

## NASTUPILO JE VREME KADA SE BEZ AKUMULACIJA NE MOGU OBEZBEDITI USLOVI ZA OPSTANAK I RAZVOJ

Tina DAŠIĆ<sup>1)</sup>, Miloš STANIĆ<sup>1)</sup>, Žana TOPALović<sup>2)</sup>, Nedeljko SUDAR<sup>3)</sup>, Branislav ĐORĐEVIĆ<sup>4)</sup>  
<sup>1)</sup>Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet; <sup>2)</sup>Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet; <sup>3)</sup>Zavod za vodoprivredu, Bijeljina; <sup>4)</sup>Akademija inženjerskih nauka Srbije

Čovečanstvo se našlo u 'makazama' sve učestalijeg povećavanja rušilačkih talasa velikih voda i sve dužih i opasnijih malovođa. (Najsazetiji opis problema sa kojim se moramo odmah suočiti)

### REZIME

Klimatske promene nisu stvar neke dalje budućnosti. To su procesi koji se već dešavaju i najnepovoljnije se odražavaju upravo na sektor voda u Srbiji, ali i u svim zemljama u regionu. Nepovoljne posledice su posebno izražene u Srbiji, jer je ona i ranije imala vodne režime među najnepovoljnijim u Evropi - sa gledišta vremenske neravnomernosti tokom godine, kao i sa gledišta prostorne raspodele vode po teritoriji. Kao posledica klimatskih promena već se uočavaju pogoršanja vodnih režima: sušni periodi postaju sve duži, male vode su sve manje i sa sve dužim trajanjem, velike vode postaju sve veće, bujičnije, sa sve razornijim posledicama, smanjuje se intenzitet obnavljanja podzemnih voda i postaju sve ranjivija izvorišta podzemnih voda. Posebno je loše to što su najveća pogoršanja vodnih režima upravo u delovima Srbije (istok, jugistok, jug), gde su i sada vodni režimi najnepovoljniji.

Sadašnje planirane akcije u svetu svode se samo na napore da se uspore emisije gasova staklene bašte (GSB). Te akcije nisu dovoljno operativne za sektor voda. Ostvarivanje potrebne izdržljivosti (resiliency) vodoprivrednih sistema može se ostvariti samo novim akumulacijama i ojačanjem linijskih sistema zaštite od poplava. Akumulacije dobijaju sve veću ulogu i u aktivnoj zaštiti od poplava - ublažavanjem poplavnih talasa. U takvim uslovima apsolutni prioritet ima prostorno planiranje koje će zaštititi sve neophodne prostore za razvoj vodoprivredne infrastrukture u novim, pogoršanim uslovima. To podrazumeva plansku zaštitu prostora neophodnih za izgradnju novih akumulacija i retenzija, zaštitu svih izvorišta podzemnih i površinskih voda, i prostora za ojačavanje linijskih sistema zaštite od poplava.

U članku se na bazi studija urađenih za Prostorni plan Republike Srbije, i Studije uticaja klimatskih promena na upravljanje vodama sliva Vrbasa, analizira neophodnost izgradnje novih akumulacija, kako bi se vodoprivredni sistemi učinili dovoljno pouzdanim i izdržljivim i u novim uslovima. Na primeru Vrbasa i njegove pritoke Vrbanje pokazuje se da se izgradnjom i manjih akumulacija, umesto velike, čija je realizacija onemogućena neplanskim zaposedanjem dolinskog prostora, može značajno povećati pouzdanost funkcionisanja sistema za navodnjavanje. Navode se i iskustva iz Srbije, koja mora novim akumulacijama obezbediti neophodnu pouzdanost vodoprivrednih sistema u uslovima izazvanim klimatskim promenama.

**Gljučne reči:** klimatske promene, akumulacije, navodnjavanje, pouzdanost isporuke vode, izdržljivost (resiliency) vodoprivrednih sistema.

### 1. UVOD: ZABLUDE OKO ADEKVATNIH AKCIJA ZBOG KLIMATSKIH PROMENA

Klimatska, meteorološka i hidrološka događanja u svetu već su dostigla takve zabrinjavajuće razmere da Svetska meteorološka organizacija (WMO) razmišlja da se sada korišćeni termin 'klimatske promene' zameni adekvatnijim - 'vanredno klimatsko stanje', koji je više motivacioni za neophodne akcije. Međutim, upravo u poimanju suštine 'akcije' leži ključ strateških nesporazuma koji pretili da bude uzrok veoma ozbiljnih posledica po svet, a posebno po zemlje u regionu.

Pod terminom 'akcija' najveći broj zvaničnika i u svetu i kod nas podrazumeva samo aktivnosti dugoročnog delovanja (moglo bi se reći i - zakasnelog), koje su usmerene na smanjenje emisije gasova staklene bašte (GSB), u skladu sa Pariskim sporazumom o klimi.

Naravno, smanjenje emisije GSB uopšte nije sporno, ali zabrinjava što tako vrlo suženo shvatanje 'akcije' imaju u vidu i brojni donosioci strateških odluka u svetu i kod nas, koji ne shvataju urgentnost problema kada se radi o vodama. A suština urgentnosti akcija počiva na činjenici da su ekstremna klimatska, meteorološka i hidrološka dešavanja već tu, da mi već živimo sa njima, i da je neophodno da se pored tih razumnih i neophodnih aktivnosti na smanjenju GSB sprovedu i brojne druge hitne aktivnosti, koje su posebno važne u sektoru voda. To su aktivnosti najvišeg nivoa urgentnosti, one čiji se efekti ne očekuju u rokovima koji se mere decenijama, već spadaju u planerske poslove u oblasti vodoprivredne infrastrukture **koje treba obaviti praktično odmah**, da bi se u novim okolnostima 'vanrednog klimatskog stanja' obezbedili uslovi za opstanak i razvoj. Te planske mere su posebno bitne za čitavo područje Balkana, na kome se nepovoljna događanja odvijaju na najopasniji način upravo na području voda i vodoprivrede kao ključne grane na kojoj počivaju i opstanak i razvoj društva. Razlozi su vrlo jasni, i ovde se ističu samo oni koji će biti razmatrani u ovom članku.

- Klimatske, meteorološke i hidrološke promene na najnepovoljniji način deluju upravo na sektor voda. Pogoršanje geofizičkih procesa zahteva promenu ranijih planskih vodoprivrednih rešenja. U novim uslovima, u poređenju sa ranijim vremenima, postaju mnogo neophodnije akumulacije sa godišnjim regulisanjem protoka, da bi se u uslovima pogoršanih vodnih režima izvršila neophodna preraspodela vode po vremenu i po prostoru.
- Vodoprivredni sistemi imaju najstrožije zahteve u pogledu prostora koji im je neophodan za razvoj. Izvorišta, prostori pogodni za realizaciju akumulacija, dolinski prostori na kojima treba graditi neophodne sisteme zaštite od poplava, predstavljaju nacionalno bogatstvo, oni su najvitalniji resurs koji se može potpuno obezvređiti ukoliko se ne stavi pod striktnu plansku zaštitu, kao prostor koji je rezervisan za tu namenu. Problem je što javnost ne shvata u kojoj meri u novim okolnostima čak i elementarni opstanak zavisi od uspešnosti 'peglanja' neravnomernosti ekstremnih hidroloških fenomena (velike vode su veće i sve rušilačkije, male vode sve manje i sa sve dužim trajanjima). A to se može obaviti isključivo akumulacijama, prevashodno onim sa godišnjim regulisanjem protoka. Nakon višegodišnje destrukcije ekosistema nekontrolisanom izgradnjom MHE sa dugačkim cevovodnim derivacijama, koje imaju beznačajnu ili nikakvu ulogu u smanjenju GSB (najveći

broj od njih uopšte ne spada u kategoriju obnovljivih izvora energije, jer je utrošak energije za njihov građenje veći od energije koju će proizvesti tokom čitavog perioda eksploatacije), stvoren je negativan, odbojan stav javnosti prema svim objektima u rekama, posebno prema akumulacijama. To je pokazala i javna rasprava nacrtu Prostornog plana Republike Srbije (PPRS) u kome brojne NVO, grupe građana i pojedinci traže izbacivanje takvih objekata iz PPRS. I ne shvataju da time na najopasniji način ugrožavaju upravo svoju bezbednost i budućnost.

- Zbog dugogodišnjeg odlaganja građenja i nepoštovanja strateških planskih dokumenata, onemogućena je izgradnja brojnih ranije planiranih akumulacija većih zapremina zaposedanjem dolinskih prostora objektima (putevi, manja naselja, privredni objekti) koji su se mogli smestiti na višim kotama, izvan prostora koji su bili neophodni za te akumulacije. Zbog toga je sada jako važno da se spasava šta se spasti može i mora: da se novim prostornim planovima prostora posebnih namena zaštite prostori koji su neophodni za izgradnju i manjih akumulacionih objekata, onih bez kojih se ne mogu obezbediti uslovi za snabdevanje vodom naselja i za navodnjavanje površina najviših bonitetnih klasa. To je jedna od akcija sa najvišim prioritetom, koja se mora realizovati odmah, što ne uviđaju donosioci odluka u regionu.

Ključni pravci najurgentnije akcije u sadašnjem 'vanrednom klimatskom stanju' je preispitivanje ranijih tehničkih rešenja razvoja vodoprivredne infrastrukture sa stanovišta novih meteoroloških i hidroloških uslova. Pošto u novim, pogoršanim hidrološkim uslovima vodoprivredni sistemi moraju da budu dopunjeni, pre svega zaštitom većeg broja izvorišta i povećavanjem broja akumulacija i prostora u njima, cilj tih preispitivanja je da se obezbedi striktna planska zaštita prostora koji su neophodni za razvoj vodoprivredne infrastrukture u tim novim okolnostima. Tu akciju otežavaju neke prepreke koje je neophodno uočiti i otkloniti.

(a) Potpuno je izostala sistematska edukacija ljudi da shvate realnu situaciju u oblasti voda. Kao po nekom pravilu u većini zemalja regiona već u školskom sistemu u odgovarajućim predmetima, pre svega u Geografiji, provejava neopravdan optimizam u tekstovima u kojima se govori o vodnim potencijalima. Uvek se pominju prosečne vrednosti protoka, sa pokazateljima koji samo zavaravaju. Primer je Srbija, čiji je prosečni bilans domaćih voda oko 505 m<sup>3</sup>/s, ali se nigde u obrazovnom sistemu i u medijima ne pominje podatak da se u malovodnim periodima, koji mogu da traju i po više

meseci (takvo malovođe bilo je i tokom letnjih meseci 2021. godine), suma svih protoka domaćih voda spušta na samo oko 50 m<sup>3</sup>/s. Slična je situacija i u Makedoniji i u BiH. Makedonija ima izrazito neravnomerne vodne režime, sa smanjivanjem malih mesečnih voda u odnosu na prosečne protoke za oko 10-15 puta (Bregalnica, u profilu Jagmular ( $Q_{sr}/Q_{min} \approx 14,5$ ), tako da ta država svoj opstanak i razvoj temelji na 45 akumulacija državnog / regionalnog značaja i oko 110 akumulacija lokalnog značaja (Petkovski, 2018). I u BiH je izražena veoma nepovoljna raspodela vode po prostoru i po vremenu. U slivu Bosne živi oko 40% stanovništva BiH, a na tom slivu se formira samo oko 14% vodnog resursa (Đorđević & Sudar, 2013). Stanje postaje znatno nepovoljnije kada se uzme u obzir vremenska neravnomernost, izražena i po godišnjim vrednostima i unutar godine. U sušnim godinama godišnji protoci se smanjuju i na samo oko 40% od višegodišnjih proseka, dok se u više malovodnih meseci (najčešće juni – septembar, upravo u vreme najvećih potreba) protoci smanjuju za 7-10 puta u odnosu na prosečne vrednosti.

(b) Veliku štetu u čitavom regionu je izazvao pogrešan i haotičan pristup izgradnji MHE, od kojih je najveći broj štetan ekološki, sociološki, ekonomski, pa i energetski. Po principima poznatog 'halo efekta' koji podrazumeva da se jedan negativan sud prenosi na čitavu oblast, veoma loš utisak o MHE sa dugačkim cevovodnim derivacijama stvorio je u javnosti odbojan stav prema svim objektima koje treba graditi na rekama, posebno prema akumulacijama i hidroelektranama. A ti objekti mogu se vrlo uspešno uklopiti u okruženje, ali se mogu planskim merama učiniti i objektima koji namenskim upravljanjem vodama mogu da vrlo uspešno poboljšavaju uslove za opstanak i razvoj vodenih ekosistema.

(c) U nekim krugovima intelektualaca postalo je pomodno osporavanje da se išta loše dešava sa klimatskim promenama. Takvim aktivnostima unosi se zabuna u javno mnjenje i time se ometa proces odlučivanja, jer se neke planerske odluke u pogledu rezervacije prostora za neophodne vodoprivredne objekte moraju donositi već danas, da bi se izvorišta i prostori za izgradnju akumulacija sačuvali od destrukcije. Radi se o meteorološkim i hidrološkim procesima koji se već dešavaju i za koje operativne odgovore treba tražiti odmah. Nekada su takva slična dešavanja bili ekstremi, a sada su te pojave postale mnogo učestalije, gotovo da se nižu jedan za drugim i sa povećanim intenzitetom. Ranije je nezabeležen događaj kao što je u Kanadi, 260 km severno od Vankuvera, temperatura od 49,5°C, koja je zabeležena 30. juna

2021, sa oko 140 umrlih od tog neverovatnog temperaturnog stresa, samo u jednom užem području pokrajine Britanska Kolumbija. Sigurno se nije dešavalo ono što se nedavno razarajuće dešavalo u Severnoj Rajni – Vestfaliji, niti su se dešavale padavine od nekoliko stotina milimetara za samo par dana, u zastrašujućem neprekidnom pljusk.

Veoma su učestale i suše, pa se sve češće dešava da se nakon kratkotrajnog perioda sa rušilačkim bujičnim poplavama naredni period godine nastavi u vidu ekstremne suše. Prema analizama pojava suša (Đurđević, 2021), o učestalosti suša svedoči i to što ih je 'poslednjih 40-tak godina bilo isto koliko u periodu od kraja 19. veka do 70-tih godina 20. stoleća'.

Takođe, zaboravlja se veoma važna činjenica da su se meteorološki i hidrološki ekstremni fenomeni nekada odvijali u sasvim drugim uslovima u oblasti voda. Nekada su izvorišta bila znatno brojnija, dostupnija i manje ugrožena uticajima antropogenog porekla, naselja su bila bezbednije smeštena u odnosu na reke, mudro povučena na nešto više kote terena. Sada su izvorišta malobrojnija, prostorno ograničenija, ranjivija na destrukcije unošenjem neprikladnih sadržaja, dok su se velika naselja i veoma skupi privredni i drugi sadržaji hazarderskim planiranjem i neplanskom gradnjom našli u zonama koje su već sada veoma ugrožene poplavama, a taj stepen ugroženosti se ubrzano povećava. Zato se u operativnom odlučivanju, onom od koga zavisi elementarni opstanak već sutra, ne smemo tešiti da su se ekstremna temperaturna događanja dešavala i u dalekoj prošlosti i da ih je civilizacija preživljavala. Sada se borba vodi bukvalno za svako izvorište, za svaki neophodan prostor za akumulacije, za svaki neophodan sistem zaštite od poplava. Odluke o zaštiti tih prostora treba donositi odmah sada, jer svako odlaganje nosi velike rizike da se unište i obezvrede. To je polazište za akcije koje je neophodno preduzimati odmah, jer će u protivnom situacija u oblasti vodnih režima potpuno iskliznuti iz kontrole.

U ovakvim okolnostima postavlja se pitanje koji su strateški prioriteti vodoprivrede u zemljama regiona. Sve analize koje su urađene do sada pokazuju da prioritet svih prioriteta postaju planerske mere zaštite prostora za realizaciju potencijalnih novih akumulacija i striktno sprovođenje mera za dugoročnu zaštitu izvorišta podzemnih i površinskih voda od bilo kakvih vidova destrukcije. U članku se razmatraju rezultati istraživanja na slivu Vrbasa, u okviru projekat UNDP-a, kao i na osnovu istraživanja koja su obavljena u Srbiji, u skladu sa njenim obavezama koje proističu iz Pariskog sporazuma. U oba slučaja zaključci su nedvojbeni:

planska zaštita izvorišta i očuvanje prostora za realizaciju novih akumulacija postaje pitanje ne samo razvoja, već i pitanje opstanka.

## 2. HIDROLOŠKE PROMENE KOJE SU BITNE ZA VODOPRIVREDNA PLANIRANJA

U skladu sa Pariskim sporazumom o klimi rade se nacionalni izveštaji i namenske studije za pojedine slivove. Ovde se daje sažetak ključnih zaključaka dve studije – iz Srbije, za područje čitave države i iz BiH, za područje sliva Vrbasa.

### 2.1. Posledice klimatskih promena u Srbiji

U skladu sa svojim obavezama prema Pariskom sporazumu, Srbija obavlja prognostičke analize klimatskih, meteoroloških i hidroloških procesa u raznim periodima u budućnosti, do kraja 21. veka. U skladu sa IPCC (*Intergovernmental panel on climate change*) razmatraju se dva scenarija: umereni scenario RCP4.5 emisije GSB, i scenario intenzivnije emisije (RCP8.5), koja dovodi do veće koncentracije GSB<sup>1</sup>. Objavljena su dva važna dokumenta: (1) Izveštaj o osmotrenim promenama klime u Srbiji i projekcijama buduće klime na osnovu različitih scenarija budućih emisija (*Đurđević, 2018*) i (2) Izveštaj uticaja osmotrenih klimatskih promena na vodne resurse u Srbiji i projekcije uticaja buduće klime na osnovu različitih scenarija budućih emisija (*Đurđević, 2019*). Modeliranja za oba scenarija emisije GSB obuhvatili su: (a) promene temperature i padavina u raznim delovima Srbije, (b) promene hidroloških pokazatelja na najvažnijim slivovima, (c) promene intenziteta obnavljanja podzemnih voda. Ovde se daje najsazetiji osvrt na zaključke koji su veoma bitni za sagledavanje uticaja na planiranje vodoprivrednih sistema.

Matematički modeli nedvojbeno ukazuju na **trend povećanja temperature vazduha u svim godišnjim dobima**, ali su nedvojbeno veća povećanja u leto i jesen (polovinom veka povećanje čak za 2°C i po scenariju manje emisije), dok se pri kraju veka najveće povećanje za čak 4,5°C očekuje zimi (slučaj nepovoljnijeg scenarija). Taj fenomen povećanja temperature vazduha, nezavisno od toga u kom periodu godine se javlja, vrlo je nepovoljan za sektor voda. U vegetacionom periodu povećavaju se gubici na evapotranspiraciju i povećavaju se potrebne norme navodnjavanja. Vrlo nepovoljno, jer se najkvalitetniji zemljišni resursi upravo nalaze u

najmalovodnijim područjima zemlje. A u zimskom periodu povišene temperature onemogućavaju formiranje snežnog pokrivača, čime se gubi izuzetno važna funkcija snega: ranije veoma važan način akumulisanja vode, kojim je poboljšavana raspodela voda u prolećno-letnjem periodu godine. Veća povećanja temperature se očekuju u južnim i istočnim delovima Srbije, upravo tamo gde su već sada najveći nedostaci vodnih resursa, gde su najnepovoljnije raspodele padavina tokom godine i gde su jako sužene mogućnosti izgradnje većih akumulacija.

**Režim padavina** se menja na vrlo nepovoljan način. Padavine se povećavaju u hladnom delu godine, dok će se u celoj Srbiji one smanjivati u mesecima toplog, vegetacionog dela godine. Na nivou zemlje to smanjenje u toplom delu godine će po umerenom scenariju RCP4.5 iznositi u proseku oko 10,8%, dok će po RCP8.5 dostići čak i 20,5%. Da se u nevoljama 'kida tamo gde je najtanje' svedoči i činjenica da će smanjenje biti znatno intenzivnije u južnim i istočnim delovima Srbije, upravo u zonama u kojima su i u ranijim vremenima bile najizraženije letnje suše. Može se zaključiti da je tendencija smanjenja padavina vrlo nepovoljna nezavisno od scenarija, i da analize pokazuju da praktično neće moći da egzistira suvo ratarenje, ono koje se uzda samo na prirodne padavine.

Pri analizi **uticaja na protoke** treba biti veoma obazriv, jer su moguća pogrešna zaključivanja. Na nivou prosečnih vrednosti ne očekuju se značajnije promene godišnjih proticaja. Prema scenariju RCP4.5 nema bitnijih promena prosečnih protoka, a na Dunavu i Savi dolazi čak do malog povećanja. Međutim, po scenariju RCP8.5 u zadnjem razmatranom intervalu (od 2071-2100) dolazi do relevantnih smanjenja godišnjih protoka i na nivou prosečnih vrednosti, pri čemu su ta smanjenja na Tamišu oko -7%, Timoku oko -8%, Drini oko -10%, na Južnoj Moravi - 13%, na Velikoj Moravi oko -11%, a na Ibru čak do -17%. Međutim, prava nevolja se uočava tek kada se analizira promena protoka po mesecima tokom godine. Tada se zapaža jedna veoma nepovoljna zakonitost: u zimskim mesecima (novembar do mart) prosečni mesečni protoci će se povećavati, prevashodno zbog povećavanja velikih voda koje formiraju sredozemni cikloni. Nasuprot tome, u vegetacionom delu godine (april-oktobar) dolazi do značajnih smanjenja proticaja na nivou prosečnih mesečnih

<sup>1</sup> Pokazatelj RCP - Representative Concentration Pathway, iskazuje koncentraciju CO<sub>2</sub> u ppm (parts per million), kao posledicu emisije GSB. Ranije se smatralo da je scenario RCP8.5 "pesimistički scenario", ali novija dešavanja na planeti, sa milionima hektara šumskih požara koje su van kontrole, sve više dovodi do shvatanja da je taj navodno "pesimistički" scenario sve bliže realnosti.

protoka. To je najnepovoljniji efekat tih promena: vode će biti značajno manje upravo u periodu kada je ona najpotrebnija, odnosno, u periodu kada je i u uslovima pre ovih događanja nije bilo dovoljno. Ta smanjenja variraju po rekama i po mesecima. U mesecima toplog, vegetacionog dela godine protoci se smanjuju na Južnoj Moravi za 25-30%, na Drini i preko 30%, a na Ibru po nepovoljnijem scenariju čak za 60%. Te analize su veoma bitne jer ukazuju u kojim delovima Srbije se hidrološki uslovi u toj meri pogoršavaju da neće biti moguć ne samo razvoj, već će biti ugrožen čak i elementarni opstanak bez akumulacija koje treba da 'ispeglaju' takvo drastično pogoršavanje neravnomernosti protoka tokom godine, u kome će kriza malovođa u letnjim mesecima biti ne samo sporadičan krizni događaj, već konstantno krizno, sve teže podnošljivo stanje, koje se ne može nikako otkloniti bez izgradnje više akumulacija sa godišnjim regulisanjem protoka. Ove analize pokazuju gde su one najneophodnije, ali ukazuju i na jednu veliku opasnost: upravo tamo gde su nove akumulacije najneophodnije (južni i istočni deo Srbije) su i najskupljeniji, najnepovoljniji uslovi za njihovu realizaciju.

Analiza promena protoka unutar godine po rekama stvara razloge za dodatnu zabrinutost. Na Drini i Ibru unutargodišnja neravnomernost protoka je veoma izražena. Posebno se očekuje veliko smanjenje srednjih mesečnih protoka u periodu april – oktobar, što je vrlo nepovoljna tendencija, jer na vodu iz Drine u vegetacionom delu godine računaju i Mačva, Semberija i čitavo Podrinje. Prema scenariju RCP4.5 najmanji dnevni protoci će se na Ibru smanjiti za oko 30% do sredine veka. Prema scenariju RCP8.5 srednje mesečne vrednosti se u pojedinim mesecima smanjuju i za preko 40%, uz smanjenje srednjih i najmanjih dnevnih vrednosti do kraja veka za 30% u slučaju reke Drine, odnosno za čak 60% u slučaju reke Ibar. To nedvojbeno ukazuje da je jedan od najvažnijih projekata Srbije HS Gornji Ibar – Raška, sa akumulacijama Ribarići na Gornjem Ibru i Berakovo na r. Jošanici (Raška), o čemu će biti posebno reči u narednoj tački.

Na Velikoj, Zapadnoj i Južnoj Moravi predviđa se značajno smanjenje srednjih mesečnih protoka u prolećnom, letnjem i jesenjem periodu (april - oktobar), koje krajem veka iznosi do 15-20% za scenario RCP4.5 i čak do 25-30% prema scenariju RCP8.5. Najveća smanjenja protoka očekuju se u aprilu. Povećanje srednjih mesečnih protoka u zimskim mesecima (decembar, januar, februar) slično je za oba scenarija i do kraja veka predviđa se da će to povećanje iznositi oko 10% u decembru, a 20-28% u januaru i februaru.

Promena raspodele dnevnih proticaja pokazuje neznatno odstupanje za period 2011-2040 prema scenariju RCP4.5, dok se u svim drugim slučajevima predviđa smanjenje dnevnih protoka i do 25-30% do kraja veka.

Treba imati u vidu da isto procentualno smanjenje protoka predstavlja različito smanjenje u apsolutnim vrednostima u slučaju manjih i većih protoka. Posebno brinu smanjenja malih voda. Veliko procentualno smanjenje malih protoka u većim rekama (Drina, sve tri Morave, Ibar, itd.) po pravilu postaje mnogo nepovoljnije kada se razmatranje prenese na pritoke prvog i drugog reda. Kod njih su ta smanjenja i vodoprivredno i ekološki mnogo nepovoljnija, jer u nekim periodima mogu dovesti do privremenog presušenja reke, kao posledica značajnog porasta temperature u toplom delu godine, smanjenja visine, trajanja ili potpunog odsustva snežnog pokrivača koji ima ulogu akumulacije i vremenske preraspodele vode, povećane evapotranspiracije i smanjenja padavina koje će biti najveće tokom letnje sezone. U takvim okolnostima jedini delotvoran upravljački odgovor biće male akumulacije, koje će biti neophodne za seoska naselja koja se sada oslanjaju na male vodotoke, a koje će u budućnosti moći da koriste samo ukoliko se i na njima izvrši izvesno regulisanje protoka.

Pri razmatranju posledica klimatskih promena na čitav sektor voda jedna od najnepovoljnijih posledica se začuđujuće često previđa. Radi se o veoma velikom i vrlo opasnom fenomenu: **smanjivanje intenziteta obnavljanja podzemnih voda**. To je posledica združenog delovanja povećavanja temperatura, pogoršavanja uslova za formiranje snežnog pokrivača, smanjenja padavina i proticaja u vegetacionom delu godine. Na nivou Srbije doći će do smanjenja dragocenog resursa podzemnih voda za oko -10% u periodu u kome se već nalazimo, do oko -50% u poslednjem periodu ovog veka. I tu je taj opasni fenomen izraženiji u južnim i istočnim delovima Srbije. Najugroženiji su jesenji periodi kada se u južnim i istočnim delovima zemlje mogu očekivati smanjenja kapaciteta podzemnih voda čak do 60-75% u odnosu na ranije stanje. Posledice su veoma ozbiljne: veliki broj naselja koji se sada snabdevaju vodom iz podzemnih izvorišta moraću da pređu na korišćenje voda iz površinskih voda - akumulacija, i to upravo u delovima zemlje gde su izuzetno teški uslovi za realizaciju takvih objekata.

## 2.2. Posledice klimatskih promena u slivu Vrbasa

U BiH su detaljna istraživanja posledica klimatskih promena razmatrana na slivu Vrbasa, u okviru projekta

UNDP 'Studija ekonomskog uticaja klimatskih promjena na energetski i poljoprivredni sektor rijeke Vrbas'. Imajući u vidu središnji položaj sliva Vrbasa u orografskom i hidrografskom prostoru BiH, ova studija ima strateški širi značaj od istraživanja samo tog sliva.

Klimatske promene u slivu Vrbasa rađene su za tri modela klimatskih promena: A1B, A2 i RCP8.5. Model RCP8.5 je već objašnjen (navodno: pesimistički scenario emisije GSB), dok su A1B i A2 modeli vezani za predviđanja smanjenja srednjih višegodišnjih proticaja: po A1B smanjenje od 6 ÷ 12% u bliskoj budućnosti, od 11 ÷ 24% u periodu sredinom 21. veka, i od 19 ÷ 41% u periodu krajem veka. Prema scenariju A2 u bliskoj budućnosti moguća su povećanja srednjih godišnjih količina vode od 2-8%, dok se u daljoj i dalekoj budućnosti očekuje smanjenje oticaja do 7% i od 20÷45%, respektivno. Prognoze promena su rađena za tri intervala po 30 godine, od 2010. do kraja 21. veka. Analizom su obuhvaćene srednje godišnje temperature, unutargodišnja raspodela temperatura, srednje sezonske vrednosti temperatura, suma godišnjih padavina, unutargodišnja raspodela mesečnih suma padavina i sezonske sume padavina. Na bazi podataka o padavinama i temperaturama, kao i na osnovu analiza potencijalne evapotranspiracije (PET), hidrološkim modelom MIKE NAM određeni su dnevni proticaji na lokacijama VS, što je omogućilo analizu promena proticaja u razmatranim intervalima vremena do kraja 21. veka. Sažeto se navode samo neki od pokazatelja klimatskih, meteoroloških i hidroloških promena u budućnosti u slivu reke Vrbasa.

- Promena srednjih godišnjih temperatura na svim razmatranim klimatološkim stanicama i prema svim scenarijima je od 0,7-2°C u bliskoj budućnosti, od 2,1-3,5°C u daljoj budućnosti (sredinom veka), pa do 4-6°C u dalekoj budućnosti (krajem veka).
- Promena srednjih mesečnih temperatura prema svim klimatskim scenarijima, za sve mesece i za sve stanice je od -0,1÷3,2°C u bliskoj budućnosti, 1,4-4,3°C u daljoj budućnosti i 3-7°C u dalekoj budućnosti. Najveća povećanja mesečnih temperatura se očekuju u zimskim i letnjim mesecima,
- Moguće promene srednjih sezonskih temperatura su od 0,9-1,5°C za blisku budućnost, od 2,4-2,9°C za dalju i od 4,2-5,3°C za daleku budućnost. Najveći porast temperature je moguć u sezoni DJF, zatim JJA (juni - avgust) i SON (oznake su sa prvim slovima meseci u razmatranim periodima).
- Promena sume godišnjih padavina se kreće od -4,6÷6,8% u bliskoj budućnosti, -5,9÷-1,4% sredinom

veke, i od -11,5÷-8,2% krajem veka. Zapaniti: idući ka kraju veka smanjenje godišnje količine padavina je veće.

- Promene mesečnih visina padavina su od -27÷41% u bliskoj budućnosti, od -34÷26% u daljoj i od -51÷43% u dalekoj budućnosti. Veoma zabrinjava da su najveća smanjenja mesečnih padavina u junu, julu i avgustu, upravo u vegetacionom periodu kada su padavine najpotrebnije.
- Srednji godišnji proticaji na svih 10 razmatranih VS i prema svim scenarijima se u proseku smanjuju i to od 2-12% u bliskoj budućnosti, 11-34% u daljoj i od 19-61% u dalekoj budućnosti. Dakle, idući ka kraju veka značajno se smanjuju srednji godišnjih proticaji u slivu Vrbasa.
- Srednji mesečni proticaji se menjaju u opsegu od -15÷31% za sve mesece u bliskoj budućnosti, od -41÷33% u daljoj i od -58÷36% u dalekoj budućnosti. Najveće smanjenje srednjeg mesečnog proticaja je u mesecu avgustu dok je najveće povećanje proticaja moguće u decembru.
- Sezonski srednji proticaji se prosečno menjaju od -9,7÷3,9% u bliskoj budućnosti, od -30,2÷3% u daljoj i od -4,8÷-50,8% u dalekoj budućnosti. Najveće smanjenje proticaja je u letnjoj sezoni [juni - avgust], dok je moguće povećanje u zimskoj sezoni [decembar - februar]. Ovakva 'asimetrija' promena proticaja – smanjenje leti, povećanje zimi – posebno je nepovoljna posledica klimatskih promena.
- Prema pokazateljima velikih voda, ekstremni proticaji sa krive trajanja  $Q_{1\%}$  bi se mogli uvećati (za sve stanice i klimatska scenarija) u opsegu od 0,9-12,5% u bliskoj budućnosti, -13÷14,2% u daljoj i -13÷4,5% u dalekoj budućnosti. Najveće povećanje ovih proticaja je prema scenariju A2 i može biti prosečno oko 9,7%.
- Svi karakteristični pokazatelji malih voda se menjaju u nepovoljnom pravcu: male vode postaju manje i sa dužim trajanjima. Male vode  $Q_{80\%}$  se u proseku smanjuju (u zavisnosti od scenarija) do 30% u bliskoj, od 30-45% u daljoj i od 54-61% u dalekoj budućnosti. Male vode  $Q_{95\%}$  se u proseku smanjuju do 40% u bliskoj, od 39-48% u daljoj i od 59-65% u dalekoj budućnosti. Sve analize po svim scenarijima ukazuju na veoma zabrinjavajuće povećanje učestalosti i produženju trajanja suša. Najveće smanjenje malih voda je na donjem toku sliva Vrbasa, uključujući i Vrbanju, upravo u zonama gde se nalaze najkvalitetniji zemljišni resursi.
- Vrednosti kvantila malih voda se uglavnom smanjuju. Uprosečene vrednosti smanjenja malih voda na svim stanicama, po svim scenarijima i budućim

periodima je oko 43% za kvantile povratnog perioda 20 godina, 45% povratnog perioda 50 godina, oko 46% za T=100 i čak 78% za kvantile povratnog perioda 500 godina. Ekstremno veliko smanjenje malih voda Vrbanje predviđaju svi scenariji.

Sažet zaključak je da se kao posledica klimatskih promena u slivu Vrbasa očekuju značajan porast temperatura u svim delovima godine, smanjenje ukupnih padavina, ali i povećanje učestalosti i visine ekstremnih padavina, praćenih i ekstremnim proticajima. Treba očekivati učestalije talase velikih voda, sa većim pikovima od onih koji su bili tokom prošlog stoleća, što će uslove zaštite od poplava činiti mnogo složenijim. Biće neophodno korišćenje namenskog upravljanja akumulacijama, na bazi simulacionih i optimizacionih modela kao mera aktivne odbrane od poplava (Dašić, 2019). Sa druge strane, najnepovoljnija posledica klimatskih promena su smanjenja i padavina i proticaja u vegetacionom delu godine, tako da suše postaju sve učestalije i sa sve dužim trajanjem. Kao posledica klimatskih promena nagib krive trajanja protoka u budućnosti postaje sve strmiji, što podrazumeva da se povećavaju protoci velikih voda malih trajanja, onih do 4 dana, ali da se smanjuju proticaji dužih trajanja, naročito proticaji dugačkog trajanja u zoni malih voda na dijagramu trajanja protoka. Sektor voda se suočava sa sve težom realnošću: da se tokom iste godine jave ekstremni rušilački talasi velikih voda, nakon kojih se, gotovo u nastavku tog hidrološkog događanja javi dug sušni, malovodni period. Posebno je ugroženo nizvodno područje sliva Vrbasa, gde su najkvalitetniji zemljišni resursi. Sve će biti teži uslovi zaštite tih područja od poplava spoljnim i unutrašnjim vodama, ali će, istovremeno, na tim zemljištima najviših bonitetnih klasa tokom vremena postajati gotovo nemoguća poljoprivredna proizvodnja u uslovima suvog ratarenja, bez navodnjavanja.

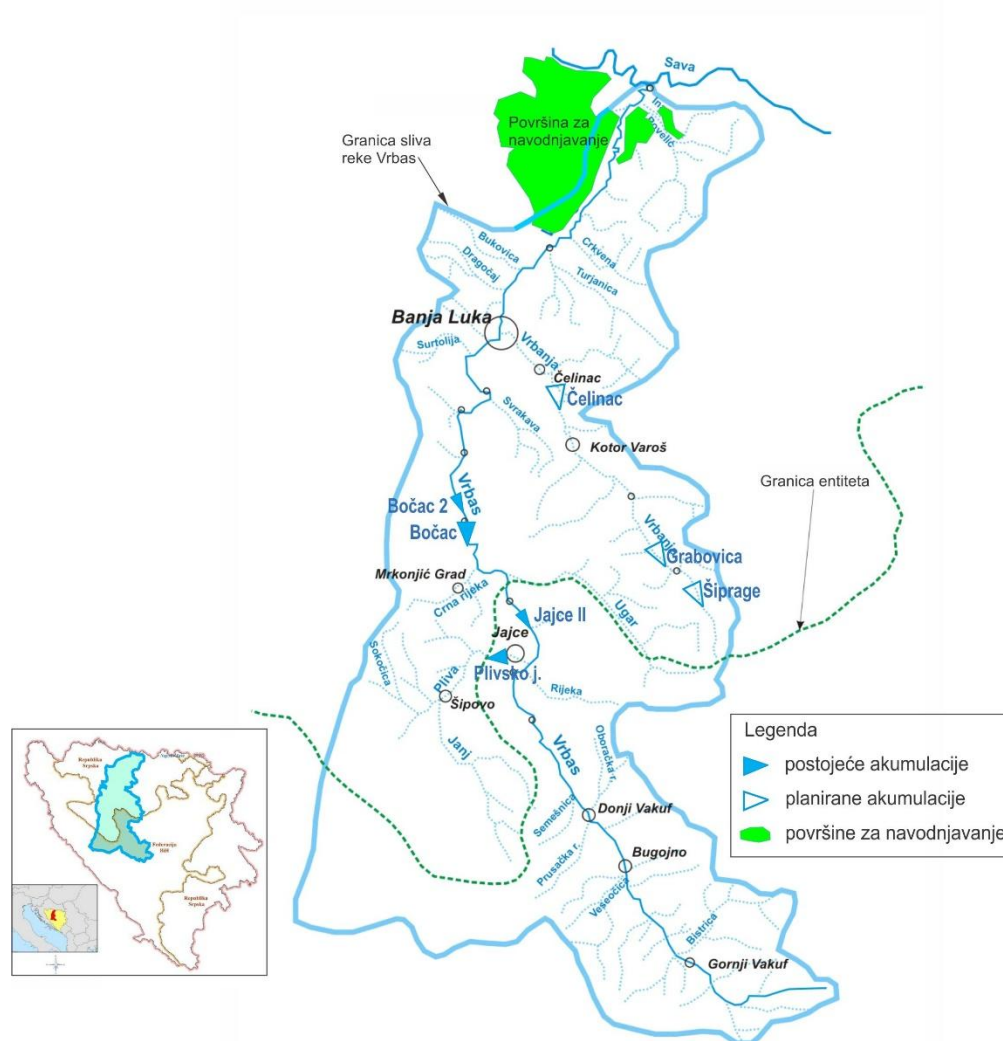
### 3. PROBLEMI SA MALOVODNIM PERIODIMA U SLIVU VRBASA

Na bazi detaljnih istraživanja uticaja klimatskih promena u slivu Vrbasa u BiH u radovima (Topalović, 2018, Blagojević, 2018, Dašić, 2019) razmatrani su sve složeniji, sve zaoštreniji uslovi zaštite od velikih voda, koje će u novim uslovima zahtevati i aktivnu odbranu od poplava, uz primenu savremenih simulacionih i optimizacionih matematičkih modela. Jedan od ključnih, ohrabrujućih zaključaka je da se primenom pomenutih matematičkih modela, uz vrlo operativne prognoze nailazaka velikih padavinskih ciklona (sada se

prognoze solidne tačnosti dobijaju par dana unapred), mogu ostvariti vrlo efikasni rezultati ublažavanja poplavnih talasa. To se postiže na taj način što se odmah nakon dobijanja meteorološke prognoze pojave velikih padavina pristupi namenskom upravljanju akumulacijom u režimu "prioritetna je aktivna odbrana od poplave". Aktiviraju se vrlo operativni simulaciono-prognostički matematički modeli, koji generišu potencijalno moguće poplavne talase (simulacija traje nekoliko sekundi), na bazi njih se odmah aktiviraju i optimizacioni modeli koji donosiocima odluka u isto tako kratkom roku predlože optimalno upravljanje kojima se vrši pretpražnjenje akumulacije (forsirani rad agregata HE Bočac, upravljački optimiziran režim otvaranja i zatvaranja evakuacionih organa), kako bi ostvarilo najveće ublažavanje poplavnih talasa. Pokazalo se i na nekim drugim sistemima (akumulacije u slivu Mušnice u okviru sistema RiTE Gacko) da takvim kibernetizovanim upravljanjem i akumulacije manjih zapremina mogu da daju vrlo dobre efekte smanjivanja vrhova poplavnih talasa (Dašić, 2016).

Naredni, isto toliko važan problem upravljanja vodoprivrednim sistemom razmatra se u ovom članku: namensko upravljanje akumulacijama u kriznim malovodnim situacijama. Istraživanja su obavljena, takođe, na slivu Vrbasa, a posebni razlozi za to su sledeći: • u donjem delu sliva Vrbasa se nalaze najkvalitetniji zemljišni resursi Republike Srpske, • u slivu te reke postoji akumulacija Bočac i više protočnih hidroelektrana, • u tom slivu su i potencijalna mesta za realizaciju i drugih manjih, ali veoma važnih akumulacija, pre svega na reci Vrbanji (slika 1). U takvoj konfiguraciji sistema bitno je sagledati kakve efekte sa gledišta mogućnosti navodnjavanja daju postojeća akumulacija Bočac i potencijalne manje akumulacije na Vrbanji, koje treba sagraditi umesto ranije planirane velike akumulacije Čelinac, čiju je izgradnju onemogućilo neplansko, nekontrolisano zaposedanje prostora koji je bio planiran za tu akumulaciju, jednu od najvažnijih u čitavoj Republici Srpskoj. Planirane su i potencijalne akumulacije Janjske Otoke na Plivi i Vrletna Kosa na Ugru.

Za ovo razmatranje je bitno istaći činjenice: (a) intenzivna poljoprivreda u uslovima navodnjavanja može i treba da bude pokretač ekonomskog razvoja, (b) navodnjavanje jako zaostaje za mogućnostima, tako da od 158.000 ha poljoprivrednih površina visokih bonitetnih klasa po pogodnosti za navodnjavanje, sistemima za navodnjavanje je obuhvaćeno samo oko 10.000 ha, ili samo 6,3 %, od čega je samo oko 4.500 ha



Slika 1. Hidrografija sliva Vrbasa sa postojećim i planiranim akumulacijama (Zavod, 2021, doručeno)

zaista u funkciji; (c) iz analiza klimatsko-meteoroloških događanja postaje sve izvesnije da uskoro neće biti moguća produktivna i ekonomična poljoprivredna proizvodnja u uslovima suvog ratarenja.

Postojeći sistem u slivu Vrbasa čine sledeći objekti (slika 1): • Plivsko jezero sa HE Jajce 1, • manja akumulacija Jajce 2 sa istoimenom HE, • akumulacija Bočac sa HE Bočac, • kompenzacioni bazen Bočac 2 sa istoimenom HE Bočac 2. Jedina prava akumulacija je Bočac, korisne zapremine  $42,6 \times 10^6 \text{ m}^3$ , sa nedeljnim regulisanjem protoka, dok su Plivsko jezero, akumulacija Jajce 2 i kompenzacioni bazen akvatorije koje omogućavaju nepotpuno dnevno regulisanje i nemaju bilo kakvu vodoprivrednu funkciju.

Na slivu Vrbasa, na delu koji pripada Republici Srpskoj, za navodnjavanje je pogodno oko 36.000 ha zemljišta viših bonitetnih klasa, u nizvodnom ravničarskom delu sliva (slika 1). Po pripremljenim projektima predviđeno je zahvatanje vode za navodnjavanje iz kanala Vrbas – Osorna – Borna, uz uslov da se u akumulacijama na slivu namenski ispušta voda za te potrebe, a samo manjim delom iz podzemnih voda. Prioritet u korišćenju podzemne vode imaju naselja u tom delu sliva. Postavlja se strateški važno pitanje koje će razmatrati članak: koja se pouzdanost snabdevanja vodom naselja i navodnjavanja može ostvariti u novim klimatskim i meteorološko-hidrološkim uslovima, sa postojećom konfiguracijom sistema, kao i sa sistemom akumulacija koji se može realizovati na Vrbani. Problem je



razmatran dinamički, za sledeće periode: • protekli period, kao referentni (1971-2000), kao i tri perioda od po 30 godina u budućnosti: • bliska budućnost (2011-2040), • sredina 21. veka (2041-2070), • period pri kraju veka (2071-2100). Imajući u vidu odraz klimatskih promena na sve činioce od kojih zavise potrebe za vodom (temperature, padavine, efektivne padavine, potencijalna evapotranspiracija, itd.), pouzdanost realizacije tih ciljeva se razmatra u uslovima promena parametara, zavisno od scenarija emisije GSB, za svaki od tri tridesetogodišnjih perioda.

Članak se neće baviti metodikom i procedurom određivanja potreba za vodom. Ona je detaljno određena u studiji (Zavod, 2021). Postupak je obuhvatio sledeće analize, tretirajući ulazne parametre kao dinamičke kategorije, kao veličine koje zavise od scenarija emisija GSB, i od tri trodecenijska perioda koji se razmatraju u budućnosti. Posebno su detaljno analizirane potrebe za vodom i raspoložive količine vode po scenariju A2 (scenario umerene emisije GSB), mada se po dešavanjima u svetu može ocenjivati da će emisije biti veće.

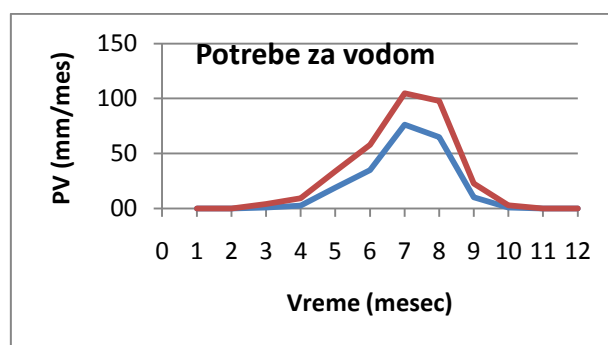
Proračun **referentne evapotranspiracije** (ET<sub>o</sub>) obavljen je po Penman-Monteith metodi, koja je preporučena od strane FAO. Brojni geofizički, klimatski parametri koji se koriste u tom proračunu (prosečne, maksimalne i minimalne temperature vazduha, insolacija, itd.) usvojeni su za svaki razmatrani period, na osnovu prognoziranih parametara, zavisno od scenarija emisije GSB. Imajući u vidu da su najkvalitetnija zemljišta na severu, u donjem toku Vrbasa, parametri su računati za KS Banja Luka. U skladu sa tom prognozom, očekuje se povećanje prosečnih godišnjih temperatura za 0,7°C u bliskom razdoblju, preko 2,1°C sredinom veka, a čak za 4,4°C u najudaljenijem periodu. Porast će se javljati u svim mesecima, ali su najizraženiji u letnjim mesecima. Promena padavina po scenariju A2 predviđa da se najpre može očekivati malo povećanje ukupnih godišnjih padavina, za oko 1,3%, ali nakon toga dolazi do smanjenja, čak za 13% u najudaljenijem razmatranom periodu. Međutim, opasnost leži u raspodeli padavina tokom godine: u letnjim mesecima vegetacionog perioda očekuje se smanjenje padavina čak za oko 20% u bliskoj budućnosti.

**Potencijalna evapotranspiracija** (ET<sub>p</sub>) je sračunata na uobičajen način, kao proizvod referentne evapotranspiracije i koeficijenta kulture, u uslovima navodnjavanja. Za površine koje bi se navodnjavale definisana je projekcija setvenih struktura, na bazi dosadašnje proizvodnje, kao i na bazi očekivane promene u pravcu intenziviranja proizvodnje stočne

hrane. Predviđena je i postrna setva na najmanje 15% površina. Usvojena je setvena struktura koja se odnosi na sisteme za navodnjavanje na zahtev, imajući u vidu da se najveći dio obradivih površina nalazi u privatnom vlasništvu i da se po pravilu radi o malim parcelama.

**Efektivne padavine** (P<sub>e</sub>) – deo ukupnih padavina koje biljka može da iskoristi za svoje potrebe - računane su po metodi USDA, SCS. Ovaj metod je rezultat opsežnih istraživanja koja su sprovedena na osnovu 50 godišnjih merenja u 22 meteorološke stanice koje dobro pokrivaju različita klimatska područja i različite karakteristike zemljišta. Pošto se efektivne padavine u navodnjavanju definišu kao onaj dio ukupnih padavina koje biljka može da iskoristi, računane su samo za mesece vegetacionog perioda i za padavine veće od 2 mm.

Prethodne analize su finalizovane određivanjem **potreba za vodom** (P<sub>V</sub>). To je urađeno na bazi osnovne bilansne relacije:  $PV = ET_p - P_e$ . Na slici 2 prikazane su potrebe za vodom P<sub>V</sub> (mm/mes) u prosečnoj godini i u nekoj fiktivnoj sušnoj godini verovatnoće pojave 80%, što odgovara povratnom periodu od 5 godina.



Slika 2. Potrebe za vodom u prosečnoj i fiktivnoj sušnoj godini povratnog perioda 5 godina

Ukupna potreba za vodom u prosečnoj godini je 209 mm, a u fiktivnoj sušnoj godini je 332 mm, što je za oko 60% veća vrednost. Na ovaj način je dobijeno metodološko polazište da se potreba za vodom na poljoprivrednim površinama sagledavaju kao dinamička kategorija, u uslovima nepovoljnih klimatskih promena, posebno imajući u vidu da će doći do relevantnih promena temperatura i padavina, posebno nepovoljnih upravo u vegetacionom delu godine.

**Trend promena potreba za vodom.** Pošto je najnepovoljniji efekat klimatskih promena povećanje temperatura vazduha i smanjenje padavina u vegetacionom delu godine, analiziran je trend potreba za

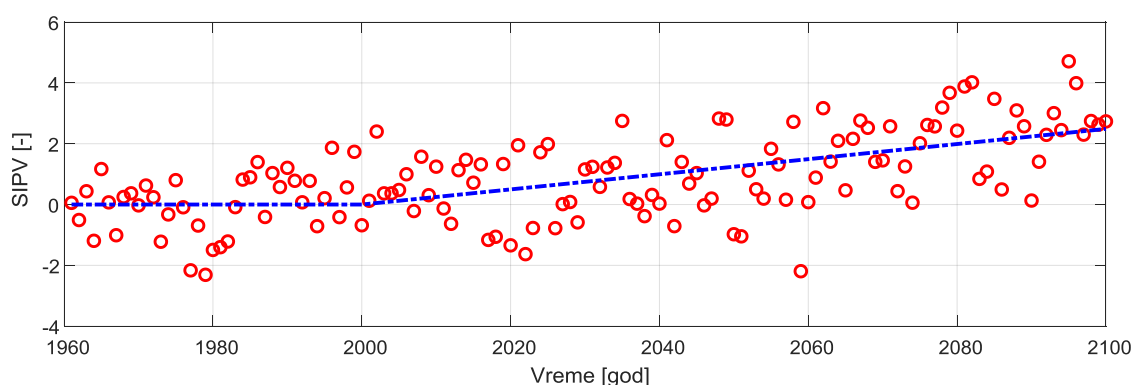
vodom. Uveden je pokazatelj "standardizovan indeks potreba za vodom", u vidu relacije:

$$SIPV = \frac{PV - \overline{PV}}{\sigma_{PV}}$$

Ovde su:  $PV$  – kumulativna godišnja vrednost potreba za vodom,  $\overline{PV}$  je kumulativna godišnja vrednost osrednjena za period od 1961 do 2000, dok je  $\sigma_{PV}$  standardna devijacija koja opisuje odstupanje od  $\overline{PV}$ . Vrednost  $SIPV = 0$  pokazuje da je  $PV = \overline{PV}$ , dok vrednosti različite od 0 ukazuju na odstupanja od  $\overline{PV}$

za određeni udeo standardne devijacije ( $SIPV = \pm 1$  za  $PV = \overline{PV} \pm \sigma_{PV}$ ,  $SIPV = \pm 2$  za  $PV = \overline{PV} \pm 2\sigma_{PV}$ , itd.).

Pošto se indeks  $SIPV$  računa na osnovu srednje vrednosti i standardne devijacije koja je sračunata za referentni period (1971-2000), na slici 3 je očigledan trend porasta broja sušnih godina u periodu nakon referentnog perioda. Na toj slici može se uočiti trend porasta kumulativnih godišnjih vrednosti  $PV$  koje su veće od višegodišnjeg proseka i za više od  $4\sigma_{PV}$  u trodekadi na kraju 21. veka, što jasno ukazuje na znatno učestaliju pojavu katastrofalnih sušnih godina.



Slika 3. Vrednosti Standardizovanog Indeksa Potreba za Vodom ( $SIPV$ ) na godišnjem nivou koje ukazuju na trend porasta  $PV$ , usled češće pojave sušnih godina u odnosu na referentni period

Detaljno su analizirane promene potreba za vodom po scenariju A2. Kumulativna godišnja vrednost  $PV$  za prosečnu godinu u periodu 2011-2100 iznosi 269 mm, što je za oko 40 % veća vrednost u odnosu na referentni period 1971-2000 (191 mm), što govori o očiglednom trendu povećanja usled klimatskih promena. Prema tom scenariju A2 promena, u periodu (2011-2100.) nakon referentnog perioda (1971-2000.), porast potreba za vodom je po stopi od 1,6 mm/god.

#### 4. POUZDANOST SNABDEVANJA VODOM – KLJUČAN POKAZATELJ EFEKTIVNOSTI SISTEMA

Iznenadujuće često se pri analizama efektivnosti sistema ne uzima u obzir jedna od ključnih kategorija efektivnosti sistema – probabilistička efektivnost, izražena preko više egzaktnih pokazatelja pouzdanosti sistema. Ta kategorija pouzdanosti ( $P$ ) u novim klimatskim uslovima postaje sve značajnija u kriterijumskoj šestorki ( $J$ ) efektivnosti kojima se definišu kriterijumi za vrednovanje sistema u procesu optimizacije.

Šestorka ( $J$ ) efektivnosti za vrednovanje sistema i definisanja kriterijuma za optimizaciju upravljanja je:

$$\{Q, C, P, T, E, N\} \rightarrow J$$

Pri čemu su ostale kategorije efektivnosti: kvantitativna -  $Q$ , ekonomska -  $C$ , vremenska -  $T$ , interakcije sa drugim sistemima -  $E$  nemerljivi efekti sistema –  $N$ . U sve težim klimatskim, meteorološkim i hidrološkim okolnostima, pouzdanost ( $P$ ) postaje jedan od ključnih pokazatelja efektivnosti sistema, i mora se tretirati kao dinamička kategorija, jer se postepeno tokom vremena smanjuje, zbog postepenog pogoršavanja vodnih režima, posebno zbog sve nepovoljnije raspodele temperature, padavina i proticaja tokom godine. U takvim okolnostima postaje važno pitanje proveravanja **izdržljivosti** (*resiliency*) sistema, da li može da obavi svoje planirane funkcije i u značajno pogoršanim geofizičkim uslovima.

Pouzdanost isporuke vode može se razmatrati na dva načina: • po zapremini tražene, a neisporučene vode, • po vremenu u kome su morale da budu primenjivane mere redukcije isporuke vode. U slučaju navodnjavanja

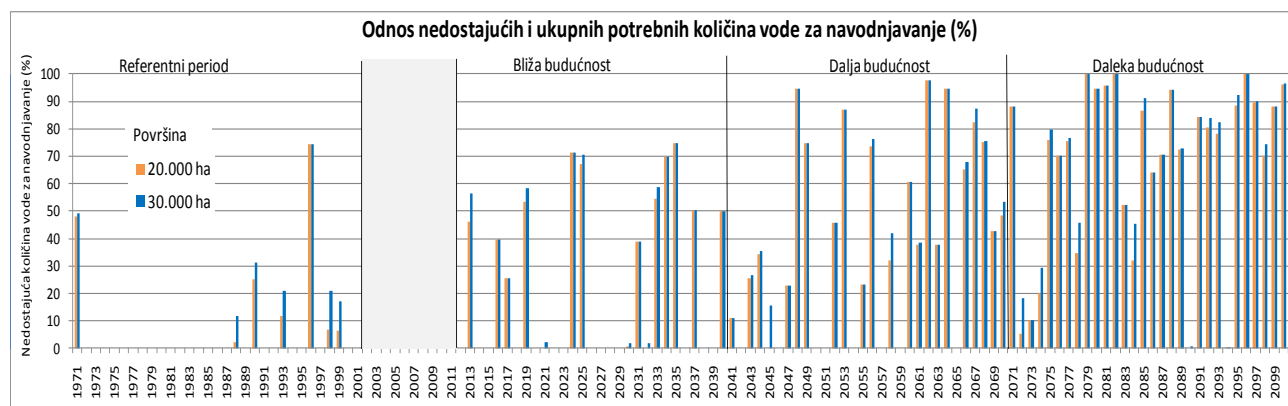
pogodnije je da se razmatra zapremina pouzdanost - obezbeđenost isporuke vode ( $P_v$ ). Taj pokazatelj se razmatra za svaku godinu u nizu, upoređivanjem ukupne godišnje količine vode koja nije mogla biti isporučena ( $V_{def}$ ), u odnosu na ukupnu godišnju količinu vode koja je trebalo da bude isporučena ( $V_{uk}$ ), tako da ta relacija dobija oblik:

$$P_v = \left(1 - \frac{V_{def}}{V_{uk}}\right)$$

Taj aspekt probabilističke efektivnosti, izražene preko pouzdanosti, detaljno je ispitivan na slivu Vrbasa, i ovde se prikazuje jer se iz te analize mogu izvlačiti dragoceni zaključci za brojne sisteme čija pouzdanost treba da se povećava uvođenjem u funkciju novih akumulacija, makar i nešto manjih zapremina.

#### 4.1. Pouzdanost navodnjavanja u uslovima sadašnje konfiguracije sistema na Vrbasu

Konfiguracija sadašnjeg sistema u slivu Vrbasa prikazana je na slici 1 i u pratećem objašnjenju. Od četiri postojeća objekta samo akumulacija Bočac raspolaže sa zapreminom ( $42,9 \times 10^6 \text{ m}^3$ ), koja omogućava približno nedeljno regulisanje protoka pri radu osnovnog korisnika HE Bočac, dok su ostale tri akvatorije (Pivsko jezero, Jajce 2 i Bočac 2) mali rezervoari – kompenzacioni bazeni, samo za nepotpunu dnevnu regulaciju hidroelektrana. U skladu sa Zakonom o vodama, prioritet ima obezbeđivanje ekološki prihvatljivih protoka (EPP), koji je za Bočac usvojen u iznosu  $Q_{EPP} = 0,25 \cdot Q_{sr}$ , gde je  $Q_{sr}$  - srednji godišnji protok određen za referentni period 1971-2000. Polazeći od scenarija A2 (umerena emisije GSB), urađena je analiza potrebnih i nedostajućih količina vode, koja je prikazana na slici 4.



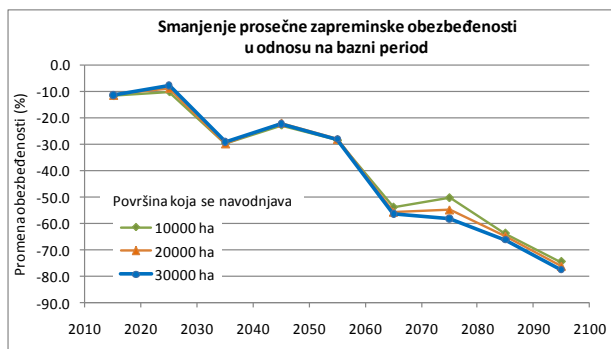
Slika 4. Odnos nedostajućih i ukupnih potrebnih količina vode za navodnjavanje, iskazan u (%)

Na slici 4 se uočava kako se veoma ozbiljno povećava deficit vode u budućnosti. U bližoj budućnosti značajniji deficit se javlja gotovo svake druge godine, sredinom veka deficiti su u 22 godine od 30 razmatranih, dok su u daljoj budućnosti veliki deficiti javljaju gotovo svake godine. Postaje sasvim izvesno da će vrlo brzo, već u narednoj deceniji, biti gotovo nemoguća bilo kakva ekonomski opravdana poljoprivredna proizvodnja u uslovima suvog ratarenja, bez navodnjavanja. Takav zabrinjavajući smer razvoja posledica je delovanja sledećih vodnih bilansnih "makaza" u kojima će se naći agrar na ovim prostorima: sa jedne strane bilansi voda su manji zbog povećane neravnomernosti i smanjenja protoka u vegetacionom periodu, dok sa druge strane zbog povećanih temperatura i smanjenja padavina u vegetacionom periodu značajno se povećavaju potrebne

količine vode za navodnjavanje, što je prikazano u glavi 3 ovog razmatranja.

Taj veoma zabrinjavajući proces postepenog "zatvaranja makaza" dve suprotno usmerene komponente vodnog bilansa nad poljoprivrednom proizvodnjom očito je sažet i na slici 5. Zapaža se proces stalnog smanjenja prosečne zapreminske obezbeđenosti u odnosu na onu koja je bila u baznom periodu (1971-2000).

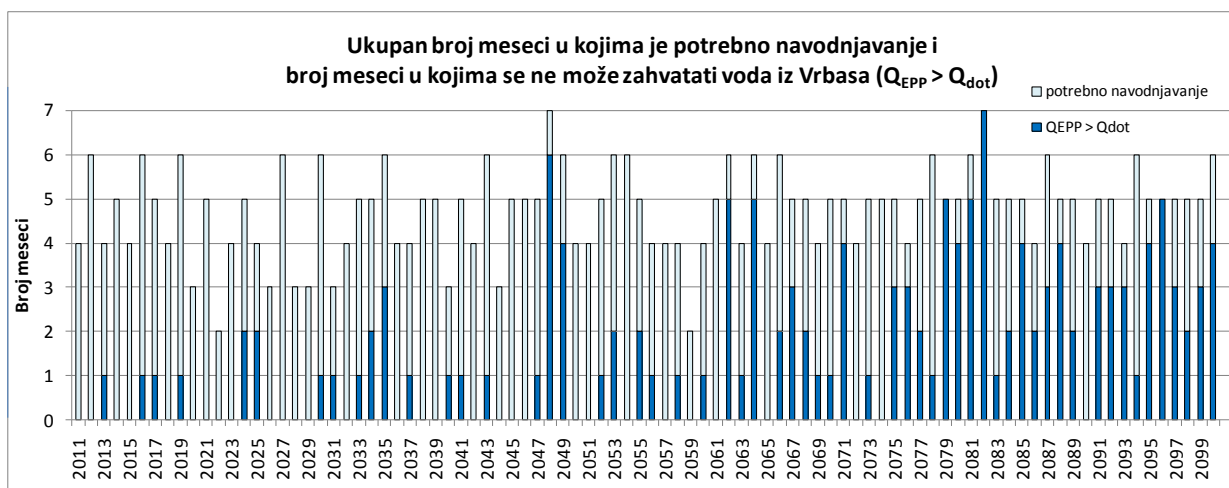
Veoma zabrinjava činjenica da se tokom vremena značajno povećava broj meseci tokom kojih nije moguća nikakva isporuka vode za navodnjavanje, jer su protoci u Vrbasu manji od ekološki prihvatljivih protoka ( $Q_{dot} < Q_{EPP}$ ). U dalekoj budućnosti (2071-2100) javljaju se i godine u kojima tokom čitavog perioda navodnjavanja nije moguća isporuka vode (slike 4 i 6).



Slika 5. Promena (smanjenje) prosečne zapreminske obezbeđenosti u odnosu na referentni (bazni) period (1971-2000)

U stvarnosti, ako bi se analize radile sa dnevnim vrednostima protoka umesto sa ovde prikazanim srednjim mesečnim vrednostima, situacija bi bila znatno nepovoljnija. Takve analize nisu urađene za celokupan razmatrani period, ali je proračun sproveden za nekoliko godina iz svakog od tri razmatrana perioda i rezultati pokazuju da se dobijaju obezbeđenosti isporuke vode koje su čak do 20% manje u odnosu na vrednosti dobijene sa srednjim mesečnim vrednostima, a smanjenje obezbeđenosti se dramatično povećava idući prema kraju veka.

Trend smanjenja je veoma upozoravajući, jer je jasno da se ubrzo neće moći bilo šta raditi u poljoprivredi bez navodnjavanja. A da bi se navodnjavalo neophodne su akumulacije, i to će se analitički pokazati u narednom poglavlju, za slučaj realizacije planiranih manjih akumulacija na reci Vrbanji, glavnoj pritoci Vrbasa.



Slika 6: Broj meseci u kojima je potrebno navodnjavanje i broj meseci u kojima sistemu za navodnjavanje nije moguće isporučiti vodu jer je ekološki prihvatljiv protok veći od protoka u vodotoku

#### 4.2. Uloga akumulacija u povećanju pouzdanosti sistema za navodnjavanje

Nesporno je da se povećanje pouzdanosti u isporukama neophodnih količina vode može ostvariti samo izgradnjom novih akumulacija. Može se čak reći da će u skoroj budućnosti ne samo razvoj, već i opstanak država zavisiti od izgradnje novih akumulacija. Problem je, međutim, što su zbog tolerisanja neplanske gradnje u rečnim dolinama trajno izgubljeni prostori za akumulacija većih zapremina, onih sa godišnjim regulisanjem protoka. Sliv Vrbasa je upozoravajući primer: na njegovoj desnoj pritoci Vrbanji je onemogućena gradnja ranije planirane velike akumulacije Čelinac, jednog od strateški najvažnijih

objekata, ali su još uvek ostale mogućnosti da se sagrade tri akumulacije sa smanjenim zapreminama: Čelinac ( $43 \times 10^6 \text{ m}^3$ ), Grabovica ( $35 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) i Šiprage ( $54 \times 10^6 \text{ m}^3$ ). Ti objekti su strateški važni za razvoj, pa je neophodno što pre uraditi prostornu plansku dokumentaciju, kako bi se ti prostori sačuvali za tu važnu namenu. Ovde će se analizom pouzdanosti isporuke vode sistemima za navodnjavanje pokazati značaj tih akumulacija.

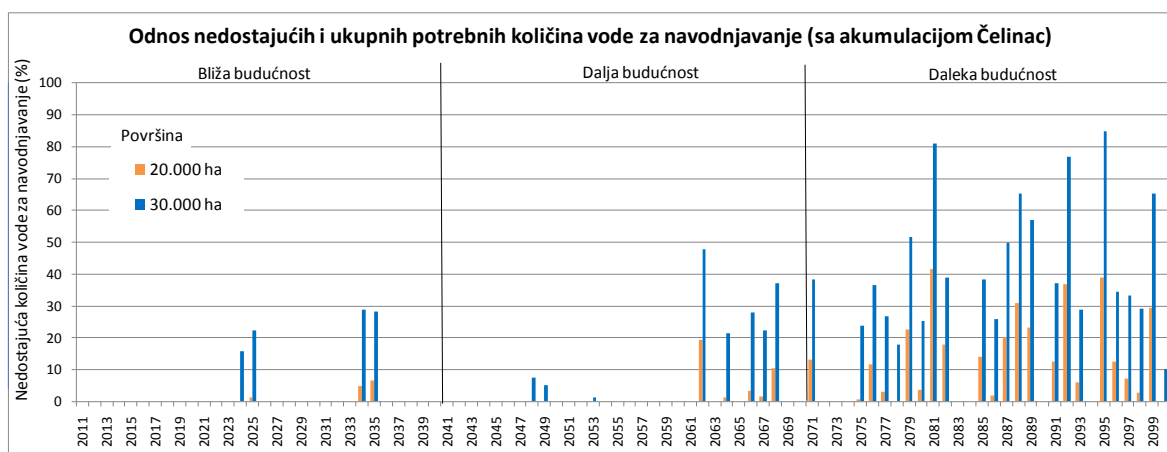
Pouzdanost isporuke vode razmatrana je za tri varijante: 1) postojeći sistem sa akumulacijom Bočac + akumulacija Čelinac, 2) postojeći sistem + akumulacije Čelinac i Grabovica, 3) postojeći sistem + akumulacija Čelinac, Grabovica i Šiprage. Prikazaće se samo finalni

rezultati, koji pokazuju kako se povećava pouzdanost sistema za navodnjavanje uvođenjem u rad novih akumulacija na Vrbanji.

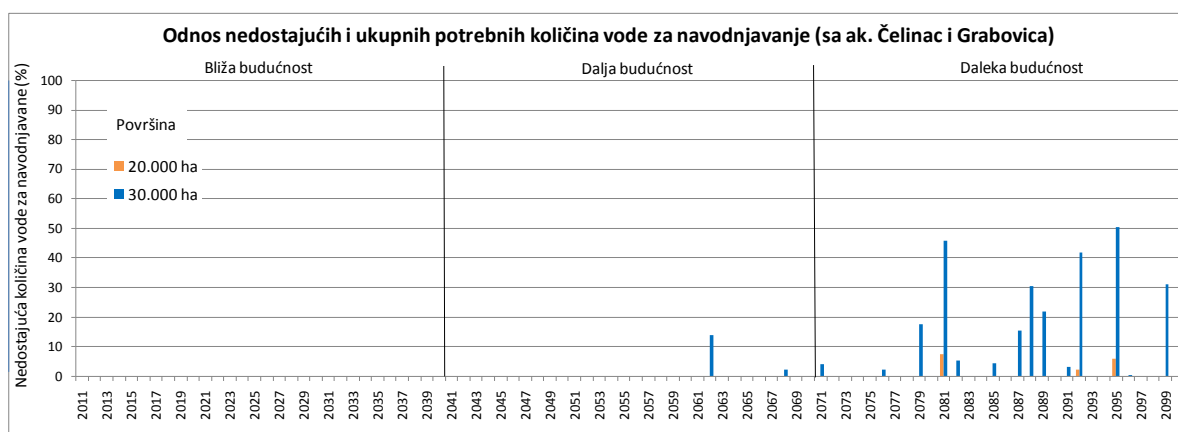
Nakon bilansnih analiza, uzimajući u obzir dinamiku promena temperatura, padavina i protoka po scenariju A2, na slikama 7 i 8 prikazani su deficit vode svake godine u odnosu na ukupnu potrebnu količinu vode za navodnjavanje, za varijante 1 i 2. Uočavaju se značajna poboljšanja pouzdanosti isporuke vode u odnosu na situaciju kada postoji samo sadašnji sistem (slike upoređivati sa slikom 4). Uvođenje u funkciju samo akumulacije Čelinac omogućava vrlo pouzdano navodnjavanje planiranih površina na lokalitetu Lijevče polje. Na toj lokaciji moguće je navodnjavati i neto površinu od oko 20.000 ha. Uočava se da bi se u toj varijanti deficit vode u bliskoj i daljoj budućnosti

pojavljivao vrlo retko, a nedostajuće količine bile bi relativno male (uglavnom do 10% potrebne količine). Deficit veći od 20% dogodio bi se tek krajem veka. Navodnjavanje većih površina uticalo bi na češću pojavu deficita. Za razliku od situacije bez te jedne akumulacije na Vrbanji, deficit veći od 50% pojavio bi se relativno retko (samo za 7 godina) krajem veka.

Ukoliko se sistem na Vrbanji dopuni i sa akumulacijom Grabovica, pouzdanost se veoma značajno povećava. Tada bi navodnjavanje površine od 20.000 ha bilo moguće praktično bez ikakvih deficita, osim nekoliko najsušnijih godina krajem veka. Navodnjavanje većih površina (do 30.000 ha) bilo bi moguće skoro bez deficita u bliskoj i daljoj budućnosti, dok bi se deficiti javili tek krajem veka, ali ne bi prelazili 50% potrebne količine vode (slika 8).



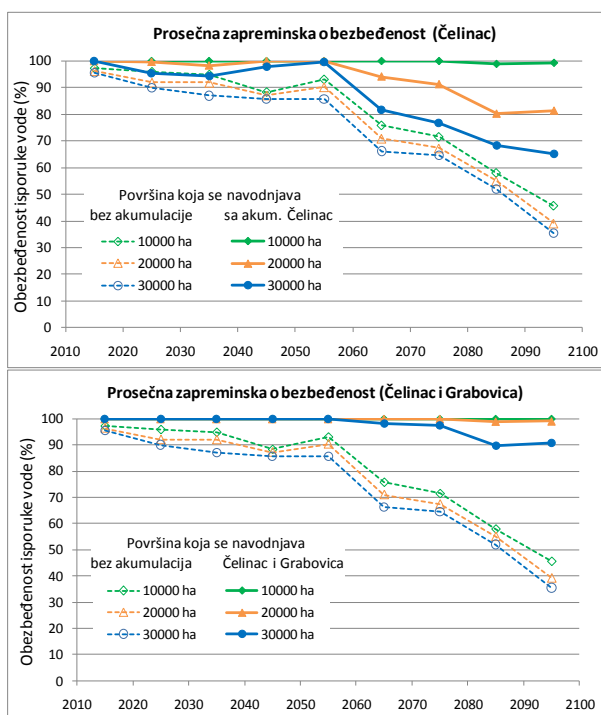
Slika 7. Odnos nedostajućih i ukupnih potrebnih količina vode za navodnjavanje u varijanti 1: postojeći sistem + akumulacija Čelinac na Vrbanji



Slika 8. Odnos nedostajućih i ukupnih potrebnih količina vode za navodnjavanje u uslovima sa akumulacijama Čelinac i Grabovica

Uvođenjem u sistem i treće akumulacije (varijanta 3) dobio bi se potpuno pouzdan sistem, ne samo bez deficita u isporukama vode, već i sa izvanrednim efektima na odbranu od poplava čitavog područja nizvodno od ušća Vrbanje u Vrbas, sa najvažnijim područjima koja treba zaštititi (Grad Banja Luka, najvažnije poljoprivredne površine u donjem toku Vrbasa).

Veoma značajni efekti novih akumulacija na reci Vrbanji na pouzdanost sistema za navodnjavanje vidi se na slici 9 za prve dve varijante razvoja sistema na Vrbanji. Prikazane su apsolutne vrednosti pouzdanosti kako bi se istakao vrlo povoljan uticaj novih akumulacija na pouzdanost sistema za navodnjavanje. Uočava se da se pouzdanost isporuke vode znatno povećava. U slučaju da se izgradi samo akumulacija Čelinac, pouzdanost isporuke vode za navodnjavanje od 20.000 ha iznosila bi preko 80%, što je zadovoljavajuća vrednost za tog korisnika (navodnjavanje). Isto područje moglo bi se potpuno pouzdano navodnjavati u slučaju akumulacija Čelinac i Grabovica, ali bi se značajno povećala pouzdanost isporuke vode i za sistem od 30.000 ha.



Slika 9. Prosečne desetogodišnje obezbeđenosti isporuke vode za navodnjavanje. Levo - varijanta 1, sa dodatnom akumulacijom Čalinac, desno - varijanta 2, sa dodatnim akumulacijama Čalinac i Grabovica

Uočavaju se izvanredni efekti na povećanju pouzdanosti sistema za navodnjavanje koji se ostvaruju uvođenjem u rad akumulacija na Vrbanji. Međutim, to je samo jedan deo efekata koji se ostvaruju tim akumulacijama. Analize koje su urađene na nekim drugim slivovima, sa akumulacijama dosta skromnih zapremina (sliv Mušnice, akumulacije Vrba:  $12 \times 10^6 \text{ m}^3$  i Klinje:  $1,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) pokazuje da se elastičnim, kibernetizovanim upravljanjem, uz primenu odgovarajućih prognostičkih i optimizacionih modela, mogu ostvariti izvanredni rezultati aktivne odbrane od poplava (Dašić, 2016). Akumulacije na Vrbanji, zajedno sa akumulacijom Bočac, upravljanjem uz korišćenje prognoze nailazaka ciklona sa potencijalom velikih padavina (sada su dosta pouzdane prognoze moguće dva dana unapred), uz primenu simulacionih i optimizacionih modela, omogućile bi vrlo pouzdanu aktivnu zaštitu od poplava Banja Luke i svih nizvodnih područja sa najvrednijim poljoprivrednim zemljištima na kojima će se razvijati veliki melioracioni sistemi.

## 5. REŠENJA PROSTORNOG PLANA SRBIJE U SVETLU POGORŠAVANJA VODNIH REŽIMA

U Srbiji je upravo završena javna rasprava novog Prostornog plana Republike Srbije (PPRS). Studija koja je urađena za potrebe izrade dela PPRS koji se odnosi na vode i vodoprivrednu infrastrukturu, ukazala je da je Srbija u pogledu vodnih resursa znatno siromašnija nego što se smatra ne samo u javnosti, već i u nekim navodno 'stručnim' krugovima. Time se bavio rad (Dorđević i drugi, 2020), i te činjenice se neće ovde ponavljati, ali će se dati samo par zaključaka. Domaće vode (u proseku oko  $505 \text{ m}^3/\text{s}$ ) u malovodnim periodima se smanjuju za više od deset puta, na samo oko  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  i tada su socijalni, ekološki, ekonomski i drugi sistemi u najdubljoj krizi, na granici kolapsa. Srbija spada u vodom siromašne zemlje, one koje čak ni na nivou prosečnih vrednosti nisu u stanju da vlastitim vodama obezbede potrebe. To se ocenjuje i preko prosečnog pokazatelja, da Srbija raspolaže sa oko  $1.700 \text{ m}^3$  po stanovniku domaćih voda, što je ispod granice od oko  $2.500 \text{ m}^3$  po stanovniku, koja se smatra donjom granicom po kojoj se ocenjuje samodovoljnost vlastitih voda, jer se u tu količinu moraju uračunati i vode koje se ne smeju zahvatati i koristiti zbog opstanaka ekosistema. Zato Srbija mora da se oslanja i na tranzitne vode, što unosi rizike i po količini i po kvalitetu takvih voda, jer su van naše kontrole. Vodni režimi su ekstremno nepovoljni, među najnepovoljnijim u Evropi, što posebno otežava uslove korišćenja, uređenja i zaštite voda, jer se moraju koristiti akumulacije sa godišnjim

regulisanjem protoka. Detaljnije u (*Dorđević i saradnici, 2020*).

Tako nepovoljno stanje vodnih resursa razmatrano sa hidrološkim serijama iz klimatski povoljnijih vremena, značajno će se pogoršavati, što je prikazano u poglavlju 2.1. Ta činjenica je bila prisutna pri strateškim odlukama koje su ugrađene u PPRS u delu koji se odnosi na vodoprivrednu infrastrukturu. Sažeto se navode samo ključna strateška polazišta.

- Još veći značaj dobija polazište da se Srbija mora tretirati kao jedinstven vodoprivredni prostor, jer će biti neophodno zbog prostorne neravnomernosti, koja će se dodatno pogoršavati (biće sve ugroženiji istok i jug Srbije), da se voda prebacuje na sve veća rastojanja.
- U pogoršanim uslovima mnogo veću stratešku težinu ima podela vodoprivredne infrastrukture na dve klase sistema: (1) 18 regionalnih sistema za snabdevanje naselja vodom, (2) 11 integralnih sistema za korišćenje, uređenje i zaštitu voda – rečnih sistema. Ta podela omogućava racionalizaciju potrošnje i stvara najbolje uslove za uspešnost mera zaštite voda i zaštite od voda.
- Novi uslovi nameću potrebu da se zbog pouzdanosti funkcionisanja što brže i što čvršće povezuju subsistemi i podsistemi u okviru regionalnih sistema za snabdevanje vodom. Na taj način se ostvaruju pouzdaniji sistemi, koji se oslanjaju na lokalna izvorišta i veća izvorišta regionalnog značaja. Zaštita svih izvorišta, uključujući i lokalnih, dobija na značaju, jer je to bitan preduslov da se u kriznim malovodnim situacijama ostvari izdržljivost (*resilience*) sistema, i da se izbegne njegov kolaps u takvim uslovima.
- U uslovima kada se predviđa i već uočava smanjenje intenziteta obnavljanja podzemnih voda, dobija na posebnom značaju odluka da se kvalitetne podzemne vode mogu koristiti samo za snabdevanje vodom naselja i tehnoloških sistema koji zahtevaju vodu najvišeg kvaliteta.
- Višenamenske akumulacije svih stepena regulisanja, posebno one sa godišnjim regulisanjem protoka, postaju jedini i nezamenljivi upravljački odgovor na pogoršanje i onako veoma nepovoljne neravnomernosti protoka unutar godine. Pored presudno važne uloge za povećanje pouzdanosti isporuke vode korisnicima voda, akumulacije će imati sve važnije još dve funkcije: (a) ublažavanje poplavnih talasa, kao sve neophodniji vid aktivne odbrane od poplava, (b) povećavanje protoka u periodima malovođa.
- Poseban problem će stvarati nepovoljni efekat smanjivanja intenziteta obnavljanja podzemnih voda. To

smanjenje u nekim delovima države, posebno u letnjim i jesenjim periodima prelazi čak 60%. To će neminovno dovesti do dramatičnih promena, jer će mnoga naselja, koja su se do sada uspešno snabdevala iz podzemnih voda, morati da pređu na površinske vode, tačnije, na snabdevanje iz akumulacija. Postojeće akumulacije to neće moći da obave, tako da će biti potrebne nove akumulacije. Upravo na tom planu Srbija se suočava sa ključnim problemom: ima malo prostora pogodnih za izgradnju akumulacija, a najmanje ih ima upravo u delovima Srbije gde će biti najpotrebnije (istok, jugoistok, jug). Zbog toga je najvažniji strateški interes Srbije, da se za sve te planirane objekte brana i akumulacija uradi dokumentacija na nivou koji omogućava da se izradom prostornih planova prostora posebne namene (PPPPN) ti prostori zaštite za tu namenu.

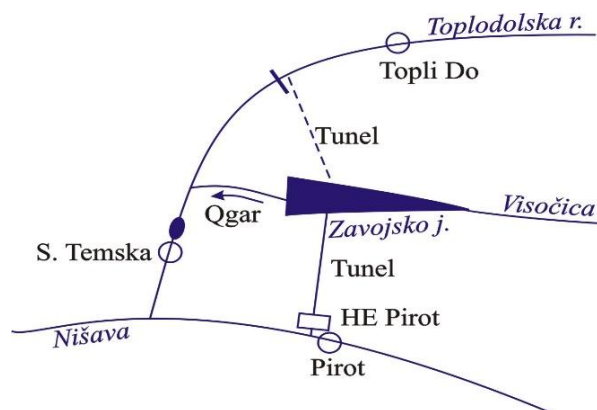
- U članku (*Dorđević i saradnici, 2020*) dati su detaljniji podaci o akumulacijama prvog nivoa značaja, onih za koje se procenjuje da su apsolutno neophodne, da bi se obezbedili uslovi za opstanak i razvoj pojedinih delova zemlje i u pogoršanim klimatskim i hidrološkim uslovima. Ovde se daje samo sistematizacija neophodnih objekata po pojedinim sistemima. Sve akumulacije su višenamenske i zajednički su objekti za obe klase sistema, pa se navode u okviru tzv. rečnih sistema. (a) U Južnomoravskom rečnom sistemu to su akumulacije Svođe na Vlasini i Ključ na Šumanki. (b) Zapadno-moravski sistem: pored akumulacije Svračkovo koje je u izgradnji, na Velikom Rzavu najveći značaj ima akumulacija Velika Orlovača, koja je jedna od najvažnijih u PPRS planiranih akumulacija Srbije, koja, uz prebacivanje dela vode Uvca u sliv Velikog Rzava treba da obezbedi stratešku rezervu vode na hidrografskoj 'kičmi' Centralne Srbije, na pravcu Veliki Rzav – Moravica - Zapadna Morava – Velika Morava. I ova godina, kao i više prethodnih pokazale su da Srbija mora da ima strateške rezerve vode na glavnim hidrografskim pravcima. U važne akumulacije tog sistema spadaju i akumulacija Rokci na Nošnici, Ribarići na Gornjem Ibru u sprezi sa akumulacijom Barakovo na Jošanici (pritoci Raške), Vučinići i Bela Voda na Ljudskoj reci, Bela Stena na Lopatnici. Neophodno je rezervisati i prostor Preprana na Studenici, dok se ne donese odluka o načinu korišćenja vode Studenice, bez koje se ne mogu zadovoljiti potrebe za vodom u većem delu Šumadije i Zapadnog Pomoravlja. (c) U sistemu Drine sa Limom i Uvcem neophodna je akumulacija Klak, za potrebe RHE Bistrica 2. U istom sistemu treba uraditi PPPPB za protočne kaskadne sisteme Srednja Drina i Donja Drina, koji nemaju veće akumulacije, ali su to objekti u koritu

za veliku vodu koji se mogu izvanredno uklopiti u okruženje, a veoma su važni kao razvojni sistem i Srbije i Republike Srpske. Sistem Donja Drina je veoma važan, jer se njime stabilizuje morfološki sada veoma ugrožen taj deo toka Drine i stvaraju uslovi da se upravlja podzemnim vodama u priobalnim delovima Podrinja i Semberije, za potrebe navodnjavanja kvalitetnih zemljišta u tim dolinskim područjima. (d) U Timočkom sistemu, koji je veoma ugrožen klimatskim promenama, sužene su mogućnosti za izgradnju akumulacija, pa je od najvećeg značaja da se rezervišu prostori za akumulacije Bogovina na Crnom Timoku, Okolište na Svrliškom Timoku i Žukovac na Žukovačkoj reci. Na Mlavi, u okviru Moravsko-mlavskog regionalnog sistema važno je sačuvati prostore za akumulacije Vitman i Gradac, a na Bukovskoj reci, u slivu Peka, od velike važnosti je akumulacija Kučevo. Za sve ove objekte treba uraditi dokumentaciju na nivou koji omogućava da se urade PPPPN i da se ti prostori stave pod striktnu plasku zaštitu.

- Javna rasprava je pokazala zabrinjavajuću neobaveštenost javnosti i neshvatanje koliko je ozbiljna situacija sa vodama već sada, da će se rapidno pogoršavati u budućnosti i da su neophodni objekti kojima će se neutralisati ti nepovoljni uticaji. Brojne NVO, grupe građana i pojedinci tražili su u javnoj raspravi da se iz PPRS izbace mnogi objekti bez kojih neće biti moguć ne samo razvoj, već ni elementarni opstanak u budućnosti. Na 'udaru' su akumulacije, hidroelektrane, pa čak i neki već završeni objekti. To je najopasniji recidiv državnih promašaja sa ekonomskim podsticajima energetske i ekološke besmislenih MHE sa dugačkim cevovodnim derivacijama, koji je doveo do graditeljskog divljanja na ekološki dragocnim vodotocima, što je dovelo do formiranja otpora prema bilo kakvim građevinama na rekama. Sada će biti neuporedivo teže realizovati čak i one objekte od kojih ljudima zavisi elementarna bezbednost i opstanak.

Izaziva željenje i zabrinutost da se često ne shvataju i lične koristi koje će ljudi imati zbog kompletiranja već završenih objekata. Na slici 10 se prikazuje koncepcija planiranog dovršavanja sistema Zavojske akumulacije. Da bi se ostvarila što veća strateška rezerva vode u toj postojećoj čeonj akumulaciji sa godišnjim regulisanjem, predviđeno je da se iz Toplodolske reke u to jezero tunelom prebacuje samo deo vode u periodu velikih voda, kada to ima smisla i sa gledišta zaštite od velikih voda. Tako prevedena voda bi se tu sačuvala, kako bi se u kriznim malovodnim stanjima preko pribranske MHE vraćala u isti vodotok, upravo u interesu meštana

Temske, ali i svih nizvodnih naselja. To je vrlo važno proširenje sistema Zavoj, jer će upravo u tom području biti najveća smanjenja padavina i proticaja u letnjem periodu. Grupe građana u javnoj raspravi to ekološki veoma poželjno proširenje sistema, njima namenjeno, tretiraju kao 'ekološki zločin'.



Slika 10. Predloženo poboljšavanje performansi Zavojskog jezera

Slična je stvar i sa već završenom akumulacijom Stuborovni, ključnim objektom Kolubarskog regionalnog sistema. Mada ta akumulacija omogućava da Valjevo i brojna naselja u toj opštini, ali i naselja u opštinama Mionica, Ub, Lajkovac i Lazarevac imaju najpouzdaniji sistem za snabdevanje najkvalitetnijom vodom, u javnoj raspravi se grupe građana protive tom rešenju (neće da piju 'bransku vodu'), mada postojeće rešenje vodovoda, sa zahvatanjem vode iz reke Gradac uništava taj ekološki dragulj Srbije. Zbog takvih potpuno iracionalnih otpora Srbiji preti opasnost da izgubi čak i bespovratna međunarodna sredstva namenjena za realizaciju tog dragocenog sistema od koga zavisi budući razvoj pet opština. One koji neće da piju 'bransku vodu' ne zanimaju muke ljudi koji nemaju vodu da napoje prežednelu stoku, a koji su sve nade polagali u taj regionalni sistem.

- Isti značaj koji imaju akumulacije, u Vojvodini imaju mere revitalizacije i poboljšavanje performansi kanalskih sistema. Dalji razvoj Vojvodine zavisi od funkcionisanja HS Dunav Tisa Dunav, kao i HS Severna Bačka. Zbog decenijskog nepotpunog održavanja HS DTD je znatno umanjio svoje ranije performanse, te je neophodna njegova obnova, ali i poboljšavanje performansi, povećanjem protočnosti i proširivanjem kanalske mreže kako bi se omogućio razvoj sistema za navodnjavanje.



## ZAKLJUČCI I PREPORUKE

1. Studije koje su urađene u Srbiji (*Durđević, 2018 i 2018; Dorđević i saradnici, 2020*), kao i radovi koji iz njih proističu (*Dorđević, Dašić i Plavšić, 2020*) ukazuju da se Srbija već našla na udaru klimatskih promena. Te promene se na vrlo nepovoljan način odražavaju na pogoršavanje vitalnih geofizičkih faktora od kojih zavise vodoprivredni sistemi. Temperature postaju veće u svim periodima godine, smanjuju se padavine u vegetacionom periodu, zbog povišenih temperatura smanjuju se mogućnosti za formiranje snežnog pokrivača koji je dragocena akumulacija vode koja produženo prihranjuje i vodotoke i podzemne vode, smanjuju se i proticaji u vegetacionom periodu, povećavaju se velike vode zbog sve nepovoljnijih padavinskih ciklona, značajno se smanjuje intenzitet obnavljanja podzemnih voda. Ti procesi, koji se već iskazuju, nalažu hitne mere za preispitivanje tehničkih rešenja, kako bi se vodoprivredni sistem učinili funkcionalno neranjivim, pouzdanim i izdržljivim i u novim, pogoršanim okolnostima.

2. Do sličnih zaključaka se došlo detaljnim istaživanjem sliva Vrbasa, u okviru 'Studije ekonomskog uticaja klimatskih promena na energetski i poljoprivredni sektor rijeke Vrbas' (*Zavod, 2020, 2021*), što je prikazano u tački 2.2. ovog razmatranja. Sažet zaključak je da se kao posledica klimatskih promena u slivu Vrbasa očekuju značajan porast temperatura u svim delovima godine, smanjenje ukupnih padavina, ali i povećanje učestalosti i visine ekstremnih padavina, praćenih bujičnim proticajima. Treba očekivati učestalije talase velikih voda, sa većim pikovima u odnosu na one koji su bili tokom prošlog stoleća, što će uslove zaštite od poplava činiti mnogo složenijim. Sa druge strane, pogoršava se režim malih voda: smanjivanje malih voda i produžavanje njihovog trajanja.

3. Sažeto, nalazimo se u sučeljavanju ('makazama') nepovoljnih geofizičkih procesa: velike vode postaju sve rušilačkije, male vode se smanjuju i produžava se njihovo trajanje. Takvi procesi su najnepovoljniji upravo na područjima Srbije koji su i sada malovodna. Druga sve izraženija opasnost je da se u vegetacionom periodu raspoložive vode smanjuju, a da zbog smanjenja padavina i povišenih temperatura potrebe za vodom postaju sve veće. Analize na Vrbasu su pokazale da u takvim okolnostima nastupaju vremena kada će biti gotovo nemoguća poljoprivredna proizvodnja u uslovima suvog ratarenja, bez navodnjavanja.

4. Jedini moguć upravljački odgovor u takvoj situaciji je izgradnja novih akumulacija, posebno onih sa

godišnjim regulisanjem protoka. One će imati sve izraženiju višenamensku ulogu (snabdevanje vodom, navodnjavanje, hidroenergetika), ali sve veći značaj će imati i u aktivnoj odbrani od poplava, kao i u poboljšavanju režima malih voda, što je najdragoceniji doprinos zaštiti vodenih ekosistema.

5. Podrobne analize na slivu Vrbasa pokazale su da se uvođenjem u rad novih, čak i relativno manjih akumulacija, može veoma značajno povećati pouzdanosti isporuke vode korisnicima, do nivoa da sistemi za navodnjavanje budu potpuno pouzdani i u novim, pogoršanim klimatskim uslovima.

## PREPORUKE

1. Analize za potrebe Prostornog plana Srbije pokazale su da ima nedovoljno prostora pogodnih za realizaciju akumulacija, posebno onih sa godišnjim regulisanjem protoka. Zbog toga je najurgentniji zadatak da se za te akumulacije ocenjene kao neophodne napravi dokumentacija potrebna za izradu prostornih planova posebne namene (PPPPN), da se takvi planovi naprave i usvoje i da se striktno poštuju njihove odredbe zaštite tih prostora samo za tu namenu. Ukoliko Srbija ne sačuva te prostore, to će biti strateški greška sa najtežim posledicama ne samo po razvoj, već i po opstanak čitavih regija.

2. Analize ukazuju da su akumulacije na Vrbanji (Čelinac, Grabovica, Šiprage) neophodne, jer se samo sa njima može ostvariti zahtevana pouzdanost isporuke vode za sisteme za navodnjavanje. Ujedno, te akumulacije bi veoma olakšale zaštitu od poplava Banja Luke i čitave nizvodne doline Vrbasa, a bile bi dragocene i za poboljšavanje ekoloških uslova, posebno u malovodnim periodima. Zbog toga je prioritetan zadatak da se uradi neophodna planska dokumentacija na nivou Studije sistema za reku Vrbanju, pa da se na osnovu nje uradi Prostorni plan područja posebne namene (PPPPN) za tu najvažniju pritoku Vrbasa, kako bi se ti prostori, još uvek raspoloživi, sačuvali od neplanske gradnje koja bi onemogućila izgradnju tih neophodnih objekata.

3. Realizacija vodoprivredne infrastrukture nije moguća bez podrške javnosti. Javnost je sada potpuno neobaveštena o realnoj situaciji u oblasti voda, kao i opasnostima koje prete ukoliko se ne realizuju neophodni objekti kojima se neutrališu ili umanjuju nepovoljni uticaji. Zato je neophodno na nivou organa sektora voda napraviti plan sistematske edukacije javnosti i delovanja u medijima, kako bi javnost shvatila neophodnost, ali i ekološku valjanost realizacije planiranih objekata i sistema.

## LITERATURA

- [1] Blagojević, V. I dugi (2018): Mape opasnosti i mape rizika od poplava na slivu rijeke Vrbas u BiH kao podloga za izradu planova upravljanja poplavnim rizikom. *Vodoprivreda*, Vol. 50, N<sup>o</sup> 291-293, s. 87-97.
- [2] Dasic T. i B. Djordjevic (2013): Incorporati of water storage reservoirs into the environment, *Scientific Journal of Civil Engineering*, Vol. 2, Issue 2, Skopje, pp. 7-16.
- [3] Dašić, T. i drugi (2016): Razvoj metoda za upravljanje vodama i uređenje teritorije u zoni sistema osetljivih na poplava – Na primeru rudnika i termoelektrane Gacko, *Vodoprivreda*, N<sup>o</sup> 282-284, Beograd, s. 137-146.
- [4] Dašić T., Đorđević B., N. Sudar, V. Blagojević (2019): Mogućnosti aktivne odbrane od poplava upravljanjem uz primenu matematičkih modela – Na primeru akumulacije Bočac na Vrbasu. *Vodoprivreda*, Beograd, Vol. 51, N<sup>o</sup> 297-299, s. 69-84.
- [5] Đorđević, B., Sudar, N. (2013): Strategija integralnog upravljanja vodama Republike Srpske; *Vodoprivreda*, Vol. 45, N<sup>o</sup> 261-263, s.41.
- [6] Đorđević B i T. Dašić (2019): Ekologija vodoprivrednih sistema. Monografija. s. 450, Izdavači: Građevinski fakultet u Beogradu i Akademija inženjerskih nauka Srbije.
- [7] Đorđević. B., T.Dašić i J.Plavšić (2020): Uticaj klimatskih promena na vodoprivredu i mere koje treba preduzeti, zavisno od scenarija budućih emisija, u cilju neutralisanja ili ublažavanja nepovoljnih uticaja, Studija je deo projekta: Izrada drugog Dvogodišnjeg ažuriranog izveštaja i Treći izveštaj Republike Srbije prema Okvirnoj konvenciji UN o promeni klime, Dvoper.
- [8] Đorđević. B., T.Dašić i J.Plavšić (2020): Uticaj klimatskih promena na vodoprivredu Srbije i mere koje treba preduzimati u cilju zaštite od negativnih uticaja. *Vodoprivreda*, Vo. 52, N<sup>o</sup> 303-305, s. 39-68.
- [9] Đurđević V., A. Vuković, M. Vujadinović Mandić (2018): Izveštaju o osmotrenim promenama klime u Srbiji i projekcijama buduće klime na osnovu različitih scenarija budućih emisija, Treća nacionalna komunikacija o klimatskim promenama, Beograd
- [10] Đurđević V., A. Vuković, M. Vujadinović Mandić (2019): Izveštaj uticaja osmotrenih klimatskih promena na vodne resurse u Srbiji i projekcije uticaja buduće klime na osnovu različitih scenarija budućih emisija, Treća nacionalna komunikacija o klimatskim promenama, Beograd.
- [11] Đurđević, V. (2021): Suše će biti i češće i jače, *Politika*, 22.avgust, 2021.
- [12] Jovanović M. i drugi (2017): Hidraulička analiza zaštite od poplava priobalja Dunava i Save na području Beograda, *Vodoprivreda*, N<sup>o</sup> 285-287, s. 15-28.
- [13] Petkovski, Lj. (2018): 80 years od dams constuction – the key struktures of hydro systems in Republic od Macedonia, *Vodoprivreda*, Vol. 50, N<sup>o</sup> 291-293, s.31.
- [14] Plavšić J i T. Dašić (2017): Modeliranje vodoprivrednog sistema sliva Drine i analiza izabranih i razvojnih scenarija, *Vodoprivreda*, N<sup>o</sup> 285-287 p. 125-137.
- [15] Plavšić J. (2019): Inženjerska hidrologija, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd.
- [16] Sudar, N. i drugi (2019): Planiranje i razvoj integralnih vodoprivrednih sistema pre načelima Direktive o vodama EU – na primeru reke Vrbasa. *Vodoprivreda*, Beograd, Vol. 51, N<sup>o</sup> 300-302, s. 225-242.
- [17] Topalović, Ž., V.Blagojević i N.Sudar (2018): Određivanje hidrograma velikih voda za potrebe izrade mapa opasnosti od poplava – Na primjeru sliva rijeke Vrbas. *Vodoprivreda*, Vol. 50, N<sup>o</sup> 291-293, s. 69-85.
- [18] Topalović, Ž., A.Todorović i J.Plavšić (2020): Primjenljivost mjesečnih bilansnih hidroloških modela u promjenljivim klimatskim uslovima. *Vodoprivreda*, Vol. 52, N<sup>o</sup> 306-308, s. 155-170.
- [19] Zavod za vodoprivredu, Bijeljina & Energoprojekt Hidroinženjering, Beograd (2020,2021): Studija ekonomskog uticaja klimatskih promjena na energetski i poljoprivredni sektor rijeke Vrbas.
- [20] Zavod za vodoprivredu, Bijeljina & Institut za hidrotehniku i vodno ekološko inženjerstvo Građevinskog Fakulteta u Beogradu (2020): Plan upravljanja rizikom od poplava u slivu rijeke Vrbas Republike Srpske.
- [21] Zavod za vodoprivredu, Bijeljina (2020): Idejno rješenje zaštite od bujičnih poplava na užem i širem urbanom području Grada banja Luka.
- [22] Zavod za vodoprivredu, Bijeljina (2016): Projekat izgradnje sistema navodnjavanja u opštinama Laktaši i Gradiška I i II faza, Idejno rješenje i Glavni projekat.

## THE TIME HAS COME WHEN SURVIVAL AND DEVELOPMENT CANNOT BE ACHIEVED WITHOUT WATER STORAGE RESERVOIRS

by

Tina DAŠIĆ<sup>1)</sup>, Miloš STANIĆ<sup>1)</sup>, Žana TOPALović<sup>2)</sup>, Nedeljko SUDAR<sup>3)</sup>, Branislav ĐORĐEVIĆ<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering; <sup>2)</sup> University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil engineering and Geodesy; <sup>3)</sup> Institute for Water Management, Bijeljina; <sup>4)</sup> Academy of Engineering Sciences of Serbia

### Summary

Climate change is not a matter of the future. These are processes that are already happening and have the most unfavorable impact on the water sector in Serbia, but also in all countries in the region. Unfavorable consequences are especially pronounced in Serbia, because it has previously had water regimes among the most unfavorable in Europe - from the point of view of time unevenness during the year, as well as from the point of view of spatial distribution of water on the territory. As a consequence of climate change, deterioration of water regimes is already being registered: dry periods are getting longer, small waters are getting smaller and with longer duration, big waters are getting bigger, more torrential, with more and more devastating consequences, groundwater renewal intensity is decreasing and becoming more vulnerable groundwater sources. It is especially bad that the biggest deteriorations of water regimes are in parts of Serbia (east, southeast, south), where water regimes are still the most unfavorable.

The current planned actions in the world are limited to efforts to slow down greenhouse gas (GHG) emissions. These actions are not operational enough for the water sector. Achieving the necessary resilience of water management systems can only be achieved through new accumulation and strengthening of line flood protection systems. Reservoirs are gaining an increasing role in active flood protection - by mitigating flood waves. In

such conditions, the absolute priority is spatial planning, which will protect all the necessary spaces for the development of water management infrastructure in the new, worsened conditions. This includes planned protection of the space necessary for the construction of new reservoirs and retentions, protection of all groundwater and surface water sources, and space for strengthening line flood protection systems.

Based on studies done for the Spatial Plan of the Republic of Serbia and the Study of the Impact of Climate Change on the Water Management of the Vrbas Basin, the article analyzes the need to build new reservoirs in order to make water management systems sufficiently reliable and resilient in new conditions. The example of the Vrbas and its tributaries the Vrbanja shows that the construction of smaller reservoirs, instead of large ones, the realization of which is prevented by unplanned occupation of the valley area, can significantly increase the reliability of the irrigation system. Experiences from Serbia are also cited, which must provide the new reservoirs with the necessary reliability of water management systems in the new, worsened conditions caused by climate change.

**Key words:** climate change, reservoirs, irrigation, reliability of water supply, resilience of water resources systems.

Redigovano 19.10.2021.