

NUMERIČKI MODEL PLAVNOG VALA NA RIJECI NERETVI, FBiH

Haris KALAJDŽISALIHović, dipl.ing.građ.

Građevinski Fakultet u Sarajevu, Patriotske lige 30, email: kahariss@gmail.com

Alma BIBOVIĆ, dipl.ing.građ

Zavod za Vodoprivredu d.d. Sarajevo, Braće Begić 43, email: a.bibovic@vodoprivreda.ba

REZIME

Numeričko 1D modeliranje Saint-Venanovih jednačina postaje sve veća praksa sa napretkom računarskih softvera. Kartiranje poplava je stepenica iznad, koja ima za cilj dalje definisanje šteta definisanje mapa rizika, kao posljednjeg koraka prije donošenja odluke o stepenu i prioritetu zaštite određenog područja. Na primjeru dijela rijeke Neretve u Federaciji BiH sačinjen je model, u softveru MIKE11 DHI, koji bi imao domen modeliranja velikih voda, te date plavne mape pomenutog područja. Mape rizika nisu prikazane ovim radom. Plavljenje je izazvano vještačkim vodnim valom izazvanim manipulacijom na HE Mostar. Najveća zaštita od vještački izazvanih valova jeste samo upravljanje objektima koji izazivaju vještačke vodne valove.

Ključne reči: Saint Venanove jednačine, Kartiranje poplava, 1D numeričko modeliranje

1. OPŠTE KARAKTERISTIKE PODRUČJA

1.1. Položaj, veličina i hidrografija

Neretva je kraška rijeka centralne Hercegovine koja drenira središnji dio Dinarskog planinskog sistema od vododjelnice sa crnomorskim slivom do Jadranskog mora. Slivno područje na zapadu graniči sa kraškim poljima sliva r. Cetine, na sjeveru sa slivom r. Vrbasa, na sjeveroistoku sa slivom r. Bosne, a na istoku sa slivom r. Drine i slivom Trebišnjice, koji jednim dijelom pripada i slivu Jadranskog mora. Sliv Neretve je spljoštenog oblika, koji je izuzetno nesimetričan. Sam tok r. Neretve ima oblik širokog upitnika (?) preslikanog u ogledalu, slika1., tako da u dužini od oko 30 km srednji tok r. Neretve teče paralelno sa svojim gornjim tokom. Ovakav položaj glavnog toka r. Neretve može objasniti karakterističnost kod pojave velikih vodnih valova u vidu postojanja dva špica u kratkom vremenskom razmaku.



Slika 1. Plavom bojom prikazan je tok rijeke Neretve u BiH

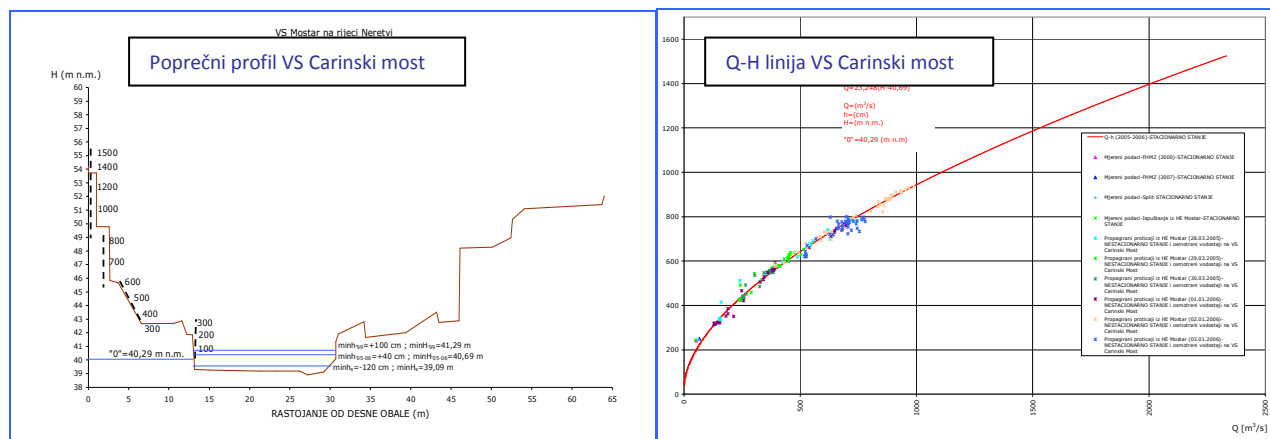
Razmatrano poplavno područje se nalazi u donjem toku rijeke Neretve nizvodno od ušća rijeke Bune do granice BiH. Od željezničkog mosta, na kome je locirana V.S.Bačevići do državne granice u Metkoviću, dužina razmatrane dionice iznosi oko 37 km. Područje se nalazi na nadmorskoj visini od 4 do 38 m.n.m. sa prosječnim padom prirodnog korita 0,92. Najznačajnije pritoke u razmatranom području su Trebižat, Buna, Bregava i Krupa.

1.2. Hidrološke podloge

Na slivnom području Neretve vezano za razmatrano šire poplavno područje kontinuirano ili sa prekidima je bilo u funkciji više hidroloških mjernih profila. U narednoj tabeli su date vodomjerne stanice od interesa sa osnovnim geografskim i parametrima.

Tabela 1. Prikaz vodomjernih stanica na slivnom području rijeke Neretve

	Vodomj. stanica	Vodotok	Geograf. koordinata Širina	Dužina	Kota nule	Sada postoji	Period rada	Opremljena '92
1	Mostar	Neretva	43 20 57	17 48 51	40,27	Da	1887-2002	limnigraf
2	Bačevići	Neretva	43 17 05	17 50 09	30,53	Ne	1957-1992	limnigraf
3	Žitomislići	Neretva	43 12 05	17 47 22	16,25	Da	1909-2002	limnigraf



Slika 2. Podaci sa vodomjerne stanice

2. MATEMATSKI MODEL TEČENJA

Kako je riječ o jednodimenzionalnim modelima, sve relacije su integrisane po poprečnom presjeku, tj brzina je jednaka po cijelom poprečnom presjeku vodotoka

2.1. Dinamička jednačina prilagođena prelaznim režimima tečenja

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \beta \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \text{trenje} = 0 \tag{1}$$

$$\beta = \begin{cases} 1 & \text{za } Fr \leq 1 \\ 1/Fr^2 & \text{za } Fr > 1 \end{cases} \tag{1.1}$$

2.2. Jednačina održaja mase

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \tag{2}$$

Gdje su:

Q - proticaj

A – površina poprečnog presjeka

h – dubina vode od vodnog lica do dna

q – lateralni dotok

C – Chezy-ev koeficijent otpora

R – hidraulički radijus

α - koeficijent raspodjele brzine

t - vrijeme

x - podužna koordinata

g – gravitaciono ubrzanje

β – koeficijent konvektivnog člana

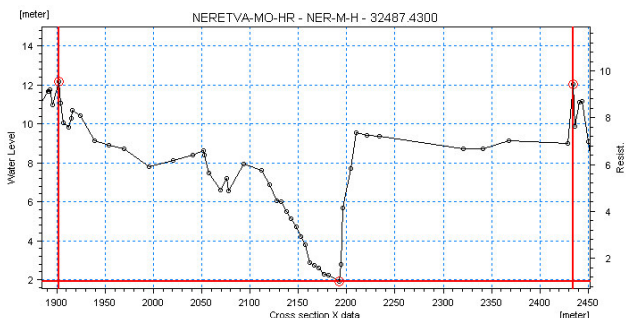
3. NUMERIČKI MODEL

3.1. Aproksimacija jednačina konačnim razlikama

I dinamička i jednačina kontinuiteta su aproksimirane tzv. „Forward time center space“ (FTCS) Abbott-ionosco-vom shemom sa 6 tačaka. Metoda je prvog reda tačnosti po vremenu a drugog po prostoru. Na kraju opisa vodotoka dobiju se tridiagonalni sistemi jednačina koje je potrebno riješiti, te su u okruženju MIKE 11 DHI riješene metodom „Double sweep“, kako bi se smanjio broj računski nepotrebnih operacija.

3.2. Područje modeliranja

Razmatrana dionica rijeke Neretve nalazi se neposredno nizvodno od akumulacije HE Mostar. Uzvodno od ove akumulacije, a što je značajno napomenuti nalaze se još dvije akumulacije sa malom zapreminom, Salakovac i Grabovica i dvije velike akumulacije koje su u sposobnosti prihvatiti veće količine vode, Jablanica i Rama. Cijela računaska dionica duga je 37 km.



Slika 7. Poprečni profil na stacionaži 32+487,43

3.5. Kalibracija modela

Kalibracija modela vršena je na podacima u period od 28.-31.03.2005 godine. U tom periodu desio se vještački vodni val naglim ispuštanjem većih količina vode iz akumulacije Jablanica, a kako nizvodne akumulacije nisu u sebi imale prostora za apsorbovanje istog, one su vršile propuštanje nadolazećeg vala. Podaci o ispuštenim količinama vode dati su na slici 6. Vodilja tariranjn koeficijenata bile su upute, tabela 1., te vizuelno posmatranje vodotoka, slika 8.

Tabela 1. Koeficijenti parcijalnih otpora [2]

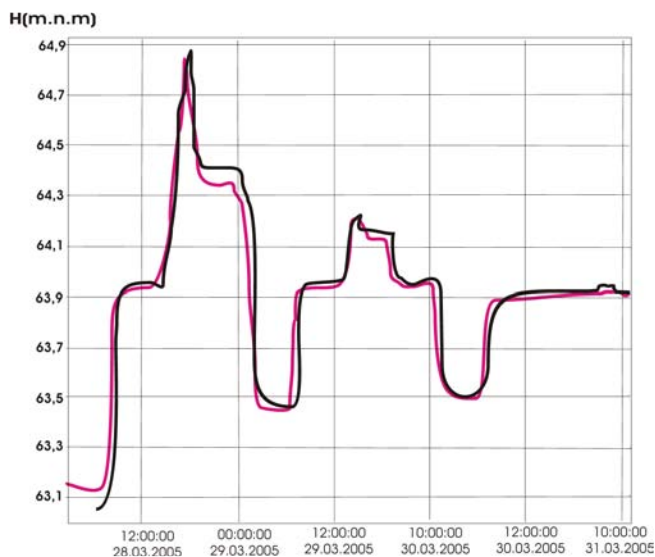
Oznaka	Vrsta otpora	Tipične vrijednosti [m ^{-1/3} s]
n ₀	trenje u pravolinijskom prizmatičnom koritu; zavisi od apsolutne hrapavosti dna (krupnoća nanosa)	
n ₁	uticaj nanosnih formacija na riječnom dnu	0,005 – 0,020
n ₂	uticaj neprizmatičnosti korita	0,005 – 0,015
n ₃	lokalni uticaji (građevine, mostovski stubovi itd.)	0,010 – 0,060
n ₄	uticaji vegetacije u koritu	0,020 – 0,100
c _m	koeficijent meandriranja	1,0 – 1,3

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) c_m$$

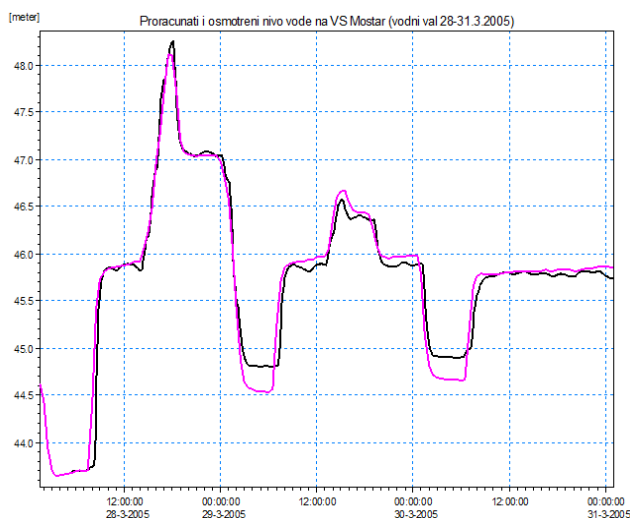


Slika 8. Pogled na dionicu od V.P. Sutina do V.S. Mostar - koeficijent otpora dobiven numeričkim proračunom iz nestacionarnih uvjeta za velike vode iznosi n = 0.085

Koeficijenti otpora tečenju su odabrani na tri različita nivoa, tako da jedni važe za minor korito, drugi za prvi sloj iznad, a posljednji za najviči sloj toka. Kada je u pitanju ovaj pristup, treba napomenuti da će koeficijenti u jednom od slojeva uticati na brzine tečenja i u drugom sloju na taj način što će jedan sloj „ubrzavati“, odnosno „usporavati“ drugi. Cijeli model je tariran na vrijednosti velikih voda i na datume ulaznih podataka. Kako se korito sastoji od krupnog šljunkovitog materijala kao, podložno je promjenama, naročito kada su u pitanju velike nestacionarnosti. U tom slučaju trebalo bi za svako naredno korištenje modela izvršiti provjeru geometrije vodotoka. Same vrijednosti koeficijenata u ovome radu neće biti prikazane, već samo simulirane vrijednosti nivoa vode na mjernim profilima a u poređenju sa mjerenim.



Slika 9. Paralelni prikaz mjerenih i računskih nivoa vode na VS Sutina (28.-31.03.2005)

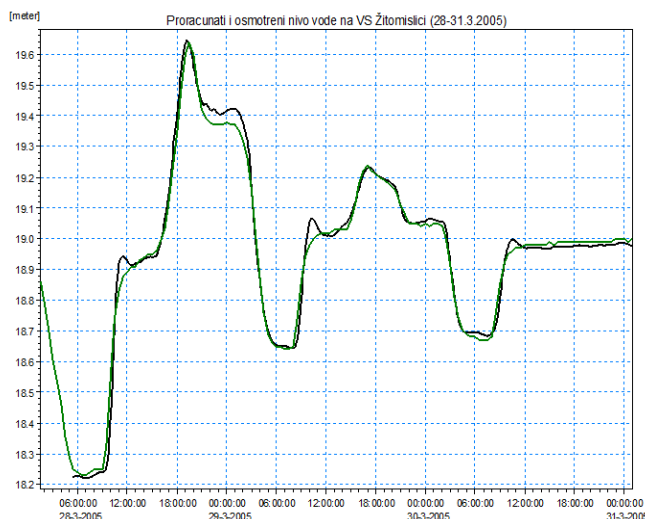


Slika 10. Paralelni prikaz mjerenih i računskih nivoa vode na VS Mostar (28.-31.03.2005)

3.6. Verifikacija modela

Zvanična procedura u formiranju jednog modela koji bi trebao važiti za sve vrijednosti proticaja, odnosno svih mogućih stanja proticaja bi bila verifikacija nakon

kalibracije modela. Ova procedura je svakako diskutabilna u slučaju vodotoka čija je morfologija podložna vremenskim promjenama, tako da bi za svako naredno modeliranje trebalo izvršiti eventualne promjene te ponovo verificirati model.

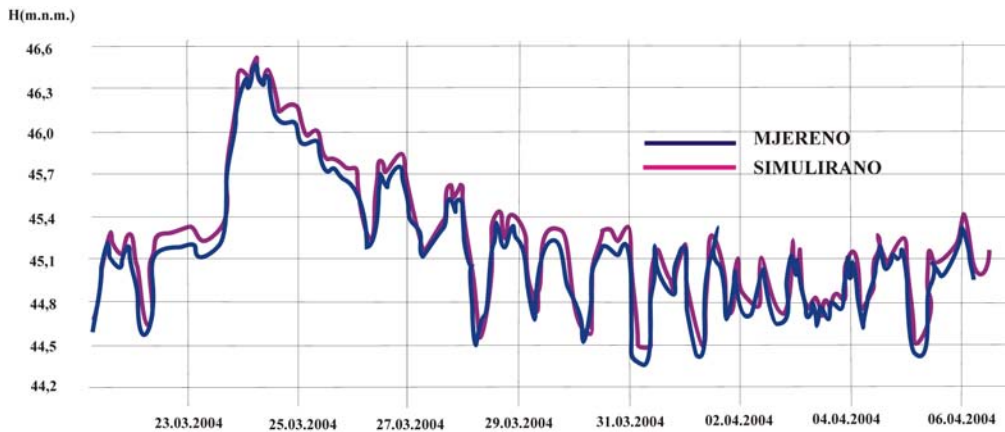


Slika 11. Paralelni prikaz mjerenih i računskih nivoa vode na VS Žitomislići (28.-31.03.2005)

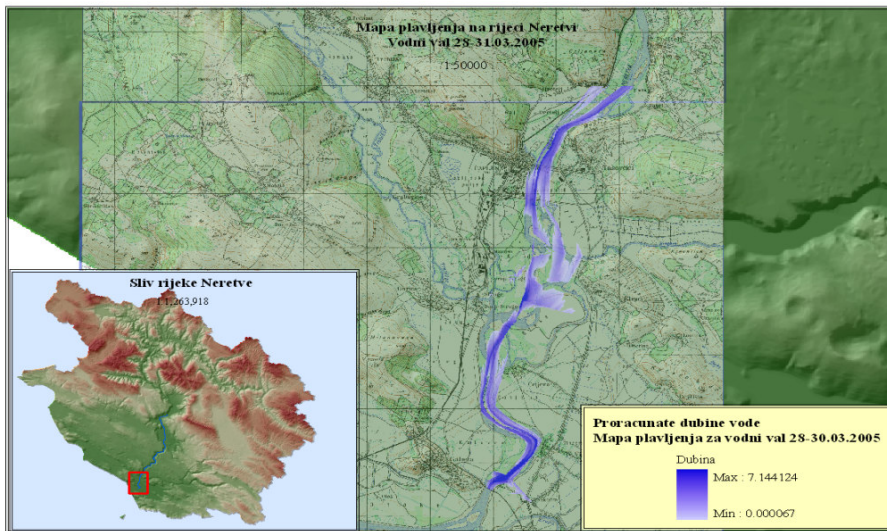
S druge strane kako softver MIKE 11 u svom proračunu obuhvata koeficijente otpora tečenju na taj način da postoji trenje, zavisnost, između dva visinski različita sloja sa različitim koeficijentima otpora, trebalo bi svakako model naknadno verificirati za značajniju izmjenu u ulaznim vremenskim serijama hidrograma, ili drugim riječima rečeno postojaće različiti modeli za velike, srednje i male vode. Ovaj model je tariran i verifikovan na vrijednosti velikih voda.

3.7. Poplavne mape područja

Kako se radi o veoma velikom potezu na kojem rijeka Neretva plavi u ovome radu neće biti prikazana cjelokupna mapa plavljenja, već će biti izdvojena određena područja koja plave a na kojima se poplava može jasno vidjeti. Kako bi prikaz bio bolji, a i dale moguća istraživanja u kartiranju šteta bi bila na ovaj način pogodnija, dat je prikaz i ortofoto 3D snimka i sa označenom poplavom, slika 14.



Slika12. Paralelni prikaz mjerenih i računskih vrijednosti nivoa vode na VS Mostar (21.03.2004-06.04.2004)



Slika 13. Maksimalne vrijednosti poplava mapirane na rijeci Neretvi na dane 28.-31.03.2005



Slika 14. 3D prikaz jednog naseljenog područja obuhvaćenog poplavom



Slika 15. Mostar prije plavnog vala (izvor internet)



Slika 16. Mostar u toku plavnog vala (izvor internet)

4. ZAKLJUČCI

- Model rijeke Neretve važi za vodne valove sa velikim proticajima, većim od 500m³/s.
- Morfologija riječnog dna je promjenjiva pa za svako naredno korištenja treba napraviti provjeru iste.
- Model je 1D, te nije u mogućnosti prikazati nadvišenje nivoa vode u krivinama.
- Za tačnije definisanje koeficijenata otpora tečenju za sve vrijednosti proticaja trebalo bi koristiti dosta više vremenskih serija ulaznih podataka nego li je to dato preporukama o kalibraciji i verifikaciji. Tada bi model bio upotrebljiviji i za ostale vrijednosti protoka a ne samo za date zaključkom 1.

- Kartiranje poplava je prethodnik kartiranju rizika, a što je parameter za donošenje odluke o stepenu zaštite i prioritetu jednog područja nad drugim.

LITERATURA

- [1] DHI MIKE11, A Modelling System for Rivers and Channels, Reference manual, DHI software 2004.
- [2] Miodrag B. Jovanović; REGULACIJA REKA- Rečna hidraulika i morfologija, Građevinski fakultet Beograd, 2002.
- [3] Glavni preventivni plan zaštite od poplava za FBiH, Zavod za vodoprivredu d.d. Sarajevo, 2000 god.

NUMERICAL MODEL OF FLOOD WAVE ON RIVER NERETVA, FEDERATION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

by

Haris KALAJDŽISALIHović, dipl.ing.grad.
Faculty of Civil Engineering, Sarajevo
Alma BIBOVIĆ, dipl.ing.grad
Institute for Water Management, Sarajevo

Summary

Numerical 1D modelling nowadays is in practice by using softwares. Flood mapping is one level above it and it's aim is defining damages and maps of risks as last step before concluding about priority of flood protection. In example, of river Neretva in Federation of Bosnia and Herzegovina, using software MIKE 11 by DHI, high water levels and flood maps are simulated.

Maps of risks are not included in this paper. Flooding is caused by handling on upstream power plant "Mostar". Highest level of protection in such conditions is good management plan for power plants.

Key words: Saint Venan equations, Flood mapping, 1D numerical modelling

Redigovano 26.09.2011.