

## **Střednědobá předpověď průtoků pro účely stanovení rizika výskytu hydrologického sucha**

Medium-term Discharge Forecast for purposes of hydrological drought risk  
evaluation

*Petr Janál<sup>1</sup>, Petr Münster<sup>2</sup>, Zdeněk Hadaš<sup>3</sup>*

*Český Hydrometeorologický Ústav, Pobočka Brno, Kroftova 2578/43, 61667 Brno<sup>1,2,3</sup>*

### **Abstrakt**

Český Hydrometeorologický Ústav (ČHMÚ) vydává každodenně predikce průtoků v předpovědních profilech na následujících 48 hodin. Problematika sucha však vyžaduje delší předpovídané období. Proto byl hydrologický model HYDROG (Starý, 1991-2014), rutinně používaný v rámci předpovědní povodňové služby na pobočkách Brno a Ostrava, použit pro výpočet střednědobé hydrologické předpovědi založené na vstupních datech o vývoji srážek z globálního meteorologického modelu.

**Klíčová slova:** hydrologický model, predikce, srážky

### **Abstract**

Czech Hydrometeorological Institute (CHMI) – the national hydrological service – issues daily hydrological forecasts with lead time of 48 h. However the prediction of drought requires longer lead time. The distributive rainfall-runoff model HYDROG (Starý, 1991-2014) is used for hydrological forecasting in Brno and Ostrava regional offices within flood forecasting service. Model was tested for issuing medium-term discharge forecast based on input precipitation data from global meteorological model.

**Keywords:** hydrological model, prediction, precipitation

### **Úvod**

Operativní předpověď průtoků cílená na potřeby problematiky sucha není prozatím v praxi příliš zastoupena. Rozvoj předpovědních modelů (meteorologických i hydrologických) sebou přináší možnost vytvářet dostatečně přesné predikce s delší dobou platnosti. Za povodňové situace jsou základními požadavky na hydrologickou předpověď co možná nejpřesnější stanovení velikosti a času kulminace a objemu povodňové vlny, a to s co největším předstihem. Důležitá je také častá aktualizace předpovědí podle aktuálního vývoje na povodí.

Standardně se operativní předpovědi průtoků vydávají na následujících 48 hodin, s delší předpovědí vstupních dat se totiž kumulují možné odchylky od skutečných vodních stavů. Problematika sucha klade na hydrologické předpovědi odlišné požadavky. Především je to vývoj srážek na delší předpovídané období a schopnost hydrologického modelu správně simulovat pokles hladiny během delšího bezesrážkového období. Popisované metody se zaměřují pouze na sucho hydrologické, tj. sucho definované jako 355denní průtok v daném profilu na vodním toku. A mohou tak tvořit pouze jeden z nástrojů potřebných pro řešení problematiky sucha a jeho předpovědi.

### **Materiál a metody**

Zkoumané území zahrnuje horní povodí řeky Olšavy s přítoky Št'ávnice a Nivničky (obr. 2). Přímou v tomto povodí se nachází meteorologická stanice Luhačovice, Kladná-Žilín (B1KLZI01). Reprezentativní pro srážkové úhrny v jižní části povodí je stanice Strání (B1STRN01), nicméně do analýzy srážkových dat byly zahrnuty i další okolní stanice: Staré Město (B1STME01), Strážnice (B1STRZ01), Štítná nad Vláří (B1STIT01) a Vizovice (B1VIZO01). Období analýzy vstupních dat bylo vybráno mezi 16. 9. do 31. 12. 2014, jelikož v tomto časovém úseku byly vytvářeny soubory předpovědních dat. Bodové předpovědi s výhledem na 8 dní (poslední zaznamenaný denní úhrn 7:00 SEČ osmého dne), plošné předpovědi pro Thiessenovy polygony studovaného povodí (obr. 2 vlevo) na 1. den (denní úhrn zaznamenaný 7:00 SEČ následujícího dne). Předpovědní data vycházejí z globálního předpovědního modelu Evropského centra pro střednědobou předpověď počasí (ECMWF), konkrétně z deterministického běhu modelu s prostorovým rozlišením výpočetních bodů 16x16 km. Předpovědi pro konkrétní body i výsledné průměrné hodnoty z libovolné plochy byly získány lineární interpolací mezi gridovými body. (zdroj dat: [www.ecmwf.int](http://www.ecmwf.int); archiv operativních dat ECMWF). Bodové předpovědi denních srážkových úhrnů byly porovnány s naměřenými údaji automatických srážkoměrů na meteorologických stanicích ČHMÚ (zdroj: CLIDATA, databáze ČHMÚ). K analýze průměrných úhrnů srážek na ploše jednotlivých polygonů bylo využito výstupů z projektu INCA-CE, kde je skutečný úhrn srážek na ploše odhadován na základě kombinované informace ze srážkoměrů a z meteorologických radarů.

Úspěšnost předpovědi množství srážek byla vyhodnocena podle metodiky vypracované až po roce 2000 pracovníky centrálního prognózního pracoviště ČHMÚ v Praze (Mgr. Marjan Sandev, RNDr. František Šopko). Metoda je využívána na předpovědních pracovištích ČHMÚ v rámci hodnocení předpovědi počasí.

Úspěšnost předpovědi množství srážek:

pro  $P > 4$  mm:  $U [\%] = 125 \times (1 - |P - N| / P)$ ,

pro  $P \leq 4$  mm:  $U [\%] = 125 \times (1 - |P - N| / 4)$ ,

kde:

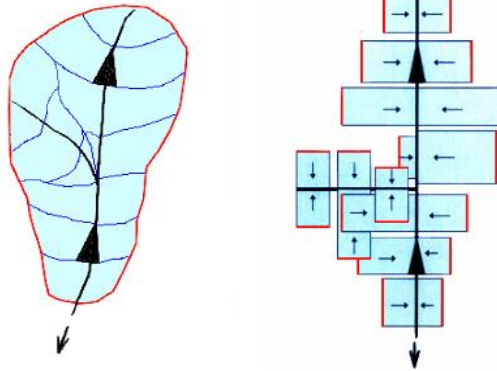
- $U$  je úspěšnost předpovědi množství srážek v %
- $P$  je předpověď předpovědi množství srážek v mm
- $N$  je spočtené průměrné množství srážek (z naměřených hodnot) v mm.

Jestliže  $U$  vyjde ze vzorce  $\geq 100$  %, pak úspěšnost předpovědi = 100 %, jestliže  $U$  vyjde ze vzorce  $\leq 0$  %, pak úspěšnost předpovědi = 0 %. Při předpovědi srážek 4 mm a více bude úspěšnost předpovědi 100%, pokud se spočtené množství (skutečnost) srážek v regionu bude lišit maximálně o  $\pm 20$  % od předpověděného množství. S rostoucím rozdílem úspěšnost předpovědi klesá lineárně k 0, kterou dosáhne při nulových spadlých srážkách nebo naopak dvojnásobných oproti předpovědi. Spadlo-li více než dvojnásobné množství oproti předpověděnému, je úspěšnost předpovědi nulová. Při předpovědi srážek menších než 4 mm se míra poklesu úspěšnosti předpovědi zachovává na úrovni míry poklesu předpovědi 4 mm. Zde při chybě předpovědi 1 mm je úspěšnost 94 %, při chybě 2 mm je úspěšnost 63 %, při chybě 3 mm úspěšnost 31 %, při chybě 4 mm úspěšnost 0 % (intranet ČHMÚ).

V období analyzovaných předpovědních dat se vyskytly v oblasti jihovýchodní Moravy dvě delší období beze srážek, popřípadě s výjimečnými a slabými srážkami. Jedná se o 12 dní v době 2. 10. až 14. 10. po srážkově bohatém měsíci září a o 13 dní v době 24. 10. až 6. 11. po méně četných srážkách v říjnu. Testovací období hydrologického modelování proto bylo zvoleno mezi 30. 9. a 6. 11. 2014, pro které byly zpětně dopočítávány simulace průtoků na Olšavě v Uherském Brodě na základě různých typů vstupních předpovědních dat obsahujících srážkový úhrn.

Jako hydrologický model byl použit model HYDROG (Starý, 1991-2014) rutinně používaný v rámci hlásné a předpovědní služby na pobočkách ČHMÚ v Brně a Ostravě. HYDROG je epizodní semi-distributivní srážko-odtokový model určený k simulaci, předpovědi a operativnímu řízení odtoků vody z povodí. Vstupními daty do modelu jsou údaje o průtocích, řízených odtocích z vodních nádrží a srážkách, v zimě pak i údaje o teplotách, výšce sněhové pokrývky a vodní hodnotě sněhu.

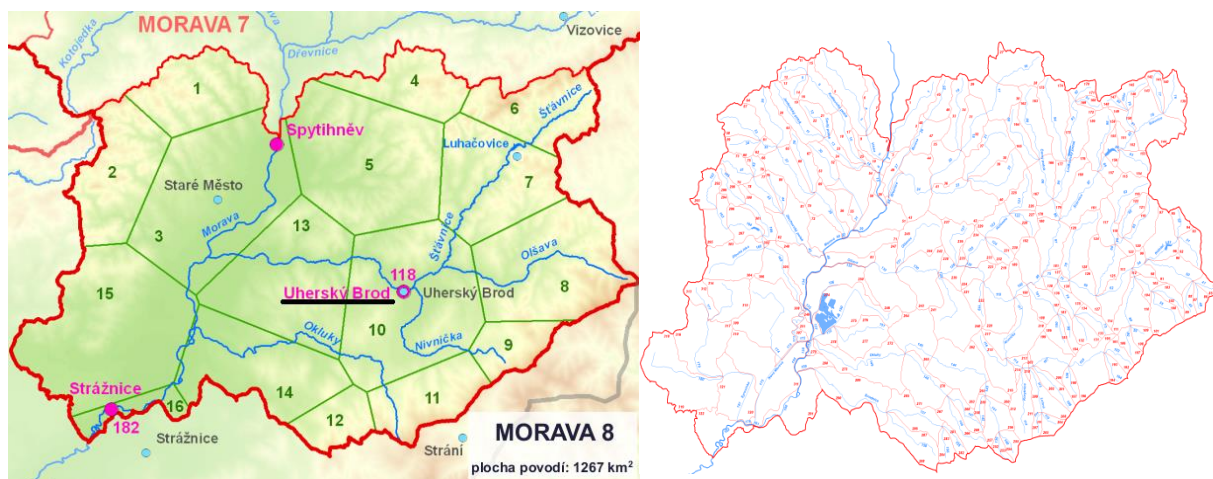
Model pracuje se schematizovaným povodím, kdy se reálné povodí nahradí orientovaným ohodnoceným grafem, viz obr. 1. Říční síť je rozdělena na úseky a k nim příslušející subpovodí na principu otevřené knihy. Každému úseku a každému subpovodí (tzv. zavěšené ploše) jsou přiřazeny příslušné atributy (např. délka, průměrný sklon, tvar koryta pro úseky, velikost, průměrný sklon, typ povrchu pro zavěšené plochy). Z principu schematizace vyplývá, že model se snaží co nejvíce přiblížit reálnému tvaru povodí.



Obr. 1 – Princip schematizace povodí modelem HYDROG.

Povrchový odtok z povodí je rozdělen na plošný odtok ze zavěšených ploch a koncentrovaný odtok v říční síti a je řešen kinematickou vlnovou aproximací Saint-Venantových rovnic pro neustálené proudění. Pro numerické řešení rovnic popisujících tok vody úseky koryt toků a po zavěšených plochách je použita jednokroková explicitní diferenční metoda. Podzemní odtok se počítá podle koncepčního regresního modelu, kdy se v povodí uvažuje jedna podzemní nádrž – velikost odtoku z této nádrže je pak rozpočítána v každém časovém kroku v poměru velikostí zavěšených ploch na velikost podzemních odtoků z těchto ploch. Základní rovnice nádrží jsou řešeny metodou Runge-Kutta IV. řádu. Vstupní klimatické veličiny, tedy intenzity srážek, teploty, výška sněhu a procento vody ve sněhu jsou pro řešené povodí uvažovány jako průměrné hodnoty pro tzv. Thiessenovy polygony, do kterých jsou zájmová povodí rozdělena. Dělení na polygony a schematizace zájmového povodí je uvedeny na obr. 2.

Pro prvotní testování bylo vybráno povodí Olšavy (levostranný přítok Moravy) a jako zájmový profil byla zvolena vodoměrná stanice Uherský Brod (plocha povodí nad zájmovým profilem 401 km<sup>2</sup>). Zájmové povodí je součástí schematizace většího mezipovodí, které se v operativním provozu modeluje jako celek, viz obr. 2.



*Obr. 2 – Schematizace zájmového povodí.*

Nejprve byla provedena simulace odtokové odezvy za celé testovací období, tj. od 30. 9. do 6. 11. 2014, a byla provedena kalibrace modelu. Za tímto účelem byla použita měřená srážková data, přesněji kombinovaná data změřená srážkoměry a meteorologickými radary (INCA-CE). Kalibrace modelu spočívá ve stanovení hodnot koeficientů, které ovlivňují drsnost koryta, drsnost zavěšených ploch, infiltraci a podzemní odtok. Z hlediska modelování delších bezsrážkových období je důležité nastavení koeficientů upravujících podzemní odtok, které určují, jak rychle dochází k poklesu vodní hladiny.

Následně byl simulován operativní provoz modelu. Postupně byly spočítány 8 denní predikce průtoků založené na srážkách z bodových předpovědí aktualizované každý den. Při standardní hydrologické předpovědi jsou vstupní srážková data v hodinovém kroku, osmidenní předpovědi 24hodinových úhrnů srážek byly upraveny do hodinových intenzit. Do modelu vstupuje průměrná srážka jako plošná informace, pro každý polygon bylo třeba určit reprezentativní stanici bodové předpovědi. Na modelovaném mezipovodí je definováno 16 polygonů, na kterých jsou uvažovány průměrné hodnoty vstupních veličin. Určení reprezentativní meteorologické stanice pro jednotlivé polygony uvádí tabulka 1. Pro modelování průtoků v Uherském Brodě jsou relevantní pouze polygony pokrývající území nad tímto profilem, tj. polygony 4 až 11. Dominantní vliv na určení odtokové odezvy tedy měly predikované hodnoty srážek bodové předpovědi ze stanice Luhačovice.

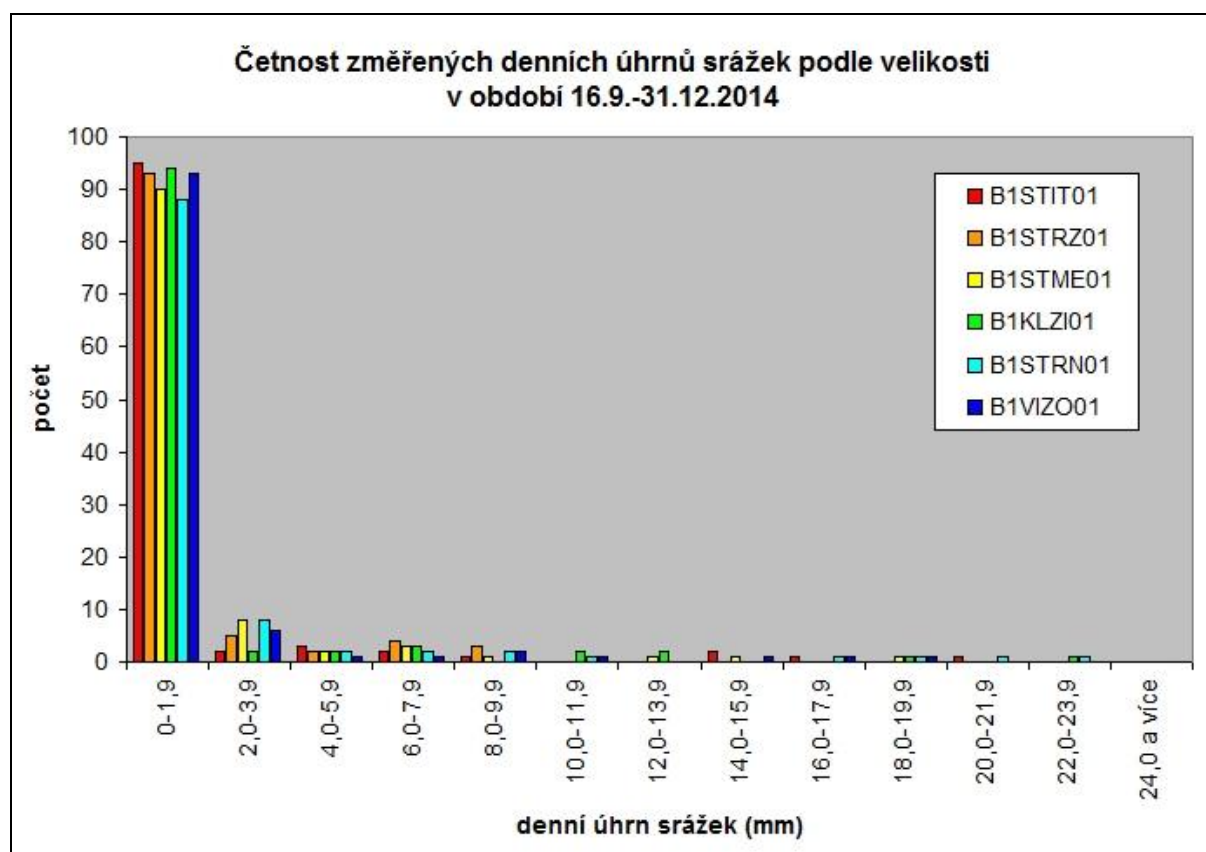
Tab. 1 – Přiřazení meteorologických stanic k polygonům.

Stanice	Přiřazené polygony
Staré Město (B1STME01)	1, 2, 3, 13, 15
Luhačovice, Kladná-Žilín (B1KLZI01)	4, 5, 6, 7, 8, 10
Strání (B1STRN01)	9, 11
Strážnice (B1STRZ01)	12, 14, 16

## Výsledky

### Analýza vstupních dat

Atmosférické srážky vyskytující se v období od 16. 9. do 31. 12. 2014 byly rozloženy vcelku stejnoměrně na studovaném povodí i v jeho okolí, tudíž denní úhrny srážek nevykazují prostorově velké rozdíly mezi stanicemi.



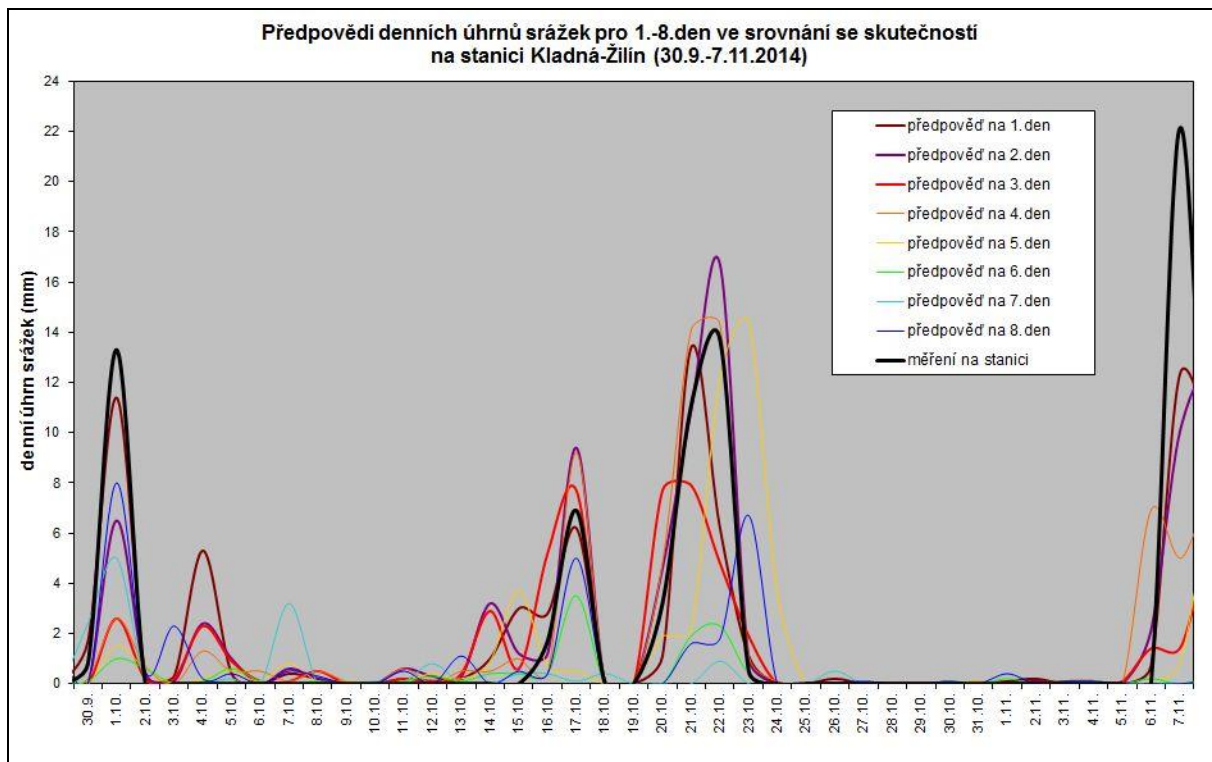
Obr. 3 – Rozložení četnosti denních úhrnů srážek na sledovaných stanicích v období 16. 9. - 31. 12. 2014.

Ze všech sledovaných dnů i stanic bylo s nulovým úhrnem 362 záznamů (56,4 %), do 2 mm se objevil celodenní úhrn v 553 případech (86,1 %). Díky velkému počtu malých úhrnů srážek byla i většina předpovědí, hodnocených s přesností na desetinu milimetru, s malým rozpětím absolutní chyby. Při úhrnu 0 mm vyšla přesná předpověď s nejmenší četností pro 3. den předpovědi – 124krát (19,3 %), největší počet byl zaznamenán pro 7. den předpovědi – 195krát (30,4 %). Počet přesných předpovědí byl již při úhrnech 0 a 0,1 mm vyčerpán z 95 až 99 % případů pro 1. až 8. den předpovědi.

Rozdíly měřených a předpovídaných úhrnů do 1 mm se vyskytly pro 1. den ve 485 případech a pro 7. den předpovědi ve 434 případech (75,5-67,6 %). Počet případů při zvětšující se chybě roste rychleji u krátkodobé předpovědi množství srážek. Už při absolutní chybě předpovědi do 3 mm úhrnu srážek je relativní četnost případů největší pro 1. den (90,7 %) a postupně klesá do 8. dne předpovědi (80,3 %). Absolutní chyby předpovědi 3,0 až 10,0 mm se vyskytly s četností 8,7 až 16,5 %.

Maximální rozdíly, i když málo četné, jsou v rámci všech údajů v rozmezí cca 23 mm (podhodnocení úhrnu srážek) až cca 22 mm (nadhodnocení úhrnu srážek). Jelikož se jedná o případy intenzivnějších srážkových událostí, jsou zde chyby v předpovědi úhrnů důsledkem nepřesné lokalizace center přeháněk. Proto jsou velké rozdíly od skutečnosti zaznamenány i v krátkodobé předpovědi (cca -14 mm a +10 mm pro 1. den). Pro představu: v první polovině září, kdy se častěji vyskytovaly intenzivní srážky s vysokými denními úhrny, byly zaznamenány bodové předpovědi podhodnocené o téměř 45 mm ve střednědobé předpovědi (Strání).

Na obrázku 4 jsou pro stanici Luhačovice, Kladná-Žilín v grafu zřetelné rozdíly předpovídaného denního množství srážek proti skutečně naměřenému množství. Co se týče srážkových dní, dne 1. 10. je vidět případ podhodnocené předpovědi, první den nevýznamně, ale například třetí den byl předpokládán úhrn dvakrát menší než v předpovědi na 7. den. Nicméně načasování srážek zde bylo v denním úhrnu správné. Chyby v předpovědi ve dnech 21. a 22. 10. mohou být ukázkou nevýhody nedostupnosti předpovědních dat ve větším časovém rozlišení. Například předpovídané hodinové nebo 3hodinové úhrny by lépe odpovídaly skutečnosti časovému rozložení srážek než 24hodinová suma v případech, kdy se významnější srážky vyskytovaly kolem doby měření. Ukázka je uzavřena výrazným podhodnocením srážek 7. 11. (chyba přes 20 mm na 3., 5., 6., 7. a 8. den).



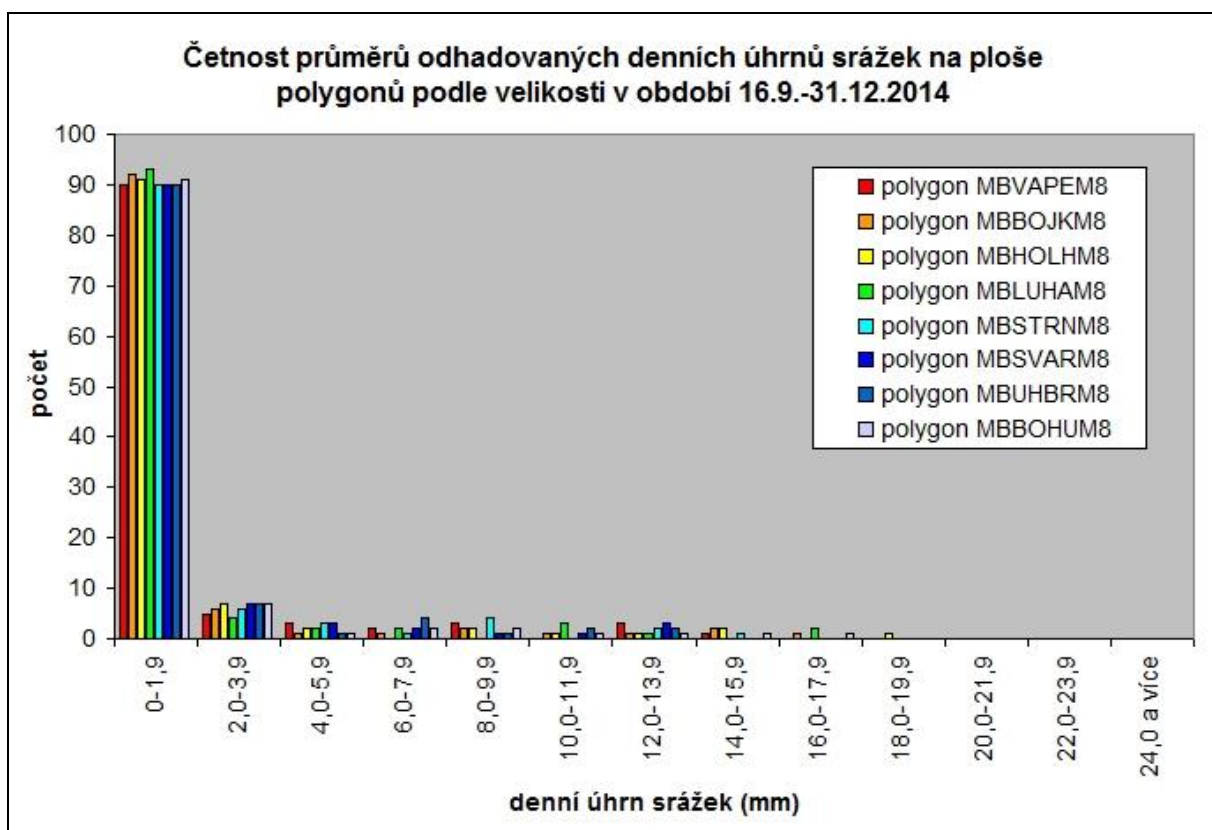
Obr. 4 – Variabilita osmidenní předpovědi denních úhrnů srážek pro stanici Kladná-Žilín v porovnání s měřením v období 30. 9. - 7. 11. 2014.

Opačná situace, jako například 4. a 14. 10., nastává, když se předpokládané srážky na stanici nakonec nevyskytovaly. V prvním případě dokonce největší chyba předpovědi na následující den. V druhém případě chyby v krátkodobé předpovědi větší než ve střednědobé předpovědi množství srážek. Jaké byly dopady chyb ve vstupních datech na výslednou hydrologickou předpověď, ukazuje obrázek 8.

Celková úspěšnost bodové předpovědi množství srážek na sledovaných stanicích pro první den předpovědi byla podle výše zmíněné metodiky v rozmezí 89,1 až 91,8 %. Pro srovnání s ostatními dny předpovědi úspěšnost na stanici Kladná-Žilín a Strání neklesá pod 85 % až do 4. dne předpovědi množství srážek. Výsledek je pochopitelně ovlivněn krátkou dobou sledování a velkým množstvím dní s malým nebo nulovým úhrnem srážek. Důvodem určení úspěšnosti je srovnání bodových a plošných předpovědí množství srážek. Jak již bylo zmíněno, srážky ve sledovaném období byly spíše plošně rovnoměrné, přesto odhadovaný úhrn srážek na ploše vybraných polygonů lépe odráží zeslabování srážek v nižších nadmořských výškách na západě povodí.



Analýza předpovědi průměrného množství srážek v polygonech ve srovnání s průměrem odhadovaného množství srážek v polygonech vycházející z kombinované informace meteorologických radarů a srážkoměrů je prováděna na celkově 856 případech, tedy 107 dní pro 8 polygonů. Hodnoty odhadovaných úhrnů jsou velmi podobné se staničními měřeními zejména při nízkých úhrnech. Při vyšších úhrnech, které jsou prostorově variabilnější, je patrný vliv průměru z úhrnů srážek na ploše polygonu. Grafu na obrázku 5 ukazuje pouze 5 případů denních úhrnu v kategoriích 16 a více mm (v bodových předpovědích 11 případů). Nulový úhrn srážek i kategorie do 2 mm jsou zastoupeny s podobnou relativní četností jako u staničních dat (54,9 %, resp. 84,9 %).

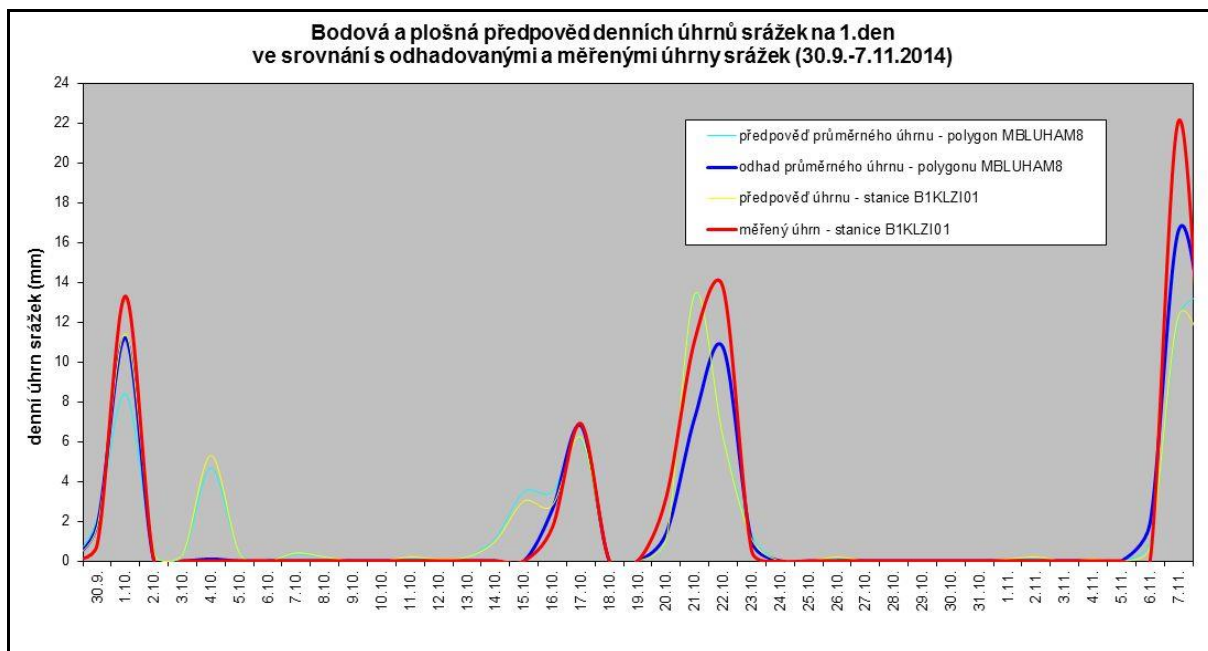


*Obr. 5 – Rozložení četnosti průměrů denních úhrnů srážek ze sledovaných polygonů v období 16. 9. - 31. 12. 2014.*

V předpovědi průměrného množství srážek na polygonech pro 1. den vycházejí výsledky stejných analýz celkově nepatrně lépe než v bodových předpovědích. Přesné předpovědi se sice objevily pouze při nulových úhrnech pro 153 případů (17,9 %). To je v relativním srovnání o 8 % méně než 1. dny bodových předpovědí. Ale maximální rozdíly všech plošných předpovědí a odhadů denního úhrnu srážek byly „jen“ o velikosti cca 9 mm při podhodnocení

a 13 mm při nadhodnocení úhrnu srážek. Absolutní chyba o velikosti do 1 mm v předpovědi srážkových úhrnů na ploše se objevila v 79,0 % případů, o velikosti do 3 mm v 92,4 % případů (bodové předpovědi na 1. den 75,5 %, resp. 90,7 %). Absolutní chyby 3,0 až 10,0 mm v plošných předpovědích úhrnu se objevily s četností jen 6,8 %.

Celková úspěšnost průměrného úhrnu srážek plošné předpovědi množství srážek jednotlivých polygonů pro první den předpovědi byla v rozmezí 90,2 až 92,9 %.



Obr. 6 – Ukázka obou typů předpovědí denních úhrnů srážek ve srovnání se skutečností, resp. odhadem množství srážek v období 30. 9. - 7. 11. 2014.

Tab. 2 – Analýza předpovědi denních úhrnů srážek pro vybraný polygon a stanici za období 16. 9. - 31. 12. 2014.

Předpověď pro	předpověď na	rozdíl předpovědi a měření (mm)		počet předpovědí		
		min.	max.	podhodnocených	nadhodnocených	přesných
polygon MBLUHAM8	<b>1.den</b>	<b>-4.8</b>	<b>10.1</b>	<b>17</b>	<b>69</b>	<b>21</b>
stanice B1KLZI01	<b>1.den</b>	<b>-9.8</b>	<b>7.1</b>	<b>12</b>	<b>66</b>	<b>29</b>
	2.den	-17.0	7.2	13	63	31
	3.den	-20.7	10.1	19	65	23
	4.den	-17.1	10.8	19	58	30
	5.den	-21.3	13.9	20	57	30
	6.den	-22.1	7.1	22	55	30
	7.den	-22.1	16.0	25	46	36
	8.den	-22.1	12.7	25	51	31

Údaje v tabulce 2 a 3 a obr. 6 zobrazují výsledky analýzy pro stanici Luhačovice, Kladná-Žilín (B1KLZI01), jejíž data byla dominantně využita pro hydrologické modelování, a pro polygon MBLUHAM8, v jehož těžišti se nachází právě zmíněná stanice. Úspěšnosti předpovědi denních srážkových úhrnů na 1. den ve srovnání bodové předpovědi pro stanici B1KLZI01 a plošné předpovědi polygonu MBLUHAM8 byly 89,1 %, resp. 90,9 %.

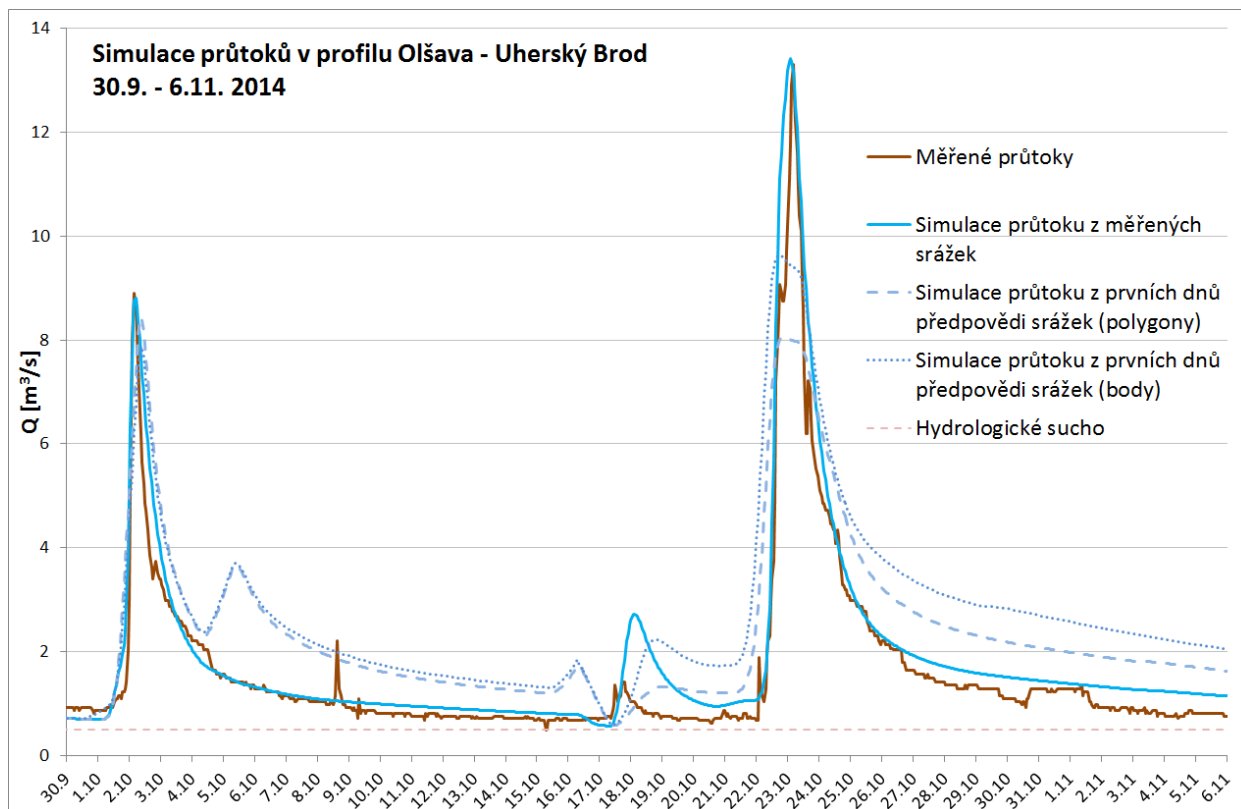
*Tab. 3 – Počet předpovědí denních úhrnů srážek podle velikosti absolutní chyby pro vybraný polygon a stanici za období 16. 9. - 31. 12. 2014.*

předpověď pro	předpověď na	počet předpovědí podle velikosti rozdílu předpovědi a měření (mm)								
		<0-1)	<0-2)	<0-3)	<0-4)	<0-5)	<0-7,5)	<0-10)	<0-15)	<0-20)
polygon MBLUHAM8	<b>1.den</b>	<b>83</b>	<b>91</b>	<b>97</b>	<b>100</b>	<b>104</b>	<b>106</b>	<b>106</b>	<b>107</b>	<b>107</b>
stanice B1KLZI01	<b>1.den</b>	<b>78</b>	<b>91</b>	<b>94</b>	<b>102</b>	<b>102</b>	<b>105</b>	<b>107</b>	<b>107</b>	<b>107</b>
	2.den	76	88	94	98	101	104	105	106	107
	3.den	78	89	93	98	100	101	104	106	106
	4.den	80	91	94	98	101	103	104	106	107
	5.den	75	88	92	96	96	98	102	105	106
	6.den	76	87	89	94	96	101	102	105	106
	7.den	73	85	87	92	96	100	101	105	106
	8.den	72	84	86	87	89	96	102	106	106

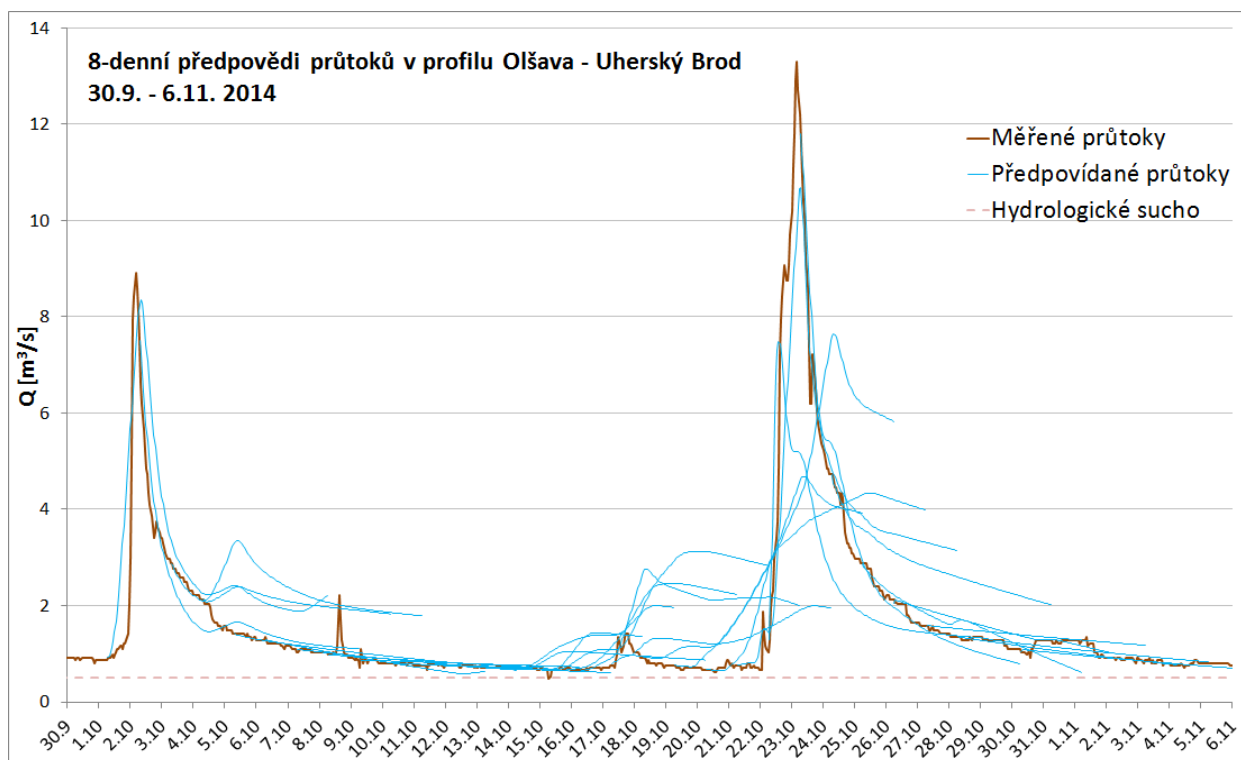
## Hydrologická část

Pro kalibraci modelu byly jako měřené srážky použity kombinované odhady srážek (radar + srážkoměry) počítané přímo pro polygony schematizace povodí v časovém kroku 1h (INCA-CE). Kalibrace byla provedena pro celé testovací období, tj. od 30. 9. do 6. 11. 2014. Na obr. 7 jsou srovnány simulované průtoky s měřenými. V grafu jsou dále uvedeny výsledky simulací, kdy byly měřené srážky nahrazeny předpovídanými. A to tak, že byla srážková data složena pouze z prvních dnů předpovědi. Jelikož jednodenní předpovědi srážek byly k dispozici i jako hodnoty počítané přímo pro polygony schematizace, bylo možné srovnat hydrogramy založené na bodové a plošné předpovědi srážek. Pro tyto simulace bylo použito stejné nastavení parametrů modelu, jaké bylo získáno z kalibrace modelu.

Simulace operativního provozu byla založena na osmidenních předpovědích srážek pro stanice a předpovědní hydrogramy mají počátek navázán na skutečný měřený průtok. Na obr. 8 jsou zobrazeny předpovědi průtoků aktualizované po jednom dni.



Obr. 7 – Simulace průtoků ve srovnání s měřenými průtoky.



Obr. 8 – Předpovědi průtoků na 8 dní ve srovnání s měřenými průtoky.

## Diskuze

Přestože byl soubor dat velice krátký (107 dní) a nezahrnoval velkou škálu typů povětrnostních situací, lze na jejich základě vyčíst důležité informace pro hodnocení předpovědi hydrologické situace při málo vydatných srážkách. Statisticky se bodové a plošné předpovědi srážkových úhrnů na 1.den se příliš nelišily, jelikož byly hodnoceny převážně malé úhrny srážek. Větší rozdíly vynikaly při intenzivních srážkách, jejichž výskyt a úhrn byl v prostoru mnohem variabilnější. Průměr úhrnu srážek z plochy eliminuje do jisté míry nedostatky v přesnosti lokalizace předpovězených srážek. Pokud za stejný časový úsek spadne na plochu celého polygonu správné množství srážek, není důležité, zda byl extrémní úhrn předpovězen ve správném bodě polygonu. Naopak u bodové předpovědi je důležitý správný úhrn na konkrétním místě polygonu, ale ani přesná předpověď nemusí vyjadřovat reálné rozložení srážek na ploše polygonu. Ve sledovaných případech bodové i plošné předpovědi se v denním úhrnu výsledné hodnoty lišily většinou o desetiny milimetrů, nejvýše pak o 3,1 mm srážek.

Například chyba předpovědi +/- 2 mm vycházela pro denní úhrny srážek do 2 mm v 80 % případů a tato úspěšnost klesala jen zvolna pro předpovědi na vzdálenější dny. Tato skutečnost odpovídá očekávanému stabilnímu počasí (přítomnost anticyklony, inverzní charakter počasí). Předpověď nevýznamných srážek je spolehlivější na delší dobu dopředu. Velmi časté jsou přechodné situace mezi stabilním a labilním počasím, což v předpovědi srážek přináší nejistoty v samotné existenci srážky. Střednědobá předpověď pak obsahuje nahodile očekávané úhrny různé velikosti, které se aktualizací předpovědi vytrácejí, nebo odsunují do dalších dnů. Důvodem jsou pochopitelně změny v synoptické situaci, nedostatečná energie k aktivitě předpokládaného nasouvajícího se synoptického útvaru, nebo naopak k udržení stabilní situace, kterou rychleji vystřídá aktivnější útvar v atmosféře. Synoptické situace s převažující labilní atmosférou přinášejí sice větší jistotu srážek, ale za to větší nejistotu v přesnosti lokalizace daných úhrnů, které se mohou navíc lišit i v krátkodobé předpovědi kvůli svému načasování.

První dva zobecněné příklady počasí jsou výhodnější pro spolehlivější hydrologickou předpověď a velikost předpovídaných průtoku závisí na nastavení hydrologického modelu. Kromě přirozených poklesů a vzestupů hladiny vstupují do hry ještě manipulace na vodních nádržích. Takovým případem může být rychlý vzestup a následný rychlý pokles na Olšavě v Uherském Brodě během 8. 10. 2014, což bylo uprostřed prvního bezesrážkového období.

Zásadní otázkou je právě správná manipulace na vodních dílech při srážkovém období, pokud podle střednědobé předpovědi následuje stabilní a suché počasí. Z uvedeného příkladu na Olšavě můžeme usoudit, že pokles vodní hladiny na vodní stav, který předcházal vzestupu hladiny, trval přibližně 10-14 dní. Dosah předpovědních modelů počasí, nehledě na jejich přesnost, je většinou kratší. Navíc se zvětšuje pravděpodobnost odlišného vývoje počasí.

Předpověď srážek na delší dobu tedy má své limity. Pro předpověď povodňových průtoků je použitelná předpověď srážek na maximálně dva dny. Pokud je ale účelem předpovědi odhad trvání suchého období, lze pracovat i s delší dobou platnosti předpovědi. Zatímco chyba předpovídaných srážek na 8 dní dopředu může být značná, tak pro potřeby řešení problematiky sucha může být přesnost dostatečná, jelikož zásadní roli hraje délka trvání bezdeštného období.

Při interpretaci předpovídaných hydrogramů nehraje žádnou roli velikost kulminace, ale je potřeba předpověď vnímat spíše jako tendenci. Vágně vyjádřeno: v následujících osmi dnech budou průtoky klesat či stoupat. V případném poskytování těchto předpovědí široké veřejnosti by bylo příhodnější zvolit jinou formu publikace než hydrogram. Nabízí se rozdělení předpovídaného období do časových intervalů, pro něž může být uvedena předpokládaná tendence vývoje vodní hladiny v daném profilu.

Na výsledcích simulace operativního provozu (obr. 8) je patrné, že předpovědi kulminací zvýšených průtoků na začátku a na konci simulovaného období jsou nepřesné. Zaměříme-li se na období poklesu vodních stavů, je přesnost dostačující. A právě bezesrážková období jsou předmětem zájmu této metody.

Na obr. 7 jsou uvedeny simulace založené na srážkách složených z prvních dnů všech předpovědí. Dá se říct, že první dny předpovědi srážek jsou poměrně přesné. Byly spočítány i simulace odtoku založené na srážkách složených z druhých, třetích,... a osmých dnů všech předpovědí srážek. Získané hydrogramy však již vykazují významné odchylky od reálných dat a nebyly tak ani ve výsledcích uvedeny.

## **Závěr**

Jedná se o prvotní studii střednědobých předpovědí průtoků založených na datech z meteorologických modelů, kdy byl model HYDROG použit za účelem předpovědi sucha. Výsledky vypadají povzbudivě. Velikost předpovídaných průtoků je irelevantní, podstatná je délka poklesu průtoků. Předpověď hydrologického sucha má význam pro povodí nad nádržemi, tj. pro neovlivněné či jen mírně ovlivněné vodní toky. V rámci následujícího vývoje budou vybrány vhodné profily a tyto budou zařazeny do operativního testovacího provozu. Denně tak budou počítány hydrologické předpovědi, založené na dostupných datech z meteorologických modelů, pokud možno s větším časovým rozlišením a dosahem alespoň 8 dní. Výsledná data budou vyhodnocována.

## **Literatura**

Starý, M., (1991-2015). HYDROG, Software for simulation, prediction and operative control of water outflow from the river catchment, Brno, Czech Republic.

INCA-CE: Integrated Nowcasting System for the Central European Area,

<http://www.inca-ce.eu/>

ECMWF: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, <http://www.ecmwf.int/>

## **Kontakt:**

Ing. Petr Janál, Ph.D.

Český Hydrometeorologický Ústav, Pobočka Brno, Kroftova 2578/43, 61667 Brno

Telefon: 541421071, e-mail: [petr.janal@chmi.cz](mailto:petr.janal@chmi.cz)

Mgr. Petr Münster

Český Hydrometeorologický Ústav, Pobočka Brno, Kroftova 2578/43, 61667 Brno

Telefon: 541421072, e-mail: [munster@chmi.cz](mailto:munster@chmi.cz)

Ing. Zdeněk Hadaš

Český Hydrometeorologický Ústav, Pobočka Brno, Kroftova 2578/43, 61667 Brno

Telefon: 541421074, e-mail: [zdenek.hadas@chmi.cz](mailto:zdenek.hadas@chmi.cz)