

Meteorologické zprávy

ROČNÍK
78–2025

6

153 Změny erytémového UV záření v České republice v období 1996–2024

Ladislav Metelka – Martin Stráník – Martin Staněk

160 Hydrologické vyhodnocení povodně v září 2024

Petr Šercl – Vojtěch Svoboda – Miloň Boháč

169 Jasoměry na ČHMÚ: pilotní projekt a perspektivy rozvoje

Lucie Marková

Meteorological
Bulletin

Český
hydrometeorologický
ústav



153 Changes in erythema UV radiation in the Czech Republic in the period 1996 to 2024

Ladislav Metelka – Martin Stráník – Martin Staněk

160 Hydrological evaluation of the flood in September 2024

Petr Šercl – Vojtěch Svoboda – Miloň Boháč

169 Sky quality meters at CHMI: a pilot project and development perspectives

Lucie Marková

Rozšiřuje – Free booking:

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

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

Změny erytémového UV záření v České republice v období 1996–2024

Changes in erythema UV radiation in the Czech Republic in the period 1996 to 2024

Ladislav Metelka, Martin Stráník, Martin Staněk

Český hydrometeorologický ústav
Solární a ozonové oddělení
Zámeček 456
500 08 Hradec Králové 8
✉ ladislav.metelka@chmi.cz

The doses of erythema UV radiation in the Czech Republic have shown a clearly increasing and statistically significant trend since 1996. However, it is not primarily caused by decreases in total ozone. With the exception of July and August, total ozone does not show clearly decreasing trend. But there is a close connection between the increase in erythema radiation and the energy sums of global radiation, which are strongly dependent on the duration of sunshine and therefore primarily on cloud cover. A neural model was trained to simulate the dependence of erythema radiation on ozone and global radiation, with the ability to simulate the annual course of the dependencies between predictors and the predicant. Several experiments were subsequently performed with the model in order to distinguish the influence of individual predictors (ozone, global radiation) on erythema UV radiation. These also confirmed that the decisive factor for the increase in erythema UV radiation in the monitored period was not ozone, but the increase in the duration of sunshine.

KLÍČOVÁ SLOVA: záření erytémové – záření globální – ozon celkový – svit sluneční – modelování empirické – sítě neuronové

KEYWORDS: erythema radiation – global radiation – total ozone – sunshine duration – empirical modelling – neural networks

1. Úvod

Destrukce ozonové vrstvy v našich oblastech dosáhla maxima kolem poloviny 90. let 20. století (Vaniček et al. 2012). Byl s tím spojen i nárůst intenzity UV záření, které má nepříznivý vliv na lidské zdraví (Čížková et al. 2018). Následně se předpokládala pozvolná regenerace ozonové vrstvy s tím, že k původním hodnotám, běžným do roku 1980, by se ozonová vrstva měla vrátit kolem poloviny 21. století (Vaniček et al. 2012). Po-

slední výzkumy ale ukazují, že proces regenerace ozonové vrstvy pokračuje pomaleji, než se předpokládalo. Zejména množství ozonu ve spodní stratosféře a množství celkového ozonu vykazují v posledních 20 letech spíše stagnaci, v některých oblastech ještě docházelo i k mírnému poklesu ozonu (ORMM 2024). Může to být způsobeno vlivem globálního oteplování, při kterém roste teplota troposféry, ale klesá teplota stratosféry, což narušuje meridionální Brewer-Dobsonovu cirkulaci, zodpovědnou za transport na ozon bohatých vzduchových hmot z nízkých do vyšších zeměpisných šířek. Také změny koncentrací některých látek, jako např. oxid uhličitý, metan nebo oxid dusný, a případně další (i nepovolené) emise chlorovaných uhlovodíků (CFC) mohou proces regenerace ozonové vrstvy i v budoucnosti ovlivňovat (ORMM 2024; Forster et al. 2021).

2. Měření celkového ozonu a erytémového UV záření v ČR

V České republice se celkový ozon měří od roku 1961 na Solární a ozonové observatoři ČHMÚ v Hradci Králové. Od počátku měření byl používán Dobsonův spektrofotometr č. 074, který je používán dodnes, ale pouze pro nejpřesnější typ měření, tedy DS (Direct Sun). Od roku 1994 je zde k dispozici i novější přístroj – Brewerův spektrofotometr č. 098 (jednoduchý monochromátor) a od roku 2004 i Brewerův spektrofotometr č. 184 (dvojitý monochromátor). Z důvodu přístrojové homogenity je od roku 1994 základním přístrojem pro měření celkového ozonu spektrofotometr č. 098. Spektrofotometr č. 184 se primárně používá k měření spektrálních intenzit UV záření. Podrobněji viz práce Vanička et al. (2012).

Pro měření erytémového UV záření jsou zde od roku 1996 v provozu UV biometry, které detekují erytémově vážené hodnoty UV záření, dopadajícího na zemský povrch. Erytémové záření je UV záření, spektrálně vážené tzv. akčním spektrem, kvantifikujícím citlivost lidské pokožky na UV záření dané vlnové délky, a vyjadřuje tak předpokládanou reakci pokožky na dopadající UV záření (zčervenání, při vyšších dávkách puchýře apod.) (CIE 2019). UV biometry mají nastavenou spektrální citlivost na UV záření podobnou, jako má lidská pokožka. Podrobněji viz práce Vanička et al. (2015) a Metelky (2018).

3. Data

Ke zpracování studie vývoje energetických sum erytémového UV záření byla použita následující data, naměřená na stanici Solární a ozonové observatoře v Hradci Králové (50°10'38,0" N, 15°50'19,2" E) v letech 1996–2024 (tab. 1):

Tab. 1 Použitá meteorologická data a jejich označení, období 1996–2024, stanice Nový Hradec Králové.
Table 1. Used meteorological data and their designation, period 1996–2024, station Nový Hradec Králové.

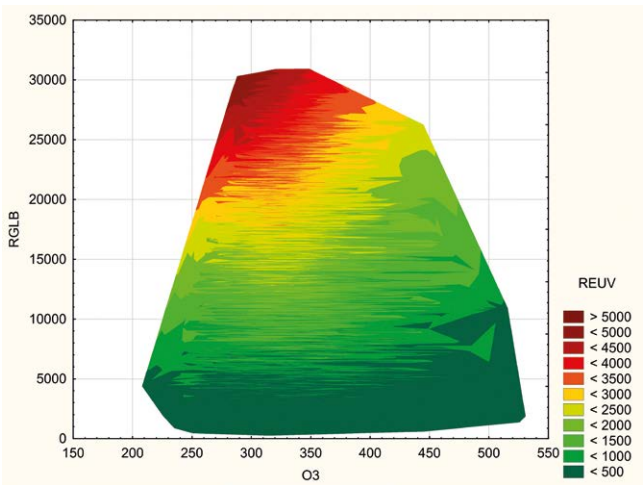
Označení	Prvek	Jednotky	Přístroj
R_{EUV}	denní energetické sumy erytémového UV záření	$J \cdot m^{-2}$	UV biometry Solar Light 501
O_3	denní průměry celkového ozonu	DU (Dobsonovy jednotky)	Brewerův spektrofotometr č. 098
R_{GLB}	denní energetické sumy globálního slunečního záření	$kJ \cdot m^{-2}$	Pyranometry CM-11 a CMP-11
SSV	denní doba slunečního svitu	hodiny	Campbell-Stokes, DSU-12, SD-5, SD-6

Homogenita časových řad R_{GLB} a SSV a korektní návaznost při změně přístrojů byly na SOO kontrolovány průběžně, podrobnosti a výsledky byly zveřejněny např. ve studii Vaníčka et al. (2015) a Pokorného a Vaníčka (2007).

4. Faktory, ovlivňující R_{EUV}

Mezi známé faktory, ovlivňující hodnoty R_{EUV} , patří zejména ozon (O_3) a globální sluneční záření (R_{GLB}). Závislost R_{EUV} na R_{GLB} a O_3 znázorňuje obr. 1.

Z obrázku je vidět jasná závislost R_{EUV} na O_3 i na R_{GLB} . Pro dané množství ozonu s rostoucími hodnotami R_{GLB} roste i R_{EUV} , pro dané hodnoty R_{GLB} s rostoucím množstvím ozonu R_{EUV} klesá. Jako další možný faktor se někdy uvádí i množství aerosolů v atmosféře (optická tloušťka atmosféry). Ta působí jak na R_{EUV} , tak i na R_{GLB} , ale poněkud různým způsobem a v různé míře, vzhledem k rozdílným vlnovým délkám detekovaného záření.



Obr. 1 Závislost naměřených hodnot R_{EUV} [$J \cdot m^{-2}$] (barevná škála) na R_{GLB} [$kJ \cdot m^{-2}$] a O_3 [DU], denní data, období 1996–2024.
Fig. 1. The dependency of measured R_{EUV} [$J \cdot m^{-2}$] (colour scale) on R_{GLB} [$kJ \cdot m^{-2}$] and O_3 [DU], daily data, period 1996–2024.

5. Lineární trendy v období 1996–2024

Vývoj celkového množství ozonu v období 1961–2011, včetně kombinace měření Dobsonovým a Brewerovým spektrofotometrem a doplnění chybějících dat v řadě měření Dobsonovým spektrofotometrem, je podrobně popsán v práci Vaníčka et al. (2012). Z tohoto zpracování je zřejmé, že minimálních hodnot dosahoval celkový ozon kolem roku 1995, po něm je naznačen mírný vzestup množství celkového ozonu.

Erytémové UV záření ale nebylo v práci Vaníčka et al. (2012) analyzováno, především z důvodu krátké datové řady, která byla v době zpracování k dispozici. Další informace o vývoji erytémového UV záření na stanici Hradec Králové byly ale publikovány v práci Čížkové et al. (2018).

Tab. 2 ukazuje měsíční a roční lineární trendy zkoumaných veličin (tj. denních energetických sum R_{EUV} a R_{GLB} , denních průměrů O_3 a denních délek SSV) za roky 1996–2024, včetně jejich statistické významnosti.

Tab. 2 Lineární trendy zpracovávaných denních sum (pro R_{EUV} , R_{GLB} a SSV) nebo průměrů (pro O_3) po měsících a za rok, období 1996–2024, stanice Nový Hradec Králové.

Table 2. Linear trends of processed daily sums (for R_{EUV} , R_{GLB} and SSV) or daily averages (for O_3) by month and for the year, period 1996–2024, Nový Hradec Králové station.

	R_{EUV} [$J \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$]	R_{GLB} [$kJ \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$]	O_3 [DU·rok ⁻¹]	SSV [h·rok ⁻¹]
I	+2,25 **	+4,82 –	+0,88 **	+0,003 –
II	+4,59 **	+8,79 –	–0,21 –	–0,003 –
III	+7,16 **	+58,03 **	+0,11 –	+0,041 *
IV	+6,21 **	+26,89 –	+0,10 –	+0,000 –
V	+1,79 –	+25,06 –	+0,21 *	–0,019 –
VI	+14,07 **	+100,01 **	–0,15 –	+0,038 –
VII	+24,75 **	+175,21 **	–0,24 **	+0,080 **
VIII	+10,72 **	+28,42 –	–0,21 **	–0,020 –
IX	+17,42 **	+127,23 **	–0,21 *	+0,089 **
X	+9,89 **	+58,61 **	–0,17 –	+0,032 *
XI	+3,11 **	+7,75 –	+0,23 –	–0,000 –
XII	+2,38 **	–3,89 –	–0,18 –	–0,028 **
I–XII	+7,55 **	+45,94 **	+0,03 –	+0,016 **

** = statisticky významný trend na 1% hladině významnosti / statistically significant trend at 1% significance level
* = statisticky významný trend na 5% hladině významnosti / statistically significant trend at 5% significance level
– = statisticky nevýznamný trend / statistically insignificant trend

Analýza lineárních trendů zpracovávaných veličin za období 1996–2024 (viz tab. 2) ukázala, že:

- lineární trend denních energetických sum R_{EUV} je okolo $+7,5 J \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$ a je statisticky významný na 1% hladině významnosti. To potvrzuje, že v posledních cca 30 letech došlo nad naším územím k nárůstu energetických sum erytémového UV záření. Při dlouhodobě průměrných denních energetických sumách R_{EUV} cca $1\,390 J \cdot m^{-2}$ jde o nárůst v průměru o cca 0,5 % ročně. Trendy R_{EUV} v jednotlivých měsících jsou vesměs rostoucí a s výjimkou května i statisticky významné na 1% hladině významnosti.

- lineární trend denních energetických sum R_{GLB} je kolem $+46 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ a je statisticky významný na 1% hladině významnosti. Při dlouhodobém průměru denních dávek R_{GLB} cca $11\,320 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ jde o průměrnou roční změnu o cca $+0,4 \%$. Až na prosinec jsou trendy rostoucí a v 5 měsících z 12 mají i stejnou statistickou významnost jako trendy denních sum R_{EUV} . Navíc v případě R_{EUV} a R_{GLB} jde o principiálně podobná měření (energetická suma záření z celé horní polosféry), která se liší jen vlnovými délkami detekovaného záření a vážením intenzit UV záření pomocí erytémového akčního spektra v případě R_{EUV} , viz např. Metelka (2018). Nejvíce se shodné trendy R_{EUV} a R_{GLB} projevují v období červen až říjen (s výjimkou srpna), které je z hlediska radiační energie velice bohaté.
- hodnoty denních průměrů O_3 vykazují v tomto období prakticky nulový trend (průměrný vzestup je v řádu jen setin DU ročně, což je výrazně pod nejistotou samotného měření). Trend je pochopitelně statisticky nevýznamný i na hladině významnosti 10 %. Výraznější a statisticky významný pokles na 1% hladině významnosti byl zaznamenán jen v červenci a srpnu.
- lineární trend denních sum SSV je $+0,016 \text{ h} \cdot \text{rok}^{-1}$ (cca 1 minuta za rok) a rovněž je statisticky významný na 1% hladině významnosti. Při střední denní době slunečního svitu 5 hodin je to nárůst v průměru o cca $0,3 \%$ ročně. U řady SSV nelze ale zcela vyloučit, že se zde i přes veškerou snahu o homogenizaci dat mohly mírně projevit zásadní změny přístrojového vybavení a metod měření ve zpracovávaném období (Campbell-Stokes versus SD5 a SD6), viz práce Vanička et al. (2015) a Pokorného a Vanička (2007). Z měsíčních trendů se statisticky významné (na 1% hladině významnosti) nárůsty SSV projevují jen v červenci a září a poklesy v prosinci.

Analýza trendů vede k závěru, že k vysvětlení trendů denních sum R_{EUV} nemusejí stačit jen změny O_3 , ale že by tyto trendy měly být ovlivňovány ještě nějakým dalším faktorem. Tím by mohly být trendy energetické sumy globálního záření R_{GLB} .

6. Modelování vztahu mezi

R_{GLB} , O_3 a R_{EUV}

Závislost R_{EUV} na R_{GLB} a O_3 může být obecně poměrně složitá a nelineární. Konkrétní analytickou podobu parciálních závislostí však lze jen těžko odhadnout bez poměrně komplikovaného modelování transformace UV záření v atmosféře, ať již působením ozonu, oblačnosti nebo obou faktorů zároveň. Z tohoto důvodu jsme přistoupili k empirickému modelování pomocí neuronových sítí regresního typu. Velkou výhodou neuronových sítí je, že na rozdíl od klasických regresních metod nevyžadují předem definovaný tvar závislosti mezi nezávisle a závisle proměnnými (regresní rovnici, pro kterou jen hledáme optimální parametry), ale jsou schopny tvar závislosti odvodit a nasimulovat samy přímo z dat. Jsou tedy velice adaptabilní, což je velká výhoda, zejména u komplikovaných nebo nejasných závislostí.

Neuronové sítě se trénují z náhodného počátečního stavu. Do sítě se postupně zadávají data z tréninkového subsetu, síť spočítá výstup, porovná ho s daty závisle proměnné (tj. s požadovaným výstupem) a upraví volné parametry sítě tak, aby se chyba sítě zmenšila a výkon sítě zlepšil. Datový soubor se takto vkládá do sítě opakovaně, v mnoha cyklech (epochách), dokud se výkon sítě na nezávislém testovacím subsetu zlepšuje.

Vstupními daty do neuronového modelu jsou hodnoty R_{GLB} a O_3 , výstupní proměnnou je R_{EUV} . Zde je ale nutno připomenout, že závislost mezi R_{GLB} a O_3 na jedné straně a R_{EUV} na straně druhé, může mít nezanedbatelný roční chod. V tom případě je nutné do modelu zadat informaci o poloze zpracovávaného dne v rámci ročního chodu, aby se model naučil pracovat i s ročním chodem závislosti mezi prediktory (R_{GLB} a O_3) a prediktandem (R_{EUV}), jinak by modeloval závislosti bez ohledu na pozici dat v rámci ročního chodu.

Definovat pozici v rámci ročního chodu např. pomocí pořadového čísla dne v roce (*DoY* – Day of Year) zde ale není optimální. Rozdíly tvaru závislosti mezi 31. 12. a 1. 1. následujícího roku budou minimální (jsou to „sousední“ dny), ale rozdíl v pořadovém čísle dne je tu velký (365 versus 1). Hodnoty tedy „sousední“ nejsou, je tam zřejmá diskontinuita a neuronová síť by ji přenesla i do způsobu modelování závislosti. Pro tyto účely je vhodné definovat dva dodatečné tzv. cirkulární neurony ve vstupní vrstvě sítě, a to pomocí sinové a kosinové transformace pořadového čísla dne v roce jako:

$$\cos(\text{DoY}) = \cos\left(\frac{\text{DoY}}{365,25} \cdot 2 \cdot \pi\right) \quad (1)$$

$$\sin(\text{DoY}) = \sin\left(\frac{\text{DoY}}{365,25} \cdot 2 \cdot \pi\right) \quad (2)$$

kde *DoY* je pořadové číslo dne v roce.

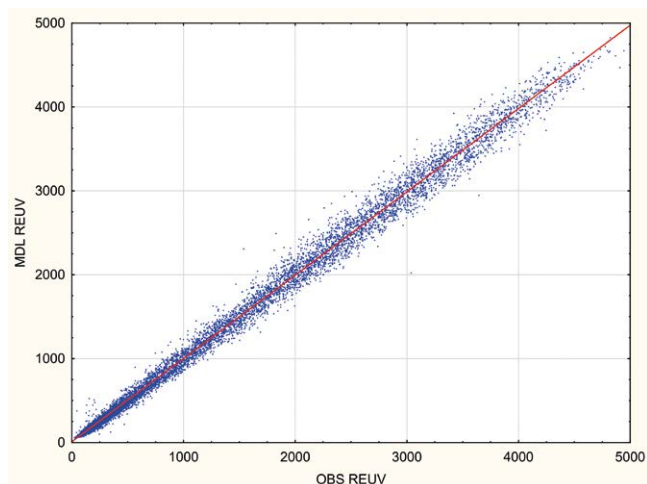
Je zřejmé, že jak kosinová, tak sinová složka jsou spojitě, ale žádná z nich sama o sobě nepopisuje pozici v rámci ročního chodu jednoznačně (např. $\sin 0 = \sin \pi$, $\cos \pi/2 = \cos 3\pi/2$ apod.). Proto je nutné vždy použít obě transformace současně, ty v kombinaci pak už spojitě i jednoznačně jsou.

Jako prediktory byla tedy použita data R_{GLB} a O_3 a společně s nimi $\sin(\text{DoY})$ a $\cos(\text{DoY})$ k vyjádření pozice daného dne v rámci ročního chodu podle rovnic (1) a (2). Model tedy měl 4 prediktory – O_3 , R_{GLB} , $\sin(\text{DoY})$ a $\cos(\text{DoY})$ a jeden prediktand (R_{EUV}).

Následně bylo nutné odhadnout (kvazi)optimální hyperparametry neuronové sítě. Byla provedena řada testů, na základě kterých byla vybrána síť s jednou skrytou vrstvou, 15 neuronů ve skryté vrstvě, tedy síť s architekturou 4-15-1. Taková síť má celkem 95 stupňů volnosti. To je výrazně méně, než je rozsah datového souboru (9 226 datových vektorů), což je nezbytné k tomu, aby se omezilo riziko přetrénování sítě a aby síť byla schopna nalezené závislosti mezi prediktory a prediktandem dobře zobecnit. Jako aktivační funkce neuronů byla použita logistická funkce, což je poměrně obvyklá volba. Obvyklá je i volba chybové funkce, v tomto případě součet čtverců chyb. K tréninku sítě byl použit tréninkový algoritmus BFGS (Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno, patří mezi kvazi-Newtonovské metody), inicializace sítě byla náhodná podle normálního rozdělení. Jako další opatření proti přetrénování sítě bylo použito včasné zastavení tréninku („early stopping“), při kterém se trénink sítě ukončoval, pokud nedošlo ke zlepšení výkonu sítě na testovacím subsetu během 100 epoch. Dále bylo rozhodnuto nespolehat na jednu síť, ale vytrénovat ansámbl 100 sítí, přičemž pro každou z nich bylo provedeno nové náhodné dělení datového souboru na tréninkový a testovací subset v poměru 80 % / 20 % (testovací data jsou nutná k odhadu výkonu sítě během tréninku). Použitím ansámblu sítí se potlačí vliv náhodných efektů, které mohou nastat při dělení datového

souboru na tréninkový a testovací subset. Validační subsety nebyly použity, protože jde o zpracování dat za uzavřené časové období a do vytrénovaných sítí nebudou vkládána žádná nová nezávislá data mimo toto období.

Výsledný model se ukázal jako velice dobrý. Korelační koeficienty mezi naměřenými a modelovanými hodnotami byly pro všechny sítě i jejich ansámbl ve všech měsících v rozmezí 0,996–0,997. Závislost ansámblových průměrů modelovaných hodnot ($MDL R_{EUV}$) na naměřených hodnotách ($OBS R_{EUV}$) je na obr. 2. To ukazuje, že hodnoty R_{EUV} lze poměrně přesně namodelovat pomocí dat R_{GLB} a O_3 , pokud neuronová síť pracuje i s ročním chodem závislostí.



Obr. 2 Závislost modelovaných hodnot $MDL R_{EUV}$ (ansámblový průměr) a naměřených hodnot $OBS R_{EUV}$ [$J \cdot m^{-2}$].
Fig. 2. The relation between modelled values $MDL R_{EUV}$ (ensemble mean) and measured values of $OBS R_{EUV}$ [$J \cdot m^{-2}$].

7. Experimenty s výsledným modelem

Model, který dobře popisuje vztah mezi R_{GLB} a O_3 na jedné straně a R_{EUV} na straně druhé, navíc v závislosti na pozici dne v rámci ročního chodu, umožňuje provádět i určité experimenty. Jedním z možných experimentů je separace variability způsobené různými prediktory. Pro tento účel je možné jeden z prediktorů zafixovat na jeho průměrných hodnotách, eliminuje se tím jeho časová variabilita a časový vývoj vypočítaných hodnot je pak závislý pouze na časovém vývoji hodnot druhého prediktoru. Vzhledem k tomu, že byl model sestaven i s uvážením ročního cyklu závislostí, nelze tady jednoduše zafixovat hodnoty prediktorů na jejich průměrných hodnotách. Je třeba zafixovat je na hodnotách průměrného ročního chodu, který zachovává charakter průběhu hodnot v průběhu roku, ale eliminuje dlouhodobější trend dané veličiny.

Je řada možností, jak odhadnout průměrný roční chod dané veličiny, např. průměrování hodnot přes delší časový úsek v určitém „okně“ kalendářních dní, případně zprůměrování hodnot pro daný den za více let a následně shlazení výsledků. Některé tyto metody ale mají nevýhodu např. v tom, že výsledný roční chod příliš shlazuje.

Neuronové sítě nabízejí ještě další možnost – použít jako prediktory pouze $SIN(DoY)$ a $COS(DoY)$ a jako prediktand danou

veličinu (O_3 nebo R_{EUV}). Síť se takto naučí simulovat hodnoty dané veličiny pouze v závislosti na pozici dne v rámci ročního chodu. Výhodou této metody je to, že neshlazuje a nejsou třeba žádné předpoklady o tvaru křivky ročního chodu. Navíc na dobré vyjádření ročního chodu stačí zpravidla velice jednoduché sítě se standardním nastavením hyperparametrů (algoritmus BFGS, součet čtverců chyb jako chybová funkce, náhodné převzorkování, atd.).

Tato metoda byla tedy použita k odhadu průměrného ročního chodu O_3 a R_{GLB} , použity byly jen malé sítě s architekturou 2-2-1. Výsledkem byl i zde průměr přes vytrénovaný ansámbl 100 sítí.

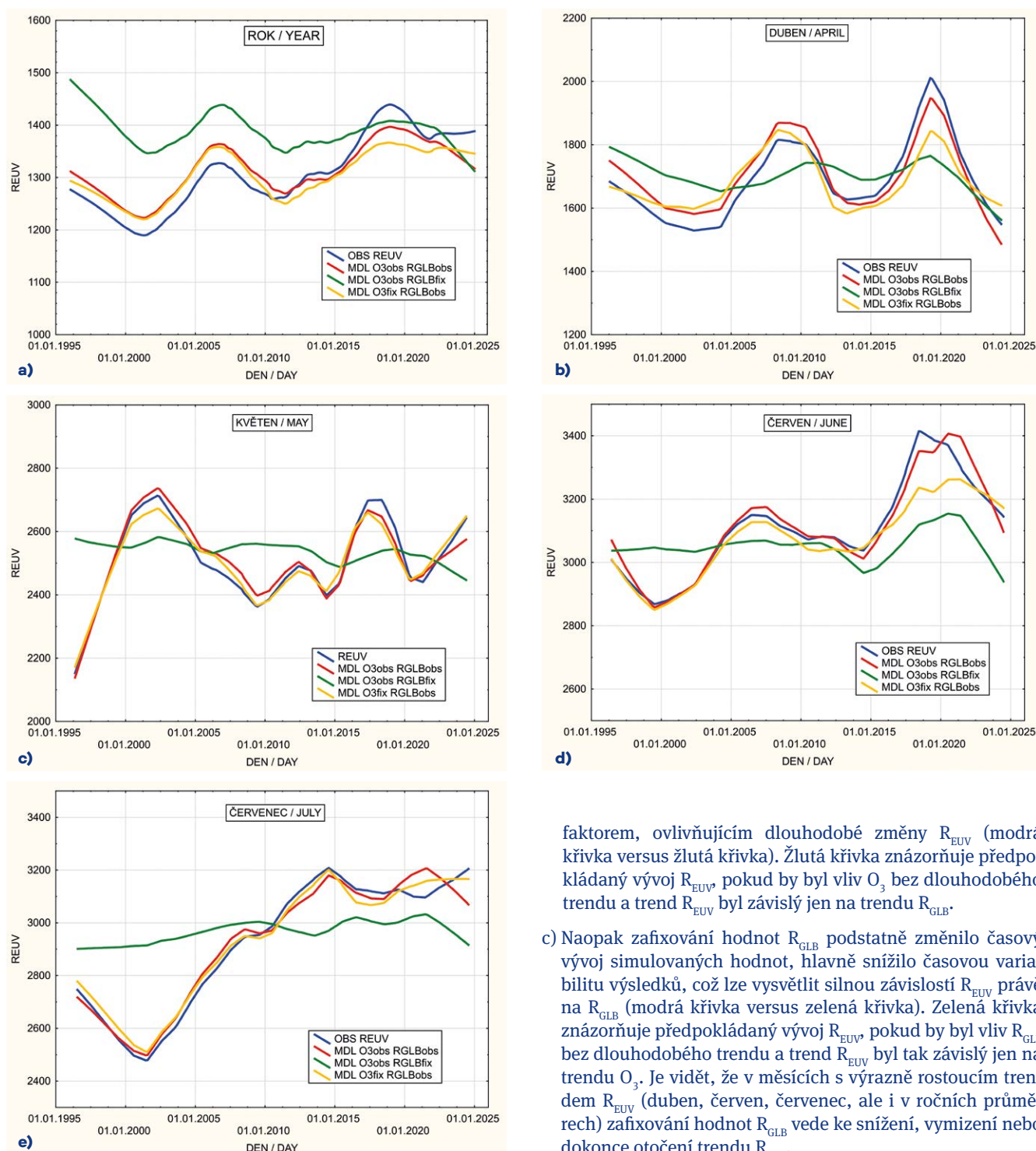
S využitím dat průměrných ročních chodů byly následně provedeny některé experimenty s modelem pro výpočet hodnot R_{EUV} :

- Experiment A: R_{EUV} počítáno pro O_3 i R_{GLB} z měření (označeno „MDL O3obs RGLBobs“). Porovnání modelovaných hodnot R_{EUV} s naměřenými ukazuje, jak je neuronový model ve shodě s realitou.
- Experiment B: R_{EUV} počítáno pro O_3 , fixované na jeho průměrném ročním chodu a R_{GLB} z měření (označeno „MDL O3fix RGLBobs“). Porovnání s naměřenými hodnotami R_{EUV} ukazuje, jaký je vliv samotného R_{GLB} na hodnoty R_{EUV} , bez dlouhodobých změn O_3 .
- Experiment C: R_{EUV} počítáno pro O_3 z měření a R_{GLB} , fixované na jeho průměrném ročním chodu (označeno „MDL O3obs RGLBfix“). Porovnání s naměřenými hodnotami R_{EUV} ukazuje, jaký je vliv samotného O_3 na hodnoty R_{EUV} , bez dlouhodobých změn R_{GLB} .
- Experiment D: V červenci a srpnu byly zaznamenány statisticky významné poklesy O_3 o 0,21 až 0,24 DU za rok. To představuje za zpracovávaných 29 let systematický pokles o cca 6–7 DU. Proto byl pro červenec a srpen spočítán experiment podobný jako B, ale s hodnotami O3fix sníženými o 6 DU. Rozdíl mezi simulací se zafixovaným ročním chodem O_3 a ročním chodem, sníženým o 6 DU, by měl ukázat, jaký vliv na R_{EUV} má snížení množství ozonu právě o 6 DU za jinak stejných podmínek.

8. Výsledky experimentů

Experimenty A až C: Výsledky jsou graficky znázorněny na obr. 3 pro roční hodnoty a 4 energeticky bohaté měsíce – duben, květen, červen a červenec. Na grafech pro přehlednost nejsou vykresleny všechny jednotlivé hodnoty, ale pouze jejich průběh a vývoj v čase, shlazený pomocí robustní lokálně vážené regrese.

V zimních měsících je vypovídací schopnost výsledných grafů nižší, což je způsobeno především tím, že neuronová síť se v procesu tréninku snaží dobře zachytit závislosti především v energeticky bohatých měsících. I relativně malá chyba tam totiž může výrazně zvýšit součet čtverců chyb, zatímco v energeticky chudších měsících s podstatně nižšími energetickými sumami je vliv jednotlivých chyb na součet chybových čtverců výrazně menší. Nicméně roční energetická bilance záření je závislá především na energeticky bohatých měsících v teplém půlroce a kromě toho měsíce duben až červenec bývají nejproblématictější právě z hlediska příkonu erytemového UV záření.



Obr. 3 Výsledky experimentů A až C pro rok a měsíce duben, květen, červen a červenec. Denní energetické sumy R_{EUV} [$J \cdot m^{-2}$].
Fig. 3. Results of experiments A to C for the year and for April, May, June and July. Daily energetic sums of R_{EUV} [$J \cdot m^{-2}$].

Na základě grafů na obr. 3 lze formulovat několik dílčích závěrů:

- Simulace naměřených hodnot R_{EUV} pomocí naměřených hodnot O_3 a R_{GLB} je poměrně dobrá (modrá křivka versus červená křivka).
- Zafixování hodnot O_3 nevede k výraznějšímu zhoršení výsledků, O_3 tedy nebyl v období 1996–2024 dominantním

faktorem, ovlivňujícím dlouhodobé změny R_{EUV} (modrá křivka versus žlutá křivka). Žlutá křivka znázorňuje předpokládaný vývoj R_{EUV} pokud by byl vliv O_3 bez dlouhodobého trendu a trend R_{EUV} byl závislý jen na trendu R_{GLB} .

- Naopak zafixování hodnot R_{GLB} podstatně změnilo časový vývoj simulovaných hodnot, hlavně snížilo časovou variabilitu výsledků, což lze vysvětlit silnou závislostí R_{EUV} právě na R_{GLB} (modrá křivka versus zelená křivka). Zelená křivka znázorňuje předpokládaný vývoj R_{EUV} pokud by byl vliv R_{GLB} bez dlouhodobého trendu a trend R_{EUV} byl tak závislý jen na trendu O_3 . Je vidět, že v měsících s výrazně rostoucím trendem R_{EUV} (duben, červen, červenec, ale i v ročních průměrech) zafixování hodnot R_{GLB} vede ke snížení, vymizení nebo dokonce otočení trendu R_{EUV} .

Experiment D: Výsledkem snížení O_3 fix o 6 DU při zachování ostatních hodnot bylo zvýšení hodnot R_{EUV} v červenci a srpnu o cca 55–60 $J \cdot m^{-2}$ v denních průměrných energetických sumách. Pro srovnání v zimním období byl nárůst R_{EUV} jen do 10 $J \cdot m^{-2}$. Skutečný systematický nárůst R_{EUV} za 29 let byl ale podle lineárního trendu cca 700 $J \cdot m^{-2}$ pro červenec a 300 $J \cdot m^{-2}$ pro srpen, tedy podstatně více než kolik vychází při pouhém snížení množství ozonu o 6 DU. Znamená to, že zjištěný pokles celkového ozonu v červenci a srpnu nelze považovat za dominantní příčinu naměřeného nárůstu R_{EUV} i když zřejmě tento vliv nebyl v uvedených měsících zcela zanedbatelný. Vliv snížení množství O_3 o 6 DU na R_{EUV} lze odhadnout na 10–20 %.

Na základě těchto výsledků lze konstatovat, že v období 1996–2024 souvisí nárůst hodnot R_{EUV} především s nárůstem R_{GLB} , změny O_3 hrály v tomto procesu jen malou roli, a to i v energeticky bohatším letním období.

9. Příčiny rostoucího trendu R_{GLB}

Globální záření se skládá z přímé složky (záření z oblasti slunečního kotouče) a difuzní složky (záření oblohy mimo sluneční kotouč). Průměrný energetický poměr difuzní složky na celkovém globálním záření se během roku mění. V období 1996–2024 byl v zimních měsících v průměru kolem 80 %, v letních pak kolem 50–55 %.

Silně ale záleží na oblačnosti. Pokud je Slunce zakryto oblačností, je podíl difuzního záření 100%, naopak při jasné obloze v létě může být jen kolem 10 %. Dlouhodobý průměr za období 1996–2024 byl kolem 65 %.

Globální záření je ovlivňováno nejen oblačností, ale i množstvím aerosolů (drobných pevných nebo kapalných částic) v atmosféře. Aerosoly zvyšují jak absorpci, tak i rozptyl slunečního záření ve viditelné i UV oblasti a ovlivňují tím i energetické sumy R_{GLB} a R_{EUV} . Rostoucí trend R_{GLB} má tedy dvě možná vysvětlení, buď pokles oblačnosti, nebo pokles koncentrace aerosolů.

Dobrou charakteristikou množství oblačnosti je délka slunečního svitu. Je to doba, po kterou intenzita přímého slunečního záření je alespoň $120 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Tato hodnota je zvolena tak, aby při zakrytí Slunce oblačností nebyla dosažena, a naopak pokud je Slunce viditelné, aby byla překračována, i když je Slunce jen nízko nad obzorem.

Délka slunečního svitu je silně závislá především na oblačnosti. Její závislost na množství aerosolů je velice slabá. Zatímco aerosoly snižují hodnoty R_{GLB} po celý den, sluneční svit ovlivňují jen v okolí limitní hodnoty intenzity přímého záření $120 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Při slunečním svitu a Slunci výše nad obzorem jsou ale intenzity přímého záření zpravidla poměrně vysoko nad limitní hodnotou pro sluneční svit $120 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, takže ani mírné

snížení nebo zvýšení intenzity přímého záření vlivem změn množství aerosolů po naprostou většinu dne nevede k jejímu poklesu pod $120 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, a tedy ani ke zkrácení doby slunečního svitu. Vliv aerosolů na délku slunečního svitu by se mohl projevit prakticky jen v extrémně znečištěných oblastech (což lokalita Hradce Králové není), nebo jen v krátké době po východu nebo před západem Slunce, kdy sluneční paprsky procházejí znečištěnou atmosférou po delší dráze a vliv aerosolů na přímé sluneční záření se tak může uplatnit nejvíce. To jsou ale jen poměrně krátké časové úseky v průběhu každého dne.

Rozhodujícím faktorem, který ovlivňuje délku slunečního svitu, je tedy evidentně množství oblačnosti. Analýza vztahu mezi vývojem R_{GLB} a SSV pak může ukázat, zda jsou změny R_{GLB} způsobeny změnami SSV (a tedy změnami oblačnosti), nebo jinými faktory. Za tímto účelem byly analyzovány časové průběhy ročních průměrů R_{GLB} a SSV za roky 1996–2024. Výsledek je na obr. 4.

Na obr. 4 opět nejsou znázorněny jednotlivé hodnoty, ale pouze jejich shladený průběh pomocí robustní lokálně vážené regrese. Je ale patrné, že vývoj R_{GLB} velice silně souvisí s vývojem SSV a tedy především s oblačností. Z grafu je také vidět jasně rostoucí trend obou veličin.

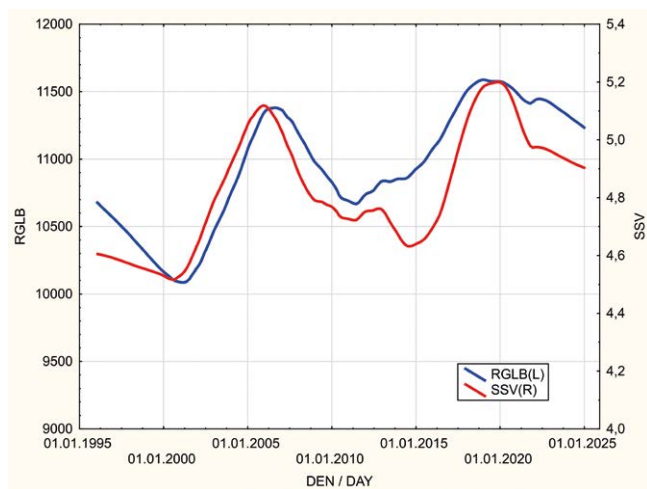
10. Závěr

Studie na období 1996–2024 ukázala, že detekovaný statisticky významný rostoucí trend denních sum erytémového UV záření (v posledních cca 30 letech v průměru asi o 0,5 % ročně) zřejmě nemá primární příčinu v klesajících hodnotách celkového ozonu. Poklesy ročních průměrů ozonu totiž nebyly v tomto období detekovány. K podobným výsledkům ale došli i další studie z prostoru střední Evropy, např. (Czerwińska et al. 2025), což naznačuje, že nejde o čistě lokální jev. Z energetiky bohatších měsíců ale byly detekovány statisticky významné poklesy ozonu v červenci a srpnu, a to průměrně o cca 6–7 DU za 29 let, a ty se mohly částečně podílet na růstu erytémového UV záření v těchto měsících.

Dominantní příčinou změn erytémového UV záření jsou zřejmě rostoucí délky slunečního svitu. V průměru je to v denních sumách asi o minutu za rok, během téměř 30 let to ale představuje prodloužení průměrné denní délky slunečního svitu téměř o 30 minut. To se pochopitelně projevuje nejen na hodnotách globálního slunečního záření, ale i na energetických sumách erytémového UV záření, protože narůstala doba, po kterou byla detekována přímá složka těchto záření.

Byl vytrénován neuronový model vztahu mezi globálním zářením a celkovým ozonem jako prediktory a sumami erytémového UV záření jako prediktandem, přičemž model bral v úvahu i roční chod závislosti mezi veličinami. Tento model následně umožnil separovat vlivy globálního záření a ozonu na sumy erytémového UV záření. Ukázalo se velice jasně, že dominantním faktorem, ovlivňujícím dávky erytémového záření je rostoucí délka slunečního svitu, která se projevuje velice podobně v datech erytémového UV záření i globálního slunečního záření. Vliv ozonu a aerosolů, pokud zde je, je podružný nebo v případě aerosolů nepřímý (možné ovlivňování procesu kondenzace vodní páry a tvorby oblačnosti).

Modelem simulovaný vliv systematického poklesu ozonu v červenci a srpnu o cca 6 DU za 29 let ukázal, že v těchto měsících by bylo možné připustit určitý nezanedbatelný vliv systema-



Obr. 4 Časový vývoj ročních průměrů denních sum R_{GLB} a SSV, shlazený robustní lokálně váženou regresí. R_{GLB} [$\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$], SSV [h].

Fig. 4. Time evolution of annual means of daily sums of R_{GLB} and SSV, smoothed with robust locally weighted regression. R_{GLB} [$\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$], SSV [h].

tického poklesu ozonu na dávky erytémového UV záření (ten-to vliv lze odhadnout na cca 10–20 % celkového růstu dávek erytémového UV záření), i když i tady zůstává dominantním faktorem nárůst délky slunečního svitu.

V případě erytémového záření tedy nejde většinou o zvýšení intenzity záření (k tomu by docházelo v případě výrazných poklesů celkového ozonu), energetické sumy erytémového záření jsou ovlivněny spíše prodloužením délky expozice přímé složce erytémového UV záření při prodloužení délky slunečního svitu. Jen v červenci a srpnu lze připustit malé zvýšení intenzit UV záření vlivem detekovaného poklesu množství celkového ozonu.

Nárůst délky slunečního svitu a hodnot globálního záření je v souladu s výsledky (Vaníček 2015), kde byly nárůsty globálního záření na našem území na konci 20. století detekovány. Souvisejí s jevem, kterému se říká „global brightening“, tedy s nárůstem krátkovlnného slunečního záření na zemském povrchu od 90. let 20. století, který byl zjištěn i na mnoha dalších místech na světě (Evropa, USA, Japonsko) (Forster et al. 2021).

Literatura:

- CIE, 2019. Erythema Reference Action Spectrum and Standard Erythema Dose. Commission Internationale de l'Eclairage, ISO/CIE 17166:2019(E).
- CZERWIŃSKA, A., KRZYŚCIN, J., JAROSLAWSKI, J., SOBOLEWSKI, P. S., PIETRUCZUK, A., 2025. Trends in Erythema Radiant Exposure from Re-evaluated Measurements (1976–2023) with Biometers in Belsk, Poland, and their Sources from Corresponding Ozone, Aerosol and Cloud Observations. *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. **25**, Issue 19, s. 12 497–12 512. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/acp-25-12497-2025>.
- ČÍŽKOVÁ, K., LÁSKA, K., METELKA, L., STANĚK, M., 2018. Reconstruction and Analysis of Erythema UV Radiation Time Series from Hradec Králové (Czech Republic) over the Past 50 Years. *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. **18**, Issue 3, s. 1 805–1 818. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/acp-18-1805-2018>.
- FORSTER, P. T., STORELVMO, K., ARMOUR, W., COLLINS, J.-L., DUFRESNE, D. et al., 2021. The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V. P., Zhai, A., Pirani, S. L., Connors, C., Péan, S. Berger, N. et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, s. 923–1054, doi: 10.1017/9781009157896.009 [on-line]. [cit. 10. 9. 2025]. Dostupné z https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter07.pdf.
- METELKA, L., 2018. Hodnoty Clear-Sky UV indexu na území ČR. *Meteorologické zprávy*, roč. **71**, č. 2, s. 33–38. ISSN 0026-1173.
- ORMM, 2024. Report of Part I of the Twelfth Meeting of the Ozone Research Managers of the Parties to the Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer. Geneva, 24–26 April 2024 [on-line]. [cit. 10. 9. 2025]. Dostupné z: https://ozone.unep.org/system/files/documents/ORM12_Report-part1.pdf.
- POKORNÝ, J., VANÍČEK, K., 2007. Automatizace měření slunečního svitu na stanicích Českého hydrometeorologického ústavu pomocí elektronických slunoměrů. *Meteorologické zprávy*, roč. **60**, č. 4, s. 106–116, ISSN 0026-1173.

VANÍČEK, K., METELKA, L., SKŘIVÁNKOVÁ, P., STANĚK, M., 2012. Dlouhodobé změny ozonové vrstvy nad územím České republiky. *Sborník prací ČHMÚ*, sv. **58**, Praha: ČHMÚ. ISBN 978-80-87577-07-3, ISSN 0232-0401.

VANÍČEK, K., DUBROVSKÁ, I., METELKA, L., POKORNÝ, J., 2015. Měření složek radiační bilance a dlouhodobé změny globálního záření v České republice. *Sborník prací ČHMÚ*, sv. **61**, Praha: ČHMÚ. ISBN 978-80-87577-51-6, ISSN 0232-0401.

Lektoři (Reviewers):

Mgr. Stanislava Kliegrová, Ph.D., Mgr. David Tichopád

Hydrologické vyhodnocení povodně v září 2024

Hydrological evaluation of the flood in September 2024

Petr Šercl, Vojtěch Svoboda, Miloň Boháč

Český hydrometeorologický ústav
Oddělení povrchových vod
Na Šabatce 2050/17
143 06 Praha 4-Komořany
✉ petr.sercl@chmi.cz

In September 2024, a flood occurred in the Czech Republic, ranking among the most significant hydrological events of the past several decades. The flood was caused by extreme precipitation totals, which in the most affected area of the Jeseníky region exceeded 500 mm over five days, with more than 300 mm falling on the windward side of the Jeseníky Mountains within 24 hours on September 14. The return period of peak flows exceeded 50 years at 60 gauging stations. In the Jeseníky region, the flood can be described as the largest recorded one in the entire period of observations, with an estimated return period even over 500 years. Before the flood, streamflows in the Czech Republic were often at hydrological-drought levels, which had a favourable effect on the development of the flood. Discharges began to increase substantially only after 60 to 100 mm of rainfall totals occurrence, demonstrating the significant retention capacity of the soil and landscape during dry periods. Since some regions experienced a second appearance of an extreme flood in less than 30 years (since July 1997), it will be necessary to verify the *N*-year discharges and very likely proceed with their revision.

KLÍČOVÁ SLOVA: povodeň – srážky extrémní – sucho hydrologické – koeficient odtokový – průtoky *N*-leté

KEYWORDS: flood – extreme precipitation – hydrological drought – runoff coefficient – *N*-year floods

1. Úvod

Povodeň v září 2024 zasáhla značnou část území České republiky a zařadila se mezi nejvýznamnější hydrologické události posledních desetiletí. Extrémní srážky, které vypadly během šesti dnů od 11. do 16. září, vedly k rozsáhlým záplavám zejména v povodích Odry, Moravy a částečně i horního Labe a Lužnice. Vyhodnocení povodně je věnována obsáhlá publi-

kace Českého hydrometeorologického ústavu a spolupracujících organizací a institucí (ČHMÚ 2025).

Charakteristickým rysem této povodně bylo, že zasáhla prakticky identické oblasti jako povodeň z července 1997 (ČHMÚ 1998), tedy po pouhých 27 letech. Opět bylo zasaženo zejména Jesenícko, oblast Krkonoš a částečně i Beskydy. Opakování extrémních povodňových událostí v tak krátkém časovém horizontu je z hydrologického hlediska výjimečným jevem, který vyžaduje důkladné zhodnocení a případnou revizi stávajících přístupů k hodnocení povodňového rizika.

Příčinou povodní byla tlaková níže Boris, která se vytvořila na výrazném frontálním rozhraní nad střední a jihovýchodní Evropou. Postup níže byl blokován mohutnými tlakovými výsemi nad západní a severovýchodní Evropou, takže níže setrvala několik dní ve stejné oblasti a nabírala velké množství vlhkosti z nadprůměrně teplých vod Středozemního a Černého moře. Kombinace příznivého synoptického nastavení, orografického zesílení srážek v horských oblastech a postupného nasycování půdy vytvořila podmínky pro vznik extrémní povodňové situace. Srážkové úhrny přesahovaly v některých lokalitách Jeseníků 500 mm za pět dnů s naměřeným maximem 704 mm ve stanici Švýčárna. Doby opakování čtyř a šestidenního úhrnu srážek přesáhly 100 let na 39 % hodnocených stanic.

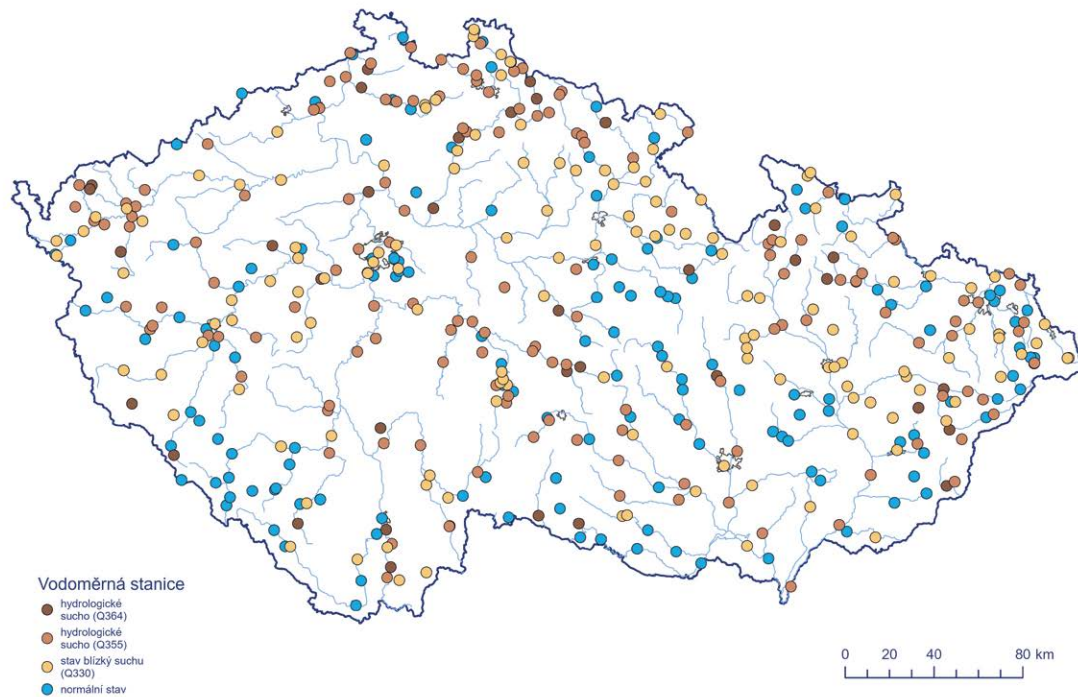
Článek se zaměřuje na komplexní hydrologické vyhodnocení této povodňové události, zahrnující analýzu předchozí hydrologické situace, extremitu povodně, bilanci srážek a odtoku a průběh povodňových vln na vybraných tocích. Zmíněna je problematika vyhodnocení průtoků v nejvíce postižených oblastech, kde došlo k rozsáhlým korytotvorným změnám, a diskutována je též nutnost revize stávajících hodnot *N*-letých průtoků. Důležitým aspektem je rovněž zhodnocení role vodních děl při transformaci povodňových vln a významu přesných předpovědí srážek pro operativní řízení těchto objektů.

2. Hydrologické vyhodnocení povodně

2.1 Hydrologická situace před povodní

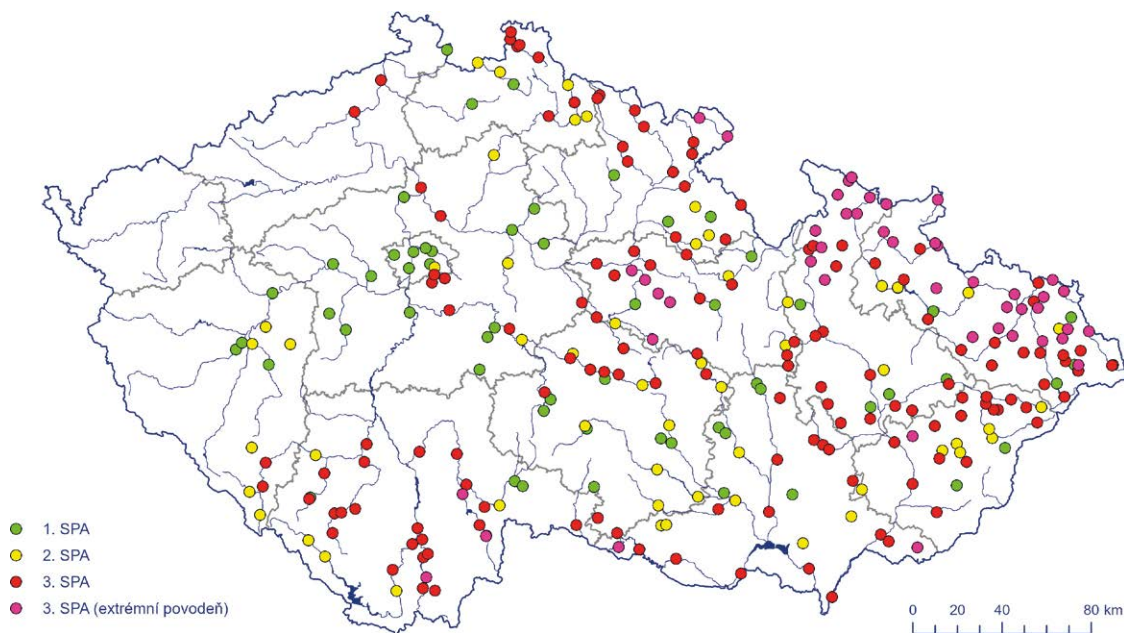
Teplota vzduchu na území ČR byla v červenci nadnormální a v srpnu silně nadnormální. Množství srážek bylo sice v mezích normálu, ale jejich výskyt byl územně velmi nerovnoměrný, protože srážky vypadávaly často ve formě lokálních bouřkových lijáků. Nadnormální teplota vzduchu a nerovnoměrné rozložení srážek na území ČR vedly vlivem zvýšeného výparu k postupnému narůstání velikosti území s výskytem hydrologického sucha.

Nárůst plochy postižené hydrologickým suchem, a tím i vodoměrných profilů s 355denním průtokem a menším, byl krát-



Obr. 1 Hydrologické sucho ve vodoměrných stanicích 8. září 2024.

Fig. 1. Hydrological drought in water gauging stations on September 8, 2024.



Obr. 2 Nejvyšší stupně povodňové aktivity dosažené či překročené v profilech Hlásné předpovědní a povodňové služby ČHMÚ. Extrémní povodeň odpovídá zhruba době opakování 50 let a více.

Fig. 2. Highest flood warning levels reached or exceeded in profiles of the Flood warning and forecasting service of CHMÚ. Extreme flood corresponds approximately to a return period of 50 years and more.

kodobě přerušován výskytem několika srážkových událostí. Zhruba od začátku poslední dekády srpna počet profilů významně vzrůstal, a to až do 8. září, kdy se vyskytovalo sucho téměř v 50 % všech profilů (obr. 1). O den později již začaly padat první významnější srážky na větší ploše území a počet profilů se suchem se rychle zmenšoval, 13. září již v žádném profilu hydrologické sucho nebylo zaznamenáno.

Nízké počáteční nasycení půdy vodou před povodní mělo příznivý dopad na rychlost nástupu povodně, kdy oddálilo odtokovou odezvu a zejména v méně zasažených oblastech výrazně zmírnilo její průběh, a tudíž i následky. Na stavu sucha nebo blízkém suchu byly i vodoměrné profily na tocích, které odvodňují Krkonoše, Jeseníky a Beskydy, tedy nejvíce zasažené oblasti. Výrazný vzestup hladin vodních toků proto začal až po

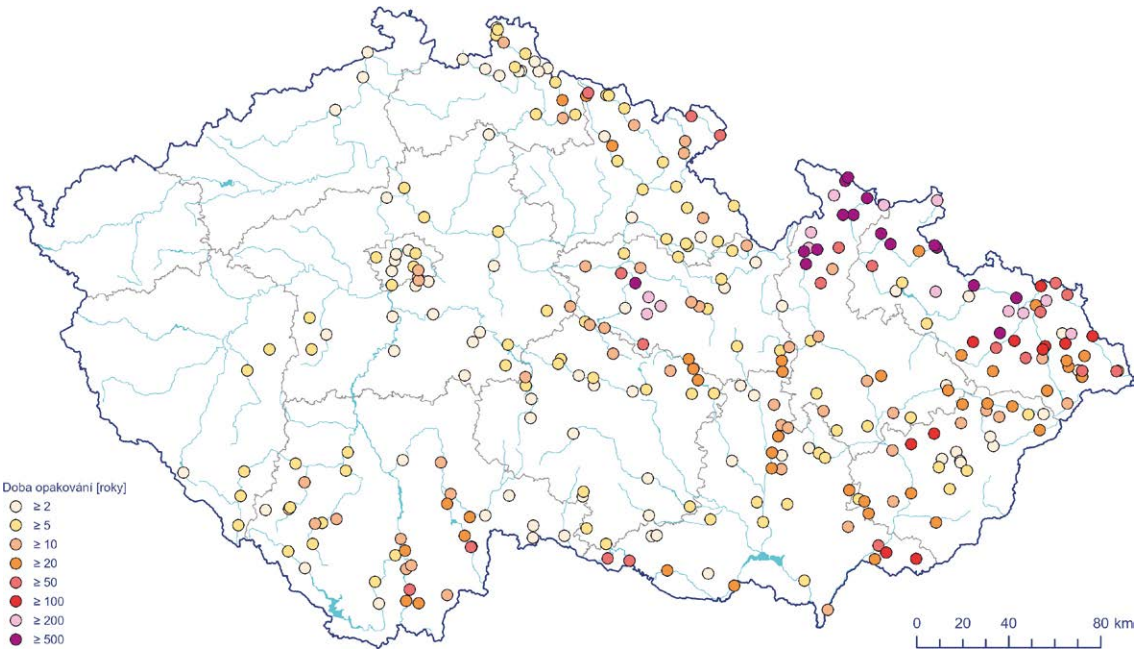
vypadnutí 60–100 mm srážek. Tento fenomén dokumentuje význam předchozího nasycení půdy a retenční schopnosti krajiny v době sucha pro následný vývoj povodňové situace.

2.2 Extremita povodně a srážko-odtoková bilance

Úroveň třetího stupně povodňové aktivity byla v profilech Hlásné předpovědění a povodňové služby ČHMÚ překročena celkem ve 186 profilech, z toho ve 46 byla dosažena či překročena hladina extrémní povodně, viz obr. 2.

Vyhodnocení průtoků v nejvíce postižených oblastech bylo velice obtížné. V řadě vodoměrných profilů došlo během povodně ke korytotvorným změnám. Nebylo možné měřit povodňové průtoky ať již z důvodů velkých turbulencí proudu nebo pro nepřístupnost daných míst. Odhad povodňových průtoků musel být proto proveden s využitím srážkoodtokových a hydraulických modelů.

Na základě srovnání se stávajícími hodnotami N-letých průtoků byl 50letý průtok z celkového počtu 532 profilů s vyhodnocenými průtoky dosažen či překročen v 60 profilech, 100letý průtok ve 40 profilech a v 16 profilech byla doba opakování odhadnuta na 500 let a více (obr. 3).

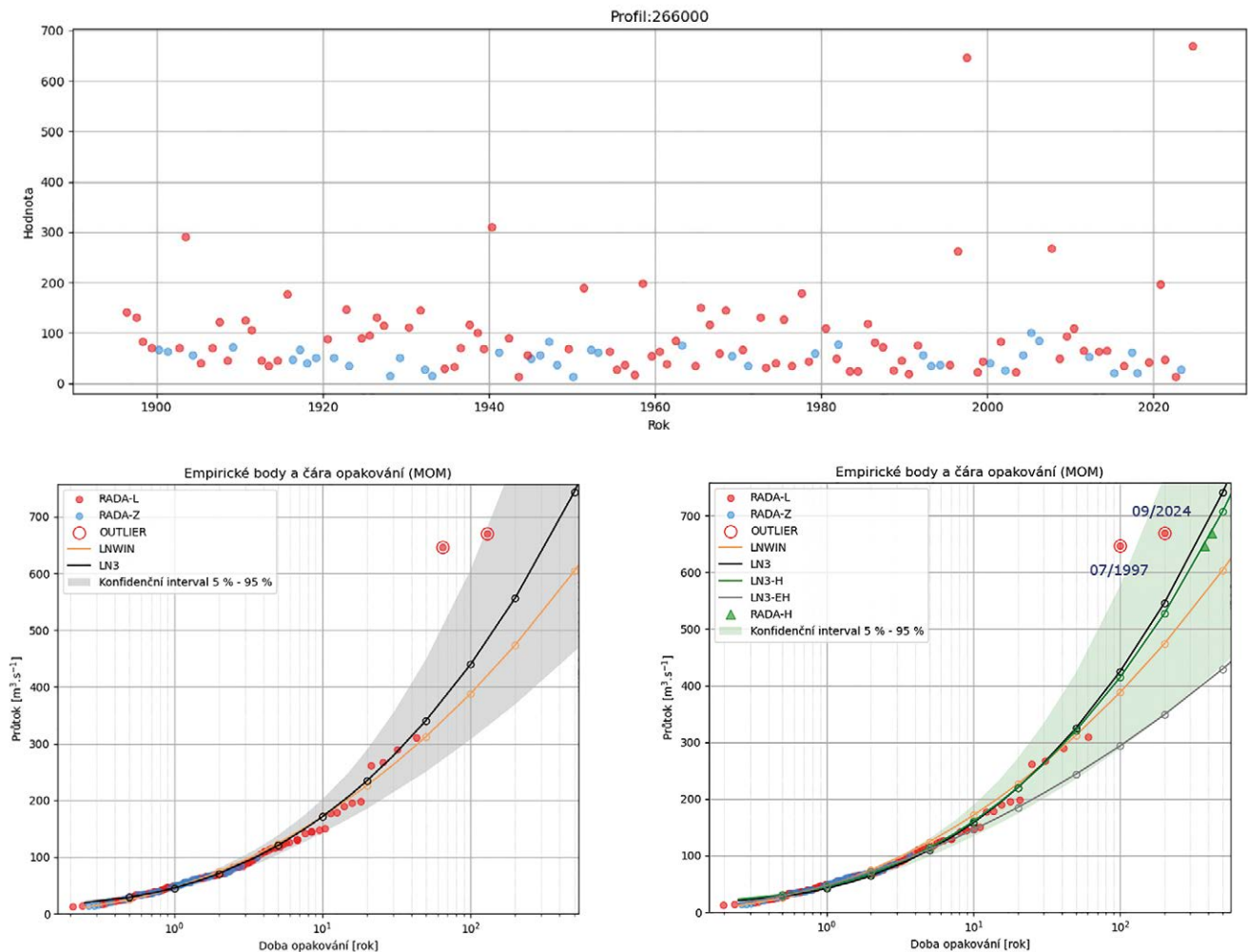


Obr. 3 Doba opakování kulminačních průtoků ve vodoměrných profilech.
Fig. 3. Return period of peak flows in water gauging profiles.

Tab. 1 Kulminační vodní stavy, vyhodnocené průtoky a dosažené stupně povodňové aktivity (SPA) ve vybraných profilech vodoměrných stanic.

Table 1. Peak water levels, evaluated discharges, and reached flood warning levels (SPA) in selected water gauging station profiles.

ID	Tok	Profil	Plocha povodí [km ²]	Čas výskytu (SEČ)	Vodní stav [cm]	Průtok [m ³ ·s ⁻¹]	Doba opakování [roky]	Dosažený SPA
001000	Labe	Špindlerův Mlýn	53,1	15.09.2024 10:20	299	140	50	3
057200	Žejbro	Rosice	81,51	15.09.2024 15:10	190	47,7	200–500	3e
058000	Novohradka	Úhřetice	462,52	15.09.2024 22:10	340	150	>500	3e
119000	Lužnice	Pilař	935,75	15.09.2024 12:30	456	227	50–100	3e
251100	Husí potok	Fulnek	59,19	15.09.2024 09:10	213	44,8	100–200	3e
256000	Porubka	Vřesina	34,98	15.09.2024 07:10	300	49	200	3e
257000	Odra	Svinov	1 614,72	15.09.2024 15:00	795	692	200–500	3e
258100	Černá Opava	Mnichov	50,84	15.09.2024 04:50	304	161	>500	3e
265000	Opavice	Krnov	172,06	15.09.2024 14:20	350	187	500	3e
266000	Opava	Opava	927,87	15.09.2024 20:10	555	670	>500	3e
294000	Odra	Bohumín	4 661,57	15.09.2024 18:20	710	1 830	100	3
299000	Olše	Český Těšín	384,23	15.09.2024 06:20	660	635	100	3e
304500	Stěna	Meziměstí	65,2	15.09.2024 13:10	256	77	50–100	3e
308000	Černý potok	Velká Kraš	62,47	15.09.2024 10:20	455	163	500	3e
313000	Bělá	Mikulovice	222,69	15.09.2024 10:50	–	570	>500	3e
344000	Branná	Jindřichov	90,25	15.09.2024 07:20	300	153	>500	3e
345000	Morava	Raškov	349,82	15.09.2024 11:00	455	340	>500	3e
421800	Velička	Velká nad Veličkou	66,45	15.09.2024 07:00	238	94,2	100–200	3e
430000	Dyje	Podhradí nad Dyjí	1 751,54	15.09.2024 17:20	449	373	50–100	3e



Obr. 4 Výpočet N -letých průtoků v profilu Opava na řece Opavě. Časová řada ročních kulminačních průtoků (nahore), výpočet s hodnotami kulminací 1997 a 2024 v řadě pozorování (vlevo dole) a výpočet s uvažováním povodní 1997 a 2024 jako historických (vpravo dole).

Fig. 4. Calculation of N -year flows at the Opava site profile on the Opava River. Time series of annual peak flows (top), calculation with 1997 and 2024 peak values as a part of observed series (bottom left) and calculation considering 1997 and 2024 floods as historical (bottom right).

Tab. 2 Výška srážek od 11. do 16. září 2024, výška odtoku a koeficient odtoku na povodích k vybraným profilům vodoměrných stanic.

Table 2. Precipitation totals from September 11 to September 16, 2024, runoff depth and runoff coefficient for selected catchments at water gauging stations.

Tok	Profil	Plocha povodí [km ²]	Výška srážek [mm]	Odtok [mm]	Koeficient odtoku [-]
Labe	Špindlerův Mlýn	53,1	408	357	0,87 ¹
Žejbro	Rosice	81,5	219	68	0,31
Malše	Pořešín	436,6	268	160	0,60
Porubka	Vřesina	35,0	251	169	0,67
Černá Opava	Mnichov	50,8	424	257	0,61
Olše	Český Těšín	384,2	191	103	0,54
Černý potok	Velká Kraš	62,5	397	261	0,66
Morava	Raškov	349,8	279	144	0,51
Rusava	Třebětice	55,6	178	89	0,50
Velička	Strážnice	172,8	204	55	0,27
Profily na hlavních vodních tocích					
Labe	Děčín	50 973,6	119	28	0,24
Odra	Bohumín	4 661,6	226	108	0,48
Morava	Strážnice	9 145,1	167	38	0,23
Dyje	Ladná	12 285,4	164	25	0,15

¹ pravděpodobné významnější podhodnocení srážek / likely significant underestimation of precipitation

V tab. 1 je uveden přehled kulminačních vodních stavů, vyhodnocených kulminačních průtoků a jejich doby opakování včetně dosažených stupňů povodňové aktivity ve vybraných vodoměrných stanicích¹. Vyhodnocené hodnoty průtoků zohledňují veškeré dostupné informace, zahrnující např. provedená průtoková měření za povodně, hydraulické modelování po povodni nebo bilanční posouzení proteklého množství vody.

Jelikož v některých regionech došlo k druhému výskytu extrémní povodně za necelých 30 let (po červenci 1997), bude nutné provést verifikaci *N*-letých průtoků a velmi pravděpodobně i přistoupit k jejich změně.

Testovací výpočty změn hodnot *N*-letých průtoků na Opavě v profilu Opava jsou na obr. 4, který zobrazuje výstupy z interní aplikace ČHMÚ. Odvozování *N*-letých průtoků je podrobněji popsáno v dokumentu Metodika odvozování *N*-letých průtoků ve vodoměrných stanicích (ČHMÚ 2019). Hodnota stoletého průtoku Q_{100} by zde po povodni 2024 byla dle výpočtu s povodněmi (1997 a 2024) v řadě systematického pozorování asi o 13 % větší, dle výpočtu s vyčleněním povodni jako historických pak o 10 %. Nutno podotknout, že odvození *N*-letých prů-

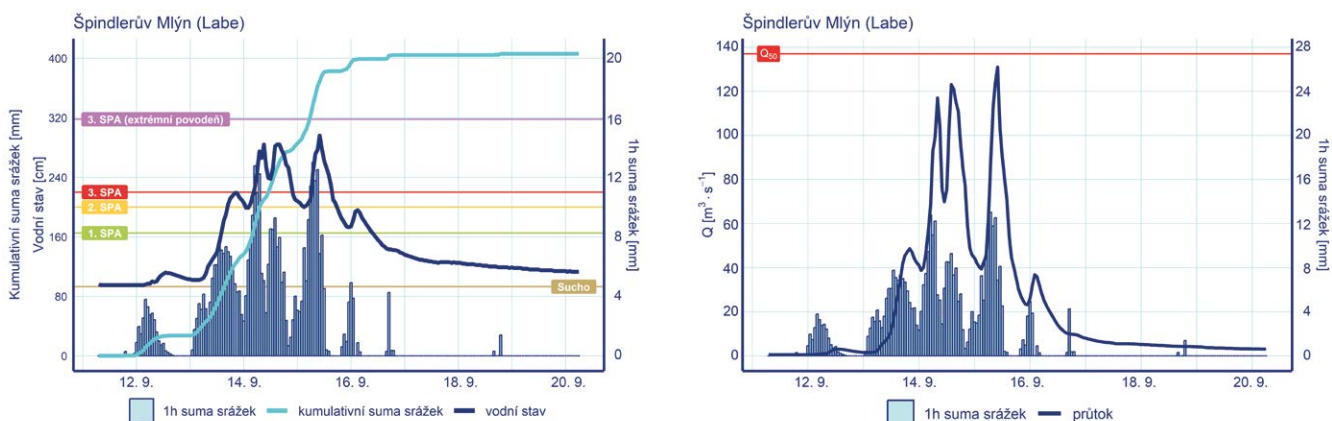
toků není exaktní a vždy zahrnuje subjektivní složku na straně zpracovatele dat.

Odtokové koeficienty v nejvíce postižených oblastech překročily hodnotu 0,6 (tab. 2). Změřené srážkové úhrny však byly nejspíše výrazněji podhodnoceny, neboť déšť doprovázel silný vítr, zejména v horských oblastech. Na povodích v nižších polohách, kde jsou lepší podmínky pro vsak vody, byly odtokové koeficienty významně nižší. Pro porovnání jsou ve spodní části tab. 2 uvedeny také čtyři profily na hlavních vodních tocích ČR, reprezentující svojí polohou odtok z celého povodí. Největší podíl vody ze srážek odtekl profilem v Bohumíně na Odře (0,48), nejmenší odtokový koeficient byl na Dyji v Ladné (0,15).

2.3 Průběh povodně na vybraných tocích

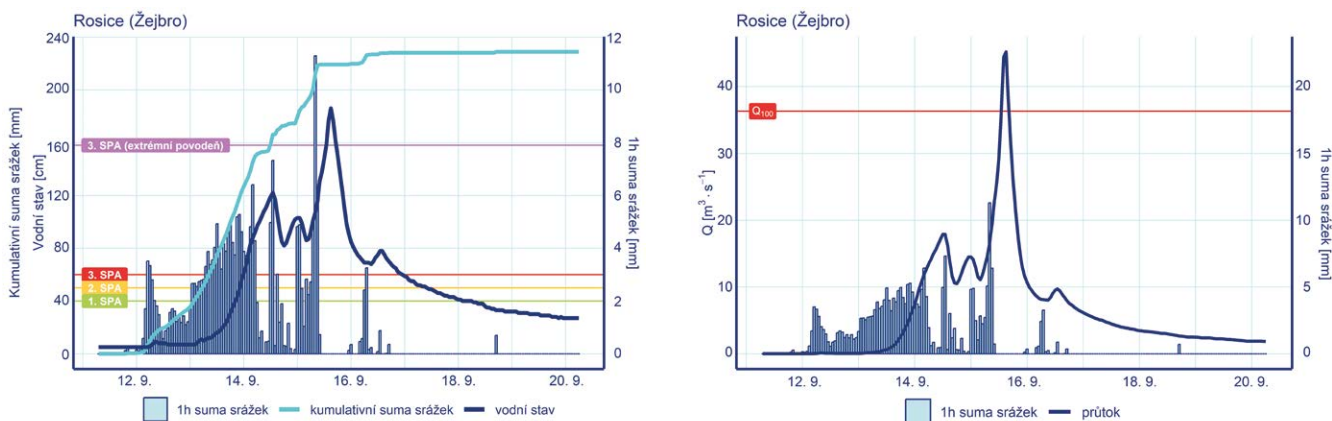
Cílem této kapitoly je na grafech průběhu povodňových vln ukázat vývoj povodně ve vodních stavech a průměrných hodinových průtocích na vybraných vodních tocích a v místech soutoků přiblížit souběh povodňových vln a střet kulminačních průtoků. Na obrázcích vlevo je vždy znázorněn hodinový průběh srážek na povodí, jejich součtová čára a hodinový průběh vodních stavů s vyznačením úrovně stupně povodňové aktivity (SPA) a úrovně hydrologického sucha (pokud bylo ve stanici stanoveno). Na obrázcích vpravo je pak odpovídající průběh průměrných hodinových průtoků s vyznačenou hodno-

¹ Ucelený přehled vodoměrných stanic je obsahem zprávy o vyhodnocení povodně5) (ČHMÚ 2025).



Obr. 5 Časový průběh srážek, vodních stavů (vlevo) a průtoků (vpravo) na povodí Labe k profilu Špindlerův Mlýn.

Fig. 5. Hyetograph, water levels (left), and discharges (right) in the Labe catchment, Špindlerův Mlýn profile.



Obr. 6 Časový průběh srážek, vodních stavů (vlevo) a průtoků (vpravo) na povodí Žejbra k profilu Rosice.

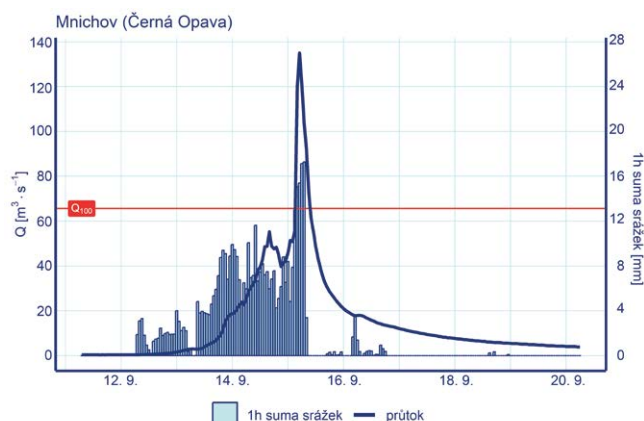
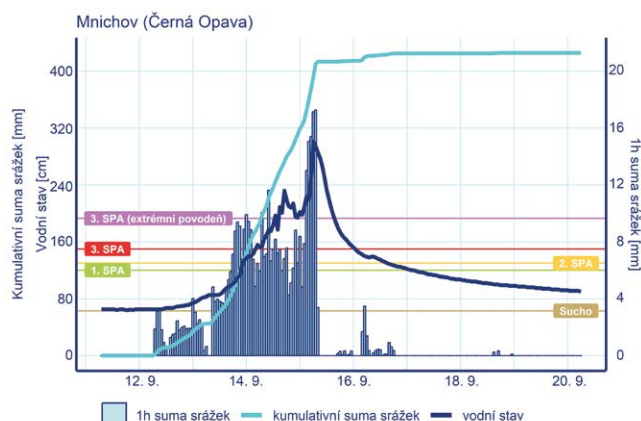
Fig. 6. Hyetograph, water levels (left), and discharges (right) in the Žejbro catchment, Rosice profile.

tou N -letého průtoku s dobou opakování, která byla dosažena nebo překročena.

Z grafů je zřejmé, že hladiny vodních toků se před povodní pohybovaly v blízkosti hydrologického sucha a výrazný vzestup hladin k úrovni 1. SPA tak začal až po vypadnutí většího množství srážek. Charakter srážek se měnil od slabých až mírných na začátku až po intenzivní/přívalové v závěru srážkové epizody, zejména na Jesenícku. Nejintenzivnější srážky tak dopadaly do prakticky již nasycené půdy, a téměř všechna voda

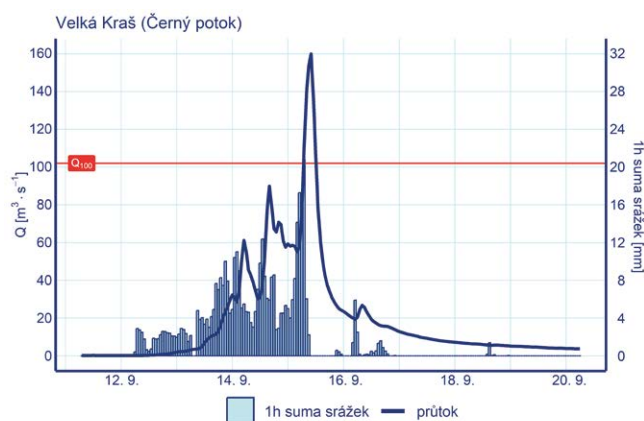
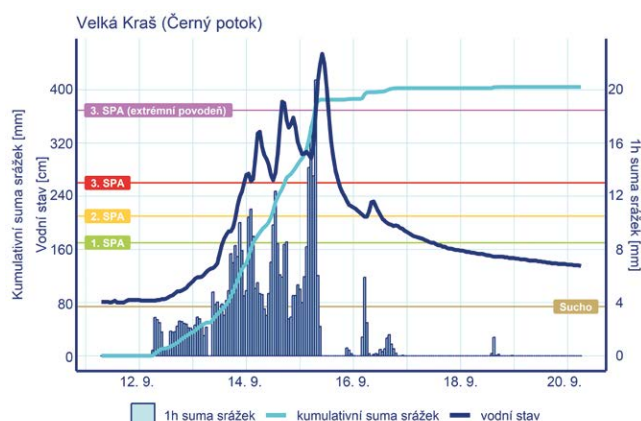
proto odtékala. Srážky byly navíc výrazně zesíleny návětrným orografickým efektem v horských oblastech, zejména v Krkonoších a Jeseníkách.

V Krkonoších spadlo extrémní množství srážek pouze v hřebcových partiích. Intenzita srážek na povodí Labe ke Špindlerovu Mlýnu jen výjimečně překračovala 10 mm/h, přičemž byl ve dvou vlnách výrazně překročen 3. SPA a v kulminaci bylo dosaženo průtoku s 50letou dobou opakování (obr. 5).



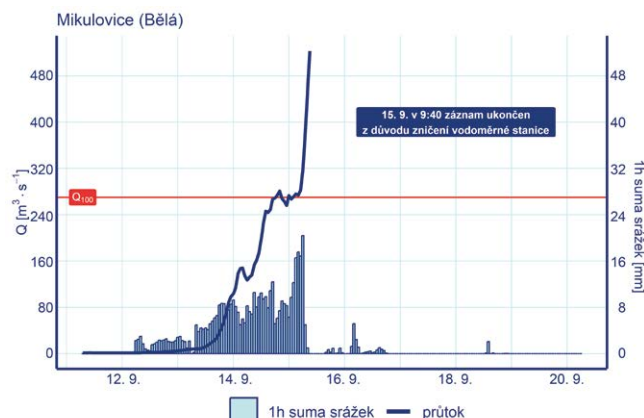
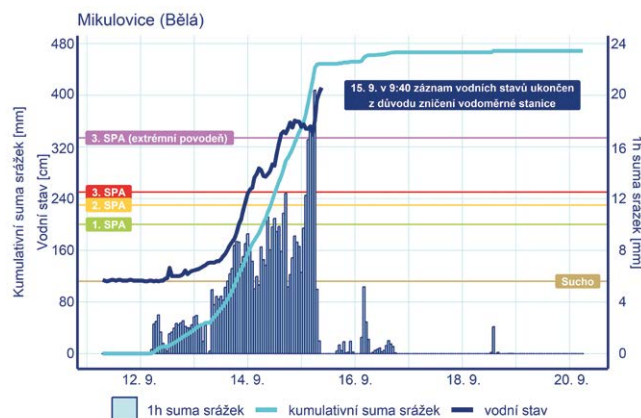
Obr. 7 Časový průběh srážek, vodních stavů (vlevo) a průtoků (vpravo) na povodí Černé Opavy k profilu Mnichov.

Fig. 7. Hietograph, water levels (left), and discharges (right) in the Černá Opava catchment, Mnichov profile.



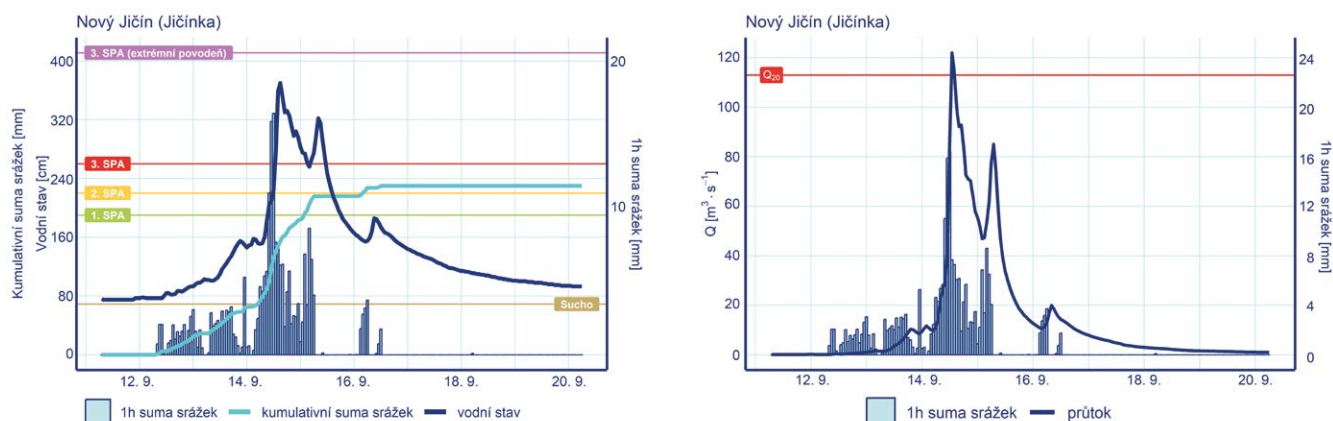
Obr. 8 Časový průběh srážek, vodních stavů (vlevo) a průtoků (vpravo) na povodí Černého potoka k profilu Velká Kraš.

Fig. 8. Hietograph, water levels (left), and discharges (right) in the Černý potok catchment, Velká Kraš profile.



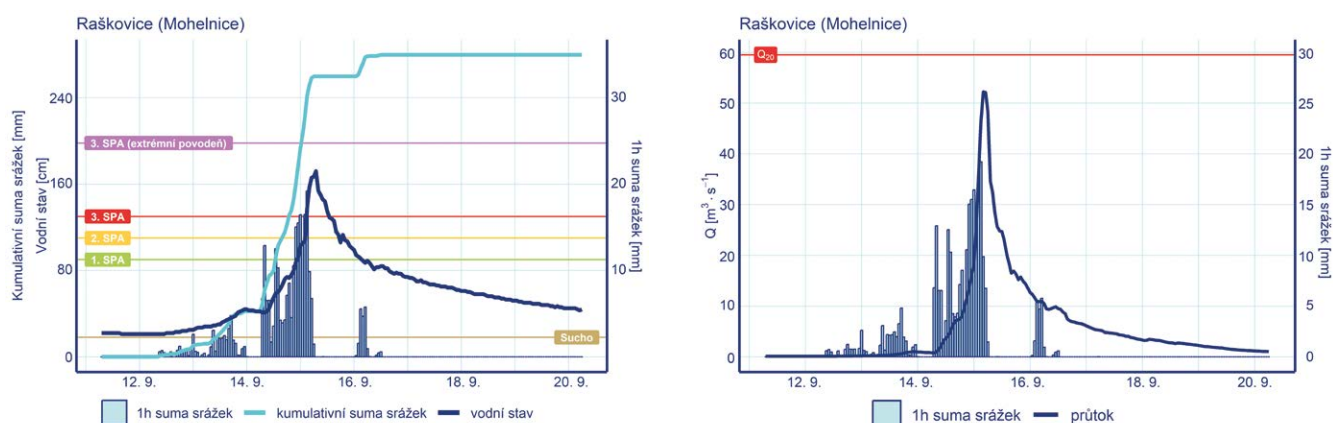
Obr. 9 Časový průběh srážek, vodních stavů (vlevo) a průtoků (vpravo) na povodí Bělé k profilu Mikulovice.

Fig. 9. Hietograph, water levels (left), and discharges (right) in the Bělá catchment, Mikulovice profile.



Obr. 10 Časový průběh srážek, vodních stavů (vlevo) a průtoků (vpravo) na povodí Jičínky k profilu Nový Jičín.

Fig. 10. Hyetograph, water levels (left), and discharges (right) in the Jičínka catchment, Nový Jičín profile.



Obr. 11 Časový průběh srážek, vodních stavů (vlevo) a průtoků (vpravo) na povodí Mohelnice k profilu Raškovice.

Fig. 11. Hyetograph, water levels (left), and discharges (right) in the Mohelnice catchment, Raškovice profile.

V oblasti Českomoravské vrchoviny patřilo k nejvíce postiženým povodí Novohradky. Jako příklad je uveden průběh povodně v profilu Rosice na toku Žejbro (obr. 6). V porovnání s horskými oblastmi Krkonoš a Jeseníků byly celkové úhrny srážek na povodí Novohradky o 150–200 mm menší, ale poslední vlna srážek byla nejintenzivnější a způsobila výrazný nárůst hladin vodních toků, kdy byla významně překročena hladina extrémní povodně i hodnota stoletého průtoku Q_{100} .

Oblast Jesenicka, jednoznačně nejvíce zasaženou oblast extrémními srážkami, reprezentují profily Mnichov na Černé Opavě (obr. 7), Velká Kraš na Černém potoce (obr. 8) a Mikulovice na Bělé (obr. 9). Intenzita srážek v několika vlnách postupně narůstala a v závěru této několikadenní srážkové epizody (15. září) po několik hodin i výrazně překračovala 10 mm/hod. Je zcela zřejmé, že zesílení intenzity srážek v poslední fázi mělo největší vliv na extremitu povodně a způsobilo ony katastrofální záplavy, protože v té době již byla půda plně nasycená a prakticky veškerá voda ze srážek ihned odtékala.

Povodí Bělé (obr. 9) bylo z hlediska množství srážek a následných povodní zřejmě vůbec nejpostiženějším povodím. Příčinou je jeho geografická poloha, kde se plně projevilo zesílení srážek návětrným efektem od severu a severovýchodu. Vodoměrná stanice v Mikulovicích na Bělé nápor vody nevydržela a byla zničena poté, co v závěru srážkové epizody během několika málo hodin spadlo na celém (již nasyceném) povodí v prů-

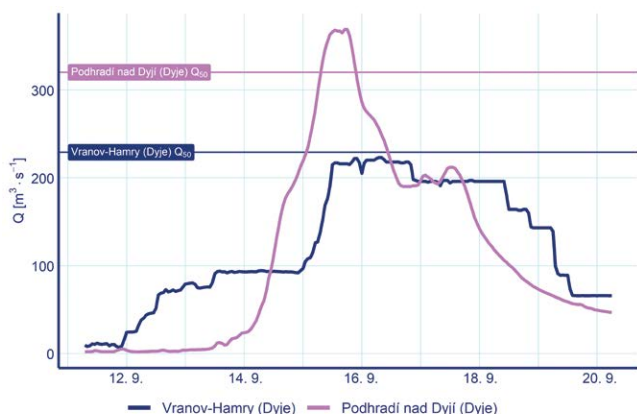
běhu dalších téměř 90 mm srážek a hladina vody v toku začala znovu prudce stoupat. V tu chvíli již navíc byla překročena hladina extrémní povodně a stoletý kulminační průtok.

Na povodí Odry nad soutokem s Opavou přišly do již nasyceného území předchozím deštěm poměrně intenzivní srážky konvektivního charakteru, které způsobily velmi rychlý vzestup vodních toků. Tyto intenzivní srážky se však vyskytly téměř o 24 hodin dříve než na Jesenícku, což mělo pozitivní efekt v tom, že nedošlo ke střetu kulminačních průtoků z Odry a Opavy. Je to patrné na příkladu stanice Nový Jičín na Jičince (obr. 10), kde je jasně zřetelný první vrchol povodňové vlny.

Pro toky odvodňující hlavní hřeben Beskyd byla typická jedna vlna poměrně intenzivních a vydatných srážek a tomu odpovídající jeden výrazný vrchol povodňové vlny, viz profil v Raškovicích na Mohelnici (obr. 11). V případech Jičínky i Mohelnice byly významně překročeny 3. SPA, ale jelikož celkový úhrn srážek zde byl o něco nižší než v nejvíce zasažených oblastech, kulminační průtoky se pohybovaly pouze na úrovni, nebo mírně nad úrovní Q_{20} .

2.4 Vliv vodních děl na průběh povodně

Včasná a přesná předpověď srážek umožnila správcům vodních toků a vodních děl začít v předstihu vypouštět všechny významné nádrže, a to i hluboko pod kótu retenčního prostro-



Obr. 12 Transformace povodňové vlny na Dyji nádrží Vranov.

Fig. 12. Transformation of flood wave by the Vranov reservoir on the Dyje River.

ru, který je určen k zachycení (části) objemu povodňových vln a jejich transformaci, tj. zmenšení povodňových průtoků.

Příkladem pozitivního vlivu vyprázdnění nádrží je průběh např. na Dyji v Podhradí nad Dyjí a ve vodoměrné stanici Vranov-Hamry, kde je zřetelná transformace povodňové vlny vodním dílem Vranov (obr. 12). K tlumení povodňové vlny zásadně přispěly rovněž nádrže Šance, Morávka a Žermanice situované v povodí Ostravice a Těrlicko v povodí Olše, v povodí Opavy se výrazně uplatnil vliv nádrží Slezská Harta a Kružberk na Moravici.

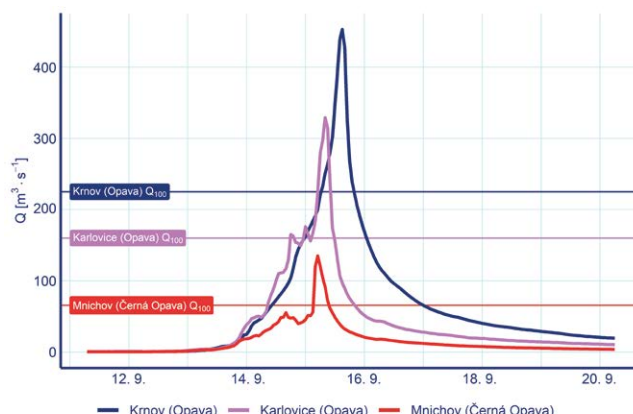
2.5 Časový vývoj a souběh povodňových vln

Podrobný popis vývoje a souběhu povodňových vln na dotčených povodích je obsahem zprávy ČHMÚ (ČHMÚ 2025), v tomto článku je věnována pozornost vývoji povodně pouze na povodí Opavy a dolní části povodí Odry.

Povodňová vlna na Opavě se formovala na jejích zdrojnicích v Jeseníkách, především na Černé Opavě a rovněž na Opavici. Byla mimořádná a způsobila katastrofální záplavy prakticky ve všech jí zasažených obcích a městech, např. v Krnově a Opavě. Podle dosažených hladin v Karlovicích a Krnově byla větší než povodeň z července 1997. Níže po toku byla povodňová vlna transformována a její extremita byla srovnatelná s povodní 1997, zářijová povodeň z roku 2024 ale měla menší objem. Ke zmírnění dopadu povodně pod soutokem Opavy s Moravicí velmi přispělo zachycení povodňové vlny z horního povodí Moravice kaskádou VD Slezská Harta a Kružberk. Vývoj povodně na Opavě po Krnov je zřetelný z obr. 13, soutok Opavy s Opavicí v Krnově a postup povodňové vlny Opavou je na pak obr. 14.

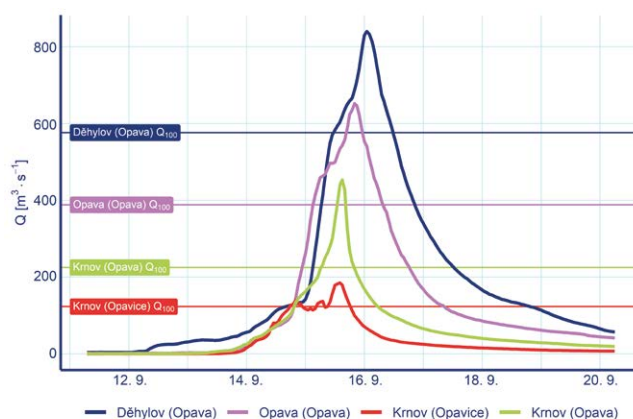
Ve všech profilech byla výrazně překročena úroveň 100letého průtoku, statistický odhad ukazuje na dobu opakování 500 let a více. Vedle rozsáhlých rozlivů byly charakteristické i velké korytotvorné změny, zejména v Jeseníkách na horním toku Opavy (obr. 15).

Souběh povodňových vln na Opavě (profil Děhylov), Ostravici (Ostrava) a Odře (Svinov) je zobrazen na obr. 16. Je patrné, že ke střetu kulminačních průtoků nedošlo, což plyne z odlišného časového průběhu srážek na povodích těchto vodních



Obr. 13 Časový průběh průtoků na Opavě po soutok s Opavicí.

Fig. 13. Hydrograph of discharges on the Opava River above the confluence with the Opavice water stream.



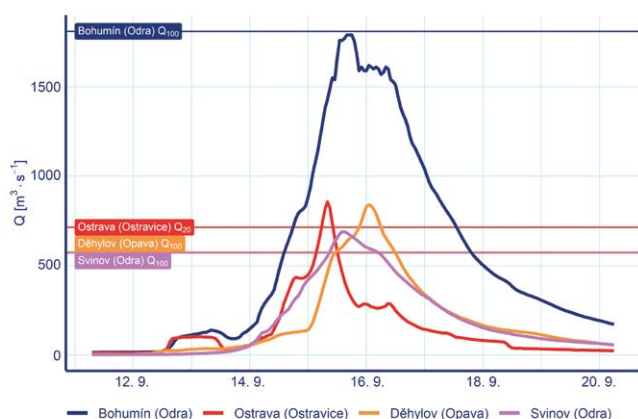
Obr. 14 Časový průběh průtoků na Opavě od soutoku s Opavicí.

Fig. 14. Hydrograph of discharges on the Opava River under the confluence with the Opavice water stream.



Obr. 15 Černá Opava v Mnichově po povodni. Původní koryto je na opačné straně za objektem vodoměrné stanice (na obrázku vpravo).

Fig. 15. Černá Opava River in Mnichov profile after the flood. The original channel is on the opposite side behind the water gauging station structure (right in the picture).



Obr. 16 Časový průběh průtoků na Opavě a Ostravici v jejich závěrečných profilech a na Odře nad soutokem s Opavou (Svinov) a pod soutokem s Ostravicí (Bohumín).

Fig. 16. Hydrograph of discharges on the Opava and Ostravice Rivers in their closing profiles and on the Odra River above the confluence with the Opava River (Svinov profile) and under the confluence with the Ostravice water stream (Bohumín profile).

toků a rovněž i rychlosti postupu povodňových vln po toku. Na Opavě i Odře docházelo k širokým rozlívům, které zpomalovaly průběh povodně, a povodňová vlna byla transformována. Na Ostravici byl průběh povodně velmi rychlý také vlivem v mnoha úsecích upraveného a kapacitního koryta. Povodňová vlna v Bohumíně na Odře tak v důsledku časového posunu kulminací Odry a jejích přítoků neměla výrazný vrchol.

3. Závěr

Povodeň v září 2024 představovala jednu z nejvýznamnějších hydrologických událostí v České republice za posledních několik desetiletí. Její extrémní charakter byl dán kombinací několika faktorů, z nichž nejvýznamnější bylo vypadnutí mimořádně vysokých srážkových úhrnů v krátkém časovém období, jejich orografické zesílení v horských oblastech a postupné nasycení půdy v průběhu srážkové epizody. Nejvíce postiženou oblastí bylo Jesenícko, konkrétně povodí Opavy, Osoblahy, horní Moravy (Morava a její přítoky Branná, Desná, a další menší toky) a povodí všech přítoků Kladské Nisy (Vidnavka, Bělá a další menší toky), kde hladina extrémní povodně byla překročena velmi výrazně a v některých profilech dosáhla historických zaznamenaných maxim.

Předchozí hydrologické sucho, které se k 8. září 2024 vyskytovalo téměř v 50 % vodoměrných profilů, mělo příznivý vliv na počáteční fázi povodně. Nízké počáteční nasycení půdy oddálilo odtokovou odezvu a zejména v méně zasažených oblastech výrazně zmírnilo její průběh. Výrazný vzestup hladin vodních toků začal až po vypadnutí 60–100 mm srážek, což dokumentuje velkou retenční schopnost půdy a krajiny v době před povodní.

Charakter srážek se měnil od slabých až mírných na začátku až po velmi intenzivní/příválové v závěru srážkové epizody. Nejintenzivnější srážky tak dopadaly do prakticky již nasycené půdy, a téměř všechna voda proto odtékala. Odtokové koeficienty v nejvíce postižených horských oblastech přesahovaly hodnotu 0,6, což svědčí o velmi vysokém nasycení půdy v závěrečné fázi srážkové epizody. Na povodích v nižších polohách byly odtokové koeficienty významně nižší.

Ze stanic využívaných Hlásnou předpovědní a povodňovou službou ČHMÚ byla úroveň třetího stupně povodňové aktivity překročena ve 186 profilech, z toho ve 46 byla dosažena či překročena hladina extrémní povodně. Doba opakování v nejvíce zasažených povodích výrazně překročila 100 let, dle statistického odhadu mohlo jít o doby opakování až 500 let a více. Hodnoty 100letých průtoků byly rovněž dosaženy na některých dalších tocích, např. v povodí Chrudimky, na Odře a jejích přítocích a na některých přítocích Moravy pod soutokem s Bečvou.

Extremita této povodně a její opakování v identických oblastech po necelých 30 letech od povodně v červenci 1997 jednoznačně poukazuje na nutnost revize současných hodnot N -letých průtoků. Testovací výpočty provedené ve vybraných vodoměrných profilech ukázaly, že hodnoty Q_{100} mohou být podhodnoceny o cca 10 až 20 %.

Vyhodnocení průtoků, ale i průběh vodních stavů v nejvíce postižených oblastech byly zatíženy značnou nejistotou. V řadě vodoměrných profilů došlo ke korytotvorným změnám a v některých případech i ke zničení vodoměrných stanic (Jeseník a Mikulovice na Bělé, Raškov na Moravě). Často nebylo možné povodňové průtoky měřit v terénu, a proto musel být v některých případech odhad proveden na základě srážkoodtokových nebo hydraulických matematických modelů.

Pozitivním aspektem této povodňové události byla včasná a přesná předpověď srážek ze strany ČHMÚ, která umožnila správcům vodních děl reagovat předvypuštěním zásobních prostorů před začátkem vypadávání srážek. Tak významná předvypuštění zásobních prostorů nádrží v hydrologické situaci, kdy na většině území panovalo hydrologické sucho, bylo možné provést jen při vysoké spolehlivosti předpovědi. Následné transformace povodňových vln v nádržích měly na průběh povodně pod těmito vodními díly pozitivní vliv.

Povodeň v září 2024 znovu poukázala na zranitelnost některých oblastí České republiky vůči extrémním srážkovým událostem, zejména v horských a podhorských oblastech s orografickým zesílením srážek. Opakování extrémních povodňových událostí v tak krátkém časovém horizontu (1997, 2024) vyžaduje nejen revizi hydrologických návrhových hodnot, ale i celkové přehodnocení koncepce protipovodňové ochrany v nejvíce ohrožených oblastech.

Literatura:

- ČHMÚ, 1998. Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997. Souhrnná zpráva projektu MŽP. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 163 s.
- ČHMÚ, 2019. Metodika odvozování N -letých průtoků ve vodoměrných stanicích. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 38 s.
- ČHMÚ, 2025. Vyhodnocení povodně v září 2024. Závěrečná zpráva. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 658 s. Dostupné z: <https://info.chmi.cz/povodne/zprava2024.pdf>

Lektoři (Reviewers):

Mgr. Alena Kamínková, Mgr. Karel Kněžínek, Ing. Hana Hornová

Jasoměry na ČHMÚ: pilotní projekt a perspektivy rozvoje

Sky quality meters at CHMI: a pilot project and development perspectives

Lucie Marková

Český hydrometeorologický ústav
Na Šabatce 2050/17
143 06 Praha 4-Komořany
✉ lucie.markova@chmi.cz

Light pollution represents a growing environmental issue with impacts on ecosystems, landscapes, and human health. In response to this, the Czech Hydrometeorological Institute (CHMI) launched a pilot project in 2024 focused on measuring night-sky brightness using photometer sky quality meters. The aim of the project is to complement satellite data with detailed local information and to establish a foundation for systematic monitoring of light pollution in the Czech Republic. The photometers were installed at the Prague-Libuš, Churáňov, and Nový Hradec Králové meteorological stations. The first datasets, available from November to December 2024, are being used to verify instrument functionality and to prepare data-processing methodology. This paper summarizes current findings, outlines the proposed data-analysis approach, and discusses opportunities for future expansion of the photometer network as well as its use in environmental assessment, spatial planning, and nature conservation.

KLÍČOVÁ SLOVA: jasoměr – projekt pilotní – znečištění světelné – rozvoj – smog světelný

KEYWORDS: sky quality meter – pilot project – light pollution – development – light smog

1. Úvod

Světelné znečištění je významný environmentální problém, který negativně ovlivňuje jas noční oblohy, astronomii, biologické procesy, ekosystémy i krajinu. Ministerstvo životního prostředí (MŽP) proto začlenilo sledování této problematiky mezi indikátory stavu životního prostředí, konkrétně prostřednictvím ukazatele „jas noční oblohy“.

Od roku 2024 byla agenda světelného znečištění začleněna do činnosti Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ), kam byla převedena spolu s oblastí dálkového průzkumu Země z CENIA. Významným impulzem pro tuto integraci byl projekt Technologické agentury ČR (TAČR, kód TITSMZP012) (ČZE 2024), který se zabýval hodnocením vlivů světelného

znečištění na biodiverzitu, ekosystémy a krajinný ráz. Jedním z hlavních výstupů projektu byly mapy zdrojů nočních světél z družicových dat (obr. 1).

Ve spolupráci s Astronomickým ústavem Akademie věd České republiky (AV ČR) vznikla iniciativa vybudování sítě jasoměrů pro monitoring přímo ze země. Tento přístup doplňuje družicová pozorování, která mají svá omezení: družice zachycují pouze samotné světelné zdroje, nikoli následný rozptyl světla v atmosféře, a navíc nezaznamenávají důležitou modrou složku spektra, jež je významná zejména pro biologické účinky světelného znečištění a jeho dopad na zdraví a ekosystémy. Jasoměry přesněji zachycují prostorovou i časovou variabilitu jasu noční oblohy a představují první krok k systematickému monitoringu světelného znečištění na území České republiky.

Pilotní projekt ČHMÚ se zaměřuje na měření jasu noční oblohy pomocí jasoměrů s cílem získat detailní informace o světelných podmínkách na vybraných lokalitách a ověřit funkčnost a přesnost instalovaných senzorů. Jasoměry slouží nejen k monitoringu jasu noční oblohy, ale mohou poskytovat i relevantní informace k podpoře optimalizace energetické náročnosti, environmentálního výzkumu a hodnocení kvality měřených lokalit.

Cílem článku je představit pilotní projekt ČHMÚ, dosavadní zkušenosti a výhled dalšího rozvoje sítě.

2. Cíle pilotního projektu

V návaznosti na představený pilotní projekt jasoměrů na ČHMÚ je hlavním cílem sledování trendu světelného znečištění v České republice pro potřeby Ministerstva životního prostředí (MŽP). Systematické sledování jasu noční oblohy odhaluje aktuální stav i trendy světelného znečištění a slouží jako podklad pro environmentální politiku.

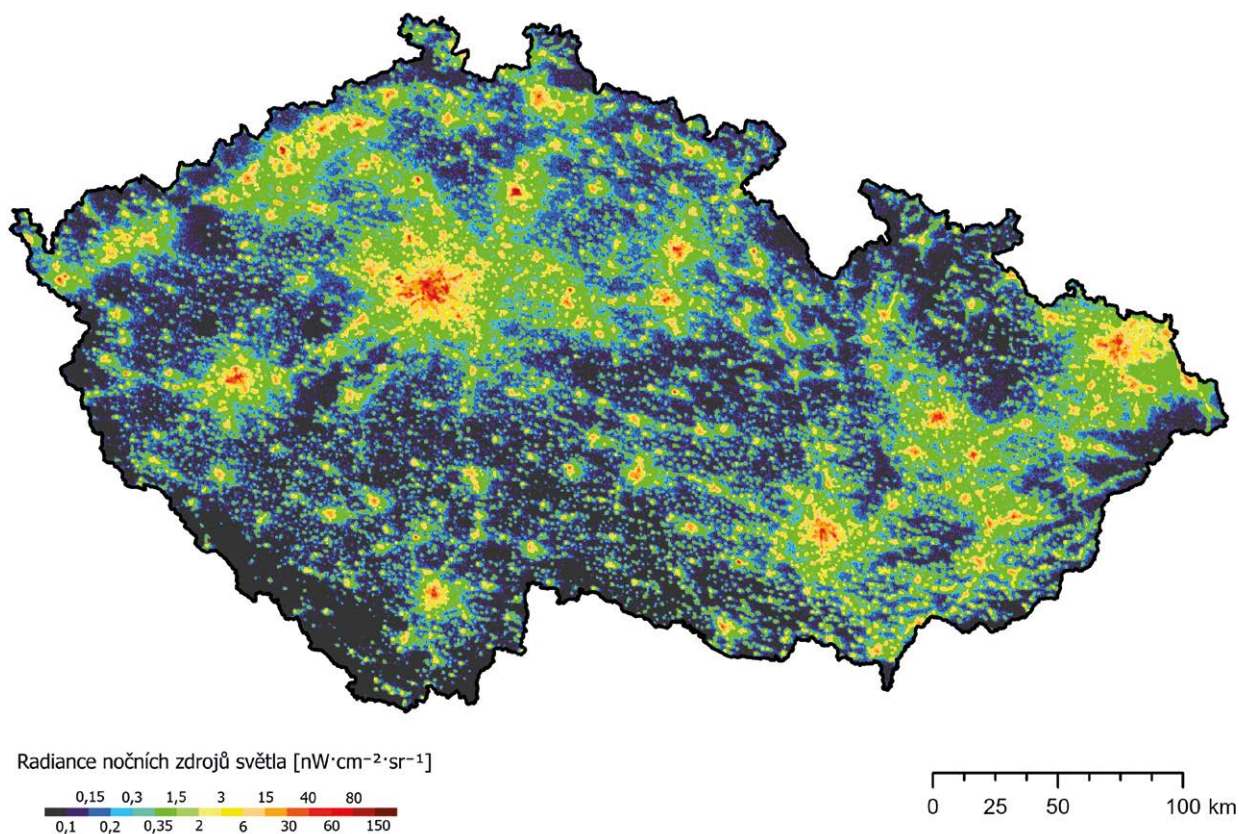
Mezi možné směry dalšího rozvoje projektu patří:

- Porovnání jasu oblohy v různých podmínkách – sledování vlivu osvětlení, topografie a počasí.
- Získání dat pro analýzy, optimalizaci metod a porovnání s profesionálními stanicemi.

Tyto směry navazují na potřebu doplnit družicová data lokálními měřeními a přispívají ke komplexnímu hodnocení světelného znečištění v ČR.

3. Metodika měření

Pro účely pilotního projektu byla na ČHMÚ zřízena síť tří jasoměrů typu Sky Quality Meter – LE (SQM-LE) (Unihedron 2025),



Obr. 1 Mapa zdrojů nočních světél – medián z roku 2024 s DOS korekcí z družicových dat (VIIRS/NOAA) na území ČR. Autor: Lucie Marková.

Fig. 1. Map of nighttime light sources – median for 2024 with DOS correction from satellite data (VIIRS/NOAA) over the territory of the Czech Republic. Author: Lucie Marková.



Obr. 2 Jasoměr LE (SQM-LE) na meteorologické observatoři Praha-Libuš. Foto: Veronika Černíková.

Fig. 2. SQM-LE sky quality meter at the Prague-Libuš Meteorological Observatory. Photo: Veronika Černíková.

kteřé jsou umístěny na stanicích Praha-Libuš (obr. 2), Churáňov a Nový Hradec Králové. Tato stanoviště byla zvolena tak, aby reprezentovala odlišné typy prostředí – městskou oblast (Praha), horskou lokalitu (Churáňov) a město střední velikosti (Nový Hradec Králové). Takové rozmístění umožňuje porovnávat úroveň světelného znečištění v různých typech prostředí a sledovat jeho regionální rozdíly. Každé stanoviště je umístěno tak, aby nebylo v bezprostřední blízkosti zdrojů umělého osvětlení, což minimalizuje riziko zkreslení měření v důsledku přímého světelného záření.

Měření probíhá v pětiminutových intervalech, přičemž nastavení lze v případě potřeby upravit. Krátký interval měření umožňuje zachytit i krátkodobé změny jasu oblohy, například při přechodu oblačnosti, výskytu mlhy nebo změně intenzity umělého osvětlení v průběhu noci.

Naměřené hodnoty jasu jsou zaznamenávány v jednotkách MSA (magnituda na úhlovou vteřinu čtvereční). Tato jednotka udává jas oblohy – nižší hodnoty znamenají vyšší jas, tedy větší míru světelného znečištění. Typické hodnoty v silně osvětlených městských oblastech se pohybují v rozmezí 17–19 MSA, zatímco v málo osídlených nebo chráněných lokalitách mohou dosahovat až 21–21,5 MSA, což odpovídá velmi tmavé obloze vhodné pro astronomická pozorování. Pro ilustraci jsou naměřená data zobrazena na obrázku 3 pro stanici Churáňov a Nový Hradec Králové v průběhu týdne od 25. 9. 2025 do 1. 10. 2025.

Jasoměry měří automaticky pouze za tmy, tedy po dosažení definované úrovně jasu oblohy, aby nedocházelo k ovlivnění



Obr. 3 Grafy zobrazují průběh naměřeného jasu noční oblohy (v mag/arcsec²) v lokalitách Churáňov (horní graf) a Nový Hradec Králové (dolní graf), v průběhu jednoho týdne. Na ose x je čas (UTC), na ose y hodnota jasu (Kohout 2025).

Fig. 3. The graphs show the measured night-sky brightness (in mag/arcsec²) at Churáňov (upper graph) and Nový Hradec Králové (lower graph) over the duration of one week. The x-axis shows time (UTC), and the y-axis shows brightness values (Kohout 2025).

výsledků denním světlem. Data jsou ukládána do centrální databáze, kde jsou následně kontrolována a dále zpracovávána.

Zařízení jsou pravidelně kontrolována a udržována pracovníky ČHMÚ, zejména s ohledem na čistotu optických částí a správnou funkci senzorů. Údržba zahrnuje odstraňování prachu, pylu či jiných nečistot, které by mohly ovlivnit přesnost měření. Z tohoto důvodu jsou přístroje instalovány v blízkosti meteorologických stanic, kde je zajištěn přístup odborného personálu a technické zázemí pro běžnou údržbu.

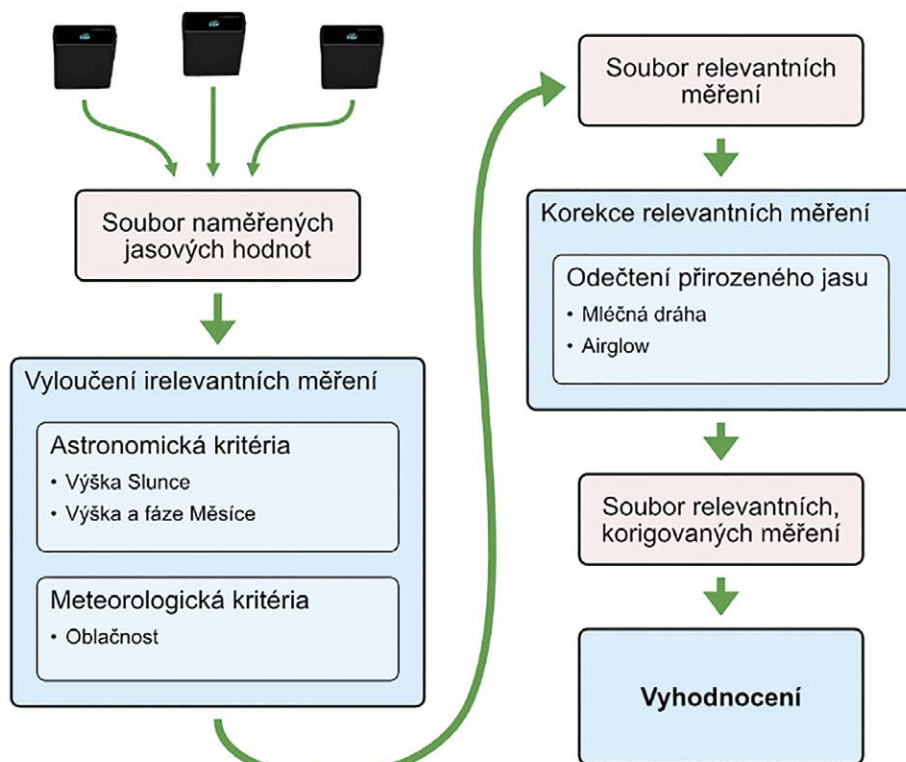
Zásadní součástí metodiky je také provázání s profesionálními meteorologickými měřeními prováděnými na příslušných stanicích ČHMÚ. Díky tomuto propojení lze naměřené hodnoty jasu oblohy porovnávat s údaji z ceilometru (výška a druh oblačnosti), stejně jako s dalšími meteorologickými prvky – zejména relativní vlhkostí, srážkami, teplotou vzduchu a dohledností.

Tento komplexní přístup umožňuje přesnější interpretaci změn v jasu noční oblohy, odhalení vlivu aktuálních atmosférických podmínek a jejich oddělení od změn způsobených samotným světelným znečištěním. Díky tomu lze lépe identifikovat například situace, kdy zvýšení jasu způsobila nízká oblačnost odrážející městské osvětlení, nebo naopak zhoršení dohlednosti vlivem mlhy.

Pro analýzu trendů světelného znečištění na dané lokalitě budou z datového souboru vylučována měření prováděná za přítomnosti oblačnosti. Tento přístup zajistí, že zaznamenané změny jasu oblohy budou odrážet co nejreálnější vliv antropogenního osvětlení, nikoli vlivy způsobené atmosférickými podmín-

kami, jako je oblačnost, která může ovlivnit odraz světla a tím i měření jasnosti oblohy.

Do budoucna je cílem metodiku dále rozvíjet – zejména rozšířením sítě měřicích bodů (Hornoch, Krkavec 2013) a propojením s daty družicových pozorování nočního osvětlení. Takto koncipovaný systém může sloužit jako základ pro dlouhodobé sledování trendů světelného znečištění v České republice a jeho vazby na meteorologické i environmentální faktory.



Obr. 4 Schéma postupu zpracování dat z jasoměrů (Kohout 2025).

Fig. 4. Workflow diagram for processing data from sky quality meters (Kohout 2025).

4. První data a plán jejich zpracování

V současnosti pilotní síť jasoměrů poskytuje kontinuální časové řady hodnot jasu noční oblohy. Měření bylo zahájeno postupně: na stanici Praha-Libuš 21. listopadu 2024, na Churáňově 4. prosince 2024 a v Hradci Králové 18. prosince 2024. Od těchto dat jsou ze všech tří lokalit dostupná kontinuální data, přičemž od konce prosince jsou ze všech lokalit k dispozici souvislé a vzájemně porovnatelné datové záznamy. Dosavadní záznamy potvrzují funkčnost instalovaných zařízení a vhodnost jejich umístění. Data zatím nebyla detailně analyzována, slouží však jako základ pro další vyhodnocení.

Získaná data slouží především k ověření metodiky a testování postupů zpracování, které budou využity pro dlouhodobé sledování vývoje světelného znečištění. Plán zpracování dat je rozdělen do několika navazujících kroků, jejichž cílem je získat reprezentativní a vzájemně srovnatelný soubor měření. Postup je znázorněn na obr. 4, který schematicky shrnuje jednotlivé fáze zpracování – od shromáždění surových dat až po jejich finální vyhodnocení. Nejprve jsou z celkového souboru naměřených jasových hodnot vyloučena irelevantní měření, tedy ta, která nejsou vhodná pro hodnocení úrovně světelného znečištění. Tento krok vychází z astronomických a meteorologických podmínek. Astronomické podmínky zahrnují především výšku Slunce pod obzorem, aby byla vyloučena data z období soumraku, a dále výšku a fázi Měsíce, které mohou ovlivnit přirozený jas oblohy. Meteorologické podmínky se zaměřují na přítomnost oblačnosti nebo jiných atmosférických jevů, jež mohou měření zkreslit. Výsledkem tohoto filtru je soubor relevantních měření, tedy dat pořízených za vhodných pozorovacích podmínek.

Na tento krok navazuje korekce relevantních měření, při níž jsou z dat odečítány přirozené složky jasu oblohy nesouvisející s činností člověka. Zohledňuje se zejména svit Mléčné dráhy a atmosférický svit (airglow), který vzniká luminiscenčními procesy v horních vrstvách atmosféry. Po provedení těchto úprav vzniká soubor relevantních a korigovaných měření, který již reprezentuje skutečnou úroveň umělého osvětlení noční oblohy.

Finálním krokem je vyhodnocení korigovaných dat. Ta budou dále analyzována z hlediska prostorových rozdílů mezi jednotlivými lokalitami, časových změn a souvislostí s meteorologickými prvky, jako jsou dohlednost, relativní vlhkost nebo oblačnost. Současně bude provedeno porovnání s družicovými pozorováními nočního osvětlení (např. VIIRS Day/Night Band), což umožní komplexnější interpretaci výsledků. Výstupem tohoto procesu bude soubor kvalitně zpracovaných a standardizovaných dat, vhodný pro dlouhodobé sledování trendů světelného znečištění a jeho prostorové distribuce v rámci České republiky.

5. Diskuse a perspektivy využití

Pilotní projekt jasoměrů na ČHMÚ představuje první krok k systematickému monitoringu světelného znečištění na území České republiky. Dosavadní zkušenosti ukazují, že i relativně jednoduchá měření jasu noční oblohy poskytují cenné informace, které doplňují družicová pozorování a umožňují zachytit prostorovou i časovou variabilitu tohoto jevu. Jasoměry zachy-

cují i modrou složku světla, nedostupnou z družic, a tak tvoří cenný zdroj pro environmentální monitoring.

Na druhé straně je třeba zohlednit i určitá omezení. Naměřená data jsou citlivá na aktuální meteorologické podmínky, zejména oblačnost, která může ovlivnit výslednou interpretaci. Proto je nutné měření kombinovat s dalšími meteorologickými prvky. Výzvou je odlišit přirozený jas (airglow) od antropogenní složky, jelikož tento prvek není predikovatelný.

Potenciál jasoměrných dat je však značný. Lze je využít nejen pro potřeby Ministerstva životního prostředí (MŽP) při hodnocení trendů světelného znečištění, ale i pro optimalizaci veřejného osvětlení, plánování územního rozvoje či podporu astronomických a biologických výzkumů. V budoucnu se nabízí rozšíření sítě jasoměrů na další lokality v ČR tak, aby vznikla hustší síť referenčních měření pokrývající různé typy prostředí – od městských oblastí přes příměstské lokality až po nejtmaší regiony republiky.

6. Závěr

Pilotní projekt jasoměrů na ČHMÚ zahájil novou fázi monitoringu světelného znečištění v České republice. Jeho cílem je vytvořit metodický a datový základ pro systematické sledování jasu noční oblohy jako indikátoru stavu životního prostředí. Dosavadní fáze potvrdila funkčnost zařízení a poskytla první soubory měření, které tvoří výchozí základnu pro další rozvoj.

Rozšíření sítě a rozpracování metodiky zpracování dat umožní přesnější a reprezentativní vyhodnocení stavu nočního prostředí v různých typech lokalit. Projekt nabízí širší využití dat – v politice, veřejném osvětlování, plánování i ochraně biodiverzity. Jasoměry tak představují perspektivní nástroj pro vědecký výzkum i praktické rozhodování v oblasti životního prostředí.

Literatura:

- Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí. *Vliv světelného znečištění na citlivé druhy živočichů, ekosystémy a krajinný ráz*. Projekt TAČR TITSMZP012 [online]. Praha: ČZU [cit. 3. 10. 2025]. Dostupné z: <https://www.fzp.czu.cz/cs/r-6899-projekty-a-spoluprace/r-6923-projekty/r-19365-vliv-svetelneho-znecisteneni-na-citlive-druhy-zivocichu-ekosystemy-a-krajiny-raz>.
- HORNOCH, K., PRAVEC, P., 2013. Analýza astronomických pozorovacích podmínek na vrcholu Myslivna v Novohradských horách. *Meteorologické zprávy*, roč. 66, č. 4, s. 117–123, ISSN 1210-7557.
- KOHOUT, V., 2025. Skybrightness.com [online]. Vimperk [cit. 3. 10. 2025]. Dostupné z: [SkyBrightness.com](https://skybrightness.com).
- Unihedron, 2025. Sky Quality Meter – LE (SQM LE) [online]. Grimsby (Ontario): Unihedron [cit. 3. 10. 2025]. Dostupné z: <https://www.unihedron.com/projects/sqm-le/>.

Lektoři (Reviewers):

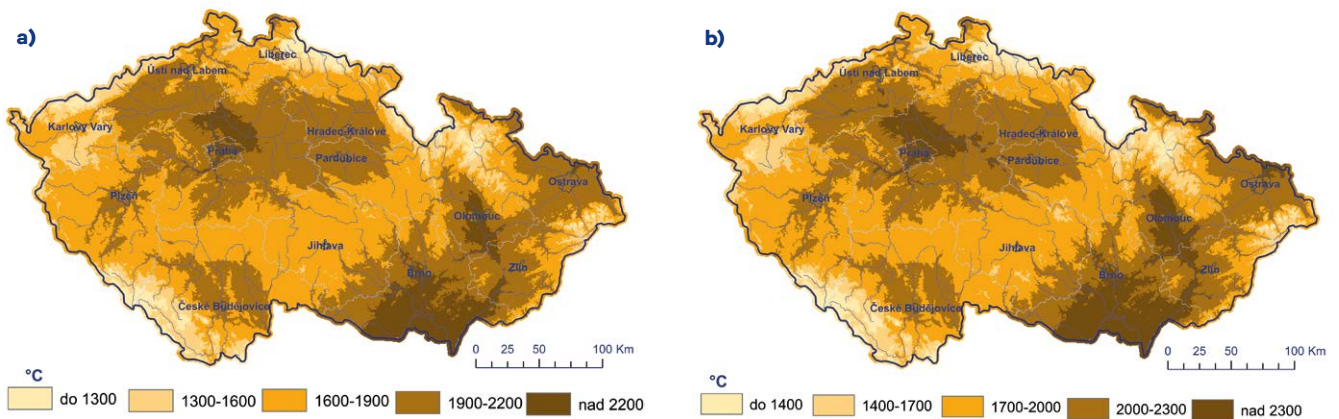
RNDr. Ladislav Metelka, Ph.D., Mgr. Martin Stráník

POČASÍ A ROSTLINY

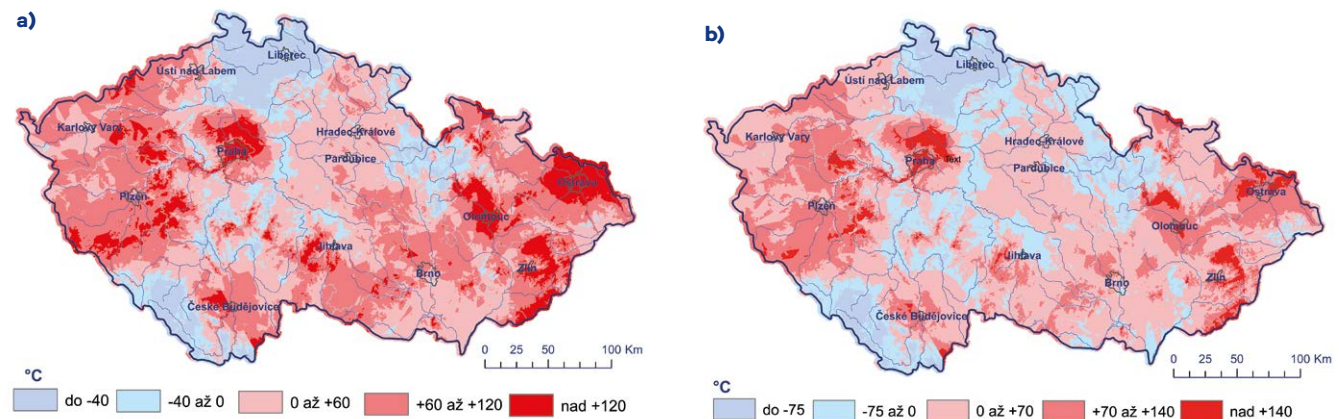
Fenologický vývoj na území ČR v září a říjnu 2025

V tomto čísle vyhodnotíme časové období od 1. ledna 2025 do 30. září 2025 a 31. října 2025. Při hodnocení vybraných charakteristik je používán normál 1991–2020.

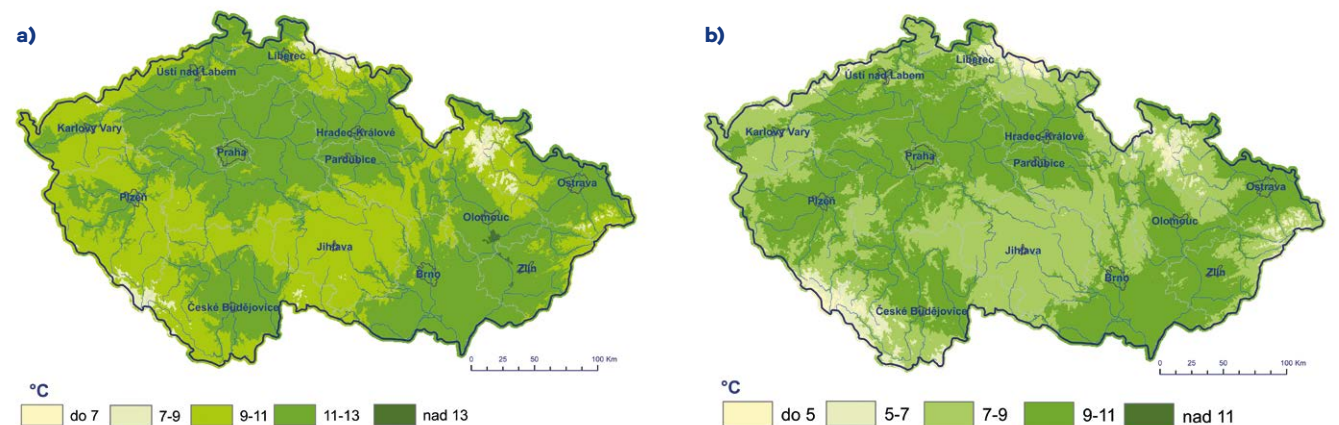
Celkovou sumu **efektivních teplot nad 5 °C** od 1. 1. 2025 do 30. 9. 2025 a 31. 10. 2025 a její srovnání s normálem 1991–2020 zobrazují následující mapy (obr. 1, 2). Absolutní hodnoty sumy efektivních teplot vzduchu nad 5 °C byly v rozmezí do 1 300 °C a nad 2 300 °C (v roce 2024 se hodnoty pohybovaly od 1 600 do 2 700 °C). Odchyly od normálu 1991–2020 byly v září a říjnu na většině území kladné ale na části území byly záporné (např. ve Šluknovském a Frýdlant-



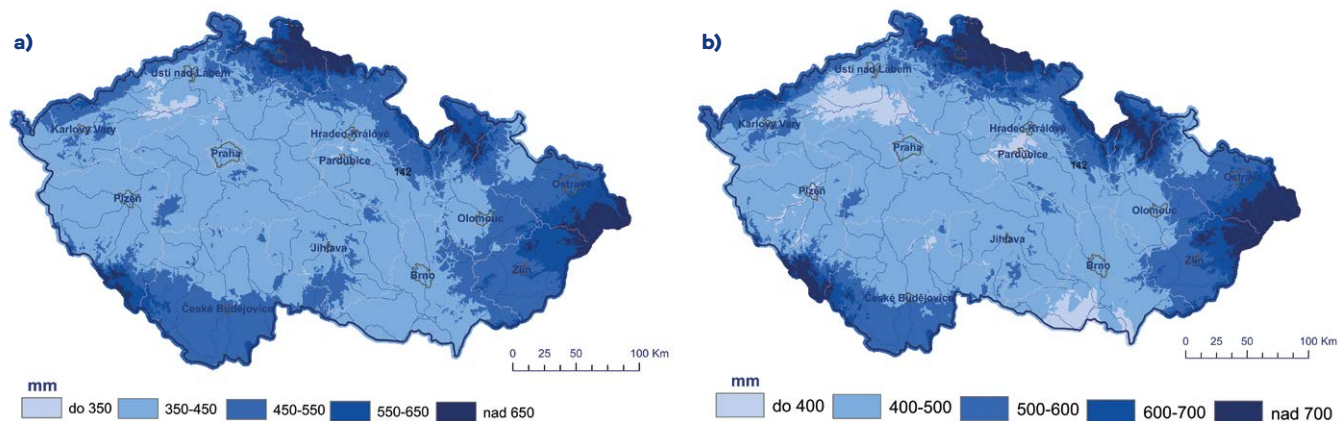
Obr. 1 Suma efektivních teplot vzduchu nad 5 °C od 1. 1. 2025 do 30. 9. 2025 (a) a do 31. 10. 2025 (b).



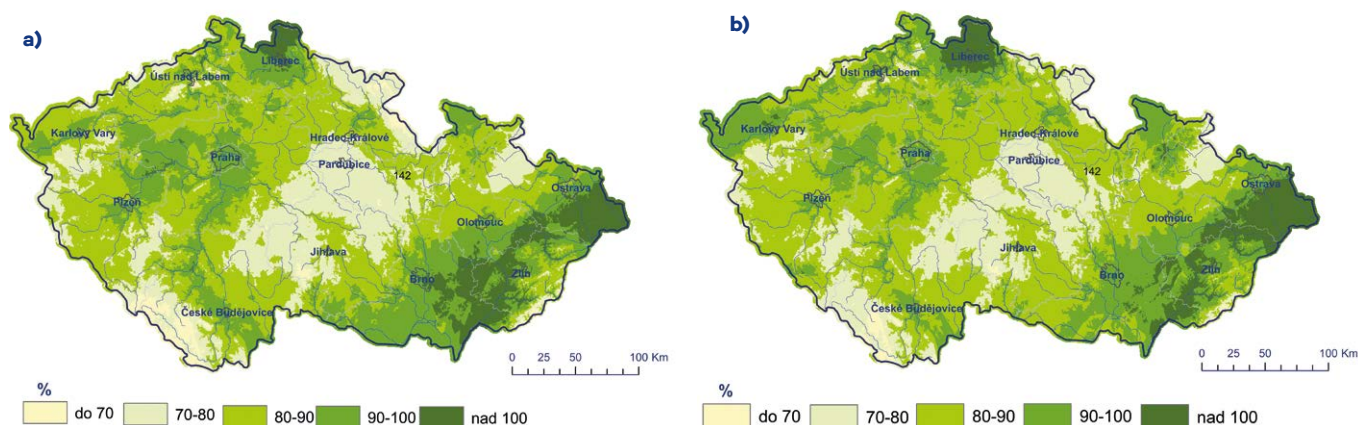
Obr. 2 Suma efektivních teplot vzduchu nad 5 °C – odchylka od normálu 1991–2020 od 1. 1. 2025 do 30. 9. 2025 (a) a do 31. 10. 2025 (b).



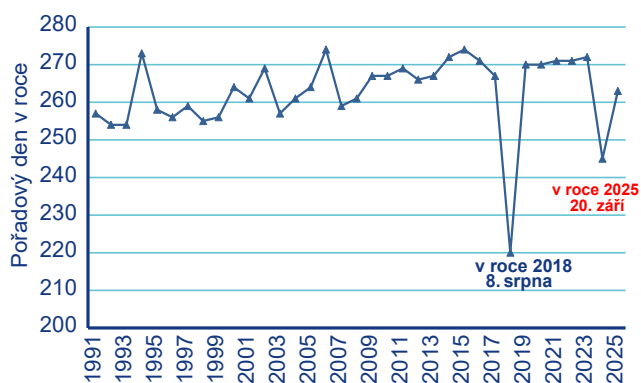
Obr. 3 Průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm dne 1. 10. 2025 (a) a 29. 10. 2025 (b).



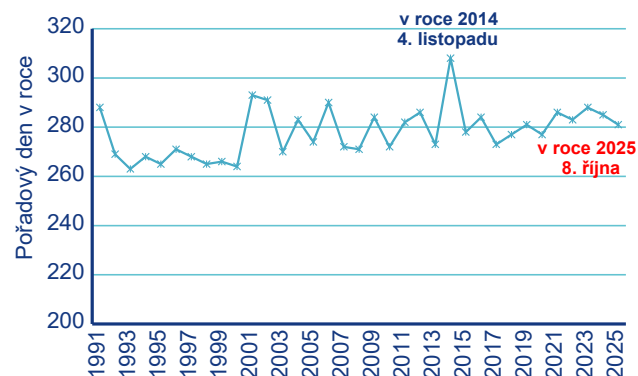
Obr. 4 Kumulativní úhrn srážek k 30. 9. 2025 (a) a 31. 10. 2025 (b).



Obr. 5 Kumulativní úhrn srážek (procenta normálu 1991–2020) k 30. 9. 2025 (a) a 31. 10. 2025 (b).



Obr. 6 Žloutnutí listů 10 % lísky obecné na stanici Benešov v období 1991–2025.



Obr. 7 Žloutnutí listů 100 % javoru mléče na stanici Benešov v období 1991–2025.



Obr. 8 Barvy podzimu na stanici Český Rudolec.

ském výběžku) a pohybovaly se v rozmezí od -75 do $+140$ °C (v roce 2024 byly odchylky na celém území ČR kladné v rozmezí od 250 do 700 °C).

Průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm dne 1. 10. 2025 a 29. 10. 2025 je uvedena v obrázku 3. Na začátku října byly hodnoty v rozmezí $7\text{--}13$ °C (v roce 2024 to bylo $9\text{--}15$ °C), na konci října $5\text{--}11$ °C (v roce 2024 byla průměrná denní teplota půdy v 10 cm $10\text{--}13$ °C).

Kumulativní úhrn atmosférických srážek od 1. 1. 2025 do 30. 9. 2025 a 31. 10. 2025 a procentické vyjádření normálu

1991–2020 jsou vykresleny na obrázku 4 a 5. Kumulativní úhrny se pohybovaly v rozmezí 350 až 700 mm tj. 70–100 % normálu.

V září začal fenologický časný podzim. Stále kvetly ocúny, na některých lokalitách kvetly až do konce září. Žloutnutí listů a opad listů začal ve druhé polovině září. Dozrávaly plody dubů, buků, lísek, javorů, kaštanů či rákosu. Plody jeřabin byly červeně vybarvené, u lísek jsme na některých lokalitách zaznamenali velkou úrodu. Pylová sezóna skončila začátkem

října. V říjnu pokračovalo zbarvování a opad listů dřevin a v letošním roce nebylo vybarvení listů javorů tak výrazné jako v roce předchozím.

V dalším čísle vám přineseme aktuální informace o vlivu počasí na vegetaci v listopadu a prosinci 2025 (období vegetačního klidu) a souhrn fenologických zajímavostí za rok 2025.

Lenka Hájková

INFORMACE

Vybrané mezinárodní aktivity hydrologů ČHMÚ v roce 2024

Příspěvek navazuje na poslední informační článek tradičního seriálu o vybraných mezinárodních činnostech hydrologů ČHMÚ (Ledvinka 2024) a tentokrát se soustředí na aktivity v roce 2024. Struktura zůstává stejná, tedy jsou řešeny:

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

Rok 2024 lze z tohoto hlediska považovat za poněkud slabší, přesto se odehrálo několik významných setkání, osobních i elektronických.

Situace v IHP UNESCO a další vybraná jednání týkající se NHS

Nejvýznamnější akce Mezivládního hydrologického programu (IHP) UNESCO se uskutečnily v Paříži v týdnu od 3. do 7. června 2024. Naplánováno bylo nejen 26. zasedání Mezivládní rady (IGC) IHP UNESCO (5.–7. června), ale také vědecké kolokvium s názvem *50 years of Evolution of Science of Hydrology: From Science to Application and Way Forward* (3. 6.), UNESCO Water Family Symposium (4. 6. dopoledne) a Structured Financing Dialogue (SFD) for IHP-IX (4. 6. odpoledne). Důvodem byly i chystané oslavy 50., resp. 60. výročí IHP, resp. Mezinárodní hydrologické dekády. V rámci obědových přestávek a večer po skončení hlavního programu probíhaly vedlejší semináře (tzv. side events).

Kromě O. Ledvinky byl přítomen i ředitel pro hydrologii ČHMÚ J. Daňhelka, který byl organizátory vyzván jako předseda Hydrologického shromáždění WMO, aby se v jednom z diskuzních panelů vědeckého kolokvia vyjádřil k roli IHP při operacionalizaci hydrologické vědy. Na programu kolokvia byly ještě dvě sekce:

- a) vývoj vědecké hydrologie za posledních 50 let ve vztahu k IHP;
- b) nastupující problémy, příležitosti a výhledy vědecké hydrologie ve vztahu k IHP.

Hydrologovi spjatému převážně s Evropou nemohla uniknout významná jména účastníků, např. B. Arheimer, A. Szöllösi-Nagy, H. van Lanen, A. Aureli nebo C. Cudennec. S C. Cudennecem byly během přestávek diskutovány další záležitosti, například kvalita kolokvia či hydrologie IAHS a WMO. Z pohledu účastníka byla bilancující první část kolokvia hodnotící vývoj vědecké hydrologie, kde byla zmíněna i role rychle se rozvíjejících aplikací dálkového průzkumu Země, o nichž na zasedáních tradičně hovoří A. Amani ze Sekretariátu UNESCO.

První polovina úterního dne byla věnována symposiu, kde se představovala zejména centra UNESCO kategorie 2 zapojená do 9. fáze IHP (IHP-IX). Významná byla i role Sekretariátu UNESCO, jehož zástupci mají dohlížet na aktivity pracovních skupin řešících hlavní a průřezová témata IHP-IX. Smyslem symposia bylo nejen připomenout blížící se výročí IHP, ale také obnovit některá důležitá centra, na něž se postupně pozapomnělo, přestože jejich práce zůstává významná. S tím souviselely i vedlejší semináře, jejichž cílem bylo ukázat význam těchto center (např. iniciativa Hydrology for the Environment, Life & Policy – IHP-HELP).

Symposium se skládalo ze tří částí:

- a) příspěvek UNESCO k vědě;
- b) příspěvek k rozvoji kapacit;
- c) příspěvek ke zvýšení povědomí.

Druhá část úterního dne byla věnována SFD. Rozpočet na aktivity IHP-IX se snižuje, a je proto nutné hledat náhradní finanční zdroje, často v zemích, které si problémy s vodou dobře uvědomují a mají v tomto směru podporu vlády (např. Jižní Korea). SFD měl tři části:

- a) strategie mobilizace zdrojů pro UNESCO a IHP;
- b) ukázky úspěchů a budoucí příležitosti;
- c) priority financování.

Poslední den se nesl v duchu jednání IGC. Schvalovala se agenda, zazněly úvodní projevy (např. prezident IHP) a shrnutí předchozích dnů. Pro detailnější přehled, včetně rezolucí a nových iniciativ (např. CRIDA), lze odkázat na webové stránky UNESCO.

Regionální spolupráce podunajských států (IHP Danube)

Aktivity byly soustředěny především do projektů kofinancovaných EU v rámci programu Interreg Danube Region, zejména Danube Water Balance (DWB; vedený Maďarskem) a Danube-Sediment_Q2 (vedený Rakouskem), kde ČHMÚ působí jako přidružený strategický partner.

V rámci DWB proběhla úvodní setkání (kick-off 26.–28. 3.) a následně online kurz hydrologického modelování v komunitním modelu CWatM (Burek et al. 2020). Ve zbytku roku 2024 šlo především o sběr a harmonizaci dat a řešení problémů s jejich dostupností. Čeští hydrologové se zaměřili na kalibraci modelu pro povodí Moravy jako pilotní oblast ve spolupráci se Slovenskem a Rakouskem.

Projekt Low-Flow IHP Danube (podprojekt zaměřený na teplo-tu vody) nezískal podporu SAV, práce však pokračují.

Spolupráce se SHMÚ

V březnu 2024 se O. Ledvinka stal členem redakční rady Meteorologického časopisu SHMÚ. Termín jednání se shodovalo s Posterovým dnem Slovenské meteorologické společnosti v Bratislavě. Diskutována byla možnost propojení 10. česko-slovenských Hydrologických dnů s 31. Konferencí podunajských států na Slovensku.

Do knihovny ČHMÚ byly předány publikace ÚH SAV (Pekárová et al. 2005, 2023). Zároveň byla navázána komunikace s hydroložkami zaměřenými na podzemní vody a prezentován článek o vydatnosti pramenů v Česku (Lamacova et al. 2024).

Vědecká hydrologie

Na Valném shromáždění EGU24 byly prezentovány např. práce o povodňových značkách na Děčínské skále (Elleder et al. 2024) a dataset CAMELS-CZ (Jenicek et al. 2024).

Ve dnech 4.–7. listopadu 2024 proběhl 14. workshop STAHY v brazilském Florianópolisu. Oproti předchozím ročníkům ustoupila témata strojového učení. O. Ledvinka prezentoval příspěvek využívající vlnkovou analýzu časových řad.

Udělena byla Tisonova cena (Addi et al. 2022), Volkerova medaile H. Kreibich a Doogeova medaile L. M. Tallaksen. Diskutována byla budoucnost IAHS a dekáda HELPING. Zazněla informace o vědeckém shromáždění IAHS v Roorkee (2025) a dalším workshopu STAHY ve Victoria Falls (2026).

Akce určené mladým hydrologům

Na 36. Konferenci mladých hydrologů (14. 11. 2024) bylo přihlášeno pět příspěvků, z toho jeden český (B. Špinarová a J. Válek, ČHMÚ Brno). Diskutována byla problematika ovlivnění průtoků v povodí Moravy. Vítězi se stali M. Jančo, S. Radič, B. Špinarová a J. Válek. Organizátoři zvažují úpravu formátu kvůli nízkému počtu účastníků (Randusová 2024).

O den dříve proběhl Posterový den ÚH SAV v Bratislavě. P. Coufal a H. Hornová (ČHMÚ Brno) prezentovali příspěvek o opakování velkých vod v povodí Moravy (Vitková, Botyanszká 2024). Slovenští kolegové představili aplikace strojového učení při předpovědi průtoku Dunaje a modelování evapotranspirace. Prezentovány byly i předběžné výsledky modelování povodňové vlny na Dunaji po povodních v září 2024.

I při této návštěvě pokračovala jednání o Hydrologických dnech a Konferenci podunajských států se zástupci SHMÚ, včetně jeho ředitele.

Literatura:

- ADDI, M., GYASI-AGYEI, Y., OBUOBIE, E., AMEKUDZI, L. K., 2022. Evaluation of imputation techniques for infilling missing daily rainfall records on river basins in Ghana. *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 67, No. 4, s. 613–627. ISSN 0262-6667, 2150-3435. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/02626667.2022.2030868>.
- BUREK, P., SATOH, Y., KAHIL, T., TANG, T., GREVE, P., SMILOVIC, M., GUILLAUMOT, L., ZHAO, F., WADA, Y., 2020. Development of the Community Water Model (CWatM v1.04) – a high-resolution hydrological model for global and regional assessment of integrated water resources management. *Geoscientific Model Development*, Vol. 13, No. 7, s. 3267–3298. ISSN 1991-9603. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/gmd-13-3267-2020>.
- ELLEDER, L., KABELKA, T., ŠÍROVÁ, J., 2024. The unique 1432-2013 flood marks from the Děčín Castle Rock, Czech Republic, are scanned in 3D and utilized. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 26, Article No. EGU24-5195. ISSN 1607-7962. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-5195>.
- JENICEK, M., TYL, R., NEDELCEV, O., LEDVINKA, O., ŠERCL, P., BERNSTEINOVÁ, J., LANGHAMMER, J., 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>.
- LAMACOVA, A., LEDVINKA, O., BOHDALKOVA, L., OULEHLE, F., KREISINGER, J., VLNAS, R., 2024. Response of spring yield dynamics to climate change across altitude gradient and varied hydrogeological conditions. *Science of The Total Environment*, Vol. 921, Article No. 171082. ISSN 0048-9697. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171082>.
- LEDVINKA, O., 2024. Vybrané mezinárodní aktivity hydrologů ČHMÚ v roce 2023. *Meteorologické zprávy*, roč. 77, č. 4, s. 133–138. ISSN 0026-1173.
- PEKÁROVÁ, P., KONÍČEK, A., MIKLÁNEK, P., 2005. Vplyv využitia krajiny na režim odtoku v experimentálnych mikropodiach ÚH SAV [online]. Bratislava: Veda. ISBN 978-80-224-0865-4. Dostupné z: <https://www.pavla.pekarova.sk/monographs>.
- PEKÁROVÁ, P., MIKLÁNEK, P., SEBÍŇ, M., 2023. Vplyv využitia krajiny na kvalitu vody v toku v experimentálnych mikropodiach ÚH SAV [online]. Bratislava: Ústav hydrológie Slovenskej akadémie vied. ISBN 978-80-89139-60-6. Dostupné z: <https://www.pavla.pekarova.sk/monographs>.
- RANDUSOVÁ, B. (ed.), 2024. Konferencia mladých odborníkov. 14. november 2024 [online]. Bratislava: Slovenský Hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-99929-79-2. Dostupné z: <https://kmo.shmu.sk/>.
- TALLAKSEN, L. M., VAN LANEN, H. A. J. (eds.), 2024. Hydrological Drought: Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier. ISBN 978-0-323-91679-0.
- TIAN, F., WEI, J., HAEFFNER, M., KREIBICH, H. (eds.), 2026. Coevolution and Prediction of Coupled Human-Water Systems. A Sociohydrologic Synthesis of Change in Hydrology and Society. Amsterdam: Elsevier. ISBN 978-0-443-41736-8. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/C2024-0-03476-5>.
- VITKOVÁ, J., BOTYANSZKÁ, L. (eds.), 2024. Hydrological Processes, Ecosystems and Climate Change. Book of peer-reviewed papers. Bratislava: Institute of Hydrology, Slovak Academy of Sciences. ISBN 978-80-89139-61-3.

Ondřej Ledvinka

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

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

KNIHOVNA ČHMÚ

– centrum znalostí o počasí, vodě a ovzduší

Knihovna Českého hydrometeorologického ústavu nabízí rozsáhlý fond odborné literatury zaměřené na meteorologii, klimatologii, hydrologii a kvalitu ovzduší. K dispozici jsou vědecké publikace, časopisy, historické záznamy i nejnovější studie.



Služby:

- Prezenční i absenční výpůjčky
- Možnost studia v klidném prostředí
- Odborná konzultace a pomoc při vyhledávání literatury
- Přístup k online databázím

Otevírací doba:

Pondělí: 8:00 – 11:30 hod., 12:00 – 15:30 hod.

Úterý: Zavřeno

Středa: 8:00 – 11:30 hod., 12:00 – 15:30 hod.

Čtvrtek: 8:00 – 11:30 hod., 12:00 – 15:30 hod.

Pátek: 8:00 – 11:30 hod., 12:00 – 14:00 hod.



Adresa:

Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4 – Komořany



Více informací:

<https://www.chmi.cz/informace-a-sluzby/knihovna>

