

POČASIE – PODNEBIE – VODA –  
PÔDA – OVZDUŠIE  
a ich interakcie v 3. tisícročí

ZBORNÍK ABSTRAKTOV

1. ročníka Posterového dňa  
Slovenskej meteorologickej spoločnosti





# Zborník abstraktov

publikovaných v rámci 1. ročníka Posterového dňa SMS s medzinárodnou účasťou s názvom „**Počasié-podnebie-voda-pôda-ovzdušie a ich interakcie v 3. tisícročí**“, ktorý zorganizovala Slovenská meteorologická spoločnosť v spolupráci so Slovenským hydrometeorologickým ústavom 20. marca 2024 v priestoroch SHMÚ, Jeséniova 17, Bratislava.

## **Vydavateľ**

Slovenská meteorologická spoločnosť, občianske združenie, Jeséniova 2305/17,  
833 15 Bratislava

**Forma vydania:** PDF

## **Editori**

RNDr. Paulína Valová  
Mgr. Milan Onderka, PhD.

## **Organizačný výbor podujatia:**

RNDr. Paulína Valová, Mgr. Martina Sadloňová, RNDr. Gabriela Ivaňáková,  
Mgr. Katarína Mikulová, PhD., RNDr. Ivana Krčová, Mgr. Lívia Labudová,  
PhD., Mgr. Milan Onderka, PhD., Tibor Csörgei, Mgr. Ivan Garčár

Obsah jednotlivých abstraktov uverejnených v zborníku neprešiel jazykovou korektúrou. Za obsah zverejnených príspevkov zodpovedajú autori.

ISBN 978-80-973051-1-6



## OBSAH

Vplyv vodnej nádrže Málinec na teplotný režim rieky Ipeľ <i>Bajtek Z.</i>	6
Regional ensemble prediction system A-LAEF <i>Belluš M.</i>	7
Interesting facts of 2023 in climatology and agrometeorology <i>Bochníček O., Faško P., Kajaba P., Markovič L., Rozkošný J., Szabóová K., Turňa M.</i>	8
Vývoj a výskum v oblasti numerickej predpovedi počasia na SHMÚ Derková M., Otruba A., Simon A., Belluš M., Imrišek M., Neštiak M., Petraš M., Tarjáni V., Španiel O., Zehnal R.	9
Výuka meteorologie a klimatologie a související výzkum na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy <i>Holtanová E., Huszár P., Pišoft P.</i>	10
Uncertainty assessment for PERUN climate change scenarios for the Czech Republic <i>Holtanová E., Machado Crespo N., Belda M., Halenka T.</i>	11
100 rokov od najväčšej lavínovej tragédie na Slovensku v oblasti Rybô – reanalýza poveternostných podmienok vedúcich k jej vzniku <i>Mikulová K., Ivaňáková G., Vojtek M., Polčák N., Faško P.</i>	12
Futures changes in the short-term rainfall in Slovakia <i>Kohnová S., Földes G.</i>	13
Modelovanie kvality ovzdušia s vysokým rozlíšením <i>Krajčovičová J., Matejovičová J., Beňo J., Belohorcová K.</i>	14
Supercelárne búrky v Západných Karpatoch: Nebezpečný meteorologický jav zo širšej perspektívy <i>Kvak R., Zacharov P., Okon L., Bližňák V., Méri L., Kašpar M.</i>	15
Zmeny vo výskyte meteorologického sucha v kontexte zmien teplotných a zrážkových pomerov na Slovensku <i>Labudová L., Ivaňáková G., Faško P., Kajaba P.</i>	16
Pesticídy vo vodách Žitného ostrova <i>Andrea Ľuptáková, Anna Molnárová, Jaroslava Urbancová, Jana Döményová, Takáčová D., Molnár L.</i>	17
Mobilný monitoring kvality ovzdušia v Jelšave <i>Matejovičová J., Hroncová E., Beňo J., Krajčovičová J., Štefánik D., Nemček V.</i>	18
Rádioaktivita všadeprítomná <i>Melicherová T.</i>	19
Hydrochemická charakteristika zrážok na Slovensku <i>Mináriková V., Udvarosová T.</i>	20
Extrémní meteorologické události (nejen) v Česku <i>Müller M., Kašpar M.</i>	21

Vyhodnotenie zmien hodnôt návrhových intenzít dažďov simulovaných regionálnymi klimatickými modelmi (EURO-CORDEX) na úrovni krajov, okresov a katastrálnych území obcí Slovenska <i>Onderka M., Lukasová V., Varšová S., Mikulová K., Pecho J., Šadláková D.</i>	22
Z histórie výskumu v prírodnom hydrologickom laboratóriu ÚH SAV v povodí potoka Mošteník za obdobie 1958-2006 <i>Pekárová P., Miklánek P.</i>	23
Satelitné merania slnečného žiarenia a ich využitie pri hodnotení účinnosti fotovoltických zariadení <i>Kaňák P.</i>	24
Zlepšenie predpovede pre účely nowcastingu <i>Petrovič M.</i>	25
Tridsať rokov meraní celkového ozónu Brewerovými ozónovými spektrofotometrami v Poprade-Gánovciach <i>Pribullová A., Mišaga O.</i>	26
Extrémne sucho a jeho dopady na poľnohospodárstvo na Slovensku v roku 2022 <i>Turňa M., Ivaňáková G., Ridzoň J., Krčová I.</i>	27
Vplyv klimatických faktorov na aktivitu podkôrnika dubového <i>Scolytus intricatus</i> Ratz. <i>Rozkošný J., Labudová L., Rell S., Lalík M., Galko J.</i>	28
Klasifikácia umiestnení automatických staníc podľa predpisov WMO <i>Seják K.</i>	29
Implementing HEC-HMS: Hydrological Modelling at SHMÚ <i>Petraš M., Shenga Z.</i>	30
Rastová reakcia smreka a limby na vývoj klímy: štúdia z horských lesov Tatier <i>Sitková Z., Marčíš P., Murgaš V., Rybár J., Šebeň V., Snopková Z.</i>	31
Interakcia mikroklimy v Brestovskej jaskyni s vonkajším prostredím a jej vplyv na zmeny objemovej aktivity radónu <i>Smetanová I., Onderka M., Pristašová L., Csicsay K.</i>	32
Nástup fenologickej fázy Prvé májové výhonky borovice lesnej ( <i>Pinus sylvestris</i> L.) na Slovensku za obdobie 1996 - 2023 <i>Snopková Z., Pavlendová H., Sitková Z.</i>	33
Operatívna predpoveď kvality ovzdušia <i>Štefánik D., Šedivá T., Beňo J., Krajčovičová J., Matejovičová J.</i>	34
Analýza trendov hladín podzemnej vody a výdatnosti prameňov za referenčné obdobia 1981-2010 a 1991-2020 <i>Kurejová Stojkovová M., Slivová V.</i>	35
Hydrometeorologická rizika podľa PERUN scénára zmeny klimatu v Česku <i>Tolasz R., Šustková V., Valík A.</i>	36
Klimatický rok 2023 na observatóriu pri Skalnatom plese – najteplejší september od začiatku meraní a výdatné zrážkové úhrny v mesiacoch október a november	

---

<i>Varšová S., Lukasová V., Onderka M., Bilčík D.</i>	37
Stochastic multi-site generation of daily weather variables in the mountain catchment of Slovakia	
<i>Výleta R., Danáčová M.</i>	38

---

## Predslov

Slovenská meteorologická spoločnosť (SMS), ktorá je nástupníckou organizáciou Československej meteorologickej spoločnosti, vznikla v roku 1993 ako dobrovoľné združenie vedeckých odborných a iných pracovníkov v meteorológii a klimatológii, prípadne v iných príbuzných disciplínach. Dnes je to občianske združenie, ktorého členovia pôsobia profesne alebo dobrovoľne v uvedených oblastiach.

Za 31 rokov samostatnosti SMS organizovala samostatné odborné podujatia, konferencie, prednášky pre verejnosť, či odborné súťaže pre mladých odborníkov. S prudkým rozvojom IT technológií sa jedno z jej poslání – rozširovať poznatky získané na poli vedeckého výskumu presunulo z osobných stretnutí aj do IT sveta. Žijeme v dobe, kedy nie je problém vymieňať si informácie – aj odborné – s ľuďmi kdekoľvek na svete prakticky okamžite.

Napriek všetkým týmto možnostiam odborníci stále vítajú osobné stretnutia na odborných podujatiach, ktoré nemôže nahradiť obrazovka monitora. A to je dôvod organizovania Posterového dňa SMS, ktorý prichádza po ťažkom období epidémie COVID, kedy boli všetky osobné stretnutia zmrazené takmer na 3 roky.

Témou Posterového dňa je POČASIE – PODNIEBIE – VODA – PÔDA – OVZDUŠIE a ich interakcie v 3. tisícročí. Téma je rozsiahla a spája rôzne vedecké disciplíny, ktorých výsledky sa navzájom prelínajú a dopĺňajú. V čase, kedy je globálne prepojenie vedeckých odborov a ekonomických sektorov snáď najviditeľnejšie v histórii ľudstva, je interdisciplinárny prístup vo vedeckom bádání a výmene poznatkov kľúčový. Preto práve interdisciplinarita je cestou, ktorou sa vydáva Posterový deň nielen v tomto roku, ale aj v tých budúcich.

Veríme, že sme 1. ročníkom Posterového dňa SMS začali tradíciu výmeny odborných vedomostí a skúseností spôsobom, ktorý umožňuje na malom priestore a v primeranom čase prezentovať odborníkom svoju prácu a zároveň nadviazať nové kontakty a rozvinúť prípadnú spoluprácu. Držme si palce.

*Paulína Valová*

Predsedníčka Slovenskej meteorologickej spoločnosti

---

## Vplyv vodnej nádrže Málinec na teplotný režim rieky Ipeľ

Zbynek Bajtek <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav hydrológie SAV, v. v. i., Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava, SK,

Sezónna teplotná stratifikácia v nádržiach spolu so zmenou klímy vplyva na teplotný režim riečnych systémov. Uvoľňovanie studenej vody z hypolimnia nádrží môže počas teplých období znižovať teplotu rieky a naopak v zimnom zvyšovať. Vplyv nádrží na teploty v dolnom toku sa v budúcnosti mierne oslabí v dôsledku vyššej teploty vzduchu a silnejšieho slnečného žiarenia. Vplyv nádrží na ochladzovací potenciál zostáva silný pre riečne úseky po prúde riek pod nádržami so silnou teplotnou stratifikáciou..

Analyzované boli trendy teploty vzduchu merané v dvoch klimatických staniach konkrétne Boľkovce z ktorej boli dostupné merania za obdobie 1951-2023 a stanice Málinec za roky 2016-2023. Teplota vody bola použitá zo staníc: Málinec nad VN, Smolná I a Smolná II, nachádzajúce sa nad vodnou nádržou Málinec a staníc Málinec pod VN, Kalinovo, Holiša a Slovenské Ďarmoty nachádzajúcich sa v tomto poradí v smere toku Ipeľa. Samotná nádrž bola vybudovaná v rokoch 1986 – 1993, a slúži ako zásobáreň pitnej vody pre priľahlé okresy a tiež reguluje horný tok rieky Ipeľ. Vodná plocha predstavuje 1,38 km<sup>2</sup> s objemom 26,7 miliónov m<sup>3</sup> a do prevádzky bola nádrž uvedená 21. januára 1994.

Z vyššie menovaných vodomerných staníc iba stanice Kalinovo, Holiša a Slovenské Ďarmoty majú históriu merania teploty vody v toku predchádzajúcu výstavbe tejto vodnej stavby. S tohto dôvodu samotná analýza teplotných režimov bola rozdelená na dve časti kde v prvom kroku boli analyzované údaje zo staníc v ktorých časové rady predchádzali výstavbe vodnej nádrže Málinec. Následne boli zvlášť analyzované dáta ktoré boli merané až po uvedení vodného diela do prevádzky. Analýzy sa vykonali pre tri rôzne časové stupnice: rok, mesiac a deň. Mann-Kendallovým testom boli štatisticky určené významné trendy počas analyzovaného obdobia a zistilo sa zvyšovanie teploty vzduchu a vody. Vodomerná stanica Kalinovo sa nachádza 21.9 km od nádrže Málinec a stanice Holiša 36 km a Slovenské Ďarmoty 99km. Použitím metódy denných teplôt (DTD) sa zistilo, že kolísanie denných teplôt vzduchu je výrazne vyššie ako súčasné kolísanie denných teplôt vody. Aj nárast teplôt vody vo vodomernej stanici Kalinovo bol ovplyvnený výstavbou vodnej nádrže. Trendy nárastu teploty vody počas všetkých mesiacov roka boli štatisticky významné, zatiaľ čo trendy teploty vzduchu boli štatisticky významné počas teplých častí roka. Hoci sú riečne úseky pod nádržami prípadne vplyvom regulácie toku citlivejšie ako úseky bez vplyvu regulácie, sú celkové zistenia v dôsledku týchto vplyvov podstatne nemenia.

**Kľúčové slová:** teplotná stratifikácia , vodné nádrže, trendy, Ipeľ

### Pod'akovanie

*Táto práca bola podporená projektami VEGA No. 2/0015/23; APVV-20-0374 and WATSIM "Water temperature simulation during summer low flow conditions in the Danube basin"*



## Regional ensemble prediction system A-LAEF

Martin Belluš<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Slovak hydrometeorological institute, martin.bellus@shmu.sk

A-LAEF is a mature regional ensemble forecasting system based on the ALARO Canonical System Configuration (CSC), running as a Time Critical-2 application on HPCF at ECMWF. It is being developed by SHMU within the RC LACE consortium. It consists of 16 perturbed ensemble members and one unperturbed control run, providing forecasts twice a day for the next 72 hours. The system's integration domain is covering the area exceeding the boundaries of the European continent (including the whole Mediterranean and Black seas), with the spatial resolution of 4.8 km and 60 model levels in the vertical.

A-LAEF products have been used operationally by LACE partners (Croatia, Czech Republic, Poland, Romania, Slovakia, Slovenia) and Turkey since 2019. The system successfully predicted many extreme weather situations (like heavy precipitation events and strong winds) within the whole of Europe, undeniably bringing the added value over the standard deterministic forecasts. It also provides quality probabilistic forecasts on a daily basis, quantifying their current uncertainty.

The poster gives a description of different approaches in the simulation of the uncertainty of the initial conditions (IC), lateral boundary conditions (LBC) and model physics, used in the A-LAEF system. It illustrates the quality of the system on some extreme weather case studies from the past, and reveals ongoing scientific upgrades related to the improvement of model physics, together with the presentation of current and new probabilistic products.

**Keywords:** A-LAEF, ensemble prediction system, numerical weather prediction, uncertainty simulation, ECMWF

### Acknowledgment

*A-LAEF system is being developed by SHMU within the RC LACE consortium (Regional Cooperation for Limited Area modeling in Central Europe). The technical implementation of the A-LAEF scripting system at HPCF in Bologna was done with the great help of various teams at ECMWF. ALARO physics, which contributes substantially to the quality of the A-LAEF system, is mainly developed by our colleagues in Prague, for which we owe them great recognition and thanks. The A-LAEF operations on HPCF at ECMWF are carried out with the SBUs (billing units) contributions provided by full ECMWF members - Croatia, Slovenia and Turkey (about 140 million SBUs per year).*

## Interesting facts of 2023 in climatology and agrometeorology

Bochníček, O.<sup>1</sup>, Faško, P.<sup>1</sup>, Kajaba, P.<sup>1</sup>, Markovič, L.<sup>1</sup>, Rozkošný, J.<sup>1</sup>, Szabóová, K.<sup>1</sup>,  
Turňa, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Slovak Hydrometeorological Institute, oliver.bochnicek@shmu.sk

The year 2023 ended as the 2nd warmest at least since 1931 with a deviation of +1.5 °C from the normal values from the period 1991 – 2020, or +1.8 °C from 1981 – 2010, or +2.4 °C from 1961 – 1990. In the seasonal evaluation, autumn ended as the warmest (1st) since 1931. In the monthly ranking, the most significant (gradually since the beginning of the year) was January as the 2nd warmest, September as the warmest ever, and October as the 2nd warmest since at least 1931. Of the seasons, the winter of 2022/2023 ended as the 4th warmest, which resulted in despite the very low incidence of ice and frost days, autumn ended up being the warmest since at least 1931. During the year, there were also significant periods of consecutive days characterized as summer, tropical, or as heat waves. Several daily national temperature records were broken in both extreme and average temperatures.

The total spatial precipitation measured across Slovakia in 2023 using the isohyet method amounted to 1003 mm, which is 132% of the normal (1901 – 2000). This level of precipitation is considered significantly above the average. Since 1981, this method has been used to calculate annual rainfall totals for Slovakia, and the only year with higher recorded rainfall was 2010, when an extreme value of 1255 mm was recorded. According to this method, the months with the highest precipitation in 2023 were November and August, both receiving 120 mm, followed by December with 105 mm, and January with 103 mm.

The shorter dry and wet periods alternated in the summer months. In the summer, the drought peaked in the second half of July, when the north-west of Slovakia was very dry. At that time, extreme drought affected 1.7 % of the territory, and in total, drought of various intensity affected up to 60 % of the territory. The relative saturation fell below 10 % in the southwestern and western Slovakia. In July, the moisture deficit was -40 to -80 mm in the north of central and western Slovakia

In January, we recorded the earliest occurrence of the phenological phase of *Corylus avellana* L, flowering in Slovakia, at least since 1996. In some locations, *C. avellana* L. shifted 1 to 2 months earlier. During March, due to the above-average warm weather, shift of flowering started on average 12 days earlier compared to the long-term average of 1990 – 2020. The course of apricot flowering was negatively influenced by frosts in the last decade of March. A very above-average autumn temperature caused a shift in autumn phenological phases to later dates, with oak leaf fall continuing until December.

Soil temperature was observed at 33 stations in Slovakia, of which 9 stations were compared to the most recent normal 1991-2020. These data are obtained by classical measurements with mercury thermometers and some stations has automatic measuring. According to the soil temperature investigations throughout Slovakia, it was found that at depths of 5 and 20 cm the coldest months within the year 2023 were February, December and the warmest months were July and August. The year 2023 regarding soil temperature started in January in a larger deviation from normal (0 - 5 °C), then in February it got into normal movement, but in mid-February it went above average again, which was maintained until the end of March. A larger fluctuation from normal was observed from mid-August, which lasted almost 3 months, to the end of November. The dry spell from mid-July onwards is also well visible in the annual soil temperature pattern.

**Keywords:** temperature, precipitation, drought, phenology, normal period

## Vývoj a výskum v oblasti numerickej predpovedi počasia na SHMÚ

Mária Derková<sup>1</sup>, Adam Otruba<sup>1</sup>, André Simon<sup>1</sup>, Martin Belluš<sup>1</sup>, Martin Imrišek<sup>1</sup>, Michal Neštiak<sup>1</sup>, Martin Petraš<sup>1</sup>, Viktor Tarjáni<sup>1</sup>, Oldřich Španiel<sup>1</sup>, Roman Zehnal<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, Maria.Derkova@shmu.sk

Vývoj a prevádzka numerických modelov na ohraničenej oblasti na SHMÚ začala už v 90. rokoch minulého storočia v spolupráci s medzinárodnými konzorciami ALADIN (ACCORD) a RC LACE. V súčasnosti sa operatívne používajú deterministický model ALADIN/SHMU a ansámblový model A-LAEF, ktoré sú hydrostatické a počítajú sa na doméne pokrývajúcej veľkú časť Európy (horizontálne rozlíšenie 4,5 resp. 4,8 km). Nehydrostatický model ALA2E s rozlíšením 2 km je určený na upresnenie vstupov do chemicko-transportného modelu CMAQ a pre vydávanie predpovedí a výstrah na SHMÚ. Zároveň sa testuje model s cyklom zrýchlenej aktualizácie (RUC/SHMÚ) s rozlíšením 1 km pre účely veľmi krátkodobej predpovede počasia a nowcastingu. Do tohto modelu vstupujú najčerstvejšie dáta z prízemných meraní ako aj z vyšších vrstiev atmosféry a výpočet sa púšťa každú hodinu. Všetky vyššie uvedené systémy používajú fyzikálnu parametrizáciu a kanonickú konfiguráciu s názvom ALARO-1 so sofistikovanými schémami pre modelovanie vplyvu vertikálne mohutnej konvekcie, turbulencie a mikrofyziky.

Výstupy z numerických predpovedných modelov počasia poskytujeme ďalším odborným pracoviskám SHMÚ, kde sú použité pri príprave predpovedí počasia (synoptika, letecká meteorológia), alebo vstupujú do iných modelov (hydrologických, kvality ovzdušia). Naše údaje ďalej slúžia na vytváranie dedikovaných produktov pre interných aj externých odberateľov.

V súčasnosti zameriavame naše aktivity na skvalitnenie výstupov numerických modelov na predpovedanie extrémnych javov. Okrem základných meteorologických parametrov ako teplota, vlhkosť, vietor a zrážky pripravujeme viaceré diagnostické parametre ako napr. predpoveď zaťaženia elektrických vedení pri výskyte ľadovice alebo lepkavého snehu, predpovede dohľadnosti alebo indexov pre výskyt nebezpečnej konvekcie. Nové verzie modelu umožňujú aktiváciu nových sofistikovaných fyzikálnych schém. Testy v situáciách s intenzívnymi búrkami ukazujú, že mikrofyzika – obzvlášť parametrizácia krúpok – môže hrať podstatnú úlohu pri zosilnení výtokov a predpovedi silných nárazov vetra (viď predpoveď ničivej búrky na juhozápadnom Slovensku 28.8.2023). V experimentálnom štádiu sú predpovede modelov v hektometrickom rozlíšení (250-750 m), ktoré sa testujú aj v spolupráci s hydrologickou predpovednou službou a ich výstupy sa skúšali v hydrologických modeloch (HBV).

Pre verejnosť sme v spolupráci s ÚI a f. Fournetix pripravili novú modernú vizualizáciu bodových meteorologických predpovedí formou interaktívnych EPSGRAMOV. Tieto umožňujú zobrazit' aj informáciu o neistote numerických predpovedí.

**Kľúčové slová:** numerická predpoveď počasia, model na ohraničenej oblasti, vysoké rozlíšenie, ansámblový model, extrémne prejavy počasia, vertikálne mohutná konvekcia, lepkavý sneh

### Pod'akovanie

*Táto práca bola sčasti financovaná Európskou Úniou na základe dohody DE\_330\_MF medzi ECMWF a Météo-France v rámci prvej fázy projektu Destination Earth. Rovnako prezentujeme aj výsledky projektov URANOS (ITMS2014+313011W580, financovaného z fondu ERDF) a KOSYMOKO (ITMS2014+310011Q847, Operačný program Kvalita životného prostredia).*

## Výuka meteorologie a klimatologie a související výzkum na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy

Eva Holtanová<sup>1</sup>, Peter Huszár<sup>1</sup>, Petr Pišoft<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Matematicko-fyzikální fakulta, Karlova Univerzita, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha, eva.holtanova@matfyz.cuni.cz

Katedra fyziky atmosféry MFF UK poskytuje jako jediné univerzitní pracoviště v ČR ucelené vzdělání v oblastech meteorologie a klimatologie včetně matematicko-fyzikálního popisu dějů v klimatickém systému. Zajišťuje vzdělávání odborníků ve studijním oboru "Fyzika atmosféry, meteorologie a klimatologie" se zaměřením na všechny stupně studia – od bakalářského, přes magisterské, až po doktorské. Naši studenti a studentky mají širokou perspektivu uplatnění například ve výzkumných ústavech a na pracovištích vysokých škol, v průmyslových vývojových centrech zaměřených na studium proudění, v business prostředí v souvislosti s expertními znalostmi postupů statistického modelování, v oblasti krizového managementu v souvislosti s extrémními meteorologickými jevy anebo v řadě hospodářských odvětví ovlivňovaných atmosférickými ději jako je třeba energetika.

Výzkum a studium jsou na naší katedře úzce propojené a zaměřují se na vysoce aktuální otázky s velkým společenským dopadem – mezi hlavní patří problematika klimatu a klimatických změn, modelování atmosférické chemie a kvality ovzduší, modelování turbulentního proudění v malých měřítkách anebo výzkum gravitačních vln a jejich vlivu na globální cirkulaci. Katedra se v daných oblastech podílela a podílí na řadě zahraničních i domácích vědeckých projektů.

Vědecké a výukové aktivity naší katedry se zaměřují do několika základních oblastí:

- studium dynamiky a vývoje klimatického systému, numerické modelování s tím spojených procesů, klimatické modely, problematika klimatických změn
- proudění v mezní vrstvě atmosféry, modelování atmosférické turbulence a modelování atmosférického transportu, prostorového rozptylu a transformací znečišťujících příměsí v ovzduší
- dynamická a synoptická meteorologie, aktuální stav atmosféry a její vývoj, předpověď počasí
- nelineárních dynamické systémy v atmosféře, deterministický chaos a prediktabilita atmosférických procesů
- procesy střední atmosféry, stratosféra a stratosférický ozon, velkoprostorová cirkulace, vazba s dalšími oblastmi atmosféry, vliv sluneční aktivity
- modelování atmosférické chemie a čistoty ovzduší
- družicová pozorování, fyzika oblaků a srážek, atmosférické aerosoly

**Klíčové slová:** výuka, výzkum, meteorologie, klimatologie, fyzika atmosféry

### PodĎakovanie

*Príspevek je podpořen z prostředků programu COOPERATIO Univerzity Karlovy.*

## Uncertainty assessment for PERUN climate change scenarios for the Czech Republic

Eva Holtanová<sup>1</sup>, Natália Machado Crespo<sup>1</sup>, Michal Belda<sup>1</sup>, Tomáš Halenka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha,  
eva.holtanova@matfyz.cuni.cz

Current climate change scenarios commonly employ the outputs of climate models, either global climate models (GCMs) or regional climate models (RCMs), operating on a limited integration domain. Uncertainties in the future evolution of climate associated with the unknown evolution of greenhouse gas emissions, changes in land use, and other human activities that may potentially affect the climate are usually taken into account through the use of several scenarios or so-called SSPs (shared socio-economic pathways).

Since the outputs of climate models (for a given SSP) are inevitably burdened by a range of uncertainties, the proposed scenario needs to be accompanied by an estimate of the range of uncertainty. Sources of uncertainty can be divided into two main groups. The first is internal climate variability, and the second is the model formulation, which includes the full range of methods, model resolution, parameterization, etc. The influence of internal variability can be accounted for to some extent using 'perturbed initial conditions ensembles', i.e., ensembles of simulations of a single model with modified initial conditions. The uncertainty associated with the structure of the model itself is estimated using ensembles of simulations of different models. We cannot capture the full range of either "type" of uncertainty, so we assume that the resulting uncertainty estimate tends to underestimate the true uncertainty.

Further, in the context of the latest generation of CMIP6 GCMs uncertainty in the magnitude of climate sensitivity, i.e., the strength of the climate system's response to a particular external forcing, is also discussed. Some of the CMIP6 models have significantly larger sensitivity than their CMIP5 predecessors. The more "sensitive" models then give higher values of temperature changes for a given emissions scenario (on a global but often also on a regional scale).

Here, we present an overview of approaches of uncertainty assessment employed within the Czech national project "Prediction, Evaluation and Research for Understanding National sensitivity and impacts of drought and climate change for Czechia (PERUN)". Also, some preliminary results are presented. One of the sources feeding the updated Czech climate change scenarios constructed within this project will be simulations of the Aladin-Climate/CZ regional model in convection-permitting mode driven by the CNRM-ESM2-1 global climate model, one of the CMIP6 ensemble. The primary data source for uncertainty analysis is the whole CMIP6 multi-model ensemble.

**Keywords:** climate change scenario, uncertainty, multi-model ensembles, regional climate model, project PERUN

### Acknowledgment

*The contribution has been supported by the Charles University program COOPERATIO and by Technology Agency of the Czech Republic (Grant No. SS02030040, PERUN).*

## 100 rokov od najväčšej lavínovej tragédie na Slovensku v oblasti Rybô – reanalýza poveternostných podmienok vedúcich k jej vzniku

Katarína Mikulová<sup>1</sup>, Gabriela Ivaňáková<sup>1</sup>, Martin Vojtek<sup>2</sup>, Norbert Polčák<sup>1</sup>, Pavel Faško<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, katarina.mikulova@shmu.sk  
<sup>2</sup> Veliteľstvo Vzdušných síl OS SR, Jána Jiskru 10, 960 01, Zvolen

Zima na prelome rokov 1923 a 1924 bola v najvyššie položených polohách pohorí Slovenska mimoriadne bohatá na sneh a tým aj na výskyt lavín. Najsmrteľnejšou lavínou nielen v tejto sezóne, ale v celej histórii Slovenska bola lavína, ktorá padla z juhovýchodného svahu vrchu Krížna (1 574 m n. m.) v pohorí Veľká Fatra v noci 6. februára 1924. Tento rok si pripomíname sté výročie tejto tragickej udalosti.

V predkladanom príspevku sme sa pokúsili o analýzu meteorologických a snehových podmienok, ktoré viedli k tejto tragickej udalosti. Zhodnotenie poveternostnej situácie bolo realizované na základe NOAA-CIRES reanalýz geopotenciálu 500 hPa, povrchového tlakového poľa a teploty vo výške 850 hPa. Okrem toho bolo pri analýze výšky snehovej pokrývky ako aj pre validácie NOAA-CIRES reanalýz použitých 102 zrážkových a 10 klimatologických staníc.

Podľa dostupných údajov rozhodujúcu úlohu pre vznik vhodných podmienok pre výskyt lavín zohralo prehlbovanie tlakových níží nad pobaltskými štátmi, ktoré bolo spojené s frontálnym prechodom cez Slovensko v období od 2. do 6. februára 1924. Prevládala severozápadná cyklonálna situácia, počas ktorej vplyvom orografického zdvihu napadlo na severozápadných (náveterných) svahoch pohorí veľmi veľa snehu za relatívne krátke časové obdobie. Tento efekt bol zaznamenaný aj na hrebeni Veľkej Fatry a tiež v oblasti Krížnej, kde za 4 dni napadlo okolo 60 cm nového snehu. Kvôli absencii drevín, či inej vegetácie, ktorá by zvýšila drsnosť povrchu v tejto lokalite, na vrcholoch hôr bol sneh ľahko znášaný severozápadným vetrom na záveternú stranu pohorí, čím sa na východných svahoch vytvorili podmienky pre akumuláciu snehovej pokrývky. Teplota na úrovni 850 hPa bola od 2. do 5. februára pod bodom mrazu. 5. februára 1924 však došlo prechodu teplého frontu a krátkodobému výraznému otepleniu, čo v kombinácii s extrémnym intenzívnym snežením, ktoré bolo spojené so západným až severozápadným vetrom, ktorý previal sneh do odtrhového pásma s prevažne východnou expozíciou, kde už predtým bola nadpriemerná výška snehovej pokrývky viedlo k vhodným podmienkam pre pád lavíny. Lavína v osade Rybô zničila tri domy, ďalšie dva poškodila. Zasykala 22 ľudí, osemnásť z nich (z toho 15 detí) neprežilo. Množstvo snehu v lavíne bolo také veľké, že sa sneh neroztopil ani cez leto. Lavína bola dlhá približne 2,5 km a pri svojom páde prekonala výšku 760 m. Podľa odhadu sa v nej nachádzalo 600 000 ton snehu. Lavína vyvinula veľmi veľký nárazový tlak a vysokú rýchlosť (do 180 km/h). Podľa dnešnej medzinárodnej klasifikácie lavín by sa táto lavína zaradila do kategórie veľmi veľké lavíny, čo je najväčšia veľkosť.

**Kľúčové slová:** lavína, snehová pokrývka, Rybô

## Futures changes in the short-term rainfall in Slovakia

Silvia Kohnová<sup>\*1</sup>, Gabriel Földes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Slovak University of Technology, Faculty of Civil Engineering, DLWRM, Bratislava, Slovakia

\*Corresponding author: [silvia.kohnova@stuba.sk](mailto:silvia.kohnova@stuba.sk)

<sup>2</sup> Senec tourism administration, Senec, Slovakia

This study focused on the impact of climate change on the characteristics and design values of short-term rainfall intensities in selected stations of Slovakia. To simulate future rainfall data in hourly time step, the Community Land Model (CLM 4.0.) was used (<http://www.cgd.ucar.edu/tss/clm/>). The CLM scenario was simulated by the IPCC scenario for A1B for the 21st century; the scenario is semi pessimistic with a 2.9°C increase in the global temperature by 2100. Together, 31 climatological stations from the whole territory of Slovakia were selected for the analysis. The hourly short-term rainfall intensities were divided into three time periods: historical–observed data (1961-2020), the near future (2031-2070), and the far future (2071-2100) climate scenario data. First, the analysis of data homogeneity, trends, and breaking points, and the seasonality of extreme rainfall events in all durations from 60minutes up to one day and for all selected periods were performed. The results show an increasing but insignificant trend at most climatological stations; the seasonality of maximum rainfall events revealed the future changes compared to the historical period, and the shifts in extreme rainfall occurrence between the historical and future periods are to a later date almost in summer months. The simple scaling theory was adopted to estimate the IDF curves of short-term rainfall. Where the scaling exponents also confirm their future changes with higher values compared to the historical period. Finally the design values of short-duration rainfall have been estimated having also an increasing character for the future.

**Keywords:** short term rainfall, trends, seasonality, scaling, CLM model

### Acknowledgment

*This study was supported by the Slovak Research and Development Agency under Contract No. APVV-19-0340 and by the VEGA Grant Agency under Project No. 1/0782/21. The authors are very grateful for their research support.*

## Modelovanie kvality ovzdušia s vysokým rozlíšením

Jana Krajčovičová<sup>1</sup>, Jana Matejovičová<sup>1</sup>, Juraj Beňo<sup>1</sup>, Katarína Belohorcová

<sup>1</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava  
\*jana.krajcovicova@shmu.sk

Regionálne chemicko-transportné modely zahŕňajúce veľké územia celých krajín, resp. celého kontinentu modelujú koncentrácie znečisťujúcich látok v štvorcoch rozmerov niekoľkých km, pričom v takomto rozlíšení do nich vstupujú aj emisie znečisťujúcich látok. Emisie sú však väčšinou lokalizované na oveľa menších plochách – napr. cesty, priemyselné komíny alebo vykurovanie domácností, preto regionálne modely nedokážu zachytiť lokálne maximá koncentrácií v blízkosti takýchto emisných zdrojov. Na zachytenie oblastí s najhoršou kvalitou ovzdušia sa preto využívajú modely s vysokým horizontálnym rozlíšením (rádovo jednotky až desiatky metrov), zahŕňajúce obmedzené rozsahy územia (rozmer domén jednotky až desiatky km). Tieto modely sú veľmi náročné na výpočtový čas, preto nepokrývajú celú SR. V minulosti sme dokázali modelovať v priebehu roka iba niekoľko domén. Inštalácia nového superpočítača HPC3 v rámci projektu KOSYMOKO nám umožnila v priebehu roka modelovať a vyhodnotiť až 25 domén rôzneho horizontálneho rozsahu, pričom v 9 doménach neboli k dispozícii merania z monitorovacích staníc kvality ovzdušia. Validácia modelu teda prebehla v 16 doménach. Z validácie sme získali vhľad do neurčitostí modelovania, čo nám umožnilo lepšiu interpretáciu výsledkov modelovania v doménach v ktorých nie sú k dispozícii merania.

Modelované znečisťujúce látky boli benzo(a)pyrén, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>. Na modelovanie boli použité modely CALPUFF [2] (pre lokálne kúreniská a priemyselné zdroje) a IFDM [1],[4] v kombinácii s OSPM [3], [4] (pre cestnú dopravu). Požadované hodnoty koncentrácií boli určené pomocou regionálneho interpolačno-regresného modelu RIO [5].

Výstupy modelovania slúžia okrem iného ako podklady pre určenie oblastí riadenia kvality ovzdušia v zónach a aglomeráciách SR a na hodnotenie opatrení na zníženie emisií znečisťujúcich látok. Matematické modely sa tak stali dôležitou súčasťou hodnotiaceho a rozhodovacieho procesu v riadení kvality ovzdušia: na ich základe sa určuje povinnosť obcí realizovať opatrenia na zlepšenie kvality ovzdušia, závisí od nich tiež napr. výška dotácií na výmenu vykurovacích zariadení v domácnostiach. Na úrovni EÚ sú výstupy modelovania zasa dôležitým argumentačným nástrojom vo vyjednávaní SR v procese infringementu z dôvodu prekračovania limitných hodnôt niektorých znečisťujúcich látok.

- [1] Lefebvre, W., Vranckx, S., 2013. Validation of the IFDM-model for use in urban applications, Study accomplished in the framework of the ATMOSYS-project. VITO report 2013/RMA/R/56.
- [2] Scire, J.S., Strimaitis, D.G. and Yamartino, R.J. (2000b) A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model, Earth Tech, Inc., Concord, MA. US EPA (2011) Compilation of Air Pollutant Emission
- [3] Berkowicz, R. (2000) OSPM - A parameterised street pollution model, Environmental Monitoring and Assessment, Volume 65, Issue 1/2, pp. 323-331.
- [4] W. Lefebvre, B. Degrawe, C. Beckx, M. Vanhulsel, B. Kochan, T. Bellemans, D. Janssens, G. Wets, S. Janssen, I. de Vlieger, L. Int Panis, S. Dhondt, 2015. Presentation and evaluation of an integrated model chain to respond to traffic- and health-related policy questions. *Environmental Modelling & Software*. Vol 40 pp.160-170. doi:10.1016/j.envsoft.2012.09.003
- [5] Lefebvre, W., Van Poppel, M., Maiheu, B., Janssen, S., Dons, E., 2013. Evaluation of the RIO-IFDM-street canyon model chain. *Atmos. Environ.* 77, 325–337. doi:10.1016/j.atmosenv.2013.05.026

**Kľúčové slová:** kvalita ovzdušia, modely s vysokým priestorovým rozlíšením, benzo(a)pyrén, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>



## Supercelárne búrky v Západných Karpatoch: Nebezpečný meteorologický jav zo širšej perspektívy

Róbert Kvak<sup>1,2</sup>, Petr Zacharov<sup>2</sup>, Luboslav Okon<sup>3</sup>, Vojtěch Blížňák<sup>2</sup>, Ladislav Méri<sup>3</sup>, Marek Kašpar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Albertov 6, 128 00 Praha, Česká republika; (kvakr@natur.cuni.cz)

<sup>2</sup> Oddělení meteorologie, Ústav fyziky atmosféry, Akademie věd České republiky, Boční II 1401, 141 00 Praha, Česká republika

<sup>3</sup> Odbor distančných meraní, Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, Slovensko

Konvektívne búrky supercelárneho typu sú obvykle sprevádzané intenzívnymi meteorologickými javmi predovšetkým v podobe privalového dažďa a krupobitia, ktoré neraz pôsobia v socioekonomickej sfére devastačne. Porozumenie správaniu superciel v komplexnom prírodnom prostredí sa stalo výzvou meteorologického bádania najmä v posledných dvoch dekádach. Predložený výskum sa zameriava na obdobie rokov 2015 – 2019, v ktorom je prostredníctvom radarových meraní a modelových simulácií zdokumentovaný životný cyklus a atmosférické podmienky 62 superciel s miestom iniciácie nad Západnými Karpatmi. Na základe údajov z meteorologických radarov SHMÚ a výstupov modelu numerickej predpovede počasia COSMO je pre supercely popísaný výskyt mezocyklónálnej cirkulácie, podmienky za ktorých vznikli, a odhadnutá je taktiež ich zrážková intenzita. Odvozené parametre superciel sú skúmané vo vzťahu k heterogénosti terénu s prihliadnutím na ich časovú premenlivosť. Z výsledkov možno konštatovať, že výskyt superciel bol sústredený vo východnej polovici študovanej domény, a to na rozmedzí Západných Karpát a Východopanónskej panvy. V 68 % prípadoch sa preukázala iniciácia mezocyklón nad záveternými svahmi osobitných pohorí. Pri rozdelení superciel podľa rýchlosti pohybu, bol pozorovaný výskyt pomalších a kratšie trvajúcich superciel nad centrálnymi časťami Západných Karpát, a to na rozdiel od ich rýchlejších a dlhšie trvajúcich náprotivkov s východnejším výskytom. Medzi kategóriami je taktiež signifikantný rozdiel vo veľkosti a priestorovom rozložení hodnôt iniciačných konvektívnych (ako je napr. konvektívna dostupná potenciálna energia) a dynamických (napr. strih vetra) parametrov. Supercelárne prostredie v simuláciách nadobúdalo vyššie hodnoty prvého spomenutého parametra počas pomalších superciel ( $\bar{x} = 1\,500 \text{ J kg}^{-1}$ ), v porovnaní s tými rýchlejšími ( $\bar{x} = 1\,000 \text{ J kg}^{-1}$ ). Strih vetra 0 – 6 km nad zemským povrchom dosiahol veľkostne opačný pomer, a to  $\bar{x} = 7 \text{ m s}^{-1}$  pre pomalšiu a  $\bar{x} = 11 \text{ m s}^{-1}$  pre rýchlejšiu kategóriu. Kumulácia radarovej odrazivosti v konštantnej výške 2 km nad morom ukázala, že v blízkom okolí mezocyklón, bolo koncentrovaných len 10 % zrážkovej intenzity všetkých zrážkových oblakov, ktoré sa nad Západnými Karpatmi vyskytli v čase prítomnosti superciel. Súčasne, najvyššie hodnoty kumulovanej zrážkovej intenzity v bezprostrednej blízkosti mezocyklón sa sústreďovali v okolí miest Rožňava a Prešov. Všeobecne bol zistený nevýznamný štatistický vzťah medzi zmenou zrážkovej intenzity a asymetriou terénu. Pri niektorých supercelách však došlo k významnému zosilneniu zrážkovej intenzity pri presune z pohorí do kotlín, zatiaľ čo zoslabenie bolo očividné najmä postupom cez horské chrbty. Skutočnosťou však zostáva fakt, že životný cyklus a zrážková intenzita superciel sú veľmi citlivé na mezomierkové podmienky atmosféry modifikované vlastnosťami zemského povrchu, ktorých miera pôsobenia sa líši prípad od prípadu.

**Kľúčové slová:** supercela, horské oblasti, supercelárne prostredie, komplexný terén, zrážková intenzita

### PodĎakovanie

*Dynamika konvektívnych búrok v komplexnom teréne Západných Karpát, GA UK 400120, Univerzita Karlova, Praha*

## Zmeny vo výskyte meteorologického sucha v kontexte zmien teplotných a zrážkových pomerov na Slovensku

Lívia Labudová<sup>1</sup>, Gabriela Ivaňáková<sup>1</sup>, Pavol Faško<sup>1</sup>, Peter Kajaba<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 933 15 Bratislava, livia.labudova@shmu.sk

Sucho je prirodzeným extrémnym javom, ktorý je v posledných desaťročiach v kontexte klimatickej zmeny často diskutovaný nielen na vedeckej, ale aj politickej úrovni. V dôsledku rastu priemernej teploty vzduchu, rastú v krajine aj nároky na vodu, ktorá je spotrebovávaná na výpar, čo negatívne ovplyvňuje vlhkovú bilanciu celých regiónov. Hlavným cieľom predkladaného príspevku bola identifikácia zmien v teplotných a zrážkových pomeroch, ktoré sú hlavnými faktormi zmeny výskytu meteorologického sucha na Slovensku. Analyzované boli priemerné ročné, sezónne a mesačné teploty vzduchu, ako aj ročné, sezónne a mesačné úhrny zrážok od roku 1931 do 2020. Priemerná ročná teplota vzduchu vzrástla na sledovaných staniciach o 1,0 až 1,3 °C v období 1991 – 2020 v porovnaní s 1961 – 1990, pričom tento trend je štatisticky významný na celom Slovensku bez ohľadu na orografiu. Na druhej strane, zrážkové úhrny na žiadnej z časových úrovní nevykazujú štatisticky významný trend. To je dôsledkom toho, že na našom území nepozorujeme zmeny v množstve, ale časovom a priestorovom rozložení zrážok. Na identifikáciu obdobia meteorologického sucha bol využitý štandardizovaný zrážkový a evapotranspiračný index (SPEI), ktorý je považovaný za jeden zo štandardných nástrojov používaných pre sledovanie sucha. Na vyčlenenie regiónov s podobným výskytom meteorologického sucha sme použili klastrovú metódu, pričom identifikovaných bolo 5 regiónov. Následne sme v každom z klastrov sledovali zmeny v charakteristikách sucha s využitím referenčných období 1961 – 1990 a 1991 – 2020. Z výsledkov je zrejmé, že zatiaľ, čo počet mesiacov s 1-mesačným SPEI v jesenných a zimných mesiacoch klesá, jarné a letné mesiace zaznamenávajú negatívny trend vo vlhovej bilancii. Sledujeme tak presun výskytu sucha z chladného do teplého polroka. Tento fakt je dôležitý pre poľnohospodárstvo a lesníctvo, pretože ovplyvňuje ich manažment a plánovanie. Najvýraznejšie zmeny boli pozorované na západe Slovenska, kde sa nachádza aj značná časť poľnohospodársky intenzívne obhospodarovanej pôdy. Okrem predlžovania suchých období tu zaznamenávame aj vyšší naakumulovaný deficit, čo sa prejavuje na miernom náraste intenzity sucha v danej oblasti.

**Kľúčové slová:** meteorologické sucho, SPEI, teplota vzduchu, zrážky, klastrová analýza

### Acknowledgment

*Tento príspevok bol vytvorený vďaka podpore projektu Clim4Cast (Central European Alliance for Increasing Climate Change Resilience to Combined Consequences of Drought, Heatwave, and Fire Weather through Regionally-Tuned Forecasting; CE0100059), spolufinancovanému zo zdrojov Európskej únie (ERDF – Interreg Central Europe).*

## Pesticídy vo vodách Žitného ostrova

Andrea Luptáková<sup>1</sup>, Anna Molnárová<sup>1</sup>, Jaroslava Urbancová<sup>1</sup>, Jana Döményová<sup>1</sup>, Darina Takáčová<sup>1</sup>, Eudovít Molnár<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, andrea.luptakova@shmu.sk

Monitorovanie kvality vôd v Slovenskej republike (SR) je realizované v gescii Ministerstva životného prostredia SR v súlade s Rámcovým programom monitorovania vôd Slovenska, v ktorom sú uvedené informácie pre vlastnú realizáciu monitorovania vôd na obdobie šiestich rokov tak, aby boli splnené všetky legislatívne požiadavky na národnej a medzinárodnej úrovni.

Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ) zabezpečuje výkon monitorovania kvality podzemnej vody v štátnej hydrologickej sieti, zber, validáciu, spracovanie a archiváciu údajov z monitorovania vôd

na Slovensku. V rámci výkonu monitorovania sa v povrchovej a podzemnej vode sledujú pesticídy, ktoré môžu predstavovať riziko pre vodné prostredie a patria do zoznamu prioritných látok a niektorých ďalších znečisťujúcich látok podľa Rámcovej smernici o vode (RSV). Ďalšie sledované pesticídy sú súčasťou národného zoznamu znečisťujúcich látok relevantných pre Slovenskú republiku, ktoré boli stanovené v rámci Programu znižovania vôd škodlivými látkami a obzvlášť škodlivými látkami. Frekvencia sledovania pesticídov alebo ich metabolitov na území Žitného ostrova v podzemnej vode je 1 až 2x ročne, v povrchovej vode 2 až 12x ročne, pričom pesticídy zo zoznamu prioritných látok sa sledujú spravidla 12x ročne. V rámci prieskumného monitorovania kvality vôd sú sledované aj pesticídne látky zo zoznamu „WATCH LIST“ v zmysle Smernice 2013/39/EÚ s frekvenciou 1x ročne.

Na postri je znázornené vyhodnotenie sledovaných pesticídov a ich metabolitov v podzemnej a povrchovej vode Žitného ostrova. V podzemnej vode boli pesticídy hodnotené porovnaním s limitnými hodnotami uvedenými vo Vyhláske MZ SR č. 91/2023 Z. z., ktorou sa ustanovujú ukazovatele a limitné hodnoty kvality pitnej vody a kvality teplej vody, postup pri monitorovaní pitnej vody, manažment rizík systému zásobovania pitnou vodou a manažment rizík domových rozvodných systémov. V povrchovej vode bol pre pesticídy zo zoznamu prioritných látok a niektorých ďalších znečisťujúcich látok podľa RSV hodnotený súlad s environmentálnymi normami kvality (ENK) podľa Nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 167/2015 Z. z. o environmentálnych normách kvality v oblasti vodnej politiky a pre pesticídy zo zoznamu relevantných znečisťujúcich látok sa hodnotenie súladu vykonávalo podľa požiadaviek v zmysle Nariadenia vlády SR č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd v znení nariadenia vlády SR č. 398/2012 Z. z.. Podrobnejšie hodnotenie pesticídov vo vodách je uvedené v ročných správach zverejnených na webovej stránke SHMÚ.

**Kľúčové slová:** program monitorovania, kvalita, pesticídy, riziko, prioritné látky, znečisťujúce látky

## Mobilný monitoring kvality ovzdušia v Jelšave

Jana Matejovičová<sup>1</sup>, Emília Hroncová<sup>1</sup>, Juraj Beňo<sup>1</sup>, Jana Krajčovičová<sup>1</sup>, Dušan Štefánik<sup>1</sup>,  
Vladimír Nemček<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava

\*jana.matejovicova@shmu.sk

Napriek tomu, že v porovnaní so stavom pred niekoľkými desaťročiami [1] sa kvalita ovzdušia podľa viacerých meraných parametrov zlepšila, naďalej sú prekračované limitné hodnoty pre ochranu ľudského zdravia pre prachové častice PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, a najmä pre karcinogénny benzo(a)pyrén [2]. Keďže monitorovacia sieť kvality ovzdušia nemôže svojím meraním pokryť celé územie Slovenska, informácie o kvalite ovzdušia sú dopĺňané matematickým modelovaním a meracími kampaňami pomocou mobilných monitorovacích staníc. Výhodnou mobilného monitoringu je relatívna flexibilita pri výbere lokality, nevýhodou je často časové obmedzenie merania – kampane trvajú obvykle niekoľko týždňov až mesiacov. Výsledky merania mobilnými stanicami preto do značnej miery závisia od meteorologických podmienok v konkrétnom monitorovacom období, ktoré môžu, ale nemusia odrážať podmienky typické pre danú oblasť. Preto je užitočné v problémových oblastiach monitorovať opakovane a v lepšom prípade na viacerých miestach zároveň. Takéto meranie poskytuje indície aj o priestorovom rozložení znečistenia a môže poslúžiť aj pri validácii modelov s vysokým rozlíšením. Na fixnej monitorovacej stanici v Jelšave na Jesenského ulici sú dlhodobo merané vysoké koncentrácie PM a benzo(a)pyrénu. Vysoké hodnoty benzo(a)pyrénu sa tu vyskytujú v zime, a sú pravdepodobne z najväčšej časti spôsobené vykurovaním domácností nedostatočne vysušeným drevom, prípadne rôznymi druhmi odpadu. K znečisteniu prachovými časticami pravdepodobne prispieva okrem vykurovania aj blízky priemyselný zdroj a do istej miery aj regionálny a cezhraničný prenos [4]. Lokalita sa vyznačuje extrémne nízkymi rýchlosťami vetra, s častými teplotnými inverziami. Každoročne sa tu vyskytuje prekročenie informačného prahu pre PM<sub>10</sub>, v rámci smogového varovného systému. Niekoľko monitorovacích kampaní bolo preto zameraných na túto problémovú oblasť. V rokoch 2021 a 2022 prebiehalo v Jelšave meranie na dvoch mobilných monitorovacích staniciach – k fixnej stanici, ktorá je na vyvýšenom mieste pri materskej škole sa pridalo meranie v areáli základnej školy (25.11.2021 - 10.06.2022) a pri Dome smútku (15.12.2021 - 12.04.2022). Monitorovací program zahŕňal PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, oxidy dusíka, oxid uhoľnatý, benzo(a)pyrén a ťažké kovy (Pb, Cd, Ni, As). Výsledky kampane potvrdili predpoklad, že nepriaznivá kvalita ovzdušia sa v danej oblasti vyskytuje na rôznych lokalitách. Hodnoty koncentrácií namerané na mobilných staniciach boli v niektorých prípadoch vyššie než na fixnej stanici. Príspevok poskytuje spracovanie nameraných údajov y závislosti od smerov vetra a časové profily. Lokality je potrebné naďalej venovať pozornosť pri špecificky zameranom monitorovacom programe.

[6] Správa o kvalite ovzdušia v Slovenskej republike. 2022. SHMÚ, Bratislava 2022, ISSN 2730-0927. dostupné: [https://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=oko\\_roc\\_s](https://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=oko_roc_s), posledný prístup 1.3.2024.

[7] Matejovičová, J., Beňo, J., Krajčovičová, J., Klimek, J., Melicher, S., Štefánik, D., Nemček, V. : Benzo(a)pyrén v ovzduší na Slovensku. Meteorologický časopis, Ročník 25, číslo 2, ISSN 1335-339X, dostupné: [https://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/MET\\_CASOPIS/1674803629\\_MC\\_2022\\_2.pdf](https://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/MET_CASOPIS/1674803629_MC_2022_2.pdf), posledný prístup 1.3.2024.

[8] Štefánik, D., 2019: Cezhraničný prenos znečisťujúcich látok na území Slovenska, Meteorologický časopis, Ročník 22, číslo 2, ISSN 1335-339X, dostupné: [http://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/MET\\_CASOPIS/MC\\_2019-2.pdf](http://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/MET_CASOPIS/MC_2019-2.pdf), posledný prístup 1.3.2024.

**Kľúčové slová:** monitorovanie kvality ovzdušia, benzo(a)pyrén, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>, CO

### Podakovanie

Príspevok vznikol za podpory Projektu LIFE IP - Zlepšenie kvality ovzdušia (LIFE18 IPE/SK/000010)

## Rádioaktivita všadeprítomná

Ing. Terézia Melicherová

Slovenský hydrometeorologický ústav, terezia.melicherova@shmu.sk

Rádioaktivita je súčasťou geologických dejín našej planéty, vystupuje k nám z jej vnútra, obklopuje nás produktami rozpadu a vstupuje do našej atmosféry z kozmu. Nevyhneme sa jej a ani sa jej nevyhýbame, ale sme sa ju naučili využívať. Pozitívne aj negatívne. Je súčasťou všetkých interakcií 3. tisícročia. Je súčasťou nás.

História objavov atómového jadra začala mierovo. W.C.Röntgen položil základy rádiodiagnostiky. Maria Curie objavila rádium a začala s jeho pomocou s liečením nádorov. Mierové využitie jadra pre človeka sa veľmi rýchlo zmenilo na využitie proti človeku. Ešte na konci prvej svetovej vojny, keď sa britskí odborníci radili o nových spôsoboch obrany proti nepriateľským ponorkám, Ernest Rutherford, slávny jadrový bádateľ povedal: „Talk softly, please. Zaoberal som sa práve pokusmi, ktoré dávajú tušiť, že človek môže rozbiť atóm. Ak sa mu to podarí, objavili sme niečo, čo je ďaleko dôležitejšie ako celá vaša vojna“.

Rádioaktivita a ovzdušie: Ale druhá svetová vojna sa skončila desivými jadrovými výbuchmi nad Hirošimou a Nagasaki. V priebehu krátkeho času bolo energia jadra obrátená proti človeku a kontaminácia atmosféry skúškami jadrových zbraní bola tak rozsiahla, že koncom 50. rokov minulého storočia sa začalo s jej rozsiahlym monitoringom, aby bolo chránené zdravie ľudí. V roku 1962 bolo v SHMÚ vytvorené oddelenie Rádioaktivita atmosféry. Meranie celkovej beta rádioaktivity v rokoch 1962 – 1992 ukázalo, že najvyššie hodnoty tento parameter dosiahol v roku 1962 a 1963, černobyľská havária znamenala iba desatinu týchto hodnôt. Radiačná monitorovacia sieť SHMÚ ako sieť včasného varovania je pokračovateľom tejto činnosti v treťom tisícročí.

Rádioaktivita a počasie: Hodnoty dávkového príkonu gama žiarenia v ovzduší sú významne ovplyvnené poveternostnými vplyvmi. Rastú, keď po dlhom období sucha prídu zrážky, ktoré vymyjú z atmosféry tam prítomné rádionuklidy, vytlačia z pôdy vzduch bohatý na radón. Klesajú, keď je hrubá snehová pokrývka, ktorá radón v pôde odtieni. A osobitné situácia nastávajú pri búrkach, keď môže pri zásahu blesku v blízkosti sondy krátkodobo vzrásť na naozaj vysoké hodnoty. Príkladom je búrka na Lomnickom štíte 14.6.2023 počas ktorej v priebehu 10 min vzrástli hodnoty z bežných 150 nSv/h na 215 721 nSv/h a za ďalších 15 min sa vrátili zase do normálu prírodného pozadia.

Rádioaktivita a pôda: Najväčší podiel na radiačnej dávke, ktorú každý z nás ročne dostane zo svojho okolia, pochádza práve z pôdy, prostredníctvom radónu a jeho dcérskych produktov. Prenikanie radónu podlažím stavby, jeho hromadenie a vznik ďalších produktov premeny v obytných priestoroch stavby sa výraznou mierou podieľa na vzniku rakoviny pľúc.

Záver: Atómové jadro v sebe skrýva nesmierne sily. Učíme sa ich využívať, pomáhajú nám pri výrobe energie aj v zdravotníctve, pri výskume kozmu. Ale človek už nielen že vie rozbiť atóm, ale aj vie postaviť jeho sily proti sebe. V podobe jadrových zbraní. Nositeľ Nobelovej ceny, nemecký fyzik Walter Nernst napísal v roku 1921: „Žijeme, povedalo by sa, na ostrove zo strelnej bavlny, pre ktorú sme však vďaka Bohu nenašli rozbušku“. Už dávno sme ju našli. Je len na ľuďoch, či bude aj použitá v 3. tisícročí.

**Kľúčové slová:** rádioaktivita, skúšky jadrových zbraní, radiačný monitoring, radón

## Hydrochemická charakteristika zrážok na Slovensku

Veronika Mináriková<sup>1</sup>, Terézia Udvarosová<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, veronika.minarikova@shmu.sk

<sup>2</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, terezia.udvarosova@shmu.sk

V tomto príspevku bolo analyzovaných 1333 vzoriek zrážok odobratých na monitorovacej stanici EMEP Chopok v období od januára 2003 do novembra 2023, chemické analýzy boli vykonané v Skúšobnom laboratóriu SHMÚ metódou iónovej chromatografie. Vzorky boli analyzované metódou regresnej analýzy, porovnávacou analýzou, posudzoval sa ich faktor obohatenia a hľadala sa súvislosť s výskytom epizód saharského prachu v oblasti severného Slovenska a koncentraciou iónov v zrážkach v období od 1.1.2015 až 30.11.2023. Množstvo zachytených zrážok na Chopku sa pohybovalo v rozmedzí 908 až 1556 mm ročne, charakter zrážok bol v období rokov 2003-2016 mierne kyslý, od roku 2017 neutrálny. K pozitívnej iónovej bilancii najviac prispievajú ióny  $\text{NH}_4^+$  a k negatívnej ióny  $\text{SO}_4^{2-}$ . Vodivosť zrážok nevykazovala žiadny signifikantný trend a pohybovala sa v rozmedzí od 8 do 13  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Koncentrácia iónov bola spravidla vyššia v období s menším množstvom zrážok do 20 mm za deň. Koncentrácia  $\text{NH}_4^+$  bola najvyššia v období od marca do septembra a z dlhodobého hľadiska nemá rovnako ako koncentrácia  $\text{NO}_3^-$  signifikantne klesajúci trend. Prvky  $\text{Na}^+$  a  $\text{Cl}^-$ , ktoré majú morský pôvod sa v sledovanom období v najvyšších koncentráciách vyskytovali v zimných mesiacoch. Ľudská činnosť je hlavným zdrojom  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NH}_4^+$ , koncentrácie síranov v zrážkach majú signifikantne klesajúci charakter a z dôvodu klesajúcich emisií v porovnaní s emisiami dusičnanov a amoniaku, ktorý je zdrojom  $\text{NH}_4^+$  iónov. Bola pozorovaná súvislosť výskytu saharského prachu od indexu obsahu prachu (IOP) 2 a zvýšenými koncentraciami  $\text{Ca}^{2+}$  iónov, koncentrácie ostatných iónov sú zvýšené až od IOP 5, ale výskyt epizód tejto intenzity bola nad sledovaným územím veľmi zriedkavá.

**Kľúčové slová:** chemické zloženie zrážok, ióny, pH, vodivosť, iónová bilancia, Chopok

### PodĎakovanie

Ďakujeme Mgr. Petrovi Hrabčákovi PhD. za poskytnutie údajov o výskyte epizód saharského piesku nad územím Slovenska.

## Extrémní meteorologické události (nejen) v Česku

Miloslav Müller<sup>1,2</sup>, Marek Kašpar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ústav fyziky atmosféry Akademie věd ČR, muller@ufa.cas.cz

<sup>2</sup> Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy

Projevem proměnlivosti počasí jsou i extrémní meteorologické události nejrůznějších druhů. Ty můžeme uvažovat pro jednotlivé stanice, za vhodnější však uvažujeme hodnocení extremity v ploše. K tomu jsme zavedli index extremity počasí WEI, který je funkcí velikosti zasažené oblasti a průměrné doby opakování příslušného meteorologického prvku v této oblasti, přičemž je uvažována délka trvání, pro niž je extremita události největší. Tímto způsobem byly určeny nejsilnější vlny veder, epizody mrazů, prudká ochlazení, větrné bouře, silné srážky a silná sněžení v Česku od roku 1961. Události a jejich charakteristiky jsou shrnuty v České databázi extrémního počasí CZEXWED.

Vlny veder mají ze studovaných jevů nejvýraznější trend, kdy 12 nejsilnějších událostí bylo zaznamenáno až v druhé polovině studovaného období. Plošným rozsahem tyto události výrazně přesahují území Česka, přičemž existuje dobrá shoda s extremitou zjišťovanou v širším prostoru střední Evropy. Extrémní událostí byla 9denní vlna veder ze srpna 2015.

Nejsilnější epizody mrazů byly v rámci studovaného období koncentrovány v 80. letech 20. století, kdy se také vyskytla nejsilnější událost, 18denní studená vlna v lednu 1985. Zatím poslední mimořádně silná epizoda mrazů v Česku nastala v únoru 2012.

Výběr největších ochlazení je silně závislý na způsobu výběru. Bez ohledu na volbu kritéria však souboru největších ochlazení dominuje případ z přelomu roků 1978 a 1979, který zasáhl i sousední země.

Větrné bouře jsou událostmi s nejvíce rovnoměrným rozdělením během kalendářního roku. Je to způsobeno tím, že v souboru nejsilnějších událostí jsou zastoupeny jak případy spojené s hlubokými cyklony v chladné části roku, tak případy plošně rozsáhlých konvektivních bouří. Extrémní události jsou však prvního typu, přičemž nejvyšší hodnota WEI byla dosažena při větrné bouři Kyrill v lednu 2007. Také v případě větrných bouří panuje dobrá shoda mezi extrémy v Česku a v širším prostoru, pokrývajícím v tomto případě celou západní a střední Evropu.

Souboru srážkových událostí v Česku i v rámci střední Evropy dominuje trojice událostí, a to z července 1981, července 1997 a srpna 2002. Především druhá a třetí z nich způsobily silné povodně nejen v Česku, ale i v sousedních zemích. Jakkoli se silné srážky koncentrují do teplého půlroku, dostaly se mezi 50 nejsilnějších událostí i dva případy z chladného období roku.

Případy silných sněžení vykazují zajímavé časové rozdělení. Dvě ze tří extrémních událostí se odehrály až v tomto tisíciletí, konkrétně v lednu 2007 a lednu 2010. Mezi nejsilnějšími událostmi jsou však hojně zastoupeny i případy z okraje chladného půlroku. V posledním sledovaném desetiletí se však nevyskytlo žádné významnější sněžení ani v listopadu, ani v prosinci.

Představené výsledky jsou základem pro další výzkum ve dvou směrech. Věnujeme se studiu cirkulačních anomálií, které extrémní události způsobují, s pomocí výstupů z klimatologického modelu ALADIN-CLIMATE dále odhadu budoucích změn četnosti extrémních meteorologických událostí a jejich vlastností.

**Klíčové slová:** extrémní počasí; doba opakování; sezonalita; cirkulační anomálie

### PodĎakovanie

*Tento příspěvek vznikl s podporou projektu „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku (PERUN)“, SS02030040, poskytnutého Technologickou agenturou ČR.*

## Vyhodnotenie zmien hodnôt návrhových intenzít dažďov simulovaných regionálnymi klimatickými modelmi (EURO-CORDEX) na úrovni krajov, okresov a katastrálnych území obcí Slovenska

Milan Onderka<sup>1,2\*</sup>, Veronika Lukasová<sup>2</sup>, Svetlana Varšová<sup>2</sup>, Katarína Mikulová<sup>1</sup>, Jozef Pecho<sup>1,3</sup>,  
Dominika Šadlákova<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, Bratislava, SK-83315, milan.onderka@shmu.sk

<sup>2</sup> Ústav vied o Zemi SAV, v.v.i., Dúbravská cesta 9, Bratislava, SK-84005

<sup>3</sup> Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Comenius University, Mlynská dolina F2, Bratislava, SK-842

Každý návrh vodohospodárskej infraštruktúry umiestnenej v urbanizovanom prostredí a v malých povodiach si vyžaduje informáciu o frekvencii výskytu intenzívnych atmosférických zrážok s krátkym trvaním (napr. 5-180 min) pre danú lokalitu (tzv. návrhové hodnoty dažďov). Vo frekvenčnej analýze tradične analyzujeme historické pozorovania, avšak v kontexte prebiehajúcej zmeny klímy vystáva otázka použiteľnosti takýchto pozorovaní na odhad návrhových hodnôt dažďov pre budúce obdobia. Spracovali sme viaceré regionálne klimatické modely (RCMs) EURO-CORDEX pre pesimistický emisný scenár RCP8.5.

Nevyhnutnou súčasťou odhadu kvantilov intenzít zrážok z RCMs je korekcia systematických chýb modelu (*bias correction*). V prezentovanej práci sme preto navrhli nový matematický postup založený na kvantilovom mapovaní s použitím nestacionárneho tvaru generalizovaného rozdelenia extrémnych hodnôt (*non-stat GEV*) s parametrom polohy rozdelenia ako funkcie času.

Historické behy (1991-2005) a čiastočne aj projekcie RCMs (2006-2021) boli použité na korekciu biasu jednotlivých RCMs simulácií 3-hodinových úhrnov atmosférických zrážok. Na korekciu biasu boli použité staničné pozorovania z najbližšej lokality k príslušnému gridovému bodu (180-minútové kvantily odhadnuté pre 150 lokalít vybavených ombrografom, prípadne automatickým zrážkomerom za obdobie 1991-2021). Následne sme odvodením škálovacích parametrov pre jednotlivé zrážkomerné stanice odhadli kvantily viacerých RCM modelov prislúchajúce dažďovým oddielom s trvaním 5 až 180 minút, ktoré sme vo forme výsledného ansámbľu modelov interpolovali v priestore s priestorovým rozlíšením 500 metrov.

Zistené návrhové hodnoty intenzít zrážok sme vyhodnotili pre jednotlivé katastrálne územia obcí v rámci celého Slovenska (celkom 2880 katastrov). Zaujímalo nás, aké zmeny môžeme očakávať v druhej polovici 21. storočia. Z porovnania údajov pre dve 30-ročnéobdobia (1991-2020 vs. 2066-2095) vyplýva, že 15 minútové intenzity zrážok s dobou opakovania 2 roky budú na konci storočia vyššie ako na jeho začiatku a to na celom území Slovenska. Za jednotlivé kraje možno výsledky zhrnúť nasledovne: Prešovský kraj (+15,4%), Žilinský kraj (+15,1%), Trenčiansky kraj (+14,4%), Bratislavský kraj (+11,7%), Košický kraj (+9,4%), Trnavský kraj (+9,2%), a Banskobystrický kraj (+6,9%). Podľa analyzovaných RCM modelov, by sa nárast kvantilov intenzít mal viac prejaviť v prípade intenzít zrážok s krátkou dobou opakovania.

**Kľúčové slová:** intenzity dažďov, návrhové hodnoty, klimatická zmena, EURO-CORDEX

### Pod'akovanie

Práca vznikla v rámci projektu VEGA č. 2/0003/21: Komplexná analýza vplyvu rastúcej teploty vzduchu na extremalitu zrážok na Slovensku.



## Z histórie výskumu v prírodnom hydrologickom laboratóriu ÚH SAV v povodí potoka Mošteník za obdobie 1958-2006

Pavla Pekárová, Pavol Miklánek

Ústav hydrologie SAV, v. v. i., Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava, SK, pekarova@uh.savba.sk

S budovaním experimentálnych a reprezentatívnych povodí vo svete i v SR sa začalo v súvislosti s prehĺbovaním poznania hydrologických procesov už pred 70-timi rokmi. Cieľom budovania týchto povodí bolo zavádzanie detailnejšieho výskumu v oblasti merania hydrologických prvkov. Jedným z prvých experimentálnych povodí na Slovensku, ktoré bolo zriadené v r. 1958 Ústavom hydrologie SAV, je experimentálne povodie potoka Mošteník – ľavostranného prítoku Váhu pri Považskej Bystrici. Povodie sa nachádza v Strážovskej vrchovine. Toto povodie je charakteristické pre vrchovinovú a stredohorskú oblasť Slovenska. Počiatočný základný program vedecko-výskumných prác v experimentálnom povodí potoka Mošteník bol orientovaný na overovanie fyzikálnej podstaty hydrologických procesov a rozvoj teórií a metód na stanovenie a upresnenie parametrov jednotlivých komponentov týchto procesov. Pozorovania sa vykonávali v ôsmich subpovodiach povodia potoka Mošteník. Z časového hľadiska možno výskum v rokoch 1958–2006 v PHL rozdeliť na niekoľko etáp. V 1. etape (1958–1975) sa vedecko-výskumná činnosť v čiastkových experimentálnych povodiach potoka Mošteník zamerala na štúdium prirodzeného režimu odtoku vody z povodí, a na odozvu systému povodia na atmosférické zrážky. Výskumná činnosť sa od roku 1986 sústredila na tri najmenšie povodia: Lesný (plocha povodia 0,0864 km<sup>2</sup>, hrabový porast), Rybárik (plocha povodia 0,119 km<sup>2</sup>, poľnohospodársky využívané povodie) a Cingelová (plocha povodia 1,87 km<sup>2</sup>, smrekový porast). Po vzájomnej dohode, pozorovanie na objekte Fapšová (záverečný profil povodia Mošteník, plocha povodia 17,2 km<sup>2</sup>) prevzal Slovenský hydrometeorologický ústav. V roku 1986 v PHL bol zahájený „kvalitatívny program“, založený na pravidelnom odbere vzoriek povrchového, podzemného a drenážneho odtoku z poľnohospodárskeho a lesných povodí a na stanovení vybraných kvalitatívnych ukazovateľov v zrážkach. Bohaté výsledky výskumu v Prírodnom hydrologickom laboratóriu (PHL) v povodí potoka Mošteník boli zhrnuté v dvoch monografiách „Vplyv využitia krajiny na režim odtoku v experimentálnych mikropovodiach ÚH SAV“ z roku 2005, a „Vplyv využitia krajiny na kvalitu vody v toku v experimentálnych mikropovodiach ÚH SAV“ z roku 2023.

**Kľúčové slová:** experimentálne povodia, hydrologický výskum

### Pod'akovanie

*Tento príspevok vznikol s podporou projektov VEGA 2/0015/2 a APVV-20-0374.*

## Satelitné merania slnečného žiarenia a ich využitie pri hodnotení účinnosti fotovoltických zariadení

Peter Kaňák <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského, kanak.peter@gmail.com

Množstvo slnečnej energie, ktoré prichádza zo Slnka cez atmosféru na zemský povrch, závisí od mnohých astronomických a meteorologických faktorov. Pomocou satelitných meraní získavame priebežné informácie o stave a procesoch v atmosfére pre celú zemeguľu, na základe ktorých môžeme pomocou fyzikálnych a matematických výpočtov určiť intenzitu slnečnej energie dopadajúcej na ľubovoľné miesto na zemskom povrchu.

Cieľom našej práce je zmapovať priemernú intenzitu slnečnej energie dopadajúcej na územie Slovenska a poukázať na mesačnú a ročnú variabilitu dopadajúceho slnečného žiarenia na jednotlivé lokality s využitím satelitných údajov. Porovnáваме priemerné hodnoty slnečného žiarenia dopadajúceho na zemský povrch merané pomocou satelitov a konvenčných meteorologických zariadení na meranie intenzity slnečného žiarenia, pyranometrov, pre vybrané meteorologické stanice SHMÚ, zámerne rozmiestnené tak, aby pokrývali čo najväčšie územie Slovenska. Ďalej porovnáваме výkon fotovoltickej elektrárne s nameranými satelitnými údajmi a hodnotíme jej účinnosť. Uvádžame mapy priemerných mesačných hodnôt slnečného žiarenia zostavené zo satelitných meraní za obdobie rokov 2012 až 2023, ako aj mesačné anomálie, čiže odchýlky od 10-ročných priemerov 2012 až 2021. Pripravili sme automatizované spracovanie mesačných údajov slnečného žiarenia na prevádzkovom satelitnom prijímači systému SHMÚ a tak je databáza v súčasnosti aktualizovaná automaticky. Z porovnania satelitných údajov s pyranometrami ako referenčnými meraniami sme získali vysokú zhodu, najmä pre meteorologické stanice nachádzajúce sa v nížinných oblastiach. Výrazné odchýlky v horských oblastiach súvisia s orografiou terénu, častým výskytom snehovej pokrývky v zime a výskytom konvektívnej oblačnosti v lete. Priemerná účinnosť fotovoltickej elektrárne v skúmaných rokoch 2020 a 2021 bola 14,7 %. Účinnosť v letných mesiacoch bola o niekoľko percent nižšia ako v zime. Pomocou satelitných údajov vieme odhadnúť najvyššiu možnú účinnosť elektrárne, ktorá nám vyšla 19,4 % v prípade, že by boli fotovoltické panely nepretržite smerované kolmo na slnečné lúče. Zároveň však vysvetľujeme, prečo sa takáto schéma inštalácie fotovoltických panelov v praxi nepoužíva.

V ďalšej časti našej štúdie sme uvedené poznatky využili na vyhodnotenie činnosti malej fotovoltickej elektrárne v období od mája 2023, pričom sme sa zaoberali aj rôznymi meteorologickými situáciami, v ktorých sa sledované zariadenie správa z hľadiska účinnosti výroby elektrickej energie odlišne. Na našom posteru predstavíme správanie FV elektrárne pri vysokých teplotách vzduchu a panelov, pri jasnej oblohe, ale aj pri premenlivej oblačnosti a v závislosti od typu vzduchových hmôt určených pomocou satelitných snímok družice Meteosat.

**Kľúčové slová:** slnečné žiarenie, satelitné merania, fotovoltika, účinnosť FVE

## Zlepšenie predpovede pre účely nowcastingu

Martin Petrovič<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup> Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzity Komenského, Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava

<sup>2</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeseniova 17, 833 15 Bratislava, \*petrovic48@uniba.sk

Cieľom predloženého príspevku je prispieť k implementácii a operatívne využitiu trojrozmernej variačnej (3DVAR) asimilácie v numerickom predpovednom systéme ALADIN/SHMU. Zároveň rozšíriť ju tak, aby bola použiteľná pre analýzu a nowcasting meteorologických javov. Daná štúdia sa zaoberá aplikáciou schémy cyklu zrýchlenej aktualizácie (RUC) s hodinovou frekvenciou, použitím vhodnej geometrie a dynamiky numerických nastavení v konvektívnych škálach a testovaním odlišných inicializačných metód.

Asimilácia dát s vysokým rozlíšením musí efektívne spracovávať zložitosť a detaily atmosférických procesov. Táto požiadavka vyžaduje použitie relevantných charakteristík konfigurácie modelu ako horizontálne a vertikálne rozlíšenie, nehydrostatickú dynamiku, frekvenciu aktualizácie a veľkosť výpočtovej oblasti. Pri výpočte analýz a predpovedí vznikajú vysokofrekvenčné signály, ktoré môžu negatívne ovplyvniť predpovede. Zdrojom takéhoto „šumu“ sú numerické výpočtové schémy modelu alebo vstupné dáta. Elimináciou šumu sa zaoberá proces inicializácie. Na účely redukcie šumu počas inicializačného procesu sa práca zameriava na tri metódy : inicializáciu digitálnym filtrom (DFI), inicializáciu s inkrementálnymi digitálnymi filtrami (IDFI) a inicializácia inkrementálnej aktualizácie analýzou (IAU). Vplyv inicializačných metód, použitých v experimentálnych výpočtových skriptoch, sa overil na základe prípadových štúdií s rôznorodými meteorologickými podmienkami.

Zmenu parametrov rozlíšenia sme otestovali na prípadových štúdiách a vyhodnocovali pomocou rôznych diagnostických nástrojov. Na základe výsledkov bolo zistené, že zvýšenie množstva vertikálnych hladín malo pozitívny vplyv na hodnoty diagnostickej veličiny počiatočného šumu. Vplyv zvýšenia horizontálneho rozlíšenia bol vidieť na výsledkoch predpovedných máp, v ktorých bolo možné detailnejšie rozpoznať napr. štruktúru oblačnosti. Výsledky predpovedí, z hľadiska použitej inicializačnej metódy, boli skúmané pomocou diagnostických nástrojov (sledovanie vývoja počiatočných hodnôt šumu, monitorovanie počtu upozornení na výskyt nestabilit a porovnávanie výpočtových časov). Okrem toho boli výstupy výpočtov vizualizované na predpovedných mapách pomocou rôznych fyzikálnych veličín, ktoré boli vybrané na základe charakteristík vybranej prípadovej štúdie. Výsledky sú preukázateľne odlišné v závislosti od použitej inicializačnej metódy.

V neposlednom rade sa vynaložilo úsilie na validáciu výsledkov pomocou súboru hodinových predpovedí a meteorologických pozorovaní. Práca sa venuje aj možnému využitiu výsledkov experimentálneho nastavenia pomocou vizualizácie predpovedných máp formou „Hárku poštových známok“. Tento nástroj poskytuje možnosť pre overovanie správnosti predpovedných meteorologických parametrov v porovnaní s realitou. Má potenciálne využitie v práci synoptického meteorológa pri príprave meteorologických predpovedí a vydávaní meteorologických výstrah.

Na základe dosiahnutých výsledkov sme zistili, že implementácia optimalizovaných parametrov mala pozitívny vplyv. Medzi rôznymi metódami inicializácie sme z hľadiska použitých diagnostických postupov zistili, že metóda IAU necentrovanej schémy poskytuje najlepšie výsledky. Naše výsledky a zistenia sú v súlade s podobnými závermi z Météo-France a z inštitútu ZAMG.

**Kľúčové slová:** numerická predpoveď počasia, trojrozmerná variačná asimilácia, konvektívne škály, cyklus zrýchlenej aktualizácie, inicializačné metódy

### PodĎakovanie

Autor by sa chcel poďakovať Márii Derkovej a jej kolegom za ich cenné postrehy, odborné vedenie a sprístupnenie interných zdrojov informácií a programového prostredia na superpočítači.

## Tridsať rokov meraní celkového ozónu Brewerovými ozónovými spektrofotometrami v Poprade-Gánovciach Anna Pribullová<sup>1</sup>, Oliver Mišaga<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aerologické a radiačné centrum SHMÚ, Hlavná 178, 058 01 Gánovce, Anna.Pribullova@shmu.sk

Celkový atmosférický ozón nad územím Slovenska sa meria v Aerologickom a radiačnom centre SHMÚ v Gánovciach pri Poprade (49,03 S z. š.; 20,32 V z. d.; 706 m n. m.) pomocou Brewerových ozónových spektrofotometrov MKIV od r.1993 a MKIII od r. 2014. Stanica Poprad-Gánovce je súčasťou globálneho ozónového pozorovacieho systému (GO3OS), ktorý patrí k systému Globálneho monitoringu atmosféry (GAW) Svetovej meteorologickej organizácie (WMO). Začiatok meraní celkového ozónu u nás súvisí s ratifikáciou Montrealského protokolu Viedenskej konvencie o ochrane ozónovej vrstvy Slovenskou republikou v roku 1993. Merania v Gánovciach zachytávajú iba obdobie s poškodenou a obnovujúcou sa ozónovou vrstvou. Pre posúdenie normality meraných dát sa používa normál vypočítaný za roky 1962 – 1990 z najbližšej stanice s dlhodobým radom meraní celkového ozónu (aj z obdobia pred poškodením ozónovej vrstvy Zeme) zo Solárneho a ozónového observatória ČHMÚ v Hradci Králové.

Merania celkového ozónu v Gánovciach, sú výrazne ovplyvnené dynamickými vplyvmi. V 90-tych rokoch merania ovplyvnil aj zvýšený obsah sopečného aerosólu v stratosfére po výbuchu sopky Mt. Pinatubo v r. 1991. Priemerný ročný deficit celkového ozónu oproti normálu predstavuje 2,9%. Ročné deficity presahujúce -5% boli namerané v rokoch 1995 –1997, 2008, 2011 –2012. Od roku 2012 sa takéto ročné deficity nevyskytli. Mesačné priemery celkového ozónu ukazujú jeho ročný chod s maximom v marci a minimom v októbri. Hodnoty celkového ozónu sa v mesačnom priemere nelíšia od normálu o viac ako 2% od septembra do januára. V jarných a letných mesiacoch je priemerný mesačný deficit celkového ozónu oproti normálu v rozsahu -3,6% až -6,9%, s najnižšou hodnotou v júni, kedy slnko kulminuje pri najväčšej výške a na zemský povrch dopadá najviac slnečného žiarenia. Denné deficity celkového ozónu presahujúce 20% oproti normálu sa merajú v spojení s presunom studených stratosférických vzduchových hmôt chudobných na ozón z vyšších zemepisných šírok do našej oblasti po rozpade arktického polárneho vortexu (napr, vo februári 2008 a 2023). Po skončení veľmi studených a dlho trvajúcich arktických polárnych zim sa pozorujú veľmi nízke hodnoty celkového ozónu najmä v marci a v apríli (2011, 2020). V zimných a jarných mesiacoch sa vyskytujú aj krátkodobé epizódy výrazných poklesov celkového ozónu v spojení s dynamickými podmienkami v atmosfére priaznivými pre výskyt extrémne nízkych hodnôt celkového ozónu. Hoci v lete sa u nás nevyskytujú situácie s deficitom celkového ozónu presahujúcim 20%, za celé sledované obdobie 1994 – 2023 v mesiacoch máj – júl mesačné priemery nedosiahli hodnoty normálu. Pretrvávajúce nízke hodnoty celkového ozónu v letných mesiacoch u nás súvisia s dynamickými vplyvmi. Štatisticky významné vzostupné trendy celkového ozónu sa u nás zatiaľ nepozorujú, avšak v poslednom desaťročí sa vyskytlo výrazne menej situácií s deficitom celkového ozónu presahujúcim 15%.

**Kľúčové slová:** celkový atmosférický ozón, Brewerov ozónový spektrofotometer, normál

### PodĎakovanie

*V podĎakovaní môžete uviesť granty, výskumné projekty a iné zdroje financovania, ktoré umožnili Váš výskum. Uveďte názov projektu, akronym, číslo projektu a schému (zdroj) financovania. Formát textu: Times New Roman, italic, veľkosť 10.*

# EXTRÉMNE SUCHO A JEHO DOPADY NA POĽNOHOSPODÁRSTVO NA SLOVENSKU V ROKU 2022

Maroš Turňa<sup>1</sup>, Gabriela Ivaňáková<sup>1</sup>, Jakub Ridzoň<sup>1</sup>, Ivana Krčová<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Slovenský hydrometeorologický ústav, Odbor Klimatologická služba, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava

*Korešpondujúci autor: Jakub Ridzoň, Slovenský hydrometeorologický ústav, jakub.ridzon@shmu.sk*

V roku 2022 bolo extrémne sucho nielen v Európe, ale aj na Slovensku. Sucho výrazne zasiahlo všetky prírodné ekosystémy a kľúčové sociálno-ekonomické sektory, ako je poľnohospodárstvo, energetika a riečna doprava. Sucho v roku 2022 je hodnotené dvomi indexmi - SPEI a CMI, ako aj intenzitou pôdneho sucha, relatívnym nasýtením pôdy a deficitom pôdnej vlahy. Analýza meteorologického a pôdneho sucha je doplnená o informácie o dopadoch sucha, ktoré predstavujú skutočný vplyv sucha na poľnohospodárske plodiny a ovocné stromy v rôznych regiónoch Slovenska. Sucho na Slovensku v roku 2022 začalo už na začiatku jari, kedy sme už v marci na väčšine územia pozorovali extrémne meteorologické sucha a výrazné až extrémne pôdne sucha bolo na približne 25 % územia. V apríli sa situácia zlepšila na takmer celom území. Sucho však začalo naberať na intenzite v máji a neskôr aj v letných mesiacoch (jún až júl). Najhoršia situácia vyvrcholila v druhej polovici júla, kedy na viac ako polovici územia bolo extrémne pôdne sucha a zároveň relatívne nasýtenie v pôde bolo nižšie ako 10 %. Deficit pôdnej vlahy bol najvyšší v letných mesiacoch na strednom a východnom Slovensku od -80 do -100 mm. Sucho najdlhšie pretrvalo na východnom Slovensku, kde skončilo až v prvej septembrovej dekáde. Najdlhšia epizóda sucha podľa indexu SPEI bola v Senici 204 dní, v Podolínci 190 dní a v Žihárce 160 dní. Index CMI dosiahol najnižšie hodnoty v letných mesiacoch v Košiciach (-3,73), v Sliachi (-3,61), v Dolných Plachtinciach (-3,49), v Banskej Štiavnici (-3,47) a v Banskej Bystrici (-3,44). Index CMI dosiahol v roku 2022 na niektorých staniciach najnižšie hodnoty od roku 1981. Podľa monitoringu meteorologického a pôdneho sucha sme zaznamenali intenzívne suché obdobia v roku 2022, ktoré potvrdili aj hlásenia poľnohospodárov a ovocinárov z takmer celého Slovenska. Strata výnosov nad 40 % bola zaznamenaná na väčšine monitorovaných okresoch, pričom najviac zasiahnuté boli plodiny kukurica, trávnaté porasty, lucerna, zemiaky a zelenina. Z ovocných stromov boli najviac poškodené slivky a jadroviny. Nedostatok snehovej pokrývky v zime 2021/2022, vyššia priemerná teplota vzduchu a nedostatok zrážok na jar a horúce vlny v lete spôsobili extrémne sucha na viac ako polovici územia Slovenska a trvanie tohto sucha bolo lokálne dlhšie ako 200 dní. Poľnohospodári a ovocinári vo väčšine regiónov Slovenska hlásili straty na úrode.

**Kľúčové slová:** SPEI, extrémne sucha, CMI, dopady sucha, nedostatok zrážok

## PodĎakovanie

*Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci projektu Clim4Cast: „Central European Alliance for Increasing Climate Change Resilience to Combined Consequences of Drought, Heatwave, and Fire Weather through Regionally-Tuned Forecasting“ v rámci programu Interreg Central Europe (číslo projektu CE0100059), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.*

## Vplyv klimatických faktorov na aktivitu podkôrnika dubového *Scolytus intricatus* Ratz.

Jozef Rozkošný<sup>1</sup>, Lívia Labudová<sup>1</sup>, Slavomír Rell<sup>2</sup>, Michal Lalík<sup>2</sup>, Juraj Galko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniová 17, 833 15, Bratislava, jozef.rozkosny@shmu.sk

<sup>2</sup> Národné lesnícke centrum, Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Odbor ochrany lesa - Lesnícka ochranná služba, Lesnícka 11, 969 01 Banská Štiavnica.

Podkôrník dubový (*Scolytus intricatus* Ratz.) je významným podkôrným škodcom dubových porastov. Je označovaný za vektora ophiostomatálnych (tracheomykóznych) húb, ktoré spôsobujú upchávanie ciev napadnutých jedincov a postupné chradnutie korún až po ich odumretie. V minulosti bol označovaný ako jeden z hlavných faktorov, ktoré spôsobili masívnejšie odumieranie dubov v 80-tych rokoch 20. storočia, označené ako „hromadné hynutie dubov“. Jedinou formou kontroly tohto škodcu sú dubové lapáky (vytvárame ich zo živých stromov a to obrezaním po obvode kmeňa pomocou motorovej píli, ktoré spôsobí vädnutie stromu a jeho atraktivitu pre tohto škodcu).

Cieľom našej práce je poukázať na vplyv komplexu klimatických faktorov (teplota vzduchu, atmosférické zrážky, slnečný svit, sucho, vlhkosť vzduchu) na aktivitu podkôrnika dubového počas 4 rokov (2020-2023), a jeho vyletovanie z vytvorených dubových vzoriek.

Základom našej práce bolo každoročné založenie 24 stojacich dubových lapákov (spolu 72) v rokoch 2020 až 2022, ktoré sme ponechali v teréne naletieť podkôrnikom dubovým v každom roku po dobu 2 mesiacov. Následne, po spilení, sme vytvorili z korunovej časti každého lapáku približne rovnaký počet vzoriek rovnakej veľkosti. Vzorky boli zavesené v sieťových eklektoroch s odchyťovou nádobou v externých inšektáriách Národného lesníckeho centra (Lesnícka ochranná služba, Banská Štiavnica) od septembra do augusta nasledujúceho roku. Odbery sme vykonávali v októbri roku založenia a v nasledujúcom roku od apríla do augusta. Po každom odbere nasledovala determinácia hmyzu v laboratóriách. Priemernú dennú teplotu, mesačné úhrny atmosférických zrážok, dĺžku mesačného svitu, oblačnosť o 14:00, SPEI index sme spracovali na základe údajov z meteorologickej stanice SHMÚ v Banskej Štiavnici.

Vrchol rojenia podkôrnika dubového v roku 2021 (vzorky založené v roku 2020) sme zaznamenali až v júli, čo pravdepodobne súviselo s chladnejšími teplotami vzduchu a nadpriemernými úhrnmi zrážok v máji 2021 (mesačný úhrn atmosférických zrážok bol viac ako 100 mm). V rokoch 2022 a 2023 sme vrchol rojenia zaznamenali v júni. Zaujímavým bol rok 2022, kedy sme z hľadiska klimatických faktorov zaznamenali nadpriemerne vysoké teploty vzduchu, dĺžky slnečného svitu, málo oblačnosti, minimum atmosférických zrážok, ale aj výraznú periódu sucha od mája do augusta. Vhodné klimatické podmienky podporili vývoj podkôrnika, ako aj jeho prežívanie pod kôrou a zaznamenali sme výrazne vyššie odchyty tohto škodcu. Dlhodobé vhodné klimatické podmienky počas letných mesiacov urýchlili vývoj lariev a už na jeseň 2022 sme zaznamenali vyletovanie jedincov zo vzoriek, ktoré boli naletené približne v júni 2022 (celkovo odchytených 530 imág). Na jeseň vyletelo približne 13 % imág z celkového odchyty 6914 imág zo vzoriek založených v roku 2022.

**Kľúčové slová:** podkôrník dubový, dubové vzorky, teplota vzduchu, atmosférické zrážky

### Pod'akovanie

Túto prácu podporilo Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky na základe položky č. 08V0301 (Promoles).

## Klasifikácia umiestnení automatických staníc podľa predpisov WMO

Karol Seják

Slovenský hydrometeorologický ústav, karol.sejak@shmu.sk

Hodnotenie kvality a reprezentatívnosti meraní meteorologických prvkov je jednou z priorit a dlhodobých cieľov Slovenského hydrometeorologického ústavu. Cieľom je stanoviť metódu, podľa ktorej sa bude hodnotiť reprezentatívnosť meraní meteorologických prvkov v praxi. Teoretický základ pre hodnotenie reprezentatívnosti meteorologických prvkov stanovila WMO ako klasifikáciu umiestnení meteorologických staníc pre meteorologické prvky. Aktuálne je rozpracovaná klasifikácia zrážok, teploty a vlhkosti vzduchu na profesionálnych, ale aj neprofesionálnych stanicach. Konkrétne ide o automatické klimatologické stanice a automatické zrážkomerné stanice. Umiestnenie staníc nie je vždy ideálne a práve kvôli prekážkam v najbližšom okolí stanice môžu vznikať chyby merania. WMO stanovila 5 tried reprezentatívnosti aj s maximálnymi možnými chybami, ktoré sú spôsobené nie ideálnym umiestnením stanice. Príkladom realizácie klasifikácie v praxi je klasifikovanie automatickej klimatologickej stanice Beluša pre prvok zrážky a pre prvok teplota a vlhkosť vzduchu. Na tejto stanici sú demonštrované a testované nové metódy, pomocou ktorých sa budú klasifikovať aj ďalšie stanice. Na reprezentatívnosť merania teploty a vlhkosti vzduchu má vplyv niekoľko faktorov: zatienenie snímača okolitými prekážkami, prítomnosť zdrojov tepla alebo chladu (zastavaná plocha), sklon terénu a v neposlednom rade aj výška vegetácie (trávnik pod stanicou). Komplikáciou je fakt, že uvedené faktory sa menia počas roka. Cieľom je tak vytvoriť čo možno najkomplexnejší podkladový materiál. Pre stanovenie hodnotenia reprezentatívnosti teploty a vlhkosti vzduchu je nutné vytvoriť radiačný horizont z miesta radiačného štítu a zaznamenať všetky prekážky, ktoré môžu vrhať tieň na snímač teploty a vlhkosti vzduchu. Je potrebné rozlíšiť medzi tieňom, ktorý vrhá reliéf krajiny (pohoria) od tieňa, ktorý vrhajú prekážky (domy, stromy...). Ďalej je nutné spočítať plochu potenciálnych zdrojov tepla alebo chladu v blízkom okolí snímača a určiť sklon terénu pod snímačom. V prípade hodnotenia reprezentatívnosti zrážok je potrebné zmerať uhol, ktorý zvierajú horná rovina zrážkomera s prekážkou a taktiež určiť sklon terénu pod zrážkomerom. Klasifikácia je realizovaná pomocou programu QGIS a mobilnej aplikácie Theodolite HD. Medzi najnovšie metódy patrí využitie ortofotosnímkov najbližšieho okolia stanice a využitie digitálneho modelu reliéfu s priestorovým rozlíšením 10m. Kombináciou týchto metód vzniká plnohodnotný podkladový materiál pre stanovenie hodnotenia reprezentatívnosti stanice pre oba meteorologické prvky.

**Kľúčové slová:** WMO klasifikácia umiestnenia staníc, QGIS, Theodolite HD, ortofotosnímky, digitálny model reliéfu.

### PodĎakovanie

Ďakujem SHMÚ za poskytnutie materiálo-technického zabezpečenia na realizáciu klasifikácie umiestnenia klimatologických a zrážkomerných staníc pre potreby skvalitnenia klimatologického monitoringu a splnenia dlhodobých cieľov SHMÚ.

## Implementing HEC-HMS: Hydrological Modelling at SHMÚ

Martin Petraš, Zinaw Shenga

Slovak Hydro-meteorological Institute (SHMÚ)

(Corresponding author: martin.petras@shmu.sk)

Hydrological modeling and flood forecasting are essential for managing water resources and mitigating extreme weather impacts worldwide. Leveraging tools such as the Hydrologic Engineering Centre's Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) and the Hydrologic Engineering Centre's Data Storage System (HEC-DSS), hydrologists can simulate processes and forecast floods within river basins using observed precipitation and temperature data for simulation, and forecasted precipitation and temperature data for forecasting. The HEC-HMS is specifically designed for dendritic watershed systems, offering advanced capabilities in hydrological simulation.

Building upon the capabilities of HEC-HMS and HEC-DSS, our local high-performance computing (HPC) facility operates a fully automated model for all river basins in the Slovak Republic. This operational setup is managed by our locally developed 'run\_app' system, utilizing Python scripting language to control model instructions. The system generates flood forecasts four times daily, providing timely updates on potential flood events. Additionally, seamless communication between models and data is facilitated by the Python module pydsstools, converting data into model-compatible formats and interfacing with the HEC-DSS data storage system (.dss). HEC-DSS, optimized for efficient data storage and retrieval, enhances the functionality of our flood forecasting system, offering a versatile set of utility programs for easy integration into our applications. The abstract should contain a brief introduction, a description of used methods and the results obtained, as well as the conclusions of the research. The abstract length is 300-400 words. Text format: Times New Roman, size 11, spacing 1.

**Keywords:** Hydrological modelling, Flood forecasting, HEC-HMS, HEC-DSS, Automated model operations



## Rastová reakcia smreka a limby na vývoj klímy: štúdia z horských lesov Tatier

Zuzana Sitková<sup>1</sup>, Peter Marčíš<sup>1,2</sup>, Vlastimil Murgaš<sup>1</sup>, Jerguš Rybár<sup>1,2</sup>, Vladimír Šebeň<sup>1</sup>, Zora Snopková<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Národné lesnícke centrum, Lesnícky výskumný ústav, T.G. Masaryka 22, 960 01 Zvolen, zuzana.sitkova@nlesk.org

<sup>2</sup> Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T.G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen

<sup>3</sup> SHMÚ Bratislava, regionálne stredisko Banská Bystrica, Zelená 5, 974 04 Banská Bystrica

V rámci pokalamitného výskumu lesných ekosystémov v Tatrách a so zámerom preskúmať rastovú reakciu drevín na meniace sa klimatické a stanovištné podmienky sme realizovali dendroekologickú analýzu vzoriek 2 významných horských druhov lesných drevín: smreka obyčajného (*Picea abies* L. Karst) a borovice limbovej (*Pinus cembra* L.). Boli spracované údaje z podrobného mapovania horských lesov zopakovaného po 20 rokoch, a to na 14 z 18 trvalých výskumných plôch (TVP) a s použitím identickej metodiky ako pri prvom mapovaní v roku 2001 (Moravčík et al. 2005). Skúmané plochy sa vyskytujú prevažne v 7. smrekovom vegetačnom stupni v nadmorských výškach od 1479 do 1670 m n. m. Dominujú na nich skupiny lesných typov kyslého radu A: *Sorbeto-Piceetum* (SP), *Lariceto-piceetum* (LP) a *Cembreto Piceetum* (CP).

Ku analýze boli použité dlhodobé klimatické údaje za obdobie 1961 – 2023 zo stanice SHMÚ Štrbské pleso (1 353 m n. m.) a blízkej meteorologickej stanice Rakytovec (1 260 m n. m.) patriacej do siete lesníckeho meteorologického monitoringu Národného lesníckeho centra. Z časových klimatických radov boli najprv vypočítané kumulatívne sumy priemerných denných teplôt vzduchu nad určitým hraničným prahom (v rozmedzí od 0 do 11 °C) tak, aby reprezentovali vegetačné obdobie na daných lokalitách. Na interpretáciu medziročnej dynamiky zrážok bola vypočítaná kumulatívna suma denných zrážok. Ďalej boli u oboch drevín preskúmané prírastkové chronológie pre odhalenie spoločného klimatického signálu v určitých rokoch sledovaného obdobia. Boli tak identifikované konkrétne roky (*pointer years*) kedy došlo k negatívnej rastovej reakcii. Následne sme štatisticky zhodnotili a porovnali rastovú odozvu limby a smreka na kumulatívne sumy teplôt vzduchu a zrážky.

Pri limbe sme identifikovali štyri roky s negatívnou rastovou reakciou (1965, 1980, 1996, 2014). V ďalších dvoch rokoch (1974 a 1993) reagoval negatívne len smrek a v roku 1996 obe dreviny spoločne. Pri analýze kumulatívneho priebehu klimatických veličín sme zistili, že ani v jednom z týchto rokov nedošlo k výraznému obmedzeniu zrážkového režimu. Predikované hodnoty rastovej reakcie (RWI) na kumulatívne teplotné sumy odhalili rozdiel medzi smrekom a limbou. Pre oba druhy boli pozorované nelineárne vzťahy, no hoci smrek aj limba reagujú zhodne negatívne pri nízkych sumách teplôt (pre každý teplotný prah), pri vyšších kumulatívnych sumách teplôt dochádza k evidentnému rozdielu v odozve týchto dvoch horských drevín. Kým smrek pri ďalšom náraste teplôt v pásme hornej hranice lesa reaguje pozitívne (s RWI nad 1), limba naopak výrazne negatívne. Ide o štatisticky podporené zistenia, ktoré významne prispievajú k poznatkom o špecifických reakciách horských druhov drevín na budúci vývoj zmeny klímy.

**Kľúčové slová:** dynamika rastu, horské lesy, zmena klímy, smrek, limba, letokruhovú analýza

### Pod'akovanie

Práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy APVV–20–0365 Integrovaný lesnícko-ekologický výskum vzácných horských lesov v oblasti Tatier (FORECALL) a s podporou projektu výskumného zámeru Adaptačný potenciál drevín pri príprave lesov Slovenska na zmenu klímy (TREEADAPT) v rámci kontraktu medzi MPRV SR a NLC.

## Interakcia mikroklimy v Brestovskej jaskyni s vonkajším prostredím a jej vplyv na zmeny objemovej aktivity radónu

Iveta Smetanová<sup>1</sup>, Milan Onderka<sup>1,2</sup>, Lucia Pristašová<sup>3</sup>, Kristian Csicsay<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav vied o Zemi SAV, v. v. i., Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava, SR, geofivas@savba.sk

<sup>2</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, SR

<sup>3</sup> Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, SR

*(Poznámka: pri korešpondujúcom autorovi doplňte k organizácii aj e-mailovú adresu)*

Radón (<sup>222</sup>Rn) je spomedzi prírodných rádionuklidov najzávažnejším zdrojom ionizujúceho žiarenia. Vďaka vlastnostiam, ako je chemická inertnosť a schopnosť rádioaktívnej premeny, má široké použitie ako jedinečný stopovač prírodných procesov. Brestovská jaskyňa, sprístupnená od augusta 2016, sa nachádza v Roháčskej doline v Západných Tatrách. Predstavuje fluviokrasovú jaskyňu vytvorenú v svetlosivých ramsauských dolomitoch s nepravidelnými polohami tmavších gutensteinských vápencov, vyskytujú sa tu aj tmavosivé reiflinské vápence s polohami rohovcov. Na strope v najvyššej časti jaskyne vystupujú paleogénne dolomitové a vápencovo-dolomitové brekie a zlepenice. Jaskyňa je vybavená 4 dočasnými mikroklimatickými monitorovacími stanicami zaznamenávajúcimi teplotu a tlak ovzdušia pomocou barologgra Solins v hodinových intervaloch. Merania prebiehajú aj na vonkajšej stanici vzdalenej cca 250 m od vstupu do jaskyne. Kontinuálny monitoring objemovej aktivity radónu (OAR) v ovzduší Brestovskej jaskyne prebieha na stanici Bivaková chodba od júna 2021. Údaje sú zaznamenávané v hodinových intervaloch pomocou polovodičového detektora TERA TSR 3DNM. Cieľom výskumu je získať nové informácie o hodnotách OAR v jaskynnom ovzduší a prispieť k pochopeniu vzniku periodických aj neperiodických časových variácií OAR. V jaskyni boli zistené sezónne, krátkodobé aj denné zmeny OAR. Priemerné denné hodnoty OAR sa pohybujú v intervale 3 800-19 500 Bq/m<sup>3</sup>. Sezónna zmena OAR je spojená so sezónnou zmenou ventilačného režimu jaskyne, najvyššie hodnoty OAR boli zaznamenané v letných mesiacoch jún až september, kedy je rozdiel teploty ovzdušia v jaskyni a vonkajšej teploty záporný. Neperiodické krátkodobé variácie OAR v trvaní do 15 dní boli zaregistrované počas celého roka, pričom najvyššie amplitúdy týchto zmien boli zaznamenané v mesiacoch november až apríl. Denné zmeny OAR sú najzreteľnejšie v mesiacoch máj až september.

**Kľúčové slová:** radón, Brestovská jaskyňa, kontinuálny monitoring, mikroklima

### PodĎakovanie

Výskum bol realizovaný rámci projektu *Objemová aktivita radónu vo vybraných sprístupnených jaskyniach na Slovensku č. 02/0015/21* a bol podporený vedeckou grantovou agentúrou VEGA MŠ SR a SAV.

## Nástup fenologickej fázy prvé májové výhonky borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.) na Slovensku za obdobie 1996 - 2023

Zora Snopková<sup>1</sup>, Hana Pavlendová<sup>2</sup>, Zuzana Sitková<sup>2</sup>

<sup>1</sup> SHMÚ Bratislava, regionálne stredisko Banská Bystrica, Zelená 5, 974 04 Banská Bystrica,  
zora.snopkova@shmu.sk

<sup>2</sup> Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, 960 01 Zvolen

Príspevok sa zaoberá variabilitou nástupu prvých májových výhonkov borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.) na Slovensku za obdobie 1996 – 2023. Fenologická fáza prvé májové výhonky na Slovensku v období 1996 – 2023 nastupuje v priemere od 24. apríla do 26. mája. Za hodnotené obdobie sme v priemere nezaznamenali posun nástupu hodnotenej fenologickej fázy. Najskorší dátum nástupu prvých májových výhonkov bol pozorovaný v lokalite Riadok 14. apríla 2018 a najneskorší v Oraviciach 14. júna 2023. Fenofáza prvé májové výhonky borovice lesnej na Slovensku najskôr nastupuje na Záhorskej nížine. Ako posledná nastupuje táto fenologická fáza v podhorských oblastiach severného Slovenska, na Orave, Liptove, Spiši a na Kysuciach a vo Vysokých Tatrách.

**Kľúčové slová:** fenologická fáza, prvé májové výhonky, borovica lesná

### Pod'akovanie

*Príspevok vznikol vďaka podpore projektu Adaptačný potenciál drevín pri príprave lesov Slovenska na zmenu klímy – TreeAdapt, financovaného z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (prvok 08V0301) a projektu APVV-20-0365.*

## Operatívna predpoveď kvality ovzdušia

Dušan Štefánik<sup>1\*</sup>, Tereza Šedivá<sup>1,2</sup>, Juraj Beňo<sup>1</sup>, Jana Krajčovičová<sup>1</sup>, Jana Matejovičová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava

<sup>2</sup> Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského v Bratislave

\*dusan.stefanik@shmu.sk

V septembri roku 2023 bola prvýkrát v histórii SHMÚ zahájená operatívna predpoveď kvality ovzdušia. Systém programov operatívnej prevádzky bol vybudovaný ako jeden z cieľov projektu KOSYMOKO. Operatívna prevádzka predpovede kvality ovzdušia je prevádzkovaná na superpočítači HPC3. Základom systému je chemicko-transportný model CMAQv5.3.3[1,2], ktorý využíva predpovede meteorologických polí z modelu Aladin (ALARO 2-e) [3]. Meteorologické polia sú preprocesované meteorologickým preprocesorom PYcip do formátu netCDF vhodného pre model CMAQ. Zároveň sa teplotné pole v 2 m využije pre výpočet emisných tokov pre lokálne kúreniská v preprocesore emPY [4], ktorého výstupom sú časovo premenné emisné polia. Výsledkom predpovede sú mapy koncentrácií znečisťujúcich látok pre PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub> a NO<sub>2</sub> (mapové produkty sa dajú zobrazit' na adrese dostupnej na sieti SHMÚ <http://10.20.7.241:8181/cmaq>. Chemické okrajové podmienky sa získavajú z modelov CAMS GLOBAL a CAMS EUROPE. Predpoveď sa spúšťa dvakrát denne pre termíny: 00 a 12 UTC a dĺžka predpovede je 48 hodín. Horizontálne rozlíšenie modelu je 2 km. Momentálne sú predpovede prístupné len na internej sieti SHMÚ, ale v blízkej dobe sa pre verejnosť plánujú zverejniť aj na webovej stránke SHMÚ. Výsledky modelu sa priebežne monitorujú a analyzujú sa príčiny úspešných/neúspešných predpovedaných situácií. Na základe skúseností vidíme, že v zimnom období modely príliš skoro po prechode frontu premiešavajú prízemnú vrstvu atmosféry, čo spôsobuje príliš vysoké predpovedané teploty a príliš nízke koncentrácie znečisťujúcich látok v modeli oproti skutočnosti. Po dostatočne dlhom spustení a zbere dát budeme predpoveď štatisticky vyhodnocovať a porovnávať s predpoveďami európskeho modelu CAMS (rozlíšenie 8 km). Predpovede kvality ovzdušia by hlavne mali slúžiť pre posudzovanie vydávania smogových výstrah, ako aj pre skúmanie a online monitoring príčin znečistenia ovzdušia, ale aj pre informovanie verejnosti o predpokladanom trende znečistenia ovzdušia na najbližšie dni.

[1] Byun, D., Schere, K., 2006. Review of the governing equations, computational algorithms, and other components of the Model-3 Community Multiscale Air Quality (CMAQ) Modeling System. *Appl. Mech. Rev.* 59 (2), 51–77. <https://doi.org/10.1115/1.2128636>.

[2] United States Environmental Protection Agency. (2020). CMAQ (Version 5.3.2) [Software]. Available from <https://doi.org/10.5281/zenodo.4081737>

[3] Derková et. al., 2017: Recent improvements in the ALADIN/SHMU operational system. *Meteorologický časopis SHMÚ*, Vol.20, No. 2, pp 45-52.

[4] emPY [Software] <https://github.com/dusssaan/emPY>

**Kľúčové slová:** kvalita ovzdušia, chemicko-transportné modelovanie, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>

## Analýza trendov hladín podzemnej vody a výdatnosti prameňov za referenčné obdobia 1981-2010 a 1991-2020

Michaela Kurejová Stojkovová<sup>1</sup>, Valéria Slivová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, michaela.kurejova-stojkovova@shmu.sk

Dopĺňanie zásob podzemnej vody je v našich podmienkach v prvom rade závislé od infiltrácie zrážok do horninového prostredia. Vplyvom klimatickej zmeny v posledných rokoch dochádza k narušaniu prirodzeného kolobehu vody, čo má negatívny dopad na zásoby podzemnej vody a ich udržateľnosť. Klimatické zmeny vplývajú na zmeny v dopĺňaní podzemnej vody v dôsledku zmien priemerných zrážok a teploty, priestorového a sezónneho rozloženia zrážok, závažnejších a dlhšie trvajúcich období sucha, zmeny evapotranspirácie vyplývajúce zo zmien vegetácie a možné zvýšené nároky na podzemnú vodu.

Cieľom príspevku bolo porovnanie referenčných období 1981-2010 a 1991-2020 na základe trendovej analýzy s použitím neparametrického Mann-Kendallovho testu dlhodobých časových radov minimálnych a priemerných hladín podzemnej vody a výdatnosti prameňov na hladine významnosti 95%. Výhodou tohto testu je v tom, že nie je ovplyvnený aktuálnym rozdelením dát a zároveň je menej citlivý na extrémne hodnoty v časovom rade. Prvé zvolené referenčné obdobie 1981-2010 je obdobie, ktoré sa vzhľadom na dĺžku 30-ročného radu používa pre hodnotenie podzemnej vody na Slovensku. Svetová meteorologická organizácia (WMO) odporúča používať nové referenčné obdobie 1991-2020. Na základe týchto odporúčaní sme aktualizovali hodnotenie dlhodobých časových radov hladín podzemnej vody a výdatnosti prameňov, a obe obdobia vzájomne porovnali, aby nám poskytli najaktuálnejšiu základňu pre budúce hodnotenie. Vzhľadom na pozorované intenzívne suchá v období posledného desaťročia na všetkých kontinentoch sme pokladali za vhodné spracovať trendy aj za obdobie posledných 11 rokov (2011-2022) a následne porovnať s referenčnými obdobiami.

Analýza bola spracovaná na 134 prameňov a 89 sond. Podmienkou výberu vhodných objektov bolo ich rovnomerné rozmiestnenie v rámci územia Slovenska, aby boli bez antropogénnych vplyvov, prípadne len s minimálnymi vplyvmi a s homogénnymi časovými radmi.

Pri hodnotení trendov boli zistené výrazné poklesy minimálnych aj priemerných dlhodobých hodnôt na krajnom západe a severozápade Slovenska, v páse od severného po stredné Slovensko, na severe východného Slovenska a na juhovýchode a vonkajšom východe územia.

Porovnaním obdobia 30-ročných radov odporúčaného referenčného obdobia 1991-2020 s obdobím 1981-2010 na základe vyhodnotených trendov hodnôt sme zaznamenali väčší počet významných klesajúcich trendov predovšetkým v centrálnej časti Slovenska. Obdobie hodnotených posledných 11 rokov však ukazuje výraznejšie poklesy trendov hladín podzemnej vody a výdatnosti prameňov.

**Kľúčové slová:** trendová analýza, Mann-Kendallov test, referenčné obdobie, hladina podzemnej vody, výdatnosť prameňa

## Hydrometeorologická rizika podle PERUN scénáře změny klimatu v Česku

Radim Tolasz<sup>1</sup>, Veronika Šustková<sup>1</sup>, Adam Valík<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Český hydrometeorologický ústav, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava-Poruba, radim.tolasz@chmi.cz

<sup>2</sup> Český hydrometeorologický ústav, Kroftova 43, 616 67 Brno

Český hydrometeorologický ústav je hlavním řešitelem projektu PERUN (TAČR, SS02030040), kde jedním z mnoha cílů je příprava scénářů změny klimatu pro Česko do konce století. Scénáře připravujeme s využitím klimatického modelu ALADIN (Termonia a kol. 2018, Brožková a kol. 2019) podle dvou socioekonomických emisních scénářů, SSP2-4.5 a SSP5-8.5 (IPCC 2018). Scénáře připravujeme pro vybrané klimatologické prvky a charakteristiky v modelovém kroku 2,3x2,3 km nejen v hranicích Česka, ale s přesahem za hranice tak, abychom měli pokrytá i povodí toků, které na naše území přivádějí povrchovou vodu.

Výstupy z klimatického modelu ALADIN-CLIMATE/CZ jsou agregovány do měsíčních a ročních průměrů, extrémů a indexů pro časové úseky 2021–2040, 2041–2060, 2061–2080 a 2081–2100. Základní sada klimatických prvků obsahuje průměrnou, maximální a minimální teplotu, srážky, vlhkost vzduchu sluneční záření a rychlost větru a je doplněna o vybrané, běžně používané indexy. Pro přípravu adaptačních opatření a podkladů pro další strategické dokumenty v rámci České republiky připravujeme i scénáře hydrometeorologických rizik a jejich pravděpodobných změn do konce století. Zde sledujeme hlavně charakteristiky sucha, horka, mrazu, intenzivních srážek a požárního počasí. Pro prostorovou analýzu těchto dat a následnou tvorbu kartografických výstupů je využit geografický informační systém (GIS), v našem případě konkrétně desktopová verze systému ArcGIS od firmy Esri (ESRI, 2020). Pro tvorbu rastrových map využíváme interpolační metody CLIDATA-DEM vyvinuté v ČHMÚ (Stríž 2008). Tato interpolační metoda zohledňuje vliv nadmořské výšky (případně orientace a sklonitosti svahů nebo krajinného pokryvu) na interpolovanou veličinu a zachovává původní naměřenou hodnotu ve známém bodě.

**Klíčové slova:** Model ALADIN – Scénáře změny klimatu – Projekt PERUN – Hydrometeorologické rizika – Extrémní klimatu

### Poděkování

*Tento příspěvek vznikl s podporou TA ČR, projektu SS02030040 „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku (PERUN)“.*

Brožková, R., Bučánek, A., Mašek, J., Smolíková, P., Trojáková, 2019. Nová provozní konfigurace modelu ALADIN ve vysokém rozlišení. *Meteorologické zprávy*, **72**, 5, 129–139. ISSN 0026-1173.

ESRI, 2020. Documentation [online]. [cit. 8. 2. 2024]. Dostupné z WWW:

<https://desktop.arcgis.com/en/documentation/>

IPCC, 2018. Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte et al. (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 616 pp.

STRÍŽ, M. 2008. Popis metod CLIDATA-GIS. [online] Dostupné z:

<http://www.infomet.cz/fil/1295510217.pdf>

Termonia, P. a kol., 2018: The ALADIN System and its canonical model configurations AROME CY41T1 and ALARO CY40T1, *Geosci. Model Dev.*, 11, 257–281. <https://doi.org/10.5194/gmd-11-257-2018>

## Klimatický rok 2023 na observatóriu pri Skalnatom plese – najteplejší september od začiatku meraní a výdatné zrážkové úhrny v mesiacoch október a november

Svetlana Varšová<sup>1\*</sup>, Veronika Lukasová<sup>1</sup>, Milan Onderka<sup>1,2</sup>, Dušan Bilčík<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav vied o Zemi SAV, v.v.i., Dúbravská cesta 9, Bratislava, SK-84005 \*geofsvet@savba.sk

<sup>2</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, Bratislava, SK-83315

Dlhodobý, viac ako 80 ročný rad kvalitných meteorologických pozorovaní na observatóriu pri Skalnatom plese umožňuje analyzovať premenlivosť klimatických podmienok v ekotonovej zóne južnej strany Vysokých Tatier. Začiatky meraní sa viažu na výstavbu a prevádzku lanovej dráhy na prelome 30-tych a 40-tych rokov minulého storočia. Od roku 1943 sú meteorologické merania nepretržite vykonávané v budove observatória SAV. V tejto práci boli spracované priemerné denné teploty vzduchu a denné zrážkové úhrny z manuálnych meraní pre obdobie 1941-2023. Z vyhodnotenia údajov vyplýva, že mesiac september 2023 bol doteraz najteplejším mesiacom v histórii merania. Priemerná mesačná teplota 11.0°C výrazne prekročila dlhodobý priemer 6.9°C ako aj normálové teploty 6.6 °C (1961-1990) a 7.0 °C (1991-2020), (Lukasová et al., 2023). Podľa klimatologického spravodajstva SHMÚ (shmu.sk), nadpriemerne teplý september 2023 s odchýlkou > 3.0°C bol takmer na celom území Slovenska. Na najvyššiu globálnu septembrovú teplotu 16.38 °C od začiatku meraní (1940-2023) upozorňuje aj klimatický portál Climate Change Servis (climate.copernicus.eu). Po horúcom septembri nasledovali dva zrážkovo výdatné mesiace. Na observatóriu pri Skalnatom plese sme v októbri a novembri 2023 zaznamenali vysoko nadpriemerné hodnoty mesačných zrážkových úhrnov. Podľa našich meraní v priebehu obidvoch mesiacov spadlo na južnej strane Tatier celkom 374.5 mm zrážok, čo predstavuje najvyšší zrážkový úhrn (október + november) od začiatku meraní. Výdatné dažďové zrážky na konci októbra a začiatku novembra s dennými úhrnmi do 47.1 mm prispeli k aktivácii vodno-gravitačných procesov. Na turisticky exponovanom chodníku z Hrebienka smerom na Rainerovu chatu došlo v dôsledku podmytia k odtrhnutiu časti svahu a zosuvu chodníka. Nadpriemerné zrážkové úhrny zvyšujú pravdepodobnosť výskytu zosuvov v geologicky či morfológicky veľmi exponovanom prostredí.

**Kľúčové slová:** horská klíma, globálne a regionálne otepľovanie, manuálne meranie, priemerné mesačné teploty, mesačné zrážkové úhrny

### PodĎakovanie

*Tento príspevok vznikol s finančnou podporou projektu VEGA 02/0093/21. Autori ďakujú za aktívnu spoluprácu pri zabezpečení manuálnych meteorologických meraní pracovníkom ÚVZ SAV: D. Božík, I. Bohuš, M. Krasuľa a SHMÚ: M. Takáčová.*

---

### Zdroje:

Copernicus Climate Change Service: <https://climate.copernicus.eu>

Klimatologické spravodajstvo: <https://www.shmu.sk>

Lukasová, V., Varšová, S., Buchholcerová, A., Onderka, M., Bilčík, D.: Changes in the high-altitude climate of High Tatra Mts. evaluated by climatic normals from the Skalnaté Pleso Observatory. In Meteorological Journal, 2023, vol. 26, no. 1, p. 47-52

## Stochastic multi-site generation of daily weather variables in the mountain catchment of Slovakia

Roman VÝLETA<sup>1\*</sup>, Michaela DANÁČOVÁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Land and Water Resources Management, Faculty of Civil Engineering, Slovak University of Technology in Bratislava, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, Slovakia.

\* *Corresponding author. Tel.: + 421 232 888 727. E-mail: roman.vyleta@stuba.sk*

Hydrology as a science is largely dependent on the quality and quantity of input data. When solving practical tasks in water management and landscape planning, one can often face insufficient data. This problem is also significant in other tasks such as flow frequency analysis for the estimation of flood design values or determination of hydrologic metrics of ecological flow, where even the longest observed series is short for their estimation and assessment of their long-term variability. More recently, these tasks are often solved by a combination of a stochastic weather generator, allowing the generation of arbitrarily long synthetic series of precipitation and air temperatures, and a rainfall-runoff model, which enables to transform them into an equally long synthetic series of river discharges. This study aimed to develop a stochastic weather generator allowing the simulation of synthetic daily precipitation and air temperature series at multiple stations simultaneously, considering seasonality, temporal dependency and spatial correlation between the stations. The design was based partly on well-established methodological practices, but its individual components were largely extended with innovative methodological principles not yet presented. The ability of the weather generator to correctly reproduce characteristics of the observed rainfall and air temperature records was evaluated by analysing selected statistical characteristics of the observed and generated series of meteorological characteristics at each station. The methodology was applied in the mountainous catchment of the Váh River in Slovakia.

The results of the study showed that the proposed stochastic weather generator is a simple tool that enables to reproduce the selected statistical properties of the observed series of meteorological characteristics very well and that it allows to reliably generate synthetic series of precipitation totals and air temperatures at individual stations simultaneously. It can provide an infinite number of combinations of different situations, including the extreme ones and those that have not been observed yet, which can be used in estimating extreme flood characteristics, determining hydrologic metrics of ecological flows, and detecting changes in flow variability caused by land use and climate changes using a combined stochastic-deterministic rainfall-runoff modelling approach.

**Keywords:** multi-site weather generator, stochastic processes, spatial variations, time series analysis, hydrometeorological extremes

### Acknowledgment

*This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under Contracts Nos. APVV-19-0340 and APVV-20-0374; and the VEGA Grant Agency No. 1/0782/21.*





**ISBN 978-80-973051-1-6**

ISBN 978-809730511-6



9 788097 305116