Bibliid: **0350-2953 (2017) 43(4): 147-158**
UDK: 631:626.81/84

Pregledni rad
Review paper

STANJE I PRAVCI RAZVOJA NAVODNJAVANJA U SVETU I KOD NAS IRRIGATION STATE AND DEVELOPMENT DIRECTION AT GLOBAL AND LOCAL LEVEL

Ponjičan O, Bugarin R, Sedlar A, Turan J, Višacki V, Stanić N.

Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za poljoprivrednu
tehniku, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad
e-mail: ondrej.ponjican@polj.uns.ac.rs

SAŽETAK

U Republici Srbiji u sistemu navodnjavanja je oko 3% korišćenih površina, sa izuzetno visokom i nepovoljnom strukturom korišćenja podzemne vode od 52%. Podzemna voda je ograničeni resurs. Procenjuje se da poljoprivreda kristi oko 70% sveže pijaće vode, što pokazuje na snažnu zavisnost poljoprivrede od dostupnosti vode. Očekuje se da će klimatske promjene vršiti dodatni pritisak na povećanje potrošnje vodnih resursa za 70-90% do 2050. godine.

Prilikom izbora optimalnog metoda navodnjavanja treba uzeti u obzir potencijalne faktore zagađenja životne sredine usled navodnjavanja. Za dostizanje potrebne efikasnosti sistema navodnjavanja potrebno je da on bude zasnovan na principima precizne poljoprivrede uz korišćenje preciznog navodnjavanja (*PI*) i određivanja rasporeda navodnjavanja (*IS*). Parametri kao što su efikasnost korišćenja vode (*WUE*) i produktivnost vode (*WP*), najčešće se koriste za ocenu metoda sistema za navodnjavanje.

Ključne reči: metode navodnjavanja, zaštita životne sredine, vodni resursi, precizna poljoprivreda, precizno navodnjavanje, raspored navodnjavanja

1. UVOD

Pred poljoprivredu se postavljaju strateški zahtevi za proizvodnju sve veće količine hrane, a pri tome se obradive površine smanjuju i javljaju se sve nepovoljniji uslovi za proizvodnju, koji se prvenstveno ogledaju u nedovoljnoj količini padavina (suša). Navodnjavanjem se dopunjava količina prirodnih padavina, kada je ona prema zahtevima gajenih biljaka u deficitu.

Zadatak sistema za navodnjavanje je proizvodnja sve veće količine hrane uz korišćenje manje količine vode. Pred farmere se postavljaju zadatci vezani za što efikasnije korišćenje instaliranog sistema za navodnjavanje, usvajanje novih irigacionih tehnologija, unapređenje veština uvezanih za zemljište i menadžment vode, korišćenje modela za manje korišćenje vode, hraniva, hemijskih sredstava i usklađivanje setvene strukture promenama klimatskog područja.

Intenzivna proizvodnja je u velikoj meri odgovorna za pogoršanje strukture zemljišta, za eroziju zemljišta, smanjenje sadržaja organske mase i zagađivanje zemljišta

mineralnim hranivima i pesticidima. Gajenjem ozimih useva dodatno se smanjuje i erozija zemljišta vetrom (Miller, 2007). Povećanje površina po kulturama koje imaju vegetaciju u toku letnjih meseci povećavaju se zahtevi za vodom.

2. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Parametri ocene efikasnosti navodnjavanja

Farmeri imaju krute zahteve za vodom zbog koristi koje im ona donosi. Parametri kao što su efikasnost korišćenja vode (*water-use efficiency*, *WUE*) i produktivnost vode (*water productivity*, *WP*), najčešće se koriste za ocenu sistema za navodnjavanje (Sinclair et al, 1984; Steduto, 2007). Oba termina su relevantna za postizanje što boljih ekonomskih efekata farmera. Efikasnost korišćenja vode (*WUE*) prvenstveno interesuje lokalnu zajednicu i agencije za upravljanje sa vodom, dok produktivnost vode (*WP*) više interesuje farmere i istraživače. Produktivnost vode bolje opisuje korišćenje vode, nivo produkcije i ekonomsku dobit.

Efikasnost korišćenja vode (*WUE*) za različite metode navodnjavanja može da se oceni i preko (*annual relative irrigation supply*, *ARIS*) indeksa koji predstavlja odnos primenjenog i iskorišćenog količine vode. Znatno veća efikasnost korišćenja vode registrovana je korišćenjem metode veštačke kiše i kap po kap u odnosu na površinsko navodnjavanje. Velike varijacije u efikasnosti korišćenja vode utvrđene su u okviru istog metoda navodnjavanja u zavisnosti od biljne vrste, kao i između proizvođača, zbog nedovoljnog znanja proizvođača. Rešenje je unapređenje znanja o upravljanju vodom od strane farmera. (Salvador et al, 2011).

Za unapređenje veština upravljanja farmera sa vodom treba koristiti različita merenja (vlažnost zemljišta, koeficijent evapotranspiracije, temperatura vazduha, ...) koja će doprineti poboljšanju efikasnosti korišćenja vode. Poljoprivredni proizvođači često nemaju dovoljno znanja za određivanje nivoa i rasporeda navodnjavanja u toku vegetacione sezone (Pereira et al, 2012). I ako postoje merni uređaji (primer senzor vlažnosti zemljišta), treba unaprediti znanje poljoprivrednih proizvođača o potrebama gajene bilje kulture za vodom, treba pravilno interpretirati izmerene podatke, možda senzori nisu na odgovarajući način postavljeni u zemljište, ili nisu prilagođeni za precizno merenje za odgovarajući tip zemljišta, stoga njihovo postavljanje i održavanje zahteva specijalno tehnički obučeno osoblje. Isti problemi se javljaju prilikom korišćenja senzora za određivanje pokrivenosti površine zemljišta biljnom masom čija pravilna upotreba zavisi od vrste gajene biljke, stadijum razvoja, doba dana i klimatskih uslova.

Navodnjavane površine u Republici Srbiji

Od ukupnog broja poljoprivrednih gazdinstava u 2011/2012 poljoprivrednoj godini 12% je navodnjavalo 3% korišćenog poljoprivrednog zemljišta (Popis poljoprivrede, 2012). Prema izvoru vode podzemne vode kao izvor navodnjavanja se navode za 51,6% površina, na površinske vode otpada 37,7%.

Na osnovu podataka prikazanih u tabeli 1, evidentno je da se u Republici Srbiji navodnjavaju skromne površine, tako da za sada nismo došli do problema izrazitog

deficita vode za navodnjavanje. Stoga je potrebno pravilno utvrditi strategiju racionalnog korišćenja postojećih vodnih resursa i izgraditi infrastrukturu za njeno efikasno dovodenje do potrošača. Zadnjih nekoliko godina se intenzivno radi na povećanju površina sprovođenjem projekata i davanjem subvencija od strane države.

Tab. 1 Korišćene i navodnjavane površine u Republici Srbiji i Avtonomnoj Pokrajini Vojvodini (*Popis poljoprivrede, 2012*).

Tab. 1 Utilized and irrigated area in Republic of Serbia and Autonomous Province of Vojvodina (*Census of Agriculture, 2012*)

	Republika Srbija Republic of Serbia	AP Vojvodina AP Vojvodina
Korišćeno poljoprivredno zemljište (ha) Utilized agricultural area (ha)	3 437 423	1 608 896
Navodnjavana površina (ha) Irrigated area (ha)	99 773	58 251
Udeo navodnjavanih površina (%) Share irrigated area (%)	2,9	3,6

Voda za navodnjavanje kao strateški resurs

Procenjuje se da poljoprivreda kristi oko 70% sveže pijaće vode, što pokazuje na snažnu zavisnost poljoprivrede od dostupnosti vode. Očekuje se da će klimatske promjene vršiti dodatni pritisak na povećanje potrošnje vodnih resursa za 70-90% do 2050. godine (*Tsakmakis et al, 2017; Garrote et al, 2015; Kreins et al, 2015*).

Prema američkom geološkom istraživanju iz 2005. godine, navodnjavanje je druga grana po veličini upotrebe sveže vode u Sjedinjenim Državama, i predstavlja 37%, ili 484,48 Mm³ dnevno kubnih metara dnevno, slatkovodnih voda (*Sando et al, 2017*).

Navodnjavanje u poloprivredi u Mediteranskom regionu je najveći potrošač slatkovodnih voda, ali i predstavlja glavni izvor prihoda i zaposlenosti za ruralne krajeve. Usled kilnatskih promena, i sve većih i češćih suša javlja se veliki nedostatak vode što može dovesti u pitanje održivost poljoprivredne proizvodnje u posmatranom regionu. U Mediteranskom regionu samo za najviše gajene useve računajući na osnovu proizvodnosti vode (*PW*) ukupne potrebe za navodnjavanjem iznose 63 km³ vode godišnje, pri čemu su oslobađa 1,78 Gt CO₂ godišnje. Modernizacijom sistema za navodnjavanje i izborom racionalnijih metoda navodnjavanja došlo bi do uštede oko 8 km³ vode ali pri tome bi se povećala emisija CO₂ za oko 135%. Ukoliko bi se sa suvog ratarenja prešlo na navodnjavanje potrebe za vodom bi se povećale na 166 km³ godišnje (+137%), dok bi emisija CO₂ bi porasla za +270% (*Daccache et al, 2014*).

Povećanje efikasnosti korišćenja vode (*WUE*) primenom navodnjavanja prema zahtevima biljaka i korišćenje slane ili reciklirane vode za navodnjavanje su tehnologije koje mogu da delimično zadovolje oskudne rezerve slatke vode. Tehnološki razvoj tehnike navodnjavanja mora da se odvija u pravcu razvoja različitih senzora i komunikacije, inteligentnog sistema za navodnjavanje i visoko efikasnog sistema za primenu vode i hraniva (*EIO, 2011: 25*). Efikasno korišćenje vode izaziva poboljšan ekonomski efekat uz smanjenje uticaja na životnu sredinu (*Levidow et al, 2014*).

Analiza veze voda-hrana-energija (*water-food-energy nexus index, WFENI*) treba da bude prvi korak prilikom izvođjenja analize u cilju donoŐjenja odluka prilikom izbora pravca razvoja i nacionalnih strategija. Ovaj indeks sagledava problematiku sa viŐe aspekata. Odnos voda-potroŐnja energije uključuje analizu energije ljudskog rada, maŐina, dizel goriva, đubriiva, pesticida i ostalih inputa inputi prilikom navođnjavanja. Takođe se analizira uticaj: potroŐnje vode, potroŐnje energije, masena produktivnost vode, masena produktivnost energije, ekonomska produktivnost vode i ekonomska produktivnost energije (*El-Gafy, 2017*).

Primer dobro reŐenog sistema za snabdevanje sa vodom

Sinistra Ofanto sistem za navođnjavanje je među najvećim navođnjavanim pođručjima u Italiji. Nalazi se u jugoistoćnoj provinciji Foggia u regionu Apulija. Skoro 18,5% poljoprivredne povrŐine Apulija je pođ navođnjavanjem; zbog toga vrednost proizvodnje na navođnjavanim parcelama iznosi 69% od ukupne vrednosti regionalne poljoprivredne proizvodnje, (*Fabiani, 2010*). Ovu oblast karakteriŐe veliki broj malih poljoprivrednih proizvođaća sa intenzivnom, trţiŐno orijentisanom proizvodnjom. Najzastupljeniji usevi su vinogradi, masline, povrće i voćnjaci (poređani naizmenično). Peko-klimatski uslovi su povoljni za intenzivno uzgajanje, ali profitabilno uzgajanje u velikoj mjeri zavisi od navođnjavanja, usled niske kolićine padavina i nejednake distribucije u toku godine.

Sistem *Sinistra Ofanto* sluţi za navođnjavanje 38 815 ha i pokriva dodatnih 28 165 ha. Sistem preusmerava vodu iz reke Ofanto i transportuje poljoprivrednim proizvođaćima gravitacijom ili prinudno (pumpanjem) obezbeđujući pritisak od najmanje 2 bar na svakom hidrantu. Sistem ima glavni rezervoar *Capacciotti rezervoar*, koji snabdeva vodom sedam rezervoara za skladiŐtenje i kompenzaciju. Rezervoari i transportni kanali su betonirani. Ukupni gubici u sistemu prenosa su u granicama od 5-10% od ukupne kolićine zahvaćene vode iz reke. Sistem za snabdevanje sa vodom je izgradila država preko fondova EU.

Nepofitna agencija, zaduţena je za sve korake u lacu snabdevanja poljoprivrede vodom, tj. crpljenjem, transportom, skladiŐtenjem, distribucijom i finalnom isporukom vode poljoprivrednim proizvođaćima. TroŐkove rada agencije plaćaju poljoprivredni proizvođaći preko naknade za preuzetu vodu. Distributivna mreţa je izvedena pomoću PVC ukopanih cevi koje se zavrŐavaju hidrantima koji su opremljeni elektromehanićkim uređajima za merenje protoka vode u taćno određenom vremenskom periodu. TroŐkovi vode variraju u zavisnosti od kolićina preuzete vode i u kom trenutku je voda preuzeta, (kad je suŐni period, cena vode raste).

Iz tog razloga kad je nastaŐica vode pojedini farmeri su prinuđeni da crpe pođzemnu vodu, i ako je to utiće izuzetno nepovoljno na oćuvanje ţivotne sredine. Ne mogu se poljoprivredni proizvođaći kriviti za koriŐćenje pođzemnih voda, već problem treba reŐavati pravljenjem rezervi vode i pravljenjem odgovarajućeg rasporeda navođnjavanja (svaki poljoprivredni proizvođać unapred zna kad i koliko vode moţe da koristi).

Potencijalni faktori zagađenja životne sredine usled navodnjavanja

Opšte je poznato da nepravilnim izborom metode i norme navodnjavanja, koji nije u skladu sa mehaničkim sastavom zemljišta i nivoom podzemne vode dolazi do izrazite degradacije zemljišta, smanjenja sadržaja organske materije u zemljištu i do zaslanižavanja zemljišta. S druge strane pravilnim pristupom navodnjavanju usled višedecenijske primene nije došlo do vidljivih promena.

Približno 90% otpadnih voda proizvedenih u Izraelu se ponovo koristi što pokriva oko 25% ukupnih potreba za vodom. Španija reciklira 20% otpadnih voda, čime zauzima drugo mesto u ponovnom korišćenju vode, dok se u USA trenutno reciklira samo 1% otpadne vode (<https://www.fluencecorp.com/israel-leads-world-in-water-recycling/>).

Da bi se smanjili troškovi transporta reciklirane vode ona treba da se koristi na mestu njenog recikliranja, što predstavlja dodatnu garanciju kvaliteta njenog recikliranja. I desalinizacija morske vode se nameće kao potencijalno rešenje.

Korišćenjem podzemnih voda opada nivo podzemne vode, a u regionima bliskim morskoj obali dolazi do prodora slane vode, čime se izazivaju enormne nepopravljive štete.

Veliki ekološki problem predstavlja veliko korišćenje plastičnih materijala u poljoprivredi. Polietilen (*PE*) kao glavni materijal od kojeg se proizvode kapajuće trake i tvrde cevi za navodnjavanje, ali i plasični filmovi i folije za nastiranje zemljišta, kao i agrotekstil (*polipropilen PP*) koji se koristi za pokrivanje biljaka predstavljaju materijal visoke energetske vrednosti približno ulju za loženje (*Garthe, 2004; Lamont, 2005*). Međutim većina postrojenja za spaljivanje nije predviđena za spaljivanje prljavog plasičnog materijala. Visoka efikasnost spaljivanja se postiže na temperaturama 1000-1200°C ili višim temperaturama uz postizanje potpunog sagorevanja uz minimalnu emisiju štetnih produkata sagorevanja (*Kasirajan and Ngouajio, 2012*). Međutim izuzetno su visoka investicija ulaganja pri proizvodnji ovakvih postrojenja za spaljivanje. Plastični materijali koji sadrže više od 5% masenih nečistoće nisu pogodni za recikliranje. Zadatak korisnika kapajućih traka je da ih nakon korišćenja sakupe. U USA društveno odgovorni proizvođači ponovo preuzimaju korićene trake i recikliraju ih pri čemu se proizvode plasične smole pogodne za korišćenje u rudarstvu, pejzažnoj arhitekturi ili za pravljenje boks paleta. (www.netafimusa.com).

Kod nas najveće količine kapajućih traka se koriste u proizvodnji povrća. Pojedini proizvođači imaju površine pod navodnjavanjem kapañem na površini većoj od 100 ha. Iz tog razloga je pojednostavljeno organizovati mehanizovano sakupljanje i transport kapajućih traka, koje se recirkuliraju u regranulate, i u zavisnosti od njihovih osobina određuje se mesto njihove ponovne primene. U Republici Srbiji zadnje dve godine je velika ekspanzija povećanja površina i krišćenje jednogodišnje kapajuće trake, koja je izuzetno povoljna za korišćenje u povrtarskoj proizvodnji, ali ostaju veliko količine otpadnog materijala (tab.1).

Tab. 2. Količina prodane kapajuće trake u R. Srbiji i A.P. Vojvodini

Tab. 2 The quantity of drip tapes sold in R. Serbia and A.P. Vojvodina

	Godina Year	Dužina (Mm) Length (Mm)	Masa (tona) Mass (tons)
R. Srbija	2016	60	600
	2017	85	850
A.P. Vojvodina	2016	40	400
	2017	57	570

Procena je da se reciklira oko 25% od ukupnih količina kapajuće trake, a treba intenzivirati napore da se te količine povećaju bar na 65%. Jedno od rešenja bi bilo uslovljavanje dobijanja subvencije potvrdom da je iskorišćena kapajuća traka preda na reciklažu, ili da se proizvođači i prodavci kapajuće trake obavežu da će preuzeti iskorišćenu kapajuću traku. Isti ekološki zahtevi se postavljaju i za ostale plastične materijale korišćene u poljoprivrednoj proizvodnji (folije i filmovi za nastiranje zemljišta, folije za pokrivanje plastenika, agrotekstil za pokrivanje biljaka ...).

Metode navodnjavanja

Podela metoda navodnjavanja (<http://www.fao.org/docrep/S8684E/s8684e00.htm>):

- površinsko,
- veštačka kiša i
- navodnjavanje kapanjem (površinsko i podzemno ili subirigacija).

Površinsko navodnjavanje je najstariji način navodnjavanja i tehnički najmanje zahtevan, uz najvišu potrošnju vode i najnepravilniji raspored vode po površini. Površinsko navodnjavanje može da se izvodi brazdama, prelivanjem i potapanjem (Vučić, 1976)

Navodnjavanje veštačkom kišom je način navodnjavanja najpribližniji prirodnim padavinama. Kapi vode željenog prečnika se dobijaju pomoću rasprskivača. Tehnički, sistem za navodnjavanje veštačkom kišom može da bude: stacionaran, prenosan i pokretan. Pokretni sistemi mogu da budu izvedeni kao: samohodno kišno krilo, samohodni sektorski uređaj "tifon" i samohodni automatski širokozahvatni uređaj sa kružnim "center pivot" i linearnim "linear" kretanjem.

Sl. 1. Samohodni automatski širokozahvatni uređaj sa kružnim "center pivot" kretanjem

Sl. 2. Samohodni automatski širokozahvatni uređaj sa linearnim "linear" kretanjem

Navodnjavanje kapanjem predstavlja usmereno dovođenje vode prema biljci koja se navodnjava, i karakteriše ga značajno viša efikasnost korišćenja vode (WUE) i do 30% u odnosu na navodnjavanje veštačkom kišom (Tsakmakis et al, 2017).

Ujednačenost aplikacije vode po površini i efikasnost korišćenja vode je različita za različite metode navodnjavanja (Irmak et al, 2011). Mikronavodnjavanje može potencijalno da dostigne ujednačenost aplikacije do 90%. Na farmama se postiže ujednačenost aplikacije u granicama 0,7 do 0,95, (Howell, 2003), a razlozi mogu biti neodgovarajuće održavanje, nizak ulazni pritisak ili promenljivi pritisak, začepljenje kapljača, neodgovarajući projekat sistema, ... (Hsiao et al., 2007).

Precizno navodnjavanje (PI) i određivanje rasporeda navodnjavanja (IS)

Precizno navodnjavanje (PI) je deo koncepta precizne poljoprivrede uveden devedesetih godina (McBratnei et al, 2005), koji ima potencijal da obezbedi održivo korišćenje vode u poljoprivredi, kako pod sadašnjim klimatskim uslovima, tako i u budućnosti. PI je definisano kao "tačna i precizna primena vode koja odgovara specifičnim zahtevima pojedinih biljaka ili upravljanih jedinica (površina) i minimizira negativne uticaje na životnu sredinu" (Raine et al, 2007). PI predstavlja "primena tačno određene količine vode na odgovarajućoj površini u pravom trenutku, sa ujednačenim rasporedom na celoj površini" (Camp et al, 2006), ili kao što je nedavno navedeno " PI uzima u obzir prostornu nehomogenost i varijabilnost" (Sadler et al, 2005). Pri tome, PI dovodi do povećanja prinosa, povećava efikasnost korišćenja vode, čime u isto vreme smanjuje troškove energije za navodnjavanje (Shah and Das 2012).

Primena PI zahteva kombinovano korišćenje postojećih alata (modeli, sistema za praćenje na licu mesta, daljinsko merenje i upravljanje, itd), što sa sigurnošću dovodi do razvoja planiranja (rasporeda) navodnjavanja (*Irrigation Scheduling IS*), tj. vremenskog

plana budućih izvođenja navodnjavanja, zasnovanih na predviđanim meteorološkim uslovima i trenutnim potrebama biljaka i stanja zemljišta.

Navodnjavanje kap po kap je u ovom trenutku komercijalno najviše korišćeni sistem *PI*, (ima mogućnost primene tačno određene količine vode u tačno određenom trenutku), ali razvijeni su noviji precizni i složeni sistemi, koji posebno daju akcenat na prostorno nehomogenu distribuciju vode (*Buchleiter et al, 2000*). Na samohodne automatske širokozahvatne uređaje, montiraju se uređaji za praćenje položaja i daljinsko uključivanje i isključivanje pojedinih sekcija, ili čak pojedinih rasprskivača. U tom slučaju svaki od rasprskivača komunicira sa kontrolno-upravljačkom jedinicom preko wi-fi mreže.

S druge strane, određivanje vremena navodnjavanja (*IS*) se uglavnom bazira na metodama vezanim za "sadržaj vode u zemljištu" ili "metodama zasnovanim na biljci" (*Jones, 2004*). Što se tiče prve kategorije, planiranje momenta navodnjavanja zasniva se na vlažnosti zemljišta. Kada vlažnost zemljišta dostigne određenu minimalnu vrednost, pristupa se navodnjavanju. Sa druge strane, metode zasnovane na parametrima biljaka uzimaju u obzir činjenicu da mnoge fiziološke karakteristike biljaka (stomatalna provodljivost, protok biljnih sokova, sadržaj vode u biljci) u mnogo većoj mjeri zavise od promena "statusa vode u biljnim tkivima, u odnosu na sadržaj vode u zemljištu" (*Jones, 2004*).

3. ZAKLJUČAK

U Republici Srbiji navodnjavaju se skromne površine, sa izuzetno visokom potrošnjom podzemne vode. Polazeći od iskustava država kod kojih je navodnjavanje više razvijeno, mora se pravilno utvrditi strategija racionalnog korišćenja postojećih vodnih resursa i izgraditi infrastrukturu za njeno efikasno dovođenje do potrošača. Prilikom izbora optimalnog metoda navodnjavanja treba uzeti u obzir potencijalne faktore zagađenja životne sredine usled navodnjavanja. Za dostizanje potrebne efikasnosti sistema navodnjavanje potrebno je da on bude zasnovan na principima precizne poljoprivrede uz korišćenje preciznog navodnjavanja (*PI*) i određivanja rasporeda navodnjavanja (*IS*).

4. LITERATURA

- [1] Buchleiter G, Camp C, Evans R, King B. 2000. Technologies for variable water application with sprinklers. In: National irrigation symposium: proceedings of the 4th Decennial Symposium: November 14–16, Phoenix, Arizona/edited by Robert G. Evans, Brian L. Benham, Todd P. Trooien, 2000. American Society of Agricultural Engineers, pp 316–321.
- [2] Camp C, Sadler E, Evans R. 2006. Precision Water Management: Current Realities, Possibilities and Trends. In: Srinivasan A (ed) Handbook of Precision Agriculture. Food Products Press, Binghamton.
- [3] EIO, 2011. Water Innovation: How Eco-innovation can contribute to the Sustainability of Europe's Water Resources. Eco Innovation Observatory.
- [4] El-Gafy I. 2017. Water–food–energy nexus index: analysis of water–energy–food nexus of crop's production system applying the indicators approach.
- [5] Fabiani S. (ed.) 2010. Aspetti economici dell'agricoltura irrigua in Puglia. Istituto Nazionale di Economia Agraria (INEA).
- [6] Garrote L, Iglesias A, Granados A, Mediero L, Martin-Carrasco F. 2015. Quantitative assessment of climate change vulnerability of irrigation demands in Mediterranean Europe. *Water Resour Manag* 29:325–338.
- [7] Garthe J. 2004. Managing used agricultural plastics. In: Lamont W (ed) Production of vegetables, strawberries, and cut flowers using plasticulture. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES), Ithaca.
- [8] Howell TA. 2003. Irrigation efficiency. In: Encyclopedia of Water Science,
- [9] Irmak S, Odhiambo, L.O, Kranz, W.L, Eisenhauer D.E. 2011. Irrigation Efficiency and Uniformity, and Crop Water Use Efficiency, Lincoln, NB: University of Nebraska–Lincoln Extension, <http://extension.unl.edu/publications>.
- [10] Jones HG. 2004. Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *J Exp Bot* 55:2427–2436.
- [11] Kreins P, Henseler M, Anter J, Herrmann F, Wendland F. 2015. Quantification of climate change impact on regional agricultural irrigation and groundwater demand. *Water Resour Manag* 29:3585–3600.
- [12] Lamont WJ. 2005. Plastics: modifying the microclimate for the production of vegetable crops. *HortTechnology* 15:477–481.
- [13] Levidow L, Zaccaria D, Maia R, Vivas E, Todorovic M, Scardigno A. 2014. Improving water-efficient irrigation: Prospects and difficulties of innovative practices. *Agricultural Water Management* 146 (2014) 84–94.
- [14] Miller A. 2007. Environmentally Sustainable Agri-Food Production. Environmental Sustainability Knowledge Transfer Network (ESKTN).
- [15] McBratney A, Whelan B, Ancev T, Bouma J (2005) Future directions of precision agriculture. *Precision Agriculture* 6:7–23.
- [16] Pereira LS, Cordery I, Iacovides I. 2012. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. *Agric. Water Manage.* 108, 39–51.
- [17] Popis poljoprivrede, 2012.

- [18] Raine SR, Meyer WS, Rassam DW, Hutson JL, Cook FJ. 2007. Soil–water and solute movement under precision irrigation: knowledge gaps for managing sustainable root zones. *Irrig Sci* 26:91–100.
- [19] Sadler EJ, Evans RG, Stone KC, Camp CR. 2005. Opportunities for conservation with precision irrigation. *J Soil Water Conserv* 60:371–378
- [20] Salvador R, Martínez-Cob A, Caverro J, Playán E, 2011. Seasonal on-farm irrigation performance in the Ebro basin (Spain): crops and irrigation systems. *Agric. Water Manage*, 98, 577–587.
- [21] Sando R, Caldwell RR, Blasch WK. 2017. Using Remote Sensing to Characterize and Compare Evapotranspiration from Different Irrigation Regimes in the Smith River watershed of Central Montana. *Irrigat Drainage Sys Eng* 2017, 6:2
- [22] Shah N, Das I. 2012. Precision irrigation sensor network based irrigation NTECH open access Publisher. India, ISBN 1304633594:217–232
- [23] Sinclair TR, Tanner CB, Bennett JM, 1984. Water-use efficiency in crop production. *BioScience* 34 (1), 36–40.
- [24] Steduto P. 2007. On the conservative behaviour of biomass water productivity. *Irrig.Sci.* 25 (3), 189–207.
- [25] Kasirajan S, Ngouajio M. 2012. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review. *Agron. Sustain. Dev.* (2012) 32:501–529
- [26] Tsakmakis et al, 2017. Operational Precise Irrigation for Cotton Cultivation through the Coupling of Meteorological and Crop Growth Models. *Water Resour Manage*, 31:563–580
- [27] <https://www.fluencecorp.com/israel-leads-world-in-water-recycling/>
- [28] www.netafimusa.com
- [29] <http://www.fao.org/docrep/S8684E/s8684e00.htm>

IRRIGATION STATE AND DEVELOPEMENT DIRECTION AT GLOBAL AND LOCAL LEVEL

Ponjičan O, Bugarin R, Sedlar A, Turan J, Višacki V, Stanić N.

University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Engineering, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad

e-mail: ondrej.ponjican@polj.uns.ac.rs

SUMMARY

In the Republic of Serbia, about 3% of the utilised areas are irrigated, with an extremely high and unfavourable structure of groundwater use of 52%. Groundwater is a limited resource. It is estimated that agriculture takes about 70% of fresh water, and it shows the strong dependence agriculture on the water availability. Climate change would exert additional pressure on water resources and the water consumption would increase 70-90% by 2050. In process of optimal irrigation method selection, potential environmental pollution factors due to irrigation should be considered. In order to achieve the necessary efficiency of the irrigation system it needs to be based on the principles of precision agriculture using precise irrigation (PI) and designation of irrigation schedule (IS). Parameters such as Water Use Efficiency (WUE) and Water Productivity (WP) are commonly used to assess irrigation methods.

Key words: irrigation methods, environmental protection, water resources, precision agriculture, precise irrigation, irrigation schedule

Napomena: rad je nastao kao rezultat istraživanja na projektu TR31046, „Unapređenje kvaliteta traktora i mobilnih sistema u cilju povećanja konkurentnosti, očuvanja zemljišta i životne sredine“, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Primljeno: 20. 12. 2017. god.

Prihvaćeno: 27. 12. 2017. god.