

Meteorologické zprávy

ROČNÍK
77–2024

4

- 109** Vykazovanie projekcií emisií skleníkových plynov 2020–2050
Gabriela Gaálová – Jitka Slámová
- 116** Hodnocení účinnosti obnovy kotlů v domácnostech na zlepšení kvality ovzduší v malých sídlech
Markéta Schreiberová – Leona Vlasáková – Hana Škáchová – Václav Novák
- 124** Vliv meteorologických faktorů na koncentrace vybraných látek znečišťujících ovzduší
Hana Škáchová

Meteorological
Bulletin

Český
hydrometeorologický
ústav



109 Projections of greenhouse gas emissions 2020–2050

Gabriela Gaálová – Jitka Slámová

116 Assessing the effectiveness of household boiler replacements on improving air quality in small settlements

Markéta Schreiberová – Leona Vlasáková – Hana Škáchová – Václav Novák

124 Influence of meteorological factors on concentrations of selected air pollutants

Hana Škáchová



Rozšiřuje – Free booking:

Český hydrometeorologický ústav, oddělení publikačních a informačních služeb
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, tel.: 244 032 721, 244 032 722

Czech Hydrometeorological Institute, Publications and Information Services Department
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Prague 4, Czech Republic, Phones: (+420) 244 032 721, (+420) 244 032 722

Vykazovanie projekcií emisií skleníkových plynov 2020–2050

Projections of greenhouse gas emissions 2020–2050

Gabriela Gaálová

Jitka Slámová

Český hydrometeorologický ústav
oddělení Národní inventarizační systém
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4
✉ gabriela.gaalova@chmi.cz
✉ jitka.slamova@chmi.cz

Greenhouse gas projections are the key tool for the Czech Republic's efforts to comply with international climate change targets. The GHG projections take into account various sectors, including energy, industrial processes and product use (IPPU), agriculture, land use, land-use change and forestry (LULUCF), and waste. Future GHG emissions are projected using the WEM (With Existing Measures) and WAM (With Additional Measures) scenarios. According to the findings, total emissions are expected to fall by 78.29 Mt CO₂-eq by 2050 under the WAM scenario, representing a 63% decrease compared to the last reported emissions in 2020 (124.34 Mt CO₂-eq). Under the WEM scenario, a decrease of 71.23 Mt CO₂-eq is expected, i.e. 57%. The Energy sector is a significant contributor to emissions, accounting for 67.1% of total emissions in 2020; however, policies encouraging the growth of nuclear power and the transition to renewables are expected to reduce emissions in this sector. Industry and Agriculture also account for a significant share of emissions, but emissions are likely to fall in the future, especially of fluorocarbons in the Industry sector.

KLÍČOVÉ SLOVÁ: emisie antropogénne – plyny skleníkové – projekcie – sektor

KEYWORDS: anthropogenic emissions – greenhouse gases – projections – sector

1. Úvod

Projekcie skleníkových plynov (GHG – greenhouse gas) sú predpovedané odhady budúcich emisií skleníkových plynov v krajine určované na základe mnohých potenciálnych zmien v činnostiach, ktoré emisie ovplyvňujú (Wartmann et al. 2021). Česká republika, tak ako všetky štáty Rámcového dohovoru Organizácie Spojených národov o zmene klímy (UNFCCC),

je povinná dodržiavať medzinárodné opatrenia na zmiernenie zmeny klímy spôsobenej antropogénnou činnosťou, v rámci ktorých musí pravidelne zverejňovať aj projekcie skleníkových plynov. Reportingom projekcií ČR naplnia aj svoje záväzky ako členský štát EÚ podľa článku 18 nariadenia č. 2018/1999. Za plnenie a odovzdanie tohto reportingu zodpovedá Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), ktorý ho každý druhý rok vykazuje Európskej komisii a sekretariátu Rámcovej úmluvy OSN o zmene klímy, a tie to následne využijú pri vytváraní dodatočných právnych predpisov a politických opatrení na zníženie emisií alebo zvýšenie prepadov (záchyto) skleníkových plynov. Projekcie emisií sa spravidla delia do niekoľkých kategórií, pre ktoré sú vhodné zvolené konkrétne výpočtové modely: Energetika, Priemyselné procesy a využitie produktov (IPPU), Poľnohospodárstvo, Lesníctvo a zmena využívania pôdy (LULUCF) a Odpady. Na ich určenie sa využívajú dva scenáre: scenár WEM (s existujúcimi opatreniami, z angl. With Existing Measures) a scenár WAM (s dodatočnými opatreniami, z angl. With Additional Measures). Oba tieto scenáre vychádzajú ako z údajov najnovšej ročnej inventarizácie emisií (prebieha každý rok), tak aj zo súčasných pravidiel a plánovaných predpisov. Zatiaľ čo WEM reflektuje súčasný stav opatrení, WAM zahŕňa nové, ambicióznejšie ciele a opatrenia, ktoré sú potrebné na dosiahnutie cieľov Fit for 55. Projekcie vždy začínajú posledným rokom zahrnutým v národnej správe o inventarizácii skleníkových plynov, musia zahŕňať minimálne 15 rokov po nasledujúcom roku deliteľnom piatimi a povinné je projektovať každý piaty rok. Momentálne sa kvôli snahe naplniť ciele EÚ projektujú emisie až do roku 2050 – podľa Parížskej dohody sa EÚ zaviazala do r. 2030 znížiť emisie GHG v porovnaní s r. 1990 o 55 % a dosiahnuť klimatickú neutralitu do r. 2050.

1.1 Právny rámec

Účastníci UNFCCC a Kjótskeho protokolu sú povinní predkladať dvojročnú správu (Biennial report), rozhodnutie 2/CP.17 (UNFCCC 2012), a Národné sdelení (National communication) každé štyri roky, rozhodnutie 9/CP.16 (UNFCCC 2011), s cieľom poskytnúť informácie o ich perspektívach, emisiách a iných faktoroch ovplyvňujúcich globálne otepľovanie. Musia taktiež poskytnúť ročnú inventúru všetkých antropogénnych emisií skleníkových plynov a ich záchyto, na ktoré sa nevzťahuje Montrealský protokol. Okrem toho bol na základe Parížskej dohody vytvorený Rámec pre rozšírenú transparentnosť (Enhanced Transparency Framework), vďaka ktorému je umožnené sledovať pokrok medzi zúčastnenými stranami (UNFCCC 2012). V záujme dosiahnutia dlhodobých cieľov sa od každého členského štátu vyžaduje aj zverejnenie jeho klimatických opatrení po roku 2020 každých päť rokov (UNFCCC 2016) a EÚ nedávno ratifikovala aj Európsku zelenú dohodu, ktorá je právne záväzná od roku 2021. S cieľom dosiahnuť klimatickú neutralitu do roku 2050 (EU 2021) stanovuje

Tab. 1 Reportované a predpokladané emisie skleníkových plynov (GHG) – WEM a WAM (vrátane LULUCF).

Table 1. Reported and projected emissions of GHG – WEM and WAM (including LULUCF).

[Mt CO ₂ ekv.]	Reportované emisie			Predpokladané emisie						Rozdiel [%]			
	1990	2005	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	1990–2025	1990–2030	1990–2040	1990–2050
WEM – AR4	188,02	139,75	125,56	97,10	82,77	69,73	64,76	60,56	52,56	-48,35	-55,98	-65,56	-72,04
WAM – AR4	188,02	139,75	125,56	96,01	80,98	57,39	51,24	48,44	45,54	-48,94	-56,93	-72,75	-75,78
WEM – AR5	190,19	140,68	124,34	97,92	83,52	70,41	65,38	61,15	53,11	-48,51	-56,09	-65,62	-72,08
WAM – AR5	190,19	140,68	124,34	96,83	81,71	58,06	51,82	48,97	46,05	-49,09	-57,04	-72,76	-75,79

Poznámka: uvádzané hodnoty včetně GWP z AR5 jsou převzaty z NIR 2023.

Note: reported values including GWPs from AR5 are taken from NIR 2023.

cieľ znížiť čisté emisie skleníkových plynov o minimálne 55 % do roku 2030 (implementované v balíku Fit for 55). Fit for 55 zahŕňa rôzne opatrenia a regulácie, ktoré majú priamy vplyv na spôsob, akým sa krajiny snažia dosiahnuť svoje ciele v oblasti znižovania emisií. Tento balíček zvyšuje ambície v oblasti znižovania emisií, čo sa prejavuje v rozdieloch medzi scenármi WEM a WAM. Obsahuje návrhy na revíziu systému obchodovania s emisnými povolenkami (EU ETS), zavedenie ETS2 pre budovy a dopravu, zvýšenie energetickej efektívnosti a podielu obnoviteľných zdrojov, čo sú všetko opatrenia, ktoré sú zahrnuté v scenári WAM (Fakta o klimatu 2024).

1.2 Politiky a opatrenia

Za politiku, vypracovanie národných stratégií a reportov v súvislosti so zmenou klímy a správou EU ETS (Systém EÚ na obchodovanie s emisnými kvótami) v ČR zodpovedá Ministerstvo životného prostredia v spolupráci s Ministerstvom průmyslu a obchodu, ktoré má na starosti národnú politiku v oblasti energetiky. V marci 2017 schválila vláda ČR tzv. Politiku ochrany klimatu (MŽP 2017), ktorá nahradila Národní program na zmírnění dopadů změny klimatu v ČR z roku 2004. Prvýkrát bol do takéhoto typu vládneho dokumentu zapracovaný aj dlhodobý výhľad na postupný prechod k redukcii emisií do roku 2050 stanovením záväzných a indikatívnych cieľov zníženia emisií pre jednotlivé oblasti, ktoré budú dosiahnuté nákladovo efektívnym spôsobom. Pre podporu opatrení na zníženie emisií sú využívané európske štrukturálne a investičné fondy a príjmy z aukcií generované systémom EU ETS (ČHMÚ 2023).

2. Predpokladané emisie skleníkových plynov podľa plynu a zdroja

V rámci projekcií musí byť reportovaný národný súčet podľa sektora a podľa plynu, so zmenou využívania pôdy a lesným hospodárstvom (LULUCF) (Wartmann et al. 2021). Používa sa štandardná metrika CO₂ ekv., ktorá je v súlade s Národnou správou o inventarizácii skleníkových plynov. Celkové emisie skleníkových plynov sú teda vypočítané ako súčet emisií CO₂, N₂O, CH₄, HFCs, PCFs, SF₆ a NF₃ vyjadrených v CO₂ ekv.¹

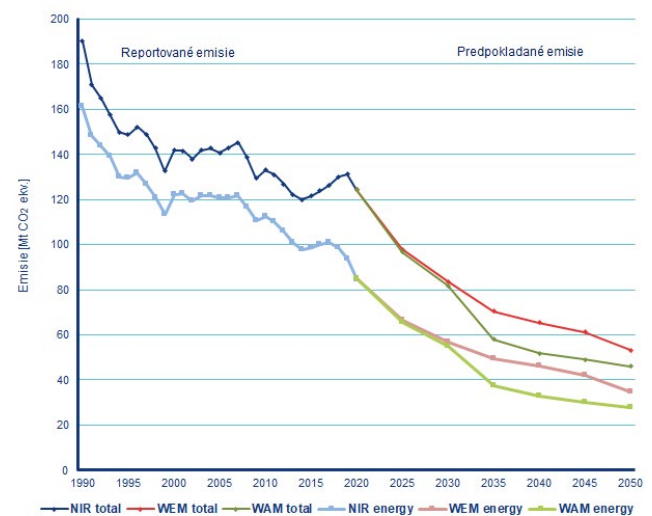
¹ Celkové emisie skleníkových plynov sa vykazujú v ekvivalente oxidu uhličitého (CO₂ ekv.). Na prepočet emisií plynu na CO₂ ekv. sa jeho emisie vynásobia potenciálom globálneho otepľovania (GWP). Potenciál chemikálie na globálne otepľovanie vyplýva z jej radiačného pôsobenia a dĺžky životnosti v atmosfére (McLinden et al. 2014).

V poslednom reporte projekcií emisií skleníkových plynov boli použité nové hodnoty GWP podľa nariadenia EÚ 2020/1044, schválené v rámci piatej hodnotiacej správy IPCC (AR5). Pri použití GWP z AR4 sú celkové predpokladané emisie skleníkových plynov v priemere 0,65 Mt CO₂ ekv. nižšie ako celkové hodnoty s GWP z AR5 (ČHMÚ 2023) – pozri tab. 1.

Tab. 1 a obr. 1 poskytujú prehľad výsledkov najnovších projekcií z roku 2023. V projekciách boli vykazované údaje o emisiách skleníkových plynov aktualizované na základe poslednej dostupnej inventarizácie skleníkových plynov (NIR) v roku 2022, ktorá zahŕňa emisie skleníkových plynov za rok 2020. Celkové emisie skleníkových plynov pre scenár WEM sa odhadujú na 83,52 Mt CO₂ ekv. v roku 2030, resp. na 53,11 Mt CO₂ ekv. v roku 2050, čo predstavuje 51%, resp. 72% pokles v porovnaní s emisiami v roku 1990. Scenár WAM predpokladá, že celkové emisie skleníkových plynov budú 81,71 Mt CO₂ ekv. v roku 2030, resp. 46,05 Mt CO₂ ekv. v roku 2050, čo predstavuje 57%, resp. 76% pokles v porovnaní s emisiami v roku 1990. (ČHMÚ 2023).

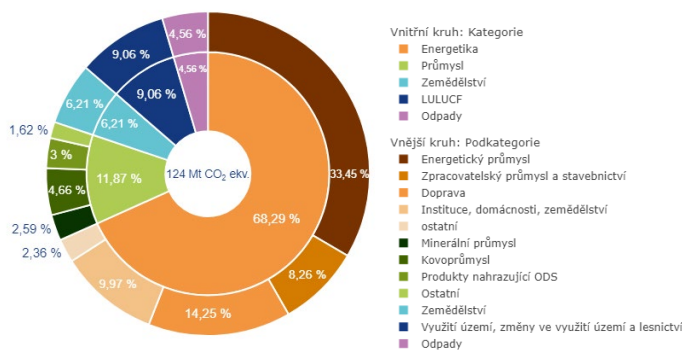
Rozdiel medzi scenármi WEM a WAM je spôsobený najmä vďaka dodatočným opatreniam v sektoroch energetiky a odpadov (viď kapitoly 2.1, 2.5).

Na obr. 2 a obr. 3 je viditeľná distribúcia celkových skleníkových plynov (súčet všetkých skleníkových plynov vyjadrených ako CO₂ ekv.) podľa sektorov za rok 2020 (počiatočný rok projekcií – obr. 2) a za rok 2050 (scenár WEM – obr. 3). Najväčší podiel na celkových emisiách skleníkových plynov mala



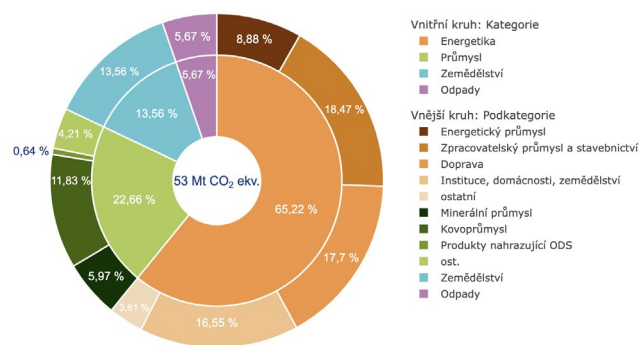
Obr. 1 Reportované a predpokladané emisie skleníkových plynov (GHG) – scenáre WEM a WAM (vrátane LULUCF).

Fig. 1. Reported and projected GHG emissions – WEM, WAM scenarios (including LULUCF).



Obr. 2 Percentuálne zastúpenie emisií z jednotlivých sektorov za rok 2020 (počiatočný rok projekcií).

Fig. 2. The breakdown of total greenhouse gases (the sum of all greenhouse gases) by sector in 2020 (basic year for projections). Note: ODS – ozone depleting substances.



Obr. 3 Percentuálne zastúpenie emisií z jednotlivých sektorov za rok 2050 podľa scenára WEM. Poznámka: Súčet percent kategórií činí viac ako 100 %, pretože súčasťou grafického spracovania nie je kategória LULUCF, ktorá predstavuje tzv. prepady emisií skleníkových plynov (pôsobí ako zachytávač emisií skleníkových plynov).

Fig. 3. The breakdown of total greenhouse gases (the sum of all greenhouse gases) by sector in 2050, WEM scenario. Note: The sum of the percentages of the categories is more than 100%, because the LULUCF category is not part of the graphic processing while representing the so-called greenhouse gas sinks (acting as an absorbent of greenhouse gas emissions).

v roku 2020 energetika (68%, z toho je 97% spaľovanie palív), ale v budúcnosti je očakávaný pokles spôsobený najmä poklesom emisií z verejnej výroby elektriny a tepla. V rámci sektora priemyslu (12% z celkových emisií v r. 2020) sa súčasná legislatíva zameriava najmä na znižovanie emisií F-plynov, najmä fluórovaných uhľovodíkov (HFCs), ktoré sa vo veľkej miere používajú v chladiacich a klimatizačných systémoch. V poľ-

nohospodárstve (6% v r. 2020) majú emisie tendenciu klesať vďaka používaniu syntetických hnojív, čo vedie k zníženiu emisií oxidu dusného z poľnohospodárskej pôdy. Sektor LULUCF bol do roku 2017 jediný sektor, ktorý pôsobil ako zachytávač skleníkových plynov, od roku 2018 pôsobí ako emitent – za rok 2020 zaberá 9% emisií v dôsledku súčasných výskytov skazonosného podkôrneho hmyzu a s tým spojeným odumieraním smrekov. Pravdepodobne to tak zostane až do roku 2030, potom by však mal opäť získať svoju úlohu zachytávača. V sektore odpadov (5% v r. 2020) sa do roku 2050 očakáva mierny pokles emisií skleníkových plynov, hlavne vďaka zvýšenému zachytu skládkového plynu metánu (ČHMÚ 2023).

2.1 Energetika

Ako už bolo uvedené skôr, sektor energetiky sa zo 68% podieľa na celkových emisiách skleníkových plynov. Zníženie emisií v tomto sektore je preto absolútne kľúčové.

Rozdelenie reportovaných a predpokladaných emisií jednotlivých plynov pre scenár WEM je uvedené v tab. 2. Na modelovanie prognóz emisií bol použitý model TIMES-CZ (všetky kategórie okrem dopravy) a model COPERT (doprava). V rámci scenára WEM sa očakáva zníženie emisií o 65% zo 163,2 kt CO₂ ekv. v roku 1990 na 54,7 kt CO₂ ekv. v roku 2030, resp. zníženie o 79% na 34,6 kt CO₂ ekv. v roku 2050 a v rámci scenára WAM pokles o 66%, resp. 83%. Hlavný rozdiel medzi scenármi WEM a WAM je vyššia cena uhlíkových kreditov v EU ETS, zavedenie ETS2 (pre budovy a dopravu) a rýchlosť vyradovania hnedého a čierneho uhlia (scenár WAM nepočíta s ich používaním po roku 2035). Vypočítaný rozdiel medzi scenármi WEM a WAM k roku 2050 je 6,73 Mt CO₂ ekv. (ČHMÚ 2023).

Štátna energetická politika je hlavným strategickým nástrojom pre energetiku ČR. V rokoch 2030 až 2040 predpokladá zrušenie väčšiny uhoľných elektrární a ich nahradenie jadrovými elektrárnami. V roku 2040 by sa na výrobu elektriny malo využívať zo 46–58% jadrové palivo a z 18–25% obnoviteľné a sekundárne zdroje. Systém EU ETS spolu so smernicou o priemyselných emisiách by mali prinútiť emisných znečisťovateľov nielen postupne vyradiť a zrekonštruovať niektoré menej účinné a zastarané zariadenia, ale aj prejsť na čistejšie palivá, ako sú napr. zemný plyn alebo biomasa. Zvažuje sa taktiež rozšírenie EU ETS na budovy a dopravu (ETS2) od roku 2026 (ČHMÚ 2023). V roku 2033 bude ukončená ťažba hnedého uhlia a uhlie už nebude viac využívané na výrobu elektriny a tepla a hlavnými náhradami čierneho uhlia a lignitu budú obnoviteľné zdroje energie a zemný plyn (ČHMÚ 2023). Scenár WAM potom predpokladá vyššie vstupy biomasy a odpadového paliva na výrobu tepla a elektrickej energie.

Dôležitým dokumentom ČR ako členského štátu je Vnitrostátny plán v oblasti energetiky a klimatu (NECP), v ktorom stanovené záväzky berú do úvahy úsporu energie a podiel obnoviteľných zdrojov na celkovom energetickom mixe.

Tab. 2 Rozdelenie reportovaných a predpokladaných emisií GHG podľa plynov – scenár WEM.

Table 2. Breakdown of reported and projected emissions of GHG by gases – WEM scenario.

[Mt CO ₂ ekv.]	Reportované emisie			Predpokladané emisie						Rozdiel [%]			
	1990	2005	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	1990–2025	1990–2030	1990–2040	1990–2050
CO ₂	147,11	113,03	80,69	62,79	53,30	45,98	43,03	39,27	32,44	-57,32	-63,77	-70,75	-77,95
CH ₄	13,28	7,18	3,27	3,10	2,76	2,81	2,48	2,26	1,78	-76,68	-79,22	-81,29	-86,58
N ₂ O	0,79	0,66	0,62	0,46	0,39	0,37	0,35	0,34	0,23	-42,36	-51,05	-56,07	-71,51
Total	161,18	120,87	84,58	66,34	56,44	49,16	45,86	41,87	34,45	-58,84	-64,98	-71,54	-78,63

Tab. 3 Rozdelenie reportovaných a predpokladaných emisií GHG podľa plynov v IPPU – scenár WEM.

Table 3. Breakdown of reported and projected emissions of GHG by gases in IPPU – WEM scenario.

[Mt CO ₂ ekv.]	Reportované emisie			Predpokladané emisie					Rozdiel [%]			
	1990	2005	2020	2025	2030	2035	2040	2050	1990–2025	1990–2030	1990–2040	1990–2050
CO ₂	15,65	12,39	10,72	11,42	11,41	11,31	11,26	11,16	-26,99	-27,06	-28,03	-28,70
CH ₄	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	29,97	31,60	31,53	31,54
N ₂ O	0,35	0,31	0,39	0,41	0,41	0,42	0,42	0,43	11,67	15,23	19,42	22,73
HFCs	NO	1,07	4,02	2,41	1,38	0,86	0,67	0,34	NA	NA	NA	NA
PFCs	NO	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NA	NA	NA	NA
SF ₆	0,08	0,11	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	-20,33	-40,05	-53,01	-61,38
NF ₃	NO	NO	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	NA	NA	NA	NA
Total	17,11	14,83	15,22	14,42	13,37	12,75	12,51	12,08	-15,71	-21,84	-26,87	-29,41

Poznámka: F-plyny HFCs, PFCs, NF₃ sa v ČR nepoužívali od roku 1990, ale až od r. 1995, ktorý je ich referenčným rokom, a preto v tabuľke nie je vypočítaný ich pokles (emisie sú vykazované ako nevyskytujúce sa, angl. not occurring) (ČHMÚ 2020; IPCC 2006).

Note: F-gases HFCs, PFCs, and NF₃ have not been used in the Czech Republic since 1990, but only since 1995, which is their reference year, and therefore their decrease is not included in the table (emissions are reported as not occurring) (CHMI 2020; IPCC 2006).

Z dopravy by do roku 2050 mali v porovnaní s rokom 2020 emisie výrazne klesnúť – vyplýva to aj zo zmeny palív v prospech tých s nižším obsahom uhlíka, z povinnej zvýšenej energetickej účinnosti nových osobných automobilov a z vyššieho podielu elektrických a hybridných vozidiel; efekt má tiež regulácia CO₂ osobných a dodávkových vozidiel a podpora biopalív. Hlavnou príčinou poklesu konečnej spotreby energie v domácnostiach je zatepľovanie a revitalizácia rodinných, panelových a iných kolektívnych bytov (ČHMÚ 2023).

2.2 Priemyselné procesy a používanie produktov

Sektor Priemyslu zahŕňa emisie z technologických procesov (nezahŕňa spaľovanie palív používaných na dodávku energie na ich vykonávanie).

V ČR pre tento sektor zatiaľ nie sú žiadne dodatočné opatrenia, preto je dostupný iba scenár WEM. V prípade emisií fluórových uhľovodíkov HFCs je pokles až 91% v roku 2050 v porovnaní s rokom 2020. Nie je pravdepodobné, že by sa v ČR rapídne znížila výrobná kapacita pre hlavné produkty, akými sú vápno, cement alebo čpavok, a preto je pokles emisií skleníkových plynov do roku 2050 len veľmi mierny, ovplyvnený najmä politickými opatreniami o zákaze F-plynov (MŽP 2022). Čo sa týka výroby železa, v spoločnosti Liberty Ostrava a. s. došlo k redukcii vysokých pecí, čím sa jeho výrobná kapacita výrazne zníži (bude zohľadnené v rámci nasledujúcich projekcií 2025). Podľa súčasných projekcií sa očakáva, že celkové emisie sa v roku 2050 znížia o 29% v porovnaní s rokom 2020, resp. o 21% v porovnaní s rokom 2020 (tab. 3). V prípade emisií fluórových uhľovodíkov HFCs je pokles až 91% v roku 2050 v porovnaní s rokom 2020.

Scenár WEM zahŕňa politiky a opatrenia o spotrebe F-plynov, konkrétne zohľadňuje nariadenie EÚ č. 517/2014 o fluórových skleníkových plynov (HFCs), smernicu 2006/40/ES o emisiách z klimatizačných systémov motorových vozidiel a Kigalský dodatok Montrealského protokolu o znížení používania HFCs (ČHMÚ 2023).

Ďalším z legislatívnych nástrojov pre tento sektor je Zákon č. 76/2002 Sb. o integrovanú prevenciu a o omezovaní znečistenia, ktorý transponuje legislatívu EÚ (smernica 2010/75/EU, o priemyselných emisiách IPPC). Nariadenie vyžaduje, aby priemyselné a poľnohospodárske činnosti s vysokým poten-

ciálom znečistenia mali povolenie, ktoré je im vydané len pri plnení určitých environmentálnych podmienok. Dôležitým nástrojom je koncept „BAT“ (z angl. Best Available Techniques), teda najlepšie dostupné techniky, ktoré predstavujú výrobné postupy najšetrnejšie k životnému prostrediu, ktoré sú použiteľné za štandardných technických a ekonomických podmienok a vedú k zvýšeniu energetickej efektívnosti výroby (ČHMÚ 2023).

2.3 Poľnohospodárstvo

V tomto sektore sa v súčasnosti neplánujú žiadne ďalšie opatrenia na zníženie emisií skleníkových plynov, preto boli vypočítané hodnoty iba pre scenár WEM. V porovnaní s emisiami v roku 1990 poklesli emisie z poľnohospodárstva o 49% z 15,51 Mt CO₂ na 7,84 Mt CO₂ do roku 2020, pričom ďalší predpokladaný pokles je ešte o 1% do r. 2030 a o 5% do r. 2050 na hodnotu 7,03 Mt CO₂. (ČHMÚ 2023). V poľnohospodárstve si teda predpokladané emisie zachovávajú mierne klesajúci trend, čo zobrazuje aj obr. 4.

Vychádzajúc z emisií vykázaných za obdobie 1990–2020 je síce predikovaný malý nárast populácie hospodárskych zvierat a nárast intenzity vápnenia, zároveň však dochádza k postupnému znižovaniu emisií aplikovaním menšieho množstva syntetických hnojív na poľnohospodársku pôdu (ČHMÚ 2023). Vzhľadom na relatívne malý podiel poľnohospodárstva (6,3%) na celkových emisiách skleníkových plynov v ČR však nie je vplyv týchto emisných zmien na vývoj celkových emisií až taký významný (MŽP 2022).

Väčšina politik, opatrení a cieľov vychádza zo Strategického plánu spoločnej zemědělskej politiky ČR na obdobie 2023–2027, na základe ktorého sa zvýši výmera tzv. precízneho poľnohospodárstva² o 500 tis. ha/rok a plochy ekologicky obhospodarovanej pôdy o 7%/rok. (ČHMÚ 2023).

² Precízne poľnohospodárstvo je komplexný systém agrotechnických opatrení, ktorý využíva informačné a navigačné technológie na špecifické zásahy do pestovania rastlín na základe ich aktuálnych potrieb a regionálnych podmienok. Týmto spôsobom sú dosiahnuté vysoké ekologické, energetické a ekonomické prínosy pri ochrane a dlhodobej udržateľnosti kultúrnej krajiny (Profi Press 2010).

2.4 Využívanie pôdy a lesníctvo (z angl. Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF)

V rámci emisnej inventarizácie je LULUCF špecifický sektor, pretože ako jediný dokáže priamo kompenzovať emisie CO₂ v dôsledku fotosyntetickej fixácie uhlíka v rastlinách a zväčšovaním jeho zásob v jednotlivých ekosystémoch.

V súčasnosti je vývoj lesov dominantne ovplyvňovaný disturbanciami (suchom spôsobený úbytok ihličnatých lesných porastov a napadnutie podkôrnym hmyzom), a preto je akákoľvek projekcia lesných zdrojov emisií veľmi neistá. S tým súvisiaci nárast sanitárnej ťažby v roku 2018 premenil lesnú pôdu a celý sektor LULUCF na významný zdroj skleníkových plynov (ČHMÚ 2020). Od roku 1990 je to prvýkrát počas celého vykazovaného obdobia. České lesné hospodárstvo preto v súčasnosti presadzuje krízový manažment namiesto konvenčne plánovanej činnosti riadenej lesnými hospodárskymi plánmi s trvaním 10 rokov (MŽP 2022). Výsledkom by mala byť rýchlejšia premena produktívnych, ale nestabilných ihličnatých porastov na odolnejšie, prevažne listnaté a zmiešané lesy. V roku 2050 sa predpokladá zníženie podielu smrekových porastov zo súčasných 45 % na menej ako 28 % a proporcionálne zvýšenie podielu listnatých drevín (ČHMÚ 2023).

Kvôli neistotám spojeným s riešením a vývojom tohto bezprecedentného narušenia lesného hospodárstva bol vyvinutý iba scenár WEM (obr. 5). Podľa tohto scenára budú v roku 2050 predpokladané celkové emisie zo sektora LULUCF -3,78 Mt CO₂. Množstvo emisií je do značnej miery určené zmenami zásob uhlíka v lesnej pôde a príspevkom z produktov z vyťaženého dreva. Projekcie po roku 2020 sú založené na pozorovaných trendoch a na postupnom znižovaní zmien využívania pôdy špecifických pre jednotlivé kategórie do roku 2050 (MŽP 2022). Z hľadiska bilancie emisií skleníkových plynov je najdôležitejšou kategóriou tohto sektora lesná pôda.

Lesníctvo je v Českej republike upravené zákonom č. 289/1995 Sb. o lesích, ktorý síce nie je zameraný konkrétne na uhlíkovú bilanciu, ale jeho ustanovenia nepriamo ovplyvňujú uhlíkový rozpočet, emisie a odstraňovanie skleníkových plynov. Štátna

lesnícka politika do roku 2035 zahŕňa opatrenia na zmiernenie vplyvu očakávaných globálnych klimatických zmien a extrémnych meteorologických podmienok, ktoré cieľia na vytváranie odolnejších lesných ekosystémov podporou diverzifikovaného lesného porastu. Viaceré z týchto opatrení sa priebežne realizujú podľa vyhlášky č. 298/2018 Sb. o zpracovaní oblastných plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů, ktorá napomohla napríklad zvýšiť minimálny podiel zveľaďovania a stabilizácie drevín (novo aj smrekovca a duglasky) v lesných porastoch, alebo zaviedla finančnú podporu pre pionierske druhy drevín urýchľujúce obnovu lesov. (ČHMÚ 2023).

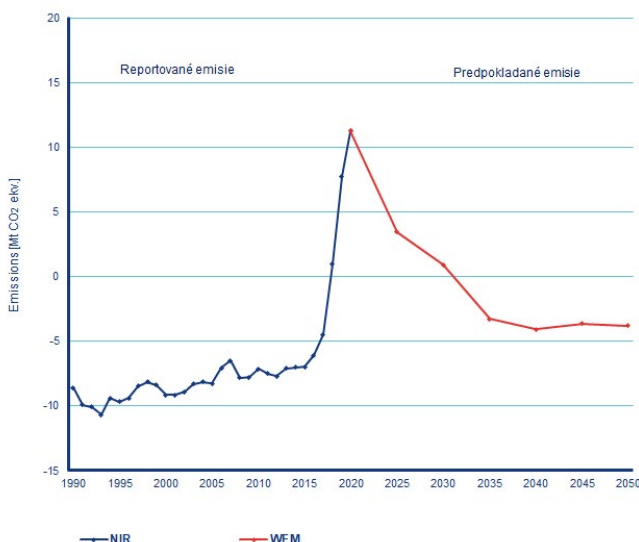
2.5 Odpady

Sektor odpadov zahŕňa emisie skleníkových plynov z antropogénnych činností spojených so všeobecným odpadovým hospodárstvom.

Rozdelenie reportovaných a predpokladaných emisií jednotlivých plynov pre scenár WEM je uvedené v tab. 4.

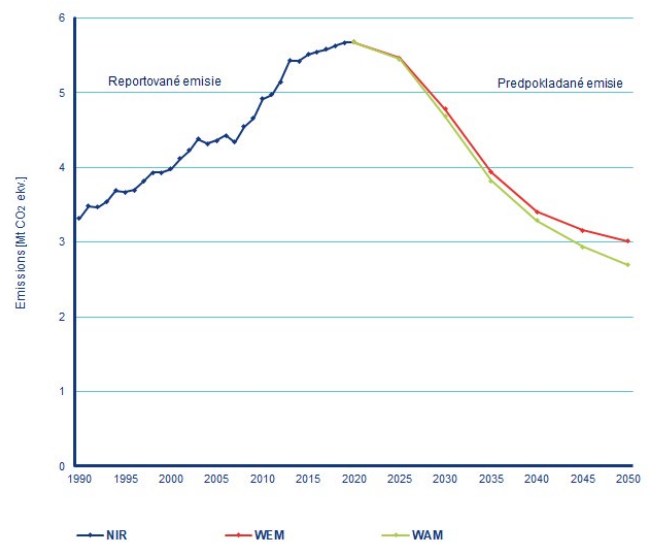
V ČR emisie z odpadu rastú v dôsledku organického uhlíka, ktorý sa hromadí na skládkach, zvyšujúceho sa množstva vyprodukovaného tuhého komunálneho odpadu a nepriaznivých možností jeho spracovania. V poslednom období sa tento trend začal meniť a pozorujeme miernu stagnáciu emisií zo skládok, ktoré sú kľúčovým zdrojom emisií skleníkových plynov z tohto sektora v ČR. Nižšia produkcia skleníkových plynov je spôsobená najmä zvýšeným zachytávaním skládkového plynu (angl. landfill gas, LFG) (ČHMÚ 2023). V odpadovom hospodárstve však stále v súčasnosti prevláda skládkovanie, postupne je však dopĺňované aj o ďalšie aktivity, ako sú napríklad recyklácia odpadu, separovaný zber odpadu, kompostovanie a energetické zhodnocovanie.

Ako scenár WEM, tak aj scenár WAM (obr. 6) predpokladá, že do roku 2050 budú emisie z odpadov klesať (v porovnaní s r. 2020). Podľa WEM by mali medzi rokmi 2020 a 2050 celkové emisie z odpadu klesnúť z 5,14 Mt CO₂ ekv. o 46% na 2,78 Mt CO₂ ekv. a podľa WAM o 51 % na 2,5 Mt CO₂ ekv. (ČHMÚ 2023). Pri porovnaní s referenčným rokom 1990 je pokles v roku 2050 pre scenár WEM len 8% a pre scenár WAM 17%.



Obr. 5 Reportované a predpokladané emisie skleníkových plynov v LULUCF – scenár WEM.

Fig. 5. Reported and projected GHG emissions in LULUCF – WEM scenario.



Obr. 6 Reportované a predpokladané emisie skleníkových plynov v Odpadoch – scenáre WEM a WAM.

Fig. 6. Reported and projected GHG emissions in Waste – WEM, WAM scenario.

Tab. 4 Rozdelenie reportovaných a predpokladaných emisií GHG podľa plynov v Odpadoch – scenár WEM.

Table 4. Breakdown of reported and projected emissions of GHG by gases in Waste – WEM scenario.

[Mt CO ₂ ekv.]	Reportované emisie			Predpokladané emisie							Rozdiel [%]			
	1990	2005	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	1990–2020	1990–2030	1990–2040	1990–2050
CO ₂	0,02	0,10	0,10	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	422,85	541,05	659,25	777,44
CH ₄	2,76	3,61	4,64	4,75	4,55	3,91	3,14	2,64	2,40	2,25	72,30	41,79	-4,19	-18,31
N ₂ O	0,23	0,24	0,25	0,28	0,29	0,30	0,32	0,33	0,34	0,35	17,85	29,23	39,61	50,28
Total	3,01	3,96	4,98	5,14	4,95	4,34	3,60	3,12	2,90	2,78	70,38	44,12	3,62	-7,70

Scenár WEM je založený na predpoklade, že produkcia komunálneho odpadu a skládkovanie mierne poklesne a namiesto toho sa navýši podiel kompostovania a energetického zhodnocovania (MŽP 2014), všetko v rámci 10% limitu skládkovania do roku 2035 stanoveného v balíku o obehovom hospodárstve (Circular Economy Package, CEP) (MŽP 2022). Rozdiel medzi scenármi WEM a WAM spočíva vo zvýšenej obnove LFG, tvoreného prevažne metánom CH₄, ktorá je v scenári WAM výraznejšia kvôli silnejšiemu tlaku trhu s obnoviteľnými zdrojmi (ČHMÚ 2023).

Snaha o zníženie emisií prebieha plnením záväzkov EÚ v rámci balíka o obehovom hospodárstve (COM/2015/0614) a iných vnútroštátnych opatrení národnej odpadovej politiky. Opatrenia na energetické využitie odpadu ovplyvnia aj priemyselný odpad, ktorý vzniká v iných odvetviach. V rámci CEP vstúpil v roku 2018 do platnosti revidovaný legislatívny rámec o odpadoch, ktorý zahŕňa spoločné ciele EÚ: recykláciu 65% komunálneho odpadu do roku 2035 a 70% odpadu z obalov do roku 2030; ďalej zníženie skládkovania na maximálne 10% komunálneho odpadu do roku 2035; posilnenie povinnosti triedeného zberu na nebezpečný odpad z domácností (do konca roku 2024), bioodpad (do konca roku 2023), textil (do konca roku 2024) atď. (ČHMÚ 2023).

Česká legislatíva je v tejto oblasti z veľkej časti založená na legislatíve EÚ, ktorá má priamy vplyv na emisie skleníkových plynov z odpadu. Zahŕňa smernicu o skládkach odpadov (1999/31/ES) a smernicu o odpadoch (2008/98/EÚ). Dôležitú rolu hrajú aj EU ETS a smernica o dani z energie, ktoré poskytujú priamu a nepriamu podporu pri zhodnocovaní LFG a výrazne tak ovplyvňujú emisie zo skládok (ČHMÚ 2023). Kľúčovým nástrojom je taktiež Plán odpadového hospodárství (POH) na roky 2015–2024, ktorý stanovuje ciele, politiky a opatrenia odpadového hospodárstva v ČR v súlade s princípmi trvalo udržateľného rozvoja (ČHMÚ 2023). Podľa tohto plánu niektoré kategórie odpadov (recyklovateľné a zhodnotiteľné odpady) od roku 2024 nebude možné ukladať na skládky a postupne sa bude zvyšovať poplatok za ich skládkovanie. Tým sa dosiahne menšie množstvo odpadu z príslušných kategórií ukladaných na skládky.

3. Záver

Energetický sektor je významným prispievateľom (68%) k celkovým emisiám skleníkových plynov, preto je tu zníženie emisií absolútne kľúčové. Hlavný rozdiel medzi scenármi WEM a WAM v tomto sektore spočíva vo vyššej cene uhlíkových kreditov, zavedení ETS2 pre budovy a dopravu a rýchlejšom vyradzovaní uhlia, pričom WAM scenár predpokladá jeho úplné vyradenie po roku 2035. Do roku 2050 by podľa týchto scenárov mohlo dôjsť k výraznému zníženiu emisií, a to aj vďaka

štátnej energetickej politike, ktorá plánuje nahradenie uhoľných elektrární jadrovými a obnoviteľnými zdrojmi.

Celkovo sa predpokladá, že emisie skleníkových plynov budú klesať pre scenáre WEM aj WAM. Rozdiel medzi scenárom WEM a WAM je spôsobený dodatočnými opatreniami v energetickom a odpadovom sektore. Celkové emisie skleníkových plynov pre scenár WEM sa odhadujú na 53,11 Mt CO₂ ekv. v roku 2050, čo predstavuje 72% pokles emisií v porovnaní s rokom 1990. Pre scenár WAM sa predpokladá, že celkové emisie skleníkových plynov v roku 2050 budú predstavovať 46,05 Mt CO₂ ekv., čo predstavuje 76% pokles emisií v porovnaní s rokom 1990. Podrobnejšie informácie možno nájsť v dokumente o projekciách skleníkových plynov (Integrated reporting on greenhouse gas policies and measures and on projections in the Czech Republic) (ČHMÚ 2023).

Podľa posledných reportovaných projekcií skleníkových plynov a klimatických opatrení Česká republika spĺňa cieľ balíčka Fit for 55, ktorým je zníženie týchto emisií do roku 2030 o 55% (oproti r. 1990). Pripravujú sa však ďalšie legislatívne iniciatívy, na základe ktorých by mali byť celkové emisie v budúcnosti ešte nižšie. Nasledujúce projekcie budú pravdepodobne ovplyvnené novými dostupnými technológiami (ako napr. zachytávanie a skladovanie CO₂ a elektrické pece).

Podakovanie:

Všetky dáta použité v článku vychádzajú z najnovšej aktuálnej správy o prognózach emisií skleníkových plynov od roku 2023 (ČHMÚ 2023). Na tvorbe dát sa podieľali L. Rečka (COŽP UK), E. Krtková (ČHMÚ) za sektor energetiky, J. Dufek (MOTRAN Research, s. r. o.) za sektor dopravy, E. Kočí a Z. Rošková (ČHMÚ) za sektor IPPU; J. Beranová (IFER) za sektor poľnohospodárstva; E. Cienciala, R. Mašková, J. Melichar (IFER) za sektor LULUCF; R. Saarikivi (ČHMÚ) za sektor odpadov.

Literatúra:

- ČHMÚ, 2020. National Greenhouse Gas Inventory Report of the Czech Republic [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 10. 11. 2023]. ISBN 978-80-7653-001-0. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/nis/NIR/CZE_NIR-2020-2018_UNFCCC_complete_ISBN.pdf.
- ČHMÚ, 2022. National Greenhouse Gas Inventory Report of the Czech Republic [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 10. 11. 2023]. ISBN 978-80-7653-035-5. Dostupné z WWW: <https://unfccc.int/documents/461895>.
- ČHMÚ, 2023. Integrated reporting on greenhouse gas policies and measures and on projections in the Czech Republic [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 10. 11. 2023]. ISBN 978-80-7653-055-3. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/nis/projections/Projections_GHG_2023_CZ_final_ISBN.pdf.

- EU, 2021. Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality [online]. EU [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/1119/oj>.
- FAKTA O KLIMATU, licencovaný pod CC BY 4.0, 2024. Co je Fit for 55 [online]. Fakta o klimatu [cit. 12. 7. 2024]. Dostupné z WWW: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/fit-for-55>.
- IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [online]. National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. a Tanabe, K. ISBN 4-88788-032-4 [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>.
- MCLINDEN, M. O., KAZAKOV, A. F., STEVEN BROWN, J., DOMANSKI, P. A., 2014. A thermodynamic analysis of refrigerants: Possibilities and tradeoffs for Low-GWP refrigerants [online]. *International Journal of Refrigeration*, Vol. 38, s. 80–92. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2013.09.032>.
- MPO, 2019. National Energy and Climate Plan of the Czech Republic [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-03/cs_final_necp_main_en_0.pdf.
- MZe, 2023. Precizní zemědělství [online]. Ministerstvo zemědělství [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: <https://eagri.cz/public/portal/mze/poradenstvi-a-vyzkum/precizni-zemedelstvi>.
- MŽP, 2014. Waste Management Plan of the Czech Republic for the period 2015–2024 [online]. Ministerstvo životního prostředí [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: https://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_aj.
- MŽP, 2017. Politika ochrany klimatu v České republice [online]. Ministerstvo životního prostředí [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: https://www.mzp.cz/cz/politika_ochrany_klimatu_2017.
- MŽP, 2022. Eighth National Communication of the Czech Republic under the United Nations Framework Convention on Climate Change including Supplementary Information pursuant to Article 7.2 of the Kyoto Protocol [online]. United Nations Framework Convention on Climate Change [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NC8_BR5_UNFCCC_CZE.pdf.
- PROFI PRESS, 2010. Precizní zemědělství a jeho přínosy [online]. Odborný a stavovský týdeník Zemědělec [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: <https://zemedelec.cz/precizni-zemedelstvi-a-jeho-prinosy/>.
- UNFCCC, 2011. Decision 9/CP.16: National communications from Parties included in Annex I to the Convention [online]. United Nations Framework Convention on Climate Change [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2010/cop16/eng/07a02.pdf>.
- UNFCCC, 2012. Decision 2/CP.17: Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention [online]. United Nations Framework Convention on Climate Change [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: <https://unfccc.int/resource/docs/2011/cop17/eng/09a01.pdf>.
- UNFCCC, 2016. Decision 1/CP.21: Adoption of the Paris Agreement [online]. United Nations Framework Convention on Climate Change [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2015/cop21/eng/10.pdf>.
- WARTMANN, S., SHELDON, D., WATTERSON, J., 2021. Projections of Greenhouse Gas Emissions and Removals: An Introductory Guide for Practitioners [online]. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Berlin [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: <https://unfccc.int/documents/358238>.

Lektoři (Reviewers):
Ing. Pavel Machálek, Ing. Barbora Votavová, Ph.D.

INFORMACE – RECENZE

Evropa spustila první služby digitálních dvojčat Země

Evropská unie zahájila historickou iniciativu Destination Earth (DestinE), která má potenciál zásadně změnit způsob, jakým chápeme a reagujeme na klimatické změny a extrémní meteorologické jevy. Dne 10. června 2024 byly spuštěny první dva digitální modely Země, zaměřené na sledování klimatu a prognózu nebezpečných přírodních událostí. Tento ambiciózní projekt oficiálně odstartovala výkonná místopředsedkyně Evropské komise pro digitalizaci, Margrethe Vestagerová, v superpočítačovém centru LUMI ve Finsku.

DestinE si klade za cíl vytvořit komplexní a vysoce přesný digitální model naší planety, který bude sloužit ke sledování přírodních jevů, lidských aktivit a jejich vlivu na životní prostředí. Tato revoluční technologie bude využívat data z pozemních měření i družicových snímků evropského programu Copernicus, přičemž superpočítače umožní pokročilé simulace a predikce, a to s dosud nevídanou přesností.

Projekt je výsledkem spolupráce tří klíčových institucí: Evropského střediska pro střednědobé předpovědi počasí (ECMWF), Evropské kosmické agentury (ESA) a Evropské organizace pro využívání meteorologických družic (EUMETSAT). Společně

s partnery z průmyslu a výzkumných institucí vytvářejí základní komponenty digitálních dvojčat Země, které zahrnují obrovský datový sklad (Data Lake), cloudovou platformu pro provoz modelů a samotné simulace digitálních dvojčat.

Česká republika hraje v projektu důležitou roli díky aktivitám Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ), který se podílí na zpřesnění globálních modelů pro extrémní projevy počasí. V nadcházející fázi bude ČHMÚ přispívat k vývoji numerických modelů ve vysokém rozlišení, přičemž tyto modely mohou zásadně přispět k lepšímu porozumění a prevenci katastrofických přírodních jevů, jakými jsou povodně, vlny horka nebo silné bouře.

Projekt DestinE představuje zásadní krok kupředu v oblasti klimatických věd a environmentální politiky. Schopnost simulovat a přesně předpovídat extrémní jevy počasí umožní lépe chránit lidské životy i majetek a zároveň podpoří přechod Evropy na ekologickou a digitální ekonomiku.

Více informací o Destination Earth naleznete na oficiálních stránkách projektu (<https://destination-earth.eu/>).

Hana Stehlíková

Hodnocení účinnosti obnovy kotlů v domácnostech na zlepšení kvality ovzduší v malých sídlech

Assessing the effectiveness of household boiler replacements on improving air quality in small settlements

Markéta Schreiberová, Leona Vlasáková,
Hana Škáchová, Václav Novák

Český hydrometeorologický ústav
Oddělení informačního systému kvality ovzduší
Na Šabatce 2050/17
143 06 Praha 4-Komořany
✉ marketa.schreiberova@chmi.cz

The issue of benzo[a]pyrene and suspended particulate matter (PM₁₀ and PM_{2,5}) air pollution is one of the main topics of environmental protection in the Czech Republic. Since 2015, measures have been taken to improve air quality by targeting the main sources of these pollutants, i.e. the renewal of older types of solid fuel boilers in households. Analysis of air pollution monitoring data in small settlements from 2016 to 2023 showed that although there was a temporary deterioration in air quality in some locations due to the energy crisis, there was a long-term decline in pollutant concentrations. The results of the study confirmed the importance of replacing older types of solid fuel boilers by more modern heat sources as a potentially effective measure for improving air quality in small settlements.

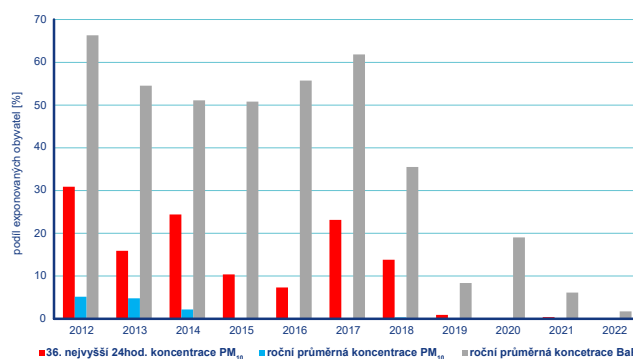
KLÍČOVÁ SLOVA: znečištění ovzduší – sídla malá – vytápění domácností lokální – opatření ke zlepšení kvality ovzduší – částice suspendované PM₁₀ – benzo[a]pyren

KEYWORDS: air pollution – small settlements – local domestic heating – measures for improving air quality – suspended particles PM₁₀ – benzo[a]pyrene

1. Úvod

Znečištění ovzduší benzo[a]pyrenem (BaP) a suspendovanými částicemi frakcí PM₁₀ i PM_{2,5} představuje v Evropě dlouhodobě jeden z hlavních environmentálních problémů. Nejvyšší koncentrace BaP se vyskytují hlavně ve střední a východní Evropě, přičemž nejvyšší hodnoty jsou opakovaně zaznamenány na stanicích v Polsku, v České republice a ve východní části Pádské nížiny v severní Itálii (Schreiberová et al. 2020; EEA 2020). BaP se v atmosféře vyskytuje především navázan na pevné částice PM. Dle české legislativy

(zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb.) je stanoven pro BaP pouze roční imisní limit (1 ng·m⁻³) pro ochranu lidského zdraví. Zatímco suspendované částice PM₁₀ mají jak krátkodobý imisní limit (50 µg·m⁻³) pro průměrnou 24hod. koncentraci (s povoleným počtem překročení 35krát v roce), tak i dlouhodobý imisní limit (40 µg·m⁻³) pro roční průměrnou koncentraci. Před deseti lety byla ještě velká část obyvatel ČR vystavována nadlimitním koncentracím výše zmíněných polutantů (obr. 1) (ČHMÚ 2013). V případě karcinogenního BaP byla koncentracím překračujícím imisní limit exponována více než polovina obyvatel ČR až do roku 2018. Nadlimitním koncentracím suspendovaných částic PM₁₀ bylo mezi roky 2012 až 2018 vystavováno od 7 do 31 % obyvatelstva. Hlavním zdrojem emisí těchto problematických škodlivin v ČR je lokální vytápění domácností. Proto bylo v roce 2015 přijato opatření s cílem zlepšit kvalitu ovzduší ve formě zákazu provozu kotlů na tuhá paliva emisní třídy 1 nebo 2 s platností od 1. září 2022 (zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb.). Tento termín však nakonec vláda vzhledem k nepříznivé ekonomické situaci posunula o dva roky, tj. k 1. září 2024. Na podporu výměny starších typů kotlů za modernější kotle, případně za tepelná čerpadla byly vypsány v období 2014–2023 tzv. kotlíkové dotace. Během tohoto období se uskutečnilo několik vln výzev, kdy se postupně zpříšňovaly požadavky na obnovu kotlů a zároveň se rozšiřovaly možnosti pořízení nových zdrojů tepla.



Obr. 1 Podíl obyvatelstva žijících v oblastech s nadlimitními koncentracemi PM₁₀ a BaP (%) v rámci České republiky, 2012–2022.

Fig. 1. Percentage of population living in areas with above-limit concentrations of PM₁₀ and BaP (%) in the Czech Republic, 2012–2022.

Změna hodnot poměru BaP/PM₁₀ ukazuje na změnu skladby vytápění. Nárůst poměru, tj. zvýšení zastoupení BaP v částicích, poukazuje na zhoršení kvality vytápění domácností (tedy vyšší míru spalování různých typů pevných paliv v různých typech zařízení). Naopak pokles tohoto poměru indikuje žádoucí zlepšení kvality vytápění domácností. S využitím vývoje poměru BaP/PM₁₀ během jednotlivých kampaní (poklesu nebo vzestupu) lze následně konstatovat, zda dochází ke zlepšení či zhoršení kvality vytápění domácností v dané lokalitě a posléze vyhodnotit vliv opatření pro zlepšení kvality ovzduší.

Úroveň znečištění ovzduší je však primárně dána množstvím, typem a intenzitou zdrojů znečišťování (např. lokálního vytápění na tuhá paliva) v okolí měření a vlivem meteorologických podmínek (teplota vzduchu, rychlost a směr větru, množství srážek atd.). Při posuzování změny kvality ovzduší je tedy potřeba hodnotit koncentrace znečišťujících látek a poměry BaP/PM₁₀ společně.

Pro vyhodnocení změny poměrů BaP/PM₁₀ mezi kampaněmi 2017/2018 (poměry BaP/PM₁₀ není možné vyhodnotit pro první kampaň 2016/2017 z důvodu absence souběžného měření BaP a PM₁₀ v jeden den v souladu s původní metodikou; Novák, Plachá 2023) a ostatními kampaněmi byla zvolena metoda ANOVA a post hoc analýza (Tukeyův test pro významné rozdíly). Pro účel statistického vyhodnocení byly poměry BaP/PM₁₀ z důvodu požadavku na normalitu dat transformovány (dekadický logaritmus).

Pro vyhodnocení změny koncentrací BaP a PM₁₀ mezi meteorologicky obdobnými kampaněmi 2016/2017 a 2022/2023 (viz 3.1) byl použit dvouvýběrový t-test s hladinou významnosti p-value < 0,05. Pro účel statistického vyhodnocení byly koncentrace suspendovaných částic PM₁₀ a BaP z důvodu požadavku na normalitu dat transformovány (dekadický logaritmus). Statistická analýza dat byla provedena pomocí softwaru R (R Core Team 2020).

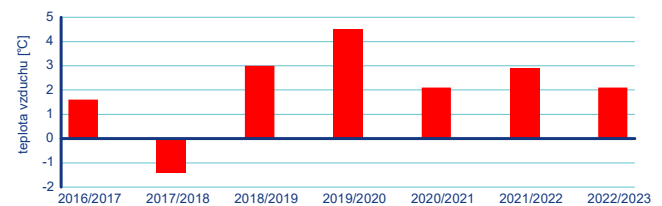
3. Výsledky a diskuze

3.1 Meteorologické podmínky během měřicích kampaní

Meteorologické podmínky mají významný vliv na úroveň znečištění ovzduší. Teplota vzduchu ovlivňuje intenzitu vytápění a s tím související množství uvolněných znečišťujících látek do ovzduší (emise). Srážky napomáhají s odstraňováním znečišťujících látek z ovzduší a v závislosti na jejich množství a intenzitě mohou významně snižovat koncentrace škodlivin v ovzduší. Rozptylové podmínky, které jsou určeny stabilitou atmosféry a rychlostí větru, mají zásadní vliv na setrvání znečišťujících látek v ovzduší (Škáchová 2021). Při vyhodnocování koncentrací znečišťujících látek je proto zásadní znát meteorologické podmínky během měřicích období. Naměřené meteorologické prvky na sledovaných lokalitách nebyly úplné, jelikož jejich sledování bylo zahájeno až v polovině projektu. Pro vyhodnocení naměřených koncentrací byla tedy použita charakteristika meteorologických podmínek na celorepublikové úrovni. To umožnilo získat ucelenou řadu a základní zhodnocení kampaní z pohledu meteorologických podmínek.

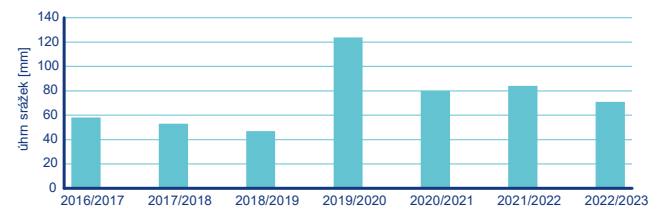
Nejteplejší kampaň v hodnoceném období byla kampaň 2019/2020, kdy průměrná denní teplota vzduchu na území ČR dosáhla hodnoty 4,5 °C. Naopak nejchladnější byla kampaň 2017/2018 s průměrnou denní teplotou vzduchu na území ČR

–1,4 °C (obr. 3). V průběhu kampaně 2018/2019 byl zaznamenán nejnižší průměrný úhrn srážek na území ČR (47 mm). Naopak nejdeštivější byla kampaň 2019/2020, kdy byl průměrný úhrn srážek na území ČR 124 mm (obr. 4). Nejlepší rozptylové podmínky panovaly během kampaně 2019/2020. Naopak horší rozptylové podmínky byly zaznamenány v průběhu kampaně 2020/2021 a během poslední kampaně 2022/2023 (obr. 5). Za předpokladu určitého zjednodušení lze říci, že poslední kampaň 2022/2023 byla z pohledu meteorologických a rozptylových podmínek srovnatelná s kampaněmi 2020/2021 a 2016/2017, přičemž v kampani 2020/2021 se vyskytovalo o něco více dnů s nepříznivými rozptylovými podmínkami. Kampaň 2016/2017 byla mírně chladnější (v důsledku chladnějšího listopadu 2016) než kampaň 2022/2023, na druhou stranu se během ní vyskytovalo méně dnů s mírně nepříznivými rozptylovými podmínkami.



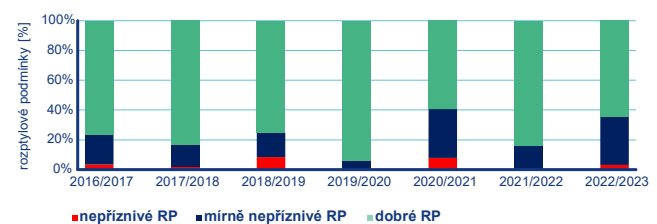
Obr. 3 Průměrná denní teplota vzduchu v ČR během jednotlivých měřicích kampaní.

Fig. 3. Average daily air temperature in the Czech Republic during individual measurement campaigns.



Obr. 4 Úhrn srážek v ČR během jednotlivých měřicích kampaní.

Fig. 4. Precipitation totals in the Czech Republic during individual measurement campaigns.



Obr. 5 Rozptylové podmínky v ČR během jednotlivých měřicích kampaní.

Fig. 5. Dispersion conditions in the Czech Republic during individual measurement campaigns.

3.2 Počty vyměněných kotlů ve sledovaných obcích

Od roku 2015 bylo z dotačních programů na hodnocených lokalitách vyměněno celkem 424 kotlů (tab. 2). Nejvíce výměn (71) proběhlo v letech 2018 a 2020, nejméně (2) v roce 2015. V posledním hodnoceném roce 2023 byl počet vyměněných kotlů druhý nejnižší.

Na jednotlivých lokalitách se počet výměn výrazně liší v souvislosti s počtem obyvatel obce, a tím i počtem potenciálně

Tab. 2 Počet vyměněných kotlů v rámci kotlíkových dotací v projektových lokalitách (k 1. 9. 2023).

Table 2. Number of boilers replaced under boiler subsidies in project localities (as of 1 September 2023).

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Celkem
Bochovice (kraj Vysočina)	0	3	2	1	1	0	1	0	1	9
Bolatice (Moravskoslezský kraj)	0	18	21	93	41	48	30	20	11	228
Černíný (Středočeský kraj)	0	3	2	3	1	1	5	5	5	25
Hřivice (Ústecký kraj)	1	6	7	4	6	5	2	5	1	37
Jablónné nad Orlicí (Pardubický kraj)	1	17	17	20	11	16	11	6	2	101
Košíky (Zlínský kraj)	0	0	2	0	0	0	0	0	1	3
Kuřimská Nová Ves (Jihomoravský kraj)	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2
Příšov (Plzeňský kraj)	0	4	1	3	1	1	7	1	1	19
Celkem	2	51	52	71	61	71	57	37	22	424

Zdroj dat: MŽP

ních kotlů k výměně. Nejvíce jich proběhlo v Bolaticích (228), přičemž maximum bylo dosaženo v letech 2018–2020. Druhý nejvyšší počet výměn proběhl v Jablónném nad Orlicí (101), kde bylo dosaženo maxima v letech 2016–2018. Naopak nejméně kotlů bylo vyměněno v Košíkách (3) a v Kuřimské Nové Vsi (2).

3.3 Vývoj znečišťujících látek pocházejících z lokálního vytápění domácností během kampaní 2016/2017 až 2022/2023

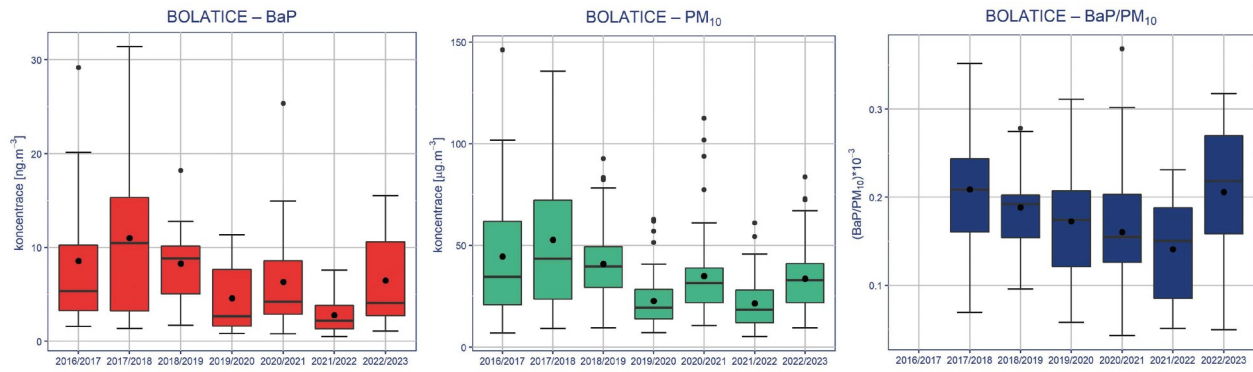
V souvislosti s hodnocením účinnosti opatření na zlepšení kvality ovzduší jsou hodnoceny koncentrace PM_{10} a BaP. Data z krátkodobých kampaní neumožňují hodnotit úroveň koncentrací vůči dlouhodobým ročním imisním limitům pro ochranu lidského zdraví, lze však alespoň v případě koncentrací PM_{10} vyhodnotit počet překročení hodnoty 24hod. imisního limitu. Na všech lokalitách docházelo v průběhu kampaní k překračování hodnoty 24hod. imisního limitu PM_{10} . Nejvíce překročení bylo zaznamenáno na lokalitě Bolatice (87×), nejméně na lokalitě Jablónné nad Orlicí (5×). Na pěti lokalitách byla překročena alespoň jednou hodnota 24hod. imisního limitu PM_{10} v poslední kampani. V rámci interního projektu ČHMÚ bylo v roce 2020 provedeno celoroční měření PM_{10} a BaP v Černíněch a Bolaticích, v roce 2021 v Jablónném nad Orlicí. V Bolaticích došlo k více než čtyřnásobnému překročení ročního imisního limitu u BaP (ČHMÚ 2021).

Na obr. 6–13 jsou uvedené boxploty naměřených hodnot koncentrací PM_{10} a BaP, včetně jejich vzájemného poměru BaP/ PM_{10} pro jednotlivé lokality. Grafy nemají stejné rozsahy hodnot na ose y a jejich účelem je především ukázat změny těchto charakteristik mezi jednotlivými kampaněmi. Výsledná data ukazují na značné rozdíly v úrovni znečišťujících látek mezi jednotlivými lokalitami. Nicméně mezi jednotlivými kampaněmi lze pro většinu lokalit pozorovat podobný vývoj koncentrací BaP i PM_{10} . Nejnížší koncentrace BaP i PM_{10} byly zaznamenány v kampaních s nejpříznivějšími meteorolo-

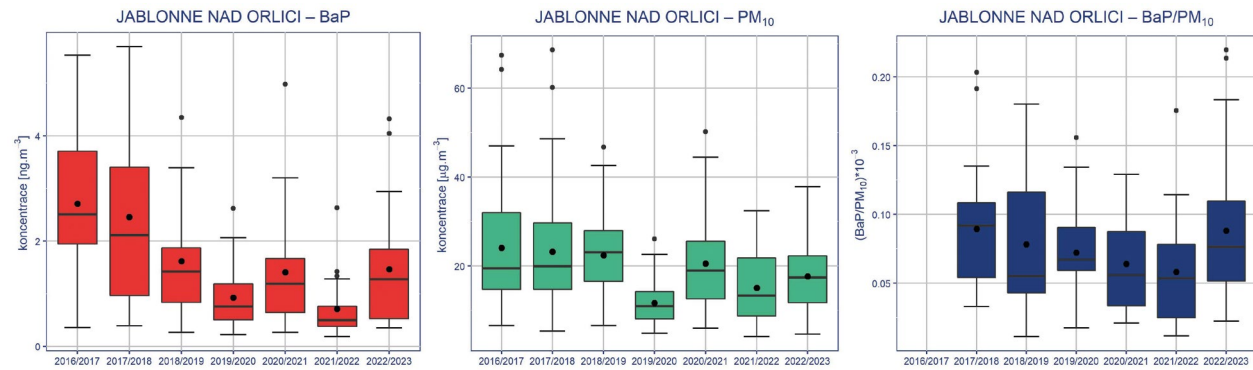
gickými a rozptylovými podmínkami v letech 2019/2020 a 2021/2022. Naopak nejvyšší koncentrace BaP byly zjištěny převážně (na čtyřech lokalitách) v kampani 2017/2018, kdy byly zaznamenány nejnižší průměrné teploty indikující vyšší potřebu vytápění, a tedy vyšší emise látek znečišťujících ovzduší. Dále byly nejvyšší hodnoty koncentrací BaP pozorovány na dvou lokalitách v první kampani 2016/2017 a ve třetí kampani 2018/2019. V případě koncentrací PM_{10} byly nejvyšší koncentrace naměřeny převážně v kampani 2016/2017 (na čtyřech lokalitách) a v kampani 2017/2018 (na třech lokalitách) a na jedné lokalitě ve třetí kampani 2018/2019.

Při porovnání koncentrací BaP v meteorologicky obdobné první a poslední kampani (tj. 2016/2017 a 2022/2023) je vidět, že koncentrace poklesly na všech lokalitách s výjimkou Bochovic. V Bochovicích, kde zůstala průměrná koncentrace BaP na podobné úrovni, byly po celou dobu sledování jedny z nejnižších hodnot koncentrací BaP, a proto zde byl i nižší potenciál na zlepšení. Pokles koncentrací BaP se pohyboval od 0,4 do 2,3 $ng \cdot m^{-3}$ (v procentech od cca 19 do 48 %). V případě koncentrací PM_{10} je z porovnání meteorologicky obdobné první a poslední kampaně (tj. 2016/2017 a 2022/2023) viditelný pokles na všech lokalitách, přičemž na dvou lokalitách byl pokles relativně nízký (do 1,2 $\mu g \cdot m^{-3}$). Naopak na třech lokalitách byl pokles výrazný (cca 10–14 $\mu g \cdot m^{-3}$).

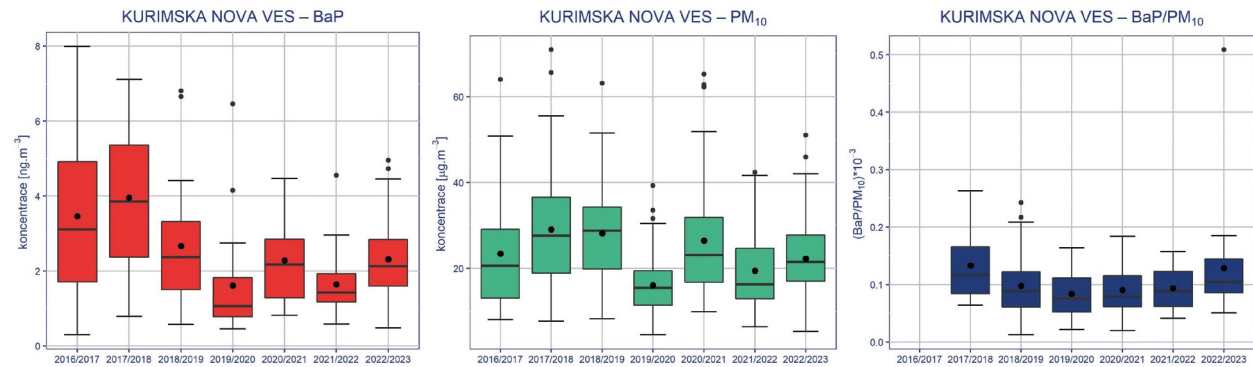
Z hodnocení vývoje hodnot poměrů BaP/ PM_{10} je vidět, že v kampani 2017/2018 byly hodnoty poměrů BaP/ PM_{10} nejvyšší na většině lokalit. Následný pokles hodnot poměrů a dosažení nejnižších hodnot je pozorován na třech lokalitách během kampaně 2019/2020, na dvou lokalitách během kampaně 2020/2021 a na třech lokalitách během předposlední kampaně 2021/2022. V poslední kampani 2022/2023 došlo na většině lokalit k nárůstu hodnot poměrů BaP/ PM_{10} a na polovině lokalit se hodnoty dokonce vrátily na nejvyšší úroveň z kampaně 2017/2018.



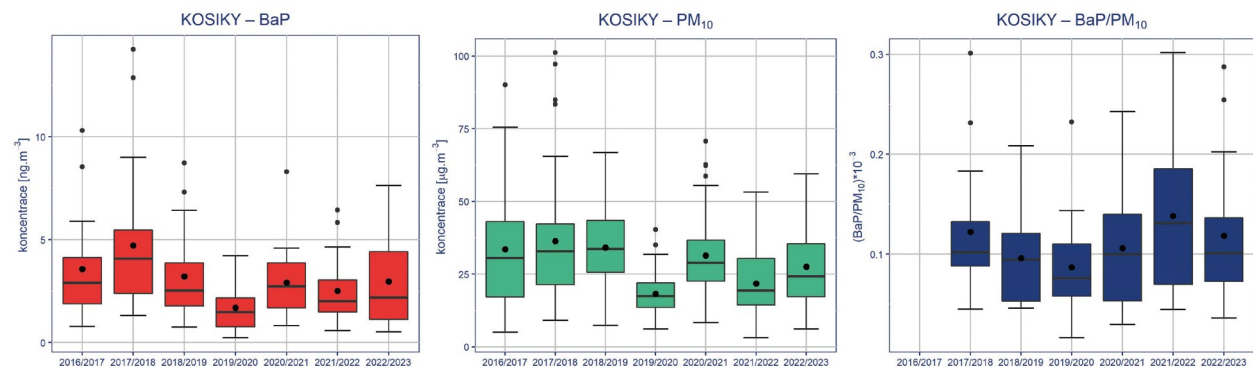
Obr. 6 Bolatice – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích etap 2016–2023.
 Fig. 6. Bolatice municipality – comparison of BaP, PM_{10} concentrations and BaP/PM_{10} ratios during individual measurement periods 2016–2023.



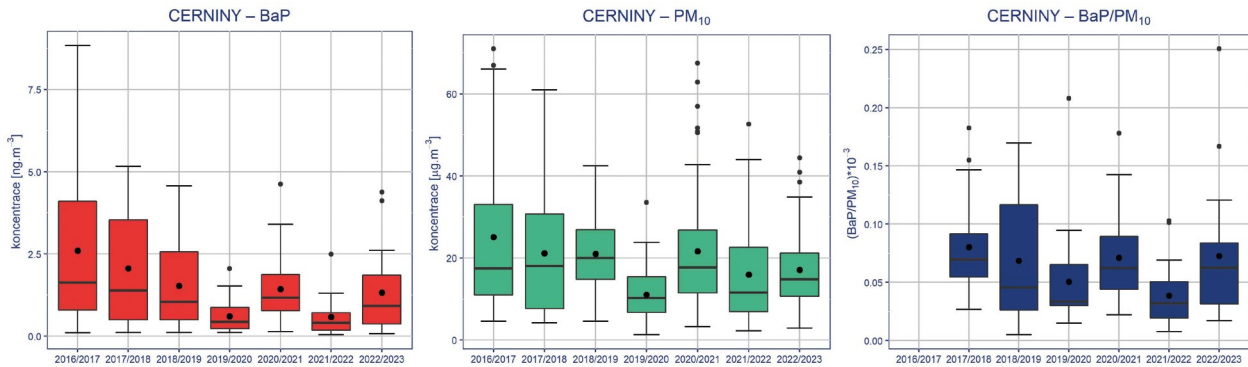
Obr. 7 Jablonné nad Orlicí – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích etap 2016–2023.
 Fig. 7. Jablonné nad Orlicí municipality – comparison of BaP, PM_{10} concentrations and BaP/PM_{10} ratios during individual measurement periods 2016–2023.



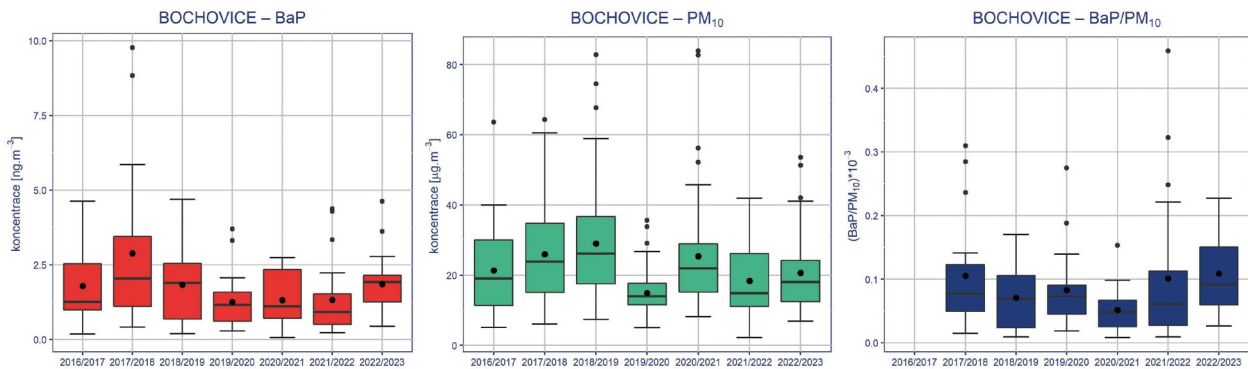
Obr. 8 Kuřimská Nová Ves – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích etap 2016–2023.
 Fig. 8. Kuřimská Nová Ves municipality – comparison of BaP, PM_{10} concentrations and BaP/PM_{10} ratios during individual measurement periods 2016–2023.



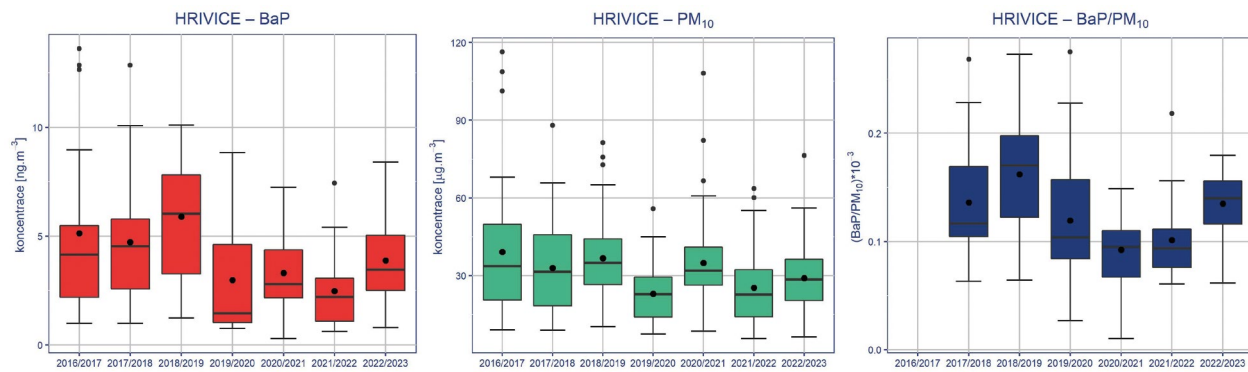
Obr. 9 Košíky – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích etap 2016–2023.
 Fig. 9. Košíky municipality – comparison of BaP, PM_{10} concentrations and BaP/PM_{10} ratios during individual measurement periods 2016–2023.



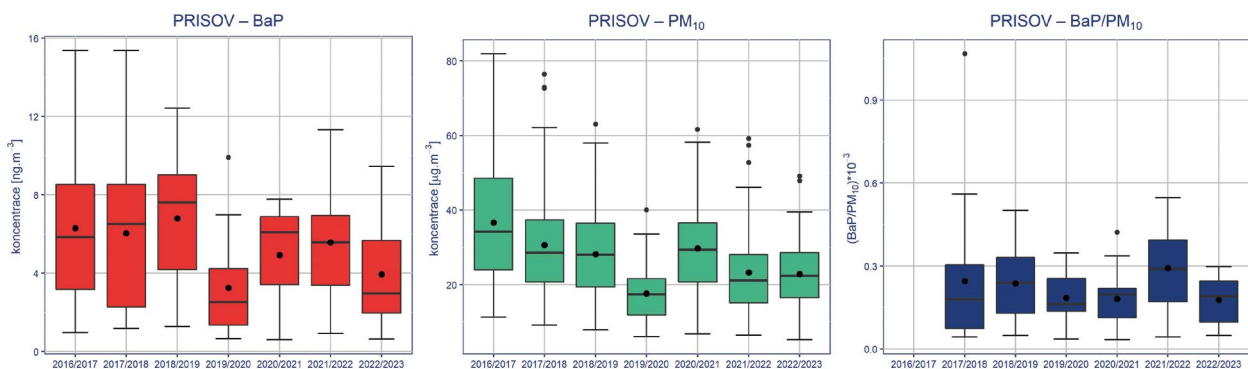
Obr. 10 Černíný – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích etap 2016–2023.
 Fig. 10. Černíný municipality – comparison of BaP, PM_{10} concentrations and BaP/PM_{10} ratios during individual measurement periods 2016–2023.



Obr. 11 Bochovice – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích etap 2016–2023.
 Fig. 11. Bochovice municipality – comparison of BaP, PM_{10} concentrations and BaP/PM_{10} ratios during individual measurement periods 2016–2023.



Obr. 12 Hřivice – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích etap 2016–2023.
 Fig. 12. Hřivice municipality – comparison of BaP, PM_{10} concentrations and BaP/PM_{10} ratios during individual measurement periods 2016–2023.



Obr. 13 Příšov – srovnání koncentrací BaP, PM_{10} a poměrů BaP/PM_{10} během jednotlivých měřicích etap 2016–2023.
 Fig. 13. Příšov municipality – comparison of BaP, PM_{10} concentrations and BaP/PM_{10} ratios during individual measurement periods 2016–2023.

Tab. 3 Výsledky statistické analýzy – změna koncentrací suspendovaných částic PM₁₀ a BaP mezi kampaněmi 2016/2017 a 2022/2023 srovnatelnými z hlediska meteorologických a rozptylových podmínek.

Table 3. Results of the statistical analysis – change in concentrations of suspended particles PM₁₀ and BaP between the comparable campaigns 2016/2017 and 2022/2023 in terms of meteorological and dispersion conditions.

Lokalita	Počet obyvatel (zdroj ČSÚ) ³	Převažující způsob vytápění (zdroj: ČSÚ) ⁴	log (koncentrace PM ₁₀)		Pokles	log (koncentrace BaP)		Pokles
			2016/2017	2022/2023		2016/2017	2022/2023	
Bolatice	4 464	zemní plyn	1,55	1,26	↓***	0,78	0,69	
Hřivice	625	tuhá paliva	1,51	1,34	↓**	0,59	0,52	
Jablonné nad Orlicí	3 193	zemní plyn	1,31	1,12	↓***	0,35	0,05	↓**
Příšov	281	tuhá paliva	1,51	1,31	↓***	0,71	0,49	↓*
Kuřimská Nová Ves	121	zemní plyn	1,31	1,24		0,41	0,31	
Černíny	375	tuhá paliva	1,28	1,08	↓**	0,19	-0,09	↓*
Košíky	403	zemní plyn	1,44	1,28	↓**	0,47	0,35	
Bochovice	151	tuhá paliva	1,25	1,20		0,13	0,21	

Poznámka: Statisticky významný pokles koncentrací PM₁₀ a BaP mezi kampaněmi 2016/2017 a 2022/2023 je označen ↓ a hladina významnosti * pro p-value < 0,05, ** pro p-value < 0,01 a *** pro p-value < 0,001.

Note: Statistically significant decreases in PM₁₀ and BaP concentrations between the 2016/2017 and 2022/2023 campaigns are indicated by ↓ and significance levels * for p-value < 0.05, ** for p-value < 0.01 and *** for p-value < 0.001.

3.4 Změna kvality ovzduší v souvislosti s realizovanými opatřeními na zlepšení kvality ovzduší

Z porovnání hodnot poměrů BaP/PM₁₀ mezi kampaněmi 2017/2018 (tedy první kampaní, kdy bylo možné poměry spočítat) a poslední kampaní neovlivněnou energetickou krizí, tj. 2021/2022, vyplývá, že ke statisticky významnému poklesu poměrů BaP/PM₁₀ došlo na třech lokalitách (Bolatice, Jablonné nad Orlicí a Černíny) z osmi. Na lokalitě Hřivice byl statisticky významný pokles poměrů BaP/PM₁₀ nalezen mezi kampaněmi 2017/2018 a kampaní 2020/2021. Významný pokles hodnot poměrů BaP/PM₁₀ ukazuje postupné zlepšování kvality vytápění domácností s nižší produkcí karcinogenního BaP během sledovaného období až do předposlední kampaně 2021/2022. Poté je, společně se zbývajícími lokalitami Příšov, Kuřimská Nová Ves, Košíky a Bochovice, pozorován nárůst hodnoty poměrů BaP/PM₁₀. V poslední kampani 2022/2023 došlo na většině lokalit k nárůstu hodnot poměrů BaP/PM₁₀ a na polovině lokalit se hodnoty dokonce vrátily na nejvyšší úroveň z kampaně 2017/2018 a došlo ke zhoršení kvality vytápění domácností ve spojitosti s energetickou krizí a návratu části domácností k levnějšímu méně ekologickému způsobu vytápění.

Vzhledem k podobnosti meteorologických podmínek v kampaních 2016/2017 (první kampaň) a 2022/2023 (poslední kampaň), viz kapitola 3.1, lze výraznější změny koncentrací mezi kampaněmi přisuzovat změně emisí znečišťujících látek z lokálního vytápění domácností. Výsledkem porovnání byl statisticky významný pokles koncentrací PM₁₀ na šesti lokalitách (Bolatice, Hřivice, Jablonné nad Orlicí, Příšov, Černíny a Košíky) a v případě koncentrací BaP na třech lokalitách (Jablónné nad Orlicí, Příšov a Černíny) (tab. 3). K významnému poklesu koncentrací došlo i přesto, že poslední hodnocená kampaň 2022/2023 byla negativně ovlivněna zhoršenou kvalitou vytápění některých domácností ve spojitosti s energetickou

krizí, jak vyplynulo z analýzy poměrů BaP/PM₁₀. Významný pokles koncentrací mezi meteorologicky obdobnými kampaněmi 2016/2017 a 2022/2023 poukázal na zlepšení kvality ovzduší v malých sídlech v souvislosti s obnovou starých kotlů. Díky této obměně navíc nedošlo k výraznému zhoršení kvality ovzduší v souvislosti s energetickou krizí.

Závěry z provedené analýzy obsahují určité nejistoty vyplývající z použité metodiky. Zejména se jedná o zjednodušené použití meteorologických podmínek na celorepublikové úrovni a hodnocení jejich podobnosti. Dále mohou být hodnoty BaP/PM₁₀ ovlivněny tvorbou sekundárních částic PM. Jistá omezení přináší i velmi omezená reprezentativnost měření v malých sídlech. Přesto však analýza potvrzuje pokles koncentrací znečišťujících látek v ovzduší v souvislosti s modernizačními zdroji tepla v domácnostech.

Pro přesnější kvantifikaci vlivu opatření (výměny kotlů) na snížení koncentrací znečišťujících látek z lokálního vytápění domácností by bylo zapotřebí získat více relevantních informací o způsobu vytápění a skladbě využívaného paliva v zájmovém území a údaj o počtu vyměněných kotlů mimo dotace. Jelikož šíření znečišťujících látek ve venkovním ovzduší nemá hranice a důležitou roli na stavu ovzduší hraje jejich dálkový transport, byly by zapotřebí i doplňující informace o skladbě a výměně kotlů pro rozsáhlejší území, než jsou sledované obce. Využití významných markerů (hopany a jejich poměry) pro identifikaci typu spalovaného paliva (Schauer et al. 1996) by poskytly další užitečné informace o dopadech obnovy starých kotlů. Ačkoli by analýza dalších znečišťujících látek (např. těžkých kovů) byla přínosná, nebyla zatím z časových důvodů provedena. Další možností by bylo využití identifikace zdrojů znečišťování ovzduší pomocí receptorového modelu PMF (Norris et al. 2014), což by však vyžadovalo značné finanční náklady.

³ Zdroj: ČSÚ, 2015. Databáze demografických údajů za obce ČR [online]. [cit. 22. 9. 2023]. Dostupné z WWW: <https://www.czso.cz/csu/czso/databaze-demograficky-udaju-za-obce-cr>.

⁴ Zdroj: ČSÚ, 2011: SLDB 2011. Obydlené byty podle způsobu vytápění v obci [online]. [cit. 22. 9. 2023]. Dostupné z WWW: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jspx?_af=vystup-objekt-parametry&pvo=OTOB119&sp=A&pvokc=&katalog=30814&z=T.

4. Závěr

Cílem vyhodnocení bylo zjistit, zda došlo ke změně resp. k žádoucímu poklesu koncentrací znečišťujících látek (PM_{10} a BaP) v souvislosti s realizací opatření pro zlepšení kvality ovzduší v malých sídlech (výměna starých typů kotlů za modernější zdroje tepla) v hodnoceném období 2016–2023. Analýzy naměřených koncentrací znečišťujících látek a poměru koncentrací BaP/ PM_{10} z osmi malých sídel ukázaly, že až do nástupu energetické krize se na většině lokalit od roku 2016 do roku 2021 prokazatelně zlepšila kvalita vytápění domácností. V poslední kampani 2022/2023 došlo na většině lokalit k nárůstu hodnot poměrů BaP/ PM_{10} , což poukázalo na zhoršení kvality vytápění domácností ve spojitosti s energetickou krizí a návratu části domácností ke spalování pevných paliv.

Přestože v souvislosti s energetickou krizí v poslední kampani došlo ke zhoršení kvality vytápění v některých domácnostech, z dlouhodobého hlediska došlo k prokazatelnému poklesu koncentrací znečišťujících látek PM_{10} a BaP na většině monitorovacích míst. Zlepšení situace v malých sídlech lze částečně přisoudit poklesu emisí PM_{10} a BaP v souvislosti s celkovou modernizací vytápění domácností (obnova kotlů a přechod řady domácností k alternativnímu, z pohledu kvality ovzduší vhodnějšímu způsobu vytápění), která se realizuje pomocí opatření ke zlepšení kvality ovzduší. Kromě toho ke zlepšení kvality ovzduší přispívají i meteorologické podmínky v zimních měsících posledních let, jako jsou vyšší průměrné teploty a lepší rozptylové podmínky. Současné úrovně koncentrací BaP i PM_{10} však zůstávají v některých oblastech stále vysoké, a dochází dokonce k překračování jejich imisních limitů. Se zákazem provozu starých kotlů od 1. září 2024 lze očekávat další zlepšování kvality ovzduší.

S ohledem na plánovanou revizi evropských směrnic o kvalitě vnějšího ovzduší a pravděpodobné zpřísnění imisních limitů ve spojitosti s nejnovějšími doporučeními Světové zdravotnické organizace je proto žádoucí pokračovat v opatřeních ke zlepšení kvality ovzduší. Tato opatření by měla být zaměřena nejen na snižování emisí znečišťujících látek, ale také na monitorování kvality ovzduší v malých sídlech. Pouze tak lze zajistit dlouhodobé zlepšení životního prostředí a ochranu lidského zdraví v těchto oblastech problematických z hlediska kvality ovzduší.

Poděkování a financování:

Monitoring kvality ovzduší v malých sídlech byl financován z projektu TAČR, TITSMZP704, číslo smlouvy 2018007 oblasti V3 Hodnocení účinnosti programů zlepšování kvality ovzduší v malých sídlech, z Monitoringu kvality ovzduší v rámci specifického cíle 2.1 Operačního programu Životního prostředí a interního projektu ČHMÚ. Podrobnější údaje lze najít v závěrečné výzkumné zprávě (Novák, Plachá 2023).

Literatura:

- ČHMÚ, 2013. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2012 [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 15. 1. 2024]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/12groc/gr12cz/Obsah_CZ.html.
- ČHMÚ, 2021. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2020 [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 15. 1. 2024]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/20groc/gr20cz/Obsah_CZ.html.
- ČHMÚ, 2022. Souhrnný tabelární přehled 2021 [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 15. 1. 2024]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2022_enh/index_CZ.html.
- EEA, 2020. Air Quality in Europe – 2020 Report [online]. European Environment Agency [cit. 15. 1. 2024]. EEA Report No. 10/2019, Copenhagen, Denmark. Dostupné z WWW: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>.
- GIANELLE, V., COLOMBI, C., CASERINI, S., OZGEN, S., GALANTE, S. et al., 2013. Benzo(a)pyrene air concentrations and emission inventory in Lombardy region, Italy. *Atmospheric Pollution Research*, Vol. 4, s. 257–266. Dostupné z: <https://doi.org/10.5094/APR.2013.028>.
- NOVÁK, V., PLACHÁ, H. (eds.), 2023. Monitoring kvality ovzduší v rámci specifického cíle 2.1 Operačního programu Životního prostředí [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 15. 1. 2024]. Závěrečná zpráva. Dostupné z WWW: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_TP_OPZP_OPST/\\$FILE/ofeu-monitoring_kvality_ovzduši-20240112.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_TP_OPZP_OPST/$FILE/ofeu-monitoring_kvality_ovzduši-20240112.pdf).
- NORRIS, G., DUVALL, R., BROWN, S., BAI, S., 2014. EPA Positive Matrix Factorization (PMF) 5.0 Fundamentals and User Guide. U. S. Environmental Protection Agency.
- R CORE TEAM, 2020. R: A language and environment for statistical computing [online]. [cit. 15. 1. 2024]. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Dostupné z WWW: <https://www.R-project.org/>.
- SCHREIBEROVÁ, M., VLASÁKOVÁ, L., VLČEK, O., ŠMEJDÍŘOVÁ, J., HORÁLEK, J., BIESER, J., 2020. Benzo[a]pyrene in the Ambient Air in the Czech Republic: Emission Sources, Current and Long-Term Monitoring Analysis and Human Exposure. *Atmosphere*, Vol. 11, s. 955. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/atmos11090955>.
- SCHAUER, J. J., ROGGE, W. F., HILDEMAN, L. M., MAZUREK, M. A., CAS, G. R., SIMONEIT, B. R. T., 1996. Source apportionment of airborne particulate matter using organic compounds as tracers. *Atmospheric Environment*, Vol. 30, s. 3837–55. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/1352-2310\(96\)00085-4](https://doi.org/10.1016/1352-2310(96)00085-4).
- ŠKÁCHOVÁ, H., 2021. Vliv meteorologických faktorů na koncentrace vybraných látek znečišťujících ovzduší. Diplomová práce. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Katedra životního prostředí.
- Zákon o ovzduší č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. In: Sbírka zákonů. 13. června 2012. ISSN 1211-1244.

Lektoři (Reviewers):

RNDr. Vladimíra Volná, Ph.D., RNDr. Bohumil Kotlík, Ph.D.

Vliv meteorologických faktorů na koncentrace vybraných látek znečišťujících ovzduší

Influence of meteorological factors on concentrations of selected air pollutants

Hana Škáchová

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

The article deals with the influence of air temperature, precipitation, wind speed and ventilation index on the concentrations of particulate matter PM₁₀ and PM_{2.5}, and nitrogen dioxide NO₂ by multivariate regression analysis in the period 2011–2020 with respect to the cold and warm seasons. The concentrations of PM₁₀, PM_{2.5}, and NO₂ show a close relationship with meteorological and dispersion conditions. The greatest influence on PM₁₀ and PM_{2.5} concentrations is the ventilation index, less so air temperature and wind speed. In both cold and warm seasons, concentrations decrease with increasing values of ventilation index and wind speed. The effect of air temperature varies with the season. In the cold season, concentrations decrease with increasing air temperature, while they increase during the warm season. NO₂ concentrations in both cold and warm seasons depend most on wind speed and ventilation index, less on air temperature, while concentrations decrease with the increasing values of both of the meteorological factors. Episodes with high PM₁₀ concentrations are more frequently observed during anticyclonic large-scale weather situations. Long-lasting episodes, in which Smog Warning and Regulation System alerts have been issued, correspond to situations where the centre of the anticyclone or its rear part is located over the Czech Republic and massive temperature inversions are formed.

KLÍČOVÁ SLOVA: kvalita ovzduší – podmínky rozptylové – index ventilační – částice suspendované – oxid dusičitý – situace synoptická

KEYWORDS: air quality – dispersion conditions – ventilation index – particulate matter – nitrogen dioxide – synoptic situation

1. Úvod

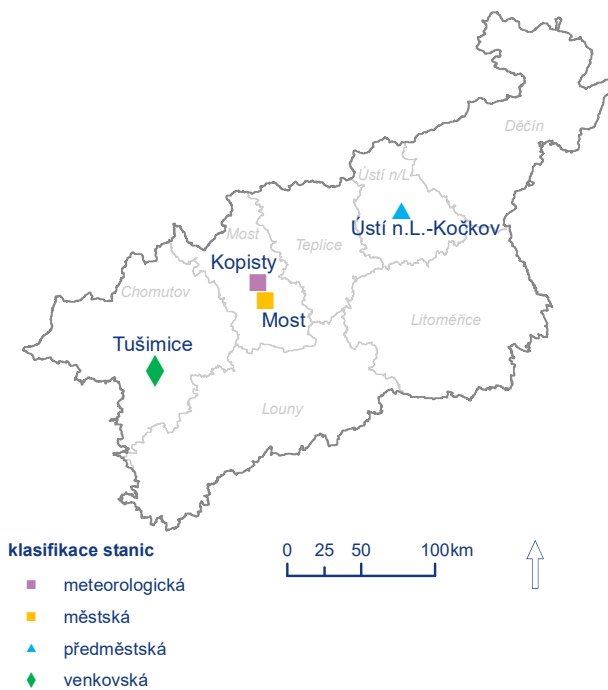
Znečištění venkovního prostředí představuje jeden ze závažných problémů současného světa. Mezi významné látky znečišťující venkovní ovzduší sledované v České republice patří suspendované částice frakce PM₁₀ a PM_{2.5}, benzo[*a*]pyren, oxid dusičitý NO₂, přízemní ozon O₃, oxid siřičitý SO₂, těžké kovy (arsen, kadmium, nikl, olovo) a benzen. Pro tyto látky jsou definovány imisní limity pro ochranu zdraví obyvatelstva. Pro lepší hodnocení stavu kvality ovzduší je nutné znát a pochopit vztahy mezi úrovní imisní zátěže a faktorů, které úroveň znečištění ovlivňují, ať již v pozitivním nebo negativním smyslu. Těchto faktorů je celá řada a patří mezi ně zejména množství emisí a meteorologické a rozptylové podmínky. Významný vliv má geografie místa, využití krajiny a také probíhají opatření pro zlepšení kvality ovzduší, jako je výměna kotlů, obnova vozového parku či opatření na velkých zdrojích (ČHMÚ 2023a; ČHMÚ 2023b).

Vztah kvality ovzduší a meteorologických faktorů lze hodnotit jako celek v průběhu celého roku (např. Pearce 2011), nebo v jednotlivých ročních obdobích, příp. sezónách (např. Blažek 2013; Cichowicz 2017; Kalbarczyk 2020; Trivedi 2014; Whiteman 2014). Rozdělení na chladnou (říjen–březen) a teplou (duben–září) sezonu lépe reflektuje rozdílný podíl emisních zdrojů v jednotlivých ročních obdobích. Období říjen–březen odpovídá topné sezoně, kdy je hladina znečištění venkovního ovzduší výrazně ovlivněna domácími topeništi. Období duben–září pak zahrnuje zemědělské práce, jako je orba či sklizeň a přejezdy obyvatel na víkendová obydla a na dovolenou. Kromě teploty vzduchu, srážek či rychlosti a směru větru, má na úroveň znečištění významný vliv i synoptická situace a stabilita zvrstvení atmosféry (Blažek 2013; Černý, Keder 2007; Whiteman 2014; Chemel 2016; Hassan 2020). Meteorologické faktory jsou vzájemně závislé a jejich působení je tedy nutné hodnotit celkově. Dosavadní studie proto využívají pro hodnocení vztahu mezi koncentracemi znečišťujících látek a meteorologických faktorů různé metody vícerozměrných analýz, jejichž základní typy jsou ordinační metody a shluková analýza. Nejčastěji se setkáváme s vícenásobnou lineární regresí (např. Juneng 2011; Kalisa 2018; Tai 2010), vícerozměrný regresní model (Laňa 2016; Pearce 2011), clusterovou analýzu (Kalbarczyk 2020) a umělou neuronovou síť kombinovanou s vlnkovou transformací (He 2017).

Článek vychází z diplomové práce (Škáchová 2021). Jsou v něm hodnoceny vzájemné vztahy meteorologických faktorů a vybraných znečišťujících látek v období 2011–2020 na lokalitách Ústí n.L.-Kočkov, Tušimice a Most, všechny v Ústeckém kraji.

2. Vstupní data

Pro účely této práce byly zvoleny tři lokality v Ústeckém kraji, kde se měří znečištění ovzduší a současně meteorologické veličiny, a to Ústí nad Labem, Tušimice a Most (obr. 1). První dvě lokality požadavek na souběh měření splňují, k lokalitě Most byla přiřazena meteorologická data z blízké meteorologické stanice Kopisty. Stanice Ústí n.L.-Kočkov (UULK) je klasifikována jako pozadová předměstská a nachází se v areálu pobočky ČHMÚ Ústí nad Labem v severní části města na západním svahu kopce Velký Brand. Stanice Tušimice (UTUS) je umístěna v areálu Observatoře Tušimice ČHMÚ v těsné blízkosti uhelných tepelných Elektráren Tušimice (ETU I a ETU II), nedaleko města Kadaň a vodní nádrže Nechanice, a je klasifikována jako pozadová venkovská stanice. Pozadová městská stanice Most (UMOM) se nachází v severní části města Most v blízkosti fotbalového stadionu. Všechny tři stanice mají oblastní reprezentativnost, tj. 4–50 km, jsou součástí Státní sítě imisního monitoringu (SSIM) a jsou využívány pro účely Smogového varovného a regulačního systému (SVRS).



Obr. 1 Zájmové lokality, Ústecký kraj.

Fig. 1. Locations of interest, Ústí nad Labem Region.

Základní soubor dat obsahuje průměrné hodinové koncentrace suspendovaných částic PM_{10} a $PM_{2,5}$ a oxidu dusičitého NO_2 , meteorologická data z přízemního pozorování (teplota vzduchu, rychlost větru a hodinové úhrny srážek měřené v dané hodině) a vypočítané hodnoty ventilačního indexu (VI). Ventilační index je definován jako součin výšky směšovací vrstvy a průměrné rychlosti větru uvnitř této vrstvy, přičemž platí, že čím vyšší hodnota VI, tím lepší rozptylové podmínky. Je nutno zdůraznit, že nízké hodnoty VI nemusí nutně indikovat vysoké koncentrace znečišťujících látek, neboť zde hraje roli i délka trvání dané situace, výchozí úroveň znečištění či rozložení zdrojů a jejich emisí do vrstvy pod inverzí (Ferguson 2001; Keder, Škáchová 2011; Škáchová 2019) v dané hodině za období 2011–2020. Všechny termíny pozorování a data jsou v SEČ.

3. Metodika

Současný vliv ventilačního indexu, rychlosti větru, teploty vzduchu a úhrnů srážek na jednotlivé látky znečišťující ovzduší byl analyzován metodou vícerozměrné vzestupné lineární krokové regrese. Při této metodě jsou na základě výchozí korelační matice postupně vybírány meteorologické faktory (prediktory). Počínaje nejvyšším parciálním korelačním koeficientem jsou jednotlivé prediktory postupně přidávány do regresní rovnice tak dlouho, dokud se přidáním dalšího prediktora významně zvyšuje věcná významnost charakterizovaná koeficientem determinace R^2 . Hodnotí se jednak míra a směr vlivu jednotlivých meteorologických parametrů, jednak celkový vliv komplexu meteorologických parametrů dle statistické významnosti (sig. (p)) a po věcné stránce pomocí koeficientů determinace R^2 , vyjadřujících míru rozptylu, který lze vysvětlit příslušnou regresí. Jedná se o explorační metodu, jejímž cílem je co nejlepší predikce, resp. vysvětlení hodnot analyzované proměnné pomocí co nejmenšího počtu prediktorů.

Pro výpočet regresních vztahů metodou lineární regrese se předpokládá lineární závislost predikované proměnné (zde koncentrací dané znečišťující látky) na zvolených nezávisle proměnných (prediktorech, zde meteorologické proměnné). V případě silné nelinearity se zpravidla provádí transformace buď závislé, nebo nezávislé proměnné. Ideální výsledek regrese je takový, aby residuum lineární regrese mělo normální rozložení (Kubánková 1987; Zvára 1989). Ventilační index má exponenciální rozložení a silný nelineární vztah ke koncentracím (Škáchová 2019), proto byla použita jeho logaritmická transformace. Ta má, ve srovnání s netransformovaným VI, vyšší hodnotu korelačního koeficientu a lépe tedy odpovídá požadavku linearity mezi závisle a nezávisle proměnnou. Logaritmická transformace byla použita ve tvaru dekadického logaritmu $\log(VI+1)$, dále označovaného jen jako $\log VI$. Matematická úprava $VI+1$ byla zvolena z důvodu nulových hodnot VI. Ty po logaritmické transformaci nabývají hodnot minus nekonečno a hodnoty VI mezi nulou a jedničkou jsou z matematického hlediska považovány za silně rozdílné, avšak z věcného hlediska rozptylových podmínek je rozdíl mezi nimi velmi malý.

Analyzováno bylo období 2011–2020, a to zvláště pro chladnou (říjen–březen) a teplou (duben–září) sezónu.

4. Výsledky

Pro základní orientaci v datech byly nejprve spočítány korelační matice závislosti mezi dvojicemi všech uvažovaných meteorologických i nemeteorologických proměnných. Z tab. 1–3 vyplývá, že korelace téměř mezi všemi dvojicemi posuzovaných veličin jsou statisticky významné na hladině 0,05. To je mj. dáno i velkým rozsahem analyzovaných souborů, kdy i malé (věcně nepříliš významné) korelace jsou statisticky významné. Statisticky nevýznamné jsou korelace mezi koncentracemi PM_{10} a $PM_{2,5}$ a teplotou vzduchu v teplé sezoně na lokalitě Ústí n.L.-Kočkov, mezi koncentracemi $PM_{2,5}$ a srážkami během teplé sezóny na všech třech lokalitách a mezi koncentracemi PM_{10} a srážkami během teplé sezóny na lokalitě Tušimice. Korelační koeficienty většiny meteorologických faktorů a znečišťujících látek jsou záporné, tj. s rostoucí hodnotou meteorologického faktoru klesá koncentrace znečišťující látky v ovzduší. Výjimkou jsou korelace koncentrací PM_{10} a $PM_{2,5}$ a teploty vzduchu na lokalitě Tušimice a korelace koncentrací PM_{10} a srážkami v teplé sezoně na lokalitě Most.

Korelace znečišťujících látek se srážkami jsou v teplé sezoně velmi malé, bez ohledu na statistickou významnost. V chladném období jsou korelace vyšší a indikují pokles znečištění s růstem srážkových úhrnů, což lze mj. přičíst odlišnému charakteru srážek v obou sezonách. V teplé sezoně jsou srážky spojeny spíše s tvorbou kupovitě, resp. bouřkové oblačnosti a obvykle mají kratší trvání a větší intenzitu. Naopak v chladné sezoně jsou srážky vázány primárně na frontální systémy a vrstevnatou oblačnost a obvykle mají delší trvání a menší intenzitu (Tolasz 2007). Během chladné sezony jsou vyšší i korelace s ostatními meteorologickými faktory. V případě VI je patrné, že logVI má vyšší korelační koeficient než VI a zvolená logaritmická transformace je tedy vhodnější pro použití v lineární regresi než VI.

Tab. 1 Korelační matice pro teplotu vzduchu, srážky, rychlost větru, logVI a VI vs. PM₁₀, PM_{2,5} a NO₂, Ústí n.L.-Kočkov, 2011–2020.

Table 1. Correlation matrix for air temperature, precipitation, wind speed, logVI and VI vs. PM₁₀, PM_{2,5} and NO₂, Ústí n.L.-Kočkov, 2011–2020.

	PM ₁₀		PM _{2,5}		NO ₂	
	chladná sezona	teplá sezona	chladná sezona	teplá sezona	chladná sezona	teplá sezona
teplota vzduchu	-0,228	0,000	-0,290	-0,009	-0,140	-0,126
srážky	-0,095	-0,019	-0,090	0,010	-0,028	-0,016
rychlost větru	-0,365	-0,238	-0,324	-0,208	-0,446	-0,330
logVI	-0,423	-0,273	-0,384	-0,250	-0,412	-0,309
VI	-0,296	-0,165	-0,286	-0,171	-0,268	-0,196

Tab. 2 Korelační matice pro teplotu vzduchu, srážky, rychlost větru, logVI a VI vs. PM₁₀, PM_{2,5} a NO₂, Tušimice, 2011–2020.

Table 2. Correlation matrix for air temperature, precipitation, wind speed, logVI and VI vs. PM₁₀, PM_{2,5} and NO₂, Tušimice, 2011–2020.

	PM ₁₀		PM _{2,5}		NO ₂	
	chladná sezona	teplá sezona	chladná sezona	teplá sezona	chladná sezona	teplá sezona
teplota vzduchu	-0,266	0,039	-0,212	0,091	-0,303	-0,212
srážky	-0,048	0,004	-0,028	0,005	-0,029	-0,018
rychlost větru	-0,396	-0,192	-0,321	-0,141	-0,464	-0,354
logVI	-0,426	-0,138	-0,391	-0,140	-0,472	-0,344
VI	-0,312	-0,097	-0,279	-0,100	-0,349	-0,231

Tab. 3 Korelační matice pro teplotu vzduchu, srážky, rychlost větru, logVI a VI vs. PM₁₀, PM_{2,5} a NO₂, Most, 2011–2020.

Table 3. Correlation matrix for air temperature, precipitation, wind speed, logVI and VI vs. PM₁₀, PM_{2,5} and NO₂, Most, 2011–2020.

	PM ₁₀		PM _{2,5}		NO ₂	
	chladná sezona	teplá sezona	chladná sezona	teplá sezona	chladná sezona	teplá sezona
teplota vzduchu	-0,345	-0,125	-0,344	-0,068	-0,328	-0,338
srážky	-0,079	0,013	-0,067	-0,009	-0,046	-0,031
rychlost větru	-0,416	-0,337	-0,378	-0,196	-0,522	-0,527
logVI	-0,519	-0,430	-0,470	-0,338	-0,464	-0,506
VI	-0,344	-0,253	-0,334	-0,212	-0,352	-0,316

Pozn.: Tučně jsou označeny korelace významné na hladině p < 0,05.
Note: Correlations significant at the p < 0.05 level are marked in bold.

4.1 Vícerozměrná vzestupná lineární kroková regrese

V tab. 4–9 jsou uvedeny výsledky regresi, přičemž všechny regrese jsou statisticky významné na hladině p<0,000. Znaménko regresních koeficientů (b) vyjadřuje směr vlivu jednotlivých meteorologických faktorů. Postupné koeficienty determinace (R²) dobře ukazují věcný význam dané kombinace prediktorů pro analyzovanou závislost. Tučným řezem písma jsou označeny kroky, kdy přidáním příslušné meteorologické proměnné se ještě zvýšil celkový koeficient determinace R², který vystihuje celkový vliv meteorologických faktorů na koncentraci znečišťujících látek (ten je uveden jako poslední tučně označený řádek posledního sloupce jednotlivých regresi) a vyjadřuje míru rozptylu, který se dá vysvětlit příslušnou regresi. Je třeba zdůraznit, že vzájemné meteorologické faktory jsou vzájemně korelovány a jejich působení je tedy nutné hodnotit celkově.

4.1.1 Koncentrace PM₁₀

V případě koncentrací PM₁₀ (tab. 4–5) se v chladném období na všech lokalitách nejvíce uplatňuje VI, ve výrazně menší míře pak teplota a rychlost větru. Vliv srážek je v rámci vícenásobných lineárních regresi prakticky zanedbatelný. Regresi lze vysvětlit cca 23–33 % rozptylu koncentrací PM₁₀ v chladné sezoně a 6–20 % v teplé sezoně. V chladné sezoně je závislost koncentrací PM₁₀ na všech uvažovaných meteorologických faktorech nepřímo úměrná. V teplé sezoně se na lokalitách Ústí n.L.-Kočkov a Most nejvíce uplatňuje vliv VI, zatímco na lokalitě Tušimice vliv rychlosti větru a na úroveň znečištění zde

Tab. 4 Souhrnné výsledky vícenásobných regresi PM₁₀ vs. teplota vzduchu, srážky, rychlost větru, logVI pro chladnou sezону na lokalitách Ústí n.L. Kočkov, Tušimice, Most.

Table 4. Summary results of multiple regressions PM₁₀ vs. air temperature, precipitation, wind speed, logVI for the cold season at the sites of Ústí n.L. Kočkov, Tušimice, Most.

	b	t	sig. (p)	Vícenás. (R)	Vícenás. (R ²)
Ústí nad Labem-Kočkov; chladná sezona; N=43590; F=3318; p<0,0000					
abs. člen	61,419	139,764	0,000		
logVI	-8,037	-54,662	0,000	0,423	0,179
teplota vzduchu	-0,720	-41,150	0,000	0,456	0,208
rychlost větru	-2,143	-36,790	0,000	0,481	0,232
srážky	-3,947	-10,151	0,000	0,483	0,233
Tušimice; chladná sezona; N=43225; F=3620; p<0,0000					
abs. člen	59,802	156,465	0,000		
logVI	-6,727	-51,006	0,000	0,431	0,186
rychlost větru	-2,546	-45,820	0,000	0,477	0,228
teplota vzduchu	-0,692	-35,738	0,000	0,500	0,250
srážky	-3,613	-7,313	0,000	0,501	0,251
Most; chladná sezona; N=43526; F=5429; p<0,0000					
abs. člen	75,400	198,459	0,000		
logVI	-10,315	-78,765	0,000	0,519	0,270
teplota vzduchu	-1,055	-49,147	0,000	0,560	0,314
rychlost větru	-2,868	-34,349	0,000	0,576	0,332
srážky	-3,974	-7,333	0,000	0,577	0,333

má tedy výrazně významný podíl horizontální přenos. Oproti chladné sezoně je závislost PM_{10} na teplotě přímo úměrná. Vysoké teploty jsou v létě charakteristické pro anticyklonální situace, které jsou často provázeny stabilním zvrstvením atmosféry, a je tedy omezeno vertikální promíchávání vzduchu. Vliv srážek na koncentrace PM_{10} je na všech třech lokalitách prakticky zanedbatelný, na lokalitách Ústí n.L.-Kočkov a Most je zanedbatelný i vliv teploty. Menší vliv srážek v létě lze vysvětlit i jejich charakterem, kdy větší úhrny spadnou obvykle za relativně krátkou dobu (přeháňky, bouřky) a často až pozdě odpoledne nebo večer. V případě vyšších koncentrací v ranních a dopoledních hodinách může zůstat celodenní průměr koncentrací vysoký i přes večerní srážky.

Tab. 5 Souhrnné výsledky vícenásobných regresí PM_{10} vs. teplota vzduchu, srážky, rychlost větru, logVI pro teplou sezonu na lokalitách Ústí n.L. Kočkov, Tušimice, Most.

Table 5. Summary results of multiple regressions PM_{10} vs. air temperature, precipitation, wind speed, logVI for the cold season at the sites of Ústí n.L. Kočkov, Tušimice, Most.

	b	t	sig. (p)	Vícenás. (R)	Vícenás. (R²)
Ústí nad Labem-Kočkov; teplá sezona; N=43131; F=1041; p<0,0000					
abs. člen	33,800	94,001	0,000		
logVI	-4,244	-38,635	0,000	0,276	0,076
rychlost větru	-1,001	-22,388	0,000	0,295	0,087
teplota vzduchu	0,064	5,804	0,000	0,297	0,088
srážky	-0,124	-1,212	0,226	0,297	0,088
Tušimice; teplá sezona; N=43447; F=711; p<0,0000					
abs. člen	26,670	71,478	0,000		
rychlost větru	-1,850	-37,722	0,000	0,219	0,048
teplota vzduchu	0,280	23,089	0,000	0,239	0,057
logVI	-1,644	-14,465	0,000	0,248	0,061
srážky	0,170	1,393	0,164	0,248	0,061
Most; teplá sezona; N=43325; F=2815; p<0,0000					
abs. člen	52,413	148,401	0,000		
logVI	-7,585	-69,949	0,000	0,429	0,184
rychlost větru	-2,389	-34,095	0,000	0,453	0,205
srážky	0,867	6,036	0,000	0,454	0,206
teplota vzduchu	0,064	4,831	0,000	0,454	0,206

Pozn.: Tučně jsou vyznačeny kroky regresí do momentu, kdy další přidání prediktoru již nezvyšuje celkovou determinaci regrese. N ... počet případů, F ... statistika celkové regrese, p ... statistická významnost celkové regrese
 b... parciální regresní koeficienty výsledné regrese, t ... t-statistiky regresních koeficientů, sig. (p) ... statistická významnost
 R ... vícenásobné regresní koeficienty, R² ... koeficienty determinace při daném počtu proměnných zahrnutých do jednotlivých postupných kroků regrese

Note: Regression steps are shown in bold until the next addition of a predictor no longer increases the overall regression determination. N ... number of cases, F ... overall regression statistic, p ... statistical significance of the overall regression
 b ... partial regression coefficients of the resulting regression, t ... t-statistics of the regression coefficients, sig. (p) ... statistical significance
 R ... multiple regression coefficients, R² ... coefficients of determination for a given number of variables included in each successive step of the regression

Tab. 6 Souhrnné výsledky vícenásobných regresí $PM_{2,5}$ vs. teplota vzduchu, srážky, rychlost větru, logVI pro chladnou sezonu na lokalitách Ústí n.L. Kočkov, Tušimice, Most.

Table 6. Summary results of multiple regressions $PM_{2,5}$ vs. air temperature, precipitation, wind speed, logVI for the cold season at the sites of Ústí n.L. Kočkov, Tušimice, Most.

	b	t	sig. (p)	Vícenás. (R)	Vícenás. (R²)
Ústí nad Labem-Kočkov; chladná sezona; N=43441; F=3050; p<0,0000					
abs. člen	45,870	125,719	0,000		
logVI	-5,686	-46,634	0,000	0,381	0,145
teplota vzduchu	-0,805	-55,549	0,000	0,446	0,199
rychlost větru	-1,548	-32,098	0,000	0,466	0,217
srážky	-3,233	-10,053	0,000	0,468	0,219
Tušimice; chladná sezona; N=25876; F=1422; p<0,0000					
abs. člen	49,312	94,389	0,000		
logVI	-7,119	-41,560	0,000	0,393	0,155
rychlost větru	-1,303	-20,844	0,000	0,414	0,171
teplota vzduchu	-0,394	-16,969	0,000	0,424	0,180
srážky	0,862	1,443	0,149	0,424	0,180
Most; chladná sezona; N=43503; F=4336; p<0,0000					
abs. člen	51,296	178,670	0,000		
logVI	-6,646	-67,139	0,000	0,469	0,220
rychlost větru	-0,833	-51,286	0,000	0,520	0,270
teplota vzduchu	-1,852	-29,330	0,000	0,533	0,285
srážky	-2,219	-5,411	0,000	0,534	0,285

Tab. 7 Souhrnné výsledky vícenásobných regresí $PM_{2,5}$ vs. teplota vzduchu, srážky, rychlost větru, logVI pro teplou sezonu na lokalitách Ústí n.L. Kočkov, Tušimice, Most.

Table 7. Summary results of multiple regressions $PM_{2,5}$ vs. air temperature, precipitation, wind speed, logVI for the cold season at the sites of Ústí n.L. Kočkov, Tušimice, Most.

	b	t	sig. (p)	Vícenás. (R)	Vícenás. (R²)
Ústí nad Labem-Kočkov; teplá sezona; N=43158; F=837; p<0,0000					
abs. člen	24,514	87,381	0,000		
logVI	-3,112	-36,309	0,000	0,253	0,064
rychlost větru	-0,634	-18,185	0,000	0,267	0,071
srážky	0,367	4,585	0,000	0,268	0,072
teplota vzduchu	0,033	3,905	0,000	0,268	0,072
Tušimice; teplá sezona; N=25988; F=293; p<0,0000					
abs. člen	21,663	47,962	0,000		
logVI	-2,553	-18,925	0,000	0,144	0,021
teplota vzduchu	0,238	19,699	0,000	0,189	0,036
rychlost větru	-0,723	-14,154	0,000	0,207	0,043
srážky	0,293	2,169	0,030	0,208	0,043
Most; teplá sezona; N=43076; F=1913; p<0,0000					
abs. člen	33,690	113,663	0,000		
logVI	-5,643	-62,054	0,000	0,339	0,115
teplota vzduchu	0,103	9,363	0,000	0,341	0,116
rychlost větru	-0,468	-7,987	0,000	0,343	0,118

Tab. 8 Souhrnné výsledky vícenásobných regresí NO₂ vs. teplota vzduchu, srážky, rychlost větru, logVI pro chladnou sezonu na lokalitách Ústí n.L. Kočkov, Tušimice, Most.

Table 8. Summary results of multiple regressions NO₂ vs. air temperature, precipitation, wind speed, logVI for the cold season at the sites of Ústí n.L. Kočkov, Tušimice, Most.

	b	t	sig. (p)	Vícenás. (R)	Vícenás. (R²)
Ústí nad Labem-Kočkov; chladná sezona; N=41583; F=3360; p<0,0000					
abs. člen	36,121	148,310	0,000		
rychlost větru	-1,956	-60,651	0,000	0,446	0,199
logVI	-3,444	-42,245	0,000	0,486	0,236
teplota vzduchu	-0,193	-19,926	0,000	0,494	0,244
srážky	1,309	6,046	0,000	0,494	0,244
Tušimice; chladná sezona; N=41480; F=5187; p<0,0000					
abs. člen	26,210	181,079	0,000		
rychlost větru	-1,224	-58,525	0,000	0,455	0,207
logVI	-2,237	-44,988	0,000	0,504	0,254
teplota vzduchu	-0,239	-32,747	0,000	0,522	0,273
Most; chladná sezona; N=41449; F=7380; p<0,0000					
abs. člen	41,606	207,112	0,000		
rychlost větru	-3,300	-75,330	0,000	0,522	0,273
logVI	-3,162	-45,873	0,000	0,565	0,319
teplota vzduchu	-0,488	-43,285	0,000	0,590	0,348

4.1.2 Koncentrace PM_{2,5}

Koncentrace PM_{2,5} (tab. 6–7) se chovají obdobně jako PM₁₀, závislosti na všech meteorologických faktorech jsou nepřímo úměrné. Regresí lze vysvětlit cca 18–28% rozptylu koncentrací PM_{2,5} v chladné sezoně a 4–12% v teplé sezoně. V chladném období jsou koncentrace na všech lokalitách nejvýznamněji ovlivňovány VI. Vliv srážek je ve všech případech prakticky zanedbatelný. Na lokalitě Ústí n.L.-Kočkov je významná i závislost na rychlosti větru, na lokalitě Tušimice pak na teplotě a rychlosti větru. V teplém období jsou na lokalitě Most téměř zanedbatelné závislosti na teplotě a rychlosti větru. Stejně jako v případě PM₁₀ je závislost PM_{2,5} na teplotě, oproti chladné sezoně, přímo úměrná.

4.1.3 Koncentrace NO₂

Koncentrace NO₂ (tab. 8–9) jsou v chladné i teplé sezoně na všech lokalitách nejvýznamněji závislé na rychlosti větru a VI, v menší míře pak na teplotě. Vliv srážek je ve všech případech prakticky zanedbatelný. Regresí lze vysvětlit cca 24–35% rozptylu koncentrací NO₂ v chladné sezoně a 14–39% v teplé sezoně. Všechny statisticky významné závislosti mají nepřímo úměrný charakter. Nejvyšší závislost je v chladné i teplé sezoně patrná na lokalitě Most. Vzhledem k tomu, že největší množství emisí NO₂ pochází ze silniční dopravy, lze usuzovat na vliv parkoviště v těsné blízkosti měřicí stanice a nedaleké vytížené městské komunikace a silnice I/13. V případě nízkých teplot mohou mít vliv na koncentrace i tzv. studené starty automobilů, které produkují více emisí než běžný provoz.

Tab. 9 Souhrnné výsledky vícenásobných regresí NO₂ vs. teplota vzduchu, srážky, rychlost větru, logVI pro teplou sezonu na lokalitách Ústí n.L. Kočkov, Tušimice, Most.

Table 9. Summary results of multiple regressions NO₂ vs. air temperature, precipitation, wind speed, logVI for the cold season at the sites of Ústí n.L. Kočkov, Tušimice, Most.

	b	t	sig. (p)	Vícenás. (R)	Vícenás. (R²)
Ústí nad Labem-Kočkov; teplá sezona; N=41217; F=2314; p<0,0000					
abs. člen	18,067	115,029	0,000		
rychlost větru	-0,857	-44,177	0,000	0,329	0,108
LogVI	-1,474	-30,682	0,000	0,365	0,133
teplota vzduchu	-0,109	-22,868	0,000	0,380	0,144
Tušimice; teplá sezona; N=41582; F=1877; p<0,0000					
abs. člen	17,483	138,018	0,000		
rychlost větru	-0,813	-49,181	0,000	0,330	0,109
logVI	-1,390	-36,005	0,000	0,380	0,144
teplota vzduchu	-0,084	-20,489	0,000	0,391	0,153
srážky	-0,065	-1,583	0,113	0,391	0,153
Most; teplá sezona; N=41309; F=6546; p<0,0000					
abs. člen	41,119	196,252	0,000		
rychlost větru	-3,259	-79,204	0,000	0,528	0,278
logVI	-3,954	-61,417	0,000	0,599	0,359
teplota vzduchu	-0,341	-44,018	0,000	0,623	0,388
srážky	-0,430	-5,171	0,000	0,623	0,388

Pozn.: Tučně jsou vyznačeny kroky regrese do momentu, kdy další přidání prediktoru již nezvyšuje celkovou determinaci regrese. N ... počet případů, F ... statistika celkové regrese, p ... statistická významnost celkové regrese
b... parciální regresní koeficienty výsledné regrese, t ... t-statistiky regresních koeficientů, sig. (p) ... statistická významnost
R ... vícenásobné regresní koeficienty, R² ... koeficienty determinace při daném počtu proměnných zahrnutých do jednotlivých postupných kroků regrese

Note: Regression steps are shown in bold until the next addition of a predictor no longer increases the overall regression determination. N ... number of cases, F ... overall regression statistic, p ... statistical significance of the overall regression

b ... partial regression coefficients of the resulting regression, t ... t-statistics of the regression coefficients, sig. (p) ... statistical significance

R ... multiple regression coefficients, R² ... coefficients of determination for a given number of variables included in each successive step of the regression

4.2 Epizody s vysokými koncentracemi PM₁₀

V období 2011–2020 se vyskytlo celkem 481 dní, kdy koncentrace PM₁₀ překročily hodnotu denního imisního limitu alespoň na jedné ze tří studovaných lokalit. Z těchto 481 dní bylo 279 dní s anticyklonální situací a 202 dní s cyklonální (tab. 10), přičemž pro hodnocení synoptické situace byl využit kalendář synoptických typů (ČHMÚ 2010). Nejčastěji se vyskytovala východní anticyklonální situace (Ea), a to v 76 dnech, dále jihozápadní cyklonální situace (SWc) v 53 dnech a jihovýchodní anticyklonální situace (SEa) v 50 dnech. Nejméně často byly vyšší koncentrace zaznamenány v průběhu severní cyklonální situace (Nc; 1 den) a severozápadní anticyklonální situace (NWa; 4 dny). Nejvíce dní s koncentracemi PM₁₀ nad hodnotou

Tab. 10 Počet výskytu cyklonálních a anticyklonálních situací během epizod s vysokými koncentracemi PM₁₀.

Table 10. Number of occurrences of cyclonic and anticyclonic large-scale weather situations during episodes with high PM₁₀ concentrations.

Anticyklonální situace			Cyklonální situace		
Ea	východní anticyklonální situace	76	SWc	jihozápadní cyklonální situace	53
SEa	jihovýchodní anticyklonální situace	50	Bp	brázda postupující přes střední Evropu	32
A	anticyklóna nad střední Evropou	44	B	brázda nízkého tlaku nad střední Evropou	21
Ap	putující anticyklóna	31	SEc	jihovýchodní cyklonální situace	18
Sa	jižní anticyklonální situace	30	Ec	východní cyklonální situace	16
SWa	jihozápadní anticyklonální situace	24	Cv	cyklóna výšková	15
NEa	severovýchodní anticyklonální situace	12	Wc	západní cyklonální situace	15
Wa	západní anticyklonální situace	8	Wcs	západní cyklonální situace s jižní dráhou	13
NWa	severozápadní anticyklonální situace	4	Vfz	vchod frontální zóny	11
			NWc	severozápadní cyklonální situace	7
			Nc	severní cyklonální situace	1
Celkem		279	Celkem		202

denního imisního limitu (92) bylo zaznamenáno v roce 2011, přičemž 64 z nich bylo označeno jako anticyklonální situace a 28 jako cyklonální. Naopak nejméně dní bylo zaznamenáno v roce 2020, a to v 6 dnech s jako anticyklonální a v 7 jako cyklonální situací.

V průběhu let 2011–2020 se vyskytlo několik dlouhotrvajících epizod, kdy průměrné denní koncentrace PM₁₀ překračovaly hodnotu denního imisního limitu a docházelo i k vyhlášení smogových situací či regulací. Výskyt těchto dlouhotrvajících epizod je typický pro anticyklonální situace, a to zejména povětrnostní typ anticyklóna nad střední Evropou (A), východní anticyklonální situace (Ea) a jihovýchodní anticyklonální situace (SEa). Tedy situace, kdy se střed anticyklony nachází nad ČR, nebo nad ČR zasahuje její týlová část a dochází k vytváření mohutných teplotních inverzí. K překročení hodnoty denního imisního limitu během cyklonální situace prakticky nedochází.

5. Diskuse

Z výsledků vyplývá, že hladina koncentrací PM₁₀, PM_{2,5} a NO₂ v ovzduší je nejvíce ovlivňována jak prouděním v horizontálním směru, tak vertikálním promícháváním. Závislost látek znečišťujících ovzduší na VI a rychlosti větru je nepřímo úměrná, tj. s rostoucí hodnotou VI a rychlosti větru koncentrace klesají. VI reprezentuje vertikální promíchávání a stabilitu atmosféry, zatímco rychlost větru je ukazatelem horizontálního přenosu znečištění. VI, coby součin tloušťky mezní vrstvy a průměrné rychlosti větru v mezní vrstvě, je však silně závislý i na rychlosti přízemního větru. Při stejné rychlosti přízemního větru budou v případě silné inverze počínající blízko u země hodnoty VI nízké a více se zde bude uplatňovat horizontální rychlost větru než vertikální promíchávání. Při dálkovém přenosu znečištění hraje významnou roli geografie a směr větru ve vztahu ke zdroji znečištění. Úroveň znečištění závisí na vzdálenosti od zdroje znečištění a na tom, zda se jedná o návětrnou či závětrnou stranu. Přírodní překážky mohou horizontální rozptyl výrazně omezit. V uzavřeném údolí s častým výskytem inverzí je vertikální i horizontální přenos znečišťujících látek omezen, jak dokládají např. Whiteman (2014) a Chemel (2016). V obou pracích je míra promíchávání zastoupena parametrem tepelné bilance. Na otevřeném prostoru pak záleží na charakteru, nejen přírodních, překážek, které mohou rozptyl výrazně omezit nebo naopak podpořit.

Závislost PM₁₀ a PM_{2,5} na teplotě se liší podle ročního období. V chladné sezoně koncentrace s klesající teplotou klesají, v průběhu teplé sezony naopak stoupají. Růst koncentrací PM₁₀ s rostoucí teplotou vzduchu odpovídá závěrům některých uvedených prací (Juneng 2011; Blažek 2013; Trivedi 2014). Vliv teploty je v chladné a teplé sezoně odlišný. Odráží zejména skutečnost, že při vyšších teplotách se méně topí a je tedy méně emisí z vytápění.

Vliv úhrnů srážek se v regresních analýzách jevil ve všech případech statisticky prakticky zanedbatelný. Závislost koncentrací na srážkách je však nelineární, velmi záleží na intenzitě a době trvání srážek. Ke stejnému závěru došel i Hassan (2020), který uvádí, že reakce koncentrací na srážkovou činnost nemusí být okamžitá.

Během uvažovaného období 2011–2020 překročily koncentrace PM₁₀ hodnotu denního imisního limitu alespoň na jedné ze tří studovaných lokalit ve 481 dnech. Z toho je 279 dní hodnoceno jako dny s anticyklonální synoptickou situací a 202 s cyklonální. V průběhu dlouhotrvajících epizod s vysokými koncentracemi PM₁₀, kdy docházelo i k vyhlášení smogových situací či regulací, převažovaly anticyklonální situace. Jedná se zejména o situace, kdy se střed anticyklony nachází nad ČR nebo nad ČR zasahuje její týlová část a dochází k vytváření mohutných teplotních inverzí. Tyto závěry jsou v souladu se závěry uvedenými v pracích Blažka (2013), Černého a Kedera (2007), kde jsou anticyklonální situace hodnoceny jako problematické, neboť vedou ke stabilizaci teplotního zvrstvení atmosféry a dochází ke vzniku teplotních inverzí. K dlouhotrvajícím inverzím mohou významně přispívat i geografické podmínky, které výrazně ovlivňují místní podmínky a lokální cirkulaci vzduchu. Přírodní překážky mohou horizontální rozptyl omezit nebo naopak podpořit.

6. Závěr

Koncentrace suspendovaných částic PM₁₀ a PM_{2,5} a oxidu dusičitého NO₂ vykazují úzkou vazbu na meteorologické a rozptylové podmínky. Regresí lze vysvětlit cca 23–33 % rozptylu v chladné a 6–20 % v teplé sezoně koncentrací PM₁₀. U koncentrací PM_{2,5} to činí cca 18–28 % v chladné a 4–12 % v teplé sezoně a u NO₂ pak cca 24–35 % rozptylu v chladné a 14–39 % v teplé sezoně.

Epizody vysokých koncentrací PM_{10} nastávají nejčastěji při anticyklonálních situacích, a to zejména situacích, kdy se střed anticyklony nachází nad ČR, nebo nad ČR zasahuje její týlová část a dochází k vytváření mohutných teplotních inverzí.

V rámci diplomové práce, ze které tento článek vychází, nebylo možno řešit zdaleka všechny aspekty problematiky vlivu meteorologických faktorů na úroveň znečištění venkovního ovzduší. Řadě speciálních úloh, např. detailnímu studiu ventilačního indexu, vlivu intenzity a doby trvání srážek na kvalitu ovzduší, je nutno věnovat pozornost v budoucnu.

Literatura:

- BLAŽEK, Z., ČERNIKOVSKÝ L., KRAJNY, E., KREJČÍ, B., OŠRÓDKA, L., VOLNÁ, V., WOJTYLAK, M., 2013. Vliv meteorologických podmínek na kvalitu ovzduší v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy: Wpływ warunków meteorologicznych na jakość powietrza w obszarze przygranicznym Śląska i Moraw. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-87577-15-8. Dostupné také z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/OCO/pdf_ooco/publikace.pdf.
- CICHOWICZ, R., WIELGOSIŃSKI, G., FETTER, W., 2017. Dispersion of atmospheric air pollution in summer and winter season. *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. **189**, Issue 12. ISSN 0167-6369. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6319-2>.
- ČERNÝ, E., KEDER, J., 2007. Rozbor epizod vysokého znečištění ovzduší na počátku roku 2006 ve vztahu k meteorologickým podmínkám. *Meteorologické zprávy*, roč. **60**, č. 1, 7–12. ISSN 0026-1173.
- ČHMÚ, 2010. Typizace povětrnostních situací pro území České republiky [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 2024-04-23]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetrnostnich-situaci>.
- ČHMÚ, 2023a. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2022 [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 2024-08-07]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/19groc/gr19cz/Obsah_CZ.html.
- ČHMÚ, 2023b. Systém sběru, zpracování a hodnocení dat [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 2024-08-07]. Dostupné z WWW: <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/nakladatelstvi/assets/system-sberu-2022.pdf>.
- FERGUSON, S., 2001. Smoke dispersion prediction systems [online]. National Wildfire Coordination Group [cit. 2021-08-04]. In: HARDY, C., OTTMAR, R., PETERSON, J., CORE, J., SEAMON, P., 2001. *Smoke Management Guide for Pre646 scribed and Wildland Fire: 2001 Edition*, s. 163–178.
- HASSAN, Hanashriah, Mohd LATIF, Liew JUNENG, Norhaniza AMIL, Md KHAN, Diong YIK a Nur ABDULLAH, 2020. Interaction of PM_{10} concentrations with local and synoptic meteorological conditions at different temporal scales. *Atmospheric Research*, Vol. **241**. ISSN 0169-8095. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104975>.
- HE, J., GONG, S., YU, Y., 2017. Air pollution characteristics and their relation to meteorological conditions during 2014–2015 in major Chinese cities. *Environmental Pollution*, Vol. **223**, Issue 223, s. 484–496. ISSN 0269-7491. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.050>.
- CHEMEL, CH., ARDUINI, G., STAQUET, CH., LARGERON, Y., LEGAIN, D., TZANOS, D., PACI, A., 2016. Valley heat deficit as a bulk measure of wintertime particulate air pollution in the Arve River Valley. *Atmospheric Environment*, Vol. **128**, s. 208–215. ISSN 1352-2310. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.12.058>.
- JUNENG, L., LATIF, M., TANGANG, F., 2011. Factors influencing the variations of PM_{10} aerosol dust in Klang Valley, Malaysia during the summer. *Atmospheric Environment*, Vol. **45**, Issue 26, s. 4370–4378. ISSN 1352-2310. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.05.045>.
- KALBARCZYK, R., KALBARCZYK, E., 2020. Meteorological conditions of the winter-time distribution of nitrogen oxides in Poznań: A proposal for a catalog of the pollutants variation. *Urban Climate*, Vol. **33**. ISSN 2212-0955. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100649>.
- KALISA, E., FADLALLAH, S., AMANI, M., NAHAYO, L., HABIYARE-MYE, G., 2018. Temperature and air pollution relationship during heatwaves in Birmingham, UK. *Sustainable Cities and Society*. Vol. **43**, s. 111–120. ISSN 2210-6707. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.08.033>.
- KEDER, J., ŠKÁCHOVÁ, H., 2011. Hodnocení rozptylových podmínek pro šíření znečišťujících látek pomocí ventilačního indexu. In: Ochrana ovzduší ve státní správě – teorie a praxe VII. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor. s. 19–23. ISBN 978-80-86832-62-3.
- KUBÁNKOVÁ, V., HENDL, J., 1987. Statistika pro zdravotníky: Zdravotnické aktuality Ministerstva zdravotnictví ČSR. Svazek 208. Praha: Avicen, zdravotnické nakladatelství, n. p.
- LAÑA, I., DEL SER, J., PADRÓ, A., VÉLEZ, M., CASANOVA-MATEO, C., 2016. The role of local urban traffic and meteorological conditions in air pollution: A data-based case study in Madrid, Spain. *Atmospheric Environment*, Vol. **145**, s. 424–438. ISSN 1352-2310. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.09.052>.
- PEARCE, J., BERINGER, J., NICHOLLS, N., HYNDMAN, R., TAPPER, N., 2011. Quantifying the influence of local meteorology on air quality using generalized additive models. *Atmospheric Environment*, Vol. **45**, Issue 6, s. 1328–1336. ISSN 1352-2310. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.11.051>.
- ŠKÁCHOVÁ, H., 2019. Využití ventilačního indexu při stanovení podmínek pro rozptyl znečišťujících látek. Ústí nad Labem. Bakalářská práce. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí.
- ŠKÁCHOVÁ, H., 2021. Vliv meteorologických faktorů na koncentrace vybraných látek znečišťujících ovzduší. Ústí nad Labem. Diplomová práce. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí.
- TAI, A., MICKLEY, L., JACOB, D., 2010. Correlations between fine particulate matter ($PM_{2.5}$) and meteorological variables in the United States: Implications for the sensitivity of $PM_{2.5}$ to climate change. *Atmospheric Environment*, Vol. **44**, Issue 32, s. 3976–3984. ISSN 1352-2310. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.06.060>.
- TOLASZ, R. (eds.), 2007. Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-86690-26-1.
- TRIVEDI, D., ALI, K., BEIG, G., 2014. Impact of meteorological parameters on the development of fine and coarse particles over Delhi. *Science of The Total Environment*, Vol. **478**, s. 175–183. ISSN 00489697. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.01.101>.
- WHITEMAN, C., HOCH, S., HOREL, J., CHARLAND, A., 2014. Relationship between particulate air pollution and meteorological variables in Utah's Salt Lake Valley. *Atmospheric Environment*, Vol. **94**, s. 742–753. ISSN 1352-2310. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.06.012>.
- ZVÁRA, K., 1989. Regresní analýza. Praha: Academia, ISBN 80-200-0125-5.

Lektoři (Reviewers):

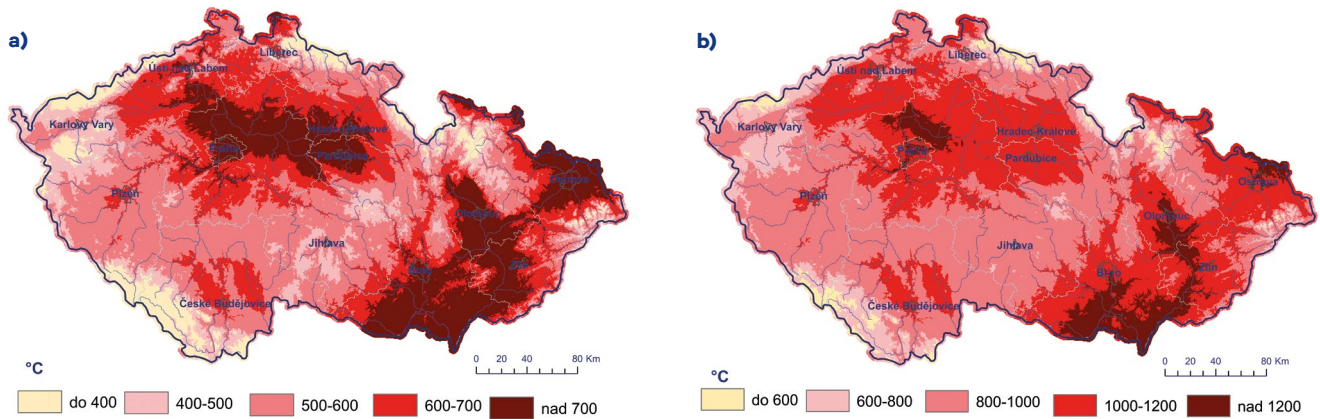
RNDr. Vladimíra Volná, Ph.D., doc. Mgr. Michal Žák, Ph.D.

POČASÍ A ROSTLINY

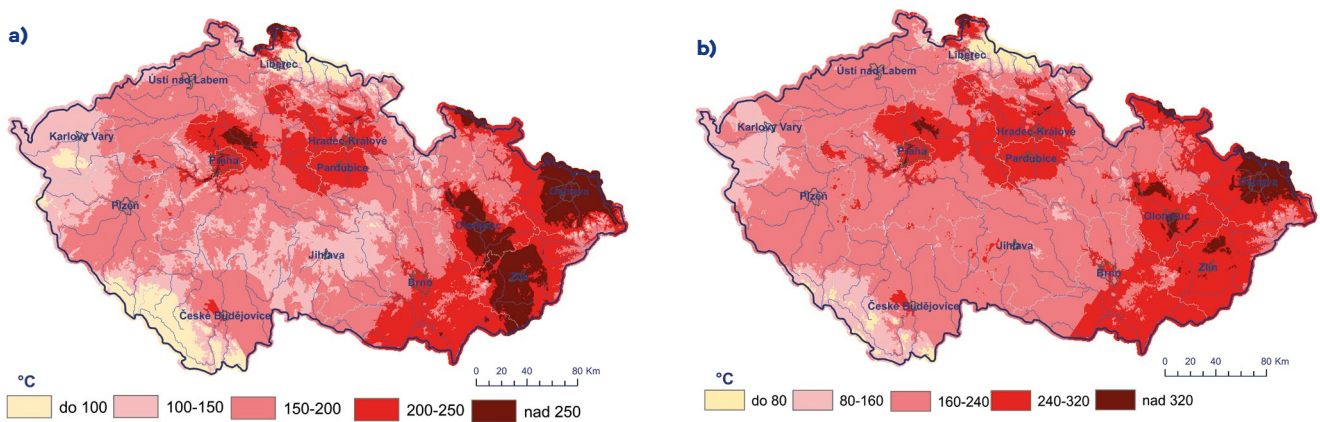
Fenologický vývoj na území ČR v květnu a v červnu 2024

V tomto čísle vyhodnotíme časové období od 1. ledna 2024 do 31. května 2024 a 30. června 2024. Při hodnocení vybraných charakteristik je používán normál 1991–2020.

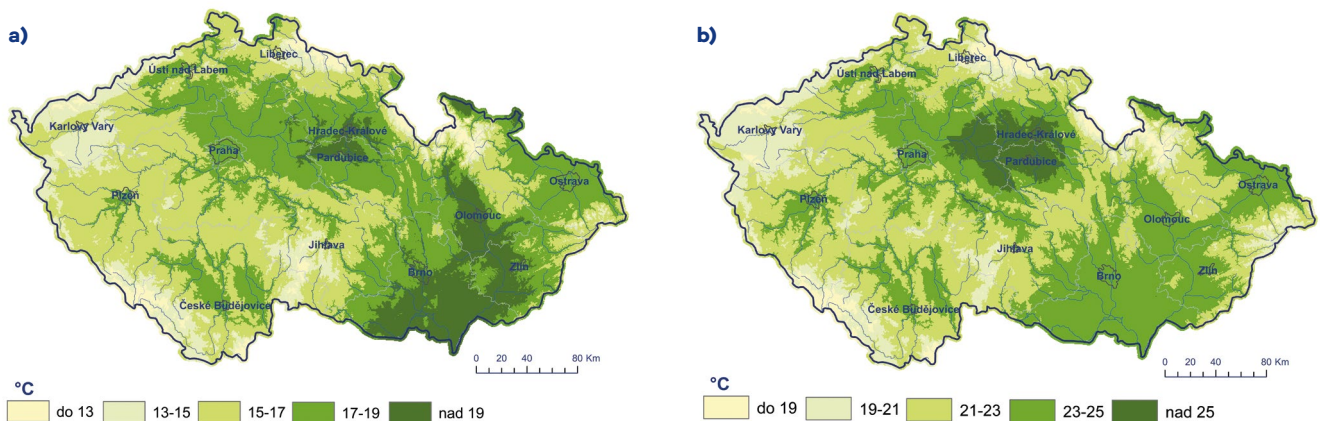
Celkovou sumu **efektivních teplot nad 5 °C** od 1. 1. 2024 do 31. 5. 2024 a 30. 6. 2024 a její srovnání s normálem 1991–2020 zobrazují následující mapy (obr. 1, 2). Absolutní hodnoty sumy efektivních teplot vzduchu nad 5 °C byly v rozmezí do 400 °C a nad 1200 °C. Odchyly od normálu



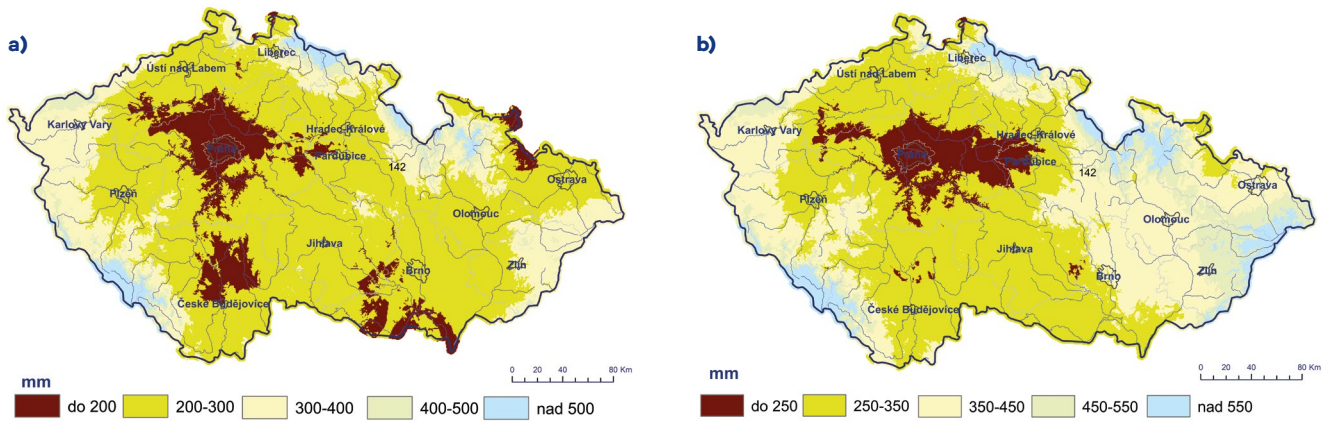
Obr. 1 Suma efektivních teplot vzduchu nad 5 °C od 1. 1. 2024 do 31. 5. 2024 (a) a do 30. 6. 2024 (b).



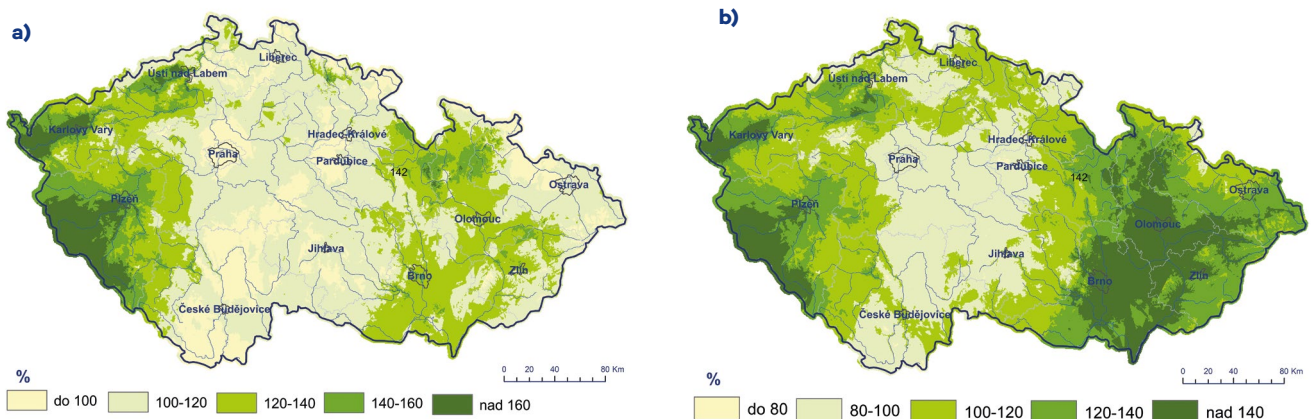
Obr. 2 Suma efektivních teplot vzduchu nad 5 °C – odchylka od normálu 1991–2020 od 1. 1. 2024 do 31. 5. 2024 (a) a do 30. 6. 2024 (b).



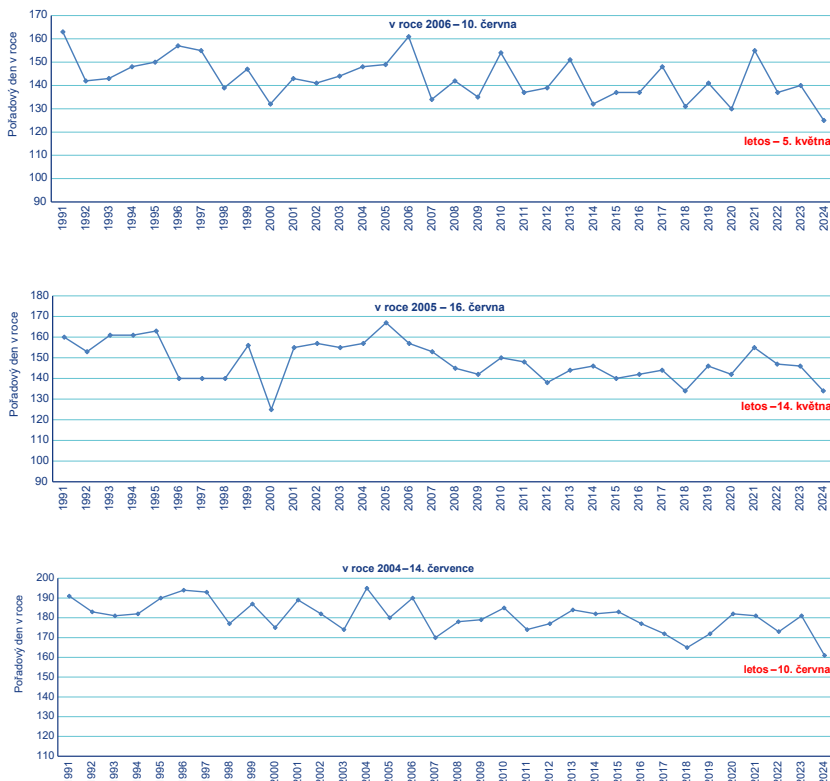
Obr. 3 Průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm dne 29. 5. 2024 (a) a 30. 6. 2024 (b).



Obr. 4 Kumulativní úhrn srážek k 31. 5. 2024 (a) a 30. 6. 2024 (b).



Obr. 5 Kumulativní úhrn srážek (procenta normálu 1991–2020) k 31. 5. 2024 (a) a 30. 6. 2024 (b).



Obr. 6 Počátek kvetení bezu černého (a), janské výhony modřínu opadavého (b) a počátek kvetení třezalky tečkované (c) v období 1991–2024.

1991–2020 byly v květnu a červnu kladné na celém území ČR a pohybovaly se v rozmezí od 80 do 320 °C (v červnu byly odchylky vyšší než v květnu). Ve srovnání s rokem 2023 byly květnové i červnové odchylky výrazně vyšší (v roce 2023 byly odchylky od normálu v květnu i červnu na většině území záporné).

Průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm dne 29. 5. 2024 a 30. 6. 2024 je uvedena v obrázku 3. Hodnoty v květnu byly v rozmezí 13–19 °C a v červnu 19–25 °C. Ve srovnání s rokem 2023 byly teploty půdy v roce 2024 vyšší, zejména v červnu (průměrná denní teplota půdy v 10 cm byla 31. 5. 2023 v rozmezí 12–18 °C a 30. 6. 2023 byla v rozsahu 14–20 °C).

Kumulativní úhrn atmosférických srážek od 1. 1. 2024 do 31. 5. 2024 a 30. 6. 2024 a procentické vyjádření normálu 1991–2020 jsou vykresleny na obrázku 4 a 5. Nejnižší kumulativní úhrn srážek ke konci května (do 200 mm) byl zaznamenán zejména ve středních a jižních Čechách a částečně na jižní Moravě. Ke konci června byl nejnižší kumulativní úhrn srážek (do 250 mm) zaznamenán zejména



Obr. 7 Plody jahodníku, třešně a rybízu.

ve středních Čechách a částečně v Polabí. Ve srovnání kumulativních hodnot srážek s normálem 1991–2020 dosahovaly hodnoty na většině území 100 až 140 % normálu. V roce 2023 byl květen a červen výrazně sušší (např. v červnu 2023 byly hodnoty srážek na většině území pouze na úrovni 70–90 % normálu).

Na ledové muže (12. až 14. května) se mrazy v roce 2024 nevyskytly, vegetace byla bohužel již výrazně poškozena mrazy ze třetí dekády dubna 2024. Vegetace si stále uchovávala svůj náskok, který získala již v předchozích měsících. Jednotlivé fenologické fáze nastupovaly s předstihem u všech druhů dřevin a bylin a zkracovaly se mezifázové intervaly. Začátkem května již kvetly akáty, jeřábiny, jírovce, zlatý dešť, hlohy, pryskyřníky či bez černý (obr. 6a). Většina dřevin byla začátkem května již plně olistěna (listy dosáhly své finální velikosti) a na některých stanicích bylo zaznamenáno i dřevnatění výhonů např. u třešně, lísky, hlohu, břízy či buku na stanici v Českém Rudolci. Odkvétaly jahodníky (ty, které nepomrzly), kvetly trávy, byla zaznamenána zralost plodů vrby a na některých lokalitách (např. v Benešově) začala i butonizace lípy. Odkvétala řepka (obvykle je začátkem května teprve v plném květu). V polovi-

ně května se již na některých dřevinách (např. na modřínu, obr. 6b) objevily janské výhony (jedná se o druhý růst výhonů, délka 3–5 cm; vývoj normálních jarních výhonů je zpravidla již ukončen) a začaly fruktifikovat hlohy, buky, duby či kleny. V první dekádě června začala sklizeň jahod, později se přidala i sklizeň třešní, merunek a rybízu červeného (těch, které nepomrzly). Kvetly třezalky, které obvykle začínají kvést až po 20. červnu (obr. 6c). Ve druhé polovině června začalo dozrávat obilí a ve třetí dekádě června probíhala na většině dřevin tvorba pupenů rovněž s předstihem ve srovnání s jinými roky (v době po olistění, zpravidla ještě během dorůstání výhonu, nebo záhy po jeho ukončení se v úžlabích listů objeví malé, pouhým okem však rozpoznatelné pupeny).

Pylová sezóna byla v květnu a červnu v plném proudu, z významných alergenů kvetly jehličnany, trávy, lípy a bez černý.

V dalším čísle Vám přineseme aktuální informace o vlivu počasí na vegetaci v prázdninových měsících, červenci a srpnu 2024.

Lenka Hájková

INFORMACE – RECENZE

Vybrané mezinárodní aktivity hydrologů ČHMÚ v roce 2023

Príspevek navazuje na poslední publikovaný informační článek seriálu (Ledvinka 2023) a po roce opět přináší sdělení o vybraných mezinárodních činnostech hydrologů ČHMÚ, tentokrát v roce 2023. Struktura je obdobná jako v loňském roce, přičemž třemi nosnými tématy jsou:

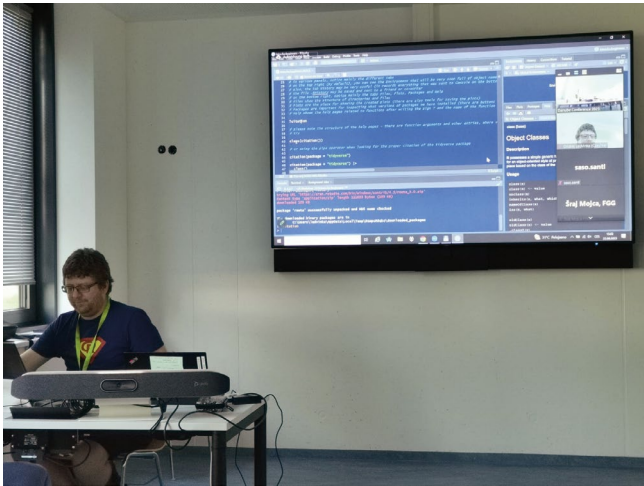
- 1) aktivity vykonávané ČHMÚ coby národní hydrologickou službou (NHS);
- 2) aktivity týkající se vědecké hydrologie;
- 3) aktivity věnované výchově mladých, začínajících hydrologů.

V roce 2023 se opět mnohá setkání odehrála elektronickou formou, jak si i hydrologové v návaznosti na uplynulá léta zvykli, ale taktéž počet tradičních osobních setkání nebyl zrovna malý, a to i díky tomu, že se odehrálo hned několik z nejdůležitějších jednání a vědeckých shromáždění.

Situace v IHP UNESCO a další vybraná jednání týkající se NHS

Jedním z velmi důležitých jednání pro hydrology ČHMÚ byl **19. Kongres WMO**. Čeští hydrologové zde dokonce získali několik významných pozic (Daňhelka 2023). Dodejme, že díky nové iniciativě Early Warnings for All (EW4All) a dalším aktuálním potřebám byl ke konci roku 2023 nachystán ve spolupráci mezi WMO, Mezinárodní komisí pro povodí Sávy a jinými tělesy workshop k tvorbě kapacit za účelem výměny, standardizace a interoperability hydrologických dat (blíže viz SC 2024; WMO 2024). Workshop se pak odehrál v lednu 2024, a to jak online formou, tak i formou osobního setkání, kterého se za ČHMÚ účastnil mgr. Štoviček.

V rámci **Mezvládního hydrologického programu (IHP) UNESCO** se uskutečňovala především online setkání, která se týkala probíhající 9. fáze IHP (IHP-IX). Jelikož hydrologie ČHMÚ a její činnosti jsou úzce spjaty se sběrem dat a jejich zpracováním, zúčastňoval se dr. Ledvinka (kromě obecnějších schůzek informujících o celkovém průběhu prací) právě setkání pracovní skupiny 3 (OETWG 3), kde hydrologové ČHMÚ odpovídají za dosažení cíle 3.1 a nastavili logickou



O. Ledvinka prezentuje začátečníkům na R Workshopu při 30. Konferenci podunajských států v budově River Lab ve Vídni u řeky Dunaje. Foto: P. Coufal.

užší spolupráci s německými hydrology při dosahování cíle 3.3. Definice těchto cílů jsou detailně podány ve Strategickém plánu IHP-IX (UNESCO 2022). Kromě tohoto strategického plánu, na který bylo upozorňováno již v loňském příspěvku (Ledvinka 2023), vyšel následně v únoru 2023 Operační implementační plán IHP-IX zaměřený na výkonnostní indikátory (UNESCO 2023). Činnosti OETWG se podobně jako v roce 2022 soustředily na spolupráci v platformě Microsoft Teams (SharePoint), kde ke sdíleným dokumentům přibýly nově formuláře a šablony pro reportování definující kromě jiného např. měřítko dopadu jednotlivých iniciativ od lokálního po světové. Účelem těchto sdílených formulářů a šablon je podpořit neduplikování činností skupin usilujících o dosažení cílů stejným způsobem a přinést obecné povědomí o provedených nebo probíhajících aktivitách. Období reportování, které započalo koncem října 2023, ale v žádném případě neznamená, že nadále nelze navrhovat další aktivity související s cíli. Ba naopak, Sekretariát UNESCO, zastoupený K. Verbistem, k tomu přímo na říjnovém setkání vybízel. Do budoucna je nadále velmi doporučována spolupráce právě s německými hydrology z Federálního institutu hydrologie (BfG), kteří jsou velmi dobře institucionalizováni k plnění takových cílů, přičemž se dokonce starají o údržbu hned několika důležitých datasetů (např. vlhkost půdy; blíže viz ICWRGC 2024).

Rok 2023 byl významný i z toho důvodu, že 23. listopadu se konalo již **6. Mimořádné zasedání Mezivládní rady (IGC) IHP UNESCO**, které reagovalo na 42. zasedání Generální konference UNESCO. Byla zde obměněna část IGC, ale hlavně byl zvolen nový prezident IHP, kterým se stal prof. Helmut Habersack z Rakouska. Za volební Region II byly nově zvoleny tyto země: Polsko, Rumunsko a Rusko. Další řádné zasedání IHP bylo naplánováno na dny 5. až 7. června 2024 s doprovodnými akcemi ve dnech 3. a 4. června týkajícími se oslav 50, resp. 60 let hydrologických věd při UNESCO.

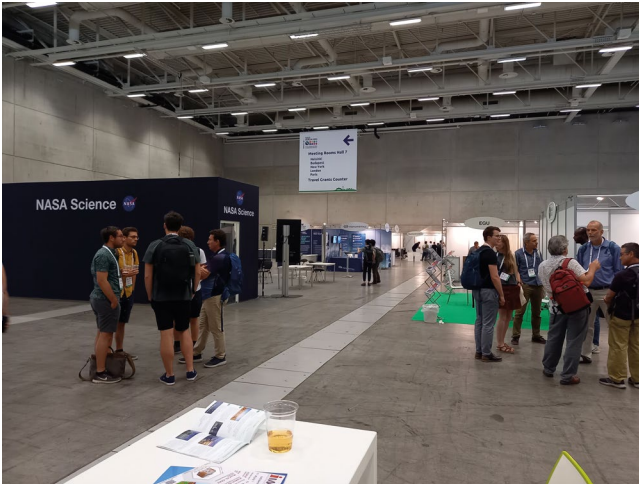
Regionální spolupráce podunajských států (IHP Danube) měla rovněž významný rok, jelikož ve dnech 21. až 23. srpna se konala jubilejní 30. Konference podunajských států, kterou pořádali Rakušané pod vedením H. Habersacka ve Vídni, a to ve stejném týdnu společně s dalšími dvěma akcemi – 40. Světovým kongresem IAHR a 5. Mezinárodní konferencí o stavu a budoucnosti světových velkých řek. Ostatní dvě



Recepce tří spojených hydrologických konferencí (společně s 30. Konferencí podunajských států) ve Velkém tanečním sále Vídeňské radnice v pondělí 21. srpna 2023. Foto: O. Ledvinka.

konference byly jistě Rakušany považovány za významnější, což bylo možné pozorovat již z organizace, kdy byla Konference podunajských států velmi upozadována. Avšak i dění po konferenci dávalo jasně najevo, jak byla tato akce z pohledu rakouských hydrologů nezajímavá. Doposud např. nebyl organizátory vypracován tradiční report o konferenci a ani po sborníku příspěvků nebylo ze strany organizátorů dodnes vidu ani slechu. A to ani tehdy, když se na to kdokoliv z reprezentantů IHP Danube dotazoval. Dokonce byly zcela vynechány sekce zabývající se udílením cen veteránům či mladým vědcům. Čeští představitelé ale přece jenom během konference zaznamenali úspěch. Na pracovním jednání reprezentantů podunajských států byl dr. Ledvinka potvrzen coby předseda této iniciativy. Dr. Ledvinka rovněž inicioval uskutečnění dalšího ročníku R Workshopu při této konferenci, který se setkal s velkým zájmem, a to zejm. když byla oznámena hybridní forma workshopu. Workshop se odehrával v budově zvané River Lab a probíhal paralelně ve dvou místnostech, v jedné pro začátečníky a v druhé pro pokročilé, ve které se chtěli posluchači dozvědět více o analýze prostorových dat a hydrologickém modelování v R. V plánu bylo workshop nahrávat, přičemž ale nakonec byla kvůli pochybení Rakušanů nahrána jen část pro začátečníky. Video je ve zpracování a očekává se, že bude co nejdříve zveřejněno na webových stránkách <https://info.chmi.cz/>. Na pracovním jednání reprezentantů byl dalším stěžejním (a vlastně i notorickým) tématem neexistující stálý sekretariát IHP Danube, k čemuž byla přizvána také B. Vogel, současná výkonná tajemnice Mezinárodní komise pro ochranu Dunaje (ICPDR), a kromě ní ještě reprezentanti Mezinárodní komise pro hydrologii povodí Rýna (International Commission for the Hydrology of the Rhine Basin, CHR) R. Burgers a J. Kruijshoop. Cílem bylo inspirovat se a, pokud možno, stále usilovat o založení sekretariátu IHP Danube v Bělehradě. Odborné prezentace IHP Danube se prakticky vešly do jediného dne, a to do pondělí 21. srpna. Na pořadu dne byly i dvě prezentace z Česka (P. Coufal z ČHMÚ a P. Tachecí z DHI).

Jednou z hlavních činností IHP Danube je v současnosti již několikrát zmiňovaný **Low-Flow projekt**. V období po konferenci, tj. na podzim 2023, vyjednal dr. Janál, ředitel brněnské



Pohled do výstavní haly 28. Valného shromáždění Mezinárodní unie geodetické a geofyzikální (IUGG) v budově CityCube Berlin. Foto: O. Ledvinka.

pobočky ČHMÚ, intenzivnější spolupráci s německými hydrology. Slovenští hydrologové potvrdili svůj zájem na zpracování subprojektu zabývajícím se teplotou vody.

Ve dnech 11. a 12. října 2023 se pod hlavičkou Mezinárodní komise pro ochranu Labe konal v Karlových Varech další **Magdeburský seminář o ochraně vod**, který byl tematicky zaměřen na extrémní hydrologické jevy a jejich dopady v povodí Labe. Hlavním organizátorem byl státní podnik Povodí Ohře. ČHMÚ svými příspěvky reprezentovali L. Barešová, J. Daňhelka, L. Elleder, V. Kodeš, J. Krejčí, D. Kurka, A. Lamačová, J. Šírová, P. Tušil, R. Vlnas, L. Zajecová, a M. Zrzavecký. U příležitosti semináře vyšel také sborník příspěvků, který lze stále stahovat i ve formě PDF souboru z webových stránek (blíže viz POH 2023).

Vědecká hydrologie

Řekněme, že jednou z prvních větších akcí roku 2023 stojících za pozornost vědeckého hydrologa z Česka bylo Valné shromáždění Evropské geovědní unie 2023 (EGU23), které se konalo tradičně ve Vídni, a to ve dnech 23. až 28. dubna, tedy o dost dříve, než jak tomu bylo v roce 2022. Ovšem příspěvků podle publikovaných abstraktů neměla hydrologie ČHMÚ mnoho. Jeden z nich, na kterém se podílel P. Janál, se zabýval poklesem průtoku v povodí Dyje a jeho příčinami (Pavlik et al. 2023). Širší autorský tým se pak mohl radovat i z vydání regulérního článku ve vědeckém časopise *Journal of Hydrology: Regional Studies* (Fischer et al. 2023). Druhý příspěvek se týkal aplikace MEF (z angl. Map of Extreme Floods), která mapuje historické povodně na území střední a západní Evropy prostřednictvím nástrojů firmy ESRI (Elleder, Šírová 2023). Tato aplikace se nadále vyvíjí a povodní bylo od zveřejnění příspěvku zmapováno několikrát navíc. Takže lze konstatovat, že text příspěvku na EGU23 je již poněkud zastaralý (srov. přímo s MEF na <https://chmi.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=dc50b65b4483465cb98c50d4b55df75d>).

Jednou z největších vědeckých akcí bylo bezpochyby **28. Valné shromáždění Mezinárodní unie geodetické a geofyzikální (IUGG)**, které se tentokrát odehrálo velmi blízko hranic Česka, a sice v Berlíně. Toto setkání expertů z oblasti geodézie a geofyziky, které navazovalo na kanadský Montreal (2019), pravidelně navštěvují i vědečtí hydrologové, protože

jednou z osmi asociací, které unii tvoří, je Mezinárodní asociace hydrologických věd (IAHS). Tato setkání bývají na současné poměry stále dosti dlouhá, téměř až 14 dnů, a v rámci programu bývají sekce jednotlivých asociací rozvrženy tak, aby probíhaly více či méně pohromadě celý týden. Avšak pokud jde o akce jedné jediné asociace, je zvykem je pořádat paralelně za využití více místností, takže není v moci jediného účastníka z hydrologie ČHMÚ, kterým byl dr. Ledvinka, navštívit vše. S hydrologií navíc souvisela celá řada dalších sekcí, pořádaných jinými asociacemi. Např. geodeti informovali o nové fázi experimentu Gravity Recovery and Climate Follow-On (GRACE-FO), která navazuje na ukončenou fázi GRACE (2002–2018). Tento výzkumný projekt se zabývá měřením gravitačního pole Země pomocí satelitů, přičemž bylo zjištěno, že z dat je možné získat i představu o vlastnostech hydrosféry (např. sezonnost sladkovodních zdrojů), což může být hydrologům velmi nápomocno při dalším výzkumu změny klimatu a sestavování (či kalibrování) modelů. IUGG je významné i pro konání spojených symposií nebo unikátních symposií či navíc lekcí, kde může jít o aplikace matematických metod, metod strojového učení či aplikace umělé inteligence v geodézii a geofyzice, k níž je hydrologie přiřazována. Z uvedeného jasně plyne, že nemělo smysl šetřit zkracováním zahraniční cesty do tak blízkého města, takže část své návštěvy Berlína dr. Ledvinka pokrýval vlastní dovolenou. Přitom se ze všech sil snažil účastnit hlavně sekcí týkajících se statistické hydrologie, kde rovněž přednesl příspěvek na téma zpožděné křížové korelace mezi měsíčními hodnotami teploty vzduchu a srážkových úhrnů a měsíčními hodnotami čtyř indexů věkoměřítkových atmosférických cirkulací (Ledvinka et al. 2023). Výzkum proběhl nad poměrně novými rastrovými reprezentacemi vybraných klimatologických prvků na území Česka, kterými ČHMÚ disponuje díky dr. Petru Štěpánkovi, klimatologovi z brněnské pobočky ČHMÚ. V době prezentace byly gridy dostupné pro každý den od 1. ledna 1961 do 31. března 2021. Ukazuje se, že v Česku existují místa, kde lze hovořit o možných sezonních predikcích těchto klimatických prvků za využití vybraných indexů, přičemž se tato skutečnost může promítat i do hydrologie. Výzkumu je rozhodně třeba v budoucnu věnovat intenzivní pozornost. Je např. plánováno aplikovat vlnkovou analýzu a více zkoumat nejistoty. IUGG v Berlíně navštívila celá řada českých a slovenských odborníků, hydrology mimo ČHMÚ nevyjímaje. Dr. Ledvin-



Úvod konference 9th Global FRIEND-Water Conference v hlavní aule nacházející se v místech Fakulty lékařské, farmaceutické a odontostomatologické Univerzity Cheikh Anta Diopa v senegalském Dakaru. Foto: O. Ledvinka.

ka se mj. setkal s kolegy z Ostravské univerzity (S. Ruman), Akademie věd ČR (M. Tesař) a Švédského institutu meteorologie a hydrologie (SMHI; A. Bartošová). Kromě toho velmi aktivně diskutoval s přítomnými statistickými hydrology z celého světa (např. Y. Cavus, S. Fischer, K. Kochanek, I. Kuptel-Markiewicz, G. Papacharalampous nebo početní Italové). Pokud polevily sekce IAHS věnující se statistické hydrologii (např. frekvenční analýze povodní a sucha), byla pozornost obrácena k historické hydrologii (vznikla i pracovní skupina vedená prof. K. Bevenem), horské hydrologii či k aplikacím dálkového průzkumu Země a strojového učení v hydrologii. IAHS v Berlíně měla i své speciální sekce týkající se např. nové vědecké dekády HELPING, která začala právě v roce 2023, a nahradila tak ukončenou dekádu Panta Rhei, již bylo věnováno poslední symposium v Postupimi těsně před IUGG. Dekáda HELPING v Berlíně získala své logo. K významným událostem rovněž náleží fakt, že C. Cudennec skončil po 12 letech svou kariéru generálního tajemníka IAHS a stal se viceprezidentem IAHS. Post generálního tajemníka získal Jean-Marie Kileshye Onema. Mezinárodním vědeckým komisím IAHS byli přiřazeni noví představitelé, kteří mají zahájit svou funkci v roce 2025. Např. novým prezidentem celé IAHS se stane známý statistický hydrolog z Itálie Salvatore Grimaldi. V neposlední řadě byly rozděleny ceny: Doogeoova medaile, Volkerova medaile, Tisonova cena (blíže viz IAHS 2023a) a další, z nichž některé jsou udělovány teprve odnedávna (blíže viz IAHS 2023b). Příští, 29. Valné shromáždění IUGG je naplánováno na červenec 2027. Hostitelským městem bude jihokorejský Inčchon. Přitom předtím, v říjnu 2025, proběhne ještě Vědecké shromáždění IAHS v indickém Roorkee.

Jednou z vlajkových iniciativ IHP UNESCO je FRIEND-Water, a to již od poloviny 80. let 20. století (van Lanen et al. 2014). Přestože odborné práce jsou zde rozděleny do několika regionů zhruba podle kontinentů, stalo se zvykem organizovat jednou za čtyři roky rovněž globální konference. Předposlední taková se konala v Pekingu v roce 2018, takže tu následující bylo možné očekávat v roce 2022. V tomto roce se však zatím jen sbíraly abstrakty a bylo oznámeno, že místem konání bude senegalský Dakar. Původní termín byl nastaven na jaro 2023, ale organizace se poněkud zpozdila, a to zřejmě i kvůli nepokojům, ke kterým v Dakaru došlo, a konference se nakonec přesunula až na konec září, přičemž dostala název **9th Global FRIEND-Water Conference**. Dr. Ledvinka jako jeden ze tří českých hydrologů zde prezentoval na téma nových gridových produktů, které byly připraveny klimatologi a meteorologi ČHMÚ. Týkalo se to nejen již zmíněných historických časových řad vzniklých interpolováním řad staničních, ale i řad pesimistického scénáře (SSP5-8.5) modelu ALADIN-CLIMATE/CZ (Centrum PERUN), z něhož již byly k dispozici prvotní výsledky pro růst teploty vzduchu získané prostřednictvím výpočtů zonálních statistik pro česká povodí 3. řádu. Afričtí kolegové si dobře všimli, že ke zpracování prezentovaných map byly využity balíčky R a vyslovili zájem o prezentaci i abstrakt, aby pak mohli být součástí jejich reportu o konferenci. Dr. Ledvinka kolegy při předávání odkázal na výukové materiály, které vznikají mj. jako součást konferencí podunajských států. Dalšími českými prezentujícími byli A. Vizina z VÚV TGM a V. David z ČVUT. První jmenovaný se věnoval ukázkám systému HAMR (např. Pecha et al. 2022) a druhý výzkumu rybníků na území Česka (např. David 2020). Senegal, a vůbec velká část Afriky, je frankofonní, takže nakonec byla povolena k prezentování i francouzština, což vedlo k tomu, že ti, kteří francouzštinu neovládají, rozuměli tématu jen z anglických slov v prezentacích, protože ty byly povinně



Samotnému 13. Mezinárodnímu workshopu statistické hydrologie STAHY předcházelo 8. listopadu 2023 setkání se začínajícími vědci zvané Early Career Workshop. Fotografie zachycuje situaci těsně před zahájením tohoto workshopu v budově Northeastern University. Foto: O. Ledvinka.

vyhotoveny v jazyce anglickém. Konference byla rozdělena do třech místností, z nichž jen vybrané prezentace v hlavní aule byly simultánně překládány (např. ekohydrolog z Polska M. Zalewski). Dr. Ledvinka se zaměřoval především na sekce týkající se přemostění mezery mezi daty a vědomostmi, což je právě téma pracovní skupiny 3 IHP-IX. Velmi viditelný zde byl Stephan Dietrich z německého ICWRGC, který zastupoval i své kolegy, kteří se nemohli nebo nechtěli do Dakaru dostat. Zaujal i přednes britských hydrologů, kolegů známého J. Hannaforda z Centra pro ekologii a hydrologii (CEH), o projektu ROBIN, který lze řadit k iniciativám typu CAMELS nebo CARAVAN (Clerc-Schwarzenbach et al. 2024; Jenicek et al. 2024). Globální konference FRIEND-Water byly zatím vždy doprovázeny tzv. červenými knihami IAHS se sebranými vybranými příspěvky. Nejinak tomu bude v případě této konference. Dle instrukcí organizátorů bude v recenzovaném sborníku publikováno 30 příspěvků, které nepřesáhnou šest tištěných stránek. Dr. Ledvinka a jeho kolektiv z ČHMÚ vyslovili zájem o publikaci, přičemž se nyní čeká na rozhodnutí organizačního výboru, zda příspěvek bude zařazen. Během konference byl tuniskými ekohydrology oceněn francouzský hydrolog Gil Mahé, který svou kariéru dlouhodobě zasvěcuje právě Africe.

Ve dnech 9. a 10. listopadu proběhl v americkém Bostonu **13. Mezinárodní workshop statistické hydrologie STAHY**, kterou tradičně pořádá Mezinárodní komise pro statistickou hydrologii (ICSH) IAHS. Tentokrát se k organizátorům přidaly dvě bostonské univerzity – Northeastern University a Tufts University. Workshopu samotnému ještě ve středu 8. listopadu předcházelo setkání s mladými začínajícími odborníky, kteří si vyslechli vyzvané přednášky o historii a vývoji aplikací strojového učení (A. Ganguly), o využívání L-momentů ve frekvenční analýze v hydrologii (R. Vogel) a o hydrologickém modelování v rámci tzv. FloodHubu společnosti Google (G. Nearing). Během čtvrtka a pátku probíhaly velmi četné prezentace na různá témata týkající se využívání statistických metod a metod strojového učení v hydrologii, ale i v klimatologii a dalších vědách souvisejících s vodou, často zabíhající i do fyzikální podstaty, což je potřebné pro pochopení výsledků, které statistické modely poskytují. Už úvodní přednáška U. Fayyada o historii umělé inteligence a jejích aplikacích byla zapamatováníhodná. Tematicky se dotýkala i v sou-

časnosti velmi diskutovaného ChatGPT a jemu podobných systémů využívajících různé typy učení. Zajímavé bylo zamyšlení nad cenami vyhledávání informací daných jak v USD, tak ve spotřebě elektrické energie. V podstatě všechny další prezentace měly svůj vlastní specifický význam. Některé upozorňovaly na úskalí klasických statistických metod aplikovaných v hydrologii, jiné připomněly existenci zatím vzácně diskutovaných jevů, které ale pro hydrology znamenají dosti podstatný materiál pro vývoj varovných systémů před povodněmi. Mezi takovéto jevy patří např. atmosférické řeky. G. Nearing měl během workshopu ještě jednu prezentaci, kterou se záměrně snažil vyvolat podstatnou diskuzi. Jejím předmětem byla otázka, zda je v nadcházejících letech lepší hledat nové zdroje informací, nebo investovat do vývoje nových metod tak, abychom dospěli k žádoucí redukci nejistot, kterými jsou hydrologické modely doprovázeny. Díky zasazení workshopu do amerického Bostonu měli mezi přednášejícími, ale i pouhými návštěvníky velmi silné zastoupení američtí hydrologové z USGS a místních univerzit (již zmiňovaný R. Vogel, J. Steidinger, N. Fennesey, T. Over aj.). Tradičně nechyběli Italové (např. E. Volpi, S. Grimaldi, A. Fiori, E. Dallan) nebo známý S. M. Papalexiou z Řecka, který ovšem stále reprezentuje University of Saskatchewan. Workshopu se ale účastnili i ti, kteří hledají oblast, ve které by mohli aplikovat své znalosti získané při práci se strojovým učením. Někteří byli dokonce již na takové úrovni, že se pouštěli do hlubších filozofických úvah (např. B. Shmagin). Workshop byl doprovázen posterovou sekcí, jejíž autoři měli možnost prezentovat v rámci tzv. flash prezentací. Většina tuto možnost také využila. Posterová sekce se týkala ponejvíce mladších, často spjatých s doktorským studiem, nebo těch, kteří získali cestovní grant pro mladé (tzv. Sivapalan Young Scientists Travel Award, SYSTA). Sám účastník cesty prezentoval v pátečních ranních hodinách. Prezentace se týkala testování vhodnosti dvou produktů potenciálně vnášených do regresních modelů informací o vlhkosti půdy v Evropě a potažmo v Česku. Produkty vznikly za využití radarových snímků pořízených z družic evropské mise Sentinel-1 a jsou nabízeny zdarma ke stažení jako gridy prostřednictvím Copernicus Global Land Service. Ze studie vyplývá, že s pozemním měřením vlhkosti půdy ČHMÚ tyto produkty velmi dobře korelují (spearmanovsky alespoň z 95 %), což předznamenává jejich další využití, např. v Indikátoru přívalových povodní (Sercl et al. 2023). Prezentace vyvolala diskuzi a posluchači začali navrhovat i další produkty, které by mohly potenciálně vstupovat do regresních modelů. Workshop byl zakončen diskuzí, která měla trvat asi půl hodiny, avšak nakonec z důvodu velkého zájmu trvala mnohem déle. Předmětem diskuze bylo téma příštích workshopů. Dost možná půjde o fyziku, která by mohla vysvětlovat výsledky stochastického modelování. Z workshopu vzešel další oceněný článek v rámci ICSH (Knoben et al. 2019). 14. ročník workshopu proběhne v listopadu 2024 v brazilském městě Florianópolis (blíže viz ABRHidro 2024).

Akce určené mladým hydrologům

Jak se stalo zvykem, v listopadu 2023 se odehrála již **35. Konference mladých hydrologů** v rámci Konference mladých odborníků na půdě SHMÚ v Bratislavě. Dr. Ledvinka se nemohl zúčastnit osobně, neboť akce časově kolidovala s workshopem STAHY. Nicméně jako porotce fungoval alespoň na dálku, kdy hodnotil písemný projev u pěti příspěvků celkem šesti mladých autorů, z nichž dva byli z Česka – K. Vacková reprezentující jak ČHMÚ, tak Přírodovědeckou fakultu UK a M. Kovanda re-

prezentující Přírodovědeckou fakultu UK. Je třeba uznat, že kvalita příspěvků byla vyrovnaná a na dosti vysoké úrovni, některé z nich byly psány anglicky. Příspěvky zcela jistě mají potenciál být publikovány v nějakém recenzovaném časopise, jako je např. slovenský *Meteorologický časopis* (MČ). Pokud ale organizátoři těchto konferencí chtějí motivovat mladé odborníky k publikování v takových časopisech, bude třeba jistě záležitosti změnit. Např. bude zapotřebí nastavit korektní recenzní řízení již před přijímáním příspěvků do soutěže, jak ostatně bylo diskutováno na jaře 2024 na zasedání nové redakční rady MČ. Vítěznými příspěvky bez udání pořadí se mohou nakonec pochlubit S. Okhravi, E. Pavlíková (Slovenská technická univerzita v Bratislavě) a K. Vacková. Z akce vzešel tradiční sborník příspěvků (Randusová 2023) a lze jej dohledat na webových stránkách <https://kmo.shmu.sk/>.

Dodejme, že v roce 2023 byla obnovena konference **EKO-DOK** v Polsku (viz <http://www.eko-dok.pl/>). Organizátoři ale nepovažovali za důležité nikoho z ČHMÚ pozvat.

Literatura:

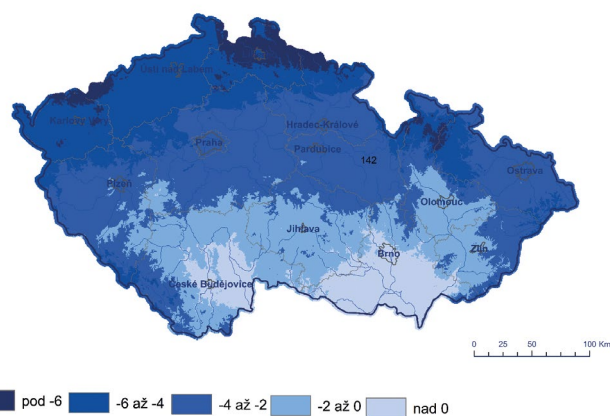
- ABRHidro, 2024. Bridging the gap between water science and solutions – A joint conference [online]. [cit. 2024-08-09]. Dostupné z WWW: <https://www.abrhidro.org.br/iebhe/>.
- CLERC-SCHWARZENBACH, F., SELLERI, G., NERI, M., TOTH, E., VAN MEERVELD, I., SEIBERT, J., 2024. Large-sample hydrology – a few camels or a whole caravan? *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol. **28**, No. 17, s. 4219–4237. ISSN 1607-7938. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/hess-28-4219-2024>.
- DAŇHELKA, J., 2023. 19. Kongres WMO. *Meteorologické zprávy*, roč. **76**, č. 3, s. 95–96. ISSN 0026-1173.
- DAVID, V., 2020. Vybrané kapitoly z historie rybníků: analýza historického vývoje rybníčních sítí ve vybraných územích. Praha: ČVUT. ISBN 978-80-01-06804-5.
- ELLEDER, L., ŠIROVÁ, J., 2023. MEF application- the extreme floods are already in maps! *Geophysical Research Abstracts*, Vol. **25**, Article no. EGU23-3160. ISSN 1607-7962. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-3160>.
- FISCHER, M., PAVLÍK, P., VIZINA, A., BERNSTEINOVÁ, J., PARAJKA, J. et al., 2023. Attributing the drivers of runoff decline in the Thaya river basin. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Vol. **48**, Article no. 101436. ISSN 2214-5818. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101436>.
- IAHS, 2023a. 2023 International Hydrology Prize medallists [online]. [cit. 2024-08-09]. Dostupné z WWW: <https://iahs.info/News/news/2023-international-hydrology-prize-medallists>.
- IAHS, 2023b. HSI AWARDS [online]. [cit. 2024-08-09]. Dostupné z WWW: <https://iahs.info/Publications-News/Hydrological-Sciences-Journal/Awards/>.
- ICWGRC, 2024. International Centre for Water Resources and Global Change [online]. [cit. 2024-08-09]. Dostupné z WWW: <https://waterandchange.org/en/>.
- JENICEK, M., TYL, R., NEDELCEV, O., LEDVINKA, O., ŠERCL, P. et al., 2024. CAMELS-CZ: A catchment attribute database for hydrological and climatological studies using a large sample of catchments. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. **26**, Article no. EGU24-3872. ISSN 1607-7962. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-3872>.
- KNOBEN, W. J. M., FREER, J. E., WOODS, R. A., 2019. Technical note: Inherent benchmark or not? Comparing Nash–Sutcliffe and Kling–Gupta efficiency scores. *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol. **23**, No. 10, s. 4323–4331. ISSN 1607-7938. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/hess-23-4323-2019>.

- LEDVINKA, O., VACKOVA, K., STOVICEK, V., 2023. Predictability of monthly precipitation and air temperature in Czechia based on selected large-scale climate pattern indices. In: The 28th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics: IUGG Berlin 2023 [online]. Berlin: C-IN [cit. 2024-08-09]. Dostupné z WWW: https://c-in.floq.live/event/iugg2023berlin/daily_program_iahs?objectClass=timeslot&objectId=649483f664c73802ac745a4c&type=detail.
- LEDVINKA, O., 2023. Vybrané mezinárodní aktivity hydrologů ČHMÚ v roce 2022. *Meteorologické zprávy*, roč. 76, č. 1, s. 28–32. ISSN 0026-1173.
- PAVLÍK, P., FISCHER, M., VIZINA, A., PARAJKA, J., ANDERSON, M. et al., 2023. Deciphering the declining runoff in the Thaya river basin. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 25, Article no. EGU23-14395. ISSN 1607-7962. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-14395>.
- PECHA, M., ČEKAL, R., LEDVINKA, O., LAMAČOVÁ, A., VLNAS, R. et al., 2022. Informační systém o stavu a vývoji sucha na území České republiky. *Meteorologické zprávy*, roč. 75, č. 6, s. 165–169. ISSN 0026-1173.
- POH, 2023. Magdeburský seminář o ochraně vod 2023 Magdeburger Gewässerschutzseminar 2023 [online]. [cit. 2024-08-09]. Dostupné z WWW: <https://www.poh.cz/magdebursky-seminar-o-ochrane-vod-2023-magdeburger-gewasserschutzseminar-2023/ds-1188/p1=3768>.
- RANDUSOVÁ, B. (ed.), 2023. Konferencia mladých odborníkov. 9. november 2023 [online]. Slovenský Hydrometeorologický ústav [cit. 2024-08-09]. ISBN 978-80-999295-4-9. Dostupné z WWW: <https://kmo.shmu.sk/>.
- SC, 2024. Capacity Building Workshop on Hydrological Data Exchange, Standardization and Interoperability [online]. [cit. 2024-08-09]. Dostupné z WWW: <https://www.savacommission.org/en/capacity-building-workshop-on-hydrological-data-exchange-standardization-and-interoperability/12329>.
- SERCL, P., PECHA, M., NOVAK, P., KYZNAKOVA, H., LEDVINKA, O., SVOBODA, V., DANHELKA, J., 2023. Flash Flood Indicator [online]. Czech Hydrometeorological Institute [cit. 2024-08-09]. ISBN 978-80-7653-050-8. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/nakladatelstvi/publikace_ke-stazeni.html.
- UNESCO, 2022. IHP-IX: Strategic Plan of the Intergovernmental Hydrological Programme: Science for a Water Secure World in a Changing Environment, ninth phase 2022–2029 [online]. UNESCO [cit. 2024-08-09]. Dostupné z WWW: https://unesdoc.unesco.org/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_9aabb773=6-e5e4-f1d-6b4a6-3b55a7766aa?_381318eng.pdf&to=52&from=1#pdfjs.action=download.
- UNESCO, 2023. IHP-IX: Operational Implementation Plan: Key Activities and Output-Level Performance Indicators; Science for a Water Secure World in a Changing Environment, Ninth Phase 2022–2029 [online]. UNESCO / Division of Water Sciences [cit. 2024-08-09]. Dostupné z WWW: https://unesdoc.unesco.org/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_8b69c444=-0c3b468-b8925-0188-12f9552f?_384615eng.pdf&to=35&from=1#pdfjs.action=download.
- VAN LANEN, H. A. J., DEMUTH, S., DANIELL, T., HANNAH, D. M., LAAHA, G. et al., 2014. Over 25 years of FRIEND-Water: an overview. In: DANIELL, T. (ed.): *Hydrology in a Changing World: Environmental and Human Dimensions*. Wallingford, Oxfordshire, UK: IAHS Press, IAHS Red Book, Vol. 363, s. 1–8. ISBN 978-1-907161-41-4.
- WMO, 2024. Capacity Building Workshop on Hydrological Data Exchange, Standardization, Interoperability in RA VI [online]. [cit. 2024-08-09]. Dostupné z WWW: <https://wmo.int/events/workshop/capacity-building-workshop-hydrological-data-exchange-standardization-interoperability-ra-vi>.

Ondřej Ledvinka

Mrazy v dubnu 2024

Ve druhé polovině dubna 2024 za synoptické situace B – brázda nízkého tlaku nad střední Evropou (předběžné vyhodnocení) přišly ranní mrazy, při kterých vznikly poměrně velké škody především na ovoci. Plošný průměr denních minim byl v Česku za období od 18. do 26. dubna o 4,2 °C nižší než dlouhodobý průměr denních minim od roku 1991. To se sice nejvíe jako příliš velký rozdíl, ale nastalo to po nadprůměrně teplých měsících února (odchylka +6,1 °C od normálu) a března (+3,8 °C), a tím došlo k urychlení jednotlivých fenologických fází včetně kvetení, které nastalo většinou těsně před příchodem mrazů. Největší rozdíly průměru denních minim v daném období od dlouhodobého průměru nastaly na pobočkách ČHMÚ Ústí nad Labem (–4,8 °C), Hradec Králové (–4,7 °C), Praha (–4,5 °C) a Ostrava (–4,3 °C). Nejchladnějším dnem byl 23. duben s průměrným denním minimem v Česku –2,7 °C a na stanici Hejnice s minimem –6,5 °C a odchylkou od dlouhodobého průměru denního minima pro toto datum a stanici –11,6 °C.



Denní minimum teploty vzduchu ve 2 m nad zemí 23. 4. 2024.



Snímek mrazem sežehnutého ovocného stromu. Foto: Adobe Stock.

Pro vegetaci byla nejkritičtější noc z 22. dubna na 23. dubna 2024, pomrzly květy či plody nejen ovocných dřevin (zejména třešní, jablem a hrušní), ale i volně rostoucí stromů (např. u trnek, habrů, javorů, buků, dubů a dalších). Nepříznivá situace byla téměř na celém území České republiky kromě části jižní Moravy a jižních Čech.

Luboš Němec, Lenka Hájková

Velikonoční písečný prach ze Sahary

Monitoring pomocí dálkového průzkumu

Transport částic ze Sahary během velikonočních svátků bylo možné mimo jiné zaznamenat distančními monitorovacími metodami (dálkový průzkum), jakými jsou optické lidary (konkrétně tzv. ceilometry) nebo za pomoci družicových snímků.

Ceilometry jsou optická zařízení, která měří vertikální dohlednost a výšku základen oblačnosti na základě ze země vysílaných paprsků světla do atmosféry s maximálním dosahem 7 až 12 km a následného měření intenzity zpětné odrazivosti světla. Modrá barva v grafických výstupech ze zařízení signalizuje čistou atmosféru (bez oblačnosti, srážek a částic). Žlutá až oranžová barva pak značí výskyt vyššího množství prachových částic v ovzduší. Výskyt jednotlivých pater oblačnosti tvořených vodou nebo ledem či výskyt padajících srážek je zaznamenán sytě červenou barvou.

Saharský písečný prach byl detekován sítí ceilometrů napříč pevninskou částí Evropy i napříč Českou republikou. Na obr. 1 je zobrazena ukázka výstupu z ceilometru Kuchařovice (ČHMÚ) s detekovanou vrstvou saharského písečného prachu v dotčených dnech.

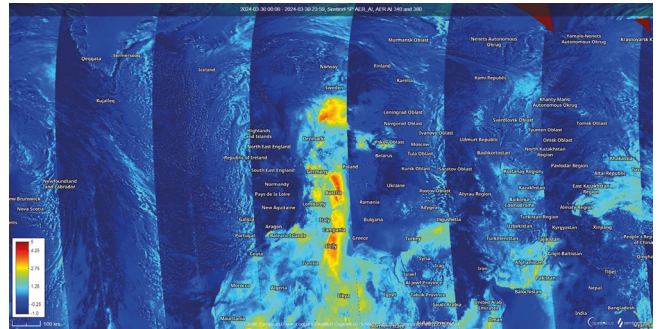
Všechny výstupy (aktuální i historická data) ze sítě ceilometrů v různých státech Evropy včetně celé České republiky jsou veřejně dostupné v rámci mezinárodního programu EUMETNET E-PROFILE.

Částice v atmosféře můžeme pozorovat i s pomocí družic z vesmíru, např. z evropské družice Sentinel-5P. Na obr. 2 je znázorněn aerosolový index, což je kvalitativní index pro výskyt částic v atmosféře. Je počítán z pásma dvou vlnových délek, v tomto případě 340 a 380 nm, a umožňuje detekovat například i písečný prach či sopečný popel.

Obě výše zmíněné metody jsou schopny detekovat výskyt částic v atmosféře a jejich přesun v čase, nicméně primárně nestanovují jejich koncentrace.

Pozemní měření sítí imisního monitoringu

V důsledku přechodu saharského písečného prachu byly sítě pozemních stanic imisního monitoringu naměřeny výrazně zvýšené koncentrace větších prachových částic (PM_{10}), a to na různých místech v České republice. Situace s vysokými koncentracemi PM_{10} splnila podmínky pro vyhlášení smogových situací na většině našeho území, přičemž první byla vyhlášena v sobotu 30. března 2024 v Jihočeském kraji a Kraji Vysočina. Trvání smogové situace se prolínalo celými velikonočními svátky až do úterý 2. 4. 2024, kdy byla poslední smogová situace odvolána v regionech Moravskoslezského kraje.

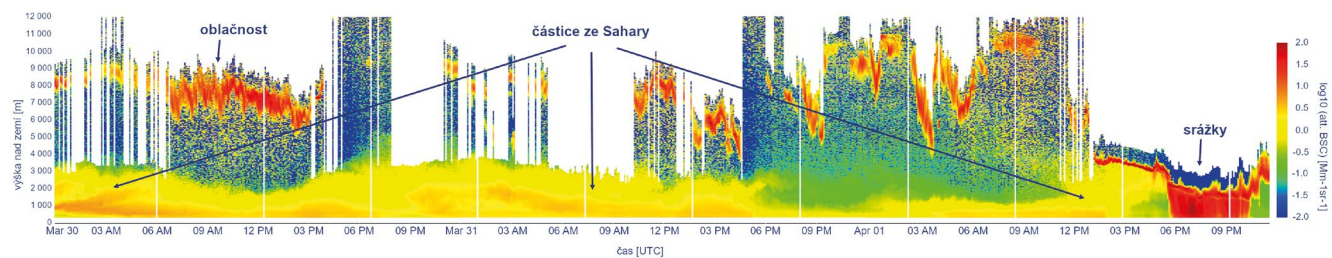


Obr. 2 Snímek z družice Sentinel-5P z 30. 3. 2024, na kterém lze vidět transport částic ze severu Afriky do střední Evropy a jejich dalších částí.

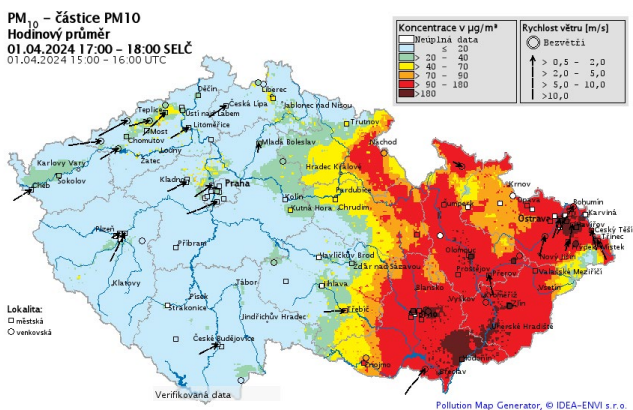
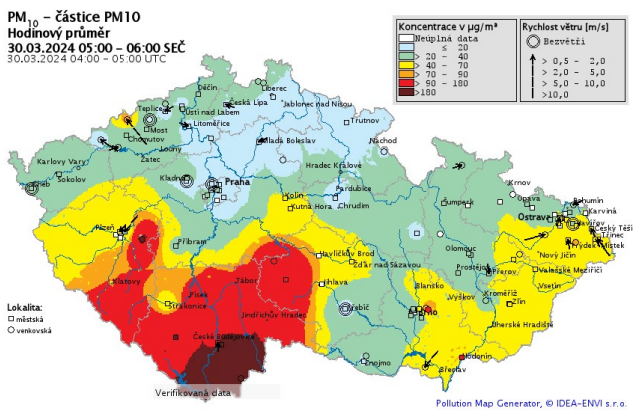
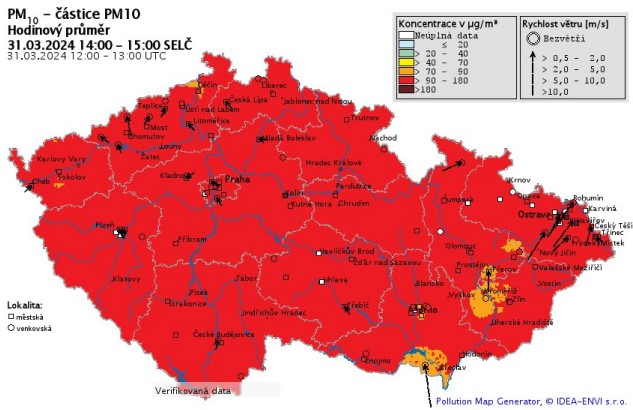
Na příchod saharského písečného prachu upozorňoval ČHMÚ s předstihem na sociálních sítích, avšak podmínky pro vyhlášení smogové situace, které jsou legislativně určeny zákonem č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší (a novelou platnou od 1. 1. 2017), byly naplněny až v sobotu 30. 3. 2024. Pravidla pro vyhlášení i odvolání smogových situací jsou totiž vázána na 12hodinové průměry koncentrací znečišťujících látek, v tomto případě PM_{10} , a dále na předpokládaný vývoj koncentrací v následujících 24 hodinách s ohledem na předpověď meteorologické situace.

Česko bylo saharským písečným prachem v minulosti zasaženo již několikrát, avšak takovýto nárůst koncentrací částic PM_{10} , a navíc v takovém plošném rozsahu jako nyní je velmi výjimečný. Příčinou byl pohyb vzdušné hmoty přenášející částice v nižších výškách, než je obvyklé. Můžeme předpokládat, že díky silnému, stabilnímu a déle trvajícím proudění, a s tím souvisejícím vertikálním promícháváním vzduchových hmot docházelo k přenosu písečného prachu z vyšších hladin do nižších.

Nejprve se koncentrace začaly zvyšovat v Jihočeském kraji, kdy například na stanici Hojná Voda v sobotu 30. 3. 2024 byla dosažena maximální koncentrace PM_{10} o hodnotě $264,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ve 4 hodiny ráno (místního času). Následně se vysoké koncentrace začaly projevovat i v dalších částech našeho území. Co do rozlohy, bylo území České republiky nej-



Obr. 1 Přechod saharského písečného prachu zaznamenaný ceilometrem na stanici Kuchařovice (Jihomoravský kraj) ve dnech 30. 3. 2024 až 1. 4. 2024. Vrstva aerosolu (saharského písku) je zobrazena žlutou až oranžovou barvou, vrstvy oblačnosti jsou zobrazeny červenou barvou, srážky 1. 4. 2024 po 20:00 SELČ jsou zobrazeny červenou barvou dosahující země.



Obr. 3 Přechod písečného prachu přes území ČR z pohledu pozemního měření a mapování. Vysoké koncentrace PM₁₀ byly nejprve zaznamenány 30. 3. 2024 v brzkých ranních hodinách v Jihočeském kraji. Postupně dne 30. 3. 2024 a 31. 3. 2024 byly vysoké koncentrace zaznamenány po celé České republice a následně 1. 4. 2024 přetrvávaly už jen ve východní části naší republiky.

více zasažené v odpoledních hodinách 30. a 31. března. Dne 1. dubna odpoledne se držely zvýšené hodinové koncentrace především ve východní části republiky a postupně ustupovaly směrem k severovýchodní části Moravskoslezského kraje (obr. 3). Například v Jihomoravském kraji v Hodoníně byla v odpoledních hodinách naměřena koncentrace částic PM₁₀ o hodnotě 270,0 µg·m⁻³.

ČHMÚ se této problematice bude dále věnovat, a to i s ohledem na skutečnost, že jsou tyto situace v posledních letech častější než dříve. Předmětem zkoumání bude například důvod, proč se tentokrát přechod částic tak výrazně projevil na kvalitě ovzduší, zda byla situace horší v městské zástavbě nebo mimo město, či například zda hrála u koncentrací roli nadmořská výška stanice.

Petra Bauerová, Adriana Šindelářová, Jáchym Brzezina, Vladimíra Volná



Opustila nás Natálie Slabá

23. srpna 2024 zemřela po těžké nemoci paní Natálie Slabá, p. g. Narodila se 25. 9. 1935 v Moskvě. Vystudovala Geografickou fakultu Lomonosovovy univerzity v době, kdy vedl katedru meteorologie a klimatologie profesor Chromov. V ČHMÚ byla zaměstnaná od roku 1959. Věnovala

se především práci v staniční síti a její Návod pro pozorovatele meteorologických stanic ČSSR z roku 1972 byl výbornou pomůckou nejen pro pozorovatele. Přestože mluvila s nenapodobitelným přízvukem, její psanou češtinu by jí mohla závidět většina našich současníků.

Svého manžela Sylvestra, se kterým se seznámila během jeho studijního pobytu v Sovětském svazu, si vzala v roce 1957. Vychovali tři děti a dočkali se sedmi vnuků a nejméně deseti pravnuků. Ráda se bavila, účastnila se všech společenských akcí a při těch sportovních byla ochotna za úspěch svého družstva vypustit duši.

Její nástup do práce nebyl bez potíží. V letech po roce 1968 jí její národnost zrovna nepomáhala k navazování dobrých vztahů na pracovišti. Svou nekonfliktní povahou však většinu problémů úspěšně překonala, a především s pracovníky odboru profesionálních meteorologických stanic, kde byla vedoucí v letech 1967 až 1979, pomáhala vytvořit dobrý pracovní tým. Ze vzpomínek pozorovatelů stanice na Lysé hoře vyplývá, že byla přísnou vedoucí a měla i svézázné kontrolní metody. Dokázala desítky minut ležet ve sněhové závěji, aby se přesvědčila, že obsluha dodržuje termín 01 SEČ při měření srážek, kdy pozorovatele překvapila, a nakonec i pochválila. Po odchodu do důchodu po roce 1989 se věnovala průvodcovské činnosti a spolu s manželem byli aktivní členové meteorologické společnosti a rádi se účastnili všech akcí. Naposledy jsem s Natašou mluvil, když mi upřesňovala moje vzpomínky na Sylvu před osmi lety. Měl jsem ji rád a budu na ni vzpomínat jen v dobrém.

Luboš Němec

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. Kašpar, 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

E. Plavcová, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha, Česká 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. Voženílek, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, Česká republika

Abstracting and Indexing:

Meteorological and Geostrophysical Abstracts

Tisk:

Akontext s. r. o., Zárybničná 2048/7, 141 00 Praha 4

CC BY-NC-ND

ISSN 0026-1173

ISSN 2788-3140 (on-line)

Registrační číslo MK ČR E 5107

© Meteorologické zprávy, Český hydrometeorologický ústav

Počasí, voda a ovzduší

2023

Český
hydrometeorologický
ústav



V této publikaci na vás čekají přehledné a srozumitelně podané nejdůležitější informace o meteorologii, klimatologii, hydrologii a kvalitě ovzduší za uplynulý rok. Najdete zde oblíbená témata, jako jsou teploty a srážky, ale také fascinující pohledy na neobvyklé a extrémní projevy počasí, které se odehrály během daného roku. Ideální čtení pro každého, kdo chce mít přehled o tom, jak se mění naše klima!

Elektronická verze publikace je k dispozici na informačním webu ČHMÚ info.chmi.cz. Naleznete ji pod odkazem Roční shrnutí.

info.chmi.cz

Český
hydrometeorologický
ústav

