

Meteorologické zprávy

ROČNÍK
73–2020

1

1 Rok 2019 v Česku

Radim Tolasz – Radek Čekal – Hana Škáchová – Leona Vlasáková

12 Vertikální distribuce přízemního ozonu ze stožárového měření v Košeticích

Radek Lhotka – Iva Hůnová – Milan Váňa – Kateřina Komínková
– Ivan Holoubek

19 Zmeny v skupenskom zastúpení atmosférických zrážok v zime na území Slovenska

Ladislav Markovič, Jozef Pecho, Pavel Faško

Meteorological
bulletin

Český
hydrometeorologický
ústav



1 The year 2019 in Czechia

Radim Tolasz – Radek Čekal – Hana Škáchová – Leona Vlasáková

12 Vertical distribution of ground-level ozone from the mast measurements in the Košetice observatory

Radek Lhotka – Iva Hůnová – Milan Váňa – Kateřina Komínková – Ivan Holoubek

19 Changes in phase of precipitation during winter in Slovakia

Ladislav Markovič – Jozef Pecho – Pavel Faško

Rozšiřuje – Free booking:

Český hydrometeorologický ústav, tiskové a informační oddělení
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, tel.: 244 032 722, 244 032 724

Czech Hydrometeorological Institute, Press and Information Department
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4, Czech Republic, Phones: (+420) 244 032 722, (+420) 244 032 724

nakladatelstvi@chmi.cz

casmz.chmi.cz

Rok 2019 v Česku

The year 2019 in Czechia

Radim Tolasz

Český hydrometeorologický ústav, Pobočka Ostrava
K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava-Poruba
✉ radim.tolasz@chmi.cz

Radek Čekal

Český hydrometeorologický ústav
oddělení hydrologických předpovědí
Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4-Komořany,
✉ radek.cekal@chmi.cz

Hana Škáchová

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

Leona Vlasáková

Český hydrometeorologický ústav
oddělení informačních systémů kvality ovzduší
Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4-Komořany
✉ leona.vlasakova@chmi.cz

The year 2019 in Czechia. The article summarizes the main characteristics of months in 2019 in meteorology, climatology, hydrology and air quality. The average annual temperature at 9.5 °C, deviating 1.6 °C above the normal of 1981–2010 (and +2.0 °C from the 1961–1990 normal), ranks the year among extremely high years in terms of temperature. The annual precipitation total of 634 mm ranges the year as normal for both normal periods. For each month, the highest and lowest temperatures attained, significant precipitation events and, possibly, higher wind speeds are indicated. If a particular level of flood activity in Czechia was reached, it is also listed in the overview. Concerning the air quality, excesses of limit values for the protection of human health and announcements of smog situations are listed.

KLÍČOVÁ SLOVA: počasí – charakteristiky – povodeň – sucho – kvalita ovzduší – Česko – 2019

KEYWORDS: weather – characteristics – floods – drought – air quality – Czechia – 2019

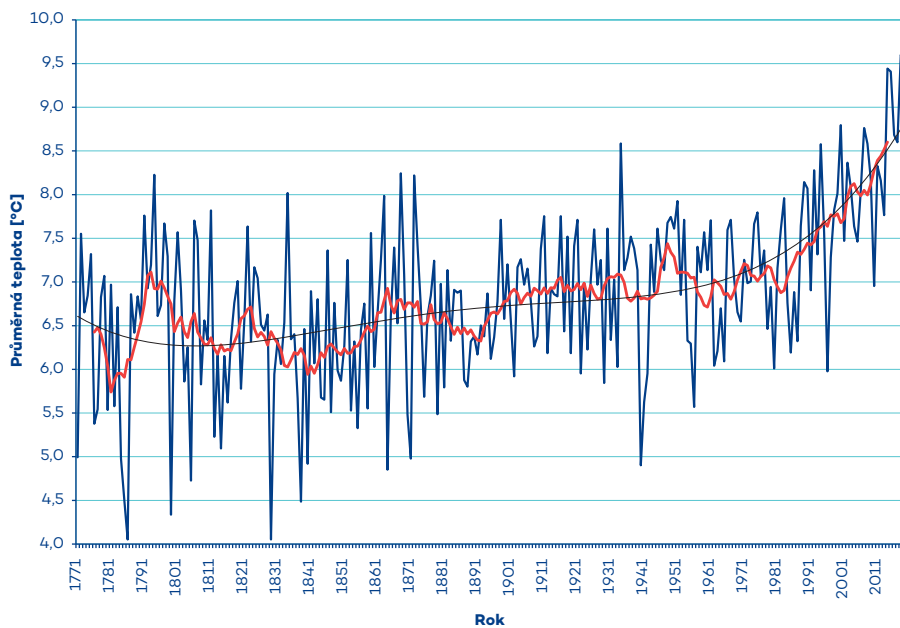
1. Úvod

Rok 2019 byl s průměrnou teplotou 9,5 °C a s odchylkou +1,6 °C od normálu 1981–2010 (a +2,0 °C od normálu 1961–1990) mimořádně nadnormální¹, podobně jako předchozí roky 2018, 2015 a 2014, roky 2016 a 2017 byly jen silně nadnormální (obr. 1). Rok 2019 se v řadě teplotních průměrů pro území České republiky stal po roce 2018 druhým nejteplejším rokem. Teplotní odchylka od normálu 1981–2010 v jednotlivých měsících

(obr. 2) kolísala od +4,9 °C v červnu, teplotně mimořádně nadnormální měsíc, až po –2,3 °C v květnu, který tak byl měsícem teplotně silně podnormálním a jediným měsícem se zápornou odchylkou od průměru 1961–1990. V průběhu roku byly měsíce leden, červenec a září teplotně normální. Únor, duben, říjen a prosinec byly teplotně nadnormální, březen, srpen a listopad byly silně nadnormální. Roční srážkový úhrn 634 mm zařazuje rok mezi roky srážkově normální (normál za období 1981–2010 je v Česku 686 mm). Nejvíce srážek, v průměru 91 mm, což bylo 132 % normálu, napadlo v České republice v květnu a nejméně, v průměru jen 25 mm, to je 60 % normálu, v dubnu. Leden a květen tak byly srážkově nadnormální, červen podnormální měsíc a devět zbývajících měsíců bylo srážkově normálních, přičemž březen a říjen měly úhrn stejný s normálem. Na obr. 3 vidíme, že ještě měsíc září měl úhrn vyšší, než je průměrná hodnota, zůstal však v normálním intervalu, měsíce únor, duben, červen, červenec, srpen, listopad a prosinec měly úhrn nižší, než je normál, ale jsou klasifikovány jako měsíce srážkově normální.

Rok 2019 byl, stejně jako předchozí rok 2018, hodnocen jako rok suchý, a to zejména pak z hlediska odtokových poměrů. Projevy hydrologického sucha však v roce 2019 nebyly tak výrazné jako v předchozím roce 2018. Lze však konstatovat, že hydrologické sucho trvá již nepřetržitě minimálně od roku 2015. Z hlediska počtu operativních hydrologických profilů, u nichž byl v roce 2019 indikován stav hydrologického sucha (to je průtok, který je v daném profilu dosažen nebo překročen průměrně 355 dní v roce), bylo jako hydrologicky nejsušší vyhodnoceno období červenec až září. V průběhu těchto tří měsíců nepoklesl průměrný podíl profilů indikujících hydrologické sucho pod 30 %. Největší podíl „hydrologicky suchých“ profilů (cca 55 %) byl v roce 2019 zaznamenán 27. července. Z odtokového hlediska byl rok 2019 komplexně hodnocen jako výrazně podprůměrný, a to ve všech hlavních sledovaných povodích. Z regionálního hlediska byly celkově větší průtoky v povodích Odry, Olše a Moravy nad soutokem s Dyjí než v povodích Vltavy, Labe a Dyje. Ve všech měsících, s výjimkou ledna, února a května v povodí Olše a Odry, byly průměrné měsíční průtoky pod dlouhodobým průměrem. Celkově největší průměrné měsíční průtoky byly zaznamenány v květnu v povodí Olše ve Věřňovicích (233 % Q_V) a Odry v Bohumíně (168 % Q_V). Dlouhodobý měsíční normál byl ještě výrazněji překročen v lednu (132 % Q_I) a únoru (140 % Q_{II}) na Olši ve Věřňovicích. Naopak celkově nejnižší průtoky vykazovala většina sledovaných toků v průběhu dubna a letních měsíců – v červenci a srpnu. Zejména v červenci průměrné průtoky u většiny sledovaných profilů nedosahovaly ani polovičních hodnot průměrných průtoků pro tento měsíc. Celkově nejnižší průtoky v tomto měsíci vykazovala Odra v Bohumíně (22 % Q_{VII}), Morava ve Strážnici (23 % Q_{VII}) a Olše ve Věřňovicích (24 % Q_{VII}). V roce 2019 se v každém měsíci s výjimkou dubna a listopadu vyskytla

¹ Hranice intervalů pro hodnocení normalnosti územní teploty vzduchu a srážek byly vypočteny z územních průměrů teploty vzduchu a srážek na území České republiky takto – mimořádně podnormální ($<Q_2$), silně podnormální (Q_2 až Q_{10}), podnormální (Q_{10} až Q_{25}), normální (Q_{25} až Q_{75}), nadnormální (Q_{75} až Q_{90}), silně nadnormální (Q_{90} až Q_{98}), mimořádně nadnormální ($>Q_{98}$), kde Q je příslušný kvantil.



Obr. 1 Průměrná roční teplota vzduchu v ČR od roku 1771 proložená 11letým klouzavým průměrem a polynomem třetího stupně. Historická data podle práce Štěpánek, 2005.

Fig. 1. Annual average of temperature since 1771 for the Czech Republic with an 11-year moving average and polynomial trend. Historical data according to Štěpánek, 2005.

odtoková událost s dosažením některého ze stupňů povodňové aktivity (SPA²). Významnější odtokové události, jak do velikosti kulminačních průtoků, tak do velikosti zasaženého území, byly pouze v květnu a červnu. Odtokové situace s překročením 3. SPA se v roce 2019 vyskytly v květnu a červnu celkem 16krát, z toho v květnu bylo zaznamenáno 13 případů a v červnu pouze tři. Největší kulminační průtok s dobou opakování 20 let byl dosažen 22. května na Veličce ve Velké nad Veličkou.

V článku je uvedeno i předběžné hodnocení kvality ovzduší v roce 2019 v návaznosti na meteorologické a rozptylové podmínky v ovzduší. Znečištění venkovního ovzduší suspendovanými částicemi frakce PM₁₀ a PM_{2,5}, benzo[*a*]pyrenem a přízemním ozonem (O₃) představuje hlavní problémy kvality ovzduší České republiky. Úroveň znečištění závisí nejen na množství emisí, ale i na převažujících meteorologických a rozptylových podmínkách v daném roce. Vzhledem k procesu získání a zpracování odebraných vzorků je do článku zahrnuto pouze hodnocení suspendovaných částic PM₁₀, přízemního ozonu (O₃), oxidu dusičitého (NO₂) a oxidu siřičitého (SO₂). Ve všech případech se jedná o neverifikovaná data ze stanic automatizovaného imisního monitoringu (AIM) ČHMÚ a dalších dodavatelů imisních dat. Zároveň se jedná o stanice, které měřily celý rok a pro které jsou dostupná data pro každý měsíc roku. Verifikované koncentrace naměřené na stanicích AIM a koncentrace naměřené na manuálních stanicích budou vyhodnoceny až v rámci tabulární a grafické ročenky ČHMÚ, která vychází vždy ve druhé polovině následujícího roku. Imisní limit pro průměrnou 24hodinovou koncentraci PM₁₀ je překročen tehdy, pokud během kalendář-

ního roku dojde k vyššímu počtu překročení hodnoty denního imisního limitu³ PM₁₀ (50 µg.m⁻³), než je maximální povolený počet překročení (35× za kalendářní rok). Denní imisní limit PM₁₀ byl v roce 2019 překročen na 10 stanicích AIM, přičemž na počtu překročení hodnoty imisního limitu se nejvíce podílel měsíc únor. V roce 2019 byly nadlimitní koncentrace O₃ zaznamenány na vysokém počtu stanic podobně jako v roce 2018 z důvodu výskytu mimořádně nadnormálních teplot, které jsou příznivé pro jeho vznik. Maximální povolený počet překročení (25× v průměru za tři roky) hodnoty imisního limitu⁴ pro maximální denní 8hodinovou koncentraci O₃ (120 µg.m⁻³) byl překročen na 38 stanicích z 67. S koncem roku 2019 je možné navíc vyhodnotit i překročení ročních imisních limitů⁵, a to pro průměrnou roční koncentraci suspendovaných částic PM₁₀ a PM_{2,5} a NO₂. Na základě neverifikovaných dat ze stanic automatizovaného imisního monitoringu (AIM) ČHMÚ a dalších dodavatelů imisních dat lze konstatovat, že imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM₁₀ nebyl překročen na žádné ze 119 stanicích AIM, imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM_{2,5} byl překročen na dvou stanicích (venkovská stanice Věřňovice a průmyslová stanice Ostrava-Radvanice ZÚ) z 81 stanicí AIM a imisní limit pro průměrnou roční koncentraci NO₂ byl překročen na jediné (dopravní stanice Praha 2-Legerova (hot spot)) ze 100 stanic AIM. V roce 2019 bylo vyhlášeno pět smogových situací a dvě regulace z důvodu vysokých koncentrací PM₁₀ (vše v měsíci lednu) a šest smogových situací z důvodu vysokých koncentrací O₃ (pět situací v červnu a jedna v červenci).

2. Situace v jednotlivých měsících Leden

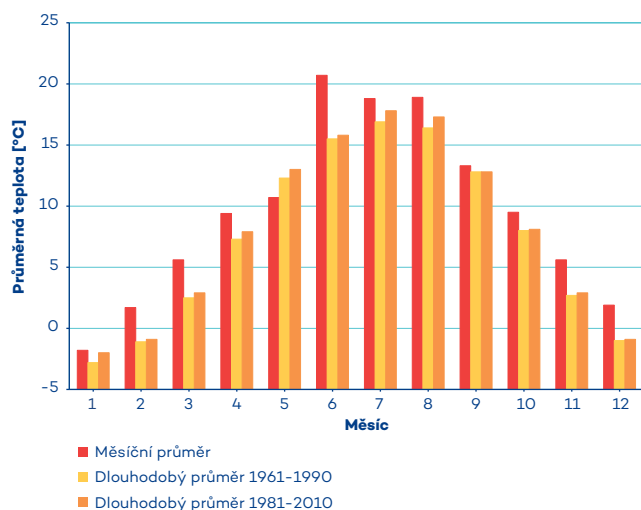
Studená fronta s větrným začátkem roku přinesla vysoké nárazy větru nejen do horských oblastí (Sněžka 45,5 m.s⁻¹ hned 1. ledna), ale i do nižších poloh (1. ledna Luká v okrese Olo-

² Stupeň povodňové aktivity vyjadřuje míru povodňového nebezpečí. 1. stupeň – bdělost – nastává při nebezpečí přirozené povodně a zaniká, pominou-li příčiny nebezpečí. 2. stupeň – pohotovost – vyhláší příslušný povodňový orgán, když nebezpečí povodně přerůstá v povodeň a v době povodně, když však ještě nedochází k větším rozlivům a škodám mimo koryto. 3. stupeň – ohrožení – vyhláší příslušný povodňový orgán v době povodně při bezprostředním nebezpečí nebo při vzniku větších škod, ohrožení majetku a životů v záplavovém území.

³ Hodnota imisního limitu pro průměrnou 24hodinovou koncentraci PM₁₀ je dle zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. v platném znění 50 µg.m⁻³. Legislativa připouští na dané lokalitě maximálně 35 překročení hodnoty imisního limitu za rok, při vyšším počtu je denní imisní limit považován za překročený

⁴ Hodnota imisního limitu pro maximální denní 8hodinovou průměrnou koncentraci O₃ je dle zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. v platném znění 120 µg.m⁻³. Legislativa připouští na dané lokalitě v průměru za tři roky maximálně 25 překročení hodnoty imisního limitu za rok, při vyšším počtu je imisní limit (max. denní 8hod. průměrná koncentrace) považován za překročený

⁵ Hodnota imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci PM₁₀ je 40 µg.m⁻³; hodnota imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci PM_{2,5} je 25 µg.m⁻³; hodnota imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci NO₂ je 40 µg.m⁻³ (vše dle zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. v platném znění).



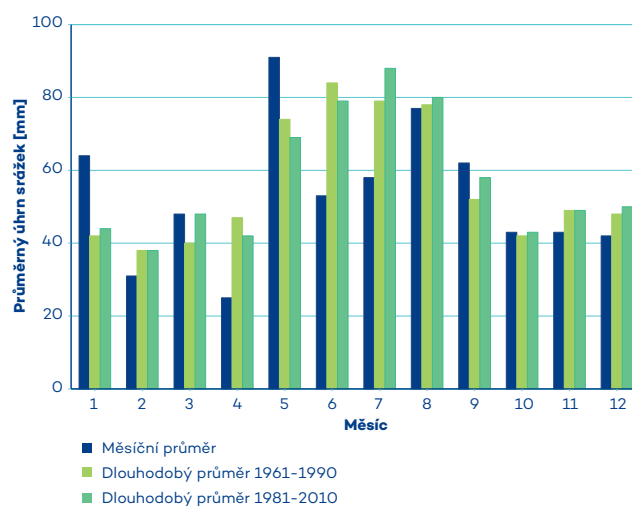
Obr. 2 Roční chod teploty vzduchu v roce 2019 ve srovnání s normálem za období 1961–1990 a 1981–2010 (plošné průměry teploty pro území ČR).

Fig. 2. The annual variation of air temperature in 2019 in comparison with the normal for periods 1961–1990 and 1981–2010 (spatial air temperature averages for the CR).

mouc⁶ 25,1 m.s⁻¹ a 2. ledna Ústí nad Labem, Kočkov 24,4 m.s⁻¹). Rok byl zahájen nejvyšší výškou sněhu 126 cm na Lysé hoře (okres Frýdek-Místek) a minimálním pokrytím půdy sněhovou pokrývkou v nižších polohách. Zmíněná studená fronta sněhovou situaci v Česku mírně vylepšila a 5. ledna bylo na Lysé hoře již 170 cm a i v nižších polohách kolem 10 cm. Další navýšení výšky sněhu přinesly srážky od 8. do 10. ledna hlavně v Krušných (Přebuz 29,6 mm a Klínovec 34,8 mm) a také v Jizerských horách (Bílý Potok, Smědava v okrese Liberec 28,3 mm). 8. ledna byla zaznamenána nejvyšší hodnota nově napadlého sněhu 40 cm v Českém Jiřetíně, Flájiích (okres Most) nejen v lednu, ale za celý rok i za zimní sezónu 2018/2019. Během srážkové epizody 13. ledna ve východních Čechách a na severní Moravě byl naměřen nejvyšší lednový úhrn srážek 43,5 mm v Luisíně údolí, Deštném v Orlických horách (okres Rychnov nad Kněžnou). Na konci druhé lednové dekády se po delším období vyjasnilo a noční minimální teplota na mnoha stanicích, zvláště v mrazových kotlinách, klesala hluboko pod -25 °C. Nejnižší lednová teplota byla naměřena na stanici Kvilda, Perla 19. ledna (-32,4 °C), přičemž nejvyšší lednová teplota 11,4 °C jen o dva dny dříve 17. ledna v Dyjákovicích (okres Znojmo). Nezvyklé množství nového sněhu bylo zaznamenáno na jižní Moravě 27. ledna s maximem 15 cm v Lednici (okres Břeclav) a v Hodoníně. Nejvyšší lednová výška sněhové pokrývky 235 cm byla naměřena na Labské boudě (okres Trutnov) 30. ledna.

Měsíc byl na území Česka odtokově podprůměrným měsícem, kdy téměř 70 % hlásných profilů mělo průtok menší, než je dlouhodobý lednový průměr (Q_1). Hladiny v průběhu měsíce většinou mírně kolísaly v závislosti na srážkách a odtávání sněhové pokrývky, v první polovině měsíce při celkové vzestupné tendenci, ve druhé pak převažovalo kolísání s tendencí mírného

⁶ Pojmenování a názvy měřicích stanic a lokalit podléhá v každém oboru vlastním pravidlům. V článku jsou vždy použity názvy podle dané oborové databáze, což může působit nesourodě, ale je to formálně správné. První výskyt stanice v textu je navíc pro snadnější orientaci doplněn okresem, není-li stanice v okresním městě nebo na obecně známém místě. Pro hydrologické profily je lokalizace na vodním toku dostatečná. Stanice čistoty ovzduší mají při prvním výskytu uvedeno i zařazení k typu stanic.



Obr. 3 Roční chod srážek v roce 2019 ve srovnání s normálem za období 1961–1990 a 1981–2010 (plošné úhrny srážek pro území ČR).

Fig. 3. The annual variation of precipitation in 2019 in comparison with the normal for periods 1961–1990 and 1981–2010 (spatial precipitation total averages for the CR).

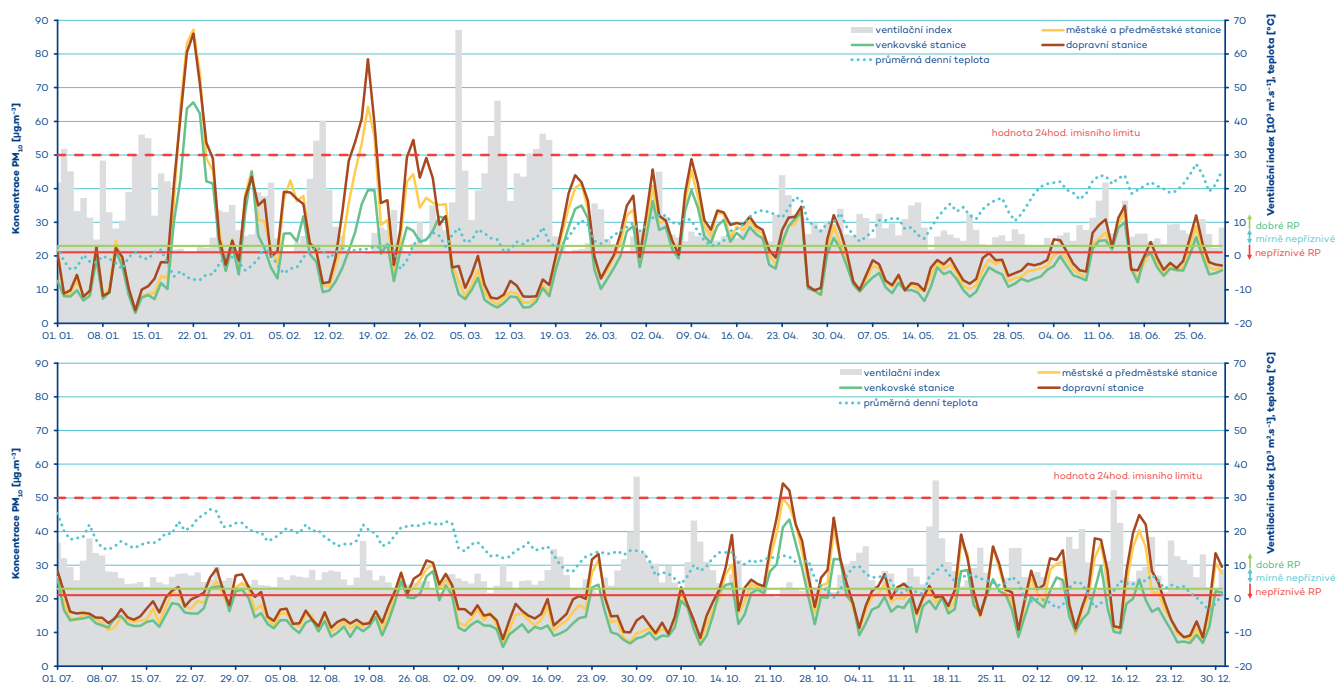
poklesu. Významnější vzestupy hladin byly zaznamenány v české části povodí Odry a na přítocích dolního Labe pod Ohří mezi 13. a 15. lednem. Kulminační průtoky byly největší na horní Ploučnici (1. SPA v Pertolticích na Panenském potoce, při průtoku výrazně menším než 2letý, $Q_{<2}$) a Kamenici, kde v Hřensku 14. ledna v noci překročila hladina krátkodobě 2. SPA při 2letém průtoku (Q_2). Také toky v horním povodí Lužické Nisy a Smědě zaznamenaly v tomto období významnější nárůst vodností. Nejvíce vystoupila 14. ledna v noci hladina Řasnice ve Frýdlantu, kde průtok kulminoval při 2. SPA a $Q_{<2}$ a také na Mandavě ve Varnsdorfu (1. SPA při $Q_{<2}$). V důsledku velmi nízkých teplot, zejména ve třetí dekádě, byla přechodně ovlivněna řada toků tvorbou ledových jevů způsobujících vzduť hladin. Z tohoto důvodu docházelo ojediněle k vzestupům hladin v ovlivněných profilech, místy až k dosažení SPA.

Maximální povolený počet překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} nebyl na konci ledna překročen na žádné měřicí stanici. Nicméně alespoň jedno překročení hodnoty denního imisního limitu bylo zaznamenáno na 110 stanicích ze 120. V lednu 2019 bylo vyhlášeno 5 smogových situací (v celkové délce 385 hodin, tj. cca 16 dní) a 2 regulace (v celkové délce 162 hodin, tj. cca 7 dní) z důvodu vysokých koncentrací PM_{10} (obr. 4). Koncentrace ostatních látek znečišťujících ovzduší⁷ v lednu 2019 nepřekročily hodnotu svého imisního limitu.

Únor

Stejně jako předchozí měsíc i únor začal větrným přechodem studené fronty a 2. února byl na Lysé hoře zaznamenán nejvyšší únorový náraz větru 35,7 m.s⁻¹. Únorové maximum výšky sněhové pokrývky 235 cm bylo naměřeno 4. února v Rokytnici nad Jizerou, Nad Voseckou (okres Semily). Po jasné noci na 5. února byla v celé republice zaznamenána minimální teplota v rozsahu od -2,2 °C ve Frýdlantu (okres Liberec) až po únorové minimum -33,3 °C na Kvildě, Perle s celorepublikovým průměrem noč-

⁷ V celém článku se jedná o koncentrace ostatních látek znečišťujících ovzduší, které lze vzhledem k současné dostupnosti dat hodnotit (tj. hodinová koncentrace NO_2 , hodinová a denní koncentrace SO_2 , denní maximum 8hodinových koncentrací CO).



Obr. 4 Vývoj průměrných denních koncentrací PM_{10} , celorepublikového denního průměru teploty vzduchu (teplota, model ALADIN) a ventilacíního indexu (model ALADIN), rok 2019.

Fig. 4. Evolution of the average daily concentrations of PM_{10} , and regional daily temperature and the ventilation index based on the ALADIN model output, 2019.

ní minimální teploty $-10,3$ °C. 18. února se potvrdilo, že jsou v mrazových kotlinách dosahovány vysoké hodnoty denní amplitudy teploty. Na Kvildě, Perle klesla noční minimální teplota na $-20,8$ °C a přes den vystoupala na $13,5$ °C, denní amplituda tak dosáhla $34,3$ °C a ustanovila tak nové únorové maximum denní amplitudy pro Česko. Nejvyšší únorové úhrny srážek přinesla studená fronta 21. února hlavně do severních oblastí Česka, maximum $43,7$ mm v Bílém potoce, Smědavě a na Pomezních boudách (okres Trutnov) 30 mm. Po několika teplých dnech, kdy teplota stoupala nad 15 °C, vyvrcholil příliv teplého vzduchu v posledním únorovém dni a 28. února byla v Kobylí (okres Břeclav) zaznamenána nejvyšší únorová teplota $18,8$ °C.

Měsíc únor byl v povodí Labe, Vltavy a Dyje převážně odtokově podprůměrný, v povodí Odry a Moravy nad Dyjí průměrný až nadprůměrný, s průtoky v rozmezí od 85 do 250 % Q_{II} . Hladiny v průběhu měsíce většinou mírně kolísaly v závislosti na srážkách a odtávání sněhové pokrývky. V povodí Vltavy byly vzestupy nejvýraznější v polovině měsíce, v povodí Odry, Olše a Moravy pak na začátku a na konci měsíce. U ostatních povodí bylo kolísání jen mírné. Mírné vzestupy hladin byly zaznamenány hned v úvodu měsíce, kdy po srážkách (2. února spadlo místy 5 až 10 mm, 3. února na celém území 10 až 30 mm srážek) došlo k všeobecnému kolísání a vzestupům hladin. V povodí Odry a Moravy byl na Ropičance v profilu Řeka, resp. na Bystřičce pod nádrží a Svatce v Dalečíně (o den později také v profilu Borovnice s dosažením 2. PA) překročen 1. SPA. Mírné kolísání s překročením 1. SPA bylo zaznamenáno na Svatce v Borovnici také 7. února, na Úhlavě v Tajanově a Botiči na Kocandě 11. února. Poslední výraznější vzestupy v únoru byly zaznamenány mezi 21. a 22. únorem po srážkách 5 až 25 mm na severu a východě území. Došlo k překročení 1. SPA na Dřevnici v Kašavě, Bystřičce pod nádrží a Husitském potoce v Solanci (povodí Rožnovské Bečvy). U všech průtoků s dosažením SPA byly vodnosti menší než Q_2 .

Během února došlo k překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} na 101 stanicích ze 120. Maximální povolený počet

překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} nebyl ani na konci února překročen na žádné stanici. Koncentrace ostatních látek znečišťující ovzduší nepřekročily v únoru hodnotu svého imisního limitu. V únoru 2019 nebyly vyhlášeny žádné smogové situace ani regulace.

Březen

V posledních letech jsme byli zvyklí na rychlý nástup jara začátkem března, konec první a začátek druhé březnové dekadý roku 2019 byl však jiný. 10. března byla na Milešovic (okres Litoměřice) naměřena rychlost větru $48,7$ m.s⁻¹ a na Lysé hoře $33,9$ m.s⁻¹. Jednalo se o největrnější událost roku, nejen pokud jde o rychlost větru, ale i pro Hasičský záchranný sbor. Ve dnech 1. až 5. a 6. až 19. března byly zaznamenány srážky na více než 50 % základních srážkoměrných stanic, nejvyšší úhrn $45,9$ mm byl naměřen 15. března v Železně Rudě na Špičáku (okres Klatovy). Srážky byly na horách sněhové a 16. března tak byla na Labské boudě naměřena nejvyšší výška sněhové pokrývky v sezóně i v roce, 265 cm. Zatímco 17. a 18. března stoupaly denní maximální teploty až 10 °C nad dlouhodobý průměr (např. Košetice 17. března $17,8$ °C a Mořkov (okres Nový Jičín) 18. března $16,1$ °C), tak 19. března byla na Březníku (okres Klatovy) naměřena nejnižší březnová minimální teplota $-15,2$ °C. Nejvyšší březnová teplota $21,8$ °C byla naměřena 23. března v Žatci (okres Louny).

Březen byl odtokově převážně slabě podprůměrný, přičemž západní polovina území byla mírně vodnější. Tendence hladin na tocích byla v průběhu měsíce převážně mírně rozkolísaná nebo setrvalá. V první polovině měsíce byly opakovaně zaznamenány výraznější vzestupy, místy až na úroveň SPA, vlivem odtávání sněhové pokrývky a dešťových srážek. Reagovaly zejména toky odvodňující horské oblasti. Ve druhé polovině měsíce již byly toky převážně setrvalé nebo jen mírně kolísaly v závislosti na denním chodu teplot a tání sněhu. Výraznější odtoková událost se vyskytla v polovině března, kdy vlivem vydatných dešťových srážek (na Šumavě přes 40 mm za 24 hodin) spolu s táním sněhu

došlo k vzestupům hladin zejména v horní části povodí Vltavy, Otavy a Berounky. Na Křemelně ve Stodůlkách, Otavě v Rejstejně a v Sušici, na Vltavě v Českém Krumlově a na Sázavě v Sázavě byl 16. března překročen 2. SPA. Na Vydře v Modravě, Studené Vltavě v Černém Kříží, Teplé Vltavě v Lenoře a v Chlumu, Blanici v Blanickém mlýně a Podedvorech, Vltavě v Zátoni, Černé v Líčově, Hamerském potoce v Plané, Otavě v Písku, Mži ve Stříbře a Sázavě ve Žďáře nad Sázavou byl 16. nebo v noci na 17. března překročen 1. SPA. Vodní stavy kulminovaly převážně 16. března, většinou při vodnostech menších než Q_2 , největší vodnost byla dosažena na Studené Vltavě (Q_5), Otavě v Rejstejně a Teplé Vltavě v Lenoře a Chlumu (Q_2).

Během března došlo k překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} na 45 stanicích ze 120. Maximální povolený počet překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} nebyl na konci března překročen na žádné stanici. Koncentrace ostatních látek znečišťující ovzduší nepřekročily v březnu 2019 hodnotu svého imisního limitu. V březnu 2019 nebyly vyhlášeny žádné smogové situace ani regulace.

Duben

Měsíc začal na mnoha místech mrazivě, na stanicích Jelení a Jelení, u mostu (okres Karlovy Vary) bylo zaznamenáno do 10. dubna 9 mrazových dnů s minimální teplotou nižší než $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nejnižší dubnová teplota $-10,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ však byla naměřena 2. dubna na stanici Kořenov, Jizerka, rašeliniště (okres Jablonec nad Nisou). 4. dubna byl na Svratouchu (okres Chrudim) zaznamenán nejvyšší dubnový náraz větru $29,3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. 25. dubna se v západních a východních Čechách a na Moravě vyskytl první letní den a 26. dubna byla v Praze, Komořanech naměřena nejvyšší dubnová teplota $28,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Duben skončil vydatnými dešti s maximálním úhrnem $47,8\text{ mm}$. 30. dubna v Mořkově a předznamenal tak srážkově vydatný květen.

Měsíc duben byl na území ČR dalším odtokově výrazně podprůměrným obdobím, kdy většina toků měla průtok menší, než je polovina dlouhodobého dubnového průměru. Výjimku s většími průtoky představovaly pouze menší horské toky, kde se projevovala dotace ze sněhových zásob ve vyšších polohách, které postupně odtávaly během celého měsíce. Z celkového počtu hlásných profilů zaznamenalo v dubnu 20 % profilů průtok menší než 25 % Q_{IV} a v 10 % profilů průtok dokonce nedosahoval ani 20 % Q_{IV} . Převážná většina „minimálních“ hodnot průtoků se vyskytovala v moravských povodích menších toků a v Čechách v povodích středolabských přítoků. Hladiny toků měly v průběhu dubna v souvislosti s absencí významnějších srážek většinou při slabém kolísání zvolna klesající tendenci a mírný vzestup byl patrný až v posledních dnech tohoto měsíce, kdy spadla většina dubnového úhrnu srážek. Důsledkem těchto vydatnějších srážek a intenzivnějšího tání sněhu se místy zvýšené průtoky přiblížily k 1. SPA.

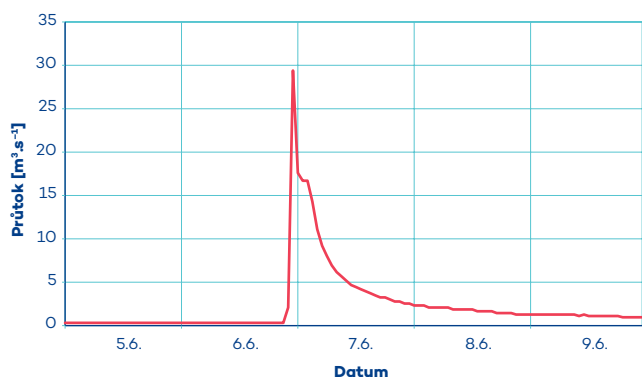
V letním půlroce (duben až září) dochází v porovnání se zimním půlrokem k méně častému překračování denního imisního limitu PM_{10} . V tomto období nabývají většího významu zvýšené koncentrace O_3 , jde o období s příznivými meteorologickými podmínkami pro vznik O_3 v ovzduší (sluneční záření, vysoké teploty, nízká relativní vzdušná vlhkost). Během dubna došlo k překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} na 52 stanicích ze 120. V dubnu dochází k prvním překročením denního imisního limitu PM_{10} , kdy maximální povolený počet překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} byl na konci dubna překročen na 4 stanicích – Věřňovice (venkovská stanice, okres Karviná), Brno-Zvonařka (průmyslová stanice), Ostrava-Radvanice ZÚ (průmyslová stanice) a Hranice (městská požadová sta-

nice, okres Přerov). Dále během dubna došlo k překročení hodnoty imisního limitu maximální denní 8hodinové koncentrace O_3 na 61 stanicích z 67. Maximální povolený počet překročení ($25\times$ v průměru za tři roky) hodnoty imisního limitu O_3 byl na konci dubna překročen na 16 stanicích. Koncentrace ostatních látek znečišťující ovzduší nepřekročily v dubnu 2019 hodnotu svého imisního limitu. V dubnu 2019 nebyly vyhlášeny žádné smogové situace ani regulace.

Květen

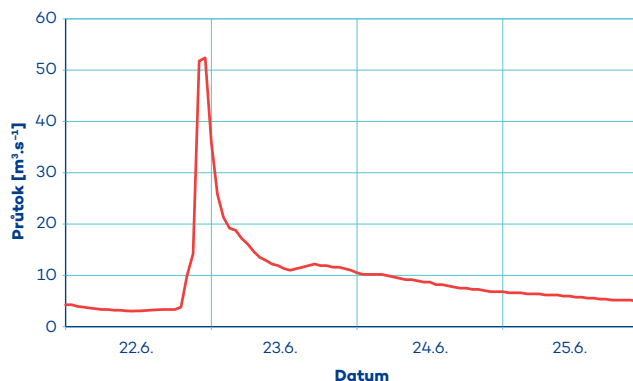
Sněhová pokrývka ležela v Krkonoších na stanicích Labská a Luční bouda (okres Trutnov) až do 20. května, hned na začátku měsíce se po více než 10 dnech vrátila i do vrcholových oblastí Beskyd a Jeseníků. 5. května byla naměřena výška sněhové pokrývky 1 cm na Červené (okres Opava) a 8 cm na Šeráku (okres Jeseník), 6. května 15 cm na Lysé hoře. 7. května byly na celém území zaznamenány přízemní mrazy i mraz ve standardní výšce 2 m nad povrchem. Průměr v celé republice v oblastech do 600 m n. m. byl jen $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, nejnižší květnová ranní minimální teplota $-9,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ byla naměřena tento den v Jelení, u mostu (okres Karlovy Vary). Na začátku poslední květnové dekády ovlivňovala počasí ve střední Evropě výrazná tlaková níže (nazvaná Axel). 22. května napršelo v Nýdku, Filipce (okres Frýdek-Místek) $92,6\text{ mm}$, přičemž třídní úhrn srážek přesáhl na několika stanicích 130 mm – Nýdek, Filipka 177 mm , Nýdek (okres Frýdek-Místek) $163,2\text{ mm}$, Bílý Potok, Smědava (okres Liberec) $147,7\text{ mm}$, Lysá hora $146,2\text{ mm}$, Tyra $131,7\text{ mm}$ a Ostravice (obě okres Frýdek-Místek) $130,7\text{ mm}$. Prvním letním dnem byl 19. květen s nejvyšší teplotou v České Lípě a ve Šternberku (okres Olomouc) $25,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, nejvyšší květnová teplota $26,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ však byla zaznamenána až 27. května v Praze, Průhonicích.

Také květen byl v povodí Labe, Vltavy a Dyje dalším odtokově podprůměrným obdobím, kdy většina toků měla průtok v rozmezí od 25 do 90 % Q_v . Odlišná situace byla v povodí Odry a Olše, částečně také v povodí horního Labe, Jizery, Malše, Sázavy a Bečvy, kde byly průtoky v důsledku vydatných srážek zejména v druhé polovině měsíce převážně průměrné nebo nadprůměrné. Z hlavních povodí nejvíce odteklo Olší ($233\text{ } \% Q_v$) a Odrou ($168\text{ } \% Q_v$). Během prvních dvou dekád měsíce byly hladiny sledovaných toků převážně setvalé nebo slabě rozkolísané. Mírná změna v tendenci nastala po vydatnějších srážkách 14. a 15. května v povodí Odry, kde došlo k překročení 1. SPA na Ropičance v profilu Řeka. K dalším výrazným vzestupům hladin v celém povodí Odry, Bečvy a částečně i středního Labe začalo docházet od 22. května. Tlaková níže nad střední Evropou přinesla vydatné srážky, které místy, zejména v Beskydech, přesahovaly v 72hodinových úhrnech výrazně 100 mm . Vzhledem k předchozímu nasycení došlo v mnoha profilech v povodí Odry, Bečvy a středního Labe k překročení SPA. V povodí Olše a Bečvy byl ve dnech 22. a 23. května překročen i 3. SPA (Jičínka v Novém Jičíně, Olše v Českém Těšíně a v Dětmarovicích, Hutiský potok v Solanci, Rožnovská Bečva v Rožnově pod Radhoštěm a Valašském Meziříčí, Senice v Ústí, Bystřička nad nádrží, Vsetínská Bečva v Jarcově, Bečva v Teplících, Lutoninka ve Vizovicích a Velička ve Velké nad Veličkou a ve Strážnici). Dosažené vodnosti rozvodněných toků se nejčastěji pohybovaly od Q_2 do Q_5 , Olše v Českém Těšíně, Rožnovská Bečva v Rožnově, Senice v Ústí a Velička ve Strážnici při Q_{10} , největší vodnost byla zaznamenána na Veličce ve Velké nad Veličkou, a to Q_{20} . Od 24. května hladiny postupně klesaly. K přechodným vzestupům došlo v povodí Odry, horní Moravy a částečně i v povodí Bečvy ještě v závěru měsíce, kdy Moravu zasáhly vydatné přeháňky a bouřky doprovázené vydatnými intenzivními srážkami. Vlivem těchto srážek (místy napršelo přes 50 mm) a předchozího silného nasycení povodí byl v noci



Obr. 5 Průběh povodňové vlny z 6. června 2019 na Volyňce v profilu Sudslavice.

Fig. 5. Flood hydrograph at the Volyňka watercourse in the Sudslavice site on 6th June 2019.



Obr. 6 Průběh povodňové vlny 22. června 2019 na Blanici v profilu Podedvory.

Fig. 6. Flood hydrograph at the Blanice watercourse in the Podedvory site on 22nd June 2019.

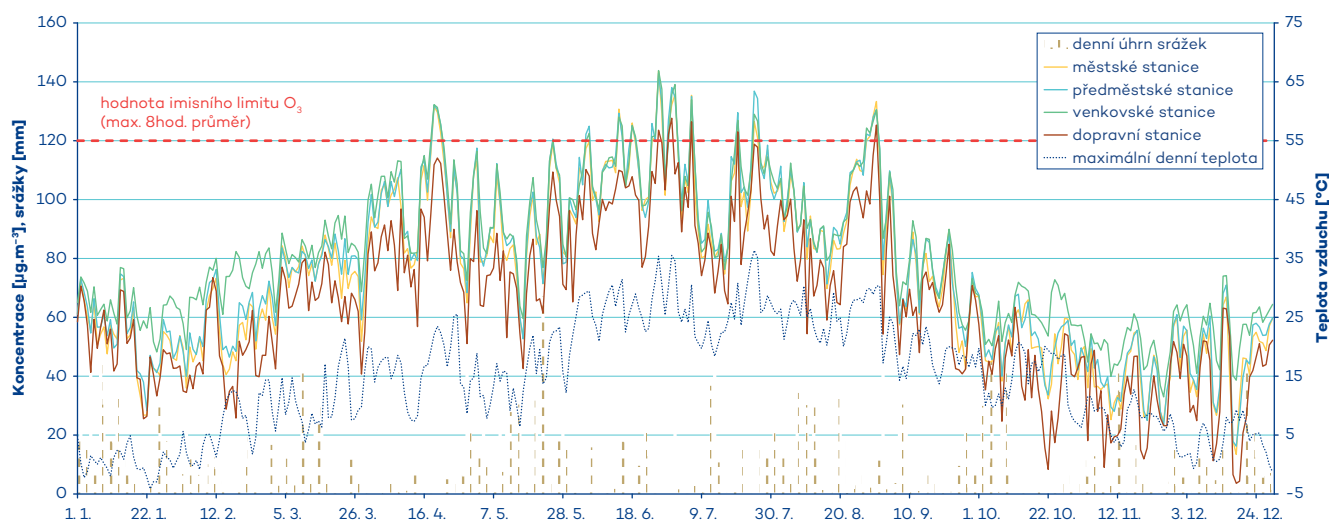
z 28. na 29. května na Jičince v Novém Jičíně překročen 2.SPA. Na Tiché Orlici v Čermné, Lužické Nise v Liberci a Olešnici v Korkoch pak byla dosažena úroveň 1. SPA.

Během května došlo k překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} na 4 stanicích ze 120. Maximální povolený počet překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} byl na konci května překročen stále na 4 stanicích. Během května došlo k překročení hodnoty imisního limitu maximální denní 8hodinové koncentrace O_3 na 48 stanicích z 67. Maximální povolený počet překročení hodnoty denního imisního maximální denní 8hodinové koncentrace O_3 byl na konci května překročen na 17 stanicích z 67. Koncentrace ostatních látek znečišťující ovzduší nepřekročily v květnu 2019 hodnotu svého imisního limitu. V květnu 2019 nebyly vyhlášeny žádné smogové situace ani regulace.

Červen

První tropický den s maximální teplotou 30 °C nebo vyšší byl 3. června a 6. června se při přechodu výrazné studené fronty vyskytly silné bouřky a přívalové srážky. Úhrny nad 60 mm byly naměřeny na stanicích Křemže, Mříč (okres Český Krumlov) 71,6 mm, Hamry (okres Chrudim) 67 mm, Boršov nad Vltavou (okres České Budějovice) 62 mm a v Českých Budějo-

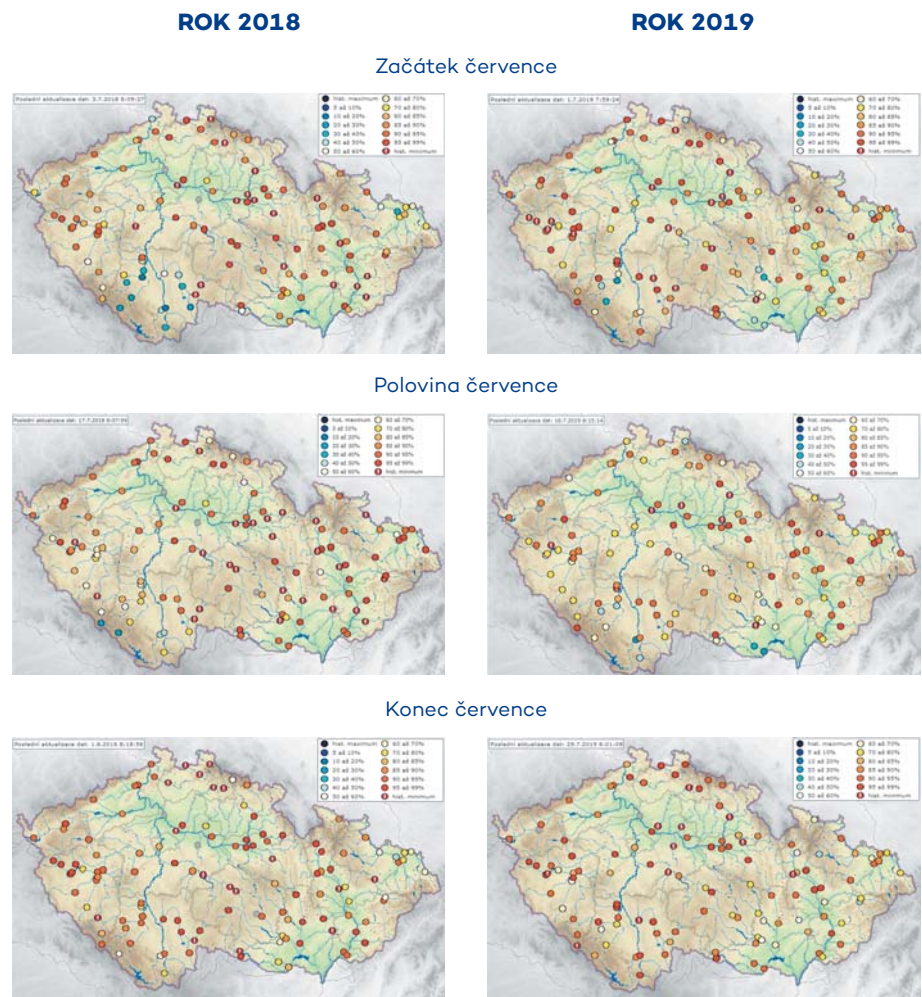
vicích 61,3 mm. V Křemži napadlo 54,3 mm v čase od 19:50 do 20:20 SELČ a v Českých Budějovicích od 20:10 do 20:40 SELČ 32,2 mm. Nejnižší červnová teplota $-3,4$ °C byla naměřena 9. června v Kořenově na Jizerce, rašeliništi. V období od 8. do 21. června byla na stanicích Vatín (okres Žďár nad Sázavou) a Dukovany (okres Třebíč) zaznamenána nejdelší horká vlna tohoto roku s maximálními teplotami minimálně o 5 °C vyššími, než odpovídá dlouhodobému průměru maximálních teplot v daném období. Na mnoha dalších stanicích byla horká vlna sice kratší, ale denní maximální teplota přesahovala i více dní za sebou hranici tropického dne (30 °C), například ve Strážnici (okres Hodonín) od 10. do 15. června. Ve stejném období se vyskytovaly i silné bouřky z tepla, dne 13. června spadlo v Ivanovicích na Hané (okres Vyškov) 122,3 mm s maximálním hodinovým úhrnem 64,2 mm v čase od 20:50 do 21:50. V bouři s výšktem krup byla 15. června na stanici Radovesnice II. (okres Kolín) naměřena maximální rychlost větru 26,8 $m \cdot s^{-1}$. Nejvyšší červnová i roční teplota 38,9 °C byla naměřena 26. června v Doksanech (okres Litoměřice). Červen jako celek se stal s odchylkou +5,2 °C historicky nejteplejším červnem za dobu měření v Česku a překonal tak dosavadní nejteplejší červen z roku 2003, který byl oproti dlouhodobému průměru teplejší „jen“ o 3,9 °C.



Obr. 7 Vývoj průměrných maximálních denních 8hodinových koncentrací O_3 , celorepublikových maxim teploty vzduchu (teplota, model ALADIN) a celorepublikového denního úhrnu srážek (srážky, model ALADIN), rok 2019.

Fig. 7. Evolution of the average daily maximum 8-hour O_3 concentration, and regional maximum temperature and regional daily precipitation based on the ALADIN model output, 2019.

Měsíc červen byl dalším odtokově podprůměrným obdobím, kdy cca 80 % sledovaných toků mělo průtok menší, než je dlouhodobý červnový průměr. Všechna hlavní povodí vykazovala podprůměrné měsíční průtoky, a to v rozmezí 40 až 80 % Q_{VI} . V průběhu prvních tří týdnů měsíce června se na většině našeho území vyskytovaly přeháňky a bouřky, místy i velmi silné, doprovázené vydatnými intenzivními srážkami. Hladiny sledovaných toků byly většinou setrvalé nebo mírně kolísaly, s převažující tendencí mírného poklesu. Přechodná změna nastávala pouze po vydatnějších srážkách, kde v zasažených povodích docházelo k prudkým krátkodobým vzestupům hladin, místy až k dosažení SPA. Od 5. do 7. června, kdy maximální přívalové srážky s úhrny 40 až 70 mm byly zaznamenány zejména v jižních, středních a východních Čechách, na Vysočině a jižní Moravě, stoupaly hladiny zejména v povodí Bečvy, Veličky, horní Vltavy a některých přítoků střední Vltavy. Největší vzestupy byly zaznamenány na Bystřičce nad nádrží (3. SPA při vodnosti Q_2), na Veličce ve Velké nad Veličkou (1. SPA při Q_2), na Blanici v Podedvorech (2. SPA při Q_2) a na Volyňce (obr. 5) v Sudslavicích (3. SPA při Q_5). Úroveň SPA byla překročena také na Botiči v Praze Nuslích (1. SPA), na Kocábě ve Štěchovicích (1. SPA při Q_2), na Teplé Vltavě v Lenoře (1. SPA při Q_2) a na Chvalšinském potoce ve Chvalšínách (1. SPA při Q_2). Další výraznější vzestupy hladin následovaly od 12. do 16. června vlivem opakujících se lokálních bouřek, kdy hladiny menších toků rychle reagovaly a místy vystoupaly až na úroveň SPA. 12. června byl krátkodobě překročen 1. SPA na Botiči v Jesenicích-Kocandě a v Praze-Nuslích a na Rokytce v Praze Vysočanech, během 13. června se rozvodnila horní Sázava. Na Sázavě v profilech Žďár nad Sázavou a Sázava a na Šlapance v profilu Mírovka hladiny krátce vystoupaly k 1. SPA. I v následujících dnech se na našem území vyskytovala silná bouřková činnost, kterou bylo opakovaně zasaženo nasycené povodí horní Sázavy a během 15. června tak znovu došlo k rychlým vzestupům hladiny Sázavy v profilech Žďár nad Sázavou (1. SPA při $Q_{<2}$) a Sázava (2. SPA při $Q_{<2}$). Také v zasažených lokalitách povodí horní Moravy docházelo na menších tocích k rychlým přechodným vzestupům, místy až k úrovni stupňů povodňové aktivity. Dva opakované vzestupy k 1. SPA při vodnosti Q_2 byly zaznamenány na Mertě v profilu Sobotín (kulminace 13. a 16. června), na Třebůvce v Mezihoří byl 16. června překročen 2. SPA při vodnosti Q_5 . Koncem druhé a počátkem třetí dekády se vyskytovaly silné lokální bouřky, jejichž důsledkem stoupaly hladiny zasažených toků. Od 19. do 22. června docházelo k rozvodnění toků zejména na jihu a východě území. Na toku Loučka v profilu Dolní Loučky bylo zaznamenáno překročení 2. SPA při Q_2 , na toku Blata v profilu

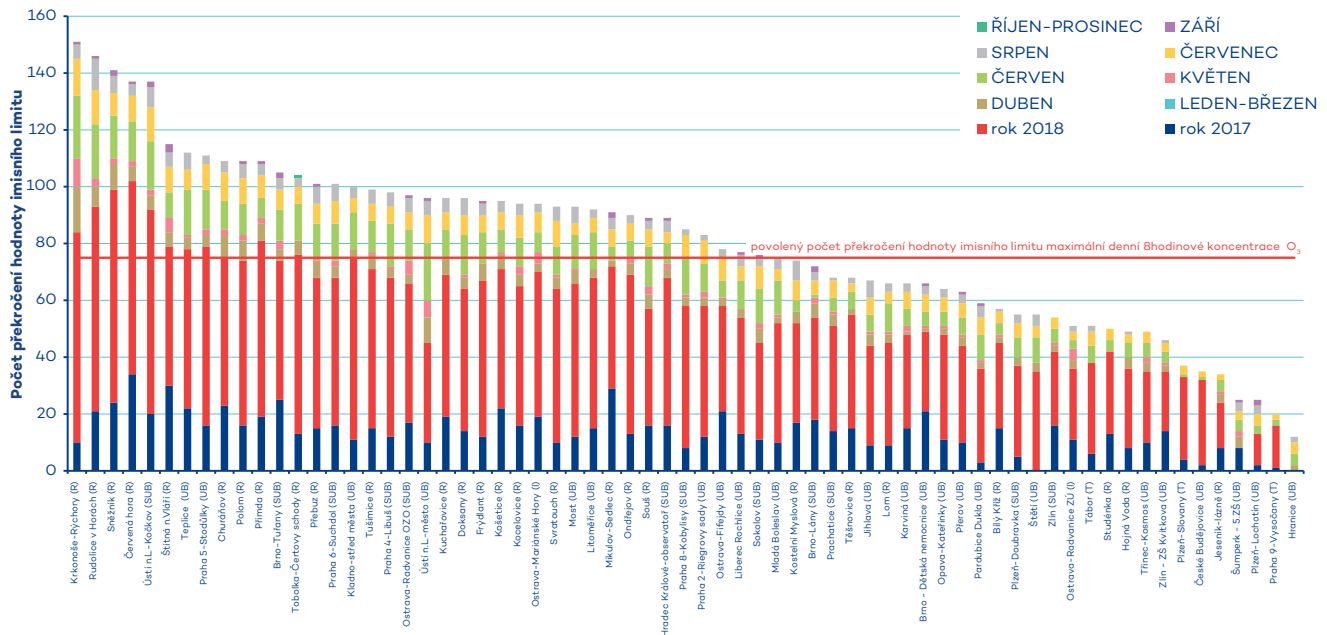


Obr. 8 Porovnání aktuálního průměrného průtoku za posledních 24 hodin se všemi pozorovanými denními průtoky v daný den roku 2018 a 2019 za celé období pozorování v dané vodoměrné stanici, procenta udávají, kolik historických pozorování je větších než aktuální průtok.

Fig. 8. Comparison of daily flow rate in 2018 and 2019 with historical daily flow rates of the water gauging station since the beginning of observation on the same day of the year. The percentage indicates the extent of historical flow rates higher than the evaluated flow rate value.

Klopotovice došlo k překročení 2. SPA při Q_2 a během 22. června ve večerních hodinách byl na Blanici (obr. 6) v profilu Podedvory krátkodobě překročen 3. SPA při vodnosti Q_5 . Podíl vodoměrných profilů, v nichž byl zaznamenán průtok menší než Q_{355d} na začátku června odpovídal pouze cca 3 % stanic, do konce měsíce vzrostl až k cca 30 % stanic. Převážná většina „minimálních“ hodnot se vyskytovala v povodí Berounky, přítoků střední Vltavy a středního Labe.

Během června došlo k překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} na 8 stanicích ze 120. Maximální povolený počet překročení ($35 \times$ za kalendářní rok) hodnoty denního imisního limitu PM_{10} byl na konci června překročen na 4 stanicích. Během června došlo k překročení hodnoty imisního limitu maximální denní 8hodinové koncentrace O_3 na všech 67 hodnocených stanicích. Maximální povolený počet překročení hodnoty imisního limitu O_3 byl na konci června překročen na 33 stanicích z 67. V červnu 2019 bylo vyhlášeno 5 smogových situací (v celkové délce 64 hodin, tj. cca 3 dny) z důvodu vysokých koncentrací O_3 (obr. 7). Koncentrace ostatních látek znečišťujících ovzduší nepřekročily v červnu 2019 hodnotu svého imisního limitu.



Obr. 9 Počet dnů, kdy maximální denní 8hodinová koncentrace O_3 překročila hodnotu imisního limitu ($120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) na stanicích AIM, 2017–2019.

Fig. 9. The number of days with the daily maximum 8-hour O_3 concentration exceeding the air quality limit value ($120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) at the AIM stations, 2017–2019.

Červenec

Teplý červenec doznival ještě i 1. července, kdy byla v Kuchařovicích (okres Znojmo) zaznamenána nejvyšší červencová teplota $38,4 \text{ }^\circ\text{C}$, na stanici Třinec, Oldřichovice, Javorový (okres Frýdek-Místek) byla naměřena v bouři rychlost větru $31,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a na Luké $80,4 \text{ mm}$ srážek za srážkový den. 10. července bylo relativně chladno, na mnoha stanicích byla minimální ranní teplota pod $5 \text{ }^\circ\text{C}$, nejnižší červencová minimální teplota $-5,1 \text{ }^\circ\text{C}$ byla na Rokytské slati (okres Klatovy), kde byl také 18. července zaznamenán poslední mrazový den s minimální teplotou $-1,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Průměrné denní hodnoty stratosférického ozonu se v červenci na našem území běžně pohybují kolem 340 D. U. (Dobsonovy jednotky), 24. července však při slunečném počasí klesla tato koncentrace až na 291 D. U.

Měsíc červenec byl ve většině sledovaných povodí odtokově podprůměrný. Všechna hlavní povodí měla podprůměrné měsíční průtoky v rozmezí 20 až 50 % Q_{VII} . Na konci července byl zaznamenán největší podíl vodoměrných profilů za rok 2019, u nichž byl průtok menší než Q_{355d} ⁸ a to cca 55 %. Srovnání úrovně aktuálních průtoků v červenci 2018 a 2019 s historickými průtoky ve stejném období ukazuje obr. 8. Největší počet profilů s nejměššími průtoky se vyskytoval v povodí Odry a Moravy. V průběhu měsíce byly hladiny toků převážně slabě rozkolísané s převládající tendencí mírného poklesu nebo zůstávaly setrvalé. Převážně na začátku a na konci měsíce docházelo místy k výraznějším krátkodobým vzestupům hladin v povodích zasažených vydatnějšími srážkami, ojediněle i s dosažením 1. SPA. Dne 2. července byl na Borovském potoce v profilu Stříbrné Hory po vydatnějších srážkách (lokálně spadlo až 40 mm) dosažen 1. SPA při $Q_{<2}$. Ve stejný den byl zaznamenán 1. SPA také na Romži v profilu Valová ($Q_{<2}$). Významnější vzestupy byly také na konci měsíce, kdy 30. července v Praze napršelo až 30 mm a srážková činnost pokračovala i další den. Vlivem těchto srážek výrazně stouply hladiny zejména pražských toků i s přechodným dosažením SPA. 30. července byl na Botiči v profilu Praha-Nusle dosažen 1. SPA při Q_2 a 31. července na Rokytce v profilu Praha-Vysočany 1. SPA při Q_{2-5} . Krátkodobý vzestup s dosažením 1. SPA byl také na Bystřičce v profilu Bystřička nad nádrží při $Q_{<2}$.

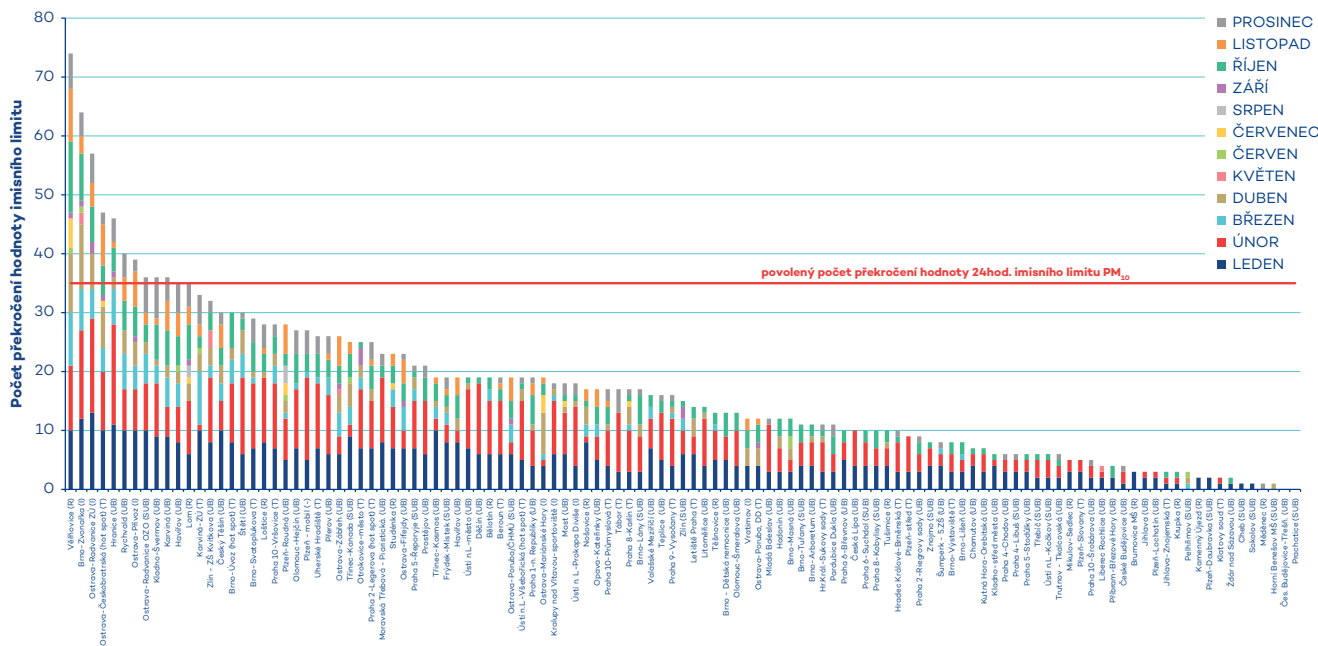
Během července došlo k překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} na 8 stanicích ze 120. Maximální povolený počet překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} byl na konci července překročen stále na 4 stanicích. Během července došlo k překročení hodnoty imisního limitu maximální denní 8hodinové koncentrace O_3 opět na všech 67 hodnocených stanicích. Maximální povolený počet překročení hodnoty imisního limitu O_3 byl na konci července překročen na 35 stanicích z 67. V červenci 2019 byla vyhlášena 1 smogová situace (v celkové délce 26 hodin, tj. cca 1 den) z důvodu vysokých koncentrací O_3 . Koncentrace ostatních látek znečišťujících ovzduší nepřekročily v červenci 2019 hodnotu svého imisního limitu.

Srpen

Na stanici Kořenov, Jizerka, rašeliniště byl hned 4. srpna zaznamenán první mrazový den⁸ s minimální teplotou $-0,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Nejvyšší srpnová teplota $33,9 \text{ }^\circ\text{C}$ byla naměřena 10. srpna ve Strážnici a nejnižší $-3,5 \text{ }^\circ\text{C}$ 15. srpna na Kvildě, Perle. Hlavně v severní části Česka se 18. srpna vyskytly silné bouřky, v Plzni, Mikulce byl naměřen náraz větru $25,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Silnější bouřky s intenzivními srážkami se vyskytly i 26. srpna s maximálním úhnnem $83,6 \text{ mm}$ ve Zlíně.

Srpen byl opět odtokově výrazně podprůměrným měsícem. Na prostá většina sledovaných toků měla v srpnu průměrný průtok pod 50 % Q_{VIII} a větších hodnot (50 až 75 % Q_{VIII}) místy dosahovaly toky v povodí horní Vltavy, Odry, Bečvy a některé menší přítoky Moravy. Naopak k nejméně vodným povodím patřila v srpnu především povodí Jizery (33 %), Otavy (28 %), Lužnice (15 %), Berounky (35 %) a Sázavy (22 %). Podíl vodoměrných profilů, kde byl zaznamenán průtok menší než Q_{355d} na počátku srpna odpovídal cca 20 % stanic, pak po většinu měsíce kolísal kolem 25 % a na jeho konci poklesl opět na cca 20 %. Z tohoto

⁸ První a poslední výskyt „letních“ charakteristických dní (např. letní a tropický den) je v průběhu roku většinou logický. Pro mrazový, ledový a arktický den však určujeme první výskyt v období od srpna a poslední v období do července a přiřazujeme tento výskyt tak konci předchozí a začátku následující „zimní“ sezóny.



Obr. 10 Počet dnů, kdy průměrná denní koncentrace PM_{10} překročila hodnotu imisního limitu ($50 \mu g \cdot m^{-3}$) na stanicích AIM, 2019.
 Fig. 10. The number of days with the average daily concentration of PM_{10} exceeding the air quality I limit value ($50 \mu g \cdot m^{-3}$) at the AIM stations, 2019.

pohledu byla situace oproti loňskému suchému srpnu, kdy se tyto hodnoty pohybovaly mezi 50 a 60 % profilů, mnohem příznivější. K významnějšímu rozkolísání hladin v reakci na plošně vydatnější srážky došlo jen v období 12. až 14. a také 26. až 29. srpna. Kromě uvedeného období se lokálně zvedaly hladiny menších toků po přivalových deštích, avšak vzhledem k minimálnímu nasycení půdy nepředstavovaly povodňové nebezpečí a jen ojediněle nakrátko dosáhly vodních stavů blízkých SPA, či kulminačních vodností do úrovně Q_2 : Botič v Praze 12. srpna (1. SPA při Q_2), Třebůvka v Mezihoří 21. srpna (1. SPA při Q_{2-}), Metuje v Hronově 26. srpna (1. SPA při Q_{2-}), Loučná v Litomyšli 29. srpna (1. SPA při Q_2), Bělá v Boskovicích 29. srpna (1. SPA při Q_{2-}).

Během srpna došlo k překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} na 2 stanicích ze 120. Maximální povolený počet překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} byl na konci srpna překročen stále na 4 stanicích. Během srpna došlo k překročení hodnoty imisního limitu maximální denní 8hodinové koncentrace O_3 na 60 stanicích z 67. Maximální povolený počet překročení hodnoty imisního limitu O_3 byl na konci srpna překročen na 37 stanicích z 67. Koncentrace ostatních látek znečišťujících ovzduší nepřekročily v srpnu 2019 hodnotu svého imisního limitu. V srpnu 2019 nebyly vyhlášeny žádné smogové situace ani regulace.

Září

Poslední tropický den roku byl zaznamenán hned 1. září ve Strážnici s maximální zářijovou teplotou $33,2 \text{ }^\circ\text{C}$ a opět s vysokými úhrny srážek v bouřkách, např. v Boleboři (okres Chomutov) spadlo 84,6 mm za den. Na konci druhé dekády se v předpovědích meteorologů ČHMÚ začaly objevovat zmínky o přízemních mrazech i mimo hory a mrazové sníženiny. 20. září klesla minimální teplota ve 2 metrech na Kvildě, Perle až na $-8,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Na konci měsíce ovlivnila počasí u nás hluboká tlaková níže (nazvaná Mortimer) s nárazy větru nad $25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ s maximem $33,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 30. září na Milešově.

Měsíc září byl v povodí Vltavy a Labe nadále odtokově podprůměrným měsícem, v povodí Odry a Moravy se situace oproti

předchozímu měsíci mírně zlepšila a hodnoty průtoků byly průměrné nebo jen mírně podprůměrné. K nejméně vodným tokům patřily v září toky v povodí horního a středního Labe a Orlice, kde průtoky dosahovaly 10 až 20 % Q_{IX} . Naopak nadprůměrné hodnoty průtoků (1,5 až 2násobné oproti zářijovému průměru), v důsledku srážkové činnosti, dosahovaly toky v povodí Bečvy na konci první dekády měsíce. V důsledku toho byl na Vsetínské Bečvě a Bystřičce při dosažení Q_2 krátce překročen i 2. SPA a na Morávce 1. SPA. Větší hodnoty průtoků se přechodně místy vyskytovaly také během první dekády, kdy po vydatnějších srážkách docházelo k vzestupům, zejména na Rakovnickém potoce, Botiči a Bystřičce, kde byl 1., resp. 2. září krátce překročen 1. SPA. Podíl vodoměrných profilů, kde byl zaznamenán průtok menší než Q_{355d} na začátku září v ČR odpovídal cca 35 % stanic, na přelomu první a druhé dekády poklesl na 15 % a do konce měsíce pak pozvolna stoupl až 30 %.

Během září došlo k překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} na 13 stanicích ze 120. Maximální povolený počet překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} byl na konci září překročen stále na 4 stanicích. Během září došlo k překročení hodnoty imisního limitu maximální denní 8hodinové koncentrace O_3 na 24 stanicích z 67. Maximální povolený počet překročení hodnoty imisního limitu O_3 byl na konci září překročen na 38 stanicích z 67 (obr. 9). Koncentrace ostatních látek znečišťujících ovzduší nepřekročily v září 2019 hodnotu svého imisního limitu. V září 2019 nebyly vyhlášeny žádné smogové situace ani regulace.

Říjen

První sněhová pokrývka se na horách vytvořila 6. října na Luční (6 cm) a Labské boudě (9 cm), vydržela však jen tři dny. Výšku 15 cm udávala ve stejný den polská meteorologická stanice na Sněžce. Studená fronta u nás ukončila několik deštivějších dní s nejvyšším úhrnem 44,2 mm 8. října na Benecku (okres Semily) a následující dny byly označeny jako babí léto, za které bývá v posledních letech označován téměř celý, většinou teplotně nadprůměrný, podzim. 24. října byla v Trinci, Ropici (okres Frýdek-Místek) naměřena maximální teplota $26,9 \text{ }^\circ\text{C}$ a tento den

se stal posledním letním dnem roku. Nejnižší říjnová teplota $-13,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ byla 31. října naměřena na stanici Kořenov, Jizerka, rašeliniště.

Měsíc říjen byl ve většině sledovaných povodí odtokově podprůměrný. Všechna hlavní povodí s výjimkou povodí Vltavy měla podprůměrné průtoky v rozmezí 65 až 84 % Q_x . Relativně nejvíce odtékalo Vltavou (100 % Q_x). V průběhu října zůstávaly hladiny toků převážně slabě rozkolísané nebo setrvalé, většinou s tendencí mírného poklesu, jen na počátku měsíce docházelo vlivem větších srážkových úhrnů na většině toků k mírným vzestupům hladin. Jen ojediněle a nakrátko dosáhly některé toky stavů blízkých SPA či kulminačních vodností $Q_{<2}$ (vlivem vypouštění rybníků byl 5. a 6. října během dne krátkodobě překročen 1. SPA na Hamerském potoce v profilu Oldřiš). Podíl vodoměrných profilů, v nichž byl zaznamenán průtok menší než Q_{355d} na začátku října odpovídal ca 28 % stanic, v polovině měsíce poklesl na 5 % a v jeho závěru pak pozvolna stoupl až k 15 %.

Během října došlo k překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} na 89 stanicích ze 120. Maximální povolený počet překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} byl na konci října překročen na 5 stanicích, kdy k výše zmíněným přibyla stanice Ostrava-Českobratrská (hot spot) (dopravní stanice). Koncentrace ostatních látek znečišťující ovzduší nepřekročily v říjnu 2019 hodnotu svého imisního limitu. V říjnu 2019 nebyly vyhlášeny žádné smogové situace ani regulace.

Listopad

Posledním dnem s maximální teplotou nad $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ byl 3. listopad ve Strážnici, kde maximální denní teplota dosáhla $20,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Přestože denní maximální teploty přesahovaly až do 24. listopadu i $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, tak minimální teploty, hlavně v mrazových kotlinách, klesaly i pod $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nejnižší listopadová teplota $-14,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ byla naměřena už 11. listopadu na Kvildě, Perle. Na horách se od 13. listopadu začala vytvářet sněhová pokrývka, která však, stejně jako v říjnu, vydržela jen několik dní. Maximální hodnoty byly opět na Labské (30 cm) a Luční (27 cm) boudě 14. listopadu. Nejvyšší listopadový úhrn srážek $29,8\text{ mm}$ byl naměřen 28. listopadu v Peci pod Sněžkou (okres Trutnov). Pouze na jmenovaných krkonošských stanicích (Labská a Luční bouda) napadl sníh znovu 29. listopadu a sněhová pokrývka vydržela bez přerušení až do konce roku.

Listopad byl na většině sledovaných povodí odtokově podprůměrný. Měsíční průtoky většiny sledovaných toků dosahovaly v listopadu nejčastěji 30 až 80 % Q_{x1} . V průběhu listopadu

Tab. 1 Denní maximum teploty [$^{\circ}\text{C}$] v roce 2019.

Table 1. The highest maximum daily temperature [$^{\circ}\text{C}$] in 2019.

ID stanice	Název	Okres	Nadm. výška [m n. m.]	Datum	Maximální teplota [$^{\circ}\text{C}$]
U1DOKS01	Doksany	Litoměřice	158	26. 6.	38,9
P1DOBE01	Dobřichovice	Praha-západ	205	30. 6.	38,8
P1PKOM01	Praha, Komořany	Praha	213	30. 6.	38,7
P7REZPO1	Husinec, Řež	Praha-východ	250	30. 6.	38,6
P1PLIB01 P2BRAN01	Praha, Libuš Brandýs nad Labem-Stará Boleslav, Brandýs nad Labem	Praha Praha-východ	302 179	30. 6.	38,5

Tab. 2 Denní minimum teploty [$^{\circ}\text{C}$] v roce 2019.

Table 2. The lowest minimum daily temperature [$^{\circ}\text{C}$] in 2019.

ID stanice	Název	Okres	Nadm. výška [m n. m.]	Datum	Minimální teplota [$^{\circ}\text{C}$]
C7JESLO1	Kvilda-Perla	Prachatice	1 058	5. 2.	$-33,3$
C7ROSL01	Rokytská slat'	Klatovy	1 100	5. 2.	$-30,5$
P7KJRA01	Kořenov, Jizerka, rašeliniště	Jablonec nad Nisou	858	22. 1.	$-28,2$
C7BRZK01	Březník	Klatovy	1 139	5. 2.	$-28,2$
P2KORE01	Kořenov, Jizerka	Jablonec nad Nisou	858	22. 1.	$-27,0$

Tab. 3 Nejvyšší denní úhrn srážek [mm] v roce 2019.

Table 3. The highest daily precipitation amount [mm] in 2019.

ID stanice	Název	Okres	Nadm. výška [m n. m.]	Datum	Denní úhrn [mm]
B1IVAN01	Ivanovice na Hané	Vyškov	243	13. 6.	122,3
O1NYFI01	Nýdek, Filipka	Frýdek-Místek	745	22. 5.	92,6
P2NVES01	Káraný	Praha-východ	170	15. 6.	89,1
U1BOLR01	Boleboř	Chomutov	600	1. 9.	84,6
B1ZLIN01	Zlín, Mladcová	Zlín	283	26. 8.	83,6

Tab. 4 Nejvyšší třídenní úhrn srážek [mm] v roce 2019.

Table 4. The highest 3-day precipitation amount [mm] in 2019.

ID stanice	Název	Okres	Nadm. výška [m n. m.]	Datum	Úhrn [mm]
O1NYFI01	Nýdek, Filipka	Frýdek-Místek	745	21.–23. 5.	177,0
O1NYDE01	Nýdek	Frýdek-Místek	400	21.–23. 5.	163,2
U2SMED01	Bílý potok, Smědava	Liberec	834	20.–22. 5.	147,7
O1LYSA01	Lysá hora	Frýdek-Místek	1 322	21.–23. 5.	146,2
O1TYRA01	Týra	Frýdek-Místek	500	21.–23. 5.	131,7

byly hladiny toků převážně slabě rozkolísané nebo setrvalé. Nejvýraznější přechodné vzestupy byly zaznamenány v povodí horního Labe, Odry a Moravy ve dnech 13. a 14. listopadu po předchozích srážkách, avšak bez překročení SPA. Podíl vodoměrných profilů, v nichž byla zaznamenána vodnost menší než Q_{355d} , na začátku listopadu odpovídal ca 9 % stanic, v druhé dekádě klesl na 4 % a v závěru měsíce pak pozvolna stoupl až na 11 % profilů.

Během listopadu došlo k překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} na 34 stanicích ze 120. Maximální povolený počet překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} byl na konci listopadu překročen na 7 stanicích, kdy k výše zmíněným přibyla stanice Rychvald (městská požadová stanice, okres Karviná) a Ostrava-Prívov (průmyslová stanice). V listopadu 2019 nebyla vyhlášena žádná smogová situace. Koncentrace ostatních látek

Tab. 5 Nejvyšší výška celkové sněhové pokrývky [cm] v roce 2019.

Table 5. The maximum snow cover depth [cm] in 2019.

ID stanice	Název	Okres	Nadm. výška [m n. m.]	Datum	Celková výška sněhu [cm]
H1LBOU01	Labská bouda	Trutnov	1 320	16. 3.	265
P4RNVO01 ⁹	Rokytnice nad Jizerou, Nad Voseckou	Semily	1 377	21. 1.	244
H1LUCB01	Luční bouda	Trutnov	1 413	16. 3.	235
P4RLHO01 ⁹	Rokytnice nad Jizerou, Lysá hora	Semily	1 310	25. 3.	234
P4RZPL01 ⁹	Rokytnice nad Jizerou, Zadní Plech	Semily	1 129	18. 3.	233
O1LYSA01	Lysá hora	Frýdek-Místek	1 322	19. 1.	225

Tab. 6 Nejvyšší výška nového sněhu [cm] v roce 2019.

Table 6. The maximum new snow cover depth [cm] in 2019.

ID stanice	Název	Okres	Nadm. výška [m n. m.]	Datum	Výška nového sněhu [cm]
U1CEJI01	Český Jiřetín, Fláje	Most	740	8. a 9. 1., 3. 2.	40
H1CDUL01	Černý Důl	Trutnov	715	8. 1.	39
C1KVILO1	Kvilda	Prachatice	1 059	8. 1.	37
U1TISA01	Tisá	Ústí nad Labem	556	3. 2.	37
U1PEKLO1 L3ABER01	Petrovice, Krásný Les Abertamy	Ústí nad Labem Karlovy Vary	631 893	8. 1.	35
U1KLIN01	Klíný	Most	807	3. 2.	35

Tab. 7 Statistika význačných dnů v roce 2019.

Table 7. Review of significant days in 2019.

	První	Poslední	Počet v ČR ¹⁰ (průměr 1901–2000)	Maximální počet	
				Stanice	Počet (průměr 1901–2000)
Tropický (TMA≥30)	2. 6.	1. 9.	55 (35)	Strážnice	40 (10)
Letní (TMA≥25)	24. 4.	24. 10.	112 (100)	Strážnice	91 (54)
Mrázový (TMI<0)	4. 8.	18. 7.	281 (224)	Kvilda, Perla	230 (NA ¹¹)
Ledový (TMA<0)	29. 10.	15. 5.	148 (124)	Sněžka	119 (NA ¹²)
Arktický (TMA≤-10)	NA ⁵	25. 1.	5 (15)	Luční bouda	2 (NA ¹³)
S tropickou nocí (TMI≥20)	11. 6.	1. 9.	22 (8)	Praha, Klementinum	19 (2)

znečišťující ovzduší, které lze vzhledem k současné dostupnosti dat hodnotit nepřekročily v listopadu 2019 hodnotu svého imisního limitu.

Prosinec

Začátek zimy byl pomalý a pouze na několika málo stanicích ležela v prosinci sněhová pokrývky více než 20 dn – Churáňov (okres Prachatice) 21 dní, Lysá hora a Desná, Souš (Jablonec nad Nisou) 22 dny, Pec pod Sněžkou 24 dny, Šerák 25 dní, Kořenov, Jizerka, rašeliniště 28 dní a již zmíněné Labská a Luční

⁹ Stanice s nepravidelným expedičním měřením výšky sněhu a vodní hodnoty

¹⁰ Den se vyskytl alespoň na jedné stanici v ČR

¹¹ Stanice na Jezerní slati zahájila standardní měření až v roce 2000, údaj není k dispozici (dále NA).

¹² Stanice na Sněžce zahájila standardní měření až v roce 2010

¹³ Arktický den se ve druhé polovině roku 2019 nevyskytl

¹⁴ Stanice na Luční boudě zahájila standardní měření až v roce 2009

bouda 31 dní. Nejvyšší prosincová teplota 17,8 °C byla zaznamenána 18. prosince v Mořkově. Nejvyšší úhrn srážek 58,4 mm byl naměřen 23. prosince na Lysé hoře, který znamenal 27cm nového sněhu a Štědrý den tak lze označit za začátek zimy i na vrcholech Beskyd. Nejnižší prosincová teplota -19,4 °C byla naměřena 29. prosince na Břežníku.

I prosinec byl na většině sledovaných povodí na území České republiky odtokově podprůměrný. Měsíční průtoky hlavních povodí byly v rozmezí 39 (Vltava ve Vraňanech) až 92 % Q_{XII} (Olše ve Věřňovicích). Hladiny většiny sledovaných toků byly v průběhu prosince převážně slabě rozkolísané v závislosti na srážkové činnosti. Největší vzestupy s dosažením SPA se vyskytly po srážkových úhrnech v průměru 30 mm za 24 hodin v Beskydech během 23. prosince. V důsledku těchto srážek a odtávání sněhové pokrývky se zvedaly hladiny horních částí toků v povodích zasažených oblastí, ojediněle až k 1. SPA na Bystřičce v Bystřičce nad nádrží při $Q_{<2}$ a na Dřevnici v Kašavě nad nádrží při $Q_{<2}$. Podíl vodoměrných profilů, v nichž byla zaznamenána vodnost menší než Q_{355d} , byl na konci prvního týdne ca 22 % stanic, do konce měsíce klesl na cca 8 %.

Během prosince došlo k překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} na 53 stanicích ze 120. Maximální povolený počet překročení hodnoty denního imisního limitu PM_{10} byl na konci roku 2019 překročen na 10 stanicích, kdy k výše zmíněným přibýly stanice Ostrava-Radvanice OZO (SUB), Kladno-Švermov (UB) a Karví-

ná (UB) (obr. 10). V prosinci 2019 nebyla vyhlášena žádná smogová situace. Koncentrace ostatních látek znečišťující ovzduší nepřekročily v prosinci 2019 hodnotu svého imisního limitu.

Literatura:

- ČHMÚ, 2020. Portál Českého hydrometeorologického ústavu [online]. [cit. 2. 1. 2020]. Dostupné z WWW: <http://www.chmi.cz>.
- eMS, 2020. Meteorologický slovník výkladový a terminologický, ČMeS [online]. [cit. 2. 1. 2020]. Dostupné z WWW: <http://slovník.cmes.cz>.
- Infomet, 2020. Informační stránky Českého hydrometeorologického ústavu, Infomet [online]. [cit. 2. 1. 2020]. Dostupné z WWW: <http://www.infomet.cz>.
- ŠTĚPÁNEK, P., 2005. Variabilita teploty vzduchu na území České republiky v období přístrojových měření (Air Temperature Fluctuations in the Czech Republic in the Period of Instrumental Measurements). Disertační práce, Geografický ústav PřF MU, Brno. 136 s.
- TOLASZ, R. a kol., 2007. Atlas podnebí Česka. Praha: ČHMÚ, Olomouc: UP Olomouc, 1. vydání, 256 s., ISBN 978-80-86690-26-1, ISBN 978-80244-1626-7.

Lektoři (Reviewers): RNDr. Luboš Němec, doc. RNDr. Iva Hůnová, Ph.D.

Vertikální distribuce přízemního ozonu ze stožárového měření v Košeticích

Vertical distribution of ground-level ozone from the mast measurements in the Košetice observatory

Radek Lhotka

Český hydrometeorologický ústav
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany
Ústav chemických procesů AV ČR
Rozvojová 135, 165 02 Praha 6
✉ lhotka@icpf.cas.cz

Iva Hůnová

Český hydrometeorologický ústav
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany
✉ iva.hunova@chmi.cz

Milan Váňa

Český hydrometeorologický ústav, Observatoř Košetice
394 22 Košetice

Kateřina Komínková

Centrum výzkumu globální změny AV ČR v. v. i.
Bělidla 986/4a, 603 00 Brno-střed; Geografický ústav
Přírodovědecká fakulta, Masarykova Univerzita
Kotlářská 2 611 37 Brno

Ivan Holoubek

Centrum výzkumu globální změny AV ČR v. v. i.
Bělidla 986/4a, 603 00 Brno-střed; RECETOX,
Přírodovědecká fakulta, Masarykova Univerzita
Kamenice 753/5, 625 00 Brno

The aim of this paper has been to perform a pilot analysis of the results of ground-level ozone (O_3) concentration monitoring carried out at the National Atmospheric Observatory of Košetice in 2015–2018. The input data include O_3 concentrations measured at a 250 m high atmospheric mast, at the heights of 8 m, 50 m and 230 m. During our four year study, the highest O_3 concentrations were always measured at the height of 230 m. The annual O_3 concentrations show a characteristic pattern similar for all study heights. In contrast, the daily patterns of O_3 concentrations at individual levels differ. Additionally, the hourly O_3 concentration patterns differ in summer and winter seasons. O_3 concentrations change depending on air temperature, global solar radiation, and relative humidity. Our results indicate that O_3 concentration is subject to long-range transport in the area under analysis.

Klíčová slova: ozon přízemní – Národní atmosférická observatoř Košetice – měření stožárová – mezní vrstva atmosféry

Keywords: Ground-level ozone – Košetice National Atmospheric Observatory – mast measurements – atmospheric boundary layer

1. Úvod

Přízemní ozon (O_3) patří mezi klíčové složky atmosféry Země (Monks et al. 2015; West et al. 2009; Seinfeld, Pandis 2006; Hůnová 2018). Řadíme ho do skupiny tzv. sekundárních polutantů, to znamená, že v atmosféře nemá žádný vlastní významný emisní zdroj. Přízemní ozon vzniká z prekursorů celou řadou velmi komplikovaných fotochemických reakcí. Jeho výsledné koncentrace jsou pak ovlivňovány jednak emisemi těchto prekursorů, jednak meteorologickými podmínkami. Imisní limit O_3 ($120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), stanovený pro maximální denní 8hodinový klouzavý průměr s nejvyšším možným počtem překročení v 25 dnech v kalendářním roce, je vzhledem k možnému ovlivnění aktuální meteorologickou situací hodnocen za tříleté období (Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší, v platném znění). Ozon se stal předmětem celé řady odborných studií zabývajících se například jeho rolí v chemii atmosféry nebo negativními dopady jeho zvýšených koncentrací na lidské zdraví či na přírodní ekosystémy. Jeho osud v atmosféře je v poslední době studován i v kontextu probíhající klimatické změny (Seinfeld, Pandis 1998; EMEP 2016). Snížení celkových koncentrací O_3 je proces značně komplikovaný, avšak díky dlouhotrvajícímu úsilí Severní Ameriky, Evropy a dalších rozvinutých států, se pozadové koncentrace O_3 na území Evropy snižují. Výrazný pokles byl zaznamenán u epizod nejvyšších koncentrací O_3 , mírný pokles také u průměrných ročních koncentrací O_3 (EMEP 2016).

V souvislosti s dlouhodobým sledováním koncentrací O_3 přibývá odborných podkladů hodnotících jeho dlouhodobé časové trendy (např. Cooper et al. 2014; Paoletti et al. 2014; Hůnová, Baumelt 2018). Celkové trendy jsou však často nejednoznačné a závěrečná zjištění se poměrně značně liší v závislosti na studovaném časovém období i na hodnoceném kritériu (Lefohn et al. 2017).

Na celé řadě lokalit probíhá monitoring koncentrací O_3 v přízemní vrstvě atmosféry. V ČR se imisní koncentrace O_3 měří již od roku 1993, v současnosti na přibližně 50 lokalitách. Výsledky měření jsou každoročně publikovány (ČHMÚ 2019) a jsou dostupné na portálu ČHMÚ (www.chmi.cz). Z naměřených koncentrací vyplývá riziko možných negativních dopadů na zdraví člověka i na životní prostředí (Hůnová et al. 2013, 2019; Hůnová, Schreiberová 2012). V blízkosti zemského povrchu je uskutečňována většina lidských aktivit a efekt látek znečišťujících ovzduší je tak nejvíce patrný právě zde. Koncentrace O_3 u zemského povrchu jsou však významně ovlivňovány procesy probíhajícími v mezní vrstvě. Přízemní O_3 zde jednak reaguje s oxidy dusíku, NO_x (De Nevers 2000), jednak je odstraňován suchou či mokrou depozicí (Colbeck, Harrison 1985) nebo stomatálním tokem, tedy příjmem O_3 rostlinami (Nowak et al. 2000). Některé odborné práce se proto zaměřily i na studium vývoje koncentrací O_3 ve vertikálním profilu atmosféry (např. Aneja et al. 2000). Za tímto účelem bylo mj. využito vysokých meteorologických stožárů. Historicky byly takoveto meteorologické stožáry budo-

vány zejména za účelem monitoringu meteorologických prvků ve vyšších vrstvách atmosféry (Monna et al. 2013). Blíže se historii a účelu meteorologických stožárů ve světě i v ČR věnoval např. článek Komínkové et al. (2015).

Stožárová měření se v posledních třiceti letech uplatňují také při měření znečišťujících látek v ovzduší, zejména pro získání informací o jejich dálkovém či regionálním přenosu. Značný význam mají také měření vertikálního gradientu koncentrací plyných sloučenin. Od 90. let dvacátého století jsou takovéto vysoké meteorologické stožáry využívány zejména k monitoringu skleníkových plynů (hlavně CO_2). Stožáry přímo cílené na monitoring koncentrací CO_2 v atmosféře se začaly označovat jako „tall towers“. Na některých stožárech byly vedle spektroskopických analyzátorů CO_2 instalovány i další měřicí zařízení pro monitoring ostatních atmosférických polutantů a vybraných meteorologických veličin. Vysoká konstrukce stožáru umožňuje současně měření sledovaných veličin v několika hladinách mezní vrstvy. Zjištěné výsledky tak nejsou do takové míry zkresleny vlivem zemského povrchu ovlivňujícího charakter proudění ani zvýšenými koncentracemi vybraných znečišťujících látek v přízemní vrstvě z lokálních zdrojů. Pro zjišťování vertikálního gradientu atmosférických sloučenin může být využito i stávajících výškových budov a konstrukcí přednostně určených k jiným účelům (např. televizních vysílačů). Většina takto vybudovaných staveb však nedosahuje odpovídajících výšek a často se nachází i v ne zcela vhodných lokalitách. Přesto lze takové stavby někdy použít (Bawkin et al. 1998; Laurent et al. 2017; Komínková et al. 2015). S cílem sjednocení měření a odpovídajícího technického vybavení stožárů včetně největšího prostorové pokrytí monitoringu koncentrací skleníkových plynů pomocí stožárových měření byl vytvořen evropský systém ICOS (Integrated Carbon Observation System, ICOS 2019). Ten tematicky vychází z projektu CHIOTTO (Continuous High-precision Tall Tower Observations of Greenhouse Gases), který byl součástí pětiletého vědeckého programu CarboEurope. Síť ICOS byla vybudována za účelem dlouhodobého monitoringu emisí a toků skleníkových plynů. Program samotný je zaměřen na tři tematické oblasti, a to na sledování atmosféry, terestrických ekosystémů a oceánů. Součástí sítě ICOS je celkem patnáct stanic v osmi evropských zemích, které reprezentují různé ekosystémy (ICOS 2019, CHIOTTO 2019).

2. Metodika

2.1 Národní atmosférická observatoř Košetice

V České republice je součástí sítě atmosférických stanic ICOS 250 m vysoký stožár provozovaný Centrem výzkumu globální změny AV ČR (ÚVGZ), který funguje jako součást Národní atmosférické observatoře Košetice (NAOK). V rámci komplexu NAOK dále operuje Observatoř Košetice, provozovaná Českým hydro-meteorologickým ústavem (ČHMÚ), která byla založena v roce 1988 jako specializované pracoviště pro dlouhodobý monitoring kvality ovzduší v regionálním měřítku. Již od svého vzniku byla NAOK zapojena v celé řadě mezinárodních projektů a programů jako např. projekt GAW, Global Atmosphere Watch; projekt ICP IM, International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems – pod záštitou CLRTAP, Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution; projekt EMEP, European Monitoring and Evaluation Programme – rovněž pod záštitou CLRTAP. Od vstupu České republiky do EU se pak NAOK podílí na realizaci evropských projektů. Významné jsou především aktivity zaměřené na monitoring a výzkum atmosférických aerosolů. Projekt EUSAAR (European Supersites for Atmospheric Aerosol Research – Síť evropských „superstanic“ pro výzkum atmosférických aerosolů), v rámci

výzkumného projektu technologického rozvoje „Structuring the European Research Area-Support for Research Infrastructures“ v období 2006–2011. Po ukončení projektu EUSAAR v roce 2011 aktivity pokračují v rámci širěji koncipovaného projektu ACTRIS (Aerosols, Clouds, and Trace gases Research Infrastructure Network) a ACTRIS-2. ACTRIS se kromě aerosolů věnuje i výzkumu oblačnosti a reaktivních plynů. Kapacita NAOK je tvořena přístrojovým vybavením a výzkumným potenciálem partnerských institucí propojených pod záštitou velké výzkumné infrastruktury ACTRIS-CZ. Vedle ČHMÚ a ÚVGZ ji tvoří Ústav chemických procesů Akademie věd České republiky (ÚCHP), spravující na NAOK dlouhodobý monitoring počtu a vlastností atmosférických aerosolů a výzkumné centrum Masarykovy Univerzity RECETOX. Centrum RECETOX realizuje v rámci NAOK dlouhodobý monitoring persistentních organických polutantů (POPs) jako součást monitoringu POPS EMEP a globálního monitoringu POPS Stockholmské úmluvy o POPs. Tato měření jsou součástí i dalších programů jako je například GMOS (The Global Mercury Observation System), na kterém se podílí ÚVGZ.

2.2 Měřicí stožár

Stavba 250 metrů vysokého příhradového kotveného stožáru byla zahájena v rámci projektu CzechGlobe v srpnu 2012. Stěžejním cílem konstrukce stožáru byl dlouhodobý monitoring koncentrací skleníkových plynů v ovzduší. Projekt výstavby byl od počátku naplánován tak, aby připravenou infrastrukturu bylo možné využít i pro další měření, a to sledování vertikální distribuce přízemního O_3 , měření elementární plyné rtuti (Hg) a sledování fyzikálních a chemických vlastností aerosolů. Na stožáru probíhá rovněž sledování základních meteorologických charakteristik (teploty, tlaku a vlhkosti vzduchu, směru a rychlosti větru), sledována je také výška mezní vrstvy atmosféry a intenzita slunečního záření (ACTRIS-CZ 2019). Kombinace takovýchto měření je předpokladem pro provoz tzv. superstanic, jejichž provoz je v Evropě v příštích letech plánován. Monitoring skleníkových plynů na stožáru NAOK v roce 2018 úspěšně absolvoval tzv. Labeling proces ze strany ICOS a získal tak oficiální klasifikaci jako atmosférická stanice třídy 1 v rámci této mezinárodní výzkumné infrastruktury, protože zde monitoring předkládaných parametrů probíhá v plné škále (Dvorská et al. 2013; Laurent et al. 2017). Přístroje použité na NAOK pro sledovaná měření jsou blíže popsány na webu ACTRIS-CZ (ACTRIS-CZ 2019).

Sledování imisních koncentrací se provádí na základě dvou rozdílných schémat. Vzorkování skleníkových plynů probíhá pomocí odběrových propylenových hadic vedoucích do technologického kontejneru umístěného pod stožárem. Druhý typ odběrů, a to aerosolových částic, O_3 a Hg, se provádí přímo na stožáru v klimatizovaných kontejnerech (ACTRIS-CZ 2019).

2.3 Měření ozonu a analýza dat

Měření koncentrací O_3 se provádí přístrojem Thermo Scientific Model 49i, a to ve výškových hladinách 8 m, 50 m a 230 m. Měření je založeno na principu UV-fotometrie, metody standardně používané v rámci automatizovaného imisního monitoringu ČHMÚ. Přízemní O_3 vykazuje vysoký potenciál k dálkovému transportu atmosférou (např. Derwent et al. 2015), cílem představeného monitoringu je tedy jednak tento transport popsat, jednak zkoumat dopady změn klimatu na celkové koncentrace O_3 , resp. studovat variabilitu a možné trendy v jeho koncentracích (Dvorská et al. 2013). Tento typ měření vertikálních koncentrací O_3 je na území ČR unikátní.

Koncentrace O_3 ze stožárového měření naměřené na jednotlivých výškových hladinách byly podrobeny další analýze. Porov-

nány byly jak koncentrace O_3 zjištěné v jednotlivých výškových hladinách mezi sebou navzájem, tak koncentrace O_3 zjištěné na hladině 8 m s výsledky rutinně prováděného měření AIM (automatizovaný imisní monitoring) ve výšce 2 m nad zemí, umístěného ve vzdálenosti několika desítek metrů od stožáru. Monitoring AIM zajišťuje přístroj firmy Teledyne Advanced Pollution Instrumentation (TAPI), model T400, fungující rovněž na principu UV-fotometrie. Pro porovnání výsledků jednotlivých měření byl použit Wilcoxonův párový test (Gehan 1965) a jednofaktorová analýza rozptylu – ANOVA (Lars, Wold 1989). Neparametrický Wilcoxonův párový test byl zvolen proto, že data imisních koncentrací nevykazovala normální statistické rozdělení (Gehan 1965).

V práci jsou analyzována verifikovaná data za období 1. 1. 2015–31. 12. 2018 dostupná z Informačního systému kvality ovzduší (ISKO) ČHMÚ. Provedeno je i předběžné hodnocení variability imisních koncentrací O_3 ze stožárového měření ve třech úrovních nad zemským povrchem v kontextu meteorologie. K datové analýze bylo využito knihovny Openair dostupné v programu Rstudio (Carslaw et al. 2012) a programu Excel. Hodnoty imisních koncentrací O_3 byly porovnávány s hodnotami vybraných meteorologických parametrů měřených v rámci stožárových měření, s vlhkostí a teplotou vzduchu (měřeními automatickými čidly) a s globálním zářením (měřeno pomocí pyrometru), a to pomocí neparametrického Kendallova testu (Kendall et al. 1939). Určitým nedostatkem celkového srovnání je skutečnost, že výsledné hodnoty celkového úhrnu globálního záření jsou měřeny pouze ve výšce 2 metry nad zemí.

3. Výsledky a diskuse

3.1 Vývoj koncentrací ozonu v jednotlivých výškách a jednotlivých letech

V tab. 1 jsou uvedeny základní statistické charakteristiky vypočtené ze získaných hodinových hodnot pro jednotlivé hladiny měření (8 m, 50 m a 230 m). Průměrné hodnoty koncentrací O_3 se pohybovaly mezi $80,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (ve 230 m) a $67,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (v 8 m). Obdobný průběh, tedy nejvyšší hodnoty v nejvyšší hladině měření a nejnižší hodnoty v nejnižší hladině měření, platí i pro hodnoty ročních mediánů. Ve všech výškových hladinách jsou vypočteny vysoké hodnoty směrodatných odchylek, ukazující na značnou míru statistické variability získaných dat.

Vývoj ročních průměrných koncentrací O_3 zjištěných v jednotlivých letech je zobrazen v tab. 2. Ve všech hodnocených letech byly nejvyšší koncentrace O_3 zjištěny na hladině 230 m. Na základě provedené analýzy rozptylu

Tab. 1. Koncentrace O_3 v jednotlivých vertikálních hladinách za období 2015–2018.
Table 1. Ozone concentrations in monitored vertical levels for 2015–2018.

Hladina	Aritmetický průměr [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	Medián [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	Směrodatná odchylka [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]
8 m	67,4	64,5	27,2
50 m	72,7	69,7	27,9
230 m	80,2	76,7	27,7

Tab. 2. Roční průměrné koncentrace a směrodatné odchylky O_3 za jednotlivé roky 2015–2018.
Table 2. Annual average O_3 concentrations and standard deviations for individual years of the 2015–2018 period.

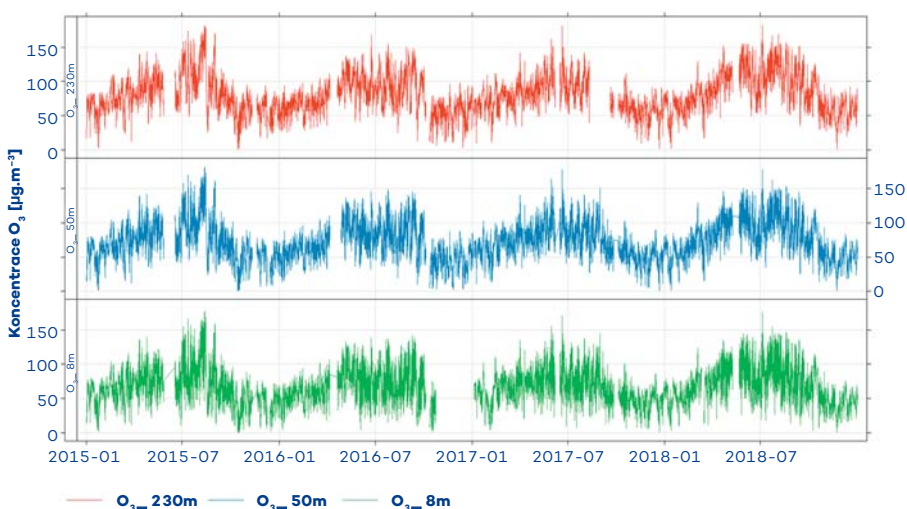
Rok	2015 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	2016 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	2017 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	2018 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]
8 m	$66,8 \pm 29,1$	$68,3 \pm 25,5$	$64,7 \pm 24,4$	$71,1 \pm 29,9$
50 m	$72,4 \pm 29,6$	$69,2 \pm 27,1$	$71,3 \pm 24,3$	$79,5 \pm 29,6$
230 m	$80,1 \pm 29,0$	$77,3 \pm 26,3$	$77,4 \pm 23,7$	$87,8 \pm 29,0$

(ANOVA) hodnocených dat byly zjištěny statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$) mezi hodnocenými výškovými hladinami, resp. mezi jednotlivými hodnocenými roky. Nejvyšší průměrné roční koncentrace byly na všech výškových úrovních naměřeny v roce 2018.

Imisní koncentrace O_3 na jednotlivých výškových úrovních vykazují obdobný roční chod s maximálními koncentracemi zaznamenanými v letním a minimálními koncentracemi v zimním období každého kalendářního roku (obr. 1). Obdobné výsledky publikovali i jiní autoři – v ČR (ČHMÚ 2019), v Evropě (EEA 2018), v Asii (Ma et al. 2016), v Severní Americe (Legrand et al. 2016).

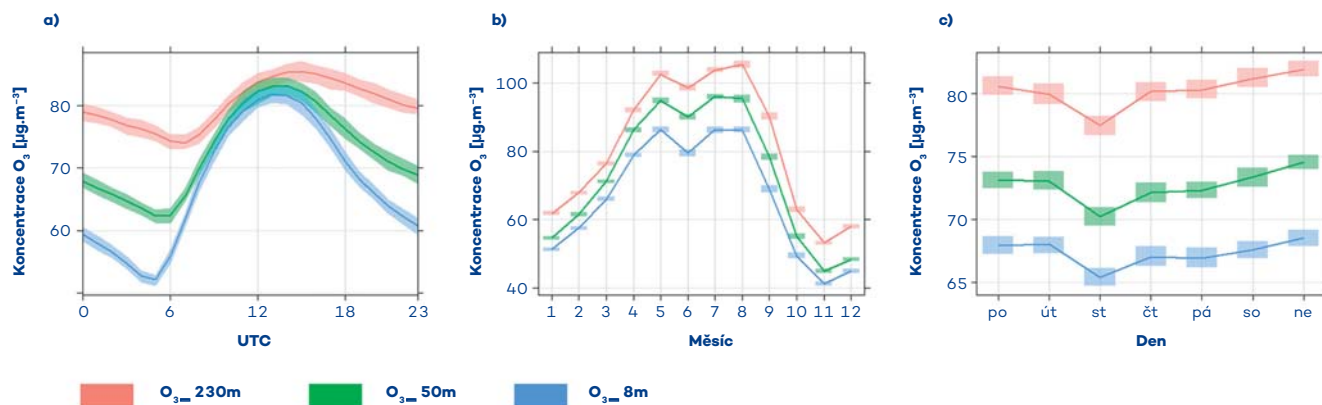
Ve vstupních datech se vyskytlo i určité, poměrně nízké, procento chybějících hodnot, a to v důsledku probíhajících srovnávacích měření či v důsledku poruch přístrojů. Tato chybějící data však neovlivnila výsledky prováděných analýz.

Denní, sezónní a týdenní chody koncentrací O_3 jsou prezentovány na obr. 2. Imisní koncentrace byly v ročním chodu na všech sledovaných hladinách nejvyšší v srpnu, nejnižší v listopadu



Obr. 1. Hodinové koncentrace O_3 zjištěné v jednotlivých výškových hladinách (za období 1. 1. 2015–31. 12. 2018).

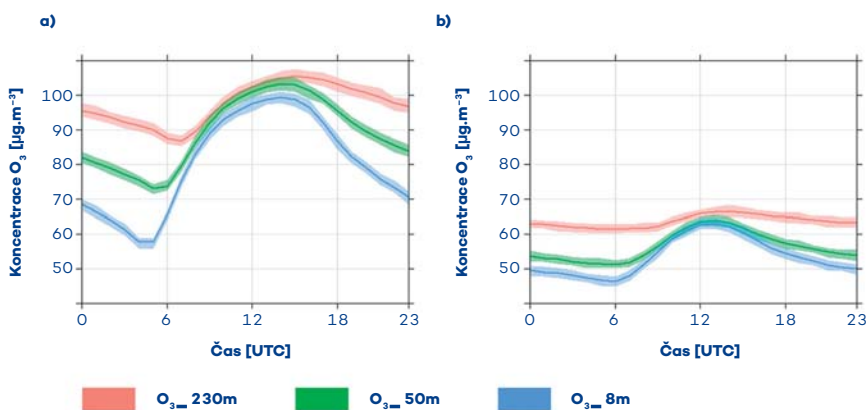
Fig. 1. Hourly O_3 concentrations detected at individual measuring levels (for the period from 1 January 2015 to 31 December 2018).



Obr. 2. Průměrné hodinové a), měsíční b) a denní c) koncentrace O₃ zjištěné v jednotlivých výškových hladinách spolu s 95% intervaly spolehlivosti.

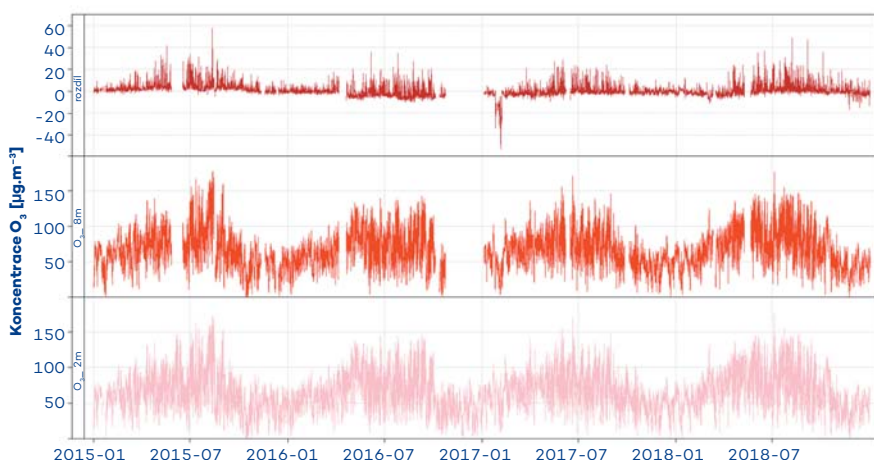
Fig. 2. Average hourly a), monthly b) and daily c) O₃ concentrations observed at individual levels along with 95% confidence intervals.

(obr. 2b). Průměrné hodinové koncentrace vykazují také charakteristický chod (obr. 2a), významně rozdílný v různých hladinách. Nejvyšších koncentrací O₃ bylo, a to na všech hodnocených hladinách, dosahováno krátce po poledni. Později odpoledne, resp. během noci docházelo k pozvolnému poklesu koncentrací, rozdílnému na různých hladinách. K nárůstu rozdílů v koncentracích docházelo na jednotlivých výškových úrovních především po 18. hodině (UTC). K podobným závěrům dospěli také Komínková a Holoubek (2017), kteří srovnávali vývoj denních koncentrací O₃ na NAOK s vývojem směšovací vrstvy během dne, resp. autoři článku Aneja et al. (2000) ve kterém byla potvrzena hypotéza, že koncentrace přízemního O₃ jsou v průběhu dne silně ovlivněny vývojem síly a struk-



Obr. 3 Průměrné hodinové koncentrace O₃ v jednotlivých výškových hladinách naměřené v letním půlroce (duben–září) a zimním půlroce (leden–březen, říjen–prosinec) s 95% intervaly spolehlivosti.

Fig. 3. Average hourly O₃ concentrations at individual levels measured in the summer season (April–September) and winter season (January–March, October–December) with 95% confidence intervals.



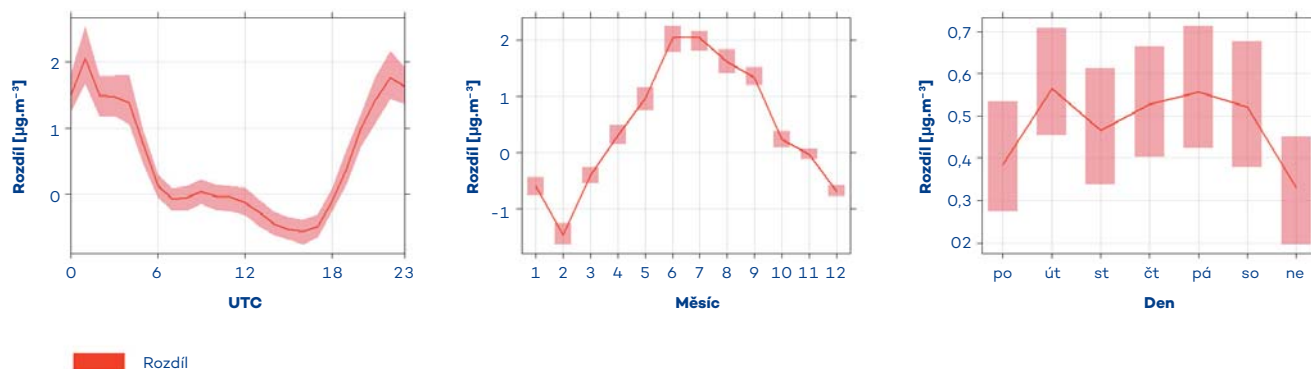
Obr. 4. Hodinové koncentrace O₃ zjištěné ve 2 a 8 m a rozdíl mezi těmito koncentracemi.

Fig. 4. Hourly O₃ concentrations observed at 2 and 8 m and their differences.

tury mezní vrstvy atmosféry. Procesy tvorby a vývoje mezní vrstvy atmosféry jsou popsány v práci (Stull 1988). Průměrný denní chod mezní vrstvy atmosféry na NAOK popsala Adéla Holubová Šmejkalová (2018).

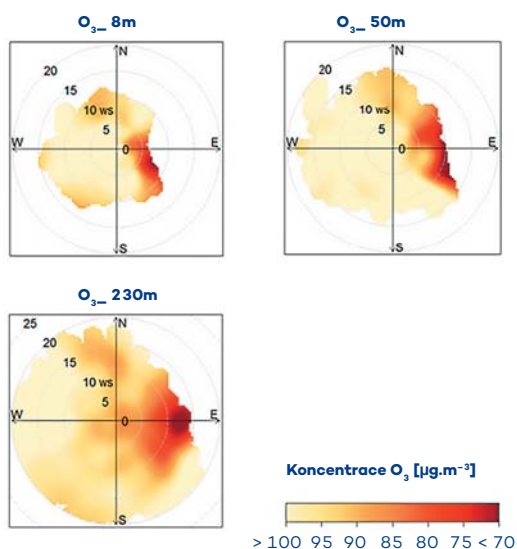
Dále byly porovnány průměrné koncentrace O₃ zjištěné v jednotlivých dnech týdne (obr. 2c). Nejvyšší koncentrace O₃ byly, a to na všech hodnocených hladinách, zaznamenány pro neděli a sobotu. Podobné závěry byly zjištěny např. v práci Martins et al. (2015).

Bližší jsme se pak zaměřili na průběh průměrných hodinových koncentrací O₃ v jednotlivých výškách a provedli jsme zhodnocení rozdílů v průběhu těchto koncentrací mezi zimním půlrokem, tedy od října do března a letním půlrokem, tedy od dubna do září (obr. 3).



Obr. 5 Průměrné hodinové a), měsíční b) a denní c) rozdíly koncentrací O₃ zjištěné v hladinách 8 m a 2 m, spolu s 95 % intervalem spolehlivosti.

Fig. 5. Average hourly a), monthly b) and daily c) differences in O₃ concentrations observed at 8 m and 2 m levels with 95% confidence intervals.



Obr. 6 Závislost koncentrací O₃ na rychlosti a směru větru v jednotlivých výškových hladinách.

Fig. 6. Relation of O₃ concentrations to wind speed and wind direction at individual levels.

Chod průměrných hodinových koncentrací O₃ v letním a zimním období se vzájemně lišil. Maximální denní koncentrace O₃ jsou v letním půlroce (obr. 3a) měřeny později odpoledne, v zimním půlroce (obr. 3b) pak zhruba ve 12:00 UTC. Rozdíl v maximálních a minimálních koncentracích na jednotlivých výškových úrovních se rovněž lišil. V zimním období byl tento rozdíl menší než v letním. Podobný průběh vertikálních koncentrací O₃ byl zjištěn například z měření provedených v Severní Karolíně (Aneja et al. 2000), v Mexico City (Velasco et al. 2008) nebo v Marylandu (Hu et al. 2013).

Koncentrace O₃ naměřené na hladině 8 m ze stožáru byly dále porovnány s výsledky monitoringu O₃ rutinně prováděného ve výšce 2 m nad zemí (obr. 4). Toto porovnání bylo zařazeno vzhledem k častým spekulacím, zda se imisní koncentrace přízemního O₃ měřené v tak málo rozdílných výškách nad zemí mohou významně lišit, což je i důležitým kritériem pro umístování měření O₃.

Z výsledků Wilcoxonova párového testu je zřejmé, že koncentrace naměřené v 8 m nad zemí jsou významně vyšší než koncentrace ve v 2 m nad zemí. Dále bylo Wilcoxonovým párovým testem potvrzeno, že koncentrace O₃ naměřené v 8 m a 50 m

nad zemí jsou významně nižší než koncentrace ve výšce 230 m nad zemí, resp. že koncentrace naměřené ve výšce 8 m nad zemí jsou významně nižší než koncentrace zjištěné ve výšce 50 m nad zemí. Výše uvedené bylo prokázáno na hladině statistické významnosti $p < 0,05$.

Hodnoceny byly rovněž hodinové, měsíční a denní chody rozdílů koncentrací O₃ zjištěných v 8 m a ve 2 m vypočtené jako rozdíl hodinových koncentrací v těchto hladinách (obr. 5). Ve sledovaném rozdílu koncentrací O₃ byl charakteristický denní chod, kdy největší rozdíly byly v hodnocených koncentracích zaznamenány v nočních, resp. v časných ranních hodinách. Největší rozdíly v průměrných měsíčních koncentracích O₃ jsou zaznamenávány v letních měsících (největší hodnota sledovaného rozdílu byla vypočtena pro měsíce červen a červenec). Naproti tomu byly v zimních měsících detekovány záporné hodnoty rozdílů v hodnocených koncentracích. V průběhu týdne byla nejvyšší hodnota rozdílů zjištěna pro úterý a neděli, rozdíly v jednotlivých dnech týdnu však nejsou statisticky významné.

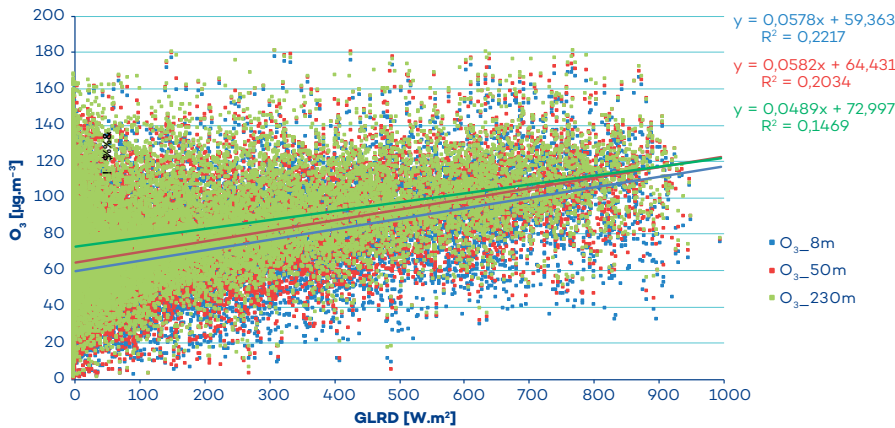
3.2 Závislost koncentrací O₃ na vybraných meteorologických charakteristikách

3.2.1 Závislost koncentrací O₃ na rychlosti a směru větru

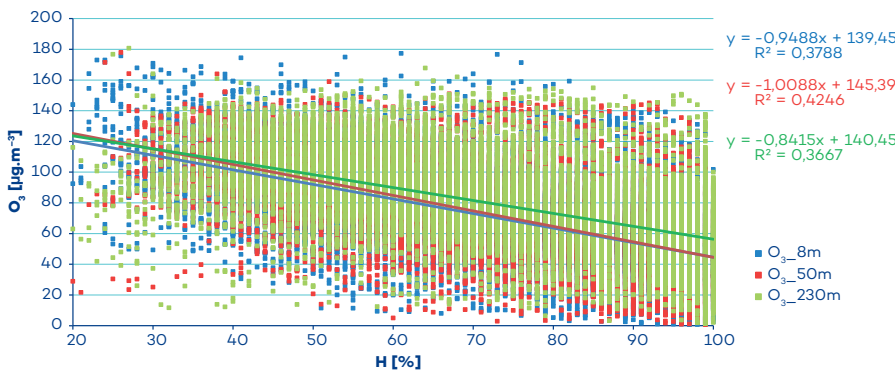
V zájmové oblasti převažuje západní směr větru (ACTRIS-CZ 2019). Četnost zastoupení jednotlivých směrů větru se však dle jednotlivých vertikálních hladin mění, a to tak, že vzrůstá podíl jihovýchodního směru větru právě na úkor směru západního. Nejvyšší celkové koncentrace O₃ byly naměřeny při východním, resp. jihovýchodním směru větru, zejména při vyšších (15 m·s⁻¹) resp. středních (10 m·s⁻¹) rychlostech větru. To ukazuje na transport O₃ z těchto zdrojových oblastí (obr. 6).

3.2.2 Závislost koncentrací O₃ na teplotě, relativní vlhkosti a globálním slunečním záření

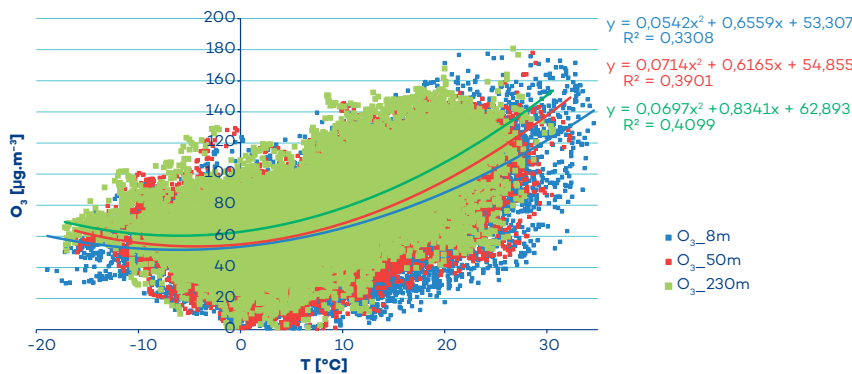
Koncentrace O₃ obecně rostou se zvyšujícím se globálním slunečním zářením (obr. 7) a snižují se s rostoucí relativní vlhkostí vzduchu (obr. 8). Pro jednoduchost byla závislost proložena přímkou, v případě teploty kvadratickým polynomem (obr. 9), i když z podrobných analýz závislosti koncentrací O₃ na meteorologických charakteristikách na vybraných stanicích ČR je zřejmé, že závislost lineární ve skutečnosti rozhodně není (Hůnová et al. 2019). Zjištěný vztah mezi koncentracemi O₃ a intenzitou slunečního záření je dle výsledků Kendallova testu poměrně



Obr. 7 Závislost koncentrací O₃ na globální radiaci (GLRD) v jednotlivých výškových hladinách (hodnoty globálního záření byly dostupné pouze pro hladinu 8 m).
 Fig. 7. Relation of O₃ concentrations to global radiation (GLRD) at individual measuring levels (global radiation values were available only for 8 m level).



Obr. 8 Závislost koncentrací O₃ na relativní vlhkosti vzduchu (H) v jednotlivých výškových hladinách.
 Fig. 8. Relation of O₃ concentrations to relative air humidity (H) at individual measuring levels.



Obr. 9 Závislost koncentrací O₃ na teplotě vzduchu (T) v jednotlivých výškových hladinách.
 Fig. 9. Relation of O₃ concentrations to air temperature (T) at individual measuring levels.

Tab. 3. Hodnoty R_k získané z Kendallova testu.
 Table 3. The R_k values resulting from the Kendall test.

Proměnné	Teplota	Vlhkost	GLRD
8 m	0,34	-0,43	0,3
50 m	0,4	-0,48	0,28
230 m	0,42	-0,46	0,23

slabý, vyšší závislost koncentrací O₃ byla shledána pro teplotu a vlhkost vzduchu.

Výsledky Kendallova testu jsou uvedeny v tab. 3. Pro všechny hodnocené výškové hladiny byly mezi koncentracemi O₃ a teplotou, resp. mezi koncentracemi O₃ a celkovou solární radiací (GLRD) zjištěny kladné hodnoty korelačních koeficientů (R_k). Hodnoty R_k mezi koncentracemi O₃ a teplotou s výškou vzrůstají, mezi koncentracemi O₃ a celkovou radiací hodnoty R_k s výškou klesají. Největším problémem provedené analýzy je však nedostupnost informací o GLRD z dalších výškových hladin (50 m a 230 m). Výsledné hodnoty R_k při srovnání koncentrací O₃ s relativní vlhkostí vzduchu jsou negativní, nejvyšší hodnota R_k byla zjištěna pro hladinu 50 m. Všechny zjištěné hodnoty R_k jsou statisticky významné (p<0,05).

4. Závěr

Z předběžného zhodnocení výsledků stožárového měření O₃ v Košetických je patrné, že nejvyšší imisní koncentrace O₃ jsou pravidelně zaznamenávány na nejvýše umístěném bodě celého měření, tj. ve výšce 230 m nad zemí. V hodnotách ročních, týdenních i denních koncentrací O₃ byl nalezen charakteristický chod. Vyšší koncentrace byly v porovnání se zbytkem roku zaznamenány dle očekávání v letních měsících, v průběhu víkendu (v porovnání se zbytkem týdne) a v poledních, resp. odpoledních hodinách. Z výsledků je dále patrné, že denní chod koncentrací O₃ je odlišný v letním a zimním půlroce.

Potvrzena byla také závislost imisních koncentrací O₃ na vybraných meteorologických parametrech. Nejvyšších hodnot v koncentracích O₃ bylo dosahováno při východním, resp. jihovýchodním proudění, a to při vyšších rychlostech větru. Z výsledků provedené analýzy je tak patrné, že O₃ podléhá v ovzduší dálkovému transportu. Koncentrace O₃ se obecně měnily v závislosti na teplotě vzduchu, vzrůstaly v závislosti na celkovém globálním záření a klesaly s rostoucí relativní vlhkostí vzduchu.

Poděkování:

Výzkum vedoucí k publikovaným výsledkům získal finanční podporu MŠMT v rámci programu CzeCOS, číslo projektu LM2015061, v rámci programu NPU I, číslo projektu LO1415 a v rámci programu ACTRIS-CZ, číslo projektu LM2015037.

Literatura:

- ACTRIS CZ [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z WWW: <https://www.actris-ri.cz/cs/menu/kontakt/atmosfericky-stozar/pristrojove-vybaveni/>.
- Air quality in Europe, 2018. Report [online]. European Environment Agency. ISSN 1977-8449. Dostupné z WWW: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018>.
- ANEJA, V. P., MATHUR, R., ARYA, S. P., LI, Y., MURRAY, G. C. et al., 2000. Coupling the vertical distribution of ozone in the atmospheric boundary layer. *Environmental science & technology*, Vol. **34**, s. 2324–2329.
- BAWKIN, P. S., TANS, P. P., HURST, D. F., ZHAO, C., 1998. Measurements of carbon dioxide on very tall towers: results of the NOAA/CMDL program. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, Vol. **50**, s. 401–415.
- CARSLAW, D. C., ROPKINS, K., 2012. Openair – An R package for air quality data analysis. *Environmental Modelling & Software*, Vol. **27**, s. 52–61.
- COLBECK, I., HARISON, R. M., 1985. Dry deposition of ozone: some measurements of deposition velocity and of vertical profiles to 100 metres. *Atmospheric Environment*, Vol. **19**, s. 1807–1818.
- COOPER, O. R., PARRISH, D. D., ZIEMKE, J., CUPEIRO, M., GALBALLY, I. E., GILGE, S., OLTMANS, S. J., 2014. Global distribution and trends of tropospheric ozone: An observation-based review. *Elem Sci Anth*, Vol. **2**, s. 367–378.
- ČHMÚ, 2019. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018. Grafická ročenka. Praha: Český hydrometeorologický ústav, ISBN 978-80-87577-95-0.
- DE NEVERS, N., 2010. *Air pollution control engineering*. Waveland press. 2nd Edition. ISBN 10: 1-4786-2905-3.
- DERWENT, R. G., UTEBE, S. R., JENKIN, M. E., SHALLCROSS, D. E., 2015. Tropospheric ozone production regions and the intercontinental origins of surface ozone over Europe. *Atmospheric Environment*, Vol. **112**, s. 216–224.
- DVORSKÁ, A., HANUŠ, V., VÁŇA, M., ZÍKOVÁ, N., JANATA, V., PAVELKA, M., 2013. Monitorovací a výzkumné aktivity na atmosférické stanici Křešín u Pacova. *Ochrana Ovzduší*, Vol. **25**, s. 24–27 [online], [cit. 2019-03-11]. ISSN 1211-0337. Dostupné z WWW: <https://vufind.techlib.cz/Record/000948709/Details>.
- EMEP, 2019. Air pollution trends in the EMEP region between 1990 and 2012 [online]. [cit. 2019-07-15]. ISBN 978-82-425-2834-6. Dostupné z WWW: <https://www.unece.org/environmental-policy/conventions/envlrtp/welcome/publications/others/2016/air-pollution-trends-in-the-emep-region-between-1990-and-2012/doc.html>.
- GEHAN, E. A., 1965. A generalized Wilcoxon test for comparing arbitrarily singly-censored samples. *Biometrika*, Vol. **52**, s. 203–224.
- HOLUBOVÁ-ŠMEJKALOVÁ, A., 2018. Response of aerosol concentrations to the daily atmospheric boundary layer variability at the National atmospheric observatory Košetice. *Sborník XIX. výroční konference České aerosolové společnosti*. Piešťany, s. 18–19. ISBN 978-80-270-4780-2.
- HU, X. M., KLEIN, P. M., XUE, M., ZHANG, F., DOUGHTY, D. C., FORKEL, R. et al., 2013. Impact of the vertical mixing induced by low-level jets on boundary layer ozone concentration. *Atmospheric Environment*, Vol. **70**, s. 123–130.
- HŮNOVÁ, I., 2018. Přizemní ozon. *Chemické listy*, Vol. **112**, s. 598–604.
- HŮNOVÁ, I., BÄUMELT, V., 2018. Observation-based trends in ambient ozone in the Czech Republic over the past two decades. *Atmospheric Environment*, Vol. **172**, s. 157–167.
- HŮNOVÁ, I., BRABEC, M., MALÝ, M., 2019. What are the Principal Factors Affecting Ambient Ozone Concentrations in Czech Mountain Forests? *Frontiers in Forests and Global Change*. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00031>.
- HŮNOVÁ, I., KURFÜRST, P., BALÁKOVÁ, L., 2019. Areas under high ozone and nitrogen loads are spatially disjunct in Czech forests. *Science of the Total Environment*, Vol. **656C**, s. 567–575.
- HŮNOVÁ, I., MALÝ, M., ŘEŽÁČOVÁ, J., BRANIŠ, M., 2013. Association between Ambient Ozone and Health Outcomes in Prague. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, Vol. **86**, s. 89–97.
- HŮNOVÁ, I., SCHREIBEROVÁ, M., 2012. Ambient ozone phytotoxic potential over the Czech forests as assessed by AOT40. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, Vol. **5**, s. 153–162.
- CHIOTTO, P., 2019. The Netherlands [cit. 2019-02-25]. Dostupné z WWW: <http://www.chiotto.org/index.html>.
- ICOS, 2019. Helsinki FINLAND: Erik Palménin aukio 1 [cit. 2019-02-25]. Dostupné z WWW: <https://www.icos-ri.eu/>.
- KENDALL, M. G., SMITH, B. B., 1939. The problem of m rankings. *Annals of mathematical statistics*, Vol. **10**, s. 275–587.
- KOMÍNKOVÁ, K., DVORSKÁ, A., PROŠEK, P., 2015. Meteorologické stožáry – historie, účel a současné využití v České republice. *Meteorologické zprávy*, roč. **68**, č. 5, s. 148–152. ISSN 0026-1173.
- KOMÍNKOVÁ, K., HOLOUBEK, I., 2017. Využití dat z ceilometru při interpretaci vývoje koncentrací látek v ovzduší během dne. In: *OVZDUŠÍ 2017*. Brno: RECETOX MUNI, s. 105–109. ISBN 978-80-210-8544-2.
- LARS, S., WOLD, S. 1989. Analysis of variance (ANOVA). *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, Vol. **6.4**, s. 259–272.
- LAURENT, O., 2017. ICOS Atmospheric Station Specifications [online]. s. 55 [cit. 2019-03-11]. Dostupné z WWW: <https://icos-atc.lscce.ipsl.fr/filebrowser/download/69422>.
- LEFOHN, A. S., MALLEY, C. S., SIMON, H., WELLS, B., XU, X., ZHANG, L., WANG, T., 2017. Responses of human health and vegetation exposure metrics to changes in ozone concentration distributions in the European Union, United States, and China. *Atmospheric Environment*, Vol. **152**, s. 123–145.
- LEGRAND, M., PREUNKERT, S., SAVARINO, J., FREY, M. M., KUKUI, A., HELMING, D., GALLÉEN, H., 2016. Inter-annual variability of surface ozone at coastal (Dumont d'Urville, 2004–2014) and inland (Concordia, 2007–2014) sites in East Antarctica. *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. **16**, s. 8053–8069.
- MA, Z., XU, J., QUAN, W., ZHANG, Z., LIN, W., XU, X., 2016. Significant increase of surface ozone at a rural site, north of eastern China. *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. **16**, s. 3969–3977.
- MARTINS, E. M., NUNES, A. C., CORREA, S., 2015. Understanding ozone concentrations during weekdays and weekends in the urban area of the city of Rio de Janeiro. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, Vol. **26**, s. 1967–1975.
- MONKS, P. S., ARCHIBALD, A. T., COLETTE, A., COOPER, O., COYLE, M., DERWENT, STEVENSON, D. S. et al., 2015. Tropospheric ozone and its precursors from the urban to the global scale from air quality to short-lived climate forcer. *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. **15**, s. 8889–8973.
- MONNA, W., BOSVELD, F., 2013. In higher spheres: 40 years of observations at the Cabauw site. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut.
- NOWAK, D. J., CIVEROLO, K. L., RAO, S. T., SISTLA, G., LULEY, C. J., CRANE, D. E., 2000. A modeling study of the impact of urban trees on ozone. *Atmospheric Environment*, Vol. **34**, s. 1601–1613.
- PAOLETTI, E., DE MARCO, A., BEDDOWS, D. C. S., HARRISON, R. M., MANNING, W. J., 2014. Ozone levels in European and USA cities are increasing more than at rural sites, while peak values are decreasing. *Environmental Pollution*, Vol. **192**, s. 295–299.
- SEINFELD, J. H., PANDIS, S. N., 2006. *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*. New York: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-471-72017-1.
- STULL, R. B., 1988. *An introduction to boundary layer meteorology*. Springer Science & Business Media. Netherlands: Springer, Inc. ISBN 978-9-027-727-695.
- VELASCO, E., MÁRQUEZ, C., BUENO, E., BERNABÉ, R. M., SÁNCHEZ, A., FENTANES, O. et al., 2008. Vertical distribution of ozone and VOCs in the low boundary layer of Mexico City. *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. **8**, s. 3061–3079.
- WEST, J. J., NAIK, V., HOROWITZ, L. W., FIORE, A. M., 2009. Effect of regional precursor emission controls on long-range ozone transport Part 1: Short-term changes in ozone air quality. *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. **9**, s. 6077–6093.
- Zákon o ochraně ovzduší. Praha, 201/2012 Sb., Dostupné také z WWW: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201>.

Lektoři (Reviewers): RNDr. Leona Vlasáková, Ph.D., Ing. Stanislav Juráň, Ph.D.

Zmeny v skupenskom zastúpení atmosférických zrážok v zime na území Slovenska

Changes in phase of precipitation during winter in Slovakia

Ladislav Markovič, Jozef Pecho,
Pavel Faško

Slovenský hydrometeorologický ústav Bratislava
Jeséniova 17, 833 15 Bratislava
✉ Ladislav.Markovic@shmu.sk

The aim of the paper has been to analyse the snowfall days and precipitation days ratio (SD/PD) during winter (December, January, February) with emphasis on their changes during the 1951–1990 and 1991–2017 periods, as well as their possible future development in relation to altitude and average seasonal air temperature. The analysis has been conducted using a set of 71 climatological stations operated by the Slovak Hydrometeorological Institute (SHMI) and located within the territory of Slovakia during the 1951/1952–2017/2018 winter seasons. Our results suggest the general decreasing trends in ratio of snowfall and precipitation days during winter. The decrease in the number of snowfall days is more apparent at sites with lower elevations. The impact of air temperature increase on snowfall days occurrence was evaluated using an empirical (statistical) model. The outcomes suggest increasing probability of occurrence of winter seasons with lower frequency of snowfall days.

Kľúčové slová: zrážky atmosférické – zmena klimatická – dni so zrážkami – pomer dní so zrážkami a so snežením – dni so snežením – sezóna zimná

Keywords: atmospheric precipitation – Climate change – precipitation days – proportion of snowfall days relative to precipitation days – snowfall days – winter season

1. Úvod

Atmosférické zrážky padajúce v podobe snehu, akumulácia snehovej pokrývky na zemskom povrchu ako aj pomer tuhých a tekutých zrážok pozorovaný v zime, klimatologicky definovanej ako obdobie mesiacov (december–február, DJF), predstavujú problematiku, ktorá je z hydrologického hľadiska veľmi dôležitá. Tuhé (snehové) zrážky a snehová pokrývka sa v priebehu zimy a na začiatku jari významným spôsobom podieľajú na regulácii zásob povrchovej a podzemnej vody slúžiacej ako zdroj pitnej a úžitkovej vody pre obyvateľstvo, poľnohospodárstvo a priemysel. Okrem pozitívneho vplyvu na hydrologický režim vodných tokov a podzemných vôd má prítomnosť snehovej pokrývky na zemskom povrchu celý rad

ďalších priaznivých účinkov. Významne modifikuje tok tepla v systéme pôda – atmosféra, chráni pôdnu biosféru a plodiny pred nepriaznivým účinkom holomrazov a významne dotuje pôdu vlhkosťou (zlepšuje pôdnu bilanciú vody). V neposlednom rade je snehová pokrývka významná z hľadiska zimného turistického ruchu. Výskyt sneženia a snehovej pokrývky z klimatologického hľadiska významne ovplyvňuje nielen energetickú bilanciú krajiny, ale aj regionálny a globálny kolobeh vody, ako súčasť globálneho klimatického systému (Groisman et al. 1994; Hu and Feng 2004).

Prebiehajúca klimatická zmena, prejavujúca sa najmä nárastom priemernej teploty vzduchu v zimných mesiacoch (IPCC WGI AR5 2013; Pecho, Turňa 2018; Melo et al. 2013), má preukázateľný vplyv nielen na zvýšení variability výšky snehovej pokrývky (Brown 2000; Lapin et al. 2007), na zmenu počtu dní s celkovou snehovou pokrývkou (Faško et al. 2018), ale aj na zmenu procesu (dynamiku) topenia sa snehovej pokrývky (Faško, Lapin 1996). Dlhodobý trend nárastu priemernej teploty vzduchu zimnej sezóny vplyva aj na množstvo atmosférických zrážok vypadávajúcich v podobe snehu, čo sa prejavuje najmä zmenou pomeru tuhých a tekutých zrážok, (Karl et al. 1993; Pecho et al. 2009a; Pecho et al. 2009b) resp. zmenou pomeru počtu dní so snežením (SD – snow days) a dní so zrážkami (PD – precipitation days) SD/PD. Zmena v skupenskom zastúpení atmosférických zrážok v priebehu zimy významne ovplyvňuje aj proces jarného topenia snehovej pokrývky (Huntington et al. 2004; Knowles et al. 2006; Feng, Hu 2007; Serquet et al. 2011), pričom najmä v situáciách s častejším výskytom tekutých zrážok v období vrcholenia výšky snehovej pokrývky (v horských oblastiach v období marec–apríl) (Faško et al. 2009; Pecho et al. 2010) môže tento stav viesť k častejším a veľmi vážnym zimným a jarným povodňam z topenia snehu, vzhľadom na očakávaný vývoj charakteristík snehovej pokrývky (Pecho et al. 2017). Na území Slovenska dlhodobo pozorujeme pokles množstva atmosférických zrážok v podobe snehu a zároveň aj relatívne veľkú fluktuáciu výskytu sneženia a trvalej snehovej pokrývky medzi jednotlivými zimnými sezónami. Na našom území je zreteľne pozorovaný vzťah medzi výskytom sneženia, snehovou pokrývkou, teplotou vzduchu a celkovým úhrnom atmosférických zrážok (Šamaj, Valovič 1988). Vlastnosťami snehovej pokrývky a zmenami SD/PD na území Slovenska, a špecifickejšie v jeho horských oblastiach, sa v minulosti zaoberalo viacero autorov vo väčšine prípadov dospeli k záveru, že vo všeobecnosti pozorujeme klesajúci trend pomeru SD/PD, ktorý je výraznejší pre nižšie položené časti územia Slovenska (Šamaj et al. 1991; Faško, Handžák 1997; Faško et al. 2000; Faško, Šťastný 2001; Vojtek et al. 2003; Faško et al. 2017).

Cieľom tejto práce bolo poskytnúť, v nadväznosti na predchádzajúce spracovania (Faško, Lapin 1996; Matejková 2000; Lapin et al. 2007; Nikolova et al. 2013), podrobnejší pohľad na

zmenu charakteru zimných zrážok na území Slovenska. Za hlavný predmet záujmu bol zvolený pomer dní so snežením (SD – snow days) a dní so zrážkami (PD – precipitation days) SD/PD. Táto relatívne jednoduchá charakteristika dokáže poskytnúť pohľad na zmeny charakteru zrážok v zimnom období, pričom efektívne eliminuje prípadné nepresnosti a procesné chyby, ktoré sa môžu na niektorých stanicích vyskytnúť pri meraniach výšky celkovej snehovej pokrývky a vodnej hodnoty snehovej pokrývky (Serquet et al. 2011). Podnetom na spracovanie analýzy skupenských zmien atmosférických zrážok v zimnom období bola aj skutočnosť, že v zimnom období pozorujeme, aj napriek veľkej medziročnej premenlivosti, vzostupný trend priemernej sezónnej teploty vzduchu. Táto skutočnosť sa prejavila aj na stanicích zahrnutých v našej analýze (obr. 1). V našom spracovaní sme sa zamerali nielen na analýzu časového vývoja zmeny pomeru SD/PD, ale aj na závislosť SD/PD na zmene priemernej sezónnej teploty vzduchu. S využitím metodiky použitej v predchádzajúcich spracovaniach pre SD/PD pre oblasť Švajčiarska (Serquet et al. 2011) sme sa v rámci výberového súboru pokúsili pripraviť aj jednoduchú modelovú prognózu predpokladanej zmeny SD/PD pri predpokladanom oteplení zimnej sezóny o 1 °C.

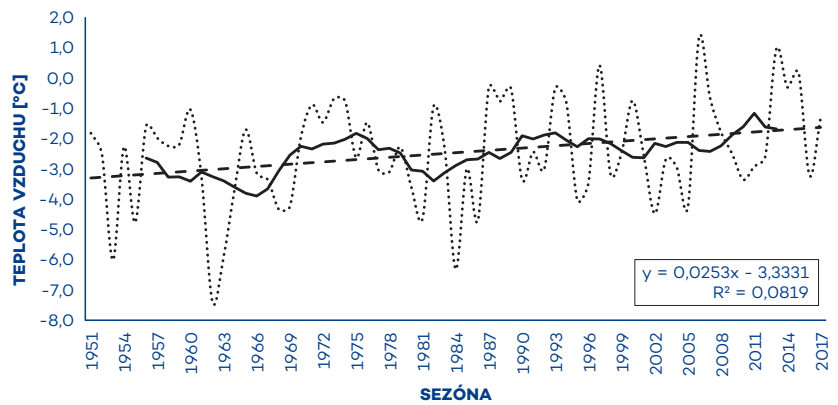
2. Údaje a metodika

Zmena priemernej sezónnej zimnej teploty vzduchu a pomeru SD/PD bola analyzovaná na 71 klimatologických stanicích SHMÚ distribuovaných v rozmedzí nadmorských výšok 97 m–2 635 m v rámci územia Slovenska na ploche 49 036 km² (obr. 2).

Údaje zahrnuté vo výberovom súbore museli spĺňať nasledujúce podmienky:

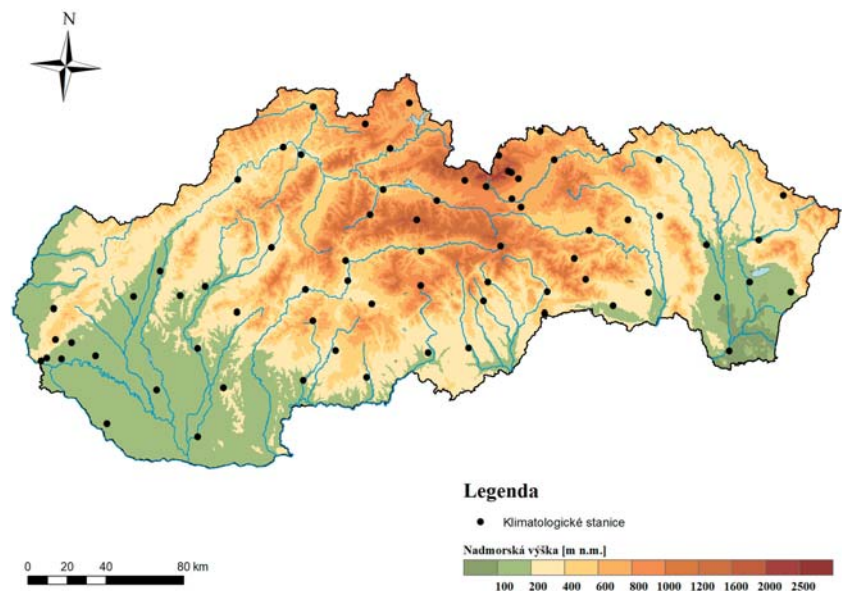
- Zdrojové stanice vykonávali denné merania teploty vzduchu a atmosférických zrážok v období 1951–2018 a mali dostupný aspoň 30 ročný súbor údajov. (tab. 1) (obr. 3)
- Ak sa v danom mesiaci vyskytol chýbajúci údaj o priemernej dennej teplote vzduchu, dennom úhrne zrážok alebo výške novej snehovej pokrývky, bol príslušný mesiac vylúčený z analýzy.
- Ak klimatologická stanica nedisponovala údajmi o priemernej mesačnej teplote vzduchu, mesačnom počte SD alebo PD, pre všetky mesiace zimnej sezóny, tj. december, január a február, celá zimná sezóna bola vylúčená z analýzy.

Pomer dní so snežením a dní so zrážkami SD/PD bol vypočítaný metodikou použitou v spracovaní Serquet et al. (2011). Na každej stanici zahrnutej v spracovaní bol vy-



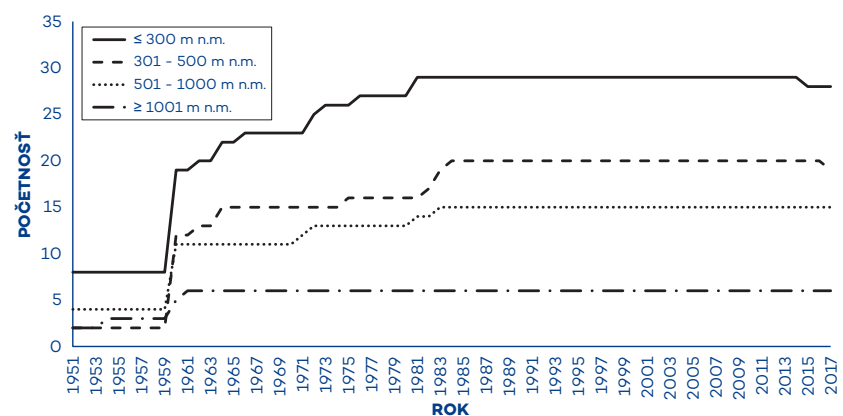
Obr. 1 Vývoj priemernej sezónnej teploty [°C] v zime (DJF) pre 16 klimatologických stanic s kompletným radom meraní v zimných sezónach 1951/1952–2017/2018 s vyobrazeným lineárnym trendom (prerušovaná čiara) a 10 ročným kĺzavým priemerom (hrubá čierna krivka).

Fig. 1. Average seasonal temperature [°C] in winter (DJF) for 16 stations with complete data sets in the winter season 1951/1952–2017/2018, linear trend is depicted as dashed line, 10-year moving average is depicted by a thick line.



Obr. 2 Distribúcia vybraných klimatologických stanic v rámci územia Slovenska.

Fig. 2. Selected climatological stations located within the territory of Slovakia.



Obr. 3 Počet klimatologických stanic s údajmi dostupnými v zimných sezónach 1951/1952–2017/2018.

Fig. 3. Number of climatological stations with available data in the winter seasons 1951/1952–2017/2018.

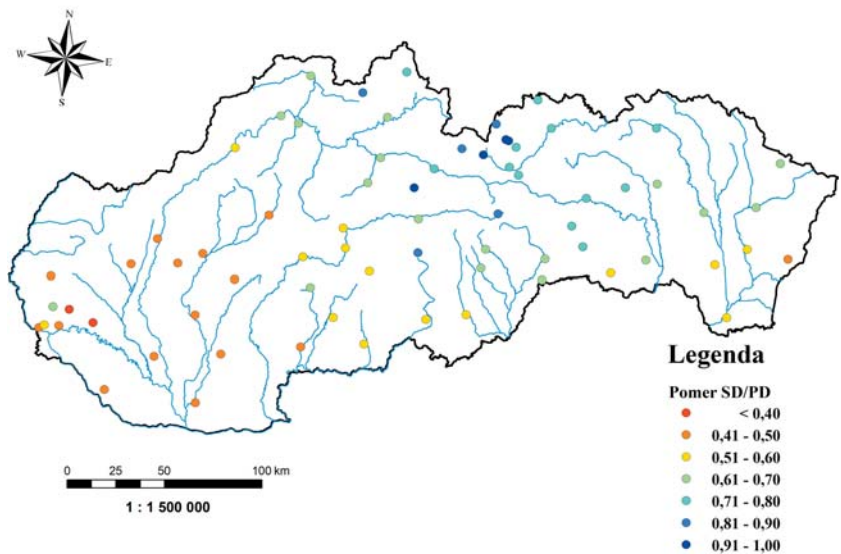
Tab. 1 Klimatologické stanice zahrnuté v analýze.

Table 1. Climatological stations considered in analysis.

Indikativ	Klimatologická stanica	Nadmorská výška [m n. m.]	Obdobie	Indikativ	Klimatologická stanica	Nadmorská výška [m n. m.]	Obdobie
11801	Kuchyňa-Nový Dvor	206	1961–2017	11908	Liptovská Osada	615	1961–2017
11810	Bratislava-Mlynská dolina	180	1982–2017	11910	Lom nad Rimavicou	1018	1961–2017
11812	Malý Javorník	584	1973–2017	11916	Chopok	1995	1955–2017
11813	Bratislava-Koliba	287	1951–2017	11917	Brezno	485	1984–2017
11815	Slovenský Grob	138	1973–2017	11927	Boľkovce	210	1951–2017
11816	Bratislava-letisko	133	1951–2017	11930	Lomnický štít	2635	1951–2017
11817	Kráľová pri Senci	121	1961–2017	11931	Skalnaté Pleso	1763	1961–2017
11818	Gabčíkovo	114	1961–2017	11933	Štrbské Pleso	1323	1951–2017
11819	Jaslovské Bohunice	178	1961–2017	11934	Poprad	694	1951–2017
11820	Žihárec	112	1961–2017	11935	Tatranská Lomnica	839	1961–2017
11826	Piešťany	163	1951–2017	11936	Tatranská Javorina	1017	1961–2017
11841	Dolný Hričov	309	1975–2017	11938	Telgárt	900	1951–2017
11846	Veľké Ripňany	182	1965–2017	11941	Ratková	304	1961–2017
11847	Topoľčany	176	1961–2017	11942	Rimavská Sobota	209	1951–2017
11849	Žikava	318	1966–2017	11944	Rožňava	311	1961–2017
11850	Podhájska	145	1961–2017	11945	Švedlár	477	1961–2017
11855	Nitra-Velké Janíkovce	135	1982–2017	11946	Štós-Kúpele	599	1961–2017
11858	Hurbanovo	115	1951–2017	11947	Moldava n. Bodvou	216	1961–2017
11862	Beluša	253	1962–2017	11949	Spišské Vlachy	382	1965–2017
11865	Žilina	356	1961–2017	11950	Podolíne	566	1962–2017
11866	Čadca	458	1951–2017	11951	Červený Kláštor	469	1961–2017
11867	Prievidza	256	1972–2017	11952	Gánovce	698	1982–2017
11868	Oravská Lesná	785	1951–2017	11953	Revúca	340	1984–2017
11869	Rabča	642	1961–2017	11955	Prešov-vojsko	307	1984–2017
11872	Ružomberok	500	1961–2017	11962	Bardejov	312	1961–2017
11874	Liptovský Hrádok	640	1951–2017	11963	Jakubovany	407	1962–2017
11876	Podbanské	978	1961–2017	11966	Čaklov	140	1961–2017
11880	Dudince	139	1977–2017	11968	Košice-letisko	230	1951–2017
11892	Oravský Podzámok	526	1984–2017	11970	Silica	524	1971–2017
11898	Banská Bystrica -Zelená	420	1984–2017	11978	Milhostov	102	1960–2017
11900	Žiar nad Hronom	275	1966–2017	11979	Somotor	97	1960–2017
11901	Banská Štiavnica	622	1961–2017	11982	Michalovce	110	1960–2017
11902	Bzovík	351	1961–2017	11984	Orechová	120	1972–2017
11903	Sliach	310	1951–2017	11992	Osadné	380	1982–2017
11904	Víglaš Pstruša	365	1961–2017	11993	Kamenica nad Cirochou	176	1951–2017
11905	Dolné Plachtince	191	1964–2017				

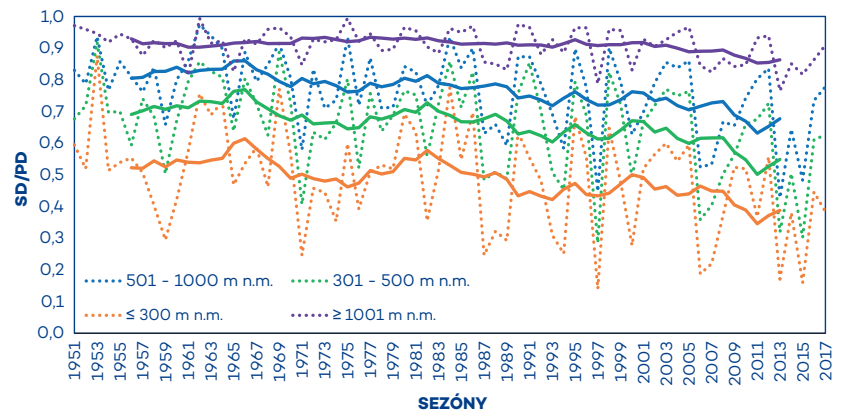
počítaný počet SD a počet PD v mesiacoch december január a február, ktoré z klimatologického hľadiska tvoria zimnú sezónu. Za deň so zrážkami bol považovaný taký deň, v rámci ktorého bola zaznamenaná denná suma (07:00 h–07:00 h) úhrnu atmosférických zrážok ≥ 1 mm. Za deň so snežením bol považovaný taký deň, pre ktorý bola v rannom meracom termíne (7:00 hod nasledujúceho dňa) nameraná výška novej snehovej pokrývky ≥ 1 cm nezávisle od výšky denného úhrnu atmosférických zrážok. Aby bola dodržaná logická skutočnosť, že SD sú podmnožinou PD, čiže počet PD \geq SD, za dni so zrážkami boli automaticky považované aj všetky SD. V ďalšom kroku sme pristúpili k výpočtu pomeru SD/PD pre všetky stanice zahrnuté v spracovaní. Pre lepšie vyjadrenie závislosti pomeru SD/PD od nadmorskej výšky a vývoja pomeru SD/PD v období zimných sezón 1951–2017 boli stanice zaradené do štyroch skupín podľa ich nadmorskej výšky: ≤ 300 m n. m., 301–500 m n. m., 501–1 000 m n. m. a $\geq 1 001$ m n. m. (obr. 5). Získané hodnoty boli korelované s nadmorskou výškou a priemernou sezónnou teplotou vzduchu. Pre každú stanicu boli vypočítané trendy pomeru SD/PD v podobe lineárnej regresie pre obdobie pozorovania, ktoré bolo zaradené do spracovania.

Pre potreby analýzy zmeny SD/PD boli vybrané dve porovnávacie obdobia, a to 1951–1990 (40 rokov) a 1991–2018 (27 rokov). Zlom vo výberových obdobiach bol stanovený na rok 1991 z dôvodu lepšieho vyjadrenia zmeny pomeru SD/PD podmieneným nárastom priemernej teploty vzduchu, pričom treba vziať do úvahy, že v prípade sezón 1951/1952–1960/1961 bolo do spracovania zaradených len 16–20 staníc. Zmena pomeru SD/PD v zimnej sezónne tak bola pre každú stanicu vypočítaná ako jednoduchý rozdiel priemernej hodnôt pomeru pre zimné sezóny v obdobiach 1991/1992–2017/2018 a 1951/1952–1990/1991, vyjadrený ako percento zmeny voči obdobiu 1951/1952–1990/1991. Tieto hodnoty boli následne korelované s nadmorskou výškou a vybranými referenčnými hodnotami nadmorskej výšky a vybranými referenčnými hladinami priemernej sezónnej teploty vzduchu v zime. Z vypočítaných hodnôt rozdielu pomeru SD/PD sme pre každú stanicu určili regresné krivky lineárneho trendu pre vzťah priemernej sezónnej teploty vzduchu a daného sezónneho pomeru SD/PD pre celé obdobie pozorovania zahrnuté v spracovaní. Zo získaných regresných rovníc sme pre každú stanicu vypočítali zmenu hodnoty SD/PD pri náraste teploty o 1 °C ktoré nám poslúžili ako základ pre výpočet zmien pomeru pre referenčné hladiny nadmorskej výšky a teploty vzduchu s využitím jednoduchého empirického regresného modelu.



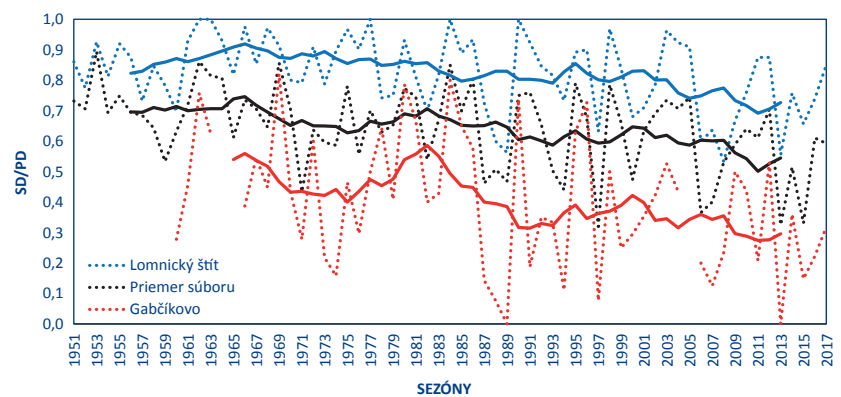
Obr. 4 Priemerná hodnota pomeru SD/PD v zimných sezónach 1951/1952–2017/2018.

Fig. 4. Average value of SD/PD ratio in the winter seasons 1951/1952–2017/2018.



Obr. 5 Priemerná hodnota pomeru SD/PD pre vybrané skupiny nadmorských výšok v zimných sezónach 1951/1952–2017/2018 s vyobrazeným 10 ročným klzavým priemerom (hrubá krivka).

Fig. 5. Average SD/PD ratio for selected altitudinal categories in the winter seasons 1951/1952–2017/2018, 10-year moving average is depicted by a thick line.



Obr. 6 Pomer SD/PD na staniach Gabčíkovo (114 m n. m.) a Lomnický štít (2 635 m n. m.) v porovnaní s priemerom celého súboru staníc v zimných sezónach 1951/1952–2017/2018 s vyobrazeným 10 ročným klzavým priemerom (hrubá krivka).

Fig. 6. SD/PD ratio at the Gabčíkovo (114 m a.s.l.) and Lomnický štít (2 635 m a.s.l.) stations in comparison with average of the whole set in the winter seasons 1951/1952–2017/2018, 10-year moving average is depicted by a thick line.

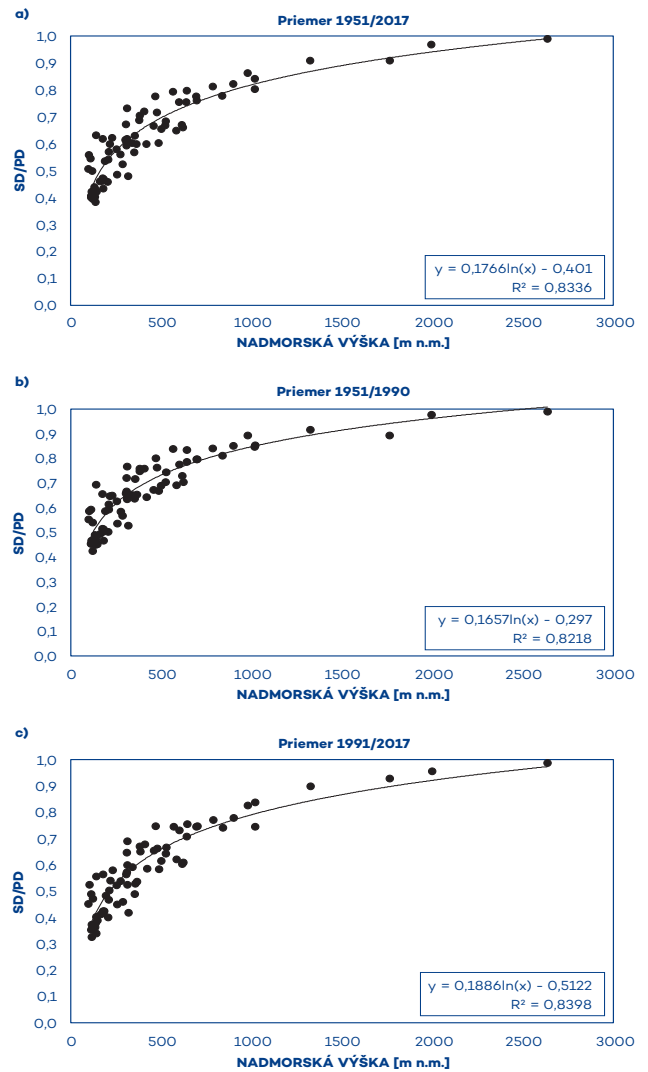
3. Výsledky a diskusia

3.1 Pozorované hodnoty pomeru SD/PD

Vo všeobecnosti je možné na základe dosiahnutých výsledkov konštatovať, že hodnoty pomeru SD/PD sa pre interval rokov 1951–2018, v rámci výberovej siete klimatologických staníc, pohybujú v intervale hodnôt 0,38–0,99, s mediánom 0,62 (obr. 4). Priemerné hodnoty pomeru SD/PD vykazujú pre vybrané intervaly nadmorských výšok vo všeobecnosti klesajúce tendencie (obr. 5). V prípade intervalov absolútnych hodnôt pomeru SD/PD pre vybrané porovnávacíe obdobia sezón 1951–1990: 0,43–0,99 (medián 0,66) a 1991–2017: 0,33–0,99 (medián 0,57) je pozorovaný pokles minimálnych hodnôt pomeru a mediánu, pričom je zaznamenaný aj pokles priemernej celosúborovej hodnoty z 0,67 (1951–1990) na 0,58 (1991–2017) (obr. 7). Najnižšie hodnoty boli vypočítané pre nížinné oblasti s nadmorskou výškou do 200 metrov, a to <0,47 (minimum Pezinok-Myslenice (Slovenský Grob) 0,38 51–90, Kráľová pri Senci 0,43 51–90, Gabčíkovo 0,33 91–17 (obr. 6)), pričom na dosiahnuté hodnoty vplyvala nielen nadmorská výška lokality, ale aj priestorové umiestnenie v rámci územia (tab. 2). Táto skutočnosť je napríklad dobre vyjadrená pri porovnaní hodnôt dosiahnutých v nížinných oblastiach na západe a východe územia, kde pozorujeme vplyv rastúcej kontinentality (smerom na východ) (Kveták 1983; Siman, Polčák 2017) a prevládajúcich cirkulačných podmienok na priemernú sezónnu teplotu vzduchu a teplotu počas zrážkovej činnosti. V našom prípade to znamená všeobecne vyššie hodnoty pomeru SD/PD dosahované v porovnateľných nadmorských výškach v nížinných polohách na východe územia. Hodnoty blízke 1 naopak zaznamenávame predovšetkým vo vrcholových polohách Tatier (maximum Lomnický štít 0,99 51–17 (obr. 6), Chopok 0,98 51–90, Skalnaté Pleso 0,93 91–17), kde sú tekuté zrážky v zime pozorované len veľmi výnimočne, avšak vysoké hodnoty pomeru SD/PD sú zaznamenávané aj v relatívne nižších polohách na SZ a v horských a podhorských oblastiach na strednom a východnom Slovensku (obr. 4).

3.2 Zmeny pomeru SD/PD

Hodnoty pomeru pre rozdiel porovnávaných období 1951/1990 a 1991/2017 sa pohybovali v intervale –30,4 % až 3,8 % (medián –13,1 %). Najväčšie zmeny v podobe percentuálneho poklesu boli zaznamenané predovšetkým na juhu západného a stredného Slovenska v polohách pod 300 m n. m., kde sa vyskytovali lokality s poklesom väčším ako 20 %, pričom absolútne najväčší relatívny pokles (–30,4 %) bol vypočítaný pre stanicu Gabčíkovo, situovanú na západe územia. Naopak najmenšie poklesy, respektíve veľmi malé nárasty, boli vypočítané pre horské polohy nad 1 000 m n. m., pričom aj v niektorých nižšie položených oblastiach na SZ a v strednej časti územia boli zaznamenané len malé zmeny pomeru SD/PD, ktoré v mnohých prípadoch nepresahovali prirodzenú variabilitu a neboli tak štatisticky významné (obr. 8). Jednoduchým regresným modelom, ktorý využíval hodnoty získané v rámci výberového súboru klimatologických staníc, boli vypočítané hodnoty zmeny pomeru SD/PD aj pre vybrané referenčné hodnoty nadmorskej výšky a vybrané referenčné hladiny teploty vzduchu (tab. 3). Na základe analýzy získaných údajov môžeme konštatovať, že pre väčšinu územia Slovenska (polohy pod 500 m n. m.) predpokladané hodnoty zmeny pomeru SD/PD predstavujú pokles > 10%, pričom pri očakávanom ďalšom otepľovaní zimnej sezóny sa javí veľmi pravdepodobný aj predpoklad, že bude



Obr. 7 Závislosť priemernej hodnoty pomeru SD/PD od nadmorskej výšky [m n. m.] v obdobiach 1951/2017 (a) 1951/1990 (b) 1991/2017 (c).

Fig. 7. Average SD/PD ratio as a function of altitude [m a.s.l.] during seasons 1951/2017 (a) 1951/1990 (b) 1991/2017 (c).

Tab. 2 Priemerný pomer SD/PD pre vybrané výškové hladiny [m n. m.] a vybrané hladiny priemernej teploty vzduchu [°C] v zimných sezónach 1951/1952–2017/2018.

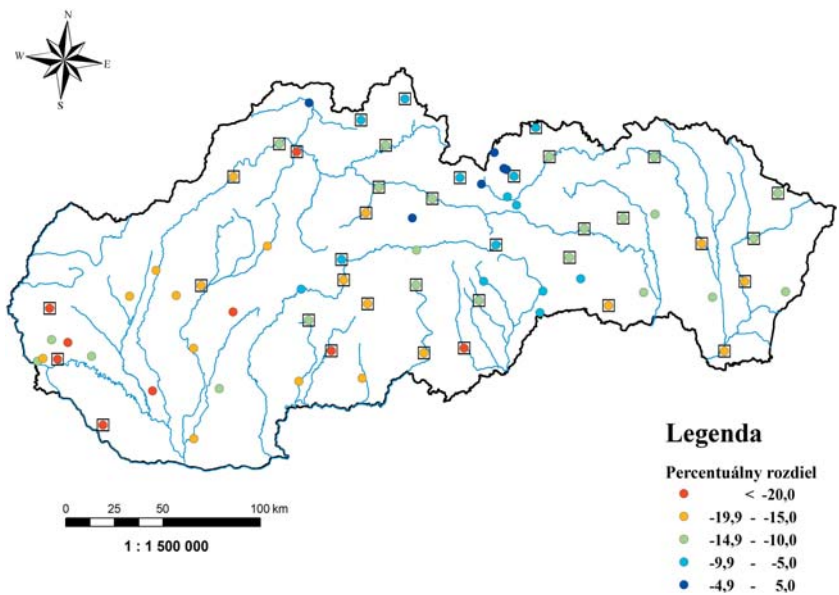
Table 2. Average SD/PD ratio for selected station altitude levels [m a.s.l.] and average seasonal temperature levels [°C] in the winter seasons 1951/1952–2017/2018.

Priemerná hodnota pomeru SD/PD pre vybrané výškové hladiny [m n. m.]		Priemerná hodnota pomeru SD/PD pre vybrané hladiny teploty vzduchu [°C]	
Nadmorská výška [m n. m.]	SD/PD	Teplota vzduchu [°C]	SD/PD
> 200	0,47	> 0,0	0,42
[201; 300]	0,55	[–0,1; –0,5]	0,47
[301; 400]	0,62	[–0,6; –1,0]	0,48
[401; 500]	0,68	[–1,1; –1,5]	0,58
[501; 600]	0,71	[–1,6; –2,0]	0,60
[601; 700]	0,74	[–2,1; –3,0]	0,67
[701; 1000]	0,82	[–3,1; –4,0]	0,79
[1001; 1500]	0,85	[–4,1; –5,0]	0,87
1500 <	0,96	–5,1 >	0,98

dochádzať k ďalšiemu a aj výraznejšiemu úbytku výskytu dní so snežením. Táto skutočnosť je čiastočne vyjadrená aj vo výstupe modelovej predpovede pre jednotlivé vybrané referenčné hladiny teploty vzduchu. Alarmujúco vyznieva predovšetkým výpočet zmeny pre priemernú sezónnu teplotu 4 °C – pokles o 35 % (tab. 3). Takáto hodnota dlhodobej priemernej teploty vzduchu síce v momentálnom súbore staníc nebola zaznamenaná na žiadnej stanici, avšak v posledných rokoch sú hodnoty jej blízke čoraz častejšie zaznamenávané v jednotlivých zimných sezónach. Ako príklad môžu slúžiť zimné sezóny 2006/2007, 2013/2014 a 2015/2016 počas ktorých boli na mnohých staniaciach zaznamenané priemerné sezónne teploty vzduchu v intervale 3 °C–4 °C čo sa následne prejavilo v pomeroch SD/PD < 0,15, pričom v sezóne 2013/2014 neboli na viacerých lokalitách na juhozápade územia Slovenska a Záhorí zaznamenané žiadne SD.

3.3 Modelová predpoveď zmeny pomeru SD/PD

Zmeny pomeru SD/PD boli modelovo vypočítané pre náraste teploty vzduchu o 1 K empirickým regresným modelom s využitím regresných rovníc pre zmenu pomeru medzi porovnávacími obdobiami na jednotlivých klimatologických staniaciach (obr. 10). Zo získaných údajov vyplýva, že



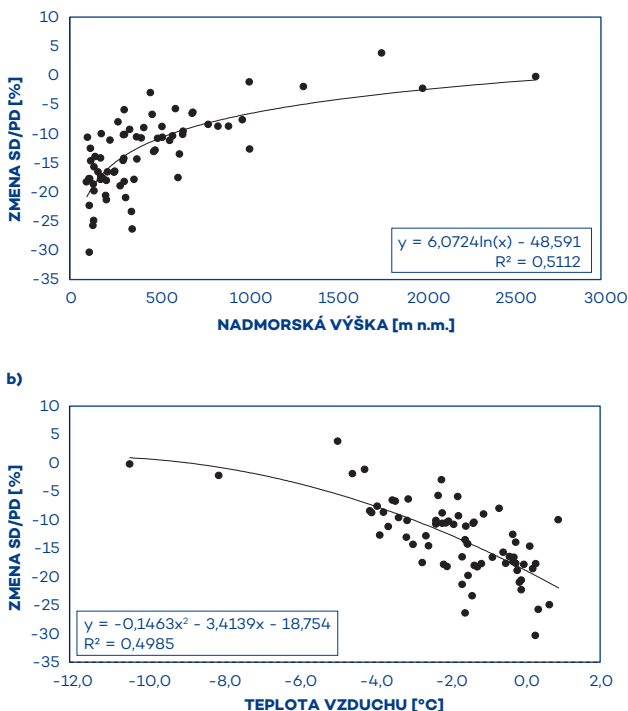
Obr. 8 Rozdiely pomeru SD/PD [%] pre obdobia 1991–2017 a 1951–1990 s vyznačenou štatistickou významnosťou na hladine $\alpha = 0,05$.

Fig. 8. Changes in SD/PD ratio [%] calculated for the periods 1991–2017 and 1951–1990 with indication of statistical significance at the level of $\alpha = 0,05$.

najväčšie zmeny sú predpokladané v lokalitách situovaných v nadmorskej výške < 500 metrov a pre lokality s priemernou sezónnou teplotou > 0 °C. Pre tieto lokality sú predpokladané zmeny v podobe poklesu pomeru v intervale 10 %–40 %, čo by pre mnohé nižinné lokality, aj s ohľadom na predpokladanú modelovú zmenu teploty vzduchu, v konečnom dôsledku znamenalo, že v prípade dní so snežením (SD), v najteplejších častiach Slovenska budú výrazne pribúdať také zimné sezóny, počas ktorých nebudú zaznamenané žiadne dni so snežením, čo môže z dlhodobého hľadiska predstavovať významné problémy (tab. 4).

4. Záver a diskusia

Prebiehajúca klimatická zmena sa vo všeobecnosti prejavuje zmenou charakteru počasia a priamo ovplyvňuje klimatické pomery aj na území Slovenska. Cieľom našej práce bolo preto vytvoriť základnú analýzu v oblasti skupenských zmien atmosférických zrážok, prezentovanú pomerom dní so snežením (SD) a dní so zrážkami (PD) v otepľujúcich sa podmienkach zimných sezón v priebehu sezón 1951/1952–2017/2018. V spracovaní bolo použitých 71 klimatologických staníc rozmiestnených približne rovnomerne v rámci územia Slovenska v nadmorských výškach 97 m–2 636 m. Závety získané na základe našej analýzy v prípade trendov zmeny pomeru SD/PD poukazujú na skutočnosť, že v rámci porovnaných období zimných sezón 1951/1952–1990/1991 a 1991/1992–2017/2018 je zaznamenaný klesajúci trend – v intervale hodnôt –30,4 % až 3,8 %, ktorý bol výraznejší pre lokality s menšou nadmorskou výškou a pre teploty vzduchu približujúce sa ku kladným hodnotám. Tieto výsledky sú v dobrej zhode nielen so zisteniami pre územie Slovenska publikovanými v spracovaní Nikolova et al. (2013) ale v širšom regióne strednej Európy aj so spracovaním Serquet et al. (2011). Závety týchto spracovaní vykazovali významný všeobecný pokles pomeru SD/PD pre obdobie zimnej sezóny, a to predovšetkým v nižších polohách. Jednoduchým



Obr. 9 Zmeny pomeru SD/PD [%] v závislosti od nadmorskej výšky [m n.m.] (a) a od priemernej sezónnej teploty vzduchu [°C] (b) pre obdobia 1991–2017 a 1951–1990.

Fig. 9. Changes in SD/PD ratios [%] as a function of altitude [m a.s.l.] (a) and average seasonal air temperature [°C] (b) for periods 1991–2017 and 1951–1990.

Tab. 3 Zmeny pomeru SD/PD [%] pre vybrané referenčné nadmorské výšky [m n. m.] a vybrané referenčné sezónne hodnoty teploty vzduchu [°C] získané z regresných kriviek pre obdobia 1991–2017 a 1951–1990.

Table 3. Changes in SD/PD ratios [%] for selected baseline altitudes [m a.s.l.] and selected baseline seasonal air temperatures [°C] obtained from regression curves for intervals 1991–2017 and 1951–1990.

Zmena hodnoty SD/PD [%] pre vybrané referenčné nadmorské výšky [m n.m.]		Zmena hodnoty SD/PD [%] pre vybrané referenčné hodnoty teploty vzduchu [°C]	
Nadmorská výška [m n. m.]	SD/PD	Teplota vzduchu [°C]	SD/PD
200	-16,42	-12	1,15
400	-12,21	-10	0,75
600	-9,75	-8	-0,81
800	-8,00	-6	-3,54
1000	-6,64	-4	-7,44
1200	-5,54	-2	-12,51
1500	-4,18	0	-18,75
2000	-2,44	2	-26,17
2500	-1,08	4	-34,75

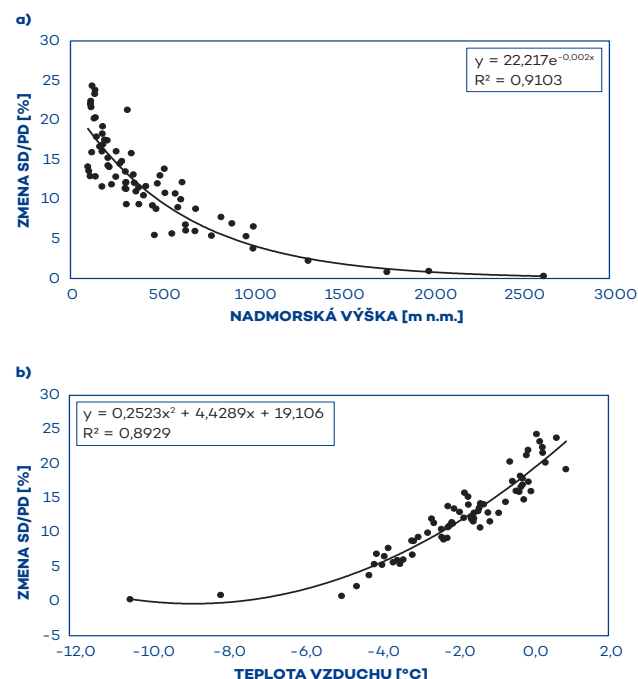
Tab. 4 Zmeny pomeru SD/PD [%] vypočítaný pre nárast teploty vzduchu o 1 K pre vybrané referenčné nadmorské výšky [m n. m.] a vybrané referenčné hodnoty teploty vzduchu [°C] pre obdobia 1991–2017 a 1951–1990.

Table 4. Changes in SD/PD ratios [%] calculated per 1 K temperature increase for selected baseline altitudes [m a.s.l.] and selected baseline seasonal air temperatures [°C] for the periods 1991–2017 and 1951–1990.

Zmeny SD/PD [%] pre vybrané referenčné nadmorské výšky [m n. m.] pri náraste teploty vzduchu o 1 K		Zmeny SD/PD [%] pre vybrané referenčné hodnoty teploty vzduchu [°C] pri náraste teploty vzduchu o 1 K	
Nadmorská výška [m n. m.]	SD/PD	Teplota vzduchu [°C]	SD/PD
200	15,72	-12	2,29
400	11,34	-10	0,05
600	8,78	-8	-0,18
800	6,96	-6	1,62
1000	5,55	-4	5,43
1200	4,39	-2	11,26
1500	2,98	0	19,11
2000	1,16	2	28,97
2500	-0,25	4	40,86

empirickým regresným modelom sme skúmali možné zmeny pomeru SD/PD v závislosti od nadmorskej výšky a sezónnej (referenčnej) teploty vzduchu. Takto nastavený model umožňuje vypočítať zmenu hodnoty analyzovaného pomeru pre vybrané hladiny nadmorskej výšky a teploty vzduchu. Vypočítané zmeny hodnoty SD/PD pri zmene sezónnej teploty

vzduchu o 1 °C korešpondujú s predpokladaným nárastom teploty vzduchu pre obdobie zimnej sezóny, čo znamená, že v extrémnych prípadoch môžeme v najteplejších lokalitách pri oteplení o 1 °C očakávať zníženie pomeru SD/PD v intervale od -30 do -40 %, čo by mohlo mať významný dopad na zimný charakter počasia a klimatické pomery nížinných oblastí Slovenska, s potenciálnym negatívnym dopadom na kvalitu života obyvateľstva a hospodárstvo štátu. Uvedené zmeny skupenstva atmosférických zrážok v závislosti od zmien teploty vzduchu je možné využiť pre validáciu výstupov regionálnych klimatických modelov (RCMs) simulujúcich predpokladaný pokles/nárast podielu tuhých zrážok v zimnom období v časovom horizonte do roku 2100.



Obr. 10 Zmeny pomeru SD/PD [%] očakávané pri náraste teploty vzduchu o 1 °C v závislosti od nadmorskej výšky [m n. m.] (a) a priemernej sezónnej teploty vzduchu [°C] (b).
Fig. 10. Changes in SD/PD [%] expected per 1 °C increase as a function of altitude (a) and baseline seasonal temperature [°C] (b).

Literatúra:

BROWN, R. D., 2000. Northern Hemisphere snow cover variability and change. *Journal of Climate*, Vol. 13, s. 2339–2355, DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2000\)013%3C2339:NHSCVA%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2000)013%3C2339:NHSCVA%3E2.0.CO;2).

FAŠKO, P., HANDŽÁK, Š., 1997. Vybrané charakteristiky zmien snehovej pokrývky v oblasti Nízkyh Tatier v období 1921–1995. *Národný klimatický program SR 7/97*. Bratislava: MŽP SR, SHMÚ, s. 46–67.

FAŠKO, P., HANDŽÁK, Š., VIVODA, J., 2000. Selected snow cover characteristics in the highest mountains region in Slovakia in 1921–1998. *Bulletin SMS pri SAV*, Vol. 11, č. 2, s. 29–34.

FAŠKO, P., KAJABA, P., MARKOVIČ, L., PECHO, J., ŠŤASTNÝ, P., 2017. Charakteristika snehovej pokrývky na horských staniách Slovenska s významnou polohou a historickou hodnotou. In: *Sborník príspevků z konference ČHMÚ a ČMeS: 120 let meteorologických měření a pozorování na Lysé hoře*, Praha: ČHMÚ, s. 152–153. ISBN 978-80-87577-68-4. Dostupné z WWW: http://www.cmes.cz/sites/default/files/Náhled_LYSA.PDF.

FAŠKO, P., LAPIN, M., 1996. Snow cover and precipitation changes in Slovakia in the 1921–1995 period. In: *Proceedings on the 24th ICAM 96*, HMI of Slovenia, Bled 1996. s. 259–266.

- FAŠKO, P., LAPIN, M., 1996. Oscillations of snow cover characteristics on selected meteorological stations of Slovakia in relation to changes of atmospheric circulation. Projekt: Country Study of the Slovak Republic. Bratislava: SHMÚ.
- FAŠKO, P., LAPIN, M., PECHO, J., MIKULOVÁ, K., 2009. Analysis of snow cover characteristics change in Slovakia. In: *Proceedings from 30th International Conference on Alpine Meteorology: Programme & Extended Abstracts*, Germany, Rastatt, 11.–15. May 2009, Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, Germany. s.170–171. ISBN 978-3-88148-440-4. Dostupné z WWW: http://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/KMIS/pub_cinnost/Faško_et_al_2009c.pdf.
- FAŠKO, P., ŠŤASTNÝ, P., 2001. Trendy atmosférických zrážok v horských oblastiach Slovenska. *Národný klimatický program SR 10/01*. Bratislava: MŽP SR, SHMÚ. s. 54–81.
- FENG, S., HU, Q., 2007. Changes in winter snowfall/precipitation ratio in the contiguous United States. *Journal of Geophysics, Res.* Vol. **112**, D15109. DOI:10.1029/2007JD008397. Dostupné z WWW: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2007JD008397>.
- GROISMAN, P. Y., KARL T. R., KNIGHT R. W., STENCHIKOV, G. L., 1994. Changes of Snow Cover, Temperature, and Radiative Heat Balance over the Northern Hemisphere. *Journal of Climate*. Vol. **7**. s. 1633–1656. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1994\)007<1633:COCTA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1994)007<1633:COCTA>2.0.CO;2).
- HU, Q., FENG, S., 2004. A Role of the Soil Enthalpy in Land Memory. *Journal of Climate*, Vol. **17**, s. 3633–3643. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2004\)017<3633:AROTSE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<3633:AROTSE>2.0.CO;2).
- HUNTINGTON, T. G., HODGKINS, G. A., KEIM, B. D., DUDLEY, R. W., 2004. Changes in the proportion of precipitation occurring as snow in New England (1949–2000). *Journal of Climate*, Vol. **17**, s. 2626–2636. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2004\)017<2626:CITPOP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<2626:CITPOP>2.0.CO;2).
- IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. *Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P. M. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 s. DOI: 10.1017/CBO9781107415324. Dostupné z WWW: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2017/09/WG1AR5_Frontmatter_FINAL.pdf.
- KARL, T. R., GROISMAN, P. Y. A., KNIGHT, R. W., HEIM, R. R., 1993. Recent Variations of Snow Cover and Snowfall in North America and Their Relation to Precipitation and Temperature Variations. *Journal of Climate*, Vol. **6**, Issue 7, s. 1327–1344. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1993\)006<1327:RVOSCA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1993)006<1327:RVOSCA>2.0.CO;2).
- KNOWLES, N. et al., 2006. Trends in snowfall versus rainfall in the western United States. *Journal of Climate*, Vol. **19**(18), s. 4545–4559. DOI:10.1175/JCLI3850.1.
- KVETÁK, Š., 1983. Príspevok ku kontinentalite podnebia na Slovensku. In: *Zborník prác Slovenského hydrometeorologického ústavu*. ALFA, Bratislava, s. 95–135.
- LAPIN, M., FAŠKO, P., PECHO, J., 2007. Snow Cover Variability and Trend in the Tatra Mountains in 1921–2006. In: *29-th International Conference on Alpine Meteorology*. Extended Abstracts. Oral Sessions, 1, Toulouse, Meteo France, s. 175–178. Dostupné z WWW: http://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/KMIS/pub_cinnost/Pecho_et_al_2007_ICAM.pdf
- MATEJKOVÁ, H., 2000. Dlhodobé charakteristiky snehovej pokrývky na vybraných meteorologických staniach severného a severozápadného Slovenska za obdobie 1960/61–1989/90. Diplomová práca, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava.
- MELO, M., LAPIN, M., KAPOLKOVÁ, H., PECHO, J., KRUŽICOVÁ, A., 2013. Climate trends in the Slovak part of the Carpathians. In: *The Carpathians: Integrating Nature and Society Towards Sustainability*. Berlín: Springer Berlin Heidelberg, s. 131–150. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-12725-0_10. ISBN 978-3-642-12724-3.
- NIKOLOVA, N., FAŠKO, P., LAPIN, M., ŠVEC, M., 2013. Changes in snowfall/precipitation-day ratio in Slovakia and their linkages with air temperature and precipitation. *Contributions to Geophysics and Geodesy*, Vol. **43/2**, s. 141–155. DOI: 10.2478/congeo-2013-0009. Dostupné z WWW: https://www.researchgate.net/publication/270175010_Changes_in_snowfallprecipitation-day_ratio_in_Slovakia_and_their_linkages_with_air_temperature_and_precipitation.
- PECHO, J., FAŠKO, P., GERA M., LAPIN M., ŠŤASTNÝ P., 2017. Snow cover trends and climate change scenarios in mountainous regions of Slovakia in 1951–2100. In: *Zborník príspevkov z konferencie: Šiška, B. et al. 2017: Snow an ecological phenomenon*, Smolenice, 19.–21. september 2017.
- PECHO, J., FAŠKO, P., MIKULOVÁ, K., LAPIN, M., ŠŤASTNÝ, P., 2009a. Long-term changes of snow cover regime in connection with observed solid, liquid and mixed precipitation ratio trends in Slovakia. In: *Abstracts of the Scientific Programme, Nineth Annual Meeting of the European Meteorological Society, Nineth European Conf, on Applied Meteorology (ECAM)*, Toulouse – France, 28 September–2 October, Vol. **6**.
- PECHO, J., FAŠKO, P., LAPIN, M., MIKULOVÁ, K., ŠŤASTNÝ, P., 2009b. Extreme values of precipitation and snow cover characteristics in Slovakia. *Sustainable development and bioclimate, reviewed conference proceedings*, GPI SAS, 5.–8. október 2009, Stará Lesná, s. 48–49. ISBN 978-80900450-1-9. Dostupné z WWW: <http://www.cbks.cz/Bioclimate2009StaraLesna.pdf>.
- PECHO, J., FAŠKO, P., MIKULOVÁ, K., ŠŤASTNÝ, P., NEJEDLÍK, P., KOŠŤÁLOVÁ, J., 2010. Comparative spatial and statistical analysis of selected snow cover climatological characteristics (SC duration) in Slovakia within the 1950/1951–1979/1980 and 1980/1981–2009/2010 winters. *Eighth European Conference on Applied Climatology (ECAC)*, s. 7.
- PECHO, J., TURŇA, M., 2018. Zmena režimu teploty vzduchu a jej extrémov na vybraných meteorologických staniach na Slovensku. Kolektív autorov: *Zborník abstraktov odbornej konferencie s medzinárodnou účasťou Letiskové vozovky 2018*, 21. 5.–22. 5. 2018, s. 8. ISBN 978-80-89565-34-4.
- SERQUET, G., MARTY, CH., DULEX, J. P., REBETEZ, M., 2011. Seasonal trends and temperature dependence of the snowfall/precipitation-day ratio in Switzerland. *Geophysical Research Letters*, Vol. **38**, L07703. DOI:10.1029/2011GL046976. Dostupné z WWW: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2011GL046976>.
- SIMAN, C., POLČÁK, N., 2017. Vplyv kontinentality podnebia na vybrané charakteristiky snehovej pokrývky na Slovensku v období rokov 1981/82–2010/11. *Meteorologický časopis*, Vol. **20/1**, s. 11–18. ISSN 1335-339X. Dostupné z WWW: http://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/MET_CASOPIS/2017-1_MC.pdf.
- ŠAMAJ, F., BRÁZDIL, R., DOBROVOLNÝ, P., FAŠKO, P., KOŠŤÁLOVÁ, J., VALOVIČ, Š., 1991. Variabilita charakteristik snehových poměrů v karpatské časti ČSFR v období 1920/21–1984/85. In: *Zborník prác Slovenského hydrometeorologického ústavu*, Vol. **34**, Bratislava: SHMÚ, 176 s. ISBN 80-900558-1-8.
- ŠAMAJ, F., VALOVIČ, Š., 1988. Snehové pomery na Slovensku. *Zborník prác Slovenského hydrometeorologického ústavu*, zv. **14/III**, Bratislava: ALFA, 128 s.
- VOJTEK, M., FAŠKO, P., ŠŤASTNÝ, P., 2003. Some selected snow climate trends in Slovakia with respect to altitude. *Acta Meteorologica Universitatis Comenianae*, Vol. **32**, s. 17–27. Dostupné z WWW: https://www.google.sk/url?sa=t&trct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiiYmG6ZPkAhXry6YKHTsLA_wQFjABegQIAHAC&url=https://www.dmc.fmph.uniba.sk/public_html/2Fpub%2Facta%2Fplne-texty%2F2003_vojtek.doc&usq=AOvVawOYsc31k-lKGSBkN-YbxK.

Lektori (Reviewers):
doc. RNDr. Daniela Řezáčová, CSc.,
Mgr. Martin Hynčica

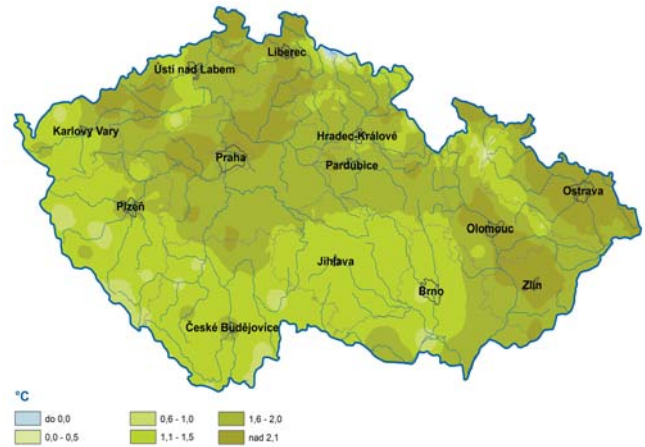
POČASÍ A ROSTLINY

Souhrn za rok 2019

Celkovou sumu efektivních teplot nad 5 °C od 1. 1. 2019 do 31. 12. 2019 a její srovnání s normálem 1981–2010 (včetně procentuálního výskytu na území ČR) zobrazují následující mapy (obr. 1). Absolutní hodnoty sumy efektivních teplot vzduchu nad 5 °C byly v rozmezí do 1 300 °C (nejvyšší horské polohy) a nad 2 500 °C (např. jižní Morava, část Polabí, Olomoucka, Zlínska a Ostravska). Odchytky od normálu 1981–2010 se pohybovaly v rozmezí do 150 °C (na 3,3 % území ČR) a nad 450 °C (na 1,3 % území ČR).

Průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm dne 31. 12. 2019 je uvedena v obr. 2. Vývoj průměrné denní teploty půdy v hloubce 10 cm v průběhu roku 2019 byl následující: 31. 1. (-2 až 2 °C), 28. 2. (0 až 6 °C), 31. 3. (4 až 8 °C), 30. 4. (6 až 14 °C), 31. 5. (12 až 18 °C), 30. 6. (18 až 24 °C), 31. 7. (16 až 24 °C), 31. 8. (16 až 24 °C), 30. 9. (12 až 16 °C), 31. 10. (4 až 8 °C), 30. 11. (2 až 6 °C) a 31. 12. (0 až 2 °C). Nejvyšší hodnoty byly v prosinci naměřeny na Ostravsku, Zlínsku, Olomoucku, částečně v Polabí, ve středních a severních Čechách.

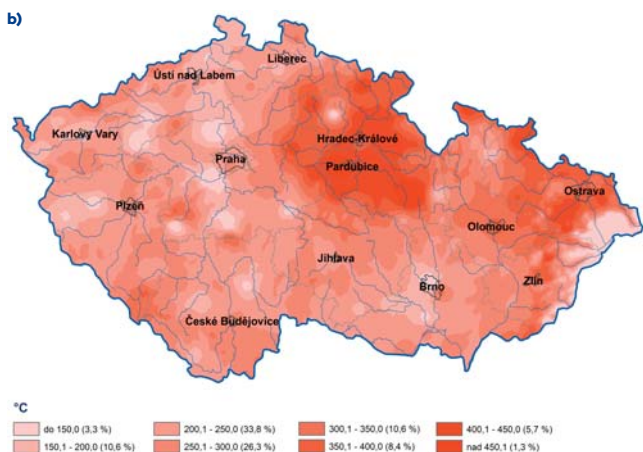
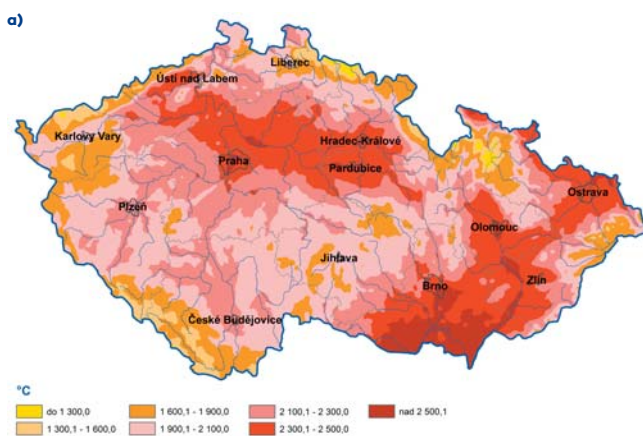
Kumulativní úhrn atmosférických srážek od 1. 1. 2019 do 31. 12. 2019 a procentické vyjádření normálu 1981–2010 (včetně procentického výskytu na území ČR) je vykreslen na obr. 3. Nejnižší kumulativní úhrn srážek (do 450 mm) byl za-



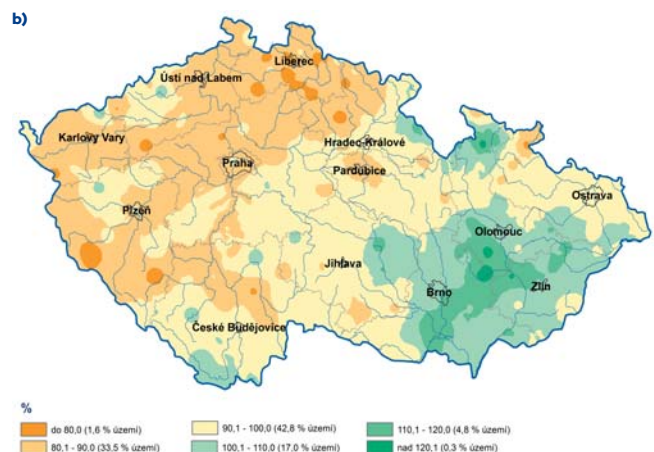
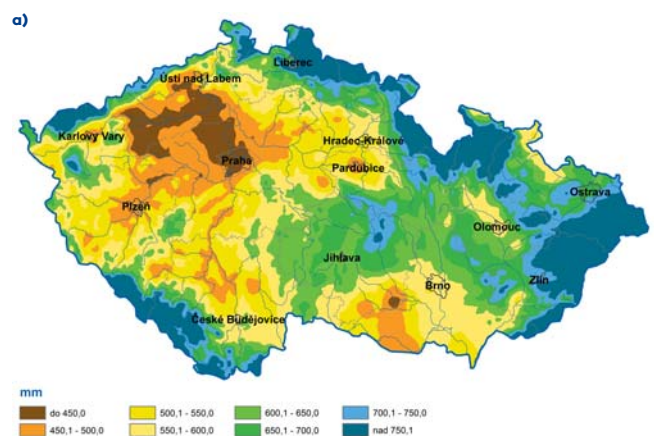
Obr. 2 Průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm dne 31. 12. 2019.

znamenán zejména v Podkrušňohorské pánvi a v Poohří, dále na Ústecku, Litoměřicku a v Povltaví severně od Prahy.

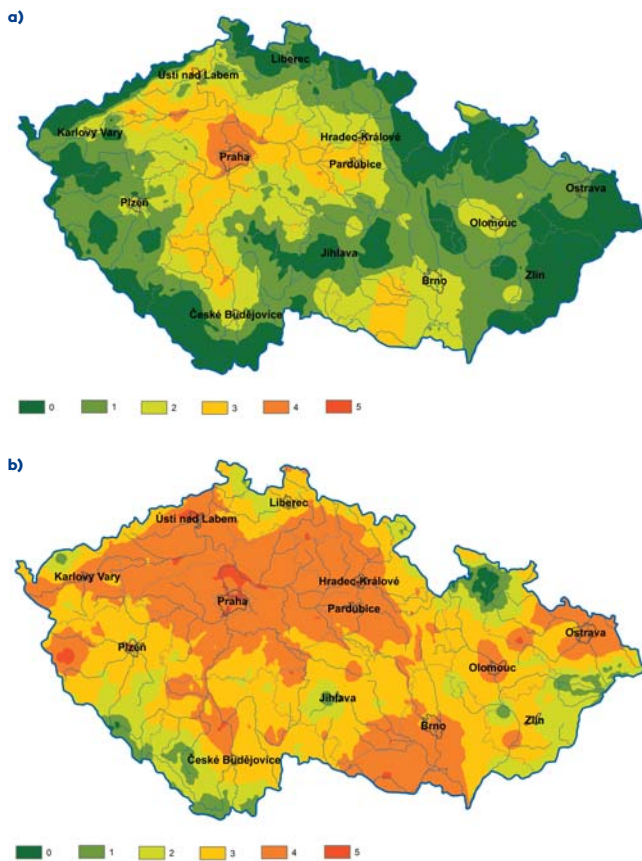
Míra ohrožení půdním suchem v hloubce 100 cm byla zaznamenána i na konci prosince, stav dne 30. 12. 2019 uvádí mapa na



Obr. 1 Suma efektivních teplot vzduchu nad 5 °C od 1. 1. 2019 do 31. 12. 2019 (a), odchytka od normálu 1981–2010 (b).



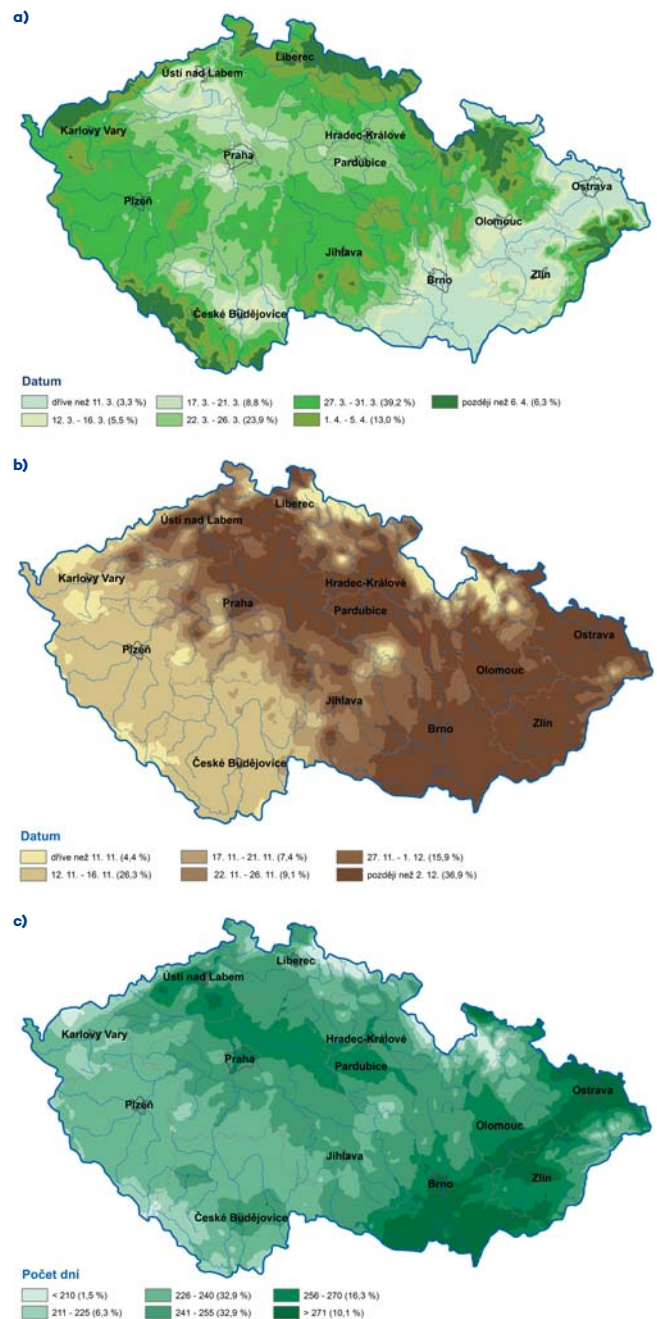
Obr. 3 Kumulativní úhrn srážek k 31. 12. 2019 (a), procenta normálu 1981–2010 (b).



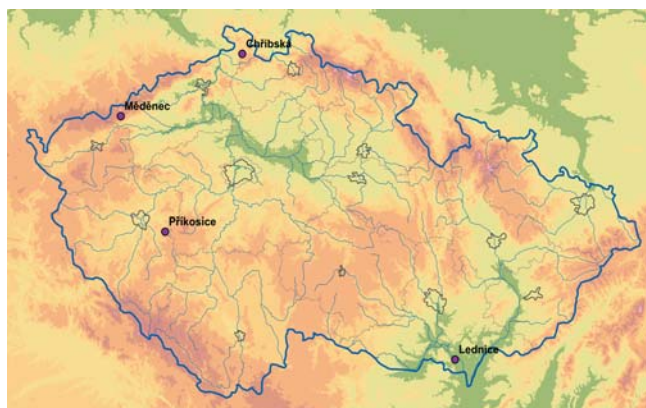
Obr. 4 Míra ohrožení půdním suchem v hloubce 100 cm na území ČR dne 30. 12. 2019 (a), míra ohrožení půdním suchem v hloubce 100 cm na území ČR dne 29. 7. 2019 (b).

obr. 4. Ve Středočeském kraji v okolí Prahy a částečně v Pooohří je míra ohrožení půdním suchem na stupni 4, což představuje 10 až 30 % využitelné vodní kapacity (VVK). Na území Prahy byl dokonce zaznamenán stupeň 5, tedy méně než 10 % VVK. Sucho ohrožuje Českou republiku, v letošním roce byla nejhorší situace na konci července. Květnové srážky a ochlazení naštětí průběh sucha alespoň částečně zmírnily. Stav míry ohrožení půdním suchem v hloubce 100 cm dne 29. 7. 2019 je na obr. 4.

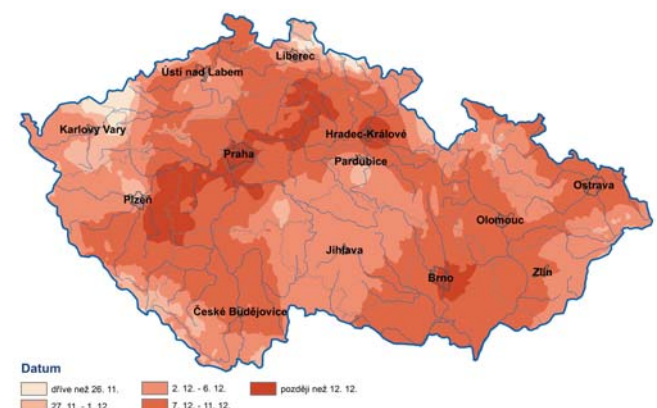
Mapy na obr. 5 představují začátek, konec a trvání vegetačního období v roce 2019 v jednotlivých oblastech ČR včetně procentického výskytu na území ČR. Začátek a konec vegeta-



Obr. 5 Začátek vegetačního období (a), konec vegetačního období (b) a trvání vegetačního období (c).



Obr. 6 Rozmístění vybraných fenologických stanic ve správě ČHMÚ na území ČR.



Obr. 7 Opad listů 100 % modřinu opadavého.

Tab. 1 Počátek kvetení 10% sněženky podsněžník (fenologické předjaří), sasanky hajní (jarní aspekt) a třešně ptačí (fenologické časné jaro).

Stanice	Nadmořská výška	Sněženka podsněžník		Sasanka hajní		Třešeň ptačí	
		2019	Odchylka	2019	Odchylka	2019	Odchylka
Lednice	165	21. 2.	-9 dní	2. 4.	+16 dní	8. 4.	-2 dny
Chřibská	350	25. 2.	-2 dny	7. 4.	+11 dní	20. 4.	-7 dní
Příkosice	550	22. 2.	-10 dní	6. 4.	+8 dní	13. 4.	-7 dní
Měděnec	830	24. 3.	-9 dní	19. 4.	+8 dní	25. 4.	-9 dní

Tab. 2 Plné olistění lípy srdčité (fenologické plné jaro), počátek kvetení 10% lípy srdčité (fenologické časné léto) a žloutnutí listů 10% břízy bělokoré (fenologický podzim).

Stanice	Nadmořská výška	Lípa srdčité (plné olistění)		Lípa srdčité (počátek kvetení)		Bříza bělokorá	
		2019	Odchylka	2019	Odchylka	2019	Odchylka
Lednice	165	16. 5.	+8 dní	25. 5.	-15 dní	1. 10.	-3 dny
Chřibská	350	21. 5.	+8 dní	28. 6.	+2 dny	23. 9.	-2 dny
Příkosice	550	31. 5.	+1 den	17. 6.	-11 dní	26. 9.	+5 dní
Měděnec	830	26. 5.	-2 dny	5. 7.	-5 dní	4. 10.	+16 dní

ního období byl stanoven na základě průměrné denní teploty vzduchu. Za začátek vegetačního období se považuje první den uceleného období, kdy průměrná denní teplota vzduchu byla > 5 °C, a to minimálně 6 dní za sebou. Za konec vegetačního období se považuje poslední den uceleného období, kdy průměrná denní teplota vzduchu byla < 5 °C, a to minimálně 6 dní za sebou. Konec vegetačního období nastal v roce 2019

v časovém rozmezí před 11. listopadem (na 4,4 % území ČR) a po 4. prosinci (na 36,9 % území ČR). Vegetační období trvalo méně než 210 dní na 1,5 % území ČR a více než 271 dní na 10,1 % území ČR.

Fenologický průběh roku 2019 je prezentován v následujících tabulkách (tab. 1, 2) na vybraných fenologických stanicích po jednotlivých rostlinných druzích (řazeno dle fenologických ročních období). V tabulce je uveden aktuální nástup fenologické fáze v roce 2019 a odchylka od dlouhodobého průměru dané stanice. Některé fenologické fáze nastaly v roce 2019 dříve (např. počátek kvetení sněženky, třešně či lípy), jiné nastaly naopak později (např. počátek kvetení sasanky hajní). Vybrané fenologické stanice jsou umístěny v různých geografických polohách na území ČR, jejich rozmístění je uvedeno na obr. 6. Na vývoj vegetace v České republice měl negativní vliv výskyt jarních mrazíků (pomrznutí některých květů) a prohlubující se sucho (předčasné žloutnutí a opad listů některých dřevin). Z dřevin jako poslední opadáva modřín opadáva. Časový průběh v roce 2019 je zachycen na obr. 7.

Lenka Hájková

INFORMACE – RECENZE

**Opustila nás
doc. RNDr. Jaroslava Kalvová, CSc.,
nar. 27. 4. 1940 ve Slatinicích,
+ 10. 1. 2020 v Praze**

Paní docentka Jaroslava Kalvová odešla nečekaně po velice krátké těžké nemoci, čímž upřímně zarmoutila svoji rodinu, přátele, profesní kolegy i dlouhou řadu svých bývalých studentů. Celý svůj dlouhý a bohatý profesní život spojila s Matematicko-fyzikální fakultou. Po absolvování studia a tehdejší vědecké aspirantury zde v letech 1966–1998 působila jako vědecká pracovnice, v roce 1998 se habilitovala a posléze zastávala pozici docenta meteorologie, od roku 2005 jako emeritní pracovnice fakulty. Jejím působištěm byla



nynější Katedra fyziky atmosféry, kde ještě nyní na podzim aktivně přednášela, účastnila se výzkumu a připravovala publikační výstupy. Tato katedra, i když v průběhu času několikrát změnila svůj přesný název a organizační začlenění do struktury fakulty, byla jejím trvalým pracovištěm.

Doc. Kalvová se vědecky zaměřovala zejména na teorii klimatu, analýzu dějů v komplexním klimatickém systému, klimatické modelování a problematiku vývoje zemského klimatu a klimatických změn. Její práce se významně orientovaly na témata úzce související s dnes aktuální problematikou vlivu člověka na klima a jeho změny. V právě těchto oblastech byla zesnulá špičkovou vědeckou osobností, která se po několik desítek let zcela podstatnou měrou podílela na rozvoji a směřování československé a české klimatologie a zásadně přispěla k její dnešní světové úrovni. Byla všeobecně uznávána a vysoce oceňována jako vynikající expertka v obtížné tematice matematického modelování klimatu a interpretaci jeho výsledků z hlediska hodnocení přírodních i antropogenních vlivů na klimatické poměry v rozsáhlé škále prostorových měřítek a vytváření vývojových scénářů klimatu. Zanechává nám za sebou těž neobyčejně výraznou stopu na poli progresivního rozvoje statistických metod a jejich aplikací v meteorologii a klimatologii, a to především ve vztahu k analýzám a interpretacím mimořádně rozsáhlých a složitě strukturovaných datových souborů cha-

rakterizujících široké spektrum meteorologických a klimatologických procesů a jejich komplikovaných vzájemných vazeb.

Pominout nelze angažovanost paní doc. Kalvové v Národním klimatickém programu. Aktivně, a možno říci, že nezastupitelným způsobem, se po celou dobu jeho existence podílela na výzkumných aktivitách, publikacích, popularizační činnosti i organizačním zajištění. Jistě nutno zmínit i dlouhodobý podíl zesnulé na životě a činnosti někdejší Československé, později a nyní České meteorologické společnosti. Bývala velmi oblíbenou a nepřehlédnutelnou účastnicí každoročních výročních seminářů této společnosti i dalších konferenčních a seminářních akcí. Při těchto příležitostech postupně přednesla dlouhou řadu inspirativních a vždy pečlivě připravených referátů. Velmi přínosné vždy bylo též její kvalifikované zapojování se příslušných odborných a vědeckých diskusí. Pozornost si nepochybně zaslouží i podíl zesnulé na prvním knižním vydání Meteorologického výkladového a terminologického slovníku vydaného roku 1993, pro nějž zpracovala, popř. upravila velký soubor hesel z celé tematické oblasti klimatologie. Odborná a vědecká činnost doc. Kalvové měla přímý vztah k její obecné lásce k přírodě, která se mj. projevovala sportovními aktivitami v oblastech vysokohorské a vodní turistiky, kde se po mnoho let obětavě podílela na výchově mládeže a sportovního dorostu.

Zcela mimořádný byl osobní přínos paní doc. Kalvové v oblasti vysokoškolské výuky a výchovy odborných a vědeckých pracovníků v oboru meteorologie a klimatologie. Byla vysoce ceněnou přednášející, organizátorkou a vedoucí studentských seminářů, nesmírně obětavou, laskavou a přitom náročnou a velice výkonnou vedoucí dlouhé řady diplomových prací a doktorských dizertací. Svoji neobyčejně rozsáhlou, iniciativní a nezištnou pedagogickou činností zásadně zformovala takřka dvě generace našich klimatologů. Paní doc. Kalvová se rovněž aktivně účastnila nespočtu popularizačních akcí pro veřejnost, dlouhodobě se zapojovala do programů Univerzity třetího věku a do mnoha dalších zájmových a vzdělávacích akcí organizovaných pro střední i základní školy. Zvěčnělá tak zůstane trvale zapsána v paměti nejen našich odborných a vědeckých kruhů, ale jistě i ve vědomí mnoha zájemců o meteorologii a klimatologii z široké veřejnosti.

S paní docentkou Kalvovou se fakultní a univerzitní veřejnost i širší meteorologická a klimatologická komunita rozloučila dne 17. 1. 2020 ve 13 hod. ve Velké obřadní síni krematoria v Praze – Strašnicích.

Jan Bednář

Čtyřicet let pobočky Praha ČHMÚ

Prvního ledna 1980 byla v rámci nové koncepce ústavu společně s pobočkami České Budějovice, Plzeň, a Hradec Králové zřízena i pobočka Praha. Zatímco tři prvně jmenované pobočky byly pokračováním pracovišť KPVIS (krajská povodňová výstražná a informační služba), pobočka Praha vznikla jako zcela nový útvar. Nová koncepce spočívala v naprosto odlišném dělení útvarů. Na místo dělení oborového bylo založeno na základě rozdílného způsobu poskytování informací na útvary režimové, operativní a staniční sítě. Pobočky byly zřízeny ve všech tehdejších krajských městech, ale místní působnost nebyla určena krajskými hranicemi, ale podle jednotlivých povodí. Území pobočky Praha se skládalo z povodí Labe od Nymburku po Mělník, povodí Jizery, povodí Vltavy od Orlíku, povodí Sázavy a povodí Berounky od soutoku s Rakovnickým



Současný a bývalí ředitelé pobočky Praha. Zleva: Ing. Daniel Kurka, RNDr. Luboš Němec, Ing. Jan Vašátko, Ing. Jiří Nekovář, CSc.

potokem. Mimo to měla pobočka z hlediska hydrologie ve své správě i vlastní tok Labe od Mělníku po státní hranice. Pobočka Praha, která byla umístěna do prostor bývalé hydrologie v tak zvaném domečku na smíchovském břehu Vltavy pod Jiráskovým mostem s adresou Praha 5, Nábřeží 4, se skládala ze tří oddělení. Oddělení staniční sítě, režimových informací a materiálně technického zajištění. Jako jediná z poboček neměla oddělení operativních informací. Tuto činnost zajišťoval odbor operativních informací sídlící v Komořanech. Hydrologická předpověď sídlila zpočátku ještě v domečku. Do oddělení staniční sítě patřily mimo jiné i profesionální meteorologické stanice. Zpočátku zajišťovala pobočka Praha za pobočky České Budějovice, Plzeň a Hradec Králové správu staniční sítě i režimové informace a postupně jim tyto činnosti předávala. Před zřízením AIM (automatický imisní monitoring) měřila pobočka na vybraných dvojicích míst v Praze a nejbližším okolí znečištění ovzduší s ohledem na dopravní provoz.

Veškerou tuto činnost mělo v roce 1980 na starost celkem 80 pracovníků a cca 1500 dobrovolných pozorovatelů. Při rozdělování zaměstnanců na jednotlivá pracoviště koncem roku 1979 se nelze ubránit dojmu, že na pobočku byli ve finále přidělení pracovníci v předdůchodovém věku, maminky s malými dětmi, případně nezkušení začátečníci. Další problém spočíval v ukončení spolupráce s výpočetním střediskem v Ústí nad Orlicí. Než se podařilo plně nahradit jeho činnost, bylo třeba v oboru klimatologie veškeré výstupy zpracovat ručně. Přesto pobočka zvládala své úkoly a bez větších problémů postupně předávala jednotlivé činnosti na příslušné pobočky. V polovině osmdesátých let sílil tlak VRV na Český hydrometeorologický ústav na uvolnění budovy na Nábřeží 4, a tak se nejdříve na pracoviště v Modřanech u nádraží přesídlila pracoviště staniční sítě podzemních vod s čistotou ovzduší. V prosinci 1988 se zbytek pobočky přestěhoval do nově postavené budovy BRI v Komořanech, kde sídlí dodnes. V roce 1990 po reorganizaci nastoupil na pobočku jako vedoucí oddělení hydrologie bývalý ředitel ČHMÚ Ing. Richter, který byl až do svého odchodu do důchodu vzhledem ke svým zkušenostem a znalostem především v investiční politice platným členem vedení pobočky. Kromě běžné činnosti se na pobočce s nástupem mobilních datových technologií začalo s testováním přenosu dat ze sítě automatických stanic. Technologie GPRS (General Packet Radio Service) nahradila dosud drahé spojení přes pevné telefonní linky a po úspěšném odladění byla postupně rozšířena na všechny automatizované stanice včetně profesionálních. Od této doby je možné sledovat aktuální klimatologická data téměř on-line. Data ze stanic jsou stahována v intervalu 10 minut a ihned se automaticky importují do databáze Clidata a zároveň jsou k dispozici i na webu ČHMÚ v podobě populárních

grařů. Pobočka se také podílí na zavádění nových hydrologických přístrojů do ČHMÚ a projektech do OPŽP (Operační program Životního prostředí) a posléze na budování a modernizaci měřících stanic, nákupu nových přístrojů do stanic a přístrojů na měření průtoků.

V současné době má pobočka 20 zaměstnanců. Vzhledem k tomu, že předala správu profesionální sítě a má zajištěnou činnost týkající se správy budov, předpovědní službu a kvalitu ovzduší centrálními útvary, dělí se na vedení pobočky (4 pracovníci), oddělení meteorologie a klimatologie (6) oddělení hydrologie (10). Snižování stavu s postupným předáváním činností se vedoucí pracovníci pobočky snažili vždy dělat citlivě, především tím, že se rušila místa zároveň s odchodem pracovníků do důchodu. Za celou dobu existence pobočky se vystřídali ve vedení celkem 4 vedoucí, ředitelé pobočky: od začátku roku 1980 do roku 1989 Ing. Jirř Nekovář, CSc., Ing. Jan Vařátko (1989 až 1999), RNDr. Luboš Němec (1999 až 2004) a Ing. Daniel Kurka (od 2005 dosud).

Luboř Němec

10. výročí plného členství České republiky v organizaci EUMETSAT

Na letořní 12. květen 2020 připadá desáté výročí zavrření procesu vstupu České republiky do organizace EUMETSAT formou plného členství. Pojdme si při této příležitosti stručně připomenout nejen jednotlivé fáze postupného přibřžování ČHMÚ a Česka k této organizaci, ale i historii samotné organizace EUMETSAT.

Mezinárodní organizace EUMETSAT (European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites, Evropská organizace pro využití meteorologických družic) formálně vznikla v roce 1986. Tomu ale předcházelo několik etap:

- v listopadu 1977 vypouřtí Evropská vesmírná agentura (ESA) první evropskou meteorologickou družici na geostacionární dráhu, družici Meteosat-1;
- v lednu 1981 přichází rozhodnutí o založení organizace EUMETSAT;
- v březnu 1984 vzniká EUMETSAT jako jedna ze sekcí uvnitř ESA;
- 19. 6. 1986 dochází k osamostatnění organizace EUMETSAT, která se tím stává mezinárodní organizací se stejným postavením jako ESA. V době vzniku má EUMETSAT celkem 17 členských států, prvním generálním ředitelem EUMETSATu se stává John Morgan.

Přibližně ve stejné době (koncem 80. let) začínají v ČHMÚ první pokusy s příjmem v té době ještě analogových snímků z družic Meteosat, zpracovávaných chemickou cestou na speciální fotografický papír (systém označovaný EUMETSATem jako WEFAX). Začátkem 90. let, s nástupem prvních osobních počítačů, dochází k postupnému přechodu na vizualizaci snímků z Meteosatů na monitorech počítačů – analogové snímky jsou digitalizovány přijímacími PC (takoveto systémy jsou označovány jako SDUS, Secondary Data User's Station) a vnitřní sítí, rodícím se intranetem ČHMÚ, jsou distribuovány na další interní pracoviřtř (Komořany, Ruzynř). Tyto snímky je také možné začít předávat i mimo pracoviřtř ČHMÚ, např. České televizi pro relace věnované předpovědi počasí, resp. je začít používat v téměř reálném čase pro televizní relace „Každá sudá – počasí“ na tehdeřším kanálu ČT OK3, realizované z pracoviřtř ČHMÚ na Observatoři Libuř.

Právě rozšřřující se distribuce družicových snímků v téměř reálném čase vně meteorologických služeb je jedním z důvodů, proč si EUMETSAT začíná všimát toho, jak a kdo se snímky z jeho družic Meteosat v reálném čase nakládá. Začínají se proto formovat pravidla pro využití dat z družic Meteosat (resp. z nich odvozených produktů, především snímků), tato pravidla jsou pak základem budoucí Datové politiky (Data Policy) EUMETSATu. Zatímco využití snímků analogového původu ze systémů SDUS není nijak omezováno (včetně televizního vysílání), kvalitnější digitální data HRI (High Resolution Imagery) začínají podléhat přísnějším pravidlům.

Vzhledem k tomu, že tehdeřší ČSFR v té době není členským státem EUMETSATu, jsou vztahy mezi EUMETSATem a ČSFR upraveny bilaterální smlouvou, podepsanou 11. února 1992 v Praze. Za ČSFR (resp. za ČHMÚ a SHMÚ) je tato smlouva podepsaná Dr. Ladislavem Sehnalem, tehdeřším předsedou Čs. národního komitětu pro výzkum a využití kosmického prostoru. Smlouva exaktně omezuje využívání HRI dat, resp. z nich odvozených snímků z družic Meteosat pouze pro vnitřní potřeby ČHMÚ a SHMÚ a striktně stanoví, že jakákoliv redistribuce HRI dat a z nich odvozených produktů a snímků třetím stranám, mimo ČHMÚ a SHMÚ (s výjimkou národních subjektů, kterým je ČHMÚ povinen poskytovat informace a data ze zákona bezplatně), je zakázána.

ČHMÚ instaluje svůj nový družicový systém, který již umožňuje příjem digitálních HRI dat z družic Meteosat, tzv. systém PDUS, až v prosinci 1994 (Setvák a kol., 1996). Vzhledem k výře zmíněné smlouvě jsou data HRI využívána pouze interně, zatímco pro potřeby České televize a publikování snímků na internetu jsou i nadále využívány pouze snímky SDUS. Od září 1995 EUMETSAT zavádí kryptování HRI dat, pro jejich příjem jsou nutné tzv. dekryptovací jednotky MKU (Meteosat Key Unit), viz např. Setvák a kol. (2002). V návaznosti na tento krok je koncem roku 1995 podepsána nová smlouva mezi ČHMÚ a EUMETSATem, platná od začátku r. 1996, která mj. stanoví fixní poplatek za využívání HRI dat pro vnitřní potřeby (80 tisíc EUR ročně). Tato smlouva pak zůstala v platnosti až do začátku roku 2005, kdy se ČR stává spolupracujícím státem EUMETSATu. Doplňkem této smlouvy byly dílčí licenční smlouvy, zahrnující poplatky za využití snímků pro potřeby televizního vysílání a internetových prezentací, které stanovovaly roční poplatky odvozené od sledovanosti těchto médií. Princip poplatků odvozených od sledovanosti byl zruřen počínaje rokem 2019, kdy se přeřlo k jednotnému poplatku za tyto služby.

Na zasedání Rady v červnu 1997 EUMETSAT schvaluje možnost těsnějši spolupráce s doposud nečlenskými státy formou „spolupracujících členství“ (co-operating member states), myřleného jako přechodná forma členství před plným členstvím. Spolupracující státy platí výrazně nižší (byť postupně se zvyšující) členské poplatky, než kdyby vstoupily do EUMETSATu rovnou plným členstvím, zároveň ale zatím nemají možnost formálního zapojení se do řídících struktur EUMETSATu. Tato forma členství je cílena především na země bývalého východního bloku (střední Evropa, balkánské a pobaltské státy), přičemž do 5 let by spolupracující státy měly povýřit své členství na plné. Prvními spolupracujícími státy jsou postupně Slovensko, Mařarsko a Polsko (1999–2000), z nichž prvním novým plným členským státem se v roce 2006 stává Slovensko.

Česká republika začíná jednat s EUMETSATem o přistoupení formou spolupracujících států výrazně později, až v roce 2003, příslušná smlouva je pak podepsána (za českou stranu ministrem MŽP Liborem Ambrozem, za EUMETSAT generálním ředitelem Tillmanem Mohrem) 31. května 2004 při zahá-



Podpis smlouvy o přistoupení ČR k EUMETSATu formou spolupracujícího státu dne 31. 5. 2004.

jení mezinárodní družicové konference EUMETSATu v Praze. Spolupracujícím státem se pak ČR stává od začátku roku 2005. V té době je již na oběžné dráze plně funkčním Meteosat-8, první družice ze série Meteosatů druhé generace (Meteosat Second Generation, MSG) – Setvák (2004), a ČHMÚ již má od prosince 2004 svůj nový systém pro příjem dat z družice MSG.

Jednání o změně členství ČR na plné začínají v Praze na MŽP 17. září 2008, následně probíhá schvalování vstupu ČR do EUMETSATu na mezirezortní úrovni, a konečně dne 22. června 2009 je na MŽP podepsána (za ČR ministrem MŽP Ladislavem Mikou, za EUMETSAT generálním ředitelem Larsem Prahmem) mezinárodní smlouva o vstupu ČR do EUMETSATu formou plného členství. Po schválení smlouvy parlamentem ČR je Listina o přistoupení ČR k EUMETSATu podepsána 14. dubna 2010 prezidentem ČR Václavem Klausem a plným členským státem EUMETSATu se ČR formálně stává 12. května 2010, po uložení Listiny u vlády Švýcarské konfederace, deponitáře Úmluvy o založení Evropské organizace pro využívání meteorologických družic (EUMETSAT). Je tedy zřejmé, že vstup ČR do EUMETSATu nebyl jednorázovým aktem, ale završením dlouhodobého procesu přibližování ČHMÚ, resp. ČR k této organizaci.

V současnosti se ČR, reprezentovaná ČHMÚ, již plně zapojuje do většiny aktivit EUMETSATu, jak administrativních, tak odborných. Z plného členství vyplývá nejen povinnost platit členské poplatky (hrazené vládou ČR prostřednictvím MŽP), ale i zapojení se do různých formálních skupin a orgánů EUMETSATu. Vrcholným řídicím orgánem EUMETSATu je jeho Rada, která se schází pravidelně 2x ročně (mimořádně i vícekrát, dle potřeby) a která přijímá veškerá zásadní rozhodnutí EUMETSATu – týkající se odborných programů EUMETSATu, datové politiky, financí, smluv s různými mezinárodními či národními organizacemi o spolupráci, různých kontraktů, personální politiky, aj. Samotná Rada má několik podpůrných odborných skupin, které materiály pro Radu připravují – skupiny zaměřené na vědecko-technické záležitosti, provozní záležitosti, finance, datovou politiku, a celkovou vnější politiku EUMETSATu.

Kromě těchto administrativních aktivit jsou odborníci z ČHMÚ rovněž zapojeni do různých odborných programů EUMETSATu – např. do Konvektivní pracovní skupiny EUMETSATu (zaměřené na využití družicových dat pro nowcasting, monitorování a výzkum konvektivních bouří), či nejnověji do pracovních skupin orientovaných na přípravu přechodu na družice nových generací – Meteosat třetí generace (Meteosat Third Generation,



Podpis smlouvy o přistoupení ČR k EUMETSATu formou plného členství dne 22. 6. 2009.

MTG), a družic polárního systému druhé generace (EUMETSAT Polar System – Second Generation, EPS-SG, resp. družice Metop-SG). Některé z operativních produktů, majících svůj původ na pracovišti družicového oddělení ČHMÚ v Praze – Libuši, jsou dnes díky aktivitám EUMETSATu používány celosvětově – např. standardizované barevně zvýrazněné IR snímky či tzv. sendvičové produkty. Tamtéž mají svůj prvně zdokumentovaný původ některé z dnes již všeobecně známých jevů, vyskytujících se nad konvektivními bouřemi – např. tzv. vlečky (nyní odborněji označované jako above-anvil cirrus plumes, AACP) nebo studené prstence (cold rings). ČHMÚ byl rovněž organizátorem mezinárodní konference EUMETSATu v r. 2004 v Praze či několika mezinárodních odborných nebo vzdělávacích workshopů EUMETSATu. Díky zapojení se do aktivit výše zmíněných pracovních či formálních skupin EUMETSATu zástupci ČHMÚ rovněž zásadním způsobem ovlivnili některá z klíčových rozhodnutí EUMETSATu – nejnověji např. předpokládaný způsob distribuce obrazových dat z MTG v režimu rapid scan.

V současnosti je patrně nejvíce pozornosti věnováno přípravám na nástup družic MTG, start první z nich (MTG-I1, po operativním zprovoznění budoucí Meteosat-12) je v současnosti plánován na konec roku 2021. Družice MTG nejenže přinesou další zkvalitnění poskytovaných obrazových dat díky přístroji Flexible Combined Imager (FCI – lepší geometrické rozlišení, nové spektrální kanály, a především zkrácený interval snímání), ale i zcela nové přístroje – přístroj Lightning Imager (LI, přístroj monitorující bleskovou aktivitu), Infrared Sounder (IRS, přístroj pro družicovou sondáž atmosféry z geostacionární dráhy) a Ultraviolet, Visible and Near-Infrared Sounder (UVN, označovaný též jako Sentinel-4 – přístroj zaměřený na aerosoly a chemismus atmosféry). Podrobněji se na družice MTG a jejich přístrojové vybavení zaměříme v některém z budoucích čísel Meteorologických zpráv.

Literatura:

- SETVÁK, M., HAMPL, P., HLAVATÝ, K., KYJOVSKÝ, Š., 1996. Systém příjmu, zpracování, distribuce a archivace dat z meteorologických družic v ČHMÚ. *Meteorologické zprávy*, roč. 49, č. 6, s. 174–181.
- SETVÁK, M., HLAVATÝ, K., LAŠTOVIČKA, J., 2002. Meteorologické družice na počátku 21. století a jejich využití v České republice. *Československý časopis pro fyziku*, roč. 52, s. 240–249.
- SETVÁK, M., 2004. MSG – Meteosat druhé generace. *Meteorologické zprávy*, roč. 57, č. 1, s. 15–20.

Martin Setvák

Meteorologické zprávy

Meteorological
bulletin

Odborný recenzovaný časopis se zaměřením na meteorologii, klimatologii, kvalitu ovzduší a hydrologii. Dvuměsíčník

Reviewed journal specialized in meteorology, climatology, air quality and hydrology. Bi-monthly

Vydavatel (redakce) – Publishers

Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17,
143 06 Praha 4-Komořany

Czech Hydrometeorological Institute, Na Šabatce 2050/17,
143 06 Praha 4-Komořany, Czech Republic

e-mail: mz@chmi.cz, casmz.chmi.cz

Vedoucí redaktor – Chief Editor

R. Tolasz, Český hydrometeorologický ústav, Ostrava, Česká republika

Redaktor – Assistant Editor

H. Stehlíková, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

Redakční rada – Editorial Board

J. Bednář, Univerzita Karlova, Praha, Česká republika

R. Brožková, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

R. Čekal, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

Z. Horký, Praha, Česká republika

F. Hudec, Univerzita obrany, Brno, Česká republika

I. Hůnová, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

P. Huszár, Univerzita Karlova, Praha, Česká republika

M. Kučerová, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha, Česká republika

K. Krška, Brno, Česká republika

M. Lapin, Univerzita Komenského, Bratislava, Slovenská republika

F. Neuwirth, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, Austria

L. Němec, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

V. Pastirčák, Bratislava, Slovenská republika

D. Řezáčová, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha, Česká republika

M. Setvák, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

J. Strachota, Praha, Česká republika

J. Sulan, Český hydrometeorologický ústav, Plzeň, Česká republika

F. Šopko, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

A. Vizina, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., Praha, Česká republika

H. Vondráčková, Praha, Česká republika

V. Voženilek, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, Česká republika

Abstracting and Indexing:

Meteorological and Geostrophical Abstracts

Sazba a tisk:

Ing. Jiří Šilar DTP

ISSN 0026-1173

Registrační číslo MK ČR E 5107

© Meteorologické zprávy, Český hydrometeorologický ústav

Česká bioklimatologická společnost, z. s. • Český hydrometeorologický ústav • Asociace pro vodu v krajině České republiky, z. s. • ENKI, o. p. s. • Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i. • Slovenská bioklimatologická společnost • Ústav šlechtění a množení zahradnických rostlin • Zahradnické fakulty Mendelovy univerzity v Brně • Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i. • Výzkumný ústav rostlinnej výroby • CREA Hydro&Energy, z. s.

Konference s mezinárodní účastí

Hospodaření s vodou v krajině

16.–17. 4. 2020 Třeboň

Kongresové a kulturní centrum Roháč

Extrémní projevy zařadily i rok 2019 k suchým, s extrémně teplým létem, velmi rozdílným výskytem srážek a výskytem sucha. Zájem celé společnosti o problematiku sucha a možného nedostatku vody významně narostl.

Pro racionální rozhodování o zásazích v naší krajině s cílem zvýšit množství vody jsou nutné nejen výsledky výzkumu, ale také jejich komplexní posouzení.

Tímto je stanoven obsah a cíl naší, již třetí konference.

Odborné okruhy:

- Změny podnebí a běh vody v krajině
- Vláhová bilance krajiny
- Vodní hospodářství
- Závlahy
- Odvodnění
- Sedimenty a šedé vody
- Vodní hospodářství Jihočeského kraje

<http://www.cbks.cz>