

Hydrodynamické modelovanie transformačného účinku prietrže hrádze na Ondave v lete 2004

Martin Mišík - DHI Slovakia
Marián Kučera - DHI Slovakia
Roman Ivančo - SVP, o.z. Košice

Abstrakt:

Matematický model riečnej siete Bodrogu bol využitý na modelovanie situácie aká by nastala na prelome júla a augusta 2004, keby sa nepretrhla ľavostranná ochranná hrádza Ondavy pri Markovciach. Do modelu bola zadaná lokalita prietrže, jej parametre a časový vývoj podľa pozorovaní počas povodne a zameraní po povodni. Porovnávali sa výsledky simulácie reálnej situácie s prietrzou hrádze a scenára bez prietrže. Zistilo sa, že prietrž hrádze na Ondave výrazne neovplyvnila výšku kulminačnej hladiny na dolnej Ondave, pretože nastala krátko pred kulmináciou povodne. Vplyvom prietrže však podstatne rýchlejšie klesala hladina na dolnej Ondave, čo priaznivo ovplyvnilo situáciu na Bodrogu a Latorici. Model bol použitý aj na demonštrovanie výrazného vplyvu časovania prietrže hrádze na vývoj povodňovej situácie v riečnom systéme. Pri optimálnom časovaní otvorenia prietrže je možné dosiahnuť výraznejší transformačný účinok, s nižšími kulminačnými hladinami na dolnej Ondave, Bodrogu a dolnej Latorici.

Úvod

Na prelome júla a augusta 2004 zasiahla toky v povodiach Hornádu a Bodrogu povodeň. Najväčšia situácia vznikla v povodí Ondavy. Na dolnej Ondave sa pretrhla ochranná hrádza. Matematický model riečnej siete Bodrogu bol využitý na zistenie transformačného účinku tejto prietrže a na modelovanie situácie, ako by sa ďalej vyvíjala, keby sa ľavostranná ochranná hrádza Ondavy pri Markovciach nepretrhla.

Základné údaje o prietrži hrádze

Prietrž ľavostrannej ochrannej hrádze Ondavy nastala 31. 7. 2004 tesne po 9. hodine, ešte pred kulmináciou povodne. Prietrž nastala po preliatí koruny hrádze v lokalite hrádzového km 13,6 – 13,9 (riečny kilometer – cca 18 – 18,3), v katastrálnom území obce Markovce. Otvor prietrže v hrádzovom telese sa postupne zväčšoval a podľa údajov SVP 2. 8. 2004 o 6:00 dosahoval šírku 165 m, s hĺbkou kynetou šírky 80 m. Popis prietrže, jej priebehu, dôsledkov, a opätovného uzavretia, je uvedený v súhrnnej správe SVP o predmetnej povodni. Situácia lokality prietrže a zaplaveného územia je na obrázku *Obr. 2*.

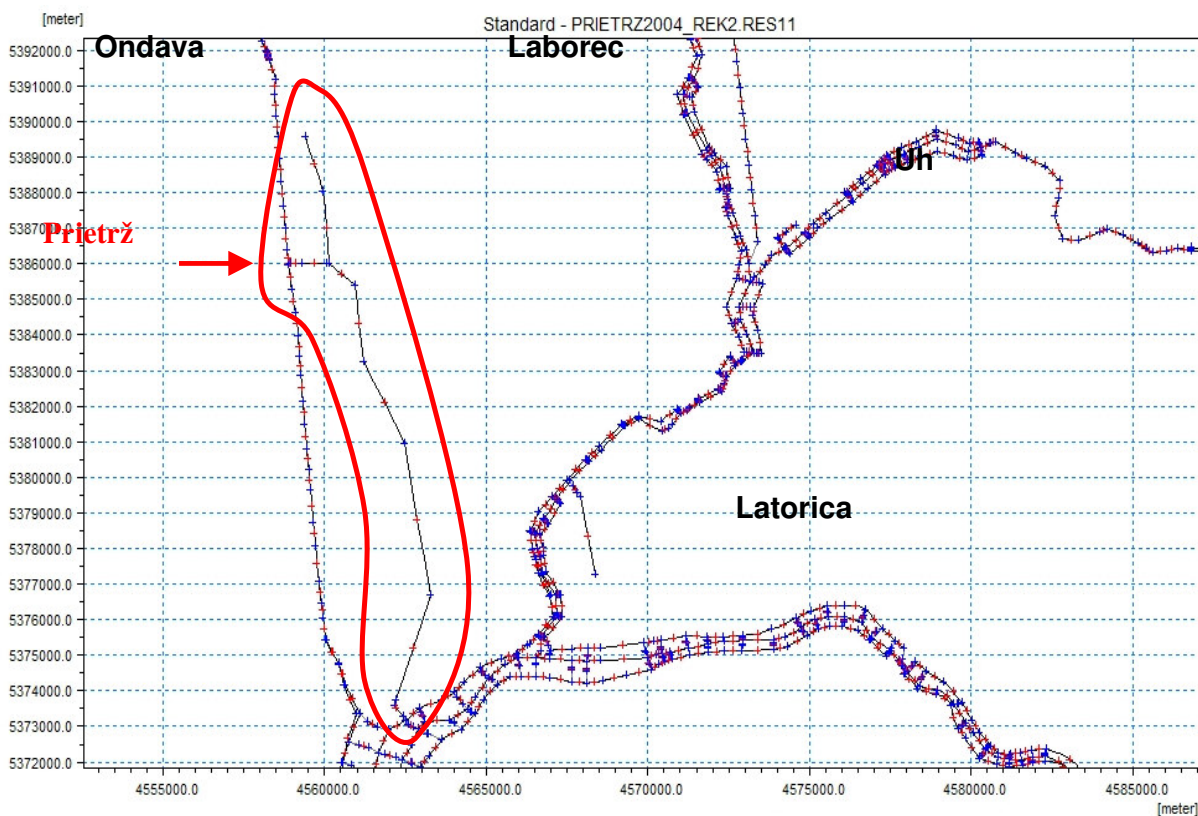
Použitý matematický model

Na modelovanie povodňovej situácie z prelomu júla a augusta 2004 bol použitý matematický model riečnej siete Bodrogu, ktorý bol zostavený v rámci medzinárodného projektu „Manažment povodní na Slovensku a Ukrajine“, financovaného Dánskou agentúrou pre ochranu životného prostredia (DEPA). Projekt sa vykonával v spolupráci Dánskeho hydraulického inštitútu (DHI Water & Environment) so slovenskými účastníkmi projektu, MŽP SR, SVP, OZ Košice, SHMÚ, VÚVH. (Kundrát, V. – Lukáč, M., 2003.) Použitá

bola hydrodynamická časť modelu a zrážkovo-odtoková časť, generujúca bočný prítok z medzipovodí pre hydrodynamický model.

Nástroj, v ktorom je uvedený model zostavený, je simulačný prostriedok MIKE 11 (DHI Software). Je to jednorozmerný matematický model pre simulovanie prúdenia, kvality vody, pohybu splavenín a ďalších procesov v otvorených korytách a inundačných územiach. Použitý bol zrážkovo-odtokový modul NAM a hydrodynamický modul, ktorý simuluje neustálené prúdenie pomocou numerického riešenia Saint Venantových rovníc.

Prietrž hrádze na Ondave bola schematizovaná tak, že do modelu boli pridané 3 vetvy. Vetva samotnej prietrže, spájajúca koryto Ondavy s neskoršie zaplaveným územím, vetva cez zaplavené územie od Bracoviec po Kamennú Moľvu a vetva čerpacej stanice Kamenná Moľva, spájajúca zaplavené územie s Latoricou (Obr. 1). Samotná prietrž ľavostrannej hrádze Ondavy bola modelovaná v rkm 18,088. Čas prietrže, jej časový vývoj a topografia otvoru prietrže, boli zadané na základe pozorovaní počas povodne a zameraní po povodni (údaje SVP). Modelovanie šírenia záplavy v zasiahnutom území nebolo predmetom skúmania. Topografia zaplaveného územia bola do modelu zadaná schematicky na základe topografickej mapy. Čerpanie vody zo zaplaveného územia cez ČS Kamenná Moľva bolo zadané podľa podkladov SVP.



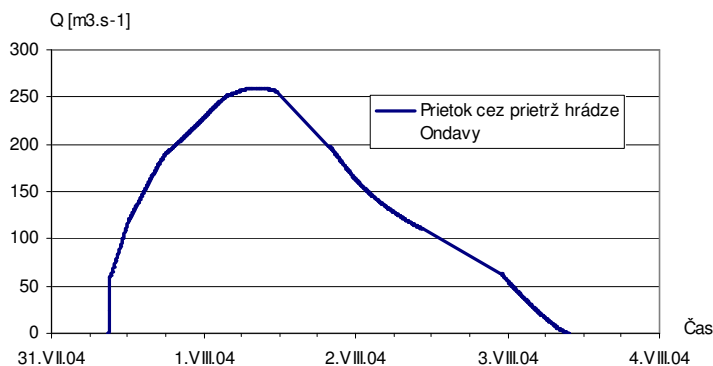
Obr. 1. Pôdorysné znázornenie modelovej schematizácie prietrže hrádze na Ondave



Obr. 2 Situácia prietže hrádzce na Ondave v lete 2004

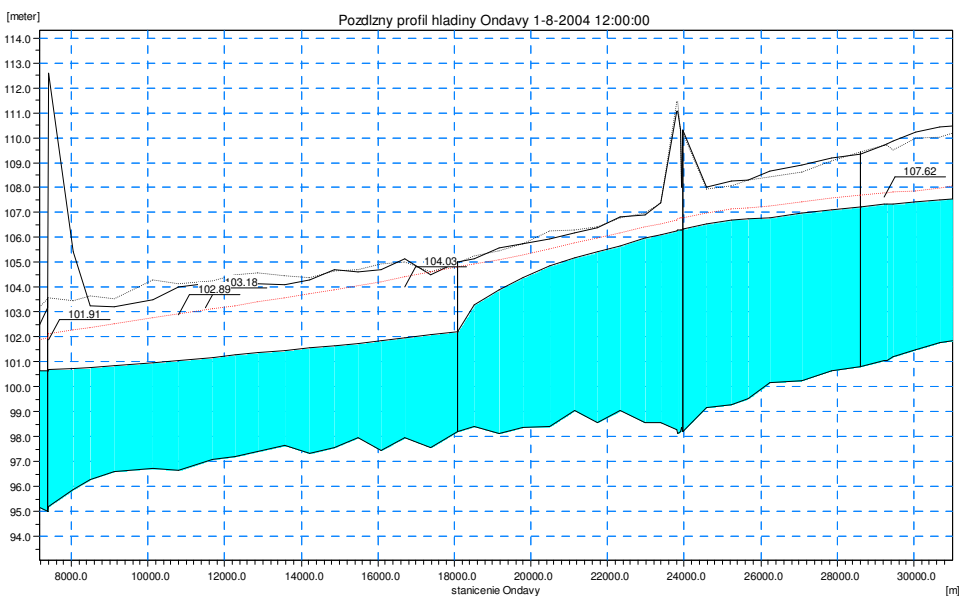
Vplyv prietrže hrádze na Ondave

Výsledky preukázali, že simulovaný prietok vody do územia za hrádzou cez otvor prietrže rýchlo narastal a podľa výsledkov modelu dosiahol 1. augusta okolo 8. hodiny maximálny prietok $260 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Modelovaný prietokový hydrogram cez otvor prietrže je uvedený na obrázku Obr. 3. Celkový objem vody, ktorá cez otvor prietrže vytekla, bol podľa uvedeného prietokového hydrogramu cca 37 mil. m^3 . Celkový objem povodňovej vlny na Ondave v profile Horovce (rkm 29,220) bol podľa modelu cca 170 mil. m^3 .



Obr. 3. Časový vývoj prietoku cez otvor prietrže v ľavostrannej hrádzi Ondavy

Priebeh hladiny vody v Ondave reagoval na prietrž prakticky okamžite, hladina v mieste prietrže rýchlo klesala, zvýšený sklon hladiny vyvolal zníženie hladiny aj nad prietržou. Pod prietržou pokračoval cez koryto Ondavy prietok znížený o množstvo vytekajúce cez prietrž. To malo za následok klesanie hladiny v koryte Ondavy pod prietržou. Na obrázku Obr. 4 je znázornený pozdĺžny profil hladiny Ondavy, ovplyvnený prietržou hrádze. Znáznorená je situácia dňa 1. 8. 2004 o 12. hodine, 27 hodín po prietrži hrádze. Čiarkovaná červená čiara znázorňuje kulminačnú hladinu.



Obr. 4 Vplyv prietrže hrádze na pozdĺžny profil hladiny Ondavy

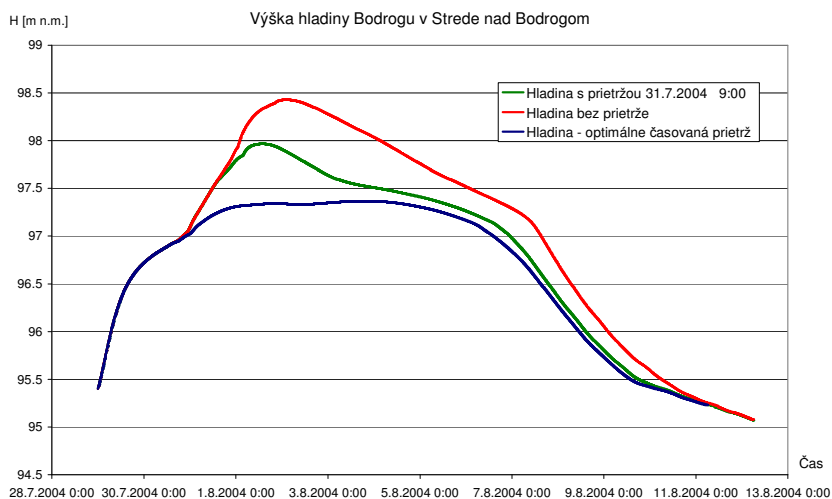
Simulovaná bola aj situácia bez prietrže hrádze. Porovnaním výsledkov simulácií s prietržou a bez prietrže sa zistil vplyv prietrže na priebeh povodne na Ondave a ďalších riečnych úsekoch v povodí Bodrogu.

Výsledky preukázali, že prietrž ľavostrannej ochrannej hrádze pri Markovciach 31. 7. 2004 výrazne neovplyvnila dosiahnutú výšku kulminačnej hladiny na Ondave. Hladina na Ondave v okolí prietrže (rkm 16 – 20) by bez prietrže hrádze ešte vystúpila vyššie o 12 - 15 cm. Rýchle klesanie hladiny vody v Ondave, spôsobené prietržou, však ovplyvnilo povodňový vývoj na Bodrogu a Latorici. Bez prietrže hrádze na Ondave by kulminačná hladina na Latorici v stanici Veľké Kapušany bola vyššie o 18 cm. Výraznejšie sa vplyv prietrže prejavil na Bodrogu v stanici Streda nad Bodrogom, kde by bez prietrže bola kulminačná hladina vyššia o 47 cm. Výška kulminačnej hladiny na Laborci v stanici Ižkovce už prietržou na Ondave nebola ovplyvnená, tam bola kulminačná hladina dosiahnutá ešte pred prietržou, avšak bez prietrže na Ondave by bol vplyvom vyššej hladiny na Bodrogu a Latorici podstatne pomalší pokles hladiny. Kulminačné hladiny a prietoky vo vodomerných staniciach, modelované s prietržou hrádze a bez prietrže, sú uvedené v tabuľke *Tab. 1*. V tabuľke vidno, ako prietrž transformovala prietok na Bodrogu. Kulminačný prietok v Streda nad Bodrogom by bol bez prietrže vyšší o 17 %.

Tab. 1. Kulminačné hladiny a prietoky 2004 vo vodomerných staniciach, modelované s prietržou a bez prietrže hrádze na Ondave

Stanica	rkm	Model - kulminácia 2004		Model - kulminácia 2004 bez prietrže na Ondave		Rozdiel	
		Q [m ³ .s ⁻¹]	H [m n.m.]	Q [m ³ .s ⁻¹]	H [m n.m.]	Q [m ³ .s ⁻¹]	H [cm]
Ondava - Horovce	29,220	490	107.65	490	107.66	0	1
Laborec - Ižkovce	10,300	174	99.57	174	99.57	0	0
Latorica - V. Kapušany	21,615	57	99.39	57	99.57	0	18
Bodrog - Streda	54,935	365	98.02	428	98.49	63	47

Na obrázku *Obr. 5*. je znázornený modelovaný časový vývoj výšky hladiny Bodrogu v profile Streda nad Bodrogom s prietržou a bez prietrže hrádze na Ondave, pre situáciu z roku 2004.



Obr. 5. Modelovaný časový vývoj výšky hladiny Bodrogu v Streda nad Bodrogom s prietržou a bez prietrže hrádze na Ondave

Je zřejmé, že na vývoj povodňovej situácie v riečnom systéme má prietrž ochrannej hrádze výrazný vplyv. Rozhodujúce je nielen miesto prietrže, rozmery vzniknutého otvoru ale aj jej časový vývoj a načasovanie začiatku prietrže. V prípade snahy o maximálny transformačný účinok riadenej záplavy určitého územia, je potrebné optimalizovať čas začiatku otvárania hrádze. Zostavený matematický model bol použitý na simulovanie účinku otvorenia hrádze v rôznom čase povodne 2004. Optimálnym načasovaním prietrže hrádze (s parametrami ako v lete 2004) by sa dosiahol výrazný transformačný účinok. V Stredě nad Bodrogom by kulminačná hladina bola oproti reálnej hladine z leta 2004 nižšie o 60 cm a oproti situácii bez prietrže hrádze nižšie až o 107 cm. Účinok by sa prejavil aj na Latorici vo Veľkých Kapušanoch, znížením kulminačnej hladiny oproti reálnej z leta 2004 o 19 cm a oproti stavu bez prietrže hrádze o 37 cm. Takáto transformácia by sa dosiahla keby prietrž hrádze nastala vo výraznejšom predstihu pred kulmináciou povodne, v modelovom prípade 30. 7. o 9. hodine, teda 1deň pred časom skutočnej prietrže v lete 2004. V takom prípade by bol maximálny prietok cez otvor prietrže $400 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, celkový objem vytečenej vody by bol 56 mil. m^3 , teda výrazne vyššie hodnoty ako pri reálnej prietrži v lete 2004.

Záver

Matematický model riečnej siete Bodrogu bol využitý na modelovanie povodňovej situácie v lete 2004. Na základe modelovej simulácie sa zistilo, že prietrž hrádze na Ondave mierne znížila kulminačnú hladinu na dolnej Ondave a jej transformačný účinok sa výraznejšie prejavil na Bodrogu a Latorici. Vzťah časovania vzniku prietrže a jej transformačných účinkov, bol demonštrovaný na príklade scenára so skorším začiatkom prietrže na Ondave. V kritických situáciách sa v povodňovom manažmente niekedy využíva riadené zaplavenie určitých vopred vytipovaných území. Účinkom takto vytvoreného retenčného priestoru je niekedy možné ochrániť územie, ktorého zaplavením by vznikli podstatne väčšie škody. Pomocou matematického modelovania je možné posúdiť účinok vytvorenia dodatočnej retencie na vhodných územiach a zistiť optimálny priebeh a časovanie ich riadenej záplavy pre rôzne krízové scenáre.

Literatúra

Kundrát, V., Lukáč, M.: Medzinárodný manažment povodní v povodí Bodrogu. Zborník konferencie Ochrana pred povodňami a bezpečnosť vodných stavieb. Bratislava, september 2003, s. 105 – 109.

SVP, OZ Košice: Súhrnná správa z povodňovej aktivity od 27. VII. 2004 – do XI. 2004 na tokoch a vodných dielach v správe SVP, š. p., OZ Košice.