

# OPERATIVNÍ ŘÍZENÍ ODTOKU VODY DYJSKO-SVRATECKOU SOUSTAVOU NÁDRŽÍ ZA PRŮCHODU POVODNĚ

*Starý, M. – Doležal, P.*  
VUT FAST ÚVHK, Žižkova 17, 66237 Brno

## Anotace

V příspěvku je uveden výsledek aplikace řídicího algoritmu založeného na adaptivním principu řízení odtoku vody z povodí za průchodu povodní. Výpočet byl proveden pro Dyjsko-svrateckou soustavu nádrží, kdy řídicí algoritmus byl aplikován na nádržích Brno, Dalešice, Mohelno, Vranov a Znojmo. Algoritmem nelineární optimalizace jsou postupně upřesňovány přímo polohy regulačních uzávěrů, které se postupně mění. Minimalizovaným kritériem optimalizace je hodnota celkového kulminačního přítoku vody do soustavy Novomlýnských nádrží. Úloha je zprogramována v prostředí MATLAB [1]. Příspěvek navazuje na předchozí práce [6,7,8], které se zabývaly testováním uvedeného algoritmu postupně na jedné hypotetické nádrži a později na soustavě dvou hypotetických nádrží paralelně zapojených do systému a na soustavě nádrží Vranov, Znojmo spolupůsobících v kaskádě.

## Úvod

Pro přehlednost uvádíme stručný popis řídicího algoritmu s popisem řešené soustavy nádrží. Podrobnější popis je uveden ve výše uvedených pracích. Optimalizační algoritmus využívá jednoduchou optimalizační metodu pro operativní řízení odtoku ze soustavy nádrží s nehrazeným přelivem za průchodu povodně [4]. Optimalizací určuje přímo hodnoty akčních veličin - nastavení poloh regulačních uzávěrů [2] na základě aktuální upřesněné předpovědi přítoku do systému.

V řešeném systému považujeme nádrž podle klasické teorie regulace za řízený objekt regulačního obvodu se systémem řízení on-line. Přítok do nádrže je poruchovou veličinou  $z(t)=Q(t)$ , požadovaný odtok z nádrže je veličinou řídicí  $w(t)$  a skutečný řízený odtok je veličinou  $y(t)=O(V(t))$ . Funkční objekty považujeme za akční prvky a polohy uzávěrů (přelivů, spodních výpustí apod.) pak za veličiny akční,  $u(t)$  je akčním zásahem. Cílem optimalizace je co největší snížení kulminačních průtoků ve vybraných profilech říční sítě. Pro Dyjsko-svrateckou soustavu nádrží byl zvolen jediný profil – celkový kulminační přítok vody do soustavy Novomlýnských nádrží.

## Metoda

Uvažujeme, že budeme řídit tok vody říční sítí v dolní části rozsáhlého povodí s nádržemi. Necht' srážky spadlé na mezipovodí a vliv změny podzemního odtoku jsou zanedbány. Řízený systém pak můžeme schematizovat rozložením na úseky toků a nádrže. Předpokládejme dále, že budoucí průběhy přítoků vody do systému (okrajová podmínka řešení) v časovém úseku  $\Delta\tau$ , lze předpovědět libovolným srážkoodtokovým modelem, implementovaným na horní části povodí.

Z důvodu nezbytné rychlosti výpočtu je zavedeno zjednodušení - úloha proudění vody úseky toků a celou říční sítí je řešena jako jednorozměrná, na soutocích koryt toků je zachována pouze spojitost průtoků. Pro popis přenosových vlastností koryt toků je použita kinematická vlnová aproximace [5]. Nádrže jsou v takto zjednodušeném systému jedinými nástroji, kterými je možno měnit průběh toku vody systémem. Jejich přenosové vlastnosti, které při daném plnění nádrže  $V(t)$  v čase  $t$  a přítoku vody do nádrže  $Q(t)$ , jednoznačně určují okamžitou hodnotu odtoku vody z nádrže  $O(t)$ . Vztah těchto veličin lze vyjádřit známou diferenciální rovnicí 1. řádu:

$$\frac{dV(t)}{dt} = Q(t) - O(V(t)), \quad (1)$$

kde  $V(t)$  je stavová veličina,  $Q(t)$  je veličina vstupní a  $O(V(t))$  je veličina řízená. Předpokládejme, že počáteční hodnoty přítoku vody do nádrží v čase  $t=0$ , tj.  $Q(0)$  a plnění nádrží  $V(0)$ , tj. počáteční podmínky řešení, jsou určeny měřením.

Je zřejmé, že odtok vody z nádrží v budoucím období  $\tau$  závisí při daném časovém průběhu přítoku  $Q(t)$  na počátečním naplnění nádrží, na hydraulických vlastnostech přelivů, na hydraulických vlastnostech spodních výpustí a na jejich otevření. Při uvedených počátečních podmínkách a při známých předpovědích přítoků vody do systému pak řízený odtok systémem závisí pouze na polohách regulačních uzávěrů jednotlivých nádrží. Ty mohou být v budoucím období buď konstantní nebo se mohou v čase měnit. Příslušným nastavením uvedených poloh regulačních uzávěrů je tak možno nádržím přiřadit požadované dynamické (přenosové) vlastnosti.

### Aplikace

Optimalizační algoritmus je použit pro simulaci operativního řízení průtoků vody v dolní části Dyjsko-svratecké soustavy nad Novomlýnskými nádržemi. V rámci schematizace byl systém rozdělen na čtyřicet čtyři úseků následujících toků – Svatka, Svitava, Litava, Jihlava, Oslava, Rokytá, Dyje a Jevišovka. Z nádrží, na které je aplikován řídicí algoritmus, jsou vybrány nádrže Brno, Dalešice, Mohleno, Vranov a Znojmo. Zjednodušený systém obsahuje celkem deset přítoků. Přehledná situace systému je uvedena na obr.1. Úseky jsou postupně očíslovány od 1 do 44, nádrže jsou značeny trojúhelníkem a přítoky jsou značeny P1 až P10. Řídicí algoritmus byl testován na povodňové situaci ze srpna roku 2002.

Řešení optimalizační úlohy bylo provedeno pro tři různé délky předpovědi přítoku vody do systému (24h, 48h a 72h). Pro testování byl zvolen časový interval mezi rozhodovacími časovými body 12h (opakovaný výpočet řídicích veličin - adaptace). Vzhledem k časové náročnosti výpočtu bylo zvoleno poměrně hrubé dělení postupného přivírání spodních výpustí.

V tab.1 jsou uvedeny pro srovnání hodnoty kulminací celkového přítoku do Novomlýnských nádrží. Z ní jsou zřejmé dosažené efekty.

**Tab.1.** Srovnání kulminací celkového přítoku do Novomlýnských nádrží

Délka předpovědi přítoku [h]	Kulminační odtok [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]	Snížení průtoků [%]
-	551,7*	0,0
24	523,2	5,2
48	503,9	8,7
72	471,6	14,5

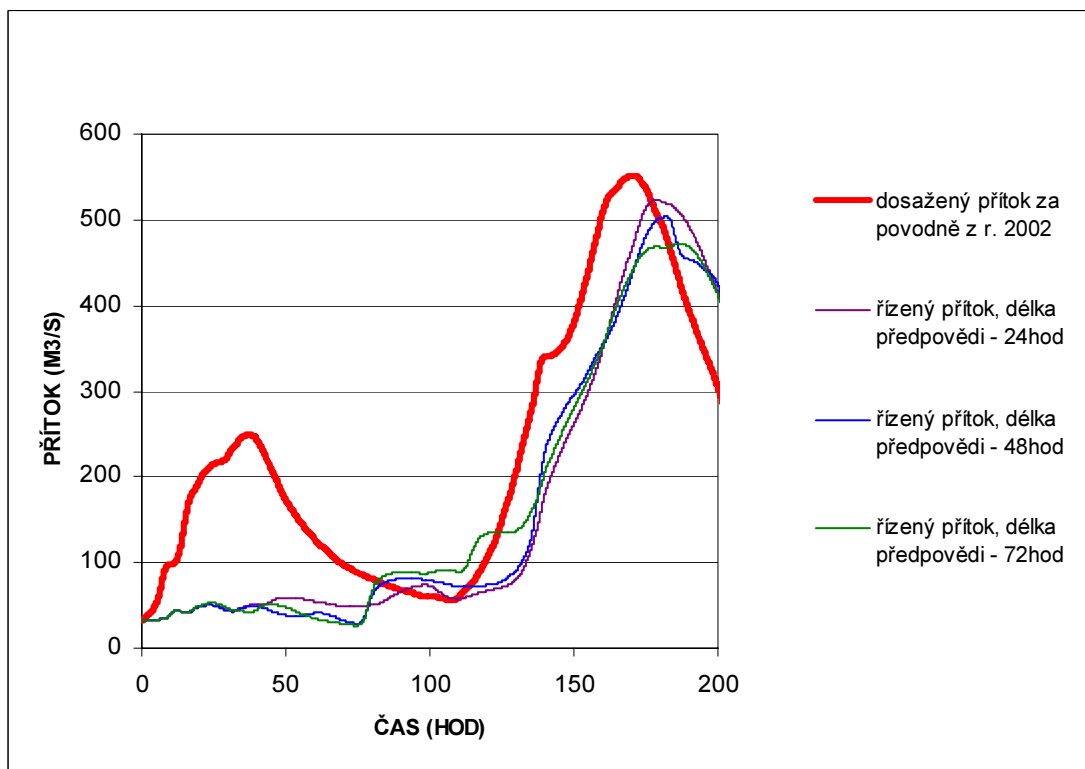
\*Pozn: pro přehlednost uvádíme hodnotu kulminačního přítoku do Novomlýnských nádrží dosaženou za povodňové situace ze srpna 2002, která byla  $551,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

### Shrnutí výsledků a závěr

Operativní řízení odtoku má jednoznačně pozitivní vliv na snížení kulminačních průtoků. Vliv délky předpovědi na snížení kulminačních odtoků vody z nádrže je značný. Výrazně se projeví prodloužení předpovědi ze 48h na 72h.

Zvolený časový interval mezi rozhodovacími časovými body 12h (opakovaný výpočet řídicích veličin) považujeme za dlouhý. Závisí na možnostech vydávání opakovaných upřesněných hodnot předpovězených přítoků do systému. Výsledky aplikace řídicího algoritmu na méně složitá povodí prokázaly, že zkrácení tohoto intervalu má jednoznačně pozitivní vliv na dosažené efekty. Je proto možno očekávat, že zkrácení intervalu povede na





**Obr.2.** Přítok do Novomlýnských nádrží -délka předpovědi průtoku 24,48 a 72 h