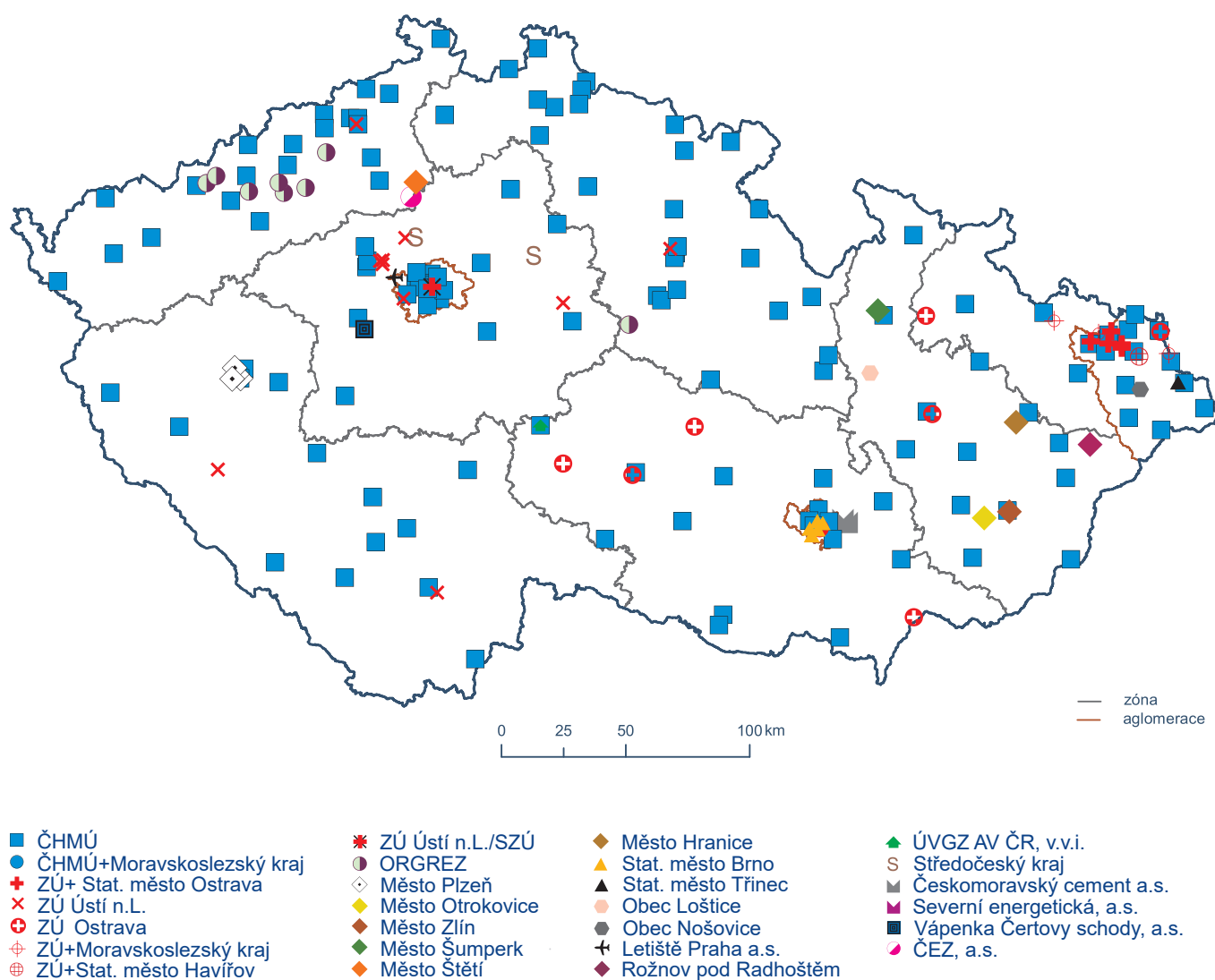


# I. ÚVOD

Znečištěné ovzduší má prokazatelně nepříznivé účinky na lidské zdraví. Znečišťující látky mohou způsobit širokou škálu zdravotních problémů od méně závažných až po vážná onemocnění a zvyšují zátěž imunitního systému, což může vést k předčasné úmrtnosti. To vyvolává také značné ekonomické dopady, protože rostou náklady na zdravotní péči a snižuje se produktivita ve všech hospodářských odvětvích kvůli zvýšení pracovní neschopnosti. Znečišťující látky nepříznivě působí i na vegetaci, mohou ovlivnit její růst a způsobit snížení výnosů zemědělských plodin

a lesů. Jsou i příčinou eutrofizace a acidifikace půdních a vodních ekosystémů a následné změny druhové skladby a úbytku rostlinných a živočišných druhů. Řada znečišťujících látek má schopnost se v prostředí kumulovat, negativně ovlivňovat ekosystémy a přecházet do potravního řetězce. Znečišťující látky jsou přenášeny v atmosféře a mohou tak ovlivňovat kvalitu ovzduší jak v nejbližším okolí samotného zdroje znečištění, tak ve vzdálenějších oblastech. Dále mají některé z nich přímý nebo nepřímý vliv na klimatický systém Země. Nutné je zmínit i poškozování materiálů



Obr. I.1 Staniční síť sledování kvality venkovního ovzduší ČR, 2021

a budov, často historického významu, působením znečišťujících látek v ovzduší. Snaha omezit působení těchto dopadů rovněž vyvolává ekonomické náklady související nejen se sanací vzniklých škod, ale také s výzkumem zaměřeným na oblast kvantifikace znečištění i souvisejících externalit.

I přes řadu realizovaných opatření v minulých letech produkují jednotlivé typy zdrojů takové množství emisí, které je v kombinaci s meteorologickými a rozptylovými podmínkami příčinou překračování imisních limitů některých škodlivých látek. V současnosti představují ze sledovaných znečišťujících látek největší problém suspendované částice a na ně vázané polycyklické aromatické uhlovodíky. V jarním a letním období jsou na řadě lokalit překračovány imisní limity přízemního ozonu.

Konkrétní podíl jednotlivých zdrojů na znečištění venkovního ovzduší je však v různých oblastech odlišný, záleží na skladbě zdrojů v dané lokalitě, ale také na přenosu škodlivin z jiných oblastí. Míra znečištění ovzduší je objektivně zjišťována pomocí sítě měřicích stanic, které monitorují koncentrace znečišťujících látek venkovního ovzduší (imise) v přízemní vrstvě atmosféry (Obr. I.1). Na základě pověření Ministerstva životního prostředí (MŽP) provozuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) Státní imisní síť na území ČR, Informační systém kvality ovzduší ČR (ISKO) a rutinně zpracovává naměřené imisní hodnoty ve formě tabelárních a grafických přehledů.

Znečišťující látky, které jsou sledovány a hodnoceny vzhledem k prokazatelně škodlivým účinkům na zdraví populace nebo na

**Tab. I.1 Přehled imisních limitů (IL) vyhlášených pro ochranu zdraví lidí a povolený počet překročení limitní hodnoty, horních a dolních mezí pro posuzování podle zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění, a vyhlášky č. 330/2012 Sb., o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích**

Znečišťující látka	Doba průměrování	Mez pro posuzování [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]		Hodnota imisního limitu [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]
		Dolní mez pro posuzování	Horní mez pro posuzování	
<b>SO<sub>2</sub></b>	1 hodina	—	—	<b>350</b> max. 24× za rok
	24 hodin	<b>50</b> max. 3× za rok	<b>75</b> max. 3× za rok	<b>125</b> max. 3× za rok
<b>NO<sub>2</sub></b>	1 hodina	<b>100</b> max. 18× za rok	<b>140</b> max. 18× za rok	<b>200</b> max. 18× za rok
	kalendářní rok	<b>26</b>	<b>32</b>	<b>40</b>
<b>CO</b>	maximální denní 8h klouzavý průměr	<b>5 000</b>	<b>7 000</b>	<b>10 000</b>
<b>benzen</b>	kalendářní rok	<b>2</b>	<b>3,5</b>	<b>5</b>
<b>PM<sub>10</sub></b>	24 hodin	<b>25</b> max. 35× za rok	<b>35</b> max. 35× za rok	<b>50</b> max. 35× za rok
	kalendářní rok	<b>20</b>	<b>28</b>	<b>40</b>
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	kalendářní rok	<b>12</b>	<b>17</b>	<b>20<sup>a)</sup></b>
<b>Pb</b>	kalendářní rok	<b>0,25</b>	<b>0,35</b>	<b>0,5</b>
<b>As</b>	kalendářní rok	<b>0,0024</b>	<b>0,0036</b>	<b>0,006</b>
<b>Cd</b>	kalendářní rok	<b>0,002</b>	<b>0,003</b>	<b>0,005</b>
<b>Ni</b>	kalendářní rok	<b>0,010</b>	<b>0,014</b>	<b>0,020</b>
<b>benzo[a]pyren</b>	kalendářní rok	<b>0,0004</b>	<b>0,0006</b>	<b>0,001</b>
<b>O<sub>3</sub></b>	maximální denní 8h klouzavý průměr	—	—	<b>120<sup>b)</sup></b> 25× v průměru za 3 roky

a) V roce 2020 vstoupil v souvislosti s právními předpisy EU v platnost přísnější imisní limit 20  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  pro roční průměrnou koncentraci PM<sub>2,5</sub>. Do roku 2019 včetně platil imisní limit 25  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .

b) V případě dodržení imisního limitu při maximálním počtu překročení v zóně nebo aglomeraci je třeba usilovat o dosažení nulového počtu překročení (doba průměrování je jeden rok).

vegetaci a ekosystémy, mají stanoveny imisní limity. Při hodnocení kvality ovzduší jsou především porovnávány zjištěné úrovně koncentrací s příslušnými imisními limity (Tab. I.1 a I.2), případně s přípustnými četnostmi překročení těchto limitů, což jsou úrovně koncentrací, které by podle platné legislativy neměly být překračovány. Stručná charakteristika znečišťujících látek, přehled jejich emisních zdrojů a jejich dopadů jsou uvedeny v Tab. I.5.

Hodnoty imisních limitů vycházejí z doporučených hodnot Světové zdravotnické organizace (WHO), kterou byly určeny na základě řady epidemiologických studií. V případě bezprahově působících látek jsou imisní limity odvozeny ze stanovených hodnot karcinogenního rizika (Tab. I.3 a I.4). V zájmu ochrany veřejného zdraví doporučuje WHO zachování úrovně znečišťujících látek v ovzduší dokonce na nižší úrovni, než pro kterou byly nepříznivé dopady na zdraví zdokumentovány. Nicméně tyto hodnoty vycházejí ze závěrů souvisejících se zdravotními dopady znečištění ovzduší a neberou v potaz otázky týkající se technické a ekonomické proveditelnosti a další politické a sociální faktory. Z tohoto důvodu mohou být hodnoty imisních limitů stanovených legislativou vyšší, ale proces směřující ke splnění doporučených hodnot WHO musí být všeobecně podporován (WHO 2013).

Doporučené hodnoty pro kvalitu ovzduší z hlediska ochrany zdraví vydává WHO pravidelně od roku 1987 s cílem pomoci vládám a občanským společnostem snížit expozici osob znečištěnému ovzduší a jeho nežádoucím účinkům. Další doporučené hodnoty WHO pro kvalitu ovzduší byly publikovány v roce 2006 (WHO 2006). Tato globální aktualizace měla významný vliv na směrnice týkající se zmírnění znečištění ovzduší po celém světě. Od vydání doporučených hodnot v roce 2006 uplynulo více než 15 let. Od té doby došlo k výraznému nárůstu kvality a množství důkazů poukazujících na nežádoucí vliv znečištěného ovzduší na zdraví. Aktualizace doporučených hodnot WHO pro kvalitu ovzduší byla zahájena v roce 2016 na základě značného vědeckého pokroku a globálního významu těchto hodnot. V září 2021 vydala WHO nové doporučené hodnoty pro kvalitu ovzduší pro šest znečišťujících látek (tzv. klasické polutanty, tj.  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$ ,  $SO_2$

a  $CO$ ; Tab. I.3), pro které nejvíce pokročily poznatky o účincích jejich vlivu na lidské zdraví (WHO 2021).

V návaznosti na Zelenou dohodu pro Evropu dochází v současné době k revizi směrnic o kvalitě ovzduší. Cílem revize je užší sladění imisních limitů s vědeckými poznatky včetně nejnovějších doporučení WHO, zlepšení legislativního rámce pro kvalitu ovzduší a posílení monitorování a modelování kvality ovzduší a plánů kvality ovzduší (EC 2022).

## I.1 Politický a legislativní rámec ochrany čistoty ovzduší

Základním strategickým dokumentem EU v oblasti posuzování a řízení kvality ovzduší je Tematická strategie o znečišťování ovzduší (dále Strategie). Cílem Strategie, v souladu s 6. akčním programem pro životní prostředí, je dosáhnout „úrovně znečištění jakosti vzduchu, které nepředstavuje rizika pro lidské zdraví a pro životní prostředí, ani na ně nemá výrazně negativní dopad“. Na základě Strategie z roku 2005 provedla Evropská komise komplexní přezkum stávající politiky EU v oblasti ochrany ovzduší. Výsledkem bylo přijetí balíčku opatření (Clean Air Policy Package) v prosinci roku 2013. Balíček obsahuje např. programový dokument „Čisté ovzduší pro Evropu“ s novými cíli kvality ovzduší pro období do roku 2030 (EC 2013).

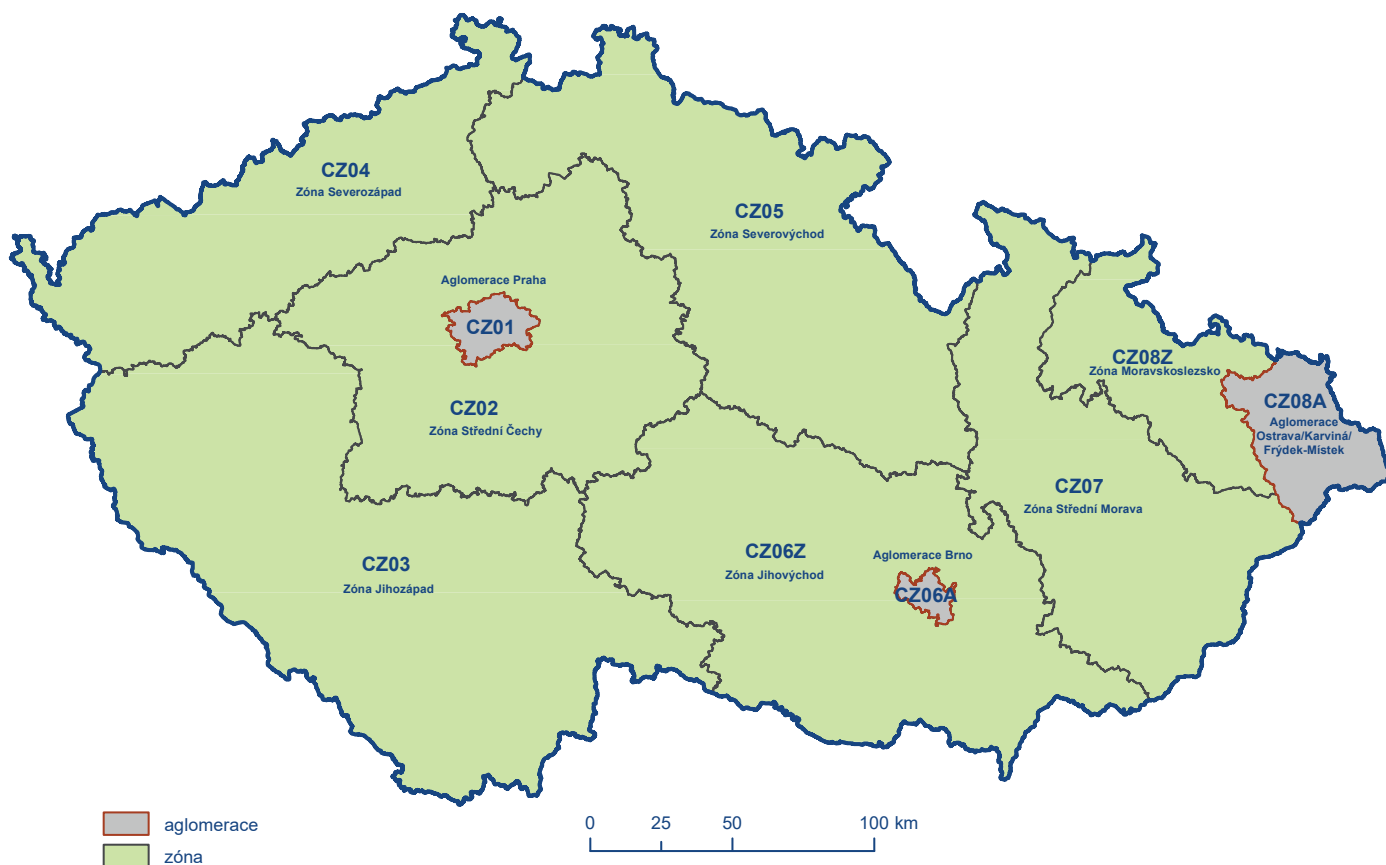
Hlavními nástroji ochrany a zlepšení kvality ovzduší v rámci EU jsou směrnice 2008/50/ES, o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu, směrnice 2004/107/ES, o obsahu arsenu, kadmia, rtuti, niklu a polycyklických aromatických uhlovodíků ve vnějším ovzduší, směrnice 2016/2284/EU, o snížení národních emisí některých látek znečišťujících ovzduší, a směrnice Evrop-

Tab. I.2 Imisní limity (IL) pro ochranu ekosystémů a vegetace dle zákona č. 201/2012 Sb., v platném znění

Znečišťující látka	Doba průměrování	Mez pro posuzování		Hodnota imisního limitu [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]
		Dolní mez pro posuzování	Horní mez pro posuzování	
$SO_2$	rok a zimní období (1. 10. – 31. 3.)	8	12	20
$NO_x$	kalendářní rok	19,5	24	30
$O_3$	AOT40, vypočten z 1h hodnot v období květen–červenec <sup>a)</sup>	—	—	[ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$ ]
				18 000 <sup>b)</sup> průměr za 5 let

a) AOT40 znamená součet rozdílů mezi hodinovou koncentrací větší než  $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (= 40 ppb) a hodnotou  $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  v dané periodě užitím pouze hodinových hodnot změřených každý den mezi 8:00 a 20:00 SEČ.

b) V případě dodržení imisního limitu v zóně nebo aglomeraci ve výši  $18\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$  je třeba usilovat o dosažení imisního limitu ve výši  $6\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$  (doba průměrování je jeden rok).



**Obr. I.2 Zóny a aglomerace pro posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění ovzduší podle zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění**

ského parlamentu a Rady 2010/75/EU, o průmyslových emisích (integrováné prevenci a omezení znečištění). Jedná se také o směrnici komise (EU) 2015/1480 ze dne 28. srpna 2015, kterou se mění několik příloh směrnic Evropského parlamentu a Rady 2004/107/ES a 2008/50/ES, kterými se stanoví pravidla pro referenční metody, ověřování údajů a umístění míst odběru vzorků při posuzování kvality vnějšího ovzduší.

Z evropské legislativy vychází i národní legislativa, upravující hodnocení kvality ovzduší v ČR. Základní právní normou v ČR je zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění (dále „zákon o ochraně ovzduší“), který mimo jiné vymezuje zóny a aglomerace, na jejichž úrovni se hodnotí kvalita ovzduší. Zónou je území vymezené MŽP pro účely sledování a řízení kvality ovzduší; aglomerací je sídelní seskupení, v němž žije nejméně 250 000 obyvatel. Zákon o ochraně ovzduší stanovuje tři aglomerace a sedm zón (Obr. I.2). Podrobnosti pak dále specifikuje vyhláška č. 330/2012 Sb., o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích.

Na základě požadavku Evropské komise připravit ucelenou koncepci řízení kvality ovzduší pro ČR byla zpracována Střednědo-

bá strategie (do roku 2020) zlepšení kvality ovzduší v ČR. Tento koncepční dokument byl schválen v prosinci roku 2015 a shrnuje výstupy základních strategických dokumentů zlepšování kvality ovzduší – Národního programu snižování emisí ČR a deseti programů zlepšování kvality ovzduší (PZKO) zpracovaných pro zóny a aglomerace. Mimo jiné se jedná o podklad pro financování opatření ke snížení emisí a ke zlepšení kvality ovzduší z fondů EU prostřednictvím operačních programů (MŽP 2015).

Ministerstvo životního prostředí zveřejnilo počátkem roku 2020 aktualizovaný Národní program snižování emisí ČR. Česká republika připravuje tento dokument kontinuálně již od roku 2004 a jeho hlavním účelem je zajistit snížení celkové úrovně znečišťování a znečištění ovzduší v ČR. Pracovní skupina, jejímž aktivním účastníkem byl také ČHMÚ, koordinovala jednání pracovních týmů pro jednotlivé zájmové sektory – zemědělství, dopravu, veřejnou energetiku a lokální vytápění domácností. V návaznosti na výstupy těchto jednání a na analytické podklady zahrnující emisní a imisní vyhodnocení situace od roku 2008 byla navržena opatření ke snížení emisí sledovaných znečišťujících látek. Opatření podle jejich povahy jsou rozdělena do tří skupin na opatření prioritní, podpurná a průřezová. Pro implementaci jednotlivých opatření byl určen příslušný odpovědný gestor. V případě prio-

Tab. I.3 Doporučené hodnoty WHO pro ochranu lidského zdraví (WHO 2000, WHO 2006, WHO 2021)

	Doba průměrování	Doporučená hodnota platná do roku 2020	Doporučená hodnota platná od roku 2021
<b>PM<sub>10</sub></b>	kalendářní rok	20 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	15 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
	24 hodin <sup>c)</sup>	50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	45 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	kalendářní rok	10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
	24 hodin <sup>c)</sup>	25 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	15 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
<b>benzo[a]pyren<sup>a)</sup></b>		není stanovena	
<b>NO<sub>2</sub></b>	kalendářní rok	40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
	24 hodin <sup>c)</sup>		25 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
	1 hodina	200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
<b>O<sub>3</sub></b>	maximální denní 8h klouzavý průměr <sup>c)</sup>	100 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	100 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
	hlavní sezona <sup>d)</sup>		60 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
<b>benzen<sup>a)</sup></b>		není stanovena	
<b>Pb</b>	kalendářní rok	0,5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	
<b>Cd<sup>a, b)</sup></b>		není stanovena	
<b>As<sup>a)</sup></b>		není stanovena	
<b>Ni<sup>a)</sup></b>		není stanovena	
<b>SO<sub>2</sub></b>	24 hodin <sup>c)</sup>	20 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
	10 minut	500 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	500 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
<b>CO</b>	15 minut	100 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	100 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
	1 hodina	30 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	35 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
	8 hodin	10 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	10 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
	24 hodin <sup>c)</sup>		4 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

a) Jedná se o karcinogenní látky pro lidský organismus. Nelze proto stanovit bezpečnou úroveň látky. Doporučená hodnota WHO není stanovena. Více informací o rizicích vzniku rakoviny viz WHO (2000). WHO u bezprahově působících látek stanovuje pouze hodnotu jednotkového rizika (UCR). Hodnota UCR pro celoživotní riziko při expozici 1  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ : pro benzen  $6 \times 10^{-6}$ , pro benzo[a]pyren  $8,7 \times 10^{-2}$ , pro Cd  $4,9 \times 10^{-4}$ , pro Ni  $3,8 \times 10^{-4}$ , pro As  $1,5 \times 10^{-3}$ .

b) Doporučená hodnota kadmia ve venkovním ovzduší k zabránění dalšího nárůstu tohoto prvku v zemědělských půdách je 0,005  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .

c) Stanoveno jako 99. percentil.

d) Průměr z denních maximálních 8hodinových koncentrací O<sub>3</sub> za šest po sobě jdoucích měsíců s nejvyšší šestiměsíční klouzavou průměrnou koncentrací O<sub>3</sub>.

ritních opatření byl kromě gestora určen i termín jejich splnění, způsob implementace a indikátory pro sledování jejich realizace. Rovněž byly definovány způsoby a odhadnuty přínosy opatření ke snížení emisí pod úroveň emisních stropů, stanovených požadavky směrnice 2016/2284/EU (viz kapitola II.).

V případě, že je v zóně nebo aglomeraci překročen imisní limit, nebo v případě, že je v zóně nebo aglomeraci imisní limit překročen vícekrát, než je stanovený maximální povolený počet překročení hodnoty imisního limitu, je povinností MŽP ve spolupráci s příslušným krajským úřadem nebo obecním úřadem zpracovat do 18 měsíců od konce kalendářního roku pro danou zónu nebo

aglomeraci program zlepšování kvality ovzduší. Cílem programu je stanovit opatření k dosažení požadované kvality ovzduší v době co možná nejkratší. PZKO stanovují opatření zejména na regionální a lokální úrovni.

PZKO 2020+ pro jednotlivé zóny a aglomerace byly vydány ve Věstníku MŽP (MŽP 2020, MŽP 2021). V návaznosti na novelu zákona o ochraně ovzduší z roku 2018 (č. 172/2018 Sb.) nahrazují PZKO 2020+ předchozí programy zlepšování kvality ovzduší z roku 2016. PZKO 2020+ stanovují závazná opatření k dosažení imisních limitů. Tato opatření byla stanovena na základě analýzy příčin znečištění ovzduší a na základě imisní projekce vývoje

kvality ovzduší se zohledněním existujících opatření. Kromě těchto závazných opatření stanovují PZKO 2020+ také tzv. Podpůrná opatření. Podpůrná opatření představují dobrou praxi při řízení kvality ovzduší na všech úrovních a ve všech součástech veřejné správy.

## I.2 Cíle publikace

Ročenka „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2021“, společně s publikovanou datovou ročenkou „Souhrnný tabelární přehled“ (ČHMÚ 2022e) a s metodickým materiálem „Systém sběru, zpracování a hodnocení dat“ (ČHMÚ 2022d) je uceleným přehledem informací o kvalitě ovzduší na území ČR v daném roce. Hodnocení kvality ovzduší vychází z naměřených údajů, shromažďovaných v rámci ISKO, za využití dalších podkladů a matematických nástrojů. Datová ročenka prezentuje verifikovaná naměřená imisní data a údaje o chemickém složení atmosférických srážek z jednotlivých lokalit včetně agregovaných údajů, grafická ročenka poskytuje komentované souhrnné informace v přehledných mapách, grafech a tabulkách.

Souhrnná a úvodní kapitola ročenky zahrnuje nejdůležitější informace o kvalitě ovzduší v daném roce a obecné informace k této problematice. Obsahem dalších kapitol je podrobné zpracování jednotlivých témat týkajících se produkce emisí znečišťujících látek, hodnocení kvality ovzduší na území ČR a situace v Evropě. Publikace obsahuje i informace o emisích skleníkových plynů a atmosférické depozice.

Ročenky kvality ovzduší jsou určeny orgánům a organizacím řešícím a řídícím problematiku životního prostředí a ochrany ovzduší v ČR, jakož i odborné a širší veřejnosti. Ročenky jsou veřejně přístupné na internetových stránkách ČHMÚ, [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz) a [info.chmi.cz](http://info.chmi.cz). Publikace je základním informačním dokumentem o kvalitě ovzduší v ČR, jejím cílem je na základě dostupných dat a informací vyhodnotit stav ovzduší v širších souvislostech.

Ročenka prezentuje hodnocení kvality ovzduší v roce 2021 podle požadavků české legislativy v oblasti ochrany ovzduší. V souladu se zákonem o ochraně ovzduší je hodnocení zaměřeno na vymezení území, kde jsou překračovány imisní limity pro ochranu zdraví a pro ochranu ekosystémů a vegetace (Tab. I.1 a Tab. I.2). V roce 2020 vstoupil v souvislosti s právními předpisy EU v platnost přísnější imisní limit  $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  pro roční průměrnou koncentraci  $\text{PM}_{2,5}$ . Do roku 2019 platil imisní limit  $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Tab. I.4 Doporučené hodnoty WHO pro ochranu vegetace (WHO 2000)

	Doba průměrování	Vegetace	Doporučená hodnota
$\text{NO}_x$	kalendářní rok		$30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
	24 hodin		$75 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
$\text{SO}_2$	rok a zimní období	zemědělské plodiny	$30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
	rok a zimní období	lesy a přírodní vegetace	$20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
	kalendářní rok	lišejníky	$10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
$\text{O}_3$	AOT40, vypočten z 1h hodnot v období květen–červenec	zemědělské plodiny	$6\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
	AOT40, vypočten z 1h hodnot v období duben–říjen	lesy	$20\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
	AOT40, vypočten z 1h hodnot v období květen–červenec	přírodě blízké ekosystémy	$6\,000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$



Tab. I.5 Stručná charakteristika, přehled hlavních emisních zdrojů a hlavních dopadů látek znečišťujících ovzduší

Znečišťující látka a její zdroje	Zdravotní dopady	Environmentální dopady
<p><b>Suspendované částice (atmosférický aerosol)</b>  Atmosférický aerosol jsou pevné a kapalné částice suspendované v ovzduší produkované přírodními i antropogenními zdroji. K přírodním zdrojům patří vulkanická činnost, větrem unášený prach a pyl a přírodní požáry. Největším antropogenním zdrojem částic v ČR je vytápění domácností, silniční doprava, polní práce (sklizeň, orba aj.) a veřejná energetika a výroba tepla.</p> <p>Suspendované částice mohou být primárního či sekundárního původu. Primární částice jsou do ovzduší emitovány přímo, sekundární částice v ovzduší vznikají procesem konverze plyn-částice (gas-to-particle conversion). Hlavními plynnými prekurzory sekundárních částic jsou SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> a VOC (Pöschl 2011; EEA 2013).</p> <p>Velikostní rozsah atmosférického aerosolu zahrnuje pět velikostních řádů – od jednotek nm po stovky μm. Tuto škálu lze na základě podobných vlastností částic rozdělit na částice jemného (částice ≤ 2,5 μm) a hrubého módu (částice ≥ 2,5 μm). Jemné částice jsou produkty zejména nedokonalého spalování, hrubé částice vznikají mechanicky (Hinds 1999; Seinfeld, Pandis 2006). Jemné částice lze dále rozdělit na částice nukleačního, Aitkenova a akumulárního módu. Částice nukleačního módu (&lt; 20 nm)<sup>1</sup> jsou emitovány do ovzduší přímo nebo v něm vznikají, pokud nejsou z atmosféry odstraněny procesem difuze, transformují se do částic Aitkenova módu. Částice Aitkenova módu (20–100 nm) vznikají během spalovacích procesů (Finlayson-Pitts a Pitts 1999). Akumulární mód dosahuje velikostí 100 nm–2,5 μm, je tvořen transformovanými částicemi předchozích dvou módů (Seinfeld a Pandis 2006). Mobilní zdroje produkují částice 10–100 nm. Stacionární zdroje jsou původci částic v rozmezí 50–200 nm. Dálkovým transportem jsou přenášeny částice 100–1000 nm (Gu et al. 2011; Hinds 1999; Zhang et al. 2004; Zhou et al. 2005; Yue et al. 2008). Částice hrubého módu tvoří např. částice půdy, mořská sůl, částice z průmyslových a zemědělských činností. Jejich vysoká sedimentační rychlost určuje krátký čas setrvání v atmosféře v rozsahu několika hodin až dní. Z atmosféry jsou odstraňovány suchou depozicí a srážkami (Hinds 1999; Tomasi a kol. 2017; Seinfeld a Pandis 2006).</p> <p>Legislativní úprava stanovuje emisní limity pro hmotnostní koncentraci částic velikostní frakce PM<sub>10</sub> (částice o průměru ≤ 10 mikrometrů) a PM<sub>2,5</sub> (částice o průměru ≤ 2,5 mikrometrů).</p> <p>Hmotnost částic (zejména ultrajemných &lt; 100 nm) ve standardně měřeném velikostním spektru PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> je v porovnání s jejich počty zanedbatelná. Proto je pro některá hodnocení vlivu aerosolových částic (zdravotní dopady, vliv na klima) využíváno měření počtu částic a jejich velikostní distribuce (Tuch et al. 1997; Stanier et al. 2004).</p>	<p>Suspendované částice mají široké spektrum účinků na srdečně-cévní a respirační ústrojí. Dráždí dýchací cesty, omezují obranné mechanismy a usnadňují vznik infekce, vyvolávají zánětlivou reakci v plicní tkáni, přispívají k oxidačnímu stresu a tím i k rozvoji aterosklerózy, ovlivňují elektrickou aktivitu srdce a od roku 2013 jsou zařazeny mezi prokázané lidské karcinogeny (IARC 2015). Účinek závisí na velikosti, tvaru a složení částic. Krátkodobé zvýšení denních koncentrací částic PM<sub>10</sub> se podílí na nárůstu celkové nemocnosti i úmrtnosti, zejména na onemocnění srdce a cév, na zvýšení počtu osob hospitalizovaných pro onemocnění dýchacího ústrojí, zvýšení kojenecké úmrtnosti, zvýšení výskytu kašle a ztíženého dýchání zejména u astmatiků (SZÚ 2015).</p> <p>Dlouhodobě zvýšené koncentrace mohou mít za následek snížení plicních funkcí, zvýšení nemocnosti na onemocnění dýchacího ústrojí, výskyt symptomů chronického zánětu průdušek a zkrácení délky života zejména z důvodu vyšší úmrtnosti na choroby srdce a cév u starých a nemocných osob a na respirační nemoci včetně rakoviny plic (SZÚ 2015). Pro působení aerosolových částic v ovzduší nebyla zatím zjištěna bezpečná prahová koncentrace.</p>	<p>Ovlivňují radiační bilanci Země, formování oblaků a srážek, dohlednost. Mají přímý (rozptyl přichozího slunečního záření) a nepřímý (jako kondenzační jádra v oblacích ovlivňují odraz záření od oblaků) vliv na radiační bilanci Země. Atmosférické aerosoly odrážejí a/nebo absorbují sluneční záření a tak přispívají k ochlazení či oteplování klimatického systému Země (IPCC, 2013).</p> <p>Částice mají vliv na zvířata jako na lidi; ovlivňují rostlinný růst a ekosystémové procesy; mohou poškodit a pošpinit budovy (EEA 2013).</p>

1 Velikostní rozsah pro jednotlivé módy se mohou v literatuře lišit a to zejména pro velikostní rozsah nukleačního módu. Pro zpracování a hodnocení je v následujících textech použita velikost nukleačního módu dle (Young and Keeler 2007).

Znečišťující látka a její zdroje	Zdravotní dopady	Environmentální dopady
<p><b>Benzo[a]pyren</b> Benzo[a]pyren, který se v ovzduší vyskytuje převážně navázaný na částice, je vhodným markerem znečištění ovzduší PAH. Důvodem je jeho stabilita a relativně konstantní příspěvek ke karcinogenní aktivitě směsi PAH vázaných na částicích (EC 2001a). Mezi hlavní zdroje benzo[a]pyrenu v ČR patří vytápění domácností.</p>	<p>PAH představují skupinu látek, z nichž řada má toxické, mutagenní či karcinogenní vlastnosti, patří mezi endokrinní disruptory (látky poškozující funkci žláz s vnitřní sekrecí) a působí imunosupresivně. Ovlivňují růst plodu; prenatální expozice PAH souvisí s výrazně nižší porodní váhou (Choi et al. 2006) a pravděpodobně také s negativním ovlivněním kognitivního vývoje malých dětí (Edwards et al. 2010). Samotný benzo[a]pyren je klasifikován jako prokázaný lidský karcinogen (IARC 2020).</p>	<p>PAH mají schopnost bioakumulace, mohou přecházet do potravního řetězce (Brookes et al. 2013, EEA 2013).</p>
<p><b>Oxidy dusíku</b> Jako oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) jsou označovány oxid dusnatý (NO) a oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>). Více než 90 % antropogenních emisí NO<sub>x</sub> představují emise NO. Hlavním antropogenním zdrojem NO<sub>x</sub> v ČR je silniční doprava a veřejná energetika a výroba tepla.</p>	<p>Z hlediska vlivu na lidské zdraví lze za nejdůležitější formu považovat NO<sub>2</sub> (WHO 2005). NO<sub>2</sub> postihuje především dýchací systém. Hlavním efektem krátkodobého působení vysokých koncentrací NO<sub>2</sub> je nárůst reaktivity dýchacích cest a z toho vyplývající nárůst obtíží astmatiků (Samet et al. 2000). Expozice NO<sub>2</sub> snižuje plicní funkce a zvyšuje u dětí riziko respiračních onemocnění v důsledku snížené obranyschopnosti vůči infekci (EEA 2013, Peel et al. 2005). Působení NO<sub>2</sub> je spojováno také se zvýšením celkové, kardiovaskulární a respirační úmrtnosti (Stieb et al. 2003, Samoli et al. 2003), ale je obtížné oddělit účinky dalších, současně působících látek, zejména aerosolu (WHO 2005), uhlovodíků, ozonu a dalších (Brauer et al. 2002).</p>	<p>NO<sub>x</sub> přispívají k acidifikaci a eutrofizaci půd a vod. Vysoké koncentrace NO<sub>x</sub> mohou poškodit rostliny. NO<sub>x</sub> jsou prekurzory přízemního ozonu a částic (EEA 2013, Brookes et al. 2013).</p>
<p><b>Přízemní ozon</b> Ozon (O<sub>3</sub>) je sekundární znečišťující látka bez vlastního emisního zdroje, vzniká jako součást fotochemického smogu. Vzniká za účinku slunečního záření soustavou reakcí zejména mezi NO<sub>x</sub>, VOC a kyslíkem (EEA 2013). Ozon může být transportován na velké vzdálenosti, kumulovat se a dosáhnout vysokých koncentrací daleko od místa svého vzniku (Brookes et al. 2013).</p>	<p>Hlavní účinek ozonu na lidský organismus je dráždivý. Dráždí oční spojivky, nosní sliznice a průdušky. Krátkodobé studie ukazují, že koncentrace O<sub>3</sub> mohou mít nepříznivé účinky na funkci plic vedoucí k jejich zánětu a respiračním problémům (EEA 2013). Ve vyšších koncentracích dojde drážděním dýchacích cest k jejich zúžení a ztíženému dýchání. Zvýšeně citlivé vůči ozonu jsou osoby s chronickými obstrukčními onemocněními plic a astmatem. Vyšší koncentrace ozonu jsou spojovány se zvýšením denní úmrtnosti (WHO 2005).</p>	<p>Poškozuje vegetaci, ovlivňuje rostlinný růst a zapříčiňuje ztrátu výnosů zemědělských plodin, jeho působením může dojít k poškození lesních ekosystémů a snížení biodiverzity (EEA 2013).</p>
<p><b>Benzen</b> Benzen je v ovzduší přítomen zejména v důsledku antropogenní činnosti. Emise benzenu jsou do ovzduší vnášeny výfukovými plyny i odpařováním z palivových systémů vozidel. Významné množství emisí benzenu vzniká při spalování pevných paliv v domácnostech, dále při plošném použití organických rozpouštědel nebo při těžbě paliv.</p>	<p>Benzen patří mezi karcinogenní látky pro člověka (IARC 2020). Při vysokých koncentracích může mít hematotoxické, genotoxické a imunotoxické účinky (SZÚ 2015).</p>	<p>Schopnost bioakumulace; může poškodit listy zemědělských plodin a způsobit smrt rostlin (EEA 2013).</p>
<p><b>Olovo</b> Většina olova obsaženého v atmosféře pochází z antropogenních emisí. Mezi hlavní zdroje v ČR patří výroba železa a oceli, silniční doprava (otěry pneumatik a brzd), domácnosti a veřejná energetika a výroba tepla.</p>	<p>Při dlouhodobé expozici lidského organismu se projevují účinky na biosyntézu hemu, nervový systém a krevní tlak. Expozice olovem představuje riziko i pro vyvíjející se plod, může negativně ovlivnit vývoj mozku a následně ovlivnit duševní vývoj (Černá 2011; EEA 2013). Z hlediska karcinogenity pro člověka je olovo zařazeno do skupiny 2B – možné karcinogenní účinky (IARC 2020).</p>	<p>Olovo se může hromadit v tělech organismů (bioakumulace) jako jsou ryby, a může přecházet do potravního řetězce (Brookes et al. 2013, EEA 2013).</p>
<p><b>Kadmium</b> je navázáno převážně na částice s aerodynamickým průměrem do 2,5 μm (EC 2001b). Mezi hlavní zdroje v ČR patří domácnosti (vytápění, ohřev vody, vaření), veřejná energetika a výroba tepla, výroba železa a oceli a výroba skla.</p>	<p>Dlouhodobá expozice kadmium ovlivňuje funkci ledvin. Může také negativně ovlivnit dýchací soustavu; mezi důsledky vlivu kadmia patří i rakovina plic (WHO 2000).</p>	<p>Schopnost bioakumulace (EEA 2013).</p>



Znečišťující látka a její zdroje	Zdravotní dopady	Environmentální dopady
<p><b>Arsen</b> se vyskytuje převážně v částicích s aerodynamickým průměrem do 2,5 µm (EC 2001b). Mezi hlavní zdroje v ČR patří domácnosti (vytápění, ohřev vody, vaření), veřejná energetika a výroba tepla a výroba skla.</p>	<p>Vysoké koncentrace způsobují poškození nervového systému (SZÚ 2015a). Kritickým účinkem dlouhodobého vdechování arsenu je rakovina plic (EC 2001b; WHO 2000).</p>	<p>Schopnost bioakumulace; snížení růstu a výnosů rostlin rostoucích na půdách s obsahem arsenu (EEA 2013).</p>
<p><b>Nikl</b> Nikl se vyskytuje v částicích v několika chemických sloučeninách, které se liší svou toxicitou pro lidské zdraví i ekosystémy. Mezi hlavní zdroje v ČR veřejná energetika a výroba tepla a spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví a domácnosti.</p>	<p>Může ovlivnit dýchací soustavu a obranyschopnost člověka (WHO 2000; EEA 2013). Sloučeniny niklu jsou klasifikovány jako prokázaný lidský karcinogen, kovový nikl a jeho slitiny jako možný karcinogen (IARC 2020).</p>	<p>Nikl může znečišťovat půdy a vodu.</p>
<p><b>Oxid siřičitý</b> Oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>) je emitován do ovzduší při spalování paliv s obsahem síry. Mezi hlavní zdroje SO<sub>2</sub> v ČR patří veřejná energetika a výroba tepla a vytápění domácností.</p>	<p>Má dráždivé účinky na oči a dýchací soustavu. Vysoké koncentrace SO<sub>2</sub> mohou způsobit respirační potíže. Zánět dýchacích cest způsobuje kašel, vylučování hlenu, zhoršení astmatu a chronické bronchitidy a zvyšuje náchylnost k infekcím dýchacích cest. Lidé trpící astmatem a chronickým onemocněním plic jsou k působení SO<sub>2</sub> zvláště citliví (EC 1997; WHO 2014).</p>	<p>SO<sub>2</sub> přispívá k acidifikaci prostředí. SO<sub>2</sub> přispívá i ke vzniku sekundárních suspendovaných částic, u kterých je prokázán negativní dopad na lidské zdraví (EEA 2013).</p>
<p><b>Oxid uhelnatý</b> Oxid uhelnatý (CO) je plyn, který vzniká v důsledku nedokonalého spalování fosilních paliv. V ČR je největším zdrojem emisí CO vytápění domácností, silniční doprava, spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví (železo a ocel) a výroba železa a oceli.</p>	<p>Váže se na krevní barvivo (hemoglobin) lépe než kyslík, a dochází tak ke snížení kapacity krve pro přenos kyslíku. Prvními subjektivními příznaky otravy jsou bolesti hlavy, poté zhoršení koordinace a snížení pozornosti. Nejvíce citliví k působení CO jsou opět lidé s kardiovaskulárním onemocněním (EEA 2013). Toxické účinky CO se projeví nejvíce v orgánech a tkáních s vysokou spotřebou kyslíku, jako je mozek, srdce a kosterní svalstvo. Nebezpečný je také pro vyvíjející se plod (WHO 2000).</p>	<p>CO může přispívat ke vzniku přízemního ozonu (EEA 2013, Brookes et al. 2013).</p>
<p><b>Elementární uhlík</b> Elementární uhlík (EC) je produktem nedokonalého spalování organických materiálů (uhlí, oleje, benzínu, dřeva a biomasy) (Schwarz et al. 2008). EC je emitován do ovzduší pouze přímo (primární částice). Kromě termínu EC je používán také termín černý uhlík (BC). Černý a elementární uhlík v podstatě označují stejný komponent atmosféry. Zatímco EC obsahuje pouze uhlík, BC může obsahovat kromě EC i organické příměsi (Chow et al. 2009; Husain et al. 2007; Petzold et al. 2013). Používání terminologie pro označení elementárního a černého uhlíku se liší v pojetí charakteru této látky. Termín EC definuje též vlastnosti, označení černý uhlík (BC) popisuje absorpční vlastnosti napříč spektrem viditelných vlnových délek (Seinfeld, Pandis 2006).</p>	<p>EC je součástí jemné frakce aerosolových částic (PM<sub>2,5</sub>). Z hodnocení zdravotních dopadů PM<sub>2,5</sub> na lidské zdraví vyplynulo, že variabilitu epidemiologických výsledků nelze vysvětlit pouze proměnlivostí koncentrací PM<sub>2,5</sub> v prostoru. Příčinou mohou být právě více toxikologicky aktivní složky PM<sub>2,5</sub> (Luben et al. 2017). EC (resp. BC) oproti OC lépe prostupuje do lidského těla a zhoršuje onemocnění srdce a plic (Na, Cocker 2005).</p>	<p>BC silně absorbuje sluneční záření a významně přispívá k oteplení klimatického systému Země (Bachmann 2009).</p>
<p><b>Organický uhlík</b> Organický (OC) uhlík vzniká při nedokonalém spalování, produkci biogenních částic (viry, bakterie, pyl, houbové spory a všechny druhy fragmentů z vegetace) a resuspenzí prachu spojené s dopravou (Schwarz et al. 2008). OC je jak primární, tak i sekundární částice tj. může vznikat reakcemi plynných organických prekurzorů.</p>	<p>OC je součástí jemné frakce aerosolových částic (PM<sub>2,5</sub>). Organické částice (včetně organického uhlíku), jež mohou obsahovat mimo jiné frakce polycyklických organických uhlovodíků (PAH), jsou studovány pro jejich karcinogenitu a mutagenní účinky (Seinfeld, Pandis 2006; Satsangi et al. 2012).</p>	<p>OC rozptyluje sluneční záření, což má ochlazující účinek na klimatický systém Země (IPCC 2013).</p>