

PROCENA PROPUSNE MOĆI DVOSTRUKOG BOČNOG PRELIVA

Radomir KAPOR, Ljubodrag SAVIĆ,
Bojan MILOVANOVIĆ, Anja RANDELOVIĆ,
Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu

REZIME

U radu se prikazuje procena propusne moći dvostrukog bočnog preliva, koji se sastoji od dva bočna preliva, čiji se sabirni kanali sučeljavaju i spajaju sa zajedničkim odvodnim kanalom. U nekim slučajevima, ovakvo rešenje može se bolje prilagoditi terenskim uslovima od klasičnog bočnog preliva. Pri proceni propusne moći korišćene su osnovne zakonitosti tečenja u klasičnom bočnom prelivu, kao i iskustva sa hidrauličkih modelskih ispitivanja sličnih objekata.

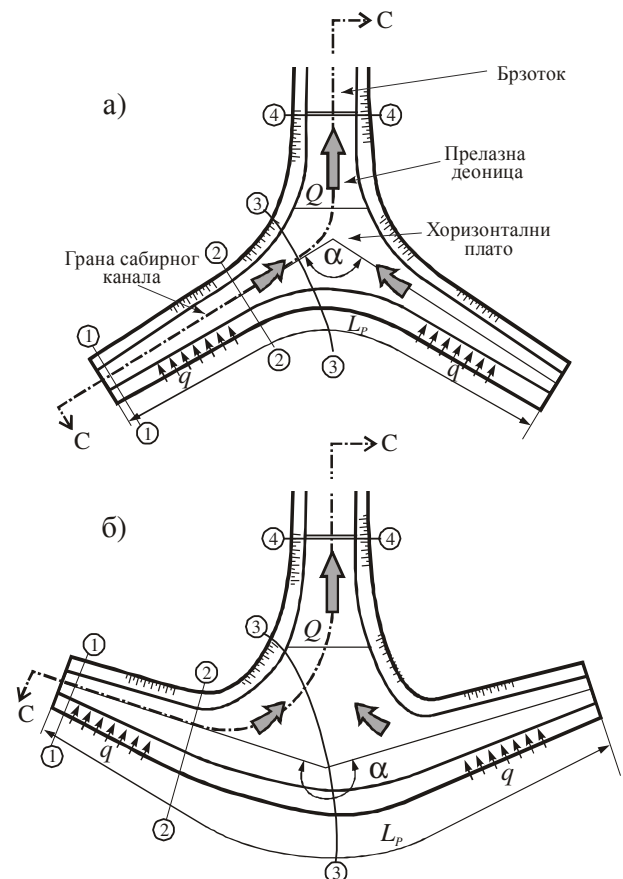
Ključne reči: dvostruki bočni preliv, propusna moć preliva

1. UVOD

Bočni preliv sa sabirnim kanalom, prelaznom deonicom i brzotokom, veoma često se koristi za evakuaciju velikih voda kod visokih brana. Voda preko preliva dotiče u sabirni kanal, pa se u smeru tečenja protok povećava. Na sabirni kanal se nastavljaju prelazna deonica, sa blagim podužnim nagibom i brzotok, sa velikim nagibom. Kao posledica ovakvih podužnih nagiba, tečenje u sabirnom kanalu i prelaznoj deonici je hidraulički mirno, a na nizvodnom kraju prelazne deonice obrazuje se kontrolni presek sa kritičnom dubinom. Prelivna ivica je najčešće pravolinijska, jer se time ostvaruju najpovoljniji uslovi tečenja u kanalu, ali ponekad može biti i zakrivljena, da bi se prilagodila topografskim, ili geološkim uslovima na terenu. Takođe topografski, ili geološki uslovi mogu uticati i na položaj odvodnog dela (prelazne deonice), u odnosu na prelivnu ivicu.

Pored uobičajenog rešenja sa prelaznom deonicom na nizvodnom kraju sabirnog kanala, prelazna deonica se može nalaziti i na sredini sabirnog kanala. Tako se dobija dvostruki bočni preliv, kod koga su dva klasična bočna preliva sučeljena. Ugao α pod kojim se seku ose

preliva može biti veći, manji, ili jednak 180° . Na slici 1 prikazane su dispozicije dva dvostruka bočna preliva. Pod a) prikazan je "Y" preliv sa $\alpha < 180^\circ$, a pod b) dvostruki bočni preliv $\alpha > 180^\circ$, što je i predmet ove hidrauličke analize.

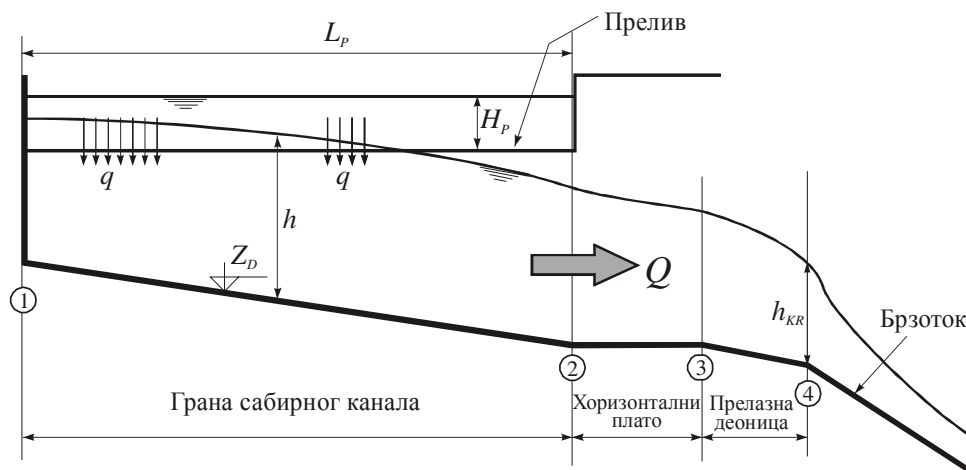


Slika 1. Dispozicija dvostrukog bočnog preliva:
a) "Y" preliv sa $\alpha < 180^\circ$ i
b) dvostruki bočni preliv $\alpha > 180^\circ$

Zbog sučeljavanja dva toka, strujanje u dvostrukom bočnom prelivu je veoma složeno, pa su za konačno dimenzionisanje i oblikovanje ovakvog objekta neophodna hidraulička modelska ispitivanja [1, 4]. U nižim fazama projektovanja korisno je raspolagati „alatom“ za procenu kapaciteta i dimenzija preliva, što će biti predmet razmatranja ovog rada.

2. HIDRAULIČKA ANALIZA

Dvostruki bočni preliv se sastoji od: dve grane sabirnih kanala sa prelivima, središnjeg dela – horizontalnog platoa, na kome se tokovi spajaju i prelazne deonice koja povezuje plato sa brzotokom (slike 1. i 2.).



Slika 2. Podužni presek S-S kroz jednu granu dvostrukog bočnog preliva

Protok preko prelivne ivice se određuje prema jednačini preliivanja:

$$Q = C_p L_p \sqrt{2g} H_p^{\frac{3}{2}}, \quad (1)$$

gde su: H_p – visina prelivnog mlaza, L_p – dužina prelivne ivice, C_p – koeficijent preliivanja i g – ubrzanje zemljine teže.

Linija nivoa vode u sabirnom kanalu, sa bočnim doticajem, računa se primenom jednačine održanja količine kretanja:

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{V^2}{2g} + h + Z_D \right) + \frac{Vq}{gA} + I_{TR} = 0, \quad (2)$$

gde su: V – srednja brzina u preseku kanala, h – dubina, Z_D – kota dna, $q = Q/L_p$ – bočni dotok po jedinici dužine preliva, A – površina poprečnog preseka i I_{TR} – nagib linije energije [2]. Numeričkim rešavanjem jednačine (2) dobija se linija nivoa vode u sabirnom kanalu, između preseka 1 i 2 na slici 2.

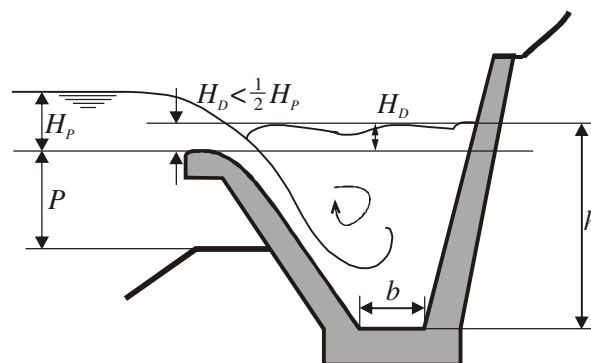
U sabirnom kanalu neophodno je ostvariti mirno tečenje pri računskom (projektom) protoku, kako bi se omo-

gućili povoljni uslovi za strujanje u brzotoku i izlaznom delu [5].

Duž prelivne ivice treba obezbediti slobodno (nepotopljeno) preliivanje, pri računskom protoku. Iskustvo na postojećim objektima je pokazalo da odnos dubina iza i ispred praga (sl. 3.), pri slobodnom preliivanju, treba da bude:

$$H_D / H_p \leq \frac{1}{2}, \quad (3)$$

po celoj dužini prelivne ivice [2].



Slika 3. Nepotopljeno preliivanje u sabirnom kanalu

Dve sučeljene grane sabirnih kanala se spajaju horizontalnim platoom, odakle se prelaznom deonicom tok povezuje sa brzotokom (sl. 2.). U središnjoj zoni objekta nastaje složeno prostorno strujanje, kao posledica preliivanja preko prelivne ivice na centralnom delu preliiva i sučeljavanja tokova iz dve sabirne grane. (Pri uglovima $\alpha > 180^\circ$ pojačava se prostorni karakter strujanja). Ovo strujanje će se „pojednostaviti“ usvajanjem pretpostavki:

Pri "sudaru" dva toka iz sabirnih grana gubi se celokupna brzinska visina. Ovo znači da pijeziometarska kota, na nizvodnom kraju sabirne grane (presek 2), "postaje" energetska kota na uzvodnom kraju horizontalnog platoa, u centralnom delu objekta (presek 3).

Na nizvodnom kraju prelazne deonice (presek 4), koja sledi iza horizontalnog platoa, uspostavlja se kontrolni presek sa kritičnom dubinom.

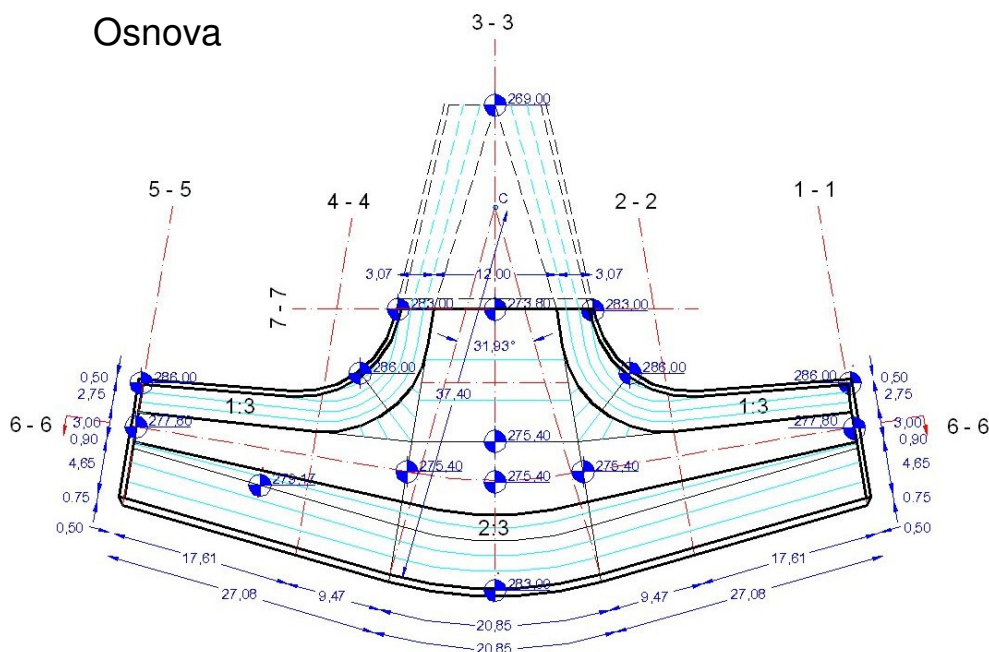
Na deonici između horizontalnog platoa (presek 3) i kontrolnog preseka (presek 4) procenjen je gubitak energije prema iskustvima sa hidrauličkih modelskih ispitivanja za "Y" preliv, sa $\alpha = 120^\circ < 180^\circ$, na brani "Čelije" [1]. Međutim, na prelivu brane „Čelije“ položaj sabirnih kanala je povoljniji za spajanje tokova, pa je za preliv sa $\alpha > 180^\circ$ usvojena veća vrednost koeficijenta lokalnog gubitka. Kako je na pomenutim modelskim ispitivanjima utvrđeno da je koeficijent lokal-

nog gubitka energije $\zeta_{3-4} = 0,25$, uz brzinsku visinu u preseku 4, za preliv sa $\alpha > 180^\circ$ procenjena je vrednost od 0,46. Na deonici od preseka 2 do 4, gubici na trenje su zanemarljivi u odnosu na lokalne gubitke.

Strujanje u sabirnim kanalima (granama) i prelaznoj deonici, sve do kontrolnog preseka je hidraulički mirno. Proračun linije nivoa vode započinje od kontrolnog preseka 4, na kome je kritična dubina i odvija se u smeru suprotnom od pravca tečenja, sve do najuzvodnijih preseka sabirnih grana. Između preseka 4 i 3 položaj nivoa vode se određuje prema jednačini održanja energije, sa koeficijentom lokalnog gubitka energije ζ_{3-4} , koji se računa uz brzinsku visinu u preseku 4. U preseku 2 pijeziometarska kota je jednaka energetske kotu u preseku 3. Od preseka 2 do najuzvodnijeg preseka na sabirnoj grani (presek 1) linija nivoa vode se računa numeričim rešavanjem jednačine (2) [3].

3. PRIMER PRORAČUNA

Proračun dvostrukog bočnog preliiva, sa $\alpha > 180^\circ$, prikazaće se na jednom primeru. Na slici 4 data je osnova dvostrukog bočnog preliiva, kod koga je $\alpha = (180 + 32) = 212^\circ$, a računski protok je $Q = 580 \text{ m}^3/\text{s}$. Položaj, oblik i dimenzije preliiva usvojeni su tako da se objekat uklopi u teren, a da se obezbede povoljni uslovi tečenja.

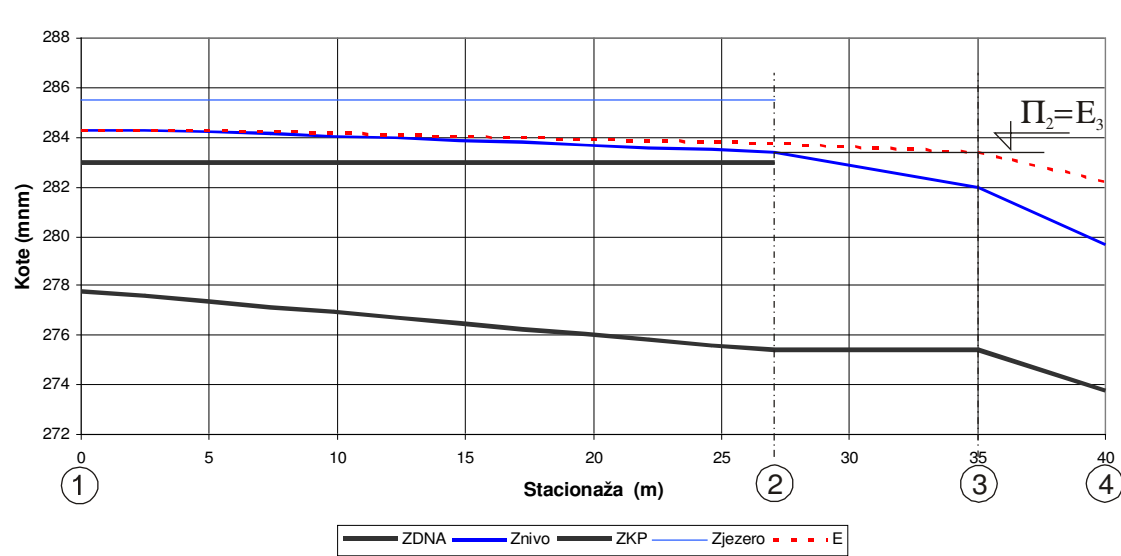


Slika 4. Osnova dvostrukog bočnog preliiva, u primeru proračuna.

Prelivna kosina sabirnog kanala je u nagibu od 1:0,67, dok je neprelivna kosina u nagibu 1:0,33. Na uzvodnom kraju, kanal je širine 3,0 m (preseci 1 i 5), dok je na nizvodnom kraju (presek na mestu odakle počinje kružni deo prelivne ivice, na rastojanju od 27,08 m) širina 6,0 m. Podužni nagibi obe grane sabirnih kanala su 8,9%. Duž sabirnog kanala usvojen je koeficijent hrapavosti po Maningu od $n = 0,015 \text{ m}^{-1/3}$ s. Dve grane sabirnih kanala se spajaju na horizontalnom platou, na koti 275,4 m n. m., odakle se kosinom sa nagibom od 12,3% tok povezuje sa brzotokom. Na kraju ovog dela

kanala poprečni presek je trapeznog oblika, širine u dnu od 12 m, sa nagibom kosina od 1:0,33.

Rezultati proračuna linije nivoa dati su na slici 5. Prikazani su rezultati duž osovine jedne grane sabirnog kanala do stacionaže 27,08 m, a zatim se tok prati duž strujnice u pravcu ose brzotoka (presek 3 na slici 5.). Na deonici sabirnog kanala (gde vlada tečenje sa usputnom promenom proticajaja), linija nivoa računata je prema jednačini (2), sa proticajem od $Q = 209 \text{ m}^3/\text{s}$, koji odgovara dužini preliwa na bočnoj grani od 27 m.



Slika 5. Sračunata linija nivoa duž jedne grane preliwa i prelazne deonice

Iz priloga se vidi, da nivoi vode u kanalu na ovoj deonici, dozvoljavaju slobodno prelivanje prema kriterijumu o nepotopljenosti, jednačina (3).

U središnjoj zoni objekta nastaje složeno prostorno strujanje. Usled "sudara" dva toka iz sabirnih grana gubi se celokupna brzinska visina. Ovo znači da pijezometarska kota 283,40 m n. m., u preseku 2, sa stacionažom 27,08 m n. m., "postaje" energetska kota na kraju horizontalnog platoa u centralnom delu objekta. Treba primetiti da su brzine u preseku 2 relativnom male (2,6 m/s), pa je i vrednost gubitka energije koji nastaje prilikom sudara mlaza iz obe grane mala.

Na deonici između horizontalnog platoa i kontrolnog preseka procenjen je gubitak energije od 46% brzinske visine u kontrolnom preseku. Od vrednosti koeficijenta ovog lokalnog gubitka, zavisi pouzdanost procene propusne moći celog evakuacionog objekta.

Na nizvodnom kraju nagnute deonice uspostavlja se kontrolni presek 4, sa kritičnom dubinom (sa kotom dna od 273,8 m n. m. i kotom nivoa od 279,66 m n. m.). Za usvojeni trapezni presek, pri računskom protoku od $580 \text{ m}^3/\text{s}$, ostvaruje se kritična dubina od 5,86 m, sa brzinom visinom od 2,56 m.

Poprečni presek 4, predstavlja pouzdan kontrolni presek, s obzirom da je nizvodno od njega brzotok, sa izrazito strmim nagibom dna, na kome je tečenje u burnom režimu.

4. ZAKLJUČCI

Dvostruki bočni preliv može biti korisno rešenje, ako postoje posebni povoljni topografski uslovi oko hidrotehničkog objekta. Za njegovo dimenzionisanje i oblikovanje potrebno je proceniti vrednosti koeficijenata gubitaka, koji se ne javljaju kod „klasičnog“ bočnog preliwa, sa pravolinijskom prelivnom ivicom i jednom

granom. Za niže faze projektovanja može se primeniti postupak prikazan u ovom radu. Za nivo glavnog projekta neophodna su hidraulička modelska ispitivanja, u kojima će se proveriti propusna moć objekta uz eventualne korekcije predloženog rešenja. Dopunska korist od ovakvih ispitivanja je i pouzdanije određivanje pomenutih vrednosti koeficijenata lokalnih gubitaka, koji se dalje mogu iskoristiti za hidrauličke analize narednih projekata.

LITERATURA

- [1] Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, (1975), *Glavni projekat organa za evakuaciju velikih voda akumulacije "Čelije"*, Sveska 2, modelsko ispitivanje", Beograd.
- [2] Savić Lj. (2003), *Uvod u Hidrotehničke Građevine*, Građevinski fakultet, Beograd.
- [3] Savić Lj., Milovanović B., Kuzmanović V. i Komatina D., (u pripremi), *HYDRO-SOFT softverska podrška za projektovanje hidrotehničkih građevina*, Građevinski fakultet, Beograd.
- [4] Hajdin G., (1979), *Two contributions to spillway designing based on experimental studies*, 13-ti kongres međunarodnog društva za visoke brane (ICOLD), New Delhi.
- [5] Hajdin G., (2006), *Uslovi i uputstva za hidraulički račun sabirnog kanala u koga voda preliva sa njegovog boka*, 14. savetovanje SDHI, Fruška gora, Srbija.

ESTIMATING THE CAPACITY OF DOUBLE SIDE-CHANNEL SPILLWAYS

by

Radomir KAPOR, Ljubodrag SAVIĆ,
Bojan MILOVANOVIĆ, Anja RANĐELOVIĆ,
Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Summary

A double side-channel spillway consists of two spillways, with channels joining into a common single branch, noting that for some specific site conditions such arrangements may suit better than the conventional one-side-channel spillway. The capacity of double side-

channel spillways is estimated on the basis of known flow relations for the side-channels and results of specific hydraulic model studies.

Key words: double side-channel spillway, capacity

Redigovano 23.11.2009.