HYDROPROGNÓZNÍ SLUŽBA ČESKÉ REPUBLIKY A JEJÍ ROZVOJ

Pavla Řičicová, Jan Daňhelka

Absrakt: Příspěvek shrnuje současný stav rozvoje hydrologických předpovědních prostředků na hydrologických předpovědních pracovištích Českého hydrometeorologického ústavu. Popsány jsou základní využívané modelovací prostředky – předpovědní systém AquaLog pro povodí Labe a předpovědní systém Hydrog pro povodí Moravy a Odry. Zmiňované předpovědní systémy pokrývají většinu území ČR a jejich výpočty jsou rutinně prováděny a distribuovány vybraným uživatelům a publikovány na internetových stránkách ČHMÚ. Předpovědní systémy jsou využívány pro tvorbu podkladů pro vydávání výstražných informací o nebezpečí výskytu povodní i pro simulace proběhlých odtokových situací, stejně tak jako pro simulaci variantního vývoje v nebezpečných situacích.

Klíčová slova: Hydrologické předpovědní systémy, předpovědní služba, předpovědní model, Český hydrometeorologický ústav

***Hydrological Forecasting Service in the Czech Republic and its Development**. This contribution summarizes the up-to-date state of the development of hydrological forecasting instruments and means on the hydrological forecasting workplaces of the Czech Hydrometeorological Institute (CHMI). The basic used modelling instruments are described – the AquaLog forecasting system for the catchment of the Labe river, and the Hydrog forecasting system for the catchments of the Morava and the Odra rivers. The mentioned forecasting systems cover most of the area of the CR, and their calculations are on real time routine and distributed to selected users and published on the web pages of the CHMI. The forecasting systems are used for warning information about the danger of floods occurrence and for the simulations of past runoff situations, and also for the simulation of variant development of dangerous situations.*

Key words: Hydrological forecasting systems, forecasting service, forecasting model, Czech Hydrometeorological Institute

---

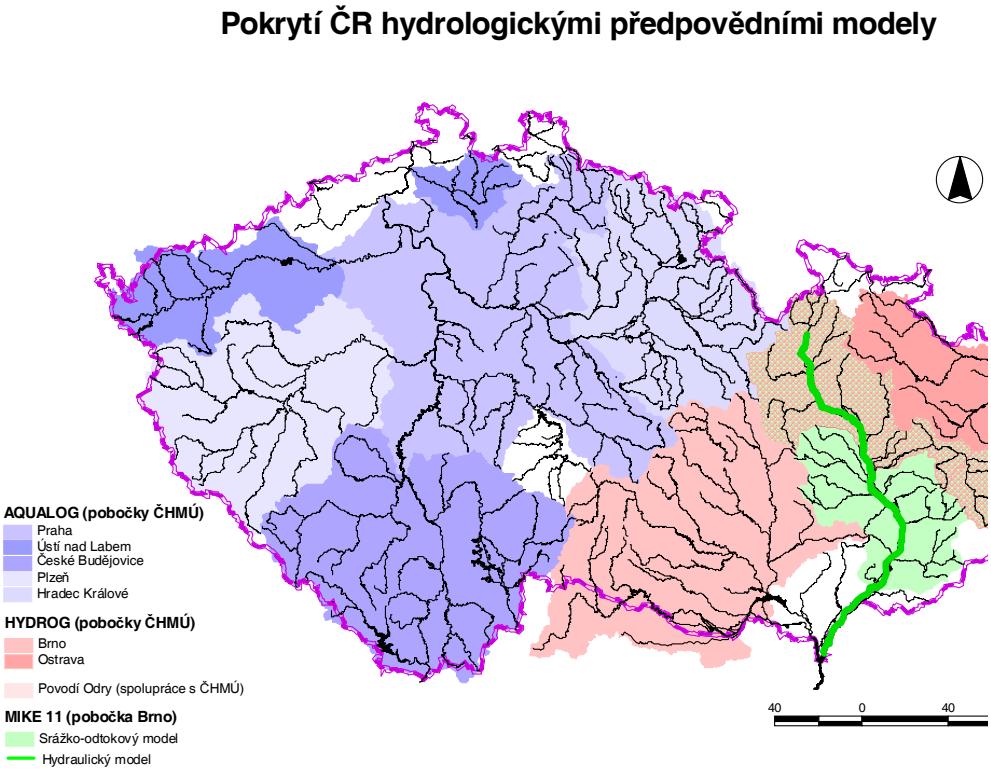
1. ÚVOD

Základní schéma fungování hydroprognózní služby v ČR zásadní změny od posledních hydrologických dnů nezaznamenalo, předpokládáme však, že její kvalitativní rozvoj pociťují její uživatelé. V uplynulém mezidobí jsme prošli další zatěžkávací zkouškou, povodněmi v roce 2002. Uplynulých 5 let od povodní v roce 1997 znamenalo významný posun v technice předpovídání pomocí matematických modelů, který se snažíme rozvíjet a rozšiřovat v co největší míře.

2. SOUČASNÝ STAV

Hydrologické předpovědi jsou zabezpečovány Centrálním předpovědním pracovištěm v Praze Komořanech a šesti regionálními předpovědními pracovišti na pobočkách ústavu na podkladě pozorování v hlásné síti cca ve 200 vodoměrných stanic rozmístěných na 60 významnějších tocích po celé republice. V současné době jsme schopni denně připravit předpovědi pro 80 profilů, které poskytujeme vodohospodářským dispečinkům a vybrané stanice prostřednictvím webových stránek ČHMÚ i široké veřejnosti. Způsob výpočtu je dvojí, stále zachováváme manuální metodu, využívající zkušeností odborného pracovníka – hydroprognostika, který na základě hydrologické situace v povodí, předpokládaných manipulací na vodních dílech a znalosti spadlých a předpovězených srážek určí velikost předpovídaného průtoku. Souběžně s touto metodou je každodenně na všech předpovědních pracovištích ČHMÚ v povodí Labe využíván předpovědní systém AquaLog. Na moravských pobočkách pak model Hydrog-S, zkušebně i MIKE 11–FF. Předpovědi pomocí matematických modelů tak splňují jeden z nejobtížnějších úkolů hydroprognózy v poměrech České republiky, odhadnout, resp. stanovit množství vody odteklé z nastalých srážek, zejména pak v horských oblastech, kde dochází k nejrychlejšímu odtoku. Předpovědní metodiky byly aplikovány zejména pro horní a střední části toků, pro oblasti, kde se vytváří odtok ze srážek a z hlediska přestihu předpovědi

jsou dotokové doby krátké. Na obrázku č. 1 je přehled povodí, pro která jsou denně počítány předpovědi průtoků.



Obr. 1 Stávající pokrytí území ČR hydrologickými předpovědními systémy

Fig. 1 Hydrological forecasting systems coverage of the Czech Republic

K důležitým úkolům předpovědních pracovišť patří úkoly související s vytvářením podmínek pro vydání předpovědí a vydávání upozornění a výstrah na nebezpečné hydrologické jevy. Pro obojí je nutná úzká spolupráce s meteorology-synoptiky v rámci centrálního a regionálních předpovědních pracovišť. Velmi dobře se osvědčuje pravidelná účast hydrologa na ranních konzultacích meteorologů. Spolupráce při vydávání výstražných informací v rámci systému SIVS je popsána níže.

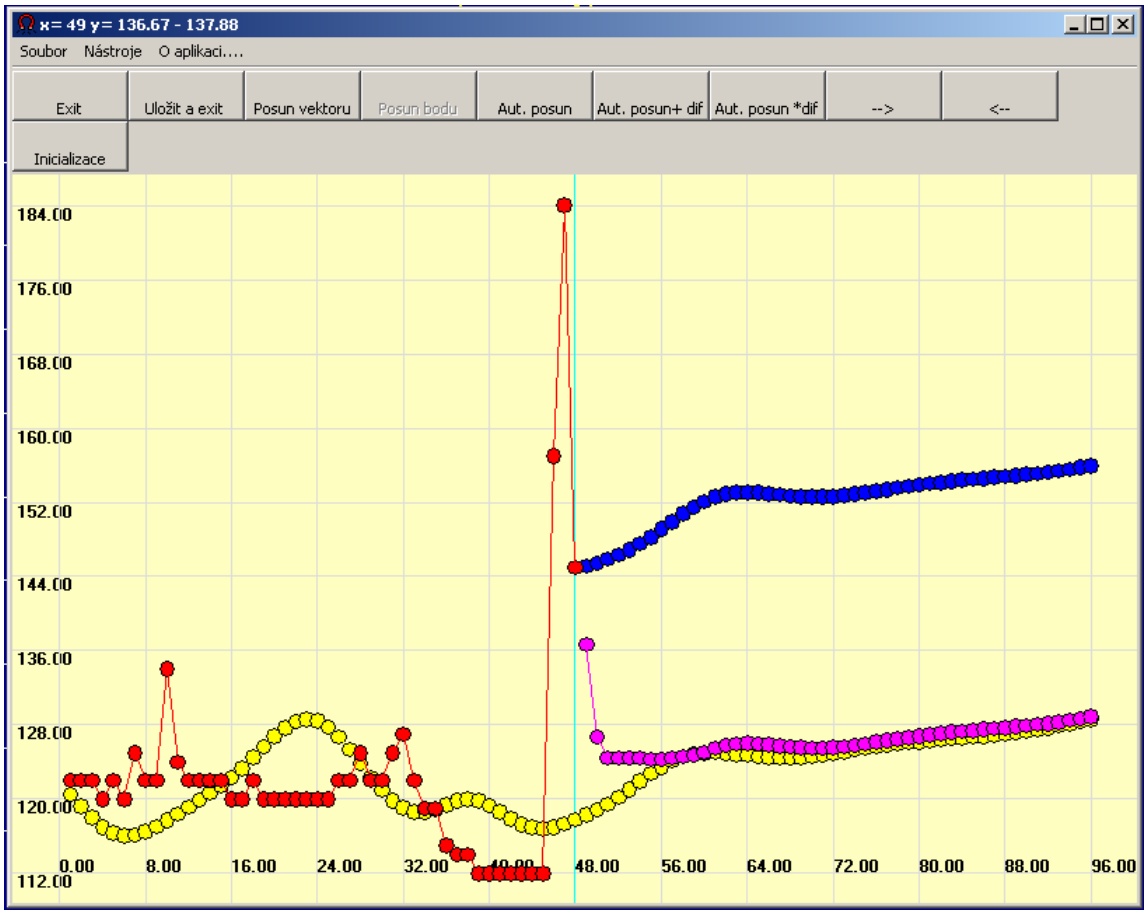
2.1. Předpovědní systém Aqualog

Na Centrálním předpovědním pracovišti CPP počítá používaná verze předpovědi pro říční síť dolního Labe, dolní Vltavy, dolní Ohře, dolní Berounky a pro celou Sázavu a Jizeru. V současné době je systém již provozován na většině povodí toku Labe, kde existují měření průtoků. Na regionálním předpovědním pracovišti (RPP) v Českých Budějovicích se připravují předpovědi průtoků pro povodí horní Vltavy a pro všechny přítoky do nádrže Orlík. V Hradci Králové předpovídají pro horní část toku Labe a jeho přítoky až po Přelouč, na pobočce v Plzni zodpovídají za předpovědi v celém povodí Berounky až po Beroun a na RPP v Ústí nad Labem připravují předpovědi pro Ohři. V systému AquaLog je začleněn srážko-odtokový model Sacramento, v zimním období je aktivován model pro vytváření a tání sněhové pokrývky – SNOW-17, pohyb vody korytem je zprostředkován transformačním modelem. Proces tání a vytváření sněhové pokrývky na základě údajů o teplotě vzduchu je neoddělitelnou součástí srážkoodtokového modelu, poskytuje vstupní hodnoty pro srážko-odtokový model, provádí příslušné transformace sněhových nebo dešťových srážek v závislosti na aktuálních klimatických hydrologických podmínkách. Pro upřesnění výpočtu model využívá v terénu naměřené hodnoty obsahu vody ve sněhu. Model Sacramento SAC-SMA představuje povodí jako soustavu vertikálně propojených nádrží ve dvou horizontálních zónách. V horních nádržích je vázaná voda využívána vegetací (evapotranspirace), infiltruje do nádrží spodní zóny (půdní vláha zásoby

podzemní vody) a podílí se na podpovrchovém odtoku. Vyprazdňováním nádrží volné vody vzniká odtok. Model má řadu parametrů, jejichž hodnoty je třeba stanovit. Při existenci časových řad předchozích pozorování příčinných srážek a průtoků lze parametry modelu kalibrovat a zlepšit tak spolehlivost jeho výsledků. Předpovědní systém je napojen na operativní databáze ČHMÚ a na data získávaná z automatických srážkoměrných a hydrologických stanic.

Za povodňové situace v srpnu 2002 se potvrdila potřeba dokalibrování modelu i pro další menší toky.

Model poskytuje velmi široké možnosti interaktivního ovlivnění výsledku předpovědi obsluhujícím hydrologem. Tento fakt klade velký nárok na dokonalou znalost modelu a předpovídaných povodí jednotlivými hydrology. Zvláště v problematických situacích a povodích však vede k výraznému zvýšení úspěšnosti vydávaných předpovědí. Hydrolog může optimalizovat (či přímo měnit) některé počáteční podmínky, jako je nasycenost jednotlivých půdních zón, či vodní hodnota sněhu akumulovaného v povodí. Dále existuje možnost operativní (dočasné) změny hodnot parametrů modelů. Tento postup je využíván především v období tání sněhu, kdy nevyhovují nakalibrované parametry popisující schopnost sněhu akumulovat kapalnou srážku, či přímo parametry rychlosti tání sněhu, parametr vlivu větru, či velikosti nepropustné plochy (při zámrzu půdy). Velmi významným nástrojem je také grafické prostředí pro updating předpovědi k poslední pozorované hodnotě umožňující nejen vertikální posun, ale také posuny hydrogramu, nebo i jen jeho částí, v libovolném směru.



Obr. 2 Ukázka editačních možností pro úpravu updatingu předpovědi

Fig. 2 Editing interface for forecast updating

2.2. Předpovědní model Hydrog

Český hydrometeorologický ústav při zavádění modelu Hydrog-S navázal na program Povodí Odry s.p., který začínal s předpovídáním přítoků do vodohospodářsky významných nádrží, později pak i pro řadu profilů na řekách Ostravice a Olše. Ostravská pobočka připravuje předpovědní modely pro řeky Opavu a Odru a nově i pro povodí horní Moravy, včetně Bečvy. Vzájemnou spoluprací obou podniků tak vzniká systém který zajišťuje předpovědi v celém povodí Odry. Velkou výhodou jsou společné zdroje dat pro jednotlivé modely, ČHMÚ využívá rozsáhlé automatické srážkoměrné sítě Povodí Odry a naopak předpovědi srážek vydávané v ČHMÚ vstupují do modelu počítaného ve vodohospodářském dispečinku. Od roku 2001 bylo zavedeno vydávání předpovědí pro závěrový profil Odry na česko-polských hranicích v Chalupkách na základě předpovědí obou podniků – pro Odru ve Svinově a Opavu v Děhylově od ČHMÚ a Ostravici v Ostravě a Olši ve Věřňovicích od Povodí Odry. Pro tuto dolní část povodí Odry je typické, že v něm povodně nevznikají, pouze jím procházejí. Přesnost předpovědí je však výrazně závislá na přesnostech předpovědí přítoků ze všech výše položených povodí a na dobré spolupráci mezi oběma organizacemi.

Model Hydrog-S je dále využíván na pobočce v Brně pro předpovědi v povodí Dyje – pro Svratku, Svitavu, Dyji, nově i Jihlavu. Model je určen pro simulaci nebo operativní předpovědi odtoku vody z povodí z příčinné přívalové srážky. Při použití pro operativní předpovědi se tyto určují ve vzájemně posunutých časových bodech, na základě okamžitého stavu systému a prognózy srážek ve srážkoměrných stanicích. Okamžitý stav systému předpokládá buď zjednodušeně ustálené proudění vody v říční síti, nebo je možno jej odhadnout simulací v předchozím období. V tomto případě se vracíme v čase zpět až do časového bodu, kdy je možno předpokládat ustálené proudění. Ve vybraných profilech, ve kterých je měřen průtok, lze pak provádět korekci vypočtených hodnot měřenými. Pak následuje vlastní výpočet předpovězených průtoků.

2.3. Systém sběru dat a jejich využití pro hydrologické předpovědi

Do hydrologických předpovědních modelů vstupují naměřené hodnoty průtoků, popřípadě vodních stavů, srážky a teploty, ale také údaje předpovídané – srážky, teploty, předpokládané manipulace na nádržích. Je to z důvodu požadavku co nejdelšího předstihu předpovědi a vzhledem ke krátkým postupovým dobám průtoků v našich fyzicko-geografických podmínkách. Při výběru lokalit pro umístění automatických srážkoměrů spolupracujeme s Podniky povodí, s. p., dochází ke vzájemné informovanosti o předpokládaných záměrech, stanice jsou společně využívány.

Další veličinou, která ovlivňuje předpověď průběhu odtoku, jsou kvantifikované předpovědi srážek a teplot. Ty vstupují do hydrologických modelů jako upravená rastrová pole meteorologického modelu Aladin pro 6-hodinové intervaly dvoudenní předpovědi s možností úpravy podle doporučení meteorologa.

V operativním provozu v reálném čase je systém AquaLog, ale i ostatní modely používané na RPP, propojeny s operativní hydrologickou databází AquaBase, která zajišťuje automatizované zpracování dat, vstupujících do modelu. Data jsou z různých zdrojů, je potřeba provádět jejich kontrolu, případně opravit nebo doplnit, případně zajistit náhradu jinou stanicí nebo příslušným radarovým odhadem, umožnit vstup kvantitativní předpovědi srážek, teplot a předpokládaného odtoku z nádrží.

Od roku 2002 se zpracovávají každý den ráno předpovědi pro libovolný časový předstih, až po 48 hodin, což je limitováno kvantifikovanou předpovědí srážek a v zimním období i předpovědí teplot, rovněž na dva dny dopředu. V letošním roce v období tání sněhu byly počítány odhady vývoje s předstihem až na 120 hodin.

Pří výpočtu hydrologických předpovědi pro povodí Bečvy, Svratky a Svitavy jsou využívány informace získané z radarových odhadů srážek kombinovaných s naměřenými údaji v operativně dostupných pozemních srážkoměrných stanicích. Z dosavadních výsledků vyplývá, že radarové odhady je nutno v hydrologii používat se znalostí procesů tvorby srážek, neboť za velkoprostorových

srážek, zejména spojených s orografickým zesílením je radarový odhad zatížen značnou chybou, zatímco při konvektivních přívalech poskytuje přes různé nedostatky nejvěrnější dostupný obrázek rozložení srážek.

2.4. Přesnost hydrologických předpovědí a jejich vyhodnocování

Při hodnocení úspěšnosti hydrologických předpovědí musíme vzít v úvahu, zda do modelu vstupují jen srážky naměřené nebo i předpovídané. Pokud nevstupují do modelu předpovídané srážky, porovnání skutečných a vypočtených hodnot lépe vypovídá o tom, zda jsou povodí správně nakalibrovaná, tedy jaká je kvalita modelu. Při vstupu předpovídaných srážek je výsledek hydrogramu závislý na přesnosti jejich předpovědí, a to nejen sumárně, ale i na jejich rozložení během dne, významnost stoupá u malých povodí, nelze proto očekávat, že se chyby budou vždy pohybovat v doporučených mezích, které bychom mohli požadovat při srovnání simulovaných řad, počítaných ze spadlých srážek. Z tohoto důvodu zůstanou vždy nedílnou součástí matematických výpočtů předpovědí i jejich grafické výstupy. V současnosti nejužívanějšími grafy na prognózních pracovištích jsou, ty které znázorňují reálný průběh hydrogramů s vykreslením předpovědí pro daný interval po jednotlivých hodinách za určité období, viz obr. 2. Tato zobrazení více vypovídají o odchylkách od skutečnosti, než porovnávání jen pro určitou hodinu. I přes tento fakt se na všech pobočkách denně vyhodnocují předpovědi průtoků k určité hodině pro vybrané profily podle dohody s podniky Povodí, s.p., a dále i pro závěrové profily dílčích povodí pro předstih 24 a 48 hodin.

2.5. Upozornění a výstrahy na nebezpečné hydrologické jevy

V rámci Sdruženého Informačního a Výstražného Systému (SIVS), který je provozován ČHMÚ ve spolupráci s vojenskou meteorologickou službou Armády ČR, jsou vydávány výstražné informace na celkem 8 typů nebezpečných hydrometeorologických prvků (např. vysoké, či nízké teploty, nebezpečný vítr, bouřkové jevy, srážky či vysoké koncentrace přízemního ozónu). Z hlediska hydrologie jsou nejvýznamnějšími prvky bouřkové jevy (přívalové srážky), srážky a povodňové jevy. Přitom veškeré výstražné informace jsou vydávány meteorology Centrálního předpovědního pracoviště (CPP) po konzultaci s RPP a v případě hydrologických jevů s hydrology CPP.

Hydrolog CPP na základě zhodnocení stávající situace v povodí, předpokládaných srážek, konzultace s hydrology RPP a při využití výsledků hydrologických modelů vyhodnotí nebezpečnost situace a rozhodne o vydání varovné informace (a jejího stupně – upozornění či výstraha). V editační prostředí WBulle následně připraví textovou informaci o předpokládaném vývoji včetně prostorové a časové lokalizace očekávaného dosažení (překročení) stupňů povodňové aktivity (SPA). Uvedený text je příslušným zodpovědným meteorologem včleněn do celkového textu vydávané výstražné informace a automaticky distribuován připraveným systémem krizového řízení (integrovaný záchranný systém – IZS). Informace je primárně předávána centrálnímu dispečinku hasičského záchranného sytému, který zajišťuje distribuci informace na regonální a lokální úroveň (povodňové komise). Paralerně je informace přímo z CPP ČHMÚ předávána centrálním povodňovým orgánům a dalším partnerům (Podniky Povodí, Technicko-bezpečnostní dozor vodních děl aj.).

V současné době je připravována inovace SIVS tak, aby byl pro uživatele přehlednější. V budoucnu budou vydávány výstražné informace ve čtyřech stupních nebezpečnosti (dle rizika dosažení SPA a extremity očekávaných kulminací). Kromě toho byl připraven doplňkový text vysvětlující nebezpečnost situace, popis významných historických událostí a návodu pro chování při zasažení povodní.

3. PŘEDPOKLÁDANÝ ROZVOJ HYDROLOGICKÝCH PŘEDPOVĚDÍ

Dosavadní pokrok a rozvoj předpovědních modelů je zajišťován především díky grantovým projektům, které ČHMÚ získal po proběhlých povodňových událostech z konce minulého a počátkem tohoto století. V tomto trendu se snažíme pokračovat i nadále. Dochází tak k odladění nových povodí, která jsou začleňována do stávajících systémů. V letošním roce budou předány od našich spolupracovníků z firmy AquaLogic modely pro povodí Bíliny, Cidliny a nově rekalibrovaný model pro Sázavu, kde dosavadní výsledky nebyly uspokojivé. Pro toto povodí budou na základě nakalibrovaných modelů povodí Sázavy rozpočítávány a adjustovány parametry pro jednotlivá sub-povodí. Proces odvození parametrů na základě půdních a dalších fyzikálních charakteristik bude kombinován s klasickým přístupem kalibrace. Pro další fázi projektu byly vybrány povodňové události, pro které jsou připravována plošná adjustovaná radarová data.

Využívání radarových dat v hydrologickém srážko-odtokovém modelování se uplatňuje nejen jako vstupy do předpovědních modelů, ale při kalibracích, kde je potřebné zjemnit časový krok denních úhrnů srážek. Výhodou radarových dat je prostorová lokalizace srážek a jejich aktuálnost, nevýhodou jsou nepřesnosti v přepočtu radarových odrazivostí na srážkové úhrny, ty je nutno opravovat podle údajů naměřených v pozemních stanicích.

Pomocí nově získaného projektu VaV budou vyvíjeny a odzkoušeny metody pro hodnocení aktuálního stavu povodí jako podklad pro plošně diferencované předpovědi nebezpečí vzniku povodní a sucha. Na základě analýzy aktuálního stavu infiltrační a retenční vlastnosti půdního pokryvu v povodí budou stanovovány velikosti srážkových úhrnů, které jsou pro danou oblast kritické. Vyhodnocování by mělo vycházet ze znalosti současného stavu retenčních schopností jednotlivých povodí, tedy jejich nasycenosti a odtokových poměrů a následně z výpočtu kritické hodnoty odtoku z předpovídaných srážek na povodí, nebo opačně - stanovením velikosti nebezpečných srážek, které vyvolají kritický odtok. Praktické využívání těchto postupů bude aplikováno v předpovědní a výstražné službě ČHMÚ (PVS). Součástí vydané výstrahy pro veřejnost by měla být mapa s rozlišením nebezpečných srážkových úhrnů, které mohou povodňovou situaci vyvolat. Jednalo by se o obdobu technologie Národní povětrnostní služby – centra pro vydávání hydrologických předpovědí (NWSRFC) pro předpovídání povodní z přívalových srážek (flash floods).

Výhledově v blízké budoucnosti by bylo užitečné zaměřit aplikovaný výzkum na pravděpodobnostní předpovědi průtoků na základě dlouhodobých pozorování meteorologických a hydrologických prvků (systém ESP) a ensemblových předpovědí využívajících postprocesing kvantitativní předpovědi srážek a ensemblové srážkové předpovědi.

Systém ESP využívá historické srážkové a teplotní řady, které využívá jeko variantní vstupy místo předpovědi srážek při stávajících podmínkách povodí (nasycenost půdy). Tento přístup umožňuje produkovat pravděpodobnostní předpovědi na období několika týdnů až měsíců. Metodu lze využít k pravděpodobnostním předpovědím průběhu plnění nádrží, pro předpovědi odtoku v suchých obdobích, pro předpovědi pro plavbu.

Postprocesing předpovědí srážek (z modelu ALADIN) byla zpracována pro celé povodí Labe v práci Daňhelky (2005) a zkušebně aplikována na povodí Jizery. Její použitelnost se jeví jako nadějná pro situace letního typu, kdy jsou srážky jednoznačně determinujícím prvkem.

V současnosti se rozbíhá i práce zaměřená na pokusnou tvorbu ensemblových předpovědí modelem ALADIN a jejich následné zpracování v hydrologických modelech.

Problémovou oblastí zůstává definitivní vyřešení otázky operativní databáze. Připravovaná databáze SDNES (v prostředí Oracle) bude společnou operativní databází pro celý ČHMÚ. V současnosti je dále využívána stávající databáze ICL pro zpracování operativních hydrologických dat a režimová databáze CLIDATA (již prostředí Oracle) pro operativní zpracování dat z operativní sítě meteorologických a srážkoměrných stanic.

4. ZÁVĚR

V průběhu posledních pěti let došlo ke kvalitativnímu posunu v předpovědpovědní službě. Modelové předpovědi se stávají denní rutinou operativního provozu. Předpovědi pro vybrané profily jsou denně k dispozici na webových stránkách ČHMÚ. Informace pro vodohospodářské organizace, povodňovou službu, ale i pro širokou veřejnost je cílem našeho snažení. Problémem však zůstává, že se snažíme o co nejpřesnější předpovědi, ale toho není vždy dosahováno, ani se sebelepšími výpočetními nástroji a kvalifikovanými hydrology. Přetrvává v nás obava, že zveřejňujeme chybné předpovědi, což se zejména za povodňových situací může proti nám obrátit. Náznakem jak uklidnit naše svědomí budou jistě pravděpodobnostní předpovědi, ke kterým bychom měli upřít naši pozornost v příštích letech. Další možnosti rozvoj hydrologické služby spatřujeme také v dalším prohlubování spolupráce s meteorology v případě využívání informací z meteorologických radarů a meteorologických numerických modelů (ALADIN).

Literatura:

Daňhelka, J. (2005): Nejistota operativních předpovědí, Disertační práce, Přírodovědecká Fakulta Univerzity Karlovy, Praha

Day, G. (2003): NWSRFS Ensemble Streamflow Prediction, presentation of NWS Flood Forecasting Course, NWSTC, Kansas City

Řičicová, P. a kol. (2001): Rozvoj a aplikace hydrologických modelů na předpovědních centrech ČHMÚ, závěrečná zpráva za rok 2001, grant. proj. VaV/510/2/99 – Výzkum a metod a rozvoj předpovědních modelů pro potřeby povodňové ochrany, ČHMÚ, Praha

Řičicová, P. a kol. (2004). – Výzkum vztahů mezi meteorologickými příčinami vývoje silných srážek a hydrologickou odezvou povodí, závěrečná zpráva za rok 2004 grantového projektu MŽP, VaV 650/4/03, ČHMÚ, Praha

Řičicová, P., Daňhelka, J., Chalušová, J. (2004): Possibilities of improvement of hydrological forecasts in extreme situations, Proceedings of XXIInd Conference of Danubian countries, Brno, August 31st – September 4th 2004, ČHMÚ, Brno

Autoři

Pavla Řičicová, ČHMÚ, Na Šabatce 17, 143 06 Praha, ricicova@chmi.cz

Jan Daňhelka, ČHMÚ, Na Šabatce 17, 143 06 Praha, danhelka@chmi.cz