VYHODNOCOVÁNÍ VODNÍCH STAVŮ A PRŮTOKŮ, UKÁZKY STANIC, PŘÍSTROJŮ A KALIBRACÍ V ČHMÚ NA POBOČCE PRAHA

Daniel Kurka[1]

Abstrakt

Příspěvek se zabývá komplexní prací hydrologa povrchových vod v ČHMÚ na pobočce Praha, to znamená měřením, zpracováním, vyhodnocováním vodních stavů a jejich následným přepočtem na průtoky. Jsou zde ukázky měření přístroji ADCP, hydrometrickou vrtulí a přehledy počtů jednotlivých typů měření za posledních 5 let. Dále jsou prezentovány možnosti softwaru Win ZPV (program na základní zpracování povrchových vod) – přepočet vodních stavů na průtoky, bilancování průtoků v měrných profilech, zpracování měrných křivek. Poslední část je věnována hydrologickým stanicím na vodních tocích, typem přístrojů používaných v současnosti, jejich kalibrace a statistický přehled na pobočce Praha.

Klíčová slova: práce hydrologa, povrchové vody, měření průtoků, měrné křivky

1. Úvod

Pobočka ČHMÚ v Praze zabezpečuje základní činnosti v oblasti monitoringu a primárního vyhodnocování povrchových a podzemních vod. Tento příspěvek popisuje práci hydrologa pobočky v oblasti pozorování a vyhodnocování kvantitativních charakteristik povrchových vod. Představeny jsou krátce základní pracovní postupy, pracovní pomůcky a software pro základní zpracování hydrologických dat ve stavu používání v roce 2010.

2. Měření vodních stavů

Jednou z nejdůležitějších činností hydrologa je získání co nejpřesnějších vodních stavů, které jsou zaznamenávány v hydrologických stanicích. Základem hydrologické stanice je i v 21. století vodočet, proto zatím všechny využívané stanice jsou vodočetnou latí osazeny. Podle vodočtu jsou nastavovány všechny ostatní přístroje ve stanici, proto také dochází k pravidelné kontrole vodočetné latě (geodetickým zaměřením v celém jejím rozsahu) a to v pravidelných intervalech s cílem zabezpečit jejich maximální přesnost. V případě odchylek jsou používány přepočítávací tabulky (zatím jsou v podobě tabulky Excel a postupně jsou převáděny do databáze Win ZPV), cílem však je podle finančních možností vodočty opravit. Hydrolog stanici navštěvuje podle potřeby minimálně 2x do roka, hlavně za účelem měření, údržby a kalibrace. O každé návštěvě je veden záznam včetně vodního stavu a je uložen v databázi Win ZPV (v deníku stanice).

K zaznamenávání stavů na pobočce Praha jsou používány tři druhy měřicích stanic. Na několika stanicích jsou ještě osazeny klasické analogové limnigrafy, které 1x za týden nastavují pozorovatelé a 1x za měsíc je limnigraf zasílán na pobočku k digitalizaci a uložení v podobě řady lomových bodů do databáze Win ZPV. Další využívané zařízení jsou nepřenosové stanice (Noel, Teranos), kde je nastaven digitální záznam 1x za 10 minut. Tyto stanice jsou cca 1x za měsíc navštíveny pracovníkem pobočky, který stáhne data a následně je naimportuje do databáze Win ZPV. Nejrozšířenější stanicí na pobočce Praha je stanice s digitálním záznamem a s přenosem dat přes GPRS (stanice Fiedler), na této stanici je nastaven záznam 1x za 10 minut a přenos ve většině stanic 1x za 20 minut při dosažení II. povodňového stupně se stanice automaticky přepíná na přenos 1x za 10 minut. Data z přenosových stanic se automaticky ve stejných intervalech posílají do databáze HPPS a odtud se jednou denně replikují do databáze primárního zpracování Win ZPV.

Všechna takto získaná data se pak v Win ZPV kontrolují, konfrontují se záznamem stavů v deníku stanice a pomocí nástrojů v programu se mohou upravovat (lineární, skokové posunutí za daný interval, vynásobení hodnot v časovém intervalu atd.).

3. Měření průtoků

Další neméně důležitou činností hydrologa je měření průtoků. Měření se provádí převážně pro ověření stávajících měrných křivek nebo pro sestrojení nových vždy s unikátní číselnou identifikací (v roce 2009 bylo uděláno cca 400 měření). V omezené míře provádíme rovněž měření na zakázku.

Měření na naší pobočce provádíme dvěma způsoby - hydrometrickou vrtulí a přístrojem ADCP (Acoustics Doppler Current Profiler), který funguje na principu Dopplerova jevu (průchod akustického signálu vodním prostředím a jeho odraz od nesených pevných částic a dna koryta).

První způsob hydrometrickou vrtuli je používán převážně na menších tocích (při malých hloubkách přibližně do 20 cm nelze použít přístroj ADCP). Klasická hydrometrická vrtule je rovněž užívána při tradičních společných měření s německou stranou v profilu Hřensko na toku Labe. Pro měření jsou používány jen pravidelně kalibrované vrtule (platnost kalibrace 2 roky). Měření se na místě zapisuje na papír a pak se naměřené údaje přepíšou do programu Hydros a z toho se následně exportují do programu Win ZPV. Vypočítané hodnoty se ještě zapisují do knihy měření. Za rok 2009 bylo uděláno cca 150 měření hydrometrickou vrtulí.

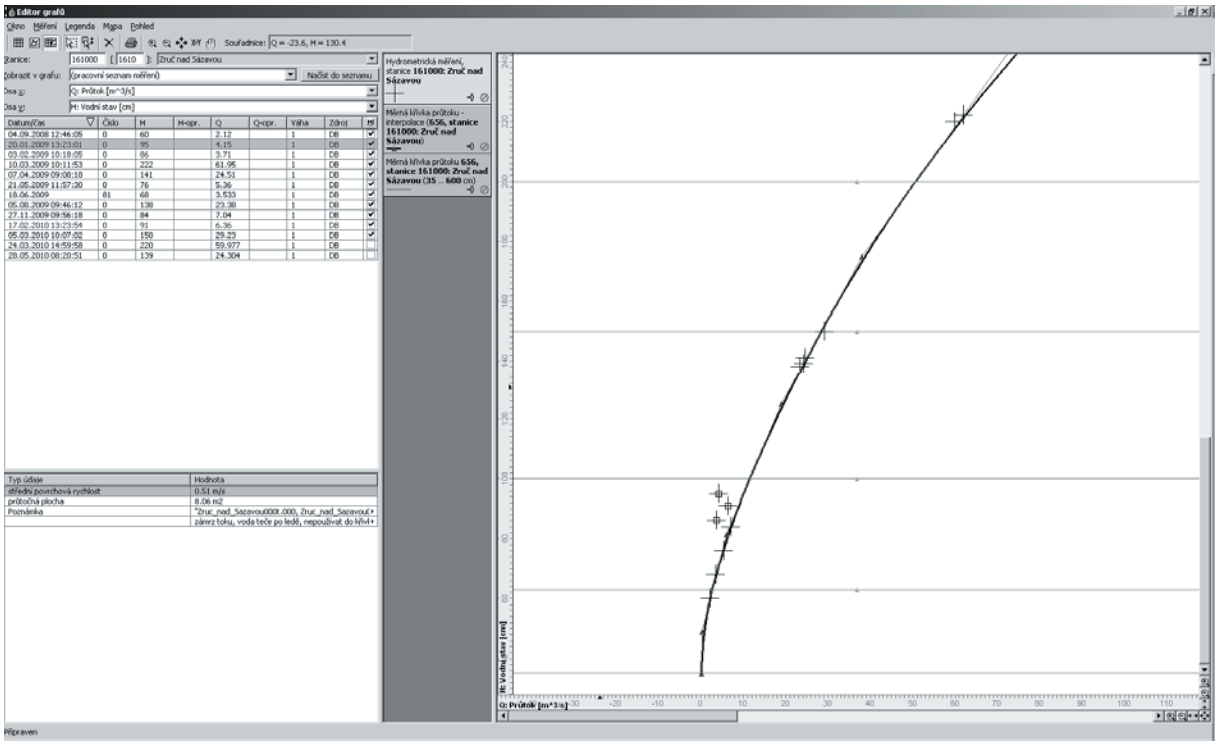
Druhý způsob, který je na naší pobočce více rozšířen a také preferován, je měření pomocí přístroje ADCP. Používáme dva přístroje na velké toky ADCP Rio Grande a na malé toky ADCP StreamPro. Pro podrobnější informace odkazuji na příspěvek Fryče v tomto sborníku nebo na příspěvek ČHMÚ (2007). Dále je jen velmi krátce zmíněn základní postup měření. Plovák s přístrojem se umístí na hladinu toku, naváže se spojení přes modemy s počítačem na břehu, nastaví se parametry (vzdálenost od břehu, pravý či levý břeh druh dna, druh břehu atd.) a jakýmkoliv způsobem se plovák přetáhne na druhý břeh. Postup se několikrát opakuje. Na počítači je okamžitě vidět jak se průběžně načítá změřený průtok, jaké jsou rychlosti, hloubka atd. Takto získané (většinou jen málo se lišící) průtoky jsou dále zpracovány v programu Agila, jež vyhodnotí rozptyl provedených měření a stanoví jednu reprezentativní hodnotu, která se následně v kanceláři exportuje do programu Win ZPV. Hlavní výhodou tohoto způsobu měření je okamžitý přehled o průtocích a rychlost získaní hodnot průtoků (v roce 2006 byly při jarní povodni zaměřeny všechny kulminace a i největší průtok změřený v ČR 2711 $m^3.s^{-1}$). Zkušenosti prokazují rovněž vysokou přesnost výsledků, hlavně při větších průtocích. Za rok 2009 bylo touto metodou provedeno cca 250 měření.

4. Sestrojení měrné křivky průtoku

K základní práci hydrologa patří sestrojování a opravy měrných křivek. V přírodě se stále něco mění, proto v přirozeném korytě stále dochází ke změně a tím i ke změně měrných křivek, většinou se průběhu roku koryto zanáší a když projde povodeň tak se pročistí, ale může dojít naopak k jeho zanešení. Také na pobočce Praha se v ojedinělých (naštěstí) případech stává, že koryto v průběhu vegetačního období postupně zarůstá a tím se mění průtočný profil. Z toho vyplývá, že je potřeba v průběhu roku stále profily zaměřovat, někde častěji (tam kde zarůstá a zanáší se) a někde jen pro kontrolu, kde je stabilní dno. V průměru za rok 2009 se ve stanicích měřilo cca 4x za rok, ale v problémových stanicích i 10x za rok a více. Hydrolog proto několikrát do roka musí porovnávat výsledky měření s měrnou křivkou, a pokud dochází k odchylkám tak musí sestrojit novou měrnou křivku, také už ví, které profily jsou problematické a těm věnuje z tohoto ohledu zvýšenou pozornost. Při plánování měření musí hydrolog kontrolovat jaké stavy jsou již proměřeny (aby se neměřilo stále při stejném stavu) a provádět měření při stavech, které ještě nebyly změřeny, proto se nejvíce měří při povodni, aby se proměřily stavy, které se nevyskytují často.

Po měření pak může hydrolog přistoupit k sestrojování měrné křivky v programu Win ZPV, kde si může načíst hydrometrické měření, starou měrnou křivku a příčný profil. Měrná křivka

se většinou (když není změřen nějaký větší průtok) upravuje v její spodní části podle aktuálních měření a pokud nemáme důvod k úpravě horní části, tak se jí snažíme zachovat v původní podobě, aby zůstaly zachovány změřené povodňové stavy a odpovídající průtoky. Pro kontrolu, nebo při sestrojování úplně nové křivky, přepočítáváme měrnou křivku přes příčný profil na profilové rychlosti a tato rychlostní křivka by měla dosahovat reálných hodnot v našich podmínkách v rozmezí 2–3,5 $m.s^{-1}$ podle druhu toku by se těmto hodnotám měla limitně blížit. Takto vytvořená měrná křivka v parametrickém tvaru se pak ve Win ZPV převede na tvar tabelární a určí se její doba platnosti, potom se křivka odešle do databáze Hydrofondu (v ČHMÚ) na hlásnou službu HPPS a příslušným státním podnikům Povodí.



Obr. 1: Ukázka editačního prostředí pro sestrojení měrné křivky v aplikaci Win ZPV na příkladě stanice Zruč nad Sázavou.

5. Výpočet průtoků ve stanicích

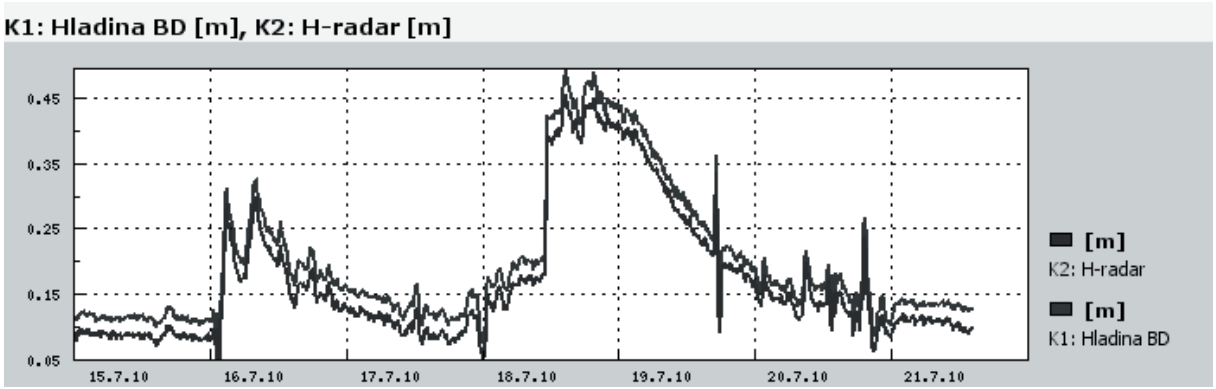
Po skončení kontroly jednotlivých stavů a kontroly měrných křivek můžeme přistoupit k vyhodnocení průtoků. Průtoky se z 90 % vypočítávají přepočtem ze zaznamenaných stavů přes měrné křivky. Standardně to probíhá v měsíčním kroku a po jednotlivých povodích, ale lze zadat i libovolný časový interval. Při tomto výpočtu v programu Win ZPV dochází k přepočtu zvolené stavové řady (lomových bodů, digitálního záznamu atd.) určité stanice přes příslušnou měrnou křivku zvolené stanice na průměrné hodinové stavy, průměrné denní stavy, průměrné měsíční stavy, měsíční stavovou okamžitou kulminaci a na průměrné hodinové průtoky, průměrné denní průtoky, průměrné měsíční průtoky, měsíční průtokovou okamžitou kulminaci.

U zbylých 10 % se průtoky vypočítávají bilančně z okolních stanic se započtením mezipovodí a doběhových dob. Takto vypočtené průtokové řady se pak kontrolují se skutečně naměřenými průtoky v jednotlivých stanicích, dále se kontrolují návaznosti jednotlivých stanic a bilanční uzly. Všechny tyto kontroly lze zobrazit jak graficky tak v tabulkové formě v programu Win ZPV. Po zkontrolování se data v pravidelných intervalech posílají do databáze Hydrofondu a jednou ročně se ukládají. Po zkontrolování dat pracovníky Hydrofondu ještě jednotliví technici a vedoucí skupiny povrchových vod průměrné denní průtoky autorizují svým podpisem.

6. Standardní hydrologická stanice

Požadavky na standardní hydrologickou stanici v roce 2010 na pobočce Praha jsou následující. Každá stanice i stanice režimová by měla být s přenosem dat s možností dálkového ovládání s komunikací přes GPRS. Stanice je možné rozdělil na dvě kategorie, na stanice využívané v hlásné a předpovědní povodňové službě a na ostatní. Hlavní rozdíl je v nastavení přenosu dat. Hlásné stanice se v roce 2010 stahují 1x za 20 minut, při dosažení II. povodňového stupně se interval přepne na stahování 1x za 10 minut. U ostatních stanic je stahování nastaveno 1x za 8 hodin a při dosažení II. povodňového stupně se interval přepne na stahování 1x za 1 hodinu.

Všechny stanice by měly mít možnost nastavování varovných SMS při dosažení určitých limitů výšky hladiny nebo při zaznamenání extrémních technologických podmínek na stanici, na pobočce Praha jsou nastaveny varovné SMS na překročení I., II. a III. povodňového stupně, dále pak na nízké napětí akumulátoru, u stanic se solárním panelem i odpojení solárního panelu (většinou se jedná o ukradení). Standardní stanice by také měla mít dvě nezávislá čidla to znamená třeba kombinace radar, plovákové čidlo, tlakové čidlo v šachtě, tlakové čidlo v chráničce. V případě kombinace dvou tlakových čidel je vhodné zvolit čidla nejlépe od dvou výrobců nebo alespoň dvě různé série. (U tlakových čidel jsou všechny hadičky pro kompenzaci atmosférického tlaku vyústěny do silicagelové patrony, která zabraňuje pronikání vlhkosti do čidla, tyto patrony jsou podle vlhkosti cca 1x za 4 měsíce vyměňovány.) Zároveň jsou na sběrném serveru nastaveny varovné maily, které upozorňují na určitý rozdíl mezi jednotlivými čidly. Pokud se tedy údaje ze dvou čidel ve stanici rozchází o více než 2 cm (podle podmínek), je vygenerován informační e-mail, na jehož základě je provedena kontrola dat a v případě potřeby návštěva a kontrola stanice. Pokud však obě čidla ukazují stejně, není důvod na stanici jezdit. Na stanici je také dobré mít teplotní čidlo umístěné v chráničce, částečně může nahradit pozorování ledových jevů při vykazované teplotě blízké 0 °C a současně srážkami neopodstatněném nárůstu hladiny svědčícím o možnosti vzdouvání ledem.



Obr. 2: Ukázka operativního porovnání měření dvou nezávislých čidel (na příkladě stanice Jablonec nad Jizerou a měření radaru a tlakového čidla), které slouží pro vzdálenou kontrolu funkčnosti a správnosti měření stanice.

Významným faktorem je problematika kalibrace měřicích zařízení. U každé nově dodávané stanice (cca poslední 2 roky) je vyžadována kalibrace s kalibračním listem na tlaková čidla. Kromě toho byla i u starších stanic provedena kalibraci jednotlivých kanálů vlastními zaměstnanci pomocí kalibrátoru Druck UPS III. Údaje o kalibraci jsou uloženy v Excel souboru (postupně je evidence převáděna do databáze Win ZPV). U nově dodávaných čidel je rovněž požadována či prováděna kalibrace a nejlépe u nezávislé organizace, tedy nikoliv u výrobce.

7. Statistický přehled

Tab. 1: Statistický přehled počtů a druhů stanic a provedených měření metodou ADCP i klasickým hydrometrováním za posledních 5 let.

Druh stanice	2005	2006	2007	2008	2009
Vodočetné	1	1	0	0	0
Limnigrafické	15	12	10	7	4
Digitální záznam bez přenosu	38	36	33	28	27
Digitální záznam s přenosem	29	33	39	47	51
Celkem stanic	83	82	82	82	82
Měření ADCP	186	150	144	249	248
Měření hydrometrickou vrtulí	275	282	195	127	149
Celkem měření ve stanicích	461	432	339	376	397

Literatura

[1] ČHMÚ, 2007. Měření průtoků systémem ADCP při povodních v roce 2006. In: *Hydrologická ročenka ČR 2006.* ČHMÚ, s. 153-156.

Kontakty na autora

1 Český hydrometeorologický ústav, pobočka Praha, e-mail: kurka@chmi.cz