

VYUŽITÍ ATMOSFÉRICKÝCH REANALÝZ PRO ODHADY BUDOUCÍHO VÝVOJE KLIMATU

Posouzení schopnosti současných reanalýz simulovat srážky v letních měsících s využitím adjustovaných radarových srážkových odhadů

Jana Žďárská

Fyzikální ústav AV ČR, Na Slovance 2, 182 21 Praha 8; zdarskaj@fzu.cz

Trojice vědců z Ústavu fyziky atmosféry Akademie věd České republiky Lucie Pokorná, Zuzana Rulfová a Vojtěch Bližňák pomohla významně upřesnit možnosti využití tzv. atmosférických reanalýz při rozboru příčin a důsledků extrémních srážek. Znalost nepřesností těchto „zpětných“ analýz vůči reálu pomůže při odhadech změn budoucího počasí. Využití reanalýz je však mnohem širší – jejich srážková pole již nyní slouží jako základ hydrologických aplikací i klimatologických studií.

Dešťové srážky jsou ze všech meteorologických charakteristik nejvíce prostorově a časově proměnlivé. Pro jejich monitorování je na našem území zbudována velmi hustá síť stanic. Ale ani ona nedokáže spolehlivě zaznamenat veškeré přehánky a bouřky, které nastanou během letních měsíců.

Jednou z možností, jak získat informace z míst, kde nejsou k dispozici měření, jsou atmosférické reanalýzy, které jsou schopny velmi dobře simulovat minulé stavy atmosféry. Často se proto uplatňují při studiu procesů ve volné atmosféře i v přízemních hladinách nebo při rozboru příčin extrémních jevů, jako jsou přívalové srážky či období sucha. Díky pravidelnému prostorovému a časovému kroku atmosférické reanalýzy slouží jako vstup do hydrologických a růstových modelů. V blízké době budou tyto reanalýzy používány i jako referenční databáze pro upřesnění očekávané změny klimatu.

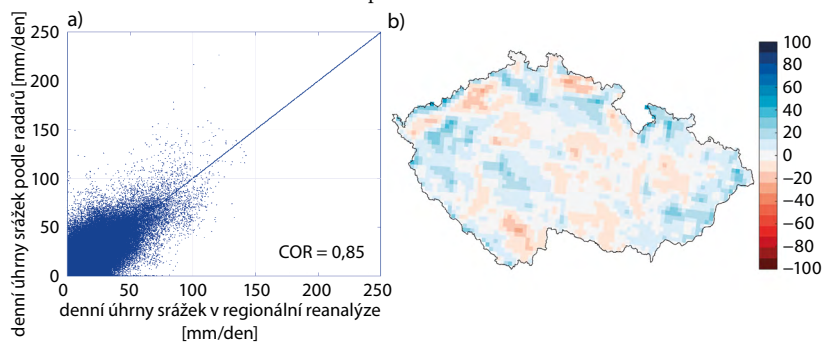
Spoluautorka studie *Využití atmosférických reanalýz pro odhady budoucího vývoje klimatu*¹ Lucie Pokorná

¹ Odkaz na studii: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581822001343>.

k tomu dodává: „Reanalýzy jsou založené na numerických předpovědních modelech, jejichž výpočty jsou následně zpřesněné pozorováním. Příprava pozorovaných dat je však časově i technicky velmi náročná. Proto aktuálně existuje jen několik globálních reanalýz s prostorovým rozlišením 30 až 50 km. Ty pokrývají celou zeměkouli, respektive nižší hladiny atmosféry, která ji obklopuje. V posledních letech vznikají také regionální reanalýzy s prostorovým rozlišením méně než 10 km. V naší studii jsme se zaměřili na dvě globální a jednu regionální reanalýzu a zjišťovali jsme, zda jsou schopné na území ČR správně simulovat výskyt a množství srážek od dubna do října.“

Schopnost vybraných reanalýz simulovat správně časové a prostorové rozložení srážek na území ČR (obr. 1) byla testována v rámci projektu PERUN, jehož cílem je podrobně popsat projevy růstu globální teploty na našem území v posledních třiceti letech a vytvořit scénáře budoucích změn klimatu s důrazem na extrémní. Jedním z výstupů projektu je právě dokončovaná regionální reanalýza pro střední Evropu, založená na v Česku dobře známém numerickém předpovědním modelu ALADIN. Svým prostorovým krokem 2,3 km se zařadí mezi ty nejjednodušší a stane se „odrazovým můstkem“ pro model, který bude počítat klima na našem území do roku 2100. Výsledky studie, aktuálně publikované v časopise *Journal of Hydrology: Regional Studies*, budou v projektu PERUN využity při posuzování spolehlivosti nové regionální reanalýzy i při odhadu budoucích změn srážek.

Aby bylo možné využít plný potenciál reanalýz, je potřeba znát jejich nepřesnosti a příčiny těchto nepřesností. Jejich neznalost by totiž mohla vést k mylným závěrům. Výsledky studie ukazují, že zatímco měsíční a sezonní úhrny srážek simulují reanalýzy s dobrou přesností, rozložení srážek do jednotlivých dnů se od reality poněkud liší. „V nížinách je většina dní



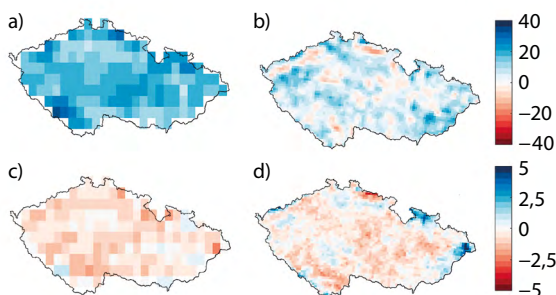
Obr. 1 (a) Bodový diagram denních úhrnů srážek z regionální reanalýzy (osa x) a z radarových odhadů srážek (osa y), hodnota COR uvádí velikost korelace denních úhrnů srážek. (b) Mapa rozdílu průměrných sezonních úhrnů srážek za teplou sezonu mezi regionální reanalýzou a radarovými odhady, vyjádřená v % radarových odhadů srážek.

během teplých měsíců beze srážek. Řadu dní, kdy neprší, pak obvykle přeruší výrazná konvektivní bouře, jako jsme letos zaznamenali v druhé polovině května i během letních měsíců. A právě s tím mají reanalýzy problém. Ve srovnání s pozorováním simulují až dvojnásobný počet dní se slabými srážkami, naopak úhrny naměřené během silných epizod jsou často podhodnocené. Dalším problémem reanalýz je nesprávné načasování nebo lokalizace významných srážek,“ upřesňuje další spoluautorka studie Zuzana Rulfová. To dokumentuje obr. 2, kde lze také vidět výrazně menší chyby v regionální reanalýze v porovnání s globální.

Jak důležitá je znalost nepřesnosti v reanalýzách, vysvětluje na konkrétních případech Lucie Pokorná: „Jsou místa, třeba jihovýchodní Morava nebo některé hory, kde reanalýza nadhodnocuje srážky. Pokud výpočet do budoucna vůči této reanalýze ukáže, že se srážky nezmění, závěr bez znalosti chyb bude znít: se srážkami se nic dít nebude. Ale to bude špatný závěr. Jestliže ve skutečnosti je méně srážek než v reanalýze, závěr by měl znít: do budoucna budou v tom konkrétním místě srážky klesat. V článku jsou ale ukázané i opačné chyby, např. v Krkonoších, kde jsou srážky podhodnocené. Při použití reanalýz v hydrologických modelech spatřujeme jiné riziko: jestliže v reanalýzách prší častěji, a přitom při silných srážkách méně, pak modelem spočítané škody způsobené povodní nebudou odpovídat realitě – ve skutečnosti budou pravděpodobně větší. A na to je třeba dát pozor.“

Hlavní autor studie Vojtěch Bližňák doplňuje své kolegyně: „Důležitou informaci o množství a rozložení srážek v letních měsících poskytují v posledních 20 letech meteorologické radary. Kombinací zjištěné radarové odrazivosti v určité výškové hladině a úhrnů srážek naměřených sítí srážkoměrných stanic na zemském povrchu lze odvodit úhrny srážek ve vysokém prostorovém i časovém rozlišení. Proces výpočtu je založen na radarových měřeních v pětiminutových intervalech. Při adjustaci je pak suma radarem detekovaných srážek za 24 hodin zpřesňována staničními daty. Lze tak získat úhrny srážek v pravidelné síti a ty následně využít k posouzení korektnosti reanalýz.“

Zatímco pole srážek dopočítané z radarových měření je získané nezávisle na jiných charakteristikách, atmosférické reanalýzy poskytují vzájemně provázaná pole meteorologických prvků v sítích s pravidelným prostorovým krokem v několika desítkách hladin od zemského povrchu až po stratosféru. Jsou tedy nástrojem umožňujícím zkoumat chování atmosféry,



Obr. 2 Rozdíl počtu dní se srážkami nad 1 mm (nahore; a, b) a se srážkami nad 20 mm (dole; c, d) v globální reanalýze (vlevo; a, c) a regionální reanalýze (vpravo; b, d). Barevná škála vyjadřuje průměrný rozdíl za teplou sezonu, přitom obvyklé počty dní se srážkami nad 1 mm, resp. nad 20 mm jsou 60–73 mm, resp. 3–4 mm na 75 % našeho území.

RNDr. Vojtěch Bližňák, Ph.D., absolvoval magisterské i doktorské studium Fyzické geografie na PŘF UK v Praze, kde v roce 2011 úspěšně obhájil doktorskou práci. Od roku 2008 působí na oddělení meteorologie Ústavu fyziky atmosféry AV ČR, kde v období 2016–2021 zastával funkci vědeckého tajemníka a od roku 2022 funkci zástupce vedoucího oddělení meteorologie. Ve své odborné činnosti se zabývá studiem časoprostorové distribuce extrémních srážek a možností jejich detekce i predikce s využitím moderních distančních pozorování. Na tato a podobná témata publikoval celkem 16 článků v zahraničních impaktovaných časopisech. Má mezinárodní zkušenosti z výzkumných pobytů v Météo-France ve francouzském Toulouse, na Lisabonské univerzitě v portugalském Lisabonu a Hebrejské univerzitě v izraelském Jeruzalémě. V období 2017–2019 zastával pozici hlavního editora vědecké sekce Atmospheric sciences v referenčním modulu Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier. Aktivně se účastní nejrůznějších popularizačních akcí pro školy i veřejnost.

RNDr. Lucie Pokorná, Ph.D., se narodila v roce 1974 v Praze. Obor Fyzika studovala na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy, disertační práci pod vedením prof. Radana Hutha obhájila na Katedře meteorologie a ochrany prostředí. Od roku 1997 pracuje v Oddělení klimatologie Ústavu fyziky atmosféry AV ČR, kde se zaměřuje na modelování klimatu, atmosférickou cirkulaci a trendy teploty v Evropě. V letech 2015–2021 přednášela bioklimatologii pro studenty Katedry fyzické geografie a geoekologie na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy. Od roku 2020 je členkou výboru České meteorologické společnosti. Svůj obor popularizuje ve školách i na veřejných akcích.

RNDr. Zuzana Rulfová, Ph.D., se narodila v roce 1986 ve Znojmě. Je absolventka oboru Meteorologie a klimatologie na MFF UK. V roce 2014 absolvovala doktorskou výzkumnou stáž na KNMI (Královský nizozemský meteorologický institut) v Nizozemsku u významného statistického klimatologa A. T. Buishanda. Disertační práci pod vedením doc. Jana Kyselého obhájila na Katedře fyziky atmosféry MFF UK v roce 2016. Na Ústavu fyziky atmosféry AV ČR pracuje od roku 2011 na oddělení klimatologie a zabývá se zejména studiem změn charakteristik konvektivních a vrstevnatých srážek v pozorovaných datech a v simulacích klimatických modelů s využitím moderních statistických metod. Kromě odborné činnosti se věnuje popularizaci vědy, kde uplatňuje i svůj další vystudovaný obor na MFF UK – Učitelství fyziky pro střední školy. V současné době tráví většinu volného času se svými dvěma malými syny.



kteří se projevuje jako proměnlivé počasí včetně extrémů.

Ze studie českých vědců vyplývá, že reanalýzy jsou vhodné jak pro klimatologické studie, tak i pro detekci dlouhodobého sucha nebo vztahů mezi cirkulací a úhrny srážek. Při jejich využití pro rozbor extrémních epizod srážek či pro hydrologické modelování je však třeba zohlednit jejich nepřesnosti. Proto také nejsou nástrojem určeným pro nezasvěcené uživatele.

Přestože změna klimatu je přirozený proces, v posledních dekádách rychlost změny výrazně zrychluje v důsledku činnosti lidské společnosti. Změny pozorujeme nejen na průměrných hodnotách, mění se i četnost a síla extrémních jevů. Nyní je již jisté, že nastartované změně nelze zabránit, můžeme ji však společnými silami zmírnit. Vědecké poznatky aktuálně přispívají nejen k přesnějším odhadům budoucí změny klimatu, ale mohou ukázat cestu, jak dopady budoucích změn včetně extrémních výkyvů počasí zmírnit nebo se na ně alespoň připravit.