PŘEDPOVĚDNÍ HYDROLOGICKÁ SLUŽBA NA ČHMÚ BRNO

Lucie Březková, Eva Soukalová

Od roku 2001 se na pobočce ČHMÚ Brno používá srážkoodtokový model HYDROG, který slouží k simulaci, předpovědi a operativnímu řízení odtoků vody z povodí. Model se v současné době operativně provozuje v povodí Svratky (3 939 km^2), Dyje (4 527 km^2) a Jihlavy (2 998 km^2). Vstupními daty do modelu jsou údaje o průtocích, řízených odtocích z vodních nádrží a srážkách, v zimě pak i údaje o teplotách a výšce sněhové pokrývky. Pro operativní provoz se každodenně využívají rovněž radarové odhady srážek, které zahušťují a v případě poruchy přenosů kompletně nahrazují síť přenosových srážkoměrných stanic. Model slouží nejen k operativní předpovědi průtoků, ale využívá se i pro simulace různých odtokových situací (např. simulace tání zásob sněhu v povodí a ověření kapacit nádrží), které by mohly v blízké době nastat. V současné době se model testuje na předpovídání přívalových povodní s využitím některých typů extrapolace radarového echa.

Klíčová slova: srážkoodtokový model 1, předpověď průtoků 2, srážkoměrná stanice 3, radarový odhad srážek 4, simulace průtoků 5

Since 2001, the Brno CHMI Regional Office uses the rainfall-runoff HYDROG model, which serves for the simulation, forecasting and operative direction of water runoffs from the catchment. The model is at the present time operatively run in the catchments of the Svratka river (3 939 km^2), Dyje river (4 527 km^2) and Jihlava river (2 998 km^2). The input data for the model are data on discharge, directed runoffs from reservoirs, and precipitation, and also in winter data on temperatures and the height of the snow cover. For operative running, there is a daily use of radar precipitation estimates, which improve and in the case of faults in relay completely replace the network of relay precipitation-metering stations. The model serves not only for the operative discharge forecast, but is also used for the simulation of various runoff situations (e.g. the simulation of snowmelt in the catchment and verification of reservoir capacities), which could occur in the near time. At the present time the model is being tested for the forecasting of flash floods with the utilisation of some types of extrapolation of the radar echo.

Key word: rainfall-runoff mode l, discharge forecast 2, raingauge 3, radar precipitation estimate 4, simulation of runoff 5

ÚVOD

Významné povodně z konce devadesátých let – zejména povodeň v červenci 1997 na Moravě, urychlily rozhodnutí zavést hydrologické předpovědi pomocí matematických modelů ve větším měřítku i na regionálních předpovědních pracovištích poboček ČHMÚ. Vlastní práce při kalibraci modelů probíhaly formou spolupráce mezi vybranými firmami a pracovníky ČHMÚ, kteří se soustředili především na přípravu datových podkladů a pak na verifikaci a testování modelů v reálném provozu. Tyto náročné úkoly probíhaly v rámci grantových projektů – Extrémní hydrologické jevy v povodích, Výzkum metod a rozvoj předpovědních modelů pro potřeby povodňové ochrany a Výzkum vztahů mezi meteorologickými příčinami vývoje silných srážek a hydrologickou odezvou povodí.V povodí Moravy se pro předpovědi začal využívat model HYDROG [Starý, 1991-2005].

Srážkoodtokový model HYDROG byl nasazen nejprve v povodí Svitavy (2001), dále v celém povodí Svratky (2002), v povodí Dyje po novomlýnské nádrže (2003) a v povodí Jihlavy (2005) – viz. obr.1.

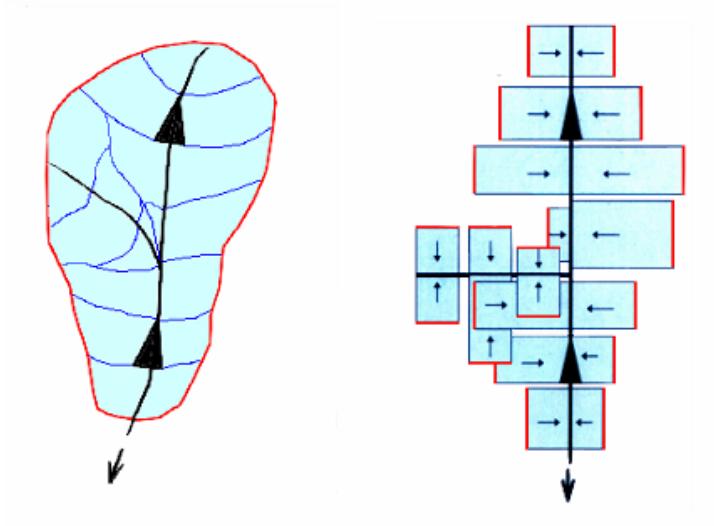


Obr. 1 Přehled povodí, kde se používá předpovědní model HYDROG (ČHMÚ P-Brno)

Fig.1 Map of catchments where HYDROG modelling system is used (CHMI – regional office Brno)

POPIS MODELU HYDROG

HYDROG [Starý, 1991-2001] slouží 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 a výšce sněhové pokrývky.



Obr. 2 Princip schematizace povodí modelem HYDROG

Fig. 2 The principle of catchment schematisation of the HYDROG model

Program pracuje se schematizovaným povodím, kdy se reálné povodí nahradí orientovaným ohodnoceným grafem – viz. obr 2. Říční síť je rozdělena na úseky a k nim příslušející subpovodí (v HYDROGU se definuji jako zavěšené plochy). Každému úseku a každé 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.

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 řešeni 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.

Vzhledem ke způsobu schematizace je HYDROG schopen velmi dobře postihnout prostorové rozložení srážky nad povodím. Obecně platí, že každé zavěšené ploše jsou přiřazeny dvě hodnoty intenzity srážky (pro její horní a dolní část). Vzhledem k tomu, že velikost zavěšených ploch se pro středně velká a velká povodí (řádově stovky až tisíce km^2) pohybuje kolem 1-7 km^2, je zřejmé, že srážky mohou být prostorově velmi jemně „prokresleny“ např. s využitím radarových odhadů srážek, jak je uvedeno [Šálek 2004].

OPERATIVNÍ PROVOZ

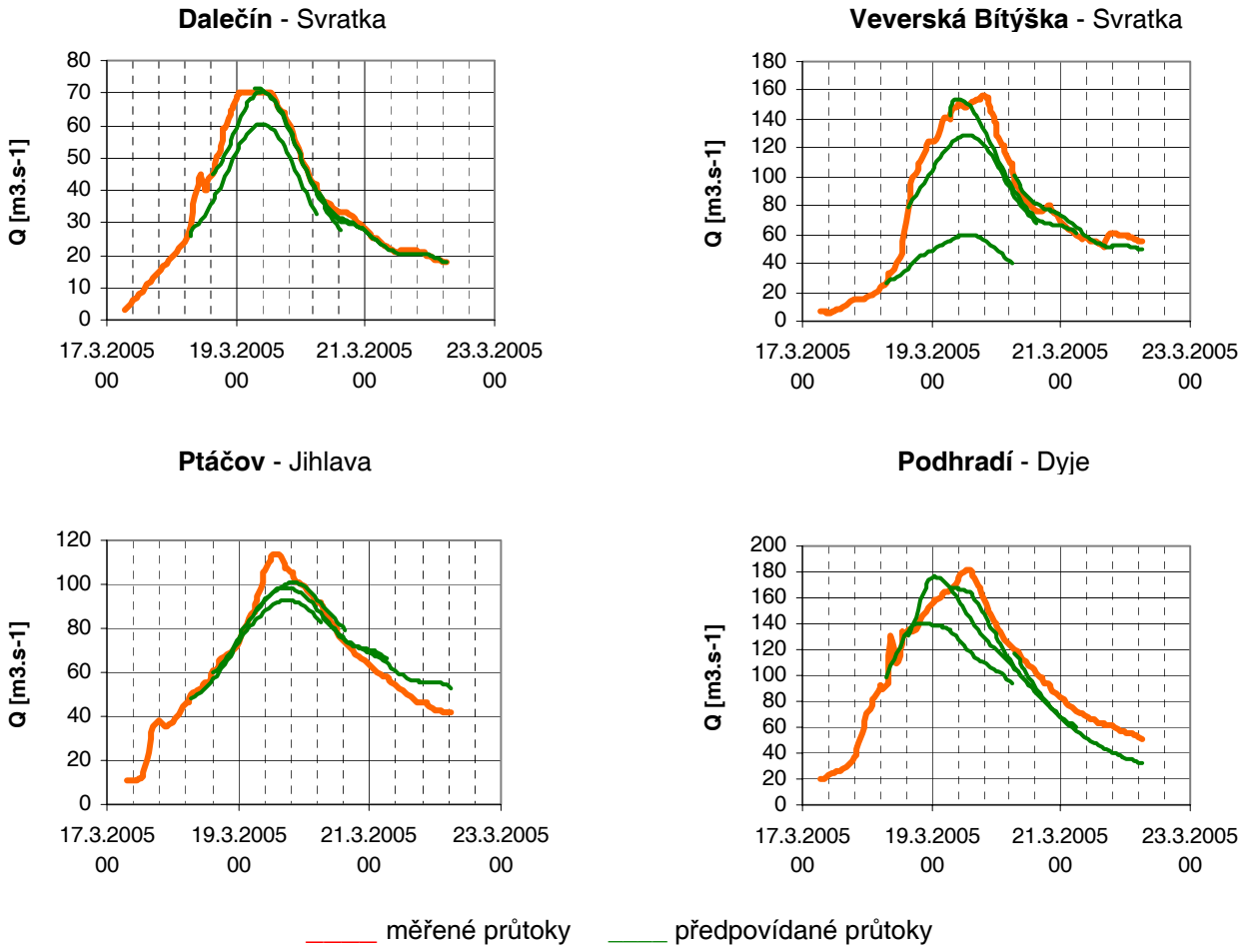
HYDROG se denně používá k výpočtu předpovědi průtoků ve vybraných profilech. Pro operativní provoz do modelu vstupují měřená hodinová data ze sítě vodoměrných stanic, srážkoměrných (v zimě i teploměrných) stanic, fiktivních srážkoměrných stanic (srážky simulované z radaru) a předpokládané hodnoty řízených odtoků z nádrží a předpovídané hodnoty srážek ve formě 6ti hodinových úhrnů, resp. teplot (v 0, 6, 12 a 18h UTC) – výstupy z numerického modelu ALADIN. Pro přípravu dat vstupních dat do modelu se využívá program Aquabase, který slouží pro zpracování, kontrolu a opravy datových řad, umožňuje také automatické vstupy předpovědi hodinových srážek a teplot a přepokládané odtoky z nádrží.

Při vlastním výpočtu se spouští algoritmus určený pro předpovědi průtoku vody ve vybraných profilech říční sítě. Po zadání vstupních údajů je spuštěna simulace chování systému v minulém období. Přitom jako počáteční podmínku simulace je pro toky vhodné uvažovat ustálené proudění. Simulace je ukončena v přítomnosti, tj. v aktuálním čase. Operátor může v tomto okamžiku provést korekci dat podle aktuálního měření na všech nádržích a měřených profilech.

Předpověď průtoků s dobou předstihu 24 a 48 hodin, což je limitováno kvantifikovanou předpovědí srážek, je připravena do 10:00 hodin, předpověď je předávána na dispečink Povodí Moravy, s.p. a je uveřejňována na webových stránkách ČHMÚ. Model provozují na P-Brno čtyři zaškolení pracovníci.

Aplikace modelu HYDROG při tání sněhové pokrývky – březen 2005

HYDROG byl poprvé při mimořádné odtokové situaci použit v březnu 2005, kdy došlo k výraznému vzestupu průtoků vlivem tání sněhové pokrývky. V povodí Svratky, Jihlavy a Dyje byly překročeny ve vodoměrných stanicích 3 stupně povodňové aktivity. Předpověď průtoků byla počítána k 18.3. 6h, 18.3. 15h, 19.3. 6h a 20.3. 6h. Ukázky operativních předpovědí na 48h v profilech Dalečín (Svratka, přítok do nádrže Vír), Veverská Bítýška (Svratka, přítok do nádrže Brno), Podhradí (Dyje, přítok do nádrže Vranov) a Ptáčov (Jihlava, přítok do nádrže Dalešice) jsou uvedeny na obr. 3.



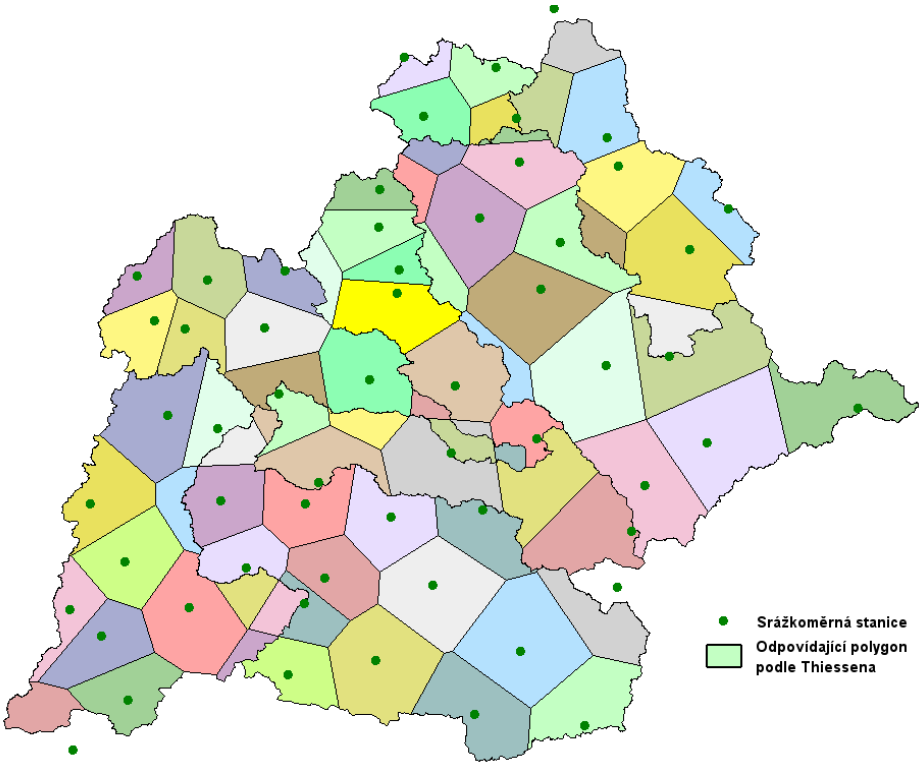
Obr.3 Ukázky operativních předpovědí z povodňové epizody způsobené táním sněhové pokrývky v březnu 2005

Fig. 3 Demonstrations of operative forecast from a flood episode caused by the melting of snow in March 2005

Předpověď průtoků byla poměrně spolehlivá a závisela zejména na přesnosti předpovídaných teplot, srážkové úhrny v tomto období nebyly významné. Pomocí modelu bylo rovněž vypočteno plnění Brněnské nádrže na řece Svratce a byla stanovena doba, kdy se nádrž naplní a voda začne přepadat přes bezpečnostní přeliv.

Náhradní síť fiktivních srážkoměrných stanic

Pro případ poruchy přenosu dat ze srážkoměrných stanic byla vytvořena ***náhradní síť fiktivních srážkoměrných stanic*** (viz. Obr. 4). Fiktivní stanice jsou zvoleny v místech skutečných srážkoměrů a jsou srážkové úhrny v nich počítány jako plošné průměry radarových kvantitativních úhrnů srážek (kombinovaná informace radar+srážkoměr – viz. [Šálek et al., 2004]). Tento postup byl zvolen vzhledem ke snadné implementaci náhradních dat do modelu v případě poruchy srážkoměru. Praxe ukazuje, že pro letní období se tyto plošné radarové odhady srážek jeví pro hydrologické modelování jako vhodnější místo klasické sítě srážkoměrných stanic, protože alespoň částečně postihnou i konvektivní jevy, které bývají značně lokálního charakteru. Radarové odhady srážek však mohou být zejména v chladnější polovině roku zatíženy značnou chybou vyplývající z různé fáze srážek.



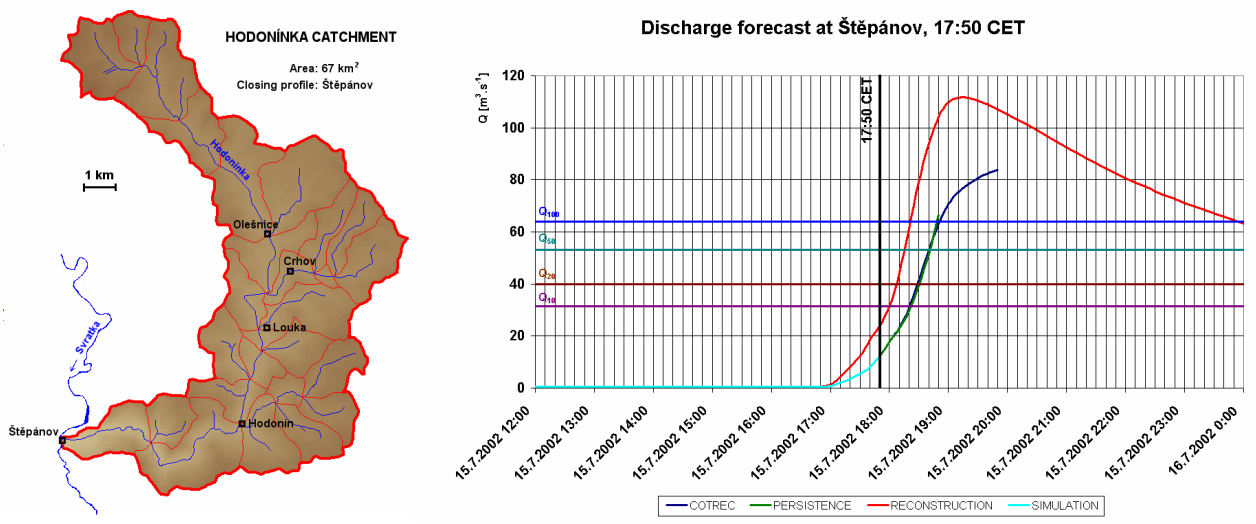
Obr. 4 Náhradní síť fiktivních srážkoměrných stanic
Fig. 4 Alternative nework of fictive raingauges

TESTOVÁNÍ PŘEDPOVÍDÁNÍ PŘÍVALOVÝCH POVODNÍ

V současné době se model testuje na předpovídání přívalových povodní. Jelikož přívalové srážky s délkou trvání často jen desítky minut jsou velmi obtížně předvídatelné pomocí numerických modelů předpovědi počasí nebo synoptickou metodou, zbývá pro předpověď těchto srážek srážek použít hodnoty odvozené z extrapolovaného radarového echa, neboť jiný zdroj předpovídaných srážek není pro tyto účely v podstatě k dispozici. Zároveň je nutné mít na paměti omezení plynoucí z formální extrapolace, vývoj konvektivního systému je často velmi nelineární. Byly testovány dvě metody - metoda COTREC [Novák et al., 2002, Novák, 2005] s extrapolací na dobu 2h a PERSISTENCE, kdy se předpokládá, že srážková činnost se nad povodím nemění po dobu 1h. Uvažuje se tedy systém, který by slučoval v (téměř) reálném čase operativní meteorologickou a hydrologickou informaci. Měřené i předpovídané odhady srážek by vstupovaly do hydrologického modelu a sledovala by se okamžitá odezva daného povodí. Radarové měření se opakuje každých 10 minut, data jsou dostupná v 2-3 minutě po skončení měření. Výpočet modelem HYDROG trvá řádově sekundy.

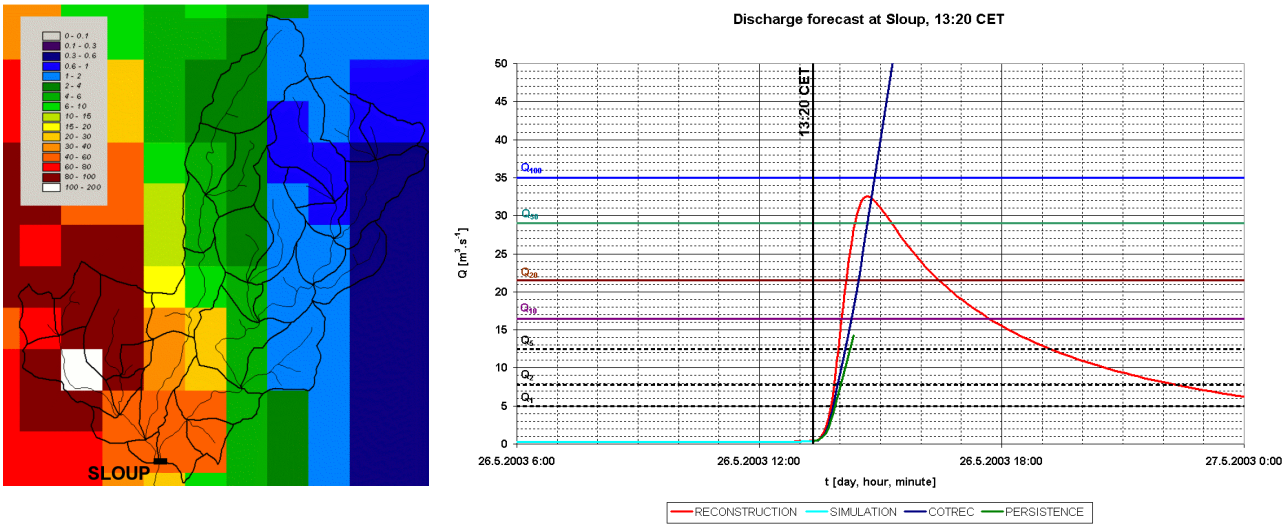
Účelem testu bylo vyzkoušet praktické možnosti a omezení výše naznačeného systému. Byly testovány dvě situace – katastrofální povodeň v povodí Hodonínky (15.7.2002, plocha povodí 69 km^2) a povodeň v povodí Sloupského potoka (26.5.2003, plocha povodí 50 km^2). V obou případech byla situace monitorována v závěrovém profilu, výsledky jsou uvedeny na obr. 5 a 6. Z výsledků vyplývá, že v povodí Hodonínky by bylo možné varovat obyvatele v obci Štěpánov (závěrový profil) přibližně 50 minut před kulminací, ve výše položených obcích však varování nebylo možné provést, protože průtoky zde v té době již kulminovaly. V povodí Sloupského potoka by bylo možné varovat obec Sloup asi 1 h před kulminací.

Uvedený systém je zatížený značnou mírou nejistoty a v operativním provozu by zřejmě vykazoval nezanedbatelné množství falešných alarmů. Přesto výsledky naznačují, že v některých případech by mohl sloužit (vedle operativních radarových snímků, map nasycenosti povodí apod.) jako další z prostředků varovného systému pro přívalové povodně.



Obr. 5 Možnosti předpovědi přívalové povodně v povodí říčky Hodonínka. Mapa povodí s vyznačením povodní zasažených obcí a hydrogram se srovnáním rekonstruovaného a simulovaného průběhu povodňové vlny.

Fig. 5 Possibilities of forecast of flash flood in the catchment of the Hodonínka stream. The map of the catchment with marked out communities affected by flood and the flood hydrograph with real and simulated flood wave.



Obr. 6 Možnosti předpovědi přívalové povodně v povodí Sloupského potoka. Mapa povodí s ukázkou radarem naměřených srážek (hodinový úhrn v mm, rozlišení 1x1km) a hydrogram se srovnáním rekonstruovaného a simulovaného průběhu povodňové vlny

Fig. 6 Possibilities of forecast of flash flood in the catchment of the Sloupský stream. The map of the catchment, where the radar measured precipitation is shown (hourly precipitation in mm, resolution 1x1 km) and hydrograph with real and simulated flood wave

ZÁVĚR

Hydrologické modely jsou dnes běžnou součástí hydroprognózních pracovišť. Model HYDROG se používá na brněnské pobočce ČHMÚ k operativní předpovědi průtoků již čtyři roky. Jako vstupní data se v operativním provozu nepoužívají pouze údaje ze sítě srážkoměrných stanic, ale také radarové odhady srážek. Model se dále využívá se i pro simulace různých odtokových situací (např. simulace tání zásob sněhu v povodí a ověření kapacit nádrží). V současné době se model testuje na předpovídání přívalových povodní s využitím některých typů extrapolace radarového echa.

Literatura

Novák P., Walder J., Kráčmar J. (2002): The First Attempts At The Radar Echo Prediction In The Czech Weather Radar Network, ERAD Publication Series, Vol 1, 55-58.

Novák P. (2004): Czech weather radar data utilization for precipitation nowcasting, In: ERAD 2004 proceedings, ERAD publication series, Vol. 2, 459-463.

Šálek, M., Novák, P, Seo, D-J. (2004): Operational application of combined radar and raingauges precipitation estimation at the CHMI. ERAD 2004 proceedings, ERAD publication series, Vol. 2, 16-20.

Starý,M., Program HYDROG, Táborská 110, Brno 615 00, 1991-2005.

Autoři

Lucie Březková, Český hydrometeorologický ústav, Kroftova 43, 616 67 Brno, lucie.brezkova@chmi.cz

Eva Soukalová, Český hydrometeorologický ústav, Kroftova 43, 616 67 Brno, eva.soukalova@chmi.cz