

## KORIŠĆENJE ZAPLAVA BUJIČARSKE PREGRADE ZA INDIVIDUALNO VODOSNABDEVANJE DOMANĆISTVA U BRDSKO-PLANINSKIM OBLASTIMA

Zoran NIKIĆ, Ratko RISTIĆ  
Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet

### REZIME

Ruralna domaćinstva u brdsko-planinskim oblastima u Srbiji (ali i u okruženju), pored brojnih drugih infrastrukturnih objekata obično nemaju rešeno vodosnabdevanje. U cilju ublažavanja ovog problema prihvaćen je pristup da se u funkciju stave svi vodni resursi u bližem okruženju sa povoljnim kvalitativno-kuantitativnim karakteristikama. U situaciji kada nema alternative za rešavanje vodosnabdevanja na konvencionalan način u brdsko-planinskim oblastima, rešenje je uslovljeno onim šta je na raspolaganju. Ovo je bila polazna osnova za istraživanja sprovedena kroz više faza terenskih i kabinetskih aktivnosti. Jedan od zaključaka je da se u funkciju individualnog vodosnabdevanja ruralnih domaćinstava u brdsko-planinskim oblastima može staviti bujični zaplav gde za to postoje preduslovi. Dobijeni rezultati pokazuju da bujični zaplav značajnijeg rasprostranjenja i moćnosti (debljine) sa stalnim dotokom rečnih voda predstavlja potencijalno izvoriste podzemnih voda. Intergranularna poroznost zaplava omogućava infiltraciju površinskih rečnih voda i na taj način u okviru zaplava formiranje akumulacije podzemnih voda. Formiranu izdan zbijenog tipa karakteriše mogućnost filtracije, akumuliranja i otpuštanja podzemnih voda. Doprinos vodosnabdevanja iz bujičnog zaplava pored poboljšanja uslova za život članova jednog ruralnog domaćinstva u brdsko-planinskim oblastima ogleda se u mogućnosti premošćavanja nedostatka kapaciteta postojećeg izvorišta, zatim izradi sistema vodosnabdevanja relativno skromne cene, pravilnom sagledavanju i

razumevanju ograničenosti kvalitetnih vodnih resursa posebno u uslovima aktuelnih klimatskih događanja i drugo. Bujičarska pregrada na ovaj način pored primarne (odbrana od bujičnih poplava) dobija i važnu sekundarnu ulogu (individualno vodosnabdevanje).

**Ključne reči:** idividualno vodosnabdevanje; bujični nanos; izvorište; brdsko-planinska oblast; bujičarska pregrada; ruralno domaćinstvo.

### 1. UVOD

U prosperitetnim i uređenim savremenim državama važan elemenat koji doprinosi njihovom napretku jeste, između ostalog, rešena osnovna (bazna) infrastruktura. Važan element osnovne infrastrukture jeste funkcionalno javno vodosnabdevanje. Treba imati u vidu da je kvalitetno vodosnabdevanje bilo u temelju i svih velikih istorijskih civilizacija.

Srbija ne spada u red država bogatih vodnim resursima, naročito domicelnim vodama. Naprotiv. Takođe ne spada ni u ekonomski jake države. Samim tim problem vodosnabdevanja je prisutan, izražen i zahtevan. Strategija vodosnabdevanja Republike Srbije definisana je još 1977. godine Zakonom o iskorišćavanju i zaštiti izvorišta vodosnabdevanja. Potvrđena je strateškim planskim dokumentima: Vodoprivrednom osnovom Republike Srbije (VORS), iz 2002. godine i Strategijom upravljanja vodama na teritoriji Republike Srbije do 2034. godine, iz 2017. godine. Osnova funkcionisanja vodosnabdevanja su regionalni sistemi vodosnabdevanja koja čine 32 velike brane sa površinskim akumulacijama ujezerene vode, veća izvorišta podzemnih voda i lokalna izvorišta. Za naselja gde lokalna izvorišta nemaju dovoljan kapacitet, nedostajuće količine voda obezbeđuju se iz regionalnog sistema. Planskim dokumentima, takođe, definisano je da odgovornost za organizaciju snabdevanja vodom za piće leži na

---

Podaci o prihvatanju članka

Primljen: 13.3.2024.

Ispravljen: 9.4.2024.

Prihvaćen: 15.4.2024.

Kontakt: zoran.nikic@sfb.bg.ac.rs

jedinicama lokalne samouprave. Međutim, realno je da jedan deo stanovništva nije obuhvaćen ("pokriven") relativno skupom aktuelnom strategijom rešavanja vodosnabdevanja [1], a pri tome finansijske mogućnosti za namenu vodosnabdevanja većine lokalnih samouprava jako su skromne. Takva su upravo ruralna domaćinstva u brdsko-planinskim oblastima. Zbog toga njihovi žitelji su prinuđeni da problem vodosnabdevanja rešavaju uglavnom individualno, u skladu sa svojim mogućnostima i vodnim prilikama u okruženju.

Poznato je da ruralna domaćinstva u brdsko-planinskim područjima u Srbiji spadaju u ekonomsku kategoriju siromašnih, pri čemu su obično bez adekvatne infrastrukture. Činjenica je da pored teških prirodnih uslova za život na ovim prostorima nerešena infrastruktura doprinosi intenzivnoj migraciji – iseljavanju stanovništva. Od bazne infrastrukture najčešće nije rešeno vodosnabdevanje.

## 2. KONVENCIONALAN NAČIN REŠAVANJA VODOSNABDEVANJA U BRDSKO-PLANINSKIM OBLASTIMA

U rešavanju problema vodosnabdevanja ističu se dva značajna i međusobno zavisna elementa. To su: a) prirodne vodne mogućnosti na određenoj teritoriji i b) ekonomske mogućnosti lokalne zajednice ili države. Isto važi i u pristupu rešavanja vodosnabdevanja ruralnih domaćinstava u brdsko-planinskim oblastima. Pod prirodnim vodnim mogućnostima podrazumeva se na povoljnom mestu u odnosu na potrošače postojanje vodnog resursa čiji kvalitet i kvantitet je zadovoljavajući po svim parametrima za stavljanje u funkciju vodosnabdevanja. Ekonomske mogućnosti do izražaja dolaze u slučajevima kada su manje povoljne prirodne vodne mogućnosti.

Na prostoru Srbije i njenom okruženju vodosnabdevanje ruralnih domaćinstava u brdsko-planinskim oblastima najčešće se vrši na jedan od sledećih načina:

- kaptiranjem jednog ili više izvora,
- kaptiranjem karstnog vrela,
- kopanjem ili izradom bušenog bunara,
- izgradnjom vodozahvatne galerije u zoni plitkog nivoa podzemnih voda,
- izgradnjom vodozahvata u dnu korita potoka – „Tirolski“ vodozahvat,
- zahvatanjem voda direktno iz planinskih potoka,
- sakupljanjem atmosferskih voda u cisternama.

Izbor izvorišta jako je složen i delikatan zadatak. Od izabranog tipa zavisi karakter ukupnog sistema, cena izgradnje i eksploatacije sistema, njegovo održavanje, funkcionalni vek trajanja i mnogo drugog. S obzirom na to da na našim prostorima žitelji brdsko-planinskih područja vodosnabdevanje obično rešavaju individualno ili udruživanjem ličnih finansijskih sredstava, a da su njihove ekonomske mogućnosti (najčešće) skromne, cena koštanja je obično limitirajući faktor.

Za predmetnu problematiku važno je jasno razumevanje termina „izvorište“ i „voda za piće“. Na ovom mestu njihovo značenje je citirano iz aktuelne zakonske regulative [9]:

- „*izvorište* jeste prostor (izvor, deo reke ili jezera, akumulacija ili njen deo i akvifer ili njegov deo) na kome se zahvata voda za razne korisnike“.
- „*voda za piće* jeste voda namenjena za ljudsku upotrebu i obuhvata:
  - (1) vodu bilo u njenom originalnom stanju ili posle tretmana, koja je namenjena za piće, kuvanje, pripremu hrane ili za druge potrebe domaćinstva, bez obzira na njeno poreklo i na to da li se dostavlja iz distributivne mreže, javnog izvora, javnog bunara, cisterne, kontejnera, boca ili tankova,
  - (2) vodu koja se koristi u preduzećima za proizvodnju hrane radi proizvodnje, obrade, čuvanja ili stavljanja na tržište proizvoda ili supstanci namenjenih za ljudsku upotrebu, ako su nadležni organi saglasni da kvalitet vode ne može da utiče na zdravstvenu ispravnost hrane u njenom konačnom obliku.“

## 3. PREDMET I METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Brojna ruralna domaćinstva u brdsko-planinskim oblastima su aktuelnom strategijom vodosnabdevanja ostala izvan javnih sistema vodosnabdevanja. U cilju ublažavanja ovog problema nametnuo se pristup da se u funkciju stave svi raspoloživi vodni resursi u bližem okruženju sa adekvatnim kvalitativnim i kvantitativnim karakteristikama. U tom smislu u radu je komentaran inonovativni tip koji do sada nije primenjen, a to su izvorišta u bujičnom nanosu [videti 5 i 6, za diskusiju].

Inspiritivan primer korišćenja respektabilnih količina podzemnih voda iz bujičnog zaplava je sa prostora Krita (slika 1). Kopani bunar prečnika oko 1,4 m, urađen je u bujičnom zaplavu, a kaptirane podzemne vode se koriste za navodnjavanje poljoprivrednih površina.

Predmet sprovedenih istraživanja je ukazivanje na potencijalnu mogućnost da se u funkciju individualnog vodosnabdevanja ruralnih domaćinstava u brdsko-planinskim oblastima stavi bujični zaplav. Za ovaj ne konvencionalni vid izvorišta analizirane su i prikazane njegove prednosti i mane, karakteristike bujičnog nanosa, karakteristike formirane izdani i drugo.



Slika 1. Na Kritu urađen kopani bunar u bujičnom zaplavu, a kaptirane podzemne vode se koriste u poljoprivredi za navodnjavanje (foto: R. Ristić)

#### 4. BUJIČNI ZAPLAV I NJEGOVE KARAKTERISTIKE

Bujične pregrade su građevinski objekti u koritu bujičnog vodotoka sa namerom da se na nizvodnom delu zaštite objekti od bujičnih poplava i nanosa odnosno, zadrži voda i nanos u obimu akumulacionog basena u rečnom koritu uzvodno od pregrade. Grade se poprečno u koritu bujičnog vodotoka, visine do 15 m, sa rasponom između obala od desetak do više desetina metara [7]. S obzirom na to da je transport nanosa prirodno svojstvo vodotoka, izgradnjom pregrade bujični tok se remeti i dolazi do usporavanja poplavnog talasa i odlaganja nanosa u prostor za zadržavanje nanosa (slika 2). Ovim se postiže ostvarivanje primarne funkcije izgradnje bujične pregrade, a to je da se smanjenjem podužnog pada bujičnog korita omogući oticanje velikih voda sa umanjenom kinetičkom energijom, zadržavanje lebdećeg i vučenog nanosa, stabilizacija obala i time ublažavanje destruktivnosti bujičnih poplava. Grade se obično u brdsko-planinskim oblastima, uzvodno od naselja i infrastrukturnih objekata.

Istraživanja su sprovedena kroz više faza. Prva faza bila je terensko rekognosciranje bujičnih pregrada i zaplava. Zatim faza prikupljanja fondovskih i publikovanih radova i podloga, i na kraju faza kabinetske analize i sinteze dobijenih rezultata. Tokom više godina, u više navrata i različitih godišnjih sezona, izvedena su terenska rekognosciranja i kartiranja brojnih bujičarskih pregrada i njihovih zaplava.

Površine slivnog područja bujičnih vodotoka su relativno male i karakterišu ih nagle promene veličine proticaja koje mogu biti u rasponu od nule do maksimalnog (nekoliko desetina m<sup>3</sup> i više). Bujični tok je mešavina voda koje se posle intezivnih padavina ili naglog topljena snega u kratkom roku po površini terena slivaju i koncentrišu u rečno korito, glinovite frakcije kao posledice spiranja površinskog sloja terena i odlomaka stena koji su nastali endogenim i egzogenim procesima. Intezitet i količina taloženja vučenog i lebdećeg nanosa iz bujičnog toka u prostor uzvodno od pregrade zavisi od velikog broja prirodnih (hidroloških, geomorfoloških, hidrauličkih, geoloških, meteoroloških, hidrogeoloških i dr.) i antropogenih faktora u slivu.

Na prostoru Srbije izgrađeno je nekoliko hiljada bujičnih pregrada različitog tipa konstrukcije i dimenzija [8]. Kod većine prostor za zadržavanje nanosa je u manjoj ili većoj meri zapunjen istaloženim materijalom (slika 2). Formirani zaplav predstavlja veštačku akumulaciju (nagomilanje) odlomaka, komada stenskog materijala vodama donetog sa slivnog područja [3].



Veličina mase bujičnog zaplava (dužina, širina, debljina) je različita. Dominantno zavisi od građevinskih dimenzija i karakteristika pregrade, morfologije korita vodotoka uzvodno od pregrade, transportne snage vodotoka, na slivu raspoloživih količina produkata geomorfoloških procesa i donetog u prostor uzvodno od pregrade.

Vodotoci koji su formirali bujični nanos mogu tokom godine biti sa povremenim proticajem ili stalnim, u rasponu od bujičnih poplava do jedva приметnih ili pak potpunog izostanka proticaja vode. Tokom proticanja preko zaplava odvija se ifiltriranje dela doteklih voda. Često u recesionom periodu rečne vode se ne prelivaju preko bujične pregrade već u potpunosti poniru u zaplav i ističu na barbokanama (slika 2).



Slika 2. Bujična pregrada i moćan zaplav na Čadevici, sliv Jadr, zapadna Srbija [5] i Gradašničke reke, sliv Nišave, istočna Srbija (foto: Z. Nikić)

## 5. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE BUJIČNOG ZAPLAVA

Prema genezi bujični zaplav je akumulacioni oblik recentnog proluvijalnog i fluvijalnog geomorfološkog procesa. Frakcije zaplava su različitih dimenzija, litološkog sastava i oblika. Veličine su u rasponu od pelitskih čestica do blokova metarskih dimenzija, litološkog sastva heterogenog (magmatske, sedimentne, metamorfne), oblika dominantno uglastog, tj. nezaobljenog. Posmatrano u planu i profilu prostorni heterogeni raspored frakcija rezultat je brzih promena različitih karakteristika donetog stenskog materijala i njegovog taloženja. Zbog toga izostaje stratifikacija, a vrednost koeficijenta filtracije ( $K$ ) je različita u svakoj tački, u sva tri smer:  $K_x \neq K_y \neq K_z$  [5].

Bujični zaplav pripada rastresitim stenskim masama intergranularnog tipa poroznosti. Može biti formiran u relativno kratkom vremenskom periodu (ili ne) posle izgradnje bujičarske pregrade u okviru depresije predviđenoj za zadržavanje nanosa. Bočne strane i dno depresije najčešće grade vodonepropusne stene. Šematski se može predstaviti kao jednoslojna, homogena, anizotropna, intergranularna sredina. Karakterišu ga superkapilarne pore višestruko

međusobno hidraulički povezane i zato predstavlja vodopropusnu sredinu. Prilikom nailaska rečnih voda na zaplav, zbog njegove poroznosti i vodopropusnosti, dolazi do infiltracije dela površinskih voda u telo zaplava. Infiltrirane rečne (površinske) vode poniru u dublje zone zaplava i istiskuju vazduh iz superkapilarnih pora ispunjavajući ih vodom. Na taj način formira se podzemna akumulacija voda, podzemno vodno telo odnosno, izdan u okviru zaplava. Pošto se izdan u celosti nalazi u vodonepropusnom okruženju predstavlja nezavisnu (separatnu), jedinstvenu hidrogeološku vodonosnu sredinu.

Formirana izdan u zaplavu je zbijenog tipa, sa slobodnim nivoom, pripada otvorenoj hidrogeološkoj strukturi i kontinualna je u granicama rasprostranjenja na potezu od pregrade pa do najuzvodnije tačke zaplava. Nivo podzemnih voda slobodno osciluje, a u hidrogeološkom profilu postoji izdanska i nadizdanska zona (slika 3). Visine ovih zona su promenljive u zavisnosti od količine voda koje dotiču na zaplav, prostorne geometrije zaplava i tehničkih karakteristika bujične pregrade (kote preliva i barbokana). Prihranjivanje izdani dominantno se vrši na račun infiltracije doteklih rečnih voda. Intezitet prihranjivanja zavisi od veličine koeficijenta filtracije zaplava i

hidrauličkog gradijenta. Dreniranje izdani vrši se isticanjem kroz barbokane ili prelivanjem preko pregrade (slika 3), pri čemu efekat evapotranspiracije na gubitak podzemnih voda je zanemarljiv.

Generalno, zbijeni tip izdan u bujičnom zaplavu karakteriše mogućnost filtracije, akumuliranja i otpuštanja podzemnih voda.

## 6. DISKUSIJA

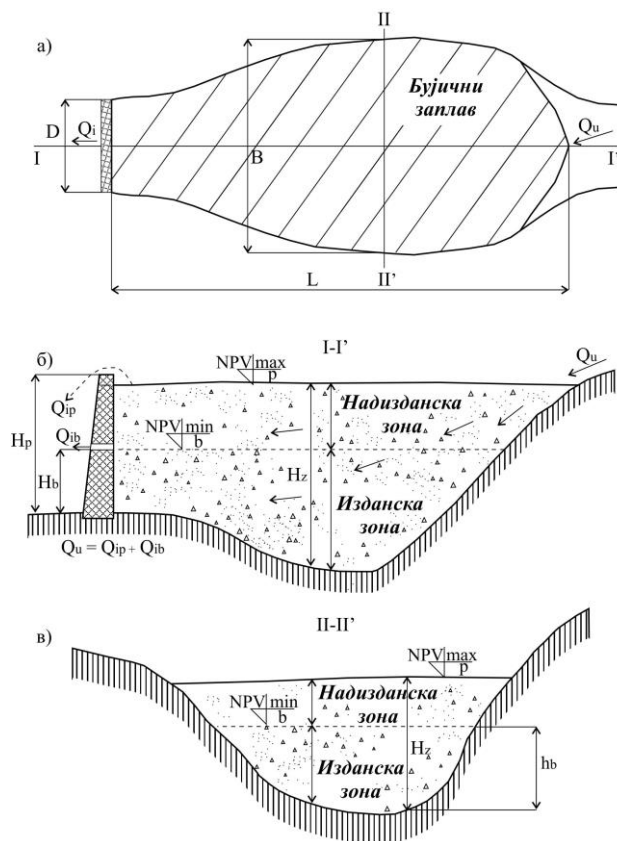
Sve navedeno ukazuje da bujični zaplav značajnijeg rasprostranjenja i moćnosti (debljine), sa stalnim dotokom rečnih voda predstavlja potencijalno izvorište podzemnih voda (slika 2 i 3).

Za količinu podzemnih voda u zaplavu važni su sledeći elementi: a) veličina tela zaplava, b) koeficijent filtracije zaplava i v) stalnost i količina rečnih voda koje dotiču na zaplav. Ako je masa zaplava malih dimenzija time je i količina podzemnih voda akumuliranih u njemu skromna, ali i obrnuto. Međutim, kada na zaplav dotiče stalni vodotok, količina podzemnih voda može biti respektabilna – značajana i kod zaplava malih dimenzija. U ovom slučaju količini izdanskih voda, odnosno povećanju kapaciteta izvorišta tada doprinosi stalnost i količina vodotoka koji dotiče na zaplav.

Kvalitet podzemnih voda u zaplavu u zavisnosti je od kvaliteta doteklih voda, zatim filtracionih i mineraloških karakteristika frakcija koje grade zaplav. Imajući u vidu da je prostor uzvodno od pregrade obično ne naseljen ili jako slabo, za očekivati je da kvalitet voda koje dotiču bude povoljan. Pri tome, intergranularna sredina zaplava predstavlja prirodni filter koji doprinosi popravljaju kvaliteta iz reke, infiltriranih voda.

Prema genetskim, litološkim i hidrogeološkim karakteristikama bujični zaplav sličan je aluvijalnim naslagama. Različitost se ogleda u izostajanju stratifikacije, loša sortiranost i nezaobljenost frakcija kod zaplava, što se odražava na proces filtracije i akumuliranje podzemnih voda. Hidrogeološki karakter izvorišta u zaplavu podseća na prirodni proces obalske filtracije u aluvijalne sedimente. Obalska filtracija doprinosi nastajanju podzemnog vodnog tela u intergranularnoj poroznoj stenskoj sredini odnosno, analogno formiranju izdani u bujičnom zaplavu. Generalno, izvorište u zaplavu može se svrstati u kombinovani tip izvorišta: a) sa intergranularnom poroznom vodonosnom sredinom u kojoj su

akumulirane podzemne vode i b) sa prirodnom infiltracijom rečnih voda (analogno izvorištu sa primenom veštačke infiltracije).



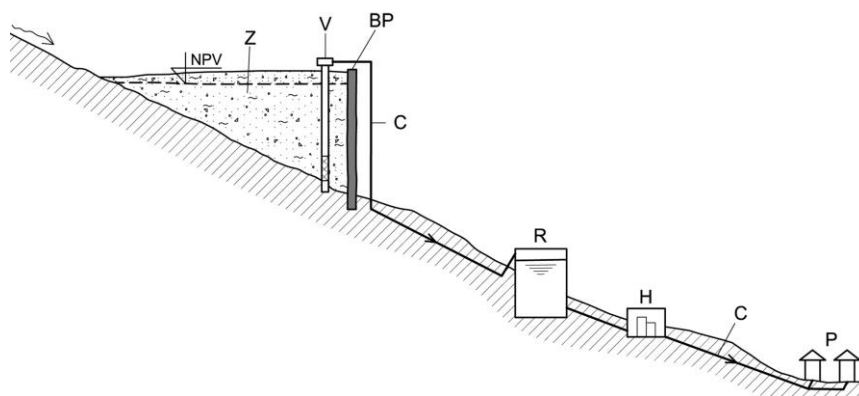
Slika 3. Šema bujičarske pregrade, zaplava i izdanskih zona u zaplavu [6]

Legenda: a) u planu, b) podužni profil, v) poprečni profil u zoni lokalne depresije; L-dužina zaplava; B-širina zaplava;  $H_p$ -visina bujičarske pregrade; D-dužina pregrade;  $H_z$ -moćnost (debljina) zaplava;  $H_b$ -visina preliva barbokane; NPV-nivo podzemnih voda u zaplavu max-maksimalni i min-minimalni;  $h_b$ -visina vodenog stuba u zaplavu na koti barbokane;  $Q_u$ -količina voda koja dotiče na zaplav;  $Q_{ip}$ -količina voda koja otiče preko pregrade;  $Q_{ib}$ -količina voda koja otiče kroz barbokanu

Količine podzemnih voda koja će se zahvatati na nekom izvorištu određuju hidrogeološke odlike kaptirane izdani, potrebe za vodom korisnika i tehnički uslovi eksploatacije [2]. U tom svetlu treba posmatrati i izvorište u bujičnom zaplavu. U povoljnim uslovima u

zaplavu redovno postoji izvesna akumulacija podzemnih voda. Kada nema površinskog doticanja (hidrološki minimumu) prelivne vode na pregradi ili na barbokanama su samo procedne iz zaplava odnosno, izdani koja se drenira na datim kotama. U tom periodu (u zavisnosti od veličine mase zaplava i njegovih karakteristika), planskim režimom eksploatacije može se uticati na količine zahvaćenih voda. Tokom ostalih hidroloških stanja zahvatanje podzemnih voda je u funkciji potreba korisnika tj. vodosnabdevanja. Okvirna zapremina podzemnih voda u zaplavu se može odrediti na sledeći način [6]:

$$V_k = F_i \cdot h_i \cdot \varepsilon_i \quad [m^3]$$



Slika 4. Šematski prikaz vodosnabdevanja iz bujičnog zaplava ruralnog domaćinstava u brdsko-planinskim oblastima.

Legenda: Z-bujični zaplav-nanos; BP-bujična pregrada; V-vodozahvatni objekat; C-cevovod; R-rezervoar vode; H-hlorinatorska stanica; P-potrošač; NPV-nivo podzemnih voda u zaplavu

Kaptiranje podzemnih voda u bujičnom zaplavu može se vršiti: izradom vertikalnih bunara, izradom horizontalnih vodozahvatnih objekata, ili zahvatanjem voda na barbokanama u telu pregrade [6]. Koji će vodozahvatni objekat biti izgrađen zavisi od hidrogeoloških karakteristika zaplava i izdani, hidroloških prilika, tehničkih uslova i finansijskih mogućnosti investitora.

Važan element ekonomičnosti svakog vodosnabdevanja jeste transport vode od izvorišta do potrošača. Za izvorišta u zaplavu u brdsko-planinskim oblastima transport voda jako je povoljan jer se odvija gravitaciono.

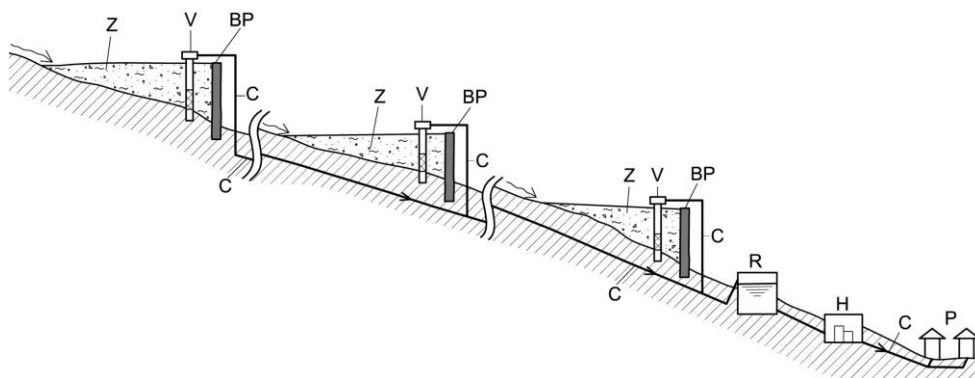
Zahvatanje podzemnih voda iz zaplava može se vršiti iz jednog (slika 4) ili iz više zaplava u nizu (slika 5). Postojanje na bujičnom vodotoku u nizu više pregrada

gde je:  $V_k$  – okvirna zapremina ( $m^3$ );  $F_i$  – prosečno prostranstvo izdani u zaplavu ( $m^2$ );  $h_i$  – prosečna visina vodenog stuba u zaplavu (m);  $\varepsilon_i$  – prosečna efektivna poroznost intergranularne sredine zaplava (%).

Sistem za individualno vodosnabdevanje ruralnih domaćinstava u brdsko-planinskim oblastima obično tehnički je manje zahtevan. Međutim, podrazumeva se da korisnicima isporučuje sa zdravstvenog aspekta potpuno ispravnu vodu. Generalno, sistem za vodosnabdevanje iz bujičnog zaplava sastoji se od izvorišta, vodozahvatnog objekta, sabirnog rezervoara, sistema za dezinfekciju vode (obično hlorinatora) i cevi razvodne mreže do potrošača (slika 4).

sa značajnim zasipom, pruža mogućnost rada izvorišta u vidu spregnutog sistema. Povoljnost se ogleda u obezbeđivanju većih količina voda, upravljanje kvalitetom zahvaćenih voda, jeftinijoj gradnji i održavanju celog sistema. Upravljanje spregnutim sistemom daje mogućnost usklađivanja sa potrebama za vodom i kvalitetom, a prema trenutno raspoloživom stanju voda u pojedinim zaplavima. Ostvaruje se isključivanjem ili uključivanjem dotoka voda iz pojedinih zaplava u sabirni rezervoar (slika 5).

U povoljnim uslovima (postojanje opisanih karakteristika bujičnog zaplava i pregrade) pored pijaće vode za individualno ruralno domaćinstvo, na opisan način može se obezbediti voda za jednu vikendicu ili farmu (stočna, živinarska) u brdsko-planinskim oblastima.



Slika 5. Šema spregnutog sistema (u nizu) zahvatanja voda iz više bujičnih zaplava za vodosnabdevanje ruralnog domaćinstva u brdsko-planinskim oblastima

Legenda: oznake kao na slici 4.

Tokom vremena eksploatacije izvorišta u zaplavu može se javiti problem u vidu umanjenja kapaciteta. Oglada se u tome da tokom procesa strujanja vode kroz zaplav prema vodozahvatnom objektu, zbog taloženja suspendovanog nanosa i hemijskih procesa, može doći do negativnih promena filtracionih karakteristika u zoni: a) infiltracije površinskih voda u zaplav, b) filtracionog toka kroz zaplav, v) oko vodozahvatnog objekta. Treba imati u vidu da je ovaj problem prisutan kod svih bušenih bunara, na globalnom nivou.

## 7. VREDNOVANJE IZVORIŠTA U BUJIČNOM ZAPLAVU

U osnovnim crtama neki od elemenata vrednovanja izvorišta u bujičnom zaplavu su:

- *Kapacitet vodnog resursa* izvorišta u zaplavu su količine voda koje dotiču na zaplav sa slivnog područja (topografskog; hidrogeološkog). Vrednost kapaciteta vodnog resursa su praktično sve vodne količine koje se prelivaju na bujičnoj pregradi.

- *Kapacitet izvorišta* se odnosi na mogućnost korišćenja voda izvorišta u funkciji vremena. Kod zaplava on zavisi od brojnih faktora: veličine zaplava i njegovih filtracionih karakteristika, količina rečnih voda koje dotiču na zaplav na dnevnom nivou, stalnosti proticaja vodotoka, hidrauličke veze reke i izdani, tipa vodozahvatnog objekta itd. Vode koje površinski dotiču vrše prihranjivanje - obnavljanje izdani formirane u zaplavu. Obnavljanje količina - rezervi izdanih voda posebno je izraženo tokom noćnog perioda kada je njihovo zahvatanje minimalno. Ovo pruža mogućnost da

se tokom dana vrši precrpljivanje akumuliranih podzemnih voda pri čemu u uslovima minimalne noćne potrošnje dolazi do obnavljanja, popunjavanja iscrpenih rezervi. U periodu kada nema doticanja voda na zaplav, raspoložive količine za potrebe vodosnabdevanja su podzemne vode akumulirane u okviru tela zaplava.

- *Kvalitet voda izvorišta* u zaplavu u zavisnosti je od kvaliteta voda koje površinski dotiču na zaplav. S obzirom na to da se naseljena mesta ili industrijski objekti jako retko nalaze uzvodno od pregrada, kvalitet voda koje dotiču na zaplav obično je povoljan. Međutim, prilikom bujičnih poplava kao posledica unosa velikih količina voda i nanosa, može doći do prolaznog pogoršanja kvaliteta. U ostalim hidrološkim prilikama, proces filtracije kroz zaplav doprinosi poboljšanju i održavanju stabilnosti kvaliteta voda, slično kao kod aluvijalnih izdani.

- *Pripadnost voda izvorišta* u zaplavu obično je klasi I, tj. onaj koja se u prirodnom stanju ili posle dezinfekcije može upotrebljavati ili iskorišćavati za snabdevanje stanovništva vodom za piće (Uredba o klasifikaciji voda, „Sl.gl. SRS“, br. 5/68). Jasno je da se prilikom svakog konkretnog slučaja otvaranja izvorišta mora precizno istražiti i definisati kvalitet voda.

- Prema *tehnološkom procesu prerade voda* za potrebe vodosnabdevanja vode iz zaplava obično pripadaju kategoriji I, kod kojih se iz preventivnih razloga vrši samo dezinfekcija voda.

- *Zone sanitarne zaštite (ZSZ)* važan su element svakog izvorišta. Prema Pravilniku o načinu određivanja i

održavanja zona sanitarne zaštite izvorišta vodosnabdevanja („Sl.gl. RS“, br. 92/2008) izdvajaju se tri ZSZ. Za izvorišta u bujičnom zaplavu zona neposredne zaštite (zona I) podrazumeva strogo kontrolisani prostor koji je fizički ograđen na oko 3 m od samog vodozahvatnog objekta. Uža ZSZ (zona II) podrazumeva šire područje i njoj treba obavezno da pripada ceo prostor bujičnog zaplavlava, od pregrade pa uzvodno do njegove krajnje tačke. Šira ZSZ (zona III) predstavlja slivno područje (topografsko, hidrogeološko) na prostoru uzvodno od bujične pregrade. Granice i režim zaštite u okviru svih ZSZ propisuje se za svako konkretno izvorište primereno stanju na terenu, a u svemu u skladu sa navedenim aktuelnim Pravilnikom.

- *Ekonomski parametri izvorišta* u zaplavu su jako povoljni. Njegova vrednost se može odrediti analizom investicionih vrednosti za izvorište, eksploatacionih troškova i mesta izvorišta u ekonomiji individualnog vodosnabdevanja [4]. Kod izvorišta u zaplavu vodozahvatni objekat se prilagođava najpovoljnijoj varijanti za već izgrađenu pregradu, što je značajna ušteda [6]. Vode zahvaćene na izvorištu transportuju se gravitaciono do potrošača, što pripada najjeftinijem načinu. Posebna značajnost ovog izvorišta je u ekonomiji individualnog domaćinstva u uslovima kada nema alternative za rešavanje vodosnabdevanja pa je rešenje uslovljeno mogućim tj. onim šta je na raspolaganju. Ovaj momenat je jako značajan jer predstavlja jedan od elemenata kod donošenja odluke o ostajanju ili ne ljudi da u XXI veku žive na tim prostorima. Zbog toga ekonomski i drugi značaj benefita koje izvorište u zaplavu može ostvariti za lokalnu zajednicu u brdsko-planinskim oblastima jako teško se može (realno) iskazati.

- Izvorište u zaplavu ne mora biti jedino i glavno izvorište za vodosnabdevanje, već se može integrisati u postojeće i doprineti prevazilaženju problema u određenom periodu (velike potrebe za vodom, recesioni period, itd.). U tom svetlu treba posmatrati i *element sigurnosti rada izvorišta*.

## 8. ZAKLJUČAK

Ruralna domaćinstva u brdsko-planinskim oblastima u Srbiji, pored brojnih drugih infrastrukturnih objekata, obično nemaju kvalitetno rešeno vodosnabdevanje. U cilju ublažavanja ovog problema opravdan je pristup da se za potrebe njihovog vodosnabdevanja u brdsko-

planinskim oblastima u funkciju stave svi vodni resursi u bližem okruženju sa adekvatnim kvalitativnim i kvantitativnim karakteristikama voda.

Bujični zaplav značajnijeg rasprostranjenja i moćnosti (debljine) predstavlja potencijalno izvorište podzemnih voda. Intergranularna poroznost zaplavlava omogućava infiltraciju rečnih voda koje dotiču i na taj način u okviru zaplavlava formiranje akumulacije podzemnih voda. Formirana izdan je zbijenog tipa, proluvijalno-fluvijalne geneze, holocenske starosti. Karakteriše je mogućnost filtracije, akumuliranja i otpuštanja podzemnih voda.

U uslovima kada nema alternative za rešavanje vodosnabdevanja za žitelje individualnog ruralnog domaćinstva u brdsko-planinskim oblastima, rešenje je uslovljeno onim šta je na raspolaganju. U tom svetlu treba posmatrati izgradnju, ali i ograničenja izvorišta u bujičnom zaplavu. Jako je značajan benefit koji može imati za lokalnu zajednicu, ali šire i za region, i teško se može iskazati realno u funkciji recentnog vremena.

Za izvorišta u bujičnom zaplavu povoljnosti su sledeće:

- prostorni položaj bujične pregrade i zaplavlava je uzvodno od potrošača koji će koristiti vode,
- relativno skromna finansijska sredstva potrebna za izgradnju ovakvog tipa izvorišta,
- slivno područje bez prirodnih ili antropogenih ograničavajućih elemenata,
- povoljne hidrogeološke karakteristike zaplavlava,
- tehničko rešenje nije zahtevno, sa značajnim pozitivnim efektima ali i sa izvesnim ograničenjima.

U slučaju postojanja u nizu više bujičnih pregrada sa značajnim zasipom postoji mogućnost formiranja izvorišta sa spregnutim sistemom rada kada se može „upravljati“ kvalitetom i kvantitetom zahvaćenih voda.

Doprinos vodosnabdevanju iz zaplavlava ogleda se u: 1) poboljšanju uslova za život jednog ruralnog domaćinstva u brdsko-planinskim oblastima; 2) promovisanju integrisanog (boljeg) upravljanja vodnim resursom; 3) pravilnom sagledavanju i razumevanju ograničenosti kvalitetnih vodnih resursa posebno u uslovima aktuelnih klimatskih događanja; 4) izgradnji sistema vodosnabdevanja relativno skromne cene korišćenjem i istovremeno očuvanjem resursa površinskih i podzemnih voda.

Bujična pregrada i zasip su objekti izgrađeni u nekom ranijem periodu. Ovaj momenat jako doprinosi



povoljnosti cene koštanja izgradnje izvorišta čije „srce“ čine upravo zaplav i pregrada. Izgradnja izvorišta u zaplavu doprinosi dodatnoj novoj vrednosti bujičarske pregrade kroz spajanje više funkcionalnih elemenata (odbrana od bujičnih poplava i vodosnabdevanje) u jednu celinu. Bujičarska pregrada na ovaj način pored primarne dobija i važnu sekundarnu ulogu.

#### LITERATURA

- [1] Dokmanović P., Nikić Z.: Analiza (ne)održivosti aktuelne strategije vodosnabdevanja u Srbiji. Tehnika. Br. 3. Str. 433-441. Beograd, 2015.
- [2] Filipović B.: Metodika hidrogeoloških istraživanja I. Naučna knjiga. Beograd, 1980.
- [3] Kostadinov S.: Bujični tokovi i erozija. Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet. Beograd, 2008.
- [4] Lukić D.: Osnovi menadžmenta vodovoda. Udruženje za tehnologiju voda i sanitarno inženjerstvo. Beograd, 2014.
- [5] Nikić Z., Ristić R., Marić N., Milčanović V., Polovina S., Malušević I.: Zaplav bujične pregrade u funkciji lokačnog vodosnabdevanja stanovništva brdsko-planinskih područja. Glasnik šumarskog fakulteta, br. 120. Str. 117-130. Beograd, 2019.
- [6] Nikić Z., Ristić R., Marić N., Radić B., Milčanović V., Polovina S., Malušević I.: Potencijal bujičnog zaplava u lokalnom vodosnabdevanju stanovništva. Srpsko društvo za zaštitu voda. Zbornik radova: „49 konferencija Voda 2020“. Str. 483-490. 19-20.11. Trebinje, 2020.
- [7] Ristić R., Kostadinov S., Radić B., Trivan G., Nikić Z.: Torrential Floods in Serbia – Man Made and Natural Hazards, 12th Congress INTERPRAEVENT 2012, Proceedings, pg. 771-779, Grenoble, France, 2012.
- [8] Službeni glasnik Republike Srbije, br. 11/2002: Vodoprivredna osnova Republike Srbije. Beograd.
- [9] Službeni glasnik Republike Srbije, br. 30/2010: Zakon o vodama. Beograd.

## USING OF DEPOSITS OF TORRENT CHECK DAM FOR INDIVIDUAL WATER SUPPLY OF HOUSEHOLDS IN HILLS AND MOUNTAIN AREAS

by

Zoran NIKIĆ, Ratko RISTIĆ  
University of Belgrade Faculty of Forestry, Belgrade

### Summary

Rural households in hilly and mountainous areas in Serbia (as well as in the surrounding areas), in addition to numerous other infrastructural facilities, usually do not have a fixed water supply. In order to alleviate this problem, the approach to put into operation all water resources in the immediate environment with favorable qualitative and quantitative characteristics was adopted. In conditions where there is no alternative for solving water supply in a conventional way in hilly and mountainous areas, the solution is conditioned by what is available. This was the starting point for research conducted through several phases of field and cabinet activities. One of the conclusions is that the function of water supply for rural households in hilly-mountainous areas can be put to torrential deposits where there are prerequisites for that. Obtained results show that a torrential deposits of significant distribution and power (thickness) with a constant inflow of river water is a potential source of groundwater. Intergranular porosity of deposits enables infiltration of surface river waters

and thus formation of groundwater accumulation within deposits. Formed outcrop of compact type is characterized by possibility of filtration, accumulation and release of groundwater. Contribution of water supply from flash floods in addition to improving living conditions of members of a rural household in hilly and mountainous areas, is reflected in possibility of bridging lack of capacity of existing source, then creating a water supply system at a relatively modest price, properly observing and understanding limitations of quality water resources, especially in current climate conditions events and more. In this way, in addition to the primary role (protection against flash floods), flood barrier also has an important secondary role (individual water supply).

Key words: individual water supply; torrential deposits; source; hilly-mountainous area; flood barrier; rural household.