

HIDROLOŠKE PODLOGE ZA IZRADU PROJEKTA SANACIJE OBJEKATA NA REGIONALNOM SISTEMU VODOSNABDEVANJA "LJUBERADJA-NIŠ"

Borislava Blagojević¹, Olivera Potić², Dragan Radivojević³

Rezime

Jake kiše na području Jugoistočne Srbije i Suve planine u novembru 2007. godine, prouzrokovale su velike vode koje su 26., 27. i 28. novembra, između ostalog, značajno oštetile i objekte koji su u funkciji regionalnog sistema vodosnabdevanja "Ljuberadja-Niš". Na izlasku iz Koritničke klisure, u selu Gornja Koritnica, predviđena je intervencija na dovodnom cevovodu uz Koritničku reku. Hidrološke podloge prikazane u radu imale su za cilj obezbeđivanje merodavne velike vode za projektovanje sanacije oštećenih objekata. Merodavni proticaji različitih verovatnoća pojave, dobijeni su primenom uobičajenih metoda za proračun kod neizučениh slivova. Međutim, prikazane su i neke od situacija koje nisu tipične u procesu izrade hidroloških podloga. To su: značajno odstupanje topografske i aktivne površine sliva, rekonstrukciju proticaja na osnovu snimljenih tragova velikih voda, kao i rekonstrukciju intenziteta dnevnih padavina.

Ključne reči: Velike vode, Neizučени slivovi, Trag velikih voda

HYDROLOGIC DOCUMENTS FOR RESTORATION DESIGN OF THE „LJUBERADJA-NIS“
REGIONAL WATER SUPPLY SYSTEM FACILITIES

Summary

Heavy precipitation in November 2007 hit the Southeast Serbia and Suva planina mountain area. They caused flood flows from 26th- 28th November, which severely damaged structures functioning in the regional water supply system 'Ljuberadja-Nis'. At the outlet of Koritnica gorge in the village of Gornja Koritnica, an intervention on the pipeline along Koritnica River was planned. Hydrologic documents, aimed at flow estimation for damaged structures rehabilitation design, are shown in the paper. Flows of several probabilities of occurrence were obtained by usual calculation procedures for ungaged basins. However, some of the situations not typically present in the course of hydrologic base design are shown. These are: significant discrepancy between active and map based basin area, flow reconstruction based on the recorded flood flow trace, as well as reconstruction of the daily precipitation intensity.

Key words: Flood flows, Ungaged watersheds, Flood flow trace

¹ Asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

² Redovni profesor, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

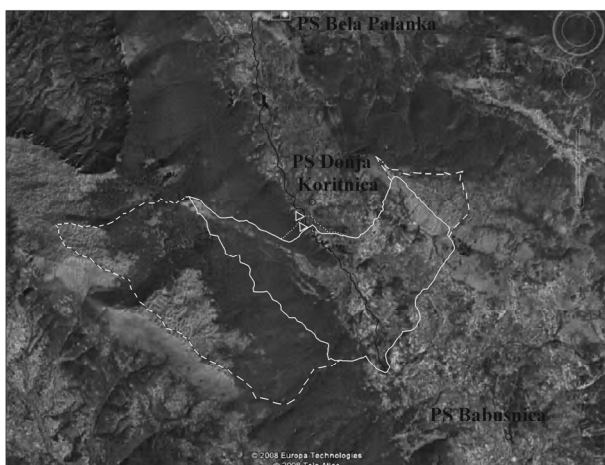
³ Asistent, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

1. UVOD

Jake kiše na području Jugoistočne Srbije i Suve planine u novembru 2007. godine, prouzrokovale su velike vode koje su 26., 27. i 28. novembra 2007. godine između ostalog, značajno oštetile i objekte koji su u funkciji regionalnog sistema vodosnabdevanja Ljuberađa-Niš.

Hidrološke podloge [1] koje su predmet ovog rada, koristile su za dimenzionisanje objekata za sanaciju dovodnog cevovoda, koji se nalaze između sela Bežište i Gornja Koritnica, na deonici duž klisure Koritničke reke (Ždrelo-Koritnička klisura) u dužini od oko 1650 m.

2. KARAKTERISTIKE SLIVA I TOKA



Slika 1 Slivno područje Koritničke reke, topografska (- -) i aktivna (—) vododelnica. Podloga za crtež: GoogleEarth satellite image.

Koritnička reka je leva pritoka Nišave prvog reda, u koju se uliva kod Bele Palanke. Generalni pravac pružanja toka je JI-SZ. Koritnička reka odvodi vodu sa padina Suve planine.

2.1. VODODELNICA

Merodavni profil za proračun velikih voda Koritničke reke, nalazi se na 10.2 km od ušća u Nišavu. **Kontrolni profil** u kome su zabeleženi tragovi velikih voda na bujičnoj pregradi u klisuri Ždrelo posle velikih voda u novembru 2007. g., nalazi se 423 m uzvodno od merodavnog profila.

Na slici 1 nalazi se ucertana topografska vododelnica i vododelnica za aktivnu površinu sliva. Topografsku vododelnicu bilo je teško odrediti na karti za područja karsta za veću površinu sliva u levom delu (JZ), kao i za manju površinu sliva u

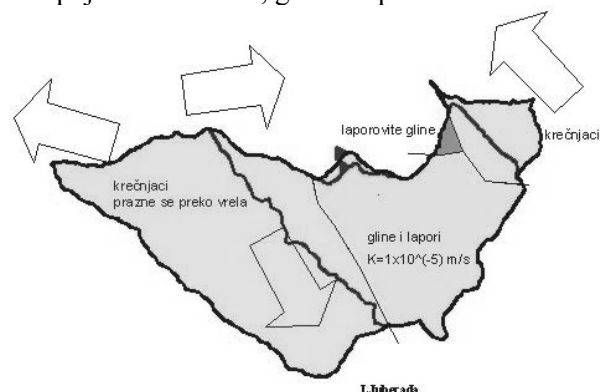
desnom delu (SI). Imajući u vidu da je za ova područja hidro-geološkim istražnim radovima određen smer toka podzemnih voda i da je isti naznačen na Hidrogeološkoj karti SR Srbije [2], za sliv je određena i aktivna površina odnosno vododelnica. Aktivna površina sliva omeđena je konsultujući Hidrogeološku kartu, reljef i objekte na površini terena, kao i satelitski snimak područja.

2.2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ I RELJEF

Predmetni sliv Koritničke reke nalazi se između $43^{\circ}05'$ i $43^{\circ}10'$ severne geografske širine i $22^{\circ}13'$ i $22^{\circ}25'$ istočne geografske dužine i prostire se u pravcu severoistok-jugozapad, dok se glavni tok prostire upravno-po dužini sliva u smeru od jugozapada ka severoistoku. Reljef izučavanog područja je brdsko-planinski.

2.3. GEOLOŠKA GRADA, ZEMLJIŠTE I VEGETACIONI POKRIVAČ

Geološku podlogu sačinjavaju mase krečnjaka i dolomita koji dominiraju topografskim slivom. Manje su zastupljene laporovite gline, a pored same reke i u širem pojasu oko korita, gline i lapori.



Slika 2 Skica hidrogeoloških područja u slivu Koritničke reke, sa glavnim smerovima tokova podzemnih voda.

Sliv Koritničke reke sastoji se od sledećih tipova zemljišta sa odgovarajućom vegetacijom: **Skeletna zemljišta**, na višim delovima na desnoj obali. Vegetacija: retke trave, žbunje i grmovito bilje; **Skeletoidna zemljišta**, na blažim nagibima sa pašnjacima i voćnjacima; **Aluvijalna zemljišta**-uz samu reku, sa baštama i kulturama koje zahtevaju bolja zemljišta; **Siva šumska zemljišta**, do 800 mm. Dobra struktura, veći procent humusa koji se povećava sa nadmorskom visinom; **Planinske crnice**, obuhvataju najviše delove sliva. Veliki sadržaj humusa. Vegetacija: šume i planinski pašnjaci.

2.4. MORFOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

Morfometrijske karakteristike izmerene su i/ili sračunate za sliv i glavni tok, a prikazane u tabelama 1 i 2. Oznaka '1 G.Korit.' odnosi se na merodavni profil, sa topografskom površinom sliva, a 'G.Korit.' sa aktivnom površinom sliva

Tabela 1 Morfometrijske karakteristike sliva Koritničke reke za karakteristične profile.

Karakterist. sliva	1 G. Korit. 436m	G. Korit. 436m	Pregr. 449.7m
A (km ²)	62.3	29.3	28.8
Ls (km)	6.47	6.47	6.06
D (km/km ²)	0.55	1.16	1.17
Hmax (mmm)	1714	1470	1470
Hmin (mmm)	436	436	449.7
Hsr (mmm)	1046	761	764

Tabela 2 Morfometrijske karakteristike toka Koritničke reke za karakteristične profile.

Karakterist. toka	1 G. Korit. 436m	G. Korit. 436m	Pregr. 449.7m
Lt (km)	7.38	7.38	6.96
l (km)	7.51	7.51	7.09
Hr (m)	274	274	260.3
Isr (%)	3.71	3.71	3.74
Iur (%)	3.01	3.01	2.99
Lc (km)	3.29	3.11	3.11

3. EKSTREMNE DNEVNE KIŠE I KIŠE KRAĆIH TRAJANJA

U izučavanom slivu ne postoji padavinska stanica, već u neposrednoj blizini profila u selu Gornja Koritnica, ali sa nedovoljno podataka. Severozapadno od sliva nalazi se P.S. Bela Palanka (9.5 km), a jugoistočno P.S. Babušnica (8.5 km).

P.S. Babušnica je usvojena kao reprezentativna padavinska stanica za područje sliva Koritničke reke, zbog blizine i veće nadmorske visine u odnosu na P.S. Bela Palanka. Pored toga, u vreme jakih kiša u novembru 2007. P.S. Bela Palanka nije bila na pravcu pružanja nepogode.

Izvršena je statistička analiza metodom godišnjih ekstrema, za koju su prikazane vrednosti maksimalnih dnevnih padavina karakterističnih verovatnoća pojave. Usvojena je Pirson tip 3 raspodela verovatnoća.

Tabela 3 Osnovne statistike i teorijske vrednosti maksimalnih dnevnih padavina različiti verovatnoća pojave za P.S. Babušnica za raspoloživih 30 godina osmatranja (1977-2006).

Statistika	Vrednost	Verovatnoća pojave [%]	Visina padavina [mm]
Xsr	37.5 mm	0.1	115.0
S	12.1 mm	1	83.4
Cv	0.321	2	74.0
Cs	2.413	5	61.8
n	30	10	52.7

Računske kiše kraćih trajanja, dobijene su prema izrazu Jankovića [3]. Koeficijent $x=0.805$ za područje sliva Koritničke reke, određen je na bazi karte izolinja koeficijenta x , iz originalnog rada. Visine efektivnih kiša povratnih perioda 1000, 100, 50, 20 i 10 godina, određivane su na osnovu tzv. SCS metode, prema priručniku [4].

4. KARAKTERISTIČNI PROTICAJI

Karakteristični proticaji za izbor merodavnih proticaja za dimenzionisanje objekata određeni su pomoću računskih kiša jakog intenziteta, metodama za proračun na hidrološki neizučanim profilima [5]:

1. Metodom sintetičkog jediničnog hidrograma – aproksimacija trouglom (SJH);
2. Metodom sintetičkog jediničnog hidrograma – grafička metoda (SJH-gr);
3. Teorijom graničnih intenziteta (TGI).

Pri tome je ukupna slivna površina tretirana za dva karakteristična profila a tri slivne površine:

1. Profil 1Gornja Koritnica 436 mmm – slivna površina 62.3 km² (topografska površina sliva);
2. Profil Gornja Koritnica 436 mmm – slivna površina 29.3 km² (aktivna površina sliva);
3. Profil Pregrada 449.7 mmm – slivna površina 28.8 km² (aktivna površina sliva);

4.1. REKAPITULACIJA DOBIJENIH REZULTATA PRORAČUNA VELIKIH VODA

Računski proticaji prikazani su u tabeli 4.

4.2. OSMOTRENA VELIKA VODA

Zabeleženi tragovi velikih voda u profilu pregrade u klisuri Ždrelo, poslužili su za proračun - rekonstrukciju veličine proticaja. Za bujičnu pregradu u profilu sa kotom dna 449.7mm, na osnovu poznate geometrije i geodetskog snimka poprečnog profila, uzimajući slučaj preliivanja preko preliiva sa širokim

pragom (zbog zapunjenosti pregrade nanosom), proticaj je sračunat prema jednačini:

$$Q = m \cdot \sqrt{2g} \cdot b \cdot H_0^{3/2},$$

gde je za koeficijent preliivanja usvojena vrednost 0.32 za normalan ulaz, visina prelivnog mlaza (H) izmerena 1.3m, a brzina od 2 m/s određena na osnovu geodetskih snimanja profila uzvodno i nizvodno od pregrade. Dobijen je proticaj, za tečenje preko preliva pregrade, od 46.2 m³/s.

Tabela 6 Karakteristični proticaji [m³/s] u razmatranim profilima Koritničke rek.e

Profil	Gornja Koritnica 1 436 mm		
p [%]	SJH	SJH-gr.	TGI
1	44.2	85.23	87.5
2	27.1	67.54	73.5
5	11.9	46.28	58.5
Profil	Gornja Koritnica 436 mm		
p [%]	SJH	SJH-gr.	TGI
1	58.6	78.25	50.7
2	46.3	65.07	32.1
5	31.7	48.54	25.7
Profil	Pregrada 449.7 mm		
p [%]	SJH	SJH-gr.	TGI
1	57.6	79.50	51.6
2	45.5	66.10	32.9
5	31.2	49.31	26.5

Tabela 1 Zabeležene visine dnevnih padavina [mm] i pojave na padavinskim stanicama u zadnjoj dekadi novembra 2007.

P.S.	26.11.	pojava	27.11.	pojava
Bela Palanka	23.3	kiša	36.1	kiša i susnežica
Babušnica	50.4	kiša i susnežica	45.8	sneg i susnežica
G. Koritnica	50.0	kiša	53.0	kiša i susnežica

Na osnovu zabeleženih visina dnevnih padavina, uzimajući vrednost na P.S. Gornja Koritnica za 27. 11. 2007. i izjava očevidaca, kiša koja je izazvala pojavu velikih voda u Koritničkoj reci, trajala je oko 16 sati i bila je promenljivog intenziteta. Za zabeleženu visinu padavina od 53.0 mm i trajanje 16 sati, srednji intenzitet iznosi 0.055 mm/min. Uz pretpostavku o istom srednjem intenzitetu padavina za dnevne padavine (trajanja 24 sata), dobila bi se visina maksimalnih dnevnih padavina 79.5 mm. Za teorijsku raspodelu maksimalnih dnevnih padavina po zakonu

Pirson tip 3, ova visina padavina odgovara povratnom periodu od 82 godine.

Tačnost ovakvog zaključka je verovatna iz nekoliko razloga:

1. Regionalni sistem vodosnabdevanja "Ljuberada-Niš" je u funkciji od 1988. godine i za protekli vremenski period se nije desila havarija ovakvih razmera. Dakle, povratni period zabeležene velike vode je najmanje 20 godina.

2. Ni na jednoj od padavinskih stanica korišćenih u analizi padavina ne postoji pluviograf za detaljniju proveru i pouzdanu analizu jakih kiša.

3. Za kontrolu merodavnih proticaja, odnosno izbor metode koja daje prihvatljive rezultate, može poslužiti i proračun $Q_{100g}=50 \text{ m}^3/\text{s}$, dobijen metodom predominantnih faktora za profil pregrade [6].

5. ZAKLJUČAK

Poredjenjem sa anvelopama velikih voda za Srbiju potvrđeno je i u prikazanom slučaju da Grafička metoda kod sintetičkog jediničnog hidrograma daje precenjene vrednosti za naše uslove.

Velike vode sračunate teorijom graničnih intenziteta, obično se najbolje uklapaju u regionalne zavisnosti ili registrovane vrednosti na našem području, što je i ovde slučaj. Vrednost zbirnog hidrometeorološkog parametra kontrolisana je za sliv Južne Morave za povratni period 100 godina i odgovara sračunatim vrednostima. Razlika u veličini računskih proticaja povratnog perioda 100 godina dobijenih teorijom graničnih intenziteta i metodom sintetičkog jediničnog hidrograma-aproksimacija trouglom je prihvatljiva. Za projektovanje objekata za sanaciju dovodnog cevovoda regionalnog sistema vodosnabdevanja "Ljuberada-Niš", merodavne su upravo velike vode povratnog perioda 100 godina.

LITERATURA

- [1] *Hidrološke podloge za projekat sanacije objekata na regionalnom sistemu vodosnabdevanja "Ljuberada-Niš"*, B. Blagojević, O. Potić; Institut GAF Niš, Niš, 2008.
- [2] *Vodoprivredna osnova Republike Srbije*, Institut za Vodoprivredu Jaroslav Černi RJ Zavod za uređenje vodnih tokova Beograd, 1996
- [3] *Karakteristike jakih kiša za teritoriju Srbije*, D. Janković, Građevinski kalendar 1994, Savez građevinskih inženjera i tehničara, Beograd, p. 248-268.
- [4] *Urban hydrology for small watersheds, TR-55*, United States Department of Agriculture, 1986
- [5] *Korišćenje hidroloških metoda za neizučene slivove na primeru proračuna velikih voda Tulovske reke*, B. Blagojević, O. Potić, D. Radivojević, Nauka i praksa br.11, Niš 2008
- [6] *Glavni projekat za uređenje korita Koritničke reke uzvodno od akumulacije "Divljana"*, Južna Morava OOUR Erozija 1983.