

UTICAJ KLIMATSKIH PROMENA NA VODOPRIVREDU SRBIJE I MERE KOJE TREBA PREDUZIMATI U CILJU ZAŠTITE OD NEGATIVNIH UTICAJA

Branislav ĐORĐEVIĆ¹⁾, Tina DAŠIĆ²⁾ i Jasna PLAVŠIĆ²⁾

¹⁾ Akademija inženjerskih nauka Srbije, ²⁾ Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet

Dobro organizovana i odgovorna država pri planiranju strategije razvoja mora da razmatra i pesimum – najnepovoljniji sled geofizičkih i svih drugih procesa od kojih zavisi taj razvoj.

REZIME

Emisija gasova staklene bašte (GSB) dovodi do klimatskih i hidroloških promena koje će sve nepovoljnije uticati na vodoprivredne i vodene ekosisteme. Da bi se sagledala opasnost od tih promena, u članku se najpre sistematizuju zaključci o realnom stanju vodnih resursa Srbije. To stanje se može sažeti u stav da je Srbija vodom siromašna zemlja, koja nije u stanju da čak i na nivou prosečnih protoka podmiri svoje potrebe samo iz domaćih voda. Stanje mnogo pogoršava velika prostorna i vremenska neravnomernost voda, tako da se u malovodnim periodima suma svih domaćih voda smanjuje na samo oko 50 m³/s, što je oko deset puta manje od prosečnih protoka voda koje se formiraju na prostoru Srbije. U posebnoj glavi se razmatra uticaj dva scenarija emisije GSB na promene klimatoloških i hidroloških parametara na području Srbije. Bitni klimatološki pokazatelji se pogoršavaju: po oba scenarija povećavaće se temperature u svim godišnjim dobima, što je vrlo nepovoljan proces i za vodoprivredne i za ekološke sisteme. Smanjuju se prosečne padavine, posebno u južnom i istočnim delovima zemlje. Međutim, mnogo nepovoljnija je činjenica da će smanjenje padavina biti posebno izraženo u letnjem, vegetacionom delu godine, i da će pogoršanje biti posebno veliko u južnom i istočnom delu zemlje, koji su i do sada bile oskudne. To u veoma nepovoljan položaj dovodi sve grane vodoprivrede, posebno navodnjavanje. Vrlo su nepovoljne posledice i na režime proticaja. Po oba scenarija smanjuju se prosečni godišnji protoci na rekama na slivovima sve tri Morave, Ibra, Timoka, Drine. Međutim, neuporedivo je nepovoljnija i više zabrinjava nepovoljna raspodela smanjivanja protoka tokom godine: u zimskim periodima dolazi čak i do izvesnog povećavanja u odnosu na sadašnje vrednosti, a najveće smanjenje se

očekuje u vegetacionom delu godine, posebno u mesecima koji su se i do sada smatrali malovodnim – od jula do oktobra. Veoma je nepovoljno i znatno smanjenje intenziteta obnavljanja podzemnih voda (čak i preko 50%, zavisno od područja zemlje i perioda), i u tom slučaju najviše u južnom i istočnom delu zemlje. U skladu sa tim predviđanjima u centralnom delu članka se razmatraju posledice u svim vodoprivrednim granama, kao i mere koje se moraju preduzeti da bi se neutralisale ili umanjile posledice tih nepovoljnih procesa. Važan je zaključak da će u novim okolnostima budućnost Srbije zavisiti od – akumulacija sa godišnjim regulisanjem protoka. Neohodne su brojne nove akumulacije i daje se okvirni pregled takvih objekata, onih koji su najneophodniji. Zahteva se da se za sve njih izradi projektna dokumentacija na nivou Generalnih projekata, kako bi se prostornim planovima prostora posebnih namena svi ti prostori sasvim konkretno zaštitili samo za te namene. To isto važi i za sva izvorista, posebno ona velika, regionalnog značaja. Daje se zaključak o najvažnijim aktivnostima koje treba uraditi da bi se vodoprivredni sistemi pripremili za funkcionisanje u sve nepovoljnijim uslovima delovanja klimatskih promena.

Ključne reči: klimatske promene, sektor voda, akumulacije, izvorista, zaštita od voda, zaštita voda, pouzdanost vodoprivrednih sistema

1. UVOD

Nezavisno od scenarija budućih emisija gasova staklene bašte (GSB), nepovoljni uticaji klimatskih promena verovatno će se na najnepovoljniji način odražavati na vodoprivredne sisteme i čitav sektor voda, a preko njega i na društvo u celini. Taj uticaj će biti nepovoljniji nego u slučaju drugih prirodnih i tehnoloških sistema. Pri razmatranju tih uticaja moraju se imati u vidu sledeće

činjenice. (1) Problemi u sektoru voda koji nastanu zbog nedostatka vode i zbog nedovoljne pouzdanosti vodoprivrednih sistema - lančanom reakcijom se prenose na sve druge socijalne, privredne, urbane i druge sisteme. Iskustva iz prošlosti pokazuju se da je ispad iz normalnih funkcija vodoprivrednih sistema veoma brzo dovodio do razaranja socijalne, ekonomske, političke i svake druge stabilnosti čitave društvene zajednice. (2) Postoji i druga, ohrabrujuća strana u razvoju vodoprivrednih sistema. Brojni primeri, od daleke prošlosti do danas, pokazuju da je upravo razvoj vodoprivrednih sistema bio naj snažniji pokretač i 'lokomotiva razvoja' čitavog društva. Još od drevnih tzv. hidrotehničkih civilizacija pa do danas države su upravo kroz intenziviranje razvoja vodoprivrednih sistema stvarale, a i sada stvaraju uslove za izlaz iz ekonomskih, ali i socijalnih kriza. Sada je nedvojbeno jasno da ulaganja u razvoj hidrotehničke infrastrukture stvaraju uslove za prelazak u novu, napredniju fazu ekonomskog, socijalnog i svekolikog drugog razvoja država. (3) Kao bezbednosno najosetljivija infrastruktura, ona od koje zavise ljudski životi i stabilnost čitavog društva, vodoprivredni sistemi se uvek moraju da planiraju sa najvećom puzdanošću. Pri tome je nepohodno da se razvoj svih geofizičkih i drugih procesa koji utiču na te sisteme mora posmatrati i sa pozicije pesimuma – najnepovoljnijih scenarija mogućih dešavanja u budućnosti.

Analiza uticaja klimatskih promena mora se razmatrati u svetlu sadašnjeg stanja u oblasti voda u Srbiji. O tome su autori već pisali (Đorđević, B. 2019), pa će se ovde izvršiti sažeto zaključivanje, koje dokumentuje izuzetno važan zaključak da je Srbija već sada siromašna vodom i na nivou prosečnih vrednosti, a da i te skromne količine vode imaju izuzetno nepovoljne vodne režime.

2. STANJE VODNIH RESURSA SRBIJE

Jedna velika zabluda - da je Srbija vodom bogata zemlja - provlači se kroz naš obrazovni sistem, politiku, medije. Srbija je vodom siromašna zemlja. To siromaštvo se očituje i na nivou prosečnih vrednosti. Sa oko 1.700 m³ po stanovniku godišnje bruto svih voda sa svoje teritorije Srbija je ispod granice od oko 2.500 m³ po stanovniku godišnje koje se smatra donjom granicom kojim se ocenjuje samodovoljnost zadovoljenja potreba za vodom jedne zemlje, jer se u tu količinu mora uračunati i količina vode koja se ne sme zahvatati i koristiti zbog potreba ekosistema. Zbog toga je neophodno da se Srbija, već na nivou prosečnih vrednosti, oslanja i na tranzitne vode, uz sve rizike koje takva iznuđena strategija nosi u budućnosti i po količini

i po kvalitetu vode. Situacija je mnogo nepovoljnija kada se razmatra raspodela domaćih voda po teritoriji, jer se tada uočava 'resursni paradoks' da vode ima najmanje tamo gde je najpotrebnija (zone najvećih naselja i najkvalitetnijih zemljišta koje treba navodnjavati). To se iskazuje i preko specifičnog oticanja, koje je u proseku oko 5,7 L/s·km², ali varira od oko 1 L/s·km² pa i manje od toga u delovima Vojvodine, a penje se na preko 30 L/s·km² u planinskim zonama (Mokra Gora, Prokletije, Šara). Postoje zone u kojima se specifična raspoloživost domaćih voda spušta ispod 500 m³ po stanovniku godišnje (Vojvodina, Šumadija, slivovi Sitnice, Kolubare, Pomoravlje) u kojima se potrebe za vodom ne mogu podmirivati bez korišćenja tranzitnih voda i/ili dovođenja vode sa većih udaljenosti. Tu situaciju znatno pogoršava činjenica da samo jedan manji deo domaćih voda prisutnih na slivovima spada u kategoriju 'vodnog resursa', zbog toga što ne postoje hidrotehnički, ekološki, geotehnički, socijalni, urbani i drugi uslovi za njihovo korišćenje.

Nepovoljna slika na nivou prosečnih vrednosti postaje mnogo nepovoljnija kada se razmatra vremenska raspodela voda. Srbija ima veoma neravnomerne vodne režime - među najnepovoljnijim u Evropi. Vodotoci Srbije imaju izrazito bujične režime, tako da kod manjih reka čak više od 50% godišnjeg bilansa voda protekne u kratkim bujičnim povodnjima, nakon kojih nastupaju dugi malovodni periodi. Prosečni višegodišnji protok domaćih voda u Srbiji iznosi oko 505 m³/s, ali se u malovodnim periodima spušta na manje od 50 m³/s. Odnos između malih mesečnih voda obezbeđenosti 95% (vode merodavne za planiranje mera zaštite kvaliteta voda) i velikih voda verovatnoće 1%, u odnosu na koje se planiraju sistemi zaštite od poplava, na manjim vodotocima se penje na preko 1:2000, što je jedan od najnepovoljnijih odnosa u Evropi. Specifična oticanja pri bujičnim povodnjima se penju čak do oko 20 m³/s·km², a mogu biti još nepovoljniji na malim vodotocima u gradovima, čije su bujične odlike, po pravilu, zanemarene tokom širenja naselja. Zbog toga eksponencijalno rastu štete od tzv. unutrašnjih velikih voda jer urbanizacija najčešće nije vodila računa o hidrološkom fenomenu: (a) da se koncentracije bujičnih talasa malih vodotoka u gradu bukvalno svodi na minute, (b) da se koeficijenti oticaja sasvim približavaju vrednosti ko≈1, (c) da se takvi ekstremni protoci (u nekim slučajevima i po više desetina m³/s) ne mogu odvesti kišnom kanalizacijom, (d) da se grad adekvatnim razmeštajem svojih urbanih sadržaja, bez zaposedanja koridora vodotoka zgradama i osetljivim objektima, mora pripremiti za tu činjenicu. U nepogodnosti vodnih režima u Srbiji spada i fenomen

uzastopnog nagomilavanja sušnih i vodnijih godina. Posledica toga je neophodnost građenja akumulacija sa velikim stepenom regulisanja protoka (godišnje, pa čak i višegodišnje regulisanje), a pogodni prostori za takve akumulacije su malobrojni i podvrgnuti su devastaciji, zbog nepoštovanja prostornih planova.

Tranzitne vode su značajne, na nivou preseka oko 5.239 m³/s. Njih čine: Dunav sa Dravom i kanalom Baja - Bezdani: oko 2.890 m³/s, Tisa sa Begejem: 794 m³/s, banatski vodotoci na ulasku u Srbiju: oko 72 m³/s, Drina sa Limom (dotoci u Srbiju): 333 m³/s, Sava (ulaz): 1.130 m³/s, Ibar (ulaz): 12 m³/s, dotok iz Bugarske u slivu Nišave: 8 m³/s. Međutim, i te reke imaju nepovoljne vodne režime, koje u poslednjim decenijama postaju sve nepovoljniji. Velike vode se povećavaju delom zbog klimatskih promena, a delom zbog regulacionih radova i isključenja plavnih površina u uzvodnim zemljama, a smanjuju se male vode, najvećim delom zbog sve većih zahvatanja vode za navodnjavanje u uzvodnim zemljama. Protok Drine se kod Radlja spušta ispod 45 m³/s (Q_{sr}=364 m³/s), Tise kod Novog Bečeja ispod 120 m³/s (Q_{sr} = 802 m³/s), Save kod Sremske Mitrovice ispod 200 m³/s (Q_{sr} = 1.535 m³/s), a i protoci Dunava na ulasku u Srbiju spuštaju se na samo oko 800 m³/s (Q_{sr} = 2.268 m³/s). Tendencija smanjivanja malih voda tih reka zbog sve većeg zahvatanja vode za navodnjavanje u uzvodnim zemljama – opominjuće ukazuje na ranjivost kanalskih i svih drugih sistema koji se zasnivaju na korišćenju tranzitnih voda. Zbog tendencije povećanja vrhova talasa velikih voda na većim aluvijalnim tranzitnim rekama neophodno je da se stalno preispituje stepen zaštite od velikih voda na deonicama u blizini gradova i tehnoloških sistema koji su ranjivi na plavljenje (primer: REK Kostolac, REIK Kolubara).

Resursi podzemnih voda u Srbiji su relativno oskudni i neravnomerno raspoređeni. Ovaj resurs se tradicionalno najviše koristi za snabdevanje naselja vodom. Za potrebe snabdevanja naselja vodom zahvata se 15-17 m³/s podzemnih voda, od čega je oko 52-55% iz aluvijalnih izdani, oko 22% iz karstnih izvora, oko 16% iz osnovnog vodonosnog sloja (OVS), dok je oko 8% iz neogenih karstnih formacija. Nepovoljno je što se najviše koriste aluvijalne izdani koje se prihranjuju iz reka, čiji se kapaciteti drastično smanjuju u malovodnim periodima. To nameće potrebu da se u okviru velikih regionalnih sistema za snabdevanje vodom naselja koristi više vrsta izvorišta, uključujući i akumulacije kako bi se ostvarila zahtevana pouzdanost i u kriznim malovodnim stanjima. U Vojvodini, u kojoj se za snabdevanje naselja koriste vode iz OVS koji se

izuzetno sporo obnavlja, zbog prekomerne eksploatacije došlo je do velikih obaranja nivoa podzemnih voda, na nekim mestima i preko 50 m, a to se odražava i na pogoršavanje kvaliteta. Zbog toga se mora menjati koncepcija dogoročnog snabdevanja brojnih naselja, najpre prekidom korišćenja podzemnih voda za tehnološke potrebe. Problemi sa raspoloživošću podzemnih voda sve više će se pogoršavati, jer se zbog dugogodišnjeg zastoja u izgradnji celovitih sistema za navodnjavanje, koji bi se oslanjali na mrežu kanala HS DTD i druge rečne sisteme, sada primenjuje mnoštvo parcijalnih sistema, koji svoje vodozahvate grade individualno, sa zahvatanjem podzemnih voda.

3. MOGUĆE PROMENE KLIMATSKIH I HIDROLOŠKIH FAKTORA U SRBIJI

Uticaj emisija gasova staklene bašte (GSB) na sektor voda u Srbiji treba razmatrati kroz sintezu sledećih gore navedenih činjenica. Srbija je vodom siromašna zemlja i u prosečnim vrednostima, a taj zaključak dobija mnogo veću težinu ako se aspekti raspoloživosti voda razmatraju kroz sledeće važne pokazatelja: (a) vrlo je nepovoljna prostorna raspoloživost voda, jer su vodom najoskudniji delovi Srbije u kojima su najveće potrebe za vodom; (b) vremenska neravnomernost voda jedna je od najnepovoljnijih u Evropi, što praktično onemogućava korišćenje voda bez akumulacija raznih stepena regulisanja, ali sa obaveznim akumulacijama sa godišnjim regulisanjem; (v) najnepovoljniji malovodni periodi su u najtoplijem vegetacionom delu godine (juli, avgust), kada se protoci svih domaćih voda mogu spustiti na samo oko 50 m³/s, što je samo oko 10% od prosečnih vrednosti, tako da tada nastupaju ozbiljna krizna stanja u svim sistemima – vodovodima naselja, poljoprivredi, industriji, a tada je ugrožen i čitav ekosistem, (d) samo jedan manji deo površinskih i podzemnih voda ima atribut 'vodnog resursa', što znači da se veliki deo 'vode prisutne na slivu' ne može koristiti za razvoj integralnih vodoprivrednih sistema. Ova sistematizacija je bitna, jer se pokazuje da će se stanje zbog emisije GSB znatno pogoršati upravo zbog toga što se režimi padavina i proticaja pogoršavaju najviše upravo u tim malovodnim periodima i na područjima koja su vodom i sada najsiromašnija.

U svetu se razmatraju razni scenariji emisije GSB, i za svaki od njih se primenom matematičkih modela razmatraju uticaji na klimatske i hidrološke parametre po prostoru i po sezonama godine. Najčešće se razmatraju dva scenarija prema IPCC (*Intergovernmental panel on climate change*): RCP4.5, kao umereni scenario, i RCP8.5 kao scenario intenzivnije emisije, koja dovodi do veće koncentracije GSB. [Pokazatelj RCP -

Representative Concentration Pathway iskazuje koncentraciju CO₂ u ppm (parts per million), kao posledicu emisije GSB. Sve češće se ocenjuje da je scenario RCP4.5 optimistički i da će emisija biti veća, a da je RCP8.5 verovatno previše pesimistički. Posmatrano na taj način ta dva scenarija su anvelopne vrednosti. Pošto se pri strateškim planiranjima u uslovima neizvesnosti mora da razmatra i pesimistička varijanta (setimo se analize opterećenja pri projektovanju bezbednosno posebno osetljivih konstrukcija), analiza uticaja scenarija RCP8.5 na sektor voda ima mnogo smisla, bar sa stanovišta planerskog očuvanja prostora za izvorišta i akumulacije bez kojih se ne bi moglo da preživi.

Ta dva scenarija su razmatrana i sa stanovišta posledica na prostoru Srbije. Iz te oblasti su objavljena 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). Ti dokumenti su obuhvatili rezultate modeliranja za oba scenarija emisije GSB i obrađuju dva ključna klimatske pokazatelja - promene temperature i padavina, kao i promene koje se mogu očekivati u domenu proticaja na najvažnijim slivovima. Imajući u vidu da je vrlo bitno sa gledišta planiranja i projektovanja u uslovima neizvesnosti razmatrati nepovoljniju / pesimističiju varijantu (videti moto ovog članka), posebnu težinu će imati taj nepovoljniji slučaj, koji nastaje u uslovima intenzivnijeg emitovanja GSB. Taj oprezniji, pesimističiji pristup ima svoje opravdanje, posmatrajući, sa dubokim uznemirenjem i zabrinutošću, sadašnja stvarna dešavanja u svetu: • istupanje iz Pariskog sporazuma o klimi država – najvećih emitera GSB; • sve intenzivnije krčenje i spaljivanje tropskih šuma, pluća planete Zemlje, da bi se dobio prostor za monokulture za proizvodnju biogoriva; • vrlo poguban uticaj postepenog povećanja temperature mora na izumiranje koralna (radi se o veoma zabrinjavajućem procesu 'izbeljivanja koralna' do koga dolazi zbog nestajanja za planetu Zemlju dragocenih fotosintetičkih algi Zoonxanthelle koje sa koralima žive u mutualističkom odnosu, jer dobijaju od koralna materije za fotosintezu, što je od izuzetne važnosti za proizvodnju kiseonika, a njih snabdevaju neophodnim jedinjenjima za život (aminokiseline, glukoza) čime se stvara izuzetno važno kruženje materije). U ta nepovoljna događanja treba uvrstiti i pogrešne kriterijume po kojima se forsiraju kao navodno obnovljivi i ekološki čisti izvori energije i mnoga

postrojenja (brojne MHE, solarne elektrane) za čiju se izgradnju utroši više primarne energije od one koju će proizvesti tokom čitavog veka korišćenja i za čiju se izgradnju emituje više GSB od količine koju će 'uštedeti' tokom veka svoje eksploatacije. Imajući te činjenice u vidu jasno je da pri strateškim dugoročnim planiranjima u sektoru voda treba značajnu težinu dati i procesima koji se estimacijom dobijaju po scenariju sa većom emisijom GSB (RCP8.5).

3.1. Procena promene klimatskih parametara

U Izveštaju o osmotrenim promenama klime u Srbiji i projekciji buduće klime (Đurđević, 2018) razmatrane su osmotrene promene klime, upoređujući klimatske parametre za period period 1998-2017 (poslednjih 20 godina) sa vrednostima za period 1961 – 2017 (poslednjih 57 godina). Projekcije klimatskih parametara urađene su za tri perioda: bliska budućnost (2016-2035), sredina veka (2046-2065), kraj veka (2081-2100), za dva scenarija emisije GSB (RCP4.5 i RCP8.5) i korišćenjem ansambla od devet regionalnih klimatskih modela. Dobijeni rezultati se sistematizuju u tabeli 1. Ukoliko se rezultati pažljivo analiziraju dobijaju se vrlo zabrinjavajući zaključci, koji će se najsažetije rezimirati.

Uočava se trend povećanja **temperature vazduha**, koji je registrovan na osmotrenom nizu podataka (povećanje od 0,29°C/dekada), pri čemu je od 10 najtoplijih godina 9 bilo nakon 2000. godine. Takav trend povećavanja temperatura nastavlja se i u periodu koji je obuhvaćen estimacijom u sva tri razmatrana perioda u budućnosti. U njima se povećanje temperature očekuje u svim godišnjim dobima, ali su 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). Svi rezultati povećanja temperature tokom godine su veoma nepovoljni za vodoprivredne sisteme: leti značajno povećavaju gubitke vode na evapotranspiraciju i povećavaće norme navodnjavanja i zahtevane količine vode, a povećanje temperatura u zimskom periodu gotovo da isključuju mogućnosti formiranja snežnog pokrivača, što je vrlo nepovoljno, jer je akumulisanje vode u snežnom pokrivaču važno za pogodniju raspodelu protoka tokom godine. Povećanje temperature očekuje se na čitavoj teritoriji Srbije, ali se veće promene mogu očekivati u južnim i istočnim delovima zemlje. To je, takođe, nepovoljan proces, jer su to područja na kojima je izražen nedostatak vodnih resursa, i na kojima su vrlo sužene mogućnosti za realizaciju akumulacija sa godišnjim regulisanjem protoka.

Tabela 1. Promena klimatskih parametara

	Osmotrene promene	Projekcije klime do kraja veka		
			RCP4.5	RCP8.5
Temperatura vazduha	0,5 – 1,5°C prosečno 1,5 – 2°C u letnjem periodu 0,29 °C/dekadi 9 od 10 najtoplijih godina je osmotreno posle 2000.	bliska budućnost	0,6°C prosečno 0,6°C - zima 1,1°C - jesen	1°C prosečno 0,3°C - zima 1,1°C - leto
		sredina veka	1,5°C prosečno 1,2°C - proleće 2°C - leto	2°C prosečno 1,8°C - proleće 2,3°C – jesen/zima
		kraj veka	2°C prosečno 1,8°C - proleće 2,1°C - leto	4,3°C prosečno 4,1°C - proleće 4,5°C - zima
Padavine	7 mm/dekadi Povećana varijabilnost	bliska budućnost	0,7% prosečno +4,5% - proleće -5,8% - leto	-1% prosečno +3,7% - proleće -4,6% - leto
		sredina veka	-1,4% prosečno +5,6% - proleće -14,3% - leto	3,8% prosečno +10,6 - zima -8% - leto
		kraj veka	2,3% prosečno +10% - zima -10,8% - leto	-4,5% prosečno +15,5% - zima -20,5% - leto

Analize osmotrenih nizova **prosečnih godišnjih padavina** pokazuju da su padavine u poslednjih 20 godina nešto veće (+7 mm/dekada) u odnosu na prethodni 50-godišnji period, uz povećanu varijabilnost. Uočeno je izvesno manje povećanje prosečnih vrednosti u severnim i zapadnim delovima Srbije. U pogledu unutargodišnjih promena, uočeno je izvesno povećanje u jesenjem periodu godine, dok je u letnjem periodu registrovano smanjenje padavina na najvećem delu teritorije Srbije, što je vrlo nepovoljno, jer se radi o resursno najosetljivijem delu vegetacionog perioda, što će zahtevati veće količine vode za navodnjavanje. U budućem periodu promena padavina varira značajno po prostoru i vremenu, sa tendencijom povećavanja padavina u severnim delovima Srbije i smanjenjem u južnim delovima, kao i povećanjem padavina u prolećnom i zimskom periodu godine i značajnim smanjenjem u letnjem periodu (tabela 1). U trećem najudaljenijem periodu koji je razmatran, po umerenom scenariju RCP4.5 smanjenje prosečnih padavina u letnjem periodu je tokom leta 10,8%, dok je smanjenje po drugom scenariju u letnjem periodu čak 20,5%. Vidi se da je ta tendencija vrlo nepovoljna po oba razmatrana scenarija, što znači da tada praktično neće moći da egzistira suvo ratarenje, ono koje se uzda samo na prirodne padavine.

Pored ova dva najznačajnija parametra, analize pokazuju da će se u periodu do kraja veka smanjivati

broj ledenih i mraznih dana, a povećavati broj tropskih dana, toplotnih talasa, trajanje najdužeg suvog perioda, kao i dužina vegetacionog perioda. Ne očekuje se promena trajanja najdužeg perioda sa uzastupnim padavinskim danima, ali će se povećavati količina vode akumulirana tokom padavina različitih trajanja. Sve napred navedeno ukazuje na sve veće i sve nepovoljnije neravnomernosti klimatskih parametara i po prostoru i po vremenu.

3.2. Procena uticaja klimatskih promena na protoke

U Izveštaju (*Đurđević, 2019*) estimacija procesa promena prosečnih proticaja obavljena je korišćenjem dva izvora podataka: 1) SWICCA (Service for Weather Indicators in Climate Change Adaptation) sa četiri ansambla modela, i 2) EDgE (End-to-End Demonstrator for improved decision-making in the weather sector in Europe) projekata Kopernikus programa Evropske Unije sastavljen od pet globalnih klimatskih modela i tri hidrološka modela. Analizirane su promene za tri buduća tridesetogodišnja perioda: 2011-2040, 2041-2070 i 2071-2100, u odnosu na referentni (bazni) period 1971-2000. Analiza je urađena za Dunav, Savu, Drinu, Kolubaru, Veliku Moravu, Južnu Moravu - donji sliv i gornji sliv, Zapadnu Moravu, Ibar, Timok, Tisu i Tamiš. Rezime tih analiza prikazan je u tabeli 2 (*Đurđević, 2019*).

Tabela 2. Promene srednjeg godišnjeg protoka (%) za izabrane rečne slivove za periode 2011-2040 (2020), 2041-2070 (2050) i 2071-2100 (2080) u odnosu na period 1971-2000 (Đurđević, 2019)

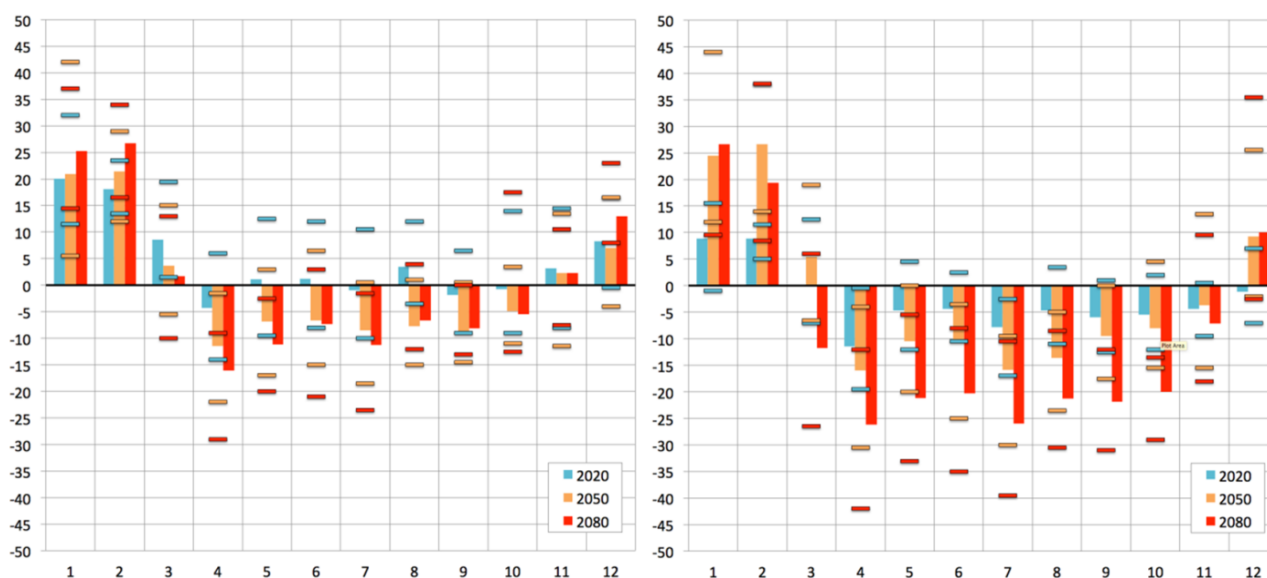
	RCP4.5			RCP8.5		
	2020	2050	2080	2020	2050	2080
Dunav	7	4	3	1	5	-1
Sava	8	7	3	-1	1	-9
Tisa	12	2	1	-2	2	-5
Tamiš	8	2	2	-2	1	-7
Drina	4	0	-1	-4	-4	-10
Kolubara	9	3	2	-1	1	-3
Velika Morava	2	-2	1	-2	-6	-11
Zapadna Morava	3	-2	0	-2	-6	-7
Južna Morava (donji tok)	4	-4	-1	-3	-5	-13
Južna Morava (gornji tok)	4	-5	1	-3	-6	-13
Ibar	2	-3	-3	-5	-8	-17
Timok	9	-2	-3	-2	3	-8

Rezultati estimacije pokazuju da se ne očekuju značajnije promene srednje godišnjih protoka. Prema umerenom scenariju emisije GSB (RCP4.5), u bližoj budućnosti (period 2011-2040) očekuje se malo povećavanja srednjih godišnjih protoka, u iznosu od 2-4% na rekama u slivu Velike Morave, do 8-9% na Savi, Tamišu, Kolubari i Timoku, i čak oko 12% na Tisi (tabela 2). Od polovine do kraja veka ti protoci će se smanjiti približno na vrednosti iz referentnog perioda, uz odstupanja od -3% do +3%. Veći protoci očekuju se u severnim i zapadnim delovima Srbije (na tranzitnim rekama), dok se u centralnim i južnim delovima zemlje očekuje smanjenje srednjih godišnjih protoka.

Prema intenzivnijem scenariju emisije GSB (RCP8.5) očekuje se smanjenje srednjih godišnjih protoka na većini reka. Na rekama u severnim i zapadnim delovima zemlje (Sava, Tisa, Tamiš, Kolubara) u periodu do 2070. godine očekuju se veoma male promene, prvo porast, a zatim smanjenja protoka u iznosu od 1-2%. Tek krajem veka smanjenje protoka će biti značajnije 3-9%. Na Dunavu će promene biti veoma male, sa postepenim povećavanjem protoka od oko 5% do 2070. godine, a zatim smanjenjem do oko -1% krajem veka (tabela 2). Razlog za to je činjenica da se veliki deo sliva Dunava nalazi u oblasti centralne Evrope, oblasti za koju se u budućnosti predviđa povećanje temperature i povećanje padavina. Važno je istaći da se to odnosi na prirodne protoke, a ne na protoke koji će se zaista javljati, kao posledica intenzivnog nepovratnog zahvatanja vode u uzvodnim zemljama za navodnjavanje. Na rekama u centralnom i južnom delu Srbije (reke u slivu Velike Morave, Drine i Timoka) očekuje se smanjenje srednjeg godišnjeg protoka, od 1-

4% u bližoj budućnosti, pa sve do značajnih 13% krajem veka. Na reci Ibar očekuje se najznačajnije smanjenje srednjeg godišnjeg protoka od čak 17%.

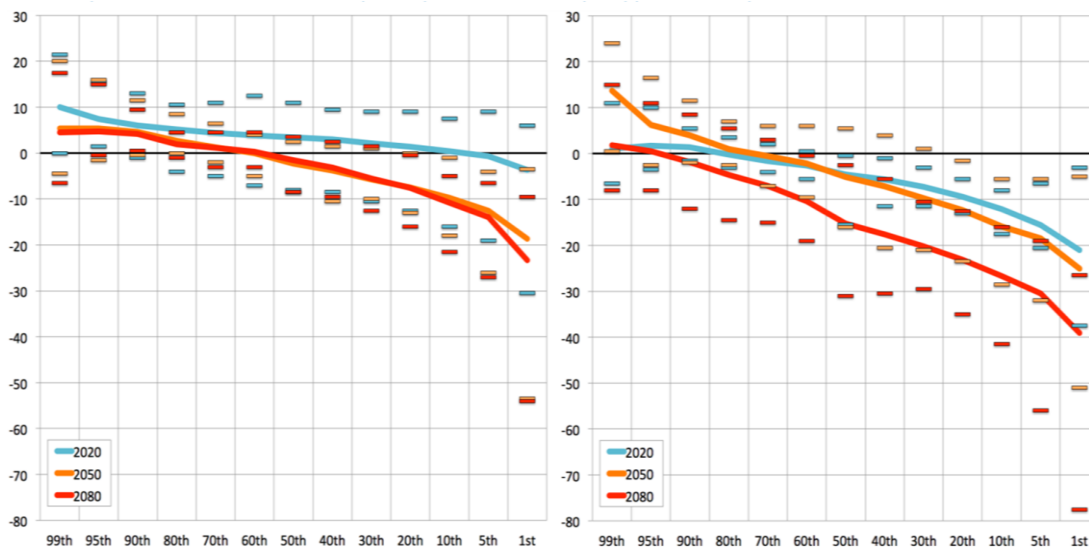
Oslanjanje na prosečne vrednosti može mnogo da zavara – i demobilize. Realne opasnosti ne samo po sektor voda, već i na čitavu zemlju, vide se tek kada se sagleda uticaj klimatskih promena na unutargodišnju preraspodelu protoka, preko promene srednjih mesečnih protoka i raspodele dnevnih protoka po intenzitetu. Rezultati pokazuju da će se protoci u malovodnijem i toplom periodu godine (za većinu reka period jun – oktobar) dodatno smanjivati. U odnosu na referentni period očekuje se smanjenje srednjih mesečnih protoka u periodu od aprila do oktobra (slika 1). Sa druge strane, tokom decembra, januara, februara, za neke reke i marta, očekuje se povećanje srednjih mesečnih vrednosti protoka. To znači da se period sa većim srednjim mesečnim vrednostima protoka pomera prema početku godine, odnosno prema zimskim mesecima. Ovakva situacija posledica je povećanja temperature, manjeg broja hladnih dana i kraćeg zadržavanja snežnog pokrivača. Povećanje protoka u januaru i februaru najveće je za Tisu, Dunav i Tamiš. Za ove tri reke, kao i reku Kolubaru, smanjenje protoka u prolećnom i letnjem periodu nije toliko izraženo, posebno za scenario RCP4.5. Prema scenariju RCP8.5 očekuje se izraženija unutargodišnja neravnomernost, odnosno povećanje protoka u zimskom periodu i smanjenje protoka u prolećnom i letnjem periodu. Posebno je izraženo smanjenje minimalnih dnevnih protoka za Tamiš, koje iznosi od 55% za RCP4.5 do skoro 80% za RCP8.5.



Slika 1. Srednja vrednost promene srednjih mesečnih rečnih protoka u Srbiji za tri buduća perioda 2011-2040 (označeno sa 2020), 2041-2070 (2050) i 2071-2100 (2080) prikazana histogramom i odgovarajuće maksimalne i minimalne vrednosti označene crtama; na levom grafiku su rezultati dobijeni po RCP4.5 scenariju, a na desnom po RCP8.5 scenariju. Odstupanja su data u procentima u odnosu na odgovarajuće vrednosti referentnog perioda 1971-2000 (Đurđević, 2018)

Srednja promena raspodele dnevnih proticaja (slika 2) po scenariju RCP4.5 pokazuje da u periodu 2011-2040 dolazi do pozitivne promene (povećanja) najvećih dnevnih proticaja, dok se u daljoj budućnosti gradijent tih promena smanjuje. Međutim, smanjenje dnevnih protoka manjih od 50-og percentila, koje u bližoj budućnosti nije toliko izraženo, u periodu posle 2040. godine značajno se povećava, čak i preko 20%. To je veoma loš razvoj procesa, čak i po tom blažem scenariju. Prema scenariju RCP8.5 tokom perioda 2011-2040 ne očekuju se značajnije promene najvećih dnevnih proticaja, ali se očekuje smanjenje intenziteta dnevnih proticaja manjih od 70-og percentila, a za najmanje dnevne proticaje to smanjenje iznosi i do 20%. U periodu posle 2040. očekuje se porast najvećih dnevnih proticaja za oko 15% i pad najmanjih proticaja za oko 25%. Takav razvoj procesa – povećanje velikih voda, a tako drastično smanjenje malih protoka (za 1/4) je veoma nepovoljno po obe klase vodoprivrednih sistema – regionalne sisteme za snabdevanje vodom naselja i rečne sisteme, iz kojih se vodom snabdevaju i najveći potrošači, poljoprivreda i industrija. U klimatskim uslovima krajem veka, 2071-2100, očekuje se da se maksimalni dnevni protoci vrate na sadašnje vrednosti, ali vrednosti ostalih percentila znatno

opadaju, sve više što su protoci manji, do čak 40% za minimalne proticaje. U vodoprivrednom smislu, sa gledišta planiranja pouzdanih vodoprivrednih sistema navedene tendencije su vrlo nepovoljne. One ukazuju da će se povećavati talasi velikih voda, jer se zbog bujičnih režima veliki protoci realizuju u vidu talasa velikih voda, dok će se smanjivati male vode i značajno produžavati njihova trajanja. Znači, i onako veoma nepovoljni vodni režimi reka u Srbiji, među najnepovoljnijim u Evropi, postajace još neravnomerniji. Pri čemu je veoma bitno da se te promene odigravaju na najnepovoljniji način sa gledišta konzuma: do povećanja protoka dolazi u zimskom periodu, kada nema navaodnjavanja kao budućeg najvećeg potrošača vode, a protoci se značajno smanjuju u vegetacionom delu godine, i to najviše u kriznim, najtoplijem delu (juni-septembar), kada su potrebe za vodom najveće i u poljoprivredi, ali i u svim ostalim delatnostima. Jedini, upravljački odgovor na takvu tendenciju su akumulacije sa godišnjim regulisanjem, koje jedine mogu da izvrše neophodnu preraspodelu vode tokom godine, na način koji odgovara i svim korisnicima / potrošačima, ali i svim ekosistemima, i vodenim i kopnenim.



Slika 2. Srednja vrednost (za sve izabrane tokove) promene dnevnih protoka određenih procenata zastupljenosti za tri buduća perioda 2011-2040 (označeno sa 2020), 2041-2070 (2050) i 2071-2100 (2080) prikazana linijom i odgovarajuće maksimalne i minimalne vrednosti označene crtama; na levom grafiku su rezultati dobijeni po RCP4.5 scenariju, a na desnom po RCP8.5 scenariju. Odstupanja su data u procentima u odnosu na odgovarajuće vrednosti referentnog perioda 1971-2000 (Đurđević, 2018)

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 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, koje će u budućnosti moći da koriste samo ukoliko se i na njima izvrši izvesno regulisanje protoka u malim akumulacijama.

3.3. Uticaj na podzemne vode

Uticaj klimatskih promena na podzemne vode razmatran je kroz analizu mogućnosti obnavljanja / prihranjivanja podzemnih akvifera, a u skladu sa poznatom činjenicom da podzemne vode snose sudbinu atmosferskih voda (padavine) površinskih voda (proticaji iz kojih se prihranjuju aluvioni). Uticaj klimatskih promena na podzemne vode analiziran je za ista tri buduća tridesetogodišnja perioda, ali u odnosu na referentni period 1951-2010. Projekcija je urađena na osnovu scenarija RCP8.5, a rezultati su prikazani kao promena medijane ansambla u odnosu na vrednost iz referentnog perioda u procentima (%).

Analiza ukupne količine podzemnog vodnog resursa za čitavu Srbiju pokazuje da će doći do smanjenja tog resursa, a smanjenje u odnosu na referentni period se vremenom povećava od oko -10% u bližoj budućnosti do oko -50% krajem veka. Uočava se i prostorna neravnomernost promena, koje su nešto izraženije u istočnim i jugoistočnim delovima Srbije, a nešto manje izražene u zapadnim i jugozapadnim krajevima.

Unutargodišnja neravnomernost obnavljanja podzemnog akvifera je takođe uočljiva (tabela 3). U prvom tridesetogodišnjem razdoblju (2011-2040) značajnije smanjenje se očekuje u prolećnom periodu (od -5% na zapadu do -20% na jugoistoku) i jesenjem periodu (od -8% na jugozapadu do -30% na jugoistoku). U zimskom periodu su te promene (pozitivne i negativne) znatno manje izražene, dok su u letnjem periodu najizraženije i kreću se od -15% na zapadu i jugu zemlje do +10% na istoku i severu.

Sredinom 21. veka uočava se dalje smanjenje intenziteta obnavljanja podzemnog akvifera, koje je najznačajnije tokom jesenjeg perioda (od -30% na jugozapadu do -65% na jugoistoku). Blago povećanje može se očekivati samo u zimskom periodu na zapadu i jugozapadu zemlje. Krajem veka očekuje se značajno smanjenje raspoloživog podzemnog vodnog resursa na celoj teritoriji Srbije. Najugroženiji će biti krajnji jugoistočni delovi zemlje, gde će smanjenje iznositi od -60% do -75% (tabela 3). Treba zapaziti da je smanjenje najveće upravo u delovima zemlje u kojima su već sada najveće teškoće u pogledu zadovoljenja potreba za vodom, i u kojima su najnepovoljniji uslovi za realizaciju akumulacija sa godišnjim regulisanjem protoka, koje bi bile neophodne da se bilansno kompenzira taj nepovoljni uticaj na prihranjivanje podzemnih akvifera.

Tabela 3. Promena intenziteta obnavljanja podzemnih voda na teritoriji Srbije (izražena u %) u tri buduća vremenska perioda u odnosu na referentni period (1951-2010), za scenario RCP8.5

	2011-2040	2041-2070	2071-2100
	od istok/jugoistok do zapad/jugozapad		
zima	od -10 do 5	od -30 do 0	od -70 do -15
proleće	od -20 do -5	od -35 do -15	od -60 do -30
leto	od -15 do 10	od -40 do -15	od -75 do -35
jesen	od -30 do -8	od -65 do -30	od -75 do -50
prosečno	od -15 do 0	od -35 do -10	od -70 do -40

4. UTICAJ POGORŠANJA VODNIH REŽIMA NA STRATEGIJU RAZVOJA VODOPRIVREDNE INFRASTRUKTURE

4.1. Uticaj na strateške principe upravljanja vodama

Na buduće odluke u oblasti planiranja razvoja vodoprivredne infrastrukture odlučujuću ulogu imaće navedene promene vodnih režima, od kojih najveću stratešku težinu imaju sledeće.

(a) Povećanje temperatura u svim periodima godine ima izuzetno nepovoljne posledice: leti će dovesti do povećavanja evapotranspiracija i povećanja normi navodnjavanja, a time i zahtevanih količine vode za poljoprivredu, ali i druge korisnike, dok je povećavanje temperatura u hladnom delu godine nepovoljno, jer će smanjivati mogućnost formiranja snežnog pokrivača, koji je dragocen sa gledišta vodnih režima i prihranjivanja zaliha podzemne vode. Vrlo je nepovoljno što će se povećavati broj dana sa ekstremnim, tropskim temperaturama, jer tada svi vodoprivredni sistemi rade u najnepovoljnijim, najnapretnijim uslovima.

(b) Mada posmatrajući prosečne vrednosti za godinu i za celu zemlju promene padavina nisu značajnije, veoma je nepovoljno što se najveće smanjenje padavina očekuje u toplom vegetacionom periodu godine, a povećanje tokom zimskog perioda. Najveće smanjenje se očekuje u jugoistočnom i istočnom delu zemlje, tamo gde i sada postoji nedostatak padavina u vegetacionom delu godine.

(c) Prosečne promene godišnjih protoka za celu teritoriju države nije značajno po umerenom scenariju u odnosu na ranije stanje i kreće se u granicama grešaka u

estimaciji. Međutim, po nepovoljnijem scenariju u trećem razdoblju 21. veka relevantno je smanjenje i prosečnih godišnjih proticaja, pa su najveći 'gubitnici' prosečnih proticaja sve tri Morave (posebno Južna Morava, smanjenje za 13%), Ibar (17%), Drina (10%), Timok (8%).

(d) Mnogo nepovoljnije su sledeće pojave, po oba scenarija: • povećava se neravnomernost protoka unutar godine, koja je i do sada bila veoma velika, i to na najnepovoljniji način: smanjuju se protoci u toplom, vegetacionom delu godine (posebno u periodu [juni – septembar]), a povećavaju se protoci u zimskom periodu [decembar – mart]; • uz smanjenje malih voda (po jednom od scenarija čak za 25% produžava se trajanje malovođa u čitavom vegetacionom periodu, od juna do oktobra).

(e) Smanjuju se količine podzemnih voda i na prosečnom godišnjem nivou, najpre za oko 10%, a pri kraju veka čak za oko 50%. To će praktično onemogućiti individualno snabdevanje vodom korišćenjem bunara, te će se i ti potrošači morati da priključuju na regionalne i grupne sisteme snabdevanja vodom.

(f) Vrlo značajno se pogoršava / smanjuje intenzitet obnavljanja podzemnih voda tokom godine: najveće smanjenje obnavljanja je tokom jesenjeg perioda, kada se očekuje smanjenje od oko 30% na jugozapadu, do čak oko 65% na jugoistoku zemlje. To će korenito menjati / pogoršavati koncepcije snabdevanja vodom onih naselja koja se sada snabdevaju isključivo iz izvorišta podzemnih voda.

(g) Posmatrajući promene po prostoru Srbije, resursi i površinskih i podzemnih voda će se najviše smanjivati na južnom, jugoistočnom i istočnom delu zemlje, upravo na područjima koja su i sada bila ugrožena i na kojima su najnepovoljniji uslovi za izgradnju akumulacija.

(h) Male promene protoka na velikim rekama na severu zemlje (Dunav, Tisa, Sava) - ne smeju da zavaraju. Radi se o estimaciji prirodnih godišnjih protoka, koji ostaju na nivou sadašnjih protoka, čak i uz izvesna sasvim mala povećanja (3-4% po umerenom scenariju). Međutim, na tim rekama dolaziće do velikih smanjenja zbog zahvatanja vode za navodnjavanje u uzvodnim zemljama. Pogoršavaće se raspodela protoka tokom godine, jer će se najveća smanjivanja odigravati u vegetacionom periodu godine, dok će se režimi velikih voda pogoršavati, jer će talasi velikih voda imati kraće vreme koncentracije zbog regulacionih radova u uzvodnim zemljama koji su isključivali brojne plavne

površine i inundacije, te će povećavati maksimalne vrednosti (Q_{max}) poplavnih talasa.

U svetlu navdenih činjenica treba razmatrati ključna polazišta svih strateških planiranja u oblasti voda, ona na kojima se zasnivaju rešenja koja su definisana Prostornim planom Republike Srbije (PPRS) za oblast voda i razvoj vodoprivredne infrastrukture. Navedene promene do kojih dolazi usled delovanja emisije GSB samo pojačavaju značajnost strateških polazišta iz PPRS. Navode se ključna polazišta.

- Polazište da se država mora tretirati kao **jedinstven vodoprivredni prostor** dobija na značajnosti u uslovima pogoršavanja režima voda, zbog toga što će postajati sve neophodnije da se raniji parcijalni i prostorno manji vodoprivredni sistemi povezuju u sisteme višeg reda, sa prevođenjem vode iz sliva u sliv i na sve veća rastojanja, bez obzira na administrativne granice unutar države.

- Još veću svrsishodnost dobija strategija razvoja integralnih vodoprivrednih sistema u okviru **dve klase sistema** – (a) 18 regionalnih sistema za obezbeđivanje vode za naselja, i (b) 11 rečnih sistema za korišćenje, uređenje i zaštitu voda. To je jedini način ostvarivanja maksimalne racionalizacije korišćenja voda i najbolji okvir za uspešne mere zaštite voda i zaštite od voda.

- Posebnu važnost dobija strateško polazište da se najpre do optimalnih mogućnosti **iskoriste lokalna izvorišta**, a da se samo nedostajuće količine vode dovode iz regionalnih sistema. Još veći značaj dobijaju mere zaštite svih izvorišta, od lokalnih do izvorišta regionalnih sistema.

- Imajući u vidu vrlo nepovoljne procese smanjenja obnavljanja podzemnih voda, postaje još važniji princip iz PPRS da se **kvalitetne podzemne vode** smeju da koriste samo za snabdevanje vodom naselja i industrija koje zahtevaju vodu kvaliteta vode za piće.

- **Akumulacije** svih stepena regulisanja, posebno onih sa mogućnostima godišnjeg regulisanja protoka, koje su i u sadašnjim okolnostima nezamenljivi objekti za upravljanje vodama, dobijaju mnogo veći značaj u uslovima pogoršavanja režima padavina i protoka. Pored funkcija obezbeđenja pouzdanog snabdevanja korisnika, one moraju da obave još dve funkcije: ublažavanje poplavnih talasa i povećanje protoka u malovodnim periodima (oplemenjavanje malih voda). Pošto prostora za realizaciju akumulacija nema dovoljno, posedno onih koje omogućavaju godišnje regulisanje, apsolutni prioritet ima zaštita tih prostora koji su u PPRS rezervisani za tu svrhu.

- Kvantitativna ograničenja eksploatacije vodnih resursa.
 - a) Iz vodotoka: pri formiranju akumulacija i pri zahvatanju voda iz reka mora se u vodotoku ostaviti protok koji je jednak ili veći od **ekološkog protoka**, koji se određuje za svaku deonicu vodotoka prema metodologiji koja će biti propisana posebnim pravilnikom, na nivou uredbe. Akumulacije za regulisanje protoka ovde imaju izuzetno povoljan efekat u vidu povećanja malih voda namenskim ispuštanjem voda. Gde god je to moguće ispuštanje ekološkog protoka treba ostvarivati preko selektivnog vodozahvata, kako bi se taj protok ispuštao iz temperaturnog sloja akumulacije koji je najpogodniji za nizvodne biocenozne.
 - b) Za podzemne vode: eksploatacija se može obavljati samo na način da se ne ugrozi *dobar kvantitativni status* vodnih tela podzemnih voda.

- U ravničarskim reonima na severu, u kojima su najkvalitetniji zemljišni resursi i kojima se moraju se koristiti tranzitne vode, razvijace se sve složeniji **višenamenski kanalski sistemi**. Najveći od tih sistema, HS Dunav-Tisa-Dunav i HS Severna Bačka, imaju prioritet u obnavljanju, završavanju i održavanju. U uslovima klimatskih promena svi kanalski sistemi dobijaju na značaju, a njihova višenamenska uloga u upravljanju vodama postaje još izraženija. Na HS DTD pored obnove potrebno je da se poveća protočnost – kapacitet kanala i zahvatnih građevina, kako bi se stvorili uslovi za povećavanje njegove efektivnosti u periodima odbrane od poplava i stvorili uslovi za razvoj mreža kanala nižeg reda potrebnih za navodnjavanje.

- Za **tehnološke potrebe** (industrija, energetika) voda se zahvata iz vodotoka (osim za one industrije koje se snabdevaju vodom iz sistema vodosnabdevanja naselja) uz zahtev da se poštuju zahtevi regulative o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađenja. Ne dozvoljava se izgradnja novih postrojenja sa protočnim hlađenjem, već se mogu koristiti samo zatvoreni recirkulacioni rashladni sistemi.

Uticaj klimatskih i hidroloških promena na sektor voda potrebno je razmatrati ne samo globalno, već po pojedinim granama korišćenja, zaštite voda i zaštite od voda.

4.2. Regionalni sistemi za snabdevanje vodom naselja

Uticaj pogoršanja hidroloških procesa u oblasti površinskih i podzemnih voda na izvorišta, a time i na čitav kompleks snabdevanja vodom naselja i onih industrija kojima je neophodna voda kvaliteta vode za piće mora se razmatrati kroz prizmu zakonitosti procesa razvoja vodovodnih sistema.

Razvoj svih vodovoda zasnivao se na logičnom principu 'od lokalnog - ka većem, regionalnijem'. Vodovodi naselja su se najpre oslanjala na najbliža izvorišta, najčešće podzemnih voda. Dalji razvoj se odvijao uvek na isti način: ta izvorišta su ubrzo postajala prevaziđena po svojim kapacitetima, pa je sa porastom konzuma angažovan sve veći broj novih izvorišta, na sve većim rastojanjima. Na sve granatiju vodovodnu mrežu su se priključivala i brojna manja naselja i sela u okruženju ili na dovodnim pravcima, tako da se u tom traganju za dovoljnim količinama vode postepeno stvarao i sve više širio oko nekog većeg grada grupni vodovodni sistem. Prateći taj proces širenja vodovodne mreže i povećanja broja izvorišta rasla je i potreba da sistem bude što pouzdaniji, bez većih redukcija u snabdevanju čak i u kriznim malovodnim situacijama. Gradovi koji su se naslanjali samo na jedno izvorište, posebno ako je ono bilo zasnovano na bunarima u aluvionima kraj reke, imali su sve veće teškoće u snabdevanju, bez obzira na stalno povećanje broja bunara, jer je u malovodnim periodima bilo drastično smanjeno prihranjivanje iz reke. To je nametalo traženje pouzdanijih rešenja, sa oslanjanjem i na površinske vode. Pošto je zahvatanje vode neposredno iz prirodnih vodotoka dosta ranjivo (u periodima velikih voda u vodi je velika koncentracija nanosa koja jako otažava rad postrojenja za prečišćavanje voda (PPV), a u malovodnim periodima vode nema dovoljno ni za ekosisteme), kao jedino prihvatljiva opcija nametalo se rešenja da se problem pouzdanog izvorišta reši izgradnjom akumulacije. Tipičan primer je vodovodni sistem Vranja koji se najpre oslanjao na bunare u aluvionu kraj Južne Morave, zatim na vodozahvat na Vranjskobanjskoj reci, da bi se konačno vrlo pouzdano zaokružio akumulacijom Prvonek. Sličnu dinamiku razvoja vodovoda imali su i mnogi veći gradovi (Kragujevac, Leskovac, Krušavac, Zaječar, Aleksinac, Užice, Valjevo, Priboj, Čačak, Požega, Arandelovac i drugi), ali i Beograd, koji je pored uspešnog korišćenja podzemnih voda iz savskog aluviona na kraju zbog povećavanja pouzdanosti bio prinuđen da pređe na Savsko jezero, koje je svojevrsna akumulacija. Tek je nakon te dopune izvorišta, sa postrojenjima Makiš 1 i 2, uz zadržavanje u funkciji svih bunara, bila je omogućena realizacija Savsko-beogradskog regionalnog sistema, koji će magistralnim cevovodom do Mladenovca na pouzdan način obezbediti jedno veliko područje Šumadije, koje je veoma oskudno vodom.

U naporu da se pouzdanim snabdevanjem vodom obuhvate čitava područja, sa seoskim naseljima koja su najčešće imala vrlo nepouzdan sistem i po količini i po kvalitetu, taj problem je rešavan i rešavaće se

postepenim spajanjem više grupnih sistema u regionalne sisteme ili podsisteme. Strateško polazište je da se zadržavaju sva dotadašnja izvorišta dobrog kvaliteta, a da se iz velikih izvorišta regionalnog značaja dovode samo nedostajuće količine vode. Lokalna izvorišta koja su zbog visokih troškova eksploatacije isključivana iz eksploatacije moraju i dalje da budu zaštićena - kao rezervna izvorišta za slučaj nekih vanrednih događaja ili havarija.

U Srbiji je planiran razvoj 18 regionalnih sistema za snabdevanje vodom naselja i industrija koje zahtevaju vodu najvišeg kvaliteta. Oni su sistematizovano prikazani u članku u našem časopisu (Đorđević, 2002) i neće se ovde ponavljati. Tretirani na isti način, sa istim okvirnim obuhvatom i konfiguracijama, ti regionalni sistemi su uneti u Prostorne planove Republike Srbije 1996, 2010 i 2020. To pokazuje da postoji kontinuitet u strategiji snabdevanja vodom, što je karakteristično upravo za situacije kada se razvoj snabdevanja vodom planira u uslovima oskudnih resursa i kada se rešenje mora da traži u korišćenju brojnih izvorišta i u postupnom povezivanju magistralnim cevovodima manjih podsistema u sve veće celine – funkcionalnije i pouzdanije. Neki od delova tih podsistema nisu još povezani u sisteme višeg reda, ali se ta koncepcija njihove postepene agregacije / ukрупnjavanja zadržava, jer je to u skladu sa zahtevima pouzdanosti i funkcionalnosti. Postavlja se pitanje kako će se klimatske promene odražavati na razvoj nekih od tih regionalnih sistema.

Gornje-južnomoravski regionalni sistem ima dva podsistema (PS): Vranjsko-pčinjski i PS Vlasinsko jezero. Zbog klimatskih i hidroloških promena podsistemi će raditi u sve napregnutijim uslovima, jer se u tom gornjem delu sliva Južne Morave očekuju najveća smanjivanja površinskih i podzemnih voda, a značajno se pogoršava i raspodela protoka tokom godine. Obnavljanje podzemnih voda u letnjem i jesenjem periodu smanjuje se čak za 40-65%, a po nepovoljnijem scenariju i za 75%. Pošto se očekuje tako značajno smanjenje kapaciteta izvorišta podzemnih voda, raste značaj akumulacija – one postaju nezamenljive. U Vranjsko-pčinjskom PS pored dragocene akumulacije Prvonek, u nekom nedefinisanoj vremenskoj preseku u budućnosti biće potrebna i akumulacija Prohor na Pčinji. U Vlasinskom podsystemu akumulacija Vlasina dobija na sve većem značaju i kao izvorište vode, tako da će se toj ulozi prilagođavati i dinamika rada hidroenergetskog sistema.

Donje-južnomoravski regionalni sistem ima istu vrlo nepovoljnu tendenciju intenzivnog smanjivanja

kapaciteta izvorišta podzemnih voda, kao i smanjivanje prosečnih protoka i pogoršanje neravnomernosti površinskih voda. U svih njegovih pet podsisteme akumulacije dobijaju na još većoj značajnosti. Akumulacije Selova, koju treba što hitnije staviti u funkciju, postaću ključni objekat za povećanje pouzdanosti u snabdevanju dva podsistema: Topličkog i Nišavskog. Zbog očekivanog značajnog smanjenja kapaciteta izvora (karstnih vrela) iz kojih se snabdeva Niš i ograničenja koja ima izvorište 'Medijana', biće neophodno da se Toplički i Niški podsystem povežu, kako bi se voda iz akumulacije Selova mogla da se uvodi u Niš u kriznim malovodnim periodima. U Vlasinskom PS biće neophodna nova akumulacija Svođe na Vlasini, koja je jedini objekat koji može da izvrši godišnje regulisanje protoka u tom delu Srbije. U Jablaničkom PS pored postojećih akumulacija Barje i Brestovac biće nužna i akumulacija Ključ na Šumanci, te treba što pre prostor neophodan za njen razvoj zaštititi izradom i usvajanjem Prostornog plana prostora posebne namene (PPPPN) za tu akumulaciju. Akumulacija Bovan je nezamenljivo izvorište za Moravički PS, te su najurgentnije mere zaštite te akumulacije od sadašnjih procesa nekontrolisanog zagađivanja.

Zapadnomoravski-uvački regionalni sistem u izmenjenim klimatskim uslovima dobija posebno na značaju u vodoprivrednom prostoru Srbije. Podsystem Rzav, sa akumulacijom Svračkovo je nezamenljivo izvorište za naselja na pravcu Arilje, Požega, Lučani, Čačak, Gornji Milanovac. Tokom vremena biće potrebne i akumulacije na Skrapežu i Nošnici. U PS Zapadne Morave nezamenljive su akumulacije Vruci na Đetinji i Zlatibor na Crnom Rzavu, pa je prvorazredan zadatak da se one zaštite od sadašnjih nepovoljnih procesa zagađivanja i eutrofikacije. Podsystem Uvac sa akumulacijama Uvac, Kokin Brod i Radoinja u novim klimatskim uslovima dobija na značaju i to postaje jedno o najvažnijih izvorišta za stvaranje strateških rezervi vode Srbije za krizne malovodne periode. Postoje vrlo povoljne mogućnosti da se iz akumulacije Radoinja ili Kokin Brod viškovi vode prevedu tunelom od oko 14 km u sliv Velikog Rzava, i da se na toj reci u profilu Orlovača sagradi akumulacija Velika Orlovača, koja bi imala zapreminu od oko $700 \times 10^6 \text{ m}^3$. Na taj način bi se stvorila strateška rezerva vode najvišeg klaviteta, koja bi se u kriznim malovodnim situacijama usmeravala pravcem Veliki Rzav – Moravica – Zapadna Morava – Velika Morava, prema najvećim konzumnim, a najmalovodnijim područjima Centralne Srbije.

Ibarsko-šumadijski regionalni sistem radiće u sve nepovoljnijim, napregnutijim uslovima. Šumadijski PS se oslanja na akumulacije Gruža, kao i podzemne vode u aluvionima Zapadne i Velike Morave. Akumulacija Gruža je izložena velikim efluentnim zagađenjima zbog neobavljene sanitacije sliva, pa bi zbog bezbednosti trebalo da bude zamenjena dovođenjem vode u Šumadiju iz sliva Ibra, iz objekata u slivovima Lopatnice i Studenice. Podsystem Raške već sada radi u najnapregnutijem režimu i sa rizicima od pogoršanja kvaliteta vode nedovoljno zaštićenog Vrela Raške. Zbog toga što pre izradom PPPPN treba staviti pod zaštitu prostore za građenje akumulacija Vučinić i Bela Voda na Ljudskoj reci. Poseban značaj i najviši prioritet ima planiranje HS Gornji Ibar – Raška, sa akumulacijama Ribariće na Gornjem Ibru, uzvodno od uspora akumulaciji Gazivode i akumulacijom Berakovo na reci Jošanici (pritoka reke Raška), kojim će se u periodima velikih voda gravitacijom iz Ibra dovesti voda u akumulaciju Berakovo, čime ta akumulacija postaje jedna od strateški najvažnijih akumulacija Srbije.

Rasinsko-pomoravski regionalni sistem u novim uslovima zahtevaće proširenje. Sadašnji grupni vodovodni sistemi u široj zoni obuhvata (Paljevski vodovod Brusa, vodovodi Paraćina i Čuprije - izvorišta Sveta Petka i moravski aluvioni, Varvarina - izvorišta u slivu Kaleničke reke), postaću funkcionalni subsistemi ovog regionalnog sistema. Njima se iz regionalnog sistema dodaju samo nedostajuće količine vode, kao i voda potrebna za proširenje konzumnog područja, prevashodno grananjem sistema prema selima u brdovitom zaleđu. Pošto se očekuje smanjenje kapaciteta podzemnih voda, pored akumulacije Čelije na Rasini sistem treba proširiti i sa akumulacijom Zabrege na Crnici.

Timočki regionalni sistem ima dva podsistema: PS Crni Timok (vode karstnih vrela Mrljuš, Zlot, Surdup i dugih) i PS Beli Timok, sa akumulacijom Grlšte i vrelom Sinji Vir. Oba podsistema i sada rade u veoma napregnutim uslovima u malovodnim periodima, a stanje će se pogoršavati u novim uslovima, jer se u tom delu Srbije očekuju značajno pogoršanja vodnih režima, posebno zbog povećanja neravnomernosti protoka tokom godine. Zato će pored postojeće akumulacije Grlšte biti neophodne sledeće mere: izgradnja akumulacija Bogovina na Crnom Timoku, Žukovac na Žukovačkoj reci i Okolište na Svrliškom Timoku, kao i povezivanje Zaječarskog i Knjaževačkog subsistema u funkcionalnu celinu, kako bi se na optimalan način moglo da upravlja površinskim vodama u akumulacijama, i podzemnim vodama, čiji će se

kapaciteti smanjivati u sve dužim malovodnim periodima.

Moravsko-mlavski regionalni sistem sada koristi isključivo izvorišta podzemnih voda, od kojih su dva veća: Šalinac i Godomin. Zbog pogoršavanja kvaliteta neki vodovodi (Požarevački grupni sistem) spadaju u red najnepouzdanijih vodovoda Srbije, posebno u kriznim malovodnim periodima. Zbog toga u regionalnom sistemu Mlava – Morava dobijaju na značaju planirane akumulacije na Mlavi (Gradac i Vitman), koje se mogu odlično uklopiti u okruženje. U Kučevskom podsystemu biće neophodna akumulacija na Bukovskoj reci i zato treba pripremati dokumentaciju za PPPPN, kako bi se taj prostor sačuvao za tu namenu.

Kolubarski regionalni sistem će se i dalje naslanjati na lokalna izvorišta podzemnih voda, a zahtevanu visoku pouzdanost tom regionalnom sistemu daje akumulacija Stuborovni na Jablanici, koja je po svojim performansama (mogućnost višegodišnjeg regulisanja) jedno od najznačajnijih izvorišta Srbije. Iz magistralnog cevovoda Kolubarskog sisteme u rezervoare vodovoda naselja uvode se samo nedostajuće količine vode, uz optimalno korišćenje lokalnih izvorišta podzemnih voda. Na taj način vodom će se pouzdano snabdevati pet opština: Valjevo, Mionica, Ub, Lajkovac i Lazarevac. Zbog obaranja kota podzemnih voda drenažnim sistemima površinskih kopova, ali i zbog smanjenja prihranjivanja, u mnogim seoskim naseljima neće biti moguće snabdevanje iz bunara, već će se morati da priključe na Kolubarski regionalni sistem.

Savsko-beogradski regionalni sistem će se i dalje oslanjati na dosadašnja izvorišta podzemnih voda, i na površinske vode iz Savskog jezera preko PPV Makiš 1 i 2. Očekuje se izvesno smanjivanje udela podzemnih voda zbog procesa sve ubrzanijeg kolmiranja bunara, ali i zbog opasnosti od zagađivanja akvifera u aluvionu zbog nepoštovanja zaštite čak i u neposrednoj I zoni zaštite izvorišta, jer su kuće za odmor nelegalno izgrađene neposredno uz bunare, neke bukvalno na drenovima reni bunara, tako da se otpadne vode slivaju u akvifer površinski ili preko upojnih bunara. Zbog toga je uspostavljanje režima zaštite izvorišta koji propisuje odgovarajuća uredba (Sl.glasnik 92/08) mera sa najvećim prioritetom i ne sme se odlagati. Treba ubrzati i realizaciju magistralnog cevovoda PPV Makiš – Mladenovac, jer se ubrzano pogoršavaju uslovi u lokalnim vodovodima naselja koja treba da se povežu na tu glavnu prenosnu granu Savsko-beogradskog regionalnog sistema.

Šest regionalnih sistema u ravničarskim delovima zemlje su sada oslonjeni isključivo na podzemne vode. To su: • Naselja u Mačvanskom regionalnom sistemu oslanjaju se na podzemne vode Mačve, Podrinja i Posavine. U toj zoni se ne očekuje značajnije smanjivanje intenziteta obnavljanja podzemnih voda, pa se sa tim resursima računa sa nesmanjenim kapacitetima. Ukoliko dođe do realizacije Sistema Donje Drine, koji predviđa formiranje kontinuirane kaskade u koritu za veliku vodu donjeg toka Drine, to će se pozitivno odraziti na obnavljanje podzemnih voda u navedenim izvoristima. • Južnobanatski regionalni sistem snabdeva se iz podzemnih voda iz aluviona Podunavlja, a samo delom iz osnovnog vodonosnog sloja (OVS). Korišćenjem izvorišta Kovin – Dubovac i povezivanjem sadašnjih grupnih vodovodnih sistema u regionalni sistem procenjuje se da se može ostvariti samodovoljnost u snabdevanju vodom u tom regionalnom sistemu. Postoji mogućnost da se u cilju povećanja pouzdanosti taj sistem poveže i sa sistemom Mlava – Morava, sa izvorištima na desnoj obali Dunava, ali uz dopunu iz akumulacija na Mlavi. • Sremski regionalni sistem, oslonjen na izvorišta podzemnih voda savskog i drinskog aluviona (Jarak - Grabovac) može da ostvari samodovoljnost, a zbog pouzdanosti se kasnije može povezivati sa Mačvanskim regionalnim sistemom, preko Bogatića ka Sremskoj Motrovici i Rumi. • Novosadski regionalni sistem je oslonjen na podzemne vode, a u slučaju potrebe radi pouzdanosti se može kasnije povezivati sa susednim Sremskim i Bačkim regionalnim sistemom. • Bački regionalni sistem sada je na nivou grupnih sistema, kojima tek predstoji proces postepenog povezivanja u veće i pouzdanije celine. To je područje koje i sada ima sve veće teškoće u snabdevanju vodom. Pošto će korišćenje OVS vremenom postajati sve nepouzdanije, ocenjuje se da će u nekom periodu biti neophodno prečišćavanje i korišćenje u vode iz Dunava. • Regionalni sistem Gornje Potisje je sada na nivou većih grupnih sistema gradova (Subotica, Novi Knježevac, Senta, Kikinda, itd.). Ta zona je i sada veoma ugrožena i u njoj se izvorišta u OVS nalaze i stanju nadeksploatacije, te se voda iz OVS sme koristiti samo za naselja. U tom području može se očekivati i potreba korišćenja prečišćene rečne vode.

Na Kosovu i Metohiji hidrografsko-hidrološke i socijalno-privredne okolnosti su takve da se kao logične celine izdvajaju tri regionalna sistema: Metohijski, Prišinsko-mitrovački i Južnokosovski-binački. • Metohijski regionalni sistem ima tri podsistema: PS Peć-Istok-Klina koji koristi podzemne vode, ali koji će morati da se proširi angažovanjem i izvorišta sa

akumulacijom Mova-Klina; PS Radonjić koji se oslanja na istoimenu akumulaciju na r. Prue i PS Južna Metohija. U okviru Metohijskog sistema postoje pogodni uslovi za realizaciju akumulacija na Klini, Drenici, Lepencu, kao i zahvatanje dela voda sa Šare, radi prebacivanja prema vodom vrlo oskudnom Kosovu. • Prišinsko-mitrovački regionalni sistem sada se oslanja na akumulacije Gračanska i Batlava na istoimenim rekama i Gazivode na Ibru, iz koje se voda preko kompenzacionog bazena Pridvorica uvodi u HS Ibar. To je vodom veoma deficitarno područje i neophodno je da se u njega dovedu vode iz sliva Belog Drima, pre svega iz akumulacija Mova i Dobroševac. U okviru Vodoprivredne osnove Srbije i Prostornog plana Srbije predviđeno je da se tim prevođenjem smanji zahvatanje vode iz akumulacije Gazivode, kako bi se ona usmerila prirodnim tokom prema vodom vrlo deficitarnim područjima Centralne Srbije. • Južnokosovski-binački regionalni sistem: pored podzemnih voda, koje će se, kako je već navedeno, damatično smanjivati, biće neophodno da se realizuju i akumulacije Kremenata na Kosovskoj Kamenici i Binač na Golemoj reci. U uslovima klimatskih promena ima još veće opravdanje strategija sa postepenim formiranjem tri regionalna sistema na Kosovu i Metohiji, sa prebacivanjem dela vode iz vodom bogatijeg sliva Belog Druma prema severu, prema slivu Sitnice. U tom kontekstu nove navedene akumulacije u slivovima Belog Drima i Lepenca postaju još neophodnije.

4.3. Razvoj rečnih sistema za korišćenje, uređenje i zaštitu voda

Druga klasa sistema - rečni sistemi za korišćenje, uređenje i zaštitu voda – dobijaju posebno na značaju, jer je to najracionalniji način da se u uslovima pogoršanja klimatskih i hidroloških procesa, u značajno otežanim resursnim okolnostima, integralnim vodoprivrednim sistemima istovremeno ostvare ciljevi korišćenja i zaštite voda i zaštite od poplava. Rečni sistemi se već decenijama formiraju na nivou slivova, osim u slučaju tokova Dunava i Save, koji se zbog svoje svekolike značajnosti izdvajaju kao posebna planska i upravljačka celina. Već su formirane osnovne konfiguracije jedanaest rečnih sistema za korišćenje, uređenje i zaštitu voda. Rečne sisteme čine svi objekti za uređenje voda i zaštitu od poplava (nasipi i prateći sistemi za odvođenje unutrašnjih voda iz branjenih kaset), akumulacije, hidroelektrane, retenzije za ublažavanje velikih voda, kanalski sistemi sa upravljačkim i sigurnosnim ustavama, postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, zahvati vode za razne tehnološke potrebe i navodnjavanje, svi objekti

plovidbene infrastrukture koji su sastavni deo integralnih sistema, itd. U funkcionalnom i upravljačkom pogledu se izdvajaju rečni sistemi, sa ključnim višenamenskom objektima – postojećim i planiranim - prikazani u tabeli 4.

U rečnim sistemima realizuju se objekti i mere koji obezbeđuju njihovo višenamensko delovanje. Tamo gde

postoje uslovi najvažniji objekti su akumulacije, a u ravničarskim delovima razvijaju se sistemi kanala koji omogućavaju upravljanje vodnim režimima (HS DTD, HS Severna Bačka, HS Nadela, itd.). U tabeli 4 dati su osnovni podaci o planiranim akumulacijama i hidrosistemima prvog nivoa značaja.

Tabela 4. Rečni sistemi za uređenje, korišćenje i zaštitu voda

Rečni sistemi	Ključne postojeće akumulacije i objekti	Ključne nove akumulacije, objekti i mere
Južnomoravski	Vlasina - HE Vrla 1-4, Zavoj, Prvonek, Barje, Selova, Bovan, Brestovac, Bresnica	Svođe, Končulj, Vlasina: povećanje uspora, kaskada MHE na Nišavi, PPOV u gradovima
Zapadnomoravski	Gazivode, Gruža, Čelije, Vruci, Batlava, Međuvršje; Svračkovo (u izgradnji)	Ribariće + Barakovo, Ibarska kaskada, Roge, Velika Orlovača, Skrapež, Studenica, Lopatnica, Nošnica, dovod iz Uvca u Veliki Ržav i akumulaciju Velika Orlovača,
Velika Morava	Regulacija korita, 22 zaštitne kasete	Moravska kaskada HE + integralno uređenje doline, PPOV u svim naseljima u dolini
Kolubarski	Stubo-Rovni, Paljuvi Viš (konačna faza), regulacije reka	Izmeštanja Kolubare, Kladnice, Peštera, PPOV u naseljima
Drina sa Limom i Uvcem	Bajina Bašta, Zaovine, Zvornik, Uvac, Kokin Brod, Radoinja, Potpeć,	Sistemi: Srednja i Donja Drina, RHE Bistrica 2 + akumul. Klak na mestu Radoinje, Limska kaskada, veza sistema na Uvcu sa Velikim Ržavom ka akumulaciji Velika Orlovača
Timočki	Grlišće, Borsko jezero	Bogovina, Okolište, Žukovac, PPOV u svim naseljima
Tokovi Dunava i Save u Srbiji	HE Đerdap 1 i 2, uređenje toka i priobalja + zaštitni sistemi	Povećanje snaga HE, dodatna zaštita priobalja, uređenje plovnog puta na Savi
Banatski	Banatski HS DTD, HS Nadela, Brana na Tisi, regulacije	Povećanje protočnosti HS DTD, MHE uz ustave, regulacije, PPOV naselja i industrije
Bački	Bački HS DTD, HS Severna Bačka, PPOV	Obnova + povećanje protočnosti HS DTD, HE Severna Bačka, PPOV
Sremski	Kanali: Galovica i drugi, male akumulacije na Fruškoj Gori.	Revitalizacija akumulacija na Fruškoj gori i kanala, PPOV naselja
Beli Drim i Lepenac	Radonjić - Prue, melioracioni sistemi	Akumulacije na Klini, Drenici, Lepencu + vode Šare, prebacivanje dela vode iz Metohije prema vodom vrlo oskudnom Kosovu

Dosadašnja iskustva sa veoma neravnomernim i neuređenim vodnim režimima pokazuju da su sve planirane akumulacije u tim sistemima neophodne, te ih treba zadržati i u budućim rešenjima. Srbija nema dovoljno prostora pogodnih za realizaciju akumulacija, te je potrebno planski sačuvati prostore za njihovu realizaciju. Treba uraditi studije sistema, a odmah zatim i generalne projekte i studije opravdanosti, studije uticaja na okruženje, kao i prostorne planove prostora

posebnih namena (PPPPN), kako bi se potpuno determinisali ti objekti u prostoru i definisali uslovi za njihovu realizaciju. Time bi se postiglo da svi drugi sistemi te uslove imaju kao jasno uputstvo i ograničenje, tako da svoj razvoj mogu da usaglase sa činjenicom o tačnom položaju akumulacije i zonama zaštite kojima je ona okružena kao izvoriste vodosnabdevanja. To isto važi i za sva velika izvorišta podzemnih voda.

U Vojvodini nerazdvojni deo rečnih sistema su HS DTD, kao i HS Severna Bačka. Zbog neadekvatnog / redukovanog održavanja kanala i objekata, kao i zbog zloupotrebljavanja tog sistema za evakuaciju (bez prečišćavanja) otpadnih voda naselja i industrija (što nije bilo predviđeno projektom), HS DTD treba da bude što pre revitalizovan. Povećavanjem protočnosti tog sistema (urađena je dokumentacija o tome) mogu se značajno poboljšati njegove proizvodne i zaštitne performanse. Urađene analize pokazuju da se veći broj hidročvorova sa ustavama može uspešno iskoristiti i za realizaciju MHE. HS Severna Bačka sa više manjih akumulacija i mrežom magistralnih kanala i pumpnih stanica, za dovođenje vode u vodom najdeficitarnije područje Srbije - Severnu Bačku, delom je izgrađen, a njegovo završavanje ima visok prioritet. On treba da

zaštiti i ekosisteme Palića i Ludoškog jezera dovođenjem vode u te akvatorije, uz odgovarajuće mere prečišćavanje otpadnih voda naselja i industrija koje ka njima gravitiraju.

Prostornim planovima Republike Srbije (1996, 2010), kao i Planom koji je u izradi, navedene su 36 lokacije za planirane akumulacije prvog nivoa značaja, one za koje se smatra da će biti neophodne, i koje se moraju zaštititi, i za njih su dati okvirni ključni pokazatelji i namene. Od tih lokacija ovde se izdvaja njih 19 (tabela 5) za koje bi trebalo pripremati dokumentaciju do nivoa Generalnog projekta, kako bi se omogućilo da se za njih urade i usvoje PPPPN, kojim bi se planski rezervisao prostor za njihovo građenje i sprečila devastacija tog prostora gradnjom drugih objekata koji se mogu graditi na dugim mestima.

Tabela 5. Planirane akumulacije prvog nivoa značajnosti

Br.	Akumulacija	Reka	Naselje	V _{max} (10 ⁶) m ³	KNU (mnm)	Namena
1	Svođe	Vlasina	Crna Trava	80	400	V,I,E,N,P,O,R,T
2	Ključ	Šumanka	Lebane	21	495	V,P,O,R,T,E
3	Svračkovo ¹⁾	Veliki Rzav	Arilje	27	418,2/421	V,E,O,R,T
4	Roge	Veliki Rzav	Arilje	162	512,5	V,I,E,N,P,O,R,T
5	Orlovača - Velika ²⁾	Veliki Rzav	Arilje	770	690	V,I,E,N,P,O,R,T
6	Rokci	Nošnica	Ivanjica	83	640	V,I,E,N,P,O,R,T
7	Ribarići ³⁾	Ibar	Tutin	51	780	E,P,O,R,T
8	Barakovo ³⁾	Jošanica, Raška	Novi Pazar	57	695	V,E,I,P,O,R,T,
9	Vučiniće	Ljudska reka	Novi Pazar	45	667	V,I,E,P,O,R,T
10	Bela Voda	Ljudska reka	Sjenica	60	880	V, O, E, R, T
11	Preprana ⁴⁾	Studenica	Ivanjica		665	V,E,P,O,R,T
12	Bela Stena	Lopatnica	Kraljevo	65	460	V,E,P,O,R,T
13	Vitman + Gradac	Mlava	Petrovac	12,5	203/251	V,E,P,O,R,T
14	Kučevo	Bukovska reka	Kučevo	28	250	V,I,E,O,R,T
15	Okolište	Okoliška r.	Svrljig	15	520	V,E,P,O,R,T
16	Žukovac	Aldinačka r.	Knjaževac	17	330	V, E, P,O,R,T
17	Bogovina	Crni Timok	Boljevac	47,5	266	V, I, P, O, R,T,E
18	Brodarevo 1 i 2 ⁵⁾	Lim	Brodarevo	Major	korito	E, R, T
19	Klak ⁶⁾	Uvac	Nova Varoš	30	815	E, O, R, T

Legenda: V - snabdevanje vodom stanovništva, I - snabdevanje industije, E - energetika, N - navodnjavanje, P - zaštita od poplava, O - oplemenjavanje malih voda, R - ribarstvo, T – održivi turizam (strogo u skladu sa inoviranim zakonom i pravilnicima o zaštiti voda).

¹⁾ Brana u izgradnji, ²⁾ Izuzetno važna čeonu akumulacija za obezbeđivanje strateške rezerve vode za Centralni deo Srbije; ³⁾ Akumulacije na Gornjem Ibru i Jošanici (Raška), koje zajedno čine HS Gornji Ibar – Raška, ⁴⁾ Rezervisan prostor, do usvajanja rešenja koncepcije korišćenja voda reke Studenice; ⁵⁾ Uzvodno od Brodareva sa usporom koje se zadržava u koritu za veliku vodu do granice sa Crnom Gorom planirane su dve stepenice odlično uklopljene okruženje,

⁶⁾ Brana i akumulacija u okviru RHE Bistrica.

Ukoliko se prave prioriteta u ovom već suženom spisku objekata najviše značajnosti, poseban strateški prioritet ima što hitnija izrada dokumentacije za izradu PPPN za sledeće objekte: HS Gornji Ibar – Raška, sa akumulacijama Ribarići i Barakovo, Orlovača – Velika na Velikom Rzavu, Bogovina na Crnom Timoku, Svođe na Vlasini, Vučiniće i Bela Voda na Ljudskoj reci. To su objekti kojima se obezbeđuju strateški važne akumulacije na prostorima koje treba što pre normativno zaštititi za tu namenu.

4.4. Uticaj na sisteme zaštite od poplava

U tački 3.2 istaknuto je da je jedna od veoma nepovoljnih posledica klimatskih promena - pogoršavanje režima velikih voda. U uslovima pogoršavanja vodnih režima, raste značaj i svih hidrotehničkih mera zaštite (pasivnih i aktivnih), kao i neinvesticionih mera. Pri tome se kao osnovna jedinica za planiranje zaštite od poplava definiše zaštićena kaseta. Stepen zaštite se definiše za svaku kasetu, zavisno od vrednosti i osetljivosti sadržaja koji se u njima štite. Prema prostornom planu Srbije, do izrade i usvajanja karata zona rizika (u skladu sa Direktivom EU o poplavama) okvirni stepeni zaštite su sledeći: • poljoprivredne površine van melioracionih područja štite se od 20-godišnje velike vode (u nekim slučajevima intenzivne proizvodnje i od 50-godišnje vode); • naselja do 20.000 stanovnika i srednje značajne industrijske zone se štite od 50-godišnje vode građevinskim objektima (nasipi i sl.), a sa dopunskim sistemima (mobilni sistemi i dr.) mogu se braniti od 100-godišnjih velikih voda; • naselja od 20.000 do 50.000 stanovnika i značajne industrijske zone se štite od 100-godišnje vode građevinskim objektima (nasipi i sl.), a sa dopunskim sistemima (mobilni sistemi i dr.) mogu se braniti od 500-godišnjih velikih voda; • gradovi veći od 50.000 stanovnika se štite od 100-godišnje vode građevinskim objektima (nasipi i sl.), a sa dopunskim sistemima (mobilni sistemi i dr.) mogu se braniti i od 1000-godišnjih velikih voda; • priobalja duž velikih reka štite se od 100-godišnjih velikih voda građevinskim objektima (nasipima); • od 500-godišnjih velikih voda štite se privredni sistemi višeg nivoa značajnosti, čije bi plavljenje izazvalo poremećaj velikih razmera u proizvodnom lancu. • termoelektrane i bazne industrije se na najužoj lokaciji štite od velikih voda reda verovatnoće 0,1% (1000-godišnji povodanj).

Pasivne mere zaštite ostvaruju linijski sistemi: regulacije reka, nasipi, objekti urbane regulacije u naseljima. Najveći deo tih sistema je projektovan polovinom 60-tih godina, sa hidrološkim nizovima sa

kojima se tada raspolagalo. U međuvremenu je došlo do pogoršanja režima velikih voda zbog regulacionih radova u gornjim delovima slivova, jer su nasipima isključene iz rečnog toka nekadašnje plavne zone i široke inundacije koje su imale pozitivnu ulogu ublažavanja poplavnih talasa. To je dovelo do ubrzanja koncentracije i propagacije talasa i povećavanja njihovih vrhova. Nepovoljno su delovale i klimatske promene pogoršavanjem / povećavanjem intenziteta padavina i smanjenjem udela topljenja snežnog pokrivača koji je ranije imao pozitivnu hidrološku ulogu jer je vremenski 'razvlačio' formiranje oticaja. Zato je potrebno novim hidrološkim analizama **odrediti stvarne stepene zaštite**, naročito u zonama velikih gradova i važnih tehnoloških sistema (otvoreni kopovi, TE, bazne industrije). Na deonicama sa nedovoljnim stepenom zaštite, a u skladu sa procenom rizika ugroženosti i šteta, neophodno je primeniti dodatne mere zaštite. Dodatna zaštita se tradicionalno sprovodi **nadvišavanjem nasipa** u okviru celovitih zaštitnih kaset. Zbog pogoršanja režima velikih voda potrebno je povećati zaštitne visine uz nasipe, tako da od kote merodavne računске vode ($H_{rv,max}$) do krune nasipa (H_{kkn}) ta visina $\Delta h = H_{kkn} - H_{rv,max}$ ne bude manja od $\Delta h \approx 1,5 \div 1,7$ m. Veliki je problem i to što se neki vrlo osetljivi nasipi, koji su dimenzionisani samo za zaštitu od poplava, zloupotrebljavaju kao saobraćajnice, čime se značajno narušava njihova pouzdanost (najlošiji primer je zloupotreba levoobalnog savskog nasipa u Beogradu, koji služi kao vrlo prometna saobraćajnica, čak i za najteži saobraćaj). Imajući u vidu da su mogućnosti za nadvišavanje nasipa često ograničene, treba razmatrati i druge mere zaštite koje obezbeđuju više prostora za velike vode, kao što je produbljavanje i proširivanje rečnih korita, udaljavanje nasipa dalje od reke, snižavanje kote terena u prostoru između nasipa, reaktivacija starih meandara i slično. Takođe su neophodne i mere za poboljšanje propusne moći korita za veliku vodu, kroz uklanjanje prepreka iz rečnih korita (naročito mostova sa nedovoljnim otvorima i masivnih mostovskih stubova), izgradnju bajpasa za viškove voda, itd. U priobalju velikih reka treba pripremiti namenske kasete, kako bi se ograničio obim plavljenja u slučaju proboja nasipa. To je već urađeno duž toka Velike Morave gde je sa obe strane formirano 10 kaseti duž leve obale i 12 kaseti duž desnog priobalja (najčešće su jedinstvena zaštitna celina glavnog moravskog nasipa sa nasipima duž pritoka), kako bi se u slučaju proboja nasipa lokalizovao obim plavljenja samo na tu havarisanu kasetu. Na sličan način, korišćenjem i poprečnih nasipa i nasipa saobraćajnica treba pripremiti priobalje i duž Tise, koja već sada ima vrlo nepovoljne režime velikih voda, koji će se pogoršavati. Na banatskom delu HS DTD

obnovom objekata i osavremenjavanjem upravljanja treba povećati ostvaren stepen zaštite, pošto se očekuju značajna pogoršanja velikih voda banatskih vodotoka koji u Srbiju dospevaju sa Karpata, jer su u Rumuniji sečom šuma narušeni nekadašnji režimi formiranja talasa velikih voda na tim slivovima.

Aktivne mere odbrane od poplava namenskim korišćenjem akumulacija i retenzija, postojaće važniji, neophodniji u uslovima pogoršanja režima velikih voda. Sve akumulacije građene od 60-tih godina dobile su i tu funkciju, i već su stečena pozitivna iskustva. Postoje brojna naselja koja se ne mogu braniti samo linijskim sistemima, već su neophodne i aktivne mere korišćenjem akumulacija (tipični primeri su Leskovac, koga štiti akumulacija Barje i Valjevo, koje je tek sada, sa akumulacijom Stuborovni vrlo pouzdano zaštićeno od plavljenja. Analize koje su rađene pokazuju da se uvođenjem **operativnih matematičkih upravljačkih modela** postojeće akumulacije (čak i ako one nisu bile namenjene za odbranu od poplava) mogu veoma uspešno koristiti za ublažavanje poplavnih talasa. Jedan od važnih preduslova je da kapaciteti organa kojima se omogućava pretpražnjenje akumulacija (instalirani protoci pribranskih HE, prelive sa ustavama, temeljni ispusti) budu dovoljnog kapaciteta da omogućе efikasno pretpražnjenje akumulacije, kako bi se ona, u skladu sa sve boljim i sve operativnijim hidrološkim prognozama, na vreme pripremila za prijem i ublažavanje poplavnog talasa. Primer mogućnosti efikasnog ublažavanja poplavnih talasa primenom upravljačkih matematičkih modela, čak i u slučaju relativno skromnih zapremina akumulacije, prikazana je na primeru akumulacije Bočac na Vrbasu (Đašić, 2019). Zahvaljujući velikoj instaliranosti ispusta iz akumulacije (hidroelektrana, temeljni ispust preliv kontrolisan ustavama) moguće je brzo pretpražnjenje akumulacije i vrlo efikasno smanjivanje vrha poplavnog talasa. Pošto su savremene metode prognoze nailaska velikih padavinskih ciklona postale dosta pouzdane i blagovremene (moguće je upozorenje na nailazak padavina par dana unapred), primenom simulaciono-optimizacionog matematičkog modela može se odrediti koji je režim pretpražnjenja akumulacije najpogodniji, kako bi se talas efikasno ublažio u akumulaciji, na bezbedan način sa gledišta uzvodnih i nizvodnih ograničenja.

Zbog sve većeg zauzeća dolina reka, na značaju dobijaju i mere za kontrolu oticaja i erozije u uzvodnim delovima slivova. Biotehničke mere za sprečavanje erozije i smanjenje oticaja su veoma važne iako daju efekte tek nakon 10-20 godina, zbog čega su nepopularne kod donosioca odluka i političkih predstavnika.

Manje suve i mokre retenzije, realizovane uz uređenje pejzaža, mogu biti atraktivna rešenja u peri-urbanim sredinama jer oplemenjuju prostor i omogućavaju rekreaciju za lokalno stanovništvo.

Značajnu ulogu u borbi sa poplavama i smanjenju šteta od poplava imaju hidrološki **modeli za predviđanje protoka i sistemi za rano upozoravanje na moguće poplave** (Jaćimović, 2015, Dašić, 2016). Hidrološki modeli omogućavaju da se na osnovu meteoroloških prognoza predvide hidrografi oticaja, odnosno protoka na rekama u karakterističnim profilima. Na taj način dobija se izvesna prednost u odnosu na prirodu ('Prednost vučenja upravljačkog poteza pre dešavanja nepovoljnog događaja'). Informacija o mogućem nailasku odgovarajućeg poplavnog talasa dan ili dva pre njegove pojave omogućava da se predvide mere zaštite (pretpražnjenje akumulacije ili neka druga mera). To je posebno važno za male bujične vodotoke, na kojima se poplavni talasi formiraju brzo i traju kratko. Na velikim ravničarskim rekama (Dunav, Sava, Tisa) poplavni talasi se odlikuju sporim porastom nivoa vode i dugim trajanjem poplave, pa su u takvim uslovima mogućnosti za prognozu i sprovođenje mera odbrane veće nego na malim bujičnim vodotocima. Poplavni talasi na tim tranzitnim rekama uglavnom se formiraju van teritorije Srbije. S obzirom da je Srbija zemlja sa preko 91% tranzitnih voda, izuzetno je važna dobra prekogranična saradnja i razmena informacija sa hidrometeorološkim službama zemalja na uzvodnom delu sliva.

Uticaj na sisteme za odvodnjavanje. U Srbiji je neophodno odvodnjavanje više od 2 miliona ha. Postoji oko 390 sistema sa preko 24.000 km kanalske mreže, 210 većih i više desetina manjih crpnih stanica. Sistemi za odvodnjavanje najrazvijeniji su na teritoriji Vojvodine, gde se oko 1,7 miliona ha poljoprivrednih površina štiti takvim sistemima. Na te sisteme klimatske promene će delovati nepovoljno, najvećim delom zbog pogoršavanja režima padavina – zbog povećanja intenziteta jakih kiša. Gustina kanalske mreže se sada kreće oko 7 do 30 m/ha, sa hidromodulima u granicama 0,5-1,5 L/s-ha. Tokom procesa pogoršavanja režima padavina može se očekivati da će biti potrebno da se gustina mreže povećava, a moguće da će biti neophodno da se povećava i veličina hidromodula sa kojima se sistemi projektuju ili rekonstruišu, kako bi se efektivnost delovanja sistema za odvodnjavanje dovela na vrednosti koje su potrebne sa gledišta bezbedne poljoprivredne proizvodnje, bez dužih perioda vodoleže. Povećavaće se potreba da se češće koristi i cevna drenaža. Pošto su sistemi za odvodnjavanje veoma osetljivi sistemi sa gledišta održavanja, kao jedna od

posledica pogoršavanja režima padavina biće potrebna i povećana ulaganja u održavanje tih sistema.

Odvodnjavanje naselja. Kiše sa pojačanim intenzitetom imaju sve nepovoljnije uticaje na kanalizacione sisteme u naseljima. Posebno u onim naseljima koja su sagrađena na slivovima malih vodotoka, čija su korita pokrivena urbanim sadržajima, a tokovi su usmereni u zatvorene kolektore kišne kanalizacije, najčešće nedovoljnog kapaciteta. Vremena formiranja talasa velike vode pri jakim kišama na takvim vodotocima su vrlo kratka, mere se minutima, koeficijenti oticaja su zbog uništavanja zelenih površina sasvim blizu vrednosti $Ko \approx 1$, kišna kanalizacija se vrlo brzo nađe pod pritiskom, tako da se bujični talas od kiše velikog intenziteta teče ulicama i saobraćajnicama i na svim niskim mestima (podvožnjaci, konkavne nivelete ulica) formiraju se neprolazne vodene prepreke (slika 3). Takve poplave dovode i do ljudskih žrtava. U pogoršanim meteorološkim okolnostima u gradovima će sve potrebna biti primena kombinacija mera: (a) povećavanje kapaciteta kolektora kišne kanalizacije na svim kritičnim potezima, (b) rešenja slivnika i šaftova na način da efikasnije prihataju vodu koja teče saobraćajnicama, (c) formiranje namenskih retenzija u vidu parkovskih površina, skladno uklopljenih u urbanu matricu, koje su tako visinski oblikovane da mogu da prihvate i ublaže vrh poplavnog talasa, tako da se na taj način smanji štetno delovanje na nizvodnom delu urbanog područja.



Slika 3. Beograd posle padavina velikog intenziteta, jun 2020.

4.5. Navodnjavanje

Srbija je i ranije mnogo zaostajala u izgradnji sistema za navodnjavanje, a u procesu privatizacije i tranzicije došlo je do velikog nazadovanja, jer su brojni postojeći

sistemi zbog neodržavanja bili uništeni. Od oko 4,2 miliona ha obradivih površina, od kojih ih je 3,6 miliona ha pogodno za navodnjavanje, Srbija bez AP KiM ima oko 1.900.000 ha zemljišta pogodnog za navodnjavanje bez ograničenja. U prošlosti su izgrađeni sistemi za navodnjavanje na samo oko 105.500 ha, što je oko 5,5% od pogodnih površina. Međutim, zbog neodržavanja i nesređenih vlasničkih odnosa u procesu tranzicije veći deo sistema je bio uništen, tako da su se površine sistema koji su u funkciji spustile na samo oko 40% od izgrađenih sistema. Od tih sistema koji su u funkciji najveći deo (oko 75%) je u Banatu i Bački. Prema podacima RZS navodnjavanjem je u poslednje dve godine obuhvaćeno oko 47.000 ha i to su sistemi koji su realno operativni, koji se mogu koristiti. U strukturi navodnjavanih kultura (2018. godine) oko 93,5% su ratarske i povrtarske kulture, dok su samo oko 4,3% savremeni voćnjaci. Iz reka i kanala je zahvatano preko 88% vode, dok se ostale površine navodnjavaju iz podzemnih voda (čak i iz OVS), jezera i akumulacija. Najzastupljenije je navodnjavanje orošavanjem (93,9%), a oko 6% kapanjem (najčešće navodnjavanje savremenih voćnjaka i vinograda). Već davno je prevladalo shvatanje da je proizvodnja povrća i semenskih useva nemoguća bez savremenih sistema za navodnjavanje, a tokom vremena taj stav će se proširivati i na ostale kulture.

U uslovima klimatskih promena, sa povećanjem temperature i smanjenjem padavina u vegetacionom delu godine, vremenom će u malovodnim reonima postajati gotovo nemoguća stabilna proizvodnja bez navodnjavanja. A ako nije stabilna – nije ni isplativa. Postaću neophodno da se pristupi organizovanoj izgradnji novih sistema za navodnjavanje i obnovi ranije izgrađenih. To će otvoriti ključni problem: nedovoljne domaće vode u vegetacionom malovodnom periodu i neophodnost oslanjanja na tranzitne vode, sa svim neizvesnostima koje prati takva iznuđena strategija. Zbog navedenih pogoršanja meteoroloških uslova tokom vegetacionog perioda povećaću se hidromoduli navodnjavanja, tako da će se povećati potrošnja vode upravo u vodom najoskudnijem periodu godine. To je veoma težak problem koji se u centralnom delu Srbije ne može rešiti bez realizacije akumulacija se sezonskim regulisanjem. U tom periodu očekuje se smanjenje protoka u vodotocima, što znači da će sve teže biti obezbediti potrebne količine vode. Pri planiranju integralnih rečnih sistema svakako će dolaziti do izvesnih promena u konfiguraciji delova koji se odnose na navodnjavanje, pre svega sa stanovišta potrebe povećavanja kapaciteta dovodnih kanala i pumpnih stanica. U Vojvodini prioritet ima obnova HS DTD, uz

povećanje protočnosti celog sistema i izgradnja sistema kanala nižeg reda. Prioritetno je i završavanje HS Severna Bačka. Zbog nedostatka vode biće neophodno da se prelazi na najracionalnije metoda navodnjavanja, tako da će se metoda 'kap po kap' koristiti svuda gde je to tehnološki moguće. Svi postojeći sistemi su u ranijim periodima nedovoljno održavani, tako da su potrebne mere dodatnog tekućeg i investicionog održavanja, kako bi se ti sistemi pripremili za pouzdano funkcionisanje u novim klimatskim okolnostima.

4.6. Hidroenergetika

Najdelotvornija mera za smanjenje emisije GSB je izgradnja hidroelektrana, ali samo onih koje su zaista obnovljiv i ekološki čist izvor energije, u smislu smanjenja emisije GSB. Mogućnosti Srbije su značajne i zato je velika šteta što je nastao zastoj u realizaciji upravo takvih srednjih i velikih objekata HE, dok je posebnom uredbom podstaknuto građenje malih hidroelektrana (MHE), od kojih mnoge nisu ni obnovljiv ni ekološki čist izvor energije. U novim klimatskim uslovima znatno veći značaj nego ranije dobijaju sledeći potencijalni objekti i sistemi: (a) Hidroenergetski sistem Gornja Drina instalisane snage oko 210 MW i godišnje proizvodnje od oko 700 GWh zajednički je sistem sa Republikom Srpskom i u; (b) Sistem Srednja Drina, sa preko 1.500 GWh, zajednički sistem sa Republikom Srpskom, sa kaskadnim objektima čiji se uspori zadržavaju u koritu za veliku vodu, tako da se mogu skladno uklopiti u ekološko i socijalno okruženje. (c) Donja Drina, oko 1.420 GWh, na četiri niske stepenice (HE Kozluk, HE Drina 1,2,3), zajedno sa Republikom Srpskom, u okviru integralnog razvojnog projekta uređenja, zaštite i korišćenja donjeg toka Drine u Mačvi, Semberiji i Podrinju. I u tom sistemu se objekti najvećim delom nalaze u koritu za veliku vodu, tako da postoje svi uslovi da se reše kao integralni sistemi, koji rešavaju i druge važne probleme tog dela doline Drine (stabilizacija korita, zaštita od poplava, navodnjavanje). (v) Lim, oko 400 GWh, kaskada niskih stepenica skladno ukopljenih u okruženje; (g) Velika Morava, kaskada od 5 do 7 niskih stepenica (oko 750 GWh), u okviru razvojnog projekta integralnog uređenja, korišćenja i zaštite doline Velike Morave. (d) Zapadna Morava, oko 370 GWh, sa kaskadom niskih stepenica, u koritu za veliku vodu, u okviru integralnog razvojnog projekta uređenja te doline, koja se tretira kao 'pojas intenzivnijeg razvoja'. (đ) Veliki Rzav, sa tri stepenice: HE Svračkovo, HE Roge i HE Orlovača. Treba projektno razraditi novu varijantu HE Velika Orlovača, sa velikom akumulacijom, za obezbeđivanje strateške rezerve vode

Srbije za krizne malovodne situacije – kojih će biti sve više. (e) Ibar, sa čeonom akumulacionom HE Ribarići i kaskadom od više niskih stepenica koje se nalaze u koritu za veliku vodu. (f) Kaskada pribranskih MHE u osnovnom koritu Nišave sa pneumatskim branama, koja rešava i ekološke probleme na tom vodotoku. (h) Pribranske MHE uz sve nove akumulacije.

Sadašnja uredba o podsticanju građenje MHE sa dugačkim cevovodnim derivacijama je pogrešna strategija upravo sa stanovišta emisije GSB. Najveći broj tih MHE ima tako mali energetski učinak da je proizvedena energija tokom čitavog perioda eksploatacije manja od energije koje je utrošena za proizvodnju materijala za građenje i energiju (najvećim delovima nafta) koja je utrošena za građenje. To nisu ni ekološki poželjni objekti, jer je veća emisija GSB koja je emitovana tokom proizvodnje materijala, građenja i održavanja od emisije GSB koja se 'uštedi' tokom čitavog veka eksploatacije te MHE. Zbog toga najviši strateški prioritet ima ukidanje Uredbe o beneficiranim tarifama i obustavljanje izdavanja novih dozvola za građenje MHE sa dugačkim cevovodnim derivacijama.

Imajući u vidu sve veću potrebu za vršnom snagom i regulacionom rezervom elektroenergetskih sistema, strateški je važan projekat RHE Bistrica, koji predviđa dogradnju reverzibilne hidroelektrane u okviru već postojećeg sistema elektrana na Uvcu i Limu. Time bi se ostvarila sve dragocenija vršna energija i operativna rezerva u EES sistemu Jugoistočne Evrope.

4.7. Plovidba

Klimatske promene imaju donekle oprečne uticaje na rečnu plovidbu. S jedne strane, plovidba biće dodatno ugrožena sve dužim malovodnim periodima i većim velikim vodama, dok se pozitivan efekat može očekivati kroz smanjenje broja dana sa ledenim pojavama na rekama. No, taj efekat bi bio samo u domenu troškova rada ledolomaca, jer se mora raspolagati sa ledolomcima u stanju raspoloživosti. Intenziviranje transporta rečnom plovidbom, energetski najracionalnim vidom transporta, jedan je od efikasnih načina za smanjenje emisije GSB. Zbog toga u novim uslovima održavanje i proširivanje mreže plavnih puteva postaje važan zadatak. Prioritet ima održavanje plovnih puteva na Dunavu, Savi i Tisi. Obnova plovnih kanala u okviru HS DTD je urgentna, jer su sada zbog neodržavanja neki od najvažnijih kanala van funkcije. Neravnomeran raspored plovnih puteva je jedan od nepovoljnijih faktora za ubrzaniji razvoj rečne plovidbe, jer zahteva mešoviti prevoz i pretovar. Ukoliko dođe do

realizacije projekta integralnog uređenja Velike Morave, sa kaskadom objekata u koritu za veliki vodu, trebalo bi samo predvideti mesta za izgradnju brodskih prevodnica, ali ih ne graditi ako se ne nađu zainteresovani investitori za uređenje plovnog puta kojim bi neki veći gradovi u priobalju i širem zaleđu Velike Morave izašli na evropsku mrežu plovnih puteva.

4.8. Uticaji na mere zaštite kvaliteta voda

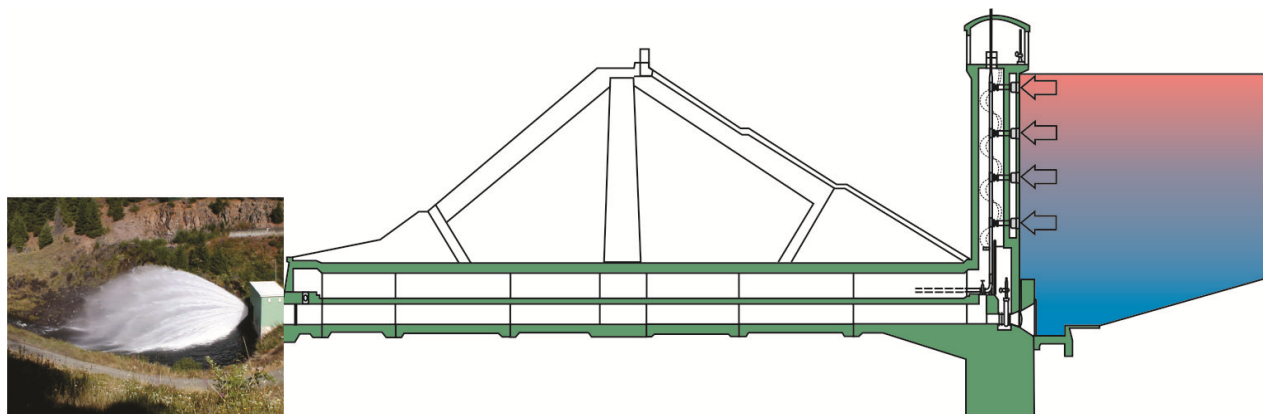
Efekti klimatskih promena, koji se ogledaju kroz smanjenje malih voda, produženje trajanja malovoda, povišenje temperatura vazduha (a time i temperature vode u rekama) u toplom delu godine, smanjenje koncentracije rastvorenog kiseonika u vodi zbog visokih temperatura vode, sporije obnavljanje akvifera podzemnih voda – veoma bitno se odražavaju na mere zaštite kvaliteta vode u sve tri grupe mera zaštite: tehnoloških, vodoprivrednih i organizacionih. Ekonomski i resursno najzahtevnije su sledeće posledice.

(a) Navedena pogoršanja hidroloških i ekoloških stanja do kojih će dolaziti u vodotocima kao posledicu imaće pooštavanje kriterijuma za zahtevane performanse PPOV, od kojih će se tražiti da ostvaruju najviši mogući stepen prečišćavanja. Biće obavezna denitrifikacija, ali i

dodatno uklanjanje fosfora, kako bi se u rekama - prijemnicima održavalo ekološki prihvatljivo stanje.

(b) Akumulacijama će se postavljati resursno zahtevniji zadatak: da se povećanim ispuštanjem ekoloških protoka u malovodnim periodima stvore povoljni hidraulički uslovi u rekama da bi se stvorili uslovi za opstanak vodenih ekosistema.

(c) Biće neophodno da se pomoću akumulacija upravlja i temperaturnim i kiseoničnim režimima u rekama. To podrazumeva da se ekološki protoci iz akumulacija ispuštaju preko *selektivnih zahvata* (slika 4), kako bi se omogućilo ispuštanje vode iz onog temperaturnog sloja u akumulaciji (u kojoj je došlo do termičke separacije po dubini) koji je najpovoljniji za nizvodni ekosistem. Na taj način bi se na čitavoj nizvodnoj deonici izbegli efekti nepovoljnog sinergetskog delovanja malovođa i visokih temperatura. Takođe, primenom koničnih zatvarača koji rasprskavaju mlaz vode koja se ispušta kao ekološki protok moguće je da se poveća i sadržaj kiseonika u vodi na nizvodnoj deonici. To je sve u skladu sa sada jedino logičnom doktrinom zaštite voda da se namenskim upravljanjem akumulacijama moraju da obezbeđuju uslovi ne samo za opstanak nizvodnih biocenoz, već da se hidraulički uslovi i stanje kvaliteta vode i poboljšaju u odnosu na stanje koje bi bilo da nema akumulacija.



Slika 4. Ispuštanje ekoloških protoka iz temperaturno najpogodnijeg sloja vode u akumulaciji, uz istovremeno obogaćivanje vode kiseonikom, primenom regulacionih koničnih zatvarača

(d) U novim, pogoršanim klimatskim uslovima poseban značaj dobijaju organizaciono-ekonomske mere zaštite voda, posebno one koje zabranjuju stavljanje u promet onih proizvoda za koje postoji supstitucija manje štetnim proizvodima koji ne predstavljaju opasnost po kvalitet voda.

4.9. Antieroziona zaštita

U uslovima klimatskih promena, koje karakteriše i pojava kiša veoma velikih intenziteta, a zatim i velike suše, antieroziona zaštita slivova postaje jedna od najvažnijih državnih obaveza. Tu zaštitu treba sprovesti kao deo mera integralnog korišćenja i uređenja prostora i blagovremene zaštite akumulacija od

zasipanja nanosom. U skladu sa strategijom da se poljoprivredna zemljišta nižih bonitetnih klasa pretvaraju u šumska, prioritet se daje biološkim merama zaštite - pošumljavanju, obnavljanju degradiranih šuma, zatravljivanju i melioraciji pašnjaka, ali je potrebno intenzivirati i tehničke radove (posebno izgradnju bujičnih pregrada). Cilj je da se merama zaštite od erozije ujedno stvaraju i uslovi da zaštićeni slivovi obezbeđuju stabilne prihode koji omogućavaju uredno održavanje zaštitnih sistema i privređivanje dela radno sposobnog stanovništva. Veoma bitno postaje i terasiranje terena, praćeno biološkim merama zaštite, jer je i na taj način potrebno da se usporava i kontroliše oticanje sa padina terena.

4.10. Eksploatacija peska i šljunka

Decenijama je to jedna od najhaotičnijih, najdestruktivnijih aktivnosti na vodotocima i u njihovom priobalju. Obavlja se neplanski, na način koji razara reke kao vodene ekosisteme, ali je direktno u suprotnosti sa ciljevima uređenja vodotoka i ciljevima odbrane od poplava. U uslovima klimatskih i hidroloških promena stavljanje te aktivnosti pod striktnu kontrolu postaje prioritetan zadatak. Eksploatacija rečnih materijala se može obavljati isključivo prema revidovanim projektima, koji treba da budu funkcionalno usaglašeni sa projektima regulacija reka, uz neophodno odobrenje nadležnih vodoprivrednih organizacija i plansko regulisanje urbanističkim aktom lokalne samouprave. Te aktivnosti mora da prati ista procedura projektovanja i nadzora koja se koristi kod regulacija reka. Mora se zabraniti bilo kakva eksploatacija peska i šljunka iz priobalja i iz poljoprivrednog zemljišta u rečnim aluvionima.

4.11. Uticaj na zaštitu vodnog zemljišta

Klimatske promene, sa pogoršanjima režima velikih voda, zbog kojih će biti neophodne povremene dopune i ojačavanja sistema zaštite od velikih voda, nameću striktno očuvanje 'vodnog zemljišta'. Biće potpuno neodrživo sadašnje stanje kada se vodno zemljište ugrožava građenjem objekata koji se ne smeju naći na njemu. Zbog značaja te kategorije daje se formulacija iz Prostornog plana Srbije.

Vodno zemljište (VZ) je zaštićena i rezervisana zona uz reke, jezera, akumulacije i zaštićene močvare - u kojoj je zabranjena gradnja bilo kakvih stalnih objekata, osim objekata vodoprivrede. Prema Zakonu o vodama vode i VZ su u javnoj svojini i čine javno vodno dobro, a javno vodno dobro je neotuđivo. VZ duž reka zahvata površinu koju obuhvata uspor od tzv. stogodišnje velike

vode (poplave velikim vodama verovatnoće 1%), uvećanu za pojase duž obe obale širine po 20-50 m, zavisno od položaja objekata i zaštitnih sistema. Kod reka koje se nasipima brane od stogodišnje vode (Dunav, Sava, Tisa, Morava, Drina) VZ je prostor unutar nasipa, kao i prostor od najmanje 50 m od najudaljenije granice nožice nasipa unutar branjene strane, koji je rezervisan isključivo za drenažne sisteme, uređenje priobalnog pojasa i druge mere zaštite. Ako nasipe prate magistralni kanali drenažnih sistema VZ obuhvata i te kanale i prateće drenažne bunare. Ukoliko se neki prostori (kasete) uz reku predviđaju kao moguće povremene retenzija za ublažavanje povodnja i zaštitu od poplava – i te površine se tretiraju kao VZ. U slučaju jezera, akumulacija i močvara (onih koje se štite prema Ramsarskoj konvenciji) – VZ obuhvata površinu do ureza najvišeg mogućeg nivoa, uvećanog za pojas od najmanje 20 m oko čitavog obima tada dostignute najveće akvatorije. Na vodnom zemljištu nije dozvoljena bilo kakva gradnja stalnih objekata, ali se može bez ograničenja koristiti za poljoprivrednu proizvodnju, plantažne zasade (šume, voćnjaci, vinogradi), sportske i rekreacione površine - bez objekata koji ometaju razvoj sistema za zaštitu od voda i sprovođenje mera odbrane (prilaz mehanizacije, proširenje postojećih nasipa, realizaciju drenažnih sistema). Tačna linija zaštićenog vodnog zemljišta, sa namenom površina i načinom zaštite daje se u prostornim i urbanističkim planovima.

Jedan od najvećih problema u sektoru voda je činjenica da se zakonske odredbe o vodnom zemljištu ne poštuju. Niču čitava naselja i drugi objekti na VZ, što predstavlja veliku opasnost, jer se pogoršavaju uslovi za evakuaciju velikih voda, ugrožavaju branjena područja i onemogućava kasnija dogradnja i održavanje sistema zaštite. U tom nepoštovanju zakona prednjači Beograd, u čijoj se blizini nenamenskim korišćenjem za saobraćaj uništavaju zaštitni nasipi, dimenzionisani samo kao zaštitni objekti (slika 5). Zbog sistematskog razaranja savskog nasipa saobraćajem, kao i divljom gradnjom poprečnih nasipa (koji remete tečenje velikih voda) kako bi pojedinci prišli svojim objektima sagrađenim u inundaciji Save, ugrožena je bezbednost čitavog branjenog područja Novog Beograda. Vodno zemljište se zloupotrebljava za građenje stalnih objekata i u drugim delovima zemlje, posebno u blizini većih gradova, što povećava ugroženost od poplava, ali onemogućava realizaciju objekata vodoprivredne infrastrukture.

Vodno zemljište u zoni rečnih inundacija - korita za veliku vodu poželjno je koristiti za plantažne zasade

paulovnja (*Paulownia tomentosa*), najbrže rastućih lišćara, koji upotrebnu zrelost dostiže već nakon 15-tak godina. Pravilno zasađeni i održavani plantažni zasadi ne ometaju tečenje velikih voda, a korist od te mere je vrlo velika i ekološki opravdana, jer se na taj način smanjuje eksploatacija drugih šuma, onih koji imaju veliku ulogu u integralnoj zaštiti rečnih slivova.

Pogoršanje režima velikih voda svakako će dovesti do potrebe da se linijski sistemi zaštite od poplava ojačavaju i da im se povećava pouzdanost na dva

načina: (1) ojačavanjem i nadvišavanjem nasipa, u nekim slučajevima i njihovim proširivanjem u kruni, (2) izradom i/ili poboljšavanjem performansi (povećanjem proticajnog kapaciteta) drenažnih sistema koji prate nasipe sa branjene strane, kako bi se povećala bezbednost branjenog područja od unutrašnjih i provirnih voda. Da bi se realizovale te izuzetno važne aktivnosti, koje će svakako nametnuti pogoršavanja režima velikih voda, vodno zemljište se mora očuvati u stanju kako je to definisano Zakonom o Prostornom planu Republike Srbije. Objekti kojima je sada drastično



Slika 5. Nasip na levoj obali Save i kuće u inundaciji u neposrednoj blizini reni bunara

narušen režim tečenja u rečim inundacijama mora su se ukloniti po najhitnijem postupku. Kao prvi korak mora im se uručiti rešenje da je legalizacija objekata odbijena, trajno, i da im se da neki razuma rok da zgrade sami uklone, ili će biti srušene o trošku vlasnika.

5. PORAST ZNAČAJA UPRAVLJAČKIH AKTIVNOSTI U USLOVIMA KLIMATSKIH PROMENA I POGORŠAVANJA VODNIH REŽIMA

Pogoršavanje klimatskih parametara i vodnih režima izazvano delovanjem efekata GSB zahteva i promene u metodama upravljanja integralnim vodoprivrednim sistemima. Od više takvih promena navode se samo one koje su neminovne, najvažnije i o kojima je neophodno da se istraživački i planerski deluje odmah, kako bi se što pouzdanije pripremili za neutralisanje i/ili ublažavanje negativnih posledica.

Obezbeđenje ekoloških protoka. U novim, znatno nepovoljnijim ekološkim uslovima malovođa i

povišenih temperatura vazduha i vode, rastu značaj i obaveznost da se u vodotocima, namenskim upravljanjem akumulacijama - ispuštanjem ekoloških protoka - moraju stvarati povoljniji ekološki uslovi u odnosu na one koji bi bili u prirodnim okolnostima, bez akumulacija. To je deo jedine logične doktrine da je namenskim upravljanjem integralnim vodoprivrednim sistemima potrebno stvarati povoljniji uslovi za opstanak i razvoj vodenih ekosistema. U radu (Đorđević & Dašić, 2011) prikazana je nova metodika za određivanje ekoloških protoka (metoda GEP), koja je zasnovana na konkretnim hidrografskim, hidrološkim i morfološkim osobenostima reka ovog područja. U Srbiji ne postoji Pravilnik koji propisuje metodiku određivanja ekološkog protoka (Q_{ep}), zbog toga se u projektima krajnje proizvoljno određuju vrednosti ekološkog protoka (najčešće: $Q_{ep}=0,1 \cdot Q_{sr}$, ili, $Q_{ep} = Q_{mv95\%}$ - mala mesečna voda obezbeđenosti 95%), koje su, po pravilu, manje od protoka koji je potreban da bi se obezbedio opstanak i razvoj vodenih ekosistema. Zbog toga je neophodno da se što pre donese Pravilnik o

određivanju ekološkog protoka i uslovima za njegovu upravljačku realizaciju.

Upravljačko-informaciono osavremenjavanje vodoprivrednih sistema. U novim uslovima - smanjenih vodnih resursa, pogoršane raspodele padavina i protoka tokom godine, smanjenih mogućnosti obnavljanja podzemnih voda, sa jedne strane, a povećanih potreba za vodom, sa druge strane - integralni vodoprivredni sistemi dobijaju sve brojnije ciljeve zadovoljavanja potreba različitih korisnika sistema (snabdevanje vodom naselja i industrije, navodnjavanje, hidroenergetika i dr.), odbrane od poplava spoljnih i unutrašnjih voda, oplemenjavanja malih voda, zaštite ekosistema. Bitna je i činjenica da se prioriteta pojedinih ciljeva menjaju tokom vremena, nekada bukvalno odmah nakon pristizanja neke vrlo bitne informacije. U normalnim hidrološkim okolnostima dominantne su funkcije sistema kojima se sa traženom pouzdanošću zadovoljavaju potrebe korisnika sistema, uz uredno obezbeđenje ekoloških protoka. U slučaju prognoze / najave dolaska ciklona sa velikim padavinama, odmah nakon pristizanja takve informacije upravljački organ sistema menja prioritete ciljeva: prioritetni postaju ciljevi aktivne zaštite od poplava, uz poštovanje ograničenja koja postavljaju zahtevi korisnika sistema. Važi i obrnuto: u kriznim malovodnim periodima ili tokom nekih vanrednih situacija (sanacija havarijskih zagađenja vode, ekološki krizni događaji) težište upravljanja se odmah prilagođava tim izmenjenim prioritetima i počinje namensko ispuštanje vode za potrebe najhitnije sanacije kriznog stanja.

U takvim okolnostima, koje su posledica klimatskih promena, postaju mnogo urgentniji i prioritetniji zadaci kibernetizacije integralnih vodoprivrednih sistema. To podrazumeva razvoj upravljačko-informacionog dela sistema (Đorđević, 2019) na planu informacione i softverske podrške, tako da se efektivnost integralnog sistema poboljšava njegovim prerastanjem u sve više upravljačke klase sistema: sa predviđanjem ulaza, sa samoobučavanjem, sa samoorganizacijom. Samo se na taj način, kroz stalni razvoj estimatora upravljačko-informacionog dela sistema može ostvariti maksimalna racionalnost korišćenja vodnog resursa, kao i najviše performanse efektivnosti: kvantitativne (ostvarenje ciljeva uz optimalno, višekратно korišćenje vode), probablističke (ostvarenje zahtevanih pouzdanosti ostvarenja vodoprivrednih ciljeva), ekonomske (ostvarenje najboljih ekonomskih pokazatelja), vremenske (ostvarivanje tražene vremenske operativnosti). U procesu kibernetizacije sistema oni

postaju osposobljeni da snižavaju entropiju tokom perioda samoobučavanja (uvođenjem novih informacionih elemenata i upravljačkih matematičkih modela), što se odražava na povećanje njihove efektivnosti i operativnosti. Povećava se pouzdanost sistema, posebno na planu operativnosti i brzine upravljačkog delovanja u kriznim situacijama (npr. periodi povodanja), jer se upravljačke odluke ne donose na bazi iskustva, kao u slučaju tehničkih sistema (što je nepouzdan način upravljanja), već na bazi simuliranja na matematičkom modelu i optimizacije svake upravljačke odluke. Na taj način simulacionim modelima se apriorno proveravaju efekti i posledice svake upravljačke odluke, pre nego što se iste sprovedu na realnom sistemu. Kibernetizovani sistemi su u stalnom razvoju, jer se stalno dopunjavaju i informacioni deo sistema i upravljački softveri. Nova, nepovoljnija klimatska i resursna realnost zahteva da se ubrza proces upravljačke kibernetizacije sistema, jer se samo na taj način mogu ostvarivati sve složeniji i zahtevniji ciljevi koji se postavljaju integralnim vodoprivrednim sistemima.

Zaštita akumulacija i vodotoka od eutrofikacije. U svim dosadašnjim razmatranjima pokazano je da su akumulacije jedini i nezamenljivi objekti koji integralni sistem čine upravljivim. Ujedno, akumulacije su jedini objekti koji su pravi upravljački odgovor vodoprivrede na nepovoljna dešavanja na klimatskom i hidrološkom planu, zbog emisije GSB. Upravo zbog te činjenice postaje izuzetno važno da se sve akumulacije štite od procesa eutrofikacije, koji mogu da dovedu do njihove ekološke destrukcije, ali i do smanjenja njihove upotrebljivosti za vodoprivredne potrebe. Neophodno je merama zaštite, koje se svode na smanjenje unosa nutrijenata, štiti sve akumulacije, ali je ta zaštita posebno bitna u slučaju akumulacija koje služe kao izvorišta snabdevanja vodom naselja.

Procesi eutrofikacije površinskih voda razmatrani su u knjigama (Đorđević, 1990, Đorđević i Dašić, 2019) te se ovde neće analizirati. Treba samo sistematizovati da postoje četiri moguća stanja površinskih akvatorija: • oligotrofno – stanje najboljeg kvaliteta, • mezotrofno - stanje koje je sasvim solidno sa ekološkog i vodoprivrednog stanovišta, koje se može postići i održavati u uslovima normalne zaštite jezera od unosa nutrijenata, • eutrofno stanje – ekološki, ali i vodoprivredno nepoželjno stanje, koje se svim merama zaštite mora sprečavati, a ako je akvatorija dospela u to stanje moraju se preduzeti mere da se vrati u bolje mezotrofno stanje, • distrofno stanje - potpuno neupotrebljiva, ekološki nepoželjna akvatorija koja se

mora sanirati, jer je uzročnik ekološke destrukcije na širem prostoru tog hidrografskog sistema.

U uslovima pogoršavanja klimatskih i hidroloških prilika neophodnost zaštite akvatorija od procesa eutrofikacije postaje složenija i – obaveznija. Od više razloga izdvajaju se posebno sledeći: • smanjenje prosečnih protoka usporava proces obnavljanja i cirkulacije vode u jezerskim akvatorijama, što je nepovoljno sa gledišta kvaliteta voda, • povećavanje temperature vazduha i vode u toplom delu godine vrlo nepovoljno deluju jer se ubrzava razvoj procesa eutrofikacije, zbog čega se moraju koristiti strožiji uslovi za smanjenje i kontrolu unosa nutrijenata u reke, a preko njih u akumulacije, • povećanje intenziteta padavina je nepovoljno sa gledišta erozije zemljišta i povećavanja koncentracije nanosa, a sa njim i nutrijenata koji na taj način dospevaju u vodotoke, tako da kriterijumi antierozione zaštite postaju strožiji.

U novim okolnostima postaje neophodno da se mere zaštite od eutrofikacije akumulacija razmatraju u sledećim koracima. (1) Neophodno je da se još tokom projektovanja akumulacija matematičkim modeliranjem, na bazi rezultata merenja pokazatelja kvaliteta vode u vodotoku, apriorno sagleda razvoj procesa eutrofikacije u akumulaciji, kako bi se već tokom izbora dispozicionih elemenata i parametara brane i akumulacije preduzele mere koje će te procese usporavati. (2) Kada se sagledaju dinamički procesi promene kvaliteta u akumulaciji, potrebno je kao sastavni deo projekta uraditi i projekat redovnog monitoringa kvaliteta i zaštite akumulacije od procesa eutrofikacije. (3) Tokom eksploatacije akumulacije obavezno je da se merenjima (monitoringom) kvaliteta prate promene kvaliteta, kako bi se, u slučaju da se procesi eutrofikacije dešavaju ubrzanije, mogle da preduzimaju dodatne mere zaštite. Srećna je okolnost da su procesi promene kvaliteta reverzibilni, tako da je adekvatnim merama zaštite – smanjivanjem unosa nutrijenata u jezero – moguće veoma značajno poboljšavanje kvaliteta u jezeru koje je već bilo dospelo u eutrofnom stanju. Postoje vrlo ohrabrujući primeri da je jezero iz poodmaklih procesa eutrofikacije 'ozdravljeno' i vraćeno čak u oligotrofno stanje najvišeg kvaliteta.

Istraživanja i razvoj softvera neophodni u novim uslovima. Pogoršanje klimatskih prilika i hidroloških režima, već sada zahteva da se obave neke analize koje su neophodne po više osnove: • da se na sistemima zaštite od poplava definišu nedovoljno pouzdane deonice, kako bi se pristupilo njihovom ojačavanju, • da

se pripreme softveri kao podrška upravljanju u kriznim hidrološkim situacijama. Poseban prioritet imaju sledeće aktivnosti.

Na svim većim rekama na potezu kroz Srbiju (Dunav, Sava, Tisa, sve tri Morave, Drina) treba izvršiti ponovnu analizu velikih voda ređih povratnih perioda (2%, 1%, 0,5%, 0,2%, 0,1%), kako bi se na taj način, upoređivanjem sa stepenom zaštite koje pružaju sadašnji linijski zaštitni sistemi (nasipi), utvrdilo koji se stepeni zaštite zaista ostvaruju, i koje su kritične deonice na kojima su neophodni radovi na ojačanju nasipa.

Za sve akumulacije koje su deo sistema zaštite od poplava, jer učestuju u aktivnoj odbrani ublažavanjem poplavnih talasa, treba uraditi upravljačke softvere za rad u kriznim hidrološkim stanjima – odmah nakon najave nailaska ciklona sa velikim padavinama. Prioritet ima akumulacija i HE Bajina Bašta, jer je upravljanje tim postrojenjem najvažnije sa gledišta stanja na nizvodnom toku Drine.

Za veće slivne celine treba pristupiti izradi Ekspertnih sistema (ES) kao podršku upravljanju integralnim sistemima. Ekspertni sistem (ES), kao vid veštačke inteligencije je softver koji u jednu celinu povezuje baze podataka, matematičke modele, empirijska znanja i iskustva, ocene eksperata, inženjersku intuiciju, heuristička pravila i operativne informacije koje se sakupljaju neprekidno tokom upravljanja - kako bi, na osnovu odgovarajućeg generatora zaključaka, mogao da predloži donosiocu odluke najbolje upravljanje, po kriterijumima i ograničenjima koji su unapred definisani (Đorđević i Dašić, 2015). Najvažniji zadaci ES: • ažurno praćenje stanja u sistemu, • predviđanje razvoja procesa merodavnih za upravljanje i pouzdanost sistema, • planiranje / optimizacija sistema, • održavanje sistema, • odlučivanje u uslovima havarijskih situacija, • obučavanje za delovanje u kriznim stanjima i upravljanje tokom istih (odbrana od poplava, saniranje havarijskih zagađenja, itd.), • upravljanje sistemom – koje obuhvata sve prethodne zadatke kojim se obezbeđuje optimalno upravljanje u svim fazama planiranja i operativnog upravljanja. Rešavajući navedenih grupa zadataka, ES značajno povećava efikasnost vodoprivrednih sistema (VS) i omogućava da se u celosti iskoriste njegove potencijalne radne performanse. To je posebno izraženo u uslovima zaštitnog delovanja VS, kada je neophodno donošenje vrlo operativnih odluka, onda kada je nužno brzo korišćenje mnoštva informacija, koje prevazilaze mogućnosti ljudske spoznaje.

6. ZAKLJUČNO RAZMATRANJE

U pogledu vodoprivrednog razvoja Srbija se nalazi pred ozbiljnim izazovom u budućnosti. Na već nepovoljno stanje vodnog siromaštva i veoma nepovoljnih vodnih režima, nadovezuje se nova nevolja: pogoršavanje klimatskih i hidroloških uslova, kao rezultat klimatskih promena koje nastaju delovanjem gasova staklene bašte (GSB). Razmatrana su dva scenarija emisije GSB – blaži i nepovoljniji - i po oba scenarija u Srbije se predviđaju nepovoljni efekti koji će se ozbiljno odražavati na čitav sektor voda, a time, ukoliko se ti problemi ne prevaziđu adekvatnim planiranjem vodoprivrednih sistema, i na razvoj čitavog društva. Najnepovoljniji efekti delovanja GSB u Srbiji su: • povišenje temperatura, posebno u toplom delu godine, • smanjenje prosečnih godišnjih padavina u južnim i istočnim delovima, upravo tamo gde su i sada nedovoljne, • pogoršanje režima padavina na najnepovoljniji način, smanjenjem u mesecima vegetacionog perioda, • smanjenje prosečnih protoka u slivovima sve tri Morave, Ibra, Timoka, Drine, • smanjenje raspodele protoka tokom godine na najnepovoljniji način, najvećim smanjenjem u mesecima vegetacionog perioda, koji su i do sada bili vodom deficitarni, • vrlo ozbiljno smanjenje intenziteta obnavljanja akvifera podzemnih voda. U takvim okolnostima besmislene su jalove akademske rasprave o uzročno posledičnim vezama tih promena, već je jedino razumno ponašanje da se u skladu sa suštinom svih 12 vodoprivrednih postulata (Đorđević, 1990 i 2019) odmah pristupi planiranju razvoja vodoprivrednih sistema kojima se jedino može da neutrališu i ublaže nepovoljni efekti tih promena. Srbija je u obavezi da se u skladu sa nepobitnim činjenicama pripremi da bezbedno, sa gledišta voda i vodoprivrede, može da se suoči sa nepovoljnim klimatskim i hidrološkim procesima. U nastavku su sistematizovane ključne mere adaptacije na prognoziranje klimatske promene.

(1) **Izgradnja višenamenskih akumulacija** u okviru integralnih vodoprivrednih sistema je najvažnija, najdelotvornija mera, ona bez koje se Srbija ne može razvijati. Akumulacije svih stepena regulisanja protoka postaju najvažnija mera suprostanavljanja posledicama klimatskih promena, ali poseban značaj imaju akumulacija koje mogu da obave godišnje regulisanje protoka, dok su one koje mogu da obave višegodišnje regulisanje – najveća dragocenost države. Značaj akumulacija ogleda se u sledećem:

- Omogućavaju preraspodelu vode tokom godine (prihvatanje velikih voda u vodnom delu godine i njihovo korišćenje u malovodnim periodima), bez

koje se ne bi mogle da obezbede neophodne količine vode stanovništvu, industriji, poljoprivredi u kriznim periodima malovođa, koji će u uslovima klimatskih promena biti sve duži i izraženiji, dok će potrebe za vodom, zbog povećanja temperature vazduha, biti sve veće, posebno u oblasti poljoprivrede.

- Omogućavaju aktivnu odbranu od poplava - prihvatanje dela poplavnih talasa (za koje se očekuje da će biti sve češći, sa manjim vremenom koncentracije i sve većih intenziteta), čime se nizvodno područje štiti od poplava. Da bi se upravljanjem akumulacijama omogućilo što uspešnije ublažavanje talasa velikih voda akumulacije treba da budu opremljene snažnim evakuatorima koji omogućavaju pretpražnjenje.
- Obezbeđuju poboljšavanje režima malih voda (oplemenjavanje malih voda), ispuštanjem vode nizvodno od brane u količini koja je potrebna nizvodnim vodenim ekosistemima, pri čemu je moguće i poboljšavanje parametara kvaliteta vode (obogaćivanje rastvorenim kiseonikom i upravljanje temperaturom ispuštene vode).
- Skladno uklopljene u okruženje akumulacije postaju element koji oplemenjuje prostor i životnu sredinu, upravljanjem i po kriterijuma potreba ekosistema postaju nezamenljivi objekti koji omogućavaju opstanak i razvoj biocenoza.

(2) **Striktne zaštite izvorišta i prostora za realizaciju budućih akumulacija.** U Srbiji se, na žalost, zbog nekontrolisane gradnje, nepoštovanja prostornih planova i pravilnika o zaštiti izvorišta, ubrzano devastiraju sva izvorišta, čak i ona regionalnog značaja, kao i prostori na kojima je planirana realizacija budućih neophodnih akumulacija. Zbog toga je striktna zaštita tih prostora drani zadatak najvišeg novo značajnosti. Neophodno je da se nakon izrade neophodne tehničke dokumentacije za sve te prostore urade prostorni planovi prostora posebnih namena (PPPPN), i da se merama državne prinuda obezbedi njihovo striktno poštovanje, kako bi se sprečila trajna devastacija tih najdragocenijih nacionalnih resursa. Na svim postojećim izvorištima se moraju striktno realizovati sve mere zaštite, u skladu sa Pravilnikom (Sl. glasnik 92/2008) i prema već uređenim PPPPN.

(3) **Smanjenje gubitaka u vodovodnim sistemima** je veoma važna, neodložna mera pripreme tih sistema za rad u novim uslovima. Tu meru treba realizovati paralelno sa opremljenjem vodovodnih sistema sa

savremenom merno-informatičkom opremom, koja će omogućavati da se obezbedi upravljanje tim sistemima u resursno najpogodnijim uslovima (povećanje pouzdanosti sistema, brza detekcija kvarova, optimizacija rada sistema, itd.).

(4) U oblasti zaštite od poplava neophodno je **odrediti stvarne stepene zaštite** branjenog područja, posebno u zonama velikih gradova i važnih tehnoloških sistema, i gde je to potrebno primeniti odgovarajuće mere aktivne i pasivne zaštite kako bi se ostvarili zahtevani stepeni zaštite. Primenjene mere treba da se zasnivaju na principu **obezbeđivanja dovoljno prostora za prihvatanje povećanih velikih voda** (nadvišenje nasipa, produbljivanje korita, proširivanje korita za veliku vodu, uklanjanje prepreka iz korita, formiranje retenzionih prostora i bajpasova), a ne na principu što bržeg sprovođenja velikih voda u nizvodna područja (koja bi s takvim merama postala još ugroženija).

(5) **Izgradnja bujičnih pregrada**, zajedno sa **antierozionim radovima u slivu** mogu značajno da smanje bujične poplave, količinu naplavina, ali isto tako i zasipanje akumulacija.

(6) **Povećanje kapaciteta i efikasnosti sistema za odvodnjavanje** značajno je u cilju smanjenja šteta od poplava unutrašnjim vodama, koje će zbog predviđenog povećanja intenziteta padavina biti sve češće i intenzivnije. Iz istih razloga, samo za urbana područja (naseljena mesta) značajno je **povećanje kapaciteta kanalizacionih sistema**, posebno sistema kišne kanalizacije.

(7) **Izgradnja srednjih i velikih hidroenergetskih objekata**, koji bi bili deo integralnog korišćenja voda, zaštite voda i zaštite od voda. Hidroelektrane tih tipova su najefikasnija mera za smanjenje emisije GSB.

(8) **Izgradnja malih hidroelektrana uz postojeće vodoprivredne objekte (brane)**, kojima bi se mogao energetski iskoristiti protok koji se mora ispuštati nizvodno od takvih objekata i pad koji je već koncentrisan postojećim objektom.

(9) Izgradnja malih hidroelektrana sa dugačkim cevovodnim derivacijama je jedan od najvećih strateški promašaja Srbije iz sledećih razloga: • one nisu obnovljiv izvor energije, jer se više primarne energije utroši za njihovu izradu od energije koju će proizvesti tokom čitavog vremena eksploatacije, • nisu ni ekološki čist izvor energije, jer se više GSB emituje izrade materijala za njihovu izradu i toko građenja od emisije

GSB koja one 'uštede' tokom svog veka gradnje; • građenjem MHE takvih dispozicija uništava se najdragoceniji ekološki potencijal zemlje, onaj na kome se zasniva razvoj seoskog i ekoturizma. Imajući to u vidu najurgentnija i najvažnija mera, upravo sa stanovišta pripreme za Srbije za suživot sa pogoršanjem klimatskih i hidroloških proces, je **ukidanje Uredbe o merama podsticaja za povlašćene proizvođače električne energije**.

(10) Izrada i primena **operativnih matematičkih modela za upravljanje akumulacijama** omogućava fleksibilnije upravljanje korisnom zapreminom akumulacije, veću pouzdanost isporuke vode korisnicima i bolju zaštitu nizvodnog područja od poplava.

(11) **Hidrološki modeli za predviđanje protoka i sistemi za rano upozoravanje na moguće poplave** imaju značajnu ulogu u borbi sa poplavama i smanjenju šteta od poplava jer se njihovom primenom dobija izvesna prednost u odnosu na prirodu i mogućnost pravovremenog reagovanja.

(12) **Vodno zemljište** je veoma precizno definisano Prostornim planom Republike Srbije i Zakonom o vodama, ali je, i pored toga, sada u Srbiji veoma ugroženo ilegalnom gradnjom. To je vrlo opasna aktivnost sa gledišta dešavanja u budućnosti, jer se na taj način onemogućavaju fizičke mogućnosti za intervencije na adaptaciji i dogradnji sistema, koje će biti neophodna u cilju povećanja stepena zaštite linijskih sistema zaštite od velikih voda, i za realizaciju pratećih sistema odvodnje priobalja ugroženih unutrašnjim vodama.

(13) **Izgradnja postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda** u cilju zaštite kvaliteta vode, kada se očekuju duži malovodni periodi u kojima je kvalitet vode ugrožen zbog manjih protoka, većih temperatura vazduha i vode, a samim tim i smanjene koncentracije rastvorenog kiseonika.

(14) U Srbiji nije zvanično, kao državni normativ, definisana **metodologija za određivanje ekološkog protoka** i neophodnost ispuštanja odgovarajućih količina vode nizvodno od pregradnog objekta. Metode koje se palijativno koriste po pravilu su ekološki nepovoljne, jer ne obezbeđuju protoke koji su potrebni za nesmetan za opstanak i razvoj akvatičnih sistema, ali i neometan i neometan život ljudi u naseljima kraj reke nizvodno od objekta. Zbog toga je definisanje te metodike jedan od prioriteta u okviru priprema za

upravljanje vodama u novim klimatskim i hidrološkim uslovima.

(15) **Zaštita akumulacija od eutrofikacije** veoma je važan zadatak jer su akumulacije nezamenljivi objekti koji integralni sistem čine upravljivim. Zbog toga je izuzetno važno da se sve akumulacije štite od procesa eutrofikacije, koji mogu da dovedu do njihove ekološke destrukcije, ali i do smanjenja njihove upotrebljivosti za vodoprivredne potrebe. Za sve nove akumulacije već se tokom projektovanja moraju uraditi matematički modeli za prognozu razvoja tih procesa, kako bi se u sam projekat ugradile mere neophodne zaštite.

LITERATURA

- [1] Božić, M. (2017): Pokazatelji efikasnosti rada kompleksnih drenažnih sistema, *Vodoprivreda*, N^o 285-287
- [2] VOS (2001): *Vodoprivredna osnova Republike Srbije (2001)*, Ministarstvo za poljoprivredu, šumarstvo i vodoprivredu, Institut za vodoprivredu 'Jaroslav Černi', Beograd
- [3] GFA Consulting Group (2018): *Climate Strategy and Action Plan, Republic of Serbia, Result 5: Adaptation options, Final Report, European Union*
- [4] Dašić T. i B. Đorđević (2002): Prediction and management of water quality in water storage reservoirs, *International Environmental Modeling and Software Society 2002*, Lugano, Švajcarska, 24-27. jun.
- [5] Dašić T. i B. Đorđević (2003): Modeliranje dinamike promene kvaliteta vode u akumulaciji. - II Kongres za visoke brane, Kladovo
- [6] Dašić T. i B. Đorđević (2011): Novi pristupi pri određivanju pouzdanosti složenih vodoprivrednih sistema pod pritiskom, *Građevinski kalendar*, Beograd, s. 280-317.
- [7] 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
- [8] 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^o 297-299, s. 69-84.
- [9] Đorđević B. (1990): *Vodoprivredni sistemi*, Naučna knjiga, Beograd.
- [10] Đorđević, B. (2002): O strateškim rešenjima definisanim *Vodoprivrednom osnovom Republike Srbije*, *Vodoprivreda*, 195-200, Beograd
- [11] Đorđević B., T. Dašić (2011): Određivanje potrebnih protoka nizvodno od brana i rečnih vodozahvata, časopis "*Vodoprivreda*", 252-254, (4-6/2011), Beograd, s. 151-164.
- [12] Đorđević B, T. Dašić (2012): Povećanje efikasnosti upravljanja akumulacijama u periodu odbrane od poplava - na primeru hidroenergetskog sistema na Trebišnjici, časopis *Vodoprivreda* Vol. 44, 255-257 (1-3/2012), Beograd,
- [13] Đorđević, B. i T. Dašić (2015): Eksperti sistem za planiranje i operativno sprovođenje odbrane od poplava, *Vodoprivreda*, Beograd, Vol. 47, No 276-278, s. 187-202
- [14] Đorđević B. i T. Dašić (2016): Kategorije pouzdanosti koje se moraju proveravati tokom planiranja i korišćenja vodoprivrednih sistema, *Vodoprivreda*, N^o 279-281, Beograd, s. 29-44
- [15] Đorđević B i T. Dašić (2019): *Ekologija vodoprivrednih sistema*. Monografija. s. 450, Izdavači: Građevinski fakultet u Beogradu i Akademija inženjerskih nauka Srbije.
- [16] Đorđević 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
- [17] Đorđević 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
- [18] Jovanović M. (2011): Riblje staze u sklopu 'naturalnog' uređenja malih vodotoka, *Vodoprivreda*, N^o 252-254, s.217-226
- [19] Jovanović M. i drugi (2014): Problemi pri izradi karata ugroženosti od poplava, *Vodoprivreda*, N^o 267-272, s. 3-13.
- [20] Jovanović M. i drugi (2017): Hidraulička analiza zaštite od poplava priobalja Dunava i Save na području Beograda, *Vodoprivreda*, N^o 285-287, s. 15-28.
- [21] Kostadinov S. (2008): *Bujični tokovi i erozija*. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, s. 505.

- [22] Milanović T. i B. Đorđević (1999): Dinamički procesi u akumulacijama i njihovo modeliranje za potrebe planiranja i eksploatacije vodoprivrednih sistema. *Vodoprivreda*, 177-182, 1-6, s. 23-36
- [23] MPŽŽS (2015) Prvi nacionalni plan adaptacije na izmenjene klimatske uslove za Republiku Srbiju, Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, Beograd.
- [24] Plavšić J i R. Milutinović (2010): O računskim nivoima vode za zaštitu od poplava na Dunavu kod Novog Sada, *Vodoprivreda*, N^o 243-245, s.69-78
- [25] Plavšić J i T. Dašić (2017): Modeliranje vodoprivrednog sistema sliva Drine i analiza izabranih i razvojnih scenarija, *Vodoprivreda*, N^o 285-287 p. 125-137.
- [26] Plavšić J. (2019): Inženjerska hidrologija, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd
- [27] Popovska C. i B. Đorđević (2013): Rehabilitacija reka – nužan odgovor na pogoršanje ekoloških i klimatskih uslova, *Vodoprivreda*, 261-263 (2013/1-3), s.3-20
- [28] PPRS (2010): Prostorni plan Republike Srbije (2010), Službeni glasnik, Beograd.
- [29] Pravilnik o načinu određivanja i održavanja zona sanitarne zaštite izvorišta vodosnabdevanja, Sl. glasnik RS, br. 92/2008
- [30] Ristić, R. (2002): Režim pojave velikih voda na bujičnim slivovima u Srbiji, *Šumarstvo*, br. 1-3, str. 1-14, Beograd, ISSN 0350-1752
- [31] Ristić, R.; Nikić, Z. (2007): Održivost sistema za vodosnabdevanje Srbije sa aspekta ugroženosti erozionim procesima, *Vodoprivreda* br. 225-227, str. 47-57, Beograd
- [32] Strategija upravljanja vodama na teritoriji Republike Srbije do 2034. godine, Službeni glasnik RS, br 3/2017
- [33] World Bank (2015) Water and Climate Adaptation Plan for the Sava River Basin, Final Report, World Bank. Dokument dostupan na sajtu Međunarodne komisije za sliv reke Save: https://www.savacommission.org/project_detail/18/1

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON SERBIAN WATER MANAGEMENT AND MEASURES FOR PROTECTION AGAINST NEGATIVE IMPACTS

by

Branislav DJORDJEVIĆ¹⁾, Tina DAŠIĆ²⁾ and Jasna PLAVŠIĆ²⁾

¹⁾ Academy of engineering sciences of Serbia, ²⁾ University of Belgrade – Faculty of civil engineering

Summary

Greenhouse gas (GHG) emissions are causing climate and hydrological changes that will increasingly affect water management systems and ecosystems. In order to see the danger of these changes, the article first systematizes the conclusions about the real state of Serbia's water resources. This situation can be summarized in the view that Serbia is a water-poor country, which is not able to meet its needs only at the level of average flows only from domestic waters. The situation is much more unfavorable due to the large

spatial and temporal unevenness of the water. In low-water periods, the sum of all domestic waters decreases to only about 50 m³ / s, which is about ten times less than the average water flows that are formed in Serbia. The third chapter discusses the impact of two scenarios of GSB emissions on changes in climatological and hydrological parameters in Serbia. Important climatological indicators are deteriorating: in both scenarios, temperatures will increase in all seasons, which is a very unfavorable process for both water

management and ecological systems. Average precipitation is decreasing, especially in the southern and eastern part of the country. However, much less unfavorable is the fact that the decrease in precipitation will be especially pronounced in the summer, vegetation part of the year, and that the deterioration will be especially large in the southern and eastern part of the country, which have been insufficient so far. This puts all branches of water management in a very unfavorable position, especially irrigation. The consequences on the flow regimes are also very unfavorable. According to both scenarios, the average annual flows on the rivers in the basins of all three Morava, Ibar, Timok, Drina are decreasing. However, the unfavorable distribution of flow reductions during the year is much more unfavorable and more worrying: in winter there is even a certain increase compared to the current values, and the largest reduction is expected in the vegetation part of the year, especially in the months considered so far. low-water - from July to October. It is very unfavorable that the intensity of groundwater renewal is significantly reduced (even over 50%, depending on the part of the country and the period), and in that case mostly in the southern and eastern part of the country. In accordance with these predictions, the fourth chapter discusses the consequences in all water management branches, as

well as the measures that must be taken to neutralize or reduce the consequences of these favorable processes. An important conclusion is that in the new circumstances, the future of Serbia will depend on - accumulation with annual flow regulation. Numerous new accumulations are necessary and a table of such facilities is given, the ones that are most necessary. An important conclusion is that in the new circumstances, the future of Serbia will depend on - accumulation with annual flow regulation. Numerous new accumulations are necessary and a table of such facilities is given, the ones that are most necessary. It is required that project documentation be prepared for all of them at the level of General Projects, so that the spatial plans specifically protect all these areas only for those purposes. The same should be done for all sources, especially large ones of regional importance. A conclusion is given on the most important activities that need to be done in order to prepare water management systems in time for functioning in increasingly unfavorable conditions of climate change.

Keywords: climate change, branches of water management, reservoirs, springs, flood protection, water protection

Redigovano 7.11.2020.