

## RAZVOJ I UPRAVLJANJE SISTEMIMA ZA NAVODNJAVANJE SA VEĆIM BROJEM KORISNIKA

Mile BOŽIĆ, Željka RUDIĆ, Dejan MILOŠEV, Milorad STOJADINOVIĆ, Goran NIKOLIĆ  
Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd  
Svetlana POTKONJAK  
Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu

### REZIME

Cilj ovog rada je da ukaže na neophodnost planiranja navodnjavanja u cilju racionalnog korišćenja vodnih resursa, posebno kada je reč o intenzivnom razvoju navodnjavanja, što podrazumeva velike sisteme, kao i sisteme sa više korisnika. Kao reprezentativni sistemi izabrani su ravničarski „Mali Idoš“ i brdsko-brežuljkasti „Grocka“. Upoređeni su troškovi navodnjavanja iskazani kao cena vode za ova dva sistema. U strukturi cene najveći udeo imaju fiksni troškovi 70%, dok ostatak čine na varijabilni troškovi u kojima je često jedina komponenta utrošak (električne) energije. Zbog toga ekonomska cena 1 m<sup>3</sup> vode koji se dostavlja potrošačima u sistemu „Mali Idoš“ iznosi 5,19 din., dok je u sistemu „Grocka“ 18,2 din. Iz istih razloga cena vode se značajno smanjuje sa rastom broja uključenih korisnika u sistem (podsystem) za navodnjavanje. Da bi se osigurala održivost sistema neophodno je osigurati naplatu usluge dostave vode, što je moguće samo ukoliko sistem optimalno funkcioniše, za šta je neophodno adekvatno održavanje infrastrukture. Iz tog razloga spajanje usitnjenih farmi u jedan (pod)sistem može učiniti ovakav koncept opravdanim.

**Ključne reči:** navodnjavanje, iscrpljivanje vodnih resursa, cena vode, životna sredina, složeni sistemi sa više korisnika

### 1. UVOD

Smatra se da će nestašica vode u budućnosti biti glavni ograničavajući faktor za održivi razvoj, ne samo u aridnim i semiaridnim područjima, već i u umerenom klimatskom pojasu (Rey et al., 2016). U predstojećem periodu samo vodosnabdevanje stanovništva će postati

izazov, a da ne spominjemo velikog potrošača kakva je poljoprivreda. Ekstremni klimatski događaji već dovode u pitanje rad postojećih sistema za vodosnabdevanje. Urbanizacija koju prati neadekvatno planiranje vodoprivrednih sistema je direktno povezano sa rizikom pojave krize zbog nedostatka vode. Primeri gradova koji su pokazali ranjivost kada je u pitanju vodosnabdevanje u skorijoj prošlosti su Sao Paolo u Brazilu, Barselona u Španiji (Muller, 2018), Monterey Metropolitan regija u severoistočnom Meksiku (Sisto et al., 2016), kao i Kejptaun u Južnoj Africi (Muller, 2018). Šest glavnih akumulacija koje snabdevaju vodom Kejptaun su iscrpljene hidrološkom sušom koja je počela još 2015. god., a koja je dodatno pogoršana usled porasta broja stanovnika, potrebama poljoprivrede i neadekvatnim planiranjem (Muller, 2018). Slično se dogodilo i u Italiji, kada su rastuće potrebe stanovništva, industrije i navodnjavanja dovele do trošenja, odnosno praznjenja izvora vode i posledično do društveno-ekonomskih problema (Frank et al., 2008).

Razvoj sistema za navodnjavanje dovodi do izvesnih promena u svim elementima životne sredine. Promene su preovlađujuće u hidrosferi i pedosferi, dok je uticaj na živi svet uglavnom indirektan. Neke promene je lako prepoznati i kvantifikovati, ali postoji grupa indirektnih uticaja koji se tipično javljaju nakon prolongiranog delovanja, čak i na području širem od obuhvata sistema. Da bi se izbegli takvi uticaji, rešenje treba tražiti u racionalnom planiranju, projektovanju, izgradnji i korišćenju sistema za navodnjavanje. Ovo je jedan od razloga zašto implementaciji velikih sistema za navodnjavanje prethodi procena uticaja na životnu sredinu, koja će ukazati na moguće promene u životnoj sredini i oceniti održivost takvog sistema.

Navodnjavanje utiče na površinske i podzemne vode u kvalitativnom i kvantitativnom smislu. Svaki vodozahvat utiče na postojeći vodni bilans. U Evropi je procenjeno da se na poljoprivredu troši 30% od ukupne potrošnje vode (IEEP, 2000). Važan oblik uticaja poljoprivrede, preciznije navodnjavanja, je iscrpljivanje vodnih resursa, koje se ogleda u promeni hidrološkog režima površinskih tokova, kao i na trošenje podzemnih rezervi (Dougherty & Hall, 1995). Zbog varijabilnosti nivoa vode tokom godine, svako nekontrolisano zahvatanje, posebno u malovodnim periodima, može da prouzrokuje narušavanje ekološke ravnoteže nizvodno od zahvata.

Cilj ovog rada je da ukaže na neophodnost planiranja navodnjavanje u cilju racionalnog korišćenja vodnih resursa, posebno kada je reč o intenzivnom razvoju navodnjavanja, što podrazumeva velike sisteme, kao i sisteme sa više korisnika.

### **1.1 Investicije i troškovi održavanja sistema za navodnjavanje**

Razvoj navodnjavanja podrazumeva velike investicije u infrastrukturu sistema, što treba da bude opravdano kroz ekonomsku korist (Ortiz & Ramirez, 2010). Realizacija projekata za razvoj navodnjavanja u velikoj meri zavisi od nacionalne/državne politike i prioritizacije. Vlada može da promovise razvoj navodnjavanja u cilju povećanja i stabilizacije proizvodnje hrane u regionu. Uprkos činjenici da neki predloženi projekat razvoja navodnjavanja nije ekonomičan (u smislu procenjenih neto priliva od prihoda i troškova, kao i interne stope rentabilnosti), Vlada može da ga podrži u realizaciji uzimajući u obzir regionalno/nacionalno obezbeđenje hrane, lokalne prilike za zapošljavanje, mogućnost uspostavljanja lokalne industrije i dugoročne uštede u stranoj valuti (Ali, 2010).

Mnoga navodnjavana područja u svetu se suočavaju sa izazovom starenja infrastrukture i ograničenih sredstava od kojih bi se finansiralo održavanje i popravke. Nove reformske politike u sektoru voda ističu potrebu za punom nadoknadom troškova za usluge „skladištenja“ i isporuke vode, što znači da je potrebno da i vodoprivredna preduzeća koja korisnike snabdevaju vodom i korisnici vode za navodnjavanje uzmu u obzir strateške procene infrastrukture sistema i troškova za njeno obnavljanje (Ward, 2010.)

Uprkos ulozi navodnjavanja u obezbeđenju hrane (ESCAP, 2006), brojne studije ukazuju na neadekvatna ulaganja u održavanje sistema za navodnjavanje uključujući infrastrukturne delove, kao i delove sistema na zalivnim poljima, što dovodi do stvaranja gubitaka vode (Farmani et al., 2007). Razlozi nedovoljnog ulaganja u održavanje infrastrukture za navodnjavanje su različiti, a uključuju slabe podsticaje, složene imovinsko-pravne odnose i finansijska ograničenja. Generalno, državni aparat često u početku subvencionise razvoj navodnjavanja, dok raspodela sredstava za održavanje, kako bi infrastruktura ostala u vrhunskoj formi, često izostane zbog visokih cena održavanja (Ward & Pulido-Velazquez, 2008). Sa druge strane postoji uverenje da su poljoprivredni proizvođači ili udruženja korisnika vode glavni uživaoci, i da treba da budu u stanju da plate za održavanje iz dodatnih prihoda koji proizvode. Čija je odgovornost održavanje infrastrukture je pitanje koje je malo verovatno da će biti rešeno. Ipak, mnogo se može reći o ekonomiji održavanja infrastrukture na osnovu njenih troškova.

Investicije za održavanje infrastrukture za navodnjavanje uključuju održavanje rezervoara, brana/akumulacija, kanala, cevovoda, akvadukta, pumpnih stanica, drenaže i struktura za regulisanje protoka. Ovakvo investiranje se vrši uglavnom u cilju poboljšanja kvantiteta, kvaliteta, ili pravovremene dostupnosti vode tamo gde je potrebna. Niži troškovi održavanja infrastrukture koji ne umanjuju značajno prihode poljoprivrednom gazdinstvu, imaju sličan ekonomski efekat kao i veća količina sačuvane vode koja je sada dostupna za navodnjavanje upravo zbog ulaganja u održavanje sistema (Ward & Pulido-Velazquez, 2008).

### **1.2 Politika cene vode za navodnjavanje**

Cena vode za navodnjavanje može da posluži kao sredstvo finansijske politike, ekonomsko sredstvo, kao i sredstvo politike zaštite životne sredine (Molle & Berkoff, 2008). Cena vode za navodnjavanje služi kao sredstvo finansijskog politike osiguravajući otplatu dela troškova izgradnje, funkcionisanja i održavanja sistema za navodnjavanje. Kao sredstvo ekonomske politike služi podsticanjem efikasnog korišćenja vode preko viših cena za neefikasnu upotrebu vode. Kao sredstvo politike zaštite životne sredine služi kada je struktura naknade napravljena tako da zaštiti ili poboljša površinske i podzemne vode. Na primer, formiranje cene po potrošenom kubiku vode može da posluži kao

podsticaj za racionalno korišćenje vode (ekonomski instrument) (Wichelns, 2010).

Formiranje cene po potrošenom kubiku vode zagovara i Svetska banka, kao i drugi međunarodni donatori, a obavezna je u mnogim projektima na zapadu SAD koji dobijaju vodu iz rezervoara koji su u federalnom vlasništvu (Burt, 2006). Međutim, i dalje postoje mnogi snabdevači koji poljoprivrednim proizvođačima naplaćuju fiksnu naknadu, koja se obično zasniva na veličini poljoprivrednog dobra i tipa useva, a ne na potrošenoj količini vode. Ovakav način obračuna naknade ostavlja prostor za malverzacije, pa se danas u Kaliforniji zahteva da se u svim velikim okruzima gde se navodnjava više od 10.000 hektara, vrši naplata po utrošenoj količini vode. Pre nego što se implementira ovakav način naplate naknade za utrošenu vodu, potrebno je da se ispune neophodni preduslovi, uključujući mogućnost merenja količine isporučene vode korisnicima, kapacitet za upravljanje podacima koji se odnose na „naručivanje“ vode i naplatu, i implementaciju mehanizma za nepristrasno prikupljanje nadoknade (Burt, 2006).

## 2. RAZVOJ NAVODNJAVANJA U R. SRBIJI

Određivanje pravca razvoja navodnjavanja u poljoprivredi Republike Srbije predstavljaće složen proces usaglašavanja brojnih faktora pre donošenja konačnih odluka o ulaganjima. Razvoj navodnjavanja i implementacija projekata navodnjavanja zavisi od državnih prioriteta i nacionalne, odnosno državne politike, u okviru koje navodnjavanje može da se promovise u cilju stabilizacije proizvodnje hrane. Čak i kada ovakvi projekti nisu isplativi (u pogledu procenjenih neto prihoda i troškova i ekonomskih stopa prihoda), i dalje su izvodljivi jer donose niz drugih koristi kao što su regionalna ili nacionalna stabilnost u proizvodnji hrane, nove mogućnosti za zapošljavanje, mogućnost razvoja lokalne industrije i dugoročnu štednju u stranoj valuti.

Stanje navodnjavanja u Republici Srbiji predmet je mnogih analiza u poslednje vreme, što se podudara sa učestalim suočavanjem sa teškim posledicama sušnih perioda. Sva dosadašnja sagledavanja ukazuju na nizak procenat zalivanih površina u odnosu na obradive površine. Nedovoljna zastupljenost navodnjavanja, kao mere koja može doprineti poboljšanju poljoprivredne proizvodnje, često se ističe kao jedan od vodećih uzroka

za pad količine i kvaliteta prinosa u godinama sa nedostatkom ili nepovoljnim rasporedom padavina.

Razvoj navodnjavanja je uglavnom usredsređen na finansiranje projektovanja i izgradnje objekata osnovne infrastrukture u sistemima za navodnjavanje sa više korisnika. Manje pažnje je posvećeno distribuciji vode, koja predstavlja ključnu vezu između osnovne infrastrukture i krajnjih korisnika, i kao takva ima podjednak značaj u funkcionisanju sistema za navodnjavanje.

Sistemi za navodnjavanje sa više korisnika imaju specifičnosti u pogledu funkcionisanja, odnosno zahtevaju usaglašavanje većeg broja korisnika kada je u pitanju upravljanje sistemima (raspodela vode), ali i kada je u pitanju finansiranje rada sistema. Ovi odnosi utiču na funkcionalnost sistema, odnosno na visinu troškova funkcionisanja i održavanja, na posledice koje se mogu javiti usled neadekvatnog održavanja (prestanak rada), kao i na cenu vode za navodnjavanje.

Nedovoljna pažnja se posvećuje samoj distribuciji vode potencijalnim korisnicima, pa posledice takvog pristupa nepovoljno utiču na razvoj navodnjavanja, i po svom karakteru su dvojake:

- nemogućnost pristupa velikog broja poljoprivrednika objektima sistema znači da ne može doći do povećanja zalivanih površina, i
- troškovi rada sistema za navodnjavanje raspodeljuju se na mali broj poljoprivrednika koji mogu da koriste vodu.

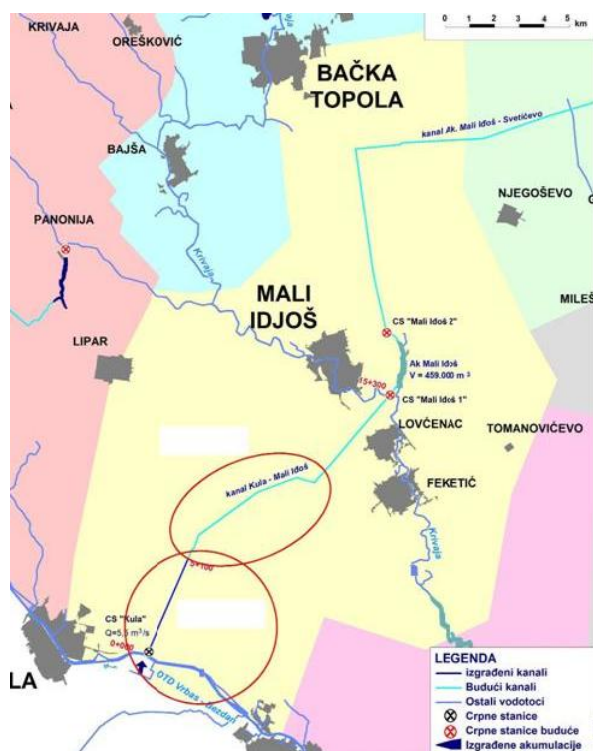
Skup faktora koji se ne smeju zanemariti, a pripadaju široj grupi koja definiše moguća tehnička rešenja sistema za navodnjavanje i njihovo funkcionisanje, čine odlike poljoprivrednih poseda, tj. veličina i broj individualnih parcela, kao i vlasnička struktura.

Podaci iz Popisa poljoprivrede 2012. ukazuju da prosečno porodično gazdinstvo zauzima površinu od 4,56 ha, dok prosečna veličina preduzetničkih gazdinstava (u koja spadaju gazdinstva u vlasništvu preduzetnika i u vlasništvu pravnih lica) iznosi 266 ha. Od ukupnog broja, 48% gazdinstava obrađuje zemljište površine do 2 ha. U skladu sa ovim činjenicama, u granicama sistema za navodnjavanje od 1.000 ha hipotetički bi postojalo 88 (Vojvodina), odnosno 262 (Centralna Srbija) korisnika.

Usitnjenost poseda, koja je prisutna na celoj teritoriji Republike, najbolje se ogleda u broju poseda koji iznosi skoro 3,5 miliona, što je u proseku 6 po poljoprivrednom gazdinstvu. Evidentno je da su gazdinstva čije se korišćeno zemljište nalazi na jednoj lokaciji zastupljena sa samo 14%, što je manje od 15% gazdinstava koja obavljaju poljoprivrednu delatnost na 10 i više različitih lokacija. Skoro jednu trećinu predstavljaju gazdinstva sa 2 do 3 odvojena dela korišćenog poljoprivrednog zemljišta

Prostorni raspored parcela u sistemima za navodnjavanje ima uticaj na:

- (ne)mogućnost dovoda vode do što većeg broja korisnika,
- izbor odgovarajuće opreme i objekata za zalivanje na parceli.



Slika 1. Podsystem „Mali Idoš“ (levo), sa naznačenom izgrađenom deonicom kanala „Kula-Mali Idoš“ i naleglim poljoprivrednim površinama (desno)

Gledajući šire, severna Bačka je omeđenu mađarskom granicom, rekam Tisom, kanalom DTD Bezdan – Vrbaš – Bečež, ukupne površine oko 450.000 ha. Čitavo područje se proteže između kota 90 mm i 130 mm, a generalne prirodne karakteristike predstavljaju specifičan geološki sastav tla (kontinentalni les velike

Specifičnosti poljoprivredne proizvodnje u Srbiji koje su od značaja za razvoj navodnjavanja su veliki broj poseda, usitnjenost poseda, parcele više ili manje nepravilnog oblika, dominantno u vlasništvu porodičnih gazdinstava. U okviru planova razvoja navodnjavanja je neophodno sagledati i razumeti navedene uslove.

## 2.1 Sistem za navodnjavanje „Mali Idoš“

Regionalni podsystem "Mali Idoš" predstavlja deo sistema za snabdevanje vodom severne Bačke. Izabran je kao tipičan za ravničarske uslove gde je s obzirom na ujednačenu topografiju i postojanje parcela u većim kompleksima moguća primena širokozahvatnih uređaja za navodnjavanje.

vodopropustljivosti), duboki nivoi podzemne vode i visoka plodnost zemljišta. Zbog evidentne ograničenosti prirodnih vodnih resursa, nepovoljnog rasporeda padavina tokom godine, kao i sve izraženije pojave sušnih godina, područje Severne Bačke ima dosta neostvarenog prirodnog potencijala u poljoprivrednoj

proizvodnji. Planirano je da se celokupno područje snabdeva vodom iz više izvorišta i to iz kanala DTD, reke Tise i delimično iz unutrašnjih voda. Izborom najpovoljnijih vodozahvata i optimalnih trasa magistralnih kanala određene su granice 7 podsistema, a jedan od njih je predmetni sistem "Mali Idoš".

Ključni elementi na području ovog podsistema su magistralni kanali "Kula - Mali Idoš" i "Mali Idoš - Njegoševo". Podsystem se snabdeva vodom iz kanala „Vrbas-Bezdan“, preko crpne stanice „Kula“, koja podiže vodu u glavni magistralni kanal „Kula-Mali Idoš“ (Slika 1). CS Kula je projektovana za kapacitet  $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , ali trenutno radi sa kapacitetom  $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Kanal „Kula-Mali Idoš“ je izveden u dužini 4,95 km. Dužina novoprojektovanog kanala u okviru sistema "Mali Idoš - Njegoševo" prema generalnom rešenju treba da bude 11.295 metara, da bi se u sistem povezale preostale planirane poljoprivredne površine. Veliki poljoprivredni sistemi, čije se površine nalaze u blizini glavnog kanala, iskazali su zahtev za vodom za navodnjavanje svojih površina (2.500 ha), dok su drugi već razvili sisteme i nekoliko godina u nazad sprovode navodnjavanje na preko 2.100 ha. To samo pokazuje potencijal kanala „Kula-Mali Idoš“ kao kičme celokupnog podsistema.

Poljoprivredne površine koje se nalaze uz kanal Kula – Mali Idoš, se navodnjavaju uglavnom centar pivotima, s obzirom da je uglavnom reč o ukupnjenim posedima i površinama zalivnih parcela od pedesetak hektara i više (Slika 1). Karakteristično za ovaj primer ravničarskog sistema za navodnjavanje je mali broj vlasnika velikih poljoprivrednih parcela, koje se sistematski zalivaju, sa velikim potencijalom za širenje sistema, kada to dozvoli razvoj infrastrukture na području. Izgradnjom ovog podsistema kako je planirano, obezbedilo bi se snabdevanje vodom za navodnjavanje ukupno oko 14.600 ha.

## 2.2 Sistem za navodnjavanje „Grocka“

Područje obuhvaćeno sistemom za navodnjavanje u opštini Grocka, pripada podunavskom voćarskom reonu koji zahvata potez između Beograda (okolina naselja Vinča) i Smedereva. Predmetne površine se nalaze na desnoj obali Dunava, nizvodno od samog naselja Grocka. Dunav ujedno čini severnu granicu područja, dok je na jugu pruga Beograd – Niš, odnosno istoimeni

autoput. Sa istočne strane nalazi se administrativna granica prema Gradu Smederevu, a na zapadu granicu sistema određuju prirodne karakteristike terena (dolina reke Begaljice) i granice građevinskog reona.

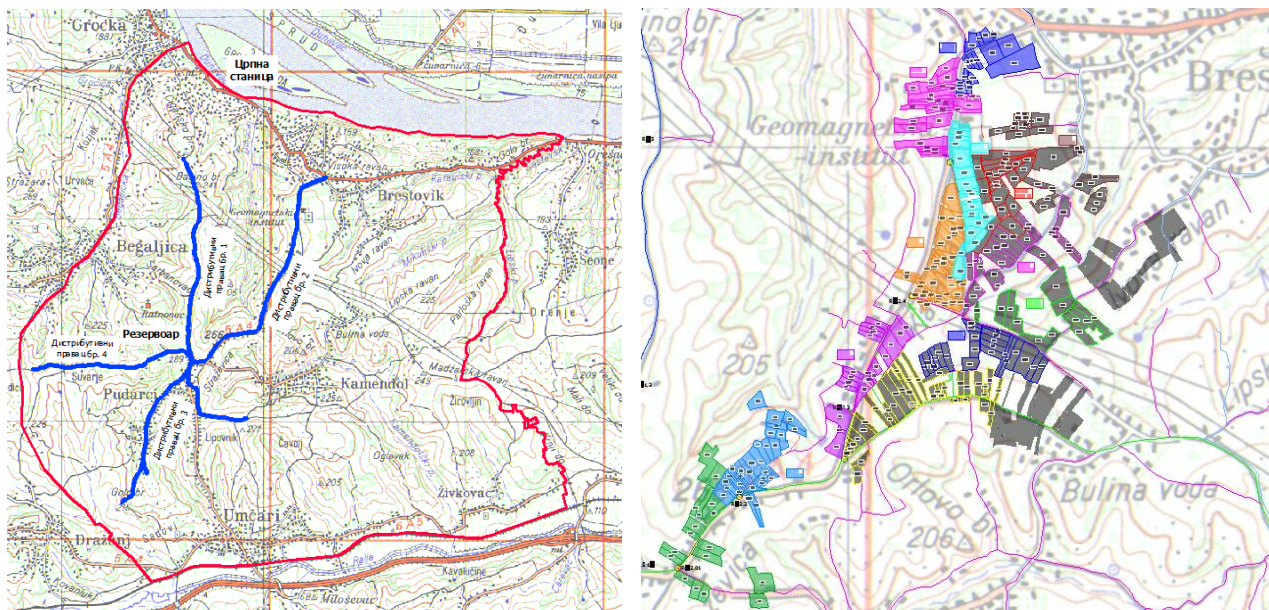
Ekološki uslovi koji vladaju na području, pre svega klimatske prilike, tipovi zemljišta i nadmorska visina, odgovaraju brojnim vrstama i sortama voća. U najvećoj meri uzgaja se breskva, jabuka, kruška, kajsija i vinova loza, uglavnom na tradicionalan, ekstenzivan način. Uvođenjem navodnjavanja kao dopunske mere, mogu se stvoriti pogodne okolnosti za savremenu, intenzivnu proizvodnja voća, grožđa i povrća.

Ukupna bruto površina, koja osim poljoprivrednog uključuje i ostalo zemljište, iznosi oko 7.500 ha. Efektivne površine, koje je moguće navodnjavati, manje su i kreću se između jedne četvrtine i jedne trećine bruto površine. Teren je po konfiguraciji brežuljkast i brdovit. Najviša kota dostiže oko 290 m n.m. i nalazi se na mestu na kome je izgrađen rezervoar u mestu Pudarci. Najniže kote terena koji se nalazi u okviru granica sistema spuštaju se do vrednosti 130 m n.m.

Realizacija sistema je započeta 2012. g., a radovi su obuhvatili sledeće objekte i opremu:

- Crpna stanica sa vodozahvatom (ukupnog kapaciteta  $Q=240\text{L/s}$  i visine dizanja  $H_p=240\text{m}$ );
- Glavni dovodni cevovod (povezuje crpnu stanicu i rezervoar,  $L=7.050\text{m}$ );
- Rezervoar u naselju Pudarci (dvokomorni rezervoar ukupne zapremine  $4.600 \text{ m}^3$ );
- Primarni cevovod jednog dela distributivne mreže ( $L=4.420\text{m}$ ).

*Distributivni pravci* Mogućnosti za dopremanje vode do korisnika ograničene su prirodnim odlikama područja u granicama sistema za navodnjavanje. Korita vodotoka koji se spuštaju sa višeg terena (centralna pozicija, pravac pružanja istok-zapad) ka Dunavu ili ka auto-putu Beograd-Niš, uslovile su zvezdastu dispoziciju primarnih cevovoda distributivne mreže (Slika 2 - levo). Svakom distributivnom pravcu (1-Grocka, 2-Brestovik, 3-Begaljica, 4-Umčari) pridružena je određena površina za navodnjavanje. Distributivni pravci se napajaju vodom iz rezervoara u Pudarcima pomoću primarnih vodova distributivne mreže, koji predstavljaju prvu kariku u vezi između rezervoara i korisnika.



Slika 2. Distributivni pravci za raspodelu vode u sistemu „Grocka“ (levo) i raspored parcela na distributivnom pravcu 2-Brestovik

*Plan površina za navodnjavanje* U okviru svakog distributivnog pravca identifikovane su proizvodne parcele koje mogu da se uključe u sistem, tako što će prethodno biti grupisane u podsisteme. Organizovanje parcela u podsisteme omogućava sledeće:

- održivost rešenja u različitim uslovima potražnje za vodom;
- racionalizacija cevne mreže;
- adekvatan raspored pritisaka u mreži;
- obuhvatanje parcela u vlasništvu istog poljoprivrednika;
- kontrola potrošnje, kako u slučaju promene raspodele vode, tako i u slučaju neplaćanja ili kvarova na određenom delu mreže;
- formiranje udruženja korisnika voda – u početku nije obavezujuće ali svetska iskustva ukazuju da se prebacivanjem nadležnosti iz domena održavanja i upravljanja sistemom ili podsistemom za navodnjavanje postižu daleko bolji rezultati rada.

Na ovaj način je sagledana mogućnost navodnjavanja 650 ha.

### 3. TROŠKOVI NAVODNJAVANJA - CENA VODE

Osim investicija koje je potrebno obezbediti za izgradnju sistema za navodnjavanje, nakon završetka gradnje tj. u periodu eksploatacije potrebno je pokriti

troškove nesmetanog korišćenja istog. Troškovi obuhvataju fiksne i varijabilne troškove eksploatacije. U fiksne troškove računaju se: amortizacija, održavanje, bruto-lični dohoci stalno i sezonski zaposlenih radnika, anuitet, pripadajući deo indirektnih troškova vodoprivrednog preduzeća koje će upravljati objektima. U varijabilne troškove uračunata je energija, kao i ostali potrošni materijal. Opšti troškovi VP (režija) računaju se oko 5% od fiksnih troškova objekta.

*Amortizacija* Obaveza izdvajanja amortizacije nastaje prve godine po završetku izgradnje objekata, ugradnje opreme i početka korišćenja. Osnovica za amortizaciju je predračunska vrednost objekata i opreme, uvećana za iznos prethodnih, pripremnih i nepredviđenih radova i osnivačka ulaganja. Troškovi amortizacije se obračunavaju u skladu sa Zakonom o amortizaciji („Sl. list SRJ“, br.17/97).

*Troškovi održavanja objekata i opreme* Održavanje sistema za navodnjavanje u funkcionalnom stanju podrazumeva sprovođenje mera redovnog i investicionog održavanja. Iste mere bi trebalo da budu propisane Pravilnikom o korišćenju objekata i opreme. Ukoliko se ne poznaju konkretni normativi za ovu vrstu poslova, potencijalni troškovi održavanja mogu se utvrditi procentualno u odnosu na predračunsku vrednost građevinskih radova i opreme. U tom slučaju

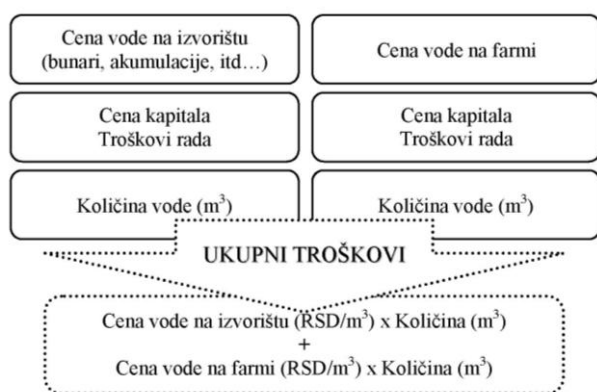
stopa od 1% u odnosu na predračunsku vrednost građevinskih radova i 2% u odnosu na predračunsku vrednost elektrogradnje i hidromehaničke opreme može pokriti godišnje troškove održavanja ovog sistema. Isto tako deo amortizacije se može koristiti za investiciono održavanje ovog sistema.

**Troškovi rada** Ovi troškovi obuhvataju godišnje bruto-lične dohotke novozaposlenih radnika (stalnih i sezonskih) na sistemu (vodoprivredna infrastruktura). Struktura i troškovi radne snage zavise od veličine sistema i njegove kompleksnosti.

**Ostali fiksni troškovi** U ostale fiksne troškove ubrajaju se obaveze vezane za način finansiranja izgradnje (anuitet) i deo indirektnih troškova koji se odnose na zajedničku službu VP u čijoj nadležnosti će biti ovaj sistem.

**Varijabilni troškovi** Troškovi električne energije čine značajnu stavku u okviru varijabilnih troškova i zavise od snage (broja) pumpi koje se koriste za pogon sistema.

**Ukupni godišnji troškovi eksploatacije** Na osnovu prethodnih elemenata troškova sastavlja se predračun godišnjih troškova korišćenja sistema. Proračun se radi za punu fazu eksploatacije, tj. procenjenju godišnju isporuku vode. Jedinični godišnji troškovi eksploatacije (€/m<sup>3</sup>) su ukupni troškovi isporuke vode (fiksni + varijabilni) podeljeni sa planiranom godišnjom potrošnjom vode. Ukupni troškovi koji očekuju poljoprivredno gazdinstvo koje će izgraditi lokalni zalivni sistema su predstavljeni sumom cene vode na vodozahvatu i cene vode na lokalnom sistemu (Slika 3).



Slika 3. Ukupni troškovi za poljoprivredno gazdinstvo

Cena vode (troškovi navodnjavanja) na lokalnom sistemu obračunava se po sličnoj metodologiji kao i za vodozahvat. Osim cene koštanja vode na vodozahvatu u zavisnosti od cene uloženog kapitala računa se i prodajna cena vode koja u ovom slučaju treba da bude nešto viša. Sa ekonomskog aspekta, nezavisno od uslova finansiranja ove investicije, efikasnost realizacije projekta izračunava se preko ekonomske cene isporučene vode za predložena tehnička rešenja.

Ekonomska cena vode se računa korišćenjem *Long-run-Incremental Cost* metode. Ova metoda se zasniva na poređenju diskontovanih troškova sa ukupnom diskontovanom količinom vode za isporuku. Troškovi obuhvataju ukupne investicione i eksploatacione troškove za izabrani period rada sistema.

### 3.1 Troškovi eksploatacije sistema „Mali Idoš“

Na osnovu prethodnih elemenata troškova sastavljen je predračun godišnjih troškova korišćenja kanala. Proračun je urađen za punu fazu eksploatacije. Takođe su izračunati jedinični godišnji troškovi eksploatacije (Tabela 1) gde su ukupni troškovi isporuke vode (fiksni + varijabilni) podeljeni sa planiranom godišnjom potrošnjom vode u prosečnim godinama.

Tabela 1. Godišnji troškovi korišćenja sistema „Mali Idoš“ (posle otplate kredita)

Br.	Troškovi	Iznos [din]	Iznos [€]
I	Fiksni	20.614.402	170.367
1.	Amortizacija	16.276.255	134.514
2.	Održavanje	3.798.147	31.390
3.	Osiguranje		
4.	Radna snaga	540.000	4.463
II	Varijabilni	150.000	1.339
1.	Energija		
2.	Potrošni materijal	150.000	1.240
III	Opšti troškovi (režija)	1.030.720	8.518
IV	Ukupni troškovi (I-III)	21.795.122	180.125
IV	Ukupni troškovi bez amortizacije	5.518.867	45.610
	Cena 1 m <sup>3</sup> vode	5,19	0,042
	Cena 1 m <sup>3</sup> vode, bez amortizacije	1,31	0,011

Tabela 1 prikazuje godišnje troškove korišćenja sistema za navodnjavanje nakon otplate kredita ukoliko se uzima za izgradnju preostalih elemenata sistema. Ovo je značajno zbog toga što u slučaju kreditnog zaduživanja kamata za vreme gradnje (interkalarna) kao i kamata za vreme otplate kredita postaje značajan trošak u ceni koštanja jednog m<sup>3</sup> vode.

### 3.2 Troškovi eksploatacije sistema „Grocka“

Troškovi funkcionisanja sistema, prikazani za vremenski period od godinu dana, razdvojeni su i u ovom slučaju na fiksne i varijabilne. Fiksni troškovi funkcionisanja su predstavljeni u vidu amortizacije, tekućeg održavanja, osiguranja i ličnih dohodaka zaposlenih. Varijabilne troškove funkcionisanja sistema predstavlja utrošak električne energije za pogon crpnih agregata. U troškove nije uračunat profit preduzeća koje će upravljati sistemom, tj. proračun je sproveden tako da se od prihoda dobijenih prodajom vode mogu pokriti svi troškovi rada sistema

Troškovi prepumpavanja su izračunati na osnovu pretpostavke da će se potrebna električna energija trošiti minimum 18, a maksimum 23 časa u toku dana. Od toga, 8 časova će se vršiti potrošnja u toku trajanja niže tarife. Prikazani troškovi električne energije za prepumpavanje (Tabela 2) predstavljaju prosečnu vrednost za površinu sistema za navodnjavanje. Proračun cene vode sproveden je za sistem u celini (površine 600 ha).

Tabela 2. Godišnji troškovi rada sistema „Grocka“

Br.	Troškovi	Iznos [din]	Iznos [€]
I	Fiksni	24.394.444	217.808
1.	Amortizacija	11.873.400	106.013
2.	Održavanje	6.346.000	56.661
3.	Osiguranje	1.801.140	16.082
4.	Radna snaga	4.373.904	39.053
II	Varijabilni	10.260.786	91.614
1.	Energija	10.260.786	91.614
III	Ukupni (I+II)	34.655.230	309.422
	Planirana potrošnja, m <sup>3</sup>	1.905.088	
	Cena 1 m <sup>3</sup> vode	18,2	0,17
	Površina, ha	600	
	Cena vode po 1 ha/god	57.759	531

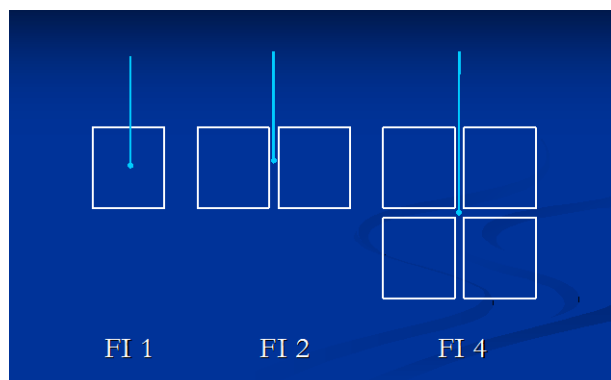
Ekonomska cena 1 m<sup>3</sup> vode je 3,5 puta niža za ravničarski sistem, u odnosu na brdsko-brežuljkasti. Cene i troškovi koji se odnose na vodu za navodnjavanje mogu da variraju u širokom opsegu zavisno od geografskog položaja, izvora vode i institucionalnih aranžmana (Wichelns, 2010). U sistemu „Grocka“ procenjena ekonomska cena 1 m<sup>3</sup> vode je i dalje u rangu cena registrovanih u Evropi. Giannakis et al. (2016) su registrovali velike razlike u ceni vode za navodnjavanje poredeći države, ali i poredeći cene širom teritorije države, npr. 0.054–0.645 EUR/m<sup>3</sup> u Grčkoj, ili 0.23–1.50 EUR/m<sup>3</sup> u Francuskoj. Ekonomska cena vode za navodnjavanje obuhvata različite troškove, pa ukoliko je cena vode za navodnjavanje niska, i ukoliko mali broj farmera plaća ove usluge, sledi da projekat navodnjavanja nije održiv bez velikih državnih subvencija (Easter & Liu, 2005). S druge strane apsolutni trošak navodnjavanja, iskazan kao cena vode nije toliko važan u poređenju sa činjenicom da uz primenu navodnjavanja farmeri mogu da zaokruže proizvodnju ničim prosečnim troškovima ukupne proizvodnje i nižom varijabilnošću marže (Massarutto, 2003). Prema tome, relativno visoka cena vode za navodnjavanje ne mora nužno da ugrozi projekat navodnjavanja, zato što su u nekim krajevima Srbije uslovi za stabilnu poljoprivrednu proizvodnju nepovoljni, ukoliko nema navodnjavanja.

### 4. CENA VODE U ZAVISNOSTI OD STEPENA PRIKLJUČENJA KORISNIKA

Kada se govori o navodnjavanju, više studija opravdanosti je dokazalo da za uvođenje novih tehnologija treba radije birati velika preduzeća/sisteme, mada i samo spajanje velikog broja malih farmi u jedan sistem može učiniti predloženi koncept opravdanim. Zato je ukupnjavanje malih površina nužna mera kojom bi se uvodile nove savremene tehnologije održive poljoprivredne proizvodnje. Savremeni zalivni sistemi zahtevaju veće proizvodne parcele, uređen vodno-vazdušni režim zemljišta, izgrađenu putnu i po potrebi i kanalsku mrežu.

Uprošćena ekonomska analiza svih troškova (investicioni i eksploatacioni) izgradnje sistema za navodnjavanje za malu površinu tzv. uslovnu parcelu ukazala je na zaključke čiju grafičku interpretaciju prikazuje Slika 4.





Slika 4. Integracija proizvodnih parcela

FI 1 odgovara situaciji u kojoj se voda doprema do centra svake uslovne parcele. To je ujedno i najskuplja varijanta, s obzirom da svaka uslovna parcela dobije vodu kako to pravila slobodne distribucije nalažu. Ukoliko bi došlo do ukрупnjavanja parcela i dve susedne parcele zajednički iskazale svoj zahtev za vodom, dovod vode bi mogao biti značajno redukovano, oprema za navodnjavanje zajednička, i pojeftinjenje bi iznosilo i do 50% (FI 2, Slika 4). Napokon, ako bi se voda dopremala do 4 susedne uslovne parcele, pojeftinjenje bi iznosilo i do 75% (FI 4, Slika 4).

Ovakvim načinom organizovanja, mala gazdinstva bi na ekonomski povoljan način došli do sistema za navodnjavanje, stabilizacije prinosa, a sam način organizovanja bi predstavljao nukleus budućeg organizovanja i razvoja poljoprivrede čitave Srbije. Naime, organizovanjem malih gazdinstava u udruženja korisnika voda, oni bi sebi obezbedili jedinstven nastup u svim pregovorima i aranžmanima.

S obzirom da je cena vode u sistemu za navodnjavanje „Grocka“ više nego 3 puta veća u odnosu na sistem „Mali Idoš“, značajno je analizirati upravo za ovaj sistem kako se kreće cena vode u odnosu na broj priključenih korisnika.

Proizvodnja vode opterećena je fiksnim troškovima (amortizacija, održavanje, osiguranje, lični dohoci zaposlenih) i varijabilnim troškovima, kao što je već detaljno objašnjeno. Fiksni troškovi opterećuju naknadu za usluge bez obzira na veličinu zalivane površine. Iznos pojedinih stavki sračunat je u odnosu na investicionu vrednost objekata i opreme, korišćenjem zakonom propisanih stopa amortizacije, odnosno procenjenih stopa za održavanje i osiguranje objekata i opreme (Tabela 2). Ukupni fiskni troškovi na godišnjem nivou

dostižu vrednost od oko 25 mil. dinara. Iznos fiksnih troškova po jedinici površine zavisi od ukupno angažovane površine, pa će tako za površinu od 600 ha oni iznositi 380 €/ha/god. Sa druge strane, fiksni troškovi raspodeljeni samo na površinu koja pripada Distributivnom pravcu 1-Grocka (233 ha), iznose 975 €/ha/god.

Od trenutka priključenja, korisnik snosi pripadajući deo troškova održavanja i iskorišćavanja sistema za navodnjavanje. Od varijabilnih troškova cenu vode opterećuje samo električna energija. Utrošak energije sagledan je iz ugla preduzeća koje će upravljati sistemom za navodnjavanje. U proračunu je korišćena količina vode potrebna za 600 ha koja se, uz pomoć agregata u crpnoj stanici, mora prepumpati iz Dunava do rezervoara u Pudarcima. Dodatni energetske troškovi za preduzeće su zanemarljivi, obzirom da se od rezervoara do korisnika distribucija vrši gravitaciono, a čine ih osvetljenje objekta crpne stanice i rezervoara, pogon elemenata za upravljanje sistemom (merenje raznih parametara i signalizacija), rad kalorifera, rad ostalih uređaja opšte potrošnje, itd.

Na strani ograničenog broja korisnika javiće se dodatni trošak za postizanje radnog pritiska neophodnog za pravilno dejstvo izabranih uređaja za navodnjavanje. Ovi troškovi zavise od prostornog rasporeda korisnika, a pre svega od njihovog visinskog položaja u odnosu na nivo vode u rezervoaru u Pudarcima. U svakom slučaju, ti troškovi neće padati na teret preduzeća koje upravlja sistemom.

Osnova proračuna je maksimalno iskorišćenje rezervoarskog prostora u Pudarcima, odnosno punjenje rezervoara za vreme trajanja jeftine tarife (radi lakšeg proračuna usvojeno je da u tom periodu nema potrošnje). U martu, aprilu, septembru i oktobru mesecu celokupna količina vode potrebna za zalivanje svih 600 ha može se dopremiti u rezervoar u toku trajanja niže tarife (Tabela 3). U ostalim mesecima potreban je rad agregata i u toku višeg tarifnog stava kako bi se obezbedila potrebna količina vode.

Za procenu konkretnih troškova, korišćene su važeće cene električne energije za tarifne kupce, odnosno potrošače na srednjem naponu (od 1 do 110 kV). Energetske troškove čini nadoknada za merno mesto (119,07 din/mes), obračunsku snagu (589,073 din/kW), aktivnu (4,396 din/kWh u višem, odnosno 1,465 din/kWh u nižem tarifnom stavu) i reaktivnu

energiju (0,416 din/kWh). Rezultati ukazuju da više od 69% ukupnih godišnjih troškova, koji iznose oko 10,261 mil. dinara, čini aktivna energija sa potrošenih oko 2,236 mil. kWh na godišnjem nivou. Ova procena odražava potrebe sistema za električnom energijom, koje se očekuju kada sistem bude radio u punom

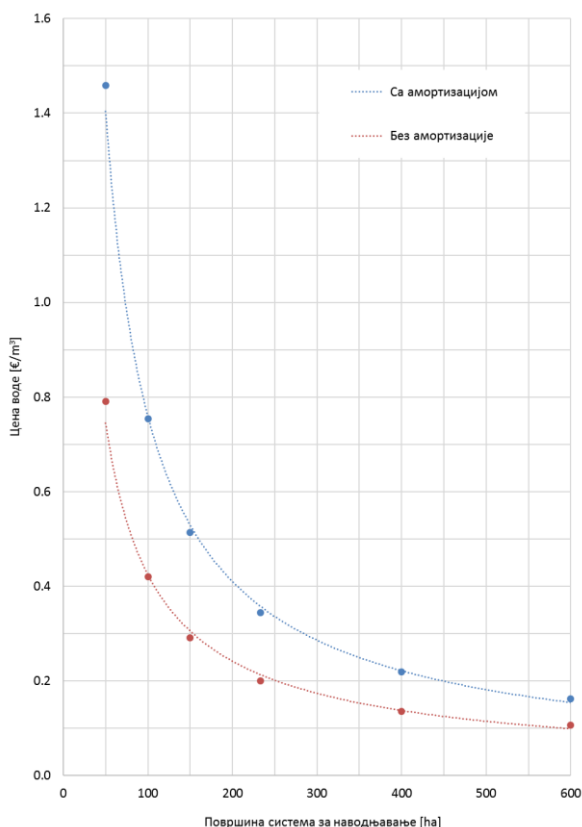
pogonu, za navodnjavanje 600 ha. Za manju površinu potrebno je prepumpavati manje količine vode kada će troškovi energije biti manji. Utrošak energije za površine koje pripadaju Distributivnom pravcu 1-Grocka (233 ha) iznosi 871.450 kWh/god, odnosno 4,086 mil. dinara na godišnjem nivou.

Tabela 3. Potrebe za vodom i prepumpane količine u nižoj i višoj tarifi

Mesec	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt
Potreba [mm]	1,8	19,5	60,4	69,5	96,2	62,2	6,6	1,3
n.t. V [m <sup>3</sup> /dan]	346	3.901	4.990	4.990	4.990	4.990	1.318	17
v.t. V [m <sup>3</sup> /dan]	0	0	6.702	8.916	13.637	7.043	0	0

Cena vode se značajno smanjuje sa rastom broja uključenih korisnika u sistem (podsystem) za navodnjavanje (Slika 5). Razlog tome su upravo fiksni troškovi (Tabela 4) koji predstavljaju značajnu stavku posebno u sistemu „Grocka“.

Raspodela fiksnih troškova na veću količinu dostavljene vode (veći broj korisnika), dovodi do smanjenja jedinične cene vode. Sledstveno za navodnjavanje ukupnih 600 ha, cena vode iznosi 0,17 EUR/m<sup>3</sup>, međutim ako je u sistem uključeno samo 150 ha, cena je višestruko veća i iznosi 0,52 EUR/m<sup>3</sup>.



Slika 5. Cena vode u zavisnosti od površine sistema za navodnjavanje

Tabela 4. Struktura troškova

Br.	Troškovi	udeo [%]	udeo [€/ha]
I	Fiksni	70,4	374
1.	Amortizacija	34,3	182
2.	Održavanje	18,3	97
3.	Osiguranje	5,2	27
4.	Radna snaga	12,6	67
II	Varijabilni	29,6	157
1.	Energija	29,6	157

## 5. ZAKLJUČAK

Upoređeni su troškovi navodnjavanja iskazani kao cena vode za ravničarski sistem za navodnjavanje „Mali Idoš“ i brdsko-brežuljkasti „Grocka“. Ekonomska cena 1 m<sup>3</sup> vode je 3,5 puta niža za ravničarski sistem. Razlog tome su upravo fiksni troškovi koji predstavljaju značajnu stavku posebno u složenijim sistemima za koje su potrebna veća inicijalna ulaganja, kao što su sistemi u brdsko-brežuljkastim reonima gde je potrebno podizanje vode na veće visine i akumuliranje u rezervoare. Iz istih razloga (visoki fiksni troškovi) cena vode se značajno smanjuje sa rastom broja uključenih korisnika u sistem (podsystem) za navodnjavanje. Da bi se osigurala održivost sistema neophodno je osigurati naplatu usluge dostave vode, što je moguće samo ukoliko sistem optimalno funkcioniše, za šta je neophodno adekvatno

održavanje infrastrukture. Iz tog razloga spajanje usitnjenih farmi u jedan (pod)sistem može učiniti predloženi koncept opravdanim.

Na mogućnosti razvoja navodnjavanja i povećanje broja korisnika u okviru jednog sistema utiču brojni faktori, a nekad nisu samo finansijske prirode. Ograničenja za mogućnost primene i razvoj navodnjavanja u budućnosti, pored ekonomskih, mogu biti izražena neravnomernost zemljišnih i vodnih resursa. Zato prilikom razvoja koncepta razvoja navodnjavanja treba sagledati sve prirodne i društveno-ekonomske faktore.

#### ZAHVALNICA

Rad je delimično finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, projekat TR 37005.

#### LITERATURA

- [1] Ali, M.H.: *Fundamentals of Irrigation and On-farm Water Management: Volume 1*, Springer Science+Business Media, LLC, 2010. DOI 10.1007/978-1-4419-6335-2.
- [2] Burt, C.: *Volumetric Water Pricing*. Irrigation Training and Research Center, ITRC Report No. 06-002, 2006.
- [3] Dougherty, T.C. and Hall, A.W.: *Environmental impact assessment of irrigation and drainage projects*, Irrigation and Drainage Paper 53, FAO, Rome, 1995.
- [4] Easter, K.W. and Liu, Y.: *Cost recovery and water pricing for irrigation and drainage projects*, Agricultural and Rural Development Discussion Paper 26, Washington DC: The World Bank, 2005.
- [5] ESCAP: *Enhancing Regional Cooperation in Infrastructure Development Including That Related to Disaster Management*, Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP), New York, NY: United Nations, 2006.
- [6] Farmani, R., Abadia, R., Savic, D.: *Optimum design and management of pressurized branched irrigation networks*, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering-ASCE*, 133, 528–537, 2007.
- [7] Frank, E., Gallina, A., Baldacci, M. and Miolo, M.: *Cost-benefit analysis of different solutions for sustainable irrigation in Fucino Plain (Italy)*, *Sustainable Irrigation Management, Technologies and Policies II*, WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol. 112, pp. 263-272, 2008.
- [8] Giannakis, E., Bruggeman, A., Djuma, H., Kozyra, J. and Hammer, J.: *Water pricing and irrigation across Europe: opportunities and constraints for adopting irrigation scheduling decision support systems*, *Water Science and Technology: Water Supply* 16.1, 245-252, 2016.
- [9] IEEP: *The Environmental Impact of Irrigation in the European Union*, a report to the Environment Directorate of the European Commission. Institute for European Environmental Policy, London, in association with Politechnical University of Madrid and University of Athens, 2000.
- [10] Massarutto, A.: *Water pricing and Irrigation Water demand, Economic efficiency versus environmental sustainability*, *European Environment* 13, 100-119, 2003.
- [11] Molle, F., Berkoff, J. (eds): *Irrigation Water Pricing: The Gap between Theory and Practice, Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series 4*, Wallingford, UK, Centre for Agricultural Bioscience International, 2008. Pristupljeno 21.11.2016. <http://www.oecd.org/dataoecd/26/22/45016437.pdf>
- [12] Muller, M.: *Lessons from Cape Town's Drought*, *Nature* 559, 174-176, 2018.
- [13] Ortiz, J.E.D. and Ramirez, C.A.: *Priority investment irrigation methodology in depressed rural areas*, *Ingeniería e investigación* 30(3), 149-156, 2010.
- [14] Rey, D., Holman, I.P., Daccache, A., Morris, J., Weatherhead, E.K. and Knox, J.W.: *Modelling and mapping the economic value of supplemental irrigation in a humid climate*, *Agricultural Water Management* 173, 13-22, 2016.
- [15] Sisto, N.P., Ramirez, A.I., Aguilar-Barajas, I. and Magana-Rueda, V.: *Climate threats, water supply vulnerability and the risk of a water crisis in the Monterrey Metropolitan Area (Northeastern Mexico)*, *Physics and Chemistry of the Earth* 91, 2-9, 2016.
- [16] Ward, F. A., Pulido-Velazquez, M.: *Water conservation in agriculture can increase water use*, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, pp. 18215–18220, 2008.
- [17] Ward, F.A.: *Financing Irrigation Water Management and Infrastructure: A Review*, *Water Resources Development*, 26(3), 321–349, 2010.
- [18] Wichelns, D.: *Agricultural Water Pricing: United States*, Hanover College, Indiana, USA, 2010. (Available at: [www.oecd.org/water](http://www.oecd.org/water), accessed 12.09.2017)

## DEVELOPMENT AND MANAGEMENT OF IRRIGATION SYSTEMS WITH MULTIPLE USERS

by

Mile BOŽIĆ, Željka RUDIĆ, Dejan MILOŠEV, Milorad STOJADINOVIĆ, Goran NIKOLIĆ  
Jaroslav Černi Water Institute, Belgrade  
Svetlana POTKONJAK  
Faculty of Agriculture, University of Novi Sad

### Summary

The aim of this paper is to point out the necessity of irrigation planning, with respect to rational use of water resources, especially when it comes to intensive irrigation development, including large systems as well as systems with multiple users. Two systems are chosen, „Mali Idoš“ as representative of lowland systems, and „Grocka“ as representative for hilly areas. We compared the irrigation costs of two systems, expressed as the water price. The largest share in water price structure have fixed costs 70%, while the rest are the variable costs whose only component is often the consumption of (electrical) energy. Therefore, the economic price of 1 m<sup>3</sup> of water that is delivered to consumers in the system „Mali Idoš“ amounts to 5.19 din., while in the

system „Grocka“ it amounts to 18.2 din. For the same reason, the price of water is reduced significantly with the number of users connected to the irrigation system (subsystem). In order to ensure the sustainability of the system, it is necessary to ensure the collection of water fees, which is possible only if the system is functioning optimally, which is enabled through adequate maintenance of infrastructure. For this reason, joining small farms in one (sub)system can make such concept justified.

Key words: irrigation, water sources depletion, water pricing, environment, complex systems with multiple users

Redigovano 26.10.2019.