a A3) a měření B se nepodařilo uskutečnit tak, jak předepisuje vyhláška, což koresponduje s vyššími hodnotami CPM. Ke stejnému problému patrně došlo i u školky O3, kde ale limitní hodnota překročena nebyla.
- U školek, kde byl překročen limit pro CPM při měření A, došlo po vyvětrání k poklesu hodnot CPM (vzduch byl naředěn venkovním ovzduším).

- Pro měřenou hodnotu C (aktivita dětí) se téměř ve všech školkách několikanásobně zvýšily hodnoty CPM a to až na hodnoty $1,8 \times 10^4$ KTJ/m³, pouze u čtyř školek (B1, L2, L4 a L5) nedošlo k překročení limitní hodnoty. I když ve zbývajících dvou školkách v Liberci (L1 a L3) naměřené hodnoty přesáhly limity, jsou tyto hodnoty 10x nižší než v ostatních monitorovaných městech. Školky B1 a B3 jsou jediná dvě místa ze všech monitorovaných školek, kde se neprojevil pohyb dětí vzrůstem průměrných hodnot.
- Při měření v Liberci koncentrace mikroorganismů jak ve vnitřním, tak ve venkovním ovzduší vykazovaly mimořádně nízké hodnoty, nejnižší ze všech monitorovaných míst. Jedná se o hodnoty, které se v praxi vyskytují velmi málo, a může se jednat o chybu odběru.

Koncentrace plísní a kvasinek (CP)

- Průměrné hodnoty plísní a kvasinek (CP) byly překročeny pouze ve třech školkách (A2, O1 a O2) a to vždy při aktivitě dětí (u školky A2 probíhalo měření B již za přítomnosti dětí). V jedné školce (O2) byla koncentrace CP během pohybu dětí překročena téměř 3x ($1,4 \times 10^2$ KTJ/m³).
- Ve školkách L1 - L5 (Liberec) koncentrace CP při měření A, B a C vykazovaly téměř negativní nálezy. Koncentrace plísní a kvasinek (CP) byla výrazně nižší i u školky Rybnická (B4), která má nízké zatížení dopravou a průmyslem. Jedná se o velmi nízké hodnoty, které se v praxi málo vyskytují - a může se zde jednat o metodické pochybení. Koncentrace CP vykazovaly nízké hodnoty jak bez pohybu dětí, tak při měření během aktivity dětí a personálu. Stejně jako u hodnocení CPM i zde lze konstatovat, že pohyb dětí se neprojevil zvýšenou koncentrací CP.
- Koncentrace CP ve venkovním ovzduší byly obecně vyšší než v monitorovaných místnostech, hlavně v oblastech zatížených dopravou a/nebo průmyslem. Žádná z průměrných hodnot naměřených ve venkovním ovzduší ale nepřekročila 500 KTJ/m³.
- Koncentrace CP ve venkovním ovzduší při měření v Liberci vykazovaly nejnižší hodnoty (podobně i Brno). Jedná se o průměrné hodnoty koncentrací CP 8 až 32 KTJ/m³.

6. Souhrn a diskuse

V průběhu řešení projektu bylo identifikováno několik problémů. Patří mezi ně především problémy laboratorního rázu - s vzorkováním i analytickými postupy.

Konkrétně:

- nejednotný přístup laboratoře ZÚ v Ústí n/L k analýze exponovaných dozimetrů, a to i přes zpracování jednotných SOP. Je zřejmé, že do budoucna jsou v takových případech možné pouze dvě cesty řešení - buď soustředit všechny analýzy v jedné laboratoři, nebo v druhém případě, podobné studii předřadit srovnávací měření participujících laboratoří - cross-test, který by případnou systematickou chybu vyloučil;
- přes veškerou snahu, a to i včetně zaškolení konkrétních pracovníků před měřicími kampaněmi na SZÚ, přetrvával určitý individualistický přístup při výkladu jednotných SOP případně při manipulaci s přístroji.

Při bližším pohledu na získané výsledky je možno se zastavit u:

- obecně **vyšších hodnot některých organických látek**, jejichž zdroje jsou výhradně ve vnitřním prostředí v Ostravě - týká se formaldehydu, acetonu, acetaldehydu a vlastně i toluenu. Lze předpokládat, že se zde v určité míře projevila „obava“ před venkovním (jak je v Ostravě všeobecně známo) silně znečištěným ovzduším. Omezení větrání

ve svém důsledku vedlo k postupné kumulaci látek, jejichž zdroje jsou/mohou být výhradně ve vnitřním prostředí;

- **dopadu používání čisticích prostředků a režimu úklidu** - měřené hodnoty limonenu ve dvou třídách překročily $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$; maximální naměřená průměrná **týdenní** hodnota ve třídě byla $286 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (přibližně 64 % hodnoty doporučené materiálem Evropské komise „The INDEX project“). Podle podkladů získaných v jednotlivých školkách probíhal někde úklid měřené třídy a okolních prostor, mimo standardního úklidu odpoledne po odchodu dětí, i ráno před jejich příchodem a často v průběhu dne. V této souvislosti je důležité i to, že měření probíhalo v topném období, kdy nároky na čistotu samozřejmě vyžadují vyšší četnost úklidu, jestli to platí ale i pro stále či vyšší používání čisticích prostředků, které mohou prostředí zatížit, je jinou otázkou;
- naplnění požadavků na teplotu ve třídách, které bylo primárně hodnoceno ve vztahu k průměru za měřený interval a k maximální naměřené hodnotě. Minimální hodnota nebyla vzhledem k úvodnímu intenzivnímu rannímu větrání tříd hodnocena;
- **významu interpretace definice limitu pro CO_2 stanoveného Vyhláškou č. 20/2012.** Vyhláška MMR č. 20/2012, kterou se mění Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby stanoví v článku II, § 11, odstavec 5 limit pro oxid uhličitý, když „jeho koncentrace nesmí ve vnitřním vzduchu překročit 1 500 ppm“. Pokud by pro hodnocení tohoto ukazatele bylo použito hodinové či delší průměrování, pak byl tento limit v rámci realizované studie překročen pouze v jedné školce. Na druhou stranu v deseti školkách hodnota maximální měřené minutové koncentrace také překročila úroveň 1 500 ppm což ale v dikci výše citovaného ustanovení znamená překročení stanoveného limitu. Nejednoznačnost definice tak může vést k rozdílné interpretaci naměřených hodnot a tím k rozdílnému posouzení kvality ovzduší;
- **využitelnosti hodnot získaných měřeními hmotnostních koncentrací aerosolových částic nefelometrií (čítače částic) a vlastně i rozsahu měřených velikostních frakcí (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$... $\text{PM}_{1,0}$).** Měření potvrdilo jednoznačnou závislost měřených hmotnostních koncentrací „hrubé“ frakce PM_{10} na aktivitách (hry, pohyb, oběd, spánek či nepřítomnost) dětí respektive osob v místnosti. U frakce $\text{PM}_{2,5}$ již není tato vazba tak silná, i když je stále ještě identifikovatelná, a u frakce $\text{PM}_{1,0}$ se projevují srovnatelně další vlivy (např. transport z venkovního ovzduší). Z podstaty věci vyplývá i téměř nemožná regulace dopadu vnitřních zdrojů/aktivit na množství „hrubé“ frakce a ve svém důsledku i nepoužitelnost limitu stanoveného pro frakci PM_{10} Vyhláškou č. 6/2003 Sb. V druhé úrovni byla ověřována **reprezentativnost měření počtu částic submikronové frakce** ($< 1,0 \mu\text{m} = \text{PM}_{1,0}$). Důvodem je rozšiřující se používání nefelometrie (čítače částic) při měření kvality vnitřního prostředí a zvláště pak validita přepočtu hodnot počtu částic (přes gravimetrický faktor, který je ale nutno předem stanovit) na hmotnostní koncentrace. Měření prokázalo poměrně úzkou vazbu měřených hodnot mezi hmotnostní koncentrací frakce $\text{PM}_{1,0}$ a počtem částic menších než $1 \mu\text{m}$;
- **rozsahu měřených organických látek** - při měření kvality vnitřního prostředí a zvláště v případě problémových kauz zřetelně nestačí vyhodnocovat pouze a jenom ty látky, pro které jsou Vyhláškou č. 6/2003 stanoveny limity. Spektrum dalších možných látek pocházejících z například technologických nezádní při rekonstrukcích nebo ze starých zátěží je výrazně širší - je zapotřebí VŽDY interpretovat i hodnoty všech látek dosahujících potenciálně zdravotně významné koncentrace a to včetně případného pachového obtěžování;

- **naměřených hodnot průměrných koncentrací mikroorganismů** - lze všeobecně konstatovat, že limitní hodnoty pro koncentrace mikroorganismů v ovzduší v obytných místnostech monitorovaných školek, měřené v souladu s Vyhláškou 6/2003 Sb., (hodnoty B získané ze dvou opakování), byly překročeny pouze v jednom případě v Plzni (viz následující tabulka).
Navazující měření ale prokázala (očekávatelný) vliv aktivity dětí, kdy koncentrace CPM výrazně vzroste a limit je překročen téměř ve všech případech. Z naměřených hodnot také vyplývá, že venkovní ovzduší během větrání nemohlo kontaminovat ovzduší obytných prostor;
- **nalezeného koeficientu variability koncentrací CPM a CP**
V rámci studie byl zjišťován možný rozptyl hodnot (koeficient variability) a možnost hodnocení průměrné koncentrace z 2 opakování (podle Vyhlášky č. 6/2003 Sb.) a možnost hodnocení průměrných koncentrací z 5 opakování. Byly sledovány variační koeficienty, které jsou vyšší než 50 %, protože je všeobecně známo, že měření je ovlivněno okolními podmínkami, hlavně prouděním vzduchu. Průměrné koncentrace získané ze dvou anebo z pěti opakování vykazovaly v mnoha případech rozdílné výsledky; rozdílný přístup by v 5 případech dokonce ovlivnil hodnocení - viz následující tabulka. Ve dvou případech byl překročen limit průměrnou hodnotou získanou z 5 opakování, ve třech byl překročen limit hodnotou získanou z 2 opakování.

Město	Školka	Průměrná hodnota	Zjištěné koncentrace	Mikroorganismus
Praha	A4	5 opakování	542	CPM
		2 opakování	382	
Plzeň	P1	5 opakování	432	CPM
		2 opakování	515	
Ostrava	O3	5 opakování	470	CPM
		2 opakování	540	
Liberec	L4	5 opakování	480	CPM
		2 opakování	505	
Brno	B3	5 opakování	722	CPM
		2 opakování	355	

I v mnoha dalších případech byly rozdíly ve zjištěných hodnotách výrazné.

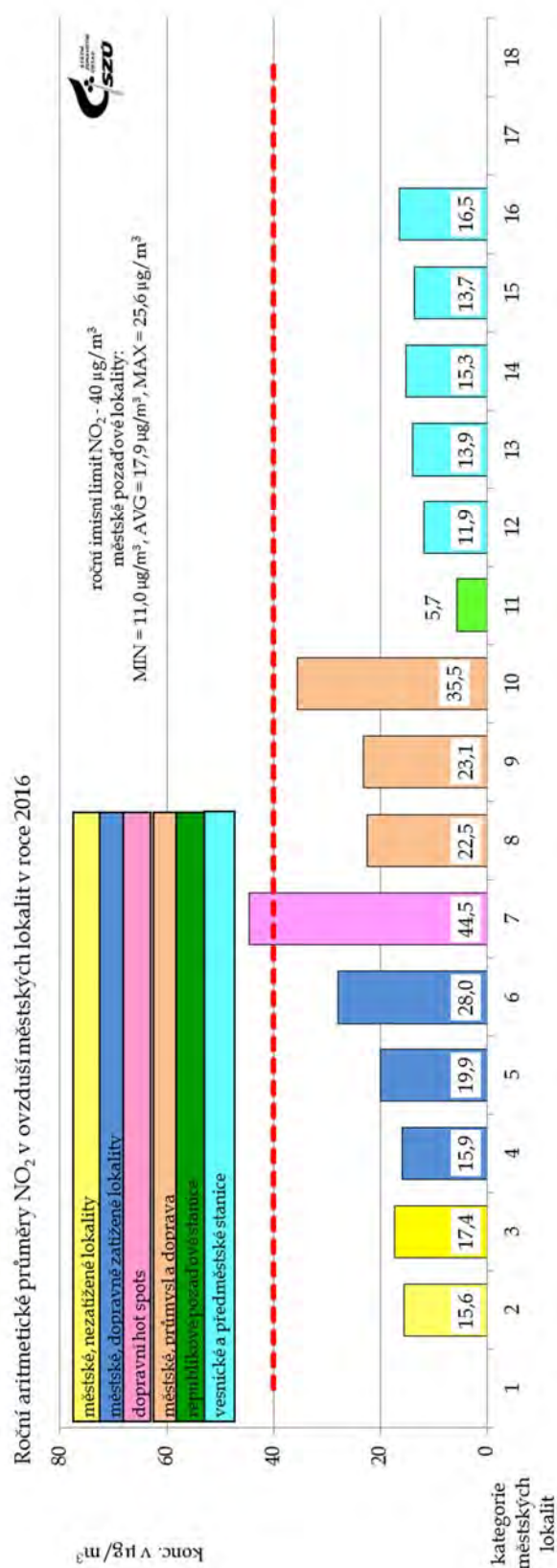
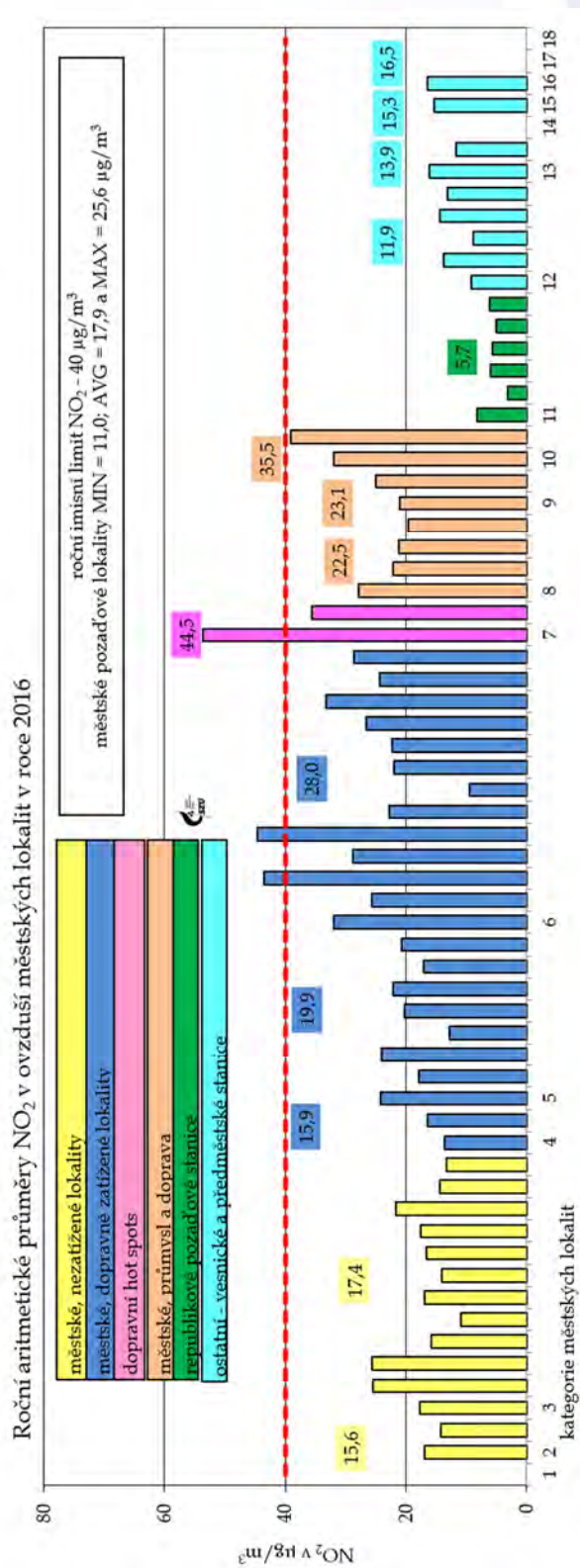
Je třeba zvážit, zda podmínky stanovení a postupu práce dané Vyhláškou odpovídají reálným podmínkám a zda naměřené koncentrace CPM a CP mají dostatečnou vypovídací hodnotu a odpovídají skutečným podmínkám, kterým jsou děti vystaveny. Není zřejmé, zda měření stačí provádět pouze ve dvou opakováních. Je třeba zvážit, zda pro vyšší reprezentativnost naměřených hodnot, není potřeba stanovit míru rozptylu hodnot pro koncentrace mikroorganismů získané měřením v obytných místnostech s vyloučením odlehých hodnot.

Výstupy z realizované studie dávají nejenom poměrně dobrou představu o situaci v určitém segmentu mateřských školek ve velkých městech v ČR, ale zároveň jsou k dispozici jako podklad pro přípravu novely Vyhlášky 6/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky na hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí v obytných místnostech některých staveb.

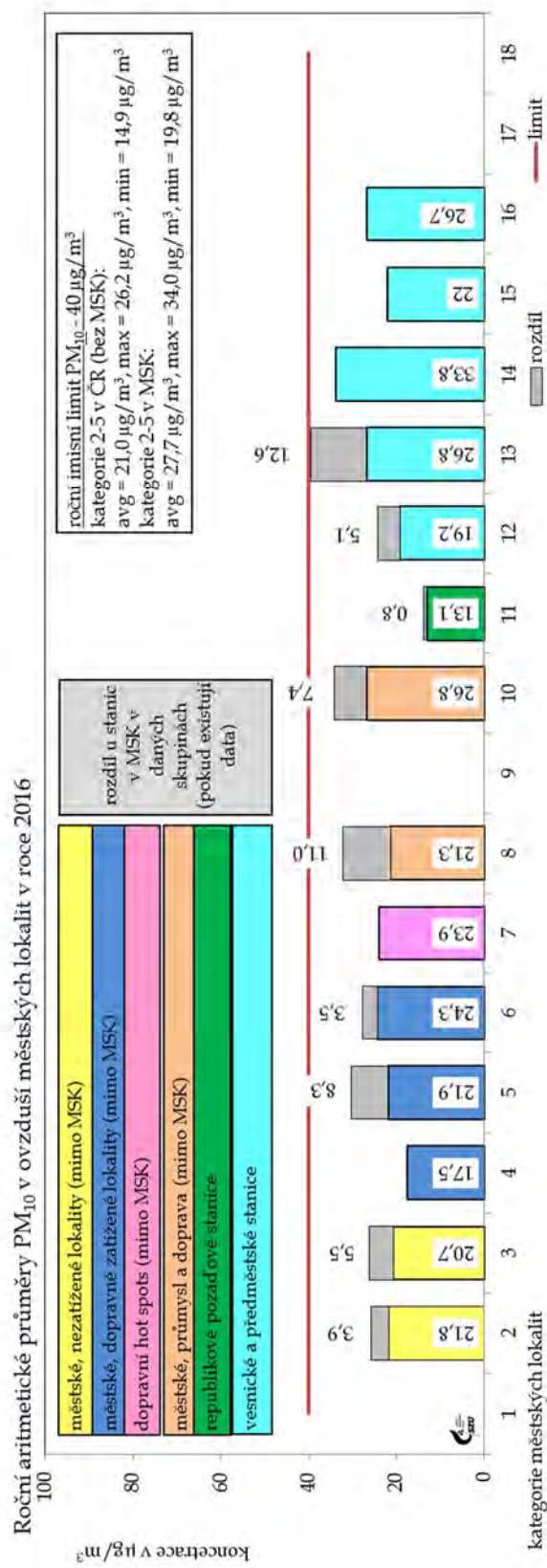
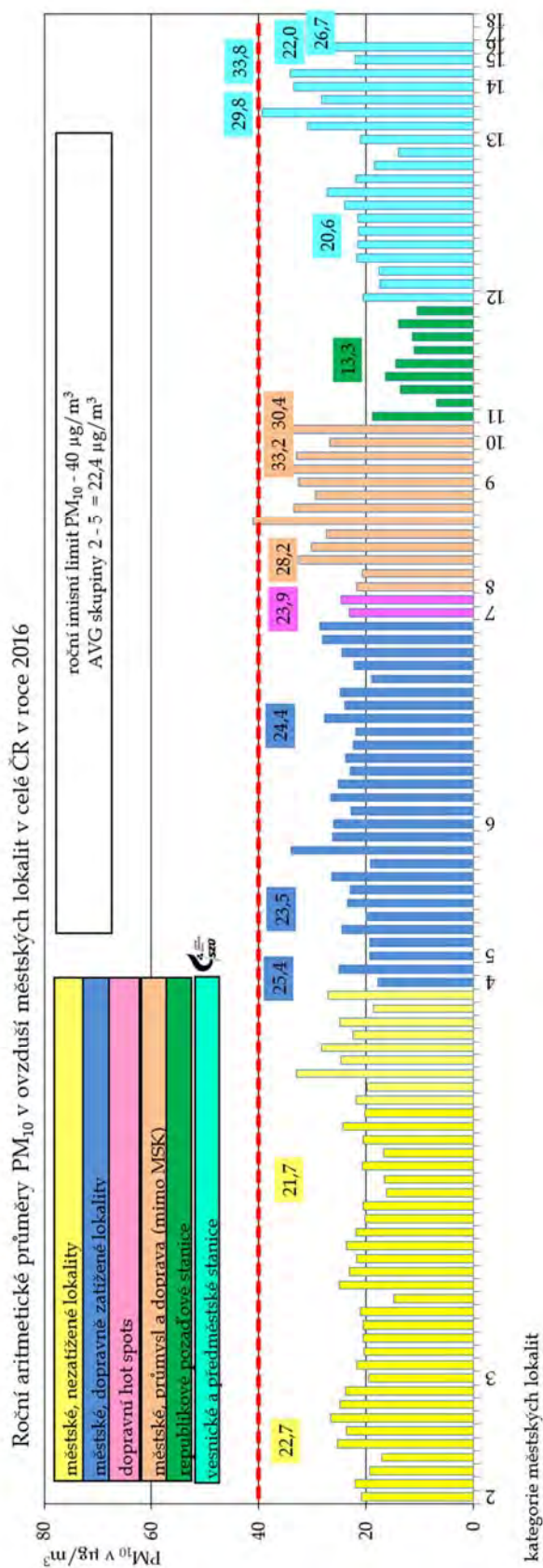
Příloha č. 6. - Grafická prezentace výsledků za rok 2016

Graf č.	název	strana
Graf č. 1.	- Roční aritmetické průměry NO ₂ v ovzduší městských lokalit.....	101
Graf č. 2.	- Roční aritmetické průměry PM ₁₀ v ovzduší městských lokalit.....	102
Graf č. 3.	- Roční aritmetické průměry PM _{2,5} na zahrnutých stanicích a městských kategoriích.....	103
Graf č. 4.	- Roční aritmetické průměry BaP v ovzduší městských lokalit a na jednotlivých hodnocených stanicích.....	104
Graf č. 5.	- Roční aritmetické průměry benzenu v ovzduší městských lokalit a na jednotlivých hodnocených stanicích.....	105
Graf č. 6. a, b a c	- Aritmetické průměry BaA a TEQ BaP, sezónní chování BaP.....	106
Graf č. 7. a, b, c, d	- Vybrané stanice - hodnoty (1997 - 2016) a odhad trendu BaP.....	107
Graf č. 8. a až h	- Trendy průběhů sezónních průměrů BaA a BaP na stanicích v Košetických, SZÚ Praha, Karviné a v Ostravě - Bartovicích.....	108
Graf č. 9.	- Roční aritmetické průměry As v ovzduší obydlených lokalit.....	109
Graf č. 10.	- Roční aritmetické průměry Cd v ovzduší obydlených lokalit.....	109
Graf č. 11.	- Roční aritmetické průměry Ni v ovzduší obydlených lokalit.....	110
Graf č. 12.	- Roční aritmetické průměry Pb v ovzduší obydlených lokalit.....	110
Graf č. 13. a, b, c, d	- roční a čtvrtletní koncentrace As, Cd, Ni a Pb ve frakci PM ₁₀ , PM _{2,5} a podíl ve frakci PM _{2,5}	111
Graf č. 14.	- Hodnoty rozpětí ročního IKO (zahrnuty hodnoty NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , As, Cd, Pb, Ni, benzenu a BaP) v jednotlivých typech lokalit.....	112
Graf č. 15.	- 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).....	113
Graf č. 16.	- Podíl průměrných ročních koncentrací škodlivin v základních typech městských lokalit a příslušných limitních hodnot v procentech limitní hodnoty.....	114
Graf č. 17. a, b, c, d, e a f	- Rozpětí odhadu pravděpodobnosti zvýšení počtu nádorových onemocnění z příjmu As, Ni, Cd, benzenu a BaP z venkovního ovzduší pro jednotlivé typy městských lokalit.....	115

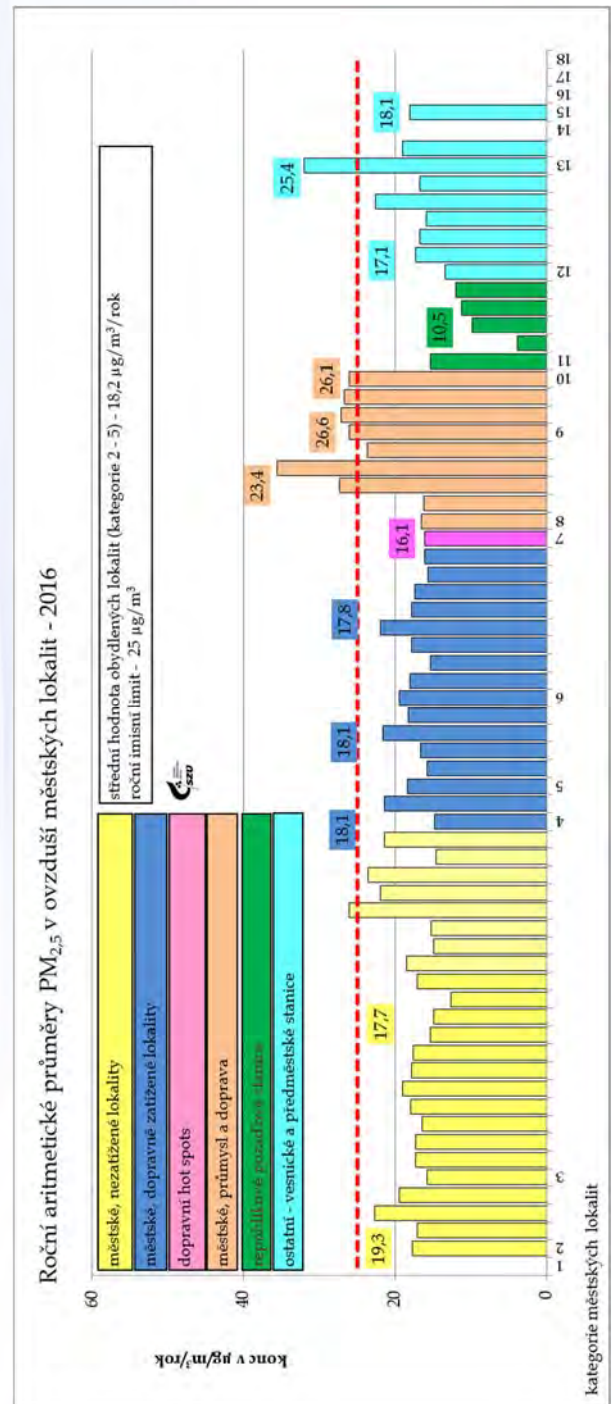
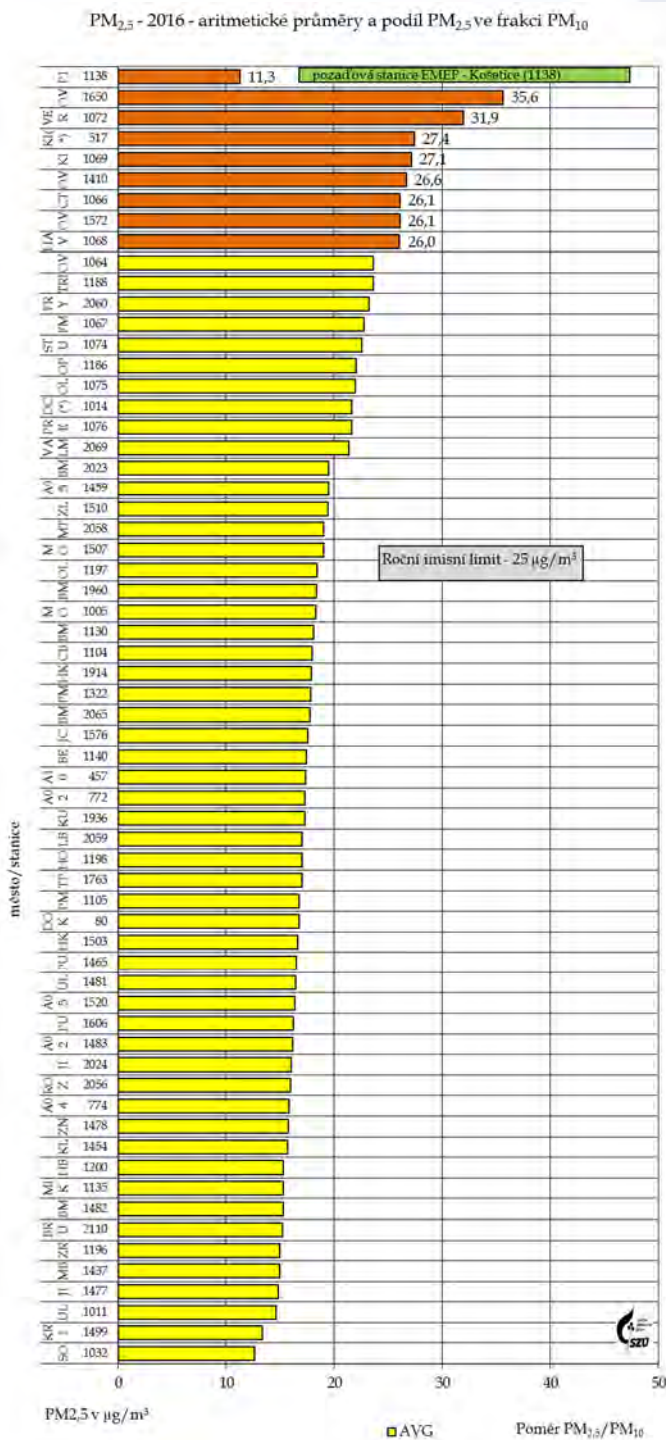
Graf č. 1. – Roční aritmetické průměry NO₂ v ovzduší městských lokalit



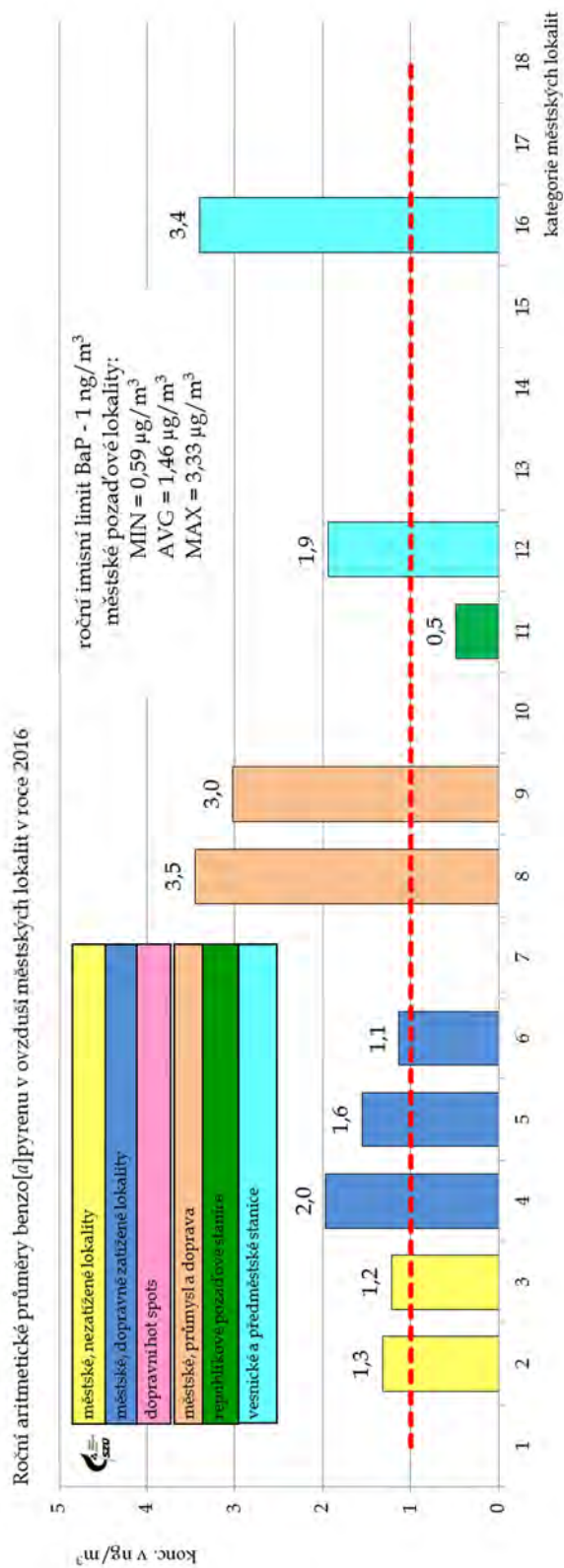
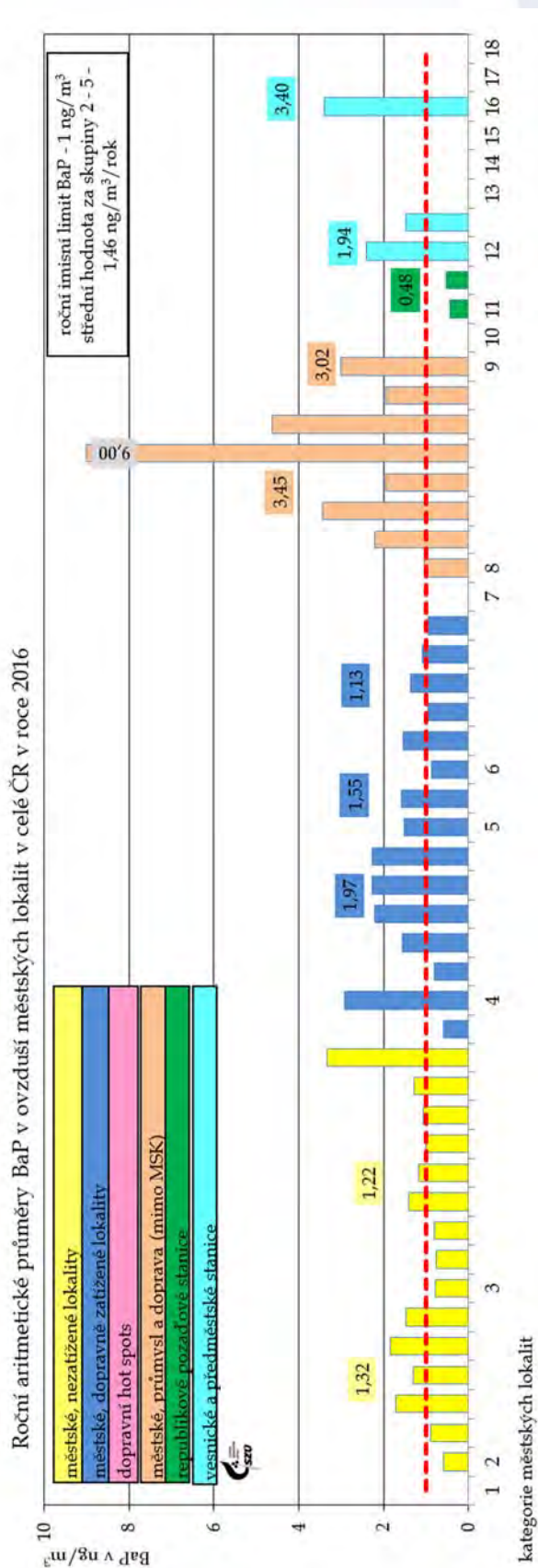
Graf č. 2. – Roční aritmetické průměry PM₁₀ v ovzduší městských lokalit



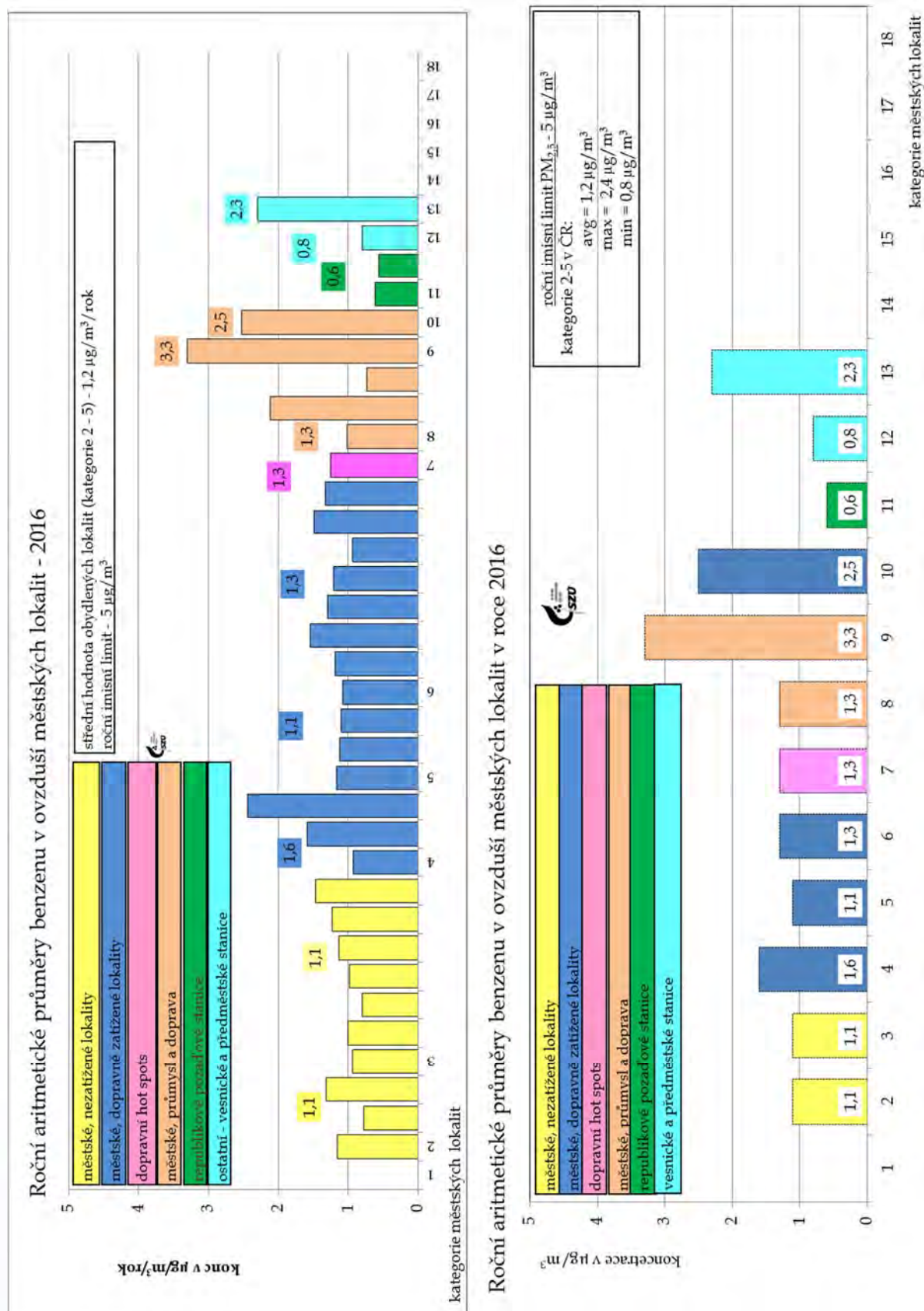
Graf č. 3. - Roční aritmetické průměry PM_{2,5} na zahrnutých stanicích a městských kategoriích



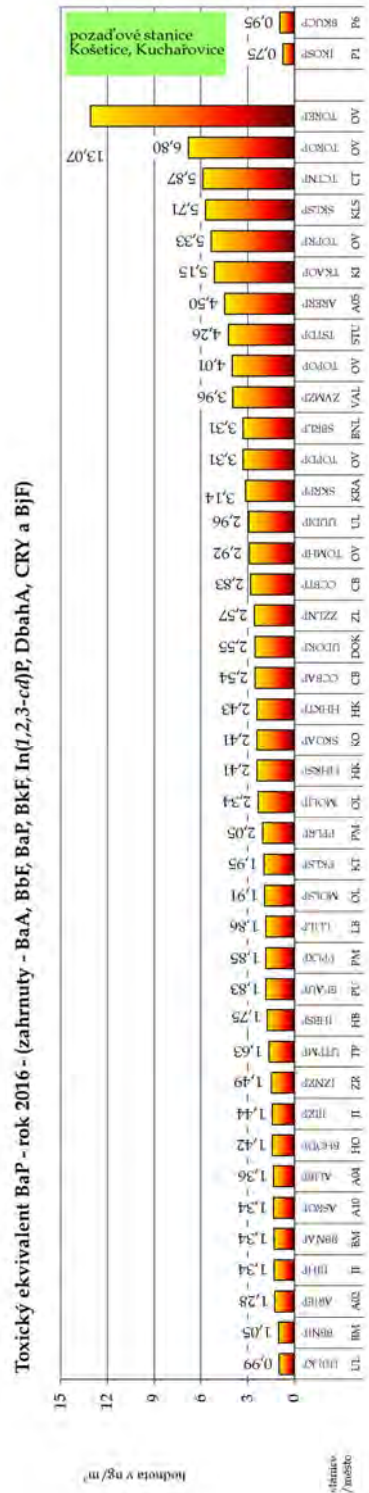
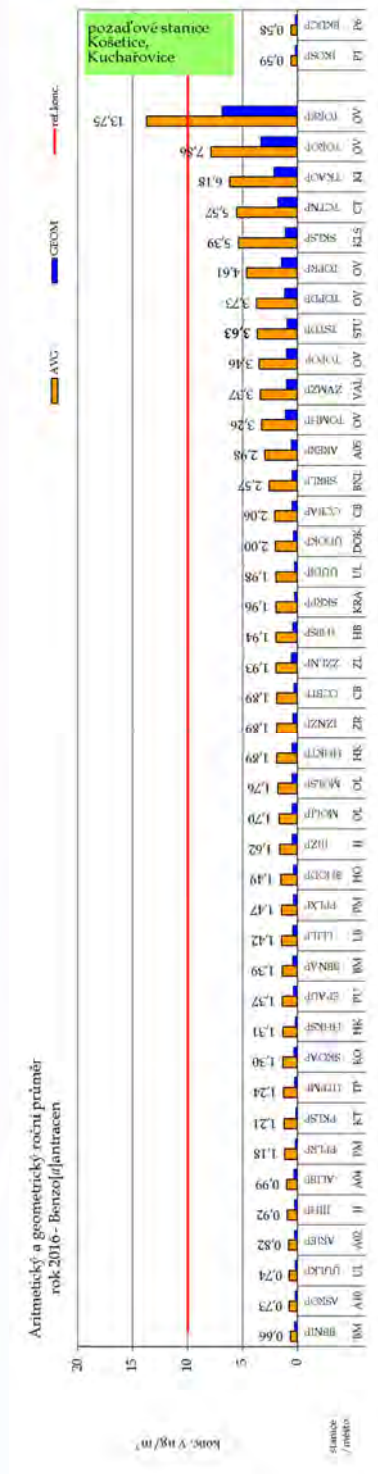
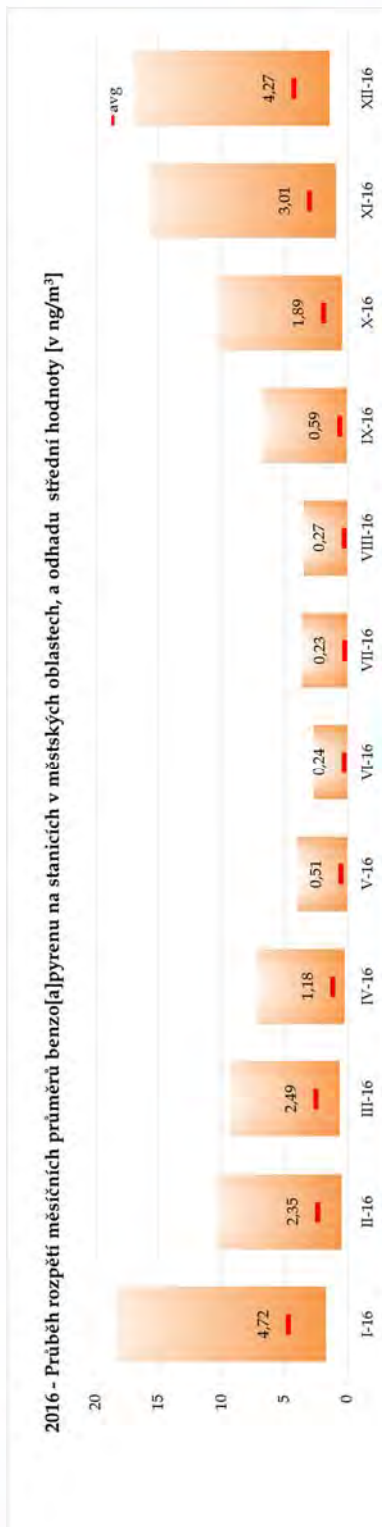
Graf č. 4. - Roční aritmetické průměry BaP v ovzduší městských lokalit a na jednotlivých hodnocených stanicích



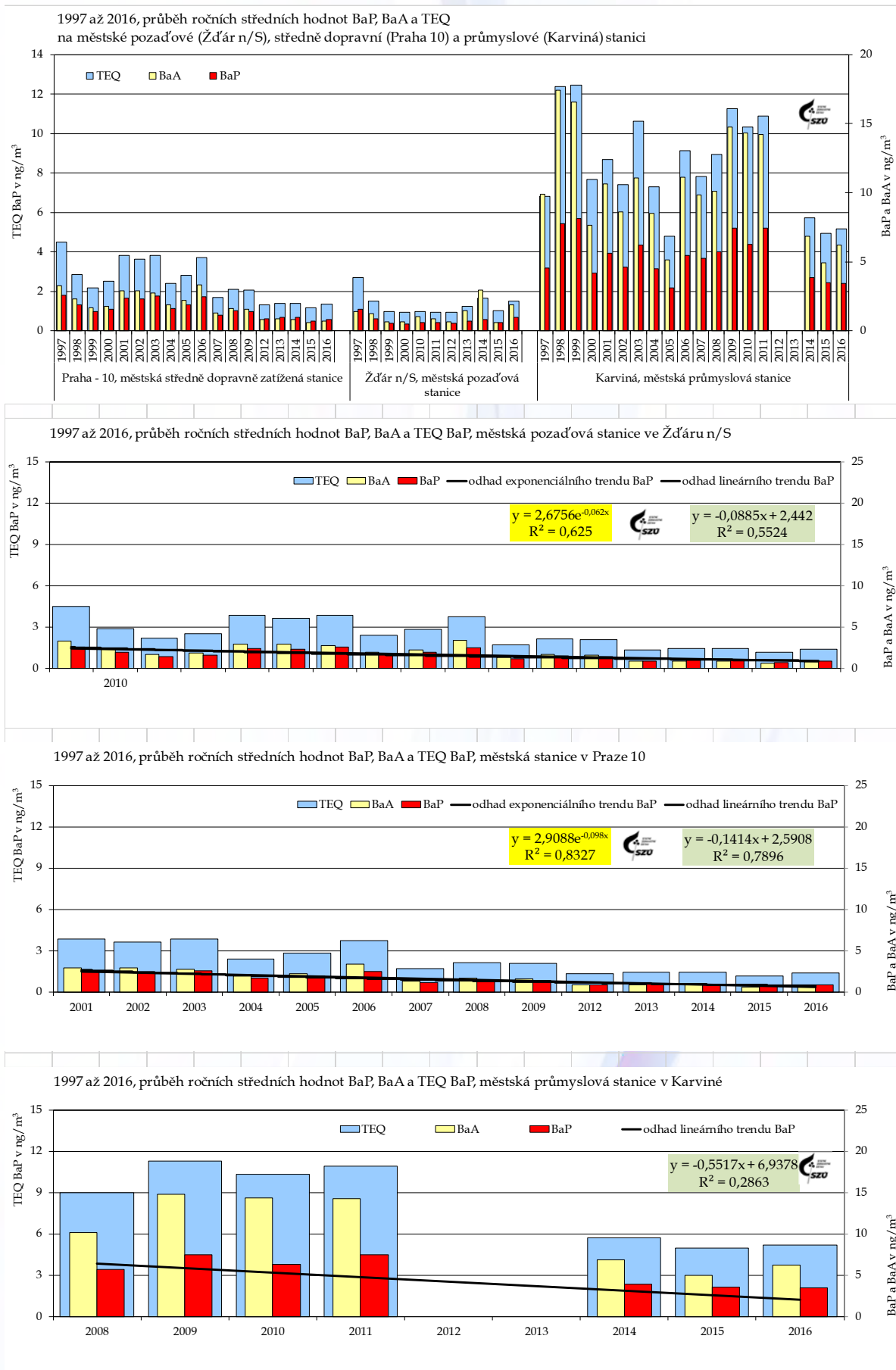
Graf č. 5. - Roční aritmetické průměry benzenu v ovzduší městských lokalit a na jednotlivých hodnocených stanicích



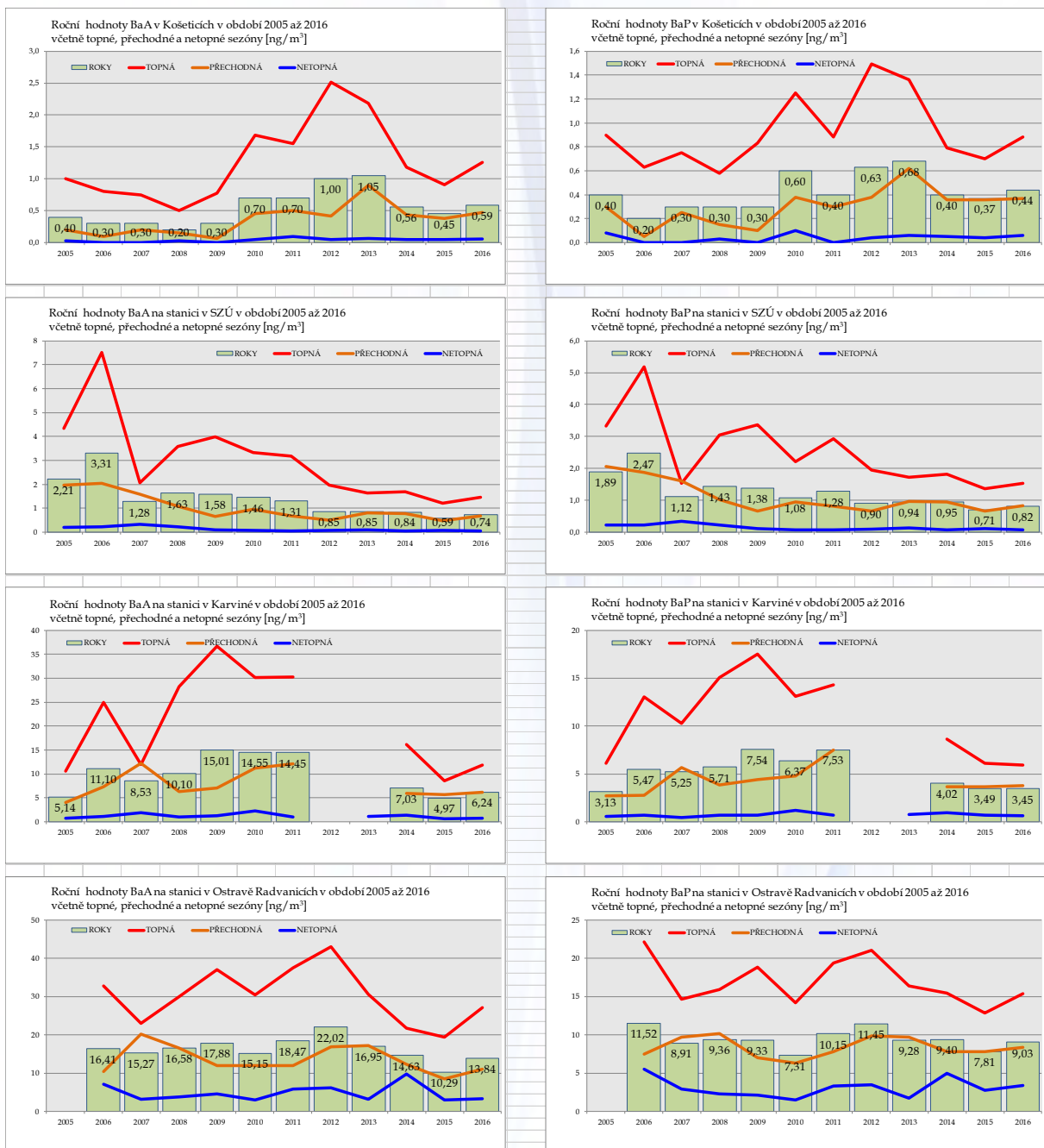
Graf č. 6. a, b a c - Aritmetické průměry BaA a TEQ BaP, sezónní chování BaP



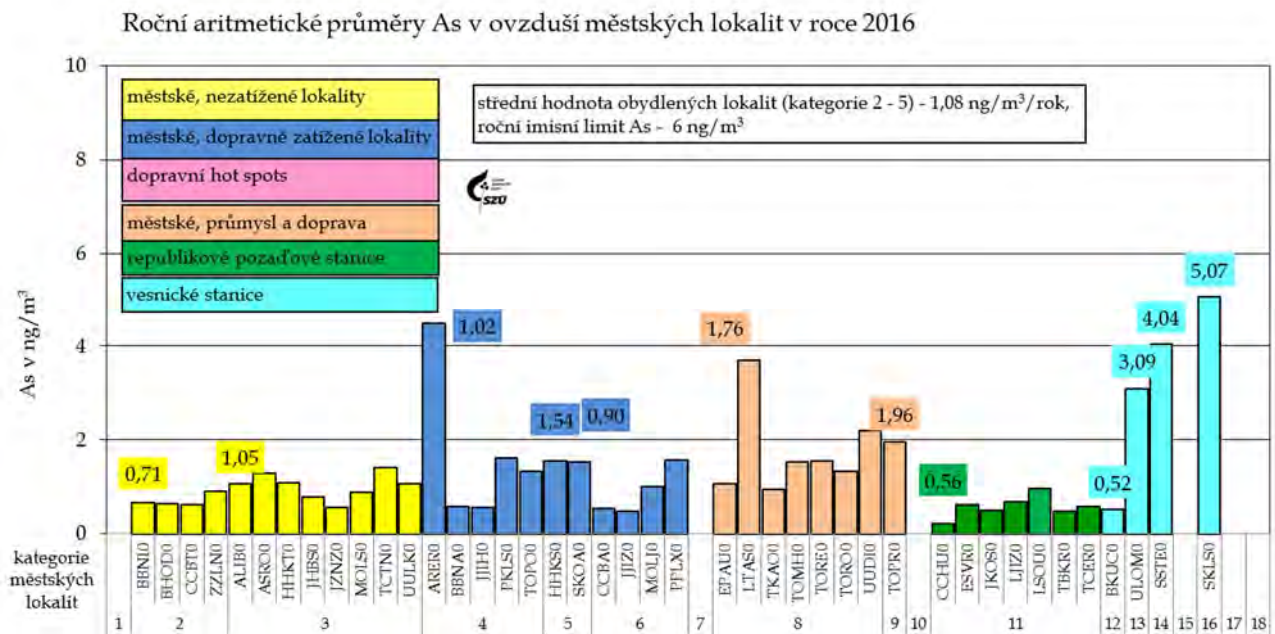
Graf č. 7. a, b, c, d - Vybrané stanice - hodnoty (1997 - 2016) a odhad trendu BaP



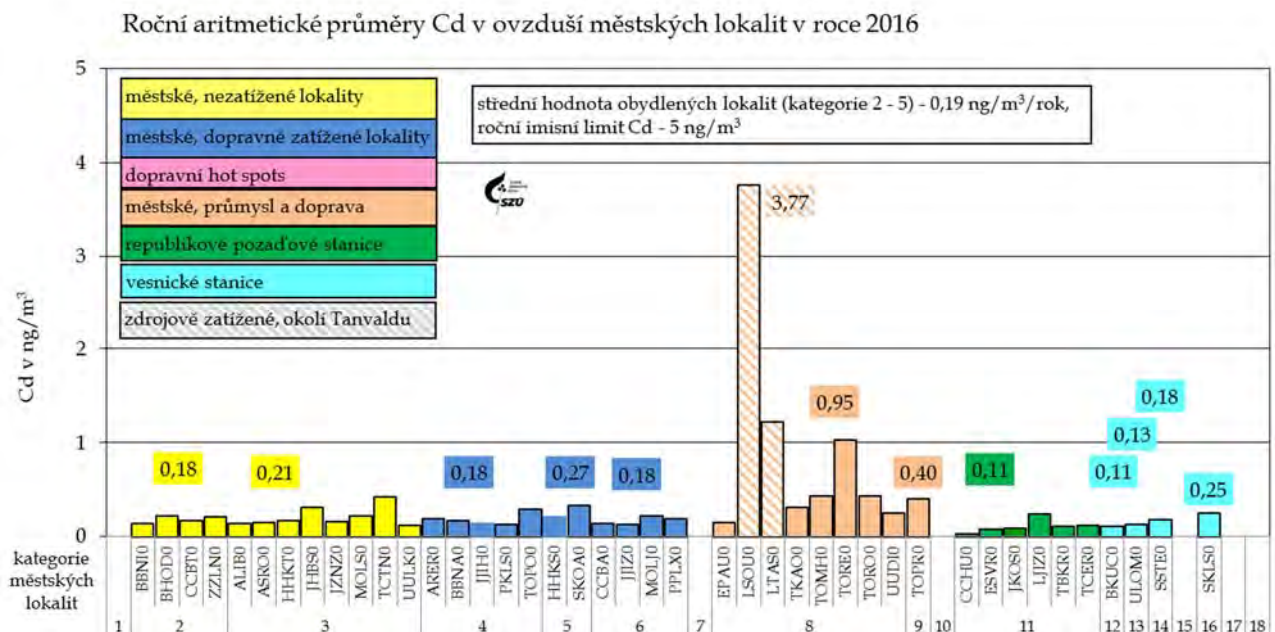
Graf č. 8. a až h – Trendy průběhů sezónních průměrů BaA a BaP na stanicích v Košetících, SZÚ Praha, Karviné a v Ostravě - Bartovicích



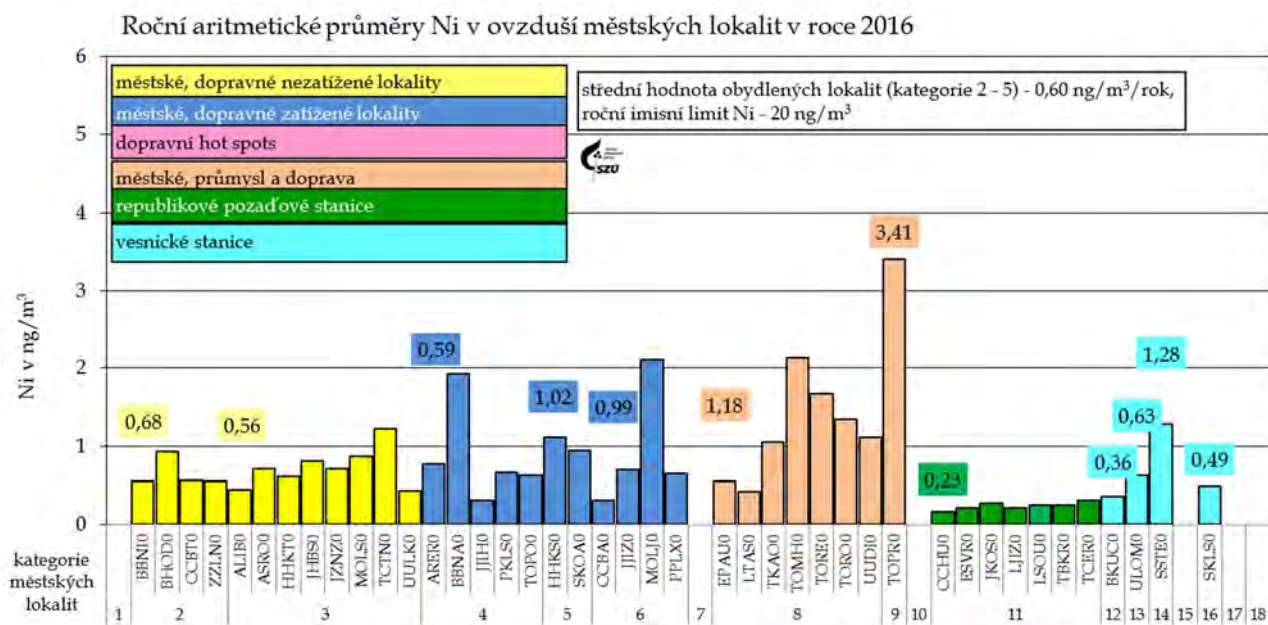
Graf č. 9. - Roční aritmetické průměry As v ovzduší obydlených lokalit



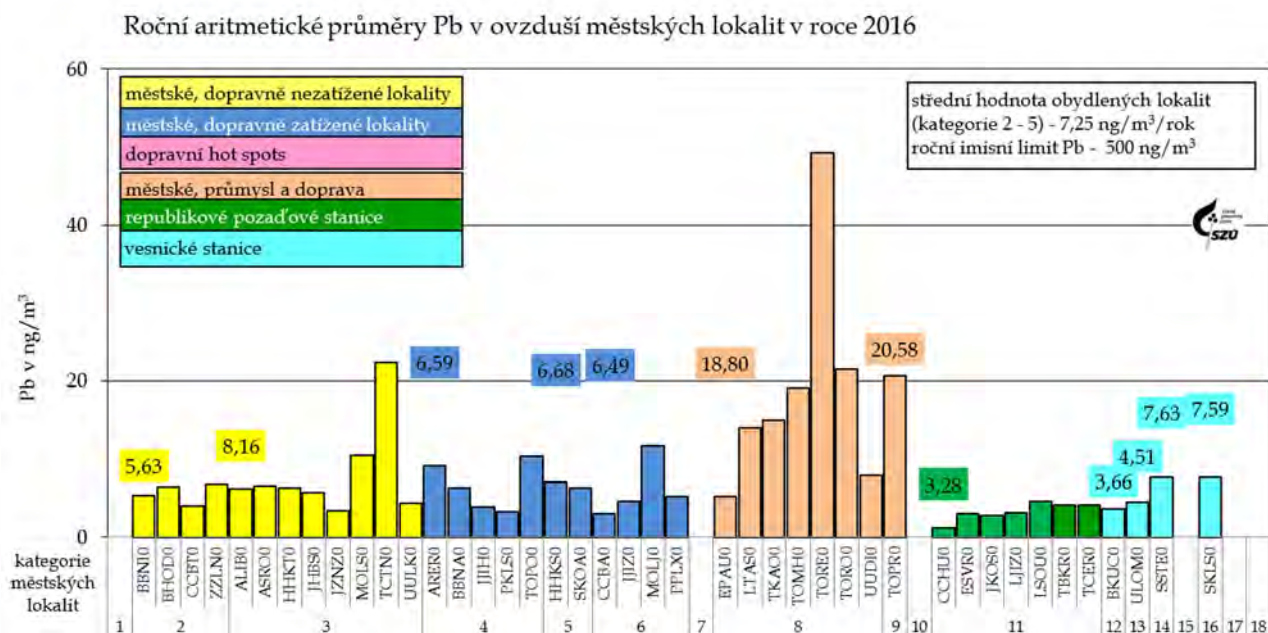
Graf č. 10. - Roční aritmetické průměry Cd v ovzduší obydlených lokalit



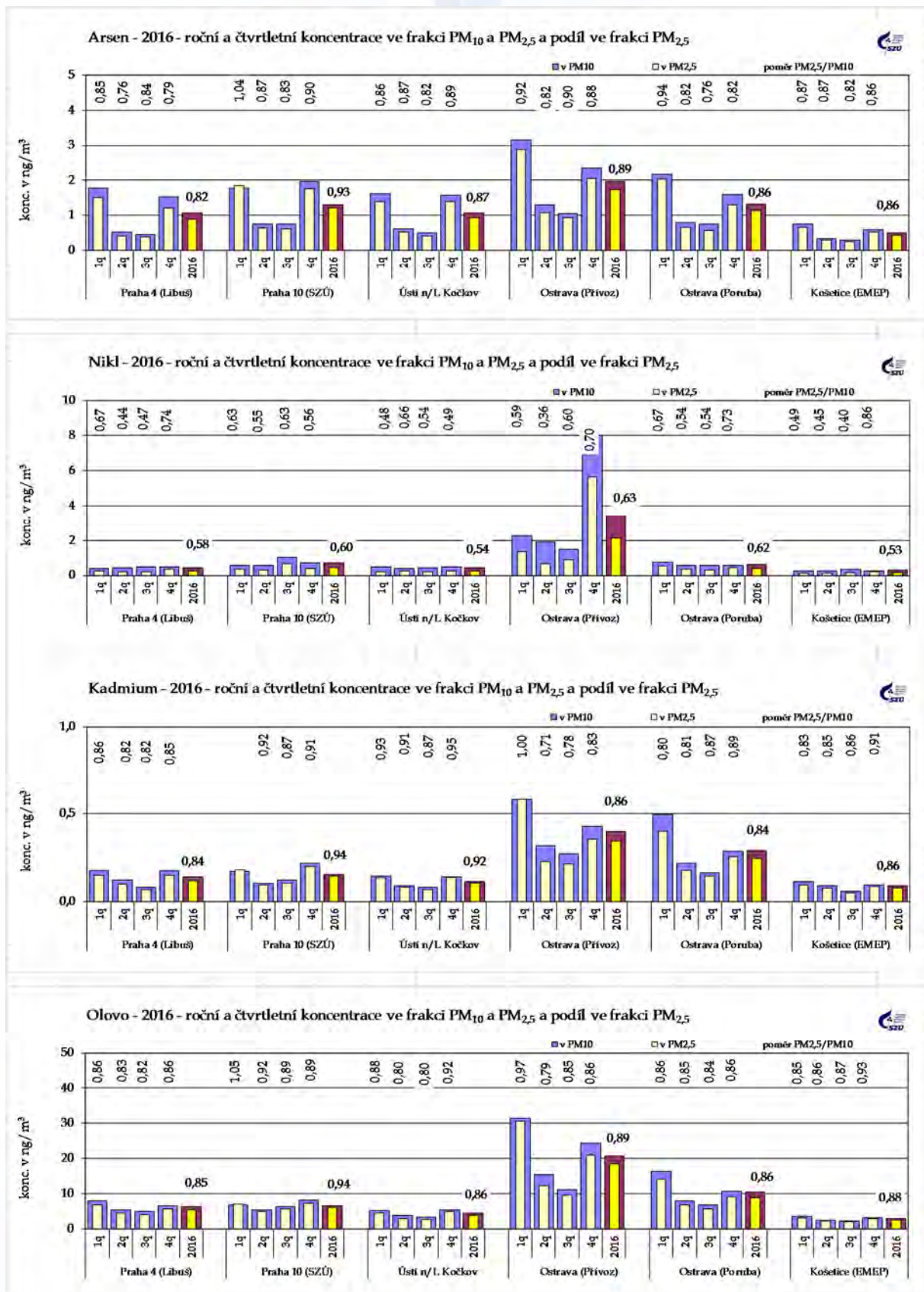
Graf č. 11. - Roční aritmetické průměry Ni v ovzduší obydlých lokalit



Graf č. 12. - Roční aritmetické průměry Pb v ovzduší obydlých lokalit

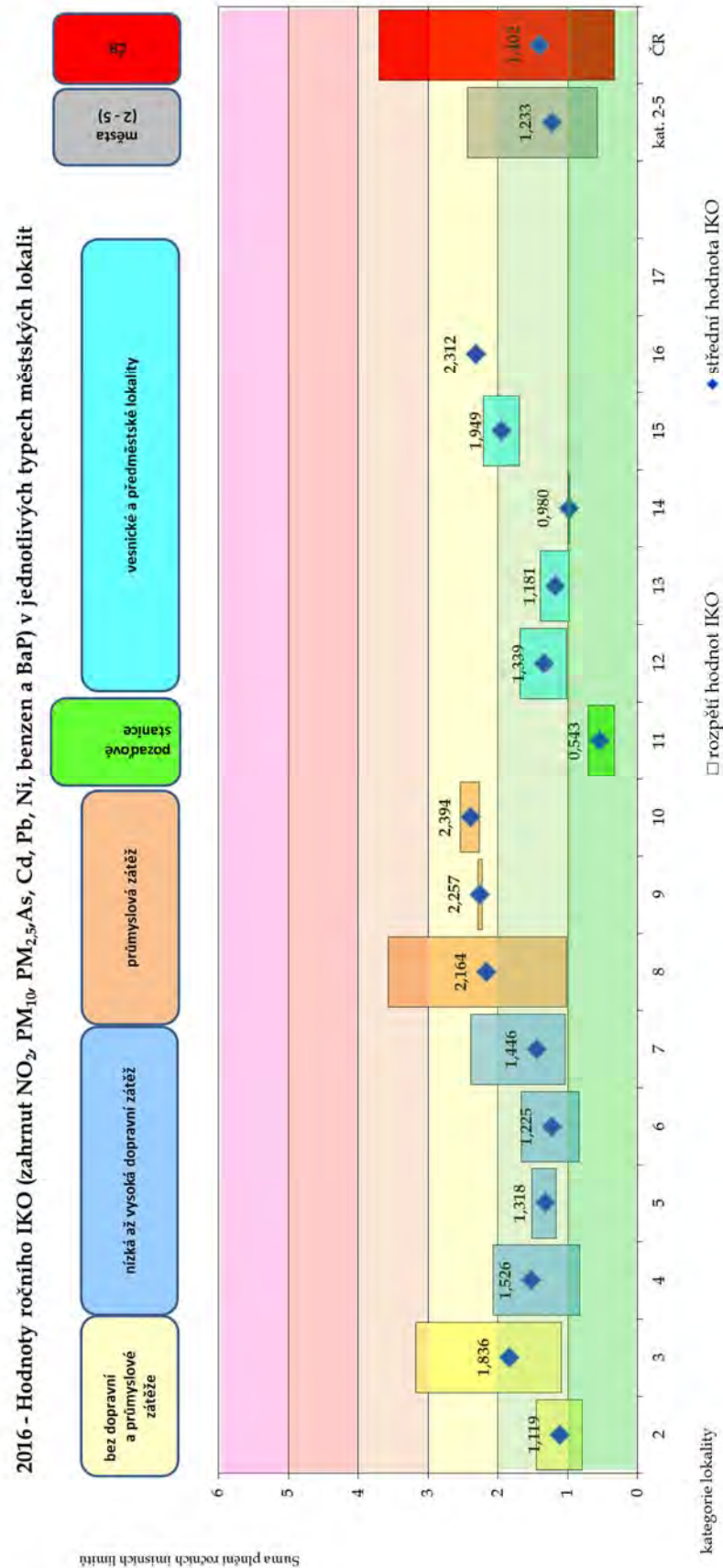


Graf č. 13. a, b, c, d - roční a čtvrtletní koncentrace As, Cd, Ni a Pb ve frakci PM₁₀, PM_{2,5}

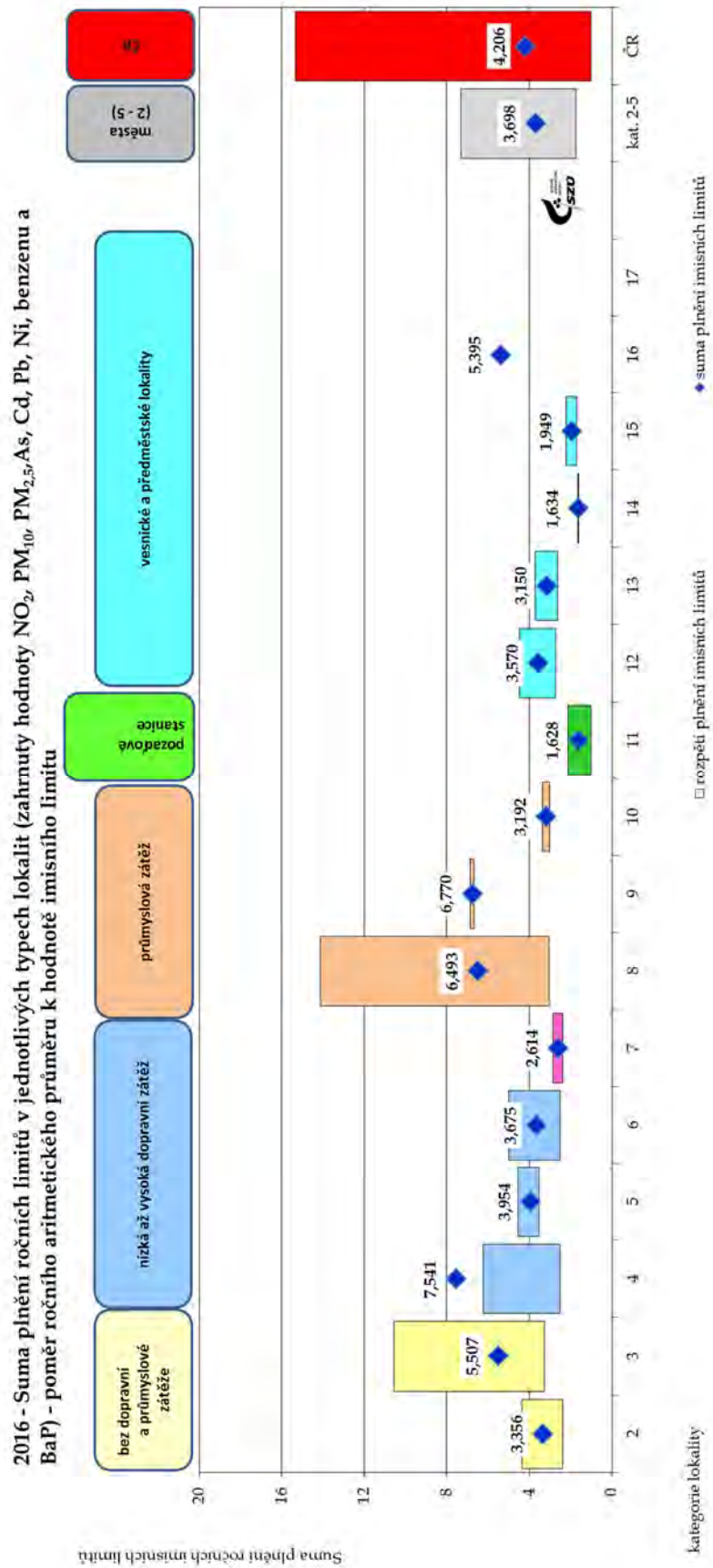


a podíl ve frakci PM_{2,5}

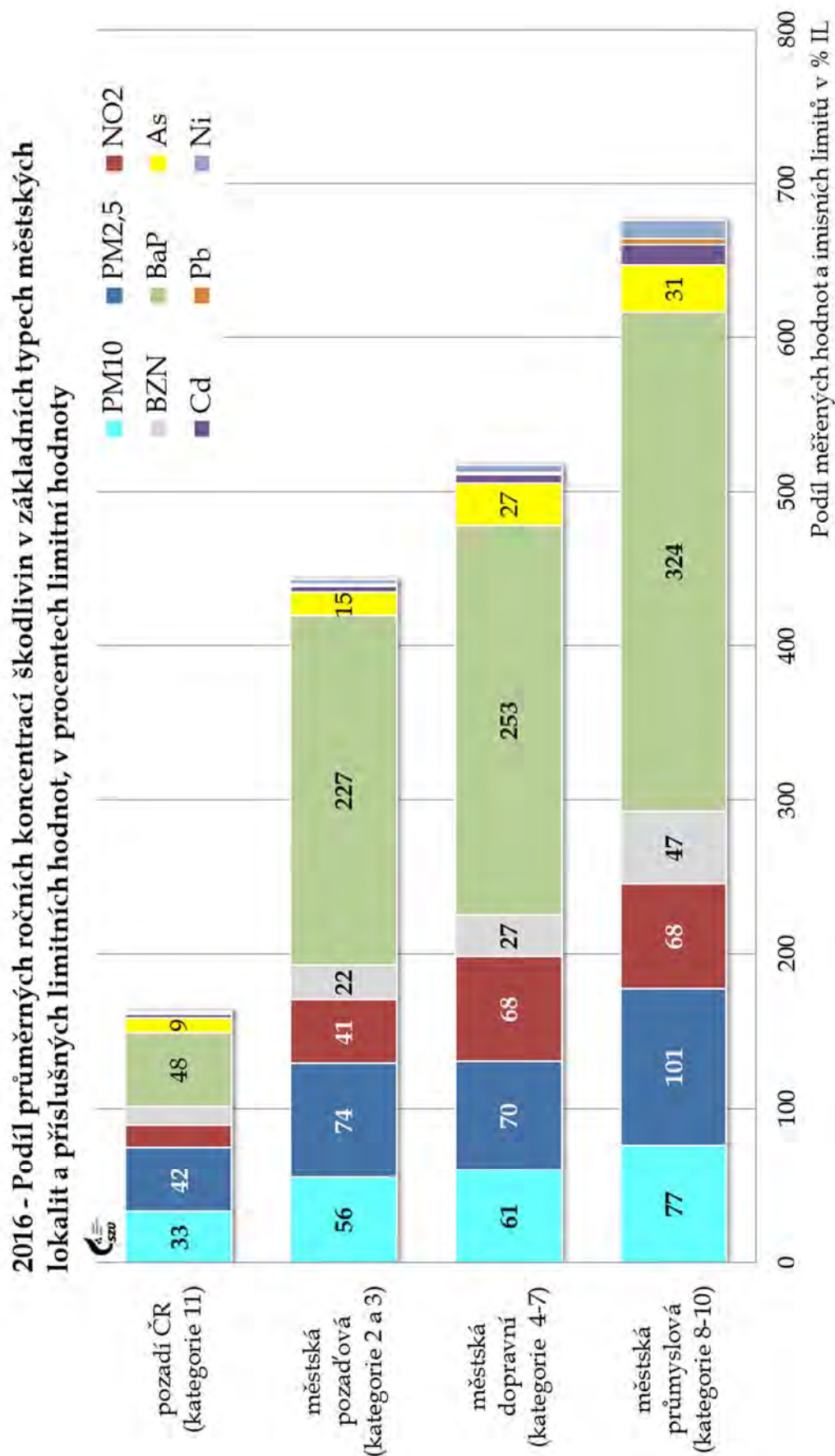
Graf č. 14. – Hodnoty rozpětí ročního IKO (zahrnuté hodnoty NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, As, Cd, Pb, Ni, benzen a BaP) v jednotlivých typech lokalit



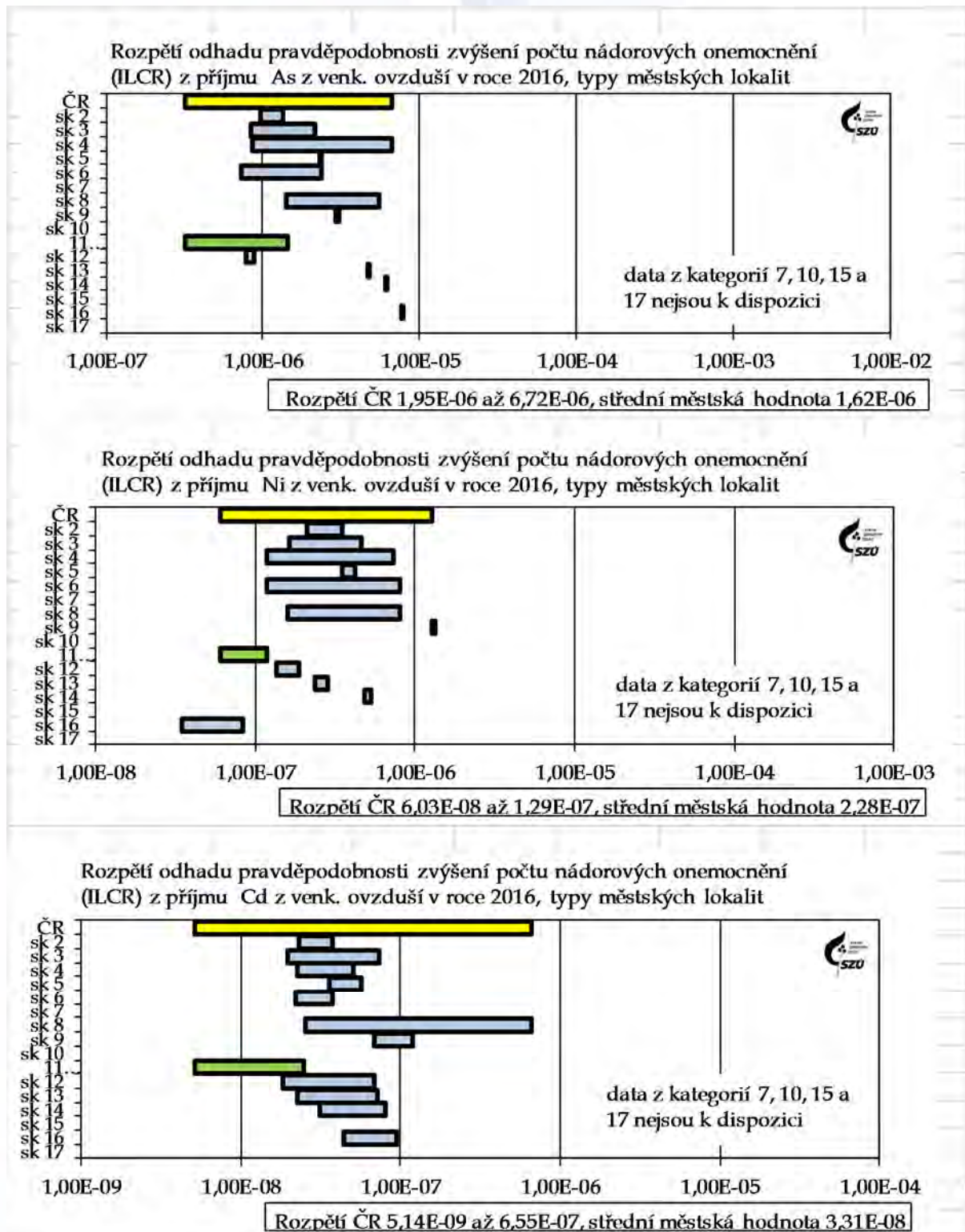
Graf č. 15. – Rozpětí hodnot sumy plnění ročních imisních limitů v jednotlivých typech lokalit - poměr ročního aritmetického průměru k hodnotě imisního limitu (zahrnuty hodnoty NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, As, Cd, Pb, Ni, benzenu a BaP)



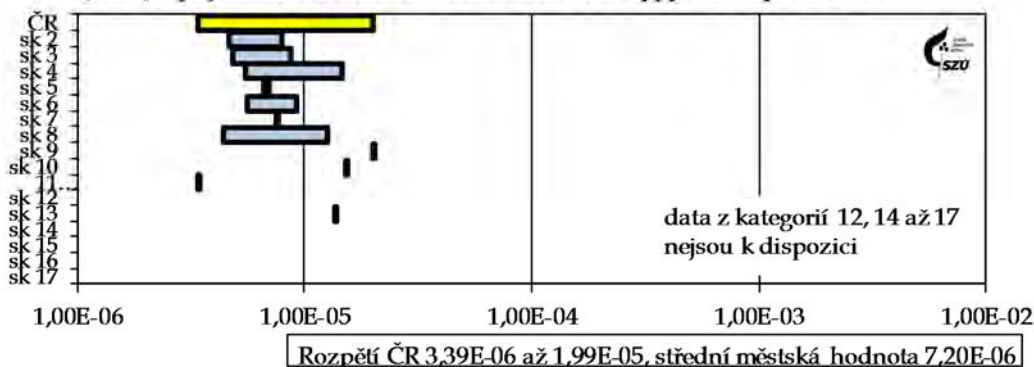
Graf č. 16 - Podíl průměrných ročních koncentrací škodlivin v základních typech městských lokalit a příslušných limitních hodnot, v procentech limitní hodnoty



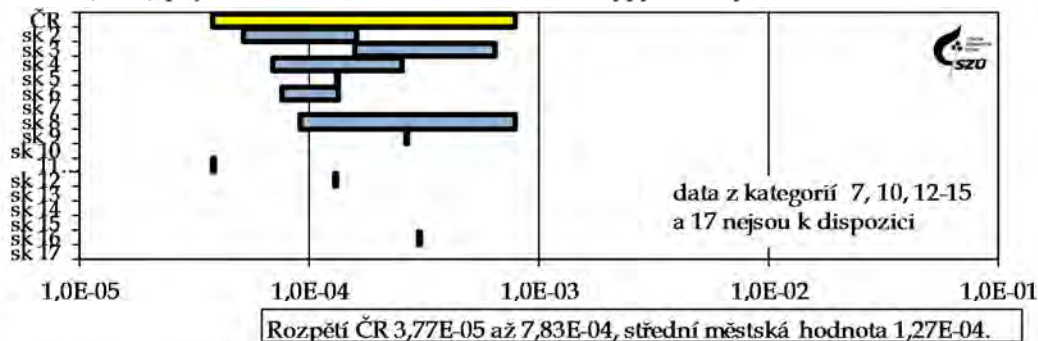
Graf č. 17. a, b, c, d, e a f - Rozpětí odhadu pravděpodobnosti zvýšení počtu nádorových onemocnění z příjmu As, Ni, Cd, benzenu a BaP z venkovního ovzduší pro jednotlivé typy městských lokalit



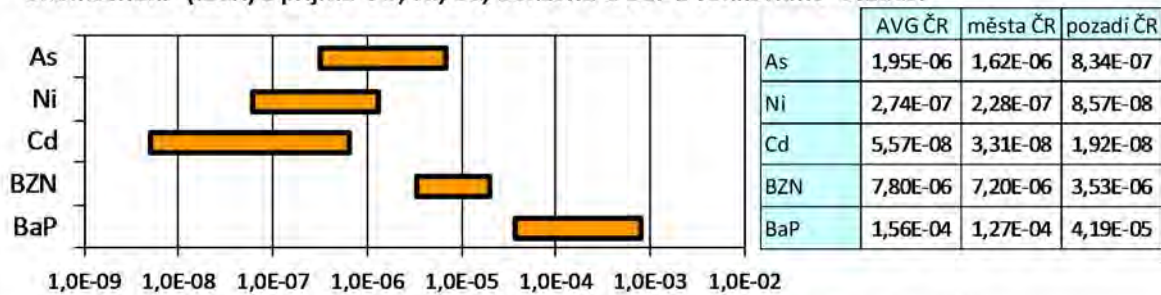
Rozpětí odhadu pravděpodobnosti zvýšení počtu nádorových onemocnění (ILCR) z příjmu BZN z venk. ovzduší v roce 2016, typy městských lokalit



Rozpětí odhadu pravděpodobnosti zvýšení počtu nádorových onemocnění z (ILCR) příjmu BaP z venk. ovzduší v roce 2016, typy městských lokalit



2016 - 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 sídlech	10
Tabulka č. 2. - Referenční postupy vzorkování a analytické postupy	13
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)	20
Tabulka č. 4. - Referenční koncentrace vydané SZÚ (v $\mu\text{g}/\text{m}^3$) - (podle § 27, odst. 6, b, zákona č. 201/2012 Sb.).....	21
Tabulka č. 5. - Hodnoty TEF pro jednotlivé látky [Zdroj: US EPA]	35
Tabulka č. 6. - Meze detekce používaných automatizovaných/on-line postupů	36
Tabulka č. 7. - Meze detekce používaných aspiračních/nepřímých postupů	36
Tabulka č. 8 - Vývoj (2007 - 2016) hodnot navýšení celkové roční úmrtnosti o „předčasná úmrtí“ za posledních 10 let - střední hodnota a rozpětí hodnot v ČR.....	44
Tabulka č. 9 - počet roků ztráty života (zaokrouhlen na celé stovky).....	45
Tabulka č. 10. - Hodnoty jednotkového rizika	48
Tabulka č. 11. - 2016 - Minimální, maximální a střední hodnota (AVG) zdravotního rizika (ILCR) pro ČR a odhad střední hodnoty v monitorovaných sídlech.....	48
Tabulka č. 12. - Vývoj (2009 - 2016) rozpětí hodnot karcinogenního populačního rizika pro jednotlivé látky (ČR - počítáno pro 10 mil. obyvatel)	48
Tabulka č. 13. - Souhrn monitorovacích programů měření kvality venkovního ovzduší na jednotlivých zahrnutých stanicích (A - automatické měření, M - manuální, kovy ve frakci PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$, BaP a benzen).....	66
Příloha č. 3 - Tabulka č. 14 - Úrovně zátěže a odhad potenciálních zdravotních účinků pro základní látky, těžké kovy, benzen a BaP v roce 2016 pro jednotlivé typy městských lokalit (kategorizace viz příloha č. 1). Hodnoty jsou uvedeny v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a v ng/m^3 - kovy a PAU.....	72



**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 2016

1. vydání, 124 stran