

Nová metodika pro stanovení tříd rozptylových podmínek pomocí ventilačního indexu

New methodology for determining dispersion condition classes using the ventilation index

Hana Škáčhová, Josef Keder

Český hydrometeorologický ústav
Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4-Komořany
✉ hana.skachova@chmi.cz

The actual method of assessing dispersion conditions has ceased to meet current knowledge about their influence on the level of pollutant concentrations, and there is a need to find a simple and more accurate tool for assessing and predicting dispersion conditions, especially with a focus on suspended PM₁₀ particles. Based on the requirements of the forecasting departments of the Czech Hydrometeorological Institute, the methodology for defining dispersion conditions was revised and subsequently updated in 2024. The new methodology is based on the calculation of the ventilation index that has been part of the ALADIN model since 2013. It is based on the intervals of PM₁₀ concentration deciles and the corresponding ventilation index thresholds assigned to them, defining individual classes of dispersion conditions. The threshold values of individual classes of dispersion conditions correspond to the median values in the relevant decile classes (rounded to hundreds). Verification of the methodology on data not used in the classification design shows that the proposed classification is logical, functional, and applicable for routine operation. Compared to the previous classification, four classes of dispersion conditions are now proposed, namely poor, moderately poor, good and very good dispersion conditions. Dispersion conditions are essential for assessing the level of air pollution, therefore it is necessary to pay sufficient attention to the retrospective assessment of dispersion conditions from a long-term perspective. For this assessment, a comprehensive PTRP parameter was proposed within the individual classes of dispersion conditions, including a verbal assessment of deviations from the normal 1991–2023, using ventilation index data from the reanalysis of the ALADIN model.

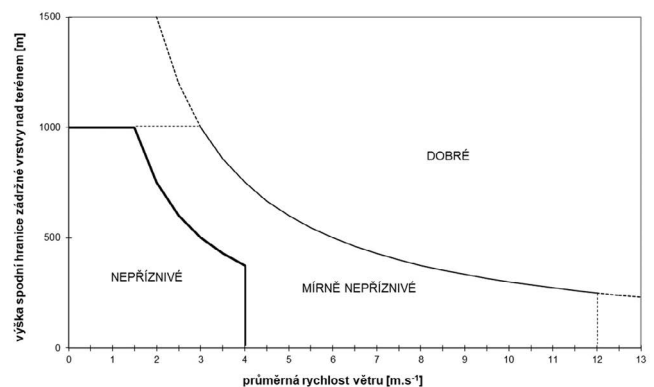
KLÍČOVÁ SLOVA: kvalita ovzduší – podmínky rozptylové – index ventilační – částice suspendované – model ALADIN

KEYWORDS: air quality – dispersion conditions – ventilation index – suspended particles – ALADIN model

1. Úvod

Rozptylové podmínky (RP) jsou takové podmínky, které charakterizují schopnost atmosféry rozptýlovat znečišťující látky (eMS 2024) a jsou formovány řadou faktorů ovlivňujících rozptyl. Mezi tyto faktory patří zejména stabilita teplotního zvrstvení, rychlost a směr větru. Studium vlivu meteorologických podmínek na kvalitu ovzduší se věnoval nespočet autorů již od poloviny minulého století (Wilkins 1954; Scorer 1968; Shenfeld 1970; Turner 1994). Problematika vazeb mezi meteorologickými podmínkami, kvalitou ovzduší a vlivem na lidské zdraví se postupně dostala do popředí zájmu i mimo evropské teritorium (Zhou et al. 2021; Aladag 2023). Vliv specifických klimatických a geografických podmínek České republiky popisují například (Rein 1971; Böhm et al. 1974; Novák 2004 a Škáčhová 2020).

V souvislosti se zavedením prognózního signálního systému pro regulaci emisí na území Severočeského kraje v první polovině 70. let 20. století vznikla potřeba verbálního a kvantitativního hodnocení podmínek pro rozptyl znečišťujících látek v ovzduší. V tehdejší kontextu se jednalo o oxid siřičitý SO₂. Rozptylové podmínky (RP) byly hodnoceny na základě teplotního rozdílu mezi přízemní teplotou vzduchu a teplotou v tlakové hladině 850 hPa. Později kolektiv pracovníků Regionálního předpovědního pracoviště (RPP) Ústí nad Labem navrhl grafickou pomůcku (nomogram; obr. 1) pro hodnocení RP



Obr. 1 Graf závislosti rozptylových podmínek na rychlosti větru a výšce spodní hranice inverze, zdroj: ČHMÚ Regionální předpovědní pracoviště Ústí nad Labem.

Fig. 1. Graph of the dependence of dispersion conditions on wind speed and the height of the lower boundary of the inversion, source: Czech Hydrometeorological Institute, Regional Forecast Office Ústí nad Labem.

v Severočeském kraji, kde vstupními parametry byly průměrná rychlost větru a výška dolní hranice zádržné vrstvy nad terémem (Jůza 1996).

Keder a Škáchová (2011), vycházející z práce Ferguson (2001), navrhli pro hodnocení RP využití ventilačního indexu (VI), tedy součinu výšky směšovací vrstvy a průměrné rychlosti větru v této vrstvě, a to včetně hranic velikosti VI pro stanovení 4 tříd RP a jejich verbálních hodnocení (zhoršené, uspokojivé, dobré a výborné). Pro celoplošné hodnocení RP na území ČR bylo využito modelu ALADIN (Brožková et al. 2019) a následně byly přijaty nové hranice pro definici tříd RP a jejich verbální hodnocení (nepříznivé, mírně nepříznivé a dobré), které se používají dosud. Nepříznivé RP jsou definovány hodnotami VI do 1 100 m²·s⁻¹ včetně, mírně nepříznivé RP hodnotami VI od 1 100 do 3 000 m²·s⁻¹ včetně a dobré RP hodnotami VI nad 3 000 m²·s⁻¹. Je nutno zdůraznit, že nepříznivé RP nemusí nutně znamenat vysoké koncentrace znečišťujících látek. Záleží na délce trvání situace, výchozí úrovni znečištění, rozložení zdrojů a jejich emisích do vrstvy pod zádržnou vrstvou. Naopak k významným a plošně rozsáhlým překročením imisních limitů dochází téměř výhradně při hodnotách ventilačního indexu pod 3 000 m²·s⁻¹, tedy za mírně nepříznivých a nepříznivých RP (Škáchová 2020).

S postupem let přestala původní metodika vyhovovat aktuálním poznatkům o vlivu atmosférických podmínek na úroveň znečištění ovzduší a vyvstala potřeba najít jednoduchý a přesnější nástroj pro hodnocení a předpověď RP, zejména se zaměřením na hodnocení a predikci úrovně znečištění ovzduší suspendovanými částicemi PM₁₀. Na základě požadavků pracovníků předpovědních pracovišť ČHMÚ proběhla v roce 2024 revize a následná aktualizace metodiky definice RP. Nová metodika je založena na výpočtu VI, který je od roku 2013 součástí modelu ALADIN.

Ventilační index, jak vyplývá z dříve uvedené definice (Ferguson 2001; Fergusson et. al 2003; Keder a Škáchová 2011; Kiefer et. al 2019), reprezentuje vertikální promíchávání a stabilitu atmosféry (výška směšovací vrstvy) a horizontální přenos znečištění (rychlost větru). Mezi VI, výškou směšovací vrstvy a rychlostí přízemního větru panuje úzká vazba. Při stejné rychlosti přízemního větru budou za instabilních podmínek a velké výšce směšovací vrstvy hodnoty VI vysoké, naopak v případě silné inverze počínající blízko u země budou hodnoty VI nízké. Závislost koncentrací PM₁₀ na VI a dalších meteorologických faktorech, včetně souvislosti s typem synoptické situace, na třech stanicích Státní sítě imisního monitoringu (SSIM) byla řešena v článku Škáchová (2024). Z provedené analýzy vyplývá, že koncentrace PM₁₀ jsou nejvíce závislé právě na VI, ve výrazně menší míře pak na teplotě a rychlosti větru, což dokládá opodstatněnost zahrnutí výšky směšovací vrstvy do hodnocení RP. Závislost koncentrací na VI je po celý rok nepřímo úměrná, závislost na teplotě je v chladné sezoně (říjen–březen) nepřímo úměrná, v teplé sezoně (duben–září) přímo úměrná. S ohledem na rozložení tlakových útvarů lze konstatovat, že epizody vysokých koncentrací PM₁₀ nastávají nejčastěji při anticyklonálních situacích, a to zejména situacích, kdy se střed anticyklony nachází nad ČR nebo nad ČR zasahuje její týlová část a dochází k vytváření mohutných teplotních inverzí, útlumu rychlosti větru a nízkým hodnotám VI.

RP jsou zásadní pro hodnocení úrovně znečištění ovzduší, proto je potřeba věnovat dostatečnou pozornost i zpětnému hodnocení RP z dlouhodobého hlediska. V roce 2023 byla dokončena reanalýza modelu ALADIN zpětně do roku 1989 včetně

dat VI. Tato data byla využita pro návrh způsobu dlouhodobého hodnocení RP, který je v článku rovněž uveden.

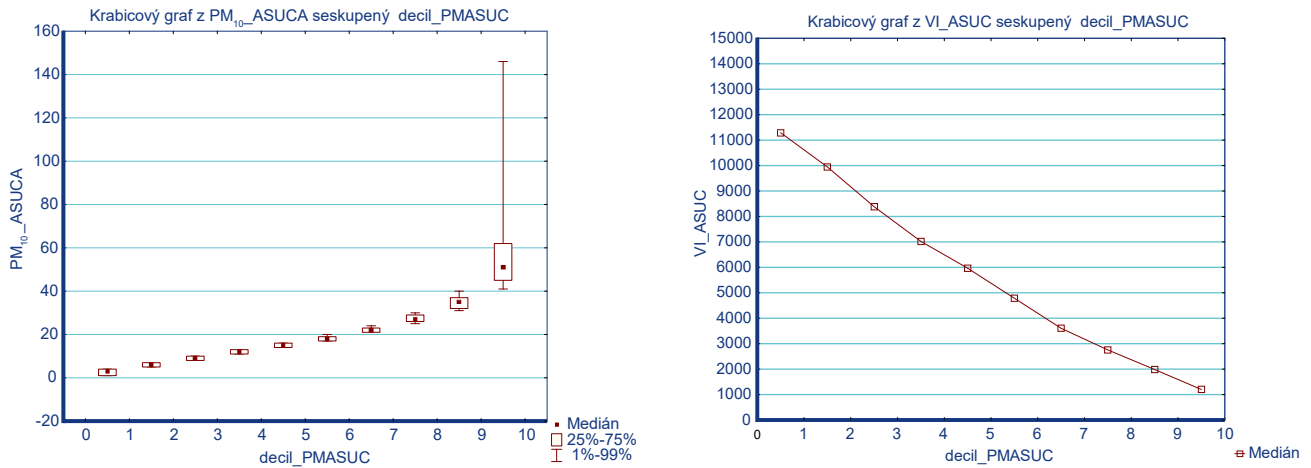
2. Použitá data

Pro účely nové metodiky bylo vybráno 48 stanic Automatizovaného imisního monitoringu Státní sítě imisního mo-

Tab. 1 Stanice AIM použité pro návrh metodiky hodnocení RP.

Table 1. AIM stations used for the proposal of the dispersion conditions assessment methodology.

Kód	Název
AKOB	Praha 8-Kobylisy
ALIB	Praha 4-Libuš
ARIE	Praha 2-Riegrovy sady
ASTO	Praha 5-Stodůlky
ASUC	Praha 6-Suchbát
BBDN	Brno - Dětská nemocnice
BBML	Brno-Lány
BBNY	Brno-Tuřany
BMIS	Mikulov-Sedlec
BZNO	Znojmo
CCBD	České Budějovice
EPAU	Pardubice Dukla
HHKB	Hradec Králové-Brněnská
HPLO	Polom
JKOS	Košetice
JTRE	Třebíč
KCHM	Cheb
KSOM	Sokolov
LCLM	Česká Lípa
MJES	Jeseník-lázně
MOLJ	Olomouc-Hejčín
MPRR	Přerov
MPST	Prostějov
PPLE	Plzeň-střed
PPLV	Plzeň-Doubravka
SKLM	Kladno-střed města
SKLS	Kladno-Švermov
SMBO	Mladá Boleslav
TCTN	Český Těšín
TFMI	Frýdek-Místek
THAR	Havířov
TOFF	Ostrava-Fifejdy
TOVK	Opava-Kateřinky
TOZR	Ostrava-Zábřeh
TSTD	Studénka
TTRO	Třinec-Kosmos
UDCM	Děčín
UCHM	Chomutov
UKRU	Krupka
ULOM	Lom
ULTT	Litoměřice
UMOM	Most
URVH	Rudolice v Horách
UTPM	Teplice
UTUS	Tušimice
UULK	Ústí n/L-Kočkov
UULM	Ústí n/L-město
ZZLN	Zlín



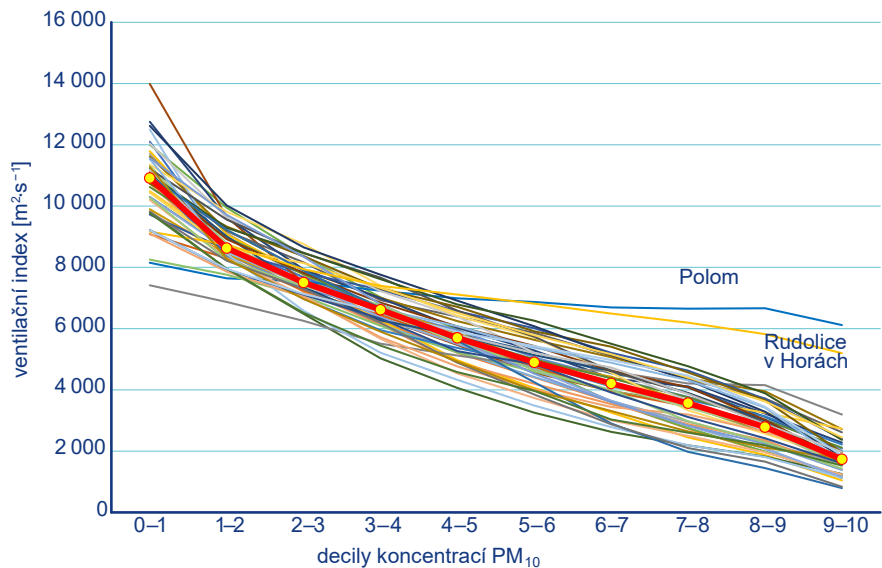
Obr. 2 Rozdělení koncentrace PM_{10} (vlevo) mezi decily a průběh hodnot mediánu VI (vpravo) pro třídy koncentrací, vymezených decily desetiletého souboru 2014–2023 na stanici Praha 6–Suchdol.

Fig. 2. Distribution of PM_{10} concentration (left) between deciles and variation of ventilation index median values (right) for concentration classes specified by deciles of the ten-year data set 2014–2023 at the Prague 6–Suchdol (ASUC) station.

nitroingu (AIM SSIM) (tab. 1). Základní soubor dat obsahuje průměrné hodinové koncentrace PM_{10} za desetileté období 2014–2023 a jim odpovídající hodnoty VI, stanovené pro danou lokalitu a stejný čas z modelu ALADIN. Kontrolní soubor dat obsahuje koncentrace PM_{10} a hodnoty VI za první čtvrtletí 2024.

V článku jsou dále srovnány četnosti RP podle stávajících a podle navrhovaných hranic. Pro toto srovnání byla použita hodinová data VI z modelu ALADIN pro ČR a pro stanici AIM Praha 4–Libuš.

Pro hodnocení RP z dlouhodobého hlediska byly použity hodinové průměry VI z modelu ALADIN pro ČR za období 1991–2020.



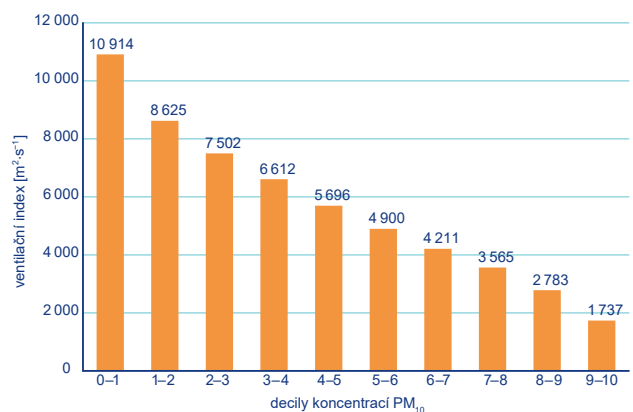
Obr. 3 Změny mediánu hodnot VI pro jednotlivé stanice AIM, tříděných do intervalů decilů koncentrací.

Fig. 3. Changes in ventilation index median values for individual AIM stations, sorted into concentration decile intervals. The bold red curve connecting the yellow points corresponds to the median of the set of curves.

3. Metodika výpočtu hranic ventilačního indexu pro stanovení rozptylových podmínek

3.1 Definice rozptylových podmínek na základě statistického rozdělení koncentrací PM_{10}

Prvním krokem tvorby nové metodiky byla definice nepříznivých RP. Z dlouhodobých zkušeností s měřením koncentrací znečišťujících látek je známo, že výskyt nepříznivých RP je v převažující většině případů spojen se zvýšenými koncentracemi těchto látek a že mezi úrovní znečištění ovzduší a stupněm zhoršení RP existuje přímá úměra (Škáchová 2020; Wang



Obr. 4 Střední hodnoty rozdělení mediánů VI v intervalech decilů koncentrace PM_{10} .

Fig. 4. Mean values of the distribution of ventilation index medians in decile intervals of PM_{10} concentration.

et al. 2020). Výjimku z této zažité zkušenosti tvoří případy přemetání kouřových vleček z vysokých zdrojů při turbulenci za konvektivních podmínek. Tyto případy se však vyskytují zřídka a pro potřeby této analýzy k nim není nutno přihlížet.

Základní otázkou je definice kategorie „zvýšené koncentrace“. Při stejných RP závisí úroveň koncentrací znečišťujících látek ve sledované oblasti rovněž na úrovni emisí znečišťujících látek, která je pro různé oblasti rozdílná. Z toho plyne, že pro definici zvýšených koncentrací nelze použít pevně stanovenou hranici a je vhodnější pracovat se statistickým rozdělením koncentrací v jednotlivých lokalitách. Bylo tedy navrženo definovat zvýšené, resp. vysoké koncentrace na základě překročení určitého decilu jejich rozdělení.

Na příkladu stanice Praha 6-Suchdol (obr. 2) je pomocí krabicových grafů prezentováno rozdělení koncentrací PM_{10} , jejichž hodnoty leží mezi N -tým a $N+1$ decilem desetiletého souboru ($N = 0, 1, \dots, 9$). Střední hodnoty v jednotlivých třídách jsou reprezentovány mediánem. Současně jsou uvedeny průběhy mediánů velikostí VI, tříděných podle případů, kdy koncentrace PM_{10} spadala do intervalu mezi N -tým a $N+1$ decilem. S rostoucím N , tedy s nárůstem koncentrace, hodnoty mediánu v jednotlivých třídách monotónně klesají. Jelikož pokles hodnoty VI ukazuje na zhoršování RP, je zřejmé, že využití decilů je pro kvantifikaci hranic RP vhodné a má fyzikální logiku.

Změny mediánu hodnot VI, tříděných do intervalů decilů koncentrací, byly spočítány pro všech 48 stanic (obr. 3). Výjimku z vesměs shodného průběhu křivek pro jednotlivé stanice představují ty, které odpovídají horským stanicím s nadmořskou výškou nad 700 m (Polom a Rudolice v Horách). Silná červená křivka, spojující žluté body, odpovídá střední hodnotě (mediánu) tohoto svazku křivek, tedy střední hodnotě VI v jednotlivých třídách decilů koncentrace, zjištěné pro všechny analyzované stanice. Číselné hodnoty středů rozdělení mediánů VI v intervalech decilů koncentrace PM_{10} jsou zobrazeny na obr. 4.

3.2 Návrh klasifikace rozptylových podmínek a odpovídajících hraničních hodnot VI

S využitím provedené analýzy je možné navrhnout klasifikaci RP, založenou na intervalech decilů koncentrace PM_{10} , a určit odpovídající hraniční hodnoty VI, které budou tyto třídy vymezovat. Jsou navrženy čtyři třídy RP:

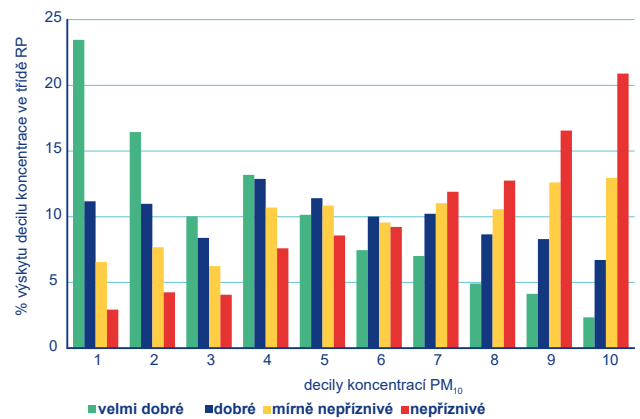
- nepříznivé – koncentrace v intervalu mezi 9. a 10. decilem
- mírně nepříznivé – koncentrace v intervalu mezi 8. a 9. decilem
- dobré – koncentrace v intervalu mezi 1. a 8. decilem
- velmi dobré – koncentrace v intervalu mezi 0. a 1. decilem

Hraniční hodnoty jednotlivých tříd RP (tab. 2) odpovídají hodnotám mediánů v příslušných třídách decilů (zaokrouhlova na stovky).

Tab. 2 Nové vymezení tříd RP.

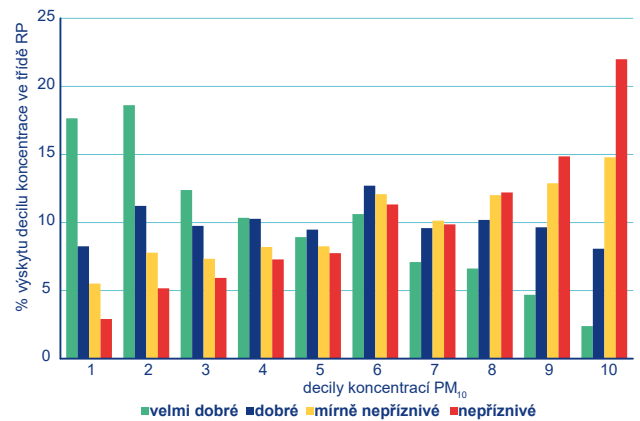
Table 2. New definition of dispersion conditions classes.

	Nepříznivé RP	Mírně nepříznivé RP	Dobré RP	Velmi dobré RP
VI [m ² ·s ⁻¹]	≤ 1 700	(1 700; 2 800>	(2 800; 8 600>	> 8 600



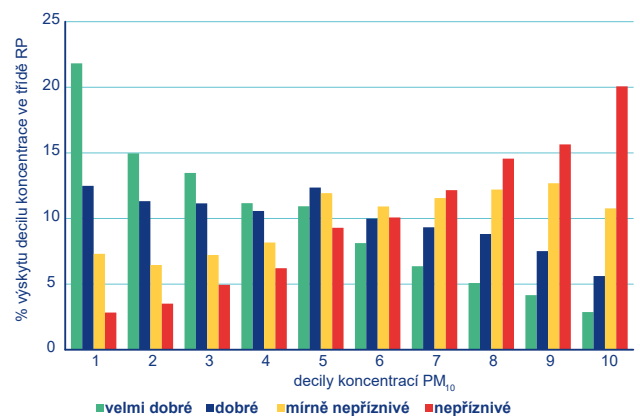
Obr. 5 Podíl výskytu koncentrace PM_{10} v intervalech decilů pro jednotlivé kategorie RP, AIM Praha 8-Kobylisy.

Fig. 5. Proportion of occurrence of PM_{10} concentration in decile intervals for individual categories of dispersion conditions, AIM station Prague 8-Kobylisy.



Obr. 6 Podíl výskytu koncentrace PM_{10} v intervalech decilů pro jednotlivé kategorie RP, AIM Frýdek-Místek.

Fig. 6. Proportion of occurrence of PM_{10} concentration in decile intervals for individual categories of dispersion conditions, AIM station Frýdek-Místek.



Obr. 7 Podíl výskytu koncentrace PM_{10} v intervalech decilů pro jednotlivé kategorie RP, AIM Teplice.

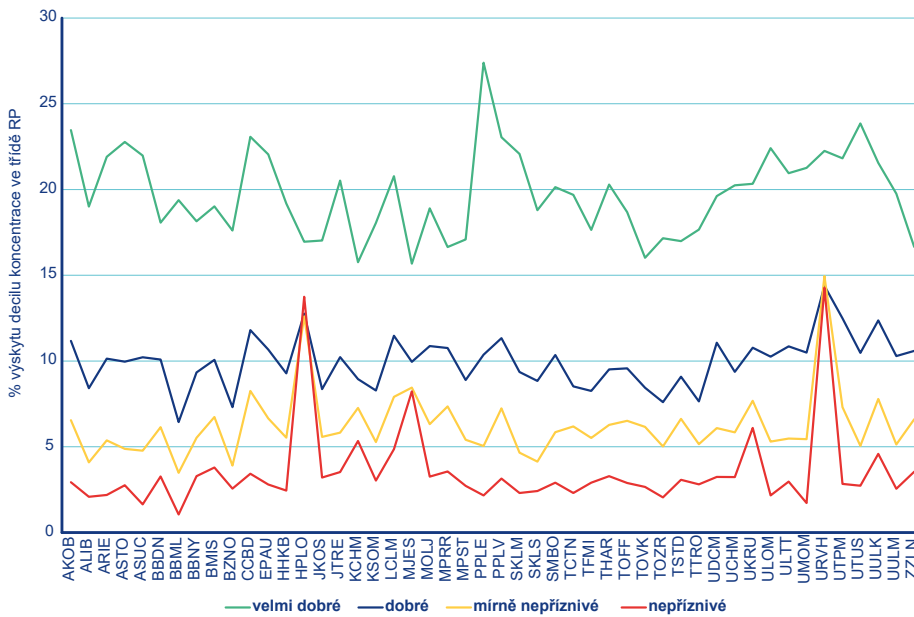
Fig. 7. Proportion of occurrence of PM_{10} concentration in decile intervals for individual categories of dispersion conditions, AIM station Teplice.

4. Ověření navržené klasifikace rozptylových podmínek

Na obr. 5–7 je znázorněno rozdělení procentuálního výskytu koncentrace PM_{10} v intervalech mezi decily desetiletého souboru, pro jednotlivé kategorie rozptylových podmínek (RP). Kategorie RP byly v každé hodině stanoveny z hodnoty ventilačního indexu podle navržených mezí. Interval mezi $N-1$ a N -tým decilem je označen jako N , přičemž N nabývá hodnot od 1 do 10. Potvrdilo se, že lepším rozptylovým podmínkám odpovídá vyšší výskyt koncentrací v intervalech nízkých decilů. Naopak zhoršení RP má za následek významný nárůst koncentrace v intervalech, vymezených vysokými decily.

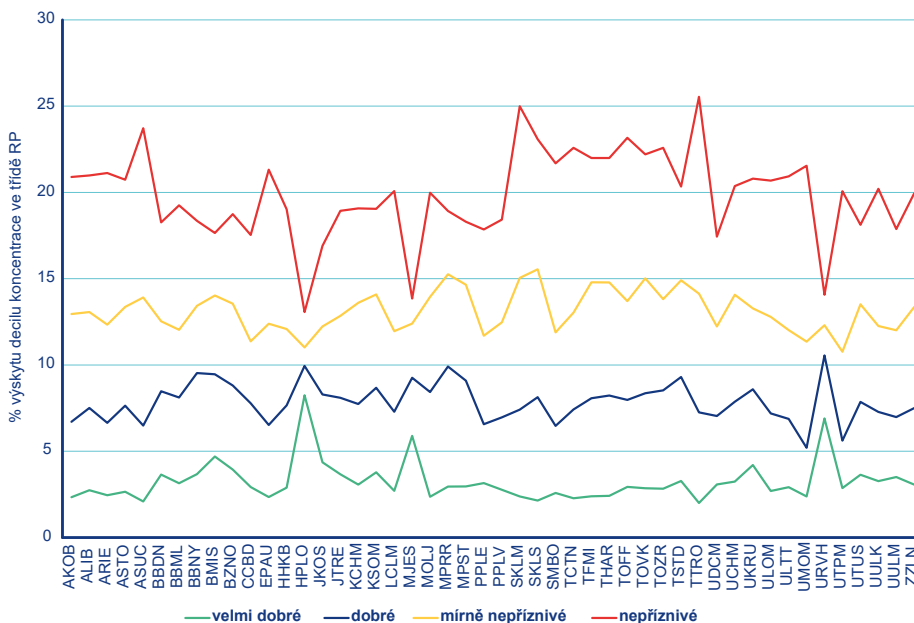
Na obr. 8 a obr. 9 je znázorněn podíl výskytu koncentrace PM_{10} v intervalech pod 1. decilem a mezi 9. a 10. decilem pro jednotlivé kategorie RP pro všechny analyzované stanice. Nízké koncentrace pod 1. decilem dominují pro všechny stanice při velmi dobrých RP, při špatných podmínkách je výskyt koncentrace do 1. decilu pod 5 % případů pro naprostou většinu stanic AIM. Výjimku tvoří stanice Jeseník-lázně s vyšší nadmořskou výškou. Naopak při špatných RP zcela převažují koncentrace mezi 9. a 10. decilem, pro velmi dobré RP je výskyt tohoto decilového intervalu marginální.

V závěru období mezi dny 28.–31. 3. 2024 byla na území ČR zaznamenána epizoda vysokých koncentrací PM_{10} , vyvolaná dálkovým transportem prachu ze Sahary. Úroveň koncentrací byla natolik vysoká, že i při dobrých rozptylových podmínkách byly splněny podmínky pro vyhlášení smogové situace. Specifika této situace dokumentuje obr. 10. Podíl výskytu koncentrace PM_{10} v intervalu mezi 9. a 10. decilem pro kategorie RP „velmi dobré“ a „dobré“ byl v tomto období velmi vysoký, v případě kategorie RP „velmi



Obr. 8 Podíl výskytu koncentrace PM_{10} v intervalu pod 1. decilem pro jednotlivé kategorie RP.

Fig. 8. Proportion of occurrence of PM_{10} concentration in the interval below the 1st decile for individual dispersion conditions categories.



Obr. 9 Podíl výskytu koncentrace PM_{10} v intervalu mezi 9. a 10. decilem pro jednotlivé kategorie RP.

Fig. 9. Proportion of occurrence of PM_{10} concentration in the interval between the 9th and 10th decile for individual dispersion conditions categories.

Tab. 3 Tabulka stávajících a navrhovaných hranic pro hodnocení RP [$m^2 \cdot s^{-1}$].

Table 3. Table of existing and proposed boundaries for dispersion conditions assessment [$m^2 \cdot s^{-1}$].

	Nepříznivé RP	Mírně nepříznivé RP	Dobré RP	Velmi dobré RP
stávající hranice	$\leq 1\,100$	(1 100; 3 000>	> 3 000	–
navrhované hranice	$\leq 1\,700$	(1 700; 2 800>	(2 800; 8 600>	> 8 600

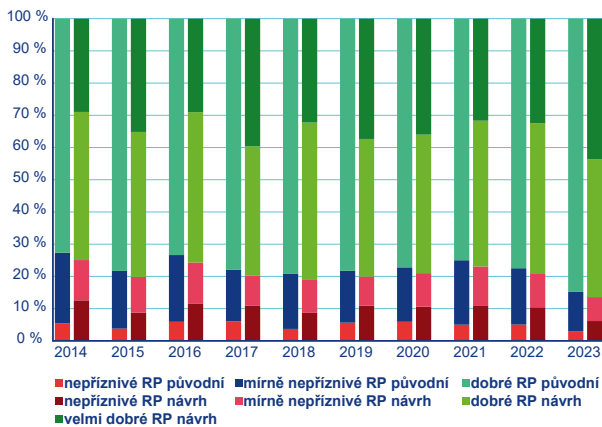


Obr. 10 Podíl výskytu koncentrace PM_{10} v intervalu mezi 9. a 10. decilem pro kategorie RP „velmi dobré“ a „dobré“ během epizody transportu prachu ze Sahary ve dnech 29.–31. 3. 2024.
 Fig. 10. Proportion of PM_{10} concentration occurrence in the interval between the 9th and 10th decile for “very good” and “good” dispersion categories during the episode of dust transport from the Sahara on 29–31 March 2024.

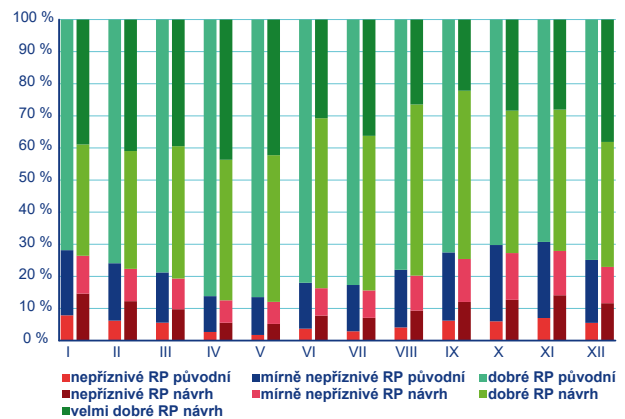
dobré“ kolem 60%. Zkušenost s touto epizodou ukázala, že odhad budoucího vývoje koncentrací na základě předpovědi RP, klasifikovaných podle ventilačního indexu, je nutno provádět s ohledem na možnost výskytu nesespecifických podmínek, jakými jsou zejména dálkový transport nebo resuspenze prachu při čerstvém proudění.

5. Srovnání četností podle stávajících a navrhovaných hranic 2014–2023

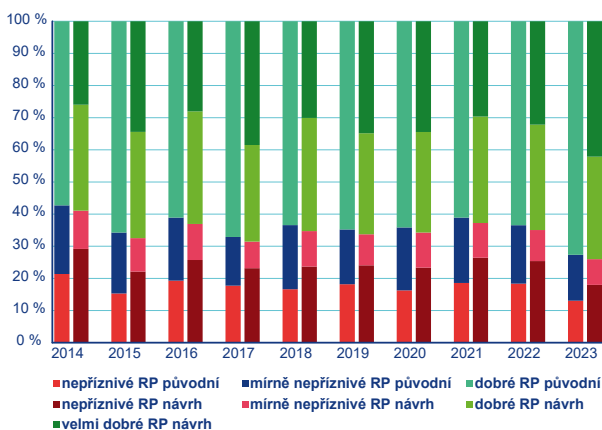
Pro porovnání četností RP podle stávajících i navrhovaných hranic (tab. 3) byly zpracovány roční



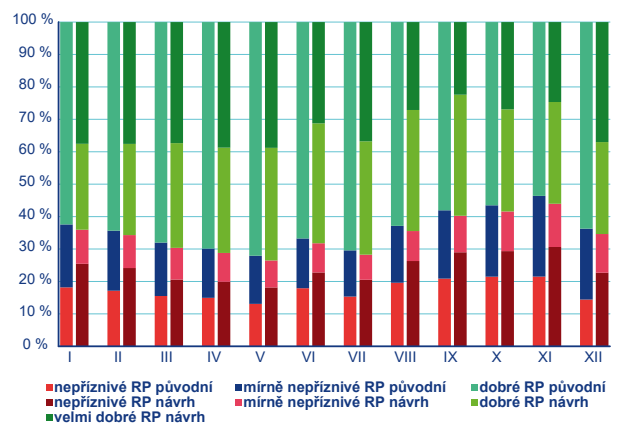
Obr. 11 Vývoj četností RP, Česká republika, 2014–2023.
 Fig. 11. Development of dispersion conditions frequencies, Czech Republic, 2014–2023.



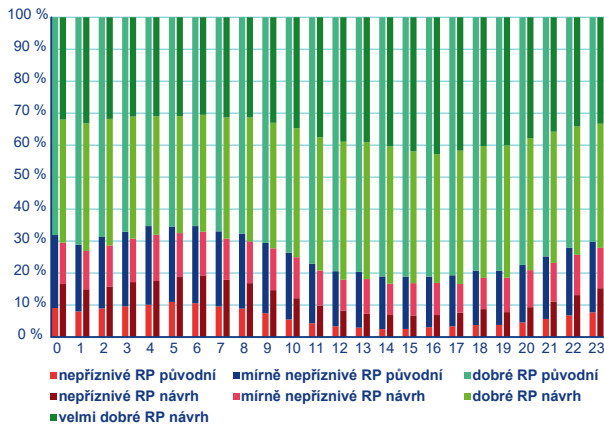
Obr. 13 Roční chod četností RP, Česká republika, 2014–2023.
 Fig. 13. Annual variation of dispersion conditions frequencies, Czech Republic, 2014–2023.



Obr. 12 Vývoj četností RP, Praha 4-Libuš, 2014–2023.
 Fig. 12. Development of dispersion conditions frequencies, Prague 4-Libuš, 2014–2023.

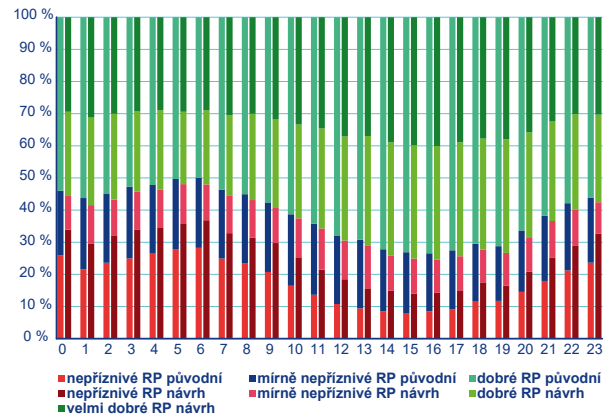


Obr. 14 Roční chod četností RP, Praha 4-Libuš, 2014–2023.
 Fig. 14. Annual variation of dispersion conditions frequencies, Prague 4-Libuš, 2014–2023.



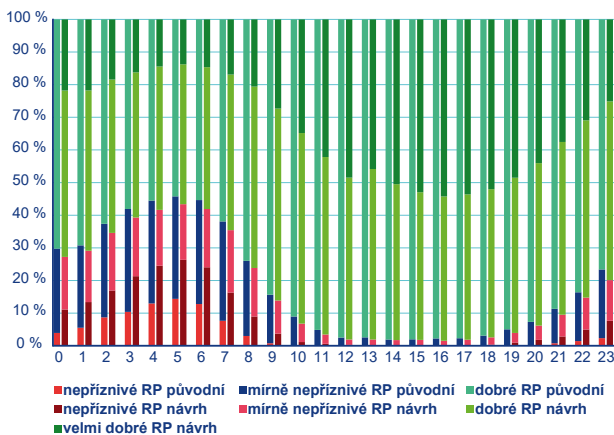
Obr. 15 Denní chod četností RP, Česká republika, chladná sezona, 2014–2023.

Fig. 15. Daily variation of dispersion conditions frequencies, Czech Republic, cold season, 2014–2023.



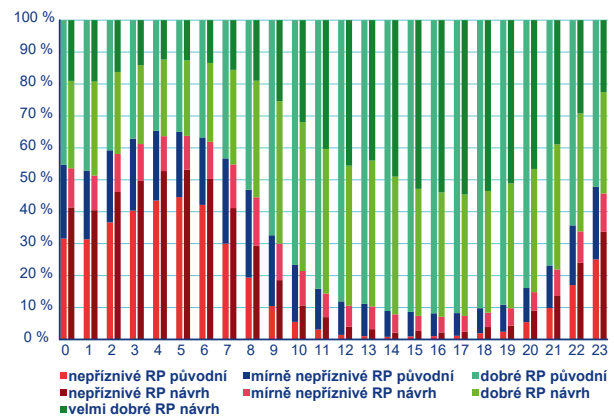
Obr. 17 Denní chod četností RP, Praha 4-Libuš, chladná sezona, 2014–2023.

Fig. 17. Daily variation of dispersion conditions frequencies, Prague 4-Libuš, cold season, 2014–2023.



Obr. 16 Denní chod četností RP, Česká republika, teplá sezona, 2014–2023.

Fig. 16. Daily variation of dispersion conditions frequencies, Czech Republic, warm season, 2014–2023.



Obr. 18 Denní chod četností RP, Praha 4-Libuš, teplá sezona, 2014–2023.

Fig. 18. Daily variation of dispersion conditions frequencies, Prague 4-Libuš, warm season, 2014–2023.

Tab. 4 Rozdělení RP do jednotlivých tříd pro potřeby hodnocení.

Table 4. Splitting of dispersion conditions into individual classes for assessment purposes.

Třída	Slovní hodnocení	VI [m ² ·s ⁻¹]
1	nepříznivé RP	≤ 1 700
2	mírně nepříznivé RP	(1 700; 2 800>
3	dobré RP	(2 800; 8 600>
4	velmi dobré RP	> 8 600

(obr. 11 a 12) a měsíční (obr. 13 a 14) a denní chod četností v chladné (říjen–březen; obr. 15 a obr. 17) a teplé (duben–září; obr. 16 a obr. 18) sezóně.

Zastoupení nepříznivých a mírně nepříznivých podmínek se po změně hranic prakticky nezměnilo. Podle stávajícího hodnocení byl poměr těchto dvou kategorií nevyvážený ve prospěch mírně nepříznivých podmínek a nepříznivé RP se pohybovaly spíše v řádu jednotek procent, výjimečně dosahovaly až 20% výskytu. Podle nového hodnocení se výskyt nepříznivých RP významně zvýšil právě na úkor mírně nepříznivých RP. Nové hodnocení definuje čtyři třídy RP namísto dosavadních tří, proto nelze srovnávat četnosti dobrých a velmi dobrých RP.

Denní chod četností (obr. 15–18) se v chladné a teplé části roku velmi liší. V teplé sezóně je výraznější nárůst nepříznivých a mírně nepříznivých RP v brzkých ranních hodinách, což indikuje výskyt přízemních inverzí, které se po východu slunce rozpouštějí a přes den převládají dobré a velmi dobré RP. Naopak v zimě není ranní nárůst nepříznivých a mírně nepříznivých RP tak výrazný a obě kategorie jsou zaznamenávány po celý den.

6. Hodnocení rozptylových podmínek vzhledem k dlouhodobému průměru 1991–2020

V návaznosti na nové třídy RP bylo provedeno jejich hodnocení vzhledem k dlouhodobým průměrům. Z dat modelu ALADIN za rok 2023 byly vypočteny průměry hodinových hodnot VI pro celé území ČR (průměr z 1 453 bodů výpočetní sítě modelu, pokrývající území státu). Každé takové hodnotě bylo přiřazeno číselné označení kategorie RP podle tab. 4.

Hodinové hodnoty označení kategorií byly zprůměrovány pro jednotlivé měsíce roku, získala se tak „Průměrná třída RP“ (PTRP) pro každý měsíc roku 2023.

Tab. 5 Slovní hodnocení RP vzhledem k normálu 1991–2020.

Table 5. Verbal assessment of dispersion conditions relative to the 1991–2020 normal.

Percentil PTRP	1–10	11–25	26–75	76–90	91–100
Slovní hodnocení RP	výrazně horší	zhoršené	standardní	zlepšené	výrazně lepší

Tab. 6 Hodnocení RP v roce 2023 vzhledem k normálu 1991–2020.

Table 6. Assessment of dispersion conditions in 2023 relative to the 1991–2020 normal.

2023			Kvintily PTRP normál 1991–2020			
měsíc	PTRP	slovní hodnocení	0,1	0,25	0,75	0,9
leden	3,22	standardní	2,35	2,67	3,25	3,39
únor	3,07	standardní	2,63	2,79	3,27	3,51
březen	3,43	výrazně lepší	2,85	2,98	3,3	3,42
duben	3,23	standardní	2,99	3,08	3,35	3,39
květen	3,2	standardní	3,07	3,11	3,3	3,34
červen	3,09	standardní	2,95	3,01	3,22	3,3
červenec	3,53	výrazně lepší	2,89	2,97	3,21	3,32
srpen	3,06	standardní	2,79	2,89	3,1	3,16
září	2,88	standardní	2,71	2,83	3,08	3,14
říjen	3,32	výrazně lepší	2,53	2,77	3,06	3,22
listopad	3,53	výrazně lepší	2,59	2,77	3,05	3,24
prosinec	3,31	zlepšené	2,51	2,77	3,15	3,38
rok	3,24	výrazně lepší	2,92	2,97	3,08	3,11

Pro hodnocení RP vzhledem k dlouhodobému průměru bylo zvoleno 30leté období 1991–2020, které odpovídá klimatologickému normálu (WMO 2015; WMO 2017). Data modelu ALADIN byla vyhodnocena dříve popsaným postupem a pro jednotlivé měsíce let 1991–2020 se získaly hodnoty PTRP. Z toho souboru byly pro každý měsíc vypočteny percentily 10, 25, 75 a 90, užívané standardně pro hodnocení odchylek od klimatického normálu.

Jednotlivým intervalům percentilů PTRP bylo přiřazeno slovní hodnocení (tab. 5). Pokud např. hodnota PTRP určitého měsíce hodnoceného roku spadá do intervalu mezi 11. a 25. normálovým percentilem, hodnotíme RP v tomto měsíci jako „zhoršené“.

Jako příklad je uvedeno měsíční i roční hodnocení RP v ČR v roce 2023 vůči normálu, včetně klimatických normálů kvantilů PTRP pro jednotlivé měsíce i rok (tab. 6).

7. Závěry a diskuze

Na základě požadavků pracovníků předpovědních pracovišť na zjednodušení a zpřesnění nástroje pro hodnocení a předpověď rozptylových podmínek znečišťujících látek v ovzduší, zejména se zaměřením na suspendované částice PM₁₀, proběhla v roce 2024 revize a následná aktualizace metodiky definice rozptylových podmínek.

Nová metodika je založena na výpočtu ventilačního indexu pomocí modelu ALADIN, který reprezentuje vertikální promíchávání, stabilitu atmosféry a horizontální transport znečišťujících látek. Závislost koncentrací PM₁₀ na ventilačním indexu je nepřímo úměrná, koncentrace PM₁₀ tudíž rostou s klesající hodnotou ventilačního indexu. Vzhledem k tomu, že při stejných RP závisí absolutní hodnota koncentrace ve sledované oblasti rovněž na úrovni emisí znečišťujících látek, která je pro různé oblasti rozdílná, nelze pro definici zvýšených koncentrací použít pevně stanovenou hranici a je vhodnější pracovat se

statistickým rozdělením koncentrací v jednotlivých lokalitách. Bylo tedy navrženo definovat zvýšené, resp. vysoké koncentrace na základě překročení určitého decilu jejich rozdělení.

Nová klasifikace je určena intervaly decilů koncentrace PM₁₀ a k nim přiřazených odpovídajících hraničních hodnot ventilačního indexu, které vymezují jednotlivé třídy rozptylových podmínek. Hraniční hodnoty jednotlivých tříd rozptylových podmínek odpovídají hodnotám mediánů v příslušných třídách decilů (zaokrouhlo na stovky). Ověření metodiky na datech, která nebyla při návrhu klasifikace použita, ukazuje, že navržená klasifikace je logická, funkční a použitelná pro operativní provoz.

Oproti minulé klasifikaci jsou nyní navrženy čtyři třídy RP:

- nepříznivé RP $VI \leq 1\,700\text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$
- mírně nepříznivé RP $VI = (1\,700; 2\,800 > \text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$
- dobré RP $VI = (2\,800; 8\,600 > \text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$
- velmi dobré RP $VI > 8\,600\text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$

V návaznosti na nové třídy byla vytvořena i metodika hodnocení rozptylových podmínek vzhledem k dlouhodobému průměru. Pro tento účel byl navržen parametr PTRP v rámci jednotlivých tříd rozptylových podmínek, včetně slovního hodnocení odchylek vůči normálu 1991–2023.

Navrženou klasifikaci nelze aplikovat šablonovitě. Pozornost je nutno věnovat případům, kdy jsou vysoké koncentrace znečišťujících látek způsobeny dálkovým nebo regionálním přenosem. Typickým příkladem byl transport prachu ze Sahary na konci března 2024, kdy se vysoké koncentrace PM₁₀ vyskytovaly při silném větru a za dobrých rozptylových podmínek. Další případy, kdy může navržená klasifikace vést k zavádějícím výsledkům, jsou spojeny s již zmíněným přemetáním vleců z vysokých zdrojů při instabilním zvrstvení, nebo s transportem znečišťujících látek z reziduální vrstvy při rozpadu ranní přízemní inverze (zadýmování, fumigation). Klasifikace

rovněž není použitelná pro hodnocení možnosti vzniku fotochemického smogu.

Literatura:

- ALADAG, E., 2023. The Influence of Meteorological Factors on Air Quality in the Province of Van, Turkey. *Water Air Soil Pollution*, sv. 234, č. 4, s. 1–23. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06265-0>.
- BŮHM, B. et al. 1974. Znečištění ovzduší v Podkrušnohoří. In: *Sborník prací HMÚ*, sv. 20. Praha: HMÚ.
- BUBNÍK, J., 1983. Prognózní a signální systém v Severočeském kraji. *Zpravodaj ČHMÚ*. Praha, č. 7, s. 2–7.
- BROŽKOVÁ, R., BUČÁNEK, A., MAŠEK, J., SMOLÍKOVÁ, P., TROJÁKOVÁ, A., 2019. Nová provozní konfigurace modelu Aladin ve vysokém rozlišení. *Meteorologické zprávy*, roč. 72, č. 5, s. 129–136.
- Elektronický meteorologický slovník (eMS), 2025 [online]. Česká meteorologická společnost (ČMeS) [cit 09.10.2024]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>.
- FERGUSON, S. A., 2001. Smoke dispersion prediction systems [online]. [cit. 2024-03-20]. In: C. Hardy, R. Ottmar, J. Peterson, J. Core, P. Seamon, 2001: *Smoke Management Guide for Prescribed and Wildland Fire*. National Wildfire Coordination Group, s. 163–178. Dostupné z WWW: https://www.fs.usda.gov/pnw/pubs/journals/pnw_2001_ottmar001.pdf.
- FERGUSON, S. A. et al., 2003. Assessing values of air quality and visibility at risk from wildland fires. Res. Pap. PNW-RP-550. Portland, OR. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 59 s.
- JŮZA, P., 1996. Četnost výskytu nepříznivých rozptylových podmínek v Severočeské pánvi. *Meteorologické zprávy*, roč. 49, č. 6, s. 167–173. ISSN 0026-1173.
- KIEFER, M. T. et al., 2019. Evaluation of the Ventilation Index in Complex Terrain: A Dispersion Modeling Study. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, sv. 58, č. 3, s. 551–568. Dostupné z: <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-18-0201.1>.
- KEDER, J., ŠKÁCHOVÁ, H., 2011. Hodnocení rozptylových podmínek pro šíření znečišťujících látek pomocí ventilačního indexu. In: *Ochrana ovzduší ve státní správě – teorie a praxe VII*. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, s. 19–23. ISBN 978-80-86832-62-3.
- NOVÁK, M., 2004. Meteorologie a ochrana prostředí: úvod do meteorologie a klimatologie. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí. ISBN 80-704-4597-1.
- REIN, F., 1971. Znečištění ovzduší a mezní vrstva atmosféry z hlediska klimatologie. *Meteorologické zprávy*, roč. 24, č. 3–4, s. 74–79. ISSN 0026-1173.
- SCORER, R. S., 1968. Air pollution. Oxford: Pergamon Press. 151 s.
- SHENFELD, L., 1970. Meteorological aspects of air pollution control. *Atmosphere*, sv. 8, č. 1, s. 3–13. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/00046973.1970.9676578>.
- ŠKÁCHOVÁ, H., 2020. Hodnocení metod stanovení podmínek pro rozptyl znečišťujících látek v období 2007–2018 v Ústeckém kraji. *Meteorologické zprávy*, roč. 73, č. 4, s. 103–109. ISSN 0026-1173.
- ŠKÁCHOVÁ, H., 2024. Vliv meteorologických faktorů na koncentrace vybraných látek znečišťujících ovzduší. *Meteorologické zprávy*, roč. 77, č. 4, s. 124–130. ISSN 0026-1173.
- TURNER, D. B., 1994. Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. An Introduction to Dispersion Modeling. Lewis Publishers London, 182 s. ISBN 9781566700238.
- WANG, F. et al., 2020. Quantifying Influences of Nocturnal Mixing on Air Quality Using an Atmospheric Radon Measurement Case Study in the City of Jinhua, China. *Aerosol Air Quality Research*, sv. 20, s. 620–629. Dostupné z: <https://doi.org/10.4209/aaqr.2019.10.0506>.
- WILKINS, E. T., 1954. Air Pollution and the London Fog of December, 1952. *Journal of The Royal Sanitary Institute*, sv. 74, č. 1, s. 1–21. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/146642405407400101>.
- WMO, 2015. Cg-17 Seventeenth World Meteorological Congress: Abridged Final Report with Resolutions [online]. [cit. 2024-12-10]. ISBN 978-92-63-11157-9. Dostupné z: <https://library.wmo.int/idurl/4/54771>.
- WMO, 2017. WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals: WMO-No. 1203 [online]. [cit. 2024-12-10]. ISBN 978-92-63-11203-3. Dostupné z WWW: <https://library.wmo.int/idurl/4/55797>.
- Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. In: Sběrka zákonů. 13. června 2012. ISSN 1211-1244.
- ZHOU, L. H. et al., 2021. Pollution patterns and their meteorological analysis all over China. *Atmospheric Environment*, sv. 246, 118108. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.118108>.

Lektoři (Reviewers):

RNDr. František Šopko, RNDr. Vladimíra Volná, Ph.D.