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.

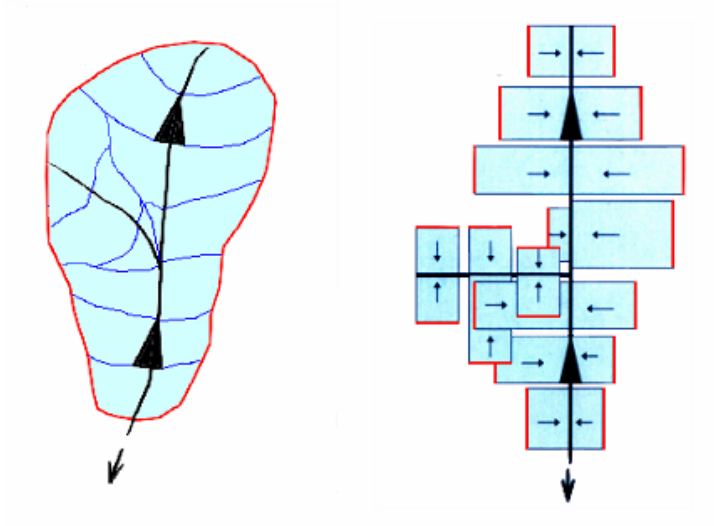


Obr. 1 Přehled povodí, kde se používá předpovědní model HYDROG (ČHMÚ P-Brno)

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

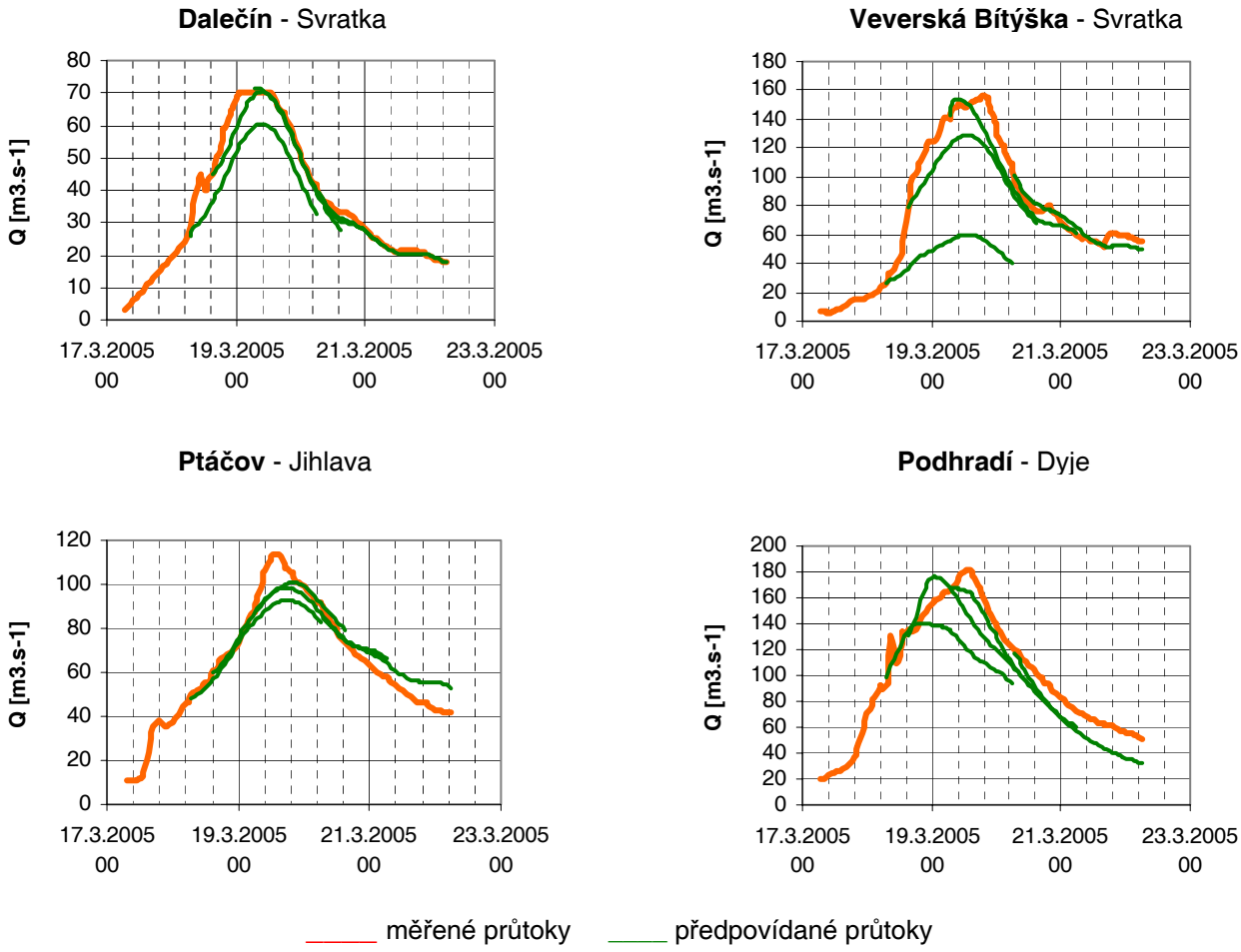
HYDROG se denně používá k výpočtu předpovědi průtoků ve vybraných profilech. Pro operativní provoz do modelu vstupují měřená hodinová data ze sítě vodoměrných stanic, srážkoměrných (v zimě i teploměrných) stanic, fiktivních srážkoměrných stanic (srážky simulované z radaru) a předpokládané hodnoty řízených 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.



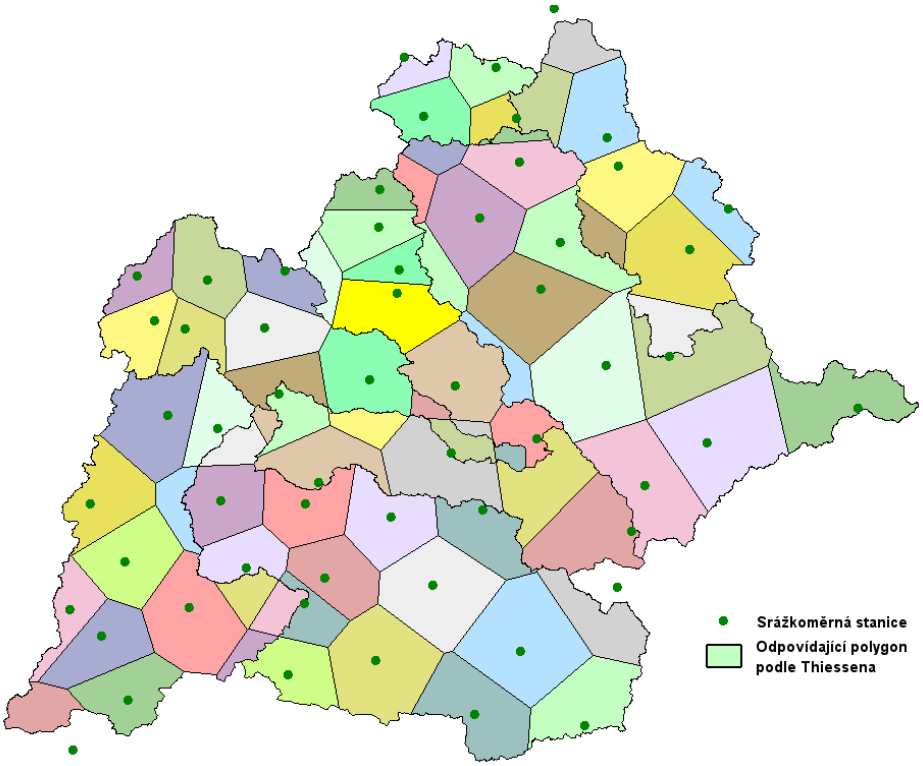
Obr.3 Ukázky operativních předpovědí z povodňové epizody způsobené táním sněhové pokrývky v březnu 2005

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.



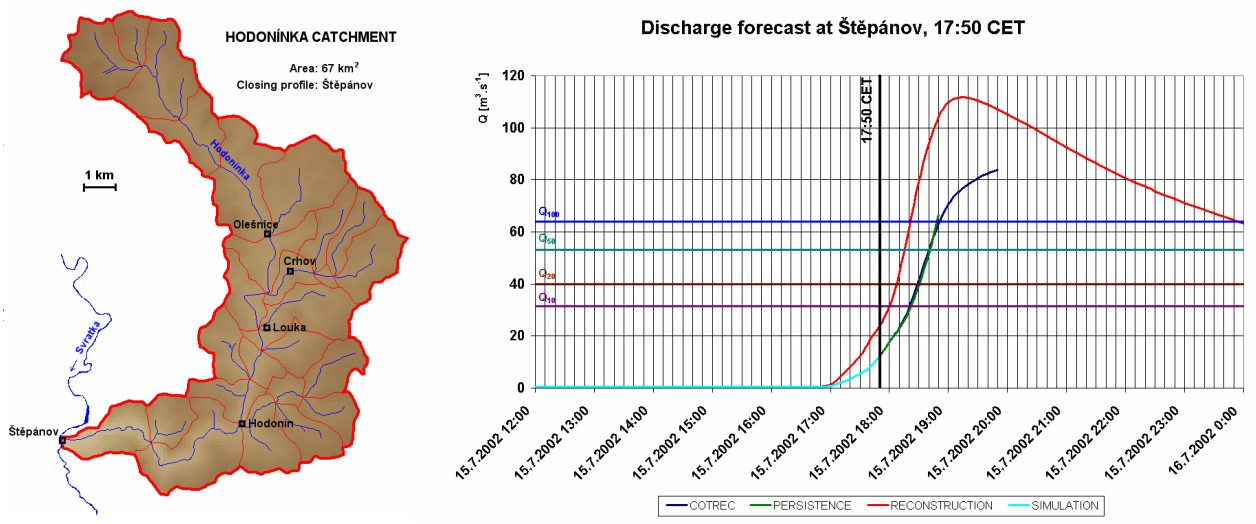
Obr. 4 Náhradní síť fiktivních srážkoměrných stanic
Fig. 4 Alternative nework of fictive raingauges

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.

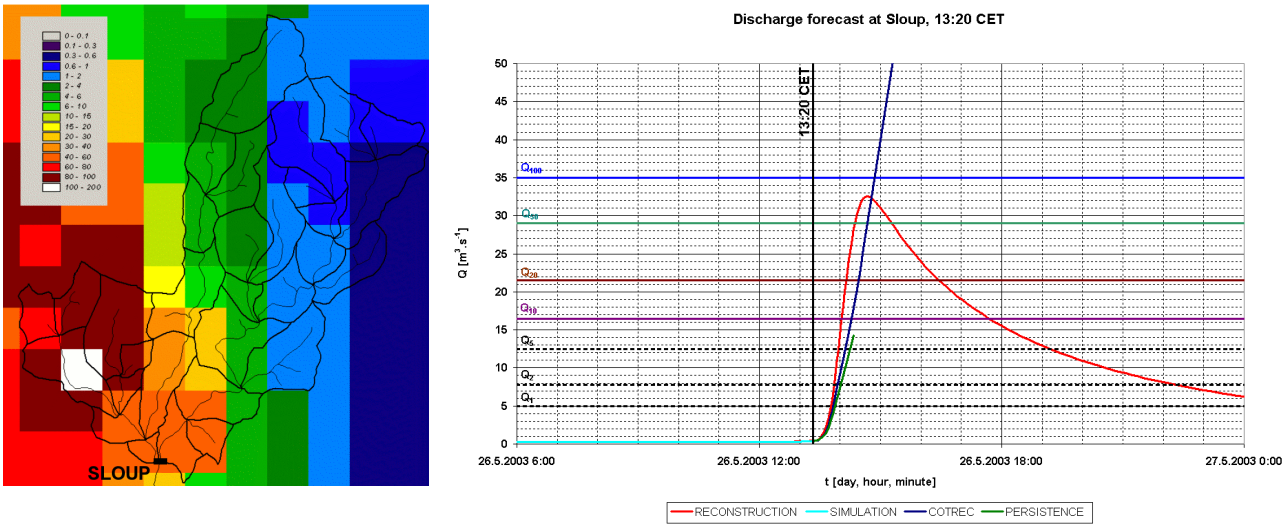
Účelem testu bylo vyzkoušet praktické možnosti a omezení výše naznačeného systému. Byly testovány dvě situace – katastrofální povodeň v povodí Hodonínky (15.7.2002, plocha povodí 69 km^2) a povodeň v povodí Sloupského potoka (26.5.2003, plocha povodí 50 km^2). V obou případech byla situace monitorována 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

HYDROSYNOPTICKÁ ANALÝZA POVODŇOVÝCH SITUACÍ V POVODÍ HORNÍ OHŘE

Radek Čekal, Josef Hladný

Analýzou sledů a přestaveb příčinných cirkulačních podmínek a odpovídajících srážek naměřených na ploše povodí horní Ohře po Karlovy Vary byly identifikovány jejich nejvíce nebezpečné typy pro vznik povodňových situací v této oblasti. Následně byl posouzen u letních výskytů velkých vod i vliv dynamických atmosférických faktorů, vyvolaného srážkového pole a odtokové odezvy v říční síti na podobný tvar a průběh povodňových vln v závěrovém profilu povodí. Jako vstupní soubor byly použity vlny z profilu Karlovy Vary za období 1959 – 2002. Ze synoptické analýzy vyplynulo, že na tvar letních průtokových vln má signifikantní vliv směr postupu příčinné tlakové níže.

Klíčová slova: Sled typů povětrnostních situací, trajektorie středu tlakové níže, typizace povodňových vln

Hydro-synoptic analysis of flood situations in the Upper Ohře catchment. *Analysis of daily precipitation totals measured in the Upper Ohře river catchment in the Czech territory, and the sequence and reconfiguration of the causal circulation conditions occurring prior to culmination discharges has helped to identify the conditions that pose the greatest flood risk for the catchment. We have then assessed the effect of dynamic atmospheric factors, the resulting precipitation field, and the runoff response in the river network on the similarity of the shape and variation over time of flood waves at the last site in the catchment. The input set of data included that on summer (May to October) flood waves observed at the Karlovy Vary site between 1959 and 2002. Synoptic analysis has revealed that the direction of movement of the causal pressure lows influence the shape of summer flood waves.*

Key words: Flood efficiency of weather situation types, trajectory of the cyclone centre, types of flood waves

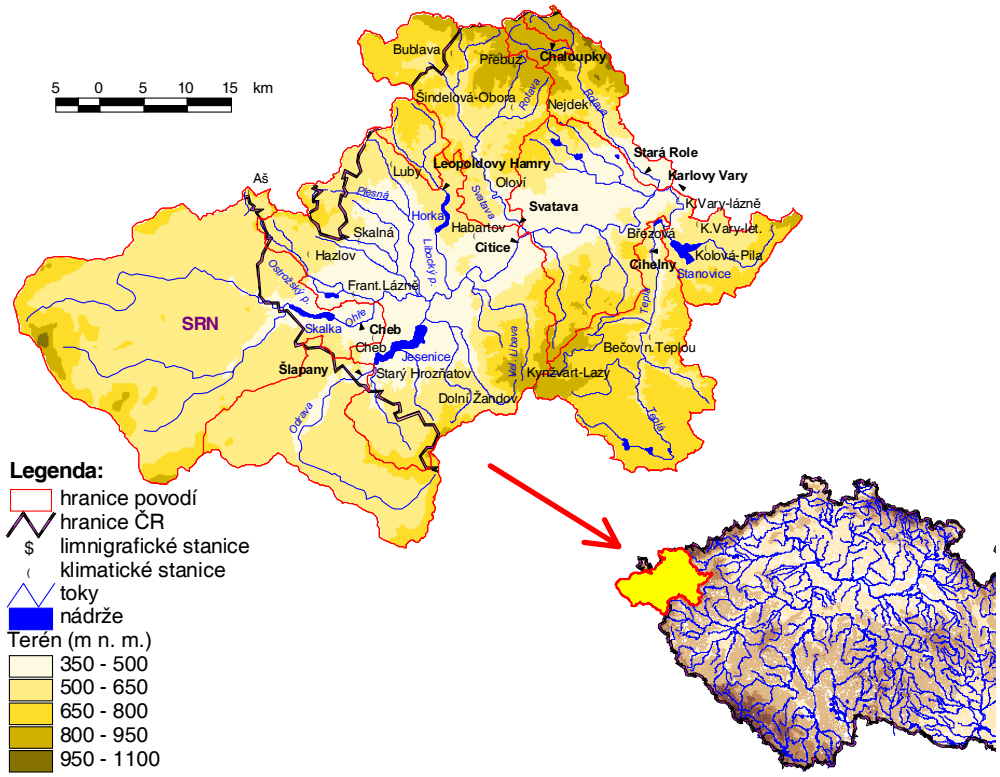
---

1. ÚVOD

Příspěvek se zabývá hydrosynoptickou analýzou povodní, které se vyskytly v období let 1959 – 2002 nad prahovým kulminačním průtokem 100 $m^3.s^{-1}$ (1/2-letý průtok) v českém povodí horní Ohře v profilu Karlovy Vary, viz obr. 1. Cílem bylo objasnit mechanismus vzniku a vývoje průtokových vln v tomto povodí, které je z hlediska povodňové ochrany důležité pro vývoj povodňové situace v Podkrušnohoří. Konkrétně šlo o vyšetření vztahů mezi příčinnými cirkulačními podmínkami v atmosféře, časovým a prostorovým rozdělením vyvolaných srážek ve fyzickogeografických poměrech daného povodí a odtokovou odezvou v příslušné říční síti. Tento fázový triplet vývoje povodňové události byl nazván jako hydrosynoptické kontinuum.

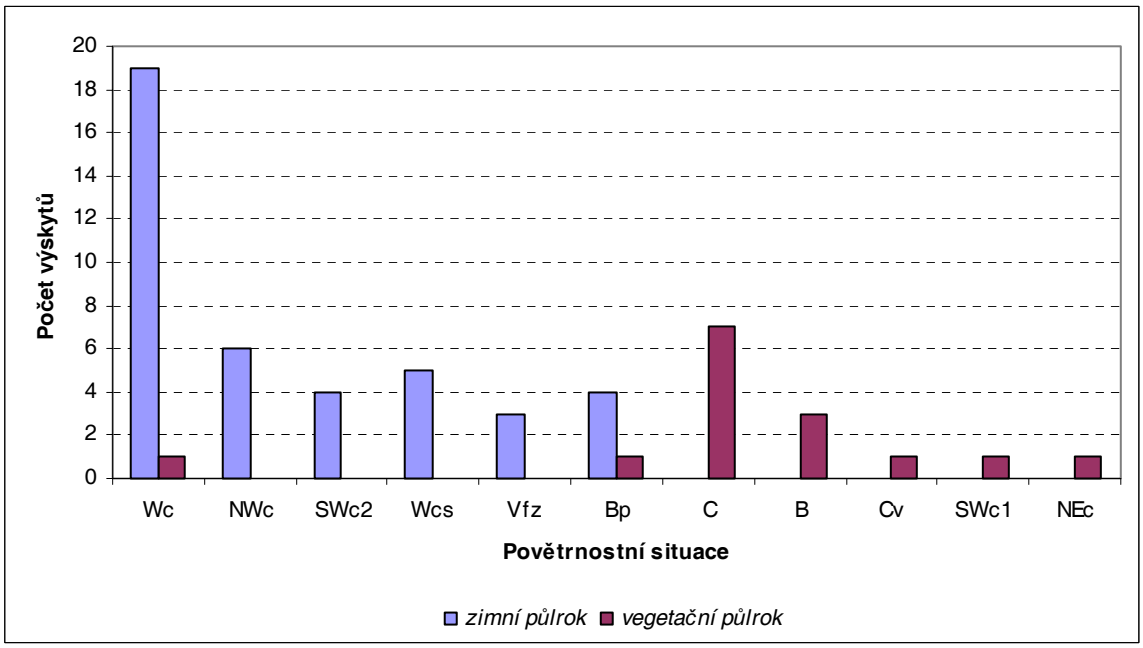
2. VLIV ATMOSFÉRICKÉ CIRKULACE NA VZNIK POVODNÍ

Z celkového počtu 28 klasifikovaných meteorologických situací, které obsahuje permanentně aktualizovaný *Katalog povětrnostních situací* [viz zkratky a názvy situací v publikaci *Brádka et al.,* 1961] bylo identifikováno jejich 11 typů, které mohou být za určitých okolností příčinou vzniku povodní anebo rozvodnění v povodí. Z toho jen dva typy (Wc a Bp) mohou způsobit povodeň jak v letním, tak i v zimním půlroce. Ostatní jsou svým výskytem vázány výlučně na jednu z obou těchto sezón, viz obr. 2.



Obrázek 1: *Povodí horní Ohře a jeho pozice na území České republiky*

Figure 1: *The upper part of the Ohře river catchment and its position in the Czech Rebublic*

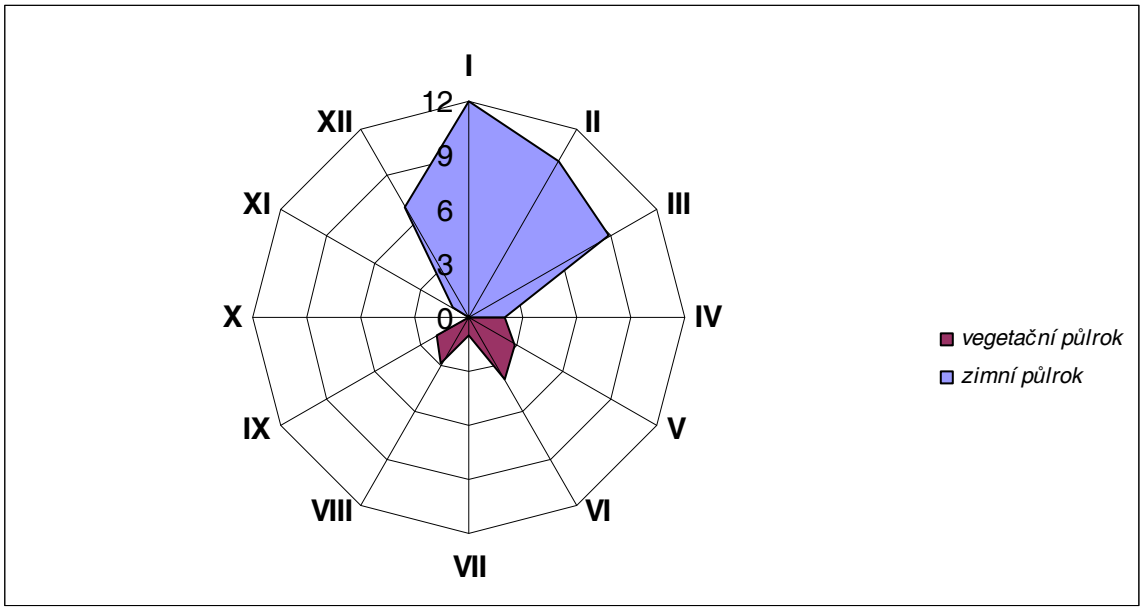


Obrázek 2: *Četnost výskytů příčinných povětrnostních situací v povodí horní Ohře za období 1959 - 2002*

Figure 2: *Flood causing synoptic situations for Upper Ohře river (period 1959 – 2002)*

2.1 Sezonalita výskytu povodňových situací

Z celkového souboru 56 průtokových vln se jich vyskytlo 41 v zimním (listopad – duben) a 15 v letním (květen – říjen) pololetí hydrologického roku.



Obrázek 3: Sezonalita výskytu povodní v povodí horní Ohře v Karlových Varech za období 1959 - 2002

Figure 3: Flood seasonality of Ohře river in Karlovy Vary (for period 1959 – 2002)

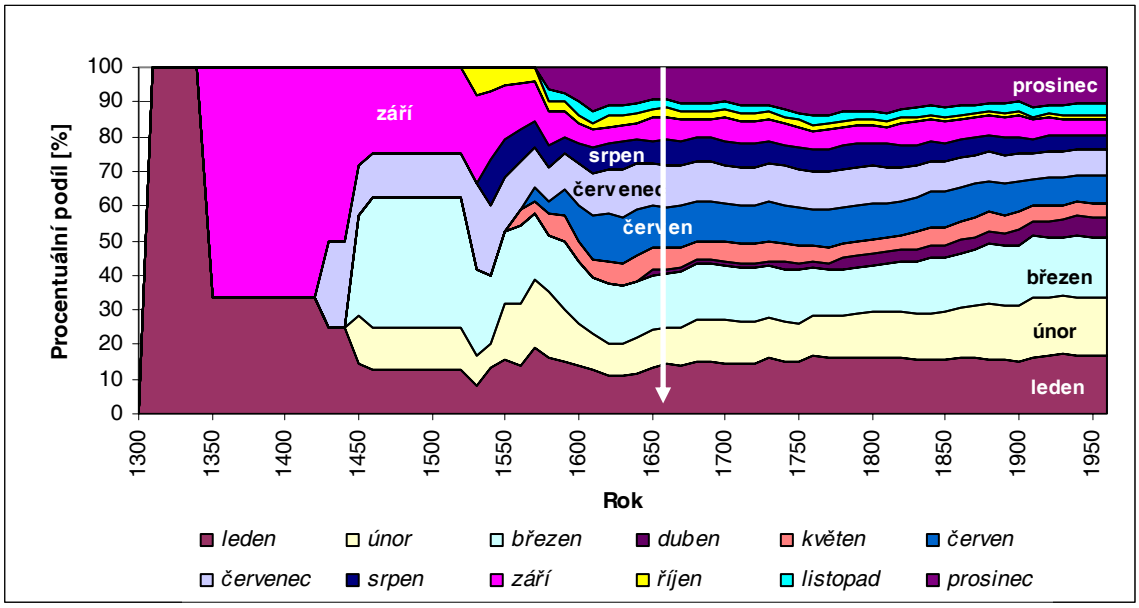
Zimní povodně se ponejvíce vyskytují v povodí horní Ohře v lednu, únoru a březnu, viz obr. 3. Největší frekvenci v březnu zapříčiňuje typické sezónní střídání vzduchových hmot, čímž se zvyšuje pravděpodobnost spadu dešťových srážek a tání sněhu i ve vyšších horských polohách.

Dominující zimní asymetrie ve výskytu povodní oproti letním případům je zřejmá i v dlouhodobém měřítku. Svědčí o tom výsledky retrospektivní analýzy časové řady narativních údajů o výskytu povodní od roku 1310, viz obr. 4, [*Kynčil*, 1979]. U této řady lze pozorovat (v jejím věrohodnějším úseku od roku 1650) sice mírnou tendenci k narůstání výskytu zimních a jarních povodní na úkor letních případů. Při omezené vypovídající schopnosti proxy dat zůstává však toto zjištění zatím na úrovni hypotézy, jejíž platnost by bylo třeba prověřit speciálním dalším výzkumem.

Zimní sezonální složka, která u 75 % výskytů všech povodní (při jiné prahové hodnotě průtoku může být poněkud odlišná) je již tak vysoká, že přichází do úvahy její využití pro adaptabilní způsob hospodaření s vodou v nádržích.

2.2 Mechanismus vzniku letních a zimních povodní

V zimním období je povodí Ohře, které je protáhlého tvaru s páteřním tokem orientovaným v mírně severovýchodním směru, srážkově dávkováno při převažujících zonálních situacích ze západního, jihozápadního i severozápadního sektoru, směrem po toku. Při tomto vývoji intenzita narůstání extremity kulminací průtokových vln v páteřním toku zesiluje v důsledku interferenčních účinků vln z přítoků. Rychlému zvětšování průtoků v důsledku dešťových srážek brání poněkud retenční kapacita sněhové pokrývky zejména v horských polohách. Z toho vyplývá, že na počáteční vývoj zimních povodní mají rozhodující vliv především sněhové zásoby v podhůří, kde výška sněhové pokrývky bývá obvykle nižší a tím menší i její retenční účinek.



Obrázek 4: *Vývoj podílu jednotlivých měsíců s výskytem povodní na Ohři za období let 1310 - 1960*

Figure 4: *Flood seasonality of Ohře river in Karlovy Vary (for period 1310 - 1960)*

Mechanismus letních průtokových vln vytvářejí povětrnostní situace s více meridionální směrovou složkou. Uplatňuje se při nich proto výrazněji srážkový stín anebo návětrný efekt Krušných hor. Výrazně menší výskyt situací přicházejících z jižního sektoru v povodí Ohře je patrně způsoben vlivem Alp. To však neznamená, že by se nemohly v letním období vyskytnout v povodí Ohře extrémní povodně (viz např. povodeň v roce 1890, 1926, 1954, aj.). Dochází k tomu zejména při situacích s retrográdním pohybem cyklony, [*Kakos,* 2005]. Při výjimečně kolmém směru proudění od jihu na hradbu Krušných hor se výrazně projevují návětrné efekty zejména v důsledku poměrně větší plochy svahů s jižní složkou expozice. Severně orientována složka proudění způsobuje intenzivnější srážky zejména v hřebenových partiích Krušných hor.

U ostatních situací dochází k relativně častějšímu srážkovému dávkování proti směru páteřního toku. Tím se interferenční účinek na extremitu průtokových vln zmenšuje.

2.3 Určení příčinné meteorologické situace a jejího časového předstihu

Průměrné trvání povodňové synoptické situace se v povodí horní Ohře pohybuje okolo 2,7 dne. Je tedy u povodní v zimním půlroce přibližně o jednu třetinu a u letních pak o jednu čtvrtinu kratší než je průměrná dlouhodobá hodnota průběžných synoptických situací v délce 4,1 dne, vypočtená na základě všech jejich typů [*ČHMÚ*, 1967]. Z toho vyplývá, že u převážné většiny (v použitém souboru 90 %) povodňových případů dochází v průběhu uvažované 5-denní předkulminační fáze (od D-5 až po den kulminace D) minimálně k jedné přestavbě potenciálních typů meteorologických situací na jiný následný typ.

Pouze cca u 10 % povodňových výskytů si zachovávají atmosférické řídící útvary (tlakové níže – cyklóny a tlakové výše – anticyklóny) zhruba stacionární polohu a směr proudění. Pokud mají tyto situace dostatečný přísun vlhkého vzduchu a mohou se srážkově vyvinout, jsou nebezpečné v oblasti zájmového povodí svými déletrvajícími dešti.

Směrem k datu kulminace odtokové odezvy musí vliv kauzality atmosférických cirkulací na vznik průtokové vlny přibývat a obráceně, neurčitost ve změnách atmosférických procesů daná počtem možných kombinací jejich vyskytujících se typů, by měla zase ubývat. To znamená, že den, kdy se vyskytuje v průměru za celé referenční období spektrum možných typů situací v nejmenším rozsahu čili v jejich nejmenším počtu, lze chápat, že jsou to situace příčinné, které se podílejí s největší pravděpodobností na vzniku povodňové události. V povodí horní Ohře se vyskytuje nejmenší počet možných příčinných povětrnostních typů v den D-2.

2.4 Genetický kód hydrosynoptického vývoje povodní v povodí horní Ohře

Spektra typů možných situací, připadající na každý den předkulminační a pokulminační fáze všech povodňových případů, vytvářejí jakýsi genetický kód povodně (viz tab. 1 a 2), z něhož lze vyčíst vedle zmíněného časového předstihu příčinných cirkulačních podmínek dále, že:

- neurčitost cirkulačních poměrů v atmosféře začne opět narůstat již v průběhu zpoždění kulminace odtokové odezvy oproti výskytu příčinné meteorologické situace,
- neurčitost vývoje v atmosféře v pokulminační fázi má tendenci se vrátit do stavu před počátkem nástupních procesů, které vedly ke vzniku povodňové události,
- příčinné situace v průběhu časového předstihu vykazují určitý rozptyl podle jejich typu,
- vývojový sled situací se postupně uskutečňuje pouze z jejich určitého vymezeného počtu.

Tabulka 1: Genetický kód zimních povodňových situací za období 1959 - 2002

Table 1: Type of synoptic situation for days before and after the peak flow

Počet	Typ povětrnostní situace vyskytující se ve dnech											
	D - 9	D - 8	D - 7	D - 6	D - 5	D - 4	D - 3	D - 2	D - 1	D	D + 1	D + 2
1	A	A	A	A	A	A	B	Bp	Ap_2	A	A	A
2	B	B	Ap2	Ap2	Bp	Ap_2	Bp	NWa	Bp	B	Ap_1	Ap_1
3	Bp	Bp	Bp	Bp	Nc	B	Nc	NWc	NWa	Bp	Ap_2	Ap_2
4	Nc	Nc	Nc	Nc	NWa	Bp	NEc	SWa	NWc	Nc	B	B
5	NEc	NEc	NWa	NWa	NWc	Nc	NWc	SWc_2	SWa	NWa	Bp	Bp
6	NWc	NWc	NWc	NWc	SEa	NEc	SWa	Vfz	SWc_1	NWc	Nc	C
7	SEa	SEa	SEa	SEc	SWa	NWc	SWc_2	Wc	SWc_2	SWc_1	NEa	Ea
8	SEc	SEc	SEc	SWa	SWc_1	SEa	Vfz	Wcs	Vfz	SWc_2	NEc	Nc
9	SWa	SWa	SWa	SWc_1	SWc_2	SWa	Wa		Wc	Vfz	NWa	NEa
10	SWc_1	SWc_1	SWc_1	SWc_2	Vfz	SWc_1	Wc		Wcs	Wa	NWc	NEc
11	SWc_2	SWc_2	SWc_2	SWc_3	Wa	SWc_2	Wcs			Wc	Sa	NWa
12	SWc_3	SWc_3	SWc_3	Vfz	Wc	Vfz				Wcs	SWc_1	NWc
13	Vfz	Vfz	Vfz	Wa	Wcs	Wa					SWc_2	Sa
14	Wa	Wa	Wa	Wc		Wc					Vfz	SEc
15	Wc	Wc	Wc	Wcs		Wcs					Wa	SWa
16	Wcs	Wcs	Wcs								Wc	SWc_2
17											Wcs	SWc_3
18												Vfz
19												Wa
20												Wc
21												Wcs
Σ	16	16	16	15	13	15	11	8	10	12	17	21

V genetickém kódu byla zjištěna vedle D-2 také existence podružného dalšího minima výskytu povětrnostních situací a to v den D-5 u zimních povodňových vln a v den D-7 u letných vln. Zjištěné typy povětrnostních situací připadající na tyto dny by měly mít rovněž určitý vliv na meteorologický vývoj v předkulminační fázi povodňových případů. Je to zajímavý podnět pro další návazný výzkum.

V zimní polovině roku se v referenčním období 1959 – 2002 se podílelo na vzniku povodňových epizod celkem šest typů povětrnostních situací, z nichž největší podíl na frekvenci výskytu povodní připadal situaci typu Wc. Nejvyšší srážkové úhrny v příčinný den byly dosahovány u situací typu Vfz a nejrychlejší odtávání sněhové pokrývky probíhalo v průběhu situace typu SWc_2. Celkově nejvyšší dvoudenní průměrné srážkové úhrny v povodí a tedy i potenciálně největší odtoková odezva v zimním půlroce v povodí horní Ohře byla zjištěna u povodní s příčinnou situací typu Vfz, které předcházela situace Wc.

Tabulka 2: *Genetický kód letních povodňových situací za období 1959 - 2002*

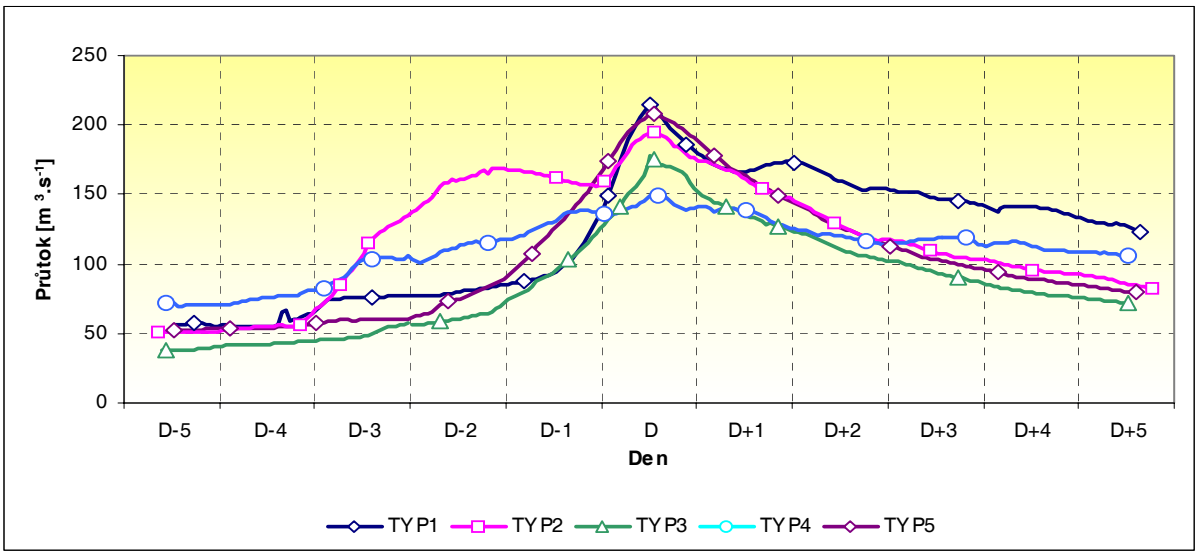
Table 2: *Type of synoptic situation for days before and after the peak flow*

Počet	Typ povětrnostní situace vyskytující se ve dnech											
	D - 9	D - 8	D - 7	D - 6	D - 5	D - 4	D - 3	D - 2	D - 1	D	D + 1	D + 2
1	Ap_3	Ap_3	Bp	Ap_2	Ap_1	B	B	B	B	B	A	A
2	B	Bp	C	Bp	Ap_2	C	C	C	Bp	Bp	B	B
3	C	C	Sa	C	B	Ec	Nc	NEc	C	C	Bp	Bp
4	Ea	Sa	SWc_1	Ec	Bp	Nc	SEc	SWc_1	Cv	Cv	C	C
5	Ec	SWc_1	SWc_3	Sa	C	Sa	SWa	Wc	NEc	Nc	Nc	Nc
6	Sa	SWc_3	Wal	SWc_1	Ec	SEc	SWc_2		SWc_1	NEc	NEc	NEc
7	SWc_1	Wal	Wcs	SWc_3	Nc	SWa	Wal			SWc_1		NWc
8	SWc_3	Wcs		Wal	Sa	SWc_2	Wc					SWc_1
9	Vfz			Wcs	SEc	Wal						Wc
10	Wal				SWa	Wc						
11	Wcs				Wal							
12					Wc							
Σ	11	8	7	9	12	10	8	5	6	7	6	9

V letní polovině roku se podílelo na vzniku povodní celkem sedm typů povětrnostních situací. Nejvíce byly zastoupeny situace typů C a B. Průměrně nejvyšší denní srážkové úhrny v povodí v příčinný den byly zjištěny u situace typu SWc_1. Nejvyšší dvoudenní průměrné srážkové úhrny v povodí a povodňově „nejnebezpečnější“ ve vegetační části roku byl v zájmovém povodí sled synoptických situací typu C ukončených příčinnou situací SWc_1.

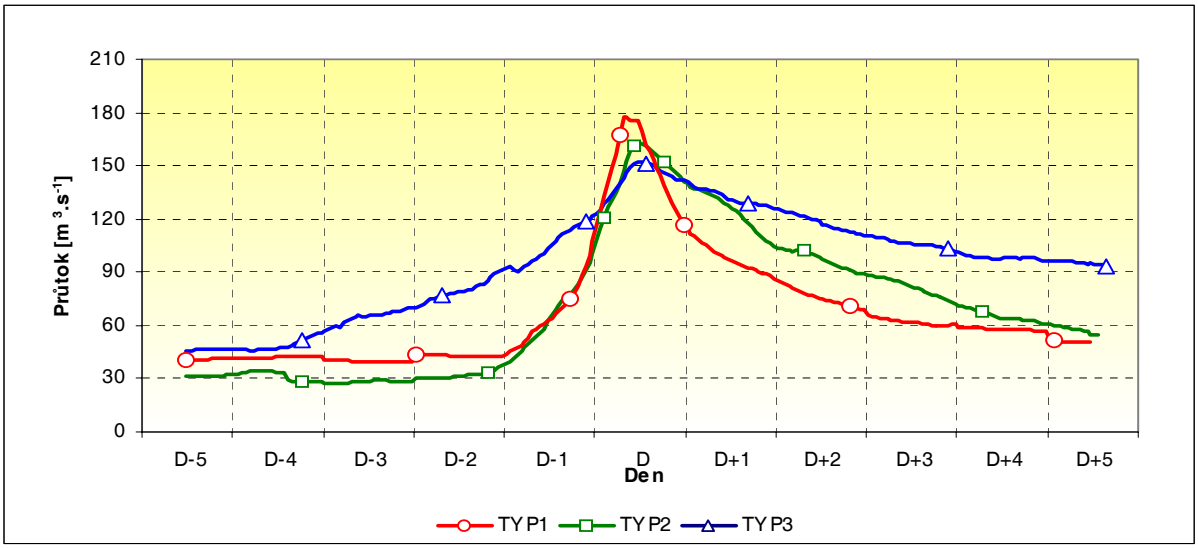
3. KATEGORIZACE ZIMNÍCH A LETNÍCH POVODŇOVÝCH VLN

Dalším cílem bylo zjistit, zda danému typu příčinné synoptické situace odpovídá určitý typ průtokových vln. Kategorizace se prováděla na základě vizuálního porovnání společných znaků jednotlivých průtokových případů. Komformní vlny byly pak seřazeny podle osy procházející jejich kulminací. Typová kategorie vznikla zprůměrováním pořadnic takto vzniklého souboru vln. Soubor průtokových vln u zimních rozvodnění byl rozdělen na pět základních typů a u letních situací na tři, viz obr. 5 a 6.



Obrázek 5: *Průběh jednotlivých typů zimních povodňových vln*

Figure 5: *Courses of winter floods of Ohře river in Karlovy Vary (for period 1959 –2002)*

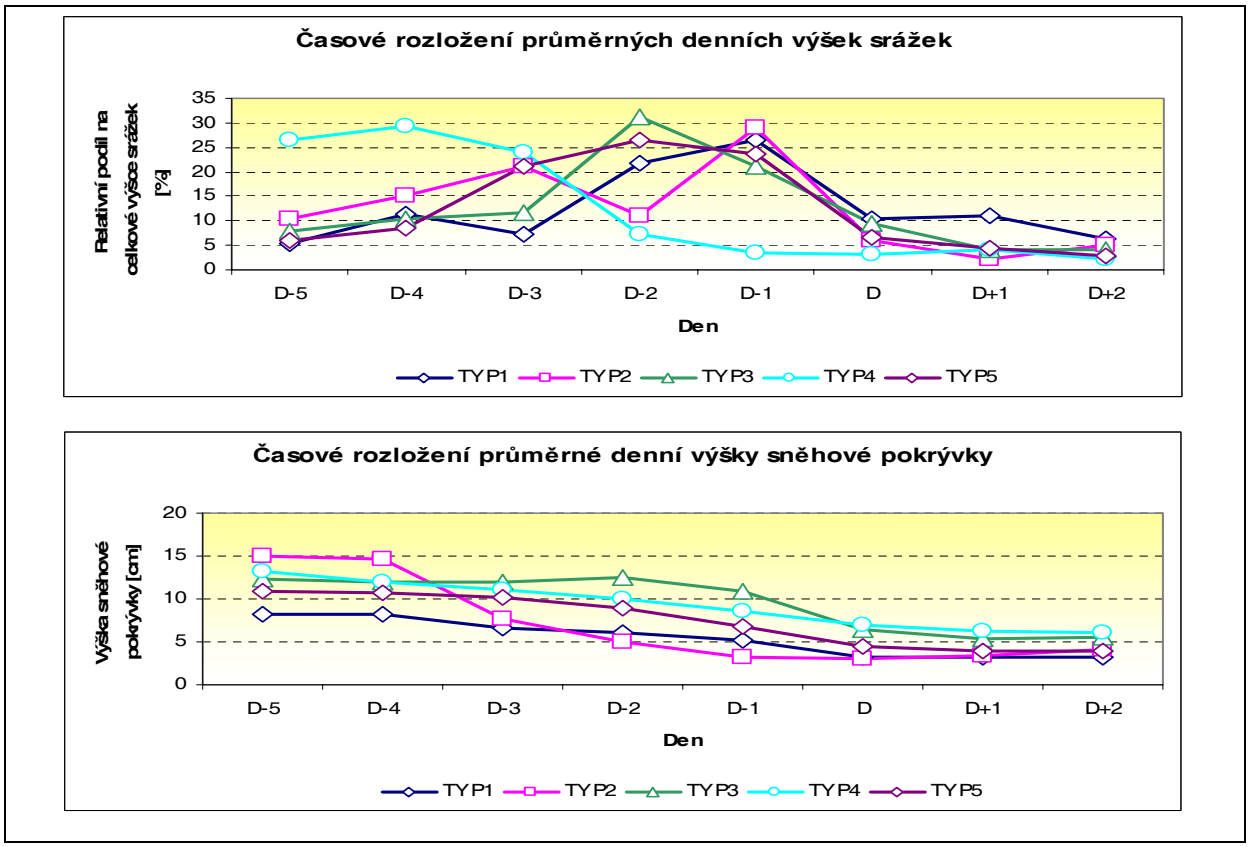


Obrázek 6: *Průběh jednotlivých typů letních povodňových vln*

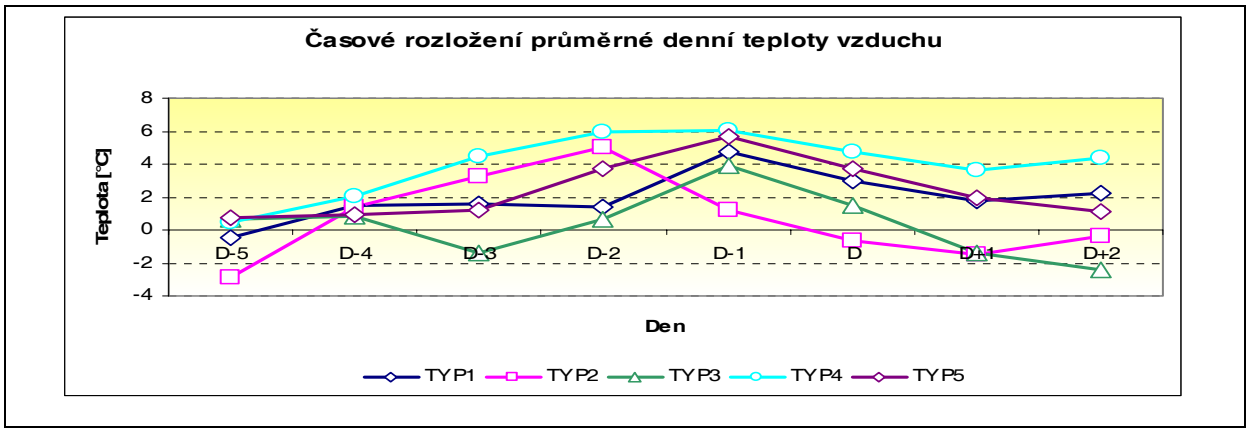
Figure 6: *Courses of summer floods of Ohře river in Karlovy Vary (for period 1959 –2002)*

K odvozeným kategoriím průtokových vln byly přidruženy průměrné typové modely časoprostorového rozložení srážek, u zimních pak i výšky sněhové pokrývky, jakož i průměrné denní teploty vzduchu na ploše zájmového povodí ve dnech D-5 až D+2, viz obr. 7 a 8. Získané poznatky mají význam pro regionalizaci krajiny podle jejího povodňového zatížení.

Sezonální porovnání průměrného průběhu odvozeného ze všech typových vln a průměrných příčinných srážek naznačuje, že retenční kapacita povodí horní Ohře je v letním období větší než v období zimním.

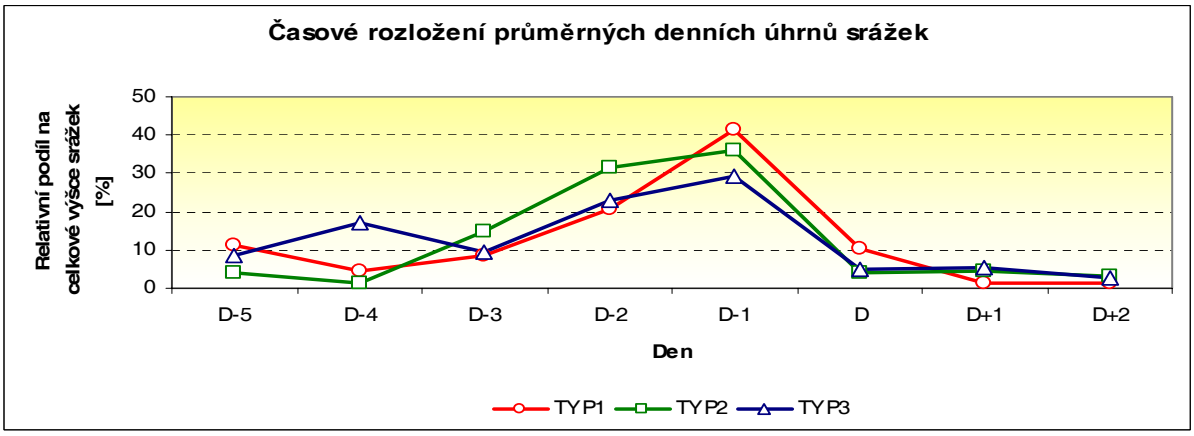


Obrázek 7



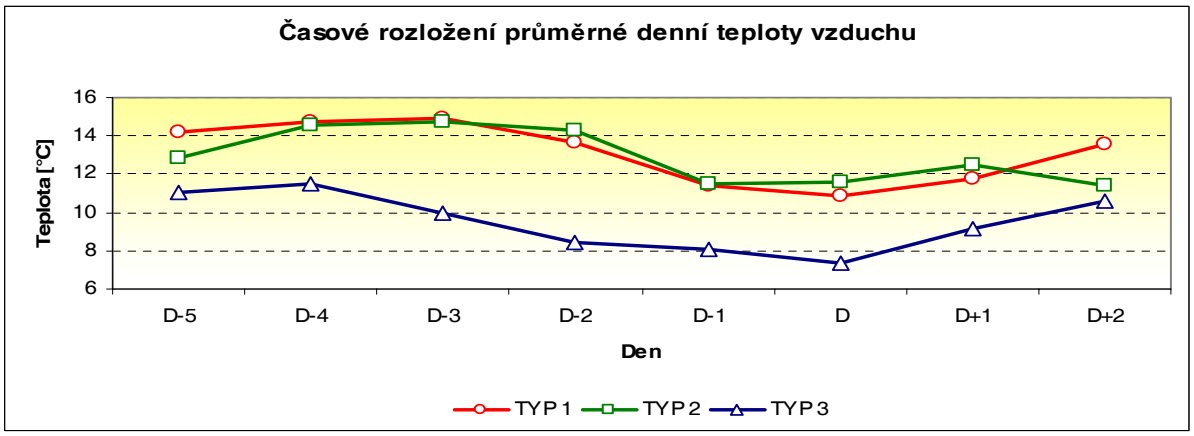
Obrázek 7: *Typové modely časoprostorového rozložení srážek, výšky sněhové pokrývky a teploty vzduchu u zimních povodňových vln*

Figure 7: *Temporal course of precipitation, snow cover and air temperature for particular flood types of winter floods*



Obrázek 8: *Typové modely časoprostorového rozložení srážek u letních typů povodňových vln*

Figure 8: *Temporal course of precipitation for particular flood types of summer floods*



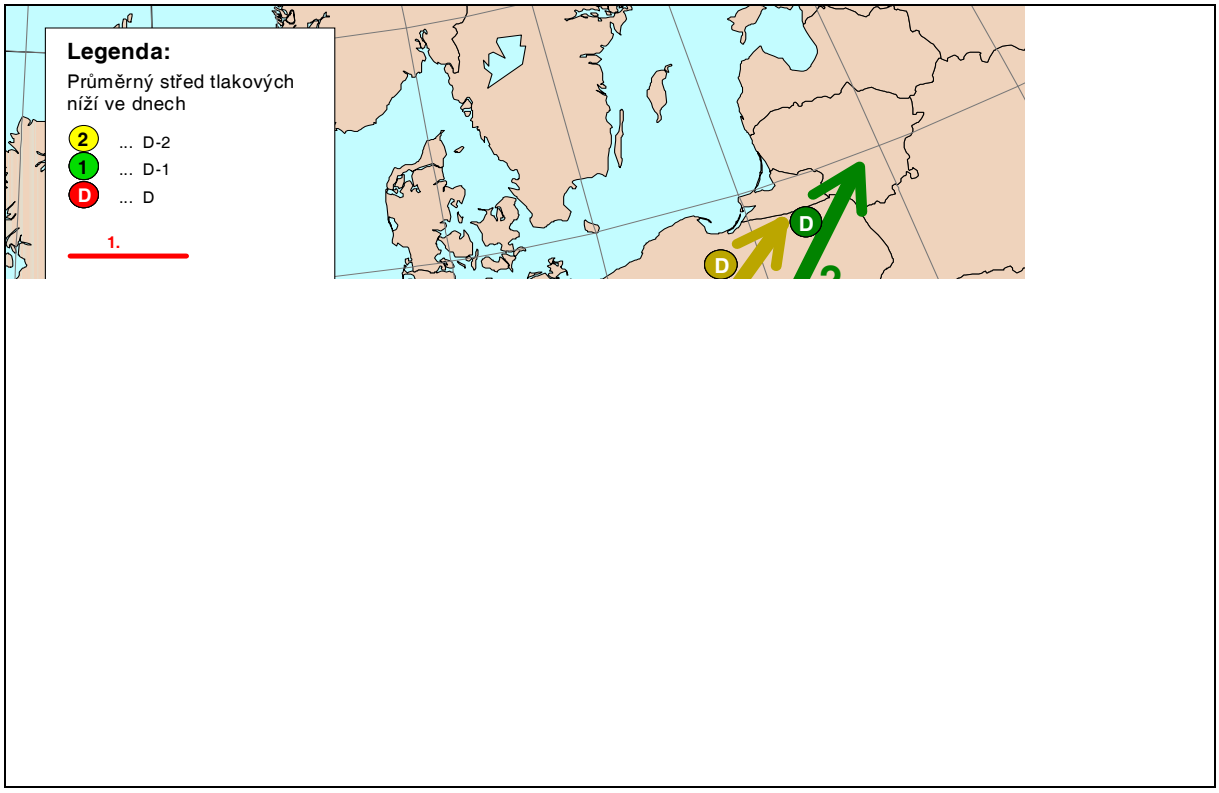
Obrázek 8: *Typové modely časoprostorového rozložení teploty u letních typů povodňových vln*

Figure 8: *Temporal course of air temperature for particular flood types of summer floods*

4. VLIV POLOHY TRAJEKTORIÍ STŘEDŮ PŘÍČINNÝCH TLAKOVÝCH NÍŽÍ NA KATEGORIZACI LETNÍCH POVODŇOVÝCH VLN

Hydrosynoptickou analýzou povodňových případů byly nejprve lokalizovány vždy středy jejich příčinné cyklony ve stejnou dobu každého dne v intervalu D-3 až D+1. Propojením takto určených bodů přímkou na synoptické mapě byly získány schematizované úseky dráhy pohybu (trajektorie) jednotlivých „povodňových“ cyklon. Na podkladě zobrazených trajektorií byly pak určeny rozměry veličin jako jsou průměrná nejmenší vzdálenost dráhy středů cyklony od geometrického těžiště zájmového povodí, dále rychlost a převládající směr jejího postupu vztaženého ke dni výskytu příčinné meteorologické situace. Spojením průměrných poloh středů příčinných tlakových níží ve dnech D-2, D-1 a D u příslušných typů průtokových vln byl získán směr jejich koridoru ve fyzicko-geografickém prostředí střední Evropy v předkulminační fázi letních povodňových případů, viz obr. 9.

Z převažujícího počtu postupů tlakových níží zapříčiňujících vznik povodní 1. a 2. typu je patrné, že většina z nich přichází ze západního až jihozápadního sektoru. Rozdíl je pouze ve vzdálenosti trajektorie od povodí horní Ohře a ve směru postupu tlakové níže ve dnech D-2 → D-1 a D-1 → D. Trajektorie příčinné tlakové níže u vln 2. typu přechází v bezprostřední blízkosti zájmového povodí ve dnech D-2 → D-1 v azimutu cca 90°, zatímco u vln 1. typu je azimut trajektorie postupu tlakové níže v těchto dnech cca 45° a vzdálenost od povodí je relativně nejmenší. Pro vlny 3. typu je charakteristický posun tlakové níže ve dnech D-2 → D-1 v jižním směru a ve dnech D-1 → D ve směru severovýchodním.



Obrázek 9: *Koridory postupu středů tlakových níží u letních povodňových vln 1., 2. a 3. typu*

Figure 9: *Typical trajectories of low pressure centers of summer floods (Type 1,2 and 3)*

Dále bylo prostřednictvím faktorové analýzy prokázáno, že příčinné cirkulační podmínky vykazují vliv spíše na prostorové a časové rozdělení srážek, které mají vliv na uvádění říčního systému do povodňového stavu. Při tom vznik průtokové vlny určitého typu může být vyvolán více meteorologickými situacemi a naopak, že jedna meteorologická situace může být příčinou více typů průtokových vln.

Tabulka 3: Soubor vstupních dat do faktorové analýzy

Table 3: Variables of summer floods

Den kulminace	$Q_{kul.}$ [$m^3.s^{-1}$]	Q_0 [$m^3.s^{-1}$]	Těžiště hyeto-gramu [dny]	Příčinná srážka [mm]	Trvání příčinné srážky [dny]	Max. denní srážka [mm]	UPS_{30} [mm]	Pokles teploty [°C]	Počet vrcholů na vlně	Trvání vzestup. větve [hod.]	Směr pohybu cyklóny [°]	Vzdálenost cyklóny od povodí [km]	Rychlost pohybu cyklóny [$km.den^{-1}$]
12.5.1965	134	63	3,10	39,4	5	10,2	40,2	4,2	4	101	150	604	707
11.6.1965	137	48	2,88	39,0	3	19,0	48,3	3,1	3	111	135	18	398
30.6.1966	180	18	1,82	71,0	4	39,5	18,3	2,0	2	42	90	367	829
26.4.1968	161	48	1,55	35,2	3	16,3	1,7	12,0	1	28	30	289	569
20.4.1970	244	82	1,94	19,1	5	12,0	19,8	7,2	2	115	75	73	1237
22.8.1970	215	21	1,49	61,7	3	31,2	31,2	6,6	2	41	95	621	353
8.5.1978	217	12	1,12	66,2	3	47,9	8,2	7,2	2	37	5	148	219
22.7.1980	196	61	1,63	26,0	2	25,2	72,9	5,1	1	17	100	191	819
7.6.1984	137	38	1,89	50,9	3	34,6	40,8	11,0	2	27	32,5	18	824
13.8.1984	98	27	2,34	39,9	3	21,5	33,6	2,4	3	44	17,5	10	1079
31.5.1986	99	15	2,11	45,6	3	28,9	35,2	12,7	3	63	40	435	1017
1.9.1995	124	29	2,89	46,8	2	24,0	49,0	4,0	1	24	240	126	431
16.9.1998	132	23	2,61	45,6	4	18,9	57,4	6,7	2	34	87,5	411	694
13.8.2002	273	21	1,78	73,7	2	40,8	43,9	3,5	1	32	20	200	776

5. FAKTOROVÁ ANALÝZA

Závěrem byla u meteorologických příčin a jimi vyvolaných letních průtokových vln s využitím faktorové analýzy určena fyzikální struktura a váha faktorů (vyjádřená prostřednictvím vstupních proměnných), které mají podstatný vliv na hydrometeorologický vývoj povodňové situace v povodí horní Ohře. Do analýzy vstupoval soubor 13 hydrologických a klimatologických proměnných včetně parametrů popisujících polohu, rychlost a směr pohybu tlakových níží (vzhledem k zájmovému povodí), které způsobily vypadávání příčinných srážek na povodí, viz tab. 3.

Dříve než bylo přistoupeno k aplikaci faktorové analýzy bylo provedeno celkové posouzení korelační struktury dat s vyznačením signifikantnosti vztahů mezi jednotlivými parametry na hladině významnosti 0,05, [*Meloun, Militký,* 2002], viz tab. 4.

Tabulka 4: Korelační matice vstupních dat

Table 4: Correlations variables

Proměnná	$Q_{kul.}$	Q_0	T_H	S	T_s	UPS_{30}	S_{dmax}	t	P	$D_{vz.}$	c	D	R
Kulminační průtok $Q_{kul.}$	**1,00**	0,13	-0,61	0,27	-0,04	-0,20	0,37	-0,15	-0,49	-0,02	-0,25	0,00	-0,08
Průtok v patě vlny Q_0	0,13	**1,00**	0,24	-0,82	0,42	0,12	-0,73	-0,01	0,09	0,55	0,26	-0,18	0,35
Těžiště hyetogramu T_H	-0,61	0,24	**1,00**	-0,32	0,26	0,47	-0,62	-0,35	0,50	0,45	0,67	0,03	0,08
Příčinná srážka S	0,27	-0,82	-0,32	**1,00**	-0,26	-0,21	0,84	-0,19	-0,13	-0,40	-0,22	0,23	-0,41
Délka příčinné srážky T_s	-0,04	0,42	0,26	-0,26	**1,00**	-0,32	-0,46	0,00	0,58	0,67	0,03	0,33	0,34
Ukazatel srážek UPS_{30}	-0,20	0,12	0,47	-0,21	-0,32	**1,00**	-0,18	-0,30	-0,03	-0,11	0,44	-0,04	0,08
Max. denní srážka S_{dmax}	0,37	-0,73	-0,62	0,84	-0,46	-0,18	**1,00**	-0,02	-0,32	-0,53	-0,41	-0,08	-0,30
Pokles teploty t	-0,15	-0,01	-0,35	-0,19	0,00	-0,30	-0,02	**1,00**	-0,10	-0,13	-0,40	0,13	0,08
Počet vrcholů na vlně P	-0,49	0,09	0,50	-0,13	0,58	-0,03	-0,32	-0,10	**1,00**	0,68	0,03	0,25	0,17
Trvání vzestupné větve $D_{vz.}$	-0,02	0,55	0,45	-0,40	0,67	-0,11	-0,53	-0,13	0,68	**1,00**	0,20	0,01	0,23
Směr pohybu cyklóny c	-0,25	0,26	0,67	-0,22	0,03	0,44	-0,41	-0,40	0,03	0,20	**1,00**	0,16	-0,28
Vzdálenost cyklóny od povodí D	0,00	-0,18	0,03	0,23	0,33	-0,04	-0,08	0,13	0,25	0,01	0,16	**1,00**	-0,17
Rychlost pohybu cyklóny R	-0,08	0,35	0,08	-0,41	0,34	0,08	-0,30	0,08	0,17	0,23	-0,28	-0,17	**1,00**

Hodnoty korelačních koeficientů v intervalu <0,65; 1> jsou vyznačeny červeně, <0.50; 0.64> oranžově a <0,33; 0,49> žlutě.
Signifikantní parametry na hladině významnosti 0,05 jsou podtrženy.

Z korelační matice je patrné, že je zde několik případů s vysokým korelačním koeficientem (až 0,84). Významné vztahy meteorologických a hydrologických veličin potvrdily známou koncepci srážko-odtokového procesu na povodí. Co je však pozoruhodné, je signifikantní vliv působení směru pohybu cyklony na polohu těžiště hyetogramu příčinných srážek. Čím větší úhel směru pohybu, tím větší doba koncentrace, tzn., že povodí je více citlivé na jižní až severozápadní směr pohybu cyklon, které jsou v průměru příčinou intenzivnější srážkové činnosti.

Hlavním kritériem pro určení počtu faktorů byla hodnota vysvětlené kumulované variability cca 75 % a nejnižší hodnota tzv. charakteristického čísla faktorů byla 1. Ukázalo se, že těmto zadávacím podmínkám vyhovuje počet čtyř faktorů.

Výsledkem faktorové analýzy letních povodňových epizod jsou faktorové zátěže zvolených proměnných popisující letní povodně, viz tab. 5.

Tabulka 5: Faktorové zátěže zvolených proměnných při letních povodních za období 1959-2002

Table 5: Factor Loadings variables

Proměnná	Faktor			
	1	2	3	4
Kulminační průtok $Q_{kul.}$	-0,059	0,062	-0,043	0,954
Průtok v patě vlny Q_0	0,894	-0,152	0,219	0,205
Těžiště hyetogramu T_H	0,264	-0,658	0,273	-0,569
Příčinná srážka **S**	-0,930	0,004	-0,042	0,222
Délka příčinné srážky T_s	0,267	0,070	0,880	0,023
Ukazatel srážek UPS_{30}	0,205	-0,592	-0,395	-0,300
Max. denní srážka S_{dmax}	-0,755	0,233	-0,330	0,331
Pokles teploty **t**	0,106	0,761	-0,078	-0,284
Počet vrcholů na vlně **P**	0,009	-0,070	0,765	-0,464
Trvání vzestupné větve $T_{vz.}$	0,427	-0,188	0,766	0,041
Směr pohybu cyklóny **c**	0,142	-0,841	0,030	-0,189
Vzdálenost cyklóny od povodí **D**	-0,392	-0,046	0,468	-0,145
Rychlost pohybu cyklóny **R**	0,560	0,321	0,134	-0,089

Poznámka: Faktorové zátěže vyšší než ±0,7 jsou vyznačeny červeně

Faktorové zátěže dominujících proměnných byly u každého ze čtyř faktorů vysoké od 0,95 (u čtvrtého) do 0,88 (u třetího faktoru). Jako mezní hodnota pro interpretaci faktorů byla určena hodnota (±0,7).

U prvního faktoru nabyly největších hodnot kladné zátěže proměnných: průtok v patě vlny a záporné pak velikost příčinné srážky a maximální denní srážky.

V druhém faktoru zaznamenaly nejvyšší zátěž proměnné: záporná hodnota směr pohybu cyklony a pokles teploty.

Třetí faktor se vyznačuje vysokými kladnými zátěžemi proměnných: délka příčinné srážky, počet vrcholů na vlně a trvání vzestupné větve.

Poslední čtvrtý faktor nabývá nejvyšší zátěž u proměnné kulminačního průtoku.

6. ZÁVĚR

(1) Z 28 uvažovaných meteorologických situací bylo v rámci hydrosynoptického kontinua identifikováno 11 jejich typů, které se nejvíce podílely buď samy o sobě anebo v kombinaci na vzniku rozvodnění v povodí horní Ohře po Karlovy Vary za období 1959 - 2002. Z toho 9 z nich se uplatňuje jen v určité sezóně.

(2) V povodí Ohře se projevuje tzv. sezonální metabolismus tím, že permanentně převládají v průměru případy průtokových vln v zimní polovině roku nad letními v poměru 3 : 1. Tato výrazná asymetrie zimní sezonální složky průtokových excesů je již tak vysoká, že přichází do úvahy její využití pro adaptibilní způsob hospodaření s vodou v nádržích.

(3) Průměrné trvání atmosférických cirkulací, které jsou příčinou vzniku rozvodnění se pohybuje okolo 2,7 dne a je o 1/4 až 1/3 kratší než trvání běžných synoptických situací. V jejich průběhu dochází ke zvýšené hysterezi atmosférických procesů a počtu přestaveb ve formaci řídících tlakových útvarů.

(4) Analýzou genetického kódu povodně bylo prokázáno, že typ příčinné meteorologické situace, který se vyskytuje v průměru s časovým předstihem dvou dnů, má největší vliv na kulminaci průtokových vln (± 1 den v závislosti na typu a sezóně).

(5) Z faktorové analýzy parametrů letních povodňových vln z profilu Karlovy Vary za období 1959 – 2002 a jejich meteorologických příčin vyplývá, že na tvar povodňových vln má výrazný vliv směr (azimut) postupu středů tlakové níže.

Literatura

Brádka, J., Dřevikovský, A., Gregor, Z., Kolesár, J., 1961. Počasí na území Čech a Moravy v typických povětrnostních situacích. Praha, HMÚ, 126 s.

Brádka, J., 1963. O srážkovém stínu za Krušnými horami. Meteorol. Zpr. 16 (2), ČHMÚ, Praha, s. 26-28.

Brázdil, R., Štekl, J., 1986. Cirkulační procesy a atmosférické srážky v ČSSR. Univerzita J.E.Purkyně, Brno.

Brázdil, R., et al., 2005. Historické a současné povodně v České republice. Masarykova Univerzita, Brno, [*v tisku*].

ČHMÚ, 1967. Katalog povětrnostních situací pro území ČSSR. HMÚ, Praha, 94 s.

Hladný, J., 1995. Odhad vývoje povodňových situací analýzou historických případů. In: Povodňová ochrana na Labi. ČHMÚ, Ministerstvo životního prostředí, Povodí Labe, Ústí nad Labem, s. 161-246.

Kakos, V., 1978. Hydrometeorologická charakteristika povodní na území ČSR. VTEI 20 (4), s. 127-131.

Kakos, V., 1983. Hydrometeorologický rozbor povodní na Vltavě v Praze za období 1873-1982. Meteorol. Zpr. 36 (6), ČHMÚ, Praha, s.171-181.

Kakos, V., 1985. Hydrometeorologická analýza povodňových situací v povodí Labe. Meteorol. Zpr. 38 (5), ČHMÚ, Praha, s.148-151.

Koblihová, E., 1989. Možnosti využití hydrosynoptických vztahů pro předpověď povodní na Odře v Bohumíně. Meteorologické zprávy, 42, č. 6, s. 168-172.

Konček, M., Rein, F., 1971. Katalog der Witterungstypen für Mitteleuropa. Acta Fac. Rer.Nat.Univ.Comen., Meteorologia IV, s. 1 – 33.

Krečmer, V., et al., 2003. Lesy a povodně. In: Sborník z celostátního semináře Lesy a povodně. Dům ČSVTS, Praha, s. 5-7.

Křivancová, S., Vavruška, F., 1997. Základní meteorologické prvky v jednotlivých povětrnostních situacích na území České republiky v období 1961-1990. Národní klimatický program ČR č. 27, Praha, 114 s.

Kynčil, J., Lůžek, B., 1979. Historické povodně v povodí Bíliny a Ohře. Povodí Ohře, Chomutov, 48 s.

Meloun, M., Militký, J., 2002. Kompendium statistického zpracování dat metody a řešené úlohy včetně CD. Academia, Praha, 764 s.

Plate, E. J., Bárdoossy, A., 1992. Space time model for daily rainfall using atmospheric circulation patterns. Water Resources Research 28, s. 1247-1259.

Mgr. Radek Čekal, ČHMÚ – Praha 4, Na Šabatce 17, 143 00, cekal@chmi.cz

Ing. Josef Hladný, CSc., ČHMÚ – Praha 4, Na Šabatce 17, 143 00, hladny@chmi.cz

NEJISTOTA OPERATIVNÍCH HYDROLOGICKÝCH PŘEDPOVĚDÍ V ZÁVISLOSTI NA VSTUPUJÍCÍ PŘEDPOVĚDI SRÁŽEK V POVODÍ LABE

Jan Daňhelka

Příspěvek se zabývá problematikou nejistoty v operativním hydrologickém předpovědním procesu. Popsány jsou různé zdroje nejistoty hydrologických předpovědí a některé používané hydrologické předpovědní prostředky. Hlavní částí práce je vyhodnocení vydávaných předpovědí srážek (QPF) modelu ALADIN pro potřeby hydrologických předpovědí. Na základě statistického zhodnocení odchylek QPF a průměrných srážek na hodnocená povodí (MAP) byly odvozeny křivky pravděpodobnosti překročení „chyby" předpovědi srážek pro různé velikostní a časové intervaly pro celkem 88 povodí v povodí Labe. S jejich pomocí jsou generovány umělé srážkové ensembly na základě deterministické předpovědi srážek a následně také hydrologické ensembly. Výsledkem je pravděpodobnostní vyjádření nejistoty hydrologické předpovědi dané nejistotou vstupující předpovědi srážek.

Klíčová slova: Hydrologická předpověď, nejistota, kvantitativní předpověď srážek – QPF, povodí Labe

Operational hydrological forecast uncertainty due to inputting precipitation forecast in Elbe River basin. *Paper describes the question of uncertainty in operational forecasting. The major sources of uncertainty are mentioned. Evaluation of precipitation forecast (QPF) of NWS ALADIN was made using statistical approach. Differences of QPF to observed precipitation was expressed using probability exceedence curves for different time intervals, value intervals and totally 88 catchments within the Elbe River basin. Results were used to post process the deterministic QPF to produce alternative probabilistic precipitation inputs for hydrological forecasting. Using that the probabilistic background of the hydrological forecast is produced.*

Key words: Hydrological forecast, uncertainty, Quantitative precipitation forecast – QPF, Elbe river basin

---

1. ÚVOD

Operativní vydávání hydrologických předpovědí se potýká s problematikou nejistoty výsledků. Otázka kvantifikace a vyjádření nejistoty je jedním z hlavních témat současného aplikovaného hydrologického výzkumu. Výsledná nejistota hydrologické předpovědi je dána různými faktory, které lze rozdělit do tří skupin (Krzysztofowicz 2001a, 2001b, 2002).

Operativní nejistota je představována neočekávanými událostmi v povodí (například protržením hrází, ledovými zácpami), ale také „nekvantifikovatelným" vlivem hydrologa na výsledek předpovědi. Hydrolog vstupuje do výpočtu zejména při zpracování dat, při interaktivních úpravách parametrů a počátečních podmínek modelu a při updatingu výsledku předpovědi tak, aby odpovídal pozorovaným hodnotám.

Hydrologickou nejistotou se rozumí především vliv nepřesností kalibrace parametrů modelu, přenášených počátečních podmínek, vlastní nepřesnost (zjednodušení) rovnic používaných modelem. Dále je do této skupiny řazena nepřesnost dalších používaných hydrologických nástrojů a technik – tedy například nepřesnost vlastního měření vodních stavů, nepřesnost konsumpční křivky atd.

Vstupní nejistota, která hraje v našich podmínkách nejvýznamnější roli, je reprezentována především nejistotou vstupující předpovědi srážek (QPF). Právě eliminace vlivu nepřesné QPF na výsledek hydrologické předpovědi je cílem různých projektů a studií včetně tohoto příspěvku.

2. VYUŽITÍ QPF V HYDROLOGICKÝCH PŘEDPOVĚDÍCH V POVODÍ LABE

Pro potřeby operativního hydrologického systému AquaLog bylo povodí Labe rozděleno do 22 oblastí na základě orografie a hranic dílčích povodí. Tyto oblasti jsou uvažovány jako meteorologicky kvazihomogenní. Meteorologický model ALADIN při každém svém běhu vypočet průměrnou srážku pro tyto oblasti. Ta pak vstupuje do AquaLogu v šestihodinovém kroku pro 48hodinový předstih. Protože meteorologické modely nejsou schopny dokonale přesné předpovědi srážek v měřítku potřebném pro hydrologické modelování malých horských povodí o ploše někdy pouze okolo 100 km^2, vede zprůměrňování předpovědi na definované oblasti k menší chybě nežli používání primárních výstupů ALADINa s gridem cca 10 km. Přesto stávající stav nelze považovat za dokonalý a je třeba řešit dopad chyb QPF na hydrologické předpovědi. Tento vliv je dokumentován na případě povodně v srpnu 2002 v závěrečné zprávě projektu „Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002“ (ČHMÚ 2004).

3. METODA STATISTICKÉHO ZPRACOVÁNÍ

Cílem celého hodnocení bylo získat pro jednotlivá povodí (respektive mezipovodí) kvantitativní vyjádření nejistoty způsobené použitím QPF v podobě používané v operativním provozu. Takto získané hodnoty pak použít pro možné vytvoření operativní pravděpodobnostní předpovědi průtoků.

Hodnocení bylo provedeno pro českou část povodí Labe při respektování a využití fragmentace na subpovodí na základě jeho konfigurace v rámci hydrologického předpovědního systému AquaLog. Prvním krokem bylo zpracování všech dochovaných předpovědí pro definovaných 22 oblastí za celou dobu od počátku jejich vydávání. Celkově tedy bylo hodnoceno období listopad 2001 až červen 2004.

K určení průměrné srážky na povodí (MAP) byl v našem případě využit samotný systém AquaLog. Ten využívá nejrozšířenější metodu Thiessenových polygonů se zohledněním nadmořské výšky stanic, pro kterou jsou použita veškerá operativně dostupná srážková data (tedy veškeré srážkoměrné stanice s podrobnějším krokem měření, menším než 24 hodin, z měřících sítí ČHMÚ a Podniků Povodí s. p.). Využití operativní sítě navíc dobře simuluje skutečné operativní potřeby a podmínky na něž jsou modely „naučeny“ (nakalibrovány) a s nimiž získávají zkušenosti také obsluhující hydrologové. Jinak řečeno případné budoucí využití a provedené vyhodnocení bude operovat na „homogenním“ datovém setu.

Díky tomu, že při definování předpovědních oblastí byly respektovány i hranice jednotlivých povodí, lze naprosté většině povodí jednoznačně přiřadit příslušnou předpovědní oblast a tedy také vlastní srážkovou předpověď.

Pro zkoumané období 32 měsíců byly porovnány šestihodinové MAP získané z výpočtu AquaLogu s odpovídajícími předpověďmi z modelu ALADIN pro příslušné oblasti. Porovnání bylo provedeno pro celkem 95 povodí odděleně na základě doby předstihu předpovědi – předpokladem je, že s rostoucím předstihem klesá přesnost předpovědi, zároveň však takto dojde k eliminaci vlivu denního chodu srážek. Kromě toho bylo hodnocení prováděno intervalově na základě předpovídané hodnoty. Při předběžném hodnocení osmi vybraných povodí byly odvozeny vhodné intervaly (0; 0.1 – 0.3; 0.4 - 1.0; 1.1 – 3.0; 3.1 – 5.0 a více než 5 mm). Rozmezí intervalů bylo zvoleno tak, aby v každém intervalu došlo k dostatečnému výskytu případů pro statistické zpracování. Proto byla dolní mez nejvyššího intervalu stanovena na 5 mm, ačkoliv z hydrologického hlediska by bylo vhodnější použít ještě větší hodnotu. V takovém případě by však v této kategorii počet výskytů výrazně klesal pod 20 a statistické zpracování by tak bylo bezpředmětné.

Pro všechna hodnocená povodí byly vypočteny odchylky šestihodinových QPF od odpovídajících MAP dle následujících rovnic:

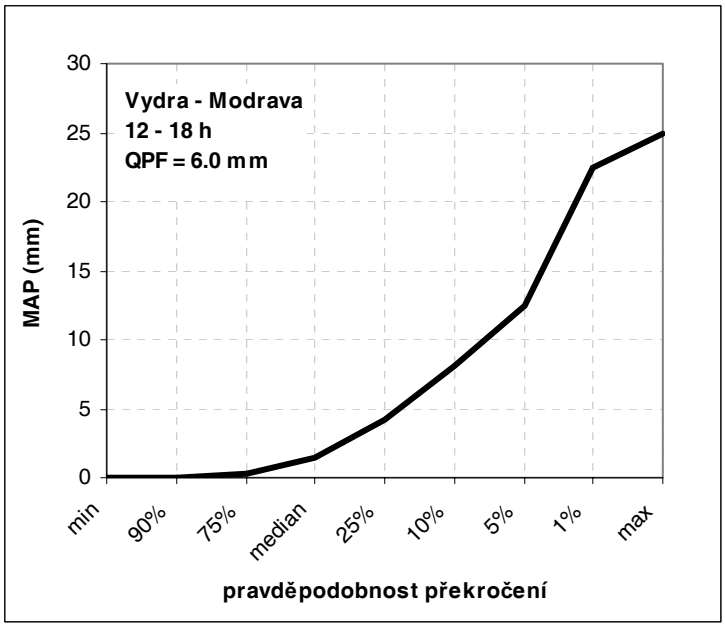
$$\forall(QPF_i = 0) \Rightarrow \quad \delta = MAP_i$$

$$\forall(QPFi > 0) \Rightarrow \quad \delta = \frac{MAP_i}{QPF_i} \tag{1}$$

Kde QPF_i je srážková předpověď pro časový interval i, MAP_i je vypočtená průměrná srážka na příslušném povodí v odpovídajícím intervalu i.

Z hodnocení byly vynechány případy, kdy jedna z hodnot (QPF_i, MAP_i) nebyla známa, stejně tak jako případy časového posunu. V tomto případě byly pro všechny odchylky větší než 500 % zkontrolovány předcházející a následující interval předpovědi a srážkového úhrnu. Pokud předpověď pro aspoň jeden z těchto intervalů byla v dobré shodě s pozorovanými srážkami v původním intervalu (50 až 200 % hodnoty) a zároveň v tomto intervalu nebyly pozorovány odpovídající srážky, bylo předpokládáno, že předpověď množství srážek byla „správná“ a došlo pouze k jejímu časovému posunu oproti realitě a daný případ byl z hodnocení vyloučen.

Statistické rozložení odchylek bylo vyjádřeno prostřednictvím vybraných kvantilů. Pomocí těchto charakteristik je popsáno typické rozložení chyby pro jednotlivá povodí – a tedy získána empirická křivka pravděpodobnosti překročení (obr. 1). Takto získané typické rozložení chyby umožňuje na základě deterministické předpovědi srážek pro zpracovaná povodí vytvořit pravděpodobnostní křivku očekávané „skutečné“ plošné srážky, tedy jakousi post-processingovou pravděpodobnostní předpověď srážek. Pro variantu zobrazenou v obrázku 1 (QPF = 6 mm) můžeme například předpokládat, že s 50 % pravděpodobnostní skutečné srážky dosáhnou pouze 1.51 mm nebo méně. Zároveň ale existuje 10 % pravděpodobnost, že srážky přesáhnou 8.11 mm, respektive 5 % pravděpodobnost překročení 12.46 mm.



Obr. 1 Ukázka křivky pravděpodobnosti překročení pro povodí Vydry v případě předpovědi 6 mm pro interval předstihu 12 – 18 hodin.

Fig. 1 Probability exceedence curve for QPF=6 mmfor Vydra river catchment and forecast period 12 to 18 hours.

Díky tomu, že v posuzovaném období se vyskytuje jak nadnormálně vlhká perioda (srpen 2002 až leden 2003), tak také suché období (červen 2003 až září 2003), lze se domnívat, že tato křivka překročení bude dobře vystihovat dlouhodobé rozložení odchylky QPF od MAP.

Pro detailnější informace o provedených pracích odkazujeme na jiné práce autora podrobněji popisující některé aspekty použité metodiky i dosažených výsledků (např. Daňhelka 2004).

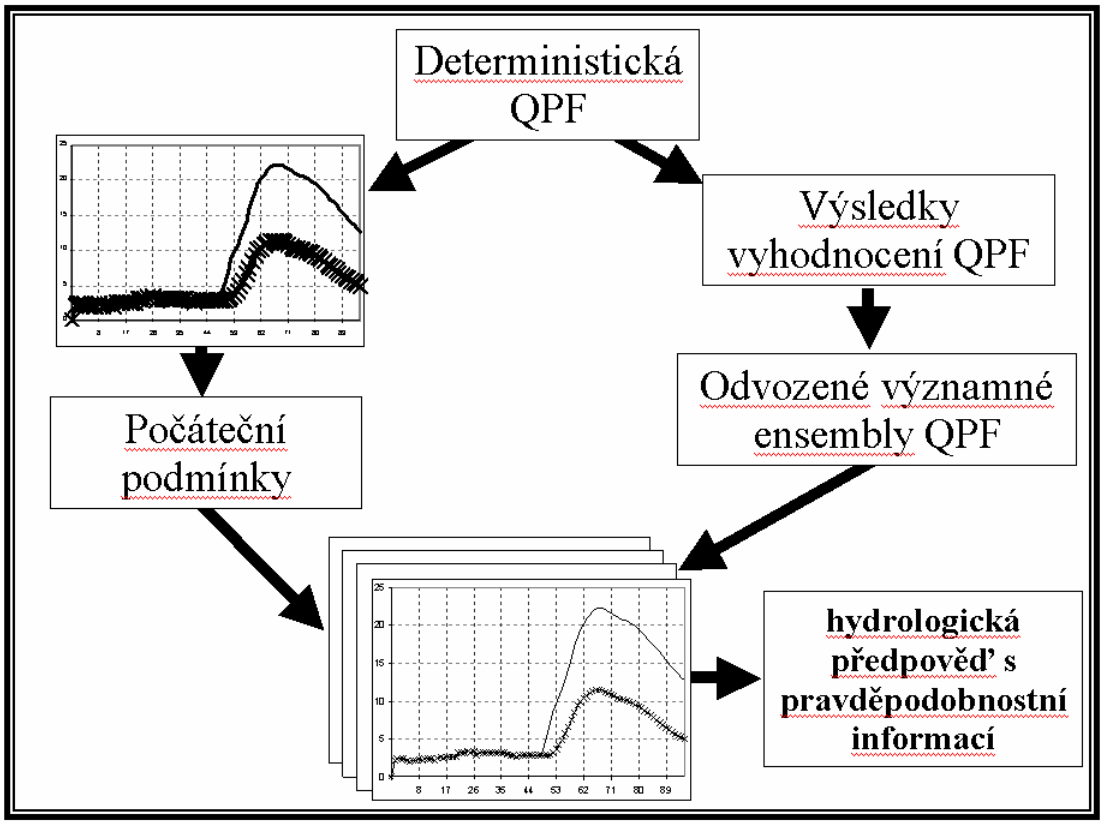
4. PRAVDĚPODOBNOSTNÍ HYDROLOGICKÉ PŘEDPOVĚDI

Existují v zásadě tři přístupy ke tvorbě pravděpodobnostní hydrologické předpovědi na základě QPF. Prvním z nich je využití ensemblových předpovědí srážek přímo vypočtených meteorologickými modely. Příkladem je systém EFFS (European Flood Foreasting System) evropského výzkumného centra v Ispře využívající ensemblů EMWF (European Center for Medium-range Weather Forecast). Druhá metoda spočívá v nahrazení předpovědí srážek historickými pozorovanými srážkovými řadami (analogy) a je používána v systému ESP (Extended Streamflow Forecast) v americké National Weather Service. Tyto metody však nejsou vhodné pro předpovědi v našich podmínkách vyžadující sice kratší předstih, ale operující s velmi malými povodími. Třetím způsobem je pak v této studii použitý postprocessing deterministických QPF.

AquaLog byl navržen a vyvinut pro vydávání deterministických hydrologických předpovědí. Protože však deterministická předpověď bývá jejími uživateli obvykle vnímána jako „jistá“, je přidaná pravděpodobnostní informace velmi důležitá a užitečná pro eliminaci této nesprávné interpretace předpovědí. Použitím výsledků provedeného vyhodnocení jsme schopni vyjádřit nejistotu vstupující QPF, která je hlavním zdrojem celkové nejistoty hydrologické předpovědi v našich podmínkách. Pomocí získaných pravděpodobnostních křivek překročení lze pro hodnocená povodí vytvořit „významné“ ensembly na základě deterministické QPF. A následně je použít jako alternativní QPF vstupy do upraveného deterministického modelu (obr. 2).

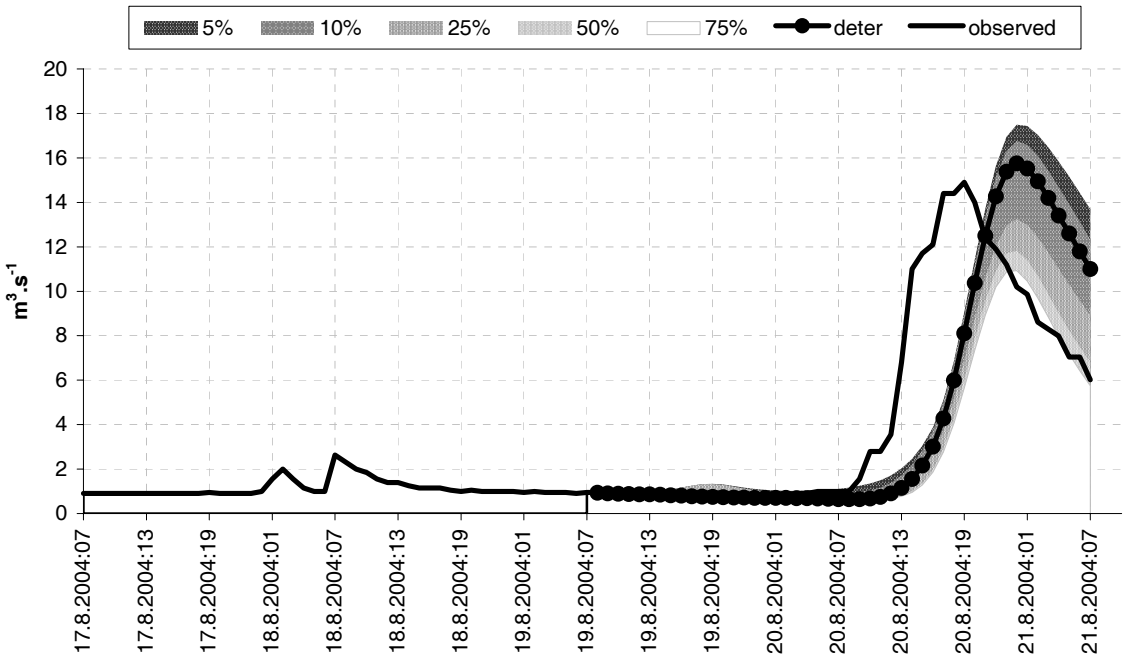
Pro využití v modelu byly vybrány ensembly s pravděpodobností překročení 75 %, 50 %, 25 % a 10 %. Při určitém zjednodušení předpokládáme, že pro odvození těchto ensemblů lze použít příslušné kvantity získané z pravděpodobnostních křivek překročení pro příslušná povodí, časové a velikostní intervaly. Otázkou zůstává, zda z takto získaných ensemblů pro jednotlivé předpovědní intervaly je možné prostým součtem získat odpovídající ensembly pro celé předpovědní období 48 hodin. Proto byl proveden test porovnáním odchylek QPF pro celé 48hodinové předpovědní období s odchylkami pozorovanými v jednotlivých šestihodinových intervalech. Jejich porovnání vykazuje poměrně dobré výsledky, koeficienty determinace jsou velmi vysoké a směrnice regresních přímek se blíží hodnotě 1.0. Je tedy možné akceptovat jistou nepřesnost pro hodnoty směrnice blízké 1.0, respektive vydělit odvozené hodnoty ensemblů pro jednotlivé časové intervaly hodnotou směrnice regresní přímky.

Použitelnost odvozené metody byla testována v operativním provozu pro situaci ze dne 16. října 2004 pro povodí Jizery. V tomto případě kvůli dalším faktorům (přítomnost sněhu v povodí, problematika rozlišení kapalných a pevných srážek v souvislosti s předpovědí teplot) se ukázala metoda jako problematická při použití v situacích zimního typu. Naopak simulace předpovědí pro 19. srpna 2004 ukázala naději na dobrou použitelnost v případě situací letního typu (obr. 3).



Obr. 2 Schéma procesu tvorby pravděpodobnostní hydrologické předpovědi

Fig. 2 Designed probabilistic forecasting process



Obr. 3 Ukázka výstupu s pravděpodobnostní informací

Fig. 3 Forecast output with added probabilistic information

5. ZÁVĚR

Provedené vyhodnocení QPF umožňuje využití jeho výsledků při tvorbě pravděpodobnostní hydrologické předpovědi v povodí Labe a tak k vyjádření nejistoty vydávané předpovědi. Celý proces je v současnosti připravený pouze pro manuální použití a tedy poněkud náročný na čas. Proto je plánován jeho provoz pouze v případech očekávaných potenciálně nebezpečných srážek a pro letní období, kdy rozhodující část celkové nejistoty předpovědi je dána právě nejistotou vstupující předpovědi srážek.

Literatura:

ČHMÚ (2004): Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 – 2. etapa (aktualizace podle výsledků 3. etapy) – Hydrologické vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 , ČHMÚ, Praha, 146 s.

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

Daňhelka, J. (2004): Use of QPF for hydrological modelling – a source of error, Proceedings of XXIInd Conference of Danubian countries, Brno, August 31st – September 4th 2004, ČHMÚ, Brno, 10 p.

Krzystofowitcz, R. (2001a): The case for probabilistic forecasting in hydrology, Journal of Hydrology, vol. 249, Elsevier, Amsterdam, the Netherlands, p. 2 - 9

Krzystofowitcz, R. (2001b): Integrator of uncertainties for probabilistic river stage forecasting: precipitation dependent model, Journal of Hydrology, vol. 249, Elsevier, Amsterdam, the Netherlands, p. 69 - 85

Krzystofowitcz, R. (2002): Bayesian system for probabilistic river stage forecasting, Journal of Hydrology, vol. 268, Elsevier, Amsterdam, the Netherlands, p. 16 – 40

Autoři

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

K METÓDAM HODNOTENIA ZÁSOB VODY V SNEHOVEJ POKRÝVKE

Kateřina Hrušková, Daniela Kyselová

Procesy akumulácie a topenia snehu predstavujú významný prírodný fenomén, ktorý má výrazný vplyv na činnosť hydroprognóznej služby (HIPS).
Už začiatkom decembra sa začínajú raz týždenne zberať údaje zo siete snehomerných staníc a ich vyhodnotením sa získavajú informácie o zásobách vody v snehu ku konkrétnemu profilu. Štandardne sa používa metóda čiary vodnej hodnoty, ktorá vychádza z analytického vyjadrenia závislosti vodnej hodnoty snehu od nadmorskej výšky. Je to metóda vo svojej podstate veľmi jednoduchá a pokiaľ sú splnené podmienky pre rovnomerné rozloženie snehovej pokrývky na povodí, aj presná. Problém nastáva v období, kedy sa zásoby snehu na povodí vyskytujú iba vo vyšších nadmorských výškach. Potom sú vypočítané snehové zásoby podhodnocované. Preto metodiky, ktoré sa používajú pre výpočet zásob vody v snehu, je potrebné neustále overovať a aktualizovať. V praxi k tomu slúžia expedičné merania charakteristík snehu. Ku klasickým výpočtovým metódam sa pridávajú aj nové postupy, opierajúce sa o možnosti výpočtovej techniky. Najčastejšie je to matematické modelovanie procesov akumulácie a topenia snehu s využitím prostriedkov GIS a najnovšie aj poznatkov diaľkového prieskumu Zeme.
Cieľom príspevku je predstaviť v súčasnosti používané metódy hodnotenia zásob vody v snehu, poukázať na dôležitosť expedičných meraní charakteristík snehu a v neposlednej miere načrtnúť aj možnosti využitia najnovších poznatkov v oblasti diaľkového prieskumu a geografických informačných systémov v hydrologickom modelovaní pre operatívne účely.

Kľúčové slová: hydrologická informačná a predpovedná služba, vodná hodnota snehu, zásoby vody v snehovej pokrývke, povodie horného Hrona

***About the method of assessment of the amount of water stored in snow cover**. The accumulation process and snow melting presents a important natural phenomenon that has strong influence on the operation of Hydrological Forecasting Service (HIPS).*
From the beginning of December, data from snow measurement network are collected weekly and by assessment of these, the information about the amount of water stored in snow cover to particular catchment are gained. Standardly is used the water-value-line method, which is based on analytical representation of dependence on snow water equivalent on altitude. This method is basically very simple and as long as all the conditions of uniform allocation of snow cover are fulfilled and it is also precise. Problem comes in case the snow in a catchment occurs only in higher altitudes. Then the calculated snow resources are underestimated. Procedures used on calculation of the amount of water stored in snow therefore need to be continually checked and updated. In practice expeditionary measuring of snow characteristics serve for this purpose. Besides classical calculating methods also new methods based on computer techniques are being added. Most common form is mathematical modelling of the processes of accumulation and snow melting using resources of geographical information systems and newest knowledge from remote sensing of the Earth.
This paper presents nowadays using methods of assessment of the amount of water stored in snow cover, it advertises the importance of expeditionary measuring of snow characteristics and at last but not at least it outlines options of utilizing the latest knowledge in the field of remote sensing and geographical information systems in hydrological modelling for operative purposes.

Key words: Hydrological Forecasting Service, snow water equivalent, amount of water stored in snow cover, upper Hron river basin

---

Úvod

Hydrologická informačná a predpovedná služba (HIPS) Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ) je špecializované oddelenie pre vydávanie hydrologických informácií, predpovedí a výstrah pre rôzne oblasti hospodárstva. Kvalita predpovede jarného odtoku závisí od stanovenia zásob vody v snehovej pokrývke. SHMÚ organizuje meranie základných prvkov snehového režimu, a to výšky snehovej pokrývky a jej vodnej hodnoty v snehomernej sieti, ktorá sa prevažne zhoduje so zrážkomernou. Získané údaje sa z vybranej siete staníc zbierajú na jednotlivých hydroprognóznych pracoviskách, kde sa na základe nameraných hodnôt vyhodnocujú zásoby vody v snehovej pokrývke.

V zimnom období raz týždenne poskytuje HIPS SHMÚ aj informácie o zásobách vody v snehovej pokrývke pre vybrané povodia. Hlavnými užívateľmi konečných výstupov sú: MŽP SR, SVP Banská Štiavnica, š.p., Vodné elektrárne Trenčín, a.s.

Metódy hodnotenia zásob vody v snehovej pokrývke na SHMÚ

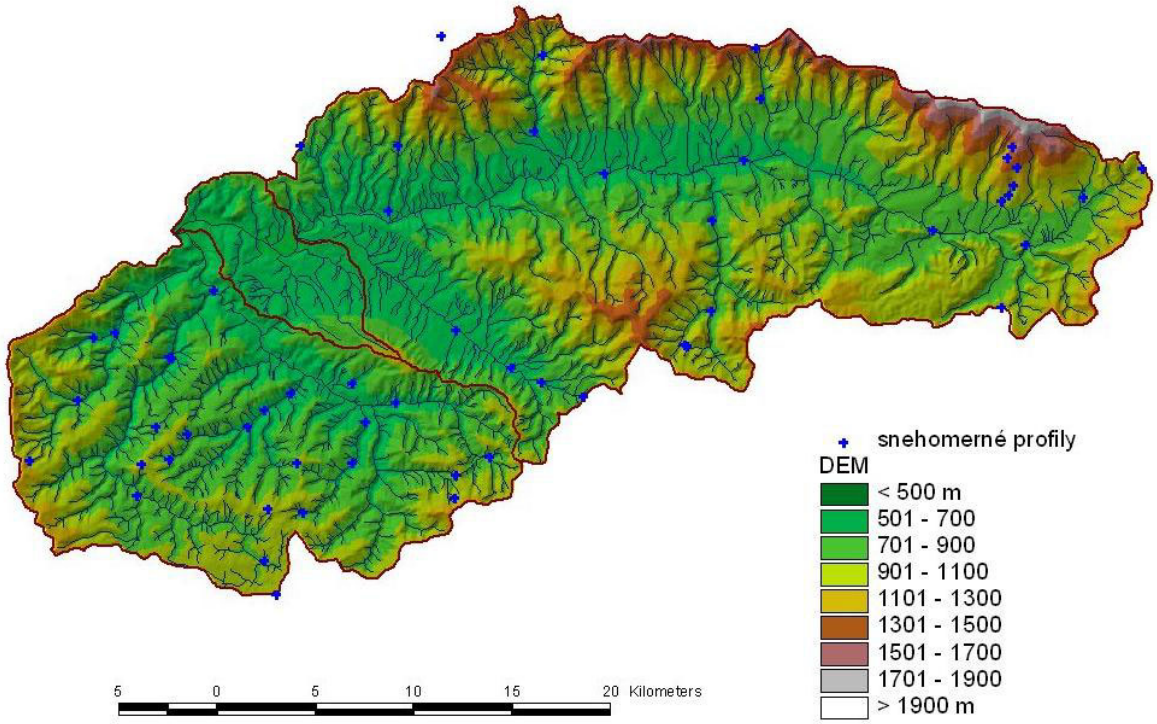
Na hodnotenie zásob vody v snehovej pokrývke sa na SHMÚ v operatíve používajú dve metódy. Obidve vychádzajú z bodových meraní.

Prvá z nich je tzv. metóda HMÚ (Mihina, 1987). Je založená na priemerovaní vodnej hodnoty snehu z bodových meraní v jednotlivých triedach nadmorskej výšky. Snehomerné stanice sa podľa ich nadmorskej výšky rozdelia do tried a pre jednotlivé výškové zóny sa vypočíta priemerná vodná hodnota snehu. Zóny, ktoré neobsahujú žiadne meranie, sa jednoducho pri následnom postupe zanedbajú. Výsledná priemerná vodná hodnota snehovej pokrývky na povodie sa vypočíta pomocou váženého priemeru. Ako váhy sa berú do úvahy podiely plôch jednotlivých výškových zón na celkovej ploche územia.
Metóda je spoľahlivá vtedy, keď je v každej výškovej triede dostatok bodových meraní vystihujúcich priemernú vodnú hodnotu snehu. Ak je variabilita vodnej hodnoty veľká, je potrebný aj väčší počet meraní. Nedostatočný počet meraní v každej výškovej kategórii alebo jej vynechanie z koncového výpočtu nutne vedie k odchýlkam od neznámeho priemeru. Táto metóda je teda náročná na počet meraní, ktoré sú závislé od variability vodnej hodnoty snehu a od rozloženia do jednotlivých výškových zón.

Druhou metódou je metóda čiary vodnej hodnoty. Jej princíp rozpracoval Turčan (1973). Spočíva v analytickom vyjadrení závislosti vodnej hodnoty snehu od nadmorskej výšky. Na SHMÚ sa používa lineárna aproximácia bodových meraní metódou najmenších štvorcov. Vyrovnávajúcou čiarou vodnej hodnoty je priamka, podľa ktorej rovnice sa pre každú výškovú zónu odvodí vodná hodnota snehu, vzťahujúca sa na stred výškového intervalu konkrétnej zóny. Priemerná vodná hodnota snehovej pokrývky na povodie sa opäť vypočíta váženým priemerom s podielom plôch jednotlivých zón ako váhami.
Táto metóda dáva vyrovnanú vodnú hodnotu snehu pre každú výškovú zónu. Nie je preto nutné mať merania vo všetkých výškových triedach.

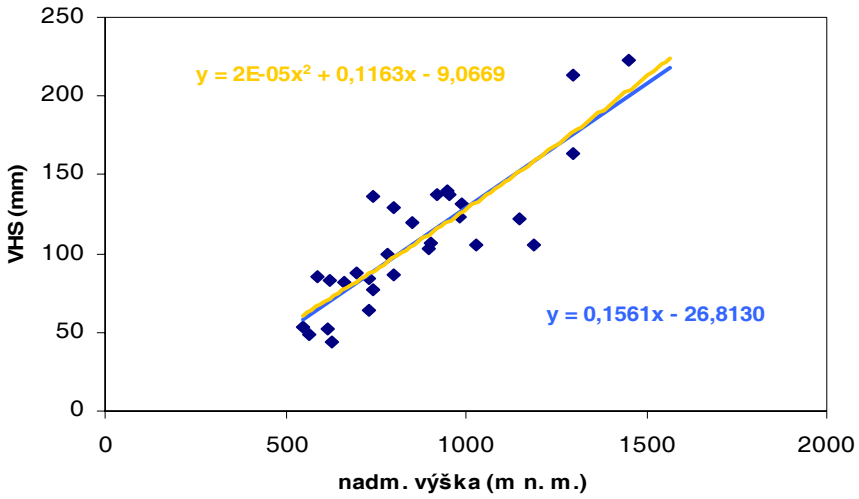
Na Slovensku sa týmto spôsobom hodnotia zásoby vody raz týždenne pre všetky významné vodné nádrže a pre väčšinu uzáverových profilov hlavných povodí.

Tak ako ostatné predpovedné metodiky využívané v operatívnej hydrológii, tak aj metodiky na vyhodnocovanie zásob vody v snehovej pokrývke je potrebné overovať a aktualizovať, využívajúc nové poznatky a prostriedky. Expedičným meraním výšky snehovej pokrývky a jej vodnej hodnoty a rôznymi metódami vyhodnotenia overujeme metodiky, používané v hydroprognóznej praxi. Povodie horného Hrona, ktoré má takmer prirodzený režim odtoku, je povodie, ktoré sa nielen na SHMÚ využíva na kalibráciu zrážkovo-odtokových modelov, ale aj modelov odtoku zo snehu a overovanie predpovedných metodík. Pravidelne sa tu organizujú expedičné merania snehu po vodomerný profil v Brezne a v povodí Čierneho Hrona po vodomerný profil v Hronci. Merné profily boli vyberané tak, aby vystihovali členitosť reliéfu záujmového územia. Predstavujú typické body na rozvodnici, na svahoch aj na dne údolí. Na obr. 1 sú povodia horného Hrona po Brezno a Čierneho Hrona po Hronec s vyznačenými lokalitami meraní výšky snehovej pokrývky a jej vodnej hodnoty pri expedičných meraniach. V tab. 1, 2 a na obr. 2, 3 sú výsledky expedičného merania, ktoré sa uskutočnilo 8.2.2005 v povodí horného Hrona po Brezno.



Obr. 1 Povodie horného Hrona po Brezno a Čierneho Hrona po Hronec s vyznačením lokalít meraní výšky snehovej pokrývky a jej vodnej hodnoty pri expedičných meraniach

Fig. 1 Upper Hron river basin up to Brezno and Čierny Hron river basin up to Hronec with the location of snow characteristics measuring durig expedition



Obr. 2 Čiary vodnej hodnoty (lineárna a polynomická) odvodené pri expedičnom meraní charakteristík snehovej pokrývky v povodí horného Hrona po Brezno 8.2.2005

Fig. 2 Water-value-line (linear and polynomial) derived during expeditionary measuring of snow characteristics in the upper Hron river basin, station Brezno on 8.2.2005

Tab. 1 Vodná hodnota snehu v jednotlivých výškových pásmach počítaná metódou čiary vodnej hodnoty s využitím lineárnej a polynomickej regresie

Tab. 1 Snow water equivalent in different altitude zones computed by water-value-line method using linear and polynomial regression

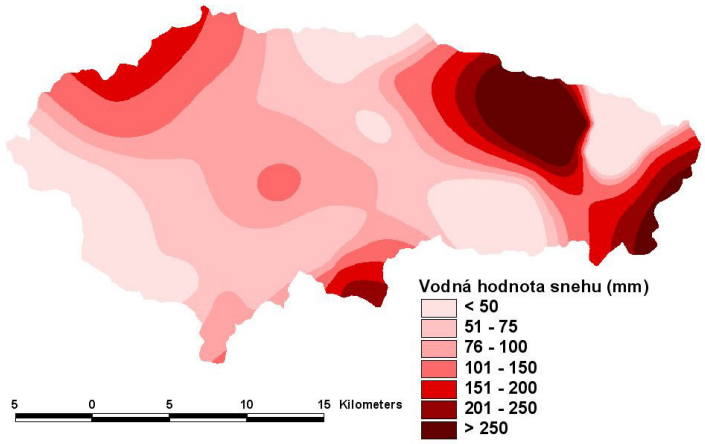
výšk. pásma	**stred**	**plocha**	**VHS[1]**	**VHS[2]**
m	m	km^2	mm	mm
401-600	500	58.9	51.2	54.3
601-800	700	179.2	82.5	82.6
801-1000	900	175.3	113.7	112.6
1001-1200	1100	114.4	144.9	144.2
1201-1400	1300	37.8	176.1	177.6
1401-1600	1500	10.2	207.3	212.6
1601-1800	1700	5.3	238.6	249.3
1801-2000	1900	1.0	269.8	287.6
∑		582.1		

VHS[1] - vodná hodnota snehu podľa rovnice priamky
VHS[2] - vodná hodnota snehu podľa rovnice polynómu

Tab. 2 Zásoby vody v snehu zistené pri expedičnom meraní charakteristík snehovej pokrývky 8.2.2005 a vypočítané z údajov 8 operatívnych staníc v povodí horného Hrona po Brezno

Tab. 2 Snow water storage derived during expeditionary measuring of snow characteristics on 8.2.2005 and calculated from operational data (8 stations) in the upper Hron river basin, station Brezno

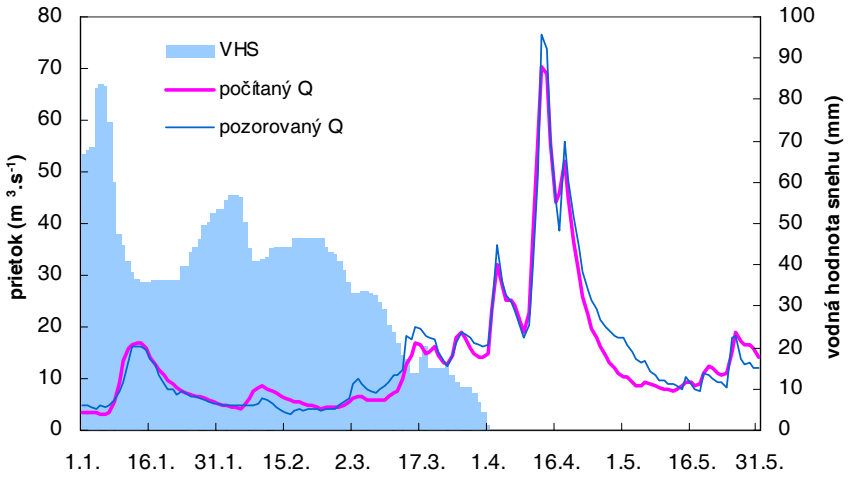
lineárna regresia:		
priemerná vodná hodnota snehu na povodie:	111.0	mm
zásoba vody v snehu:	64.60	mil. m^3
polynomická regresia:		
priemerná vodná hodnota snehu na povodie:	111.2	mm
zásoba vody v snehu:	64.73	mil. m^3
operatívne údaje:		
priemerná vodná hodnota snehu na povodie:	105.9	mm
zásoba vody v snehu:	61.62	mil. m^3



Obr. 3 Priestorové zobrazenie vodnej hodnoty snehu pomocou GIS ArcView, povodie horného Hrona

Fig. 3 Spatial interpretation of snow water equivalent by using GIS ArcView, the upper Hron river basin

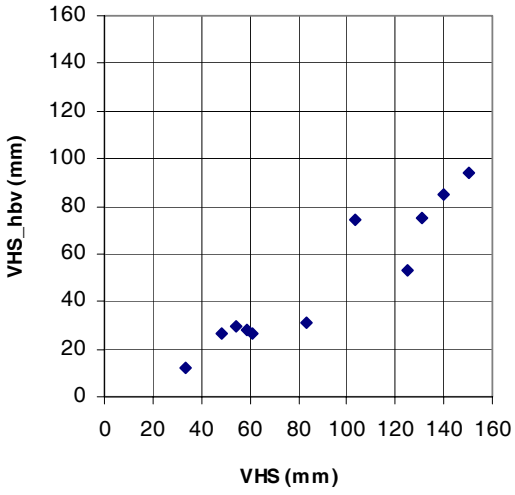
Pri modelovaní vodnej hodnoty snehu v povodí horného Hrona pre profil Brezno bol použitý aj zrážkovo-odtokový model HBV. Model bol kalibrovaný manuálne pre obdobie hydrologických rokov 1992-1997 s ohľadom na zhodu prietokov. Priebeh namodelovaných a nameraných priemerných denných prietokov v zimnej sezóne 1994 je na obr. 4. Nash-Sutcliffov koeficient, popisujúci zhodu medzi nameranou a modelovanou veličinou, dosiahol hodnotu 0,950 a koeficient objemovej zhody vykázal iba 5% rozdiel medzi počítaným a skutočným objemom odtoku. Obr. 4 je doplnený aj o namodelovanú vodnú hodnotu snehu a jej časový priebeh v sezóne 1994.



Obr. 4 Priebeh namodelovaných a skutočných priemerných denných prietokov a vodnej hodnoty snehu v zimnej sezóne 1994 pre vodomerný profil Brezno

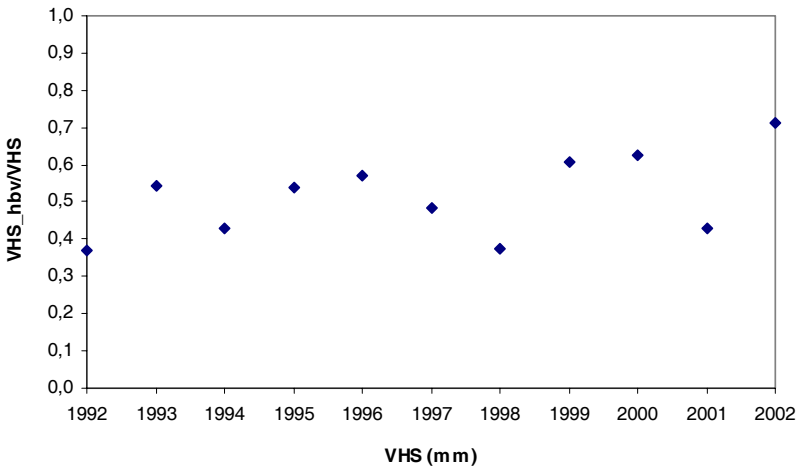
Fig. 4 Curve of computed and observed average daily discharges and snow water equivalent in winter season 1994 at station Brezno

Namodelované vodné hodnoty snehu boli porovnané s hodnotami vypočítanými podľa metódy čiary vodnej hodnoty pre dáta zo siete snehomerných staníc. Porovnávané boli vždy v konkrétnej zimnej sezóne 1992-2002 vypočítané maximálne vodné hodnoty s im odpovedajúcimi namodelovanými hodnotami (obr. 5). Vzájomný pomer porovnávaných hodnôt v jednotlivých sezónach je na nasledujúcom obrázku. Ak sa vychádza z predpokladu, že analyticky vypočítaná hodnota je presná, potom model v tomto prípade podhodnocuje namodelovanú vodnú hodnotu v priemere o 50%.



Obr. 5 Porovnanie maximálnych vypočítaných (VHS) a namodelovaných vodných hodnôt (VHS_hbv) v zimných sezónach 1992-2002 v povodí horného Hrona po Brezno

Fig. 5 Comparison of maximum calculated (VHS) and simulated snow water equivalents (VHS_hbv) in winter seasons 1992-2002 in the upper Hron river basin, station Brezno



Obr. 6 Porovnanie pomeru maximálnej vypočítanej (VHS) a namodelovanej vodnej hodnoty snehu (VHS_hbv) v zimných sezónach 1992-2002 v povodí horného Hrona po Brezno

Fig. 6 Comparison of ratio of maximum calculated (VHS) and simulated snow water equivalent (VHS_hbv) in winter seasons 1992-2002 in the upper Hron river basin, station Brezno

Uvedené porovnanie potvrdilo, že zrážkovo-odtokový model HBV kalibrovaný iba na prietoky simuluje vodnú hodnotu snehu s nedostatočnou presnosťou. Aby sa tomuto nedostatku predišlo, je potrebné aplikovať viacnásobnú kalibráciu, v prípade HBV aj s využitím automatických kalibračných techník, ktoré nevyžadujú zásah do programového kódu modelu, napr. metóda PEST (Model-Independent Parameter Estimation). To znamená kalibrovať model nielen s ohľadom na charakteristiky odtoku, ale aj napr. s ohľadom na vybrané charakteristiky snehovej pokrývky (vodná hodnota snehu). Model tak bude s požadovanou presnosťou simulovať nielen samotný odtok, ale aj vnútornú variabilitu modelovaného systému so zameraním na akumuláciu a topenie sa snehovej pokrývky.

Porovnanie snehomerných váh

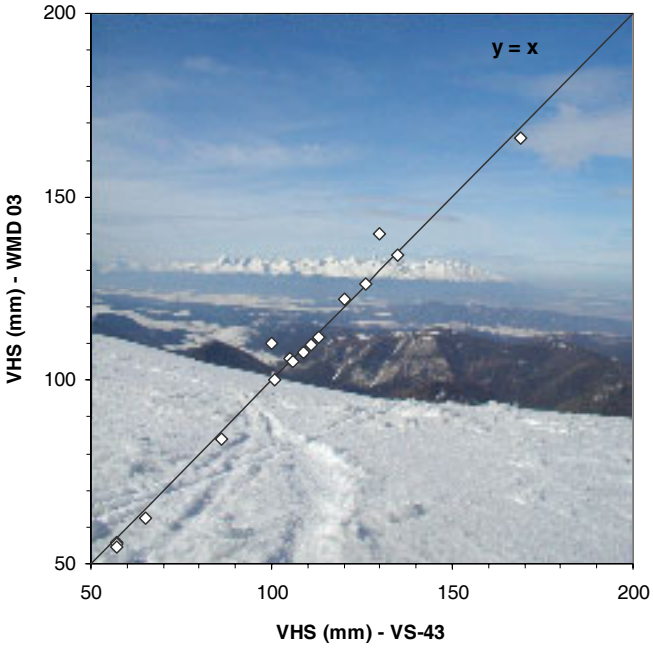
V rámci expedičných meraní sa overujú nielen metodiky, ale aj prístroje. Počas februárových expedičných meraní sa porovnával jeden zo základných typov snehomera, VS-43 s novým typom elektronických závesných váh, WMD 03.



Obr. 7 Digitálna váha WMD 03 používaná na meranie vodnej hodnoty snehu

Fig. 7 Digital weighting machine used for snow water equivalent measuring

Grafické porovnanie údajov nameraných oboma typmi snehomerov je na obr. 8.



Obr. 8 Porovnanie vodnej hodnoty snehu (VHS) nameranej rôznymi váhovými snehomermi (VS-43 a WMD 03) počas expedičných meraní výšky snehu a VHS v povodí horného Hrona

Fig. 8 Comparison of snow water equivalent (SWE) measured by different types of weighting machines for snow (VS-43 a WMD 03) during expedition measuring of snow height and SWE in upper Hron basin.

Jednoduchá popisná štatistická analýza (tab. 3) poskytuje informácie o celkovom trende a variabilite nameraných dát. Z príslušnej tabuľky je zrejmé, že jednotlivé charakteristiky stredu a variability sa od seba výrazne nelíšia. Charakteristiky asymetrie a špicatosti poukazujú na menšie rozdiely v rozdelení početnosti oboch dátových súborov. Napr. v prípade elektronických váh WMD 03 je možné hovoriť o slabej pravostrannej asymetrii rozdelenia početnosti, t.j. sú sústredené skôr pri vyšších hodnotách znaku a smerom k nižším hodnotám klesajú, a o miernom sploštení rozdelenia v porovnaní s normálnym rozdelením.

Tab. 3 Vybrané štatistické charakteristiky vodnej hodnoty snehu (mm) nameranej rôznymi váhovými snehomermi (VS-43 a WMD 03) počas expedičných meraní VHS a výšky snehu v povodí horného Hrona vo februári 2004

Tab. 3 Selected statistical characteristics of snow water equivalent (mm) measured by different types of weighting machines for snow (VS-43 a WMD 03) during expedition measuring of snow height and SWE in upper Hron basin in February 2004.

	VS 43	**WMD 03**
Priemer	102.8	102.9
Chyba str. hodnoty	7.5	7.7
Smer. odchýlka	30.856	31.938
Koef. variácie	0.300	0.310
Koef. asymetrie	0.043	-0.108
Koef. špicatosti	0.015	-0.360
Minimum	57	54.4
Maximum	169	166
Súčet	1747	1750
Počet	17	17

Štatistické ukazovatele dopĺňa aj vypočítaný korelačný koeficient medzi obidvoma súbormi vodnej hodnoty snehu, ktorý mal hodnotu r = 0,993. T-test významnosti korelačného koeficientu potvrdil jeho štatistickú významnosť na zvolenej hladine významnosti $\alpha = 0{,}01$.
Z vyššie uvedených výsledkov vyplýva, že snehomer VS-43 je možné pre potreby hydroprognóznej služby nahradiť novým typom elektronických závesných váh, WMD 03. Tento typ sa vyznačuje jednoduchším ovládaním, ktoré v teréne pri expedičnom meraní celkovo uľahčuje manipuláciu s prístrojom.
Pokiaľ by sa uskutočnilo rozsiahlejšie porovnanie oboch typov snehomerov v rôznych podmienkach (nadmorská výška, obdobie akumulácie, zrelosti aj topenia snehovej pokrývky) a výsledky by ukázali dobrú zhodu medzi meranými veličinami, bolo by možné odporučiť používanie elektronických závesných váh WMD 03 aj v sieti zrážkomerných staníc, z ktorých údaje používa HIPS pre výpočet zásob vody v povodí.

Záver

V súvislosti s hydrologickým modelovaním ako aj s určením zásob vody v snehu na povodí vyvstáva otázka kvality vstupných dát. Základným zdrojom informácií sú bodové merania požadovaných klimatických prvkov, z ktorých je možné vhodnou interpolačnou metódou, zakomponovanou priamo do modelu alebo v prostredí GIS, odvodiť priestorovú informáciu. Nové možnosti získavania kvalitnej priestorovej informácie sa opierajú o použitie techník diaľkového prieskumu Zeme – meteorologického radaru a družíc. Využitie družicových dát pre potreby modelovania je v operatívnej hydrológii stále ešte zriedkavé, ale vo vede a výskume sa už pri modelovaní úspešne aplikujú. Ich oblasť pôsobnosti je veľmi rozsiahla. Môžu byť použité nielen ako operatívne vstupy do modelov, ale aj pri kalibrácii alebo rekalibrácii samotných modelov. Z hľadiska procesov akumulácie a topenia sa snehu, dôležitých pre vývoj snehových zásob na povodí, sa ako najdôležitejšie javia informácie o zrážkach a snehovej pokrývke. A práve kombinácia pozemných pozorovaní spolu s možnosťami diaľkového prieskumu sa zdá byť pre monitoring a modelovanie snehovej pokrývky do budúcna rozhodujúca. Medzinárodný Projekt H-SAF (Satellite Application Facility for Hydrology), ktorého riešiteľom je aj SHMÚ, si dáva za cieľ priblížiť možnosti využitia družicových dát v operatívnej hydrológii.

Literatúra

Mihina, V. (1987): Metódy vyhodnocovania zásob vody v snehovej pokrývke na povodí Hrona. Etapová zpráva: II-5-1/05/03, SHMÚ, Bratislava, 56 s.

Turčan, J. (1973): Príspevok k určeniu zásoby snehu v horskom povodí. Vodohospodársky časopis, 21, č. 3-4.

Autori

Daniela Kyselová, SHMÚ Banská Bystrica, Zelená 5, 974 01, daniela.kyselova@shmu.sk

Kateřina Hrušková, SHMÚ Banská Bystrica, Zelená 5, 974 01, katerina.hruskova@shmu.sk

ŤAŽKÉ KOVY V POVRCHOVÝCH VODÁCH NA VÝCHODOSLOVENSKEJ NÍŽINE

Jozef Ivančo, Dana Pavelková, Rastislav Mati

V príspevku sú uvedené výsledky získané pri monitorovaní vybraných ťažkých kovov (olovo, kadmium, chróm, zinok, meď) vo vybraných hlavných vodných tokoch (Laborec, Ondava, Uh) na Východoslovenskej nížine. Monitoring bol robený v dvoch časových horizontoch (rok 1994 a 2000). Získané výsledky ukázali, že vo všetkých odberných profiloch boli zistené koncentrácie sledovaných ťažkých kovov.

Kľúčové slová: vodné toky, ťažké kovy, olovo, kadmium, chróm, zinok, meď, koncentrácie, Laborec, Ondava, Uh

***Heavy metals of surface water in the East Slovakian Lowland**. This article deals with results of two-days lasting measurement of selected heavy metals concentrations along the Laborec river, the Ondava river and the Uh river. Samples of water were picked up during two-days for the purpose of estimating the concentrations of selected heavy metals: lead (Pb), cadmium (Cd), chrome (Cr), zinc (Zn) and copper (Cu). Monitoring was realised in 1994 and 2000 years. Sources of pollution were not searched. As shown the analysis, there was not dangerous pollution in all rivers evaluated.*

Key words: Water Streams, Heavy Metals, Lead, Chrome, Zinc, Cadmium, Copper, Concentration, River Laborec, River Ondava, River Uh

---

ÚVOD

Zloženie (chemické) povrchových vôd je okrem iných procesov ovplyvňované aj antropogénnou činnosťou. V poslednom období medzi cudzorodé látky, ktoré sa do povrchových vôd dostávajú patria aj ťažké kovy. V hlavných vodných tokoch na Východoslovenskej nížine (Laborec, Ondava, Uh) bol v rámci riešeného Grantového projektu „Vplyv antropogénnej činnosti na režim povrchových, pôdnych a podzemných vôd na VSN“, v roku 1994 monitorovaný obsah vybraných ťažkých kovov (Ivančo, 1996a, b, c, 1997, 1998-1999, 2001a, b; Mati, 2001). Na základe vtedy použitej metodiky bol tento monitoring urobený aj v roku 2000 a získané výsledky boli navzájom porovnané. Ďalšie opakovanie monitoringu podľa tej istej metodiky sa uskutoční v roku 2005.

POUŽITÝ METODICKÝ POSTUP

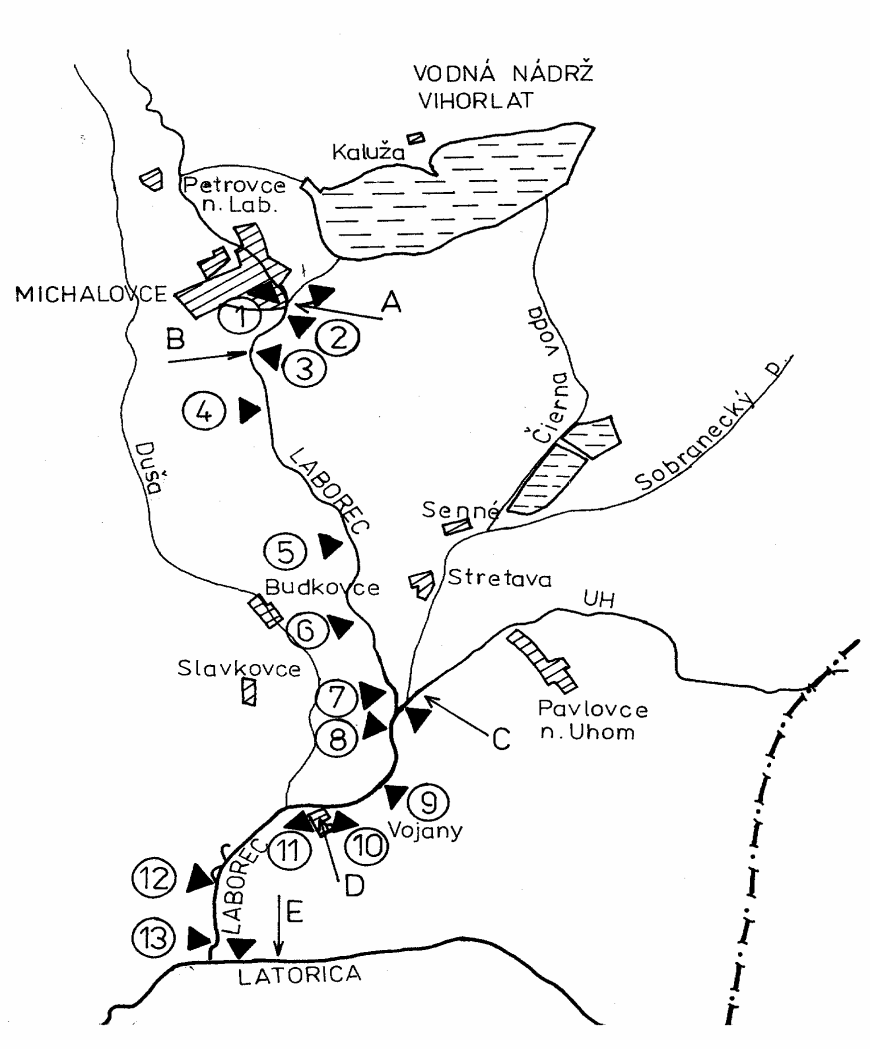
V zmysle vypracovaného metodického postupu boli koncentrácie vybraných ťažkých kovov v Laborci sledované v dvoch časových horizontoch a to 9.–10. 8. 1994 a 23.–24. 8. 2000. Vzorky vody boli odoberané počas dvoch dní v smere toku z vrstvy tesne pod hladinou. Odberné profily (obr.1) boli vybrané tak, aby boli zmapované charakteristické úseky vodného toku Laborec.

V Ondave boli odbery vzoriek povrchovej vody urobené v roku 1994 v priebehu dvoch dní (16. – 17. 8. 1994). Odberné profily sú uvedené na obr.2 a boli vybrané tak, aby sa vystihli reprezentatívne úseky rieky Ondava. V roku 2000 bol monitoring uskutočnený v dňoch 5. – 6. septembra.

Na Uhu bol uskutočnený monitoring v roku 1995 (2. augusta). Odberné profily sú uvedené na obr.3. V roku 2000 bol podľa tej istej metodiky urobený odber vzoriek dňa 20. septembra.

Zo vzoriek vody boli stanovené koncentrácie olova (Pb), kadmia (Cd), chrómu (Cr), zinku (Zn) a medi (Cu). Chemické analýzy boli urobené v obidvoch časových horizontoch v agrochemickom laboratóriu

Oblastného výskumného ústavu agroekológie v Michalovciach. Počas monitorovania boli v Laborci zaznamenané najnižšie prietoky.



Laborec: 1 – Michalovce - pred zaústením výpustného kanála z vodnej nádrže Vihorlat, 2 – Michalovce (Meďov) po zaústení výpustného kanála z VN Vihorlat, 3 – Michalovce pod vyústením odpadových vôd z ČOV, 4 – Lastomír, 5 – Palín, 6 – Stretavka, 7 – pred sútokom s Uhom, 8 – po sútoku s Uhom, 9 – vo Vojanoch, 10 – vo Vojanoch nad haťou, 11 – vo Vojanoch pod haťou, 12 – Oborín, 13 – pred sútokom s Latoricou.

Prítoky a vodné nádrže: A – výpustný kanál z vodnej nádrže Vihorlat, B – odpad z ČOV Michalovce, C – Uh, D – vodná nádrž Vojany (haťové teleso), E – Latorica.

Obr. 1 Odberné miesta na Laborci.

Fig. 1 Water sampling sites on the Laborec river.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

I. vodný tok: Laborec

Výsledky získané monitoringom obsahu vybraných ťažkých kovov v obidvoch časových horizontoch (1994, 2000) sú uvedené v tab. 1.

Olovo

V roku 1994 sa koncentrácie olova pohybovali od 0,62 do 4,50 $\mu g.l^{-1}$. Najvyššie hodnoty boli namerané v Laborci po sútoku s Uhom. V roku 2000 sa obsah olova pohyboval od 0,83 do 2,51 $\mu g.l^{-1}$. Najvyššie hodnoty boli namerané v Laborci v profile Michalovce po zaústení výpustného kanála z VN Vihorlat. Maximálne namerané koncentrácie olova boli v roku 2000 nižšie oproti roku 1994.

Kadmium

Koncentrácie kadmia sa v roku 1994 pohybovali od 0,05 do 0,85 $\mu g.l^{-1}$. Maximálne hodnoty boli namerané v Laborci v Michalovciach v profile po zaústení odpadových vôd z ČOV. V roku 2000 sa koncentrácie kadmia sa pohybovali od 0,08 do 0,73 $\mu g.l^{-1}$. Maximálne hodnoty boli namerané v Laborci v profile Michalovce po zaústení výpustného kanála z VN Vihorlat. Maximálne namerané koncentrácie kadmia boli v roku 2000 opäť nižšie ako v roku 1994.

Chróm

Obsah chrómu v Laborci sa v roku 1994 pohyboval od 0,92 do 2,45 $\mu g.l^{-1}$. Maximálne koncentrácie boli namerané v Laborci v profile Michalovce pred zaústením výpustného kanála z VN Vihorlat. Koncentrácie chrómu v roku 2000 sa pohybovali od 0,85 do 3,04 $\mu g.l^{-1}$. Maximálna hodnota bola nameraná v Laborci v profile Vojany - most. Maximálne koncentrácie namerané v roku 2000 boli vyššie ako v roku 1994.

Zinok

Koncentrácie zinku sa v roku 1994 pohybovali od 2,21 do 28,44 $\mu g.l^{-1}$. Maximálna hodnota bola nameraná v Laborci v profile Michalovce pred zaústením výpustného kanála z VN Vihorlat. V roku 2000 sa koncentrácie zinku pohybovali od 16,11 do 35,89 $\mu g.l^{-1}$. Najvyššie koncentrácie bola namerané v Laborci v profile Michalovce po zaústení výpustného kanála z VN Vihorlat. Maximálne namerané koncentrácie zinku v roku 2000 boli vyššie ako v roku 1994.

Meď

V roku 1994 sa koncentrácie medi pohybovali od 4,86 do 17,3 $\mu g.l^{-1}$. Maximálna hodnota bola nameraná v Laborci v profile Michalovce pred zaústením výpustného kanála z VN Vihorlat. V roku 2000 sa obsah medi pohyboval od 1,85 do 7,85 $\mu g.l^{-1}$. Najvyššia hodnota bola nameraná v Laborci v profile Michalovce po zaústení výpustného kanála z VN Vihorlat. Najvyššie namerané koncentrácie medi boli v roku 2000 nižšie oproti roku 1994.

Porovnanie obsahu ťažkých kovov v dvoch časových horizontoch v Laborci

Zo získaných výsledkov boli podľa jednotlivých vybraných ťažkých kovov a hodnotených rokov (1994 a 2000) vypočítané priemerné hodnoty, ktoré sú uvedené v tab.2., z ktorej je vidieť, že priemerné koncentrácie olova, kadmia, chrómu a medi boli v roku 1994 vyššie ako v roku 2000. Opačná tendencia bola pri zinku. Toto zníženie môže byť dôsledkom zmeny výrobných procesov v povodí Laborca.

Tab. 1 Porovnanie obsahu vybraných ťažkých kovov vo vodnom toku Laborec v rokoch 1994 a 2000.

a) koncentrácie olova (Pb), kadmia (Cd), a chrómu (Cr)

Tab. 1 Comparison of heavy metals concentrations in water on the Laborec river
a) concentrations of heavy metals (Pb, Cd, Cr)

P. č.	LABOREC – Lokalita	Koncentrácie ťažkých kovov v µg.l^{-1}								
		Pb			Cd			Cr		
		1994	2000	+/-	1994	2000	+/-	1994	2000	+/-
1	Michalovce-pred zaús.vý.k.	0,99	1,12	0,13	0,05	0,08	0,03	2,45	0,91	-1,54
2	Michalovce-po zaús.vý.k.	0,83	2,51	1,68	0,20	0,73	0,53	0,92	1,35	0,43
3	Michalovce - pod vyús. ČOV	1,70	1,21	-0,49	0,85	0,10	-0,76	1,35	0,91	-0,44
4	Lastomír	1,00	1,38	0,38	0,05	0,11	0,06	1,20	1,01	-0,19
5	Palín	0,62	0,83	0,21	0,70	0,08	-0,62	1,23	1,23	0,00
6	Stretavke	0,63	1,28	0,65	0,05	0,16	0,11	1,12	1,98	0,86
7	Pred sútokom s Uhom	0,98	0,91	-0,07	0,05	0,12	0,07	1,34	1,04	-0,30
8	po sútoku s Uhom	4,50	1,89	-2,61	0,70	0,12	-0,58	1,10	0,99	-0,11
9	Vojany (most)	1,20	2,01	0,81	0,45	0,10	-0,35	1,27	3,04	1,77
10	Vojany nad haťou	1,40	1,81	0,41	0,45	0,11	-0,34	1,86	0,99	-0,87
11	Vojany pod haťou	1,70	1,94	0,24	0,32	0,09	-0,23	1,92	1,23	-0,69
12	Oborín	3,20	1,38	-1,82	0,32	0,11	-0,21	1,29	2,01	0,72
13	Pred sútokom s Latoricou	1,70	0,94	-0,76	0,45	0,08	-0,37	1,81	0,85	-0,96

b) koncentrácie zinku (Zn), medi (Cu) a kumulované koncentrácie (Pb, Cd, Cr, Zn, Cu)

b) concentrations of heavy metals (Zn, Cu) and cumulative concentrations (Pb, Cd, Cr, Zn, Cu)

P. č.	LABOREC – Lokalita	Koncentrácie ťažkých kovov v µg.l^{-1}								
		Zn			Cu			Spolu		
		1994	2000	+/-	1994	2000	+/-	1994	2000	+/-
1	Michalovce-pred zaús.vý.k.	28,44	16,11	-12,33	17,30	3,11	-14,19	49,23	21,33	-27,90
2	Michalovce-po zaús.vý.k.	11,17	35,89	24,72	12,73	7,85	-4,88	25,85	48,33	22,48
3	Michalovce - pod vyús. ČOV	8,63	26,28	17,65	7,26	3,58	-3,68	19,79	32,08	12,29
4	Lastomír	4,61	23,11	18,50	10,08	2,98	-7,10	16,94	28,59	11,65
5	Palín	3,43	19,58	16,15	4,86	1,95	-2,91	10,84	23,67	12,83
6	Stretavke	16,19	29,35	13,16	10,22	3,94	-6,28	28,21	36,71	8,50
7	Pred sútokom s Uhom	9,07	27,40	18,33	10,41	2,85	-7,56	21,85	32,32	10,47
8	po sútoku s Uhom	5,16	18,50	13,34	11,55	3,02	-8,53	23,01	24,52	1,51
9	Vojany (most)	4,63	29,11	24,48	11,69	4,25	-7,44	19,24	38,51	19,27
10	Vojany nad haťou	2,21	20,85	18,64	14,52	3,11	-11,41	20,44	26,87	6,43
11	Vojany pod haťou	19,83	19,54	-0,29	15,56	3,04	-12,52	39,33	25,84	-13,49
12	Oborín	17,71	24,58	6,87	13,22	3,58	-9,64	35,74	31,66	-4,08
13	Pred sútokom s Latoricou	15,31	16,50	1,19	9,71	1,85	-7,86	28,98	20,22	-8,76

Poznámka: A – zvýšenie(+), zníženie(-) oproti roku 1994.

Celkové hodnotenie kvality vody v Laborci

Vzhľadom nato, že sa jednalo o jednorázový informačný monitoring (odber jednej vzorky z každého odberného profilu) a to v obidvoch časových intervaloch nie je možné zaradiť v jednotlivých odberných profiloch povrchovú vodu do akostných tried podľa STN 75 7221.
Tab. 2 Priemerné koncentrácie vybraných ťažkých kovov v Laborci v rokoch 1994 a 2000.

Tab. 2 Average concentrations of selected heavy metals on the Laborec river in 1994 and 2000.

Rok	Koncentrácie ťažkých kovov v µg. l^{-1}					
	Pb	Cd	Cr	Zn	Cu	Spolu
1994	1,57	0,35	1,45	11,23	11,47	26,07
2000	1,47	0,15	1,35	23,60	3,47	33,11

II. vodný tok: Ondava

Namerané koncentrácie vybraných ťažkých kovov pozdĺž toku Ondava (obr.2) v roku 1994 a 2000, sú uvedené v tab. 3 a 4. Z uvedených výsledkov je vidieť, že ťažké kovy boli zistené vo všetkých odberných profiloch.

Kadmium

Obsah kadmia sa v Ondave v roku 1994 (tab. 3) pohyboval od 0 do 0,65 µg.l^{-1}. Maximálne hodnoty boli namerané v profile pred sútokom s Trnávkou 0,65 µg.l^{-1} a v profiloch po sútoku s Trnávkou 0,57 µg.l^{-1} a v Sírniku 0,57 µg.l^{-1}.

V roku 2000 (tab. 4) sa koncentrácie kadmia pohybovali od 0,081 do 0,311 µg.l^{-1}. Maximálne hodnoty boli namerané v odberných profiloch pod výpustom z Bukózy 0,311 µg.l^{-1} a v Rakovci nad Ondavou 0,291 µg.l^{-1}.

Olovo

Koncentrácie olova sa v roku 1994 (tab. 3) pohybovali od 1,06 do 2,67 µg.l^{-1}. Najvyššie boli namerané v odbernom profile pod Malou Domašou 2,67 µg.l^{-1} a v profiloch Nižný Hrušov 2,52 µg.l^{-1}, Sírnik 2,49 µg.l^{-1} a Zemplínske Hradište 2,41 µg.l^{-1}.

V roku 2000 (tab. 4) sa koncentrácie olova v Ondave pohybovali od 0,65 do 4,18 µg.l^{-1}. Najvyššie koncentrácie boli namerané v profile pod výpustom odpadových vôd z Bukózy v Hencovciach 4,18 µg.l^{-1} a v profile Poša 3,11µg.l^{-1}.

Chróm

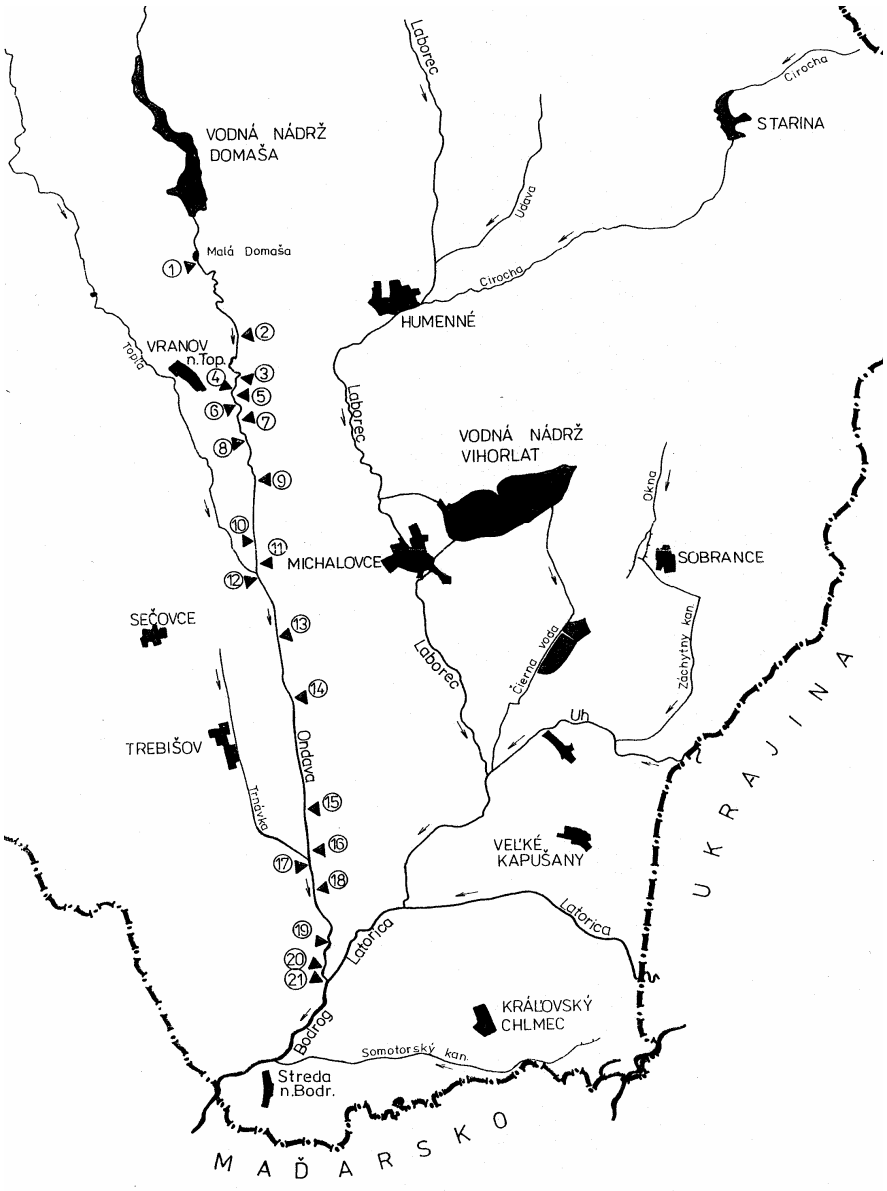
Koncentrácie chrómu sa v Ondave v roku 1994 (tab. 3) pohybovali od 0,80 do 1,82 µg.l^{-1}. Maximálne koncentrácie boli namerané v profiloch Rakovec 1,82 µg.l^{-1} a Poša 1,80 µg.l^{-1}.

V roku 2000 (tab. 4) sa koncentrácie chrómu pohybovali od 0,45 do 2,04 µg.l^{-1}. Najvyššie hodnoty boli namerané v profiloch Poša 2,04 µg.l^{-1} a Nižný Hrabovec 1,85 µg.l^{-1}.

Meď

Koncentrácie medi sa v roku 1994 (tab. 3) sa pohybovali od 5,15 do 28,69 µg.l^{-1}. Najvyššie koncentrácie boli namerané v profiloch pod haťou v Hencovciach 28,69 µg.l^{-1} , v Ložíne 27,50 µg.l^{-1} v Poši 22,20 µg.l^{-1}, po sútoku s Trnávkou 22,10 µg.l^{-1} a v Kladzanoch 21,79 µg.l^{-1}.

V roku 2000 (tab. 4) sa obsah medi v Ondave pohyboval od 3,40 do 13,11 µg.l^{-1}. Najvyššia hodnota bola nameraná v profile pod vyústením odpadových vôd z Bukózy 13,11 µg.l^{-1} a v Nižnom Hrabovci 10,50 µg.l^{-1} .



1- pod Malou Domašou, 2- v Sedliskách, 3- v Kladzanoch, 4- nad haťou v Hencovciach, 5- pod haťou v Hencovciach, 6- pod výpustom odpadových vôd z Bukózy, 7- v Nižnom Hrabovci, 8- v Poši, 9- v Nižnom Hrušove, 10- v Rakovci nad Ondavou, 11- pred sútokom s Topľou, 12- po sútoku s Topľou, 13- v Horovciach, 14- v Ložíne, 15- v Zemplínskom Hradišti, 16- pred sútokom s Trnavkou, 17- po sútoku s Trnavkou, 18- v Sírniku, 19- v Brehove, 20- pred sútokom s Latoricou, 21- po sútoku s Latoricou (Bodrog). Prítoky: A – Topľa, B – Trnavka

Obr. 2 Odberné profily na Ondave

Fig. 2 Water sampling sites on the Ondava river

Zinok

Namerané koncentrácie zinku sa v Ondave v roku 1994 (tab. 3) pohybovali od 1,12 do 24,61 $\mu g.l^{-1}$. Najvyššie hodnoty boli namerané v profiloch Nižný Hrabovec 24,61 $\mu g.l^{-1}$ a Sírnik 10,15 $\mu g.l^{-1}$.

V roku 2000 (tab. 4) sa koncentrácie zinku pohybovali od 16,13 do 64,50 $\mu g.l^{-1}$. Najvyššie koncentrácie boli namerané v profiloch pod vyústením odpadových vôd z Bukózy a v Horovciach 31,50 $\mu g.l^{-1}$.

Tab. 3 Koncentrácie vybraných ťažkých kovov vo vodnom toku Ondava v roku 1994.

Tab. 3 Concentrations of selected heavy metals on the Ondava river in 1994.

P.č.	Odberný profil	µg.l^{-1}					
		Cd	**Pb**	**Cr**	**Cu**	**Zn**	**Spolu**
1	Ondava pod Malou Domašou	0,50	2,67	1,02	13,24	7,76	25,19
2	Ondava v Sedliskách	0,50	1,25	0,99	15,12	1,12	18,98
3	Ondava v Kladzanoch	0,31	1,87	0,80	21,79	1,68	26,45
4	Ondava nad haťou v Hencovciach	0,15	1,29	1,46	9,08	3,20	15,18
5	Ondava pod haťou v Hencovciach	0,23	1,06	1,43	28,69	1,35	32,76
6	Ondava pod výpustom odpadových vôd z Bukózy	0,05	1,70	1,12	10,22	16,19	29,28
7	Ondava v Nižnom Hrabovci	0,00	1,43	1,40	8,74	24,61	36,18
8	Ondava v Poši	0,06	1,43	1,80	22,20	6,08	31,57
9	Ondava v Nižnom Hrušove	0,23	2,52	1,60	15,81	2,67	22,83
10	Ondava v Rakovci	0,40	1,46	1,82	11,68	3,02	18,38
11	Ondava pred sútok. s Topľou	0,06	1,65	1,80	12,05	2,02	17,58
12	Ondava po sútoku s Topľou	0,23	1,76	1,43	15,31	2,18	20,91
13	Ondava v Horovciach	0,00	1,69	1,43	13,05	1,61	17,78
14	Ondava v Ložíne	0,50	1,50	1,48	27,50	2,69	33,68
15	Ondava v Zemplínskom Hradišti	0,15	2,41	1,60	8,20	5,22	17,58
16	Ondava pred sútokom s Trnavkou	0,65	2,19	1,70	14,30	4,30	23,14
17	Ondava po sútoku s Trnavkou	0,57	1,26	1,24	20,10	6,25	31,42
18	Ondava v Sírniku	0,57	2,49	1,32	13,40	10,15	27,93
19	Ondava v Brehove	0,00	1,44	1,44	6,45	9,27	19,05
20	Ondava pred sútokom s Latoricou	0,00	1,56	1,62	5,15	7,50	15,83
21	Bodrog	0,15	2,53	1,53	11,70	3,44	19,35

Hodnotenie obsahu ťažkých kovov v dvoch časových horizontoch 1994 a 2000 v Ondave.

Na základe získaných výsledkov boli podľa jednotlivých monitorovaných ťažkých kovov a hodnotených rokov (1994 a 2000) vypočítané priemerné hodnoty, ktoré sú uvedené v tab. 5. Z tabuľky je vidieť, že priemerné koncentrácie kadmia, chrómu a medi boli v povrchovej vode v Ondave v roku 1994 vyššie ako v roku 2000. Opačná tendencia bola pri olove a najmä pri zinku, kde priemerné hodnoty v roku 2000 boli niekoľkokrát vyššie ako v roku 1994 čo môže byť dôsledkom zmeny technologických procesov v povodí. Najvyššie koncentrácie zinku boli namerané v odbernom profile pod výpustom odpadových vôd z Bukózy v Hencovciach.

Vzhľadom nato, že sa jednalo o jednorázový informačný monitoring (odber jednej vzorky z každého odberného profilu) a to v obidvoch časových intervaloch nie je možné zaradiť v jednotlivých odberných profiloch povrchovú vodu do akostných tried podľa STN 75 7221.

Tab. 4 Koncentrácie vybraných ťažkých kovov vo vodnom toku Ondava v roku 2000.

Tab. 4 Concentrations of selected heavy metals on the Ondava river in 2000.

P.č.	Odberný profil	µg.l^{-1}					
		Cd	Pb	Cr	Cu	Zn	Spolu
1	Ondava pod Malou Domašou	0,119	2,04	1,38	10,21	29,35	43,10
2	Ondava v Sedliskách	0,081	0,94	1,01	6,35	19,28	27,66
3	Ondava v Kladzanoch	0,094	1,51	0,85	4,98	16,58	24,01
4	Ondava nad hať ou v Hencovciach	0,112	1,21	0,78	3,90	18,53	24,53
5	Ondava pod hať ou v Hencovciach	0,126	1,65	0,95	6,21	27,80	36,74
6	Ondava pod výpustom odpadových vôd z Bukózy	0,311	4,18	0,98	13,11	64,50	83,08
7	Ondava v Nižnom Hrabovci	0,201	2,04	1,85	10,50	29,35	43,94
8	Ondava v Poši	0,098	3,11	2,04	6,58	24,50	36,33
9	Ondava v Nižnom Hrušove	0,158	1,85	1,06	3,40	19,85	26,32
10	Ondava v Rakovci	0,291	1,58	0,98	8,45	16,50	27,80
11	Ondava pred sútok. s Topľou	0,102	0,98	1,54	6,50	18,50	27,62
12	Ondava po sútoku s Topľou	0,180	1,54	1,50	8,11	24,57	35,90
13	Ondava v Horovciach	0,082	0,65	0,89	10,50	31,50	43,62
14	Ondava v Ložíne	0,211	2,58	1,50	8,40	23,11	35,80
15	Ondava v Zemplínskom Hradišti	0,181	1,90	1,25	6,95	17,50	27,78
16	Ondava pred sútokom s Trnavkou	0,160	1,58	0,95	7,11	24,52	34,32
17	Ondava po sútoku s Trnavkou	0,204	1,58	1,12	8,01	28,29	39,20
18	Ondava v Sírniku	0,185	2,11	1,01	6,51	24,11	33,93
19	Ondava v Brehove	0,096	1,80	0,45	6,04	21,19	29,58
20	Ondava pred sútokom s Latoricou	0,084	1,12	1,18	5,95	18,40	26,73
21	Bodrog	0,138	2,04	1,09	5,80	16,13	25,20

Tab. 5 Priemerné koncentrácie vybraných ťažkých kovov v Ondave v rokoch 1994 a 2000.

Tab. 5 Average concentrations of selected heavy metals on the Ondava river in 1994 and 2000.

Rok	Priemerné koncentrácie v µg.l^{-1}					
	Cd	Pb	Cr	Cu	Zn	Spolu
1994	0,25	1,71	1,43	14,46	5,82	23,9
2000	0,15	1,80	1,16	7,31	24,47	34,91

III. vodný tok: Uh

Získané výsledky z monitorovania obsahu vybraných ťažkých kovov vo vodnom toku Uh v obidvoch časových horizontoch sú uvedené v tabuľke 6. a 7.

Olovo

V roku 1995 sa obsah olova vo vybraných odberných profiloch v dolnom toku Uhu pohyboval od 0,58 $\mu g.l^{-1}$ do 3,80 $\mu g.l^{-1}$. Najvyšší obsah bol zaznamenaný v profile pred sútokom s Laborcom.
V roku 2000 sa obsah olova v povrchovej vode v Uhu pohyboval od 0,97 $\mu g.l^{-1}$ do 3,58 $\mu g.l^{-1}$. Najvyššia hodnota bola nameraná v odbernom profile Uh pred sútokom s Laborcom. Obsah olova mal v smere toku klesajúcu tendenciu (3,58 – 0,97 $\mu g.l^{-1}$).

Kadmium

Obsah kadmia sa pohyboval v roku 1995 od 0,05 $\mu g.l^{-1}$ do 0,80 $\mu g.l^{-1}$. Najvyššie hodnoty boli namerané v profile Záchytný kanál. V roku 2000 sa obsah kadmia pohyboval od 0,13 $\mu g.l^{-1}$ do 0,28 $\mu g.l^{-1}$. Najvyššie hodnoty boli namerané v profile v Pinkovciach.
V roku 2000 bol obsah kadmia vyšší v profiloch 1, 2, 4 a opačná situácia bola v profiloch 3, 5 a 6 kde bol obsah kadmia niekoľkonásobne vyšší. Obsah kadmia mal v roku 2000 pozdĺž toku klesajúcu tendenciu (0,28 – 0,14 $\mu g.l^{-1}$).

Chróm

Obsah chrómu sa v povrchovej vode Uhu pohyboval v roku 1995 od 0,88 $\mu g.l^{-1}$ do 1,35 $\mu g.l^{-1}$. Najvyššie hodnoty boli namerané v profile v Pinkovciach. V roku 2000 sa pohyboval obsah chrómu od 0,76 do 1,16 $\mu g.l^{-1}$. Pri nameranej maximálnej hodnote v profile pred sútokom s Laborcom. V roku 2000 bol obsah chrómu vyššií ibe v profile 6, v ostatných odberných profiloch bol vyšší obsah v roku 1995.

Zinok

Podľa monitoringu sa obsah zinku v povrchovej vode v roku 1995 pohyboval od 9,89 do 17,95 $\mu g.l^{-1}$. Najvyššie hodnoty boli namerané v odbernom profile v Pinkovciach. V roku 2000 sa namerané koncentrácie pohybovali od 20,98 do 33,19 $\mu g.l^{-1}$. Najvyššie boli namerané v profile Záchytný kanál. Obsah zinku mal po prúde klesajúcu tendenciu (30,50 – 21,50 $\mu g.l^{-1}$) s výnimkou profilu č.3. V roku 2000 však koncentrácie zinku boli vo všetkých odberných profiloch vyššie oproti roku 1995 (v niektorých prípadoch dokonca niekoľkonásobne).

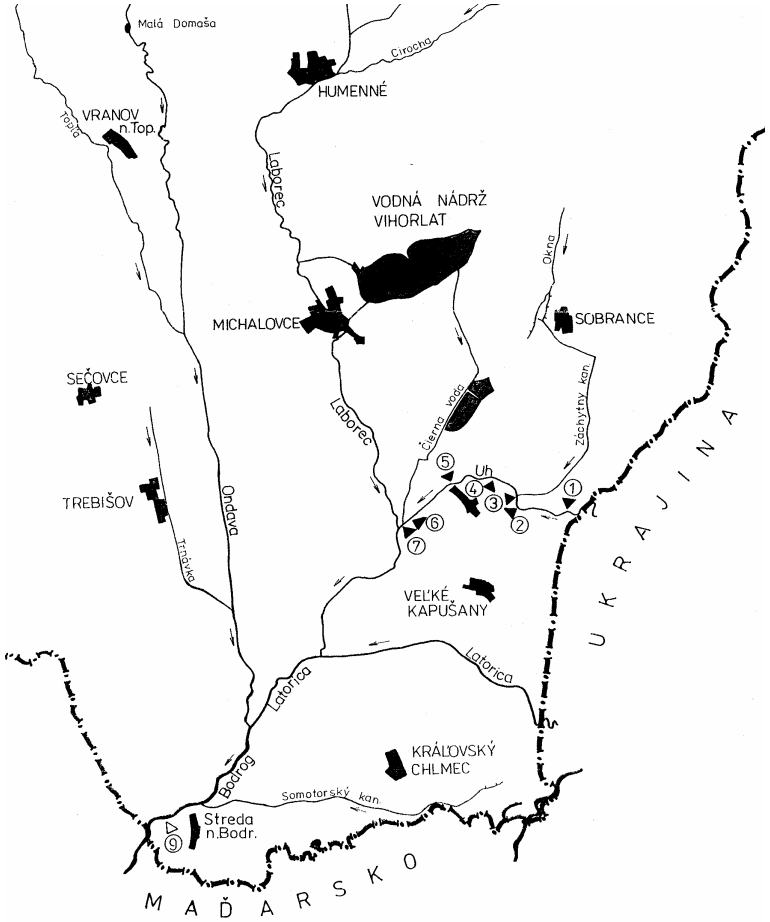
Meď

Obsah medi v Uhu sa v roku 1995 pohyboval od 8,59 do 17,30 $\mu g.l^{-1}$. Najvyššia hodnota bola nameraná opäť v profile Pinkovce. V roku 2000 sa koncentrácie medi pohybovali od 4,35 do 8,35 $\mu g.l^{-1}$. Najvyššie hodnoty boli zaznamenané v profile Pinkovce. Obsah medi v roku 2000 mal po prúde klesajúcu tendenciu. V tomto roku boli vo všetkých odberných profiloch namerané nižšie koncentrácie ako pri monitoringu v roku 1995.

Porovnanie obsahu ťažkých kovov v dvoch časových horizontoch v Uhu

V tabuľke 8. sú uvedené hodnoty priemerných obsahov vybraných ťažkých kovov v dolnom toku Uhu . Z tabuľky 8. je vidieť, že v roku 2000 boli namerané nižšie priemerné hodnoty v dolnom toku Uhu pri kadmiu o 47,3 %, pri chróme o 24,6 % a pri medi o 50,5 %. Pri olove boli však namerané vyššie hodnoty o 76,9 % a pri zinku dokonca o 105,6 % ako v roku 1995. Kumulovaný obsah ťažkých kovov bol v roku 2000 vyšší o 24,4 %.

Zvýšenie obsahu zinku v dolnom toku Uhu v roku 2000 ovplyvnilo aj celkový priemerný obsah ťažkých kovov v tomto vodnom toku (zvýšenie o 24,4 %). Vzhľadom na to, že vodný tok Uh priteká na Slovensko z Ukrajiny neboli bližšie zisťované zdroje znečistenia ťažkými kovmi ani príčiny zvýšenia obsahu zinku v roku 2000. Predpokladá sa, že je to vplyv výrobných procesov v hornej časti povodia rieky Uh.



1 - Pinkovce, 2 - Bajany, 3 - Záchytný kanál, 4 - Vysoká nad Uhom, 5 - Pavlovce nad Uhom, 6 - pred sútokom s Laborcom, 7 – Laborec po sútoku s Uhom.

Obr. 3. Odberné profily na dolnom toku Uhu:

Fig. 3 Water sampling sites on the Uh river.

Tab. 6 Obsah vybraných ťažkých kovov v dolnom toku Uhu v roku 1995.

Tab. 6 Concentrations of selected heavy metals on the Uh river in 1995.

P. č.	**Lokalita**	**Koncentrácia [µg.l^{-1}]**					
		Pb	**Cd**	**Cr**	**Zn**	**Cu**	**Spolu**
1	Uh v Pinkovciach	0,98	0,08	1,35	17,95	17,30	37,66
2	Uh v Bajanoch	1,23	0,20	1,29	12,11	10,25	25,08
3	Uh v profile Záchytný kanál	0,95	0,80	1,38	9,89	14,11	27,13
4	Uh vo Vysokej nad Uhom	3,11	0,05	1,42	13,15	8,59	26,32
5	Uh v Pavlovciach nad Uhom	0,58	0,70	1,48	10,90	14,60	28,26
6	Uh pred sútokom s Laborcom	3,80	0,45	0,88	14,11	13,18	32,42
7	Laborec po sútoku s Uhom	4,12	0,38	3,11	10,80	9,85	28,26

Tab. 7 Obsah vybraných ťažkých kovov v dolnom toku Uhu v roku 2000.

Tab. 7 Concentrations of selected heavy metals on the Uh river in 2000.

P. č.	**Lokalita**	**Koncentrácia [µg.l^{-1}]**					
		Pb	**Cd**	**Cr**	**Zn**	**Cu**	**Spolu**

1	Uh v Pinkovciach	3,58	0,28	0,88	30,50	8,35	43,59
2	Uh v Bajanoch	3,51	0,26	0,76	29,81	6,90	41,24
3	Uh v profile Záchytný kanál	2,80	0,18	1,12	33,19	7,58	44,87
4	Uh vo Vysokej nad Uhom	1,85	0,19	0,95	24,58	6,31	33,88
5	Uh v Pavlovciach nad Uhom	1,11	0,13	1,01	20,98	4,35	27,58
6	Uh pred sútokom s Laborcom	0,97	0,14	1,16	21,50	5,11	28,88
7	Laborec po sútoku s Uhom	1,35	0,12	0,98	29,08	4,23	35,76

Počas monitorovania boli odobraté v obidvoch časových horizontoch aj vzorky povrchovej vody v profile Laborec po sútoku s Uhom (tabuľka 6., 7.). V roku 2000 bol obsah olova, kadmia, chrómu a medi nižší ako v roku 1995, ale obsah zinku bol skoro trikrát vyšší, čo vyplýva nakoniec aj zo zvýšeného obsahu zinku v Uhu už pri jeho vstupe na naše územie (odberný profil Pinkovce).

Tab. 8 Priemerné koncentrácie vybraných ťažkých kovov vo vodnom toku Uh v roku 1995 a 2000.

Tab. 8 Average concentrations of heavy metals on the Uh river in 1995 and 2000.

Rok	**Priemerná koncentrácia [µg.l^{-1}]**					
	Pb	**Cd**	**Cr**	**Zn**	**Cu**	**Spolu**
1995	1,77	0,38	1,30	13,01	13,00	29,47
2000	2,30	0,20	0,98	26,76	6,43	36,67
A	+76,90	-47,34	-24,60	+105,60	-50,50	+24,40

Poznámka: A – zvýšenie(+), zníženie(-) oproti roku 1995 v %.

ZÁVER

V predkladanej práci sú hodnotené a porovnávané koncentrácie vybraných ťažkých kovov (olovo, kadmium, chróm, zinok, meď) vo vzorkách vody odoberanej vo vybraných odberných profiloch v Laborci, počas dvojdňovej časovej snímky v dvoch odlišných časových horizontoch (1994, 2000). Koncentrácie ťažkých kovov boli zistené vo všetkých odberných profiloch. Napriek tomu, že porovnanie v oboch časových horizontoch vychádza iba z jedného odberu, pri zvážení faktu, že v oboch prípadoch bolo vybrané suché obdobie s minimálnym prietokom, majú získané výsledky svoje opodstatnenie.
Namerané koncentrácie nepredstavujú v súčasnosti akútne nebezpečenstvo zo znečistenia, ale poukazujú na určité potenciálne nebezpečenstvo. Zdroje znečisťovania ťažkými kovmi zisťované neboli.
Ako ukázali výsledky priemerné koncentrácie jednotlivých ťažkých kovov , okrem zinku, boli v roku 2000 nižšie oproti roku 1994.

Ďalej boli vyhodnocované a porovnávané aj koncentrácie vybraných ťažkých kovov vo vzorkách povrchovej vody odoberaných vo vybraných odberných profiloch v Ondave. Koncentrácie ťažkých kovov boli zistené vo všetkých odberných profiloch.
Získané výsledky poukazujú na možné potenciálne nebezpečenstvo znečistenia vodného toku Ondava, ktoré je však závislé od výrobných procesov v povodí. Ako ukazujú výsledky v roku 2000 boli priemerné hodnoty pri olove a zinku vyššie ako v roku 1994. Zdroje znečistenia povrchových vôd ťažkými kovmi zisťované neboli.
Hodnotené a navzájom porovnávané boli aj monitorované obsahy vybraných ťažkých kovov v dolnom toku Uhu v dvoch časových horizontoch (roky 1995 a 2000). Prítomnosť ťažkých kovov bola zistená vo všetkých odberných profiloch a v obidvoch časových horizontoch. Pri hodnotení sa vychádza iba z jedného odberu v každom odbernom profile v jednotlivých hodnotených rokoch. I napriek tomu získané výsledky majú svoje opodstatnenie, pretože preukázali prítomnosť vybraných ťažkých kovov

v obidvoch časových úrovniach a ukázalo sa, že okrem zníženia priemerného obsahu kadmia, chrómu a medi v roku 2000 došlo v tomto roku aj k výraznému zvýšeniu obsahu olova a zinku. Výsledky zároveň poukázali na určité potenciálne nebezpečenstvo znečistenia aj dolného toku Uhu vybranými ťažkými kovmi.

Literatúra

Ivančo, J. - Mati, R. - Gomboš, M. (1996a): Rozdelenie koncentrácií ťažkých kovov pozdĺž tokov Laborca, Latorice a Bodrogu určené z meraní v krátkom časovom intervale. J.Hydrol. Hydromech 44, 2-3, 150-160.

Ivančo, J. - Mati, R. - Gomboš, M. (1996b): Obsah ťažkých kovov vo vybraných tokoch na Východoslovenskej nížine. I. Laborec – stredný a dolný tok. In: PLANETA 96, Praha, č.4, s.18-21.

Ivančo, J. - Mati, R. - Gomboš, M. (1996c): Rozdelenie koncentrácií vybraných ťažkých kovov pozdĺž dolného toku Uhu určené z meraní v krátkom časovom intervale. In: Zborník vedeckých prác OVÚA č: 13. Michalovce: OVÚA, 1996, s. 173 – 183.

Ivančo, J. - Mati, R. - Gomboš, M. (1996d): Transport vybraných ťažkých kovov vodnými tokmi na Východoslovenskej nížine. In: Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda – rastlina – atmosféra. Bratislava: Ústav hydrológie SAV a Geofyzikálny ústav SAV, 1996, s. 30 – 32.

Ivančo, J. - Mati, R. - Gomboš, M. (1997): Koncentrácie vybraných ťažkých kovov pozdĺž vodného toku Ondava určené z meraní v krátkom časovom intervale. J.Hydrol. Hydromech 45, 3, 187-196.

Ivančo, J. - Mati, R. - Gomboš, M. (1998-1999): Heavy metals concentration of the main rivers of East Slovakia Lowland. Pollution and water resources, Columbia university seminar proceedings, Volume XXX, 9, p.75 - 94.

Ivančo, J. - Mati, R. - Pavelková, D. - Gomboš, M. (2001a): Distribution of selected heavy metals concentrations along the river Laborec in 1994 and 2000 years. In. Water is life – take care of it. WRI Bratislava, p. 484 – 488.

Ivančo, J. - Pavelková, D. - Gomboš, M. - Mati, R. (2001b): Koncentrácie vybraných ťažkých kovov pozdĺž toku Ondava v roku 2000. In. Zborník vedeckých prác OVÚA Michalovce, č.17, s.275-283.

Mati, R. - Ivančo, J. (1997): Koncentrácie vybraných ťažkých kovov v povrchových vodách na Východoslovenskej nížine. In: Cudzorodé látky v životnom prostredí. Nitra: AF SPA 1997, s. 164 – 168.

STN 75 72 21 Klasifikácia akosti povrchových vôd, 1989, 20 s.

Tölgyessy, J. a kol. (1984): Chémia, biológia a toxikológia vody a ovzdušia. Bratislava: Veda Vydavateľstvo SAV, 1984, 531 s.

Autori

Ing. Jozef Ivančo, CSc., Ústav hydrológie SAV, Výskumná hydrologická základňa Michalovce, Hollého 42, Michalovce 071 01, Telefón: 056 / 64 251 47, Fax: 056 / 64 251 47, E-mail: **uhsavmi@stonline.sk**, ivanco@uh.savba.sk

Ing. Dana Pavelková, Ústav hydrológie SAV, Výskumná hydrologická základňa Michalovce, Hollého 42, Michalovce 071 01, Telefón: 056 / 64 251 47, Fax: 056 / 64 251 47, E-mail: **uhsavmi@stonline.sk,** pavelkova@uh.savba.sk

Ing. Rastislav Mati, CSc., Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany, Ústav agroekológie Michalovce, Špitálska 1273, Michalovce 071 01, Telefón: 056/6420689, Fax: , E-mail: **ovua@minet.sk**,

HODNOCENÍ ÚČASTI HYDROLOGICKÝCH VĚDNÍCH OBORŮ NA VEŘEJNÉ SOUTĚŽI VE VÝZKUMU A VÝVOJI GA ČR

Hubert Kříž

Příspěvek obsahuje informace o grantovém systému Grantové agentury ČR a výsledcích účasti hydrologických vědních oborů na veřejné soutěži ve výzkumu a vývoji této agentury, jakož i řešení některých hydrologických grantových projektů. Kromě toho je v něm i výzva k účastníkům konference Hydrologické dny 2005, aby ve větší míře podávali grantové přihlášky do veřejné soutěže a zúčastňovali se činnosti v odborných komisích GA ČR.

Klíčová slova: Grantová agentura České republiky, hydrologické vědní obory, grantové projekty

***The evaluation of the hydrological sciences participation in the research and development public competition of the Czech Science Foundation**. The article describes the information on the Czech Science Foundation and results of the hydrological sciences participation in the research and development public competition of the agency and hydrological grant projects research. Besides this paper contains the challenge for conference Hydrological days 2005 participants for more submit the applications for a grant and participation in activity expert committees of the Czech Science Foundation.*

Key words: Czech Science Foundation, hydrological sciences, grant projects

---

ÚVOD

Grantová agentura České republiky (GA ČR) byla zřízena vládou České republiky podle zákona České národní rady č. 300/1992 Sb. o státní podpoře vědecké činnosti a vývoje technologií, aby poskytovala finanční prostředky ze státního rozpočtu na podporu projektů vývoje a výzkumu navrhovanými fyzickými nebo právnickými osobami. Od roku 2003 se veřejná soutěž ve výzkumu a vývoji v GA ČR řídí podle zákona č. 130/2002 Sb. Podmínky činnosti GA ČR stanoví Statut GA ČR schválený usnesením vlády ČR č. 191 z roku 1993.

Hlavním úkolem GA ČR je zajišťovat rozdělení účelových finančních prostředků na výzkum a vývoj, které jsou jí přidělovány ze státního rozpočtu a kontrola jejich hospodárného využívání. GA ČR pravidelně každoročně počínaje od roku 1993 vyhlašuje veřejnou soutěž ve výzkumu a vývoji na podporu grantových projektů. Návrhy grantových projektů (grantové přihlášky) jsou podávány v pěti základních oborech: technické vědy, přírodní vědy, lékařské vědy, společenské vědy a zemědělské vědy, které se dále ještě dělí na 6 až 9 podoborů. Všechny návrhy grantových projektů, doručené ve stanoveném termínu do GA ČR, jsou hodnoceny přesně stanoveným, který je popsán v Grantovém systému GA ČR 2005.

GA ČR v dubnu 2005 završila 12. rok svojí činnosti. Za dobu její existence došlo k několika významným změnám. V roce 2001 bylo rozhodnuto, že z veřejné soutěže musí být vyřazovány grantové přihlášky, které mají základní formální a rozpočtové nedostatky. Ke změně také došlo ve vyřizování stížností či odvolání na porušení pravidel veřejné soutěže, které se od té doby podávají výhradně kontrolní radě GA ČR. Od roku 1997 vyhlašuje GA ČR program grantů pro absolventy doktorandského studia (POST-DOC), který je určen pro navrhovatele mladší 35 let s ukončeným doktorandským studiem (vědecká hodnost Dr., CSc., nebo zahraniční ekvivalent). V roce 2002 vyhlásila GA ČR mimořádnou veřejnou soutěž s námětem komplexní ochrany proti nepříznivým změnám klimatu v ČR, jako reakci na výskyt povodní. Od dalšího roku počínaje poskytuje GA ČR finanční prostředky i na tzv. doktorské projekty, které jsou zaměřeny na podporu a koordinaci vědecké činnosti v rámci doktorských studijních programů.

HODNOCENÍ PODÍLU HYDROLOGICKÝCH VĚD NA GRANTOVÝCH PROJEKTECH GA ČR

Mezi přihlášenými projekty do veřejné soutěže GA ČR od roku 1993 pravidelně bývají některé, které z hlediska předmětu jejich výzkumu náleží do hydrologických vědních oborů. Hydrologické vědy v GA ČR patří do oboru působnosti oborových komisí technických a přírodních věd. Příslušné grantové přihlášky a výsledky řešení grantových projektů jsou přidělovány a hodnoceny buďto v podoborové komisi 103 Stavebnictví, architektura a doprava, nebo v 205 Vědy o Zemi a vesmíru, v některých výjimečných případech v obou podoborových komisích současně.

.

Přehled o celkovém počtu do veřejné soutěže GA ČR přijatých grantových přihlášek a počtu projektů, kterým byly uděleny granty za celou dobu trvání této agentury od roku 1993 je v tabulce 1. Z této tabulky je možno zjistit, že největší počet přihlášek (2004) byl podán v roce 1996 a nejmenší (1345) v roce 1997. Nejvíce grantů (836) bylo uděleno již v roce 1996, což je pochopitelné, neboť GA ČR zahajovala svojí činnost a všechny přidělené finanční prostředky rozdělila mezi projekty s jejichž řešením se začínalo. V dalším letech musely být finance rozdělovány nejen mezi nové projekty, ale i projekty jejichž řešení pokračovalo z minulých let.

Tab. 1. Počet přijatých přihlášek a udělených grantů GA ČR v letech 1993 - 2005
Tab. 1. Number of Applications and Grants in the Czech Science Foundation over 1993 to 2005

Rok	Počet grantových přihlášek	Počet udělených grantů	Podíl z počtu přihlášek v %	Počet udělených grantů projektům z oboru hydrologických věd
1993	1848	836	45	6
1994	1686	643	38	3
1995	1514	563	37	7
1996	2004	696	35	4
1997	1345	487	36	5
1998	1654	448	27	2
1999	1574	531	34	4
2000	1692	564	33	4
2001	1552	517	33	6
2002	1587	602	38	4
2003	1525	618	40,5	7
2004	1576	481	31	6
2005	1711	564	33	6

V posledním sloupci tabulky jsou počty projektů z oboru hydrologických věd, kterým byly v příslušném roce uděleny granty. Celkem dosud získalo granty GA ČR 64 projektů z hydrologických vědních oborů, z toho řešení 45 projektů již bylo ukončeno a 19 ještě probíhá. Hydrologické vědy jak z hlediska počtu každoročně podávaných grantových přihlášek do veřejné soutěže GA ČR, tak i udělovaných grantů zaostávají za ostatními vědními obory. Jejich podíl na celkovém počtu projektů, kterým byly v jednotlivých letech uděleny granty GA ČR je malý a neodpovídá významu jaký mají pro vodní hospodářství nebo životní prostředí. Nejvíce grantů (7) bylo uděleno projektům z oboru hydrologických věd v roce 1995, 2003 a nejméně (2) v roce 1998. Za pozornost stojí skutečnost, že v roce 2003 byly uděleny granty 4 projektům pracovníků Ústavu pro hydrodynamiku AV ČR v Praze.

Z ukončených hydrologických grantových projektů byl jednoznačně nejvýznamnější grantový projekt registrační číslo 103/99/1470 Extrémní hydrologické jevy v povodích, jehož navrhovatelem byl prof. Ing. Adolf Patera, DrSc. ze Stavební fakulty ČVUT v Praze. Projekt řešil tým odborníků z Fakulty stavební ČVUT Praha a VUT Brno, ČZU Praha, ČHMÚ, VÚMOP, ÚEK AV ČR, ÚH AV ČR a VÚV TGM. Výsledkem jeho řešení byl výběr a otestování hydrologických předpovědních modelů, metodické postupy pro posuzování protipovodňových opatření v podmínkách ČR aj.

Mezi významné grantové projekty z oboru hydrologických věd, jejichž řešení bylo ukončeno, náleží např.:

103/93/0397 Stanovení vlivu koncentrace a vybraných fyzikálních parametrů na tokové vlastnosti zahuštěných jemnozrnných suspenzí. Řešitelé: V. Havlík, P. Vlasák, K. Brada.
103/93/0637 Ochrana kvality povrchových vod určených k zásobení obyvatelstva pitnou vodou před znečištěním dešťovými vodami odtékajícími z urbanizovaného území. Řešitel: Z. Koníček
103/93/0841 Modelování vlivu klimatických změn na hospodaření s vodou v nádržích a vodohospo-dářských soustavách. Řešitelé: K. Nacházel a J. Buchtele.
103/95/0031 Modelování vlivu antropogenní činnosti na zdroje podzemní vody. Řešitel: I. Kazda.
205/98/0064 Prognóza a simulace ledových jevů a povodní. Řešitelé: V. Matoušek, A. Patera, J. Kubát.
103/00/0384 Interakce vodních cest a objektů na vodním toku s okolním prostředím. Řešitelé: V. Broža, K.Kubát.
103/01/0201 Problematika operativního řízení vodohospodářských soustav v podmínkách neurčitosti. Řešitel: K. Nacházel.
103/01/0322 Vliv travních společenstev na vodní zdroje v horských povodích postižených kyselou atmosférickou depozicí. Řešitel: J. Křeček.
103/02/0018 Využití metod teorie pravděpodobnosti, matematického modelování, hodnocení škod a rizikové analýzy při návrhu protipovodňových opatření. Řešitel: J. Říha.
205/02/P109 Analýza vlivu vody na aktivitu sesuvů v křídových jílovcích a slínovcích Českého masivu. Řešitel: J. Novotný.

Kromě malého počtu projektů z oboru hydrologických věd, kterým byly dosud uděleny granty, lze za další nepříznivou skutečnost považovat to, že odborníci z řad hydrologů, vodohospodářů aj. jsou nedostatečně zastoupeni v podoborových a oborových komisích, tj. odborných poradních orgánech předsednictva GA ČR. Tyto komise vyhodnocují došlé grantové přihlášky a hodnotí výsledky řešení grantových projektů. Předkládají předsednictvu GA ČR pořadníky projektů pro udělování grantů a hodnocení dosažených výsledků. V oborové komisi 1 – Technické vědy jsou hydrologické vědní disciplíny zastoupeny jedním pracovníkem Ústavu pro hydrodynamiku AV ČR. V podoborové komisi 103 – Stavebnictví, architektura a doprava jsou 3 odborníci z hydrologických věd. Z hlediska jejich odborného zaměření patrně není příliš vhodné, že všichni 3 jsou hydrotechniky a navíc 2 z nich jsou z Ústavu pro hydrodynamiku AV ČR. V oborové komisi 2 – Přírodní vědy nemají hydrologické vědy žádného zástupce a také v podoborové komisi 205 – Vědy o zemi a vesmíru chybí odborník z hydrologických oborů, přitom mají posuzovat návrhy projektů, které náleží do hydrologie a vodního hospodářství. Nedostatečné odborné znalosti pověřených zpravodajů k těmto projektům se negativně mohou projevovat jak při vyhodnocování došlých přihlášek, tak i hodnocení výsledků řešených grantových projektů. Např. v grantových přihláškách pro období 2003 – 2005, které došly do podoborové komise 205 bylo 5 projektů a v pro období 2005 – 2007 dokonce 10 projektů (dalších 12 žádosti došlo do podoborové komise 103), které se měly zabývat převážně studiem hydrologických jevů nebo vodních zdrojů, jakož i další projekty, při jejichž řešení bylo třeba věnovat pozornost hydrologickým poměrům alespoň částečně.

GA ČR každoročně vyzývá instituce a organizace zabývající se výzkumem a vývojem, aby navrhovaly kandidáty pro doplnění komisí GA ČR za stávající členy, kterým skončilo šestileté funkční období. Na základě návrhových listů kandidátů, doručených do GA CR v posledních dvou letech, jsou vybíráni a doporučováni předsednictvu GA ČR noví členové oborových a podoborových komisí pro tento účel ustanovenými pracovními skupinami, v nichž jsou zástupci Rady vlády pro vývoj, výzkum a inovace, předsednictva a kontrolní rady GA ČR. Mezi hlavní kriteria pro výběr nových členů komisi patří odborná specializace, jejich doporučení nezávislými odborníky a publikační činnost.

ZÁVĚR

Hydrologické vědy se ve veřejné soutěži ve výzkumu a vývoji pravidelně vyhlašované GA ČR nemohou měřit jak z hlediska počtu podávaných grantových přihlášek, tak i udělovaných grantů s některými vědními obory, jako je např. fyzika, matematika, chemie, biologie nebo geologie, ale

vzhledem ke své důležitosti pro vodní hospodářství či životní prostředí by se přesto měly více prosazovat a dosahovat lepších výsledků v této soutěži o granty GA ČR.

Rozhodně nemůžeme být spokojeni s malým počtem grantů GA ČR, které dosud získávaly projekty z hydrologických vědních oborů v minulých letech. Účastníci Hydrologických dnů 2005 by se měli na svých pracovištích zasadit o to, aby se věnovala větší pozornost vyhlašované veřejné soutěži GA ČR na podporu výzkumu a vývoje než dosud a bylo to této soutěže podáváno více kvalitně zpracovaných návrhů projektů (grantových přihlášek standardních i speciálních typů projektů). Na řešení grantových projektů GA ČR mohou spolupracovat s českými institucemi i slovenští hydrologové a vodohospodáři. Rovněž by měly mít instituce a organizace zastoupené na Hydrologických dnech 2005 větší zájem na tom, aby měly v odborných komisích GA ČR svoje zástupce.

Literatura

Výroční zpráva Grantové agentury ČR 2000 – 2002 (2003). Grantová agentura ČR Praha. 60 s.

Přehled ukončených projektů. Projekty řešené v letech 1999 – 2001(2003). Grantová agentura ČR Praha. 416 s.

Grantový systém GA ČR 2005. Standardní projekty. Bulletin Grantové agentury ČR, 13, 2005, mimořádné číslo.

Doc. RNDr. Hubert Kříž, DrSc., Branky 39, 664 49 Ostopovice, hubkriz@brno.cas.cz

KVALITA VODY PŘI ZVÝŠENÉM ODTOKU Z POVODÍ UHLÍŘSKÁ A JEZDECKÁ V JIZERSKÝCH HORÁCH

Alena Kulasová, Libuše Bubeníčková, Rudolf Hancvencl, Jiři Hlaváček

V rámci projektu PHARE, Projektu EC/WAT/28 „Water quality monitoring in the Jizera Mountains" byly dodány automatické přístroje na odběr vzorků povrchové vody. V letech 1997 a 1998 byl na povodí Uhlířská studován režim vybraných komponent jakosti vody v intervalech po 4 hodinách (pH, N-NO_3^-, SO_4^{--}, Ca, Mg, Na, K, Al, Fe, Mn, Pb, Cd, Cu, Ni) během zvýšených průtokových epizod v zimě a v létě. Od prosince 2003 se v rámci projektu Labe IV (VaV/650/5/03) v závěrovém profilu téhož povodí v intervalu 10 minut měří teplota vody, N-NO_3^-, pH, chloridy, vodivost a kyslíková redukční kapacita (ORP) automatickou měřicí sondou YS 6920 MDS (Yellow Springs, Ohio, USA). Od roku 2005 probíhá totéž měření na povodí Jezdecká, což umožňuje detailní studium jejich režimu v závislosti na změnách průtoku. V příspěvku budou předvedeny výsledky měření pro vybrané epizody zvýšených průtoků v letním a zimním období.

Klíčová slova: Experimentální povodí, monitoring jakosti vody, epizody zvýšeného odtoku, odezva v kvalitě vody

Water quality during increased runoff from the basin Uhlířská and Jezdecká in the Jizera Mts. *Thanks to PHARE Project EC/WAT/28 "Water quality monitoring in the Jizera Mountains" supply of automatic samplers we succeeded to study the water quality regime of some selected components (pH, N-NO_3^-, SO_4^{--}, Ca, Mg, Na, K, Al, Fe, Mn, Pb, Cd, Cu, Ni) in the basin Uhlířská in 4 hours time intervals during increased runoff episodes in winter and in summer. Within the framework of the Project Elbe IV (VaV/650/5/03) in December 2003 in the ending profile of the same basin began the water temperature, N-NO_3^-, pH, chlorides, conductivity and oxidative reduction capacity (ORP) monitoring in the 10 minutes time intervals by the automatic measuring probe YS 6920 MDS (Yellow Springs, Ohio, USA). Since the year 2005 the same monitoring has been done in the basin Jezdecká, that enables the detailed study of their regime in respect to runoff changes. The result of measurement in selected episodes will be presented in the contribution.*

Key words: experimental basin, water quality monitoring, increased runoff episodes, water quality response

---

ÚVOD

Jizerské hory patří do oblasti tzv. Černého trojúhelníku. Oblast byla v 80. letech vystavena zvýšenému vlivu imisí z okolních zemí. Vlivem zvýšeného spadu znečišťujících látek a současnému oslabení porostů lesa kůrovcem došlo k velkoplošnému odumření převáženě jehličnatých stromů. Na konci 80. let byly napadané porosty smýceny. Odtěžením se změnil vegetační pokryv. Současně nastaly změny v chemismu půdy i ve vodě odtékající z hor. Očekávalo se, že změny nastanou i v odtokovém režimu povrchových vod. Z tohoto důvodu ČHMÚ založil po roce 1982 ve vrcholových partiích soustavu 7 malých povodí za účelem monitorovat nejen odtokové změny, ale též změny v chemismu povrchových vod.

JAKOST POVRCHOVÝCH VOD

V roce 1982 se započalo s prováděním odběrů vzorků vody v závěrových profilech Uhlířská a Jezdecká a jejich chemickým rozborem. Později byl monitoring kvality vody rozšířen i na další povodí. Zpočátku se odběry prováděly nepravidelně. Od roku 1994 se vzorky povrchové vody odebírají pravidelně 1krát měsíčně. Z úsporných důvodů došlo v roce 1998 ke snížení počtu odběrů i sledovaných prvků. Odběry se prováděly pouze v povodích Uhlířská a Jezdecká, která jsou součástí mezinárodní databáze experimentálních povodí. Po roce byly pro doplnění informací o kvalitě vody ústící do nádrže Josefův Důl obnoveny odběry v povodí Kristiánova a Blatného potoka. Vzorky byly v průběhu let analyzovány různými laboratořemi. V současné době provádí rozbory akreditovaná laboratoř v Povodí Labe, a. s., Hradec Králové.

Data jsou od roku 1989 prezentována v ročenkách ČHMÚ (Kulasová, A.) a ukládána do databáze jakosti vody povrchových vod ČHMÚ.

Výsledky chemických analýz z odběrných vzorků povrchových vod

Měsíční odběry

Vody v Jizerských horách jsou přirozeně kyselé a málo mineralizované. Vlivem zvýšeného spadu znečišťujících látek a nízké neutralizační kapacitě půd se zvýšily v povrchových vodách koncentrace $N\text{-}NO_3^-$ a síranů. Nadále se zvýšila jejich kyselost, s čímž souvisí i vzrůst obsahů těžkých kovů ve vodě.

Nejkritičtější situace se vyskytovaly v 80. letech minulého století, zejména v jejich první polovině, kdy se hodnoty pH v odebraných vzorcích často pohybovaly v intervalu 3,1-3,5 a hodnoty koncentrací hliníku vysoce přestupovaly mezní hodnoty povolené k využívání vody k vodárenským účelům. V posledním desetiletí jsou minimální hodnoty pH i nadále velmi nízké a hodnoty hliníku zvýšené, zejména v době tání sněhu anebo při intenzivních srážkách.

Tab. 1 Dosažené extrémní hodnoty sledovaných ukazatelů jakosti povrchové vody

Tab. 1 Achieved extreme values of studied surface water quality parameters

ukazatele	pH		$N\text{-}NO_3^-$		SO_4^{--}		Al	
			(mg/l)		(mg/l)		(mg/l)	
mezní hodnoty pro pitnou vodu dle ČSN 757111	´6-9,5		11,3 doporučená 3,49		250		0,20	
1982-1993								
UHLÍŘSKÁ	11.5.1985	3,5	18.5.1982	4,29	11.9.1990	32,00	9.4.1984	3,82
	17.6.1985	3,5						
BLATNÝ RYBNÍK	11.5.1985	3,7	18.5.1982	4,06	11.9.1990	28,50	9.4.1984	2,89
KRISTIÁNOV	11.5.1985	3,5	18.5.1982	4,29	13.4.1994	**34,00**	9.4.1984	**4,45**
	17.6.1985	3,5						
JEZDECKÁ	11.5.1985	3,6	18.5.1982	3,80	19.10.1993	29,00	9.4.1984	2,44
JIZERKA	7.5.1984	**3,0**	18.5.1982	4,29	11.9.1990	21,00	7.4.1984	1,84
ČERNÁ SMĚDÁ	7.5.1984	3,3	29.6.1982	3,61	11.9.1990	27,00	9.4.1984	2,24
			21.10.1982	3,61				
BÍLÁ SMĚDÁ	7.5.1984	3,4	19.7.1982	4,29	13.11.1990	30,00	9.4.1984	3,10
	11.5.1985	3,4						
1994-2004								
UHLÍŘSKÁ	7.9.1998	3,7	23.1.1996	1,60	15.9.2003	29,10	7.9.1998	1,17
			27.2.1996	1,60				
BLATNÝ RYBNÍK	24.4.1994	4,4	9.2.1994	1,80	14.2.1995	24,50	21.4.1998	1,06
KRISTIÁNOV	13.7.1998	3,7	13.4.1994	2,60	13.4.1994	**34,00**	21.4.1998	1,05
JEZDECKÁ	13.7.1998	3,8	13.4.1994	**5,20**	9.3.1995	18,50	13.7.1998	0,77
JIZERKA	3.3.1997	3,6	10.8.1994	1,50	10.8.1994	23,50	24.4.1995	0,75
	13.7.1998	3,6	11.10.1994	1,50				
ČERNÁ SMĚDÁ	5.11.1996	4,0	24.1.1996	1,60	20.5.1997	25,80	24.4.1995	0,85
BÍLÁ SMĚDÁ	3.3.1997	3,4	24.1.1996	1,40	1.4.1996	18,00	13.12.1994	1,10

Bohužel většina měsíčních odběrů byla prováděna v době nižších průtoků. Odběry při zvýšeném stavu hladiny vody byly zcela ojedinělé. Z tohoto důvodu nebylo možno charakterizovat žádný vztah velikosti průtoků k hodnotám sledovaných kvalitativních ukazatelů.

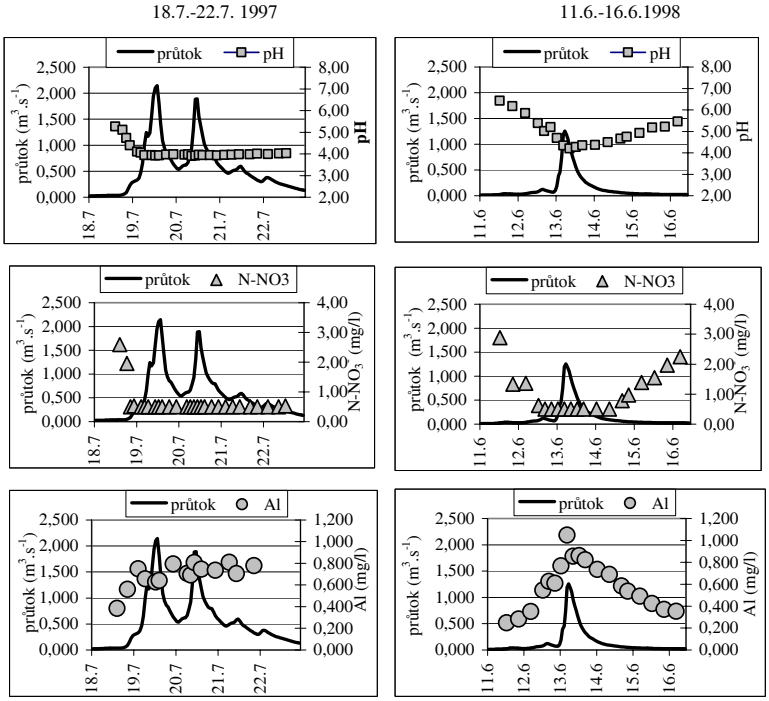
Odběry při zvýšených odtokových epizodách

V rámci PHARE Projektu EC/WAT/28 byla v roce 1996 experimentální povodí vybavena automatickými přístroji pro odběr vzorků povrchových vod. Odběry povrchové vody tak mohly být prováděny automaticky v době zvýšeného průtoku při tání sněhu anebo v letním období při intenzivních srážkách. Vzorky povrchové vody se odebírají ve 4 hodinovém kroku.

V období let 1996 – 1997 se v povodí Uhlířská provedlo několik odběrů v době zvýšených průtoků. V době tání sněhu často docházelo k zamrznutí odebírané vody v trubici vedoucí do odběrného zařízení. Po roztání vzorek neodpovídal aktuálnímu průtoku. Hodnotily se proto pouze odběry v letním období. Ve vzorcích byly analyzovány následující ukazatele: pH, $N\text{-}NO_3^-$, SO_4^{--}, Ca, Mg, Na, Al.

Průběhy pH, $N\text{-}NO_3^-$ a hliníku v době letních epizod v roce 1997 a 1998 jsou znázorněny na obr.1. V letní epizodě v roce 1998 (11.6.-16.6) proběhla pouze jedna kulminace průtoků, neboť srážky se vyskytly jenom v první polovině epizody. Minimum pH bylo dosaženo 3 hodiny po kulminaci průtoků, poté začaly hodnoty pH stoupat. Koncentrace $N\text{-}NO_3^-$ klesala již 8 hodin před vrcholem (ihned po dešti), poté hodnota zůstala stejná po celou dobu vzestupu průtoků. Zvýšení koncentrace nastalo až 35 hodin po kulminaci. Nejvyšší koncentrace hliníku se vyskytla 1 hodinu před kulminací, kdy byl proveden odběr, a po kulminaci obsah hliníku začal opět klesat. Koncentrace dalších ukazatelů Ca, Mg, SO_4^- v době kulminace klesla.

V další epizodě z roku 1997 (18.7.-22.7.) proběhly 2 kulminace průtoků. První větší byla dosažena 20 hodin před druhou menší kulminací. Po celou dobu epizody pršelo. Pokles hodnoty pH předcházel o 1 hodinu první kulminaci a jeho hodnota nadále zůstávala stejná, pouze 1 hodinu před následující kulminací opět nepatrně poklesla. Po druhé kulminaci hodnoty pH zvolna stoupaly.
Koncentrace $N\text{-}NO_3^-$ začala klesat již při dešti. Minimální koncentrace byla dosažena 16 hodin před první kulminací a zůstala na stejné hodnotě po celou dobu zvýšených průtoků. Koncentrace zvolna stoupla až 50 hodin po druhé kulminaci.
Koncentrace Al byla vyšší před první kulminací průtoků (cca 11 hodin), posléze zvolna klesla a opět stoupla v době následující druhé kulminace, načež zvolna klesla. Maximální hodnota Al byla naměřena před dalším mírným zvýšením průtoků, což bylo cca 21 hodin po druhé kulminaci. Následující pokles koncentrace byl pozvolný.



Obr. 1 Koncentrace pH, Al a $N\text{-}NO_3^-$ v době srážkoodtokové situace v letním období v roce 1997 a 1998
Fig. 1 Regime of pH, Al and $N\text{-}NO_3^-$ during summer precipitation run-off episodes in years 1997 and 1998

V průběhu roku 2004 a 2005 se prováděly opět odběry v době srážko-odtokových epizod. Nejvyšší koncentrace hliníku byla naměřena při v listopadu 2004 1,51 mg/l. Další extrémní hodnoty naměřené v průběhu epizod jsou uvedeny v tabulce 2.

Tab. 2 Extrémní hodnoty naměřené ve srážko-odtokových epizodách

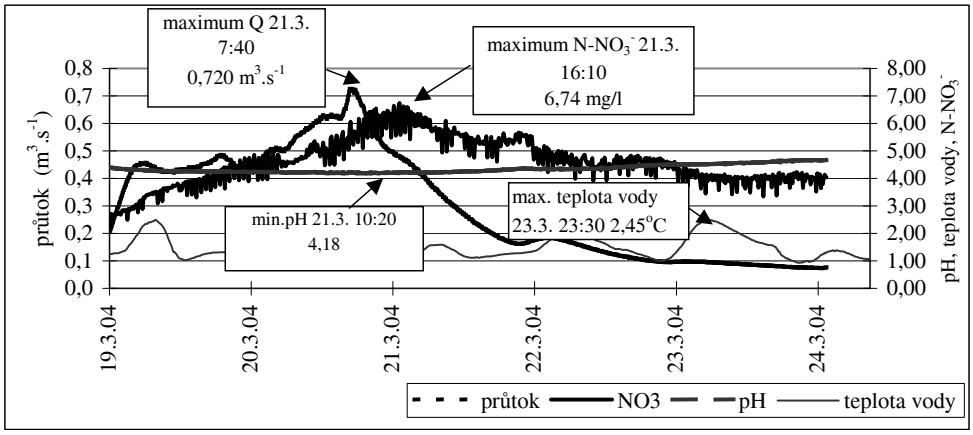
Tab. 2 Extreme values measured in precipitation-runoff episodes

pH		$N\text{-}NO_3^-$ mg/l		SO_4^{--} mg/l		Al mg/l	
16.3.1997	4,2	16.3.1997	4,60	13.3.1997	15,00	16.3.1997	1,05
1.5.1997	4,0	1.5.1997	4,01	28.4.1997	15,00	1.5.1997	0,84
20.7.1997	3,9	18.7.1997	2,59	18.7.1997	12,60	21.7.1997	0,81
13.6.1998	4,2	11.6.1998	2,89	15.6.1998	15,20	13.6.1998	1,05
4.4.2004	3,9	29.3.2004	0,80	29.3.2004	17,70	2.4.2004	0,84
18.11.2004	4,2	6.11.2005	0,50	15.11.2004	13,90	17.11.2004	1,51
19.3.2005	4,4	19.3.2005	0,90	24.3.2005	11,26	19.3.2005	0,85

Kontinuální měření kvality povrchové vody automatickou sondou YS 650 MDS

V rámci projektu Labe IV (VAV/650/5/03) zahájil VÚV T.G.Masaryka v prosinci 2003 kontinuální sledování kvality vody. Vodárenská společnost, a.s. Brno, instalovala sondu YS 650 MDS (Yelow Spring, Ohio, USA) na měření teploty vody, pH, $N\text{-}NO_3^-$, Cl, ORP a vodivosti v závěrovém profilu povodí Uhlířská na Černé Nise. Měření probíhá v intervalu 10 minut. Další dvě sondy byly instalovány koncem dubna 2004. Jedna v horní části povodí Uhlířská na toku přitékajícím z lesa zprava do Černé Nisy, druhá sonda byla umístěna v závěrovém profilu povodí Jezdecká na toku Černá Desná.

V průběhu měření proběhlo několik epizod zvýšeného odtoku. V březnu 2004 sonda v závěrovém profilu Uhlířská zachytila srážko-odtokovou epizodu při tání sněhu (obr.2). Při této epizodě byla naměřena nejvyšší koncentrace $N\text{-}NO_3^-$ za rok 2004 (6,74 mg/l). Hodnota klesla cca 8 hodin po kulminaci průtoků.



Obr. 2 Průběh průtoků, pH, dusičnanového dusíku a teploty vody při odtokové epizodě z tání sněhu v březnu 2004

Fig. 2 Course of discharges, pH, nitrate nitrogen and water temperature during the runoff episode from snow melt in March 2004

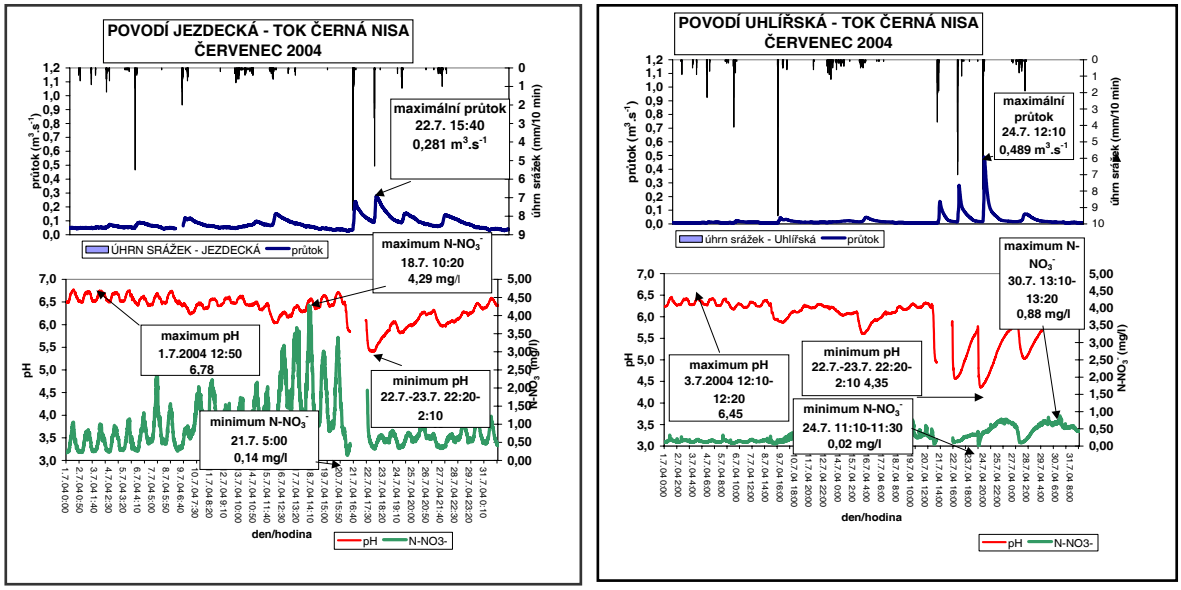
V Jizerských horách se v letních měsících často vyskytují intenzivní deště. Červenec roku 2004 nebyl výjimkou. Průběh pH a $N\text{-}NO_3^-$, zaznamenaný automatickou sondou YS 650 MDS na Uhlířské a Jezdecké, je uveden na obr.3.

Na povodí Uhlířská pršelo od začátku července. Nejvyšší intenzita srážek byla naměřena 8.7.ve 22:20 v úhrnu 18,6 mm za 1 hodinu bez větší odezvy na zvýšení průtoků. Poté každý den mírně pršelo. Dne 20.7. ve večerních hodinách začalo pršet vydatněji a tento déšť a následující srážky 22.7. v poledne a 24.7. v 9 hodin způsobily 3 po sobě následující zvýšené průtokové situace. Hodnota pH zpočátku zůstávala stejná, začala klesat teprve 3 hodiny po mírném zvýšení průtoků, obdobné to bylo i s koncentrací $N\text{-}NO_3^-$. Po první kulminaci průtoků pH nadále klesalo, ale $N\text{-}NO_3^-$dosáhlo minimální koncentrace ještě před první kulminací. Posléze začala koncentrace stoupat. Později se i kyselost vody zmírňovala.

Při druhé srážkové epizodě průtoky začaly stoupat rychleji. Hodinu před kulminací přestalo pršet. Hodnota pH před touto druhou kulminací klesala rychleji a klesala i koncentrace $N\text{-}NO_3^-$. Po druhé kulminaci pH stále klesalo, koncentrace $N\text{-}NO_3^-$ klesala ještě půl hodiny po kulminaci, ale pak začala pozvolna narůstat.Větší vzestup pH a zvyšování se koncentrace $N\text{-}NO_3^-$ začaly až 24 hodin po kulminaci.

Další srážky se vyskytly dne 24.7.v 9:00. Průtoky se ihned začaly zvedat, ale jak snížení hodnoty pH tak i koncentrace $N\text{-}NO_3^-$ zůstávalo jako vždy opožděno. Minimální hodnota pH 4,35 byla opět dosažena až 3 hodiny po kulminaci průtoků, ale minimální koncentrace $N\text{-}NO_3^-$ se vyskytla 1 až půl hodiny před kulminací (0,02 mg/l). Po kulminaci začala koncentrace $N\text{-}NO_3^-$ stoupat rychleji, vzestup pH byl pozvolnější.

Dne 26.7 slabě pršelo a větší úhrny srážek se vyskytly až 27.7. v ranních hodinách.V době opětného mírného vzestupu průtoků koncentrace $N\text{-}NO_3^-$ klesla z 0,62 na 0,11 mg/l. Hodnota pH neklesala tak rychle, zůstávala mezi hodnotami od 5,7-5,2.



Obr. 3. Průběh průtoků, srážek pH, dusičnanového dusíku a teploty vody při sřážko-odtokové situaci v červenci 2004 v povodí Uhlířská a Jezdecká

Fig. 3. Course of discharges, pH, nitrate nitrogen and water temperature during the precipitation-runoff episods in July 2004 in the basins Uhlířská and Jezdecká

Průběh srážko-odtokové epizody v povodí Jezdecká byl mírnější. Srážky se vyskytovaly v menší intenzitě nežli na Uhlířské. Průtoky byly nižší a pH se pohybovalo kolem 5,4-6,8. Nejnižší hodnota pH se vyskytla 7 hodin po kulminaci 2. průtokové vlny. Koncentrace $N\text{-}NO_3^-$ poklesla na 0,14 mg/l v době první kulminace, posléze začala narůstat. Bohužel v době mezi dvěma kulminacemi byla sonda kalibrována a byla opět instalována těsně před druhou kulminací. Čidlo na pH reaguje ihned po nasazení sondy, ale čidlo na měření $N\text{-}NO_3^-$ se stabilizuje delší dobu a tak nelze popsat průběh $N\text{-}NO_3^-$ v době kulminace. Oproti dosaženým hodnotám na povodí Uhlířská nebyla epizoda na Jezdecké významná.

V povodí Jezdecká se vyskytly větší průtoky v srpnu a v září 2004. Největší průtoky byly dosaženy v listopadu. Začátkem měsíce začal padat sníh s deštěm, od 16.11.-23.11. intenzivně pršelo. Na klimatologické stanici na Souši činil úhrn srážek za tyto dny 208,2 mm a na klimatologické stanici Bedřichov byl úhrn srážek 148,6 mm. Nejintenzivnější srážky se vyskytly 17.11.2005 v celých Jizerských horách. Hladiny toků se zvedly a na Jezdecké i na Uhlířské byly dosaženy nejvyšší kulminace toků v roce 2004 (viz tab.3). Hodnoty pH na obou povodích byly také extrémně nízké – nejnižší za celé měření kvality povrchové vody automatickou sondou YS 650 MDS. Extrémní hodnoty $N\text{-}NO_3^-$ jsou rovněž uvedeny v tabulce 3.

Tab. 3 Extrémní hodnoty pH a $N\text{-}NO_3^-$ naměřené sondou YS 650 MDS v povodí Uhlířská a Jezdecká

Tab. 3 Extreme values of pH and $N\text{-}NO_3^-$ measured by probe YS 650 MDS in the basins Uhlířská and Jezdecká

povodí Uhlířská - tok Černá Nisa				povodí Jezdecká - tok Černá Desná			
den, hodina	průtok $m^3.s^{-1}$	pH	$N\text{-}NO_3^-$ [mg/l]	den, hodina	průtok $m^3.s^{-1}$	pH	$N\text{-}NO_3^-$ [mg/l]
17.11.2004 20:00	0,898	4,14	0,41	17.11.2004 20:40	**3,028**	4,25	0,01
17.11.04 18:40-23:30	0,68-0,844	**4,13**	0,35-0,51	17.11.2004 21:20	2,670	**4,23**	0,22
21.3.2004 15:50	0,481	4,23	**6,74**	18.5.2004 11:30	0,140	5,7	**12,62**

Tab. 4 Porovnání průměrných ukazatelů za celé období 1.5.-31.12. 2005

Tab. 4 Comparison of average indicatores for the whole season 1.5.-31.12. 2005

období	povodí	průměrný průtok $m^3.s^{-1}$	průměrná data za období měření automatickou sondou YS 650 MDS					
			Teplota [ş C]	Sp. vodivost [µS/cm]	pH	ORP [mV]	$N\text{-}NO_3^-$ (mg/l)	Cl- [mg/l]
1.5.-31.12.2005	Jezdecká	0,129	7,9	29,4	6,1	293,6	0,823	0,648
	Uhlířská	0,052	7,4	50,7	5,8	293,7	0,993	0,814

Z porovnání dostupných dat z obou povodí vyplývá, že za sledované měsíce (1.5-31.12.2004) při vyšších průměrných průtocích na Jezdecké se vyskytují v průměru nižší hodnoty pH než na Uhlířské, koncentrace $N\text{-}NO_3^-$ jsou spíše stejné, ale extrém se vyskytl na Jezdecké (viz tab.3), teplota vody bývá studenější na Uhlířské, největší rozdíly jsou ve vodivosti a v ORP. Průměrné hodnoty za jednotné období měření mezi Uhlířskou a Jezdeckou jsou uvedeny v tabulce 4, měsíční hodnoty v tabulce 5.

Tab . 5 Porovnání průměrných měsíčních hodnot měřených ukazatelů (květen-prosinec 2004)

Tab. 5 Comparison of average monthly values of measured indicators (May-December 2004)

měsíc	povodí	průměrný průtok $m^3.s^{-1}$	průměrná data za období měření automatickou sondou YS 650 MDS					
			Teplota [ş C]	Sp. vodivost [µS/cm]	pH	ORP [mV]	$N\text{-}NO_3^-$ (mg/l)	Cl- [mg/l]
KVĚTEN	JEZDECKÁ	0,142	7,3	25,9	6,0	289,2	2,773	0,73
	UHLÍŘSKÁ	0,042	6,9	53,0	5,6	295,8	1,624	0,83
ČERVEN	JEZDECKÁ	0,079	9,5	29,2	6,4	282,5	0,689	0,955
	UHLÍŘSKÁ	0,088	7,9	36,0	6,0	289,2	1,695	0,839
ČERVENEC	JEZDECKÁ	0,074	11,6	30,1	6,3	284,7	0,593	0,94
	UHLÍŘSKÁ	0,032	10,8	53,5	5,8	302,8	0,348	1,13
SRPEN	JEZDECKÁ	0,130	12,2	30,0	6,0	292,3	0,524	0,86
	UHLÍŘSKÁ	0,081	11,5	41,8	5,9	297,5	0,436	0,998
ZÁŘÍ	JEZDECKÁ	0,102	9,3	31,7	6,2	289,1	0,261	0,552
	UHLÍŘSKÁ	0,020	8,4	61,6	6,1	280,1	0,458	0,76
ŘÍJEN	JEZDECKÁ	0,105	6,9	27,0	5,8	304,7	0,262	0,43
	UHLÍŘSKÁ	0,023	6,9	54,8	5,8	287,1	1,699	0,62
LISTOPAD	JEZDECKÁ	0,273	4,2	30,1	5,8	304,4	0,425	0,322
	UHLÍŘSKÁ	0,090	4,5	52,6	5,4	300,9	0,726	0,587
PROSINEC	JEZDECKÁ	0,124	1,9	31,0	6,1	302,2	1,053	0,390
	UHLÍŘSKÁ	0,042	2,3	52,6	5,6	296,0	0,956	0,752

Tab. 6 průměrné měsíční hodnoty naměřené v povodí Uhlířská od 15.12.2003 do 30.4.2004

Tab. 6. Average monthly values measured in the basin Uhlířská from 15.12. 2003 to 30.4.2004

měsíc	průměrný průtok $m^3.s^{-1}$	průměrná data za období měření automatickou sondou YS 650 MDS					
		Teplota [°C]	Sp. vodivost [µS/cm]	pH	ORP [mV]	$N\text{-}NO_3^-$ (mg/l)	Cl- [mg/l]
od 15.12-31.12.2003	0,026	1,606	69,9	6,1	283,0	1,824	1,001
1.1.-31.1.2004	0,013	0,593	71,7	6,5	275,9	1,204	1,218
1.2.-15.2.2004	0,113	0,864	62,0	5,0	310,9	1,815	1,483
25.2.-29.2.2004	0,020	1,059	67,3	6,1	279,2	1,020	1,632
1.3.-31.3.2004	0,094	1,412	60,8	5,5	303,0	2,225	1,431
1.4.-30.4.2004	0,150	3,338	46,6	4,6	332,1	2,211	1,144

Z průměrných hodnot naměřených v závěrovém profilu Uhlířská v období 15.12 až 30.4. je patrné, že nejmenší hodnoty pH a nejvyšší koncentrace $N\text{-}NO_3^-$ se vyskytly zejména při tání sněhu v únoru, v březnu a v dubnu. Extrémní koncentrace $N\text{-}NO_3^-$ se vyskytla na při oblevě–21.3.2004 6,74 mg/l.

ZÁVĚR

Z porovnáním výsledků hodnot ukazatelů získaných z chemických rozborů vzorků vody, odebraných při zvýšených průtokových epizodách a z hodnot změřených automatickou sondou vyplývá, že pH se zvyšujícím se průtokem klesá. Tato tendence trvá ještě i po dosažení kulminace průtoků jak v letním, tak i v zimní období. Hodnota pH začíná zvolna narůstat při poklesu průtoků a dosažení jejich setrvalého stavu. Nejnižší hodnoty pH se vyskytují zejména při tání sněhu.

V letních epizodách koncentrace $N\text{-}NO_3^-$ klesají se zvyšujícím se průtokem. Minimálních hodnot dosahují převážně před kulminací průtoků. Dále zůstávají nízké po celou dobu zvýšených průtoků až do jejich poklesu, kdy koncentrace $N\text{-}NO_3^-$ začíná opět stoupat.V době tání sněhu jsou koncentrace $N\text{-}NO_3^-$ vyšší a se zvyšujícím se průtokem stoupají, neboť se vyplavují látky akumulované ve sněhové pokrývce. Maximální hodnota byla dosažena v březnu po kulminaci průtoků. Výsledky naměřené automatickou sondou v červenci ukazují, že pokud se srážky vyskytují delší dobu a půda je více nasycena, dochází k jejímu promytí a obsah $N\text{-}NO_3$- s déle trvajícími srážkami klesá.

Koncentrace hliníku bývá největší v těsné blízkosti kulminace (před vrcholem nebo za vrcholem). V případě delší povodňové vlny je koncentrace hliníku vysoká. Z naměřených výsledků lze usuzovat o závislosti koncentrací sledovaných látek a kyselosti vody na velikosti průtoků.

Výsledky měření automatickou sondou lépe postihují režim sledovaných ukazatelů. Mohou však měřit pouze jejich omezený počet. Lze konstatovat, že měření automatickou sondou, poskytující ucelené byť rozsahově omezené informace o režimu vybraných ukazatelů, je pro výzkum jakosti povrchových vod velmi cenné. Má ovšem i své negativní stránky, neboť toto měřící zařízení je velmi náročné na údržbu a častou kalibraci měřícího zařízení.

Při metodě odebírání vzorků vody by pro zjištění přesného průběhu pH, $N\text{-}NO_3^-$ a dalších prvků, jejichž stanovení umožňují laboratorní rozbory odebraných vzorků vody, bylo třeba provést více odběrů povrchové vody pomocí automatického odběrného zařízení. Odběr vzorků je možno na experimentálním pracovišti ČHMÚ v Jizerských horách zajistit, problémem však zůstává finanční pokrytí nákladných laboratorních rozborů.

Literatura

Kulasová, A., Pobříslová, J. (1994-2005): Hydrologické ročenky (1989-2004). Experimentální povodí Jizerské hory, Český hydrometeorologický ústav, Jablonec nad Nisou

Mach, M., Grünwald, A. (1982-1993): Výzkum a sledování kvalitativních ukazatelů jakosti vody v oblasti Jizerských hor, ČVUT, Fakulta stavební, Katedra zdravotního inženýrství, Praha

Vilímec, J., Hancvencl, R. (1997, 1998): Analýza jakosti vody v tocích při srážko-odtokových epizodách, Výzkumná zpráva VaV/510/3, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., Praha

Kulasová, A., Bubeníčková, L., Hancvencl, R., Hlaváček, J. (2004): Comparison of monitoring results of selected water quality indicators in Uhlířská basin in 1982-2004. International Conference ERB 2004: Progress in surface and subsurface water studies at the plot and small basin scale, Turin, Italy

Autoři:

Alena Kulasová, Český hydrometeorologický ústav, Želivského 5, 466 05 Jablonec nad Nisou, Česká republika, e-mail: akulasova@chmi.cz

Libuše Bubeníčková, Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4, Česká republika e-mail: bubenickova@chmi.cz

Rudolf Hancvencl, Český hydrometeorologický ústav, Želivského 5, 466 05 Jablonec nad Nisou, Česká republika, e-mail: hancvencl@chmi.cz

J. Hlaváček, Vodárenská, a. s., Soběšická 151, 638 01 Brno, Česká republika

HYDROPROGNÓZNA SLUŽBA SLOVENSKEJ REPUBLIKY A JEJ ROZVOJ

Danica Lešková, Gabriela Babiaková

Príspevok predstavuje súčastný stav hydrologickej predpovednej a varovnej služby v súvislosti s nevyhnutnou inováciou zrýchlenia informačných tokov hydrologických údajov. Okrem rutinnej práce, poskytovania operatívnych informácii a hydrologických predpovedí podľa zákona.666/2004 Zb. z., pracujeme na prebudovaní staničnej siete na automatický prenos údajov a na implementácii nových metodických postupov. V závere sú naznačené smery ďalšieho rozvoja predpovednej služby.

Kľúčové slová: hydrologická predpoveď, predpovedná služba, predpovedné metódy, automatická hydrologická stanica, Slovenský hydrometeorologický ústav

Hydrological Forecasting Service in Slovak Republic and its development. *The contribution introduces present state of Department hydrological forecasting and warning service in connection with necessary innovation in accelerating dataway hydrological information. Apart from routine task – delivering services operative hydrological information and hydrological forecasting according to Act No 666/2004 Coll. of Laws on Flood protection, the department is in the state of rebuilding network of water gauge stations on automatic data transmission and implementation new calculation procedures. At the conclusion, there are identified trends of further development.*

Key words: hydrological forecast, forecast service, forecasting methods, automatic hydrological station, Slovak Hydrometeorological Institute

---

1. ÚVOD

Rozvoj hydrologickej predpovednej služby je úzko spojený s výskytom významných povodňových situácii a napredovaním legislatívnych opatrení. Po udalostiach posledných rokov, najmä po ničivých a časove rozsiahlych povodniach ako aj prívalových povodniach spojených so stratami životov sa opätovne ukázala nutnosť radikálneho riešenia v dôležitej oblasti protipovodňovej ochrany predovšetkým prostredníctvom neštrukturálnych opatrení, čo predstavuje

- zabezpečenie dostatočného množstva informácii v krátkom časovom intervale
- ich dostupnosť
- oporu v legislatívnych opatreniach

2. SÚČASNÝ STAV

Hydrologické predpovede sú zabezpečované na ústrednom pracovisku - Odbore predpovedí a výstrah Divízie hydrologická služba SHMÚ v Bratislave a na troch regionálnych strediskách v Banskej Bystrici, Košiciach a Žiline. Hlavné aktivity odboru sa sústreďujú na poskytovanie operatívnych informácií o hydrologickej situácii na celom území Slovenska. Základné činnosti: zber operatívnych hydrologických údajov, vypracovanie hydrologických predpovedí, poskytovanie týchto informácií širokej verejnosti, vodohospodárskym podnikom, organizáciám a inštitúciám podľa požiadaviek. Staničná sieť pre jednotlivé riečne systémy pozostáva zo 79 hydroprognóznych staníc. Súčasná monitorovacia sieť staníc sa vytvorila tak, aby umožnila s dostatočnou reprezentatívnosťou posúdiť hydrologickú situáciu a jej vývoj na celom území Slovenska. Obr. 2.

Hydrologické operatívne informácie obsahujú: vodné stavy, prietoky, údaje o zrážkach, teplote vzduchu a vody, stav počasia, ľadové javy, N - ročnosť, resp. m – dennosť výskytu daného vodného stavu/ prietoku.

Vydávanie hydrologických predpovedí a výstrah

Odbor hydrologických predpovedí a výstrah DHS vypracováva niekoľko druhov predpovedí.

- Numerické predpovede s 24 hodinovým predstihom pre:
  - Dunaj (5 staníc) (s aktualizáciou každých 6 hodín pre stanicu Devín)
  - Moravu (1 stanica)
  - Bodrog (1 stanica)
  - predpovede prítokov do 13 nádrží
  - predpovede prietokov pre 5 profilov na tokoch východného Slovenska
- Predpovede vývoja vodných stavov s 24 hodinovým predstihom – vzostup, pokles, ustálenosť vodných hladín – sa vydávajú denne pre ostatné toky. Počas významnejších povodňových situácií na týchto tokoch sa poskytujú ďalej predpovede času a veľkosti kulminácie
- V zimnom období sa pravidelne spracovávajú a poskytujú informácie s týždenným časovým krokom
  - o snehových pomeroch na celom území Slovenska z 219 klimatických staníc
  - o akumulácii vody v snehovej pokrývke pre 13 vodných nádrží a 14 vodomerných profilov

Používané metodické postupy a výpočty pri predpovediach

V každodennej prevádzke sa ako najspoľahlivejšie predpovedné postupy pre Dunaj osvedčili metodiky: "odpovedajúcich prírastkov vodných stavov" a „odpovedajúcich prírastkov prietokov". Podľa štatistického a grafického zhodnotenia, tieto postupy ako aj oficiálne vydané predpovede hydrológom v službe vykazujú pomerne vysoký koeficient korelácie medzi predpoveďami a skutočnými vodnými stavmi v stanici Devín. Ďalší požívaný postup je na základe hodnotenia nasýtenosti povodia pomocou indexu predchádzajúcich zrážok (IPZ).

Vzhľadom na pomerne komplikované fyzicko-geografické podmienky Slovenska – relatívne malé povodia s pomerne krátkou dobou koncentrácie – pre ostatné toky sa vydávajú predpovede určujúce trendy vodných stavov. V období významných povodňových situácií predpovedná služba na stanovenie maxím pre stanice na dolnej časti toku využíva metódu korelačných vzťahov maximálnych prietokov medzi jednotlivými stanicami a metódu IPZ.

3. STANIČNÁ SIEŤ A JEJ AUTOMATIZÁCIA

Systém zberu údajov

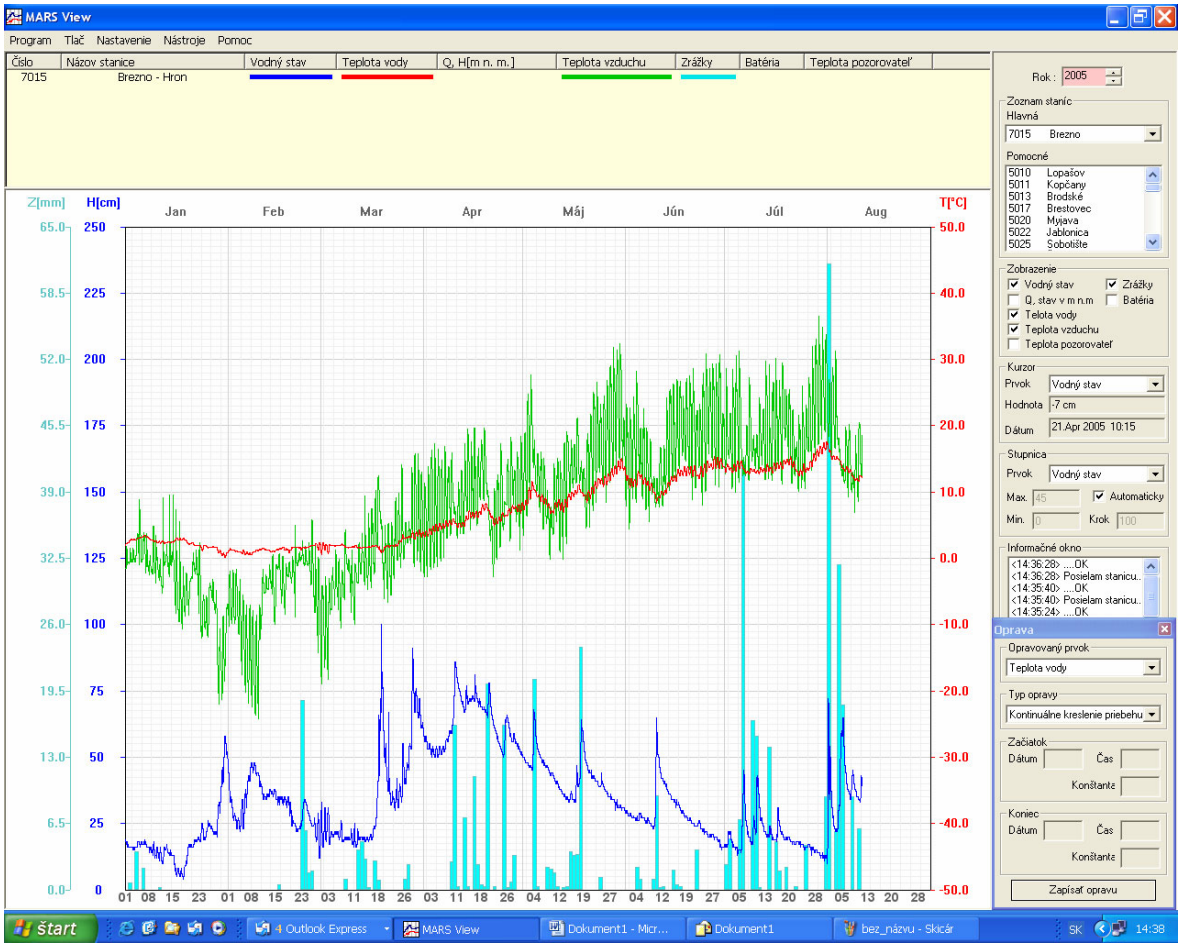
Udalosti z posledných rokov jasne poukázali na nevyhnutnosť urýchleného získavania informácií z jednotlivých povodí, respektíve z väčších územných celkov, aby bolo možné s dostatočným predstihom identifikovať zmeny, ktoré sa dajú očakávať v daných regiónoch. Táto situácia bola impulzom k tomu, že hydroprognózna služba v posledných dvoch rokoch zaznamenala radikálnu prestavbu v sieti hydrologických staníc zavedením automatických staníc novej generácie. Prenos údajov z inštalovaného systému staníc sa uskutočňuje:

- dátovým prenosom (cez komutované linky, GSM, GPRS)
- hlasovým prenosom

Novo nainštalovaná sieť staníc je naviac opatrená výstražným systémom, ktorý sa spúšťa pri prekročení zadaných limitov – vodných stavov, intenzity zrážok, gradientu vzostupu. Po prekročení limitu stanica vyšle SMS správu do centier hydroprognóznych služieb. Do dnešného dňa sa podarilo vybaviť a sfunkčniť stanice novej generácie v počte 144, pričom na 55 staniciach boli vymenené prístroje starého typu a nahradené novými s telemetrickým prenosom. Tieto stanice boli zrealizované cez projekt POVAPSYS (Predpovedný varovný a predpovedný systém Slovenskej republiky). V roku 2005 sa plánuje inštalovať a sprevádzkovať ďalších 48 staníc. (Obr. 2) Už v súčasnosti informácie z týchto staníc poskytujú hydrológovi v službe podstatne kvalitnejšie informácie o hydrologickej situácii a jej vývoji v jednotlivých regiónoch. Spracovateľský softvér umožňuje tiež získať dostatočne výpovednú informáciu o hydrologickej situácii zo záujmových lokalít. (obr. č. 1) Podľa závažnosti, tieto informácie sú následne poskytované správcom tokov a orgánom zodpovedným za ochranu pred povodňami.

Varovania a výstrahy

Varovania a výstrahy úzko súvisia s možnosťou rýchlosti získania korektných informácii na konkrétnom mieste. Prívalové povodne sú spôsobované krátkodobými intenzívnymi zrážkami konvektívneho charakteru trvajúcimi niekoľko desiatok minút až niekoľko hodín. Predpovedať zrážky s predstihom na niekoľko hodín ako určiť aj ich začiatok, intenzitu, odhadnúť trvanie a priestorové rozloženie ich množstva je prakticky nemožné. Naviac okamžitá reakcia povodia na prívalový dážď limituje možnosť včasnej predpovede povodní z prívalových dažďov a výstrah pred nimi. Z tohto dôvodu v rámci POVAPSYS boli vybudované 2 lokálne varovné systémy v oblastiach, ktoré sú výrazne zraniteľné na prívalové povodne. Ide o LVS v obci Vrbovce (povodie Teplice, oblasť hornej Myjavy) a LVS Čierny Balog (Povodie Vydrovo a Čierny Hron, oblasť horného Hrona). Výstrahy z monitorovacích staníc dostanú priamo starostovia dotknutých obcí, aby mohli operatívne ďalej riešiť a riadiť záchranné a zabezpečovacie práce.



Obr. 1 Ukážka prezentácie monitorovaných prvkov novým typom automatických prístrojov MARS5i v stanici Brezno – Hron.
Fig. 1 Sample of presentation monitoring elements by new type of automatic devices MARS5i at water gauge station Brezno - Hron

4. VÝVOJ NOVÝCH METODICKÝCH POSTUPOV

Okrem štandardnej prevádzky služba musí operatívne reagovať na vzniknuté nové situácie. Napríklad, kalamita vo Vysokých Tatrách (november 2004) postavila operatívnu hydrológiu pred úlohu riešiť otázku odtokových pomerov v zmenených vegetačných podmienkach Vysokých Tatier. Najväčšia obava bola z tvorby a realizácie odtoku z topiaceho sa snehu. Toto bola výzva pre SHMÚ, aby v krátkom čase získal nástroje na simulovanie procesu akumulácie a topenia snehovej pokrývky pre rôzne

varianty priebehu odtokových pomerov. V spolupráci s ÚH SAV a SvF STU sme počas zimného obdobia a jarného topenia monitorovali a analyzovali priebeh zásob vody v snehovej pokrývke a predpovedali s 5-dňovým predstihom možný vývoj hydrologickej situácie. Priebežné výsledky sa poskytovali širokej verejnosti prostredníctvom www.shmu.sk. Okrem toho sa vypracovali scenáre okrajových podmienok topenia snehu. Použité varianty pre simulovanie priebehu odtoku v kombináciách:

- meraná teplota, nulové zrážky
- zvýšená teplota, nulové zrážky
- skutočná teplota, zvýšené úhrny zrážok
- skutočná teplota, skutočné zrážky

Taktiež sa urobili výpočty pre tri alternatívy vegetačného krytu na priebeh topenia a odtoku zo snehu pri nameraných zrážkach a teplotách vybraného povodia Popradu po vodomerný profil Matejovce pre trávu, les a kosodrevinu.

Pracovníci operatívnej hydrológie sú nútení veľmi rýchlo sa zorientovať v nových a nečakaných situáciách, ktoré prináša život a príroda. Preto aj uvádzanie nových metodických postupov a zväčšenie objemu poskytovaných produktov do rutinnej hydroprognóznej praxe sa stáva nevyhnutnosťou.

Významnou úlohou projektu POVAPSYS je práve realizácia inovovaných a nových výpočtových postupov tak v meteorológii ako aj v hydrológii, teda aplikácia know-how do hydroprognóznej služby. V súčasnosti prebieha veľmi intenzívna spolupráca so Stavebnou fakultou STU na sprevádzkovaní zrážkovo-odtokového a riečneho modelu s pracovným názvom HRON. Model je v testovacej prevádzke v povodí Hrona.

Funkčnosť výpočtových postupov a ich použitie v samotnej prevádzke je možné zrealizovať vybudovaním funkčnej operatívnej databázy, ktorá združuje všetky dostupné informácie (monitorovacie prvky, postupy a produkty). Jej optimálne nastavenie je predmetom riešenia v súčasnosti. Ďalej je potrebné pripraviť podmienky tak, aby bolo možné prehodnotiť alternatívne scenáre kritických situácii v citlivých regiónoch (prívalové povodne, suchá, frontálne zrážkové povodne, topenie snehu). Uvedenú problematiku vzhľadom na kapacitné možnosti služby je nevyhnutné riešiť v spolupráci s vedeckými a výskumnými inštitúciami a vysokými školami.

5. MEDZINÁRODNÁ SPOLUPRÁCA

Poloha Slovenskej republiky aj v oblasti hydrologickej prognóznej služby vyžaduje dobrú spoluprácu so susednými štátmi. Dvojstranné zmluvy o spolupráci na hraničných vodách v ktorých Slovenská republika má dlhodobú tradíciu, pomáhajú úspešne realizovať zámery jednotlivých inštitúcii v oblasti ochrany pred povodňami. Významná je spolupráca odboru v oblasti výskumných projektov ako napr. projekt EFAS (JRC EÚ Ispra), kde na základe podpísaného memoranda hydroprognózna služba dostáva varovania o výskyte významných povodňových situácii s predstihom 3 až 10 dní. Projekt beží v súčasnosti v skúšobnej prevádzke.

6. ZÁKON O OCHRANE PRED POVODŇAMI – NOVÝ PRÍSTUP K PROTIPOVODŇOVEJ OCHRANE

Zákon o ochrane pred povodňami č.666/2004 s výrazne environmentálnym smerovaním dôslednejšie zapája do organizácie protipovodňovej ochrany okresné a krajské zložky štátnej vodnej správy životného prostredia.

Vyhláška Predpovedná povodňová služba a hlásna a varovná povodňová služba, ktorá je v záverečnom pripomienkovom konaní, definuje jednoznačne povinnosti aj hydroprognóznej služby na SHMÚ.

6. VÝZVA

Podstatné v oblasti rozvoja hydroprognóznej služby sú problémové okruhy, ktoré pre ďalší vývoj majú zásadný význam:

- rozšírená spoločenská objednávka, ktorá presahuje rámec citovaného zákona
- orientácia ďalšieho rozvoja služby
- povinnosti v najbližšej budúcnosti s ohľadom na záväzky v rámci podpísaných medzinárodných dohovorov.

V súčasnosti sa podstatná časť úsilia pracovníkov odboru sústreďuje na ukončenie automatizácie, udržanie kvality nameraných údajov, prenosových ciest, prípadné doplnenie staníc z hľadiska nevyhnutnej potreby pre protipovodňovú ochranu. V prípade spoločenskej objednávky je potrebné počítať s rozšírením počtu staníc ako aj s rozšíreným počtu vydávaných numerických predpovedí. Zlepšenie presnosti a predĺženie predstihu predpovedí zrážkových aj hydrologických je v súčasnosti odbornou prioritnou pracovníkov meteorologickej aj hydrologickej služby. Vytvoriť podmienky pre implementovanie nových postupov, resp. predpovedných systémov je síce zložitý proces, ale nevyhnutný pre ďalšie ambície obidvoch služieb. Rýchla informovanosť, kvalitné produkty a ich prezentácia, je cesta k zabezpečeniu dobrej protipovodňovej ochrany zo strany SHMÚ.

Literatúra

Action Programme for Sustainable Flood Protection in the Danube River Basin. ICPDR. 13 to 14 December 2004, Viena, Austria.

Babiaková G., Lešková D., Majerčáková O.: Sensitivity Analysis of the Slovak Territory to Creation the Floods, Local Warning System. European Geosciences Union General Assembly, Viedeň 24-29.apríl 2005, str.362

Kostka Z., Holko L., Babiaková G., Lešková D.: Simulácia vodnej hodnoty snehu v povodí Popradu v hydrologických rokoch 1999-2005 – vplyv zmeny vegetačných pomerov a predpoveď odtoku počas jarného obdobia. Acta Hydrologica Slovaca, Roč.6, 2005, č. 1, v tlači.

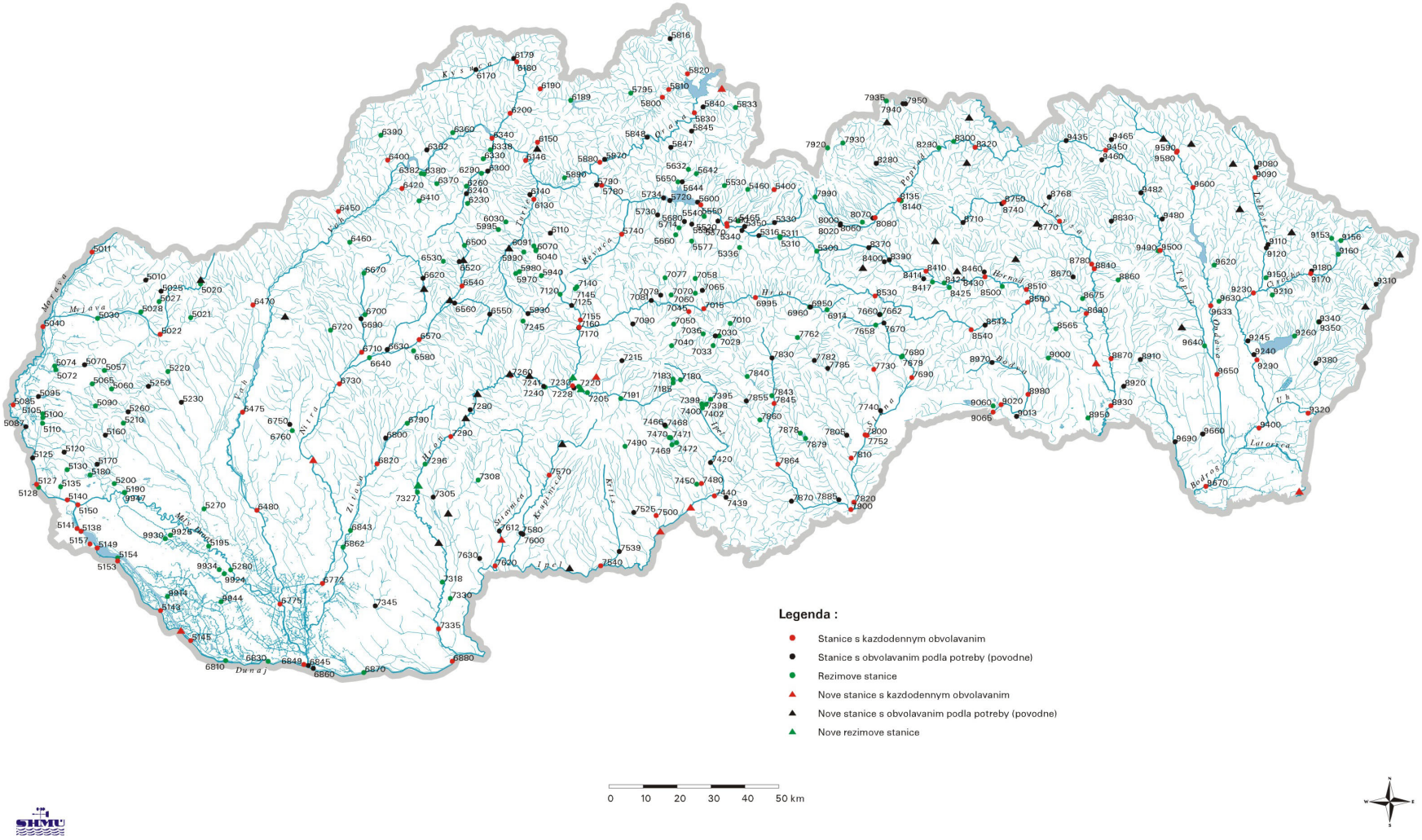
POVAPSYS (The Forecasting and Warning System i the Slovak Republic), v slovenskom jazyku s krátenou anglickou verziou. Úvodná štúdia, Bratislava, cedember 2001. Technická asistencia:2002, 2003, 2004 (v angl.).

Zákon o ochrane pred povodňami č.666/2004 Zb.z.

Autori

Danica Lešková, Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava 37, danica.leskova@shmu.sk

Gabriela Babiaková, Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava 37, gabriela.babiakova@shmu.sk



Obr. 2 Sieť automatických hydrologických staníc jestvujúcich a plánovaných
Fig. 2 Network of present automatic hydrological stations and planned in near future.

VODA A JEJ INTERAKCIE: OHROZENÉ SYSTÉMY A SPOLOČENSKÉ VÝZVY

Pavol Miklánek, Josef Hladný

V príspevku je podaná informácia o 6. fáze Medzinárodného hydrologického programu UNESCO, zapojení slovenských a českých pracovísk do tohto programu, hlavných riešených projektoch a dosiahnutých výsledkoch. V druhej časti je informácia o stave prípravy VII. fázy MHP UNESCO a možnostiach prispieť ku formulácii jej cieľov a úloh.

Kľúčové slová: UNESCO, Medzinárodný hydrologický program, VI. fáza, Slovensko, Česko

***Water Interactions: Systems at Risk and Social Challenges**. The paper gives overview of and information about the 6th phase of the International Hydrological Programme of UNESCO, the participation of the Slovak and Czech institutions in the Program, main themes and projects, and main results. Information on drafting of and progress in formulation of the 7th phase of IHP UNESCO is given in the second part of the paper including call for contribution to formulation of its aims and topics.*

Key words: UNESCO, International Hydrological Program,. 6th phase, Slovakia, Czechia

---

ÚVOD

V rokoch 2002-2007 prebieha VI. fáza Medzinárodného hydrologického programu UNESCO (MHP UNESCO) pod názvom Voda a jej interakcie: Ohrozené systémy a spoločenské výzvy. Účasť slovenských a českých hydrologických pracovísk a riešiteľov v programe je koordinovaná Slovenským výborom pre hydrológiu – Národným komitétom pre Medzinárodný hydrologický program UNESCO a Českým národným výborom pre MHP. Cieľom príspevku je informovať hydrologickú komunitu o aktivitách oboch národných výborov pre hydrológiu, zapojení slovenských a českých pracovísk do riešenia jednotlivých projektov tohto programu a o hlavných dosiahnutých výsledkoch. Zároveň bude diskutovaná príprava VII. fázy programu a možnosti zapojenia do jednotlivých projektov.

ŠIESTA FÁZA MEDZINÁRODNÉHO HYDROLOGICKÉHO PROGRAMU UNESCO

V dnešnom stále sa globalizujúcom svete si už nevieme predstaviť bez medzinárodnej spolupráce prakticky žiadny obor ľudskej činnosti. Rôznych druhov spolupráce na medzivládnej i mimovládnej báze existuje veľmi veľa ako v hydrológii, tak v meteorológii a klimatológii. Medzinárodný hydrologický program UNESCO je medzivládnym medzinárodným programom a účasť v ňom garantujú vlády jednotlivých krajín. Tento príspevok dáva stručnú informáciu o činnosti slovenských a českých odborníkov v rokoch 2001 – 2005

Činnosť Slovenského výboru pre hydrológiu - Národného Komitétu pre MHP

Slovenský výbor pre hydrológiu bol zriadený vládou SR ako Národný komitét pre Medzinárodný hydrologický program UNESCO v roku 1993 a zabezpečuje teda predovšetkým medzivládnu spoluprácu v rámci Medzinárodného hydrologického programu UNESCO. Predchodcom Medzinárodného hydrologického programu bola Medzinárodná hydrologická dekáda v rokoch 1964-1975. Tá sa pretransformovala na trvalý program, ktorý je organizovaný v spravidla 6-ročných cykloch, tzv. fázach. V súčasnom období (2002-2007) prebieha 6. fáza programu (UNESCO, 1999).

Na riešení jednotlivých projektov spolupracujú na Slovensku najmä Ústav hydrológie SAV, Slovenský hydrometeorologický ústav, Výskumný ústav vodného hospodárstva a Slovenská technická univerzita, ale i experti z iných inštitúcií. V rámci 6. fázy MHP sa slovenské pracoviská a experti (UNESCO, 2003) podieľali najmä na riešení nasledujúcich štyroch projektov 6. fázy (Tab. 1.):

- CCPC Flow Regimes from International Experimental and Network Data (FRIEND)
  (Režimy odtoku na základe medzinárodných experimentálnych a sieťových údajov)
- 2.2 International river basins and aquifers
  (Medzinárodné riečne povodia a zvodne - Regionálna spolupráca podunajských krajín)
- 2.4 Methodologies for integrated river basin management
  (Metódy integrovaného riadenia riečnych povodí)
- 3.3 Land Habitat Hydrology – Mountains
  (Hydrológia krajinných celkov – Horské oblasti).

V rámci tzv. prierezovej programovej zložky (CCPC – Cross Cutting Programme Component) *Flow Regimes from International Experimental and Network Data (FRIEND)* sa zúčastnené krajiny snažia o vytvorenie spoločného Európskeho vodného archívu a na jeho základe sa riešia najmä otázky výskytu nízkych vodností, veľkopriestorových zmien hydrologického režimu, metód analýzy extrémnych zrážkových a prietokových situácií a fyzikálnych procesov hydrologického cyklu v malých povodiach. Slovensko je plnoprávnym členom regionálnej skupiny severná a západná Európa a má zastúpenie v riadiacom výbore projektu.

V rámci pracovnej skupiny 2 *Low flows"* projektu FRIEND sa v dňoch 12. – 15. mája 2004 uskutočnilo v Bratislave spoločné pracovné stretnutie dvoch regionálnych skupín (severoeurópskej a alpskomediteránnej). Stretnutie bole zorganizované na Prírodovedeckej fakule UK (doc. RNDr. Fendeková, PhD.) a zúčastnilo sa ho 33 účastníkov z 15 krajín, vrátane 5 účastníkov zo Slovenska.

Slovenský zástupca je medzinárodným koordinátorom pracovnej skupiny 5 *Catchment hydrological and hydrobiogeochemical processes in changing environment* projektu FRIEND (RNDr. Holko, CSc.). Táto pracovná skupina úzko spolupracuje s Európskou sieťou experimentálnych a reprezentatívnych povodí (*European Network of Experimental and Representative Basins – ERB*). Projekt ERB je zameraný na výmenu informácií o experimentálnych a výskumných povodiach, ktoré sa ďalej využívajú pri riešení hydrologických úloh, o.i. i projektov MHP UNESCO. Výsledkom spolupráce oboch projektov bola spoločná konferencia *Interdisciplinary approaches in small catchment hydrology: Monitoring and research*, ktorá sa konala v dňoch 25.-28.9.2002 v Demänovskej doline. Počas konferencie sa uskutočnilo i zasadnutie riadiaceho výboru projektu ERB a IX. Valné zhromaždenie ERB. Slovenský výbor pre hydrológiu vydal z konferencie tlačený zborník i CD ROM a pripravil vydanie publikácie v sérii *Technical Documents in Hydrology*, ktorú vydáva UNESCO (Holko a Miklánek, 2003).

Do projektu *International river basins and aquifers* (Medzinárodné riečne povodia a zvodne) patrí Regionálna spolupráca podunajských krajín). V tomto projekte je účasť slovenských riešiteľov najširšia a najaktívnejšia. V rámci tohto projektu sa rieši viacero tém spolupráce s aktívnou účasťou slovenských pracovísk. Od rokoch 1999-2002 Slovensko zabezpečovalo medzinárodnú koordináciu projektu a organizovalo niekoľko pracovných porád. Na stretnutiach sa pravidelne zúčastňuje i delegácia Českého národného výboru pre hydrológiu.

Kľúčovou témou v tomto období spolupráce je projekt 5 Aktualizácia hydrologickej monografie Dunaja a jeho podprojekt 5.3 Aktualizácie vodnej bilancie povodia Dunaja, ktorá je koordinovaná na Slovensku (RNDr. Petrovič, CSc. Téma sa rieši i v spolupráci s Medzinárodnou komisiou pre Ochranu Dunaja (ICPDR). V roku 2005 bola na pracovnej porade projektu v Passau predložená záverečná správa projektu, ako i mapy prvkov vodnej bilancie celého povodia Dunaja v mierke 1:2 000 000, spracované v prostredí GIS na Ústave hydrológie SAV (RNDr. Kostka, PhD., RNDr. Holko, CSc.). Výsledky projektu budú publikované ako tzv. následný diel Hydrologickej monografie Dunaja.

Tab. 1 Prehľad tém šiestej fázy MHP UNESCO (2002–2007)

Tab. 1 List of themes of the 6th phase of IHP UNESCO (2002-2007)

Theme 1	**Global Changes and Water Resources**
FA 1.1	Global distribution of contemporary resources: water supply and water quality (*)
FA 1.2	Global estimation of contemporary water withdrawal and consumption (*)
FA 1.3	Integrated assessment of water resources in the context of global changes (*) (**)
FA 1.4	The changing character of receiving waters as a consequence of land-based activities and climate change
Theme 2	**Integrated Watershed and Aquifer Dynamics**
FA 2.1	Extreme events and land and water resources management (**)
FA 2.2	International River Basins and Aquifers (**)
FA 2.3	Endorheic Basins
FA 2.4	Targets and methods of water management planning at a river basin scale (*)
FA 2.5	Ecohydrological approaches in environmental systems (*)
Theme 3	**Regional Perspectives**
FA 3.1	Arid and semi-arid zones (*) (**)
FA 3.2	Humid tropics (*) (**)
FA 3.3	Temperate zones (*) (**)
FA 3.4	Cold zones (**)
FA 3.5	Hydrology of mountainous areas (*) (**)
FA 3.6	Wetlands and their role in the hydrological cycle
FA 3.7	Small islands and coastal zones (**)
FA 3.8	Urban water interactions in particular climate regions (**)
Theme 4	**Water and Society**
FA 4.1	Water and civilization
FA 4.2	Water valuation
FA 4.3	Water conflicts at various scales and settings - prevention and resolution (*)
FA 4.4	Human environmental security and water-related disasters (**)
FA 4.5	Development and protection of vulnerable environments (*)
Theme 5	**Knowledge, Information and Technology Transfer (KITT)**
FA 5.1	Teaching techniques and material development at all levels (*)
FA 5.2	Structuring and running continuing education and training courses for the selected target groups
FA 5.3	Water interactions and public awareness raising (*)
FA 5.4	Exploring new technologies for KITT
FA 5.5	Capacity building for KITT
CCPC 1	**FRIEND**
CCPC 2	**HELP**

(*) náväznosť na HELP	(**) náväznosť na FRIEND
FA – Focal Area	CCPC – Cross Cutting Programme Component
FA - hlavná oblasť	CCPC - Prierezová programová zložka

V rámci projektu 2.4 *Methodologies for integrated river basin management* spolupracuje Slovenský výbor pre hydrológiu na príprave a vydaní zborníkov z Posterových dní Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra, ktoré sú pravidelne každoročne organizované ÚH SAV a GfÚ SAV.

V rámci projektu 3.3 *Land Habitat Hydrology – Mountains* spolupracoval výbor na príprave medzinárodnej konferencie *Hydrology of Mountain Environments*, ktorá sa konala 27.9.-1.10.2004 v Berchtesgadene v Nemecku. Slovenský výbor pre hydrológiu bol spoluorganizátorom konferencie a spolupracuje i na príprave zborníka.

Veľmi významnou aktivitou Slovenského výboru pre hydrológiu sú pravidelné konferencie mladých hydrológov. Tieto konferencie začal organizovať bývalý Československý výbor pre hydrológiu. Ich 1. ročník sa konal v roku 1985 ako súčasť II. Hydrologických dní na Zemplínskej Šírave. Konferencie mladých hydrológov sa konali i počas ďalších Hydrologických dní a stali sa vlastne tradičným sprievodným podujatím týchto konferencií. V roku 1990 počas III. Hydrologických dní v Českých Budějoviciach sa konal 5. ročník Konferencií mladých hydrológov a v roku 1996 počas IV. Hydrologických dní v Starej Lesnej sa konal 8. ročník Konferencií mladých hydrológov a počas V. Hydrologických dní v Plzni v roku 2000 sa konal XII. ročník. Je potešiteľné, že i v rámci týchto Hydrologických dní zostala táto tradícia zachovaná a uskutočnil sa už XVII. ročník (SHMÚ, 2001, 2002a, 2002b, 2003a, 2003b, 2004a, 2004b).

Hoci v posledných rokoch sa konferencie konali na Slovensku, zostalo toto podujatie tradične spoločnou akciou pre mladých slovenských i českých hydrológov.

Činnosť Českého národného výboru pre MHP

Za vzťahy Českej republiky k UNESCO zodpovedá a koordinuje ich Česká komisia pre spoluprácu s UNESCO (ČK UNESCO), ktorá je poradným orgánom predsedníctva vlády ČR a pracuje pri Ministerstve zahraničných vecí ČR. Odborné aktivity v rámci Medzinárodného hydrologického programu (MHP) UNESCO má na starosti Český národný výbor pre MHP (ČNV MHP), ktorý je na ČK UNESCO napojený. Organizačne pôsobí ČNV MHP pri Českom hydrometeorologickom ústave (ČHMÚ), v ktorom existuje najväčšia koncentrácia hydrológov v štáte. Rezortne podporuje činnosť ČNV MHP Ministerstvo životného prostredia ČR.

V uplynulom období participovali významne na činnostiach MHP v ČR experti Ústavu pre hydrodynamiku Akadémie vied ČR (ÚH AV ČR), zainteresovaných katedier Českého vysokého učení technického (ČVUT), Univerzity Karlovy (UK), České zemědělské univerzity (ČZU) a Ostravské univerzity (OU), ďalej z Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G.M. (VÚV T.G.M.), ČHMÚ, Povodí Labe, s.p., Povodí Moravy, s.p. a Povodí Vltavy, s.p. a v menšej miere experti z niekoľkých iných partnerských inštitúcií a organizácií.

Zapojenie ČR do štruktúry VI. fázy MHP sa veľmi podobá aktivitám SR a to iba s niekoľkými malými rozdielmi.

V rokoch 2000 a 2002 pokračovala ČZU v rámci MHP tradične v organizácii Medzinárodného postgraduálneho hydrologického kurzu s tematikou *„Hydrological Data for Water Resources Planning“*. Dvojmesačnú výučbu zabezpečoval pedagogický zbor zložený z popredných českých a slovenských expertov. Finančne bol kurz podporovaný z prostriedkov UNESCO, Svetovej meteorologickej organizácie, ďalej prostredníctvom ČHMÚ z fondu českej vlády pre podporu rozvojových krajín a tiež z rozpočtu ČZÚ. Školení boli mladí odborníci z rozvojových krajín a v menšom počte i vybraní českí a slovenskí špecialisti. Ďalší kurz v roku 2004 sa už neuskutočnil vzhľadom k tomu, že agentúra UNESCO vybudovala v spolupráci s holandskou vládou Svetové centrum pre postgraduálne vzdelávanie hydrológov v Delfte. Ďalším dôvodom bola neúnosná redukcia finančných dotácií. Namiesto toho organizuje teraz ČZU krátkodobé kurzy v úzkej spolupráci so

špecialistami z USA. Tematicky sú zamerané na redukciu škôd z prírodných pohrom a na rozvoj hydrologických predpovedných modelov.

Z participačného fondu UNESCO bola uvoľnená čiastka na realizáciu ďalšieho postgraduálneho krátkodobého hydrologického kurzu v ČR, ktorý sa konal na Prírodovedeckej fakulte v Prahe pod vedením Doc. RNDr. Z. Hrkala, CSc. Cieľom bol tréning odborníkov z rozvojových krajín pre zvládnutie modelových technológií na hodnotenie zásob podzemných vôd.

V roku 2002 usporiadalo Múzeum hlavného mesta Prahy na základe podnetu ČNV MHP a v úzkej spolupráci s jeho členmi, ako i ďalšími partnermi, rozsiahlu výstavu *„Podnebie a povodne v Prahe – História a súčasnosť“*, ktorá zhodou okolností predchádzala katastrofálnym povodňovým udalostiam v auguste 2002 v povodí Vltavy. Výstavu, ktorá trvala päť mesiacov navštívili tisíce návštevníkov.

V rámci Medzinárodného roku vody v r. 2003, ktorý vyhlásila OSN, spolupracoval ČNV MHP na príprave výstavy *„Voda a život“*. Obsahovala 160 panelov a ďalšie iné expozície o vode v ČR a o hydrosfére Zemského systému. Bola umiestnená v Národnom múzeu v Prahe a trvala od novembra 2003 až do júla 2004. Podľa zrovnania patrila táto výstava k najväčším akciám tohoto druhu v Európe.

V projekte MHP FRIEND viedla niekoľko rokov pracovnú skupinu pre *„Techniques for Extreme Rainfall and Runoff“* česká hydrologička Ing. Š. Blažková, DrSc. z VÚV TGM. Iní dvaja pracovníci, Ing. Kašpárek, CSc. (VÚV T.G.M.) a Ing. O. Novický (MŽP), patria k hlavným autorom knihy o suchu, ktorá je jedným z výstupov činnosti pracovnej skupiny pre *„Low Flow“*. Boli splnené tiež všetky úlohy, ktoré vyplývali pre ČR zo spolupráce na *„European Water Archive“* (RNDr. Brzáková z ČHMÚ). Ako potenciálnu medzinárodnú učebnicu ponúkol ČNV MHP agentúre UNESCO knihu Prof. Ing. K. Nacházela, DrSc. o stochastickej hydrológii.

Členovia ČNV MHP pripravili príspevok o príčinách povodní v strednej Európe pre zasadnutie pracovnej skupiny riadenej Ekohydrologickým centrom UNESCO vo Varšave.

Niekoľko rokov koordinoval ERB a bol zvolený prezidentom tohto združenia Ing. V. Eliáš, CSc. z ÚH AV ČR. Českí špecialisti sa podieľajú na súčasných aktivitách ERB výskumom rozdielneho režimu topenia snehovej pokrývky v lese a na voľnom priestranstve (Ing. L. Bubeníčková, RNDr. J. Chalušová, PhD. a Ing. A. Kulasová z ČHMÚ) a interpretáciou poznatkov z pôdnej hydrológie získaných na experimentálnych povodiach (Ing. M. Tesař, CSc. a Ing. M.Šír, CSc. z ÚH AV ČR). Česká delegácia sa zúčastnila posledných plenárnych zasadaní ERB v Bukurešti v roku 2003 a v Turíne v roku 2004. Českí hydrológovia predniesli niekoľko príspevkov tiež na konferencii venovanej hydrológii horských oblastí v Berchtesgadene v roku 2004. Doc. RNDr. Jánský, CSc. z Prírodovedeckej fakulty UK informoval o identifikácii pravých prameňov Amazonky v oblasti Peruánskych Ánd zásluhou expedície českých odborníkov.

Česká republika je tiež aktívne zapojená do projektu *MHP „Regionálna spolupráca podunajských štátov v hydrológii“*. ČNV MHP spolu s ČHMÚ zorganizoval *XXII. Konferenciu podunajských štátov o hydrologických predpovediach a hydrologických základoch vodného hospodárstva*, ktorá sa uskutočnila 30. augusta – 2. septembra 2004 v Brne za účasti 200 odborníkov z 18 krajín.

ČNV MHP pripravil pre tému 2 VI. fázy MHP projekt *„Groundwater for Emergency Situations“*. Dvaja českí experti (Prof. Ing. J. Šilar, DrSc. z UK a RNDr. J. Vrba) tento projekt odborne vedú a zároveň mezinárodne koordinujú. Peniaze na tieto aktivity uvoľnilo UNESCO. O priamu spoluprácu českých hydrológov prejavila záujem vláda republiky Peru.

Členovia ČNV MHP permanentne podporujú svojou spoluprácou realizáciu seminárov s hydrologickou tematikou. Napr. z posledných rokov možno *menovať „Extrémne hydrologické javy v povodiach“* (ČVUT a ČVT VHS), *„Hydrológia pôdy na malých povodiach“* (ÚH AV ČR a ČVT VHS), *„Hydrológia malých povodí“* (ÚH AV ČR a ČVT VHS) a iné. Výbor zorganizoval tiež niekoľko prednášok špičkových zahraničných odborníkov v ČR.

Tab. 2 Prehľad tém siedmej fázy MHP UNESCO (2008 – 2013)

Tab. 2 List of themes of the 7th phase of IHP UNESCO (2008 – 2013)

Téma I	**Global Change, Watersheds and Aquifers**	**Globálne zmeny, povodia a zvodne**
HO I-1	Large-scale groundwater dependencies related to global change & quality deterioration	*Veľkopriestorové závislosti podzemnej vody na globálnych zmenách a zhoršovaní kvality*
HO I-2	Hydrological extremes in sensitive and stressed biomes and hydroclimatic zones e.g. small island developing states	*Hydrologické extrémy v citlivých a stresovaných biologických a hydroklimatických zónach, napr. malé ostrovy, rozvojové krajiny*
HO I-3	Global change and feedback mechanisms of hydrological processes in stressed environments	*Globálne zmeny a mechanizmy spätnej väzby hydrologických procesov v stresovanom životnom prostredí.*
HO I-4	Changing global dynamics in aquatic environments: degrading ecosystems, especially those susceptible to sea level change, coastal sediment balance and pollutant accumulation	*Zmeny globálnej dynamiky vodného prostredia: degradácia ekosystémov, najmä citlivých na zmeny morskej hladiny, bilanciu príbrežných sedimentov a akumuláciu znečistenia.*
Téma II	**Governance, and Socio-Economics**	**Riadenie a socioekonomika**
HO II-1	Culture, ethics and legislation for wise stewardship of water	*Kultúra, etika a legislatíva pre rozumné spravovanie vody.*
HO II-2	Good Governance, capacity development and stakeholder participation. Empowerment of human resources	*Dobré riadenie, budovanie kapacít a spoluúčasť zainteresovaných. Posilnenie ľudských zdrojov.*
HO II-3	Affordability, poverty alleviation and assured financing, for effective IWRM	*Dostupnosť, zmiernenie chudoby a zabezpečené financovanie pre efektívny Integrovaný manažment vodných zdrojov.*
HO II-4	Shared Water resources and conflict resolution / co-operative solutions, true valuation of common pool water resources	*Zdieľané vodné zdroje a riešenie konfliktov, správne ocenenie spoločných vodných zdrojov*
HO II-5	Resolving the water and energy nexus through sound governance including stakeholder participation	*Nové riešenie súvislosti vody a energie pomocou podloženého spravovania vrátane spoluúčasti zainteresovaných.*
Téma III	**Ecohydrology and Environmental Sustainability**	**Ekohydrológia a udržateľnosť životného prostredia**
HO III-1	Water as a landscape agent: erosive capacity, mobile solvent, habitat for aquatic biota - interdependencies and regulation in biogeochemical cycling	*Voda ako zložka krajiny: erozívna schopnosť, mobilné rozpúšťadlo, prostredie pre vodnú biotu – vzájomné závislosti a regulácia v biogeochemických cykloch.*
HO III-2	Complementing engineering solutions with ecological measures resulting in sustainable carrying capacity of ecosystems	*Doplnenie inžinierskych riešení ekologickými opatreniami vedúcimi ku udržateľnosti únosnosti ekosystémov.*
HO III-3	Urbanisation pressures, sustainable cities, towns and villages; water and sanitation for mega cities	*Urbanizačné tlaky, udržateľné veľkomestá, mestá a dediny; voda a sanitácia pre megalopole.*
HO III-4	Risk based environmental management (under uncertainty), especially climate change threats to ecosystem functions	*Rizikové riadenie životného prostredia (v podmienkach neistoty), najmä ohrozenie funkcií ekosystémov klimatickou zmenou.*
Téma IV	**Water Quality, Human Health and Food Security**	**Kvalita vody, zdravie ľudstva a bezpečnosť potravín**
HO IV-1	Methodologies for safeguards against water borne biotic and abiotic pollutants	*Metódy pre ochranu pred vodnými biotickými a abiotickými znečisťujúcimi látkami.*
HO IV-2	Access to safe water, human health and integrated water resource management	*Prístup ku bezpečnej vode, ľudské zdravie a integrované riadenie vodných zdrojov.*
HO IV-3	Non-conventional water resources: brackish water use and waste water re-use	*Nekonvenčné vodné zdroje: použitie brakických a recyklovaných odpadových vôd.*
HO IV-4	Access to water for food security in environmentally stressed zones	*Prístup ku vode pre potravinovú bezpečnosť v environmentálne stresovaných zónach.*
Prierezové programy: HELP a FRIEND		

Pre mladých hydrológov sprostredkoval ČNV MHP stáže na zahraničných univerzitách či na medzinárodných kurzoch (Kanada, SRN a Izrael). V spolupráci s SVH je pravidelne zabezpečovaná účasť českých špecialistov na konferenciách mladých hydrológov v Bratislave.

Priebežne sú zapožičiavané publikácie získané v rámci MHP UNESCO, a to jednotlivcom, katedrám vysokých škôl a organizáciám. V rade prípadov prispievajú k výučbe na vysokých školách, sú uvádzané v literárnych odkazoch a umožňujú získať predstavu o dosiahnutej hranici poznatkov na úseku danej problematiky.

SIEDMA FÁZA MEDZINÁRODNÉHO HYDROLOGICKÉHO PROGRAMU UNESCO

V tomto období sa práve formuluje plán na 7. fázu MHP UNESCO pre roky 2008 – 2013 (UNESCO, 2004). Program má už definovaný zámer (**Water Dependencies: Systems under Stress and Societal Responses** – *Závislosť na vode: Systémy pod tlakom a spoločenské odpovede*), ako i hlavné 4 témy, ktoré sú ďalej rozpracované do jednotlivých projektov, tzv. hlavných oblastí (Focal Area) (Tab. 2).

Pripravované hlavné témy 7. fázy MHP UNESCO sú nasledovné:
Téma I: Global Change, Watersheds and Aquifers – Globálne zmeny, povodia a zvodne
Téma II: Governance, and Socio-Economics – Riadenie a socioekonomika
Téma III: Ecohydrology and Environmental Sustainability – Ekohydrológia a udržateľnosť životného prostredia
Téma IV: Water Quality, Human Health and Food Security – Kvalita vody, zdravie ľudstva a bezpečnosť potravín
Prierezové programy: HELP a FRIEND.

V súčasnom období je možné pripomienkovať navrhované témy, tak aby bolo možné v roku 2006 počas zasadnutia Medzivládnej rady MHP UNESCO schváliť program, ktorý bude predložený Valnému zhromaždeniu UNESCO a pripravovať národné aktivity, ktorými jednotlivé krajiny prispejú ku splneniu programu. Je predpoklad, že mnohé z výsledkov projektov, ktoré sa budú riešiť na našich pracoviskách v budúcnosti, významne prispejú i k riešeniu projektov Medzinárodného hydrologického programu a preto je je dôležitá i otázka prezentácie týchto výsledkov.

Výsledkov a aktivít rôznych pracovísk, ktoré by bolo možné v súvislosti s Medzinárodným hydrologickým programom UNESCO prezentovať, je samozrejme oveľa viac. Verím však, že i táto stručná informácia bude zaujímavá pre účastníkov tejto konferencie.

Ďalšie podrobnosti o Medzinárodnom hydrologickom programe UNESCO možno nájsť na INTERNETe na adrese http://www.unesco.org/ a informácie o Slovenskom výbore pre hydrológiu – Národnom komitéte pre MHP UNESCO sú na adrese http://www.ih.savba.sk/ihp/.

Vzťahy slovenských a českých hydrológov samozrejme stratili v poslednom období na intenzite, ale zostali i po osamostatnení sa oboch republík dobrými. Nie raz zahraniční kolegovia na rôznych medzinárodných podujatiach ocenili, že česká a slovenská delegácia úzko spolupracujú a niekedy vystupujú i so spoločnými aktivitami. Hydrologické dni, ako tradičné podujatie hydrológov oboch krajín, je dobrou príležitosťou zamyslieť sa nad otázkami spoločného záujmu a verím, že ich výsledkom bude pokračovanie tradičných spoločných aktivít a snáď i zrod nových.

Literatúra

Holko, L., Miklánek, P. (Ed.) (2003): Interdisciplinary approaches in small catchment hydrology: Monitoring and research. (ISBN 92-9220-001-1) Technical Documents in Hydrology 67, UNESCO, Paris, 246 s.

SHMÚ (2001): XIII. konferencia mladých hydrológov a IV. konferencia mladých meteorológov a klimatológov. Práce a štúdie 65. SHMÚ Bratislava.

SHMÚ (2002a): XIV. konferencia mladých hydrológov. Práce a štúdie 66. SVH a SHMÚ, Bratislava.

SHMÚ (2002b): I. konferencia mladých vodohospodárov. Práce a štúdie 67. ZZVH, SHMÚ a VÚVH, Bratislava.

SHMÚ (2003a): 6.konferencia mladých meteorológov a klimatológov, 15. konferencia mladých hydrológov, 2. konferencia mladých vodohospodárov. Zborník abstraktov. SHMÚ, SMS pri SAV, SVH, ZZVH. Bratislava.

SHMÚ (2003b): 6.konferencia mladých meteorológov a klimatológov, 15. konferencia mladých hydrológov, 2. konferencia mladých vodohospodárov. Zborník na CD ROM. SHMÚ, SMS pri SAV, SVH, ZZVH. Bratislava, ISBN 80-88907-41-1.

SHMÚ (2004a): 7.konferencia mladých meteorológov a klimatológov, 16. konferencia mladých hydrológov, 3. konferencia mladých vodohospodárov. Zborník abstraktov. SHMÚ, SMS pri SAV, SVH, ZZVH, SVS, Asociácia hydrológov Slovenska. Bratislava.

SHMÚ (2004b): 7.konferencia mladých meteorológov a klimatológov, 16. konferencia mladých hydrológov, 3. konferencia mladých vodohospodárov. Zborník na CD ROM. SHMÚ, SMS pri SAV, SVH, ZZVH, SVS, Asociácia hydrológov Slovenska, Bratislava, ISBN 80-88907-79-7.

UNESCO (1999): Water Interactions: Systems at Risk and Social Challenges. Draft Plan for the IHP UNESCO Phase VI. UNESCO, Paris, http://www.unesco.org/water/ihp/ihp_six.shtml.

UNESCO (2003): National Report of the Slovak Republic. UNESCO, Paris, http://www.unesco.org/water/ihp/nat_reports/slovakia.pdf.

UNESCO (2004): Water Dependencies: Systems under Stress and Societal Responses. IHP UNESCO Phase VII. UNESCO, Paris, http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001397/139766E.pdf.

Autori

Pavol Miklánek, Slovenský výbor pre hydrológiu – Národný komitét pre Medzinárodný hydrologický program UNESCO, Ústav hydrológie SAV, Račianska 75, 831 02 Bratislava 3, ncihp@uh.savba.sk

Josef Hladný, Český národní výbor pro MHP UNESCO, Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4 Komořany, hladny@chmi.cz

SÚČASNOSŤ A PERSPEKTÍVA SLUŽBY SLOVENSKÉHO HYDROMETEOROLOGICKÉHO ÚSTAVU A PODPORA VÝSKUMU A VÝVOJA

Peter Rončák

Ochrana vodných zdrojov a ich racionálne využívanie je dôležitým aspektom rozvoja spoločnosti a vodného hospodárstva. Dôsledná ochrana a využívanie vodných zdrojov si vyžadujú podrobne poznať ich stav a pravdepodobný vývoj v budúcom období. Práve činnosti, ktoré zabezpečuje Hydrologická služba (HS) na Slovenskom hydrometeorologickom ústave (SHMÚ) sú dôležitým článkom pre správne a presné zhodnotenie stavu vôd ako aj ich trendy vývoja.

Medzi základné priority HS v oblasti výskumu a vývoja patrí tvorba a vydávanie hydrologických predpovedí a výstrah, zdokonalenie programov monitoringu vodných útvarov, hodnotenie vplyvov klimatickej zmeny na vodné útvary (povodne a suchá) s využitím matematických modelov a ekologická kvalita vodných tokov. Dôležitým príspevkom bude aj spracovanie informácií a podkladov pre tvorbu plánov manažmentu povodí ako základného nástroja pre proces ochrany a riadenia využívania vodných zdrojov.

Kľúčové slová: hydrometeorologická služba, monitoring a hodnotenie vodných zdrojov, hydrologické predpovede, klimatická zmena, ekologická kvalita vodných tokov

Hydrological Service of the Slovak Hydrometeorological Institute - present state and perspective; support of the research and development activities. *Protection and sustainable development and use of the water resources are a basic aspect of the development of the whole community and water management, especially. Precise and accurate information and data are prerequisite for protection and proper use of the water resources and to assess the present state and future trends. Therefore, activities of the Hydrological Service (HS) of the Slovak Hydrometeorological Institute (SHMÚ) is important part of the policy and decision making process in water management. Related to the basic activities of HS as monitoring and assessment of water bodies following priorities in field of research and development were selected: hydrological forecasts and warming, sound monitoring programmes, assessment of the climate change impaction on water resources (floods and droughts) and ecological quality of the surface water. Important part would be the contribution to the preparation of the River Basin Management Plans in the Slovak Republic.*

Key words: Hydrological Service, Monitoring and Assessment of Water Bodies, Hydrological Forecasts and Warming, Climate Changes, Ecological Quality of Surface Water

---

ÚVOD

V dôsledku meniaceho sa vonkajšieho prostredia, tak na národnej ako aj medzinárodnej úrovni, ovplyvňujúc1eho aj aktivity SHMÚ, je potrebné prispôsobiť aj činnosť Hydrologickej služby. Medzi hlavné ciele, ktoré plní HS na SHMÚ patrí:

- Predpovedná povodňová, hlásna a varovná služba,
- Monitoring stavu vodných útvarov,
- Hodnotenie stavu vodných zdrojov a ich trendov vývoja,
- Vedenie evidencie o vodách.

Dôležitou podmienkou plnohodnotného plnenia požadovaných cieľov je vytvorenie vhodných technických a personálnych podmienok na riešenie úloh ústavu. S týmto priamo súvisí aj podpora výskumu a vývoja v oblasti sledovania hydrologických procesov v povodí a potrieb vodného hospodárstva. V súčasnosti sa pozornosť HS v oblasti výskumu a vývoja sústreďuje na tie činnosti, ktoré sú prioritné z hľadiska splnenia požiadaviek štátnej vodnej správy v oblasti pôsobnosti výskumu. Ide hlavne o:

- Vývoj a implementácia predpovedných metód a modelov pre povodňovú predpovednú, hlasnú a varovnú službu,

- Odvodenie hydrologických charakteristík pre rozhodovací proces v oblasti ochrany vodných zdrojov a vodného hospodárstva,
- Výskum vzťahov prvkov kvality pre hodnotenie ekologického stavu útvarov povrchovej vody a stavu útvarov podzemnej vody,
- Hodnotenie dopadov klimatickej zmeny na vodné zdroje a hydrologické procesy.

Tieto úlohy sú riešené v rámci výskumných a vývojových projektov na národnej ako aj medzinárodnej úrovni. Dôležitá úloha pri zameraní HS v oblasti výskumu a vývoja zohráva aj členstvo ústavu v Svetovej meteorologickej organizácii (WMO), vstup Slovenskej republiky do Európskej únie (EÚ) a členstvo ústavu v združení výskumných ústavov EÚ EURAQUA. V ďalšej časti príspevku sú popísané perspektívy zapojenia HS do výskumu a vývoja a možnosti jeho využitia pre činnosť HS.

Hybné sily

Medzi impulzy, ktoré dávajú momentum pre rozvoj HS možno zaradiť politickú vôľu uskutočňovať integrovaný manažment vodných zdrojov (IWRM), s tým súvisiace právne predpisy a technický a technologický vývoj v oblasti pôsobnosti HS.

Politická vôľa

V súčasnosti boli a sú prijímané tak na národnej ako aj medzinárodnej úrovni dohovory a zmluvy týkajúce sa ochrany a racionálneho využívania vôd. Medzi tie najdôležitejšie, ktoré majú vplyv na činnosť HS ústavu je možné zaradiť Dohovor o ochrane a využívaní cezhraničných vôd a medzinárodných jazier (Helsinky, 1992), Dohovor o ochrane a využívaní vôd Dunaja (Sofia, 1994). Súčasťou týchto dohovorov sú aj bilaterálne zmluvy SR a susediacich štátov na ochranu cezhraničných vôd.

V rámci WMO, Komisia pre hydrológiu (KH) pre obdobie 2004 - 2007 zadefinovala nasledujúce tematické priority pre činnosti v oblasti hydrológie a vodných zdrojov:

- Základné systémy (hydrometria a hydraulika),
- Hodnotenie vodných zdrojov a využitie vody,
- Hydrologické predpovedania a predpovede,
- Znižovanie dôsledkov katastrôf- povodne a suchá (hydrologické aspekty),
- Analýza hydrometeorologických údajov pre variabilitu a trendy.

Global Water Partnership (GWP) zadefinoval IWRM ako proces, podporujúci koordinovaný rozvoj vodného hospodárstva a využívania krajiny, tak aby sa maximálne využil ich potenciál na uspokojenie sociálnych a ekonomických požiadaviek spoločnosti, pri súčasnom zachovaní udržateľnosti prírodných zdrojov a ekosystémov.

Slovenská republika má spracovanú Koncepciu rozvoja vodného hospodárstva a Stratégiu ochranu prírodného prostredia, kde sú pomenované aj úlohy súvisiace s činnosťou HS.

Právne predpisy

Politická vôľa týkajúca sa uskutočňovania opatrení na ochranu a racionálne využívanie vodných zdrojov je vyjadrená súborom právnych predpisov na úrovni EÚ a národnej úrovni.

Rámcová smernica EÚ o vodách (transponovaná do zákona č. 364/2004 Z. z.) stanovila holistický rámec pre manažment povodí vo všetkých členských štátoch EÚ. Kľúčovým cieľom je udržateľný manažment všetkých vodných útvarov tak, aby sa čo najviac znížil vplyv na ich dobrý stav pri súčasnom umožnení sociálneho a ekonomického rozvoja spoločnosti.

Pre HS z tohto vyplývajú najmä tieto skutočnosti:

- prispôsobenie programov monitoringu vodných útvarov s ich rozšírením o jazerá, vodné nádrže a mokrade,
- zmena metodického prístupu k hodnoteniu stavu vodných útvarov pre potreby plánov manažmentu povodí a Vodného plánu SR,
- sústredenie sa na ekologické a chemické vplyvy a štúdium vzťahov medzi prvkami kvality vody.

Na naplnenie požiadaviek vyplývajúcich z implementácie Rámcovej smernice EÚ o vodách sa formujú projekty a výskumné kolektívy, kde má svoje zastúpenie aj SHMÚ. Ide napríklad o projekty TISZA (ukončený v roku 2005) a REBECCA, ktorý je riešený v rámci 6. rámcového programu EÚ.

Zákon o ochrane pred povodňami č. 666/2004 Z. z. stanovil rámec pre ochranu územia SR pred povodňami. Priamo v zákone sú definované požiadavky na výkon hydrologickej predpovednej a informačnej služby, ktoré vykonáva ústav ako poverená osoba. Ako dôsledok takéhoto stavu HS bude musieť:

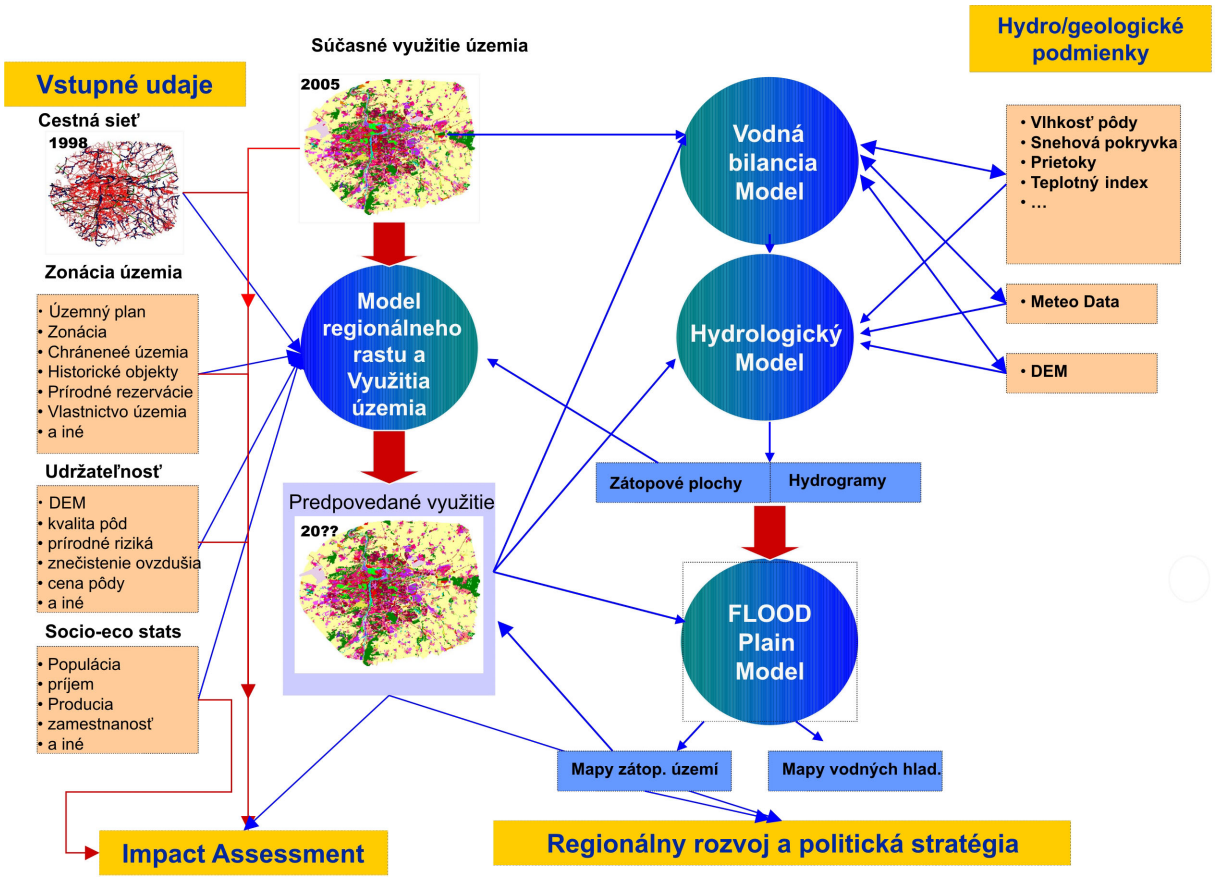
- v čase nebezpečenstva povodne a počas povodňovej situácie skvalitniť komunikáciu a integrovať informačný systém s orgánmi štátnej správy ochrany pred povodňami na národnej a lokálnej úrovni,
- skvalitniť a zväčšiť dobu predstihu hydrologických a meteorologických predpovedí pre povodňové regióny,
- rozšíriť pozornosť aj na prívalové povodne s vydávaním výstrah o možných extrémnych hydrometeorologických udalostiach,
- poskytovať hydrometeorologické údaje pre spracovanie povodňových plánov,
- spolupracovať s hydrometeorologickými službami v povodí Dunaja a Visly.

Riešenie týchto požiadaviek sa bude na ústave riešiť najmä v rámci projektu POVAPSYS.

V tejto oblasti EÚ vyvíja aktivity na príprave právneho rámca pre ochranu pred povodňami a suchom, ktoré bude potrebné realizovať tak na národnej ako aj regionálnej úrovni v povodiach Dunaja a Visly. Na zabezpečenie plnej implementácie sa v krajinách EÚ vytvárajú projekty a programy, kde má HS SHMÚ svojich zástupcov. Ide o projekty rámcového programu EÚ, Asociovaného programu GWP a WMO, UNESCO a iné. SHMÚ v tejto oblasti nadviazal úzku spoluprácu s JRC ISPRA (Memorandum o porozumení) pri testovaní a hodnotení výsledkov hydrologických predpovedí v povodí Dunaja.

Vývoj nových technológií a prístupov

Nové technológie a techniky neustále prenikajú do procesov sledovania vodných systémov, či už priamo alebo v časti prenosu získaných údajov a ich spracovania. Tomuto vývoju sa musí prispôsobiť aj HS, kde bude predovšetkým pokračovať automatizácia pozorovaní a využívať sa bude diaľkový prenos informácií a údajov. Integrácia jednotlivých programov monitoringu vodných útvarov povedie k vytvoreniu integrovaného systému monitoringu vôd s účelom zabezpečovania kvality údajov. Stále viac sa budú využívať GIS technológie a interaktívne grafické systémy ako nástroje hodnotenia stavu vodných systémov.



Obr. 1 Integrované modelovanie - Využitie územia - Pilotné územie Tatry
Fig. 1 Integrated Approach- Land Use- Pilot Area High Tatras

Klimatická zmena a využitie územia

Ukazuje sa, že klimatické zmeny a využívanie územia budú mať vplyv na zmeny, ktoré v súčasnosti pozorujeme v krajine a v povodiach na území SR. Z tohto dôvodu bude potrebné vziať do úvahy, že prírodné prostredie, socio-ekonomická sféra a povodia sa nebudú v budúcom období správať tak, ako je tomu dnes. Rastúce osídlenie, rôznorodé využívanie územia zmení charakter krajiny a povodí. Zmeny v režime zrážok a teplôt spôsobia zmenu odtokových pomerov, čo sa môže prejaviť napr. v rýchlejšom odtoku z povodí, v zmene doplňania až zníženia zásob podzemnej vody a pôdnej vlhkosti. Ako ďalší dôsledok možno očakávať na našom území zvýšenú extremalitu v hydrometeorologických procesoch. Povodne a suchá sa stanú častejším javom, územie SR sa bude meniť. Aj činnosť HS musí zachytiť tento trend. Preto je potrebná činnosť referenčnej siete klimatologických a hydrologických staníc, výskumná činnosť, venovaná stavu a vývoju klimatického a hydrologického systému a štúdiu dlhých časových radov.

VÝZVY A MOŽNOSTI

Súčasný stav a predpokladaný vývoj v oblasti výskumu a vývoja hydrologických procesov a vodného hospodárstva núti HS, aby svoje služby a produkty orientovala priamo na zákazníkov. HS sa bude musieť sústrediť na:

Poskytovanie integrovaných riešení

Spojenie špecialistov v rámci samotnej HS ako aj z iných oblastí (disciplín) tak, aby sa poskytol čo najširší rámec pre riešenie zadaných problémov.

Otvorenosť a transparentnosť

Vyprodukované informácie a údaje je potrebné sprístupniť čo najširšej verejnosti. Ponúknuť svoje znalosti ďalším výskumným kolektívom (aj v iných disciplínách) a zlepšiť komunikáciu, aby a vytvorili „odborné partnerstvá" ako základ pre tvorbu integrovaných riešení problémov.

Budovanie personálnych kapacít

Zatraktívnenie povolania hydrológa v HS si bude vyžadovať vzájomnú spoluprácu medzi viacerými inštitúciami ako štátna vodná správa, univerzity, výskumné útvary a iné. Vytvorenie podmienok pre personálny a odborný kariérny rast je dôležitou súčasťou celého rámca pre rozvoj HS, vrátane výskumu a vývoja.

Tvorba konzorcií a zapojenie sa do výskumných projektov

Len vysoký kredit HS umožní preniknúť do konzorcií, ktoré sú tvorené na národnej a európskej úrovni. Dôležité je to hlavne pri zapojení sa do 6. a 7. Rámcového programu výskumu a vývoja EÚ a národného programu pre výskum podporovaný APVT. V prvom prípade je určitou výhodou členstvo SHMÚ v EURAQUA, kde majú partneri veľkú skúsenosť s prípravou projektov a konzorcií. V prípade APVT sa HS nebude uchádzať o samostatné projekty, ale iba ako partner niektorej z výskumných inštitúcií v Slovenskej republike. HS sa v ďalšom období tiež sústredí aj na účasť v projektoch regionálnej spolupráce INTERREG a CBC, ktoré sú finančne podporované EÚ. HS ďalej poskytne svoje expertné kapacity na riešenie projektov v rámci činnosti Komisie pre hydrológiu pri WMO pri plnení jej prioritných tematických oblastí.

SLOVO NA ZÁVER

Priestor a stav, v ktorom sa HS v súčasnosti nachádza, dáva množstvo impulzov na uskutočňovanie výskumu a vývoja v oblasti štúdie hydrologických procesov a vodných zdrojov. Je potrebné využiť politickú vôľu pre riešenie problémov vodného hospodárstva tak na národnej ako aj regionálnej úrovni. Výskum a vývoj je výzvou a dáva možnosti uplatnenia sa špecialistov z HS v projektoch, ktoré prinesú prospech pre celú spoločnosť a najmä vodné hospodárstvo.

Autor
Peter Rončák, Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava 37
e- mail: peter.roncak@shmu.sk

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

---

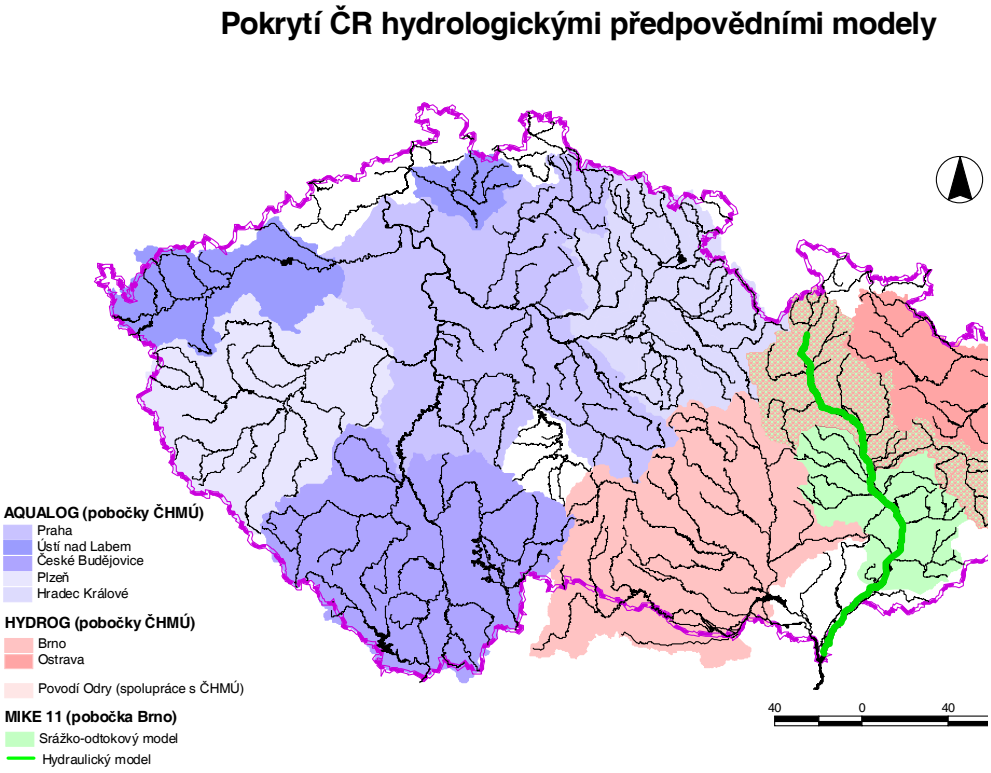
1. ÚVOD

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.

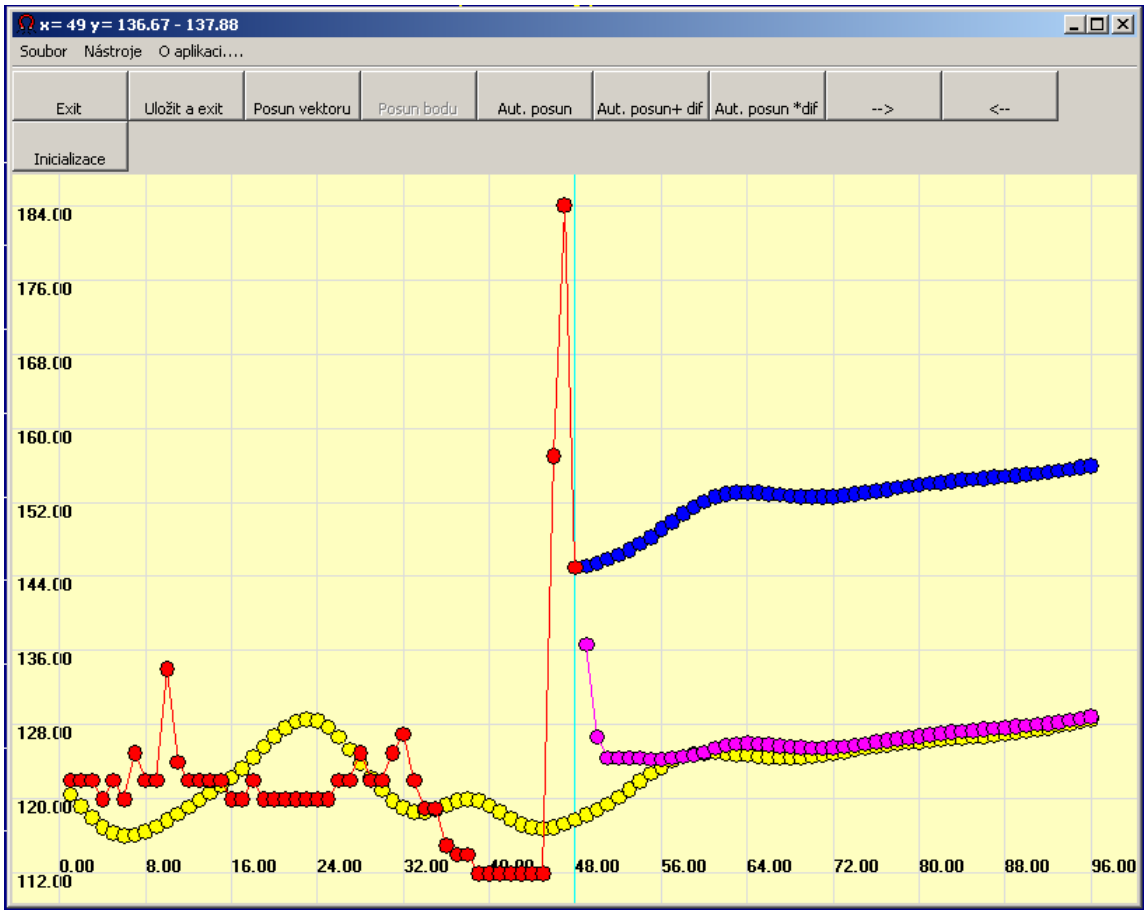
2.1. Předpovědní systém Aqualog

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

POSTGRADUÁLNE ŠTÚDIUM HYDROLÓGIE V SR

Ján Szolgay, Viliam Novák

Tento príspevok obsahuje stručnú históriu postgraduálneho vzdelávania v hydrológii u nás, vybrané časti popisu obsahu študijného odboru, ktorý slúžil ako východisko pri akreditácii konkrétnych študijných programov a informácie o organizačnom zabezpečení štúdia

Kľúčové slová: doktorandské štúdium, študijný program inžinierska hydrológia

Postgraduate education in hydrology in Slovakia. *The paper reviews recent activities in postgraduate education in hydrology in Slovakia. A short history and the current status of postgraduate education in hydrology in Slovakia are described. The new unifying general framework for the development of syllabi for particular PhD studies in hydrology is presented.*

Keywords: education in hydrology, PhD studies

ÚVOD

Vysokoškolské vzdelanie sa po poslednej reforme univerzitného systému v SR poskytuje na jednotlivých vzdelávacích inštitúciách uskutočňovaním akreditovaných bakalárskych, inžinierskych, magisterských a doktorandských študijných programov, ktoré napĺňajú požiadavky príslušných študijných odborov (alebo kombinácie študijných odborov) sústavy študijných odborov spravovaných MŠ SR. Študijný odbor je oblasť poznania, ktorá môže byť predmetom vysokoškolského vzdelávania a vymedzuje sa obsahom, ktorý charakterizujú najmä oblasť a rozsah vedomostí, schopnosti a zručnosti, ktoré profilujú absolventa. Študijný program je súbor konkrétnych vzdelávacích činností a pravidiel zostavený tak, že absolvovanie týchto vzdelávacích činností pri zachovaní uvedených pravidiel umožňuje získať vysokoškolské vzdelanie.

Študijný odbor hydrológia sa môže podľa Sústavy študijných odborov (vydanej rozhodnutím Ministerstva školstva SR č. 2090/2002-sekr. zo dňa 16. decembra 2002) študovať zatiaľ v treťom stupni vysokoškolského štúdia (PhD). Chápe sa ako samostatná oblasť poznania, v ktorej absolvent akreditovaného študijného programu (§51 ods. 1 Zákona č. 131/2002 Z.z.) nadobudne profesionálnu spôsobilosť vykonávať povolanie hydrológa. Študijný odbor bol zaradený medzi geovedné disciplíny, čím sa hydrológia po dlhých rokoch koexistencie s vodným hospodárstvom v rámci jedného (predtým) vedného odboru zaradeného do technických vied osamostatnila a zaradila sa tam, kam logicky patrí. V rámci reformy vysokoškolského vzdelávania bol spracovaný aj všeobecný obsah tohto študijného odboru a požiadavky na uchádzača a absolventa odboru (Szolgay et al. 2003). Tento je pre verejnosť dostupný na internetovej stránke Akreditačnej komisie, poradného orgánu vlády SR, www.akredkom.sk. Tento príspevok obsahuje stručnú históriu postgraduálneho vzdelávania v hydrológii u nás, vybrané časti popisu obsahu študijného odboru, ktorý slúžil ako východisko pri akreditácii konkrétnych študijných programov a informácie o organizačnom zabezpečení štúdia.

K HISTÓRII A POTREBE VYČLENENIA HYDROLÓGIE AKO SAMOSTATNÉHO ŠTUDIJNÉHO ODBORU V SÚSTAVE ŠTUDIJNÝCH ODBOROV

V Szolgay et al. (2003) sme uviedli nasledovné zdôvodnenie potreby začlenenia hydrológie ako samostatného odboru do sústavy študijných odborov. Dostupnosť vody sa v celosvetovej mierke stáva jedným z kontrolných mechanizmov ďalšieho rozvoja spoločnosti. Investície spoločnosti do rozvoja vodného hospodárstva umožnili v krajinách tzv. rozvinutej časti sveta dosiahnuť vysokú úroveň ochrany obyvateľstva pred extrémnymi hydrologickými situáciami, zásobovania obyvateľstva, priemyslu a poľnohospodárstva vodou, rozvoja hydroenergetiky, vodnej dopravy a ďalších oblastí. K spoločenskej objednávke pre hospodárenie s vodou sa v súčasnosti, vychádzajúc z posunu

spoločenských priorít od bezvýhradnej podpory ekonomického rozvoja k uvedomovaniu si jeho širších súvislostí so životným prostredím, priradila požiadavka integrovane manažovať vodné zdroje.

Svetové konferencie o životnom prostredí a o vode konané pod záštitou OSN, vlád a mimovládnych organizácií (Mar del Plata (1972), Dublin a Rio de Janeiro (1992), Maroko (1997), Haag (2000), Bonn (2001), Johannesburg (2002), Kyoto (2003)) sa považujú za míľniky v zmene postojov spoločnosti v starostlivosti o vodu. Deklarovali sa na nich aj požiadavky, aby si každá krajina vytvorila a sledovala politiku trvalo udržateľného využívania, manažmentu a ochrany vôd a budovala systém výchovy špecialistov schopných zabezpečovať takéto integrované hospodárenie s vodou.

Vyrovnať sa s problémami interakcie medzi živou prírodou a ľudskou činnosťou v kolobehom vody si vyžaduje aj nové poznatky o kauzalite javov spojených s obehom vody v prírode. Jeden zo základných pilierov týchto vedomostí sa tvorí práve v hydrológii. Preto, vychádzajúc aj z uvedenej spoločenskej objednávky, sa hydrológia už koncom minulého storočia začala emancipovať, vyčleňovať sa z područia vodného hospodárstva a etablovať sa ako samostatná vedná disciplína. V súčasnom období pokračuje jej vnútorná diferenciácia a dobudovávanie vedomostnej základne mnohých oblastí hydrologických vied. Hydrológia má široko etablované medzivládne, národné a mimovládne koordinačné štruktúry, ako Medzinárodný hydrologický program UNESCO (a naň naviazaný Slovenský výbor pre hydrológiu (SVH)), Medzinárodnú asociáciu hydrologických vied (IAHS) činnú v rámci Medzinárodnej únie geodézie a geofyziky (IUGG) a na ňu naviazaný systém národných komitétov a korešpondentov IAHS, samostatné hydrologické sekcie v rámci Európskej geofyzikálnej spoločnosti (EGS) a Americkej geofyzikálnej únie (AGU).

Na území SR sa od roku 1953 inštitucionalizovane pestoval základný výskum v hydrológii a vychovávajú sa ašpiranti, resp. doktorandi hlavne na Ústave hydrológie SAV, na Stavebnej fakulte STU a na Prírodovedeckej fakulte UK. Čiastkové problémy sa riešili na terajšej Fakulte záhradníctva a krajinného inžinierstva PU v Nitre, Fakulte ekológie a environmentalistiky TU vo Zvolene a na mnohých ďalších pracoviskách. Aplikovaný výskum bol hlavne sústredený na Výskumný ústav vodného hospodárstva, Slovenský hydrometeorologický ústav, bývalý Výskumný ústav meliorácií a krajinného inžinierstva, Výskumný ústav pôdnej úrodnosti a mnohé ďalšie pracoviská.

Potreba odborníkov v hydrológii bude v súvislosti s nastupujúcou globálnou krízou v dostupnosti vodných zdrojov, možnou zmenou klímy a rastúcim spoločenským a politickým tlakom na rešpektovanie princípov trvalo udržateľného rozvoja, narastať aj u nás. Smernica EÚ o vode a na ňu nadväzujúca národná legislatíva o vode požaduje inštitucionálne riadené integrované hospodárenie s vodou v krajine, priemyselnom, poľnohospodárskom a komunálnom sektore, čo je nemysliteľné bez vedecky podloženého systému využívania zdrojov vody. Hydrológia ako vedná disciplína je súborom základných poznatkov a metód, ktoré sú potrebné (spolu s vedomosťami s iných odborov) pre riešenie uvedených problémov a realizáciu uvedených požiadaviek.

CIELE VÝCHOVY HYDROLÓGOV PODĽA OBSAHU ŠTUDIJNÉHO ODBORU HYDROLÓGIA

Požiadavky študijného odboru predpisujú, aby absolvent v oblasti svojej užšej špecializácie ovládal vedecké metódy výskumu a experimentu v hydrológii, ktoré sa uplatňujú v skúmaní, analýze, modelovaní a syntéze poznatkov a zákonitostí výskytu, obehu, časového a priestorového rozdelenia vody na Zemi, jej vzájomného pôsobenia s prostredím vrátane živej prírody, ako aj jej fyzikálnymi, chemickými a biologickými vlastnosťami.

Absolvent odboru hydrológia si v štúdiu má osvojiť:

- vedecké metódy bádania v hydrológii, vrátane vedeckého popisu, experimentu a jeho vyhodnotenia, modelovania, analýzy a zovšeobecnenia jeho výsledkov a aplikácie dosiahnutých výsledkov v úlohách integrovaného manažmentu vôd,

- súvzťažné chápanie dejov v kolobehu vody v prírode v ich vzájomnej podmienenosti a nadväznosti,
- problémovo a nie sektorálne orientovaný prístup pri formulovaní problémov a metód riešenia zvolenej oblasti hydrológie,
- schopnosť prinášať vlastné, pôvodné riešenia problémov v oblasti kolobehu vody v prírode.

Z metodického hľadiska vedeckej práce sa musí naučiť:

- vypracovať kritickú vedeckú rešerš,
- formulovať vedecký problém,
- samostatne riešiť vedecké problémy pomocou moderných vedeckých metód,
- využívať moderné technické, experimentálne a informatické metódy a prostriedky na podporu svojej práce,
- pracovať v medzinárodnom výskumnom kolektíve,
- písomne vo svetovom jazyku prezentovať výsledky vedeckej práce,
- vo svetovom jazyku prednášať výsledky vedeckej práce,
- vo svetovom jazyku vypracovať časti návrhov žiadostí o grant.

Nosné témy jadra znalostí 3. stupňa vysokoškolského štúdia v odbore hydrológia sú viazané na špecializáciu študijného odboru a na riešenú tému dizertačnej práce a budú sa upresňovať v individuálnom študijnom pláne. V rámci študijného odboru hydrológie sa náplň štúdia volí z odpovedajúcich statí zo:

- všeobecnej hydrológie,
- hydrológie povrchových vôd,
- hydrológie podpovrchových vôd,
- vybraných statí problematiky vody ako transportného média v ekosystémoch,
- mechaniky tekutín povrchových a podzemných vôd,
- hydrodynamiky pórovitého prostredia,
- metód terénneho experimentálneho výskumu v hydrológii,
- metód laboratórneho výskumu hydrodynamických javov,
- metód matematického modelovania hydrologických a hydraulických javov,
- matematiky,
- simulačných metód, algoritmizácie a programovania,
- geoinformatiky.

Študijná časť končí dizertačnou skúškou. Na dizertačnej skúške musí študent preukázať, že zvládol schopnosť samostatne študovať, získavať teoretické a praktické poznatky a vypracovať písomnú rešerš zo svetovej literatúry.

Nasledujúca vedecká časť štúdia je zameraná na:

- výskum aktuálneho vedeckého problému z odboru hydrológie,
- na pochopenie zásad vedeckej práce, jej filozofických, environmentálnych, právnych, etických a spoločenských stránok,
- rozvinutie schopností prinášať vlastné, pôvodné riešenia problémov v oblasti kolobehu vody v prírode,
- osvojenie si vedeckých metód bádania vrátane vedeckého popisu, experimentu a jeho vyhodnotenia, modelovania, analýzy a zovšeobecnenia jeho výsledkov a aplikácie dosiahnutých výsledkov na úlohy integrovaného manažmentu vôd,
- využívanie moderných technických, experimentálnych metód a informačných technológií na podporu vedeckej práce,
- schopnosť pracovať v medzinárodnom výskumnom kolektíve, písomne a ústne vo svetovom jazyku prezentovať výsledky vedeckej práce,
- schopnosť vo svetovom jazyku vypracovať časti návrhov žiadostí o grant.

Vedecká časť programu sa ukončuje odovzdaním a obhajobou dizertačnej práce. Dizertačná (záverečná práca) a jej obhajoba musí spĺňať kritérium, že študent preukázal schopnosť samostatne

riešiť teoretické a praktické poznatky z vybranej časti odboru hydrológia. Absolventi študijného odboru hydrológia sú spôsobilí vykonávať profesiu hydrológ, philosophiae doctor hydrológie PhD, (Hydrologist, Doctor of Philosophy in Hydrology) (Szolgay et al. 2003).

ORGANIZAČNÉ ZABEZPEČENIE ŠTÚDIA V ŠTUDIJNOM PROGRAME INŽINIERSKA HYDROLÓGIA

Následne, po začlenení hydrológie do sústavy študijných odborov, získali dve pracoviská právo vzdelávať a udeľovať titul PhD v tomto odbore. Zatiaľ ide o študijný program inžinierska hydrológia ponúkaný Stavebnou fakultou STU a ktorý sa bude dať v spolupráci so Stavebnou fakultou STU študovať aj na Ústave hydrológie SAV.

Štúdium sa uskutočňuje na SvF STU alebo ÚH SAV (tzv. externá vzdelávacia inštitúcia). S ÚH SAV má STU uzavretú rámcovú dohodu o doktorandskom štúdiu. Navyše SvF uzatvorí s ÚH SAV individuálnu dohodu pre každého doktoranda (§ 54 ods. 12 zákona). Pre riadenie a organizovanie štúdia SvF zriadila osobitným predpisom pre študijný odbor hydrológia odborovú komisiu, ktorá sleduje a hodnotí doktorandské štúdium (§ 54 ods. 17 zákona). Členmi tejto komisie sú špecialisti z katedier SvF STU a zástupcovia externých pracovísk, medzi nimi aj z ÚH SAV.

Štúdium sa riadi študijným poriadkom STU a jednotlivých fakúlt (www.stuba.sk , www.svf.stuba.sk). Uchádzači o štúdium sa prihlasujú na témy dizertačných prác, ktoré sa zverejňujú dopredu. Požaduje sa, aby uchádzač o štúdium mal ukončené druhostupňové magisterské alebo inžinierske štúdium v niektorom študijnom odbore obsahujúcom dostatok vedomostí o kolobehu vody v prírode. Takými odbormi sú najmä študijné odbory fyzická meteorológia a klimatológia, geografia a geoekológia, hydrogeológia, lesníctvo, vodné hospodárstvo, hydromeliorácie, vodné stavby a environmentálne inžinierstvo a ich kombinácie.

Všetci uchádzači musia absolvovať prijímací pohovor pozostávajúci z písomného testu z jedného svetového jazyka a ústneho pohovoru, ktorým sa preveria znalosti na úrovni štátnej záverečnej skúšky a prerokuje sa téma dizertačnej práce. Na SvF STU sa pri prijímaní hľadí na zachovanie princíp kvality, preto sa zohľadnia celkové výsledky predošlého štúdia, znalosť svetových jazykov, aktivity počas štúdia ako napr. účasť na študentských vedeckých konferenciách, zahraničné pobyty súvisiace so štúdiom, publikovanie v časopisoch, príp. zborníkoch z konferencií a tiež aktívna práca na katedrách počas štúdia.

Doktorandské štúdium prebieha podľa individuálneho študijného plánu pod vedením školiteľa. Školiteľ riadi a odborne vedie doktoranda počas doktorandského štúdia a kontroluje plnenie jeho individuálneho študijného plánu, ktorý zostavuje na celé obdobie doktorandského štúdia a predkladá ho na schválenie odborovej komisii (§ 54 ods. 8 zákona). Určuje zameranie projektu dizertačnej práce a spresňuje spolu s doktorandom jej tému. Študijný plán je zostavený tak, aby jeho absolvovaním doktorand splnil podmienky na riadne skončenie štúdia v rámci štandardnej dĺžky štúdia tri roky v internej a päť rokov v externej forme.

Súčasťou doktorandského štúdia v dennej forme je pedagogická činnosť doktoranda alebo s ňou spojená iná odborná činnosť (§ 54 ods. 11 zákona). V externej forme doktorandského štúdia môže byť pedagogická činnosť nahradená inou odbornou činnosťou, ktorá súvisí s pedagogickou prácou. Ak ide o doktoranda, ktorý je prihlásený na tému dizertačnej práce vypísanú ÚH SAV, súčasťou dohody SvF s touto inštitúciou je aj to, kde a ako sa uskutoční študijná časť programu a pedagogická činnosť doktoranda.

Doktorandské štúdium pozostáva zo študijnej a vedeckej časti. Študijná časť doktorandského štúdia pozostáva najmä z prednášok, seminárov a individuálneho štúdia odbornej literatúry potrebných z hľadiska zamerania dizertačnej práce (§54 ods. 9 zákona). Vo vedeckej časti doktorandského štúdia je základnou formou vzdelávacej činnosti individuálna alebo tímová vedecká práca doktoranda

zameraná na tému dizertačnej práce. Vedecká časť pozostáva z tzv. projektu dizertačnej práce a samostatnej tvorivej činnosti v oblasti vedy (zhrnutej v publikáciách, v aktívnej účasti na konferenciách, uznaniach výsledkov (citácie), účasti na riešení vedeckých projektov, získaní grantu pre doktorandov, ukončení definovanej etapy vlastnej výskumnej alebo umeleckej práce a pod.). Téma dizertačnej práce je uvedená v individuálnom študijnom pláne doktoranda.

Jednotkami študijného programu doktorandského štúdia sú predmety definované v študijnom programe. Každý predmet je realizovaný jednou alebo viacerými formami vzdelávacích činností, pričom konkrétne formy a proporcionálnosť ich využitia sú stanovené študijným programom. Podmienky absolvovania predmetu doktorandského štúdia stanovuje garant predmetu.

Kontrola štúdia v rámci študijného programu sa uskutočňuje pomocou kreditového systému a ročného hodnotenia doktoranda. Každý predmet, ktorého absolvovanie sa hodnotí, má v študijnom programe priradený počet kreditov, ktoré doktorand získa po jeho absolvovaní. Počet kreditov priradených predmetu vyjadruje pomernú časť práce doktoranda potrebnú na jeho úspešné zvládnutie.

Individuálny študijný plán v doktorandskom štúdiu na STU sa zostavuje tak, že celkovo študijná časť určuje povinnosť získať minimálne 40 kreditov a samostatná tvorivá činnosť v oblasti vedy a umenia minimálne 40 kreditov. Doktorand získa 20 kreditov za písomnú časť dizertačnej skúšky po jej obhájení a 30 kreditov za dizertačnú prácu po jej odovzdaní a udelení zápočtu.

Školiteľ na konci každého roka štúdia predkladá dekanovi ročné hodnotenie plnenia študijného plánu doktoranda s vyjadrením, či odporúča alebo neodporúča jeho pokračovanie v štúdiu. Školiteľ pritom hodnotí stav a úroveň plnenia študijného plánu doktoranda, dodržiavanie termínov a v prípade potreby predkladá návrh na úpravu jeho individuálneho študijného plánu. Počet kreditov potrebný na postup z prvého do druhého roku štúdia a z druhého do tretieho roku štúdia je najmenej 30 kreditov za akademický rok. Dekan rozhoduje na základe ročného hodnotenia doktoranda o tom, či doktorand môže v štúdiu pokračovať, a tiež aj o prípadných zmenách v jeho študijnom pláne. Študent splnil podmienky na pokračovanie v štúdiu, ak:

a) získal minimálny potrebný počet kreditov
b) neprekročí v ďalšom období povolenú dĺžku štúdia.

Dizertačná skúška patrí medzi štátne skúšky v zmysle § 54 ods. 3 zákona. Doktorand sa podrobí dizertačnej skúške po získaní aspoň 40-tich kreditov v dennej forme doktorandského štúdia najneskôr do jeden a pol roka od začiatku štúdia (v externej forme najneskôr do troch rokov) od začiatku štúdia. K dizertačnej skúške je doktorand povinný podať písomnú prácu. Písomnú prácu k dizertačnej skúške tvorí projekt dizertačnej práce, obsahujúci súčasný stav poznatkov o danej problematike, náčrt teoretických základov jej budúceho riešenia a analýzu metodického prístupu riešenia danej problematiky. Dizertačná skúška pozostáva z dvoch častí, prvú tvorí rozprava o písomnej práci k dizertačnej skúške a z časti, v ktorej má doktorand preukázať teoretické vedomosti v určených oblastiach dizertačnej skúšky.

Dizertačná práca je záverečnou prácou v zmysle § 51 ods. 3 zákona. Dizertačnou prácou a jej obhajobou preukazuje doktorand schopnosť a pripravenosť na samostatnú vedeckú a tvorivú činnosť v oblasti výskumu, alebo vývoja alebo na samostatnú teoretickú a tvorivú umeleckú činnosť. Doktorand môže odovzdať dizertačnú prácu k obhajobe, ak získal aspoň 120 kreditov. Doktorand predkladá dizertačnú prácu na obhajobu v slovenskom jazyku. So súhlasom dekana môže predložiť dizertačnú prácu aj v inom ako slovenskom jazyku. Dizertačná práca obsahuje analýzu aktuálneho stavu poznatkov v danej problematike, charakteristiku cieľov, podrobný opis použitých postupov (metód práce, materiálu), dosiahnuté výsledky, ich vyhodnotenie, diskusiu, záver a zoznam použitej literatúry.

Komisiu pre obhajobu, keďže sa na uskutočňovaní študijného programu zúčastňuje aj ÚH SAV, má šesť členov, pričom sú v nej paritne zastúpení členovia z STU a partnerskej vzdelávacej inštitúcie. STU môže uzatvoriť dohodu o spoločných obhajobách dizertačných prác v akreditovaných

doktorandských študijných programoch so zahraničnou vysokou školou, ak to umožňujú právne predpisy štátu, na ktorého území pôsobí zahraničná vysoká škola. Doklad o udelení akademického titulu na základe úspešného výsledku obhajoby dizertačnej práce pred komisiou pre obhajobu dizertačnej práce vydaný zahraničnou vysokou školou sa uznáva v Slovenskej republike (§ 54 ods. 22 zákona).

K PERSPEKTÍVE ĎALŠIEHO ROZVOJA VZDELÁVANIA V HYDROLÓGII

Koncom minulého storočia vznikol v odbornej komunite vo svete tlak na etablovanie sa hydrológie ako samostatnej vednej disciplíny na univerzitách nielen v doktorandskom ale aj v magisterskom štúdiu. Úvahy v tomto smere v nedávnej minulosti viedli a publikovali odborné a profesijné organizácie združujúce hydrológov (a vodohospodárov), ale aj vládne, medzinárodné a mimovládne organizácie. Slovenský výbor pre hydrológiu a Stavebná fakulta STU sa pri viacerých príležitostiach taktiež vyjadrovali k tejto a príbuznej problematike (Szolgay 2000, 2002, Szolgay et al. 2002, 2003), pre ilustrovanie veľkého počtu aktivít na tomto poli spomenieme (bez nároku na úplnosť a poradie dôležitosti) niektoré dokumenty: *Panel IAHS o výchove hydrológov* (Nash et al. 1990), tzv. *Parížsku správu UNESCO, WMO a ICSU o potrebách hydrologického výskumu, operatívnej hydrológie a výchovy* (UNESCO 1993), správu výboru COWAR (Commitee on Water Research, založená ICSU a UITA) - *Voda pre našu spoločnú budúcnosť - Agenda pre výskum udržateľného rozvoja vodných zdrojov*, spoločný dokument MHP UNESCO a IAHR *Výchova hydrotechnických (vodohospodárskych) inžinierov* (Kobus et al. 1996), koncepčný dokument amerického Výboru pre príležitosti v hydrologických vedách (zriadeného Národnou agentúrou pre vedu a Výborom pre vedu a technológie v oblasti vody) (Eagleson et al. 1991), hodnotenie UNESCO výchovy na poli hydrológie (Gilbrich 1993) a celoživotné vzdelávanie v hydrológii (Van der Beken 1993), koncepčný dokument *W-E-T (Voda – vzdelávanie – praktická výchova)* (World Water Vision 2000) vypracovaný UNDP, Svetovou bankou, IHE Delft a UNESCO v rámci Svetovej vízie o vode, rozbor a usmernenie výchovy v sektore vodného hospodárstva siete univerzít ETNET (Wessel 1999) a vizionársky dokument IAHR (1999). K problematike sa zásadnými prácami vyjadrilo viacero osobností hydrologického výskumu a výučby ako Abott a Price (2000), Klemeš (1991), Falkenmarková (1991), Peters (2002), Plate (1987), Wessel (2000) a iní.

Organizoval sa rad konferencií, ako napr. konferencie pod spoločnou egidou UNESCO a ďalších organizácií Hydrológia a vodné hospodárstvo, trvalo udržateľný rozvoj v meniacom sa životnom prostredí (IHP 1990), Smerom k 21 storočiu (UNESCO 1993), Učiaca sa spoločnosť a problémy vody (Van der Beken et al 2000), konferencia TU Delft o stratégiách budovania ľudských zdrojov v sektore vody (IHE 2001), konferencia ETNET o budovaní sietí vzdelávania v sektore vody (ETNET 2002) a jubilejná výročná konferencia IAHR (IAHR 2002) bude venovaná taktiež tejto problematike.

Vznikli medzinárodné siete univerzít, organizácií a firiem činných vo vodnom hospodárstve pre postgraduálne vzdelávanie ako TECHWARE a ETNET (Van der Bekken et al. 2000), (General 1998), sieť kurzov pre študentov a celoživotné vzdelávanie pod názvom European Graduate School of Hydraulics (Kobus, Lensing 1997), na Internete sa množia stránky a elektronické konferencie o problematike vody (abecedný prehľad uvádza napr. WWW.WATERWEB.ORG), pod egidou UNESCO vzniká medzinárodné školiace stredisko Institute for Water Education na TU Delft, (IHE 2001).

Kým v nedávnej minulosti bolo štúdium v EÚ charakterizované snahou zvýšiť mobilitu študentov v rámci jedno a dvojsemestrálnych pobytov na zahraničných univerzitách, najnovším trendom v EÚ je akreditácia množstva medziuniverzitných študijných programov vedúcich k viacnásobným diplomom. S podporou rôznych programov EÚ (ako napr. SOKRATES, Marie Curie) ale aj národných vlád (napr. vo Veľkej Británii sú univerzitám prideľované prostriedky aj na zahraničných študentov) sa takéto študijné programy vedúce k dvojitým, pripadne aj viacnásobným diplomom množia aj vo vedách o vode.

Tento trend prinesie nutne aj zvýšenie úrovne postgraduálneho vzdelávania v hydrológii, pretože sa dá očakávať, že absolventi medzinárodného magisterského štúdia budú lepšie pripravení plniť požiadavky vysoko náročného a medzinárodne konkurencieschopného výskumu. Je zrejmé, že študijné odbory (geografia, meteorológia a klimatológia, geológia, hydrogeológia, vodohospodárske inžinierstvo, lesnícke inžinierstvo, krajinné inžinierstvo a pod.), z ktorých hydrológovia tradične vychádzajú, nebudú schopné ani rozširovaním ponúkaných vedomostí v rámci svojich programov poskytnúť konkurencieschopné vedomosti z hydrológie pre našich budúcich doktorandov. V súčasnosti sa zdá, že blízka i vzdialenejšia budúcnosť je v medzinárodne koordinovanom vzdelávaní, v ktorom sa študentom poskytuje to najlepšie, čo jednotlivé univerzity v danej oblastiach majú.

Preto by dnes asi už nestačilo, keby sme v budúcnosti uvažovali s možnosťou zaradiť do sústavy študijných odborov aj magisterské štúdium a hľadať formy jeho naplnenia vhodnými študijnými programami, tak ako sme to navrhovali v Szolgay (2003). Tento by bolo potrebné akreditovať nielen v rámci tzv. medziodborového štúdia s ťažiskom na jednej (zrejme prírodovedeckej) fakulte, ale ho aj medzinárodne zosieťovať a najmä podporiť centrami excelencie v niektorých oblastiach hydrologického výskumu.

Literatúra

Abott, M.B., Price, R.K. (2000): A new paradigm for education in water and environmental management. In: Van der Beken, A., et al. eds: Proceedings of the international symposium The Learning society and the water environment. European Commission, Luxembourg.

Bekken, Van der, A. et al. (2000): The relation between education and research within a perspective of life-long learning. Project document, SOCRATES Programme.

Eagleson, P.S. et al. (2002): Opportunities in the hydrologic sciences. National Academy Press, Washington 1991.

ETNET (2002): International Symposium: The Power of Networking for Water. Budapest 2002. ETNET, TU Budapest.

Falkenmark, M. (1991): Environmental management - What is the role of hydrologists? In: International symposium to commemorate the 25 years of IHD/IHP. Paris, UNESCO.

General report of the 2nd year of Activity of ETNET (1998). ENVIRONMENT WATER, Brussels.

Gilbrich, W.H. (1993): Hydrological education during the fourth IHP-phase. Technical documents in hydrology, UNESCO, Paris.

IAHR (1999): IAHR Research Agenda and Future Topics of Concern. IAHR.

IAHR (2002): XXX Congress of IAHR: Water Engineering and Research in a Learning Society: Modern Developments and Traditional Concepts. http://www.civil.auth.gr/2003iahr/.

IHE (2001): New UNESCO Institute for Water Education established in The Netherlands. IHE News.

IHE (2001): Towards a Strategy for Human Capacity Building in the Water Sector. International Conference. Delft.

IHP(1990): Hydrology and water resources sustainable development in a changing environment. Paris, UNESCO.

Klemeš, V. (1991): The science of hydrology: Where have we been? Where should we be going ? What do hydrologists need to know? In: International symposium to commemorate the 25 years of IHD/IHP. Paris, UNESCO.

Kobus, H. et al. (1996): Education for hydraulic engineers, SC.96/WS/4, UNESCO, Paris.

Kobus, H, Lensing, H.J. (1997): European Graduate School of Hydraulics. Progress Report. IAHR.

Nash, J. E. et al. (1990): The education of hydrologists. Report of an IAHS/UNESCO Panel on hydrological education. Hydrological Sciences Journal, 35, č.6.

Peters, J. (2002): The Role of Practitioners. IAHR Newsletter, Vol. 40, No. 2.

Plate, E. J. (1987): Die Wasserwirtschaft der Zukunft – eine Herausforderung an die Universitaeten. Wasserwirtschaft, Vol. 77, No. 1..

Szolgay, J. (2000): Súčasné požiadavky na výchovu hydrológov a vodohospodárov. In: Hladný, J. et al. eds.: Nové podnety a vize pro příští století.. Zborník z konferencie Hydrolgické dny 2000, ČHMÚ, Praha.

Szolgay, J. (2002): K smerovaniu výchovy hydrológov. In: Majerčáková, O. ed.: Zborník konferencie 100. výročie narodenia akademika Duba. SHMÚ, Bratislava.

Szolgay, J. et al. (2002): Globálne zmeny v poznaní a vzdelávaní vo vodnom hospodárstve a vodnom staviteľstve. STU Bratislava.

Szolgay, J. (2003): Postgraduálna výchova v hydrológii v SR. Medzinárodná konferencia k 50. výročiu založenia ÚH SAV v Smoleniciach. ÚH SAV, Bratislava.

Szolgay, J., Holko, L., Novák, V., Šútor, J., Zaťko, M. (2003): Obsah štúdijného odboru hydrológia. www.akredkom.sk.

Študijný poriadok STU v Bratislave (2004). STU Bratislava. www.stuba.sk

Študijný poriadok SVF STU (2004). SvFf STU, Bratislava. www.stuba.sk

UNESCO, WMO, ICSU (1993): Towards the 21st century. Research and operational needs. The Paris Statement. UNESCO.

Van der Beken, A. et al. eds (2000): Proceedings of the international symposium The Learning society and the water environment. UNESCO a EK.

Van der Beken, A. (1993): Continuing education in hydrology. Technical documents in Hydrology, No. 47, UNESCO, Paris.

Wessel, J. (1999): A Guide to the Needs of Education and Training in the Water Sector. European Thematic Network of Education and Training. ETNET.

Wessel, J. (2000): Towards a compendium for water related education and training. In: Van der Beken, A., et al. eds: Proceedings of the international symposium The Learning society and the water environment. European Commission, Luxembourg.

World Water Vision: Water – Education – Training Framework Paper (2000). Kolektív, UNDP, WBI, IHE, UNESCO.

WWW.WATERWEB.ORG

Autori

prof. Ing. Ján Szolgay, PhD., Katedra vodného hospodárstva krajiny, SvF STU, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, jan.szolgay@stuba.sk

Ing. Viliam Novák, DrSc., ÚH SAV, Račianska 75, Bratislava, novak@uh.savba.sk

ODTOK NA ÚZEMÍ SLOVENSKA

Helena Šipikalová , Ladislav Holko, Kateřina Hrušková, Soňa Liová, Beata Demeterová

Najvšeobecnejšou charakteristikou, ktorá dáva základnú informáciu o potenciáli povrchového zdroja vody je odtok. Slúži aj pre stanovenie ďalších hydrologických charakteristík. SHMÚ poskytuje údaje o odtoku pre akékoľvek povodie na území Slovenska. Pre stanovenie potenciálu povrchového vodného zdroja, tak ako aj pre iné hydrologické charakteristiky, používa údaje za reprezentatívne obdobie 1931-1980. Novým referenčným obdobím je obdobie 1961-2000, pre ktoré sa v súčasnosti odtok na území Slovenska stanovuje. Príspevok nám predstavuje metodiku pre jeho stanovenie a získané výstupy.

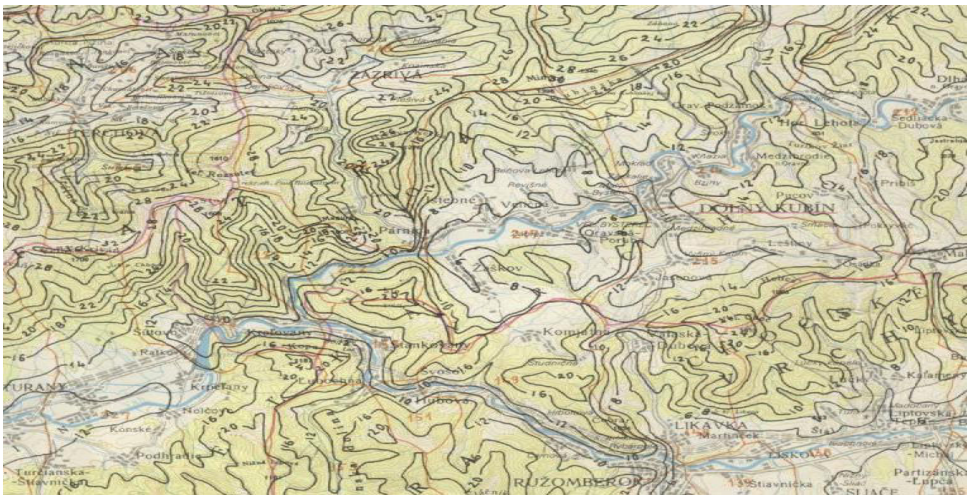
Kľúčové slová: odtok, priemerný ročný prietok, špecifický odtok, regionalizácia

Most common characteristic, which gives a basic information about potention of surface surce of water is flow. It serves also for determination next hydrological characteristics. SHMÚ offer data about flow for any watershed in the territory of Slovakia. For determination of potention of surface water source, and also for different hydrological characteristics uses datas for an period 1931-1980. New reference chapter is period 1961-2000, for why is in present in Slovakia territory establishes the flow. This repport now present methodics for its determination and obtained outputs.

Key words: flow, average year discharge, specific runoff, regionalization

---

Odtok je objem vody odtečenej z povodia alebo vodného útvaru za zvolený časový interval. Býva vyjadrený v m^3, alebo v mm na celú plochu povodia. Objem vody, ktorý pretečie profilom toku za jednotku času nazývame prietok a vyjadrujeme ho v $m^3.s^{-1}$. Práve táto veličina je systematicky vyhodnocovaná vo vodomerných staniciach. Databáza priemerných ročných prietokov za obdobie 1931-1980 pre cca 1500 profilov bola vytvorená v roku 1987. Pozostáva z údajov vo vodomerných staniciach, ale aj mimo nich, kde údaje boli odvodené metódou hydrologickej analógie, extrapoláciou, interpoláciou, ale aj s využitím mnohých expedičných meraní v ucelených povodiach mimo vodomerných staníc. Vyhotovená bola aj mapa elementárneho odtoku mierky 1:200 000 (Obr. 1). Tieto podklady doteraz slúžia pre poskytovanie údajov o odtoku a vlastne poskytnutím každého ďalšieho údaju sa táto databáza rozširuje.
V súčasnosti sa buduje nová databáza a mapové podklady pre referenčné obdobie 1961-2000.



Obr.1 Mapa špecifického odtoku za obdobie 1931-1980 mierka 1:200 000

Fig.1 Map of specific runoff

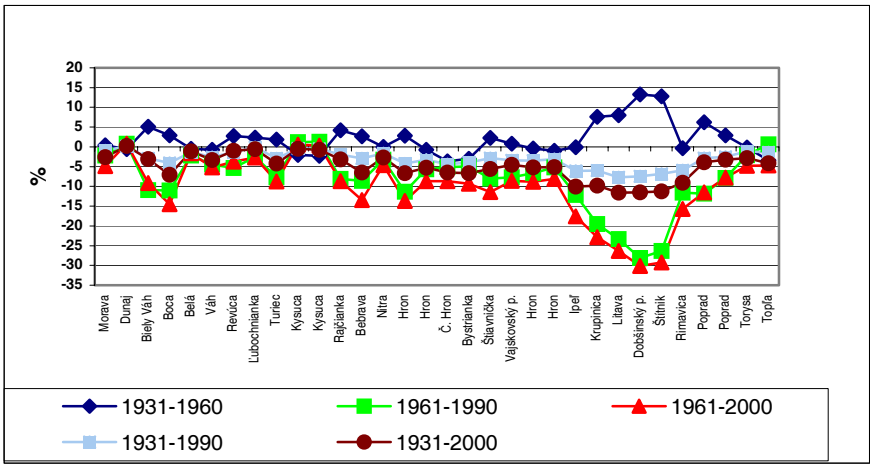
1. PODKLADOVÉ ÚDAJE

Vstupnými údajmi boli priemerné denné prietoky z takmer 1000 vodomerných staníc, ktoré pozorovali aspoň jeden rok v období 1961-2000 a sú uložené v Hydrologickom informačnom systéme (HIS). Aplikačnými softvermi je možné z tejto databázy vo vodomerných staniciach stanoviť priemerné ročné prietoky. Sčítaním resp. odčítaním viacerých staníc je možné získať fiktívne stanice, čím sa obohacujú vstupné údaje.
Nakoľko údaje sa odvodzujú pre prirodzený režim bolo potrebné "očistiť" ovplyvnené prietoky. K tomu boli použité údaje o nakladaní s vodou z databázy Vodnej bilancie od roku 1976 v mesačnom kroku a ročné prietoky sa stanovili ako ich priemer.
V prostredí GIS sme pracovali s nasledujúcimi vrstvami :

- stanice povrchových vôd 1:50000
- zrážkomerné stanice
- klimatologické stanice
- rozvodnice podrobných povodí 1:50000
- riečna sieť 1:50000
- geologická mapa 1:200 000
- SVM 50
- digitálny model reliefu 1: 50000
- priemerný ročný úhrn zrážok za obdobie 1961-2000
- priemerná ročná teplota za obdobie 1961-2000

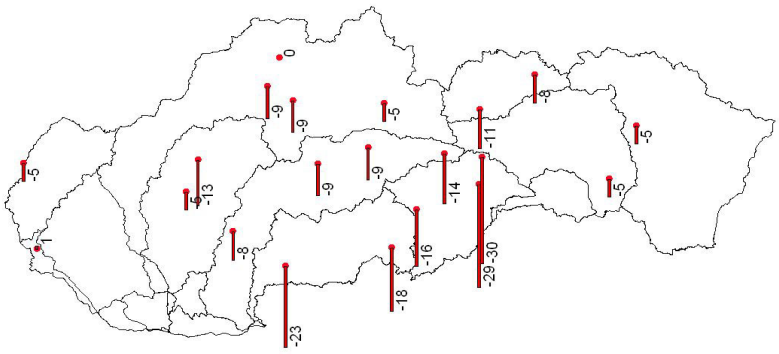
2. METODIKA A POSTUP RIEŠENIA

Priemerné ročné prietoky v staniciach za obdobie 1961-2000 sú výstupy z HIS a predstavujú aritmetický priemer priemerných denných prietokov za uvedené obdobie. V staniciach NKP boli zhodnotené všetky 30,40,50,60,70-ročia a ich trendy a zároveň aj trendy 30,40,50-ročných kĺzavých priemerov, dvojité súčtové čiary a testy homogenity programom CTPA za obdobie pozorovania 1931-2000. Výsledky boli využité hlavne pri výbere obdobia. Všeobecne možno konštatovať, že v poslednom dvadsaťročí minulého storočia v prevažnej väčšine rokov boli prietoky nižšie ako priemer za reprezentatívne obdobie, čo spôsobilo trend poklesu takmer vo všetkých staniciach, najvýraznejší v povodiach Ipľa a Slanej . Pre stručnú informáciu uvádzam porovnanie priemerných ročných prietokov vybraných období k obdobiu 1931-1980 staníc NKP (Obr.2), mapu s priestorovým rozdelením odchýlok odtoku obdobia 1961-2000 od obdobia 1931-1980 (Obr.3) a priebehy a trend radov priemerných ročných prietokov obdobia 1931-2000 staníc Nitra - Nitrianska Streda a Litava - Plášťovce (Obr.4).



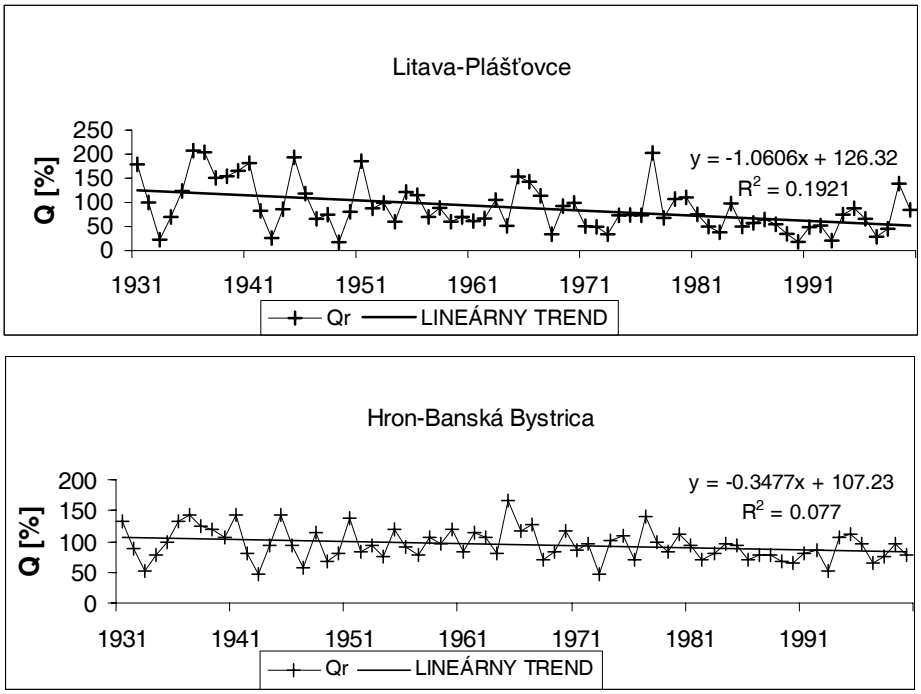
Obr.2 Odchýlky priemerných ročných prietokov vybraných období od 1931-1980 v %

Fig.2 Anomalies from average years flows in chosen periods from 1931-1980 in %



Obr.3 Odchýlky priemerných ročných prietokov obdobia 1961-2000 od 1931-1980 v %

Fig.3 Anomalies from average years flows in period 1961-2000 from 1931-1980 in %

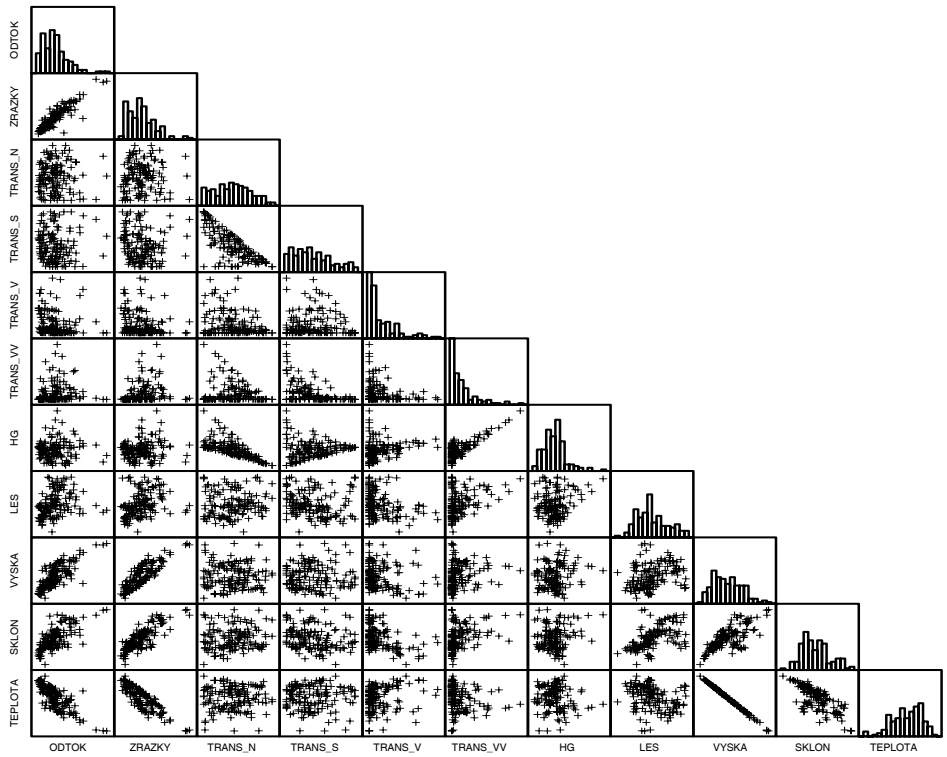


Obr.4 Priemerné ročné prietoky v relatívnych hodnotách a ich trend
Fig.4 Average years flows in relatives values and theirs trend

Priemerné ročné prietoky krátkych radov, alebo mimo staníc boli prevzaté ako výstupy úlohy Priemerné mesačné prietoky. Stanovili sa ako priemer denných prietokov jednotlivých mesiacov, ktoré boli odvodené pomocou regresie, extrapoláciou, interpoláciou alebo bilančne. Zároveň ako podpora alebo overenie hodnôt bola urobená regionalizácia priemerného ročného odtoku za obdobie 1961-2000.

2.1 Regionalizácia odtoku

Účelom regionalizácie bolo vyčlenenie homogénnych povodí z hľadiska tvorby odtoku, ktoré by umožňovalo stanoviť odtok z akéhokoľvek územia územia.
Zo súboru 130 staníc, z ktorých prevažná časť mala pozorovanie za obdobie 1961-2000 (v oblastiach s chýbajúcimi stanicami boli doplnené rady existujúcich staníc s pozorovaním nad 30 rokov na 40 - ročie) boli stanovené závislosti priemerného ročného odtoku od fyzicko-geografických a klimatickými charakteristík (priemerný ročný úhrn zrážok 1961-2000, priemerná ročná teplota vzduchu 1961-2000, indexy priepustnosti charakterizujúce geologickú stavbu povodia, percento pokrytia povodia lesom, priemerná nadmorská výška, priemerný sklon). Vytvorené závislosti nám slúžili na výber nezávislých premenných pre stanovenie viacnásobnej regresnej rovnice a ich grafické vyjadrenie predstavuje Obr.5.



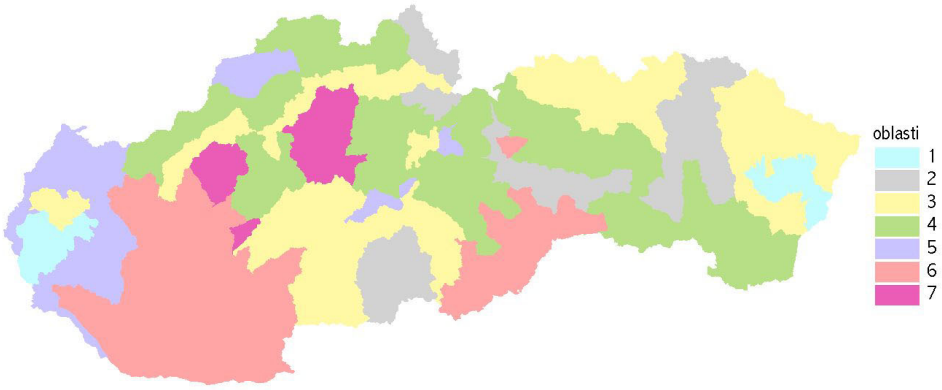
Obr.5 Závislosti odtoku od fyzickogeografických a klimatických cahrakteristík

Fig.5 Dependency of flow from physicalgeographic and climatic characteristics

Pre územia Slovenska najlepšie výsledky dávala regresná rovnica vyjadrujúca závislosť odtoku od priemerného úhrnu zrážok na povodie a priemernej teploty na povodie majúca tvar

$$\text{Odtok} = 1.06^{*}\ \text{zrážky} - 5{,}851^{*}\ \text{teplota} - 512.446$$

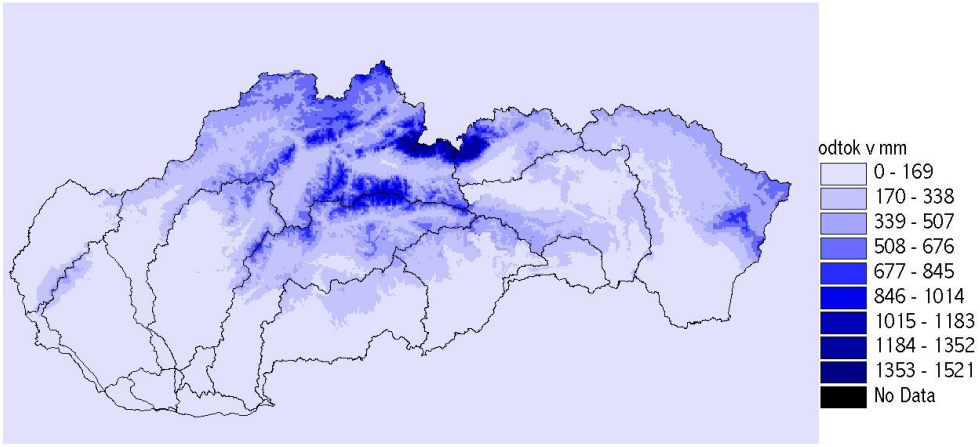
Na základe odchýliek medzi meraným odtokom a odtokom vypočítaným z tejto rovnice bolo vyčlenených na území Slovenska 7 oblastí (Obr. 6) , pričom lokalizácia stanice nepredstavovala iba bod, ale povodie.



Obr.6 Oblasti odtoku

Fig.6 Regions of runnof

Pre každú oblasť boli opäť stanovené vzťahy odtoku s charakteristikami povodí. Najlepšie korelácie s odtokom boli zistené pre úhrn zrážok, teplotu vzduchu a sklon. F pomer ukázal, že vypočítané rovnice sú pri hladine významnosti 0.05 signifikantné, t. j. rovnice sú zo štatistického hľadiska použiteľné pre odhad odtoku. Použiteľnosť sme overili aj výpočtom pre jednotlivé oblasti. Problém bol pre oblasť 6, v ktorej sa nachádzalo veľmi málo staníc a kde vychádzal aj záporný odtok. Z toho dôvodu sme rovnicu nahradili len závislosťou odtoku od sklonu a výsledky sú realistickejšie. Mapu odtoku stanoveného uvedeným spôsobom predstavuje Obr. 7.



Obr. 7 Mapa odtoku

Fig. 7 Map of runoff

Odchýlky odtoku vypočítaného z mapy a skutočne nameraného sa pohybovali v rozpätí –23-14 % zo súboru 130 staníc.
Pre stanovenie odtoku sme vytvorili regióny aj podľa mapy geomorfologických jednotiek (Lukniš, Mazúr) ako aj mapy typov režimu (Šimo, Zaťko, 1980), ale výsledky nedosiahli požadovanú presnosť.
Získané výsledky vstupujú spolu z priemernými úhrnmi zrážok do rovnice jednoduchej hydrologickej bilancie, kde v súčasnosti je overovaná presnosť ich stanovenia. V prípade nezrovnalostí sú hodnoty upresňované.

ZÁVER

Po ukončení prác bude vytvorená databáza priemerných ročných prietokov a odtoku za obdobie 1961-2000. V budúcnosti by bolo potrebné pokračovať na spracovaní ucelených povodí v prostredí GIS aj pre hraničné toky, pretože v týchto prípadoch museli byť údaje doplnené iným spôsobom. Zhotovená bude aj mapa priemerného odtoku za obdobie 1961-2000 v Arc View, z ktorej pomocou systému spájania podrobných povodí bude veľmi jednoduché a rýchle určiť prietokové charakteristiky.
Výsledky riešenia budú kvalitným nástrojom pre expertíznu činnosť, hodnotenie stavu a implementáciu Rámcovej smernice EÚ o vodách, ktorý umožní spoľahlivo stanoviť priemerné ročné prietoky pre povodia s plochou väčšou ako 30 km^2 na území celej Slovenskej republiky. Týmto sa podstatne skvalitnia informácie o priestorovom rozdelení zdrojov povrchovej vody.

Literatúra

Friga, J. (1984): Metódy hydrologickej analógie a ich použitie v operatívnej hydrológii. Kandidátska dizertačná práca, Košice.

Grešková, A. (1999): Výskyt a ročné rozdelenie minimálnych prietokov na slovenských tokoch. Geografický časopis, 51.

Hanušin, J. (1999): Typizácia režimu odtoku na príklade vybraných povodí Slovenska. Geografický časopis, 51.

Holko, L.,Šipikalová H.,Parajka J.,Kostka Z. (2004) : K hydrologickému členeniu Slovenska z hľadiska priemerného ročného odtoku. ACTA HYDROLOGICA SLOVACA, Ročník 5, č.1,2004,14-23

Holko, L. (2003): Výpočet fyzicko-geografických, klimatických a hydrologických charakteristík pre vybrané povodia na slovenských vodných tokoch. Čiastková záverečná správa, Ústav hydrológie SAV.

Holko, L. (2003a): Výpočet fyzicko-geografických, klimatických a hydrologických charakteristík pre vybrané povodia na slovenských vodných tokoch. Hydrologická regionalizácia. Záverečná správa, Ústav hydrológie SAV.

Hosking, J.R.M., Wallis, J.R. (1997): Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L-Moments. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Kašpárek, L. (2000): Vliv kolísaní klimatu na postup výpočtu návrhových hydrologických dat, Hydrologické dny 2000, Zborník konferencie, Plzeň Kolektív (1970): Hydrologické pomery ČSSR, Diel I., II., III. Hydrometeorologický ústav, Praha.

Kohnová, S., Solín, Ľ. (2002): Hydrologická a hydrogeografická regionálna typizácia a regionalizácia Slovenska. In: 100. Výročie narodenia akademika Duba, Slovenský hydrometeorologický ústav, Kat. Vodného hospodárstva krajiny Stavebnej fakulty STU, Ústav hydrológie SAV, Výskumný ústav vodného hospodárstva, Slovenský výbor pre hydrológiu, Združenie zamestnávateľov vo vodnom hospodárstve na Slovensku, Bratislava, 29-36.

Kolektív (1970): Hydrologické pomery ČSSR, Diel I., II., III. Hydrometeorologický ústav, Praha.

Kolektív (2002): Výskum vplyvu antropogénnych faktorov na vodné systémy. Záverečné správy čiastkových úloh úlohy RVT 27-34, VÚVH, Bratislava.

Mazúr, E., Lunkiš, M.: Geomorfologické členenie SSR a ČSSR, 1986. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky, Ministerstvo životného prostredia, ESPRIT, 2002.

Parajka, J. (2002): Zhotovenie rastrových máp priemerného ročného a dlhodobého priemerného ročného úhrnu zrážok vybraných časových období pre územie Slovenska. Záverečná správa, Ústav

Parajka, J. (2002): Vytvorenie databázy postupne spojených podrobných plôch povodí po toku, Záverečná správa, Experimentálna hydrologická základňa, Ústav hydrológie SAV, Liptovský Mikuláš.

Parajka, J. (2001): Mapovanie dlhodobého priemerného ročného odtoku na území Slovenska, Dizertačná práca, Bratislava.

Pekárová, P. (2000): Zákonitosti kolísania priemerných ročných prietokov, NKP 9, MŽP SR, Bratislava.

Solín, Ľ. (1993): Hydrogeografické regionálne typy Slovenska z hľadiska priemernej ročnej odtokovej výšky, Geografický časopis, 45, č. 2-3, str.251 -263, Bratislava.

STN 75 1400 (2000): Hydrologické údaje povrchových vôd Základné ustanovenia

Szolgay, J., Hlavčová, K., Mosný, V., Parajka, J.(1994): Analýza prvkov vývoja vodnej bilancie na území východného Slovenska, Záverečná správa, KVHK SvF STU, Bratislava.

Szolgay, J., Hlavčová, K., Mosný, V. (1995): Časové a priestorové hodnotenie charakteru kolísania prvkov hydrologickej bilancie na území východného Slovenska Záverečná správa pre NKP SR, KVHK SvF STU, Bratislava.

Autori

RNDr. Helena Šipikalová, Regionálne stredisko SHMÚ Banská Bystrica, Zelená 5, 975 90 Banská Bystrica, helena.sipikalova@shmu.sk

RNDr. Ladislav Holko, CSc. ,Ústav hydrológie SAV, Experimentálna hydrologická základňa , Ondrášovecká 16, 031 05 Liptovský Mikuláš, holko@uh.savba.sk

Mgr. Kateřina Hrušková, Regionálne stredisko SHMÚ Banská Bystrica, Zelená 5, 975 90 Banská Bystrica, Katerina.Hruskova@shmu.sk

Beata Demeterová,, Regionálne stredisko SHMÚ Košice, Ďumbierska 26, 041 017 Košice, Beata.Demeterova@shmu.sk

Ing. Soňa Liová, Regionálne stredisko Žilina, Bôrická cesta , 011 013 Žilina,.Sona.Liova@shmu.sk

NOVÉ SPRACOVANIE HYDROLOGICKÝCH CHARAKTERISTÍK NA SLOVENSKÝCH TOKOCH

Helena Šipikalová, Kateřina Hrušková, Jana Podolinská, Peter Škoda, Lucia Velčická

Slovenský hydrometeorologický ústav vykonáva monitoring povrchových vôd za účelom získania informácií o stave a vývoji, ako aj časovej a priestorovej premenlivosti povrchovej vody. Hydrologické údaje dlhodobých režimových charakteristík poskytuje za obdobie 1931-1980. V roku 2001 sa opätovne pristúpilo k hodnoteniu radov hydrologických údajov. Vo zvolenom období 1961-2000 sa spracúvajú priemerné ročné prietoky, úhrny zrážok na povodie, priemerné mesačné prietoky a M-denné prietoky. Taktiež sa aktualizuje aj databáza N-ročných maximálnych prietokov, pričom sa využívajú celé dĺžky pozorovacích radov až do roku 2000. Tento príspevok stručne popisuje použité metódy a nástroje celého komplexu úloh spojených s týmto spracovaním.

Kľúčové slová: Hydrologická charakteristika, obdobie spracovania, fyzicko-geografické charakteristiky, spájanie povodí, databázy údajov

New evaluation of hydrological characteristics on Slovakia streams. *The Slovak Hydrometeorological Institute monitors surface water to obtain information about state, evolution, time and spatial variability. The Institute gives hydrological long-term regime characteristics for period 1931-1980. Reevaluation of hydrological series started in the year 2001. In the chosen period 1961-2000 long-term average discharges, precipitation amounts on the catchment area, long-term average monthly discharges and M-day discharges are processed. Also updating of the database T-year maximum discharges is in the processing, the whole data series till 2000 are used. This article briefly describes used methods and tools of the whole complex tasks connected with this reevaluation.*

Key words: Hydrological characteristics, period of processing, geographical characteristics, catchments joint system, databases

---

Návrhové hydrologické charakteristiky výrazne ovplyvňujú ekonomické parametre aktivít a dôležité sú pre ochranu životného prostredia a trvalo udržateľný rozvoj. Poskytujú sa v zmysle STN 75 1400: 2000 pre :

- Návrh, výstavbu a prevádzku vodohospodárskych zariadení a objektov na tokoch, cestných a železničných telesách, na úpravu tokov a pod.;
- Protipovodňovú ochranu a hodnotenie povodní;
- Všeobecné nakladanie s vodami, bilančné hodnotenie a racionálne využívanie;
- Hodnotenie kvality vody a na ochranu a tvorbu životného prostredia.

Už v minulosti sa u nás pristupovalo k spracovaniu hydrologických charakteristík veľmi systematicky. Hydrologické pomery ČSSR, I., II. a III. Diel (1970), v ktorých boli spracované údaje za 1931-1960, boli nadčasovou publikáciou. Predstavujú prístup spracovania údajov nielen vo vodomerných staniciach, ale aj v systéme riečnej siete, čo je ešte aj v dnešnej dobe pomerne ojedinelý postup.
Ďalšie spracovanie hydrologických údajov, tentoraz N-ročných maximálnych prietokov sa uskutočnilo následne po povodniach v rokoch 1974 a 1976. N-ročné maximálne prietoky boli stanovené pre 949 profilov v riečnej sieti čiastkových povodí a na základe závislosti 100-ročného špecifického odtoku od veľkosti plochy povodia bolo vyčlenených 65 regiónov.

V období rokov 1981-1988 sa stanovili priemerné ročné prietoky a úhrny zrážok na povodie, priemerné mesačné prietoky a M-denné prietoky v 1471 profiloch za reprezentatívne obdobie 1931-1980. Vo vybraných profiloch boli stanovené aj 100-ročné minimálne prietoky. Takto vzniknutá databáza doteraz slúži pre poskytovanie hydrologických údajov.

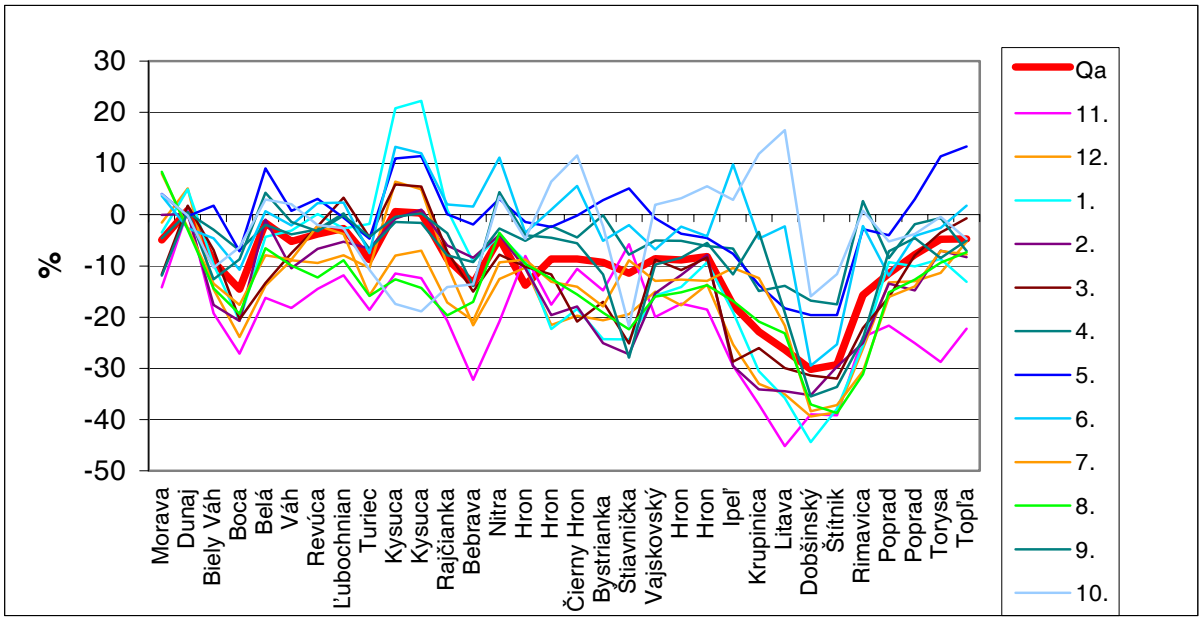
Na konci deväťdesiatych rokov minulého storočia boli zistené zmeny v charaktere hydrologických radov na niektorých slovenských riekach. Najprv v rámci Národného klimatického programu (NKP) ČSFR a neskôr v rámci NKP už samotnej Slovenskej republiky boli spracované odborné štúdie z oblasti hydrológie, klimatológie, vodného hospodárstva a ďalších. Konštatovali, že v niektorých

oblastiach Slovenska dochádza k zmenám v hodnotách priemerných prietokov. Od roku 1980 sa predĺžili o 20 rokov resp. aj vznikli nové rady údajov, vytvorili sa nové metódy a technológie spracovania.
Z týchto dôvodov hydrologická služba SHMÚ po roku 2000 opätovne pristúpila k hodnoteniu radov hydrologických údajov, najprv v staniciach s dlhodobým pozorovaním a minimálne ovplyvnených antropogénnou činnosťou, ktoré sú zaradené do NKP. Zhodnotené boli rady priemerných ročných, mesačných a denných prietokov za obdobia rôznej dĺžky a vyplynula z neho voľba obdobia.

Voľba obdobia

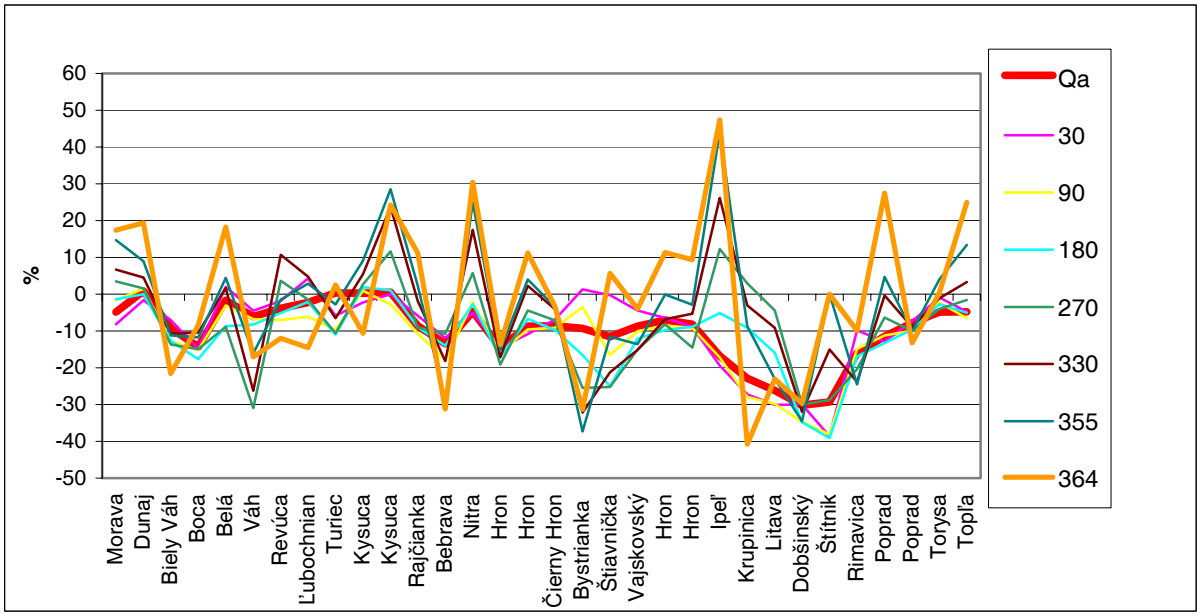
Dĺžkou obdobia pre stanovovanie priemerných hodnôt sa zaoberala Pekárová (2000), ktorá odporúča používať 26-28-ročný cyklus. Vo veľmi podobných klimatických podmienkach v Českej republike Kašpárek (2000) pri odvodzovaní prietokových charakteristík z radov priemerných prietokov, pokiaľ sa na ne pozeráme ako na stacionárne, nedoporučuje východzie obdobie dlhšie ako 50 rokov. Považuje za vhodné obmedziť dĺžku východiskového radu na 40 až 50 rokov a napríklad každých 20 rokov odhady priemerov prietoku aktualizovať. Týmto postupom sa zväčšujú nádeje na zníženie chýb, odpovedajúcich dlhodobému kolísaniu prietokov, ktoré je dôsledkom hlavne dlhodobého kolísania zrážok.
Požiadavku na čo najdlhší rad považujeme za opodstatnenú, pokiaľ je našim cieľom popísať hydrologický režim z obecného hľadiska. Požiadavka na dlhšie rady je opodstatnená aj pri odhade N-ročných maximálnych a minimálnych prietokov, nakoľko v dlhých radoch je väčšia pravdepodobnosť výskytu extrémnych javov. Pokiaľ však je cieľom poskytnúť podklady pre návrh, riešenie, resp. posúdenie určitej activity, nepotrebujeme popísať minulosť, ale predpoveď na určité obdobie.
Zvážením uvedených skutočností, berúc do úvahy výsledky analýz údajov za rôzne obdobia a použitie východiskového materiálu z podstatne väčšieho počtu staníc, bolo na vstupnej oponentúre zvolené ako referenčné obdobie 1961-2000.

Pre porovnanie rozdielov priemerných ročných, mesačných a M-denných prietokov v staniciach NKP (Obr. 1, 2) uvádzame percentuálne odchýlky charakteristík obdobia 1961-2000 od obdobia 1931-1980.



Obr. 1 Odchýlky Q_a, Q_{ma} obdobia 1961-2000 od 1931-1980 v staniciach NKP

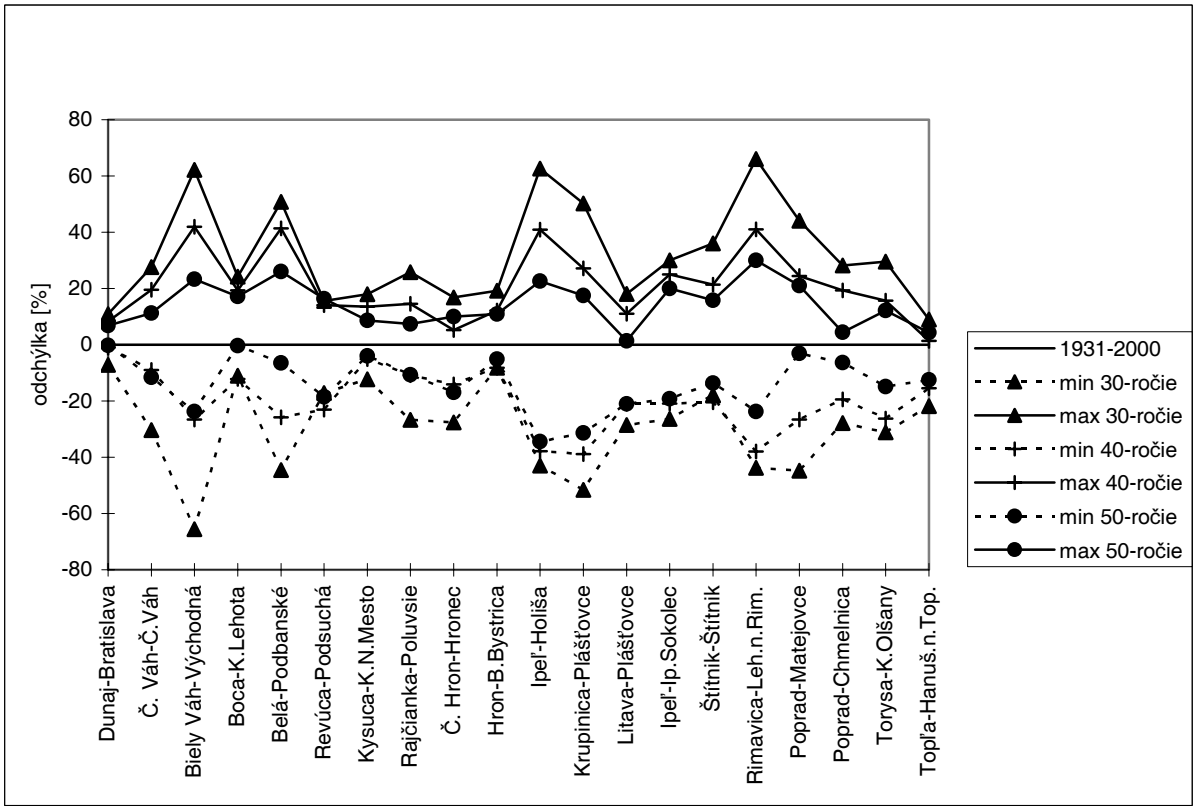
Fig. 1Deviations Q_a, Q_{ma} between period 1961-2000 and 1931-1980 in the National Climatic Programme water-gauging stations



Obr. 2 Odchýlky Q_a, Q_{Md} obdobia 1961-2000 od 1931-1980 v staniciach NKP

Fig. 2 Deviations Q_a, Q_{Md} between period 1961-2000 and 1931-1980 in the National Climatic Programme water-gauging stations

Priebeh odchýlok hodnôt $Q_{max.100}$ za 30, 40 a 50-ročia kĺzaním po 1 roku teoretickým rozdelením log-normal od $Q_{max.100}$ za obdobie 1931-2000 pre vybrané stanice NKP je na obrázku 3.



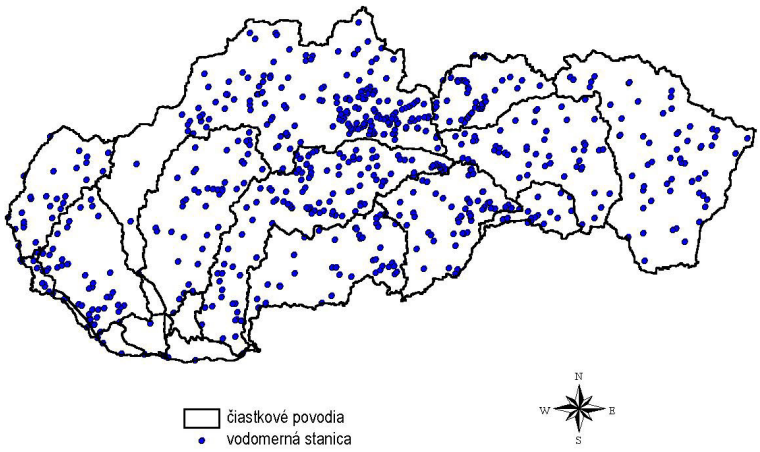
Obr. 3 Odchýlky $Q_{max.100}$ za rôzne obdobia od $Q_{max.100}$ za obdobie 1931-2000 vo vybraných staniciach NKP

Fig. 3 Deviations betveen $Q_{max.100}$ for different periods and $Q_{max.100}$ for period 1931-2000 in the selected National Climatic Programme water-gauging stations

Podkladové údaje

Vstupnými údajmi boli priemerné denné prietoky z takmer 1000 vodomerných staníc (Obr. 4), ktoré pozorovali aspoň jeden rok v období 1961-2000 a sú uložené v Hydrologickom informačnom systéme SHMÚ (HIS). V súčasnosti je databáza kvantitatívnych údajov budovaná v relačnom DB systéme Ingres na WSDEC station 5000/133 pod OS Ultrix 4.4. Aplikačnými softvermi je možné z tejto databázy vo vodomerných staniciach stanoviť priemerné ročné, mesačné a M-denné prietoky. Sčítaním resp. odčítaním viacerých staníc je možné získať fiktívne stanice, čím sa obohacujú vstupné údaje.
Nakoľko údaje sa odvodzujú pre prirodzený režim bolo potrebné "očistiť" ovplyvnené prietoky. K tomu boli použité údaje o nakladaní s vodou z databázy Vodnej bilancie od roku 1976 v mesačnom kroku.

Pred spracovaním boli údaje testované a podrobené analýze. Osobitne sa to týkalo ročných maximálnych kulminačných prietokov. Spätne sa analyzovali a upravovali vstupné údaje z vodomerných staníc na základe vynesených vzťahov kulminačných prietokov a im odpovedajúcich vodných stavov za celé pozorovacie obdobie. Do tohto vzťahu sa zakreslili výsledky meraní prietokov pri vysokých vodných stavoch. Za predpokladu podstatnej nemenlivosti prietočného profilu bol rozptyl vynesených bodov pomerne malý a v podstate sa stotožňval s mernou krivkou prietokov. V prípade, že tomu tak nebolo, skúmali sa príčiny.



Obr. 4 Mapa vodomerných staníc

Fig. 4 Map of water-gauging stations

Veľa riešení bolo vykonaných v prostredí ArcView, kde sa pracovalo s nasledujúcimi vrstvami z územia SR:

- stanice monitorovacej siete povrchových vôd 1:50 000
- stanice zrážkomernej siete
- stanice klimatologickej siete
- rozvodnice podrobných povodí SR 1:50 000
- riečna sieť 1:50 000
- geologická mapa 1:200 000
- SVM 50
- digitálny model reliéfu 1: 50 000

- zrážky za obdobie 1961-2000
- teploty za obdobie 1961-2000
- odtok za obdobie 1961-2000

Metodika a postup riešenia

Našou snahou bolo, aby metodiky využívali nové postupy a technológie, ale zároveň aby bola dodržaná kontinuita s predchádzajúcim spracovaním. Využívali sa aj odborné skúsenosti pracovníkov poskytujúcich hydrologické posudky, ktorí detailne poznajú nimi spravované čiastkové povodia.
V prvom rade sa vytvorili metodiky stanovenia:

- priemerných ročných prietokov
- priemerných úhrnov zrážok na povodie
- priemerných mesačných prietokov
- M-denných prietokov
- N-ročných maximálnych prietokov

Tieto metodiky sa snažili o využitie viacerých metód, aby sa správne odhadli miery neistoty a mohli stanoviť charakteristiky tak, aby boli zosúladené v systéme riečnej siete.

Súbežne sa pripravovali podklady pre prácu v geografickom informačnom systéme (GIS) .

Digitalizované boli stanice, ktoré už nepozorujú a upresnené boli koordináty pozorujúcich staníc pre vrstvu použitej riečnej siete v systéme ArcView.
Obdobne boli stanovené rozvodnice k vodomerným staniciam, ktoré nie sú stanovené vo Vodohospodárskej mape 1 : 50 000.
Výpočet územného priemeru (napr. nadmorskej výšky, úhrnu zrážok…) v prostredí GIS je veľmi jednoduchým úkonom za predpokladu, že sú k dispozícií údaje v príslušnej digitálnej forme. V prípade určovania územného priemeru je potrebné vektorové alebo rastrové vyjadrenie záujmového územia (povodia) a digitálne mapy analyzovaného prvku (napr.model reliéfu, mapa zrážok…).

Hlavným problémom pri priestorovom vyjadrení rozvodníc (plôch povodí aj medzipovodí) bolo, že existujúca digitálna vrstva rozvodníc (Obr. 5) popisuje samostatne len jednotlivé podrobné povodia. Pre riešenie bolo potrebné určovať plochu pre akékoľvek povodie, teda vo väčšine prípadov pozostávajúce z viacerých podrobných povodí.
Tento problém nám vyriešilo pracovisko ÚH SAV, Experimentálna základňa Liptovský Mikuláš. Rozdelilo existujúcu vrstvu na jednotlivé časti a vytvorilo program na vytváranie systému spájania jednotlivých podrobných povodí pre celé územie Slovenska. Príklad štruktúry pracovných listov Excelu popisujúcich systém spájania povodí predstavuje Obr. 6.

V spolupráci s týmto pracoviskom bola vytvorená aj rastrová mapa priemerných úhrnov zrážok na povodie za obdobie 1961-2000 metódou mapovej algebry máp za jednotlivé roky zhotovené interpolačnou metódou trojrozmerného regularizovaného splajnu s tenziou. Takýmto spôsobom boli maximálne využité údaje zo zrážkomerných staníc a totalizátorov na území Slovenska aj prihraničných oblastí susedných krajín.

Pre stanovenie priemernej ročnej teploty na povodie za obdobie 1961-2000 bola vytvorená mapa priemerných ročných teplôt.



Obr. 5 Podrobné rozvodnice povodí

Fig. 5 Detailed watershed divides

Microsoft Excel - system_spajania_ESPRIT.xls [iba na čítanie]

Súbor Úpravy Zobraziť Vložiť Formát Nástroje Údaje Okno Pomocník REGRESIA REGRESIA REGRESIA

G232

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	directory= C:\povodia\4-23-05\						musi byt jeden volny stlpec!!!				
2	row OD= 947	DO=	1100	spoj_SHP							
3	VYPISOVAT AREA DO STLPCA C.	11									
4	Tok	Profil	Základ.	Číslo hdlg.p	radia			Rád	Plocha	PlochaGis	K=PlochaGI
228	Hron	nad Bystriankou	4-23-02	001s	001	4-23-01-111s		2	921.118	922.925	1.002
229	Bystrianka	nad pravostranným prítokom spod Zálomo	4-23-02	002				3	22.475	22.690	1.010
230	Bystrianka	od pravostranného prítoku spod Zálomov p	4-23-02	003				3	13.422	11.821	0.881
231	Bystrianka	Bystrá	4-23-02	003s	003	002		3	35.897	34.512	0.961
232	Bystrianka	od Bystrej po Štiavničku	4-23-02	004				3	0.31	0.594	1.915
233	Bystrianka	nad Štiavničkou	4-23-02	004s	004	003s		3	36.207	35.105	0.970
234	Štiavnička	nad Kumštovským potokom	4-23-02	005				4	7.318	7.419	1.014
235	Kumštovsk	ústie	4-23-02	006				5	4.635	4.745	1.024
236	Štiavnička	pod Kumštovský potokom	4-23-02	006s	006	005		4	11.953	12.164	1.018
237	Štiavnička	od Kumštovského potoka po Mlynnú	4-23-02	007				4	14.524	14.634	1.008
238	Štiavnička	nad Mlynnou	4-23-02	007s	007	006s		4	26.477	26.798	1.012
239	Mlynná	ústie	4-23-02	008				5	13.573	13.482	0.993
240	Štiavnička	pod Mlynnou	4-23-02	008s	008	007s		4	40.05	40.279	1.006
241	Štiavnička	od Mlynnej po Mýto pod Ďumbierom	4-23-02	009				4	7.05	6.075	0.862
242	Štiavnička	Mýto pod Ďumbierom	4-23-02	009s	009	008s		4	47.1	46.354	0.984
243	Štiavnička	od Mýta pod Ďumbierom po ústie	4-23-02	010				4	6.658	6.188	0.929
244	Štiavnička	ústie	4-23-02	010a	010	009s		4	53.758	52.542	0.977
245	Bystrianka	pod Štiavničkou	4-23-02	010s	010a	004s		3	89.965	87.647	0.974
246	Bystrianka	od Štiavničky po ústie	4-23-02	011				3	6.622	6.654	1.005
247	Bystrianka	ústie	4-23-02	011a	011	010s		3	96.587	94.302	0.976
248	Hron	pod Bystriankou	4-23-02	011s	011a	001s		2	1017.705	1017.226	1.000
249	Hron	od Bystrianky po Hnusné	4-23-02	012				2	0.866	0.895	1.034
250	Hron	nad Hnusným	4-23-02	012s	012	011s		2	1018.571	1018.122	1.000
251	Hnusné	nad Richtárovom	4-23-02	013				3	11.048	10.129	0.917
252	Richtárovo	ústie	4-23-02	014				4	3.184	3.387	1.064
253	Hnusné	pod Richtárovom	4-23-02	014s	014	013		3	14.232	13.516	0.950
254	Hnusné	od Richtárova po prítok z Hornej Lehoty	4-23-02	015				3	1.518	1.511	0.995
255	Hnusné	nad prítokom z Hornej Lehoty	4-23-02	015s	015	014s		3	15.75	15.027	0.954
256	Hnusné	vrátane prítoku z Hornej Lehoty po ústie	4-23-02	016				3	5.754	5.760	1.001
257	Hnusné	ústie	4-23-02	016a	016	015s		3	21.504	20.787	0.967
258	Hron	pod Hnusným	4-23-02	016s	016a	012s		2	1040.075	1038.908	0.999
259	Hron	od Hnusného po Čelno	4-23-02	017				2	10.395	10.806	1.039
260	Hron	nad Čelnom	4-23-02	017s	017	016s		2	1050.47	1049.714	0.999
261	Čelovo	ústie	4-23-02	018				3	14.468	14.596	1.009

3-01 4-33 4-32 4-31 4-30 4-24 4-23 4-21 4-20 4-17 4-13 funkcia

Pripravený 123

Štart Doručená pošta - ... Preskúmava sa - ... SpravodajcaHD... graf.xls system_spajan... Preskúmava sa - ... 16:26

Obr. 6 Pracovný list excelu v systéme spájania povodí

Fig. 6 Excel worksheet in the catchments joint system

Systém spájania bol použitý pri stanovovaní nasledovných fyzicko-geografických a klimatologických charakteristík:

- Priemerná nadmorská výška
- priemerný sklon
- orientácia
- priemerný ročný úhrn zrážok na povodie
- priemerná teplota na povodie
- transmisivita (hydrogeologický index)
- percento zalesnenia

Jednotlivé charakteristiky budú spracované pre profily :

- vodomerné stanice
- ústia tokov s plochou povodia spravidla väčšou ako 50 km^2
- vo významných uzloch riečnej siete
- profily vodnej bilancie SR

Databázy charakteristík slúžia v ďalšom pre regionalizáciu a regionálnu typizáciu vybraných charakteristík, resp. pre ich overenie, ktoré sa práve v súčasnosti vykonávajú v spolupráci s STU a ÚH SAV. Tie budú slúžiť pre priestorové rozdelenie charakteristík. Výstupom budú mapy priemerných úhrnov zrážok, odtoku za obdobie 1961-2000 a mapy regiónov resp. regionálnych typov charakteristík.

Pri spracovaní a analýze dát sa okrem už uvedených softverov vytvoril v rámci úlohy aj aplikačný softver nad HIS pre kĺzanie priemerných ročných, mesačných a M-denných prietokov, softver pre výber analogónov. Použitý bol Excel , CTPA, MATLAB, HQ-EX.

Záver a diskusia

Po ukončení prác do roku 2006 by mali byť vytvorené databázy charakteristík ako aj regionalizácia resp. regionálna typizácia charakteristík. Keďže povodia nerešpektujú hranice, v ďalšom by sme chceli pokračovať na spracovaní ucelených charakteristík v GIS aj pre hraničné toky, pretože v týchto prípadoch museli byť údaje doplnené iným spôsobom.

Výsledky riešenia budú kvalitným nástrojom pre expertíznu činnosť, hodnotenie stavu a implementácie Rámcovej smernice EÚ o vodách, ktorý umožní spoľahlivo stanoviť hydrologické charakteristiky pre povodia s plochou väčšou ako 30 km^2 na území celej Slovenskej republiky. Týmto sa podstatne skvalitnia informácie o časovom a priestorovom rozdelení zdrojov povrchovej vody.

Literatúra

Kašpárek, L. (2000): Vliv kolísaní klimatu na postup výpočtu návrhových hydrologických dat, Hydrologické dny 2000, Zborník konferencie, Plzeň.

Kohnová, S. (2001): Regionálna analýza maximálnych sezónnych prietokov na Slovensku. Habilitačná práca. SvF STU Bratislava.

Kolektív (1970): Hydrologické pomery ČSSR, Diel I., II., III. Hydrometeorologický ústav, Praha.

Kolektív (2002): Výskum vplyvu antropogénnych faktorov na vodné systémy. Záverečné správy čiastkových úloh úlohy RVT 27-34, VÚVH, Bratislava.

Parajka, J. (2001): Mapovanie dlhodobého priemerného ročného odtoku na území Slovenska, Dizertačná práca, Bratislava.

Parajka, J. (2002): Vytvorenie databázy postupne spojených podrobných plôch povodí po toku, Záverečná správa, Experimentálna hydrologická základňa, Ústav hydrológie SAV, Liptovský Mikuláš.

Pekárová, P. (2000): Zákonitosti kolísania priemerných ročných prietokov, NKP 9, MŽP SR, Bratislava.

Solín, Ľ. (1993): Hydrogeografické regionálne typy Slovenska z hľadiska priemernej ročnej odtokovej výšky, Geografický časopis, 45, č. 2-3, str.251 -263, Bratislava.

STN 75 1400 (2000): Hydrologické údaje povrchových vôd Základné ustanovenia

Szolgay, J., Hlavčová, K., Mosný, V., Parajka, J.(1994): Analýza prvkov vývoja vodnej bilancie na území východného Slovenska, Záverečná správa, KVHK SvF STU, Bratislava.

Szolgay, J., Hlavčová, K., Mosný, V. (1995): Časové a priestorové hodnotenie charakteru kolísania prvkov hydrologickej bilancie na území východného Slovenska Záverečná správa pre NKP SR, KVHK SvF STU, Bratislava.

Autori

RNDr. Helena Šipikalová, Regionálne stredisko SHMÚ Banská Bystrica, Zelená 5, 975 90 Banská Bystrica, helena.sipikalova@shmu.sk

Mgr. Kateřina Hrušková, Regionálne stredisko SHMÚ Banská Bystrica, Zelená 5, 975 90 Banská Bystrica, katerina.hruskova@shmu.sk

RNDr. Jana Podolinská, Regionálne stredisko SHMÚ Banská Bystrica, Zelená 5, 975 90 Banská Bystrica, jana.podolinska@shmu.sk

RNDr. Peter Škoda, SHMÚ, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, peter.skoda@shmu.sk

Mgr. Lucia Velčická, SHMÚ Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, lucia.velcicka@shmu.sk

PRIEMERNÉ MESAČNÉ PRIETOKY NA SLOVENSKU ZA OBDOBIE 1961-2000

Peter Škoda, Helena Šipikalová, Beata Demeterová, Viera Gápelová, Zuzana Danáčová

Hydrologická služba Slovenského hydrometeorologického ústavu pristúpila v roku 2001 k prepracovaniu dlhodobých hydrologických charakteristík za obdobie 1961-2000, ktoré bolo navrhnuté ako nové referenčné obdobie. V príspevku sú popísané podkladové údaje pre riešenie úlohy, spôsoby extrapolácie kratších radov, metóda rozpracovania priemerných mesačných prietokov do medziprofilov a zhodnotený vývoj odtokových pomerov na slovenských tokoch.

Kľúčové slová: nové referenčné obdobie, hydrologické charakteristiky, dlhodobé priemerné mesačné prietoky, rozdelenie odtoku v roku

***Mean monthly discharges the Slovakia for the period 1961-2000**. Hydrological Service of Slovak Hydrometeorological Institute begun in 2001 to overwork longterm hydrologic characteristic for period 1961-2000 proposed as the new reference period. The contribution contents mentioned basic data used for this item, kinds of extrapolation of shorter series, method of means monthly discharges and the evolution of development of Slovak streams runoff condition..*

Key words:new reference period, hydrologic characteristic, long average means discharges months, distribution runoff in year

---

ÚVOD

Priemerné mesačné prietoky boli po prvý raz spracované v Hydrologických pomeroch, na rozdiel od bilančných charakteristík a M- denných prietokov boli spracované však iba pre profily vodomerných staníc s 10-ročným a viacročným vyhodnocovaním prietokov. Pri spracovaní priemerných mesačných prietokov za obdobie 1931-1980 boli priemerné mesačné prietoky spracované už nielen pre profily vodomerných staníc, ale aj pre profily vodohospodárskej bilancie kvantity a kvality, profily vo vodohospodárskych uzloch a ďalšie významné body riečnej siete, spolu pre 1471 profilov na celom území Slovenska. Začiatkom deväťdesiatych rokov minulého storočia boli monitorované zmeny v hydrologických radoch na niektorých slovenských riekach a práve z iniciatívy hydrológov hydrologickej služby SHMÚ začali práce na identifikovaní týchto zmien. Jedným z výsledkov hydrologických štúdií bolo aj konštatovanie, že v niektorých oblastiach Slovenska, najmä v jeho juhovýchodných a južných častiach, sú zmeny v hodnotách dlhodobých priemerných prietokov a niektorých dlhodobých priemerných mesačných prietokov tak výrazné, že platné hydrologické údaje, spracované za obdobie 1931-1980 už nevystihujú realitu a je potrebné ich aktualizovať. V roku 2001 sa začala riešiť úloha Hydrologické charakteristiky slovenských tokov, pričom jednou z z čiastkových úloh sú Dlhodobé priemerné mesačné prietoky na slovenských tokoch. Normatívnu podporu tejto úlohy predstavuje STN 75 1410-02 Hydrológia, Hydrologické údaje povrchových vôd, Kvantifikácia priemernej vodnosti, Časť 2: Charakteristiky mesačných vodných stavov a prietokov.

PODKLADOVÉ ÚDAJE A DATABÁZOVÉ PROSTRIEDKY

Pre riešenie úlohy boli použité prietokové údaje zo všetkých vodomerných staníc, ktoré v období 1961-2000 vyhodnocovali prietoky, ako aj údaje o užívaní vody. Hlavným zdrojom získavania údajov o užívaní vody boli ročenky Štátnej vodohospodárskej bilancie, ako aj register podzemných vôd a výdatnosti prameňov.

V súčasnosti sa databáza hydrologických režimových kvantitatívnych údajov buduje v relačnom DB systéme Ingres na WSDEC station 5000/133pod OS Ultrix 4.4. Okrem štandardných výstupov, umožňujúcich spracovanie priemerných denných, mesačných a ročných prietokov za ľubovoľné obdobie, obsahuje hydrologická databanka aj výstupy, umožňujúce formou bilancovania vypočítať charakteristiky priemerných mesačných prietokov aj pre tzv. fiktívne profily algebraickým súčtom aspoň dvoch, ale aj viac prietokových radov. (Napr. prirodzený odtokový režim Váhu vypočítame postupným bilancovaním priemerných mesačných prietokov vo vodomernej stanici Váh – Liptovský Mikuláš a vo vodomerných staniciach na prítokoch Váhu).

POSTUP PRI RIEŠENÍ ÚLOHY

Postup pri rozpracovaní dlhodobých priemerných mesačných prietokov do medziprofilov možno zjednodušene zhrnúť do nasledovných bodov:

- Výpočet dlhodobých priemerných mesačných vo vodomerných staniciach za obdobie 1961-2000 a očistenie týchto prietokov, ak je miera ich ovplyvnenia signifikantná.
- Extrapolácia priemerných mesačných prietokov vo vodomerných staniciach s prietokovým radom kratším ako 1961-2000 a ich očistenie.
- Výpočet priemerných mesačných prietokov vo fiktívnych profiloch (bilancovaním dvoch a viac staníc) a ich očistenie.
- Pri rozpracovaní dlhodobých mesačných prietokov do profilov mimo vodomerných staníc boli dodržiavané zásady hydrologického bilancovania po toku, prirodzeného vývoja špecifických odtokov v jednotlivých medzipovodiach s využitím výsledkov expedičných meraní a hydrometrovaní.

Na rozdiel od posledného spracovania priemerných mesačných prietokov sa pri extrapolácii kratších prietokových radov neurčovala hydrologická stanica- analogón- subjektívne, ale využili sme algoritmus, ktorý pre daný kratší rad vyberie jeden, resp. aj viac analogónov na základe najlepšej zhody rozdelenia odtoku v roku za spoločné (aspoň 5-ročné) obdobie. Uvádzame fragment výberu najlepšieho analogónu pre vodomernú stanicu 6070 Blatnica - Gaderský potok.

Tab. 1. Ukážka výberu najlepší analogón pre stanicu Blatnica - Gaderský potok
Regresia priemerných mesačných prietokov za najdlhšie spoločné obdobie:

Číslo stanice	Názov stanice	Koeficient regresie	Počet rokov
6090	Blatnica (Bl. potok)	0,997	9
7065	Mýto p. Ďumbierom	0,995	32
6060	Dedošova dolina	0,994	30
5740	Podsuchá	0,994	32
8533	Stratená	0,992	8
6110	Príbovce	0,991	17

Pre extrapoláciu prietokového radu Blatnica - Gaderský potok na obdobie 1961 - 2000 bol vybraný ako analogón prietokový rad vo vodomernej stanici Štiavnička - Mýto pod Ďumbierom.

ANALÝZA DOSIAHNUTÝCH VÝSLEDKOV A POROVNANIE PRIETOKOV ZA OBDOBIE 1961-2000 A 1931-1980.

V Tab. 2 uvádzame porovnanie priemerných mesačných prietokov za obdobie 1961-2000 a 1931-1980 vo vybraných vodomerných staniciach, zaradených aj do NKP, u ktorých takéto porovnanie môžeme považovať za korektné. Podrobnejšie sme sa porovnávaniu hydrologickej bilancie za uvedené obdobia venovali v [Šipikalová et al.2003]. Napriek tomu, že Slovensko je malá krajina, vyskytujú sa v nej nielen pomerné výrazné rozdiely v režime odtoku, ale rovnako rozdielne sú aj zmeny vodnosti

v porovnaní s predchádzajúcim obdobím 1931-1980. Podrobný plošný obraz o zmenách v odtokovom režime by poskytlo len porovnanie priemerných mesačných prietokov za uvedené obdobia po jednotlivých profiloch. Ďalej uvádzame stručný popis zmien odtoku v jednotlivých čiastkových povodiach:

Morava: Na samotnom toku došlo k poklesu dlhodobého priemerného prietoku (Q_a) o 5%, čo spôsobil predovšetkým pokles priemerných mesačných prietokov v novembri, marci a v apríli. Rovnaká situácia je aj na prítokoch v slovenskej časti povodia Moravy.

Dunaj: na Dunaji došlo k miernemu nárastu Q_a.

Váh: V najväčšom čiastkovom povodí sú povodia s pomerne výrazným poklesom Q_a, ale aj povodia, v ktorých bol vývoj opačný. Na hornom Váhu (Čierny Váh, Biely Váh, Boca) je pokles Q_a väčší ako 10%, v povodí Belej však k zmene Q_a nedošlo. Na ľavostranných väčších prítokoch Váhu (Revúca, Ľupčianka, Ľubochnianka, Turiec) je mierny, resp. nepatrný pokles Q_a, pravostranné prítoky Váhu okrem Oravy (Kysuca a prítoky z Bielych Karpát) sú bez zmeny, resp. dokonca s miernym nárastom Q_a . Na Orave v Dierovej je pokles Q_a o 7%. V povodí Varínky došlo dokonca k nárastu Q_a o 14%.

Malý Dunaj: Mierny pokles Q_a je na Trnávke, Vištuckom, Pezinskom potoku, na Gidre a Trnávke k jeho zmene nedošlo.

Nitra: Mierny nárast Q_a je v povodí Nitrice, bez zmeny je v povodí Handlovky, v ostatných povodiach je pokles približne o 5%. Povodie Žitavy sa však už radí k povodiam, v ktorých došlo k výraznému poklesu Q_a (15%), pričom najviac poklesli dlhodobé priemerné mesačné prietoky v prvej polovici hydrologického roka (november – apríl).

Hron: V celom povodí je pokles Q_a o 10%, okrem apríla a mája došlo k poklesu vo všetkých ostatných mesiacoch roka.

Ipeľ: Pokles Q_a je výrazný, často aj o 20%, mesačné prietoky poklesli v prvom polroku hydrologického roka.

Slaná: Povodie s najvýraznejším poklesom Q_a, v niektorých povodiach aj o 30%, pokles priemerných mesačných prietokov je po celý rok. Paradoxne bez akejkoľvek zmeny Q_a je Blh- Rimavská Seč.

Poprad: Povodie Dunajca je bez výraznejších zmien, v povodí Popradu pokles Q_a o 10%, pokles priemerných mesačných prietokov je po celý rok.

Hornád: Q_a poklesol o 5% na Toryse, o 15% na Hnilci a o 10% v ostatných častiach povodia. Priemerné mesačné prietoky poklesli vo všetkých mesiacoch roka.

Bodva: K poklesu Q_a na samotnej Bodve o takmer 20% prispievajú aj exploatácie vodných zdrojov, priemerné mesačné prietoky poklesli po celý rok s výnimkou apríla.

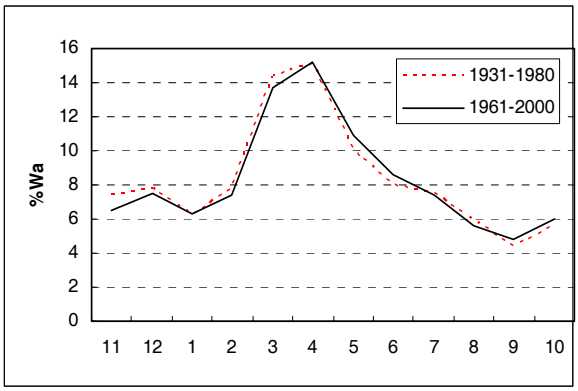
Bodrog: Bez zmeny Q_a a režimu mesačných prietokov je povodie Laborca, nárast Q_a na Latorici (3%), na Ondave (3%), pokles Q_a na Topli (5%). Tento ide na vrub poklesu priemerného mesačného prietoku v apríli.

Tab.2 Priemerné mesačné prietoky za obdobia 1961-2000 a 1931-1980 vo vybraných vodomerných staniciach
Tab.2 Mean monthly discharges for periods 1961-2000 a 1931-1980 in selected stage – discharge gauge stations

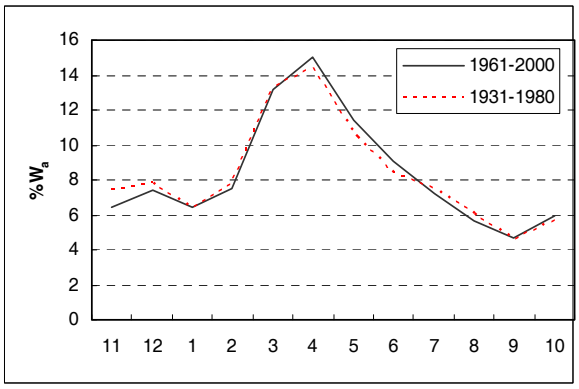
		Dlhodobé priemerné mesačné a ročné prietoky													
Stanica	Tok	Obdobie	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Rok
Bratislava	Dunaj	**1961-2000**	**1480**	**1694**	**1588**	**1782**	**2103**	**2487**	**2749**	**2822**	**2605**	**2164**	**1751**	**1486**	**2061**
		1931-1980	1508	1503	1459	1716	2067	2436	2654	2892	2751	2282	1746	1511	2045
Východná	Biely Váh	**1961-2000**	**1,094**	**1,058**	**0,873**	**0,914**	**1,878**	**2,499**	**2,356**	**2,082**	**1,66**	**1,246**	**1,032**	**1,164**	**1,490**
		1931-1980	1,360	1,240	0,970	1,120	2,020	2,580	2,310	2,190	1,930	1,460	1,190	1,300	1,641
Podbanské	Belá	**1961-2000**	**2,056**	**1,547**	**1,208**	**1,045**	**1,073**	**3,875**	**9,171**	**6,819**	**5,292**	**3,722**	**3,111**	**2,696**	**3,481**
		1931-1980	2,470	1,800	1,260	1,060	1,240	3,950	8,390	6,770	5,760	3,990	2,980	2,620	3,537
Podsuchá	Revúca	**1961-2000**	**4,420**	**3,833**	**2,836**	**2,797**	**5,266**	**9,521**	**7,701**	**5,189**	**4,225**	**3,356**	**3,475**	**3,864**	**4,711**
		1931-1980	5,190	4,240	2,830	3,010	5,390	9,810	7,460	5,070	4,320	3,840	3,590	3,950	4,895
Ľubochňa	Ľubochnianka	**1961-2000**	**2,001**	**1,882**	**1,576**	**1,69**	**2,733**	**4,381**	**3,233**	**2,577**	**2,231**	**1,893**	**1,776**	**1,892**	**2,323**
		1931-1980	2,280	2,050	1,620	1,790	2,640	4,370	3,250	2,520	2,320	2,080	1,780	1,950	2,388
Čadca	Kysuca	**1961-2000**	**6,462**	**8,556**	**6,775**	**8,342**	**16,896**	**15,377**	**8,011**	**7,793**	**8,548**	**5,882**	**5,240**	**4,746**	**8,552**
		1931-1980	7,320	8,030	5,580	8,420	15,93	15,6	7,200	6,710	9,310	6,760	5,260	5,780	8,490
Poluvsie	Rajčianka	**1961-2000**	**2,903**	**3,376**	**2,900**	**3,288**	**5,323**	**6,270**	**4,224**	**3,553**	**2,871**	**2,373**	**2,176**	**2,341**	**3,465**
		1931-1980	3,690	3,760	2,870	3,510	5,750	6,830	4,220	3,480	3,480	2,970	2,260	2,740	3,796
Handlová	Handlovka	**1961-2000**	**0,537**	**0,604**	**0,576**	**0,727**	**1,070**	**0,959**	**0,589**	**0,499**	**0,345**	**0,327**	**0,315**	**0,403**	**0,578**
		1931-1980	0,643	0,695	0,571	0,753	1,090	0,828	0,536	0,510	0,407	0,313	0,277	0,393	0,584
Vieska	Žitava	**1961-2000**	**1,212**	**1,671**	**1,706**	**2,572**	**3,382**	**2,709**	**1,715**	**1,448**	**0,790**	**0,659**	**0,609**	**0,806**	**1,601**
		1931-1980	2,150	2,280	2,220	3,390	4,170	3,360	1,990	1,500	1,010	0,860	0,710	1,150	2,057
Zlatno	Hron	**1961-2000**	**1,150**	**0,872**	**0,594**	**0,654**	**1,332**	**2,796**	**2,417**	**1,799**	**1,315**	**1,018**	**0,888**	**1,197**	**1,338**
		1931-1980	1,540	1,230	0,847	0,869	1,770	2,890	2,430	1,940	1,640	1,230	1,030	1,180	1,552
Mýto	Štiavnička	**1961-2000**	**0,830**	**0,669**	**0,447**	**0,460**	**0,968**	**2,502**	**2,116**	**1,266**	**0,839**	**0,652**	**0,610**	**0,834**	**1,017**
		1931-1980	1,030	0,884	0,614	0,615	1,050	2,380	2,160	1,390	1,080	0,905	0,780	0,876	1,148
Hronec	Čierny Hron	**1961-2000**	**2,468**	**2,200**	**1,616**	**1,970**	**3,759**	**6,738**	**4,253**	**3,560**	**2,294**	**1,824**	**1,615**	**2,488**	**2,898**
		1931-1980	2,760	2,740	1,980	2,400	4,750	7,050	4,260	3,370	2,670	2,160	1,710	2,230	3,173
D.Lehota	Vajskovský p.	**1961-2000**	**1,112**	**0,918**	**0,637**	**0,656**	**1,140**	**2,620**	**2,949**	**1,762**	**1,236**	**0,958**	**0,912**	**1,173**	**1,342**
		1931-1980	1,390	1,080	0,757	0,777	1,250	2,760	2,970	1,890	1,420	1,140	1,010	1,150	1,468
Holiša	Ipeľ	**1961-2000**	**2,504**	**2,853**	**2,560**	**3,798**	**5,89**	**5,166**	**3,381**	**2,899**	**1,541**	**1,148**	**0,998**	**1,873**	**2,877**
		1931-1980	3,550	3,820	3,160	5,390	8,260	5,530	3,660	2,640	1,720	1,380	1,130	1,820	3,494
Plášťovce	Krupinica	**1961-2000**	**1,366**	**1,567**	**1,285**	**2,294**	**4,061**	**2,944**	**1,588**	**1,335**	**0,745**	**0,451**	**0,522**	**0,962**	**1,589**
		1931-1980	2,170	2,340	1,850	3,480	5,490	3,460	1,840	1,400	0,846	0,568	0,536	0,86	2,061
Dobšiná	Dobšinský potok	**1961-2000**	**0,398**	**0,337**	**0,249**	**0,290**	**0,501**	**0,882**	**0,672**	**0,534**	**0,39**	**0,324**	**0,287**	**0,432**	**0,442**
		1931-1980	0,652	0,556	0,448	0,448	0,730	1,060	0,836	0,757	0,633	0,515	0,445	0,514	0,633
Lehota	Rimavica	**1961-2000**	**1,294**	**1,233**	**0,901**	**1,251**	**2,578**	**3,101**	**1,953**	**1,565**	**0,951**	**0,682**	**0,62**	**1,119**	**1,436**
		1931-1980	1,700	1,670	1,210	1,670	3,310	3,020	2,010	1,600	1,370	0,991	0,818	1,110	1,706
K.Oľšany	Torysa	**1961-2000**	**4,610**	**4,955**	**4,331**	**6,346**	**14,662**	**15,024**	**10,025**	**8,635**	**7,667**	**5,893**	**4,110**	**5,171**	**7,623**
		1931-1980	6,470	5,590	4,740	6,840	15,19	15,12	9,000	8,860	8,250	6,500	4,430	5,190	8,016
Hanušovce	Topľa	**1961-2000**	**5,319**	**6,112**	**5,181**	**7,959**	**17,815**	**15,214**	**9,782**	**8,243**	**7,491**	**5,746**	**4,075**	**5,231**	**8,182**
		1931-1980	6,840	6,450	5,960	8,730	17,94	16,37	8,630	8,100	8,120	6,200	4,290	5,490	8,589
Matejovce	Poprad	**1961-2000**	**2,719**	**2,361**	**1,978**	**2,143**	**3,691**	**4,798**	**6,759**	**6,689**	**5,280**	**3,946**	**3,297**	**3,185**	**3,912**
		1931-1980	3,470	2,720	2,180	2,480	4,400	5,240	7,040	7,590	6,290	4,650	3,550	3,360	4,423

ROZDELENIE ODTOKU V ROKU

Rozdelenie ročného odtoku v roku sa vyjadruje percentuálnym podielom dlhodobých mesačných odtokov na dlhodobom ročnom odtoku. Na rozdiel od zmien absolútnych hodnôt vodnosti k výrazným zmenám v rozdelení odtoku v roku nedošlo. V povodiach, v ktorých sa odtok zmenšil v prvom polroku hydrologického roka (predovšetkým v povodí Ipľa), došlo k plynulému presunu podielu vodnosti na letné mesiace V našom príspevku dokumentujeme zmeny v rozdelení odtoku v roku porovnaním rozdelenia odtoku z územia Slovenska za obdobia 1931-1980 a 1961-2000 s použitím všetkých vodomerných staníc s dlhými prietokovými radmi, ktoré sa používajú v algoritmoch na určenie odtoku z územia Slovenska (bilančných vodomerných staníc), (Obr.1a) a tiež spriemerovaním percentuálnych podielov jednotlivých mesiacov na ročnom odtoku pre takmer 100 vodomerných staníc (Obr. 1b). Nejde o celkom korektnú metódu, pre porovnanie zmien odtoku v roku za dve odlišné obdobia však vhodnú. Jednoznačne možno povedať, že k zmenám v rozdelení odtoku v roku na slovenských tokoch nedochádza, resp. nie k takým zmenám, aké boli predikované na základe niektorých klimatických scenárov.



Obr.1a Percentuálne rozdelenie odtoku z územia Slovenska podľa vodomerných staníc algoritmu
Perceptual distribution of runoff in Slovak territory by stage – discharge gauge station of algorithm



Obr.1b Percentuálne rozdelenie odtoku z územia Slovenska podľa vybraných 98 vodomerných staníc
Perceptual distribution of runoff in Slovak territory by selected 98 stage - discharge gauge station

ZÁVER

Dlhodobé priemerné mesačné prietoky, vyjadrujúce prirodzený hydrologický potenciál za obdobie 1961-2000, boli odvodené pre 1800 profilov. Táto základňa charakteristík predstavuje výborný podkladový potenciál pre stanovovanie hydrologických údajov pre expertíznu činnosť, vodohospodárske a hydrologické bilancovanie, a poslúži aj ako východiskový stav pre identifikovanie prípadných zmien v hydrologických radoch v 21. storočí.

Literatúra

Kuczera,G. (1982): An Empirical Bazes Approach, Water resources research, vol. 18, no.2

Kulasová, B., Boháč,M. (1990): Charakteristiky řad průmerných měsíčních průtoků z jednotlivých měsíců. Dílčí úloha SPZV II-5-1/03: Hodnocení vodního režimu povodí, jako základ automatizace zpracování návrhových hydrologických veličin.

Majerčáková, O., Škoda,P., Šťastný,P., Faško,P. (2004): Vývoj zložiek hydrologickej bilancie za obdobia 1931-1980 a 1991-2001. Vodohospodársky časopis, 52, 2004,4,s.355-364

Poórová, J., Podolinská, J. (1997):Režimové hydrologické charakteristiky prietokových radov za obdobie 1931-1995 a 1981-1995. Národný klimatický program Slovenskej republiky, NKP 6/97, Klimatické zmeny – Hydrológia a vodné hospodárstvo Slovenskej republiky, Bratislava 1997

Šipikalová, H., Škoda P., Majerčáková O. (2003): Nové hodnotenie hydrologických charakteristík.Vodohospodársky spravodajca 46, 2003 č. 4, s.21-23., 1 tab.

Turbek, J., Škoda, P. (1989): Priemerné mesačné prietoky a ich časová a územná premenlivosť. Zborník prác SHMÚ 29/II,ALFA, Bratislava 1989

Autori

Peter Škoda, SHMÚ Bratislava, peter.skoda@shmu.sk

Helena Šipikalová, SHMÚ Banská Bystrica, helena.sipikalova@shmu.sk

Beata Demeterová, SHMÚ Košice, beata.demeterova@shmu.sk

Viera Gápelová, SHMÚ Banská Bystrica, viera.gapelova@shmu.sk

Zuzana Danáčová, SHMÚ Bratislava, zuzana.danacova@shmu.sk