

Određivanje računskog hidrograma velikih voda metodom bilansiranog hidrograma

Borislava Blagojević¹
Vladislava Mihailović²

APSTRAKT: Prilikom projektovanja hidrotehničkih objekata i sprovođenja različitih mera radi postizanja vodoprivrednih ciljeva, za mnoge namene je potrebno poznavati hidrogram velikih voda. Određivanje računskog hidrograma velikih voda u profilima hidroloških stanica podrazumeva statističku analizu karakterističnih veličina, u okviru koje se dolazi do vršnog protoka, zapremine i oblika hidrograma. Metoda bilansiranog hidrograma za određivanje računskog hidrograma koristi zadati oblik opaženog hidrograma i rezultate statističke analize zapremine jednog ili više trajanja. Cilj rada je da se na primeru analize jedne stanice pokaže primena metode bilansiranog hidrograma za dobijanje računskih hidrograma različitih povratnih perioda. Odabrana stanica je Pirot na reci Nišavi, za koju postoje osmotreni trenutni godišnji maksimumi u periodu osmatranja, a pripadajuća površina sliva od 1745 km², omogućava da se analiza nesmetano sprovede na srednjim dnevnim podacima registrovanih protoka. Razmatranje pogodnih oblika i trajanja bilansiranog hidrograma, ukazuju na fleksibilnost ove metode u primeni.

Ključne reči: velike vode, računski hidrogram, bilansirani hidrogram, merodavni hidrogram velikih voda

Flood flow hydrograph assessment by the balanced hydrograph method

ABSTRACT: In the design process of hydraulic structures, and for the implementation of measures for achieving water management goals, for many purposes flood hydrograph is required. Assessment of flood hydrographs at hydrological stations implies statistical analysis of flood wave characteristics, within which the peak flow, volume and shape of the hydrograph are obtained. The balanced hydrograph method uses a given pattern of the observed hydrograph to determine the shape of the estimated hydrograph, that contain specific exceedance flow rates/volumes across one or more durations. The aim of this paper is to show the application of the balanced hydrograph method for estimating flood hydrographs of different return periods in a single station analysis. The selected station is Pirot on the river Nisava, with gauged instantaneous annual flow maxima in the entire flow record, while the associated catchment area of 1745 km² allows for the analysis to be carried out smoothly on the mean daily gauged flows. By investigating flood hydrograph pattern and duration, the flexibility of the balanced hydrograph method is shown.

Keywords: Flood flow, computational flood hydrograph, balanced hydrograph, design flow hydrograph

¹ Doc. dr Borislava Blagojević, Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, borislava.blagojevic@gaf.ni.ac.rs

² Doc. dr Vladislava Mihailović, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, vladislava.mihailovic@sfb.bg.ac.rs

1 Uvod

U analizi velikih voda, najčešće se tretiraju maksimalni protoci, odnosno vršne ordinate hidrograma velikih voda, zatim zapremine talasa, a za neke namene u hidrotehnici i vodoprivredi, traži se poznavanje i celog hidrograma (Petković i Janković, 1986). Kada su u pitanju lokacije na kojima ima dovoljno podataka osmatranja protoka za statističku analizu, tj. hidrološki izučeni profili, primenjuju se statističke metode. Metodologija statističke analize za ocenu kvantila protoka u profilima hidroloških stanica mora se primenjivati sa dozom opreza u analizi zapremina, zbog mogućnosti promene raspodele populacije s obzirom na razmatranje različitih trajanja talasa i različitost njihovih uzroka (kiša, sneg i kombinacija) (Cudworth, 1989).

Metode za određivanje računskih hidrograma u izučenim profilima, koje se zasnivaju isključivo na podacima osmatranja protoka a koriste se u domaćoj praksi su: metoda oblika hidrograma (Jovanović, 1989) ili njena varijanta, tipski hidrogram (Prohaska i Petković, 1989) i kompozicioni postupak (Petković i sar., 1977, Zelenhasić i Ruski, 1991). Prohaska i saradnici (2020) su prikazali računске hidrograme u profilima 143 hidrološke stanice (HS) na teritoriji Srbije dobijene, metodom graničnog intenziteta oticaja koja koristi podatke o padavinama.

Metoda oblika hidrograma, koncipirana je sa jedne strane na dobijanju jedinstvenog hidrograma direktnog oticaja u bezdimenzionalnom obliku i sa druge, na analizi verovatnoće pojave vršnih protoka i zapremina talasa direktnog oticaja. U postupku obrade osmotrenih talasa, odvajaju se bazni i direktni oticaj i za svaki talas računa koeficijent punoće – odnos zapremine i proizvoda maksimalne ordinate i trajanja talasa. Pojedinačni talasi direktnog oticaja pretvaraju se u bezdimenzionalni oblik i zatim osrednje u celom periodu obrade, a osrednjava se i koeficijent punoće talasa. Hidrogram željene verovatnoće pojave rekonstruiše se na osnovu bezdimenzionalnog, proračunom baze hidrograma iz odnosa zapremine i protoka te iste verovatnoće pojave uz korišćenje osrednjenog koeficijenta punoće, dok se ordinate dobijaju preko maksimalnog protoka te verovatnoće. Kako je na ovaj način određen hidrogram direktnog oticaja, na krajeve je potrebno dodati bazni oticaj da bi se dobio konačni računski hidrogram. Primena ove metode nije jednoznačna, prvenstveno zbog odvajanja direktnog oticaja, koje kod složenih talasa može biti komplikovano i zatim vraćanja baznog oticaja, koji se takođe osrednjava na početku i kraju talasa. U varijanti ove metode, tipskom hidrogramu, razlika je u početnoj obradi talasa, gde se umesto promenljivog baznog protoka, oduzima konstantan protok, koji može biti npr. srednji protok (Prohaska i sar., 2020). Potencijalni problemi u primeni metode koje su uočili Prohaska i saradnici (2020) su širok opseg u kome varira koeficijent punoće talasa i nejednoznačna veza maksimalnih protoka i zapremina talasa.

Na statističkoj analizi zapremina talasa različitih trajanja, bazira se kompozicioni postupak. Osnovna pretpostavka je da isti odnos verovatnoće maksimalne ordinate i zapremine talasa u celoj sezoni velikih voda važi i u kraćim periodima, za pojedinačne talase ili epizode (Zelenhasić i Ruski, 1991). Zapremine za analizu se formiraju iz svih talasa oko trenutka pojave vršnog protoka i računaju se naizmeničnim dodavanjem (blokova) zapremina iz faze porasta i opadanja hidrograma - širenjem vremenskog intervala. Protoci razmatranog povratnog perioda se dobijaju na osnovu priraštaja zapremine tog povratnog perioda u različitim vremenskim intervalima.

Metoda bilansiranog hidrograma ima sličnosti sa obe navedene metode. Kao i u metodi oblika/tipskog hidrograma, potrebno je da postoji oblik hidrograma koji će se „očuvati“, a formiranje zapremina za statističku analizu je slično kao kod kompozicionog postupka. U metodi bilansiranog hidrograma, isti oblik osmotrenog hidrograma se primenjuje za sva trajanja talasa, a zapremine dobijene statističkom analizom se iterativnim postupkom uklapaju u taj oblik. Ova metoda je postojala u Preporukama za proračun velikih voda u USA, Biltenu 17B (ICWD, 1982), a preuzeta je bez izmena i u njegovoj reviziji, Biltenu 17C (England et al., 2018, USACE, 2019).

Cilj istraživanja je prikaz mogućeg načina razmatranja zabeleženih talasa velikih voda za usvajanje oblika hidrograma i izbor trajanja talasa u postupku dobijanja računskog hidrograma metodom bilansiranog hidrograma, na primeru jedne HS.

2 Metodologija

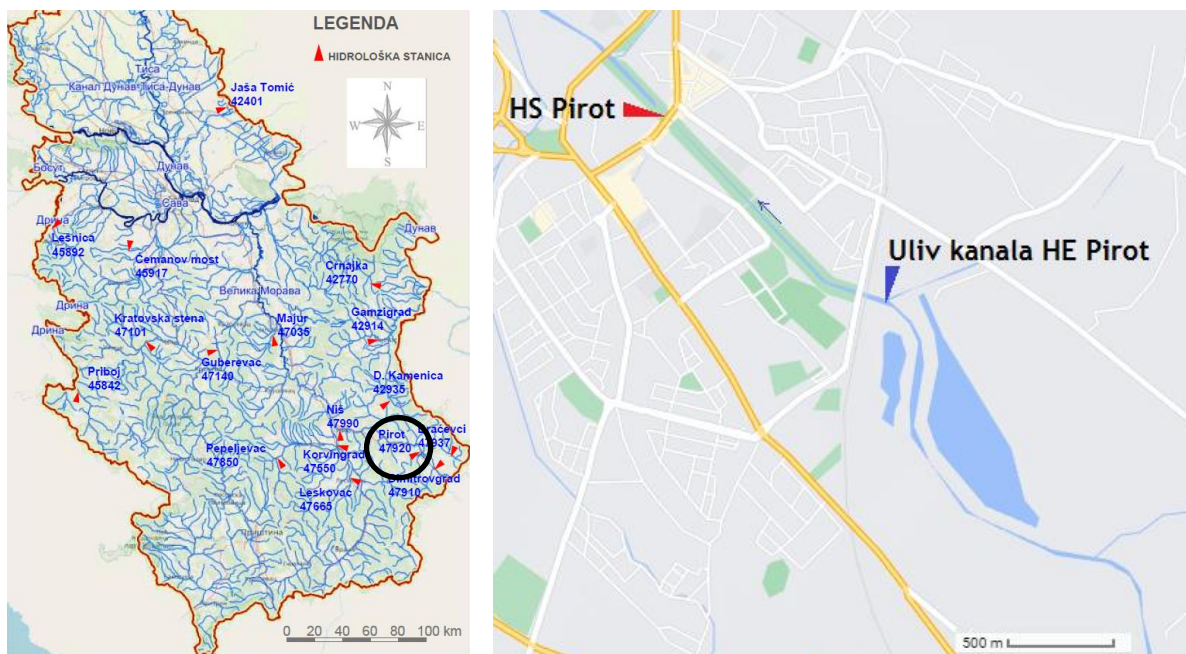
2.1 Ulazni podaci

Izbor HS za sprovođenje ovog istraživanja je uslovljen obimom podatka osmatranja na dnevnom nivou i zastupljenošću trenutnih maksimuma u nizu godišnjih maksimuma. Analizirano je stanje podataka na sedamnaest HS osmatračke mreže površinskih voda Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije (RHMZS), koje su deo šireg istraživanja. Ispitivanje podobnosti nizova godišnjih maksimuma za statističku analizu je obavljeno u prethodnim istraživanjima za nizove formirane za kalendarsku godinu (Đokić i sar., 2021) i hidrološku godinu (Bogojević i sar., 2021).

HS Pirot na reci Nišavi izabrana je kao jedina stanica koja u periodu osmatranja ima sve trenutne maksimume godišnjih protoka i sa površinom slivnog područja od 1745 km² omogućava da se analiza nesmetano sprovede na srednjim dnevnim podacima. Naime, prema Plavšić (2019) na slivovima koji imaju manju površinu (200 - 1000 km²) u modeliranju velikih voda treba koristiti vremensku rezoluciju kraću od jednog dana.

Ulazni podaci o protocima na HS Pirot (RHMZS, -) su nizovi osmotrenih srednjih dnevnih protoka u periodu 01.10.1977 - 30.09.2020. i odgovarajući niz osmotrenih godišnjih maksimuma u hidrološkoj godini (01.10-30.09.). Problem nedostatka podataka osmatranja u celoj kalendarskoj 1985. godini je prevaziđen tako što je ta godina preskočena u analizi zapremina, a u analizi verovatnoće pojave maksimalnih godišnjih protoka, podatak koji nedostaje nadoknađen je preko praga percepcije – intervalnoj predstavi podataka preko donjeg i gornjeg praga percepcije (Blagojević i sar., 2021), koji se koristi u novim Preporukama za proračun velikih voda u SAD – Biltenu 17 C (England et al., 2018).

Neposredno uzvodno od lokacije HS Pirot (Slika 1), nalazi se uliv kanala iz Hidroelektrane 'Pirot', koja od 1990. godine proizvodi električnu energiju iz vode akumulacije 'Zavoj' na reci Visočici. Kako se radi o vršnoj hidroelektrani, ona ima uticaja na protoke vode koji se registruju na HS Pirot, koja prema tome nije u potpuno prirodnom režimu. Prilikom interpretacije rezultata istraživanja, o ovoj činjenici je vođeno računa.



Slika 1. Levo: Lokacija HS Pirot u Srbiji (Preuzeto iz: Bogojević i sar., 2021). Desno: Okolina HS u Pirotu.

Figure 1. Left: Location of HS Pirot in Serbia (Source: Bogojević et al., 2021). Right: HS surrounding in Pirot.

2.2 Bilansirani hidrogram

Procedura dobijanja bilansiranog hidrograma sastoji se od dve faze i sprovedena je pomoću softverskog paketa HEC-SSP, verzija 2.2 (USACE, 2019). U prvoj fazi analiziraju se zapremine (USACE, 1975a), a u drugoj se korišćenjem tih rezultata dobijaju bilansirani hidrogrami željenih verovatnoća pojave (USACE, 1975b).

Rezultat prve faze su krive zapremina-trajanje-povratni period, odn. protok-trajanje-povratni period (QTP). Moguće je odabrati nekoliko teorijskih raspodela za modeliranje QTP krivih (normalna, log-normalna, Pirson3 i log-Pirson3). Postupak se može ponoviti nekoliko puta, ukoliko se uoče nelogični rezultati - preklapanje krivih verovatnoće. U takvim slučajevima se preporučuje ili izbor neke druge raspodele, ili se položaj krivih koje odstupaju od opšte tendencije može blago korigovati promenom koeficijenta asimetrije za konkretni krivu, tj. trajanje talasa.

U drugu fazu proračuna se ulazi zadavanjem statistika zapremina svih karakterističnih trajanja talasa dobijenih u prvoj fazi. Zatim je potrebno zadati period (iz osmotrenog hidrograma srednjih dnevnih protoka) u kome se nalazi željeni oblik osmotrenog talasa i definišu se željena trajanja talasa. Ovo je takođe iterativan postupak, jer je potrebno ispitati nekoliko oblika talasa i za svaki od njih nekoliko kombinacija trajanja, da bi se dobio konačni bilansirani hidrogram. Pri tome se ne moraju odabrati sva trajanja za koja su određene QTP krive.

Konačni bilansirani hidrogram daje se preko srednjih dnevnih protoka, u okviru definisanog perioda za oblik talasa, tako da su vrednosti protoka na početku i kraju talasa jednake osmotrenim vrednostima i nema potrebe za bilo kakvom rekonstrukcijom vrednosti protoka u tom smislu. Kvantili trenutnih vrednosti protoka mogu se ubaciti u bilansirane hidrograme na odgovarajućem mestu, ali i ne moraju, jer je utvrđeno da za zapremine ova intervencija nije relevantna (Cudworth, 1989). Radi izgladivanja/uglačavanja opadajuće i rastuće grane hidrograma mogu se primeniti različite tehnike.

2.2.1 Izbor oblika hidrograma

Smisao izbora oblika talasa je da odražavaju neko kritično ponašanje sliva u periodu velikih voda, koje se može izabrati i s obzirom na namenu proračuna. U istraživanju su postavljeni sledeći kriterijumi za uži izbor talasa:

1. Talas sa najvišom zabeleženom trenutnom vršnom ordinatom - $Q_{max}(IDF)$,
2. Talas sa najvišom zabeleženom srednjom dnevnom ordinatom - $Q_{max}(MDF)$,
3. Talas najveće zapremine direktnog oticaja - V_{dmax} ,
4. Talas najveće ukupne zapremine oticaja - V_{max} ,
5. Talas najdužeg trajanja direktnog oticaja - T_{bmax}
6. Najintenzivniji talas - $(V/T_b)_{max}$
7. Najintenzivniji talas u fazi porasta - $(V_p/T_p)_{max}$
8. Najkraće vreme porasta talasa - T_{pmin}
9. Talas za koji je dobijena najveća vrednost koeficijenta punoće ($\alpha = V/Q_{max} \cdot T_b$) - α_{max} ,
10. Simetričan talas - preporuka iz literature (Cudworth, 1989).

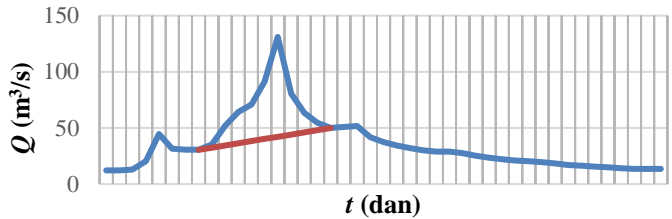
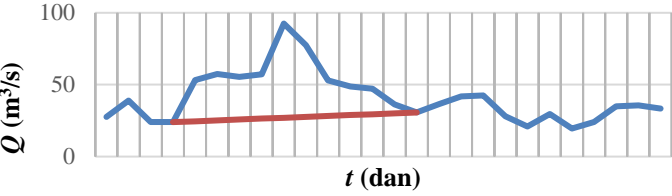
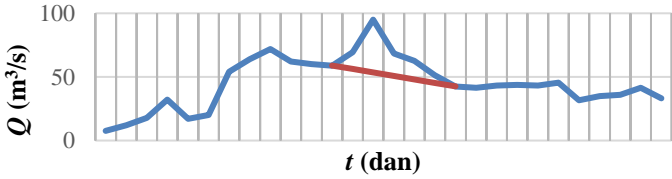
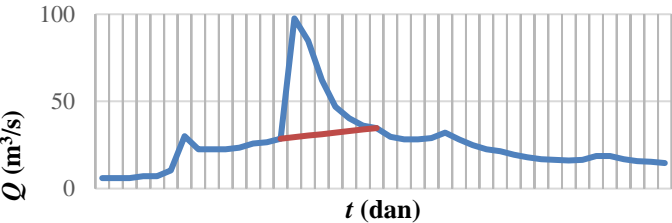
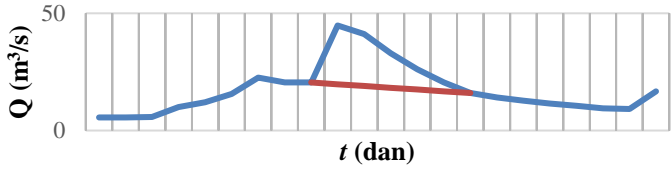
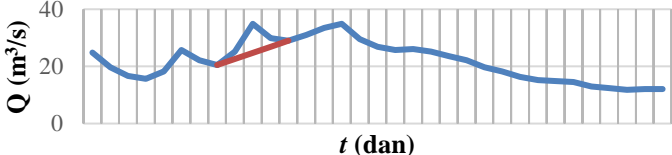
Tabela 1 sadrži talase koji ispunjavaju postavljene kriterijume. Očekivano, nekoliko talasa ispunjava više njih.

Prilikom pripreme analize talasa i proračuna osnovnih karakteristika, primenjeno je grubo odvajanje direktnog i baznog oticaja (crvena linija na hidrogramima u Tabeli 1), zato što je za metodu bilansiranog hidrograma važnije da se što bolje oceni trajanje talasa - početak i kraj direktnog oticaja u odnosu na precizno određivanje zapremina direktnog i baznog oticaja. Kod svih talasa kod kojih je opadajuća grana bila bez sekundarnih talasa, primenjena je logaritamska transformacija recesione grane hidrograma da bi se odredio kraj direktnog oticaja (npr. talasi iz 1987, 1989. i 2003. u Tabeli 1). Na osnovu utvrđenih trajanja talasa, zadata su trajanja za razmatranje u metodi bilansiranog hidrograma, tako da je ova pripremna analiza bila neophodna da bi mogao da se stekne uvid u talase.

U retkim situacijama, dešava se da se dan pojave maksimalne srednje dnevne ordinate $Q_{max}(MDF)$, ne poklapa sa danom pojave maksimalne trenutne ordinate $Q_{max}(IDF)$ u istoj hidrološkoj godini. U takvim situacijama su talasi uzimani u uži izbor samo ukoliko su deo iste poplavne epizode.

Tabela 1. Registrovani godišnji talasi velikih voda na HS Pirot koji zadovoljavaju postavljene kriterijume za izbor oblika hidrograma.

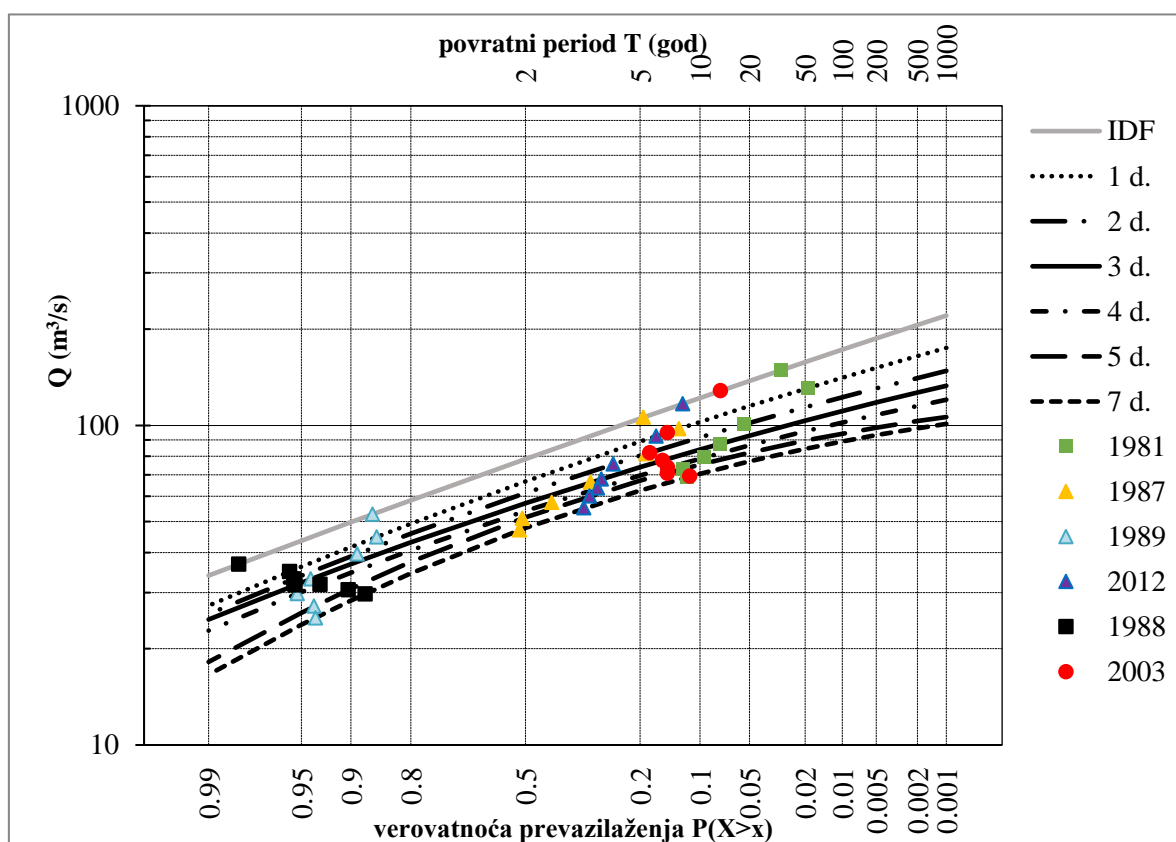
Table 1. Gauged annual flood waves at HS Pirot that satisfy criteria set for flood hydrograph shape selection.

Ispunjava kriterijum #	Datum pojave trenutne vršne ordinate - $Q_{max}(IDF)$	Osmotreni hidrogram
1, 2, 4, 10	14.03.1981.	
3, 5, 10	28.05.2012.	
6	11.01.2003.	
7, 8	01.04.1987.	
8	09.05.1989.	
9	28.03.1988.	

3 Rezultati i diskusija

3.1 Veza protoka i zapremina osmotrenih hidrograma

Provera veze protoka i zapremina talasa različitih trajanja, utvrđena je nanošenjem vrednosti kvantila protoka iz talasa koji su ušli u uži izbor (Tabela 1) na QTP krive (Slika 2). Ispravna veza bi se manifestovala porastom vrednosti protoka i smanjenjem verovatnoće prevazilaženja sa smanjenjem trajanja talasa. Sa slike 2 je očigledno da se od izabranih šest, jedan talas ponaša u skladu sa očekivanjima (2012. god.), a jedan sasvim suprotno (1988. god.), dok se kod ostalih talasa ponašanje menja sa promenom trajanja talasa. To ukazuje da su mehanizmi generisanja talasa različitih trajanja različiti i da talasi nisu iz iste epizode velikih voda.



Slika 2. Krive protok-trajanje-povratni period (QTP) i karakteristični kvantili zabeleženih poplavnih talasa.

Figure 2. Flow-duration-frequency curves and characteristic flood quantiles of gauged flood waves.

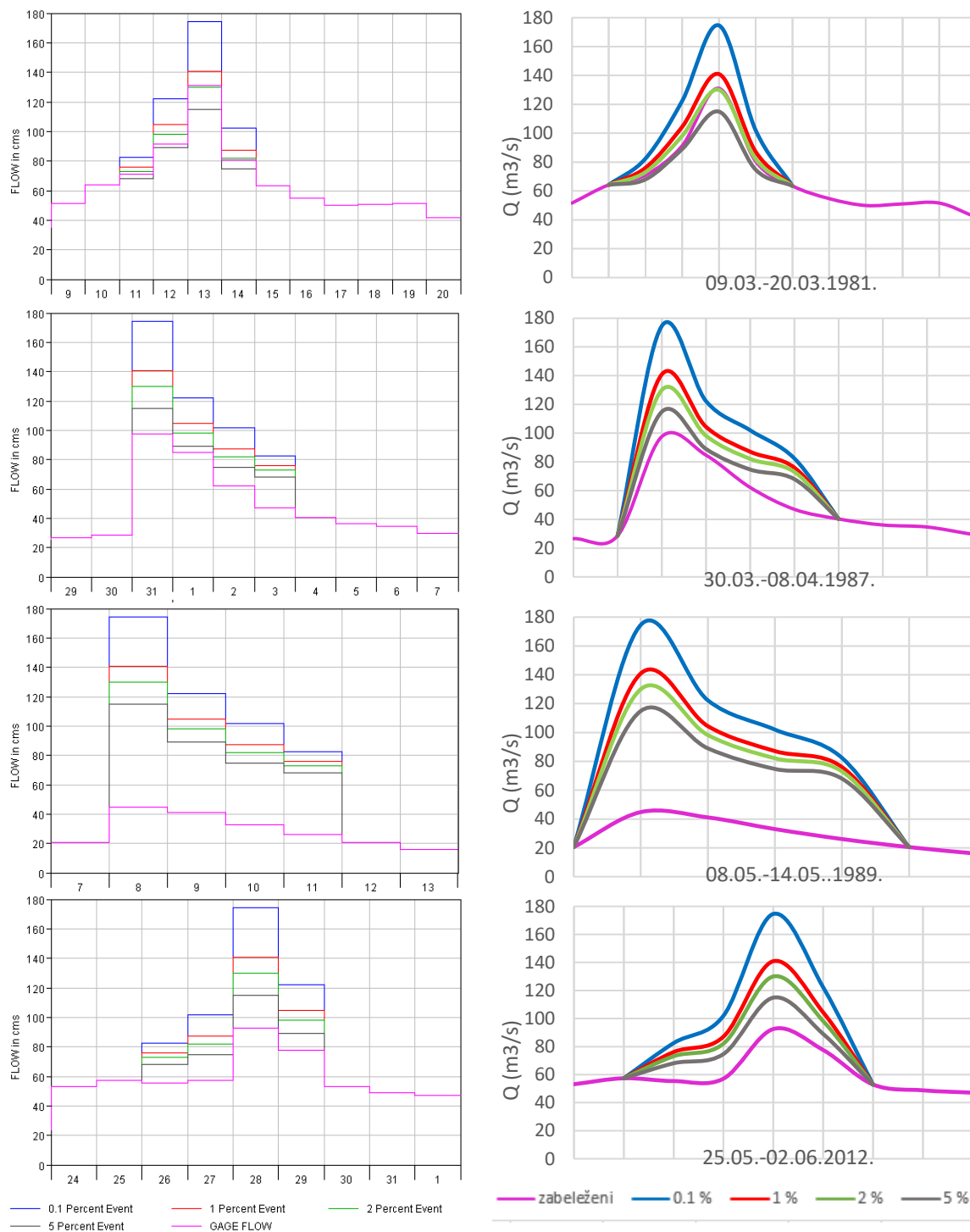
Kada je trajanje talasa u pitanju, sa Slike 2 se uočava da trajanje 7 dana svakako treba odbaciti zbog talasa iz 1981. god. a zbog talasa iz 1989. god. ne bi trebalo uzeti u obzir trajanja 5 i 7 dana. Talas iz 2003. godine pokazuje povezanost protoka i zapremina samo za kratka trajanja talasa – 1 i 2 dana, zbog toga što za veća trajanja obuhvata predtalas (Slika 1), tako da se nadalje neće uzimati u obzir.

Prema razmatranjima QTP krivih i kvantila protoka/zapremina i preliminarno odabranih talasa, bilansirane hidrograme bi trebalo uraditi za sve talase (osim za 1988. i 2003.) uz odabrana trajanja 1, 2, 3 i 4 dana.

Probom izrade bilansiranih hidrograma za trajanja duža od 4 dana, na opadajućoj i/ili rastućoj grani hidrograma, dobijen je nemoguć redosled verovatnoća prevazilaženja (npr 0.1% ispod 1 i 2 %, itd.), što pokazuje da je prikazana kontrola veze protoka i zapremina potrebna da bi se odabrao opseg trajanja talasa za bilansiranje i suzio set registrovanih talasa za izbor oblika.

3.2 Bilansirani hidrogrami

Bilansirani hidrogrami prikazani na Slici 3 levo, dobijeni su za trajanja 1-4 dana, verovatnoće prevazilaženja 0.1 %, 1 %, 2 % i 5 %, korišćenjem oblika registrovanih talasa iz sledećih godina: 1981, 1987, 1989, i 2012.

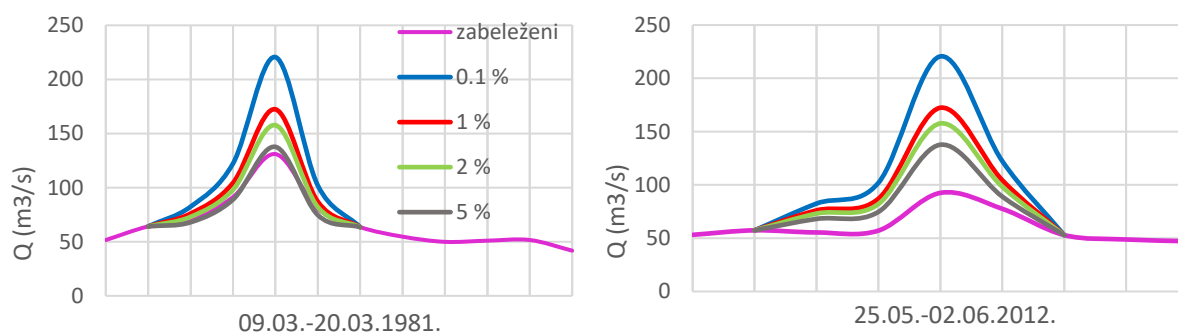


Slika 3. Sirovi bilansirani hidrogrami (levo) i izgladeni (desno).

Figure 3. Raw balanced hydrographs (left) and balanced ones (right).

Kako bilansirani hidrogram koristi odabrani oblik talasa, najbolje se može uočiti sa slike 3 levo, za epizode velikih voda iz 1987. i 1989. godine. Za vreme trajanja talasa od četiri zadata dana, sve ordinate u okviru jedne verovatnoće prevazilaženja su iste za oba talasa - bilansirani hidrogrami su isti jer se raspoređuju prema zadatom obliku, a kod oba talasa vrednosti opaženih ordinata opadaju od prvog do četvrtog dana.

Za dobijanje izgladenih hidrograma na slici 3 desno, korišćena je splajn transformacija ugrađena u *Microsoft Excel 2016*. Ovi hidrogrami mogu, ali i ne moraju biti konačni. U narednoj fazi obrade računskih hidrograma, može se intervenisati na vršnim ordinatama hidrograma. Rezultati takve intervencije su prikazani na slici 4 za oblike hidrograma iz 1981. i 2012. godine, koji nemaju izražene sekundarne talase.



Slika 4. Bilansirani hidrogram sa umetnutom trenutnom vrednošću vršne ordinate, oblik talasa iz 1981. (levo) i 2012. godine (desno).

Figure 4. Balanced hydrograph with IDF inserted at peak flow according to pattern shape from the year 1981 (left) and 2012 (right).

Strogo uzevši, intervencija na maksimalnoj ordinati hidrograma mogla bi biti urađena jedino na bilansiranom hidrogramu oblika iz 2012. godine, zbog toga što je za tu epizodu velikih voda redosled kvantila protoka/zapremina ispravan pri uspostavljanju veze za različita trajanja talasa, počevši od trenutne vrednosti protoka sve do talasa trajanja 4 dana (Slika 2). Prema tome, za opštu namenu, ovaj hidrogram bi bio usvojen za merodavni.

U praksi se predlaže da se do merodavnog hidrograma dođe isprobavanjem nekoliko varijanti bilansiranog hidrograma kroz modele (npr. hidrodinamički model tečenja, model rada akumulacije itd.) zbog kojih se radi hidrološka analiza velikih voda, a da se zatim prema rezultatima modeliranja utvrdi kritični/merodavni hidrogram (Cudworth, 1989).

4 Zaključak

Istraživanje prikazano u radu obuhvata dobijanje računskih hidrograma velikih voda u izučanim profilima, za koje se u domaćoj praksi koriste metoda oblika/tipskog hidrograma i kompozicioni postupak. Metoda bilansiranog hidrograma ima sličnosti sa obe metode, a posebno sa kompozicionim postupkom. Dobra strana metode je korišćenje oblika osmotrenog hidrograma za formiranje računskih hidrograma, što predstavlja korak manje u pripremi podataka za analizu – talasi koji se analiziraju su osmotreni talasi, tako da se na početku i kraju računskih talasa pojavljuju osmotrene vrednosti protoka. Prema tome, neizvesnost u oceni baznog protoka ili nekog drugog referentnog protoka je uklonjena.

Način na koji se može proveriti veza između protoka i zapremina talasa određenog trajanja je prikazana u radu za odabrane talase pogodne za preuzimanje oblika bilansiranog hidrograma i predstavlja dobar alat za utvrđivanje trajanja talasa za koje se kasnije bilansiraju zapremine i oblik hidrograma. Ovakvom proverom veze zapremina i trajanja hidrograma isključuje se mešanje talasa koji dolaze iz različitih populacija i moguće imaju različit mehanizam nastanka velikih voda.

Fleksibilnost metode bilansiranog hidrograma ogleda se u mogućnosti da se izabere oblik talasa koji odgovara određenoj nameni zbog koje se radi proračun hidrograma velikih voda. Primena metode bilansiranog hidrograma, međutim, ne ukida prethodnu analizu ulaznih podataka i ne može biti nekritička, jer je potrebno imati uvid u sve talase iz perioda osmatranja, da bi se što bolje odabrale epizode talasa velikih voda pogodne za korišćenje oblika, a posebno da bi se izabrala trajanja talasa kroz koje se hidrogram bilansira.

Zahvalnica

Ovaj rad je delom nastao u okviru istraživanja u projektu tehnološkog razvoja TR 37005 Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Literatura

1. Blagojević, B., Mihailović, V., Đokić, N. (2021) Ocena kvantila velikih voda iz nepotpunih nizova osmatranja na većim slivovima u Srbiji primenom pragova percepcije. *Vodoprivreda* (52), str. 259-272.
2. Bogojević, A., Đenić, N., Blagojević, B. (2021) Statistička analiza velikih voda: Kalendarska i hidrološka godina. *Zbornik radova 19. Naučnog savetovanja Srpskog društva za hidraulička istraživanja (SDHI) i Srpskog društva za hidrologiju (SDH)*. Beograd, 18-19. oktobar 2021., Izdavač: Univerzitet u Beogradu - Građevinski fakultet Beograd (u štampi)
3. Cudworth, A.G. (1989) *Flood Hydrology Manual: A Water Resources Technical Publication*, U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Denver, CO
4. Đokić, N., Blagojević, B., Mihailović, V. (2021) Postupci za dobijanje trenutnih maksimuma na osnovu mešoviten nizova maksimalnih godišnjih protoka. *Zbornik radova 19. Naučnog savetovanja Srpskog društva za hidraulička istraživanja (SDHI) i Srpskog društva za hidrologiju (SDH)*. Beograd, 18-19. oktobar 2021., Izdavač: Univerzitet u Beogradu - Građevinski fakultet Beograd (u štampi)
5. England, J.F.Jr., Cohn, T.A., Faber, B.A., Stedinger, J.R., Thomas, W.O.Jr., Veilleux, A.G., Kiang, J.E., Mason, R.R.Jr. (2018) *Bulletin 17C Guidelines for Determining Flood Flow Frequency*. Chapter 5 of Section B, Surface Water, Book 4, Hydrologic Analysis and Interpretation
6. Interagency Committee on Water Data (ICWD) (1982) *Guidelines for determining flood flow frequency: Bulletin 17B* (revised and corrected), ICWD, Hydrol. Subcomm., Washington, D.C.
7. Jovanović, S. (1989). *Tehničar 6*. Deo II Hidrologija. Beograd: Građevinska knjiga.
8. Plavšić, J. (2019) *Inženjerska hidrologija*. Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet
9. Petković, T., Janković, D. (1986) Minimalni obim hidroloških analiza i proračuna za potrebe projektovanja hidrotehničkih i vodoprivrednih objekata. *Zbornik radova sa IX savetovanja JDHI i redovnog godišnjeg savetovanja JDH*, Split 1986, str. 59-65
10. Petković, T., Anđelić, M., Erdeljan, K. (1977) Određivanje računskog hidrograma velikih voda na profilima gde postoje podaci osmatranja, *Vodoprivreda* (48-49). Beograd.
11. Prohaska, S., Petković, T. (1989) Metode za proračun velikih voda, Deo I: Proračun velikih voda na hidrološki izučenih profilima, *Građevinski kalendar 1989*, Beograd: Društvo građevinskih inženjera i tehničara.
12. Prohaska, S., Bartoš-Divac, V., Ilić, A. (2020) *Velike vode Srbije u profilima hidroloških stanica*. Beograd: Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi".
13. Republički hidrometeorološki zavod Srbije (RHMZ) (-). http://www.hidmet.gov.rs/ciril/hidrologija/povrsinske_godisnjaci.php (Preuzeto 02.08.2021.)
14. U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1975a) *Hydrologic Engineering Methods for Water Resources Development: Volume 3, Hydrologic Frequency Analysis*, Hydrologic Engineering Center, Davis, California
15. U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1975b) *Hydrologic Engineering Methods for Water Resources Development: Volume 5, Hypothetical Floods*, Hydrologic Engineering Center, Davis, California
16. US Army Corps of Engineers (USACE) (2019) *Statistical Software Package HEC-SSP User's Manual Version 2.2*. Hydrologic Engineering Center, Davis, California.
17. Zelenhasić, E., Ruski, M. (1991) *Inženjerska hidrologija*, Naučna knjiga, Beograd

19. Savetovanje SDHI i SDH - Beograd, Srbija 2021. Conference SDHI & SDH - Belgrade, Serbia