

AKUMULACIJA GRUŽA

IZMEĐU NJIVE I SLAVINE



Prof. dr Snežana Simić
Prof. dr Marija Ćosić
Doc. dr Aleksa Lipovac
Marija Simić Savić

Kragujevac, 2026.

Ova publikacija nastala je u okviru projekta „Voda za zajednicu – Akumulacija Gruža kao kritični resurs u sistemu vodosnabdevanja i ruralnog razvoja“, koji sprovodi Udruženje Ekomar.

Projekat se realizuje u okviru projekta „EU Resurs centar za civilno društvo u Srbiji“, koji Beogradska otvorena škola sprovodi u partnerstvu sa organizacijama civilnog društva: Novosadska novinarska škola, ENECA, Užički centar za prava deteta, Nova planska praksa, Sigurne staze, Mladi poljoprivrednici Srbije, kao i sa međunarodnim partnerom, Fondacijom Fridrih Ebert (Friedrich Ebert Stiftung).

Projekat je podržan od strane Evropske unije i realizuje se u periodu od 2023. do 2026. godine.

Akumulacija Gruža između njive i slavine

Udruženje za promociju i ekološki marketing prirodnih vrednosti "Ekomar",
Kragujevac

Autori

Prof. dr Snežana Simić

Prof. dr Marija Ćosić

Doc. dr Aleksa Lipovac

Marija Simić Savić

Autor fotografija

Snežana Simić

Kragujevac, 2026. godine

SADRŽAJ



4 Uvod

6 O Akumulaciji Gruža

18 Poljoprivreda u slivu akumulacije Gruža

31 Eutrofizacija akumulacije Gruža

40 Značaj akumulacije Gruža u sistemu vodosnabdevanja grada Kragujevca

47 Procena potreba poljoprivrede za vodom za navodnjavanje na području opštine Knić

UVOD

Publikacija je nastala u okviru projekta „Voda za zajednicu – Akumulacija Gruža kao kritični resurs u sistemu vodosnabdevanja i ruralnog razvoja“, koji udruženje Ekomar realizuje u okviru projekta EU Resurs centar za civilno društvo u Srbiji.

Predstavlja nastavak prezentacije rezultata dugogodišnjeg rada udruženja Ekomar na zaštiti akumulacije Gruža i nadovezuje se na prethodne publikacije „Akumulacije grada Kragujevca -stanje i perspektive“ i „Akumulacije u Srbiji u vreme klimatskih promena“. U ovoj publikaciji pažnja je usmerena na Gružu kao izvor vode za Kragujevac, ali i na opštinu Knić i potrebe lokalne zajednice kroz realizaciju poljoprivrednih aktivnosti.

Akumulacija Gruža, koja je 1985. godine formirana i napunjena na teritoriji opštine Knić, a služi za vodosnabdevanje pre svega grada Kragujevca, se od nastanka suočava sa tri grupe pritisaka koje su od posebnog značaja za održivo korišćenje ovog vodoizvorišta: nelegalnom gradnjom, otpadom i poljoprivrednim aktivnostima u slivnom području, a često i u zonama sanitarne zaštite. Ovi pritisci imaju različite uzroke, obim i posledice, zbog čega zahtevaju različite upravljačke mere.

Nelegalna gradnja u prvoj zoni sanitarne zaštite predstavlja pitanje neprimene propisa i neadekvatne institucionalne kontrole. Ova zona ima funkciju neposredne zaštite akumulacije i u njoj ne bi smele da se odvijaju aktivnosti koje mogu ugroziti kvalitet vode. Poseban rizik predstavljaju objekti bez adekvatno rešenog prikupljanja i tretmana otpadnih voda, kao i promene u priobalnom prostoru koje uključuju uklanjanje vegetacije, nasipanje obale, izgradnju prilaznih puteva i intenzivnije korišćenje prostora.

Nelegalna gradnja u prvoj zoni sanitarne zaštite je uvek povezana i sa raščišćavanjem prostora i uklanjanjem priobalne vegetacije, koja ima značajnu zaštitnu funkciju. Ona smanjuje spiranje nanosa i zagađujućih materija sa okolnog zemljišta, doprinosi stabilnosti obale i ublažava direktne uticaje sa kopna na akumulaciju. Njeno uklanjanje povećava izloženost jezera eroziji i unosu različitih materija iz neposrednog okruženja. Na mesto vegetacije vlasnici često zidaju betonske potporne zidove, što značajno utiče na diverzitet priobalnog dela akumulacije, a posredno i na funkcionisanje ovog vodenog ekosistema. Upravljanje ovim problemom zahteva dosledno sprovođenje važećih propisa, efikasniji inspekcijski nadzor, sprečavanje nove nelegalne gradnje i sanaciju prostora u kome je zaštitni pojas narušen.

Otpad predstavlja drugi značajan pritisak na prostor akumulacije. Prisustvo otpada na obalama, pored prilaznih puteva, u potocima i na mestima neformalnog okupljanja ukazuje na potrebu za unapređenjem komunalne infrastrukture i kontrole korišćenja prostora. Ovaj problem se ne može rešavati isključivo povremenim akcijama čišćenja, već zahteva kontinuiran sistem održavanja i nadzora. Mere za smanjenje ovog pritiska treba da uključe redovno uklanjanje otpada, kontrolu nelegalnog odlaganja, jasnije označavanje pravila korišćenja prostora, bolju organizaciju mesta na kojima se posetioци zadržavaju i koordinaciju nadležnih službi. Posebnu pažnju treba posvetiti pritokama jer otpad i zagađujuće materije sa šireg prostora sliva mogu dospeti do akumulacije i kroz reke i potoke od kojih se napaja akumulacija.

Treći i najkompleksniji pritisak odnosi se na poljoprivredu.

Opština Knić je izrazito poljoprivredni kraj gde ratarstvo, voćarstvo i druge delatnosti predstavljaju važan izvor prihoda i osnov svakodnevnog života velikog broja domaćinstava. Za razliku od nelegalne gradnje i otpada, rešavanje problema prouzrokovanih intenzivnom poljoprivrednom u slivu se ne mogu rešavati samo kroz zabrane i kontrole. Upravljanje poljoprivrednim pritiscima mora se zasnivati na usklađivanju zaštite akumulacije i potreba lokalne zajednice.

Pritisци iz poljoprivrede utiču i na kvalitet i količinu vode. Sa aspekta kvaliteta vode, poseban značaj ima spiranje đubriva, pesticida, organskih materija i čestica zemljišta sa okolnih površina.

Dugoročno, takvi procesi mogu doprineti povećanom unosu organskih i neorganskih materija u vodu, pogoršanju kvaliteta sirove vode i povećanim zahtevima za njen tretman u ciju dobijanja hemijski i higijenski ispravne vode za piće. U sušnim, sve češćim periodima povećava se potreba za navodnjavanjem, čime se istovremeno smanjuje količina vode u akumulaciji. Ovakve okolnosti mogu pojačati napetost između potreba poljoprivredne proizvodnje u opštini Knić i sigurnosti vodosnabdevanja stanovnika Kragujevca.

Zbog toga poljoprivreda predstavlja jedan od najvećih izazova za upravljanje slivom akumulacije Gruža. Potrebno je razvijati mere koje istovremeno smanjuju rizik po akumulaciju i omogućavaju održivost lokalne proizvodnje. Takve mere uključuju racionalnu upotrebu đubriva i pesticida, zaštitne vegetacione pojaseve uz obale, savetodavnu podršku poljoprivrednicima, kontrolu zahvatanja vode u sušnim periodima, praćenje kvaliteta vode u pritokama i akumulaciji i poštovanje pravila o mogućnostima i načinima korišćenja zemljišta u zonama sanitarne zaštite.

O AKUMULACIJI GRUŽA

Akumulacija Gruža se nalazi u centralnoj Srbiji na teritoriji opštine Knić (43°55'19" N 20°41'20" E), 20 km jugoistočno od Kragujevca, na nadmorskoj visini od 273 m. Nastala je pregrađivanjem srednjeg toka reke Gruže. Izgradnja brane započeta je 1979. godine, a u potpunosti je završena 1985. godine. Građevinska visina lučne brane je 51, 50 m, a dužina zajedno sa oporcima 288, 05 m. Akumulacija se prostire na površini od 934 ha, što predstavlja jednu od najvećih vodenih površina na području Šumadije. Površina sliva je 318 km², a površina zone zaštite, u kojoj se nalaze domaćinstva, iznosi 1450 ha. Ukupna dužina akumulacije je oko 13 km, dok širina varira između 300 i 2 800 m. Obalska linija akumulacionog jezera Gruža je sitno razučena i u većem delu pristupačna. Dugačka je 42 km.



Ukupna zapremina akumulacije iznosi $64,6 \times 10^6 \text{ m}^3$. U vreme formiranja predviđeno je da akumulacija garantuje isporuku vode od 816 l/s prosečno godišnje, sa teorijskom obezbeđenošću od 99, 0%. Pored toga, predviđeno je da se iz akumulacije neprekidno ispušta garantovani minimalni proticaj od 200 l/s.

Ukupan prosečan proticaj tokom godine je 1000 l/s. Srednje vreme zadržavanja vode u akumulaciji je 1,8 godina. Pri koti 269, 2 mnv dve trećine zapremine akumulacije predstavlja plići region (2-9 m dubine) i uglavnom, ispunjava depresiju Kničkog polja. Ovaj deo akumulacije je od formiranja do danas okružen obradivim površinama. Trećinu zapremine čini dublji deo u klisuri Gruže (15 – 30 m dubine), okružen šumama i pašnjacima. Na pojedinim mestima dubina akumulacije je 1,3 m, dok je najveća dubina neposredno ispod brane i iznosi oko 31 m. Oscilacija nivoa vode unutar akumulacije je 3-5 m, u zavisnosti od sezone.

Akumulacija u odnosu na malu dubinu i masu vode, ima veliku površinu. Kretanje vode je minimalno. Proticaj kod brane iznosi 1,0 m³/s, što za posledicu ima dugo zadržavanje vode u punoj akumulaciji koje iznosi 22 meseca (Milojević et al, 1994; 1995, iz Ćomić i Ostojić, 2005).

Akumulaciju uglavnom snabdevaju vodom atmosferske padavine. Pored atmosferske vode i vode iz reke Gruže i Boračke reke, akumulacija prima vodu i iz manjih pritoka (potoci Ćurevac i Panjevac) koje tokom žarkih letnjih meseci često presušuju, a u periodima intenzivnih padavina imaju karakter bujičnih vodotokova.

Reka Gruža pripada crnomorskom slivu. Duga je 77 km, i jedna je od najdužih i vodom najbogatijih reka Šumadije. Izvire na južnim padinama planine Rudnik (selo Svračkovac), a u zapadnu Moravu se uliva u blizini sela Čukojevac, istočno od Kraljeva, donoseći 2,2 m³/s vode. Kota izvora reke Gruže nalazi se na 560 mnv, a njeno ušće se nalazi na nadmorskoj visini od 82 m. Kota Gruže na kojoj je podignuta brana iznosi 240 mnv. Gornji tok reke Gruže predstavlja malu tekućicu sa oskudnim protokom vode (oko 10 l/s). Izvorišni deo čine potočići koji se sjedinjuju i čine tok reke. U gornjem toku ima karakter brdskog vodotoka sa brzacima, virovima i bukovima.

Sliv ovog dela reke je erozivnog karaktera i u vreme otapanja snega i padavina dolazi do slivanja velikih bujica. To je vodotok velikih oscilacija vodnog režima. Pri prosečnom vodostaju prema Markoviću (1962) proticaj reke Gruže je 120 l/s, a brzina vode je 1,6 m /s. Širina reke u gornjem toku je 3-5 , a u donjem toku 8-10 m. Prosečna dubina je od 0,75 cm do 1,5 m. Dno je šljunkovito, ređe kamenito, a u donjem delu toka šljunkovito i muljevito. Geološku podlogu čine eruptivne, sedimentne i metamorfne stene. Centralni deo sliva Gruže izgrađen je od jezerskih naslaga, a duž korita glavnog toka i većih pritoka je rečni nanos. Zajednička odlika većeg dela geološke podloge je nedovoljna otpornost na delovanje padavina i ekstremnih temperatura, u čemu se posebno ističu delovi sliva izgrađeni od fliša gde je pojava tipičnih bujičnih vodotoka. Reka protiče kroz veći broj naselja i zone obradivih površina. U periodu velikih dotoka, visokih vodostaja i plavljenja priobalja, u reku se slivaju značajne količine mineralnih i organskih materija (iz Ćomić i Ostojić, 2005).

Boračka reka, desna pritoka akumulacije Gruža, duga je 8, 7 km. Površina sliva je 38, 5 km. Pripada gornjem slivu Gruže na kome su relativno velike padavine. Ima vrlo visok modul oticanja ($q = 6,85 \text{ l/s/km}^2$). Orjentaciona količina vode iznosi 219 l/s. Od sela Borač reka protiče kroz naselja i zonu obradivog zemljišta.

Formiranjem i punjenjem akumulacije potopljeno je preko 900 ha plodnog zemljišta, koje je pre potapanja korišćeno za poljoprivredne svrhe. Eksproprijacija zemljišta nije urađena potpuno, tako da su poljoprivredne aktivnosti u opštini Knić, i dalje razvijene u zoni oko Gružanske akumulacije, kao i u slivu ove akumulacije. Znatno broj poljoprivrednih površina, stočnih farmi i pogona za preradu poljoprivrednih proizvoda nalazio se od formiranja akumulacije u prvoj i drugoj zoni sanitarne zaštite. Danas takođe, kako u zonama sanitarne zaštite, tako i u celom slivnom području, se odvijaju brojne poljoprivredne aktivnosti.



Deo akumulacija Gruža okružen poljoprivrednim površinama

Na osnovu člana 64. stav 3. Zakona o poljoprivrednom zemljištu („Službeni glasnik RS“, br. 62/06, 65/08 – dr. zakon, 41/09, 112/15, 80/17 i 95/18– dr. zakon), Pravilnika o uslovima i postupku davanja u zakup i na korišćenje poljoprivrednog zemljišta u državnoj svojini («Sl.glasnik RS», br.16/2017, 111/2017 i 18/2019) i člana član 1. Odluke o određivanju nadležnog organa za sprovođenje postupka davanja u zakup poljoprivrednog zemljišta u državnoj svojini («Službeni glasnik opštine KNIĆ» broj 11/2018 od 13.04.2018), opština KNIĆ raspisuje svake godine OGLAS ZA DAVANJE U ZAKUP I NA KORIŠĆENJE POLJOPRIVREDNOG ZEMLJIŠTA U DRŽAVNOJ SVOJINI U OPŠTINI KNIĆ po nalogu Ministarstva za poljoprivredu.

Jedan broj katastarskih parcela je u prvoj zoni sanitarne zaštite akumulacije Gruža..

Zakupci navedenog zemljišta ga koriste kako u poljoprivredne svrhe, tako i za postavljanje nelegalnih objekata.

NAMENA AKUMULACIJE GRUŽA

Osnovna namena akumulacije Gruža je vodosnabdevanje Kragujevca, pri čemu se procenjuje da oko 70 % vode za grad obezbeđuje upravo ovaj sistem, kao i vodosnabdevanje Batočine, manjeg dela Kraljeva i dela domaćinstava u opštini Knić. Prema ranijim planskim dokumentima i podacima navedenim u vodnoj dozvoli, Gruža je deo Ibar–šumadijskog regionalnog sistema vodosnabdevanja, sa osnovnom funkcijom snabdevanja stanovništva visokokvalitetnom vodom. Pored toga, akumulacija ima i druge vodoprivredne funkcije: zaštitu od velikih voda, zadržavanje nanosa i popravljavanje režima malih voda na nizvodnom potezu Gruže u ekstremno nepovoljnim hidrološkim situacijama. Nacrt novog Prostornog plan područja posebne namene sliva akumulacije „Gruža“ koji je obavljen 2023. godine zadržava vodosnabdevanje kao prioritetnu namenu, ali ga posmatra u širem okviru upravljanja celim slivom. Plan predviđa uspostavljanje zona sanitarne zaštite I, II i III stepena, strožu kontrolu izgradnje i korišćenja prostora, sanaciju naselja i mere za očuvanje kvaliteta vode. Istovremeno, novi planski okvir prepoznaje potrebu da se zaštita izvorišta uskladi sa razvojem lokalne zajednice, posebno kroz održivu poljoprivredu, unapređenje uslova za navodnjavanje, razvoj ruralnog i ekološki prihvatljivog turizma i druge aktivnosti koje ne ugrožavaju osnovnu funkciju akumulacije. Time se akumulacija Gruža posmatra kao prostor u kome je potrebno uskladiti javni interes vodosnabdevanja sa postojećim načinima korišćenja zemljišta i razvojnim potrebama stanovništva u slivu. Ovaj nacrt posebnu pažnju daje značaju korišćenje vode iz akumulacije i njenih pritoka za polivanje, odnosno navodnjavanje poljoprivrednih površina u opštini Knić.

FAKTORI UGROŽAVANJA AKUMULACIJE GRUŽA

Još pre formiranja akumulacije Gruža ekolozi Prirodno-matematičkog fakulteta u Kragujevcu, profesor dr Vladimir Veljović i saradnici, su istakli da “prosečno veoma mala dubina, veliko prostranstvo i površina isparavanja, glinovito dno i glinoviti litoral jasno ukazuju da akumulaciono jezero na Gruži ima profundal, bitno obeležje jezera, samo u najdubljem delu uzvodno od brane, a da ostali mnogo prostraniji deo ima svojstava bare i močvare”, kao i da će potapanje oko 1000 ha najplodnijeg zemljišta doline Gruže dovesti do toga da “postoje veliki problemi zaštite jezera od pojave erozije, eutrofizacije i zagađenja” (Veljović i Marković, 1984; Veljović et al. 1986, iz Čomić i Ostojić, 2005).

Ispostavilo se da su slutnje profesora Veljovića bile opravdane. Od formiranja akumulacije do danas, rezultati istraživanja kvaliteta vode pokazuju da je bilo i da ima problema u akumulaciji, koji se odražavaju na kvalitet vode (Simić i et al. 2021). U jezeru su izraženi procesi eutrofizacije od samog početka (Ranković i Simić, 2005; Simić 2005; Simić i et al. 2021, 2024), često praćeni pojavom cvetanja cijanobakterija (Ranković i Simić, 2005; Simić i saradnici, 2021, 2024; Đorđević et al. 2025). U vodi jezera je izražena konstantna povećana koncentracija mangana i organskih materija, u letnjem periodu povremeno i koncentracije amonijaka (Mihajlović et al. 2005, iz Čomić i Ostojić, 2005). Ispitivanja mulja takođe su pokazala povećane koncentracije mangana i bakra, u manjoj meri i nikla i hroma. Koncentracije bakra iznad maksimalno dozvoljenih (MDK) su zabeležene u naslagama mulja u neposrednoj blizini brane, posebno nakon perioda intenzivnog korišćenja bakar sulfata za suzbijanje razvoja cijanobakterija (Mihajlović et al. 2005, iz Čomić i Ostojić, 2005).

Novija istraživanja trofije i kvaliteta vode pokazuju da je voda eutrofna, a ekološki potencijal od IV do V klase što je najlošiji kvalitet (Čađo et al. 2016, 2016a)

O velikom broju izvora zagađujućih materija kada je u pitanju akumulacija Gruža pisali su i pre skoro trideset godina Simović i saradnici (1999). Autori su i tada upozoravali da šarenilo zakonskih pravnih akata u oblasti zaštite voda, kao i iscepanost prostora i ekonomskih interesa opštinskih područja, uz neefikasnost administrativnog aparata, ignoriše problem zagađenja i sanitarne zaštite ovog izvorišta za snabdevanje vodom Kragujevca. U radu iz 1999. godine daju katastar zagađivača u slivnom području akumulacije Gruža. Navode da su “vode pritoka zagađene velikim količinama organskog otpada koje dospevaju direktnim ispuštanjem iz otvorene septičke jame u pećurkari ili posle delimične prerade u klanici, kao i ceđenjem kroz zemljište iz pilićarnika. Veliki udeo u zagađivanju imaju i obradive površine (56 % slivnog područja), odakle spiranjem dospevaju đubriva i pesticidi, kao i brojna domaćinstva koja nemaju adekvatno izgrađene septičke jame, tako da tečan organski otpad direktno dospeva u vodu akumulacije. Problem je i jak frekventan saobraćaj, jer je preko same akumulacije izgrađen most koji povezuje Kragujevac i Čačak. Sama akumulacija je ribolovno područje, tako da u njene vode dospevaju produkti sagorevanja iz motornih čamaca. Iako njihov broj nije veliki, tokom letnjeg perioda pojavljuju se kupaći, pecaroši i izletnici, što dovodi i do urino-fekalnog zagađenja” (Simović et al. 1999, iz Čomić i Ostojić, 2005). Većina problem nikada nije rešena. Na osnovu analiza rađenih za potrebe većeg broja inicijativa i aktivnosti udruženja Ekomar od 2020. godine i rezultata prikazanih u publikacijama “Akumulacije grada Kragujevca” i “Akumulacije u Srbiji u vreme klimatskih promena” (Simić et al. 2021; 2024) navodi se i dalje skoro isti niz problema koji dovode do ugrožavanja kvaliteta vode u ovom vodenom ekosistemu. U periodu od formiranja akumulacije do sada malo toga je rešeno. Osim zabrane korišćenja čamaca sa motorima koji koriste gorivo i zabrane prelaska vozila sa opasnim materijama preko mosta, jedino sistemsko poboljšanje koje je napravljeno u slivnom području akumulacije je

izgradnja kanalizacione mreže u opštini Knić i četiri postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda (<https://cistasrbija.rs/tag/knic/>).

I dalje, 40 godina od formiranja akumulacije, postoji neusaglašenost u upravljanju kako na međuopštinskom nivou (Kragujevac - Knić), tako i na nacionalnom nivou, ne poštuju se zone sanitarne zaštite, procenat obradive površine u slivnom području je povećan (posebno je značajno povećanje procenta korišćenja poljoprivrednih površina u prvoj zoni sanitarne zaštite), broj naselja i nelegalno izgrađenih objekta, kao i veliki broj kamp prikolica i šatorskih naselja je povećan (u pitanju su objekti sa uglavnom neregulisanim prikupljanjem otpadnih voda), povećan je broj posetilaca i ribolovaca sa neadekvatnim (ostavljanje velike količine otpada) i nezakonitim ponašanjem (korišćenje prihrane). Poseban problem je povećana količina otpada (naročito plastike), kao i neadekvatno prikupljanje i odvoženje istog. Od početka 2026. godine problem sa otpadom oko akumulacije je još veći, zato što su kontejneri za sakupljanje sklonjeni, i nema adekvatnih posuda za odlaganje i odvoženje smeća.

U akciji sakupljanja otpada članovi udruženja Ekomar zajedno sa stanovnicima Knića su u martu 2024. godine na prostoru od 500 dužnih metar obale sakupili preko 70 velikih džakova otpada. Najveći udeo je činio otpad koji ostavljaju ribolovci (prihrana, flaše, kese, priručna sredstva za privremeni smeštaj i sl.).





Pritisci na akumulaciju Gruža

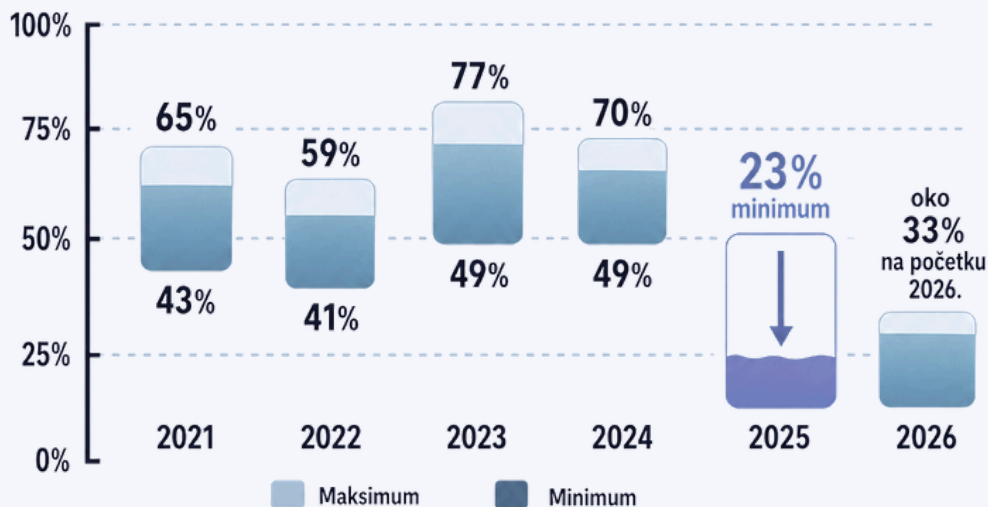
Dodatno, posebno u letnjem periodu pojačana je potreba za korišćenjem vode od strane građana Kragujevca, korisnika ove akumulacije kako u privatnom, tako i u privrednom sektoru.

Zbog intenzivne obrade i gajenja različitih povrtarskih i voćarskih kultura voda iz pritoka, kao i same akumulacije, se intenzivirano koristi za polivanje i navodnjavanje. Povećan je i broj bunara za potrebe navodnjavanja, u neposrednoj blizini, što takođe indirektno utiče na količinu i nivo vode u akumulaciji.



Pumpe za navodnjavanje u Boračkoj reci (levo) i u akumulaciji

Uz ove pomenute antropogene faktore koji utiču na količinu i kvalitet vode u akumulaciji, evidentni su i uticaji tkz. klimatskih promena (Simić et al. 2024). Poslednjih godina došlo je do prosečnog povećanja godišnje temperature vazduha, prosečna količina padavina je relativno ista, ali je neravnomerna raspodela u toku godine: povećana je količina padavina u prolećnom periodu (često su i bujične) i to baš u vreme kada su obradive površine pod usevima u ranoj fazi razvoja i tretirane različitim hemijskim sredstvima. Zime sa malom količinom snega, dugi letnji i jesenji periodi bez padavina u leto (posebno 2022. i 2025. godine) su bili uzroci i delimičnog isušivanja jezera.



U 2025. godini zabeležen je minimum od samo 23%.

Zapunjenost akumulacije Gruža u periodu od 2021. do 2026. godine



Suvo Kničko polje 2022. godine



Suvo Kničko polje 2025. godine

Nakon isušivanja jezera, dno jezera postepeno biva potpuno pokriveno livadskom vegetacijom. Nakon ponovnog punjenje jezera i potapanja vegetacije, vremenom dolazi do postepenog truljenja i obogaćivanja jezera neorganskim materijama, koje dodatno doprinose eutrofizaciji jezera.



Kničko polje obraslo vegetacijom nakon sušnog perioda 2022. godine

POLJOPRIVREDA U SLIVU AKUMULACIJE GRUŽA

U slivu akumulacije Gruža poljoprivredno zemljište je zastupljeno sa 51 %. Najveći procenat poljoprivrednog zemljišta je na teritoriji opštine Knić koja se nalazi u centralnoj Srbiji. Teritorijalno pripada Šumadijskom upravnom okrugu, a okružuju je opštine Kraljevo, Čačak, Kragujevac i Gornji Milanovac. Po poslednjem popisu ima 11 729 stanovnika u 36 naselja. Naselja u opštini Knić: Bajčetina, Balosave, Bare, Bečevica, Borač, Brestovac, Brnjica, Bumbarevo Brdo, Vrbeta, Vučkovica, Grabovac, Grivac, Gruža, Guberevac, Guncati, Dragušica, Dubrava, Žunje, Zabojnica, Kikojevac, Kneževac, Knić, Konjuša, Kusovac, Leskovac, Lipnica, Ljubić, Ljuljaci, Oplanić, Pajsijević, Pretoke, Radmilović, Rašković, Sumorovac, Toponica i Čestin. Naselja opštine Knić su razučena u ravničarskom i u brdovitom delu. U najvećem broju naselja poljoprivreda predstavlja najveći izvor prihoda. Na teritoriji opštine Knić aktivno je oko 4 000 registrovanih poljoprivrednih gazdinstava. Čak 99,85 % čine porodična poljoprivredna gazdinstva, dok je ostatak pripada pravnim licima. Kada je reč o članovima poljoprivrednih domaćinstava, tu su žene u većini i ima ih 61,05 %.



Opština Knić ima izuzetno povoljne prirodne (zemljište, klima, voda, nadmorska visina, reljef) i klimatske uslove za razvoj poljoprivredne proizvodnje. Na obodu akumulacije Gruža i u dolini reke Gruže nalazi se najplodnije zemljište ovoga kraja. Od 413 kilometara kvadratnih, koliko iznosi ukupna površina opštine, na poljoprivredno zemljište otpada 65,9 %, a na šumsko 24,5 %. Po podacima iz Poljoprivrednog popisa iz 2012. godine ta površina je iznosila 27 127 ha, a po posljednjem Poljoprivrednom popisu iz 2023. poljoprivredne površine se prostiru na 23 620 ha. U opštini Knić skoro sve poljoprivredne površine su u privatnom vlasništvu. Površine u društvenoj (državnoj) svojini zanemarljive su u odnosu na ukupne.

Na teritoriji opštine poljoprivreda sa oko 60% učestvuje u formiranju nacionalnog dohotka (2005. godina). Iako je to jedan od glavnih prihoda stanovništva, poljoprivreda je ekstenzivnog tipa, i obavlja se na tradicionalan način, tako da je produktivnost na niskom nivou.

Na teritoriji opštine postoje i udruženja poljoprivrednika i zemljoradničke zadruge, kao što je Poljoflora (Kusovac), Pčelarska zadruga (Profarming Group), Zemljoradnička zadruga za uzgoj muznih krava (Baranka), Opšta zemljoradnička zadruga Guncati, Eko zadruga u Grivcu, kao i udruženje voćara “Gružansko voće”.



Voćnjaci u prvoj zoni sanitarne zaštite akumulacije Gruža

Na osnovu dostupnih podataka Republičkog zavoda za statistiku (RZS) i Programa mera podrške za sprovođenje poljoprivredne politike i politika ruralnog razvoja opštine Knić za 2026. godine (Službeni glasnik opštine Knić 12/2026) u opštini Knić je tokom Poljoprivrednog popisa 2012. godine struktura poljoprivrednih površina i različitih kultura je sledeća:

Poljoprivredne površine

Od ukupno 26.837 ha poljoprivrednog zemljišta, najzastupljenije su oranične površine koje zauzimaju 62,9% obradivih površina, zatim livade i voćnjaci sa 14,6% odnosno 12,9% i pašnjaci sa 9,4%. U strukturi oranica 60,5% čine žita (kukuruz i pšenica), krmno bilje 24,2% i 11,8% povrtno bilje. U strukturi ostvarene poljoprivredne proizvodnje u opštini Knić preovlađuju tradicionalna proizvodnja pšenice i kukuruza. Fizički obim poljoprivredne proizvodnje je izmenjen 2008. godine u odnosu na 2005. godinu: povećana je proizvodnja žita (14% pšenica i 6,5% kukuruza), od povrtnog bilja povećana je proizvodnja krompira, dok je kod stočarstva povećan broj ovaca (85 ovaca na 100 ha poljoprivredne površine u 2007. godini, dok je 2005. godine taj prosek bio 67), dok je broj goveda i svinja smanjen u odnosu na 2005. godinu.

Struktura poljoprivrednih gazdinstava

Struktura gazdinstva je vrlo nepovoljna sa prosečnom veličinom gazdinstva od oko 2,9 ha, dok mali broj proizvođača obrađuje preko 10 ha (svega 8%).

Usitnjenost parcela nepovoljno utiče na ostvarenje veće poljoprivredne proizvodnje i primene moderne agrotehnike. Poljoprivredna populacija značajno stari, a nivo obrazovanja je prilično nizak. Veoma mali broj poljoprivrednika je specijalizovan za određeni tip poljoprivredne proizvodnje. Navodnjavane površine su male, a sistemi zastareli. Poljoprivredna mehanizacija je zastarela. Pod šumom se nalazi 13.646 ha.

Ratarstvo i povrtarstvo

Poljoprivrednih gazdinstava koja se bave oranicama i baštama ima 3 369. Prema podacima Poljoprivrednog popisa iz 2012. godine najzastupljenije je žito. Od žita najviše ima pšenice (2 910 ha), kukuruza za zrno (3 830 ha), zatim ovsa (928 ha), ječma (403 ha), raži (20 ha) i ostalih žita za zrno (245 ha). Mahunarke su zastupljene u vidu graška za suvo zrno (5 ha),

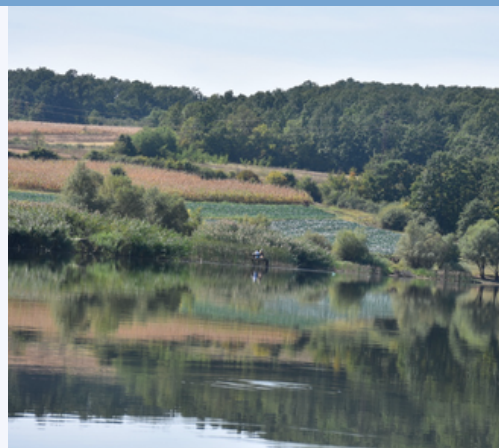
pasulja (1 ha) i ostalih mahunarki (2 ha). Industrijskog bilja ima u vidu soje (251 ha), suncokreta na (9 ha) i ostalog bilja za proizvodnju ulja (2 ha). Od povrća najzastupljeniji je kupus (97 ha), paprika (10 ha), crni luk (7 ha), paradajz (4 ha), a ostalo povrće se nalazi na 3 ha. Bostana ima na 28 ha, dok je jagoda na 1 ha. Povrće u zaštićenom prostoru gaji 17 poljoprivrednih gazdinstava na 2 ha.

Voćarstvo

Na teritoriji opštine Knić pod voćnjacima se nalazi 1 516 ha u okviru 2 865 poljoprivrednih gazdinstava. Plantažni voćnjaci se nalaze na 478 ha, a ekstenzivni na 1 038 ha. Vinogradi zauzimaju 8 ha, od čega su na 6 ha sorte za jelo, u okviru 62 poljoprivredna gazdinstva. Po popisu poljoprivrede za 2012. godine u opštini Knić se gaji voće na 1516 i to: šljive na 1 101, jabuke na 117 ha kruške 81 ha, breskve 18 ha, kajsije na 25 ha, višnje na 41 ha, orasi na 74 ha, lešnici na 15 ha, maline na 2 ha, kupine na 4 ha i stale vrsta voća na 38 ha. Poslednji podaci pokazuju povećanje površina pod voćem na 3 530 hektara.

Stočarstvo

Prema Popisu poljoprivrede iz 2012. godine na području opštine Knić postoje 3 360 poljoprivredna gazdinstva, sa 17 335 uslovna grla. Od stoke, najviše se uzgajaju svinje i ovce, uz primetan trend smanjivanja stočnog fonda.



Poljoprivredne površine u prvoj zoni sanitarne zaštite Gružanske akumulacije

UTICAJ POLJOPRIVREDE NA KVALITET POVRŠINSKIH VODA

Poljoprivreda kao osnovni način za obezbeđenje hrane i različitih drugih proizvoda, dovodi i do niza negativnih, ne samo ekoloških već i ekonomskih posledica. Pojavljuju se brojne "ekološke bolesti" povezane sa ovakvim načinom poljoprivredne proizvodnje, koje se mogu grupisati u dve kategorije: **"bolesti biotopa"** i **"bolesti biocenoze"**.

Pod prvim pojmom **"bolesti biotopa"** podrazumevaju se: emisije gasova u vazduh i vodu; ostaci pesticida i teških metala u vodi, zemljištu i vazduhu; degradacija fizičkih osobina zemljišta (zbijenost, erozija vodom i vetrom), hemijskih osobina (smanjenje sadržaja humusa, zakišeljavanje), degradacija bioloških osobina zemljišta koja se ogleda u narušenom odnosu i broju pojedinih grupa mikroorganizama; zagađenje površinskih i podzemnih voda, gubitak poljoprivrednog zemljišta ubrzanom urbanizacijom i sl.. U drugu kategoriju **"bolesti biocenoze"** spadaju: gubitak genetičkih resursa gajenih i divljih biljaka i životinja, eliminacija prirodnih neprijatelja, pojačan napad štetočina i njihova otpornost na pesticide, hemijsko zagađenje i uništavanje prirodnih mehanizama kontrole. Degradacija prirodnih resursa nije samo ekološki, već socijalni i političko-ekonomski problem.

Zagađenje površinskih voda kao posledica poljoprivrednih aktivnosti

U uslovima intenzivne poljoprivrede dolazi direktno (ulivanjem, spiranjem, raspadanjem) ili indirektno (preko zagađenog zemljišta) do zagađenja voda pre svega zbog neadekvatnog korišćenja mineralnih đubriva, stajnjaka, pesticida, neadekvatnog odlaganja životinjskog otpada, neadekvatnog odlaganja neopasnog i opasnog otpada različitog porekla.

Izvor podataka Kovačević et al. 2011

http://www2.agrosym.rs.ba/agrosym/agrosym_2011/pdf/Plenary_lectures/Kovacevic_D_et_al.pdf

Pogoršanju kvaliteta vode doprinose i erozija zemljišta, ne samo zbog unosa zagađujućih materija, nego i zbog zasipanja jezera i smanjivanja dubine. Prevelika potrošnja vode takođe može da ima uticaja na kvalitet vode.

Mineralna đubriva

Mineralna đubriva se dobijaju preradom prirodnih sirovina, iz kojih se hranljivi elementi iz nepristupačnih ili teže pristupačnih oblika prevode u biljkama pristupačne oblike. Od svih vrsta đubriva koja se danas koriste u poljoprivrednoj proizvodnji najzastupljenija su azotna, fosforna i kalijumova mineralna đubriva. Ova đubriva imaju širok spektar dejstva na životnu sredinu. Ona utiču pozitivno, ali i negativno na osobine zemljišta, vazduha, voda i životnu sredinu.

Uticaj mineralnih đubriva na okolinu može da se oceni praćenjem sadržaja jedinjenja koja sadrže azot (nitrati), fosfor i jedinjenja fosfora u površinskim i podzemnim vodama.

Glavni razlog zašto mineralna đubriva postaju zagađujuće materije u životnoj sredini je njihova neadekvatna i preterana upotreba. Drugi razlog je što ih usevi neefikasno koriste. U skladu sa tim treba pažljivo birati sorte zavisno od intenziteta primenjene tehnologije (obrađa zemljišta, đubrenje). Kada se redukuje obrada i smanji količina azota to je dobro sa stanovišta životne sredine i uštede u troškovima proizvodnje, ali treba birati sorte koje nemaju velike potrebe za azotom, bolje podnose veću zbijenost zemljišta i nešto veću zakorovljenost, a da pri tom ne smanjuju prinos kao npr. intenzivne sorte kojima ti uslovi ne odgovaraju. Đubrivo koje usev ne iskoristi dospeva u životnu sredinu kroz zemljište u podzemne i površinske vode, gde izaziva najveće štete. Mogu uticati na reakciju, strukturu i biogenost zemljišta i dati doprinos nakupljanju štetnih materija u zemljištu i biljkama. Preterana upotreba mineralnih đubriva može dovesti i do zaslanjivanja ili alkalizacije zemljišta, što posredno može da utiče i na hemizam vode. Đubriva koja su dospela u površinske vode dovode do eutrofizacije, koja često bude praćena preteranim namnožavanjem algi i cijanobakterija. Ona mogu biti zagađena i teškim metalima čime se direktno zagađuje zemljište, direktno i indirektno voda.

Azotna đubriva

Od mineralnih đubriva sa stanovišta životne sredine najopasnija su azotna đubriva, zato što dovode do povećanja koncentracije nitrata u vodi. Zagađenje vodotokova, stajaćih i podzemnih voda nitratima je najšire rasprostranjeno i dostiže vrlo visoke koncentracije u mnogim seoskim sredinama u svetu. Povećana primena azotnih mineralnih đubriva u mnogim zemljama, posebno u industrijski razvijenim, prati i sve veća upotreba tečnog stajnjaka, naročito oko većih stočnih farmi, isto tako i komunalnih otpadaka koji su, takođe, bogate azotnim jedinjenjima.

Reakcije nitrata u vodi mogu da izazovu nedostatak kiseonika i time utiču na propadanje vodenih organizama. Nakupljanje nitrata u prirodi, osim što izaziva ekološke probleme, direktno ugrožava zdravlje ljudi i životinja. U ljudski organizam nitrati najčešće dolaze preko povrća, ali i preko pijaće vode. Visoke koncentracije nitrata u pijaćoj vodi dovode do ozbiljnih poremećaja u zdravlju ljudi kao što su methemoglobinemija kod odojčadi i karcinom želuca, jetre i jednjaka kod odraslih. Nitrati su značajni i u procesu eutrofizacije. Odnos između N i P prisutnog u vodi, često je preduslov za preterano razmnožavanje cijanobakterija.

Fosforna đubriva

Prisustvo organskih fosfata u vodotokovima i vodi akumulacija može biti posledica zagađenja od fosfornih đubriva, ali i organskih pesticida koji sadrže fosfate, a padavine su ih sprale sa poljoprivrednog zemljišta.

Fosfor ubrzava proces eutrofizacije voda. Upravo fosfati stimulišu rast fitoplanktona i vodenih biljaka i njihova preterana količina može da dovede do brzog i bujnog rasta tkz. cvetanja.

Fosforna đubriva obično kao primesu sadrže i teške metale: Cd, As, Cr, Hg, Ni i laki metal Zn. U prisutstvu velike količine fosfora neki biogeni elementi kao što su Fe, Cu, Mn, a posebno Zn, stvaraju za biljke teško pristupačna jedinjenja. Kao posledica toga kod biljaka dolazi do nedostatka cinka, pa i drugih neophodnih mikroelemenata.

Fosforna đubriva su takođe najveći zagađivači zemljišta kadmijumom. Fosfor utiče na pH vrednost zemljišta. Povećanje kiselosti može mobilisati neke, za biljke neophodne elemente, a povećanje baznosti zemljišta smanjuje negativne efekte kiselosti i mobilise molibden.

Kalijumova đubriva

Od kalijumovih jedinjenja kao đubrivo koristi se kalijum – hlorid (kalijumova so) a ređe kalijum – sulfat i kalijum – nitrat (šalitra). U kalijumovim đubrivima nalaze se i veoma male (zanemarljive) količine primesa katjona: Cu, Cd, Ba, Sr, Zn, Mn, As, Cr, Co, Hg, Pb i Mo. Upotrebom kalijumovih đubriva povećava se prirodna radioaktivnost zemljišta. Međutim ova đubriva nemaju negativne efekte na biljke, životinje i ljude. Ne podstiču eutrofizaciju, pošto kalijum ne ograničava rast i razmnožavanje vodenih organizama.

Upotreba stajnjaka

Nekontrolisana upotreba kontaminiranog, naročito tečnog stajnjaka kao đubriva, može zagađivati znatne zemljišne površine. Pri tome može doći do ozbiljnih poremećaja za biljke, životinje i čoveka značajnih životnih procesa u zemljištu. Naime, zemljište pod uticajem neodgovarajuće primene tečnog stajnjaka može brzo promeniti svoju strukturu i moć razgrađivanja organskih materija, što u suštini, znači svoju vrlo značajnu funkciju samočišćenja. Obilnija primena stajnjaka može dovesti do manjih ili većih promena u hemijskom sastavu biljaka te one mogu postati i štetne po zdravlje životinja. Pojedini sastojci u vidu organskih i neorganskih jedinjenja u stajnjaku, a naročito nitrati i fosfati, u manjoj meri se apsorbuju od strane biljaka i mogu prodreti u dubinu zemljišta, pa i do površinskih i sloja dubinskih voda, čime se i one zagađuju. Ni u kom slučaju, ne sme se dopustiti nekontrolisano odvođenje tečnog stajnjaka u otvorene vode, jer to može da izazove ozbiljne ekološke poremećaje, koji dovode do narušavanja postojeće ravnoteže u širem ekološkom području.

Pesticidi

Centralna strategija za povećanje prihoda u poljoprivredi je ograničavanje gubitaka izazvanih delovanjem korova, bolesti i štetočina. Od sredine XX veka glavni princip u zaštiti bilja je bilo povećanje upotrebe pesticida. Ova sredstva se najviše primenjuju u poljoprivrednoj proizvodnji: ratarstvu, voćarstvu i povrtarstvu. U stočarskoj proizvodnji primenjuju se radi sprečavanja pojave i suzbijanja nekih parazitskih bolesti životinja. Najveći deo pesticida - herbicida, rodenticida, akaricida, insekticida i fungicida završava u zemljištu. Otuda je zemljište primarni recipijent, a čestim ponavljanjem primene ono može postati i izvor pesticida. Pri dospevanju u zemljište pesticidi podležu kvantitativnim i kvalitativnim promenama, koje su rezultat dejstva niza vrlo složenih biohemijskih, hemijskih i fizičkih procesa, i to: premeštanje pesticida kroz slojeve zemljišta, sorpcija i isparavanje, fotohemijska, mikrobiološka i hemijska degradacija i usvajanje u biljkama ili mikroorganizmima. Brojna istraživanja ukazuju da se u površinskom delu zemljišta do 20 cm dubine, zadržava preko 90% od primenjene količine pesticida. Najvažniji proces u okviru distribucije pesticida je sorpcija. Zahvaljujući njoj u površinskom delu zemljišta do 30 cm dubine, zadržava se oko 82% svih ispitivanih pesticida. Degradacija pesticida protiče pod uticajem spoljašnjih faktora - sunčeve svetlosti, vlažnosti, toplote i vetra, zatim pod uticajem faktora zemljišta-aktivnosti mikroflore i pedofaune, kao i usvajanjem pesticida od strane biljaka. Mikrobiološke aktivnosti se smatraju najvažnijim u eliminaciji pesticida iz zemljišne sredine.

Upotreba pesticida poslednjih decenija nastavlja progresivno da raste ukazujući na to da proizvođači smatraju pesticide efikasnim i jeftinim, naročito tamo gde je za zaštitu bilja potrebno mnogo skupe radne snage. Međutim, ovakvo široka i neracionalna upotreba pesticida izaziva zabrinutost za zdravlje ljudi i postavlja se pitanje njihove racionalne primene. Što se tiče životne sredine postavlja se pitanje toksičnosti pesticida za razne vrste koje nisu cilj suzbijanja: zemljišni mikroorganizmi, insekti, biljke, ribe, ptice i sisari koji mogu biti korisni u poljoprivredi i drugim delatnostima čoveka.

One su deo biodiverziteta koji se visoko vrednuje u društvu iz kulturnih, etičkih i rekreativnih razloga. Zabrinutost za ljudsko zdravlje uključuje efekte ostataka pesticida u hrani, kao i uticaj na zdravlje ljudi koji rukuju pesticidima u fazama primene.

Pojava rezistentnosti uzročnika bolesti, štetočina i korova na pojedine aktivne materije uzrokuje prvo primenu sve većih doza postojećih pesticida, a kasnije i uvođenje novih aktivnih materija u upotrebu. Tako se broj hemijskih jedinjenja u poljoprivredi stalno povećava. Samim tim se nekada sekundarne i minorne štetočine pretvaraju u veoma opasne i agresivne, jer one zauzimaju ekološke niše prethodnih dominantnih vrsta. Akumulacija pesticida postaje sve veći problem. Mnoge materije, naročito iz grupe organofosfata i organohlorina su vrlo perzistentni u životnoj sredini i često se akumuliraju. Kroz lance ishrane oni se naročito koncentrišu u masnim tkivima životinja pri vrhu lanca ishrane, što takođe važi i za čoveka. Samo 10-15 % primenjene količine pesticida dospe do ciljane štetočine. Ostatak dospeva u vazduh, zemljište i vodu putem isparavanja ili ispiranja. Spiranje površinskog sloja zemljišta u kojima su ostaci pesticida (naročito u erozivnom području i u periodu bujičnih voda) u vode dovodi do povećanja koncentracije ovih toksičnih materija.

Patogeni mikroorganizmi

Putem direktnog i indirektnog izlučivanja prisutni patogeni mikroorganizmi kod životinja najpre dolaze u kontakt sa podom staje ili sa površinama pašnjaka, odnosno životnim prostorom u kome se životinje kreću, uzimaju hranu i dr. Putem zaraženih ekskreta patogenim mikroorganizmima životinja kontaminira se stajnjak, pašnjak, voda za piće. Fekalne mase životinja time postaju put prenošenja patogenih mikroorganizama i njihovo novo prebivalište. Mogući zagađivači zemljišta patogenim mikroorganizama su i druga organska đubriva pripremljena od raznih otpadnih materija (tržišnih, uličnih, industrijskih, kanalizacionih muljeva i fekalija), koji mogu da sadrže niz asporogenih patogenih mikroorganizama. Po dospevanju u zemljište patogeni mikroorganizmi ili odmah izumiru ili se adaptiraju u novim uslovima sredine zadržavajući pri tom svoju životnu aktivnost.

Često se mogu i umnožavati zavisno od pogodnosti uslova u kojima dospevaju, kao npr. raspoloživosti organskih materija u zemljištu, pH zemljišta, temperature i vlažnosti zemljišta, mehaničkog sastava zemljišta i dr. Patogeni mikroorganizmi u vegetativnom obliku znatno kraće opstaju, dok sporogeni patogeni mikroorganizmi mogu u zemljištu opstati mesecima ili čak i godinama. Zbog toga zemljište može biti posredno izvor epidemija nekih infektivnih bolesti ljudi i životinja. Sa higijenskog stanovišta je značajno da putem otpadnih voda patogeni mikroorganizmi dospevaju u prirodne recipijente kako zemljište, tako i vode.

Opasne materije i otpad od poljoprivredne mehanizacije

U opasne materije i robe u poljoprivredi mogu da se svrstaju materije, materijali, predmeti i proizvodi koji mogu da dovedu do ugrožavanja života i zdravlja ljudi i životinja i štete po životnu sredinu i imovinu. To se osim na pomenute pesticide i đubriva (hraniva), koje tradicionalno predstavljaju glavni izvor opasnih supstanci u poljoprivredi, odnosi na potencijalno opasne, štetne i neprijatne materije kao što su: tehničke supstance (kiseonik, acetilen, hlor...), goriva, maziva, antifriz, gas i infektivne materije (biološki otpad). Opasni otpaci su svi otpaci u tečnom ili čvrstom agregatnom stanju, a sadrže materije koje svojim osobinama i hemijskim reakcijama ugrožavaju životnu sredinu, život i zdravlje ljudi. U okviru održavanja poljoprivredne mehanizacije mogu da se izdvoje sledeće takve materije: iskorišćena motorna, transmisiona i hidraulička ulja; potrošni elementi poljoprivredne mehanizacije (prečištači, akumulatori, i dr.), nafta, iskorišćeni antifriz, ambalaža i otpadne vode od održavanja mehanizacije i ambalaže.



EUTROFIZACIJA AKUMULACIJE GRUŽA

Eutrofizacija je proces obogaćivanja vodene sredine hranljivim materijama (nutrijentima), pre svega solima azota i fosfora. Može da bude prirodni proces, koji nastaje kao posledica raspadanja povećanje količine organske materije na dnu vodenog ekosistema, može trajati godinama i teško ga je zaustaviti, ali može biti usporen. Ovaj prirodni proces starenja vodenih ekosistema, znatno se ubrzava pod uticajem različitih negativnih i intenzivnih antropogenih uticaja. Nutrijenti mogu u vodene ekosistema da dospevaju i iz domaćinstava, poljoprivrednih i industrijskih izvora, preko pojačane erozije u slivnim područjima. Do povećanja koncentracije dolazi i u uslovima povećane upotrebe vode kao resursa. Povećanje koncentracije fosfora i azota, u vodi dovode do rasta produktivnosti vodenih ekosistema. Ovo povećanje produktivnosti može rezultirati prekomernim nagomilavanjem biomase algi i cijanobakterija i vodenih biljaka (makrofitske vegetacije). Iako su alge i vodene biljke ključne kao osnovni proizvođači organskih materija (primarni producenti) i kiseonika u vodenim ekosistemima, preterana produkcija (naročito fitoplanktonskih algi i cijanobakterija) može značajno ugroziti kvalitet vode, posebno u akumulacijama koje se koriste za vodosnabdevanje.

Obzirom na to da je cvetanje cijanobakterija (modrozelenih algi) ekološki značajan fenomen koji može imati ozbiljne posledice na kvalitet vode i zdravlje ekosistema od izuzetnog je značaja kako prepoznati i razlikovati cvetanje algi, prenamnožavanje biljaka i cvetajućih rodova cijanobakterija. Svako cvetanje ima specifične karakteristike u smislu izgleda i obojenosti, što ih čini prepoznatljivim, posebno u kontekstu monitoringa kvaliteta vode i ekološke bezbednosti.

Eutrofizacija i prenamnožavanje bentosnih algi i viših biljaka (makrofita)

U eutrofnom vodenom ekosistemu, kakav je akumulacija Gruža, alge mogu da obrazuju različite prevlake i nakupine. Bentosne alge (one koje žive na dnu i kao obraštaj na različitim predmetima) često obrazuju končaste prevlake na podlozi, koje kasnije isplivavaju na površinu vode. Najčešće su u pitanju končaste zelene alge rodova *Cladophora*, *Spirogyra*, *Mougeotia* i *Zygnema*. Njihovo cvetanje, u narodu poznato kao pojava “žabokrečine”, pokazuje da je voda eutrofna, no treba znati da je u pitanju neopasno ili tkz. netoksično cvetanje vode.

U akumulaciji Gruža, naročito u plićim delovima na glinovitom i muljevitom dnu je razvijen i pojas potpuno ili delimično potopljenih viših vodenih biljaka (vodene vegetacije) različitih vrsta rodova *Miriophyllum*, *Potamogeton* i drugih. U delu akumulacije poznate kao “Knićko polje” u periodima visokog vodostaja razvija se u masi vrsta *Trapa natans* (vodeni orašak) čiji se plutajući listovi vide na površini vode. Vodena vegetacija ima značajnu ulogu u filtriranju hranljivih materija u vodi i očuvanju održivosti akumulacije.



Bentosne alge i više biljke u akumulaciji Gruža (neopasno cvetanje)

Eutrofizacija i prenamnožavanje bentosnih algi i viših biljaka (makrofita)

U eutrofnom vodenom ekosistemu, kakav je akumulacija Gruža, alge mogu da obrazuju različite prevlake i nakupine. Bentosne alge (one koje žive na dnu i kao obraštaj na različitim predmetima) često obrazuju zelene končaste prevlake na podlozi, koje kasnije isplivavaju na površinu vode. Najčešće su u pitanju končaste zelene alge rodova *Cladophora*, *Spirogyra*, *Mougeotia* i *Zygnema*. Njihovo cvetanje, u narodu poznato kao pojava “žabokrečine”, pokazuje da je voda eutrofna, no treba znati da je u pitanju neopasno ili tkz. netoksično cvetanje vode.

U akumulaciji Gruža, naročito u plićim delovima na glinovitom i muljevitom dnu je razvijen i pojas potpuno ili delimično potopljenih viših vodenih biljaka (vodene vegetacije) različitih vrsta rodova *Miriophyllum*, *Potamogeton* i drugih. U delu akumulacije poznate kao “Knićko polje” u periodima visokog vodostaja razvija se u masi vrsta *Trapa natans* (vodeni orašak) čiji se plutajući listovi vide na površini vode. Vodena vegetacija ima značajnu ulogu u filtriranju hranljivih materija u vodi i očuvanju održivosti akumulacije.



Bentosne alge i više biljke u akumulaciji Gruža (neopasno cvetanje)

Eutrofizacija i cvetanje planktonskih algi i cijanobakterija u akumulaciji Gruža

U vodi sa povećanom količinom nutrijenata, uz povoljne temperaturne i svetlosne uslove i pH vrednost vode, često dolazi do prenamnožavanja planktonskih algi (zelenih, silikatnih, vatrenih, zlatnih) i modroželenih (cijanobakterija). Ova pojava se označava kao ("cvetanje algi" ili cijanobakterija ili kao pojava tkz. "cvetanja vode". Cvetanje cijanobakterija označava naglo razmnožavanje i masovni razvoj cijanobakterija uz formiranje biomase vidljive na površini. Nastaje kada je u vodenim sredinama prisutna proliferacija jedne ili više vrsta cijanobakterija u masovnim razmerama, odnosno kada je koncentracija cijanobakterijskih ćelija veća od 10 000 u mililitru vode. Cvetanje vrsta rodova *Planktothrix*, *Anabaena*, *Dolichospermum*, *Cuspidothrix*, *Aphanisomenon* i *Microcystis* može da se primeti nakon prenamnožavanja u vidu pene, biofilma ili formiranja skrama na površini vode. Ove pojave mogu rezultirati formiranjem čvrstih grudvastih formacija debljine do nekoliko centimetara ili tankih prekrivača debljine nekoliko milimetara. Pojavljivanje cvetanja cijanobakterija odvija se u različitim nijansama, uključujući plavu, zelenu, smeđu ili crvenu boju. Razlike u izgledu mogu pružiti naznake o prisutnoj vrsti ali je neophodna pouzdana mikroskopska analiza i identifikacija. Mogu da se jave i specifični mirisi koji u početku asociraju na miris pokošenog sena i trave, a kasnije se pojavi neugodan i oštar miris povezan sa raspadanjem organske materije. Cvetanje cijanobakterija je višestruko značajno i potencijalno veoma štetno ili opasno u vodenom ekosistemu, a posredno i po korisnike koji upotrebljavaju vodu za piće, higijenske potrebe, napajanje stoke, navodnjavanje, kao i različite sportske i rekreativne aktivnosti.



U akumulaciji Gruža proces eutrofizacije, praćen povremenim cvetanjem cijanobakterija, javio se nekoliko godina nakon punjenja i početka eksploatacije. Jedan od razloga je što su potopljene površine prethodno korišćene za poljoprivredu, kao i to što je na dnu napunjene akumulacije ostala velika količina vegetacije koja se vremenom raspadala. U proteklih 40 godina cvetanja vode su se ponavljala, najčešće u letnjem periodu.



Najčešći izgled cvetanja cijanobakterija u plićim delovima akumulacije Gruža

Pregled dosadašnjih istraživanja akumulacije Gruža sa posebnim aspektom na kvalitet vode i pojavu dominantnih cijanobakterija (iz publikacije Akumulacije grada Kragujevca - stanje i perspektive, Simić et al. 2021)

Godina istraživanja	Kvalitet vode/ Stepen trofije/ Ekološki potencijal	Invazivne vrste/ Cvetajući taksoni Cyanobacteria*	Literaturni izvor
Fitoplankton			
1984.	β-mezosaprobna	-	Čomić i Ranković, 1991
1988.	β-mezosaprobna	-	Ranković i Čomić, 1989
1988.	β-mezosaprobna	<i>Anabaena flos aquae</i> *	Ranković i sar. 1994
1989.	β-mezosaprobna	-	Karaman i Karaman, 1989
1988. 1992.	II klasa	<i>Aphanizomenon flos aquae</i> *	Ranković i Simić, 2005
1993.	/	<i>Dolichospermum planctonicum</i>	Sedmak i Svirčev, 2011
1994.	/	<i>Cuspidothrix issatschenkoi</i> <i>Johanseniinema constrictum</i> *	Sedmak i Svirčev, 2011
1996-99	/	<i>Cuspidothrix issatschenkoi</i> <i>Aphanizomenon flos aquae</i> *	Sedmak i Svirčev, 2011
2000-01	β-mezosaprobna II klasa	-	Nedović, 2001
2002.	/	<i>Cuspidothrix issatschenkoi</i> <i>Planktothrix rubescens</i>	Sedmak i Svirčev, 2011
2003.	/	<i>Cuspidothrix issatschenkoi</i>	Sedmak i Svirčev, 2011
2007.	/	<i>Aphanizomenon flos aquae</i> *	Sedmak i Svirčev, 2011
2010.	/	<i>Aphanizomenon flos aquae</i> *	Perendija et al. 2011
2011.	β-mezosaprobna II klasa	<i>Cuspidothrix issatschenkoi</i>	Grupa autora, 2012
2014-15	V klasa	<i>Aphanizomenon flos aquae</i> *	Čađo i sar. 2016
2023	V klasa	<i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Aphanizomenon flos aquae</i> *	Simić et ač. 2024

Intenzivno cvetanje vode u akumulaciji je bilo prisutno i 2023. godine. Ova pojava je trajala od jula do novembra. Cvetanju vode je takođe prethodio period intenzivnih padavina u junu 2023., kao i sušno leto 2022. godine. U vodi je došlo do istovremene proliferacije vrsta *Microcystis aeruginosa* i *Aphanizomenon flos-aque*.



Cvetanje cijanobakterija u akumulaciji Gruža u leto i jesen 2023. godine

Najintenzivnije cvetanje u akumulaciji Gruža zabeleženo je u leto 2014. i 2023. godine u sličnim klimatskim i meterološkim uslovima. Cvetanje 2014. godine bilo je posebno primetno na ulazu u akumulaciju, gde su se formirale površinske agregacije usled prenamnožavanja azotofiksatorske vrste *Aphanizomenon flos-aquae*. cvetanje je bilo dominantno u letnjem periodu, posebno u avgustu. Ovoj pojavi su prethodile intenzivne padavine u maju na prostoru Knića, kao i u slivnom području akumulacije Gruža. Intenzivne padavine, su dovele do erozije i spiranja tretiranih poljoprivrednih površina u okolini samog jezera, kao i u slivnom području, kao i do dodatnog zagađenja vodotokova koji su se ulili u akumulaciju. Prethodne godine 2013. i 2012. su bile sušne, bez padavina, deo jezera je bio bez vode. Na osnovu rezultata Agencije za zaštitu životne sredine Republike Srbije ekološki potencijal akumulacije Gruža tokom 2014. i 2015. godine ocenjen je kao loš. U različitim periodima ispitivanja, na pojedinim dubinama brojnost fitoplanktona, iznosila preko 100 000 ćel/mL, što je prema preporukama Svetske zdravstvene organizacije, za prisustvo cijanobakterija u vodi za vodosnabdevanje, opasnost visokog rizika po zdravlje stanovništva.



Izgled vode akumulacije Gruža u avgustu 2014. godine

ZAŠTO JE VAŽNO DA PREPOZNA MO CVETANJE CIJANOBAKTERIJA U AKUMULACIJI GRUŽA ?

Cvetanje cijanobakterija može imati štetne posledice na ekosistem, organizme i javno zdravlje. Ovi uticaji se manifestuju kroz promene u trofičkoj strukturi i funkcionisanju sistema, konkurentno suzbijanje drugih vrsta u fitoplanktonskoj zajednici, redukciju vodenih makrofita zbog smanjene providnosti vode, povećanu bakterijsku razgradnju koja može dovesti do smanjenja kiseonika u vodi tokom raspada cijanobakterijskog cveta (što može prouzrokovati pomor riba), kao i proizvodnju raznovrsnih toksičnih sekundarnih metabolita, kao što su cijanotoksini.

Cijanotoksini su sekundarni metaboliti cijanobakterija koji se u vodu oslobađaju prilikom raspadanja ćelija, odnosno biomase. Različitog su hemijskog sastava. Najpoznatiji toksini su mikrocistin, saksitoksin, anatoksin, lingbiatoksin i cilindrospermopsin. Spektar njihovog dejstva na organe životinja u vodi i direktno i indirektno na ljude je veliki. Mogu da izazovu promene na jetri, sluzokoži, koži, disajnom i nervnom sistemu. Voda u kojoj je prisutno cvetanje cijanobakterija ne sme da se koristi za piće dok se ne utvrdi da su koncentracije toksina ispod dozvoljenih u skladu sa preporukama Svetske zdravstvene organizacije (SZO).

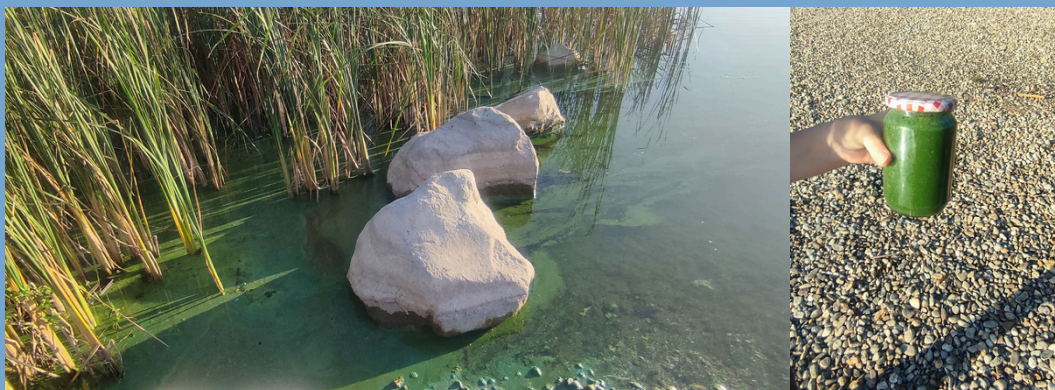
Pored negativnog uticaja na biodiverzitet ekosistema, cijanobakterijsko cvetanje može imati štetne posledice na samu upotrebu vodenih ekosistema, na njihov estetski kvalitet, izazivajući zdravstvene rizike pri korišćenju takve vode. Takođe, može imati i negativan ekonomski uticaj u smislu troškova obezbeđivanja kvalitetnih vodenih resursa koji se koriste za ljudsku upotrebu. Ljudski zahtevi i vodene aktivnosti koje mogu negativno uticati uključuju snabdevanje pijaćom vodom, akvakulturu, industrijsku preradu, rekreaciju i turizam. Specifični efekti na upotrebu vode i aktivnosti uključuju povećanje troškova tretmana pijaće vode) i pojavu zdravstvenih rizika za ljude i životinje zbog potencijalne produkcije

cijanotoksina. Voda u kojoj je prisutno cvetanje toksičnih cijanobakterija ne sme da se koristi za navodnjavanje i napajanje stoke. Napajanje stoke vodom u kojoj su prisutni toksini može dovesti do uginuća životinja. Toksini iz vode, ili iz biomase, mogu da se akumuliraju u zemljištu, da se zadržavaju na listovima i plodovima zeljastih biljaka i da se akumuliraju u njihovim jestivim delovima. Dodatno, može doći do oštećenja opreme za prskanje, zato što pena i prevlake mogu da se brzo nakupe u usisnim cevima, filterima i glavama prskalica, što dovodi do potpunih blokada i skupih mehaničkih kvarova.



Cvetanje cijanobakterija u akumulaciji Gruža, jul 2023. godine

Svako cvetanje cijanobakterija treba shvatiti kao potencijalno toksično. Pojavu cvetanja potrebno je prijaviti institucijama koje se bave ovom problematikom. Ukoliko se nakon monitoringa pokaže da su brojnosti povećane, a nakon analiza toksina pokaže da su prisutni u koncentracijama koje su po preporukama Svetske zdravstvene organizacije opasne po zdravlje ljudi i životinja, preporuka je da se o tome obavesti javnost, postavе table sa upozorenjem i eventualno zabrani voda za upotrebu, dok naredne analize ne pokažu rezultate koji će biti osnova za dozvolu ponovnog korišćenje vode.



Uzorak biomase poslat na analizu cijanotoksina 3. oktobar 2023. godine

Zbog intenzivnog cvetanja i pojave potencijalnih toksina JKP "Vodovod i kanalizacija" iz Kragujevca (na inicijativu Ekomara i Prirodno-matematičkog fakulteta) je u oktobru 2023. godine prvi put poslalo uzorke sirove vode sa vodozahvata i vode nakon prerade (voda za piće) u akreditovanu laboratoriju Instituta za javno zdravlje "Dr Milan Jovanović Batut" radi kontrole na prisustvo mikrocistina. Analize su pokazale da su koncentracije mikrocistina LR bile ispod granica detekcije, a o tome je javnost obaveštena 12. oktobra 2023. godine, uz izjavu da su vesti o prisustvu potencijalno toksičnih algi u jezeru demantovane.

Algolozi Prirodno-matematičkog fakulteta iz Kragujevcu su za potrebe naučno-istraživačkih aktivnosti sakupili 3. oktobra 2023. godine biomasu cvetajućih cijanobakterija iz akumulacije Gruža (mešavina vrsta *Microcystis aeruginosa* i *Aphanizomenon flos-aquae*) i poslali na dodatne analize u istu akreditovanu laboratoriju IZJZ "Milan Jovanović Batut" u Beogradu. Nakon analize biomase identifikovano je prisustvo različitih cijanotoksina (izraženih u $\mu\text{g/g}$ biomase): anatoksin $3.56 \mu\text{g/g}$, cilindrospermopsin $6.86 \mu\text{g/g}$, mikrocistin LR $0.87 \mu\text{g/g}$ i mikrocistin RR $2.47 \mu\text{g/g}$.

Otkrivanje ovih cijanotoksina u biomasu cijanobakterija iz akumulacije Gruža, predstavljalo je ozbiljan signal upozorenja. U pitanju su toksini za koje je poznato da mogu da imaju neurotoksično, citotoksično, hepatotoksično delovanje na životinje i čoveka. Iz tog razloga sa rezultatima analize biomase Prirodno-matematički fakultet je u formi zvaničnog dopisa, 8. novembra 2023. godine obavestio JKP "Vodovod i Kanalizacija" i "Institut za javno zdravlje Kragujevac". U opštini Knić su rezultati prezentovani u januaru 2024. godine.

Udruženje Ekomar je u periodu cvetanja preko svoje FB stranice, kao i preko sredstava informisanja obaveštavalo javnost o potencijalnim opasnostima korišćenja vode za napajanje stoke, navodnjavanje i o opasnostima usled dužeg boravka pored vode. Zvaničnih upozorenja od institucija nije bilo (iz brošure Akumulacije Srbije u vreme klimatskih promena, autora Simić et al. 2024).

Osim ekoloških efekata, pojava cvetanja vode može dovesti do značajnih ekonomskih gubitaka na lokalnom i nacionalnom nivou.

Zabrane korišćenja vode za vodosnabdevanje i rekreativne aktivnosti, pa i za potrebe poljoprivrede su zbog cvetanja cijanobakterija već bile na snazi u Srbiji (akumulacija Čelije 2004. godine, akumulacija Vrutci 2013..

Cvetanje cijanobakterija, poslednjih decenija naročito u uslovima klimatskih promena je sve prisutniji problem kako u Srbiji, tako i u celom svetu.

U periodu od oktobra 2024. do oktobra 2028. godine sprovodi se značajna međunarodna COST akcija pod nazivom Efikasno upravljanje jezerom: Smanjene cijanobakterija akcijama u slivnom području (COST Action CA23160: EFFECTIVE LAKE MANAGEMENT: REDUCING CYANOBACTERIA BY ACTIONS IN THE CATCHMENT (CYANOACTION)). U akciju je uključeno 167 istraživača (biologa, inženjera zaštite životne sredine, hemičara, informatičara) iz 19 evropskih zemalja, kao i istraživača iz Izraela, USA, Kanade, Novog Zelanda i Australije. Deo ovog tima su i istraživači iz Srbije, među kojima su stručnjaci sa Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Kragujevcu: prof. dr Snežana Simić koja je i član upravnog odbora ove COST akcije i dr Nevena Đorđević. Cilj je da se podigne svest upravljača, korisnika i građana, o uzrocima i posledicama cvetanja, kao i načinima upravljanja akumulacijama u slučaju ove pojave. Posebna pažnja je posvećena uticaju poljoprivrede, unosu hranjivih materija iz slivnog područja u vodene ekosisteme i njihovom uticaju na kvalitet vode. Jedna od akumulacija koja će biti predmet razmatranja u okviru ove akcije je i Gruža. jezero (namenjeno navodnjavanju i rekreaciji) od 2012. godine (Simić et al. 2024; Đorđević, 2019).

ZAŠTITA VODE AKUMULACIJE GRUŽA OD NEGATIVNIH UTICAJA POLJOPRIVREDNIH AKTIVNOSTI

U cilju zaštite od negativnih uticaja poljoprivrednih aktivnosti neophodno je:

a) Lociranje potencijalnih zagađivača i sprovođenje adekvatnih mera prevencije i kontrole

b) Primena principa organske poljoprivrede - smanjenje upotrebe hemikalija i veštačkih đubriva, a što se posebno odnosi na na poljoprivredne površine u okolini akumulacije Gruža i u slivnom području, posebno oko Boračke reke i reke Gruže.

U tu svrhu primenjivati različite metode za smanjenje unosa nivoa nitrata i fosfata i kontrolu njihovih koncentracija u zemljištu i vodi:

- racionalno korišćenje količine i izbor adekvatnog vremena za primenu đubriva da bi se smanjilo ispiranje i unošenje u vodu
- primena plodoređa (rotiranje useva da bi se poboljšao unos nitrata i fosfata)
- primena organskih đubriva i pesticida novije tehnologije (alge)
- primena cover crops useva, da bi se iskoristio višak hranljivih materija, naročito azota i smanjio njihov unos
- napraviti tampon zone („Buffer zones“) od vegetacije da bi se filtrirali nitrati i fosfati i smanjio njihov unos u vodu akumulacije
- vršiti stalan monitoring zemljišta i vode na prisutvo nitrata i fosfata, kao i teških metala.

c) Dislociranje stočnih farmi izvan slivnog područja akumulacije Gruža i gornjeg toka reke Gruže ili primena strogih zaštitnih mera koje ove farme moraju da poštuju u cilju zaštite životne sredine.

d) Korišćenje poljoprivrednih tehnika koje optimalno koriste prirodne resurse (recikliranje biomase i energije) i minimiziraju proizvodnju otpadnih materija.

e) Podizanje nivoa svesti poljoprivrednih proizvođača o faktorima rizika po životne sredinu, o:

- adekvatnom odlaganju otpada (komunalnog, životinjskog, a posebno ambalažnog i opasnog)
- korišćenju hemijskih sredstava i veštačkih đubriva
- značaju erozije zemljišta i načinima sprečavanja radi smanjenjaunosa zagađujućih materija (primena antierozivnih mera u funkciji zaštite poljoprivrednog zemljišta)
- racionalnom korišćenju vode za navodnjavanje iz akumulacije Gruža
- o negativnim posledicama cvetanja toksičnih cijanobakterija i zabrani upotrebe za navodnjavanja i napajanje stoke u periodu dok se ne dokaže netoksičnost prisutnih cijanobakterija

f) Uvođenje sistema "dobre poljoprivredne prakse" i drugih direktiva i standarda koji obavezuju na zdravu proizvodnju.

g) Organska (alternativna, ekološka, biološka) poljoprivreda podrazumeva usklađivanje razvoja sa potrebama tržišta i očuvanje životne sredine

Važno: Neophodno je donošenje novog Prostornog plana područja posebne namene slivnog područja jezera Gruža i Elaborata o zonama sanitarne zaštite sa preciznom razradom o dozvoljenim i nedozvoljenim zonama za poljoprivredne aktivnosti. Posebno razmotriti planiranu novu uslugu akumulacije - navodnjavanje u skladu sa naučnim saznanjima, klimatskim uslovima i potrebama.

Važno: Izmeniti uslove Konkursa o zakupu poljoprivrednog zemljišta u državnoj svojini koje raspisuje Ministarstvo poljoprivrede, a sprovodi opština Knić. Neophodno je revidiranje spiska katastarskih parcela i izuzimanje parcela koje su u zoni sanitarne zaštite akumulacije Gruža. Takođe neophodno je kontrolisanje preporuka o načinima i pravilima sprovođenja poljoprivrednih aktivnosti na parcelama koje se daju u zakup.

ZNAČAJ AKUMULACIJE GRUŽA U SISTEMU VODOSNABDEVANJA GRADA KRAGUJEVCA

Akumulacija Gruža predstavlja jedan od ključnih izvora u sistema javnog vodosnabdevanja grada Kragujevca i ima centralnu ulogu u obezbeđivanju stabilnih količina vode za piće. Njena uloga posebno dolazi do izražaja u periodima nepovoljnih hidroloških prilika, kada su kapaciteti drugih izvorišta u sistemu, pre svega Grošnice i Morave, smanjeni. Prema dostupnim podacima, ukupna zapremina akumulacije iznosi oko 64,6 miliona m³, površina akumulacije oko 934 ha, dok se površina sliva procenjuje na 318 km². Projektovani kapacitet postrojenja za preradu vode Gruža iznosi 1.200 l/s za uslove maksimalne dnevne potrošnje, odnosno do 1.500 l/s u vanrednim okolnostima. Kao garantovana višegodišnja prosečna količina vode sa ovog izvorišta navodi se 580 l/s.

Pored ukupne zapremine, za razumevanje značaja Gruže važno je pratiti i godišnje oscilacije popunjenosti akumulacije. Dostupni podaci pokazuju da se u periodu 2021–2024. popunjenost Gruže kretala u relativno širokim rasponima: od 43% do 65% u 2021. godini, od 41% do 59% u 2022. godini, od 49% do 77% u 2023. godini i od 49% do 70% u 2024. godini. Ovi podaci ukazuju na značajnu zavisnost raspoloživih količina vode od hidroloških uslova u slivu. U 2025. godini situacija je bila dodatno nepovoljna: u Programu poslovanja JKP „Vodovod i kanalizacija“ Kragujevac za 2026. godinu navodi se da je u oktobru 2025. godine procenat popunjenosti akumulacija Gruža i Grošnica iznosio oko 30%. Takav nivo popunjenosti pokazuje da se u sušnim godinama sigurnost vodosnabdevanja ne može posmatrati samo kroz projektovani kapacitet akumulacije, već i kroz stvarnu raspoloživost vode, stanje drugih izvorišta i efikasnost distributivnog sistema.

Za analizu značaja Gruže u sistemu vodosnabdevanja Kragujevca najpouzdaniji javno dostupan pokazatelj je količina vode proizvedena na postrojenju za preradu vode Gruža, odnosno količina zahvaćena, prerađena i upućena u distributivni sistem. Fakturisana prodaja vode se u javno dostupnim izveštajima ne prikazuje po izvoristima, pa se ne može precizno utvrditi koliko je naplaćene vode poteklo isključivo iz Gruže. Zbog toga se u ovom poglavlju za Gružu koristi indikator proizvedene vode na PP Gruža, dok se za sistem u celini koriste podaci o ukupno proizvedenoj i ukupno fakturisanjoj vodi.

U periodu 2021–2024. godine PP Gruža je obezbeđivala približno dve trećine do tri četvrtine ukupne proizvodnje vode u sistemu Kragujevca.

U **2021. godini** na PP Gruža proizvedeno je 13.336.112 m³ vode, što je činilo oko 67,1% ukupne proizvodnje sistema. Ukupna proizvodnja vode u sistemu te godine iznosila je 19.874.266 m³, dok je ukupno fakturisano 11.006.413 m³.

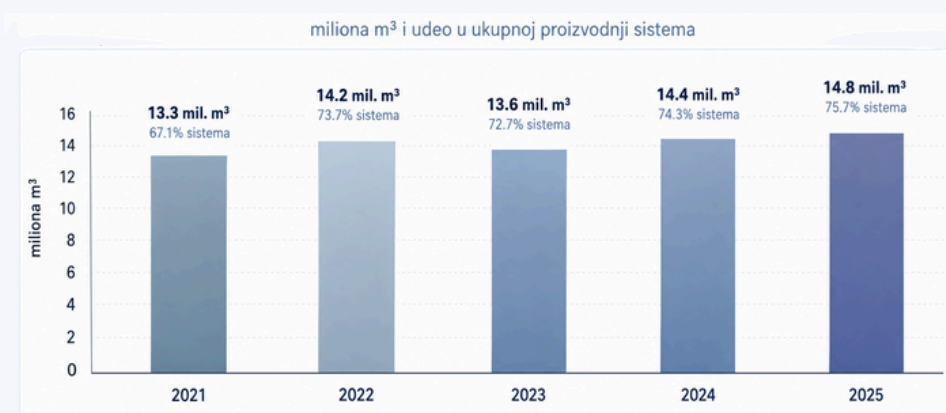
Razlika između proizvedene i fakturisane vode iznosila je 8.867.853 m³, odnosno oko 44,6% ukupno proizvedene vode. U istoj godini popunjenost akumulacije Gruža kretala se u rasponu od 43% do 65%.

U **2022. godini** uloga Gruže u ukupnoj proizvodnji dodatno je porasla. Na PP Gruža proizvedeno je 14.206.917 m³ vode, što je činilo oko 73,7% ukupne proizvodnje sistema. Ukupna proizvodnja vode u sistemu iznosila je 19.279.613 m³, dok je ukupno fakturisano 10.932.466 m³. Razlika između proizvedene i fakturisane vode iznosila je 8.347.147 m³, odnosno oko 43,3% ukupne proizvodnje. Popunjenost akumulacije Gruža u 2022. godini kretala se između 41% i 59%, što ukazuje na znatno smanjenje rezerve vode u sušnim godinama.

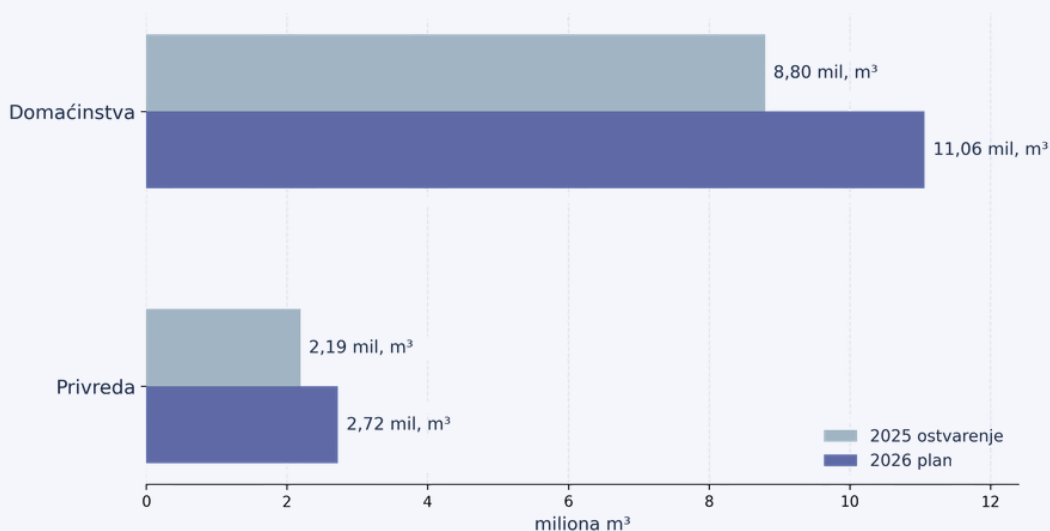
U **2023. godini** na PP Gruža proizvedeno je 13.586.642 m³ vode, što je činilo oko 72,7% ukupne proizvodnje sistema. Ukupna proizvodnja vode u sistemu iznosila je 18.692.168 m³, dok je ukupno fakturisano 10.701.021 m³. Razlika između proizvedene i fakturisane vode iznosila je 7.991.147 m³, odnosno oko 42,8% ukupne proizvodnje. To je najmanja razlika između proizvedene i faktursane vode u

posmatranom periodu 2021–2025, ali je i dalje reč o veoma značajnom obimu vode koji se ne pojavljuje kao fakturisana prodaja. Popunjenost akumulacije Gruža u 2023. godini kretala se od 49% do 77%, što je najpovoljniji podatak zabeležen u analiziranom periodu.

U **2024. godini** proizvodnja na PP Gruža dostigla je 14.381.221 m³ vode, što je činilo oko 74,3% ukupne proizvodnje sistema. Ukupna proizvodnja vode u sistemu iznosila je 19.359.039 m³, dok je ukupno fakturisano 10.990.581 m³. Razlika između proizvedene i fakturisane vode iznosila je 8.368.458 m³, odnosno oko 43,2% ukupne proizvodnje. Popunjenost akumulacije Gruža kretala se od 49% do 70%. U odnosu na 2023. godinu, maksimalna zabeležena popunjenost bila je niža, ali je minimalna vrednost ostala na istom nivou. Za **2025. godinu** dostupna su dva relevantna izvora podataka. Prvi je izveštaj o realizaciji programa poslovanja za IV kvartal 2025. godine, koji prikazuje ostvarene vrednosti za celu godinu. Prema tom dokumentu, procenjena ukupna proizvodnja vode u 2025. godini iznosila je 19.593.885 m³, a PP Gruža je u ukupnoj proizvodnji učestvovala sa 75,72%. Primenjeno na tu procenjenju proizvodnju, to odgovara količini od približno 14,84 miliona m³ vode proizvedene na PP Gruža. U istom dokumentu se navodi da je PP Grošnica učestvovala sa 13,77%, a PP Morava sa 10,51% ukupne proizvodnje. Ovi podaci pokazuju da je u 2025. godini, prema proceni iz planskog dokumenta, udeo Gruže bio najviši u celom posmatranom periodu.



Godišnji program poslovanja za 2026. godinu dodatno objašnjava okolnosti u kojima je sistem funkcionisao tokom 2025. godine. Navodi se da je sušna godina značajno uticala na vodosnabdevanje, da su povećane potrebe potrošača za vodom usled visokih temperatura i sušnih perioda dovele do rasta potrošnje, kao i da je došlo do smanjenja nivoa vode u akumulacijama. U oktobru 2025. godine procenat popunjenosti akumulacija Gruža i Grošnica iznosio je oko 30%. Zbog takve situacije preduzeće je tokom 2025. godine ulagalo u jačanje sistema, uključujući revitalizaciju tri reni bunara na izvoristu Brzan, u okviru sistema PP Morava. U dokumentu se, istovremeno, navodi da je procenjena proizvedena količina vode u 2025. godini bila dovoljna da zadovolji ukupnu potrošnju građana i privrede.



Posmatrano kroz celokupan period 2021–2025, proizvodnja vode u sistemu Kragujevca bila je relativno stabilna i kretala se u rasponu od oko 18,69 do 19,67 miliona m³ godišnje. Sa druge strane, fakturisana prodaja vode kretala se oko 10,70 do 11,02 miliona m³ godišnje. To znači da je u svakoj godini analiziranog perioda postojala značajna razlika između proizvedene i fakturisanе vode. Ta razlika se kretala od oko 42,8% do 44,6% ukupne proizvodnje.

Ovaj pokazatelj treba tumačiti oprezno, jer se razlika između proizvedene i fakturisane vode ne može automatski izjednačiti sa fizičkim gubicima na mreži. Ona može obuhvatati sopstvenu potrošnju sistema, ispiranje mreže, tehničke gubitke, prividne gubitke usled netačnosti merenja, nenaplaćenu ili nefakturisanu potrošnju, kao i druge elemente koji se u međunarodnoj metodologiji bilansa vode posebno razvrstavaju. Ipak, obim i kontinuitet ove razlike ukazuju na visok pritisak distributivnog sistema na raspoložive vodne resurse.



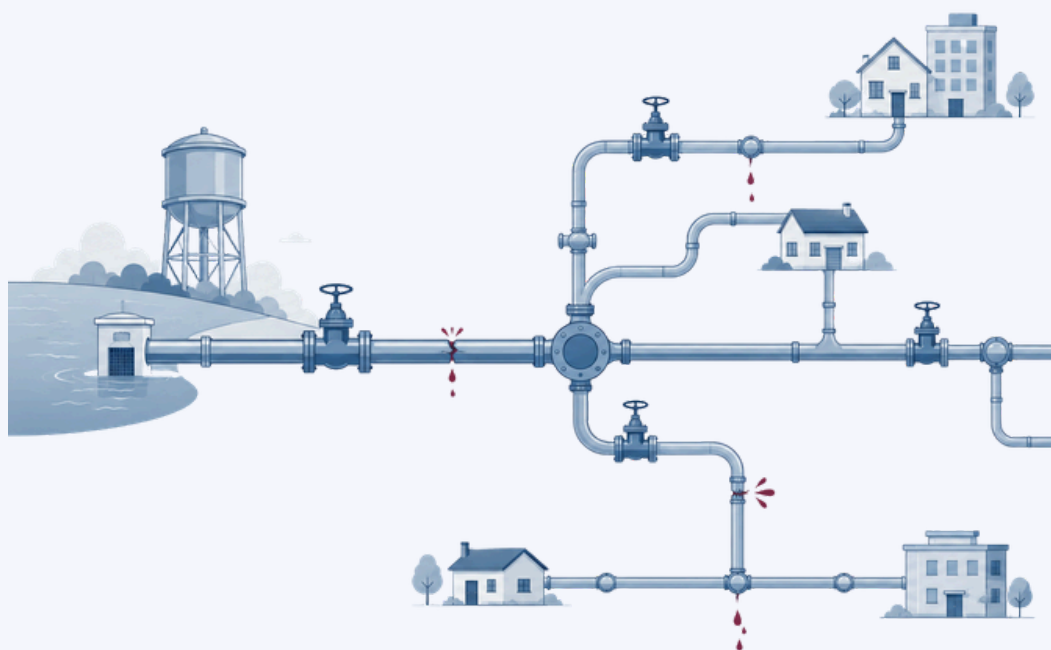
Na visinu razlike između proizvedene i fakturisane vode utiče i starost distributivne mreže. Prema Programu poslovanja JKP „Vodovod i kanalizacija“ Kragujevac za 2026. godinu, oko 40% vodovodne mreže starije je od 40 godina, dok se uključivanjem mreže starosti od 31 do 40 godina taj udeo povećava na oko 69%. U istom dokumentu se navodi da zbog starosti mreže dolazi do čestih pucanja vodovodnih linija, što izaziva značajne gubitke u mreži. Ovaj podatak je važan za tumačenje visokog nivoa neprihodovane vode, jer pokazuje da se pritisak na izvorišta, uključujući Gružu, ne može posmatrati odvojeno od stanja distributivne infrastrukture.

Za Gružansku akumulaciju ovo pitanje ima poseban značaj. Svaka količina vode koja se izgubi ili ne evidentira kroz fakturisanu prodaju prethodno je zahvaćena iz izvorišta, prerađena, transportovana i uvedena u distributivni sistem. Kada se ima u vidu da najveći deo ukupne proizvodnje vode za Kragujevac dolazi upravo iz Gruže, visok nivo neprihodovane vode neposredno povećava opterećenje ovog izvorišta. Zbog toga smanjenje gubitaka, unapređenje merenja i modernizacija distributivne mreže imaju direktan značaj za očuvanje Gruže i za dugoročnu sigurnost vodosnabdevanja grada.

Plan poslovanja za 2026. godinu predviđa ukupnu proizvodnju vode od 19.529.856 m³, što je približno na nivou ostvarene proizvodnje u prethodnim godinama. Međutim, planirana ukupna prodaja vode iznosi 13.785.886 m³, što je znatno više od ostvarene prodaje u periodu 2021–2025. Od planirane prodaje, na građane se odnosi 11.063.546 m³, a na privredu 2.722.340 m³. Ako se uporede planirana proizvodnja i planirana prodaja za 2026. godinu, indikativna razlika iznosi 5.743.970 m³, odnosno oko 29,4% planirane proizvodnje. To je znatno niži nivo u odnosu na period 2021–2025, kada se razlika između proizvedene i fakturisane vode kretala oko 43–45%.

Podatke za 2026. godinu treba posmatrati kao plansku projekciju, a ne kao ostvareni rezultat. Programu poslovanja za 2026. godinu prepoznaje se da su gubici povezani sa starošću distributivne mreže, čestim pucanjima vodovodnih linija i potrebom za boljim bilansiranjem sistema. Kao relevantne mere navode se kompletiranje podataka o mreži, stanju zatvarača i regulatora pritiska, korišćenje savremene opreme za otkrivanje skrivenih kvarova, rad Komisije za ispitivanje gubitaka i sprovođenje Akcionog plana za smanjenje gubitaka vode. Pored toga, planirana je izgradnja i projektovanje 9.000 metara vodovodne mreže, rekonstrukcija postojeće infrastrukture u naseljima sa zastarelim cevovodima i zamena preostale azbestne vodovodne mreže. Ipak, budući da dokument ne daje preciznu vezu između pojedinačnih investicija i očekivanog smanjenja gubitaka, ostvarenje ovog plana treba pratiti kroz naredne godišnje izveštaje i konkretne pokazatelje neprihodovane vode.

Na osnovu dostupnih podataka za period 2021–2025. može se zaključiti da je Gružanska akumulacija strateško izvoriste za vodosnabdevanje Kragujevca. Njena uloga je posebno izražena u godinama hidrološkog pritiska, kada se udeo Gruže u ukupnoj proizvodnji povećava. U 2025. godini, prema proceni iz planskog dokumenta za 2026, PP Gruža je učestvovala sa 75,72% u ukupnoj proizvodnji vode, što predstavlja najviši udeo u analiziranom periodu. Istovremeno, kontinuirano visoka razlika između proizvedene i fakturisane vode pokazuje da zaštita ovog izvorišta mora biti povezana sa smanjenjem neprihodovane vode, unapređenjem distributivne mreže i sistematskim upravljanjem potrošnjom. Dugoročna sigurnost vodosnabdevanja Kragujevca zato zavisi od istovremenog očuvanja kvaliteta i količine vode u slivu Gruže, pouzdanosti postrojenja za preradu vode i efikasnosti celokupnog distributivnog sistema.



PROCENA POTREBA POLJOPRIVREDE ZA VODOM ZA NAVODNJAVANJE NA PODRUČJU OPŠTINE KNIĆ

Akumulacija Gruža predstavlja jedan od značajnih vodnih resursa centralne Srbije, sa višestrukom ulogom u sistemu javnog vodosnabdevanja, zaštiti od poplavnih talasa, očuvanju ekosistema i razvoju poljoprivrede na prostoru koji joj gravitira. U okviru projekta „Voda za zajednicu: Akumulacija Gruža kao kritičan resurs u sistemu javnog vodosnabdevanja i ruralnog razvoja“, posebna pažnja usmerena je na pitanje racionalnog i transparentnog korišćenja vode, naročito u uslovima sve izraženijih klimatskih ekstrema, sušnih perioda i povećane konkurencije između različitih korisnika vode.

Poljoprivreda je jedan od sektora čije su potrebe za vodom najizraženije u periodu godine kada su prirodni vodni resursi najčešće najopterećeniji. Tokom letnjih meseci, usled visokih temperatura vazduha, povećane evapotranspiracije i neravnomernog rasporeda padavina, potrebe gajenih biljaka za vodom mogu znatno premašiti količine vode koje se obezbeđuju prirodnim padavinama. U takvim uslovima navodnjavanje predstavlja važnu agrotehničku meru za stabilizaciju prinosa, očuvanje kvaliteta proizvoda i smanjenje rizika u poljoprivrednoj proizvodnji.

Istovremeno, korišćenje vode za navodnjavanje ne može se posmatrati izolovano od ukupnog vodnog bilansa akumulacije i njene primarne funkcije u sistemu javnog vodosnabdevanja. U uslovima suše, smanjenog dotoka i povećane potrošnje, neophodno je utvrditi realne potrebe poljoprivrede za vodom, kako bi se one mogle uporediti sa raspoloživim vodnim resursima i uključiti u proces planiranja upravljanja akumulacijom.

Upravo zbog toga procena potreba za vodom za navodnjavanje mora biti zasnovana na standardizovanoj metodologiji, relevantnim klimatskim podacima i strukturi biljne proizvodnje na analiziranom području.

U okviru projektne aktivnosti, predviđeno je da se za područje opštine Knić odrede potrebe gajenih kultura za vodom, na osnovu klimatskih podataka i strukture setve, primenom FAO 56 metodologije. Takođe je predviđeno da se na osnovu dobijenih vrednosti utvrdi hidromodul navodnjavanja, odnosno količina vode potrebna za navodnjavanje po jedinici površine, izražena u $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Ovaj izveštaj predstavlja stručnu osnovu za sagledavanje potreba biljne poljoprivredne proizvodnje za vodom na području opštine Knić. Njegov značaj nije samo u prikazu količina vode koje su potrebne pojedinim biljnim vrstama, već i u mogućnosti da se dobijeni rezultati koriste kao polazište za racionalno planiranje navodnjavanja, izbor efikasnijih sistema, razmatranje redukovanog i interventnog navodnjavanja i formulisanje preporuka za održivo korišćenje vode iz akumulacije Gruža.

CILJ IZVEŠTAJA

Osnovni cilj ovog izveštaja je da se procene potrebe biljne proizvodnje za vodom za navodnjavanje na području opštine Knić, uz primenu standardizovanog metodološkog pristupa zasnovanog na klimatskim podacima, strukturi biljne proizvodnje i koeficijentima kulture.

Posebni ciljevi izveštaja su:

1. da se, na osnovu strukture biljne proizvodnje, formira reprezentativni plodored, odnosno model „specifičnog hektara“ koji odražava zastupljenost najvažnijih kultura na analiziranom području;
2. da se za odabrane kulture odrede vrednosti evapotranspiracije kulture tokom vegetacionog perioda, korišćenjem referentne evapotranspiracije i odgovarajućih koeficijenata kulture;
3. da se izračunaju efektivne padavine i neto deficit vode, odnosno količina vode koju je potrebno nadoknaditi navodnjavanjem;

- .4. da se dobijene neto potrebe za vodom prevedu u bruto potrebe, uzimajući u obzir efikasnost različitih sistema za navodnjavanje;
 5. da se izračuna hidromodul navodnjavanja za različite sisteme navodnjavanja, kao pokazatelj potrebnog protoka vode po jedinici površine;
 6. da se rezultati prikažu tako da mogu poslužiti kao osnova za planiranje racionalnog korišćenja vode u poljoprivredi, naročito u uslovima ograničenih vodnih resursa i mogućih sušnih perioda
- Izveštaj ima praktičnu i plansku funkciju. Njegova namena nije da propiše režim navodnjavanja za svaku pojedinačnu parcelu, već da na nivou analiziranog područja omogući procenu ukupnih i specifičnih potreba za vodom u poljoprivredi. Tako dobijeni rezultati mogu biti korišćeni u dijalogu između poljoprivrednika, lokalne samouprave, javnih preduzeća, vodoprivrednih institucija i drugih aktera uključenih u upravljanje akumulacijom Gruža.



- **Područje analize i značaj procene potreba za vodom**

Područje analize obuhvata prostor opštine Knić, odnosno poljoprivredno područje koje je u funkcionalnoj, privrednoj i vodoprivrednoj vezi sa akumulacijom Gruža. Ovo područje ima izražen poljoprivredni karakter, pri čemu su u biljnoj proizvodnji zastupljene ratarske kulture, livade i pašnjaci, voćarske kulture, vinova loza i povrtarske kulture. U strukturi analizirane biljne proizvodnje korišćena je ukupna površina poljoprivrednog zemljišta od 121.339 ha, dok su za pojedine kulture određeni procenti zastupljenosti u modelu plodoređa. U dostavljenoj poljoprivrednoj osnovi najveće učešće imaju kukuruz, strna žita, livade i pašnjaci, dok su u manjem procentu zastupljeni suncokret, vinova loza, voćarske i povrtarske kulture.

Ovakva struktura proizvodnje ima direktan uticaj na dinamiku potreba za vodom. Ratarske kulture, poput kukuruza i suncokreta, najveće potrebe za vodom imaju tokom letnjeg dela vegetacije, kada su temperature visoke, a padavine često nedovoljne ili nepovoljno raspoređene. Višegodišnji zasadi, kao što su voćnjaci i vinogradi, imaju specifičnu dinamiku potrošnje vode, koja zavisi od početka vegetacije, faze razvoja, prisustva ili odsustva travnog pokrivača i načina održavanja zemljišta. Povrtarske kulture, iako u strukturi površina mogu biti manje zastupljene, imaju relativno visoke potrebe za vodom i izraženu osetljivost na vodni stres.

Potrebe za vodom nisu ravnomerno raspoređene tokom godine. Najveći pritisak na vodne resurse javlja se u periodu vršne potrošnje, najčešće tokom jula i avgusta, kada se poklapaju visoke vrednosti evapotranspiracije, kritične faze razvoja većeg broja biljnih vrsta i mogući nedostatak efektivnih padavina. Upravo zbog toga je za planiranje sistema za navodnjavanje i procenu opterećenja vodnih resursa posebno značajno utvrditi ne samo sezonske potrebe, već i mesečne vrednosti deficita vode i hidromodula. Procena potreba za vodom na nivou strukture biljne proizvodnje ima poseban značaj u kontekstu održivog upravljanja akumulacijom Gruža. Sa jedne strane, poljoprivrednici imaju potrebu za stabilnim i predvidivim pristupom vodi u periodima kada je biljna proizvodnja najosetljivija na sušu. Sa druge strane, akumulacija ima značajnu ulogu u sistemu javnog vodosnabdevanja, pa se svaka dodatna potrošnja vode mora posmatrati u širem kontekstu raspoloživih količina, prioriteta korišćenja i zaštite vodnog resursa.

Zbog toga rezultati ove analize treba da omoguće realnije sagledavanje odnosa između potreba poljoprivrede i mogućnosti za iskorišćenjem vodnog resursa odnosno akumulacije Gruža. Oni mogu poslužiti kao osnova za planiranje mera racionalizacije, kao što su primena sistema kap po kap, unapređenje efikasnosti postojećih sistema, uvođenje redukovanog navodnjavanja u uslovima ograničenih količina vode i definisanje prioriteta u kritičnim fazama razvoja pojedinih biljnih vrsta. U samom projektu je već predviđeno da se kroz kampanju i preporuke posebno promovišu racionalno korišćenje vode, sistemi kap po kap, redukovano i interventno navodnjavanje kao dobre prakse u uslovima ograničenih resursa.

MATERIJAL I METODE

Korišćeni podaci

Za potrebe procene potreba poljoprivrede za vodom korišćene su dve osnovne grupe podataka: podaci o strukturi biljne poljoprivredne proizvodnje i klimatski podaci potrebni za proračun evapotranspiracije i efektivnih padavina.

Podaci o površinama korišćenog poljoprivrednog zemljišta i strukturi biljne proizvodnje preuzeti su iz zvaničnih statističkih izvora, odnosno iz statističkih publikacija Republičkog zavoda za statistiku Republike Srbije. Analizom strukture biljne proizvodnje upravnih okruga formiran je reprezentativni plodored, odnosno model zastupljenosti kultura u sistemu za navodnjavanje. Na taj način omogućeno je da se potrebe za vodom ne računaju samo za pojedinačne kulture, već i za „specifični hektar“, koji odražava prosečnu strukturu analizirane biljne proizvodnje.

U dostavljenoj poljoprivrednoj osnovi obuhvaćene su sledeće grupe kultura: kukuruz, strna žita, suncokret, livade i pašnjaci, vinova loza, jabuka/kruška/šljiva u varijanti sa i bez travnog pokrivača, kajsija/breskva u varijanti sa i bez travnog pokrivača, višnja/trešnja u varijanti sa i bez travnog pokrivača, malina/kupina/borovnica, paprika, paradajz i sitno povrće. Za svaku kulturu definisani su procenat zastupljenosti, trajanje pojedinih fenofaza, datum setve, sadnje, rasadivanja ili početka vegetacije, kao i vrednosti koeficijenata kulture po fazama razvoja.

Klimatski podaci korišćeni u analizi preuzeti su od Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije (RHMZ) i odnose se na zvaničnu meteorološku stanicu Kragujevac. Podaci su korišćeni na dnevnom nivou za period od prethodnih 20 godina. Meteorološka stanica Kragujevac nalazi se na nadmorskoj visini od 181 m, na koordinatama 44°02' severne geografske širine i 20°56' istočne geografske dužine. Na osnovu ovog seta podataka izvršen je proračun klimatskih parametara potrebnih za procenu referentne evapotranspiracije, efektivnih padavina, evapotranspiracije kultura i deficita vode za navodnjavanje. U skladu sa projektnim zadatkom, proračun je zasnovan na FAO 56 metodologiji, odnosno na pristupu koji omogućava da se potrebe kultura za vodom procene na osnovu klimatskih uslova i koeficijenata kultura. Projektom je predviđeno da se za područje opštine Knić potrebe gajenih kultura za vodom odrede na osnovu klimatskih podataka i strukture setve, primenom FAO 56 metodologije, kako bi se dobili podaci o referentnoj evapotranspiraciji i evapotranspiraciji kultura.

Referentna evapotranspiracija

Referentna evapotranspiracija predstavlja količinu vode koja se gubi procesima isparavanja sa zemljišta i transpiracije biljaka sa referentne travne površine, pod uslovom da voda nije ograničavajući faktor. Ona predstavlja klimatski pokazatelj atmosferske potražnje za vodom i osnovni je ulazni parametar za procenu evapotranspiracije konkretnih kultura. U ovoj analizi referentna evapotranspiracija izračunata je primenom FAO 56 Penman–Monteith metode, koja se u međunarodnoj praksi smatra standardnim pristupom za procenu ET_0 . Ova metoda uzima u obzir uticaj temperature vazduha, relativne vlažnosti vazduha, brzine vetra i sunčevog zračenja, odnosno neto radijacije.

FAO 56 Penman–Monteith jednačina ima oblik:

$$ET_0 = [0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot 900/(T + 273) \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)] / [\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot u_2)]$$

gde je:

ET_0 — referentna evapotranspiracija ($\text{mm} \cdot \text{dan}^{-1}$);

R_n — neto radijacija na površini useva ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dan}^{-1}$);

G — gustina toplotnog fluksa u zemljištu ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dan}^{-1}$);

T — srednja dnevna temperatura vazduha na visini od 2 m ($^{\circ}\text{C}$);

u_2 — brzina vetra na visini od 2 m ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$);

e_s — pritisak zasićene vodene pare (kPa);

e_a — stvarni pritisak vodene pare (kPa);

$e_s - e_a$ — deficit pritiska vodene pare (kPa);

Δ — nagib krive pritiska zasićene vodene pare ($\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$);

γ — psihrometrijska konstanta ($\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Koeficijent kulture i evapotranspiracija kulture

Evapotranspiracija kulture predstavlja realnu potrebu određene kulture za vodom u uslovima optimalne snabdevenosti vodom. Ona se dobija množenjem referentne evapotranspiracije sa koeficijentom kulture:

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c$$

gde je:

ET_c — evapotranspiracija kulture ($\text{mm} \cdot \text{dan}^{-1}$);

ET_0 — referentna evapotranspiracija ($\text{mm} \cdot \text{dan}^{-1}$);

K_c — koeficijent kulture.

Koeficijent kulture menja se tokom vegetacije u zavisnosti od razvojne faze biljke, pokrovnosti zemljišta, visine biljke, razvijenosti lisne mase, načina održavanja zemljišta i specifičnosti kulture. U analizi su za svaku kulturu definisane vrednosti K_c za početnu fazu, fazu pune razvijenosti i završnu fazu vegetacije, kao i trajanje pojedinih fenofaza. Za voćarske kulture posebno su razdvojeni zasadi sa travnim pokrivačem i bez travnog pokrivača, jer prisustvo travnog pokrivača povećava ukupnu potrošnju vode u zasadu.

Ovakav pristup omogućava da se uvažava sezonska dinamika potreba za vodom. Na primer, kulture sa najvećom lisnom masom i najintenzivnijim porastom tokom letnjih meseci imaju više vrednosti ET_c , dok su potrebe niže u početnim i završnim fazama vegetacije.

Efektivne padavine

Ukupne padavine ne predstavljaju u celosti količinu vode koja je dostupna biljkama. Deo vode može oteći površinski, deo se može izgubiti dubokim proceđivanjem ispod zone korenovog sistema, a deo može pasti u periodu kada biljke nemaju izražene potrebe za vodom. Zbog toga se u proračunima potreba za navodnjavanjem koriste efektivne padavine, odnosno onaj deo padavina koji je biljkama stvarno dostupan u zoni korena. U ovoj analizi efektivne padavine su izračunate na dnevnom nivou, a zatim su agregirane na mesečni i sezonski nivo. U metodološkom predlošku koji je korišćen za prethodne proračune, efektivne padavine su računane kao deo dnevnih padavina koji ima određenu verovatnoću pojave, odnosno kao redukovana vrednost u odnosu na ukupne dnevne padavine. U dostavljenom metodološkom materijalu efektivne padavine su prikazane kao 90% dnevnih padavina koje su preuzete sa meteorološke stanice.

Neto deficit vode

Neto deficit vode predstavlja razliku između potreba kulture za vodom i efektivnih padavina. On pokazuje količinu vode koju je potrebno nadoknaditi navodnjavanjem, ukoliko se želi obezbediti optimalno snabdevanje biljaka vodom.

Za svaku kulturu neto deficit vode izračunat je kao:

$$I_n = ET_c - P_e$$

gde je:

I_n — neto deficit vode ($\text{mm} \cdot \text{dan}^{-1}$);

ET_c — evapotranspiracija kulture ($\text{mm} \cdot \text{dan}^{-1}$);

P_e — efektivne padavine ($\text{mm} \cdot \text{dan}^{-1}$).

Ukoliko su efektivne padavine veće od evapotranspiracije kulture, vrednost deficita može biti nula ili negativna. U praktičnom tumačenju, negativne vrednosti ukazuju da u tom periodu nema potrebe za navodnjavanjem, odnosno da su potrebe kulture pokrivene efektivnim padavinama.

Za potrebe procene na nivou strukture biljne proizvodnje, neto deficit svake kulture ponderisan je njenim procentualnim učešćem u plodoredu. Na taj način dobijen je ukupan neto deficit vode specifičnog hektara:

$$I_n = \sum [(ET_{ci} - P_{ei}) \cdot Z_i]$$

gde je:

I_n — ukupan neto deficit vode specifičnog hektara ($\text{mm} \cdot \text{dan}^{-1}$);

ET_{ci} — evapotranspiracija i-te kulture ($\text{mm} \cdot \text{dan}^{-1}$);

P_{ei} — efektivne padavine za i-tu kulturu/period ($\text{mm} \cdot \text{dan}^{-1}$);

Z_i — zastupljenost i-te kulture u strukturi proizvodnje.

U dostavljenoj metodologiji za hidromodul upravo je navedeno da se neto deficit vode određuje kao razlika potreba useva za vodom i efektivnih padavina, a zatim se, uzimajući u obzir procentualno učešće svake kulture u plodoredu, dobija ukupan neto deficit specifičnog hektara.

Bruto deficit vode i efikasnost sistema za navodnjavanje

Neto deficit vode predstavlja količinu vode koju treba obezbediti u zoni korena biljke. Međutim, u realnim uslovima, prilikom zahvatanja, transporta, razvođenja i raspodele vode na parceli javljaju se gubici. Zbog toga se za planiranje potrebne količine vode koristi bruto deficit vode.

Bruto deficit vode izračunat je na osnovu neto deficita i projektna efikasnosti sistema:

$$I_b = I_n / E_p$$

odnosno:

$$I_b = I_n \cdot (1 / E_p)$$

gde je:

I_b — bruto deficit vode ($\text{mm} \cdot \text{dan}^{-1}$);

I_n — neto deficit vode ($\text{mm} \cdot \text{dan}^{-1}$);

E_p — projektna efikasnost sistema za navodnjavanje.

Projektna efikasnost sistema predstavlja odnos između količine vode koja dospe u zonu korenovog sistema i količine vode koja je zahvaćena na izvoristu. Ona zavisi od efikasnosti distribucije vode na parceli, efikasnosti razvođenja vode po poljoprivrednom dobru i efikasnosti dovođenja vode do poljoprivrednog dobra. U metodološkom materijalu navedeno je da se projektna efikasnost sistema izračunava kao proizvod ovih efikasnosti, odnosno $E_p = E_a \cdot E_b \cdot E_c$.

Za potrebe procene na nivou strukture biljne proizvodnje, neto deficit svake kulture ponderisan je njenim procentualnim učešćem u plodoredu. Na taj način dobijen je ukupan neto deficit vode specifičnog hektara:

$$I_n = \sum [(ET_{ci} - P_{ei}) \cdot Z_i]$$

gde je:

I_n — ukupan neto deficit vode specifičnog hektara ($\text{mm} \cdot \text{dan}^{-1}$);

ET_{ci} — evapotranspiracija i-te kulture ($\text{mm} \cdot \text{dan}^{-1}$);

P_{ei} — efektivne padavine za i-tu kulturu/period ($\text{mm} \cdot \text{dan}^{-1}$);

Z_i — zastupljenost i-te kulture u strukturi proizvodnje.

U dostavljenoj metodologiji za hidromodul upravo je navedeno da se neto deficit vode određuje kao razlika potreba useva za vodom i efektivnih padavina, a zatim se, uzimajući u obzir procentualno učešće svake kulture u plodoredu, dobija ukupan neto deficit specifičnog hektara.

Bruto deficit vode i efikasnost sistema za navodnjavanje

Neto deficit vode predstavlja količinu vode koju treba obezbediti u zoni korena biljke. Međutim, u realnim uslovima, prilikom zahvatanja, transporta, razvođenja i raspodele vode na parceli javljaju se gubici. Zbog toga se za planiranje potrebne količine vode koristi bruto deficit vode.

Bruto deficit vode izračunat je na osnovu neto deficita i projektne efikasnosti sistema:

$$I_b = I_n / E_p$$

odnosno:

$$I_b = I_n \cdot (1 / E_p)$$

gde je:

I_b — bruto deficit vode ($\text{mm} \cdot \text{dan}^{-1}$);

I_n — neto deficit vode ($\text{mm} \cdot \text{dan}^{-1}$);

E_p — projektna efikasnost sistema za navodnjavanje.

Projektna efikasnost sistema predstavlja odnos između količine vode koja dospe u zonu korenovog sistema i količine vode koja je zahvaćena na izvoru. Ona zavisi od efikasnosti distribucije vode na parceli, efikasnosti razvođenja vode po poljoprivrednom dobru i efikasnosti dovoda vode do poljoprivrednog dobra. U metodološkom materijalu navedeno je da se projektna efikasnost sistema izračunava kao proizvod ovih efikasnosti, odnosno $E_p = E_a \cdot E_b \cdot E_c$.

U ovoj analizi su, radi poređenja, razmatrana tri načina navodnjavanja:

- gravitaciono, odnosno površinsko navodnjavanje,
- navodnjavanje orošavanjem,
- navodnjavanje sistemom kap po kap.

U proračunu su korišćene sledeće vrednosti projektne efikasnosti sistema:

$E_p = 0,50$ za gravitaciono navodnjavanje;

$E_p = 0,70$ za navodnjavanje orošavanjem;

$E_p = 0,80$ za sistem kap po kap.

Ove vrednosti su korišćene u dostavljenoj tabeli rezultata za proračun bruto deficita vode i hidromodula sistema.

Hidromodul navodnjavanja

Hidromodul navodnjavanja predstavlja specifičan protok vode koji je potrebno obezbediti po jedinici površine, najčešće izražen u $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$. On je jedan od osnovnih pokazatelja za planiranje i dimenzionisanje sistema za navodnjavanje, jer povezuje potrebe useva za vodom sa vremenom rada sistema. Neto i bruto potrebe za vodom predstavljaju kontinualne potrebe biljaka. Međutim, sistemi za navodnjavanje u praksi ne rade neprekidno 24 časa dnevno i svih 30 dana u mesecu. Zbog toga se prilikom izračunavanja hidromodula uzima u obzir planirani broj časova rada sistema u toku dana i broj dana rada sistema u toku meseca. U metodološkom materijalu je navedeno da smanjenje broja radnih časova sistema povećava hidromodul, a samim tim i potrebne dimenzije kanala, cevovoda i druge opreme.

Hidromodul sistema za navodnjavanje izračunat je prema izrazu:

$$q_s = I_b \cdot 10000 \cdot 24 \cdot 30 / (86400 \cdot t \cdot n)$$

gde je:

q_s — hidromodul sistema za navodnjavanje ($\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$);

I_b — bruto deficit vode ($\text{mm}\cdot\text{dan}^{-1}$);

10000 — površina jednog hektara u m^2 ;

24 — broj časova u toku dana;

30 — broj dana u mesecu;

86400 — broj sekundi u jednom danu;

t — projektovani broj časova rada sistema u toku dana;

n — projektovani broj dana rada sistema u toku meseca.

REZULTATI I TUMAČENJE

Rezultati procene potreba biljne proizvodnje za vodom za navodnjavanje prikazani su kroz mesečne vrednosti evapotranspiracije kultura, efektivnih padavina, neto deficita vode, bruto potreba za vodom i hidromodula navodnjavanja. Posebno su analizirane vrednosti za pune potrebe za vodom i za redukovani scenario navodnjavanja, kako bi se sagledale mogućnosti

U ovoj analizi usvojeno je da gravitacioni sistem radi 18 časova dnevno, dok sistemi orošavanja i kap po kap rade 20 časova dnevno. Za sve sisteme usvojeno je 25 dana rada u toku meseca. Ove vrednosti su primenjene u tabelarnom proračunu hidromodula za mesece vegetacionog perioda. Hidromodul je izračunat za svaki mesec vegetacionog perioda, ali je za planiranje sistema posebno značajna vrednost u periodu vršne potrošnje. U klimatskim uslovima Srbije, period vršne potrošnje vode za većinu kultura najčešće se javlja tokom jula i avgusta. Zbog toga se pri tumačenju rezultata posebna pažnja posvećuje vrednostima hidromodula u tim mesecima.

Redukovane potrebe za vodom

Pored proračuna punih potreba za vodom, u analizi su razmatrane i redukovane potrebe za vodom. Ovaj pristup je značajan u uslovima ograničenih vodnih resursa, kada nije uvek moguće obezbediti vodu za potpuno pokrivanje evapotranspiracionih potreba svih kultura. Redukovano navodnjavanje podrazumeva planirano smanjenje količina vode, uz nastojanje da se vodni stres izbegne ili ublaži u najosetljivijim fazama razvoja biljaka. U dostavljenim rezultatima prikazani su redukovani neto deficit vode, bruto redukovani deficit i redukovani hidromodul sistema za gravitaciono navodnjavanje, orošavanje i sistem kap po kap. Takav pristup omogućava da se, pored scenarija punih potreba, sagledaju i mogućnosti racionalizacije potrošnje vode u uslovima suše ili ograničenog vodnog bilansa akumulacije. U praktičnom smislu, redukovane potrebe ne treba tumačiti kao preporuku za stalno smanjenje navodnjavanja, već kao scenario upravljanja vodom u uslovima ograničenih resursa. Njihova primena mora biti usklađena sa osetljivošću pojedinih kultura na vodni stres, kritičnim fazama razvoja, ekonomskim značajem kultura i raspoloživim količinama vode.

racionalizacije potrošnje vode u uslovima ograničene dostupnosti vodnih resursa.

Rezultati su prikazani na nivou strukture biljne proizvodnje, odnosno tzv. specifičnog hektara, koji odražava procentualnu zastupljenost analiziranih kultura u ukupnoj strukturi proizvodnje. Na taj način dobijene vrednosti ne predstavljaju potrebe jedne konkretne kulture, već prosečnu potrebu za vodom u sistemu poljoprivredne proizvodnje koji je formiran na osnovu zastupljenosti kultura.

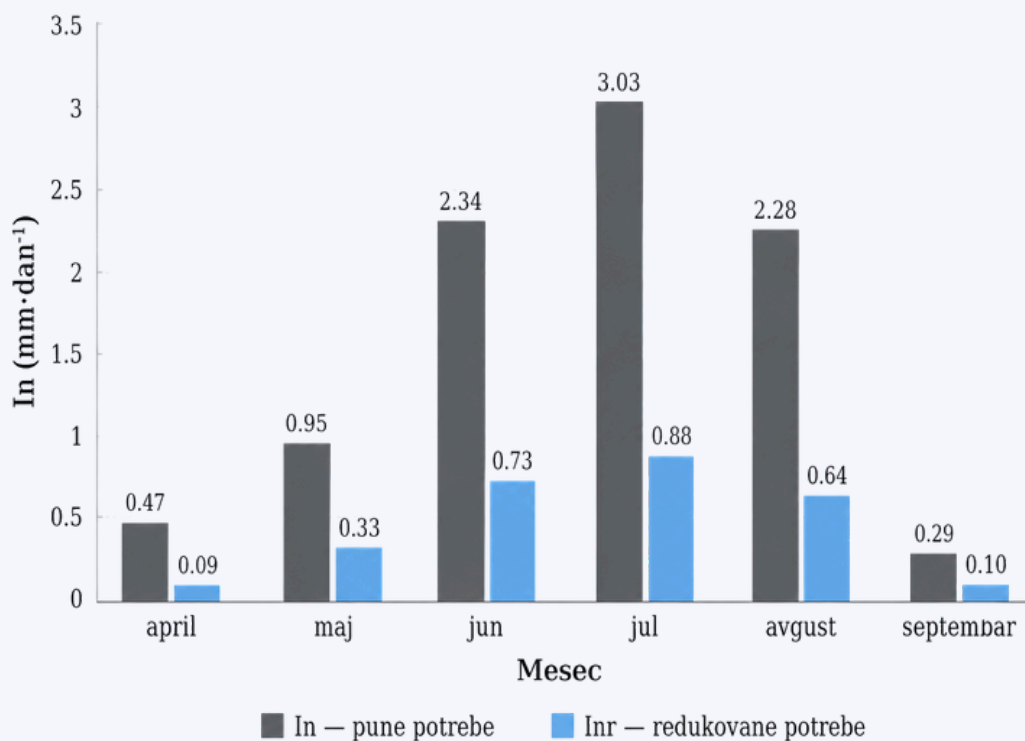
Evapotranspiracija kulture, efektivne padavine i neto deficit vode

Proračun evapotranspiracije kulture pokazao je da se potrebe za vodom znatno razlikuju u zavisnosti od kulture, faze razvoja i perioda godine. Najveće vrednosti ET_c javljaju se tokom letnjih meseci, kada su temperature vazduha više, biljke se nalaze u fazama intenzivnog razvoja, a atmosferska potražnja za vodom dostiže najveće vrednosti.

Efektivne padavine imaju značajnu ulogu u ublažavanju potreba za navodnjavanjem, ali njihov raspored tokom vegetacionog perioda nije dovoljan da u potpunosti pokrije potrebe kultura za vodom. To se posebno uočava u junu, julu i avgustu, kada evapotranspiracione potrebe biljaka rastu brže od količina vode koje se obezbeđuju efektivnim padavinama.

Na nivou specifičnog hektara, neto deficit vode iznosio je 0,47 mm·dan⁻¹ u aprilu, 0,95 mm·dan⁻¹ u maju, 2,34 mm·dan⁻¹ u junu, 3,03 mm·dan⁻¹ u julu, 2,28 mm·dan⁻¹ u avgustu i 0,29 mm·dan⁻¹ u septembru. Najveća vrednost neto deficita vode utvrđena je u julu, što ovaj mesec izdvaja kao period vršne potrošnje vode za navodnjavanje.

Grafikon 1. Mesečni neto deficit vode i redukovani neto deficit vode na nivou specifičnog hektara



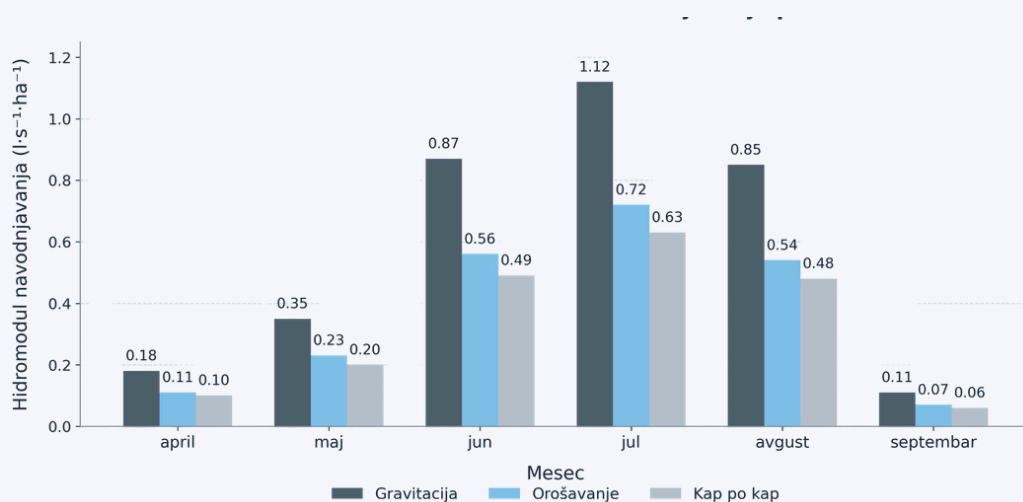
Ukupna sezonska dinamika pokazuje da potrebe za navodnjavanjem nisu ravnomerno raspoređene tokom vegetacionog perioda. Najmanje vrednosti neto deficita vode javljaju se u aprilu i septembru, dok se jasno izdvaja period od juna do avgusta kao period najvećeg pritiska na vodne resurse. Maksimalna vrednost neto deficita vode utvrđena je u julu i iznosi 3,03 mm·dan⁻¹, što ovaj mesec čini merodavnim za procenu vršnih potreba za vodom. Visoke vrednosti u junu i avgustu ukazuju da se potrebe za navodnjavanjem ne mogu posmatrati samo kao kratkotrajni maksimum, već kao kontinuirano opterećenje u najtoplijem delu godine.

Hidromodul sistema za navodnjavanje

Neto deficit vode pokazuje količinu vode koju je potrebno obezbediti biljkama, ali za planiranje korišćenja vode iz akumulacije značajniji je hidromodul navodnjavanja. On pokazuje potreban protok vode po jedinici površine, uz uvažavanje efikasnosti sistema za navodnjavanje i planiranog vremena rada sistema.

Proračun je izvršen za tri tipa sistema: gravitaciono navodnjavanje, orošavanje i sistem kap po kap. Najveće vrednosti hidromodula dobijene su za gravitaciono navodnjavanje, zbog niže efikasnosti sistema, dok su najniže vrednosti dobijene za sistem kap po kap, koji ima najveću efikasnost primene vode. U julu, kao mesecu vršne potrošnje, hidromodul iznosi $1,12 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ za gravitaciono navodnjavanje, $0,72 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ za orošavanje i $0,63 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ za sistem kap po kap. Ovi rezultati pokazuju da izbor sistema za navodnjavanje ima veliki uticaj na količinu vode koju je potrebno obezbediti na izvoru.

Grafikon 2. Hidromodul sistema za navodnjavanje po mesecima

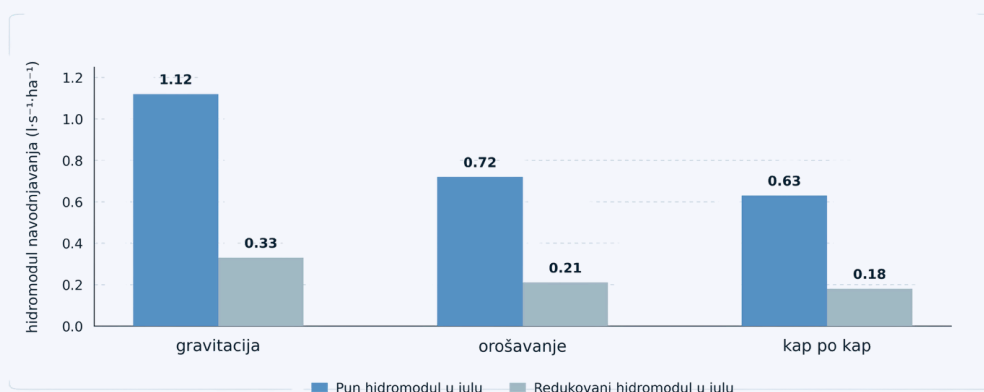


Redukovano navodnjavanje kao scenario racionalizacije vode

Pored proračuna punih potreba, urađen je i redukovani scenario potreba za vodom. Ovaj scenario je posebno značajan za periode suše, niskog vodostaja i mogućih ograničenja u korišćenju vode za navodnjavanje.

Redukovani neto deficit vode ima istu sezonsku dinamiku kao i puni deficit, ali su vrednosti znatno niže. U julu, redukovani neto deficit iznosi $0,88 \text{ mm} \cdot \text{dan}^{-1}$, umesto $3,03 \text{ mm} \cdot \text{dan}^{-1}$ kod punog pokrivanja potreba. U avgustu redukovani deficit iznosi $0,64 \text{ mm} \cdot \text{dan}^{-1}$, umesto $2,28 \text{ mm} \cdot \text{dan}^{-1}$. Ovo pokazuje da redukovano navodnjavanje može značajno smanjiti pritisak na vodne resurse, ali se mora primenjivati pažljivo, uz uvažavanje osetljivosti kultura na vodni stres. Kod redukovanog scenarija, u julu hidromodul iznosi $0,33 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ za gravitaciono navodnjavanje, $0,21 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ za orošavanje i $0,18 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ za sistem kap po kap. U poređenju sa punim potrebama, ovo predstavlja značajno smanjenje potrebnog protoka vode, naročito kod sistema kap po kap.

Grafikon 3. Poređenje punog i redukovanog hidromodula u julu



Redukovani hidromodul pokazuje potencijal značajnog smanjenja potrebnog proticaja vode u periodu vršne potrošnje. U julu se kod sistema kap po kap hidromodul smanjuje sa 0,63 na 0,18 $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$, dok se kod orošavanja smanjuje sa 0,72 na 0,21 $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$, a kod gravitacionog sistema sa 1,12 na 0,33 $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$. Ovo pokazuje da redukovano navodnjavanje može biti važan alat za upravljanje vodom u kriznim uslovima, ali samo ako se primenjuje planski, u skladu sa kulturom, fazom razvoja i osetljivošću biljaka na vodni stres.

Sa aspekta upravljanja akumulacijom Gruža, dobijeni rezultati imaju praktičan značaj jer omogućavaju da se potrebe poljoprivrede za vodom izraze kroz merljive pokazatelje. Umesto opšte ocene da je poljoprivredi potrebna voda za navodnjavanje, rezultati pokazuju u kojim mesecima je pritisak najveći, koliki je potreban protok po jedinici površine i koliko se potrebe mogu smanjiti primenom efikasnijih sistema i redukovanog režima. To je važno za buduće planiranje režima korišćenja vode, naročito u uslovima suše, niskog vodostaja i mogućih ograničenja u snabdevanju.

Nakon prikaza mesečne dinamike deficita vode i hidromodula navodnjavanja, u nastavku su izdvojeni ključni pokazatelji koji imaju najveći značaj za planiranje korišćenja vode u poljoprivredi. Sintezna tabela ne prikazuje sve proračunate mesečne vrednosti, već izdvaja merodavni period, mesec vršne potrošnje i vrednosti koje su najvažnije za procenu opterećenja vodnog resursa i mogućnosti racionalizacije potrošnje vode.

Tabela 1. Objedinjeni prikaz ključnih pokazatelja potreba za vodom za navodnjavanje

Pokazatelj	Merodavna vrednost	Tumačenje
Period povećanih potreba za vodom	jun–avgust	Period najvećeg pritiska poljoprivrede na vodne resurse
Mesec vršne potrošnje	jul	Merodavan mesec za procenu najvećih potreba i planiranje korišćenja vode
Najveći neto deficit vode	3,03 mm·dan ⁻¹	Maksimalna prosečna dnevna potreba za nadoknadom vode na nivou specifičnog hektara
Najveći redukovani neto deficit vode	0,88 mm·dan ⁻¹	Scenario smanjenih potreba u uslovima ograničene dostupnosti vode
Hidromodul: gravitaciono navodnjavanje, jul	1,12 l·s ⁻¹ ·ha ⁻¹	Najveće opterećenje vodnog resursa zbog niže efikasnosti sistema
Hidromodul: orošavanje, jul	0,72 l·s ⁻¹ ·ha ⁻¹	Srednji nivo potrebnog protoka u odnosu na efikasnost sistema
Hidromodul: kap po kap, jul	0,63 l·s ⁻¹ ·ha ⁻¹	Najpovoljniji sistem u scenariju punih potreba
Redukovani hidromodul: kap po kap, jul	0,18 l·s ⁻¹ ·ha ⁻¹	Najpovoljniji scenario sa aspekta uštede vode
Smanjenje potrebnog protoka u redukovanom scenariju	oko 70%	Potencijal za upravljanje vodom u kriznim i sušnim uslovima

Objedinjeni prikaz potvrđuje da se potrebe za vodom za navodnjavanje koncentrišu u relativno kratkom periodu godine, pre svega tokom juna, jula i avgusta. Jul se izdvaja kao mesec vršne potrošnje, pa je posebno značajan za planiranje kapaciteta sistema i procenu pritiska na raspoložive vodne resurse. Razlike između sistema za navodnjavanje pokazuju da tehnički izbor sistema ima direktan uticaj na količinu vode koju je potrebno obezbediti. Najveće potrebe javljaju se kod gravitacionog navodnjavanja, dok sistem kap po kap ima najmanji potreban hidromodul.

Redukovani scenario pokazuje da se u uslovima ograničene dostupnosti vode potreban protok može značajno smanjiti, naročito ako se redukovano navodnjavanje kombinuje sa efikasnijim sistemima, kao što je kap po kap. Ipak, ovakav pristup ne treba tumačiti kao trajnu zamenu za puno zadovoljenje potreba kultura, već kao moguću meru upravljanja u sušnim i kriznim uslovima, uz obavezno uvažavanje kritičnih faza razvoja biljaka i ekonomskog značaja pojedinih kultura.

Značaj rezultata za planiranje korišćenja vode

Objedinjeni rezultati pokazuju da se potrebe biljaka za vodom ne javljaju ravnomerno tokom cele godine, već su koncentrisane u periodu od juna do avgusta, sa maksimumom u julu. Ovo je posebno važno za planiranje korišćenja vode iz akumulacije Gruža, jer se upravo u tom delu godine mogu poklopiti povećane potrebe poljoprivrede, visoke temperature, povećana potrošnja vode i smanjena raspoloživost vodnih resursa.

Razlike između analiziranih sistema za navodnjavanje pokazuju da tehnički izbor sistema ima direktan uticaj na količinu vode koju je potrebno obezbediti na izvoristu. Gravitaciono navodnjavanje ima najveće zahteve zbog niže efikasnosti, dok sistem kap po kap pokazuje najpovoljnije vrednosti hidromodula. Zbog toga se u uslovima ograničenih vodnih resursa prednost

mora davati efikasnijim sistemima za navodnjavanje, naročito u intenzivnoj voćarskoj i povrtarskoj proizvodnji.

Redukovani strategija navodnjavanja ukazuje da se u sušnim i kriznim uslovima potreban protok vode može značajno smanjiti, posebno ako se redukovano navodnjavanje kombinuje sa sistemima više efikasnosti. Međutim, ovakav pristup ne treba posmatrati kao trajnu zamenu za puno zadovoljenje potreba kultura, već kao meru upravljanja u uslovima ograničene dostupnosti vode. Njegova primena mora biti usklađena sa kritičnim fazama razvoja biljaka, osetljivošću pojedinih kultura na vodni stres i raspoloživim količinama vode.

U projektnom smislu, rezultati omogućavaju da se razgovor o korišćenju vode iz akumulacije Gruža vodi na osnovu merljivih pokazatelja. Umesto opšte ocene da je poljoprivredi potrebna voda, analiza pokazuje kada su potrebe najveće, koliki je potreban proticaj po jedinici površine i koliko se potrošnja može smanjiti primenom efikasnijih sistema i redukovanog režima. Na taj način rezultati mogu poslužiti kao osnova za dijalog između poljoprivrednika, lokalnih samouprava, vodoprivrednih institucija i drugih aktera uključenih u upravljanje akumulacijom. Važno je naglasiti da prikazani rezultati predstavljaju plansku procenu potreba za vodom na nivou strukture biljne proizvodnje, odnosno specifičnog hektara. Oni ne predstavljaju režim navodnjavanja za svaku pojedinačnu parcelu, jer stvarne potrebe zavise od tipa zemljišta, dubine korenovog sistema, stanja useva, primenjene agrotehnike, raspoloživosti vode i konkretnog sistema za navodnjavanje.

ZAKLJUČAK

Na osnovu sprovedene analize potreba biljne poljoprivredne proizvodnje za vodom na području opštine Knić, utvrđeno je da se potrebe za navodnjavanjem najizrazitije javljaju u letnjem delu vegetacionog perioda, odnosno tokom juna, jula i avgusta. Najveći neto deficit vode utvrđen je u julu, kada na nivou specifičnog hektara iznosi $3,03 \text{ mm} \cdot \text{dan}^{-1}$. Ovaj mesec se stoga izdvaja kao merodavan za procenu vršne potrošnje vode i planiranje kapaciteta sistema za navodnjavanje.

Dobijeni rezultati pokazuju da padavine u pojedinim delovima vegetacionog perioda mogu ublažiti potrebe biljaka za vodom, ali nisu dovoljne da u potpunosti pokriju potrebe biljaka za vodom u periodu kada je ona i najpotrebnija (fenofaze cvetanja i plodonošenja). Zbog toga je u uslovima stabilne i tržišno orijentisane poljoprivredne proizvodnje potrebno planirati primenu navodnjavanja, naročito u kritičnim mesecima. Proračun hidromodula navodnjavanja ukazuje da izbor sistema za navodnjavanje ima veliki uticaj na količinu vode koju je potrebno obezbediti na izvoru. U julu, kao mesecu vršne potrošnje, hidromodul iznosi $1,12 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ za gravitaciono navodnjavanje, $0,72 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ za orošavanje i $0,63 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ za sistem kap po kap. Najveće bruto potrebe javljaju se kod gravitacionog navodnjavanja, dok sistem kap po kap predstavlja najpovoljniji sistem sa aspekta racionalne upotrebe vode.

Strategija redukovano navodnjavanja pokazuje da se u uslovima ograničene dostupnosti vode potreban proticaj može značajno smanjiti. U julu redukovani hidromodul iznosi $0,33 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ za gravitaciono navodnjavanje, $0,21 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ za orošavanje i $0,18 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ za sistem kap po kap. Ovi rezultati ukazuju da redukovano navodnjavanje može biti važna mera upravljanja vodom u sušnim i kriznim uslovima, ali se ne sme posmatrati kao trajna zamena za puno zadovoljenje potreba biljaka.

Njegova primena mora biti planska i usklađena sa kritičnim fazama razvoja biljaka, osetljivošću biljnih kultura na vodni stres i raspoloživim količinama vode.

U kontekstu održivog korišćenja akumulacije Gruža, rezultati ove analize imaju praktičan značaj jer omogućavaju da se potrebe poljoprivrede za vodom izraze kroz merljive pokazatelje. Umesto opšte ocene da je poljoprivredi potrebna voda, analiza pokazuje u kojim mesecima je pritisak najveći, koliki je potreban protok po jedinici površine, kako se potrebe menjaju u zavisnosti od sistema za navodnjavanje i koliki je potencijal redukovano režima. Na taj način rezultati mogu poslužiti kao stručna osnova za dijalog između poljoprivrednika, lokalnih samouprava, vodoprivrednih institucija i drugih aktera uključenih u upravljanje akumulacijom.

Kao mere racionalnog korišćenja vode preporučuju se podsticanje efikasnijih sistema za navodnjavanje, pre svega sistema kap po kap u intenzivnoj proizvodnji, planiranje navodnjavanja u skladu sa kritičnim fazama razvoja biljaka, praćenje vlažnosti zemljišta, smanjenje gubitaka vode u transportu i primeni, kao i definisanje prioriteta korišćenja vode u uslovima suše i niskog vodostaja. Ovakvim pristupom moguće je uskladiti potrebe poljoprivrede sa zaštitom i dugoročnom održivošću akumulacije Gruža kao zajedničkog vodnog resursa.

**Prilog 1. Struktura analizirane biljne proizvodnje i vrednosti koeficijenata kulture
(Ukupna površina poljoprivrednog zemljišta: 121.339 ha; Učešće: 100%)**

ukupna površina poljoprivrednog zemljišta			ha	%							
ukupna površina poljoprivrednog zemljišta			121339	100	100	100	100	100	100	100	100
	kultura	zastupljenost %	trajanje I fenofaze	trajanje II fenofaze	trajanje III fenofaze	trajanje IV fenofaze	ukupno trajanje vegetacije	datum setve, sadnje, rasađivanja, početka vegetacije	kc I	kc III	kc kraj IV
1	kukuruz	35,0	30,0	40,0	50,0	30,0	150,0	10-Apr	0,3	1,2	0,35
2	strna žita	25,00	105,00	30,00	60,00	55,00	250,00	10-Oct	0,4	1,15	0,25
3	suncokret	5,00	25,00	35,00	45,00	25,00	130,00	20-Mar	0,35	1	0,35
4	livade i pašnjaci	17,9	15/25/5					15-Mar	0,4	0,95	
5	vinova loza	0,70	30,00	60,00	40,00	80,00	210,00	15-Mar	0,3	0,85	0,45
6	jabuka, kruška, šljiva bez trave	3,00	20,00	70,00	90,00	30,00	210,00	1-Apr	0,45	0,95	0,7
7	jabuka, kruška, šljiva zatravljen voćnjak	3,00	20,00	70,00	90,00	30,00	210,00	1-Apr	0,5	1,2	0,95
8	kajsija, breskva bez trave	2,00	20,00	40,00	45,00	30,00	135,00	15-Mar	0,45	0,9	0,65
9	kajsija, breskva zatravljen voćnjak	2,00	20,00	40,00	45,00	30,00	135,00	15-Mar	0,5	1,15	0,90
10	višnja i trešnja bez trave	0,50	20,00	35,00	40,00	25,00	120,00	1-Apr	0,45	0,95	0,7
11	višnja i trešnja zatravljen voćnjak	0,50	20,00	35,00	40,00	25,00	120,00	1-Apr	0,5	1,2	0,95
12	malina, kupina, borovnica	0,50	20,00	45,00	50,00	30,00	145,00	1-Apr	0,3	1,05	0,5
13	paprika	1,50	30,00	35,00	40,00	25,00	130,00	20-Apr	0,7	1,05	0,9
14	paradajz	1,50	30,00	40,00	45,00	30,00	145,00	20-Apr	0,7	1,15	0,9
15	sitno povrće	1,90	20,00	30,00	40,00	20,00	110,00	10-Apr	0,7	1,05	0,75

Prilog 2. Izvorne mesečne vrednosti ETc, Pe, In, redukovanog deficita i hidromodula navodnjavanja

Kultura/ mesec	april	maj	jun	jul	avgust	septembar
kukuruz						
ETc (mm·dan ⁻¹)	1,11	2,22	5,86	6,79	4,77	1,62
Pe (mm·dan ⁻¹)	1,96	2,22	2,19	1,69	1,71	1,22
In=ETc-Pe (mm·dan ⁻¹)	-0,85	0,00	3,68	5,10	3,06	0,41
% zastupljenosti	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
In * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	-0,30	0,00	1,29	1,78	1,07	0,14
In redukovano (mm·dan ⁻¹)	-0,51	-0,05	0,85	1,02	0,61	0,08
In redukovano * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	-0,18	-0,02	0,30	0,36	0,21	0,03
strna žita						
ETc (mm·dan ⁻¹)	3,75	3,72				
Pe (mm·dan ⁻¹)	1,64	2,13				
In=ETc-Pe (mm·dan ⁻¹)	2,11	1,58				
% zastupljenosti	0,25	0,25				
In * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,53	0,40				
In redukovano (mm·dan ⁻¹)	0,63	0,48				
In redukovano * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,16	0,12				
suncokret						
ETc (mm·dan ⁻¹)	1,54	4,12	5,37	4,08		
Pe (mm·dan ⁻¹)	1,42	1,65	2,27	2,18		
In=ETc-Pe (mm·dan ⁻¹)	0,75	3,80	5,37	3,14		
% zastupljenosti	0,05	0,05	0,05	0,05		
In * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,04	0,19	0,27	0,16		
In redukovano (mm·dan ⁻¹)	0,36	1,23	1,61	0,94		
In redukovano * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,02	0,06	0,08	0,05		
livade i pašnjaci						
ETc (mm·dan ⁻¹)	2,40	2,93	3,56	4,02	5,40	
Pe (mm·dan ⁻¹)	1,65	2,27	2,18	1,77	0,64	
In=ETc-Pe (mm·dan ⁻¹)	0,75	0,67	1,38	2,25	4,76	
% zastupljenosti	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179	
In * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,13	0,12	0,25	0,40	0,85	
In redukovano (mm·dan ⁻¹)	0,27	0,25	0,47	0,82	1,43	
In redukovano * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,05	0,04	0,08	0,15	0,26	

Kultura/ mesec	april	maj	jun	jul	avgust	septembar
vinova loza						
ETc (mm·dan ⁻¹)	1,17	2,73	4,45	4,78	3,71	1,93
Pe (mm·dan ⁻¹)	1,64	2,22	2,19	1,69	1,71	1,71
In=ETc-Pe (mm·dan ⁻¹)	-0,47	0,51	2,26	3,09	2,00	0,21
% zastupljenosti	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
In * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	-0,003	0,004	0,016	0,022	0,014	0,002
In redukovano (mm·dan ⁻¹)	-0,30	0,18	0,47	0,62	0,40	0,04
In redukovano * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	-0,0021	0,0013	0,0033	0,0043	0,0028	0,0003
jabuka, kruška, šljiva – voćnjak bez trave						
ETc (mm·dan ⁻¹)	1,54	2,87	4,58	5,39	4,85	3,18
Pe (mm·dan ⁻¹)	1,64	2,22	2,19	1,69	1,71	1,71
In=ETc-Pe (mm·dan ⁻¹)	-0,09	0,65	2,39	3,69	3,14	1,46
% zastupljenosti	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
In * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	-0,003	0,020	0,072	0,111	0,094	0,044
In redukovano (mm·dan ⁻¹)	-0,05	0,33	1,20	1,85	1,57	0,73
In redukovano * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	-0,001	0,010	0,036	0,055	0,047	0,022
jabuka, kruška, šljiva – zatravljen voćnjak						
ETc (mm·dan ⁻¹)	1,73	3,44	5,72	6,81	6,13	4,01
Pe (mm·dan ⁻¹)	1,64	2,22	2,19	1,69	1,71	1,71
In=ETc-Pe (mm·dan ⁻¹)	0,09	1,22	3,53	5,11	4,42	2,30
% zastupljenosti	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
In * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,003	0,037	0,106	0,153	0,133	0,069
In redukovano (mm·dan ⁻¹)	0,05	0,61	1,76	2,56	2,21	1,15
In redukovano * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,001	0,018	0,053	0,077	0,066	0,034
kajsija i breskva – voćnjak bez trave						
ETc (mm·dan ⁻¹)	2,00	3,93	4,81	4,32		
Pe (mm·dan ⁻¹)	1,64	2,22	2,19	1,70		
In=ETc-Pe (mm·dan ⁻¹)	0,36	1,71	2,62	2,62		
% zastupljenosti	0,02	0,02	0,02	0,02		
In * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,007	0,034	0,052	0,052		
In redukovano (mm·dan ⁻¹)	0,18	0,85	1,31	1,31		
In redukovano * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,004	0,017	0,026	0,026		
kajsija i breskva – zatravljen voćnjak						
ETc (mm·dan ⁻¹)	2,39	5,00	6,14	5,75		
Pe (mm·dan ⁻¹)	1,64	2,22	2,19	1,70		
In=ETc-Pe (mm·dan ⁻¹)	0,75	2,78	3,95	4,05		
% zastupljenosti	0,02	0,02	0,02	0,02		
In * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,015	0,056	0,079	0,081		
In redukovano (mm·dan ⁻¹)	0,37	1,39	1,98	2,03		
In redukovano * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,0075	0,0278	0,0395	0,0405		

Kultura/ mesec	april	maj	jun	jul	avgust	septembar
višnja i trešnja – voćnjak bez trave						
ETc (mm·dan ⁻¹)	1,59	3,68	5,08	4,77		
Pe (mm·dan ⁻¹)	1,64	2,22	2,19	1,69		
In=ETc-Pe (mm·dan ⁻¹)	-0,04	1,45	2,89	3,07		
% zastupljenosti	0,005	0,005	0,005	0,005		
In * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	-0,0002	0,0073	0,0145	0,0154		
In redukovano (mm·dan ⁻¹)	-0,02	0,73	1,45	1,54		
In redukovano * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	-0,0001	0,0036	0,0072	0,0077		
višnja i trešnja – zatravljen voćnjak						
ETc (mm·dan ⁻¹)	1,80	4,56	6,42	6,19		
Pe (mm·dan ⁻¹)	1,64	2,22	2,19	1,69		
In=ETc-Pe (mm·dan ⁻¹)	0,16	2,34	4,23	4,50		
% zastupljenosti	0,005	0,005	0,005	0,005		
In * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,0008	0,0117	0,0212	0,0225		
In redukovano (mm·dan ⁻¹)	0,08	1,17	2,12	2,25		
In redukovano * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,0004	0,0058	0,0106	0,0112		
malina, kupina i borovnica						
ETc (mm·dan ⁻¹)	1,11	3,33	5,60	5,87	3,63	
Pe (mm·dan ⁻¹)	1,64	2,22	2,19	1,69	1,81	
In=ETc-Pe (mm·dan ⁻¹)	-0,52	1,11	3,41	4,17	1,83	
% zastupljenosti	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	
In * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	-0,0026	0,0055	0,0171	0,0209	0,0091	
In redukovano (mm·dan ⁻¹)	-0,26	0,55	1,71	2,09	0,91	
In redukovano * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	-0,0013	0,0028	0,0085	0,0104	0,0046	
paprika						
ETc (mm·dan ⁻¹)	2,95	3,27	5,21	5,96	5,07	
Pe (mm·dan ⁻¹)	1,55	2,22	2,19	1,69	1,73	
In=ETc-Pe (mm·dan ⁻¹)	1,39	1,05	3,02	4,26	3,34	
% zastupljenosti	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	
In * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,021	0,016	0,045	0,064	0,050	
In redukovano (mm·dan ⁻¹)	0,98	0,72	1,62	2,13	1,67	
In redukovano * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,015	0,011	0,024	0,032	0,025	
paradajz						
ETc (mm·dan ⁻¹)	2,95	3,29	5,42	6,52	5,63	3,68
Pe (mm·dan ⁻¹)	1,55	2,22	2,19	1,69	1,71	1,43
In=ETc-Pe (mm·dan ⁻¹)	1,39	1,06	3,23	4,83	3,93	2,25
% zastupljenosti	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
In * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,0209	0,0160	0,0484	0,0724	0,0589	0,0337
In redukovano (mm·dan ⁻¹)	0,91	0,67	1,62	2,17	1,77	1,01
In redukovano * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,0136	0,0101	0,0243	0,0326	0,0265	0,0152
sitno povrće						
ETc (mm·dan ⁻¹)	2,55	4,06	5,62	5,34		
Pe (mm·dan ⁻¹)	1,96	2,22	2,19	1,70		
In=ETc-Pe (mm·dan ⁻¹)	0,59	1,84	3,43	3,64		
% zastupljenosti	0,019	0,019	0,019	0,019		
In * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,0113	0,0349	0,0652	0,0691		
In redukovano (mm·dan ⁻¹)	0,41	1,05	1,71	1,82		
In redukovano * % zastupljenosti (mm·dan ⁻¹)	0,008	0,020	0,033	0,035		

Kultura/ mesec	april	maj	jun	jul	avgust	septembar
Neto deficit vode $I_n = \sum I_c \cdot \%$ (mm·dan ⁻¹)	0,47	0,95	2,34	3,03	2,28	0,29
Bruto deficit vode gravitacija $I_b = I_n \cdot (1/E_p)$ (mm·dan ⁻¹)	0,95	1,89	4,68	6,06	4,57	0,58
Bruto deficit vode orošavanje $I_b = I_n \cdot (1/E_p)$ (mm·dan ⁻¹)	0,68	1,35	3,34	4,33	3,26	0,41
Bruto deficit vode kap po kap $I_b = I_n \cdot (1/E_p)$ (mm·dan ⁻¹)	0,59	1,18	2,92	3,79	2,85	0,36
$E_p = E_a \cdot E_b \cdot E_c$ gravitacija	0,5					
$E_p = E_a \cdot E_b \cdot E_c$ orošavanje	0,7					
$E_p = E_a \cdot E_b \cdot E_c$ kap po kap	0,8					
broj časova rada sistema u toku dana t h – gravitacija	18					
broj časova rada sistema u toku dana t h – orošavanje i sistem kap po kap	20					
broj dana rada sistema u toku meseca n dana – gravitacija, orošavanje i sistem kap po kap	25					
Hidromodul sistema $q_s = I_b \cdot 10000 \cdot 24 \cdot 30 / 86400 \cdot t \cdot n$						
q_s gravitacija (l·s ⁻¹ ·ha ⁻¹)	0,18	0,35	0,87	1,12	0,85	0,11
q_s orošavanje (l·s ⁻¹ ·ha ⁻¹)	0,11	0,23	0,56	0,72	0,54	0,07
q_s kap po kap (l·s ⁻¹ ·ha ⁻¹)	0,10	0,20	0,49	0,63	0,48	0,06
Redukovani Hidromodul sistema $q_s = I_b \cdot 10000 \cdot 24 \cdot 30 / 86400 \cdot t \cdot n$						
Redukovani neto deficit vode $I_{nr} = \sum I_c \cdot \%$ (mm·dan ⁻¹)	0,09	0,33	0,73	0,88	0,64	0,10
Bruto redukovani deficit vode gravitacija $I_b = I_n \cdot (1/E_p)$ (mm·dan ⁻¹)	0,18	0,67	1,46	1,77	1,28	0,20
Bruto redukovani deficit vode orošavanje $I_b = I_n \cdot (1/E_p)$ (mm·dan ⁻¹)	0,13	0,48	1,04	1,26	0,92	0,14
Bruto redukovani deficit vode kap po kap $I_b = I_n \cdot (1/E_p)$ (mm·dan ⁻¹)	0,11	0,42	0,91	1,10	0,80	0,13
q_s gravitacija (l·s ⁻¹ ·ha ⁻¹)	0,03	0,12	0,27	0,33	0,24	0,04
q_s orošavanje (l·s ⁻¹ ·ha ⁻¹)	0,02	0,08	0,17	0,21	0,15	0,02
q_s kap po kap (l·s ⁻¹ ·ha ⁻¹)	0,02	0,07	0,15	0,18	0,13	0,02

Prilog 3. Izvorne sezonske potrebe za vodom, broj i norma zalivanja po kulturama

kultura / mesec	januar	februar	mart	april	maj	jun	jul	jul	avgust	avgust	septembar	oktobar	novembar	decembar	ukupno
kukuruz metod navodnjavanja: orosavanje (široko zahvatni uređaji) ušteda vode: 79,7%															
ZET (mm m ⁻¹)				22,26	68,79	175,95	210,61	210,61	147,92	147,92	11,36				636,9
ZPe (mm m ⁻¹)				39,22	68,87	65,65	52,53	52,53	52,97	52,97	8,51				287,8
Zin (mm m ⁻¹)				-16,96	-0,08	110,30	158,08	158,08	94,95	94,95	2,85				366,2
broj / norma zalivanja				nije potrebno zalivanje	nije potrebno zalivanje	3x35 (mm m ⁻¹)	4x40 (mm m ⁻¹)	4x40 (mm m ⁻¹)	3x35 (mm m ⁻¹)	3x35 (mm m ⁻¹)	nije potrebno zalivanje				370,0
Zlir (mm m ⁻¹)				-10,18	-1,59	25,62	31,62	31,62	18,99	18,99	0,57				76,8
broj / norma zalivanja				nije potrebno zalivanje	nije potrebno zalivanje	3x30 (mm m ⁻¹)	3x30 (mm m ⁻¹)	3x30 (mm m ⁻¹)	3x20 (mm m ⁻¹)	3x20 (mm m ⁻¹)	nije potrebno zalivanje				75,0
strna žita metod navodnjavanja: orosavanje (široko zahvatni uređaji) ušteda vode: 83,3%															
ZET (mm m ⁻¹)	8,50	28,70	72,02	112,46	85,48							15,59	12,73	6,84	342,3
ZPe (mm m ⁻¹)				49,09	49,05							32,56	44,60	35,00	339,5
Zin (mm m ⁻¹)	-34,47	-11,09	25,53	63,37	36,43							-16,97	-31,87	-28,15	125,3
broj / norma zalivanja	nije potrebno zalivanje	nije potrebno zalivanje	1x25 (mm m ⁻¹)	2x30 (mm m ⁻¹)	1x35 (mm m ⁻¹)							nije potrebno zalivanje	nije potrebno zalivanje	nije potrebno zalivanje	180,0
Zlir (mm m ⁻¹)	-16,92	-3,81	7,66	19,01	10,93							-8,48	-15,93	-14,08	37,6
broj / norma zalivanja	nije potrebno zalivanje	nije potrebno zalivanje	nije potrebno zalivanje	1x20 (mm m ⁻¹)	1x30 (mm m ⁻¹)							nije potrebno zalivanje	nije potrebno zalivanje	nije potrebno zalivanje	30,0
suncokret metod navodnjavanja: orosavanje (široko zahvatni uređaji) ušteda vode: 69,9%															
ZET (mm m ⁻¹)			10,54	46,10	127,65	161,23	110,24								455,8
ZPe (mm m ⁻¹)			15,62	49,44	70,31	65,35	45,27								246,0
Zin (mm m ⁻¹)			3,69	22,37	117,94	161,23	84,73								390,0
broj / norma zalivanja			nije potrebno zalivanje	1x20 (mm m ⁻¹)	3x35 (mm m ⁻¹)	4x40 (mm m ⁻¹)	2x40 (mm m ⁻¹)								385,0
Zlir (mm m ⁻¹)			2,03	10,86	38,00	48,37	25,42								124,7
broj / norma zalivanja			nije potrebno zalivanje	1x10 (mm m ⁻¹)	1x35 (mm m ⁻¹)	1x40 (mm m ⁻¹)	1x25 (mm m ⁻¹)								110,0
livade / pašnjaci metod navodnjavanja: orosavanje (široko zahvatni uređaji) ušteda vode: 62,5%															
ZET (mm m ⁻¹)			16,62	71,98	90,97	106,81	124,63	10,79	10,79						421,8
ZPe (mm m ⁻¹)			20,48	49,44	70,31	65,35	54,86	1,27	1,27						261,7
Zin (mm m ⁻¹)			-3,86	22,54	20,66	41,46	66,77	9,52	9,52						164,0
broj / norma zalivanja			nije potrebno zalivanje	1x20 (mm m ⁻¹)	1x20 (mm m ⁻¹)	2x35 (mm m ⁻¹)	1x30 (mm m ⁻¹)	1x30 (mm m ⁻¹)	1x30 (mm m ⁻¹)						160,0
Zlir (mm m ⁻¹)			-2,14	8,09	7,79	14,08	25,56	2,86	2,86						58,4
broj / norma zalivanja			nije potrebno zalivanje	1x10 (mm m ⁻¹)	1x30 (mm m ⁻¹)	1x35 (mm m ⁻¹)	1x25 (mm m ⁻¹)	nije potrebno zalivanje	nije potrebno zalivanje						60,0
vinova loza metod navodnjavanja: metod kap po kap ušteda vode: 78,8%															
ZET (mm m ⁻¹)			11,98	35,10	84,58	133,47	148,27	114,86	114,86	57,88	57,88	11,27			597,4
ZPe (mm m ⁻¹)			21,22	49,09	68,87	65,65	52,53	52,97	52,97	51,44	51,44	13,17			374,9
Zin (mm m ⁻¹)			-9,24	-13,99	15,71	67,82	95,73	61,89	61,89	6,43	6,43	-1,89			247,6
broj / norma zalivanja			nije potrebno zalivanje	nije potrebno zalivanje	1x35 (mm m ⁻¹)	3x25 (mm m ⁻¹)	4x25 (mm m ⁻¹)	3x20 (mm m ⁻¹)	3x20 (mm m ⁻¹)	1x10 (mm m ⁻¹)	1x10 (mm m ⁻¹)	nije potrebno zalivanje			260,0
Zlir (mm m ⁻¹)			-6,01	-9,13	5,73	14,10	18,15	12,38	12,38	1,29	1,29	-0,38			52,6
broj / norma zalivanja			nije potrebno zalivanje	nije potrebno zalivanje	1x10 (mm m ⁻¹)	1x15 (mm m ⁻¹)	1x20 (mm m ⁻¹)	1x10 (mm m ⁻¹)	1x10 (mm m ⁻¹)	nije potrebno zalivanje	nije potrebno zalivanje	nije potrebno zalivanje			55,0

kultura / mesec	januar	februar	mart	april	maj	jun	jul	jul	avgust	avgust	septembar	oktobar	novembar	decembar	ukupno
jabuka, kruška i šljiva_ voćnjak bez trave metod navodnjavanja: metod kap po kap ušteda vode: 49,3%															
LETc (mm·m ⁻²)				46,25	89,11	137,39	167,06	150,38	150,38	95,31	95,31	45,23			730,7
2Pc (mm·m ⁻²)				49,09	68,87	65,65	52,97	52,97	52,97	51,44	51,44	40,38			380,9
3Ic (mm·m ⁻²)				-0,83	20,34	71,74	114,53	97,41	97,41	43,87	43,87	4,85			352,6
broj norma zalivanja				nije potrebno zalivanje	1x20 (mm·m ⁻²)	3x25 (mm·m ⁻²)	6x20 (mm·m ⁻²)	5x20 (mm·m ⁻²)	5x20 (mm·m ⁻²)	2x20 (mm·m ⁻²)	2x20 (mm·m ⁻²)	nije potrebno zalivanje			355,0
2Iar (mm·m ⁻²)				-1,42	10,12	35,87	57,27	48,70	48,70	21,93	21,93	2,42			176,3
broj norma zalivanja				nije potrebno zalivanje	1x20 (mm·m ⁻²)	2x20 (mm·m ⁻²)	3x20 (mm·m ⁻²)	2x20 (mm·m ⁻²)	3x25 (mm·m ⁻²)	1x20 (mm·m ⁻²)	1x20 (mm·m ⁻²)	nije potrebno zalivanje			300,0
jabuka, kruška i šljiva_zatrvljen voćnjak metod navodnjavanja: metod kap po kap ušteda vode: 48,6%															
LETc (mm·m ⁻²)				51,84	106,61	171,48	211,03	189,95	189,95	120,43	120,43	59,12			910,5
2Pc (mm·m ⁻²)				49,09	68,87	65,65	52,97	52,97	52,97	51,44	51,44	40,38			380,9
3Ic (mm·m ⁻²)				2,75	37,74	105,83	150,50	136,98	136,98	68,08	68,08	10,74			529,5
broj norma zalivanja				nije potrebno zalivanje	2x20 (mm·m ⁻²)	4x25 (mm·m ⁻²)	8x20 (mm·m ⁻²)	7x20 (mm·m ⁻²)	7x20 (mm·m ⁻²)	3x25 (mm·m ⁻²)	3x25 (mm·m ⁻²)	1x20 (mm·m ⁻²)			535,0
2Iar (mm·m ⁻²)				1,38	18,87	52,92	79,25	68,49	68,49	34,49	34,49	9,37			264,8
broj norma zalivanja				nije potrebno zalivanje	1x20 (mm·m ⁻²)	2x25 (mm·m ⁻²)	4x20 (mm·m ⁻²)	3x25 (mm·m ⁻²)	3x25 (mm·m ⁻²)	2x20 (mm·m ⁻²)	2x20 (mm·m ⁻²)	1x10 (mm·m ⁻²)			275,0
kajsija i breskva_ voćnjak bez trave metod navodnjavanja: metod kap po kap ušteda vode: 50,0%															
LETc (mm·m ⁻²)			17,97	59,87	121,84	144,17	116,61								460,5
2Pc (mm·m ⁻²)			21,22	49,09	68,87	65,65	45,78								250,6
3Ic (mm·m ⁻²)			-3,25	10,79	52,97	78,52	70,83								213,1
broj norma zalivanja			nije potrebno zalivanje	1x10 (mm·m ⁻²)	2x25 (mm·m ⁻²)	3x25 (mm·m ⁻²)	3x25 (mm·m ⁻²)								210,0
2Iar (mm·m ⁻²)			-1,63	5,39	26,48	39,26	35,42								106,6
broj norma zalivanja			nije potrebno zalivanje	nije potrebno zalivanje	1x25 (mm·m ⁻²)	2x20 (mm·m ⁻²)	2x20 (mm·m ⁻²)								105,0
kajsija i breskva_zatrvljen voćnjak metod navodnjavanja: metod kap po kap ušteda vode: 53,1%															
LETc (mm·m ⁻²)			19,96	71,58	155,05	184,30	155,25								586,2
2Pc (mm·m ⁻²)			21,22	49,09	68,87	65,65	45,78								250,6
3Ic (mm·m ⁻²)			-1,26	22,49	86,19	118,65	109,47								336,8
broj norma zalivanja			nije potrebno zalivanje	1x20 (mm·m ⁻²)	3x25 (mm·m ⁻²)	5x25 (mm·m ⁻²)	4x25 (mm·m ⁻²)								320,0
2Iar (mm·m ⁻²)			-0,63	11,25	41,09	59,32	54,74								168,4
broj norma zalivanja			nije potrebno zalivanje	1x10 (mm·m ⁻²)	2x20 (mm·m ⁻²)	2x25 (mm·m ⁻²)	2x25 (mm·m ⁻²)								150,0
višnja i trešnja_ voćnjak bez trave metod navodnjavanja: metod kap po kap ušteda vode: 58,0%															
LETc (mm·m ⁻²)				47,80	113,95	152,48	138,19								452,4
2Pc (mm·m ⁻²)				49,09	68,87	65,65	46,08								232,7
3Ic (mm·m ⁻²)				-1,28	45,08	86,83	89,12								221,0
broj norma zalivanja				nije potrebno zalivanje	2x25 (mm·m ⁻²)	4x25 (mm·m ⁻²)	4x25 (mm·m ⁻²)								250,0
2Iar (mm·m ⁻²)				-0,64	22,54	43,42	44,56								110,5
broj norma zalivanja				nije potrebno zalivanje	1x25 (mm·m ⁻²)	2x20 (mm·m ⁻²)	2x20 (mm·m ⁻²)								105,0

kultura / mesec	januar	februar	mart	april	maj	jun	jul	jul	avgust	avgust	septembar	oktobar	novembar	decembar	ukupno
višina i trešnja_zatravljen voćnjak metod navodnjavanja: metod kap po kap ušteda vode: 50,8%															
ZEK (mm m ⁻¹)	54,01	141,39		192,61	179,57										567,6
ZEa (mm m ⁻¹)	49,09	68,87		65,65	48,08										232,7
Zin (mm m ⁻¹)	4,92	72,52		126,96	130,50										334,9
broj / norma zalivanja	nije potrebna zalivanje	3x25 (mm m ⁻¹)		5x25 (mm m ⁻¹)	5x25 (mm m ⁻¹)										325,0
Zlir (mm m ⁻¹)	2,46	36,26		63,48	65,25										167,4
broj / norma zalivanja	nije potrebna zalivanje	3x20 (mm m ⁻¹)		3x20 (mm m ⁻¹)	3x20 (mm m ⁻¹)										160,0
malina, kupina i borovnica metod navodnjavanja: metod kap po kap ušteda vode: 49,2%															
ZEK (mm m ⁻¹)	33,42	103,25		168,06	181,84	81,58									570,1
ZEa (mm m ⁻¹)	49,09	68,87		65,65	52,53	41,52									277,7
Zin (mm m ⁻¹)	-15,67	34,38		102,41	129,33	42,06									308,2
broj / norma zalivanja	nije potrebna zalivanje	1x30 (mm m ⁻¹)		4x25 (mm m ⁻¹)	5x25 (mm m ⁻¹)	2x20 (mm m ⁻¹)									295,0
Zlir (mm m ⁻¹)	-7,83	17,19		51,21	64,66	21,03									154,1
broj / norma zalivanja	nije potrebna zalivanje	1x20 (mm m ⁻¹)		2x25 (mm m ⁻¹)	3x20 (mm m ⁻¹)	1x20 (mm m ⁻¹)									150,0
paprika metod navodnjavanja: metod kap po kap ušteda vode: 50,0%															
ZEK (mm m ⁻¹)	29,48	101,52		156,39	184,05	136,08									609,0
ZEa (mm m ⁻¹)	15,53	68,87		65,65	52,53	46,81									249,4
Zin (mm m ⁻¹)	13,95	32,66		90,74	132,12	90,17									359,6
broj / norma zalivanja	1x15 (mm m ⁻¹)	1x30 (mm m ⁻¹)		4x25 (mm m ⁻¹)	5x25 (mm m ⁻¹)	3x30 (mm m ⁻¹)									360,0
Zlir (mm m ⁻¹)	9,76	22,21		48,73	66,06	45,08									191,8
broj / norma zalivanja	1x10 (mm m ⁻¹)	1x20 (mm m ⁻¹)		2x25 (mm m ⁻¹)	3x20 (mm m ⁻¹)	2x20 (mm m ⁻¹)									180,0
paradajz metod navodnjavanja: metod kap po kap ušteda vode: 55,1%															
ZEK (mm m ⁻¹)	29,48	101,88		162,50	202,24	174,66									711,2
ZEa (mm m ⁻¹)	15,53	68,87		65,65	52,53	52,97									271,3
Zin (mm m ⁻¹)	13,95	33,01		96,85	149,30	121,68									439,9
broj / norma zalivanja	1x15 (mm m ⁻¹)	1x30 (mm m ⁻¹)		4x25 (mm m ⁻¹)	6x25 (mm m ⁻¹)	5x25 (mm m ⁻¹)									445,0
Zlir (mm m ⁻¹)	9,07	20,88		48,58	67,37	54,76									211,8
broj / norma zalivanja	1x10 (mm m ⁻¹)	1x20 (mm m ⁻¹)		2x25 (mm m ⁻¹)	3x20 (mm m ⁻¹)	2x25 (mm m ⁻¹)									200,0
sitno povrće metod navodnjavanja: metod kap po kap ušteda vode: 49,1%															
ZEK (mm m ⁻¹)	51,08	125,64		168,53	149,43										494,9
ZEa (mm m ⁻¹)	39,22	68,87		65,65	47,53										221,3
Zin (mm m ⁻¹)	11,86	56,97		102,88	101,90										273,6
broj / norma zalivanja	1x15 (mm m ⁻¹)	2x30 (mm m ⁻¹)		4x25 (mm m ⁻¹)	4x25 (mm m ⁻¹)										275,0
Zlir (mm m ⁻¹)	8,29	32,67		51,44	50,95										143,4
broj / norma zalivanja	1x10 (mm m ⁻¹)	1x30 (mm m ⁻¹)		2x25 (mm m ⁻¹)	2x25 (mm m ⁻¹)										140,0

IZVORI PODATAKA

Dokumentacija

- Granice uže zone sanitarne zaštite izvorišta akumulacije „Gruža“ - geodetski deo, Glavni projekat, Opštinska geodetska uprava Knić; Sanitarna zaštita akumulacije „Gruža“, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Biro za specijalna projektovanja, Beograd, 1978;
- Grupa autora (2016) Master plan Gruža i rudnička Morava. Urbana bezbednost. Kragujevac.
- Izveštaj o Ispitivanju - Instituta za javno zdravlje "Milan Jovanović Batut", Beograd, broj 2340 od 23. 10. 2023. godine
- Odluka o izradi Strateške procene uticaja na životnu sedinu Prostornog plana područja posebne namene sliva akumulacije „Gruža“ (PPPPN) (Službeni glasnik RS 119/2021)
- Odluka o izradi Prostornog plana područja posebne namene sliva akumulacije „Gruža“ (Službeni glasnik RS 33/2022).
- Odluka o utvrđivanju Popisa voda I reda („Službeni glasnik RS“, broj 83/2010),
- Odluka o raspisivanju javnog oglasa za davanje u zakup i na korišćenje poljoprivrednog zemljišta u državnoj svojini u opštini Knić (Službeni glasnik opštine Knić 2019 i dr.)
- Plan generalne regulacije opštine Knić 2011. Direkcija za urbanizam. Kragujevac
- Plan zaštite slivnog područja akumulacije „Tučački naper“ na reci Gruži, Nacrt plana, Direkcija za urbanizam i izgradnju Kragujevac, Kragujevac, 1976;
- Plan javnog zdravlja opštine Knić 2022-2026. Knić
- Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (Sl. glasnik Republike Srbije 74/11)
- Pravilnik o utvrđivanju vodnih tela površinskih i podzemnih voda (Sl. glasnik Republike Srbije 96/2010)
- Prethodna studija opravdanosti sa generalnim projektom zaštite izvorišta od posebnog značaja za regionalno snabdevanje vodom RVS „Gruža“, JKP „Vodovod i kanalizacija“, Kragujevac, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd, 2008.
- Prostorni plan opštine Knić 2011. Direkcija za urbanizam. Kragujevac
- Procena rizika od katastrofa. 2019. Knić
- Strategija razvoja urbanog područja grada Kragujevca i opština Arandjelovac, Batočina, Knić, Lapovo, Rača i Topola 2023. UNOPS / EU PRO Plus program.
- Uredba o utvrđivanju Regionalnog prostornog plana Zlatiborskog i Moravičkog upravnog okruga („Službeni glasnik RS“, br. 1/13)
- JKP „Vodovod i kanalizacija“ Kragujevac. (2021). Godišnji izveštaj o poslovanju za 2021. godinu.
- JKP „Vodovod i kanalizacija“ Kragujevac. (2022). Godišnji izveštaj / revizorski dokument za 2022. godinu.
- JKP „Vodovod i kanalizacija“ Kragujevac. (2023). Godišnji izveštaj o poslovanju za 2023. godinu.
- JKP „Vodovod i kanalizacija“ Kragujevac. (2024). Godišnji izveštaj o poslovanju za 2024. godinu.
- JKP „Vodovod i kanalizacija“ Kragujevac. (2025). Tromesečni izveštaj o realizaciji godišnjeg programa poslovanja za period 01.01–31.12.2025. godine (IV kvartal).
- JKP „Vodovod i kanalizacija“ Kragujevac. Hidrološki podaci i potrošnja vode. Zvanična internet stranica JKP „Vodovod i kanalizacija“ Kragujevac.
- JKP „Vodovod i kanalizacija“ Kragujevac. Vodovodni sistem Gruža. Zvanična internet stranica JKP „Vodovod i kanalizacija“ Kragujevac.

- Arsenijević, M. (2020). Algal Diversity and Ecological Potential of the Gruža Reservoir During the Autumn of 2019. Master's thesis, Faculty of Science, University of Kragujevac, Serbia.
- Bănăduc, D., Curtean-Bănăduc, A., Barinova, S., Lozano, V. L., Afanasyev, S., Leite, T., Branco, P., Gomez Isaza, D. F., Geist, J., Tegos, A., et al. (2024). Multi-Interacting Natural and Anthropogenic Stressors on Freshwater Ecosystems: Their Current Status and Future Prospects for 21st Century. *Water*, 16, 1483.
- Đorđević, N. (2021). Uticaj promena ekoloških faktora na sastav i dinamiku fitoplanktonskih cijanobakterija (Cyanobacteria) u malim akumulacijama. Doktorska disertacija, Univerzitet u Kragujevcu.
- Čađo, S., Đurković, A., Denić, Lj., Glišić, T., Novaković, B., Veljković, N., & Stojanović, Z. (2016). Procena ekološkog potencijala jezera Gruža. Konferencija Zaštita voda 2016, Zlatibor.
- Čađo, S., Đurković, A., Novaković, B., Denić, Lj., Stojanović, Z., & Veljković, N. (2016). Fitoplankton akumulacionog jezera Gruža. Konferencija Zaštita voda 2016, Zlatibor, 251–258.
- Chorus, I., & Bartram, J. (1999). Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management.
- Čomić, Lj., & Ostojić, A. (2005). Akumulaciono jezero Gruža. Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac.
- Denić, Lj., Čađo, S., Đurković, A., Novaković, B., Dopuđa-Glišić, T., Veljković, N., Stojanović, Z., Milovanović, J., & Domanović, M. (2015). Status površinskih voda Srbije. Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, Agencija za zaštitu životne sredine, 6–9, 22–29, 33–121.
- Đorđević, N. B., Vukajlović, J. T., Milošević-Đorđević, O., Mihailović, V. B., Srećković, N. Z., Rakonjac, A. B., & Simić, S. B. (2024). Evaluation of Genotoxic and Hemolytic Effects of *Aphanizomenon flos-aquae* and *Microcystis aeruginosa* Biomass Extracts on Human Blood Cells In Vitro. *Microorganisms*, 12(11), 2208.
- Grupa autora. (2015). Rezultati ispitivanja kvaliteta površinskih i podzemnih voda za 2015. godinu. Agencija za zaštitu životne sredine, Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine Republike Srbije.
- Kalafatić, V., & Martinović, M. (1984). Rezultati biološke analize uzoraka vode za potrebe Fonda za izgradnju vodovodnog sistema Gruža, Kragujevac. Elaborat za Fond, Kragujevac.
- Karaman, S., & Karaman, M. (1989). Hidrobiološka istraživanja akumulacije Gruža. Zbornik radova PMF-a u Kragujevcu, 10, 47–58.
- Kovačević, D., Lazić, B., & Milić, V. (2011). Uticaj poljoprivrede na životnu sredinu. International Scientific Symposium of Agriculture „Agrosym Jahorina 2011“, Jahorina, 34–47.
- Nedović, D. M. (2001). Mikrobiološko-ekološki kvalitet vode jezera Gruža. Specijalistički rad, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd-Zemun.
- Newton, A. R., & Melaram, R. (2023). Harmful Algal Blooms in Agricultural Irrigation: Risks, Benefits, and Management. *Frontiers in Water*, 5, 1325300. <https://doi.org/10.3389/frwa.2023.1325300>
- Perendija, B. R., Despotović, S. G., Radovanović, T. B., Gavrić, J. P., Borković Mitić, S. S., Pavlović, S. Z., Ognjanović, B. I., Simić, S. B., Pajović, S. B., & Saičić, Z. S. (2011). Biochemical and Ultrastructural Changes in the Liver of European Perch (*Perca fluviatilis* L.) in Response to Cyanobacterial Bloom in the Gruža Reservoir. *Archives of Biological Sciences, Belgrade*, 63, 979–989.

- Ranković, B., & Simić, S. (2005). Fitoplankton akumulacionog jezera Gruža. U: Čomić, Lj., & Ostojić, A. Akumulaciono jezero Gruža. Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac, 65–77.
- Simić, S. (2024). Izveštaj o stanju životne sredine opštine Knić. Izveštaj pripremljen kao deo inicijative za pripremu programa zaštite životne sredine opštine Knić, u okviru projekta „Ekološka opština Knić“. Udruženje Ekomar, Kragujevac.
- Simić, S., Simić, V., Petrović, A., Đorđević, N., Veličković, T., Simović, P., Simić-Savić, M., Mladenović-Sofronijević, & Brdar, A. (2021). Akumulacije grada Kragujevca – stanje i perspektive. Udruženje Ekomar, Kragujevac.
- Simić, S., Đorđević, N., Simić Savić, M., & Živković, Ž. (2024). Akumulacije u Srbiji u vreme klimatskih promena. Udruženje Ekomar, Kragujevac.
- Simić, S., Đorđević, N., Tokodi, N., Drobac Backović, D., & Marinović, Z. (2023). Eutrophication of Fishing Waters and the Influence of Cyanobacterial Occurrence and Blooming on Fish Resources: Case Studies in Serbia. In V. Simić, S. Simić, & V. Pešić (Eds.), Ecological Sustainability of Fish Resources of Inland Waters of the Western Balkans. Springer, Cham, 455–504.
- Simović, S., Marković, G., Ostojić, A., & Timotijević, V. (1999). Akumulacija Gruža: hidroekološki aspekt i zaštita. Konferencija „Zaštita voda '99“, Soko Banja, Zbornik radova, 47–52. Jugoslovensko društvo za zaštitu voda, Beograd.
- Svirčev, Z., Drobac, D., Tokodi, N., Lužanin, Z., Munjas, A., Nikolin, B., Vuleta, D., & Meriluoto, J. (2014). Epidemiology of Cancers in Serbia and Possible Connection with Cyanobacterial Blooms. Journal of Environmental Science and Health, Part C, 32(4), 319–337.

Internet izvori

- Opština Knić – Zvanična internet prezentacija opštine Knić: knic.rs
- JKP „Vodovod i kanalizacija“ Kragujevac: jkpvik-kg.com
- Republički zavod za statistiku: stat.gov.rs
- Webster Massachusetts – Civic Alerts: <https://webster-ma.gov/CivicAlerts.aspx?AID=815&ARC=1493>
- COST Action CA23160: <https://www.cost.eu/actions/CA23160/>

Ova publikacija objavljena je uz finansijsku pomoć Evropske unije. Za njenu sadržinu odgovorno je isključivo Udruženje Ekomar i ona ne odražava nužno stavove Evropske unije.