

Meteorologické zprávy

ROČNÍK
76–2023

5

137 Indikátor přívalových povodní – zkušenosti z provozu

Petr Šercl – Martin Pecha – Vojtěch Svoboda – Tomáš Vlasák

**148 Využití srážkoodtokového modelování
v hydrologické praxi ČHMÚ**

Radovan Tyl – Vojtěch Svoboda – Petr Šercl – Martin Pecha – Dominik Míka

157 Aktualizace rozvodnic základních ploch povodí 4. řádu

Radovan Tyl

Meteorological
Bulletin

Český
hydrometeorologický
ústav



137 Flash Flood Indicator – operational experience

Petr Šercl – Martin Pecha – Vojtěch Svoboda – Tomáš Vlasák

148 Rainfall-runoff modelling in the hydrological practice at the CHMI

Radovan Tyl – Vojtěch Svoboda – Petr Šercl – Martin Pecha – Dominik Míka

157 Update of drainage divides of the 4th-order watersheds

Radovan Tyl



Rozšiřuje – Free booking:

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

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

EDITORIAL

Vážení přátelé časopisu,

Meteorologické zprávy jsou odborný časopis zaměřený na meteorologii, klimatologii, hydrologii a kvalitu ovzduší. Pokud se redakce a redakční rada rozhodnou připravit monotematické číslo zaměřené jen na jeden z těchto oborů, přináší to čtenářům výhody i nevýhody. Začneme tou nevýhodou, která vyplývá z přístupu mnoha čtenářů k Meteorologickým zprávám jako k časopisu se širokým odborným záběrem a ten jim tady najednou v jednom čísle chybí. Těmto čtenářům se omlouváme, ale osobně jsem přesvědčen, že je tato nevýhoda plnohodnotně vyvážena spojením několika článků s podobnou tematikou na jednom místě.

Tentokrát jsme číslo zaměřili na hydrologii. Přesněji řečeno, na kousek hydrologie. V prvním článku kolektiv autorů pod vedením Petra Šercla představuje Indikátor přívalových povodní. Odborníci vědí, že předpovídat extrémní krátkodobé srážkové úhrny a jejich lokalizaci je dnes ještě pořád téměř nemožné. Ale zároveň je důležité varovat obyvatelstvo v případě možného nebezpečí, které mohou takové srážky v terénu vyvolat. V článku je podrobně analyzováno několik událostí spojených s přívalovou srážkou, jaké byly naměřeny úhrny, jaký byl stav povodí před a po takové srážce a jak na událost reagoval vyvíjený Indikátor přívalových povodní. Věřme, že budeme umět vydávat pořád přesnější a použitelnější varování před nebezpečím přívalových dešťů. Ve druhém článku přibližuje kolektiv autorů možnosti využití srážkoodtokového modelování v ČHMÚ. Jen my pamětníci ještě známe hydrologické předpovědi založené na analýze postupových dob, která se dělávala s pomocí papírových grafů. S rozvojem výpočetních možností se hydrologické výpočty posunuly do dříve nevídaných oblastí, které postup očekávané povodňové vlny modelují s přihlédnutím ke stavu povodí před událostí i v jejím průběhu. Třetím v řadě je článek Radovana Tyla o zpřesňování rozvodnic, které mají ve svém důsledku vliv jak na



Indikátor přívalových povodní, tak i na hydrologické modelování prezentované v předchozích dvou článcích. Často slyšíme, že od nás voda jen odtéká, což je hodně nepřesné konstatování, zapomínající například na Ohři nebo Olši, pramenící daleko za hranicemi Česka. Plochy jednotlivých povodí a přesnost jejich zjišťování úzce souvisí s vypočtenými hydrologickými charakteristikami, které se následně používají pro hodnocení území i stanovení rizika povodní nebo suchých období.

Tři hydrologické články jistě nemohou reprezentovat všechny provozní a výzkumné aktivity našich hydrologů, ale pěkně ukazují jejich široký záběr. A zároveň dokladují známou poučku, že všechno souvisí se vším. Indikátor přívalových povodní nefunguje bez modelových výstupů a hydrologické modely potřebují přesně vedené rozvodnice. Podobná provázanost je i v dalších oborech, pro které jsou Meteorologické zprávy určeny. Uvidíme, kdy se nám zase sejdou minimálně tři články pro tematické číslo věnované jednomu oboru nebo jedné části výzkumu v oblasti meteorologie, klimatologie, hydrologie nebo kvality ovzduší.

RNDr. Radim Tolasz, Ph.D.
šéfredaktor časopisu

Indikátor přívalových povodní – zkušenosti z provozu

Flash Flood Indicator – operational experience

Petr Šercl

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

Martin Pecha

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

Vojtěch Svoboda

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

Tomáš Vlasák

Český hydrometeorologický ústav
Regionální předpovědní pracoviště České Budějovice
Antala Staška 32, 370 07 České Budějovice
✉ tomas.vlasak@chmi.cz

Flash floods are one of the most risky natural phenomena. It is very difficult to predict exactly where they will occur and they usually come very quickly. When there is a threat of flash floods, early warning is exactly what decides on the protection of the lives and property of inhabitants. For these reasons, a Flash Flood Indicator (FFI) has been developed in the Czech Hydrometeorological Institute (CHMI) for a long time, aiming to draw attention to the possibility of a flash flood or local flooding. The main purpose of this contribution is not to describe details of FFI algorithms, but to evaluate the functioning of the FFI on the basis of more than ten years of operation experience. On a basis of specific cases of significant rainfall episodes, especially from recent years, the potential benefits of FFI are shown, not only for the operational forecasting service of the CHMI, but also for wider public. At the end of the contribution, the possibilities of further development of FFI are outlined.

KLÍČOVÁ SLOVA: povodeň přívalová – zatopení lokální – nasycení území – MERGE – adjustace radaru – srážky rizikové

KEYWORDS: flash flood – local flooding – saturation of area – MERGE – radar adjustment – risk precipitation

1. Úvod

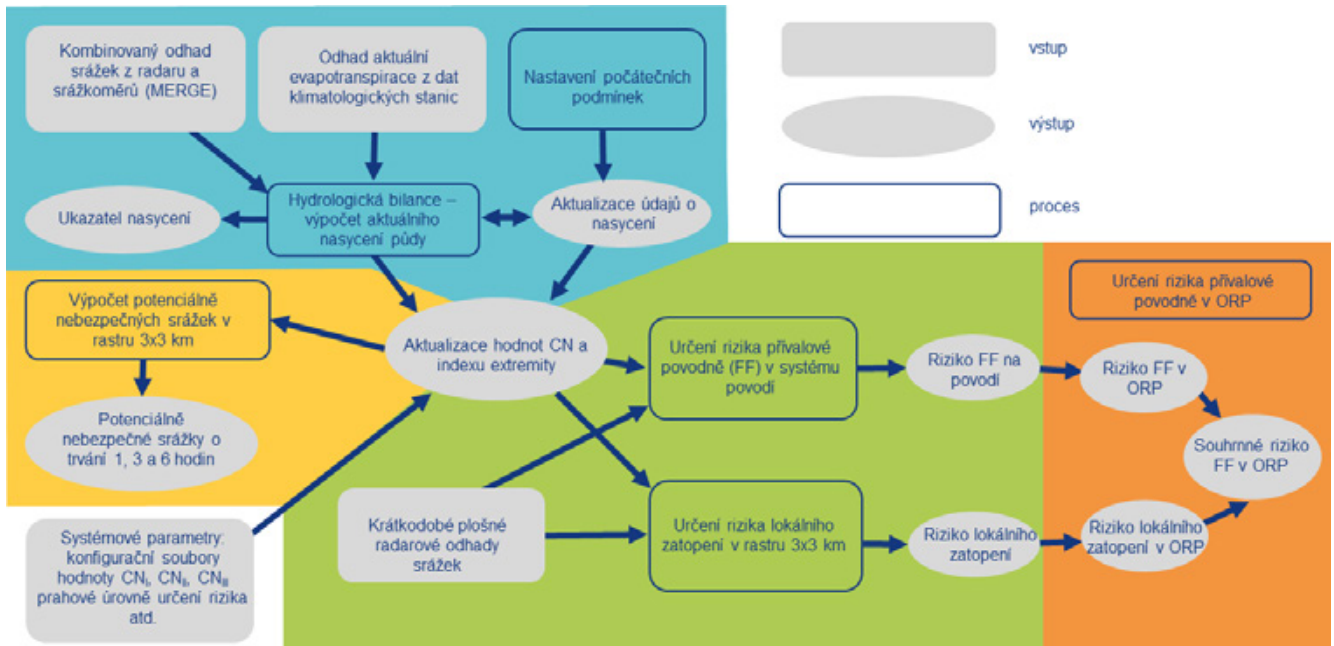
Zpravidla každý rok se několikrát setkáváme s informací, že byl nějaký region našeho území zasažen přívalovou povodní, případně obec či městská část čelila rychlému lokálnímu zatopení. Právě přívalové povodně patří k nejrizikovějším přírodním fenoménům. Je to dáno zejména dvěma okolnostmi. Jednak je velmi obtížné předpovědět, kde přesně se vyskytnou, a jak již lze z jejich názvu usuzovat, přicházejí zpravidla velmi rychle.

Přívalové povodně vznikají následkem velmi intenzivních srážek, trvajících od desítek minut až po několik hodin, při kterých může za relativně krátkou dobu spadnout velký objem vody. Pro představu, pokud prší průměrnou intenzitou 40 mm za hodinu na ploše 5 km², spadne za hodinu na danou plochu 200 000 m³ vody. Z této vody se část zachytí v prohlubních, na vegetaci a část vsákne do půdy. Kolik vody se vsákne a kolik oteče, závisí na aktuální infiltrační a retenční schopnosti půdy a jejího povrchu.

V zastavěných územích, kde je velký podíl nepropustných ploch, jsou tyto infiltrační schopnosti obecně velmi malé. V přírodním prostředí závisí rychlost infiltrace na charakteru půdy, jejího povrchu a z velké části na nasycení půdy vodou z předchozích srážek. Pokud je krajina vyschlá, je schopná zadržet velký podíl vody ze spadlých srážek, což se ukázalo během suchých období. Naopak při vysoké nasycenosti jsou infiltrační schopnosti značně omezené a při výskytu intenzivních srážek významně roste riziko přívalových povodní (Šercl, Pecha 2019).

Vlivem omezené infiltrační schopnosti půdního povrchu vstřebat srážky následně dochází k rychlému povrchovému odtoku, který se postupně soustřeďuje v nejnižší položených místech území, což jsou zpravidla údolí vodních toků. Voda ale vždy teče nejkratší možnou cestou, takže příval vody, často ve spojení s množstvím bahna a plovoucích předmětů, si nachází cestu i mimo síť vodních toků a následkem vysoké kinetické energie může mít i velkou ničivou sílu. V urbanizovaných oblastech často dochází ve snížených místech (např. pod mosty) k významnému lokálnímu zatopení a voda tekoucí velkou rychlostí místními komunikacemi rovněž může unášet velké množství předmětů. Situaci navíc často komplikuje poddimenzování mostních otvorů a propustků, kde se unášené předměty zastaví, blokují průchod vody, a tím způsobují ještě výraznější rozlivy a lokální zatopení.

Když hrozí přívalové povodně, tak je včasné varování přesné tím, co rozhoduje o ochraně životů a majetku obyvatel. Z těchto důvodů je v Českém hydrometeorologickém ústavu (ČHMÚ) dlouhodobě vyvíjen komplexní nástroj, který se snaží upozornit na možnost vzniku přívalové povodně, případně lokálního zatopení. Tímto nástrojem je Indikátor přívalových povodní (Flash Flood Indicator, zkráceně FFI).



Obr. 1 Schéma fungování systému FFI.

Fig. 1. Schematic diagram of the FFI functioning.

Podrobný popis fungování a procedur FFI je uveden v publikaci Sercl et al. (2023) jako příspěvek k mezinárodnímu transferu znalostí v této oblasti. Zmíněná publikace shrnuje veškeré poznatky, které získali odborníci z ČHMÚ během více než deseti let výzkumu a vývoje a je na ni samostatně odkázáno na úplném konci tohoto čísla časopisu Meteorologické zprávy. Indikátor přívalových povodní s aktuálními daty je dostupný široké veřejnosti prostřednictvím webové mapové aplikace (Šercl 2023).

Účelem tohoto příspěvku proto není podrobně popisovat algoritmy FFI, ale zhodnotit fungování FFI na základě dnes již více než desetiletého provozu. Na konkrétních případech významných srážkoodtokových epizod, zejména z posledních let, je ukázán potenciální přínos FFI nejen pro operativní předpovědní službu ČHMÚ, ale i pro širší veřejnost.

2. Stručný popis Indikátoru přívalových povodní

FFI je soubor procedur a algoritmů napsaných v jazyce Python a využívajících funkcionalitu GIS technologie ESRI, především knihovnu „arcpy“, která je k dispozici v rámci licence ArcGIS Pro. Hlavní úlohou FFI je predikovat riziko výskytu nebezpečných jevů souvisejících s přívalovými srážkami, kterými jsou přívalové povodně a lokální zatopení. Toto riziko se stanovuje nejen na základě spadlých srážek a jejich krátkodobé předpovědi formou nowcastingu¹, ale i s ohledem na předchozí nasycení území.

V denním kroku je v rámci FFI vyhodnocováno nasycení půdy na našem území, a to pomocí jednoduché bilance srážek, odtoku a aktuální evapotranspirace. Výsledkem je tzv. ukazatel nasycení. Na základě aktuálního nasycení se odvozují potenciální rizikové (nebezpečné) srážky o době trvání 1, 3 a 6 hodin. Jejich hodnota představuje úhrn srážek za daný časový

interval, který by už znamenal zvýšené riziko povrchového odtoku. Vstupem do výpočtu jsou 24hodinové úhrny srážek MERGE (Novák, Kyznarová 2016) a bodové hodnoty aktuální evapotranspirace, které jsou interpolovány do rastru.

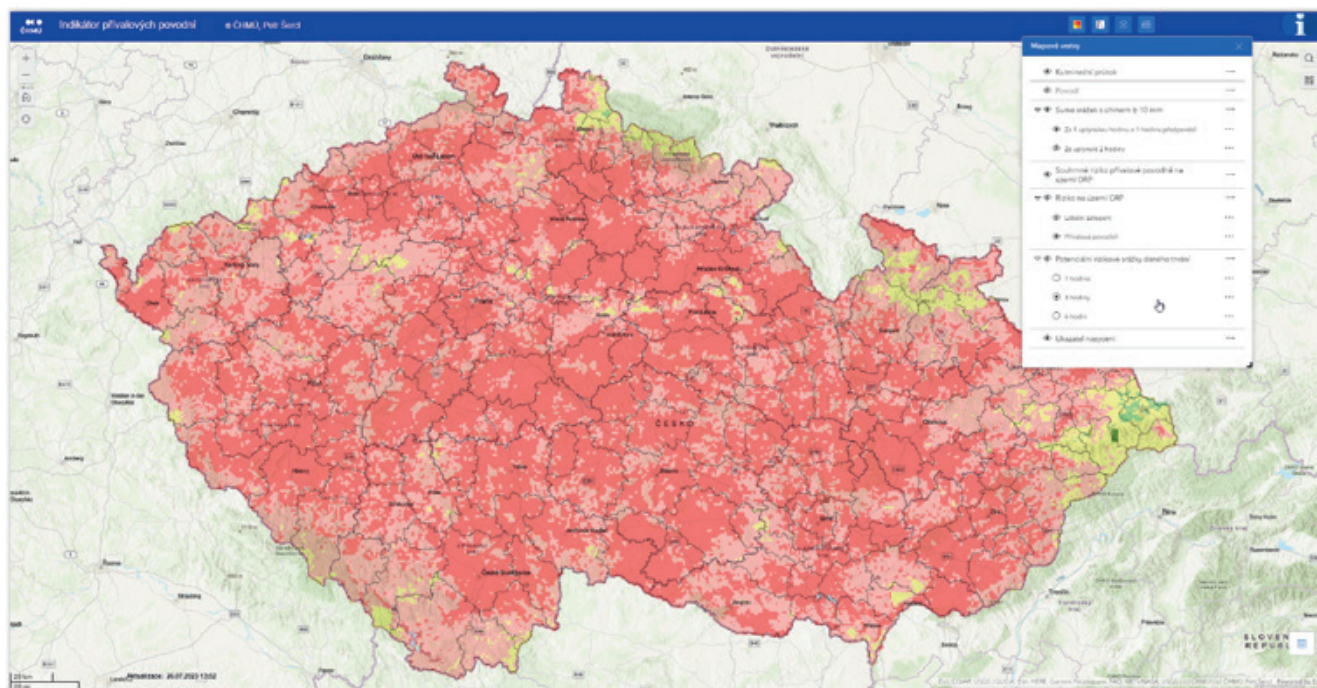
V kratším (v současnosti 15minutovém) kroku jsou stanovována rizika vzniku přívalové povodně a lokálního zatopení. Riziko přívalové povodně je vyhodnocováno pomocí jednoduchého srážkoodtokového modelu (metoda CN, jednotkový hydrogram) z odtokové reakce na spadlé a předpovídané srážky v systému hydrologicky propojených povodí 4. řádu (velikost plochy cca 5 km²). Riziko lokálního zatopení je určováno v rámci pravidelné čtvercové sítě o velikosti hrany 3 km. Z rizika přívalové povodně a lokálního zatopení je na závěr určeno tzv. souhrnné riziko přívalové povodně. Riziko přívalové povodně, lokálního zatopení a souhrnné riziko je poté vždy vztaženo k území příslušné obce s rozšířenou působností (ORP), do které dané povodí či čtverec s predikovaným rizikem územně spadá.

Vstupem do výpočtu jsou v současnosti srážkové odhady získané z 1hodinových klouzavých sum MERGE, které jsou rozděleny do 10minutových intervalů dle 10minutových surových radarových dat. Pokud ještě nejsou údaje z MERGE k dispozici, jsou využity 10minutové sumy z adjustovaných radarových dat, které jsou speciálně připravovány pro potřeby FFI.

Celý systém je možné znázornit dle schématu na obr. 1. Toto schéma je rovněž uvedeno v odkazované publikaci (Sercl et al. 2023), kde je vysvětlen postup zpracování jednotlivých algoritmů.

Výstupy z FFI, tj. ukazatel nasycení, potenciální rizikové srážky, riziko přívalové povodně a lokálního zatopení, ale i další údaje, jsou publikovány ve veřejně dostupné webové mapové aplikaci na ArcGIS Online (Šercl 2023), viz obr. 2. Tyto výstupy jsou k dispozici i pro další aplikace, např. pro mobilní aplikaci ČHMÚ či pro Hlásnou a předpovědní povodňovou službu ČHMÚ (<https://hydro.chmi.cz/hpps>).

¹ Detekce a diagnostika okamžitého stavu počasí v lokálním či mezosynoptickém měřítku a předpověď na 0 až 2 hodiny.



Obr. 2 Webová mapová aplikace Indikátor přívalových povodní.

Fig. 2. Flash Flood Indicator web map application.

3. Vývoj Indikátoru přívalových povodní do roku 2021

Vývoj systému FFI (dříve FFG-CZ, Flash Flood Guidance-CZ) začal již v letech 2008 až 2011 v rámci výzkumného projektu Výzkum a implementace nových nástrojů pro předpovědi povodní a odtoku v rámci zabezpečení hlásné a předpovědní povodňové služby v ČR (SP/1c4/16/07), viz Šercl (2011). Jak je již z původního názvu patrné, inspirace k vytvoření FFI byla čerpána u amerického systému Flash Flood Guidance (Sweeney 1992).

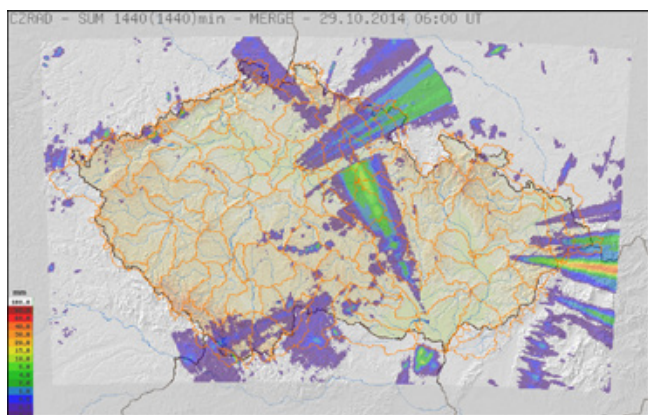
Vývoji a testování systému napomohl výskyt extrémních přívalových povodní v červnu a červenci 2009, které způsobily rozsáhlé škody na majetku a bohužel i ztráty na životech. V srpnu 2010, kdy se vyskytly další extrémní přívalové povodně, už byl systém uveden do testovacího provozu. Již velmi záhy se ale ukázalo, že bude potřeba i nadále pracovat nejen na dalším vylepšování procedur z hlediska jejich funk-

cionalita a optimalizace zpracování dat, ale rovněž na zkvalitnění vstupních dat.

Na základě prvních hodnocení testovacího provozu aplikace v letech 2010 až 2012 bylo možné konstatovat, že velmi zásadní význam pro výpočet nasycenosti půdy v průběhu roku má odhad počátečních hodnot nasycení, které byly zpočátku stanovovány pouze hrubým odhadem na základě aktuální vodnosti toků. Velkým problémem také bylo časté rušení radarových dat (např. signálem sítě Wi-Fi), které někdy způsobovalo vygenerování falešných alarmů, viz obr. 3. Dále bylo více než jasné, že bude nutné zkvalitnit metodu adjustace radarových dat, která byla až do roku 2014 zpravidla podhodnocena (stejně jako surová radarová data), což mělo za následek nepodchycení některých skutečně pozorovaných přívalových povodní.

V letech 2014–2016, po výměně již v té době zastaralé technologie meteorologických radarů, došlo k výrazným kvalitativním i kvantitativním změnám u poskytovaných produktů (surová a adjustovaná radarová data, MERGE). Nově adjustovaná radarová data byla od této doby naopak velmi často nadhodnocena, což způsobovalo zvýšené množství falešných alarmů, které nastávaly nejen u událostí konvektivního typu, ale v případě velkého předchozího nasycení území i při velkoplošných stratiformních srážkách, a to zejména tehdy, když byl přítomný tzv. brightband², viz obr. 4.

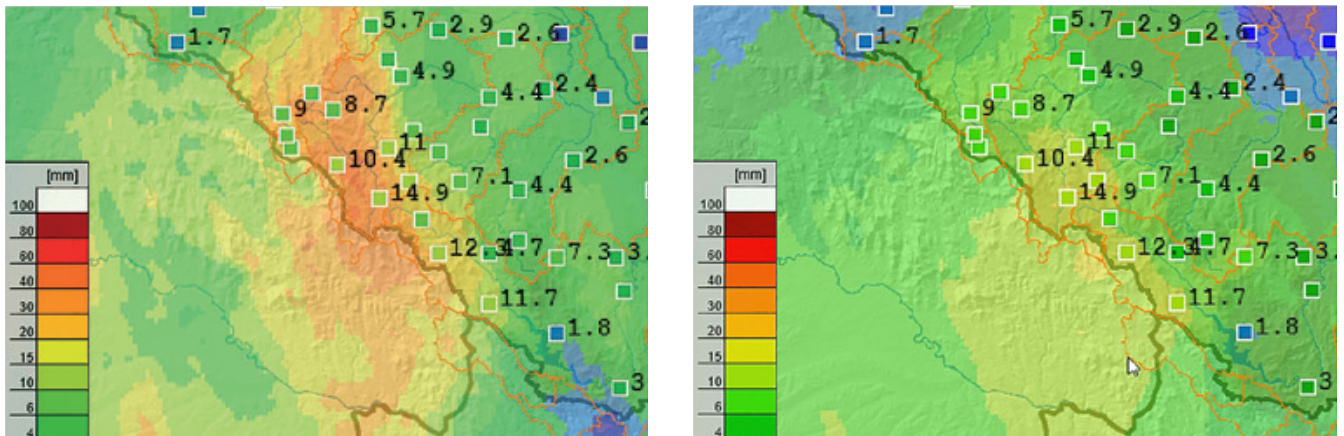
Parametry systému FFI sloužící k detekci rizika byly sice změněny, ale bylo jasné, že bude nutné problematiku adjustace radarových dat a srážkových vstupů jako celku řešit komplexněji. Začaly se proto připravovat podklady z jednotlivých srážkoodtokových událostí, které později posloužily k vývoji nové metody adjustace radarových dat a jejich podstatnému zkvalitnění, více viz kap. 4.



Obr. 3 Rušení radarových dat signály vysílači Wi-Fi.

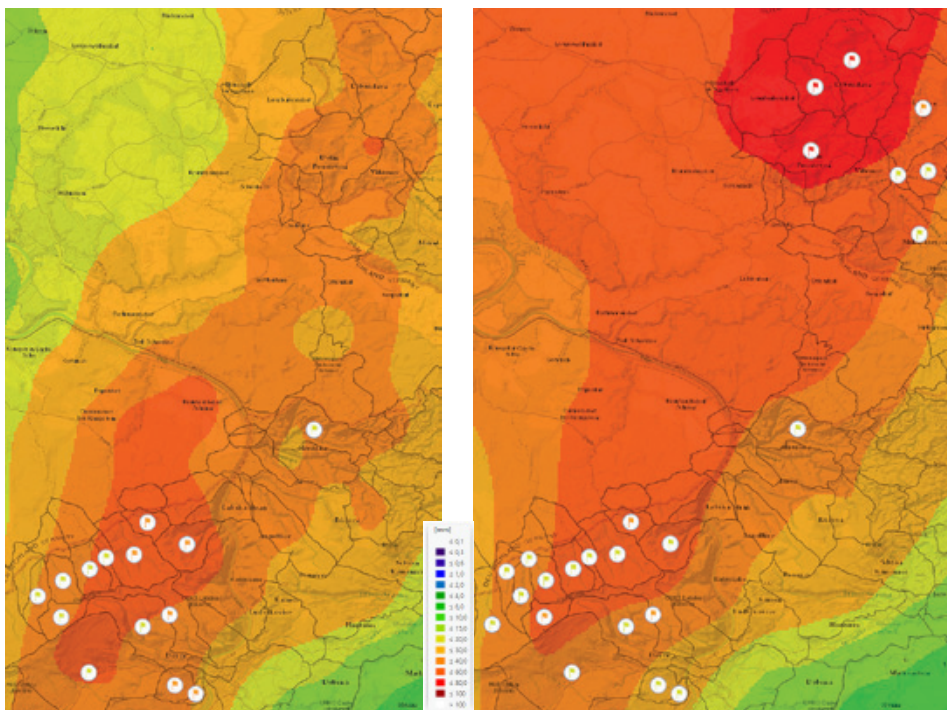
Fig. 3. Interference of radar data by Wi-Fi transmitters.

² Vrstva atmosféry o tloušťce několika stovek metrů, v níž je pozorováno zvýšení radarové odrazivosti cca o 5 až 15 dBz vlivem tání sněhových srážek pod nulovou izotermou.



Obr. 4 Suma adjustovaných radarových odhadů srážek za 3 hodiny (vlevo) a odhadů srážek pomocí MERGE (vpravo) k 4. srpnu 2020 12:00. Bodové symboly reprezentují lokality srážkoměrných stanic s naměřenými úhrny.

Fig. 4. Sum of 3-hour adjusted radar QPE (left) and MERGE QPE (right) on August 4, 2020 10:00 UTC. Point symbols represent locations of climatological and precipitation stations and the respective numbers are the precipitation totals over a specific period.



Obr. 5 Suma srážek 17. července 2021 za 3 hodiny a 30 minut k 18:30 a detekované riziko přívalové povodně dle dat z adjustovaného radaru (vlevo) a MERGE (vpravo).

Fig. 5. Sum of precipitation totals on July 17, 2021 16:30 UTC for 3 hours and 30 minutes and detected risk of flash flooding according to adjusted radar data (left) and MERGE (right).

V období let 2016–2021 byla věnována pozornost zlepšení způsobu stanovení počátečních podmínek nasycení, aby co nejvíce odpovídalo reálnému stavu. Jako nejvhodnější se ukázalo provedení podrobné analýzy hodnot měření půdní vlhkosti. Území ČR bylo rozděleno podle aktuální vlhkosti půdy do několika regionů. Zároveň probíhalo postupné vylepšování radarových produktů a docházelo k odstraňování rušivých artefaktů, například vlivem Wi-Fi signálů. Nejvíce změn pak bylo provedeno v období let 2019 až 2021.

Kromě převládajícího nadhodnocení dat z adjustovaného radaru se vyskytlo i několik případů přívalových povodní, kde byla vstupní data z různých důvodů naopak podhodnocena, a tudíž FFI nedetekoval odpovídající riziko přívalové povodně.

Dne 17. července 2021 se vyskytly významné přívalové povodně na Šluknovsku a Děčínsku. Zde, zejména na Šluknov-

sku, byla data z adjustovaného radaru významně podhodnocena (obr. 5 vlevo). Suma srážek za 24 hodin činila dle adjustovaného radaru v oblasti Lobendavy kolem 80 mm, ale srážkoměrná stanice Lobendava naměřila za 24 hodin 134 mm srážek. Podhodnocení radarových úhrnů bylo zřejmě dáno zacloněním radarového paprsku a velkou vzdáleností od radaru, jelikož oblast se nachází na hranicích ČR a SRN. Pro oblast Lobendavy nebylo aplikací FFI detekováno žádné riziko přívalové povodně (obr. 5 vlevo), zatímco později provedené výpočty již za použití dat z MERGE ukázaly, že by FFI detekoval nejvyšší stupeň rizika, viz obr. 5 vpravo.

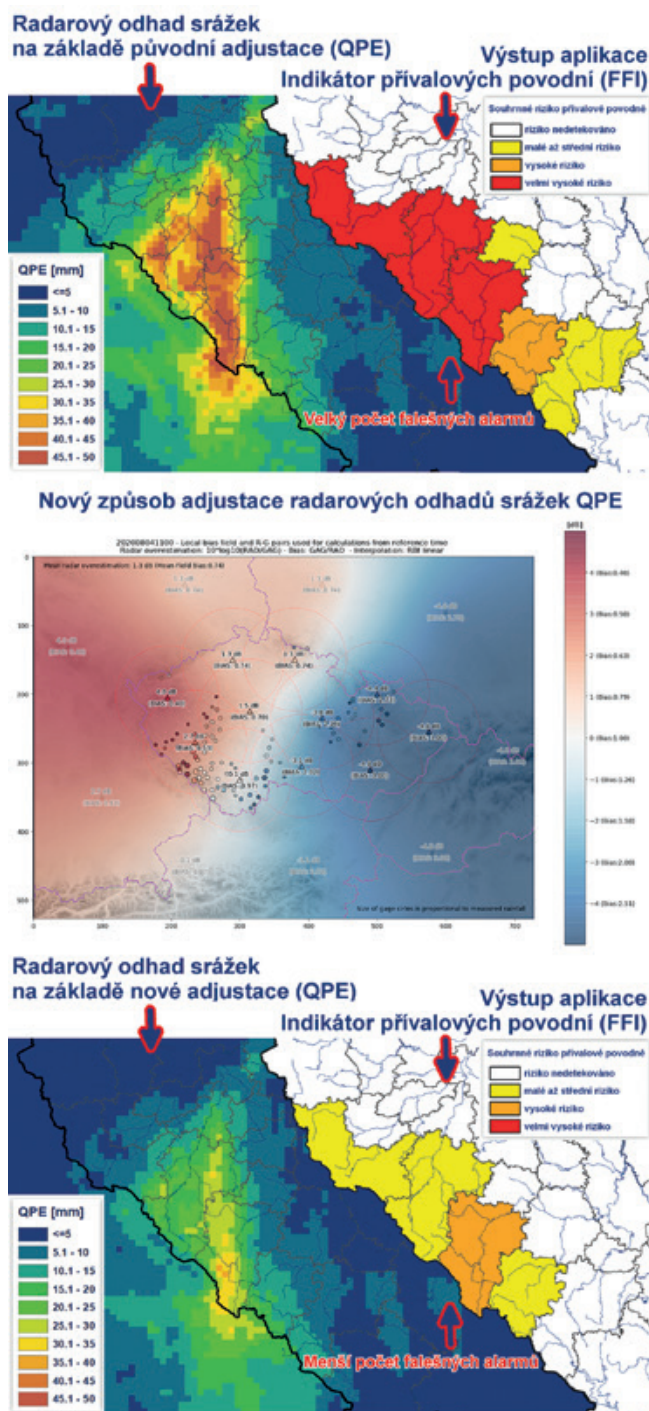
Dne 7. června 2020 se ve večerních hodinách vyskytla přívalová povodeň na Uničovsku. V tomto případě byl adjustovaný radar jen nepatrně podhodnocen oproti naměřeným srážkám a detekce rizika pomocí FFI odpovídala extremitě povodně. Více je tato

situace rozebrána v již zmíněné monografii (Sercl et al. 2023) a ve vyhodnocení přívalové povodně (Šercl 2020).

4. Rozvoj FFI v rámci výzkumného projektu

Projekt „Hydrometeorologická rizika v České republice – změny rizik a zlepšení jejich predikcí (VI20192021166)“, byl řešen v letech 2019–2021 a jeho součástí byla inovace výpočetních procedur FFI. Důraz byl kladen zejména na rozvoj metody adjustace radarových dat a na širší začlenění produktu MERGE do FFI.

V roce 2021 byl do operativního provozu zaveden nový algoritmus slučování produktu PseudoCAPPI 2 km (Novák et al.



Obr. 6 Porovnání výstupů FFI vzhledem k původní a nové metodě adjustace radarových dat.

Fig. 6. Comparison of FFI outputs according to old and new radar data adjustment.

2021) vyvinutý v roce 2020. Zpřesněné produkty PseudoCA-PPI 2 km jsou využívány pro operativní výpočet všech radarových odhadů srážek, tj. včetně vstupů do FFI.

Rovněž v roce 2021 byl softwarově implementován, otestován a zprovozněn nový algoritmus adjustace radarových odhadů srážek. Algoritmus byl odvozen v roce 2020 na základě podrobného vyhodnocení dat meteorologických radarů a pozemního měření z významných situací v letech 2018 až 2020. V rámci testování v roce 2021 byly principy navrženého algoritmu (konzervativní shladený plošně proměnný koeficient) zachovány, upraven byl způsob plošné interpolace adjustačních

koeficientů z 11 virtuálních výpočetních lokalit do plochy, kde původně uvažovaná metoda IDW (Inverse Distance Weighted) byla nahrazena vhodnější metodou RBF-linear (Radial Basis Function s lineárním jádrem) s doplněnými virtuálními lokalitami také za hranicemi ČR.

Při testování nového adjustačního algoritmu bylo provedeno statistické vyhodnocení na nezávislých srážkoměrných stanicích (24hodinové úhrny srážek ze stanic nevstupujících do výpočtu adjustačních koeficientů) ve vybraných srážkových situacích z let 2018–2020. Následně pak byly pro čtyři vybrané epizody z roku 2020 v rámci aplikace FFI porovnány radarové odhady srážek korigované starou a novou metodou. Statistické vyhodnocení potvrdilo, že původní adjustační algoritmus zpřesňoval originální nekorigované radarové odrazy, ale zároveň jasně prokázalo, že zpřesnění novým adjustačním algoritmem je výraznější. Nový adjustační algoritmus snižuje nejen průměrnou odchylku (bias), ale i rozptýl odchylek korigovaných radarových odhadů od hodnot ze srážkoměrů.

Výše zmíněné 4 epizody z roku 2020 pro testování nové adjustační metody v systému FFI byly vybrány tak, aby pokryly jak odlišný charakter srážek (konvektivní, vrstevnaté), tak i odlišné chování původní adjustační metody. Testování prokázalo, že nová metoda adjustace ve všech případech zrealizovala detekci rizika pomocí FFI. Ukázka porovnání výsledků FFI při použití původního a nového adjustačního algoritmu za situace stratiformních srážek s výrazným brigtbendem je zobrazena na obr. 6.

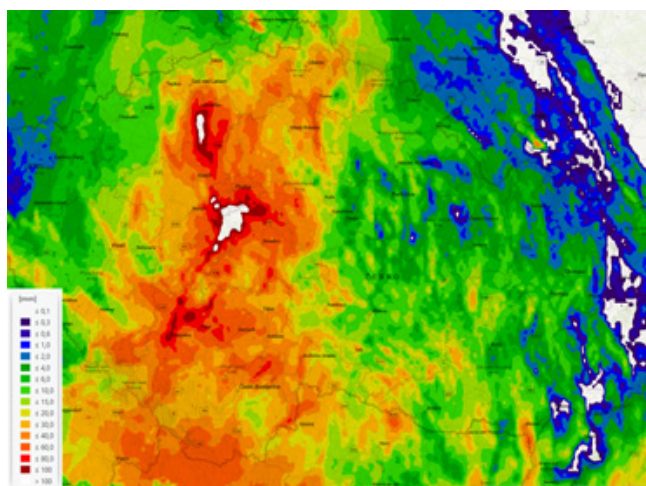
V rámci testování byla také navržena implementace nového algoritmu již do operativního provozu FFI v roce 2022. Nový adjustační algoritmus i jeho vyhodnocení bylo publikováno v článku Novák et al. (2021).

Kombinované odhady MERGE v časovém kroku 1 hodina počítané klouzavě po 10 minutách jsou nejpřesnější operativně dostupné odhady srážek získané z radarových a srážkoměrných dat. Jsou však k dispozici zhruba se zpožděním 25–30 minut. Aby bylo možné tato data využít v FFI pro zpřesnění vstupních dat, byl vyvinut a otestován nový algoritmus pro rozdělení 1hodinových kombinovaných odhadů srážek MERGE do kratších desetiminutových intervalů na základě časového vývoje srážek získaného ze surových radarových dat (Sercl et al. 2023). Pro odhady srážek z posledních cca 30 minut a 1hodinového nowcastingu jsou nadále využívána radarová data adjustovaná dle nově odvozené metodiky. Testována byla rovněž situace stratiformních srážek na Šumavě (obr. 4 a obr. 6) a FFI nedetekoval žádný nejvyšší stupeň rizika vzniku přívalemých povodně, což je v souladu se skutečností.

Také 10minutové odhady MERGE byly v rámci projektu implementovány do algoritmů FFI a byly již využity v operativním provozu aplikace FFI v roce 2022.

5. Provoz FFI v letní sezoně 2022

Jak již bylo zmíněno v kapitole 4, v rámci výzkumného projektu byly vyvinuty nové přístupy, které vedly ke zkvalitnění srážkových vstupů do FFI. Rovněž došlo k úpravě a optimalizaci algoritmů FFI. Všechny tyto změny se podařilo implementovat ještě před začátkem konvektivní sezóny 2022. Průběh letní sezóny roku 2022 byl názornou ukázkou toho, jak probíhá odtok z krajiny za převažujících delších suchých epizod, které se na našem území vyskytují po roce 2014 (Šercl, Pecha 2019). Na začátku letní sezóny se významnější srážkoodtokové situace



Obr. 7 24hodinová suma srážek odvozená metodou MERGE od 24. června 2022 13:00 do 25. června 2022 13:00.

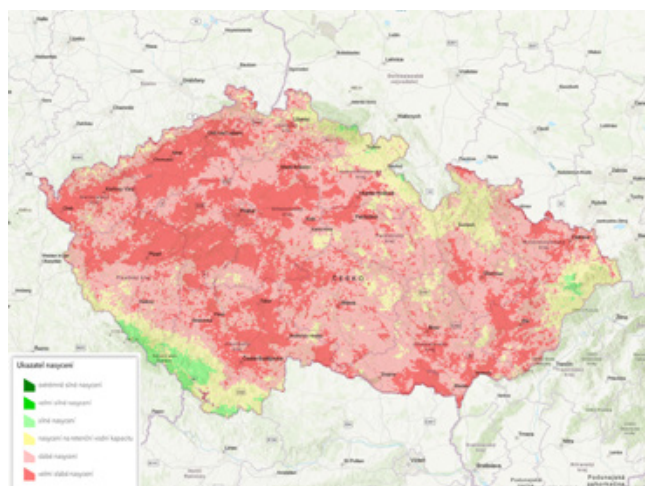
Fig. 7. 24-hour precipitation derived by the MERGE method from June 24, 2022 11:00 UTC to June 25, 2022 11:00 UTC.

nevyskytovaly. Proto se zhruba do poloviny třetí dekády června postupně zmenšovala nasycenost území. K výraznému zlomu, alespoň na části území, došlo až od 24. června, kdy spadlo v pásu od Šumavy přes střední Čechy až do severních Čech plošně 30 až 80 mm a lokálně více než 100 mm, viz obr. 7.

Vzhledem k velmi slabému nasycení území (obr. 8 nahoře) ale následná hydrologická odezva svým významem vůbec neodpovídala významnosti spadlých srážek. Srážkový úhrn přes 100 mm za 24 hodin v zasažených místech v okolí Prahy znamená dobu opakování více než 100 let. FFI pro drobné vodní toky na jihu Prahy a jižně od Prahy signalizoval jen nejnižší riziko přívalové povodně, na Strakonicku bylo riziko o stupeň vyšší. Ve skutečnosti došlo k relativně krátkodobému dosažení 3. SPA na Botiči a jeho přítocích nad nádrží Hostivař. Odhadnuté doby opakování se pohybovaly od dvou do 20letého průtoku. Doba pozorování je v těchto profilech ale zatím příliš krátká pro spolehlivé stanovení doby opakování. Na Botiči a jeho přítocích FFI však žádné riziko nedetekoval. Důvody, proč se tak stalo, mohou být různé, a budou podrobněji zkoumány. Jedno z možných vysvětlení je to, že FFI při výpočtu odtokové odezvy na spadlé srážky zatím nedokáže přesněji zohlednit větší podíl urbanizovaných území. V rámci začínajícího výzkumného projektu (viz kap. 9) je právě problematika urbanizovaných ploch a zohlednění zranitelnosti území součástí řešení dalšího rozvoje FFI.

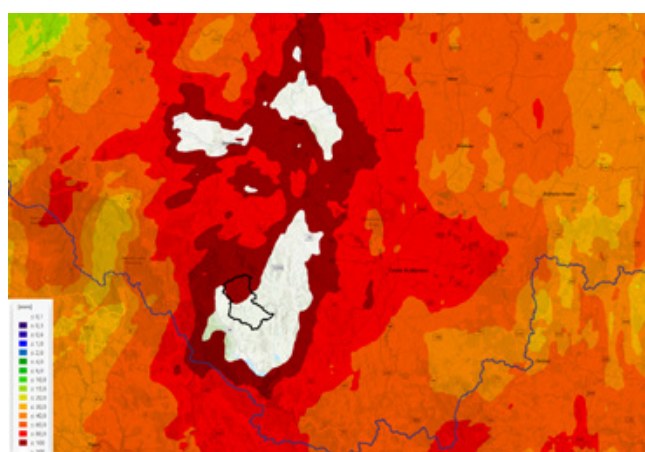
Také v dalších červnových dnech roku 2022 se především v Čechách vyskytovaly vydatné srážky, které byly často i přívalového charakteru, a to nejčastěji znovu v pásu od Šumavy přes střední Čechy a dále k severu až severovýchodu. Na opakovaně zasažených místech se postupně výrazně zvyšovalo nasycení území, a tak se během týdne také zvyšovala pravděpodobnost výskytu významnějšího rozvodnění vodních toků a vzhledem k charakteru srážek i přívalových povodní. Po častých srážkách v období od 24. do 29. června již bylo nasycení území ve zmiňovaném pásu normální až silné a na Šumavě a v Pošumaví místy velmi až extrémně silné, viz obr. 8 dole.

Navíc právě tento pás území byl 29. června později odpoledne, večer a v noci opět zasažen intenzivní srážkovou činností. Na základě takto významně nasyceného území a očekávaných intenzivních srážek byla již v dopoledních hodinách vydána vý-



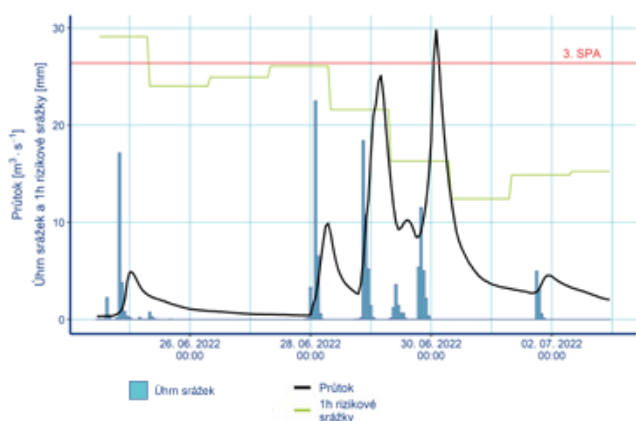
Obr. 8 Ukazatel nasycení k 24. červnu 2022 8:00 (nahore) a 29. června 2022 8:00 (dole).

Fig. 8. Soil saturation indicator for June 24, 2022 at 6:00 UTC (up) and for June 29, 2022 at 6:00 UTC (down).



Obr. 9 72hodinová suma srážek odvozená metodou MERGE od 27. června 2022 08:00 do 30. června 2022 08:00. Vyznačeno je rovněž povodí Blanice k profilu vodoměrné stanice Blanický Mlýn.

Fig. 9. 72-hour precipitation derived by the MERGE method from June 27, 2022 06:00 UTC to June 30, 2022 06:00 UTC. The picture also shows the border of the Blanice catchment to the cross-section of the Blanický Mlýn water-gauging station.



Obr. 10 Průměrné hodinové průtoky, hodinové výšky srážek a potenciální rizikové srážky na povodí Blanice k profilu vodoměrné stanice Blanický Mlýn.

Fig. 10. Mean hourly discharge, hourly precipitation depth and potential risk precipitation on the Blanice basin to the Blanický Mlýn water-gauging station site.

straha na možnost dosažení 1. a 2. stupňů povodňové aktivity (SPA) a především pro oblast Šumavy, Pošumaví a Novohradských hor i 3. SPA. Speciálně zmíněno bylo zejména povodí Blanice, které bylo intenzivní srážkovou činností pravidelně zasahováno už v předchozích dnech, a pravděpodobnost dalších významných srážek zde byla velmi vysoká. Na obr. 9 je zobrazena třídní suma srážek od 28. do 30. června 2022 a vyznačena poloha povodí Blanice k profilu vodoměrné stanice Blanický Mlýn.

Průměrné hodinové průtoky za období od 24. června do 3. července 2022 na povodí Blanice k profilu Blanický Mlýn (85,47 km²) jsou znázorněny na obr. 10 společně s hodinovými výškami srážek na povodí. V denním kroku graf ukazuje potenciální rizikové srážky o době trvání 1 hodina, jejichž změny vyjadřují de facto změnu nasycenosti půdy. Hodnoty rizikových srážek se však vztahují k povodí řádově menší velikosti, než by odpovídalo profilu Blanický Mlýn. 3. SPA byl v profilu Blanický Mlýn překročen až během povodňové vlny z 29. na 30. června, kdy byla půda již velmi nasycená vodou z předchozích srážek.

5.1 Rozbor srážkoodtokové situace ze dne 29. června 2022

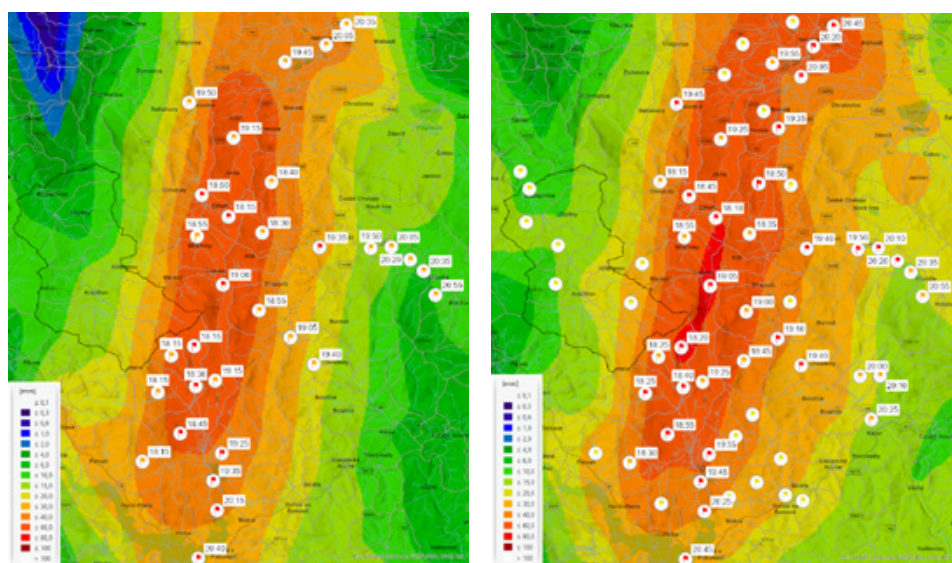
První přívalové srážky spojené s bouřkovou činností se objevily 29. června kolem 18:00 na Prachaticku. Bouřky postupovaly relativně rychle od jihu k severu. Na linii zhruba od Lipna přes Prachatice, Vodňany a Písek přecházelo po sobě několik bouřek, které se řadily do tzv. vlakového efektu („train effect“). Tento jev je velmi častý při výskytu mimořádných srážek a s nimi spojených přívalových povodní.

Z detailního rozložení srážek v nejvíce zasažené oblasti (obr. 11) je zřejmé, že tvar srážkového pole odpovídá směru pohybu bouřek. Nejvyšší úhrn (91,3 mm) během této události byl naměřen ve stanici Ktiš. Dle radarového odhadu je možné tvrdit, že tento naměřený úhrn je patrně blízko srážkovému maximu v celé zasažené oblasti. Většina srážek z úhrnu za 29. června spadla mezi 18:00 a 22:00. V době vrcholících srážek dosahovaly intenzity deště 10 až 15 mm za 10 minut a nejvyšší hodinový úhrn srážek (58 mm) byl naměřen také ve stanici Ktiš.

Upozornění před přívalovou povodní bylo možné sledovat online také v rámci mobilní verze webové aplikace FFI, kde je na obr. 12 situace z 29. června 2022 v 21:30.

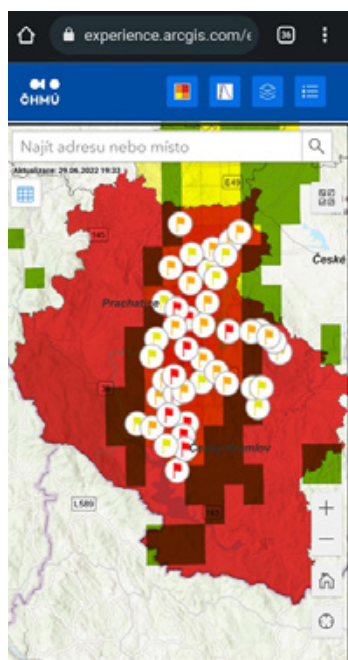
Při hodnocení úspěšnosti detekce rizika systémem FFI bylo možné vycházet ze záznamu vodoměrné stanice Ktiš, která je stanicí lokálního varovného systému (LVS) obce Ktiš. Riziko prvního stupně pro povodí Křemžského potoka poblíž Ktiše detekoval systém FFI v 18:56, druhého stupně v 19:12 a nejvyššího stupně v 19:29 (obr. 11 vlevo). Stav ohrožení (3. SPA) byl ve vodoměrné stanici Ktiš překročen v 19:30 a kulminace nastala o půl hodiny později ve 20:00. Předstih detekce rizika nejvyššího stupně před faktickým překročením 3. SPA byl minimální, a také čas kulminace byl FFI odhadnut na pozdější dobu oproti skutečnosti. Na druhou stranu FFI dokázal vystihnout hrozící nebezpečí a za předpokladu vzniku rozsáhlejších škod až po výraznějším překročení 3. SPA poskytl i určitý minimální předstih varování. Ve vodoměrné stanici Brloh, která se nachází v první větši obci na Křemžském potoce, kulminovala povodňová vlna až ve 22:30 a 3. SPA byl překročen ve 21:50. Nejnižší stupeň rizika FFI byl pro tuto část Křemžského potoka detekován v 18:56, druhý stupeň v 19:12 a nejvyšší v 19:57 (obr. 11 vpravo). Předstih před překročením 3. SPA byl tedy téměř 2 hodiny. Obr. 13 ukazuje rozvodněný Křemžský potok v obci Brloh cca v době kulminace a v malém výřezu je vidět tentýž potok za běžného stavu.

Krátce po 23:00 kulminovala Polečnice ve Chvalšínách. Pro tento profil FFI vyhodnotil riziko nejvyššího stupně s předstihem dvě a půl hodiny před překročením 3. SPA. Větší odlišnost



Obr. 11 Rozložení srážek v povodí Blanice a riziko přívalové povodně dne 29. června 2022 k 19:20 (vlevo) a k 19:50 (vpravo). U vlniček je znázorněn odhadnutý čas kulminace.

Fig. 11. Distribution of precipitation over the Blanice catchment and flash flood risk for June 29, 2022 at 17:20 UTC (left) and at 17:50 UTC (right). The estimated time of peak flow occurrence is shown next to the flags.



Obr. 12 Výstup z mobilní verze aplikace FFI, pro ORP Český Krumlov a Prachatice bylo detekováno nejvyšší riziko vzniku přívalových povodní. Na vlaječkách jsou znázorněny očekávané kulminace na zasažených vodních tocích v daném regionu.

Fig. 12. Output from the Flash Flood Indicator mobile version application, for the MEP of Český Krumlov and Prachatice the highest risk of occurrence of flash floods was detected. The flags show the expected peak flows on the affected catchments in the region.

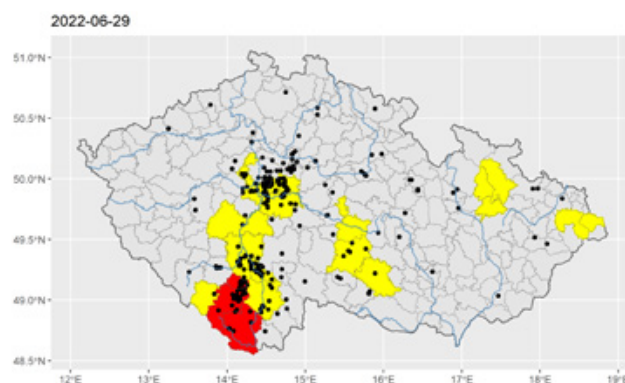
byla v odhadu doby kulminace, která fakticky nastala až o několik desítek minut později. Poměrně významné škody napáchala povodeň v Českém Krumlově, kde byl 3. SPA překročen až 30. června v 1:30. Časový rozdíl mezi detekcí rizika nejvyššího stupně a vzniku škod byl proto několik hodin. Podobná situace jako ve Chvalšínách byla také na Zlatém potoce v Hracholuskách a na Bezdrevském potoce v Netolicích. V Hracholuskách byl sice 3. SPA překročen už 50 minut po vydání rizika nejvyššího stupně FFI, ale opravdu nebezpečný vzestup nastal až o dvě hodiny později při doběhu vlny z horní části povodí. Podrobnější informace lze nalézt ve zprávě o přívalové povodni (RPP České Budějovice 2022).

Systém FFI poskytoval během této přívalové povodně relevantní informace pro předpovědní povodňovou službu a umožnil s určitým předstihem varovat zasažené obce již před příchodem přívalové povodně.



Obr. 13 Křemžský potok v obci Brloh cca v době kulminace přívalové povodně.

Fig. 13. Křemžský potok (brook) in the village of Brloh around the time of the peak of the flash flood.



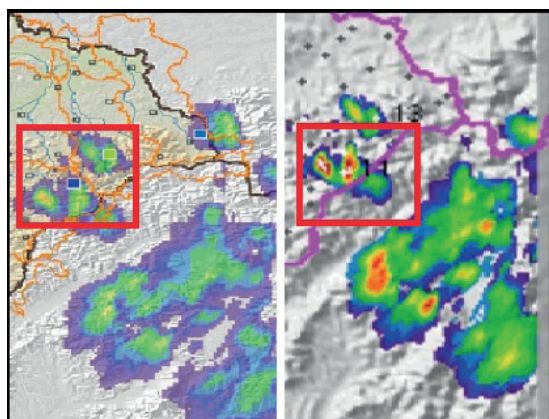
Obr. 14 Nejvyšší detekované souhrnné riziko přívalové povodně pro jednotlivé ORP dne 29. června 2022 a bodové zobrazení jednotlivých zásahů hasičů spojených s čerpáním vody v terénu.

Fig. 14. The highest overall risk of flash flood for individual MEPs and locations of firefighter interventions associated with pumping water in the field during June 29, 2022.

Již v průběhu prací na projektu, který je podrobněji zmiňován v kapitole 4, začalo vyhodnocování vygenerovaných rizik FFI pomocí zaznamenaných zásahů hasičů v terénu. Jsou sledovány pouze ty zásahy, které souvisí s následky přívalových srážek, konkrétně čerpání vody či odstraňování naplavenin. Na obr. 14 je barevně znázorněno nejvyšší detekované souhrnné riziko přívalové povodně pro jednotlivé ORP během dne 29. června 2022 a zároveň jsou zde bodově zobrazeny jednotlivé zásahy hasičů z daného dne. Z obrázku je zřejmé, že velké množství výjezdů bylo zaznamenáno nejen v nejméně zasažené oblasti, ale i v místech, kde byl detekován jen nejnižší stupeň souhrnného rizika, zejména v urbanizovaných oblastech (v Praze a na jih od Prahy).

6. Stručné vyhodnocení provozu FFI v sezoně 2022

Riziko vzniku přívalové povodně či lokálního zatopení bylo v roce 2022 detekováno celkem ve 43 dnech. Nejvyšší stupeň souhrnného rizika pro ORP byl vypočten celkem ve 12 dnech, a to ve 14 samostatných událostech. Jednoznačné falešné alarmy byly zaznamenány pouze ve dvou případech. V prvním případě se jednalo o chybné údaje ze srážkoměru na Plzeňsku, ve druhém o výrazné a nereálné nadhodnocení srážkových úhrnů MERGE v lokální konvektivní buňce v oblasti Beskyd. Produkt MERGE nejprve odhadl úhrn v jádru buňky na více než 100 mm, ale ve skutečnosti spadlo srážek mnohem méně, viz MERGE po úpravě (oba úhrny na obr. 15 vlevo). V dané oblasti nebyly žádné zásahy hasičů (obr. 15 vpravo), ani se nezvedly hladiny vodních toků.



Obr. 15 Produkt MERGE (26. června 2022) pro oblast Beskyd po úpravě a před úpravou (vlevo) a falešný alarm nejvyššího stupně způsobený příliš vysokým odhadem srážkového úhrnu produktem MERGE před úpravou (vpravo).

Fig. 15. MERGE product (June 29, 2022) for the Beskydy region after correction and before correction (Left) and false alarm of the highest degree caused by too high precipitation total estimate by MERGE product before correction (right).

Především v urbanizovaných oblastech naopak některé události nebyly systémem FFI dostatečně podchyceny, např. při významných srážkových událostech 24. a 29. června v povodí Botiče (obr. 14, Praha a okolí), ale i při některých lokálních událostech.

7. Dosavadní zkušenosti ze sezony 2023

Nasycenost území byla v průběhu dubna mnohem významnější než v předchozích letech, což bylo zohledněno v nastavení počáteční nasycenosti území v systému FFI. Zhruba od druhé poloviny května a i v průběhu června docházelo k postupnému snižování nasycenosti území a v polovině července již převládalo území s velmi slabým nasycením.

Konvektivní sezona 2023 až do konce července příliš významných situací z hlediska možnosti vzniku přívalových povodní nepřinesla. Zpočátku sezony, kdy nasycení území bylo ještě relativně vysoké, bylo detekováno několikrát riziko přívalové povodně či lokálního zatopení způsobené především nowcastingem, který většinou nadhodnotil očekávané srážkové úhrny za situací málo pohyblivých bouřkových buněk. Například na Jindřichohradecku byl ale druhý stupeň souhrnného rizika predikován správně, protože po velmi intenzivních srážkách přívalového charakteru došlo k lokálnímu vyběžení malých vodních toků a protržení rybníků (Idnes.cz 2023).

8. Nejistoty a omezení systému FFI

Stejně jako jiné předpovědní systémy má také FFI své limity a nejistoty vycházející jak ze vstupů, tak i z metody výpočtu. A podobně jako u interpretace předpovědi počasí, průtoků nebo výstrah je výhodou, pokud uživatel zná omezení systému a dokáže posoudit jeho spolehlivost. Většinu nejistot však lze jen obtížně přesněji kvantifikovat. O nejistotách FFI by mohl pojednávat samostatný příspěvek, zde bude soustředěna pozornost především na to, co je možné od systému FFI reálně očekávat a co nikoliv.

FFI je v podstatě nekalibrovaným srážkoodtokovým modelem, protože při svém rozsahu pokrytí a podrobnosti území není ka-

librace vzhledem k nedostatku kalibračních dat proveditelná. Všechny parametry, které jsou v modelu použity, byly proto odvozeny z fyzicko-geografických charakteristik území.

Hlavním účelem FFI je detekce rizika vzniku či výskytu přívalové povodně a lokálního zatopení při znalosti aktuálního nasycení území a spadlých, či v nejbližší době očekávaných srážek. Právě průběh posledních konvektivních sezon jasně ukazuje neustálou potřebu pravidelné kontroly údajů ze srážkoměrných stanic, a to jak v denním kroku, tak také v kratším, například hodinovém kroku. Pokud totiž zůstává významná chyba na některé ze srážkoměrných stanic a následně tedy i v MERGE, tak je ovlivněn nejen výpočet aktuální nasycenosti území a potenciálně rizikových srážek, ale v určitých případech i výpočet detekce rizika vzniku přívalové povodně nebo lokálního zatopení.

Výpočet aktuálního nasycení vychází z bilance srážek, výparu a evapotranspirace a je založen na průběžných změnách hodnoty *CN*. Metoda *CN* je podrobně popsána v Hawkins (1978). Čím je hodnota *CN* vyšší, tím vyšší je nasycenost území, a tím méně vody je krajina schopná zadržet. Velmi dobře to ilustruje obr. 10, kde je znázorněn hydrogram průtoků na Blanici ve stanici Blanský Mlýn za období od 24. června do 3. července 2022.

Jedna z hlavních nejistot v FFI spočívá v určení hodnoty *CN*. Ta se v průběhu roku mění, a to nejen kvůli změnám v nasycení půdy, ale rovněž i ve změnách hospodaření, které mohou být jen dočasné. Příkladem je orná půda, která je v FFI uvažována obecně jako jeden ze způsobů využívání území, na kterém spočívá odvození *CN*. Je známo, že plodiny na zemědělských pozemcích se střídají, a tudíž mohou být za těchto podmínek jiné infiltrační vlastnosti půdy a odlišná retenční schopnost půdního povrchu. V takových případech mohou být reálné hodnoty potenciálních rizikových srážek i významněji odlišné oproti aktuálně odvozeným hodnotám.

Dále je nutné dávat do kontextu podrobnost členění území v modelu (povodí, polygonová síť) s ohledem na rozsah území zasažené přívalovými srážkami. Pokud je zasažené území příliš malé, nebo je velmi heterogenní s ohledem na infiltrační schopnosti, nemusí detekované riziko přívalové povodně nebo lokálního zatopení odpovídat reálné skutečnosti, protože na větších územních celcích jsou fyzicko-geografické charakteristiky více „zprůměrovány“. Riziko přívalové povodně či lokálního zatopení tak může být i významně podhodnoceno.

Úspěšnost výstrahy či předpovědi průtoku lze jednoduše zpětně porovnat s průběhy hydrogramů ve vodoměrných stanicích. U systému FFI je to však nepoměrně složitější, protože detekce rizika přívalové povodně je prováděna na povodích, kde zpravidla přímé pozorování vodních stavů není. Jednou z možností je porovnat stanovené riziko s reálnými dopady v zasažených lokalitách, a to například pomocí foto či video dokumentace, případně uskutečněných zásahů hasičů spojených s likvidací škod po proběhlé povodni, viz obr. 14 a obr. 15 vpravo.

9. Možnosti dalšího rozvoje FFI

Od dubna 2023 bylo ve spolupráci s VÚV T. G. M. v. v. i. zahájeno řešení projektu SS06010059: „Zvýšení připravenosti urbanizovaných lokalit v ČR propojením metody kritických bodů s Indikátorem přívalových povodní“. Jedním z cílů je větší zohlednění zranitelnosti území v FFI. V definici projektu se jedná o „zvýšení odolnosti urbanizovaného území vůči dopadům povodní z přívalových srážek a snížení škod prostřednictvím definování kritických bodů“.

Kritický bod je ve své podstatě průsečík extravilánu s intravilánem jako závěrový bod plochy, na které může, vzhledem k jejím fyzicko-geografickým charakteristikám, dojít za určitých podmínek ke vzniku povrchového odtoku a jeho následné koncentraci. V projektu by proto mělo dojít k zohlednění kritických bodů a případně i jejich okolí do struktury členění povodí tak, aby výsledné nové členění více reflektovalo potenciálně zranitelná místa na toku či v povodí.

Pro všechna dílčí povodí budou v rámci projektu určena kritéria z hlediska rizika při odtoku z přívalových srážek ve formě indexů (aktualizovaný Index extremity IE100, ukazatel kritických podmínek F) a rovněž budou definována kritéria zranitelnosti z hlediska ohrožení majetku a životů občanů. Podle těchto kritérií budou nově stanoveny i prahové hodnoty, které signalizují v Indikátoru přívalových povodní (FFI) stupeň rizika.

Následně budou upraveny algoritmy procedur FFI, které stanovují riziko vzniku přívalové povodně a lokálního zatopení. Upravené procedury budou nejprve testovány ve vybraných pilotních územích s využitím dat reálných srážkoodtokových událostí. Teprve na základě tohoto testování bude uvedený postup modifikován tak, aby byla zajištěna funkcionality FFI na celém území ČR.

10. Závěr

Príspevek hodnotí zkušenosti z fungování FFI v rámci dnes již více než desetiletého provozu.

Optimalizace běhu procedur FFI během roku 2022 přinesla zrychlení výpočtů, tudíž je už možné výpočty rizika přívalové povodně provádět v kratším intervalu, konkrétně 4× za hodinu. Kýžené výsledky přineslo i výrazné zkvalitnění srážkových vstupů. V průběhu celé konvektivní sezony 2022 bylo zaznamenáno mnohem méně falešných alarmů, které byly dříve způsobeny především nadhodnocením adjustovaného radaru.

Přestože se v letech 2019 až 2021 podařilo významně vylepšit srážkové vstupy do FFI, tak bude i v následujících letech potřeba zdokonalovat především metodu MERGE, protože se i v posledních dvou letech vyskytly srážkové situace, které současná metoda MERGE zatím nedokáže adekvátně podchytit, a FFI následně v těchto situacích nedetekuje takové riziko, jaké by odpovídalo realitě.

Výstupy ze systému FFI jsou postupně stále více začleňovány do předpovědního a výstražného systému ČHMÚ a patří již k základním podkladům na všech předpovědních pracovištích ČHMÚ a rovněž i mezi členy Konvektivní skupiny, která soustřeďuje odborníky na konvektivní bouře. Lze tak očekávat, že to ještě více posílí zpětnou vazbu mezi uživateli a vývojáři systému FFI.

V následujících letech bude snaha do systému FFI ještě více začlenit prvky zranitelnosti z hlediska ohrožení majetku a životů občanů ve formě nově definovaných kritérií, které se promítnou do stanovení prahových hodnot signalizujících v FFI stupeň rizika určité úrovně.

Literatura:

- HAWKINS, R. H., 1978. Runoff Curve Numbers with Varying Site Moisture. *Journal of Irrigation & Drainage Engineering* 1978, Vol. 104, s. 389–398. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1061/JRCEA4.0001221>.
- Idnes.cz, 2023. Voda se z přeplněných rybníků na Jindřichohradecku valila do domů i zahrad [online]. [cit. 28. 7. 2023]. Dostupné z WWW: https://www.idnes.cz/ceske-budejovice/zpravy/povoden-jindrichuv-hradec-debolin-rybnik.A230607_115403_budejovice-zpravy_mcb.
- NOVÁK, P., KYZNAROVÁ, H., 2016. MERGE2 – modernizovaný systém kvantitativních odhadů srážek provozovaný v Českém hydro-meteorologickém ústavu. *Meteorologické zprávy*, roč. 69, č. 5, s. 137–144. ISSN 0026-1173.
- NOVÁK, P., KYZNAROVÁ, H., PECHA, M., ŠERCL, P., SVOBODA, V., LEDVINKA, O., 2021. Utilization of Weather Radar Data for the Flash Flood Indicator Application in the Czech Republic. *Remote Sensing*, Vol. 13, No. 16, 3184. ISSN 2072-4292. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.3390/rs13163184>.
- RPP České Budějovice ČHMÚ, 2022. Zpráva o přívalové povodni v povodí horní Vltavy [online]. [cit. 28. 7. 2023]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/povodnove_zpravy/cb_2022_06.pdf.
- SWEENEY, T. L., 1992. Modernized Areal Flash Flood Guidance. NOAA Technical Memorandum NWS HYDRO. National Weather Service Office of Hydrology: Silver Spring, MD. Dostupné také z WWW: <https://www.weather.gov/media/owp/oh/hdsc/docs/TM44.pdf>.
- ŠERCL, P. et al., 2011. Vývoj robustní metody odhadu odtoku z přívalových srážek. Dílčí úkol 4 výzkumného projektu SP/1c4/16/07. Výzkum a implementace nových nástrojů pro předpovědi povodní a odtoku v rámci zabezpečení hlásné a předpovědní povodňové služby v ČR. Závěrečná zpráva za období 2008–2011 [online]. Praha: ČHMÚ [cit. 28. 7. 2023]. Záznam dostupný z WWW: <https://invenio.nusl.cz/record/125595>.
- ŠERCL, P., PECHA, M., 2019. Hydrologické sucho a významné srážkoodtokové události v období 2015–2018. *Meteorologické zprávy*, roč. 72, č. 4, s. 114–121. ISSN 0026-1173.
- ŠERCL, P., 2020. Povodeň na Uničovsku 7. a 8. června 2020 (mapa s příběhem) [online]. [cit. 28. 7. 2023]. Dostupné z WWW: <https://storymaps.arcgis.com/stories/878800fbefee43fb850c89ac587cb263>.
- SERCL, P., PECHA, M., NOVAK, P., KYZNAROVA, H., LEDVINKA, O. et al., 2023. Flash Flood Indicator [online]. Praha: ČHMÚ [cit. 28. 7. 2023]. ISBN 978-80-7653-054-6. Dostupné z WWW: <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/nakladatelstvi/publikace-ke-stazeni.html>.
- ŠERCL, P., 2023. Indikátor přívalových povodní (webová mapová aplikace) [online]. [cit. 28. 7. 2023]. Dostupné z WWW: <https://experience.arcgis.com/experience/f7ada465fba941399057cbce595e59e0/>.

Lektoři (Reviewers):

Mgr. Alena Kamínková, Ing. Adam Vizina, Ph.D.

Využití srážkoodtokového modelování v hydrologické praxi ČHMÚ

Rainfall-runoff modelling in the hydrological practice at the CHMI

Radovan Tyl

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

Vojtěch Svoboda

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

Petr Šercl

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

Martin Pecha

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

Dominik Míka

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

Rainfall-runoff modelling is widely used in the hydrological practice of the CHMI. The presented text offers an insight into work of the Surface Water Department. The use of hydrological modelling procedures is described on specific selected examples such as the derivation of theoretical flood waves, the evaluation and verification of past flood events or its use in several applications operated at the CHMI. Hydrological modelling is also an integral part of scientific and research activities with a focus on updating methodological procedures and harmonizing input data.

KLÍČOVÁ SLOVA: model srážkoodtokový – povodně příválové – Indikátor příválových povodní – povodňová vlna teoretická – vyhodnocení povodně

KEYWORDS: rainfall-runoff model – flash floods – Flash Flood Indicator – design flood – flood assessment

1. Úvod

Využití principů srážkoodtokového modelování má na hydrologických pracovištích v Českém hydrometeorologickém ústa-

vu (ČHMÚ) dlouhou historii. Rozvoj počítačů a programového vybavení ke konci minulého století, s vazbou na geografické informační systémy, umožnil provádění prvních prostorových analýz, jejichž výstupy bylo možné začlenit do přípravy srážkoodtokového modelování. Na digitálních podkladech, zejména digitálního modelu reliéfu, tak bylo umožněno vcelku rychle a jednoduše odvodit potřebné parametry a okrajové podmínky modelu a model následně využít k řešení metodických postupů pro odvozování návrhových hydrologických dat. Zpočátku bylo modelování využíváno v rámci hydrologických studií, ale postupně se principy srážkoodtokového modelování rozšířily i do rutinního zpracování základních hydrologických údajů dle normy ČSN 75 1400 „Hydrologické údaje povrchových vod“.

S rozvojem radarových (prostorových) a staničních (bodových) srážkových dat našel srážkoodtokový model uplatnění také při odhadu povodňových průtoků skutečných povodňových událostí, a to jak v profilech bez vodoměrného pozorování, tak v profilech vodoměrných stanic, pro ověření již pozorovaných a vyhodnocených průtoků.

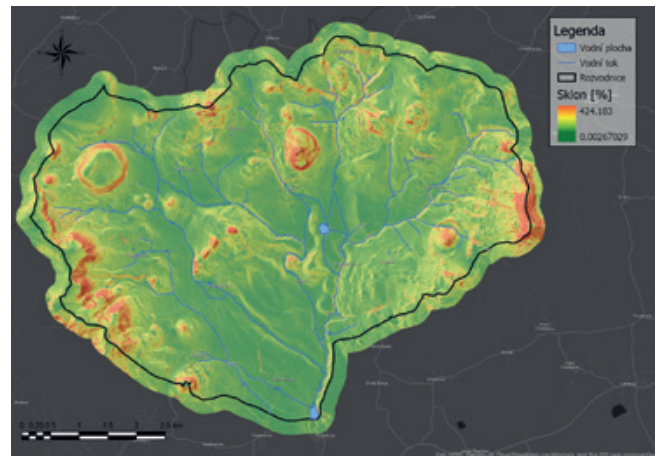
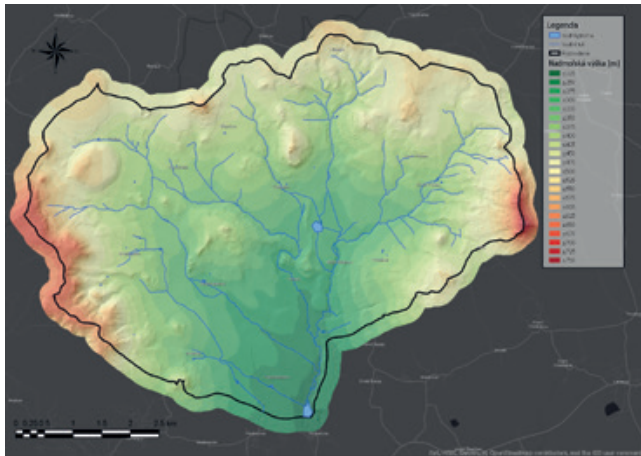
Příspěvek představuje na vybraných příkladech z hydrologické praxe oddělení povrchových vod (OPV) ČHMÚ možnosti využití principů hydrologického modelování. V jednotlivých kapitolách je stručně popsáno využití modelování při odvozování teoretických povodňových vln (TPV), rekonstrukci a vyhodnocení proběhlých povodňových událostí, nebo jeho funkce v aplikacích používaných v hydrologii na ČHMÚ, a to včetně popisu hlavních nejistot vstupujících do srážkoodtokového modelu.

2. Využití srážkoodtokového modelování při odvozování návrhových hydrologických dat

Mezi návrhová hydrologická data patří dle normy (ČSN 75 1400) plocha povodí, průměrná výška srážek na povodí, dlouhodobý průměrný průtok, *M*-denní průtoky, *N*-leté průtoky a teoretické povodňové vlny (TPV). Srážkoodtokové modelování se využívá pro ověřování hodnot *N*-letých průtoků pro doby opakování cca 100 let a delší.

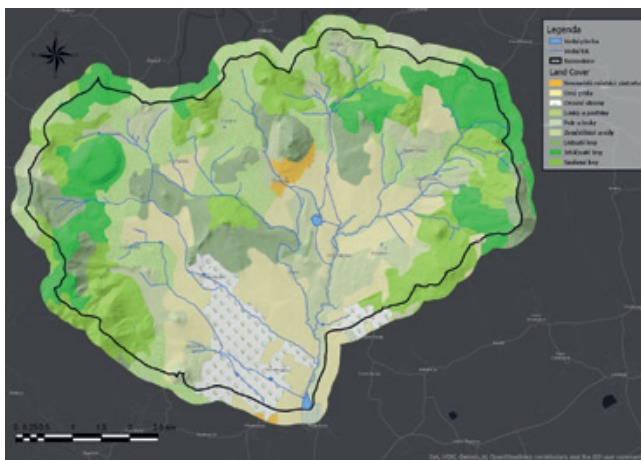
Teoretické povodňové vlny jsou charakterizovány tvarem průběhu, objemem a velikostí kulminačního průtoky požadované doby opakování. Pojem „teoretická vlna“ znamená, že se jedná o hypotetický průběh vlny, který by v zájmovém říčním profilu mohl nastat při určitém časovém a prostorovém rozložení návrhových srážek a daném předchozím nasycení území.

Při odvozování TPV je používán modelovací systém HEC-HMS. Jedná se o soubor několika modelů pro stanovení výšky efektivního deště (objemu odtoku vody ze srážek) a odvození průběhu povodňové vlny na základě transformační funkce povodí. Jako



Obr. 1 Digitální výškový model terénu DEM (vlevo) a sklonitost území vypočtená z DEM v prostředí GIS (vpravo).

Fig. 1. Digital elevation model (left) and the slope of the territory calculated from the DEM in the GIS environment (right).



Obr. 2 Využívání území v povodí pro stanovení např. pokrytí povodí lesním porostem (vlevo) a rozdělení povodí na jednotlivá dílčí povodí (vpravo).

Fig. 2. Land use in a river basin to determine, e.g., the coverage of the basin by forest (left) and the division of the basin into individual sub-basins (right).

transformační funkce povodí je využíván Clarkův dvouparametrický okamžitý jednotkový hydrogram (Clark 1945) a pro stanovení objemu odtoku metoda CN křivek (Soil Conservation Service Curve Number, SCS-CN), více např. v Hawkins (1978) nebo Hawkins et al. (2009). Postup a transformace povodňové vlny korytem vodního toku je simulován metodou Muskingum (např. Baláž et al. 2011).

Samotný systém HEC-HMS je podrobněji popsán v manuálech společnosti US Army Corps of Engineers (USACE), která systém vyvíjí (USACE 2022; 2023).

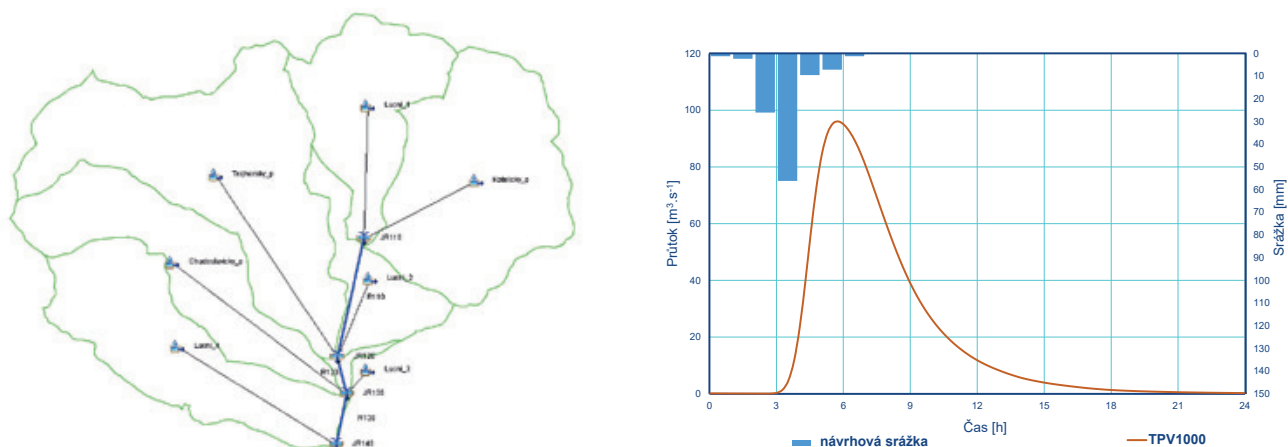
Hlavní kroky odvození teoretické povodňové vlny jsou následující:

- schématické rozdělení povodí na dílčí povodí a říční úseky pro výpočet postupu povodňové vlny tak, že závěrové profily dílčích povodí jsou místa soutoků (příp. zájmové profily typu vodoměrná stanice, vodní dílo atd.) a říční úseky jsou pod místy soutoků na mezipovodích,
- určení příslušné N -leté srážky na povodí, zpravidla jednodenní, výjimečně s delším trváním,
- určení zatěžovacího hyetogramu, tj. rozdělení návrhové srážky do kratších, obvykle hodinových

intervalů, a to na základě regionální typizace (horské, podhorské oblasti, nížiny),

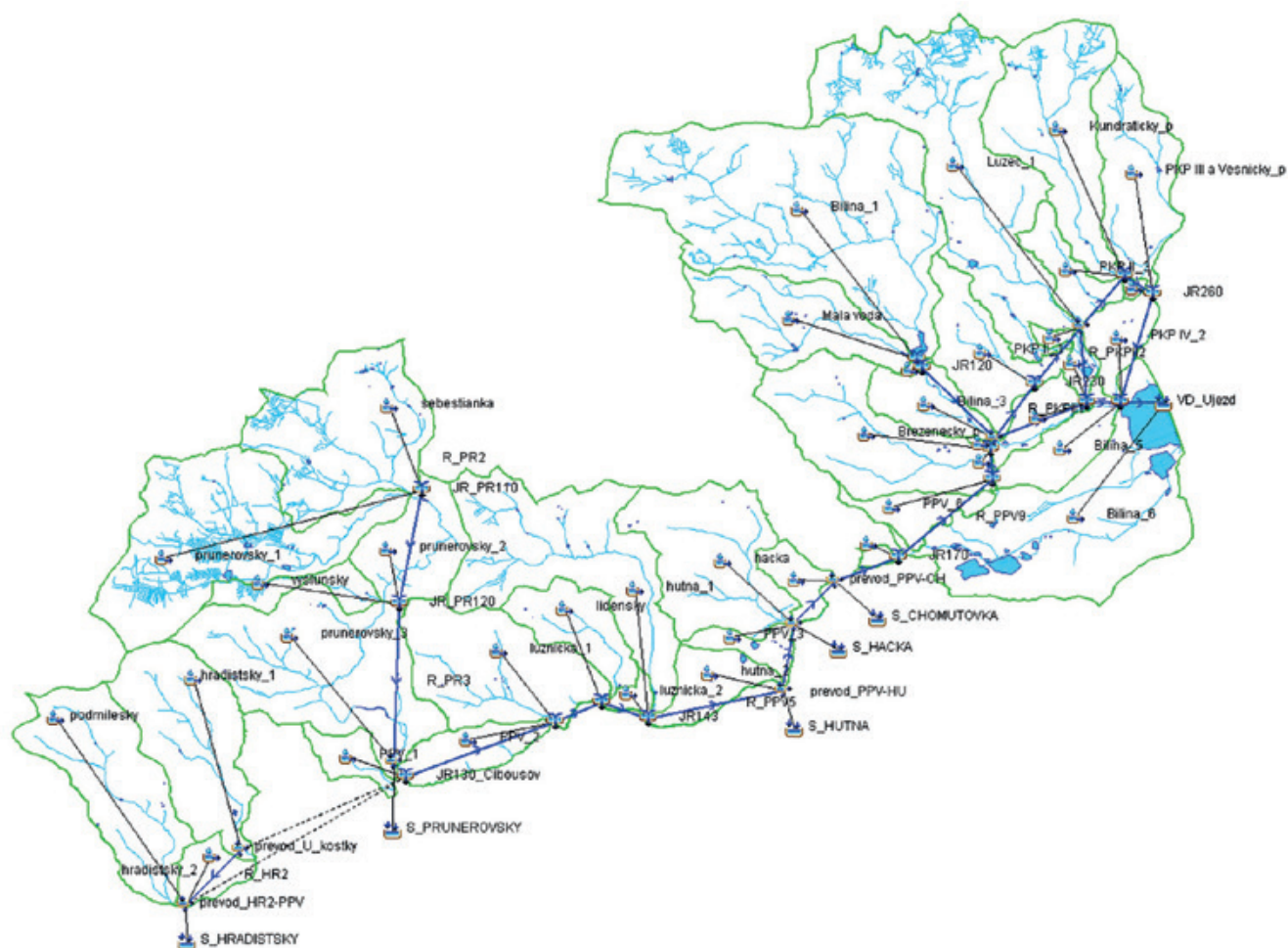
- určení průměrné hodnoty CN na povodí a počátečních ztrát na odtoku,
- stanovení objemu odtoku metodou SCS-CN,
- určení parametrů jednotkového hydrogramu na základě fyzicko-geografických parametrů povodí,
- vlastní odvození teoretické povodňové vlny.

Odvození srážkoodtokového modelu a jeho parametrů probíhá z velké části v prostředí geografických informačních systémů pomocí programového vybavení ArcGIS, s využitím toolboxu HydroHMS (Šercl 2014), vyvinutém v ČHMÚ přímo pro účely srážkoodtokového modelování. Toolbox mimo jiné umožňuje pro jednotlivá (dílčí) povodí vypočítat fyzicko-geografické charakteristiky z digitálního výškového modelu DEM (sklon povodí, sklon a délku údolnice), spočítat průměrné hodnoty CN či návrhové srážky na povodí a z fyzicko-geografických charakteristik odhadnout parametry pro srážkoodtokový model, např. dobu koncentrace. Toolbox disponuje rovněž procedurou pro export GIS vrstev povodí, propojených identifikátorem jejich



Obr. 3 Schematizace dílčích povodí a říčních úseků v HEC-HMS (vlevo), návrhový hyetogram a výsledná teoretická povodňová vlna (vpravo).

Fig. 3. Schematization of sub-basins and river sections in HEC-HMS (left), design hyetograph and estimated design flood wave (right).



Obr. 4 Struktura srážkoodtokového modelu pro VD Újezd v prostředí HEC-HMS.

Fig. 4. Rainfall-runoff model structure in HEC-HMS for the Újezd water reservoir.

hydrologického pořadí, do formátu *.basin, který je následně využit v modelu HEC-HMS. Na obr. 1 a obr. 2 jsou na konkrétním příkladu povodí Lučního potoka v Českém středohoří ukázány důležité vstupy a výstupy při odvození fyzicko-geografických charakteristik pro srážkoodtokový model.

Druhá část výpočtu TPV probíhá v programu HEC-HMS, kde jsou pro všechna dílčí povodí a říční úseky nadefinovány parametry modelu, zadány srážky ve formě zvoleného návrhového hyetogramu a pro závěrový profil je odvozena teoretická povodňová vlna (viz obr. 3), příp. více variant povodňových vln, např. na základě volby různých tvarů návrhových zatěžovacích hyetogramů.

Od roku 2004, kdy byl připraven první metodický postup pro odvozování TPV pomocí srážkoodtokových modelů, již bylo v OPV zpracováno více než 80 hydrologických studií na stanovení TPV s dobou opakování delší než 500 let.

Jako příklad poměrně složité konstrukce srážkoodtokového modelu v rámci zpracování hydrologické studie uvádíme odvození teoretických povodňových vln pro vodní dílo (VD) Újezd, které se nachází na řece Bílině. Studie pro VD Újezd je příkladem, že v prostředí HEC-HMS lze namodelovat i složité vodohospodářské soustavy, které jsou spojeny s převody vody a manipulacemi na vodních dílech. Součástí modelu byl, kromě přirozených vodotečí, také Podkrušnohorský přivaděč, což je umělé vodní dílo, dlouhé necelých 34 km, převádějící vodu z Ohře a podkrušnohorských toků do povodí Bíliny. Podkrušnohorský přivaděč je významnou průmyslovou stavbou ovlivňující hydrologický režim v podhůří Krušných hor. Vybudován byl v letech 1957 až 1982 především pro potřeby zásobování vodou a ochranu průmyslové oblasti podkrušnohorské hnědouhelné pánve před povodněmi. Právě ve vodním díle Újezd Podkrušnohorský přivaděč končí.

Do modelu byly zahrnuty veškeré převody vody, manipulace na objektech, a jelikož je přivaděč ve velké části zatrubněn, bylo nutné znát i maximální možnou kapacitu potrubí přivaděče. Současně byla do modelu zahrnuta povodí přirozených vodních toků odvodňujících Krušné hory a ústících do přivaděče nebo jej křížujících. Veškeré podklady o Podkrušnohorském přivaděči byly poskytnuty provozem podniku Povodí Ohře s. p. a zároveň byla ještě před vytvořením modelu uskutečněna dvoudenní podrobná rekognoskace vodohospodářské soustavy.

Srážkoodtokový model byl nakonec tvořen dohromady 93 elementy, z tohoto počtu je 39 typu dílčí povodí (sub-basin), 24 koryto (reach), 16 soutok (junction), 8 odbočení (diversion) a 6 závěrových profilů (sink). Kromě závěrového profilu VD Újezd byly vytvořeny také profily Hačka, Hutná, Hradištský potok, Chomutovka a Prunéřovský potok, tedy profily po odbočení z Podkrušnohorského přivaděče.

Automatické procedury v prostředí GIS, umožňující odvození srážkoodtokového modelu, byly využity pouze zčásti, a to pro stanovení fyzicko-geografických charakteristik. Velká část sestavení, propojení a nastavení komponent modelu musela kvůli složitosti soustavy proběhnout ručně přímo v prostředí HEC-HMS. Výsledné schéma modelu je zobrazeno na obr. 4.

Pro odvozování N -letých průtoků a teoretických povodňových vln je v OPV, ale především na hydrologických pracovištích poboček ČHMÚ, využívána také interní aplikace AGPosudek, což je rozšíření GIS SW ArcGIS Pro. Do zmíněné aplikace byly včleněny algoritmy používané v HEC-HMS, tudíž aplikace umožňuje výpočet TPV z návrhových srážek přímo v prostředí GIS, ale s omezením výpočtu pouze na jedno ucelené povodí (Šercl et al. 2022).

3. Využití srážkoodtokového modelu při vyhodnocení proběhlých povodňových událostí

Povodňové události, zejména přívalového charakteru, se vyskytují často na povodích, která nejsou hydrologicky monitorována. Kulminační průtok se za povodní tohoto typu většinou

nepodaří přímo změřit, a proto je potřebné hodnotu kulminačního průtoky vyhodnotit (ověřit) nepřímo za využití srážkoodtokového, příp. hydraulického modelu.

V případě srážkoodtokového modelu se obdobně jako u návrhových hydrologických dat (kap. 2) využívá HEC-HMS. Rozdělení povodí na dílčí prvky (povodí, říční úseky) probíhá obdobně, jak je uvedeno v kap. 2. Využívány jsou i shodné postupy pro odvození objemu odtoku a výpočet odtokové odezvy. Odlišnosti jsou popsány v následujícím textu.

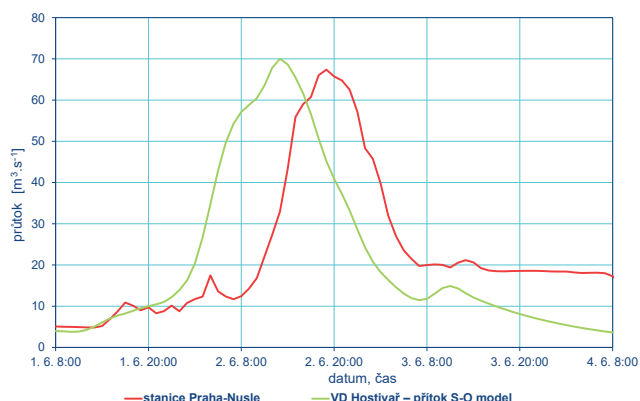
Zcela zásadní jsou v tomto případě co nejpřesnější srážkové vstupy, které v posledních letech tvoří kombinovaný odhad z radarových odhadů srážek a srážkoměrných pozorování. Radarová měření pokrývají celé území České republiky, tudíž je možné provést relativně přesné odhady množství spadlých srážek, a to i v místech mimo srážkoměrné stanice. Srážky do modelu vstupují v nejkratším možném intervalu, v kterém jsou k dispozici. Zpravidla jde o krok kratší než jedna hodina, v současnosti obvykle 10–15 minut.

Dalším velmi důležitým krokem je určení hodnoty CN . Hodnota CN není stálá, ale mění se v závislosti na předchozím nasycení. Za tímto účelem lze využít hodnoty CN , které jsou v denním kroku počítány v Indikátoru přívalových povodní, dále FFI, (Sercl et al. 2023), popřípadě lze alespoň spočítat hodnotu ukazatele předchozích srážek za posledních 30 dní (API_{30}) od posuzované události. Hodnotu CN lze následně s využitím tohoto ukazatele odhadnout. Hlavní význam co nejpřesnějšího odhadu CN je v tom, že pomocí CN je nejen určen objem odtoku, ale tento údaj vstupuje i do odhadu parametrů srážkoodtokového modelu, například doby koncentrace nebo hodnoty počáteční ztráty.

První rozsáhlejší modelování tohoto typu proběhlo v OPV po přívalových povodních v Jizerských horách a blízkém okolí v první dekádě srpna 2010. Srážkové odhady ze surových radarových dat byly adjustovány naměřenými denními srážkovými úhrny ve stanicích a tento nejlepší možný srážkový odhad následně vstupoval do srážkoodtokového modelu HEC-HMS vybraných malých povodí. Podrobnější informace jsou dostupné z vyhodnocení těchto mimořádných přívalových povodní (Pecha et al. 2010).

K dalším mimořádným povodňovým událostem, po kterých bylo významně využito srážkoodtokového modelování, došlo v červnu 2013. Po vlhkém květnu se vyskytly na přelomu května a června trvalejší a vydatnější srážky, do kterých byly později v úvodu června vnořeny konvektivní srážky. Povodně, které byly v nejvíce zasažených lokalitách převážně přívalového charakteru, postihly velkou část území Čech. Modelovány byly menší přítoky Vltavy, a to nejen v Praze na Botiči (obr. 5), ale například přítoky středního Labe či menší toky v povodí horního Labe. Nedlouho po odeznění těchto povodní se vyskytla další synopticky zajímavá situace, která způsobila v ještě stále relativně hodně nasyceném území lokální přívalové povodně, které se vyskytovaly v průběhu několika dní různě po celém našem území. Podrobněji je opět hydrologické modelování, především na menších tocích, popsáno ve vyhodnocení povodní (Šercl et al. 2013).

Další rozsáhlejší srážkoodtokové modelování proběhlo po přívalových povodních, které se vyskytly v průběhu července 2021 v několika regionech na našem území (např. Šluknovsko, Děčínsko, oblast Jeseníků). Tyto přívalové povodně našťastí nebyly tak ničivé a rozsáhlé jako předchozí zmíněné povodně, případně jako ty, které se v té době vyskytly například v Ně-



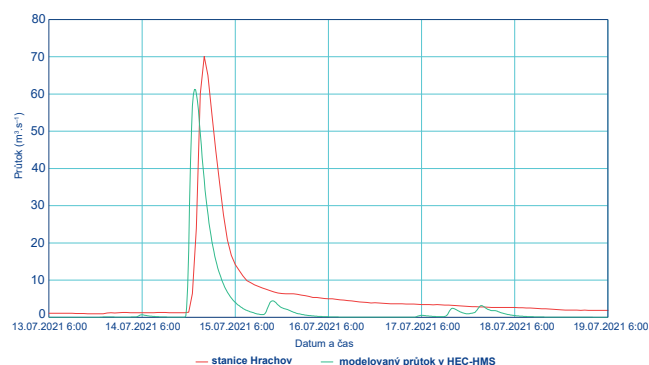
Obr. 5 Porovnání pozorované a modelované povodňové vlny na Botiči (v odlišných profilech, vlevo) a ústí rozvodněného Botiče do Vltavy (vpravo).

Fig. 5. Comparison of the observed and simulated flood wave on the Botič stream (specific cross-sections, left) and on the flooded Botič at the confluence with the Vltava River (right).



Obr. 6 Rozvodněná Brzina nedaleko obce Svatý Jan, zdroj: Oficiální web obce Svatý Jan.

Fig. 6. Flooded Brzina River near the village of Svatý Jan, source: Official website of the village of Svatý Jan.



Obr. 7 Pozorovaný a modelovaný průtok Brziny v profilu vodoměrné stanice Hrachov.

Fig. 7. Observed and modelled discharge of the Brzina River at the cross-section of the Hrachov water-gauging station.

mecku (Daňhelka 2022). V některých zasažených lokalitách ale i tak došlo k poměrně značným škodám, a tak bylo potřeba zjistit, případně ověřit kulminační průtoky v několika nejvíce zasažených povodích (Pecha et al. 2022).

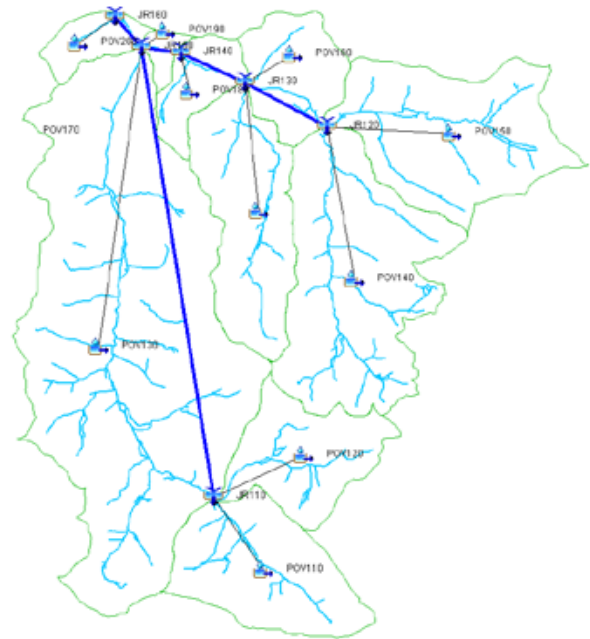
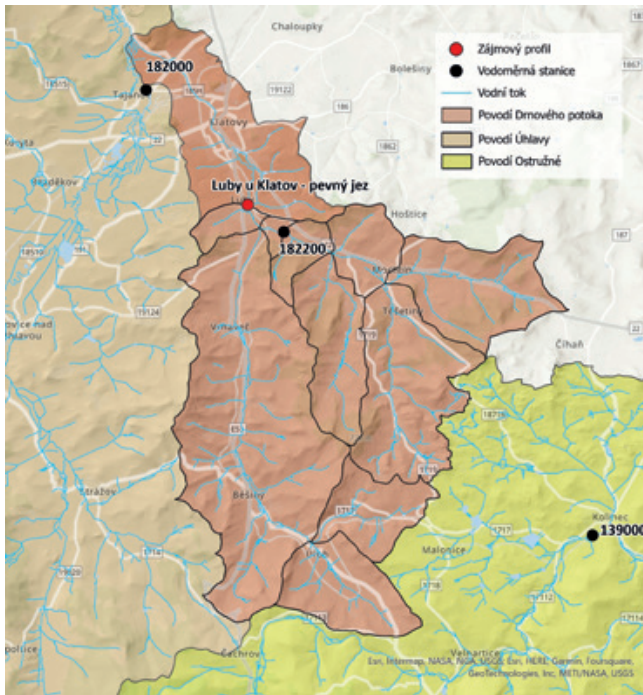
V období cca od roku 2010 až do roku 2022 bylo srážkoodtokovým modelem ověřováno či vyhodnocováno několik dalších událostí, které už ale nebyly tak plošného rozsahu jako výše popisované povodně. Jednou z těchto událostí byla povodeň na říčce Brzině také v červenci 2021. Brzina je jedním z pravostranných přítoků Vltavy v oblasti Slapské přehrady. Relativně blízko ústí do Vltavy se nachází vodoměrná stanice Hrachov. Během 13. a 14. července bylo povodí Brziny několikrát zasaženo intenzivními srážkami, které v profilu stanice způsobily povodňový průtok s dobou opakování 20 až 50 let. Na obr. 6 je zachycena rozvodněná Brzina nedaleko obce Svatý Jan.

Jelikož se nepodařilo změřit průtok ihned po kulminaci povodně, bylo potřeba hodnotu kulminačního průtoku ověřit pomocí srážkoodtokového modelu. Jako vstupní srážky byly použity 15minutové úhrny radarového produktu MERGE (kombinace radarových odhadů a dat ze srážkoměrů) (Novák, Kyznarová 2016). Nasycenost povodí byla odhadnuta pomocí aktuálních hodnot CN odvozených z výpočtu aplikace FFI k 13. červenci. Porovnání modelovaného a vyhodnoceného průtoku v profilu stanice Hrachov je na obr. 7. Výsledky z modelu posloužily ke zpřesnění stanovení kulminačního průtoku povodně ve stanici Hrachov a také ke zpřesnění měrné křivky průtoků v dané stanici.

4. Využití proběhlých povodňových událostí k ověření parametrů modelu při odvozování návrhových hydrologických dat

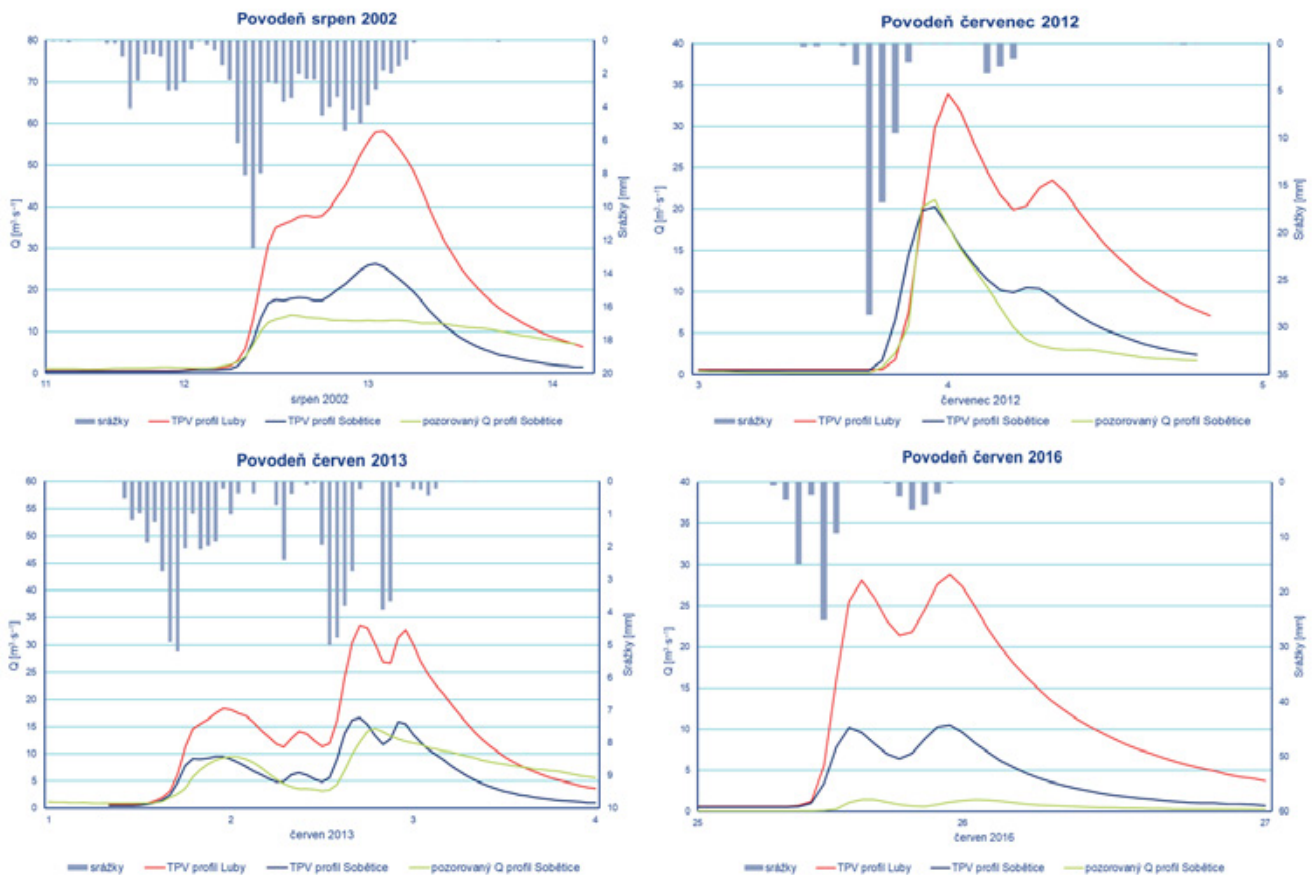
Vyhodnocení proběhlých povodňových událostí lze rovněž využít k ověření a kalibraci parametrů modelu při odvozování návrhových hydrologických dat. Ve studii v povodí Drnového potoka byl využit srážkoodtokový model pro ověření hodnot N -letých průtoků pro profil jezu v Lubech u Klatov (80,36 km²).

V povodí Drnového potoka ČHMÚ provozuje vodoměrnou stanici Sobětice na Mochtínském potoce (35,09 km²). Nejvýznamnější pozorované povodňové vlny v tomto profilu posloužily ke kalibraci parametrů modelu pro odvození TPV s kulminačním průtokem o době opakování 100 let (TPV₁₀₀) pro zájmový pro-



Obr. 8 Povodí Drnového potoka a část povodí Úhlavy a Ostružné s uvedenou lokalizací požadovaného profilu a vyznačením vodoměrných stanic (vlevo) a struktura srážkoodtokového modelu pro povodí Drnového potoka k profilu Luby u Klatov v prostředí HEC-HMS (vpravo).

Fig. 8. Drnový potok basin and the part of Úhlava and Ostružná basins with the location of the required profile and water-gauging stations (left) and rainfall-runoff model structure in HEC-HMS for Drnový potok basin (right).



Obr. 9 Modelované povodňové vlny pro profily Luby a Sobětkovice v porovnání s pozorovaným průběhem povodňové vlny v profilu Sobětkovice pro vybrané povodňové události.

Fig. 9. Modelled flow rates during the selected flood events for the cross-sections of Luby and Sobětkovice compared to the observation at the Sobětkovice site.

fil Luby u Klatov (obr. 8). Model byl kalibrován na čtyřech povodňových událostech (ze srpna 2002, července 2012, června 2013 a června 2016), které byly namodelovány a následně porovnány s pozorovaným průběhem povodňových vln v profilu Sobětky (obr. 9). Aby výsledný modelový hydrogram co nejlépe odrážel pozorovaný průběh povodňové vlny, byly v modelu upraveny parametry jednotkového hydrogramu a pro každou povodňovou událost upraveny počáteční ztráty tak, aby odpovídaly předchozímu nasycení povodí.

Z výsledků modelu je zřejmá velká nejistota ve srážkoodtokovém modelování, která je dána jak podrobností srážkových vstupů, vystižením vlivu předchozího nasycení i nastavením parametrů modelu. Velkou nejistotou mohou být zatížena i průtoková data ve vodoměrné stanici vzhledem k nutnosti extrapolace měrné křivky průtoku mimo rozsah provedených měření průtoku. I přes výše uvedené okolnosti, pozorované a simulované průtoky vykazují poměrně slušnou shodu s výjimkou odtokové události z června 2016 (obr. 9).

Povodeň v červnu 2016 vznikla z extrémních přívalových srážek z bouřkové činnosti, přičemž zasaženo bylo zejména povodí Drnového potoka nad soutokem s Mochtínským potokem. Velký nesoulad mezi pozorovaným a simulovaným průtokem v profilu Sobětky spočívá zřejmě v nižším předchozím nasycení povodí Mochtínského potoka a v nižší intenzitě srážek, které se stačily vsakovat.

Kalibrovaný model byl poté využit pro nastavení rozmezí parametrů modelu pro simulaci TPV_{100} v profilu Luby u Klatov.

5. Indikátor přívalových povodní

Další významné využití nachází srážkoodtokový model v aplikaci Indikátor přívalových povodní (FFI), více v Sercl et al. (2023), která je pracovníky OPV vyvíjena a spravována. Hlavním účelem FFI je detekce rizika vzniku či výskytu přívalové povodně a lokálního zatopení při znalosti aktuálního nasycení území a spadlých či v nejbližší době ještě očekávaných srážek. FFI počítá v denním kroku nasycenost území, a to na základě jednoduché bilance srážek, odtoku a aktuální evapotranspirace. Srážky vstupují ve formě 24hodinových sum MERGE (Novák, Kyznarová 2016), hodnoty denní aktuální evapotranspirace vychází z modifikace metody Penmann-Monteith (Kohut et al. 2011).

Pro odhad odtoku ze srážek je používána metoda SCS-CN. V modelu se předpokládá, že voda, která neodteče, se vsákne do půdy a postupně se vypařuje. Při vyšším nasycení (nad hodnotu CN_{II}) se část vody dostává do podzemních vod. Smyslem výpočtu je tedy každodenní plošná aktualizace hodnot CN , které lze převést na potenciální retenci, tedy schopnost zadržet vodu v půdě a obecně v krajině.

Aktualizované hodnoty CN poté vstupují do výpočtu srážkoodtokového modelu, který je spouštěn každých 15 minut a využívá obdobné metody stanovení odtokové odezvy popsané v kap. 2 a 3. Jako srážkové vstupy jsou používány 10minutové odhady vycházející z kombinace srážkoměrných a radarových měření (MERGE), případně adjustovaná radarová data (Novák et al. 2021) v termínech, kdy MERGE není k dispozici. Mnohem více je o provozu FFI napsáno v samostatném článku tohoto vydání Meteorologických zpráv.

6. Hlavní nejistoty související se srážkoodtokovým modelováním

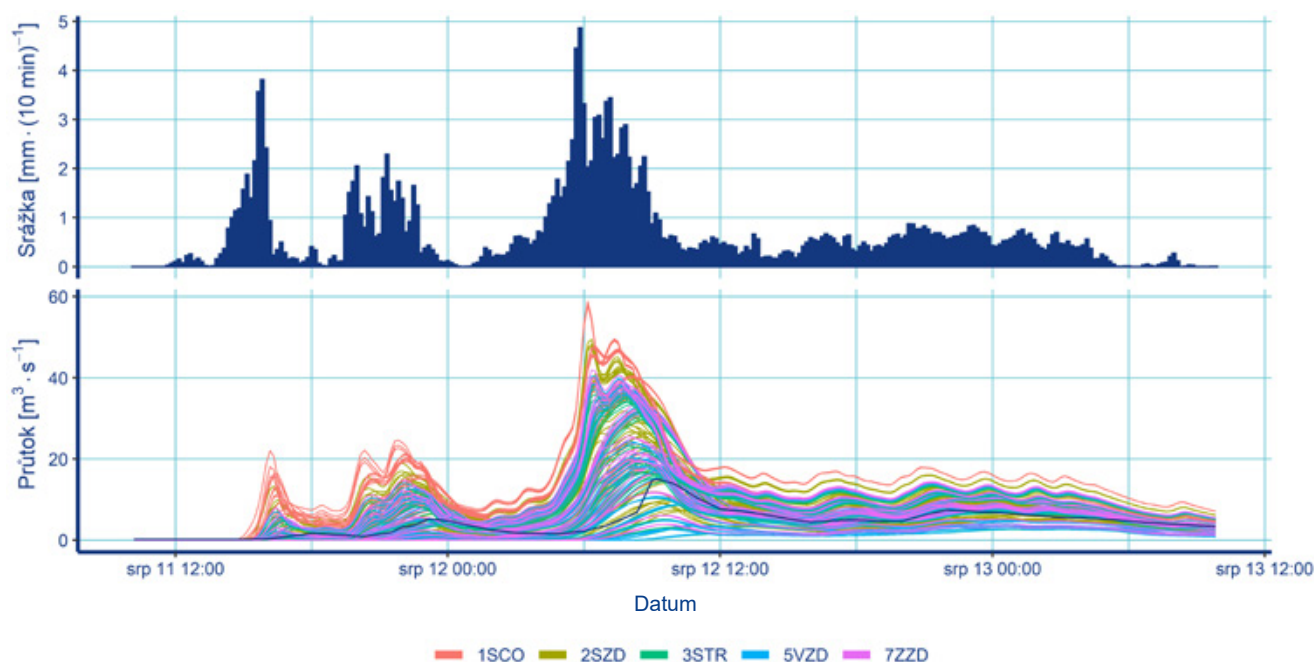
Srážkoodtokové modelování je zatíženo celou řadou nejistot. Jednou z těchto nejistot je variabilita vstupních údajů a podkladů, které je možné použít při odvození parametrů srážkoodtokového modelu.

Oddělení povrchových vod ČHMÚ bylo zapojeno do projektu „Předchozí nasycenost a návrhové srážkové intenzity jako faktory odtokové odezvy na malých povodích (QK1910029)“, který se zabýval modelováním extrémních srážkoodtokových událostí na malých povodích. Hlavním cílem bylo pokusit se vyhodnotit nejistoty spojené se vstupními parametry při aplikaci metody SCS-CN, která je v kombinaci s jednotkovým hydrogramem používána v ČHMÚ k odvození objemu přímého odtoku a tvaru povodňové vlny a je též implementována do FFI. Z množství srážkoodtokových situací v posledních letech je známo, že stav předchozí nasycenosti povodí hraje zásadní roli při formování odtoku z přívalových povodní (např. Svoboda, Pecha 2018; Pecha et al. 2022), nicméně vyhodnocení tohoto vlivu i s ohledem na další nejistoty spojené s metodou CN křivek a dalšími vstupy zatím nebylo provedeno.

Metodou SCS-CN bylo za využití systému HEC-HMS modelováno 15 významných pozorovaných srážkoodtokových událostí na pěti malých povodích. Snahou bylo najít taková malá povodí, která budou zastupovat různé typy naší krajiny. Bohužel malých povodí s dlouhou řadou pozorování průtoků mnoho není, a to zejména v zemědělsky obhospodařovaných oblastech. Vybrána tak byla dvojice horských povodí (Černá Nisa po profil Uhlířská, 1,80 km² a Spůlka po profil Nový Dvůr, 9,99 km²), vrchovinné polohy reprezentovalo povodí Pstruhovce po profil Landštejn nad nádrží (6,36 km²) a pahorkatiny byly zastoupeny povodím Hruškovice po profil Osvětimany (9,54 km²) a povodím Dobřejovického potoka až po profil v Průhoncích (13,00 km²). Simulováno bylo více než 1 700 modelových scénářů událostí s různými kombinacemi předchozího nasycení, hydrologických skupin půd a zdrojů dat CN , celistvosti povodí v modelu a dalších modelových parametrů.

Cílem bylo pokusit se vyjádřit nejistoty v modelování a významnost jednotlivých vstupních parametrů a jejich kombinací. Pro porovnání modelovaných a pozorovaných průtoků bylo využito řad vodních stavů z databáze ČHMÚ, z nichž byly odvozeny průtoky v desetiminutovém kroku. Pro modelování byly využity desetiminutové radarové odhady srážek, adjustované srážkoměry na Ústavu fyziky atmosféry AV ČR (Bližňák et al. 2017). Posuzovány byly vybrané charakteristiky pozorovaných a modelovaných událostí – objem, kulminační průtok a průtok na 75% kvantilu. Další aktivity byly zaměřeny zejména na citlivostní analýzu parametrů modelu a k odhadu variability a vlivu konkrétních parametrů na celkovou odezvu modelu, především ve vazbě na počáteční podmínky modelovaných situací.

Příklad rozptylu jednotlivých variant scénářů je zobrazen na události z 12. srpna 2002 z povodí Spůlky (obr. 10). Barevné rozlišení je provedeno na základě různých metod pro odvození hodnot CN . Z obrázku je patrný velký rozptyl modelovaných průtoků v závislosti na použitých modelových scénářích. Komplexní popis testovaných parametrů, jednotlivých modelovaných scénářů a celkových výsledků je k nalezení v publikaci Kavka et al. (2023).

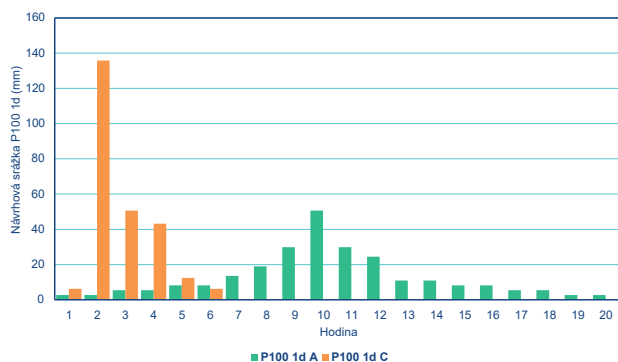


Obr. 10 Informativní zobrazení rozptylu modelovaných scénářů pro srážkoodtokovou událost z 12. srpna 2002 v povodí Spůlky, hyetogram příčinných srážek v povodí (nahore) a scénáře, barevně rozlišené podle metody odvození CN, s tmavě modrou čarou zobrazující vyhodnocený pozorovaný průtok v desetiminutovém kroku (dole).

Fig. 10. Variance of modelled rainfall-runoff scenarios for the event of August 12, 2002 in the Spůlka basin, hyetograph of causal rainfall in the basin (above) and scenarios, coloured according to the CN derivation method, with a dark blue line showing the evaluated observed flow rate in a ten-minute step (below).

Z řešení projektu vyplynulo, že ve srážkoodtokovém modelování je velmi mnoho obtížně kvantifikovatelných nejistot, z nichž nejvýznamnější roli hraje počáteční nasycení před srážkoodtokovou událostí. Další navazující významnou nejistotou je odhad hodnoty CN jako klíčového parametru pro určení velikosti odtoku. V současné době existuje více datových zdrojů pro určení hodnot CN v podobě dat o využívání území a hydrologických skupin půd. Za tímto účelem řešitelé zmíněného projektu navrhli navazující výzkumný projekt, který by se měl mimo jiné soustředit na sjednocení datových zdrojů a metodiky odvození hodnot CN.

V současné době je k dispozici celá řada digitálních podkladů, které mají různou dobu vzniku a rozdílné prostorové rozlišení, ať už se jedná o prostorové rozlišení digitálního modelu reliéfu (např. DMR 5G), nebo o data využití území, případně informace o infiltračních vlastnostech půd, které byly aktualizovány Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půd v roce 2017 (VÚMOP 2018). V ČHMÚ se při odvození hodnot CN také zohledňuje sklonitost území.



Obr. 11 Návrhové hyetogramy z jednodenní srážky P_{100} .

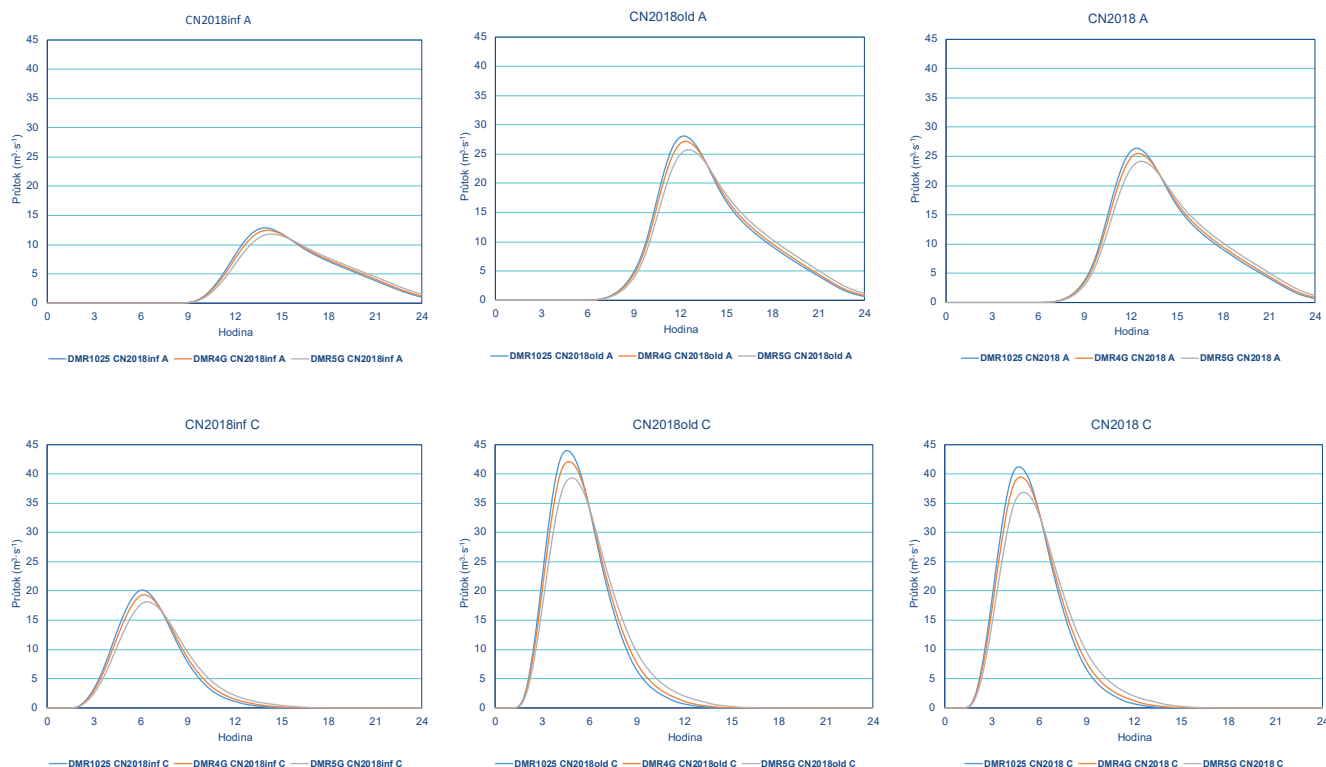
Fig. 11. Design hyetographs from one-day P_{100} rainfall.

Posouzení variability vstupních parametrů srážkoodtokového modelování bylo testováno v povodí Blatného potoka po profil Blatný rybník (plocha povodí je 4,76 km²).

Pomocí srážkoodtokového modelu HEC-HMS byly vypočteny parametry povodňové vlny z jednodenní stoleté návrhové srážky P_{100} v povodí Blatného potoka, odvozené pomocí různých kombinací okrajových parametrů modelu z různých variant vstupních podkladů. Kulminační průtoky z modelu byly porovnány s hodnotou 100letého průtoku (Q_{100}) stanovenou statisticky z pozorovaných dat ve vodoměrné stanici Blatný rybník. V analýze byly použity tři verze digitálního modelu reliéfu (DMR25, DMR 4G a DMR 5G), dvě varianty hydropeodologických dat, data Corine Land Cover 2018 a dvě varianty návrhového hyetogramu (obr. 11), kde varianta A představuje celodenní vytrvalý déšť s rozdělením jednodenního úhrnu do 20 hodin a varianta C spíše srážky přivalového charakteru v délce trvání 6 hodin.

Použití různé podrobnosti DEM je zásadní při odvozování morfologických charakteristik, tj. sklonu povodí, sklonu a délky údolnice atd., což má pak následný vliv na parametry srážkoodtokového modelu. V povodí Blatného potoka se při použití podrobnějšího digitálního modelu reliéfu prodlužuje délka údolnice, což se odráží ve zmenšení výsledného kulminačního průtoku, jelikož je vypočítaná doba koncentrace delší.

Z ostatních parametrů má na průběh povodňové vlny nejzákladnější vliv tvar hyetogramu návrhové srážky, viz grafy na obr. 12. Analýza v povodí Blatného potoka byla provedena s cílem zpřesňovat metodiky používané při určování teoretických povodňových vln v ČHMÚ a zhodnotit využívání a relevanci vstupních podkladů. Podrobnější výsledky jsou uvedené v příspěvku na konferenci Hydrologie malého povodí 2023 (Tyl 2023).



Obr. 12 Průběhy TPV odpovídající tvaru návrhového hyetogramu uvedeného na obr. 11.

Fig. 12. Theoretical flood hydrographs corresponding to the shape of the design hyetograph mentioned above.

7. Závěr

Srážkoodtokové modelování má v OPV ČHMÚ relativně dlouhou historii a široké uplatnění. Umožňuje odvozování návrhových hydrologických dat v profilech, kde chybí, nebo je nedostatečné, vodoměrné pozorování. V nepozorovaných profilech je srážkoodtokové modelování relevantní nástroj, např. při vyhodnocení proběhlých povodňových událostí, jejichž součástí je odhad průběhu povodňové vlny, jejího kulminálního průtoku a objemu. Pracovníci OPV jsou zapojeni také do vědeckých projektů zaměřených na srážkoodtokové modelování. Hlavním cílem probíhajících, ale i několika již ukončených, výzkumných projektů, je průběžná aktualizace metodických postupů a harmonizace vstupních podkladů pro odhad parametrů srážkoodtokového modelu.

Pracovníci OPV plánují v budoucnu také využití kontinuálních srážkoodtokových modelů (HBV Model), zejména v probíhajících či chystaných výzkumných projektech, zabývajících se vlivem změny klimatu na hydrologický režim. Jelikož je směrem do budoucna, kromě výskytu povodní, velkým rizikem i častý výskyt dlouhých suchých period, kontinuální modely budou využívány spíše pro odhad změn režimu minimálních průtoků.

Literatura:

BALÁŽ, M., DANÁČOVÁ, M., SZOLGAY, J., 2011. On the use of the Muskingum method for the simulation of flood wave movements. *Slovak Journal of Civil Engineering*. Vol. **18**, No. 3, s. 14–20. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.2478/v10189-010-0012-6>.

BLIŽŇÁK, V., KAŠPAR, M., MÜLLER, M., 2017. Radar-based summer precipitation climatology of the Czech Republic. *International Journal of Climatology*. Vol. **38**, s. 677–691. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1002/joc.5202>.

CLARK, C. O., 1945. Storage and the unit hydrograph. *Transactions, ASCE*. Vol. **110**, No. 2261, s. 1419–1446.

DANĚLKA, J., 2022. Německé povodně v červenci 2021 zpovzdálí. *Meteorologické zprávy*, roč. **75**, č. 2, s. 53–59. ISSN 0026-1173.

HAWKINS, R. H., 1978. Runoff Curve Numbers with Varying Site Moisture. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*. Vol. **104**, No. 4, s. 389–398. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1061/JR-CEA4.0001221>.

HAWKINS, R. H., WARD, T. J., WOODWARD, D. E., Van MULLEN J. A., 2009. Curve Number Hydrology: State of the Practice. American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia. 106 s. ISBN 978-0-7844-1044-2.

KAVKA, P., STROUHAL, L., PECHA, M., SVOBODA, V., 2023. Analýza vlivu stavu počátečního nasycení a dalších vstupních parametrů pomocí metody SCS-CN. In: *Hydrologie malého povodí 2023*. Praha: Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v. v. i., s. 59–66. ISBN 978-80-87117-22-4.

KOHUT, M., HORA, P., CHUCHMA, F., 2011. Potenciální evapotranspirace travního porostu v oblasti lokality Pánov na Hodonínsku – dlouhodobé vývojové trendy v období let 1961–2009. In: *Mikroklima a mezoklima krajinných struktur a antropogenních prostředí*. Praha: ČHMÚ, s. 23. ISBN 978-80-86690-87-2.

NOVÁK, P., KYZNAROVÁ, H., 2016. MERGE2 – modernizovaný systém kvantitativních odhadů srážek provozovaný v Českém hydro-meteorologickém ústavu. *Meteorologické zprávy*, roč. **69**, č. 5, s. 137–144. ISSN 0026-1173.

NOVÁK, P., KYZNAROVÁ, H., PECHA, M., ŠERCL, P., SVOBODA, V., LEDVINKA, O., 2021. Utilization of Weather Radar Data for the

Flash Flood Indicator Application in the Czech Republic. *Remote Sensing*. Vol. 13, No. 16, 3184. ISSN 2072-4292, Dostupné z doi: <https://doi.org/10.3390/rs13163184>.

PECHA, M., TYL, R., SVOBODA, V., 2022. Přívalové povodně v červenci 2021. In: *Hydrologická ročenka České republiky 2021* [online]. Praha: ČHMÚ, s. 251–261 [cit. 28. 7. 2023]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/hydro/hydrologicke_rocenky/HR_2021.pdf.

PECHA, M., TYL, R., ŠERCL, P., 2010. Vyhodnocení povodní v srpnu 2010. Vyhodnocení průběhu povodně na nepozorovaných povodích s využitím srážkooodtokového modelu. Příloha č. 2 k dílčí zprávě Hydrologické vyhodnocení průběhu povodní [online]. Praha: ČHMÚ [cit. 28. 7. 2023]. Dostupné z WWW: <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/hydro/povodne/pov10s/pdf/priloha2.pdf>.

SERCL, P., PECHA, M., NOVAK, P., KYZNAROVA, H., LEDVINKA, O. et al., 2023. Flash Flood Indicator [online]. Praha: ČHMÚ. ISBN 978-80-7653-050-8 [cit. 28. 7. 2023]. Dostupné z WWW: <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/nakladatelstvi/publikace-ke-stazeni.html>.

SVOBODA, V., PECHA, M., 2018. When does extreme rainfall cause an extreme flood? [online]. 20th EGU General Assembly, EGU2018, Proceedings from the conference held 4–13 April, 2018 in Vienna, Austria, s. 4872 [cit. 28. 7. 2023]. Dostupné z WWW: <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2018/EGU2018-4872.pdf>.

ŠERCL, P., 2014. Aplikace HydroHMS pro ArcGIS. Praha: Český hydro-meteorologický ústav [interní dokument, nepublikováno].

ŠERCL, P., TYL, R., KUKLA, P., PECHA, M., 2022. Praktické příklady využití GIS v hydrologii v ČHMÚ. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, roč. 64, č. 1, s. 32–39. ISSN 0322-8916.

ŠERCL, P., TYL, R., PECHA, M., HALÍŘOVÁ, J., FRYČ, T., 2013. Vyhodnocení povodní v červnu 2013. Hydrologický průběh povodní, dílčí zpráva [online]. Praha: ČHMÚ. [cit. 28. 7. 2023]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/hydro/povodne/pov13/DilciZprava_DU_1_2_Hydrologie.pdf.

TYL, R., 2023. Variabilita vstupních parametrů při srážkooodtokovém modelování a jejich vliv na hydrologické údaje. In: *Hydrologie malého povodí 2023*. Praha: Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v. v. i., s. 90–99. ISBN 978-80-87117-22-4.

USACE, 2022. HEC-HMS Technical Reference Manual [online]. U. S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA [cit. 28. 7. 2023]. Dostupné z WWW: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmstrm>.

USACE, 2023. HEC-HMS User's Manual. Version 4.12.0 [online]. U. S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA [cit. 28. 7. 2023]. Dostupné z WWW: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmsum/4.9>.

VÚMOP, 2018. Nové mapy hydrologických funkcí půd [online]. [cit. 28. 7. 2023]. Dostupné z WWW: <https://www.vumop.cz/nove-mapy-hydrologickych-funkci-pud>.

Lektoři (Reviewers):

Mgr. Alena Kamínková, Ing. Petr Pavlík

INFORMACE – RECENZE

Konference EUMETSAT 2023

V průběhu let se uživatelská konference organizace EUMETSAT (European Organization for Exploitation of Meteorological Satellites, Evropská organizace pro využití meteorologických družic) stala klíčovou událostí pro meteorologickou a vědeckou komunitu zabývající se družicovým pozorováním atmosféry Země. Této každoroční události se účastní odborníci z celého světa, kteří tak mají možnost sdílet své zkušenosti a poznatky prostřednictvím přednášek, plenárních zasedání, posterových prezentací a workshopů.

Letošní ročník konference EUMETSAT, konané v září ve švédském Malmö, doprovázelo téma „Evoluční výzva pro družice pro pozorování Země – od technologie k využití“. Jedním z klíčových bodů programu bylo představení evropské geostacionární družice MTG-I1 (Meteosat třetí generace), která byla úspěšně vypuštěna na oběžnou dráhu koncem roku 2022. Diskutovány byly také aktuálně probíhající práce na jejím operačním zprovoznění. V rámci tohoto bloku vystoupil Martin Setvák z družicového oddělení ČHMÚ s přizvaným příspěvkem zaměřeným na srovnání prvních dat z družice

MTG-I1 s aktuálně dostupnými snímky starších družic, zejména s ohledem na monitorování konvektivních bouří.

Nabídka dalších témat byla opravdu rozmanitá a zahrnovala nejen oblast meteorologie, klimatologie a čistoty ovzduší, ale také monitorování zemského povrchu – oceánů, vegetace, sucha nebo požárů. 560 účastníků konference mělo možnost vybírat z celkem 300 různorodých přednášek, které byly doplněny zhruba 170 posterovými prezentacemi.



Na konferenci EUMETSAT 2023 ve švédském Malmö přednášel i RNDr. Martin Setvák, CSc. z ČHMÚ. Zdroj: Jonas Persson, EUMETSAT.

Konference věnovala také významnou pozornost pokroku v oblasti digitální transformace a rostoucímu využití umělé inteligence a strojového učení. Tyto nové technologie hrají stále významnější roli v analýze a interpretaci družicových dat. Také příspěvky dalších kolegů z družicového oddělení byly zaměřeny na využití umělé inteligence a strojového učení, např. na studium projevů nebezpečných bouří na družicových snímcích.

Díky technologickým inovacím a také novým družicovým programům se tak v následujících letech můžeme těšit na stále přesnější a komplexnější informace o stavu naší planety.

Blanka Piskala Gvoždíková

Aktualizace rozvodnic základních ploch povodí 4. řádu

Update of drainage divides of the 4th-order watersheds

Radovan Tyl

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

The 5th generation of digital model relief (DMR 5G) and water courses of the state ZABAGED[®] geographic database were the necessary, but not the only basis for the update of basic watersheds, which were done in the ČHMÚ in the years 2018–2022. During the update, data of sewage network in Prague, foreign drainage divides of neighbouring countries or the results of the Harmonization of main watercourses project were used. The article also describes the historical development of the watersheds and the juristic background of the whole issue.

KLÍČOVÁ SLOVA: rozvodnice – DMR 5G – povodí 4. řádu – ZABAGED[®]

KEYWORDS: drainage divide – DMR 5G – watershed – state ZABAGED[®] geographic database

1. Úvod

Povodí je základní hydrologická územní jednotka ohraničená pomyslnou čarou, rozvodnicí. Velikost povodí je dána jeho plochou, nejčastěji udávanou v kilometrech čtverečních. Plocha povodí je nezbytným a základním podkladem při odvozování standardních i nestandardních hydrologických údajů dle normy ČSN 75 1400 *Hydrologické údaje povrchových vod* a současně je to základní prostorová jednotka používaná v hydrologické praxi.

V letech 2018–2022 byly rozvodnice povodí 4. řádu aktualizovány v reakci na dokončený digitální model reliéfu 5. generace v prostorovém rozlišení 2 × 2 metry (ČÚZK 2023) a vodní toky ZABAGED[®] zpřesněné pomocí leteckého laserového skenování (ČÚZK 2019). Práce na aktualizaci rozvodnic byly financovány v rámci projektu Dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace. Rozvodnice oddělující základní plochy povodí odrážejí situaci za běžného, průměrného odtoku z povodí, nikoliv během povodňových situací.

2. Legislativní pozadí

Rozvodnice je podle definice české státní normy ČSN 75 0110 *Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydrogeologie* hranice oddělující od sebe dvě sousední povodí. Je určena

topografickým hřebenem nebo podpovrchovou morfologií a dále ji můžeme dělit na rozvodnici hydrogeologickou či orografickou, rozvodnici podzemní vody apod. Definice povodí je zakotvena i v zákoně č. 252/2001 Sb. (dále jen vodní zákon) kde je řečeno, že povodí je území, ze kterého veškerý povrchový odtok odtéká sítí vodních toků a případně i jezer do moře. Dílčí povodí je pak území, ze kterého veškerý povrchový odtok odtéká sítí vodních toků a jezer do určitého místa vodního toku, což je obvykle jezero nebo soutok řek. Podle vyhlášky 252/2013 Sb.¹ se hydrologická povodí evidují formou polygonu v rozsahu údajů o jejich číselném identifikátoru a velikosti plochy a jsou stanovovány na základě hydrologické struktury vodních linií. Tato identifikace je v kompetenci Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Z výše uvedeného je zřejmé, že k přesnému stanovení rozvodnic dílčích povodí je třeba mít k dispozici co nejpřesnější topografické podklady, tj. říční síť se soutokovými uzly a definovanou hydrologickou strukturu (pořadí zaústění vodních toků), a také co nejpřesnější informace o nadmořských výškách daného území pro korektní vedení rozvodnice. S postupem času dochází ke zpřesňování a zdokladování podkladových dat, od papírových topografických map používaných v druhé polovině minulého století po produkty leteckého laserového skenování (digitálního modelu reliéfu či zpřesnění linií vodních toků) v současnosti. Za prostorové vymezení a číselnou evidenci rozvodnic je zodpovědný ČHMÚ.

3. Historie rozvodnic na území ČR

Rozvodnice základních ploch povodí mají dlouhou historii začínající ve druhé polovině minulého století, kdy bylo publikováno první hydrologické členění vodních toků v Hydrologických poměrech ČSSR (Horský 1965). Se zpřesňováním nezbytných podkladů bylo potřeba v průběhu let aktualizovat i rozvodnice základních ploch povodí tak, aby prostorové rozlišení odpovídalo měřítkům běžně používaným ve státní správě. Zároveň probíhal přechod z papírových tištěných map, kterou byly již zmíněné Hydrologické poměry ČSSR nebo základní vodohospodářská mapa v měřítku 1:50 000, k digitalizaci rozvodnic (od roku 1997), což následně umožňovalo provádět první prostorové analýzy pro potřeby hydrologického modelování v počítači. Digitalizace rozvodnic probíhala při přechodu na měřítko 1:25 000 přibližně od roku 2001, od roku 2008 následovalo zpřesnění datové sady rozvodnic do měřítka 1:10 000.

¹ Vyhláška č. 252/2013 Sb. „Vyhláška o rozsahu údajů v evidenčních stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačních systémů veřejné správy“

3.1 Hydrologické poměry ČSSR

V roce 1965 vyšla třídílná publikace Hydrologické poměry Československé socialistické republiky, na tehdejší dobu obsáhlé a ucelené dílo zpracovávající a publikující hydrologické údaje (Horský 1965). První díl je věnovaný plochám základních povodí a přehledu vodních toků. Zde byly vyčleněny toky s vlastním vyvinutým korytem a plochou povodí větší než 5 km². Hydrologické členění je uvedeno v tabulkovém přehledu publikace a v příložených mapách v měřítku 1:200 000, viz obr. 1. Součástí přehledu základních ploch povodí jsou dále informace o názvu toku, řádu toku, délce toku, tvaru povodí, lesnatosti a také informace, zda se jedná o levostranný, nebo pravostranný přítok. Číslo hydrologického pořadí (ČHP) mělo v té době formát osmi číslic (1-22-33-444), které určovaly příslušnost daného toku k evropskému rozvodí (Labe, Dunaj, Visla, Odra) a dále k podrobnějším dílčím povodím. Tím bylo zároveň definováno dělení hydrologického pořadí vodních toků na jednotlivé řády (tzv. povodí 1. až 4. řádu).



Obr. 1 Příklad rozvodnic v Hydrologických poměrech ČSSR.

Fig. 1. Example of watersheds in the Hydrological conditions of the ČSSR publication.

3.2 Rozvodnice v Základní vodohospodářské mapě

Základní vodohospodářská mapa v měřítku 1:50 000 (tzv. ZVH50) vycházela v papírové podobě od začátku 70. let 19. století. Nad Základní topografickou mapou v měřítku 1:50 000 nynějšího Zeměměřického úřadu (ZÚ) byl zobrazen tematický obsah, jehož gestorem byl Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. M. (VÚV T. G. M.) v Podbabě. ZVH50 vycházela v kladu listů základních map středních měřítek, takže území České republiky pokrývá celkem 211 listů o rozměrech 58 × 47 cm. Vydávání základní vodohospodářské mapy bylo pozastaveno na konci 90. let, v letech 1998 a 1999 byl dokončen poslední cyklus aktualizace (HEIS – VÚV 2012).

Tematický obsah ZVH50 zobrazuje základní informace o síti vodních toků, vodních nádržích (např. zatopená plocha a objem, kóta hráze, hloubka vody u hráze), objektů na vodních tocích, ale i vodohospodářské údaje, jako jsou objekty a zařízení hlavních uživatelů vody (vodojemy, úpravní vody), ochranná pásma vodních zdrojů. Jednou z tematických náplní ZVH50 je zároveň hydrologické členění povodí toků a zobrazení rozvod-



Obr. 2 Základní vodohospodářská mapa 1:50 000 na soutoku Labe a Ohře u Litoměřic.

Fig. 2. Basic water-management map 1:50 000 at the confluence of the Elbe and Ohře rivers near Litoměřice.

nic až do povodí 4. řádu a informace o ploše povodí. Výřez z listu vodohospodářské mapy v okolí Litoměřic ilustruje obr. 2.

3.3 Rozvodnice v měřítku 1:25 000 a 1:10 000

Od ukončení vydávání ZVH50 proběhly tři velké aktualizace datové sady rozvodnic. Nejprve to byl přechod na měřítkovou úroveň 1:25 000, kde byly rozvodnice zakreslovány do papírových vojenských topografických map a až následně byla provedena jejich digitalizace. Číslo hydrologického pořadí bylo potřeba, z důvodu podrobnějšího vymezení povodí, rozšířit o jednu číslici na devět pozic (1-22-33-4444). Ke zpřesnění rozvodnic v měřítku 1:25 000 došlo ve druhé etapě (od roku 2001) na základě poskytnutých podkladů digitálního modelu území (DMU25), kdy již byly k dispozici digitální verze vrstevnic a základní polohopisné údaje, viz obr. 3.

Druhá velká aktualizace rozvodnic proběhla v letech 2008 až 2012, kdy byla pro referenční měřítko 1:10 000 využita struktura vodních toků DIBAVOD (Digitální báze vodohospodářských dat, více informací je možné nalézt na stránkách VÚV T. G. M. (Fojtík et al. 2022)). Zároveň bylo číslo hydrologického pořadí znovu rozšířeno na současných 14 číslic (1-22-33-4444-5-66-77), což umožnilo strukturovat dělení po-



Obr. 3 Soutok Labe a Ohře s rozvodnicemi v měřítku 1:25 000. Podkladem základní mapa ZÚ.

Fig. 3. The confluence of the Elbe and Ohře rivers with drainage divides in 1:25 000 scale. Base map is the ZÚ Basic map.



Obr. 4 Územní působnost poboček ČHMÚ při aktualizaci rozvodnic do měřítka 1:10 000.

Fig. 4. Territorial jurisdiction of ČHMÚ departments in carrying out watershed update into 1:10 000 scale.

vodí k profilům hrází vodních děl, mimoúrovňovým křížením a k profilům vodoměrných stanic. Aktualizace rozvodnic byla nezbytná s ohledem na sjednocení měřítkové úrovně společně s digitálními výstupy státní správy a dalších vodohospodářských institucí a probíhala v úzké spolupráci s VÚV T. G. M. jakožto garantem hydrologické struktury vodních toků. Práce na aktualizaci probíhaly nejprve v územní gesci jednotlivých poboček ČHMÚ (obr. 4), následně bylo sedm dílčích částí spojeno do jednoho celku a v oddělení povrchových vod (OPV) ČHMÚ byly provedeny topologické kontroly a naplnění atributových částí. Informace o hydrologické struktuře vodních toků zároveň umožnilo vybudovat strukturální model rozvodnic s informacemi o pramenné ploše a recipientu konkrétního povodí.

Třetí aktualizace rozvodnic se v době vydání článku dokončuje a její zveřejnění se předpokládá během 1. čtvrtletí 2024. Na základě využití digitálního modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G) a zpřesněných vodních toků ZABAGED® (Základní báze geografických dat) byly rozvodnice aktualizovány v referenčním měřítku přibližně 1:1 000. Tím „přibližně“ je myšlen fakt, že vrstevnice nad DMR 5G nebyly v době aktualizace k dispozici a byly tak použity vrstevnice dynamicky generované přímo z DMR, které se vykreslují v různých měřítkových úrovních s různou mírou shlázení. Měřítko 1:1 000 bylo z hlediska podrobnosti vstupních podkladů zvoleno jako horní mez, pro kterou lze rozvodnice stanovit ještě s uspokojivou přesností. Podrobněji je celý proces aktualizace nad DMR 5G popsán v následujících kapitolách.

4. Aktualizace rozvodnic nad DMR 5G a podrobnými toky ZABAGED®

Jedním z hlavních impulzů pro aktualizaci rozvodnic bylo dokončení digitálního modelu reliéfu 5. generace v Českém úřadu zeměměřickém a katastrálním (ČÚZK). Digitální modely reliéfu slouží v ČHMÚ jako jeden ze stěžejních podkladů při odvozování hydrologických údajů v nepozorovaných profilech na základě fyzikogeografických charakteristik povodí. Aktualizace rozvodnic tak byla zařazena jako jeden z dílčích úkolů do projektu institucionální podpory Dlouhodobé koncepce rozvoje příspěvkové organizace (DKRVO) v letech 2018–2022.

4.1 Použité podklady

Základním podkladem pro aktualizaci rozvodnic povodí 4. řádu byl již zmíněný digitální model reliéfu 5. generace, který byl v ČÚZK dokončen k 30. červnu 2016 v prostorovém rozlišení 2 × 2 m.

Dalšími nezbytnými podklady jsou informace o strukturálním a geometrickém uspořádání vodních toků. Geometrie vodních toků byla přebírána z dat státního mapového díla ZABAGED®. Struktura páteřních vodních toků, tj. hlavního toku v daném polygonu povodí 4. řádu, byla přebírána ze dvou datových zdrojů, a to jednak z osového modelu říční sítě tzv. Centrální evidence vodních toků (CEVT), kterou spravují státní podniky Povodí společně s Lesy České republiky (LČR) a Státním pozemkovým úřadem (SPÚ), a dále z úsekového modelu vodních toků DIBAVOD, který obsahuje jako jediný hydrologický identifikátor pořadí vodních toků, a který byl použit již při aktualizaci rozvodnic v měřítku 1:10 000. Rozdíly ve struktuře vodních toků dle CEVT a DIBAVOD, resp. ZABAGED® jsou navrhovány, připomínkovány a odsouhlasovány v rámci projektu Harmonizace páteřních vodních toků ISVS Voda (VÚV T. G. M. 2023). Odsouhlasené změny jsou následně ve zhruba půlročních cyklech zapracovávány do datové sady vodních toků ZABAGED®. Podrobněji je proces Harmonizace páteřních vodních toků popsán v další části příspěvku.

Při aktualizaci rozvodnic byla zároveň využita celá řada doplňkových datových sad a vrstev. Jednou z nich je ucelená skupina dat vodstva ZABAGED®, kde jsou například vodní plochy, propustky nebo bodová vrstva „Uzlový bod říční sítě“, která má v atributech obsažené informace o křížení, soutocích, pramenech či pseudouzlech vodních toků. Důležitou informací bylo atributové rozlišení toků ZABAGED®, zda se jedná o podzemní nebo povrchový úsek toku. Využívány byly mapové kompozice ČÚZK s ortofoto snímky a základní mapou ČR v měřítku 1:10 000 poskytované prostřednictvím webových služeb GIS serveru ČÚZK. Jako podklad byl využit také digitální model povrchu 1. generace (DMP1G).

Na širším území hlavního města Prahy byla k aktualizaci rozvodnic dále využita data o dešťové kanalizační síti a přilehlých odvodňovacích plochách Pražské vodohospodářské správy a. s. (PVS) a data o podrobných vodních tocích, které spravuje Odbor ochrany prostředí magistrátu hlavního města.

Zahraniční rozvodnice byly aktualizovány s pomocí podkladů, které poskytli oslovení zahraniční partneři (zejména jejich rozvodnice), případně byly použity mapové podklady poskytované jako otevřená data z veřejných zdrojů.

4.2 Technologie

Celý proces aktualizace rozvodnic probíhal na platformě ArcGIS společnosti ESRI se všemi jejími využitelnými komponentami a vazbami databáze – desktopová aplikace – server. Jedná se o technologii, která se v ČHMÚ dlouhodobě využívá (nejen) při odvozování hydrologických posudků (základních hydrologických údajů), ale také při správě a aktualizaci ostatních využívaných dat.

V prvních dvou letech projektu probíhaly práce na kompletaci podkladových dat a na testování propojení jednotlivých technologických komponent. Zároveň byl sjednocen metodický postup editace rozvodnic, bylo nastaveno použití geoprocenových nástrojů a jejich parametry (např. ekvidistance vrstevnic). Procesy byly testovány na pilotních povodích. Veškeré úpravy

Tab. 1 Porovnání ploch povodí ve vybraných závěrových profilech.

Table 1. Watershed areas comparison at selected outlet sites.

Profil	ČHP	Původní plocha [km ²]	Aktualizovaná plocha [km ²]	Procentuální změna [%]
Labe po Čistou	1-01-01-0250-0-00-00	213,86	213,63	- 0,11
Jesenický potok	1-08-04-0300-0-00-00	19,53	21,55	+ 10,3
Hloučela – VS Soběsuky	4-12-01-0530-0-00-70	81,65	81,08	- 0,70
Rusava ústí	4-12-02-1380-0-00-00	151,06	153,26	+ 1,46

probíhaly v referenčním souřadnicovém systému WGS 1984 UTM 33N.

V průběhu aktualizace byla provedena celá řada dílčích úkolů s cílem sjednotit napříč republikou harmonizační procesy a získat jednotnou a ucelenou datovou sadu. V rámci zpracování metodických postupů aktualizace rozvodnic byla vytypována pilotní povodí s cílem:

- otestovat technologii – zprovoznění, nastavení a ověření funkčnosti sdílené databáze, nahrání a sdílení podkladových dat, nastavení práv uživatelům
- zpracovat jednotný pracovní postup – zpracování uživatelského manuálu s cílem sjednotit pracovní postupy a podklady na jednotlivých pobočkách ČHMÚ
- vyhodnocení – zjistit rozdíly v plochách povodí před a po aktualizaci rozvodnic, vytipovat oblasti s největšími změnami, nastavení referenční měřítkové úrovně
- odhad vlivu aktualizace ploch povodí na odvození hydrologických údajů.

Cílem porovnání pilotních povodí bylo stanovit taková povodí, kde budou zastoupeny nížinné i horské oblasti území a ucelená problematika možné hierarchie vodních toků (mimoúrovňová křížení, náhony, odbočení, vodní díla, vodoměrné stanice). Jako pilotní povodí bylo vybráno povodí horního Labe po soutok s Čistou a celé povodí Rusavy. Na těchto povodích byly opraveny rozvodnice podle výše uvedených podkladů a byly vyhodnoceny výsledky zejména s ohledem na změnu velikosti plochy povodí (díleč, celkové). Porovnání vybraných ploch povodí před a po aktualizaci přibližuje tab. 1.

Zmíněné postupy vedly ke stanovení jednotného procesu editace rozvodnic, ať už se to týká použitých podkladů, použití a nastavení programového vybavení, nastavení shladení a ekvidistance automaticky generovaných vrstevnic, resp. stanovení vhodné měřítkové úrovně, kdy ještě nedochází ke zkreslení datových vstupů, zejména DMR 5G. Pro jednotný postup a práci aktualizace datové sady rozvodnic povodí 4. řádu napříč pobočkami byl následně vytvořen pracovní návod, který byl zveřejněn jako závazný v prostředí řízených dokumentů ČHMÚ (Tyl, Matulová 2021).

Na samotné editaci/aktualizaci rozvodnic se podíleli vždy 2–3 pracovníci ze sedmi poboček ČHMÚ, zejména v druhé polovině období projektu. Oproti předchozí aktualizaci rozvodnic v měřítku 1:10 000, kdy se výrazně zpřesnilo členění a často se měnila či doplňovala struktura dílčích povodí (zavedlo se již zmíněné dělení k hrázím vodních děl, mimoúrovňovým křížením apod.), v této aktualizaci převažovalo zpřesňování vedení hranice rozvodnice na základě podrobnějších podkladů DMR 5G a geometrie vodních toků (i když ke strukturálním změnám také došlo). Z větší části tak editace probíhala ručně v definovaném rozmezí měřítkových úrovní. Rozvodnice odvo-

zené automaticky pomocí hydrologických rastrových analýz implementovaných v ArcGIS Pro bylo možné využít jako další z podkladů a bylo v režii příslušných editorů.

4.2.1 Sdílená geodatabáze

Datová sada rozvodnic byla uložena v relační databázi Oracle s nadstavbou SDE geometrie a s nastaveným multiuživatelským přístupem. Aktualizace probíhala přímo v relační databázi a podíleli se na ní pracovníci všech sedmi poboček ČHMÚ ve spolupráci s oddělením povrchových vod. Relační databáze umožňuje sdílenou editaci, tedy přístup a úpravu najednou všem uživatelům, kteří mají nastavena editační práva. Odpadla tak potřeba, oproti předchozí aktualizaci v měřítku 1:10 000, vrstvu rozvodnic rozdělovat na sedm částí s ohledem na územní působnost poboček a po aktualizaci ji zase spojovat dohromady. Editace probíhala nad jednou, celistvou vrstvou. Nad datovou sadou rozvodnic byla v databázi nastavena topologická pravidla, což umožnilo využít topologické editační nástroje těžkého desktopového klienta.

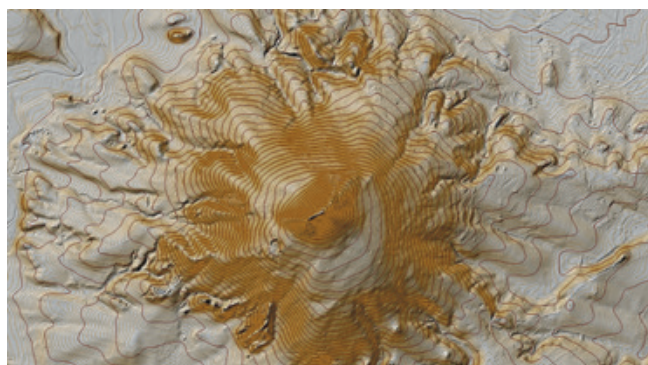
V relační databázi Oracle byla také uložena a prostřednictvím Portálu ArcGIS serveru sdílena veškerá potřebná podkladová data, tedy samotný digitální model reliéfu 5. generace, vodní toky ZABAGED®, vodní toky CEVT státních podniků Povodí a LČR, vodní toky DIBAVOD od VÚV T. G. M., data hlavních melioračních zařízení SPÚ apod. Využívání podkladových dat prostřednictvím relační Oracle databáze a serveru ArcGIS Enterprise zajišťovalo aktuálnost a jednotnost podkladových dat napříč jednotlivými zpracovateli.

Samotná editace/aktualizace rozvodnic probíhala prostřednictvím 64bitové desktopové aplikace ArcGIS Pro úrovně Advanced. Úroveň ArcGIS Pro Advanced umožňuje topologickou editaci a kontrolu editovaných dat přímo v Oracle databázi.

Nezbytným podkladem při editaci rozvodnic je digitální model reliéfu 5. generace a z něj generované vrstevnice a stínovaný reliéf. Pro editaci bylo v rámci výsledků z testování procesů na pilotních povodích stanoveno (maximální) referenční měřítko 1:1 000 vzhledem k podrobnosti terénu a současně tak, aby vyhovovalo pro další zpracování odvozených hydrologických údajů. Testováno bylo i vygenerování vrstevnic jako feature layer, tedy trvalá vrstva ve dvou úrovních: základní (s krokem 1 m) a zesílená (krok 10 m), ovšem jak se ukázalo, z časových a hardwarově kapacitních důvodů nebylo možné takto vyrobit vrstevnice pro celé území ČR.

4.2.2 Geoprocessingové nástroje

Jak už bylo zmíněno, při aktualizaci rozvodnic se využívalo dynamicky generovaných vrstevnic a stínovaného reliéfu přímo z DMR 5G. Odpadá tak nutnost ukládat další objemná data (samotný DMR 5G má ve formátu souborové geodatabáze velikost cca 106 GB), obě vrstvy se generují „on the fly“ přímo v desktopovém klientu. Parametry pro generování vrstevnic byly dané



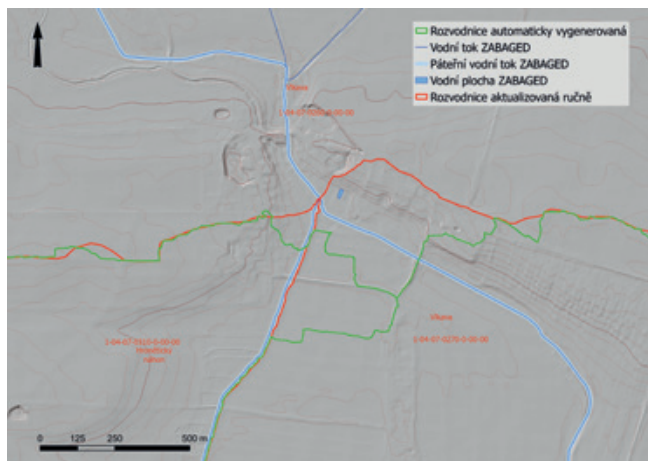
Obr. 5 Stínovaný reliéf a vrstevnice generované z DMR 5G, vrch Ralsko.

Fig. 5. Hill shade relief and contours generated from DMR 5G, Ralsko hill.

jednotně pracovním postupem. Na obr. 5 jsou znázorněny dynamické vrstevnice s výškovým krokem 1 m společně se stínovaným reliéfem. Nutno podotknout, že v době probíhající aktualizace nebyly k dispozici vrstevnice z DMR 5G jako datový produkt ČÚZK.

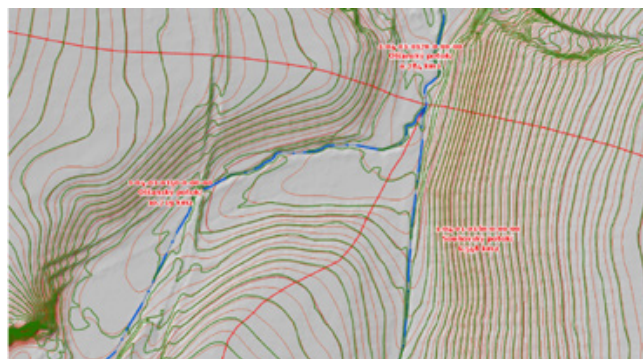
Hydrologické rastrové analýzy (nástroje) využívají vybraného digitálního modelu reliéfu pro výpočet a stanovení hydrologických prvků povodí – mj. říční síť a rozvodnic. Některé rovinnaté oblasti ČR byly náročné na určení korektního vedení rozvodnice, proto bylo v oddělení povrchových vod vyvinuto a do ArcGIS Pro zakomponováno programové rozšíření v podobě toolboxu s názvem HydroDEM (Šercl 2020), které pomocí Python skriptů umožňuje s využitím rastrových analýz a při definování okrajových podmínek (parametrů a vrstev) nechat vygenerovat automatickou rozvodnici. Ta je však odvozena čistě nad digitálním modelem reliéfu a nezohledňuje antropogenní zásahy do vodních toků, jako jsou například umělé náhony, mimoúrovňová křižení, podzemní úseky či propustky, které odvádí vodu pod vyvýšenými silnicemi (viz obr. 6). Proto sloužila automaticky vygenerovaná rozvodnice jako pomocný nástroj při samotné aktualizaci.

V době zpracování metodických postupů nebyla k dispozici vrstva oficiálních vrstevnic Zeměměřického úřadu pro celou Českou republiku, proto byly alespoň porovnány oficiální vs-



Obr. 6 Problém s nesprávným odvozením automaticky generovaných rozvodnic k místu odbočení Hroznětického náhonu z Vlkavy.

Fig. 6. Incorrect drainage divides automatically generated at branching of the Hroznětický millrace from the Vlkava River.



Obr. 7 Porovnání dynamických vrstevnic (hnědá) a vrstevnic poskytnutých ZÚ (zelená).

Fig. 7. Comparison of dynamic contours (brown) and contours from ZÚ (green).

tevnice ZÚ společně s vrstevnicemi automaticky generovanými z DMR 5G na dvou vybraných povodích Klejnárky a Vlkavy. Následně byly odvozeny rozvodnice dle nastaveného metodického postupu (tedy s využitím dynamicky generovaných vrstevnic) a rozvodnice nad poskytnutými vrstevnicemi od ZÚ. V obou podkladech vrstevnic nebyly zjištěny významnější rozdíly, které by měly vliv na průběh odvozené rozvodnice. Rozdíly mezi oběma vrstevnicemi jsou pouze v míře shlázení linie, v pracovním návodu je definována větší míra shlázení těch automaticky generovaných. Naopak dynamicky generované vrstevnice umožňují překreslování s ohledem na změnu měřítko v mapě a tudíž zobrazení větší podrobnosti dynamických vrstevnic při práci ve větších měřítkových úrovních. Rozdíly mezi dynamickými vrstevnicemi používanými k editaci a vrstevnicemi poskytnutými ZÚ jsou patrné na obr. 7.

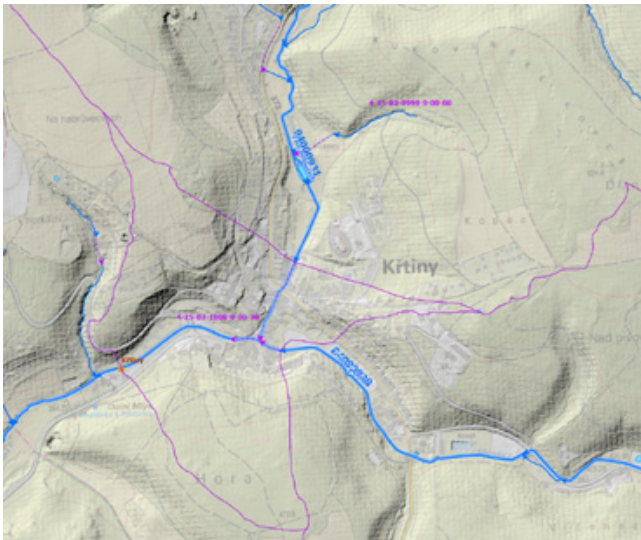
4.3 Podzemní páteřní toky

V průběhu aktualizace rozvodnic byl řešen jeden z větších dílčích úkolů, kdy je část páteřního vodního toku v místě soutoků vedena v podzemí a kdy část území nad podzemní částí toku může náležet jinému povodí. V těchto případech zároveň nemusí odpovídat bod soutoku vodních toků bodu styčnicku odpovídajících rozvodnic.

Byla provedena prostorová analýza nad daty ZABAGED® s cílem zjistit počet takových případů a na základě provedené analýzy pak byla navržena řešení vedení přilehlé rozvodnice. Výsledných cca 200 příkladů bylo katalogizováno do šesti skupin, ve kterých je či není možné přistoupit k jednotnému řešení:

- úsek v obci,
- úsek mimo obec,
- mimoúrovňové křižení,
- krátký úsek v tělese hráze, náspu,
- krasová oblast,
- jiné.

Řešení v problematických oblastech bylo konzultováno individuálně mezi oddělením povrchových vod a pobočkami s přihlédnutím na hydrologická, orografická a topologická pravidla, případně s rekognoskací přímo v terénu. Nejvíce případů se nachází v intravilánu obce, kde však není potřeba rozvodnice upravovat, protože podzemní úsek toku prochází v údolnici



Obr. 8 Řešení vedení rozvodnic (fialová) v místě podzemních úseků vodních toků (čárkované) v obci Křtiny.

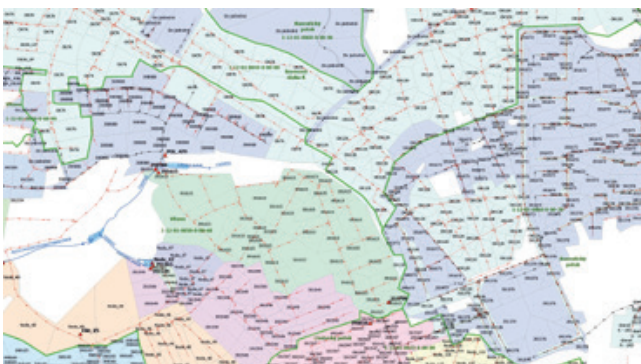
Fig. 8. Resulting drainage divide (purple) at the location of underground sections of watercourses in the Křtiny village.

potenciálního povrchového úseku. Komplikovanější případ soutoku tří podzemních úseků toku a řešení vedení jejich odpovídající rozvodnice ilustruje obr. 8 v obci Křtiny.

4.4 Využití dešťové kanalizace v Praze

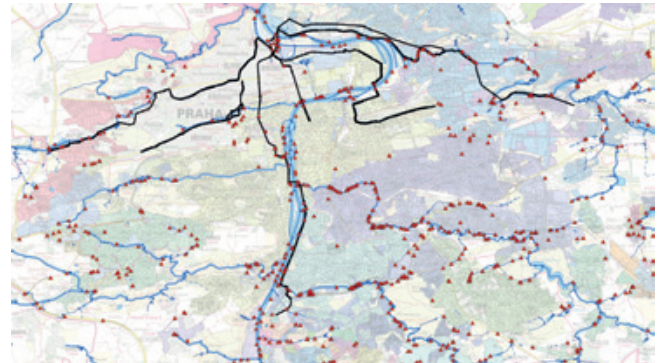
V Praze a okolí byly rozvodnice aktualizovány s využitím informací o kanalizační síti, které poskytla Pražská vodohospodářská správa a. s. (PVS). Jedním z impulzů pro aktualizaci rozvodnic na území Prahy, se zohledněním dešťové kanalizační sítě, byl požadavek magistrátu hlavního města na vytvoření srážkoodtokového předpovědního modelu Prahy na malých vodních tocích. Současně jsou údaje o kapacitách kanalizace zohledňovány při vydávání hydrologických údajů (*N*-letých a *M*-denních průtoků).

Kanalizační síť je buď oddílná, kdy jsou vedeny odděleně splaškové a dešťové vody, nebo jednotná, kde jsou srážkové i dešťové vody odváděny v jednom společném kanalizačním systému. PVS má nad strukturou kanalizační sítě postavený vlastní hydraulický srážkoodtokový model, kde jsou jako základní vstupní prostorové jednotky polygony přiléhající základním úsekům kanalizační sítě (obr. 9). Tyto polygony jsou odvozeny separátně pro dešťovou a jednotnou kanalizaci v místech, kde jsou



Obr. 9 Podrobný model kanalizační sítě Prahy. Popisky u polygonů udávají závěrový profil (kanalizační výpust).

Fig. 9. Detailed model of Prague sewerage system. Polygon labels show sewerage outlet.



Obr. 10 Černě vyznačené kmenové stoky vedoucí na ÚČOV, barevně polygony modelu kanalizační sítě, červené jednotlivé kanalizační výpusti.

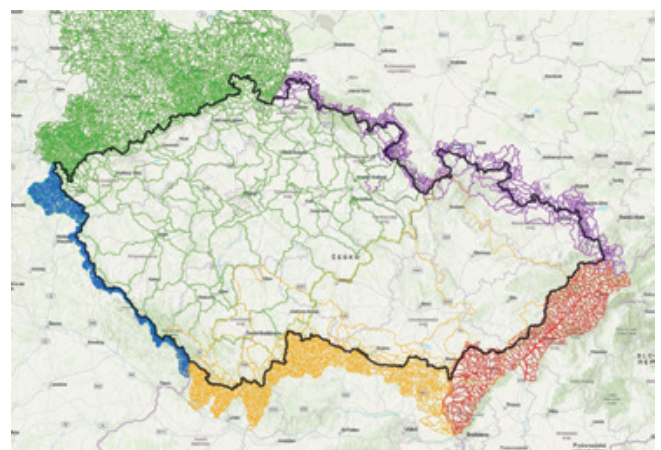
Fig. 10. Trunk sewer (black lines) heading to ÚČOV, polygons of sewerage model are coloured, sewerage outlets are red.

kanalizační sítě oddělené. Byly tedy k dispozici polygony pro dešťovou kanalizaci zvláště tam, kde existuje (zejména okrajové části Prahy). V centru Prahy je dešťová voda odváděná jednotnou kanalizační sítí do kmenových kanalizačních stok, kterých je celkem sedm, a dále na ústřední čistírnu odpadních vod (ÚČOV) v Praze Troji (obr. 10). Zde jednotlivé polygony PVS obsahují informaci o přiřazené kmenové stoce.

4.5 Zahraniční rozvodnice

Česká republika jakožto „střecha Evropy“ odvádí převážnou část povrchové vody říční sítí z ČR směrem do zahraničí. Jsou ale případy, kdy je část území odvodňována ze zahraničí (např. horní úsek Ohře, Lužnice, Dyje nebo Olše), anebo je na území ČR jen malá část zahraničního povodí (týká se všech hraničních povodí s Polskem, Německem, Rakouskem i Slovenskem). Zde bylo potřeba vyřešit rozvodnice ve spolupráci s vybraným zahraničním partnerem. Byly proto osloveny dotčené zahraniční organizace s dotazem na poskytnutí jejich aktuálních rozvodnic a informací, jakým způsobem byly jejich rozvodnice odvozeny.

Ve výsledku se podařilo získat rozvodnice od všech okolních států, ovšem s různou podrobností a aktuálností (obr. 11). To bylo závislé na tom, v jakém stádiu zpracování byly jednotlivé státy s aktualizací digitálního modelu reliéfu na svém území. Kromě Slovenska, které ještě nemá DMR pomocí laserového



Obr. 11 Mapa poskytnutých zahraničních rozvodnic.

Fig. 11. Map of foreign drainage divides provided from the neighbouring countries.

skenování pro celé území hotové, poskytly ostatní státy rozvodnice již aktualizované nad jejich podrobnými DMR, např. Rakousko až v lednu roku 2023, Polsko v únoru 2023.

Napojení našich rozvodnic na hranicích bylo provedeno s ohledem na to, aby bylo co nejvíce zachováno poskytnuté zahraniční vedení rozvodnice.

5. Projekt Rozvoj ISVS Voda

V rámci mezirezortní pracovní skupiny projektu Rozvoj ISVS Voda, který běží v současné době na Ministerstvu zemědělství (MZe) a do kterého je ČHMÚ jako správce rozvodnic zapojen, probíhá spolupráce na sjednocení tří různých datových sad vodních toků, konkrétně CEVT, DIBAVOD a ZABAGED® (VÚV T. G. M. 2023). Projekt je ve fázi Prvotní harmonizace páteřních vodních toků, kde jsou ve sdíleném prostředí po jednotlivých povodích 4. řádu zakládány a připomínkovány návrhy na změny ve vrstvě páteřních vodních toků ZABAGED® (např. názvy, přečíslování úseků toků, pramenných úseků a další). Informace o zkontrolovaných povodích v řídicí tabulce projektu ISVS Voda jsou podstatné pro konečnou podobu aktualizace rozvodnic na straně ČHMÚ. Odsouhlasené změny jsou průběžně cca 3× za rok zapracovávány do rozvodnic, pokud má odsouhlasená změna vodního toku vliv na její vedení nebo číslování.

Počátky projektu spadají do prosince 2012, práce na harmonizaci páteřních toků se rozběhly naplno na jaře roku 2018. Za resort Ministerstva životního prostředí se úkolu kromě ČHMÚ účastní VÚV T. G. M., případně zástupci správy národních parků. Za resort Ministerstva zemědělství jsou to všechny státní podniky Povodí, Lesy České republiky s. p. a Státní pozemkový úřad. Na projektu spolupracuje také Státní plavební správa. Garantem podkladových data ZABAGED® je Zeměměřický úřad.

6. Závěr

ČHMÚ je z litery zákona zodpovědný za evidenci rozvodnic povodí 4. řádu a jejich číselného identifikátoru. Článek přináší bližší pohled na historický vývoj evidence rozvodnic v ČR a podrobně informuje o poslední provedené aktualizaci, kde byl využit digitální model reliéfu 5. generace a laserovým skenováním zpřesněné vodní toky ZABAGED®. Přínos aktualizace lze shrnout do několika následujících bodů:

- Aktualizace rozvodnic nad moderními a nejpodrobnějšími podklady přinesla zpřesnění vedení hranice mezi dvěma povodími zejména v nížinných a rovinatých oblastech. Například zde se do změny ve vedení rozvodnice promítly náspy a zářezy liniových dopravních staveb a ohrázení větších vodních toků, které jsou v DMR 5G jasně patrné, a které výrazně vystupují i při použití automaticky generovaných rozvodnic s využitím hydrologických rastrových analýz.
- Změny v ploše povodí se více projevují u malých povodí. S rostoucí velikostí plochy povodí se rozdíl mezi starou a novou plochou ztrácí (pokud nedošlo ke strukturálním změnám). V nížinách může být rozdíl v ploše povodí výraznější i pro větší povodí.
- Zpřesnění rozvodnic na území hlavního města Prahy bylo provedeno se zohledněním dešťové kanalizační sítě, což umožňuje vydávat

hydrologická data ovlivněná funkcí kanalizace.

- Na hranicích České republiky bylo aktualizováno napojení rozvodnic na poskytnuté zahraniční podklady a byly unifikovány zahraniční závěrové profily.
- Jednotně bylo vyřešeno vedení rozvodnic v závislosti na zakrytých a podzemních úsecích páteřních vodních toků.
- Samostatně byly vyčleněny plochy bezodtokých území podkrušnohorských hnědouhelných dolů s kvantitativním stanovením převodů vody do okolních přirozených recipientů.
- Podrobnější a detailnější vrstva vodních toků má v některých případech za následek další dělení povodí.

Poděkování:

Projekt aktualizace rozvodnic nad DMR 5G byl financován v rámci institucionální podpory Dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace v letech 2018–2022.

Literatura:

- ČUZK, 2019. ZABAGED® – dokončení polohového zpřesňování podle LLS [online]. [cit. 9. 10. 2023]. Dostupné z WWW: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(2ycqs1vo01hywfhhc2y0pwy\)\)/Default.aspx?mode=News&head_tab=sekce-02-gp&newsTyp=id&newsID=2900](https://geoportal.cuzk.cz/(S(2ycqs1vo01hywfhhc2y0pwy))/Default.aspx?mode=News&head_tab=sekce-02-gp&newsTyp=id&newsID=2900).
- ČUZK, 2023. ZABAGED® – Výškopis – DMR 5G. Digitální model reliéfu České republiky 5. generace v S-JTSK, Bpv [online]. [cit. 9. 10. 2023]. Dostupné z WWW: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(g514uqho-laevwlotijqjnsk\)\)/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&mapid=8&menu=302](https://geoportal.cuzk.cz/(S(g514uqho-laevwlotijqjnsk))/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&mapid=8&menu=302).
- FOJTÍK, T., JAŠÍKOVÁ, L., KURFIŘTOVÁ, J., MAKOVCOVÁ, M., MAŤAŠOVSKÁ, V. et al., 2022. GIS a kartografie ve VÚV TGM. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, roč. 64, č. 1, s. 47–52. ISSN 0322-8916.
- HEIS-VÚV, 2012. Základní vodohospodářské mapy 1:50 000 [online]. [cit. 28. 7. 2023]. Dostupné z WWW: <https://heis.vuv.cz>. Databáze > Mapy a data > Datové sady v HEIS VÚV > Základní vodohospodářská mapa ČR 1:50 000: mapové listy (archiv, 1986–1999) > Informační stránky a data ke stažení: mapové listy > Listy ZVM 1:50 000.
- HORSKÝ, L. et al., 1965. Hydrologické poměry Československé socialistické republiky. Praha: Hydrometeorologický ústav.
- ŠERL, P., 2020. Automatické odvození rozvodnic nad DMR 5G v ArcGIS Pro. Praha: ČHMÚ [interní dokument, nepublikováno].
- TYL, R., MATULOVÁ, J., 2021. Aktualizace rozvodnic s využitím DMR 5G. Pracovní návod, verze 2. Praha: ČHMÚ [interní dokument, nepublikováno].
- VÚV T. G. M., 2023. Meziřezortní projekt Harmonizace říční sítě [online]. [cit. 9. 10. 2023]. Dostupné z WWW: <https://www.vuv.cz/zpracovani-a-aktualizace-datovych-sad/resene-projekty-zpracovani-a-aktualizace-datovych-sad/meziřezortni-projekt-harmonizace-ricni-site/>.

Lektoři (Reviewers):

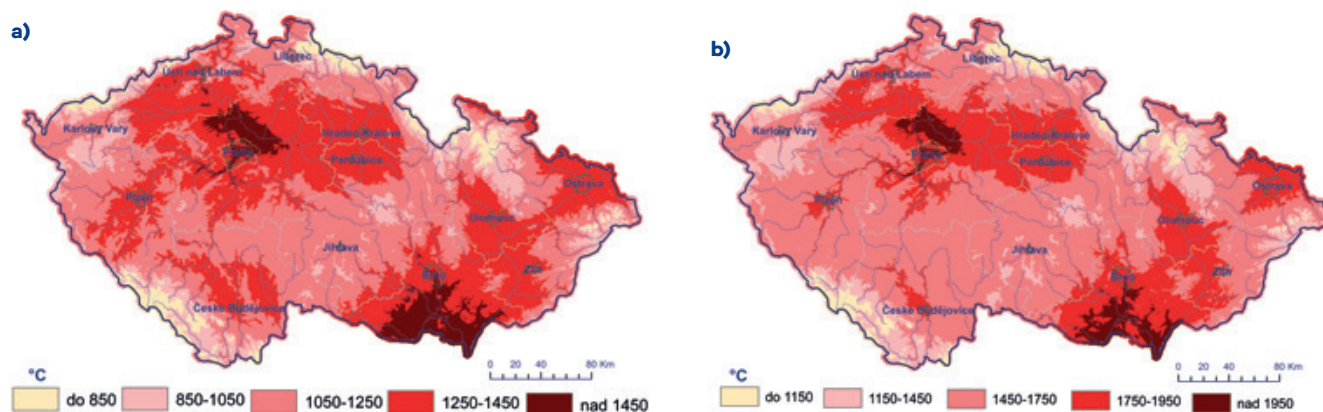
Mgr. Alena Kamínková, Ing. Štěpán Vizina

POČASÍ A ROSTLINY

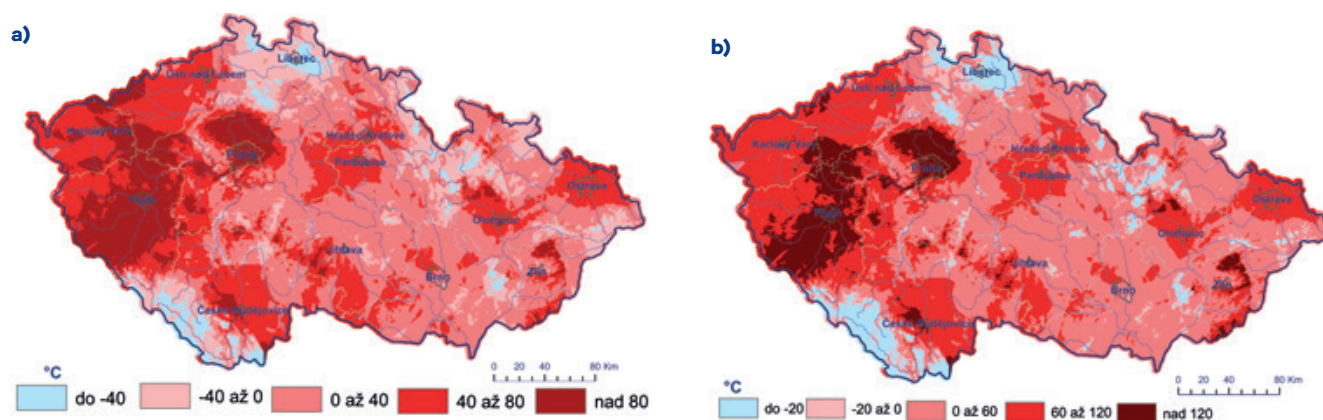
Fenologický vývoj na území ČR v červenci a srpnu 2023

V tomto čísle vyhodnotíme časové období od 1. července do 31. srpna 2023. Při hodnocení vybraných charakteristik je používán normál 1991–2020.

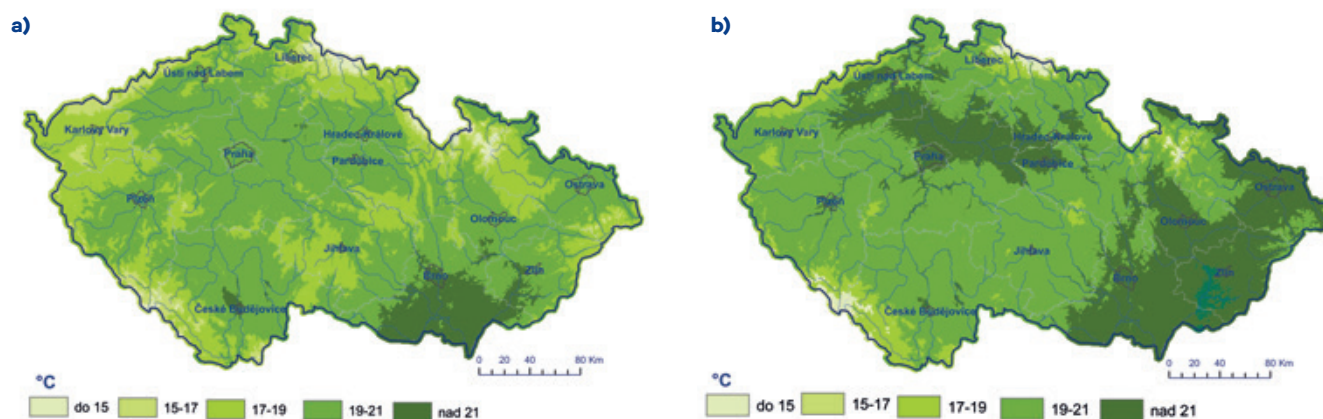
Celkovou sumu **efektivních teplot nad 5 °C** od 1. 1. 2023 do 31. 7. 2023 a 31. 8. 2023 a její srovnání s normálem 1991–2020 zobrazují následující mapy (obr. 1, 2). Absolutní hodnoty sumy efektivních teplot vzduchu nad 5 °C byly v červenci v rozmezí od 850 do 1 450 °C, v srpnu od 1 150 do 1 950 °C (v obou měsících to bylo více než v roce 2022). Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v Polábí a na jižní Moravě. Odchytky od normálu 1991–2020 byly



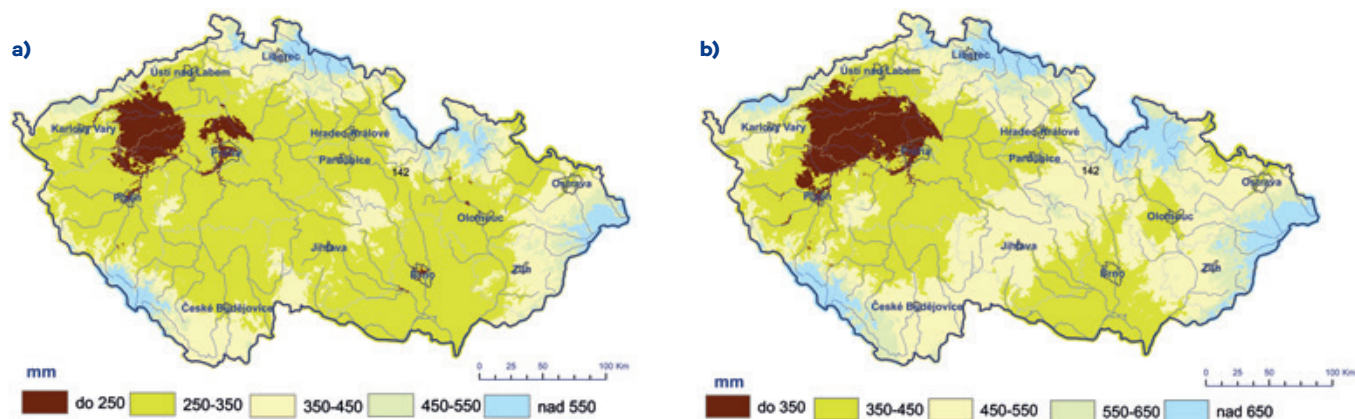
Obr. 1 Suma efektivních teplot vzduchu nad 5 °C od 1. 1. 2023 do 31. 7. 2023 (a) a do 31. 8. 2023 (b).



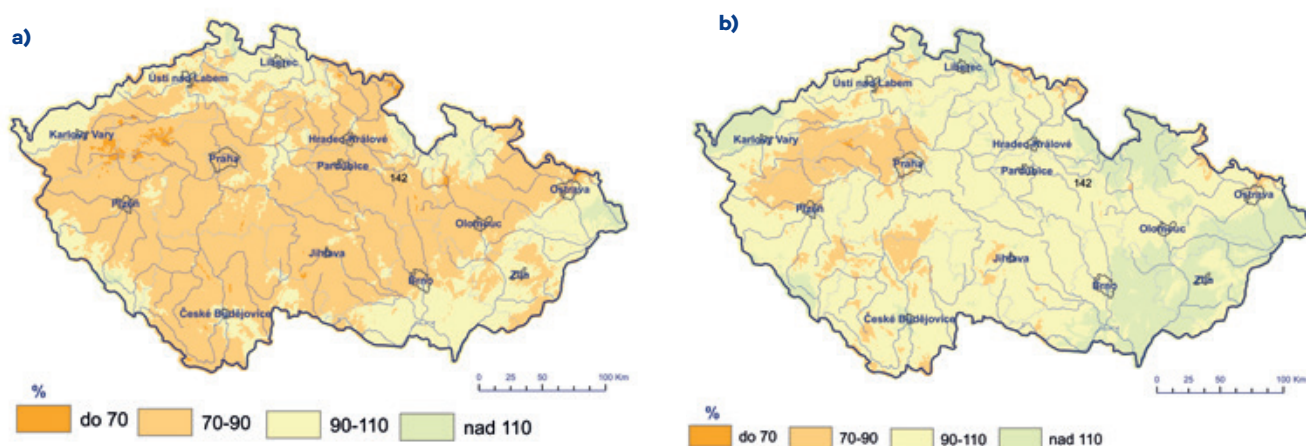
Obr. 2 Suma efektivních teplot vzduchu nad 5 °C – odchylka od normálu 1991–2020 od 1. 1. 2023 do 31. 7. 2023 (a) a do 31. 8. 2023 (b).



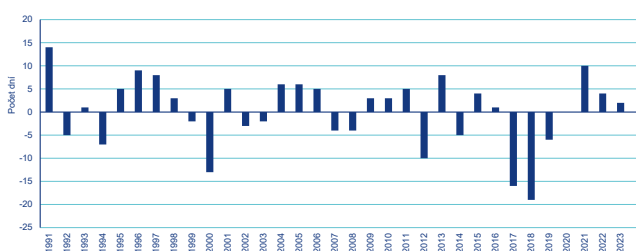
Obr. 3 Průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm dne 31. 7. 2023 (a) a 31. 8. 2023 (b).



Obr. 4 Kumulativní úhrn srážek k 31. 7. 2023 (a) a 31. 8. 2023 (b).



Obr. 5 Kumulativní úhrn srážek (procenta normálu 1991–2020) k 31. 7. 2023 (a) a 31. 8. 2023 (b).



Obr. 6 Konec kvetení lípy srdčité – odchylky od normálu 1991–2020, stanice Benešov (350 m n. m.).



Obr. 7 Květ lípy srdčité.

v obou měsících na většině území kladné, pouze v některých lokalitách, např. na Šumavě či Liberecku, byly odchylky záporné.

Průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm dne 31. 7. 2023 a 31. 8. 2023 je uvedena v obrázku 3. V červenci i v srpnu se průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm pohybovala v rozmezí 15 až 21 °C. Při srovnání s rokem 2022 byly hodnoty o 4 °C vyšší.

Kumulativní úhrn atmosférických srážek od 1. 1. 2023 do 31. 7. 2023 a 31. 8. 2023 a procentické vyjádření normálu 1991–2020 jsou vykresleny na obrázcích 4 a 5. Nejvyšší kumulativní úhrn srážek byl zaznamenán v severozápadních a středních Čechách a na Plzeňsku. Ve srovnání s normálem 1991–2020 dosahovaly hodnoty v červenci na většině území pouze 70 až 90 % normálu. V srpnu byla situace příznivější,

pouze v severozápadních, západních, středních a jižních Čechách byly úhrny srážek 70–90 % normálu.

V první polovině července stále kvetla lípa srdčitá a začala odkvétat až ve druhé polovině. V červenci a srpnu postupně dřevnatěly nové výhony dřevin, dále probíhala tvorba pupenů (zejména na stanicích ve vyšších nadmořských výškách). Dozrávaly meruňky, třešně, borůvky a probíhala sklizeň obilovin. Na konci srpna začaly dozrávat plody svídy dřín, bezů a jeřabin, začala sklizeň chmele. Na konci srpna vrcholilo „fenologické pozdní léto“.

Další informace o vývoji vegetace a počasí v roce 2023 vám přineseme v následujícím čísle.

Lenka Hájková

INFORMACE – RECENZE

Cena prof. Stanislava Hanzlíka udělena doc. Daniele Řezáčové

Na Valném shromáždění České meteorologické společnosti (ČMeS), konaném 20. září 2023 v Roudnici nad Labem, došlo k historicky prvnímu udělení Ceny prof. Stanislava Hanzlíka za mimořádný přínos pro rozvoj meteorologie a příbuzných oborů, jak zní celý název tohoto ocenění. To bude uděleno nejvýše jedenkrát ročně výjimečným osobnostem české meteorologické komunity. Z rukou předsedkyně ČMeS RNDr. Taťany Míkové ho přijala doc. RNDr. Daniela Řezáčová, CSc., emeritní pracovnice Ústavu fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i. (ÚFA). Ocenění jí náleží za výzkum v oboru mikrofyziky oblaků a srážek, pedagogickou činnost, rozvíjení spolupráce s mezinárodní vědeckou komunitou a zásadní podíl na vzniku Elektronického meteorologického slovníku.



Výzkumu na poli meteorologie se laureátka věnuje od svých studií na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy, kde v roce 1973 obhájila dizertační práci na téma Stanovení spektra velikostí dešťových kapek. V té době již měla za sebou několik publikací v odborných časopisech. V databázi Web of Science dnes najdeme přes třicet článků s jejím autorským přispěním, přičemž je třeba připomenout, že zde nejsou indexována zdaleka všechna periodika, kde doc. Řezáčová své práce publikovala. Zcela zásadní přínos pro českou meteorologii pak představuje monografie Fyzika oblaků a srážek, které je hlavní autorkou. Obsáhlou knihu vydalo nakladatelství Academia v roce 2007 a za příslušný rok ji Český literární fond ve spolupráci s Nadáním Josefa, Marie a Zdeňky Hlávkových ocenil jako nejlepší autorskou práci v oblasti věd o neživé přírodě.

Zmíněná monografie dodnes slouží jako učebnice studentům meteorologických oborů a příslušných aplikací včetně technických, čímž se dostáváme k pedagogickému působení laureátky. Ta externě přednášela na Matematicko-fyzikální fakultě a Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy, přičemž na druhé z uvedených fakult se v roce 2005 habilitovala prací na téma Využití poznatků z fyziky oblaků a srážek při řešení současných hydrometeorologických úloh. Mj. mnoho let vyučovala vysoce oceňovaný předmět Fyzika meteorologických jevů a procesů, který celkem absolvovalo kolem dvou set studentů. Kromě přednáškové činnosti byla doc. Řezáčová též školitelkou řady diplomantů a doktorandů, z nichž někteří nyní tvoří jádro oddělení meteorologie ÚFA, které dlouhé roky vedla.

Co se týče mezinárodní spolupráce, již v letech 1969–1970 pracovala Daniela Řezáčová v Ústavu meteorologie Univerzity

v Karlsruhe. Kontakty se zahraničím si v mezích tehdejší politické situace udržovala i v následujících dvou desetiletích, takže po pádu železné opony měla na co navázat. Jejím prostřednictvím se tak ÚFA zapojila do celé řady mezinárodních projektů, a to především na poli výzkumu oblačné mikrofyziky a silné konvekce. Vždy měla blízko i k radarové meteorologii, plně se zapojila např. do evropských projektů COST (COST 75, COST 255...), projektu RadHyd a dalších.

Již zmíněné tři oblasti působení doc. Řezáčové by jistě byly dostatečným důvodem pro její ocenění, nicméně to není všechno. Když se totiž ukázala potřeba revize a elektronizace českého meteorologického slovníku, vydaného v roce 1993, zasloužila se laureátka o obnovení činnosti terminologické skupiny ČMeS v roce 2010. Během následujících osmi let, kdy skupinu vedla, došlo k zásadním opravám a doplnění slovníku, který se v roce 2015 přesunul na internet a o čtyři roky později získal svou dnešní, plně elektronickou podobu.

Přejeme Daniele Řezáčové, která v uplynulých měsících navíc oslavila významné životní jubileum, hlubokou radost ze všeho, co doposud v životě vykonala, a přátelství lidí, kteří ji obklopují. Pro mnohé své spolupracovníky je totiž víc než jen kolegyně.

Miloslav Müller

Česká meteorologická konference 2023

Ve dnech 19. až 21. září 2023 se v Roudnici nad Labem, v prostorách hotelu Magnolia, uskutečnila Česká meteorologická konference. Česká meteorologická společnost (ČMeS) tak rozvíjí již bezmála šedesátiletou tradici pravidelných setkávání odborné komunity lidí zabývajících se meteorologií, klimatologií, kvalitou ovzduší a příbuznými obory.

Letos nově zavedený název konference vyjadřuje, že není určena pouze pro členy ČMeS, nýbrž i pro ostatní, kdo v těchto oborech pracují, studují, nebo je meteorologie jejich velkým koníčkem. Propojování lidí napříč institucemi a regiony Česka totiž patří k hlavním cílům ČMeS, jejíž 30. výročí si letos připomínáme. Totéž výročí slaví i Slovenská meteorologická společnost, jejíž zástupce jsme mezi námi rádi uvítali. Dohromady jsme si připomněli, že již před 65 lety, v roce 1958, byla založena Československá meteorologická společnost při ČSAV, na jejíž činnost obě současné společnosti navazují.

Hlavním cílem České meteorologické konference bylo a bude i v budoucnu vzájemně se informovat o aktuálním dění v našich oborech. Proto byla na programu celá řada příspěvků na nejružnější témata, z nichž několik letošní konferenci vévodilo. Především to byly příspěvky představující průběžné výsledky dvou velkých výzkumných projektů, na nichž v současnosti pracují týmy pracovníků více institucí. Jeden odborný blok tak byl věnován projektu PERUN, zaměřenému na predikci, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku. Dalšímu odbornému bloku vévodil projekt ARAMIS, věnovaný vytvoření integrovaného systému výzkumu, hodnocení a kontroly kvality ovzduší. Celou skupinou příspěvků byla dále zastoupena radarová meteorologie,



Součástí programu konference byla odborná exkurze na profesionální meteorologické stanici a observatoři ČHMÚ v Doksanech. Foto: R. Tydlítát.

což odráží rozvoj této disciplíny související se zaváděním nových technologií v této oblasti.

Spolu s výročí vzniku ČMeS uplynulo letos 30 let i od vydání Meteorologického slovníku výkladového a terminologického, které bylo završením několik desetiletí trvajícího úsilí českých (a slovenských) meteorologů o soustavné zpracování naší terminologie. Proto jsme se rozhodli toto téma zařadit na program našeho setkání, takže mezi přednesenými příspěvky zaznělo i ohlédnutí za vznikem slovníku, jeho zasazení do mezinárodního kontextu a představení současného stavu Elektronického meteorologického slovníku, který na tištěný slovník navazuje. Byly rovněž představeny a diskutovány nové a plánované aktivity na poli české meteorologické terminologie.

První blok konference byl věnován především problematice, řešení a výsledkům projektu PERUN. V této části zaznělo celkem sedm příspěvků. Před přestávkou pak byl za vedení Milošlava Müllera představen druhý blok, a to v podobě posterové sekce. Autoři všechny posterů stručně uvedli a následně se rozproudila diskuse nad prezentovanými informacemi a výsledky. Třetí blok konference byl věnován radarové meteorologii, kde zaznělo sedm příspěvků, především od pracovníků společnosti Meteopress s.r.o. Tento blok moderoval Petr Pešice a příspěvky vyvolaly rozsáhlou diskuzi.

Druhý den konference začal čtvrtý blok, který byl věnován historii, současnosti a budoucnosti terminologie. Zde je třeba vyzvednout především vystoupení RNDr. Karla Kršky, CSc., jenž byl ústřední postavou prací na Meteorologickém slovníku výkladovém a terminologickém, který vyšel tiskem v r. 1993.

Před obědem pokračovalo Valné shromáždění ČMeS, které vedla předsedkyně Taťána Míková. Členové společnosti byli informováni o činnosti společnosti za poslední rok od minulého Valného shromáždění v Telči v září 2022. Účastníci shromáždění byli informováni o složení nového výboru společnosti a jejího předsednictva na další tři roky. Zazněly informace z Výboru Evropské meteorologické společnosti konané počátkem září v Bratislavě a o průběhu konference.

Hlavním bodem letošního Valného shromáždění bylo udělení Ceny pro-

fesora Hanzlíka. Po více než roce příprav byla cena udělena poprvé. Cenu prof. Stanislava Hanzlíka uděluje společnost za mimořádný přínos pro rozvoj meteorologie a příbuzných vědních oborů. První oceněnou se stala doc. RNDr. Daniela Řezáčová, CSc. Cena byla udělena za výzkum v oboru mikrofyziky oblaků a srážek, pedagogickou činnost, rozvíjení spolupráce s mezinárodní vědeckou komunitou a zásadní podíl na vzniku Elektronického meteorologického slovníku. Cena společnosti nese jméno po profesoru Stanislavu Hanzlíkovi, jedné z nejvýznamnějších osobností české meteorologie. Ocenění bylo uděleno a dále bude udělováno formou grafického listu a dedikace. První ocenění bylo uděleno v roce 2023 u příležitosti 145. výročí narození profesora Hanzlíka.

Po skončení Valného shromáždění pokračovala čtvrtá sekce konference pod vedením Milošlava Müllera, vedoucího terminologické skupiny ČMeS a vedoucího autorského kolektivu elektronického slovníku. Účastníci byli informováni o současném stavu slovníku a zamýšlených dalších aktivitách. Byl diskutován možný další vývoj včetně mezinárodní spolupráce a uplatnění hesel na Wikipedii.

Poslední, pátý blok letošní konference byl věnován zaměření a výsledkům projektu ARAMIS a dalším přednáškám.

Závěrečný třetí den byl tradičně věnován odborným a jiným exkurzím. Byla domluvená komentovaná prohlídka kostela Narození Panny Marie a kláštera sester premonstrátek v Doksanech. Poté byla zahájena exkurze na profesionální meteorologické stanici a observatoři ČHMÚ v Doksanech. Pracovníci observatoře účastníkům ukázali rozsáhlou meteorologickou zahrádku s ukázkou mnoha standardních i speciálních přístrojů, byla představena mezinárodní fenologická zahrádka a vybavení stanice. Po skončení exkurze a drobném občerstvení se část účastníků přesunula do datového úložiště ČHMÚ v Brozanech. Účastníci byli stručně seznámeni s historií budovy, prošli si prostory úložiště a nad připravenými jednotlivými typy archiválií se rozproudila zajímavá diskuse. Někteří účastníci se vydali na horu Říp.

Na konferenci, na kterou zavítalo 73 účastníků, zaznělo celkem 26 příspěvků ve čtyřech již uvedených přednáškových blocích. Bylo prezentováno také 14 posterů. Podle ohlasů účastníků se domníváme, že se letošní konference vydařila a účastníci se dozvěděli mnoho nových a zajímavých informací.

Příští Česká meteorologická konference ČMeS se bude konat v termínu 24. až 26. září 2024. Poznamenejte si tento termín do svých kalendářů a jste srdečně zváni.

Pavel Lipina a Milošlav Müller



Společné foto účastníků České meteorologické konference 20. září 2023 v Roudnici nad Labem. Zdroj: ČHMÚ.

Meteorologické zprávy

Meteorological
Bulletin

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

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

Vydavatel (redakce) – Publishers

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

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

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

Vedoucí redaktor – Chief Editor

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

Redaktor – Assistant Editor

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

Redakční rada – Editorial Board

J. Bednář, Univerzita Karlova, Praha, Česká republika

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

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

Z. Horký, Praha, Česká republika

F. Hudec, Univerzita obrany, Brno, Česká republika

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

P. Huszár, Univerzita Karlova, Praha, Česká republika

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

K. Krška, Brno, Česká republika

M. Lapin, Univerzita Komenského, Bratislava, Slovenská republika

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

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

V. Pastirčák, Bratislava, Slovenská republika

E. Plavcová, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha, Česká republika

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

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

J. Strachota, Praha, Česká republika

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

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

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

H. Vondráčková, Praha, Česká republika

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

Abstracting and Indexing:

Meteorological and Geostrophysical Abstracts

Tisk:

COLORA PrintHouse s. r. o., Husova 373/29, 757 01 Valašské Meziříčí

CC BY-NC-ND

ISSN 0026-1173

ISSN 2788-3140 (on-line)

Registrační číslo MK ČR E 5107

© Meteorologické zprávy, Český hydrometeorologický ústav

Flash Flood Indicator

Indikátor přívalových povodní

Petr Sercl, Martin Pecha, Petr Novak, Hana Kyznarova, Ondrej Ledvinka, Vojtech Svoboda, Jan Danhelka

Praha: ČHMÚ, 2023, 52 stran, ISBN 978-80-7653-050-8 (pdf)

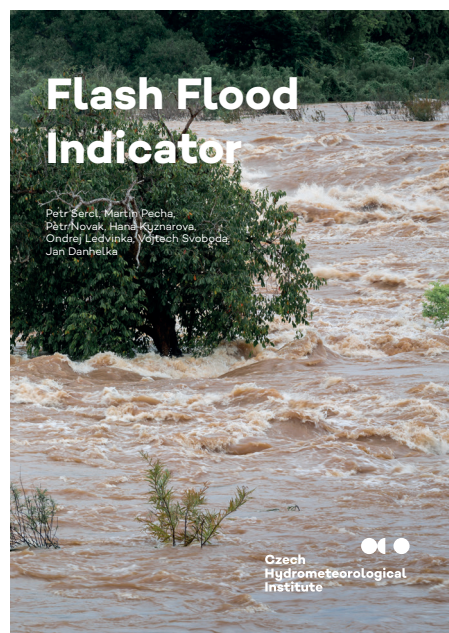
Když hrozí přívalová povodeň, je včasné varování tím, co rozhoduje o ochraně životů a zdraví. Odborníci z ČHMÚ dlouhodobě vyvíjejí komplexní nástroj Indikátor přívalových povodní (Flash Flood Indicator), který má za cíl informovat o možném riziku vzniku či výskytu jevů spojených s přívalovými srážkami, kterými jsou nejčastěji lokální zatopení a přívalová povodeň.

Publikace je určena zejména odborné veřejnosti, která se o danou problematiku zajímá, příp. se jí přímo profesně zabývá. Shrnuje veškeré poznatky, které získali odborníci z ČHMÚ během více než deseti let výzkumu a vývoje. Podrobný popis fungování a procedur Indikátoru vyšel v anglickém jazyce jako příspěvek k mezinárodnímu transferu znalostí v této oblasti a naleznete ho ke stažení na stránkách nakladatelství ČHMÚ.

Indikátor přívalových povodní, o kterém daná publikace pojednává a podrobně jej popisuje, shrnuje několik výpočetních procedur, z nichž nejzásadnější jsou dvě:

- První z nich v denním kroku aktualizuje stav nasycení území a potenciálních rizikových srážek o trvání 1, 3 a 6 hodin, a to na základě bilance spadlých srážek, odtoku a výparu.
- Druhá z procedur počítá v 15minutovém intervalu riziko vzniku přívalové povodně a lokálního zatopení. Vstupem jsou odhady spadlých a krátkodobě předpovídaných srážek s využitím dat z meteorologických radarů a sítě srážkoměrných stanic. Jelikož riziko přívalové povodně se počítá v systému hydrologicky propojených částech území (povodí a říční úseky), je možné toto riziko stanovit i pro území, která nebyla přímo zasažena přívalovými srážkami, ale vodní příval tam může dotéci z výše položených míst.

Indikátor přívalových povodní je v současné době rutinně provozován a využíván na předpovědních pracovištích ČHMÚ.



nakladatelstvi.chmi.cz

**Český
hydrometeorologický
ústav**

