

METODOLOGIJA POPRAVKE POKAZATELJA UČINKA RADA DRENAŽNIH SISTEMA

Mile BOŽIĆ

Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd

REZIME

U ovom radu su sagledane neodređenosti odabranih pokazatelja efikasnosti drenažnih sistema. Analizirana je mogućnost popravke najznačajnijih pokazatelja učinka drenažnog sistema u Pančevačkom ritu. Odabrani pokazatelji su padavine (prostorna distribucija), količina prepumpane vode, i ekonomski pokazatelj je analiza osetljivosti investicije, čiji je cilj definisanje promena dohotka od investicionog projekta pri izmeni početnih uslova (prekoračenje investicija, povećanje troškova funkcionisanja i smanjenje prihoda od usluga). Rezultati analize neodređenosti suma mesečnih padavina ukazuju na to da je prosečna suma godišnjih padavina na meteorološkoj stanici Beograd za 16% veća u odnosu na reprezentativno područje „Beljarica“. Merenja na crpnoj stanici „Borča–Nova“ ukazuju da količine prepumpane vode mogu da variraju čak do 40%, što čini da određivanje količine prepumpane vode na osnovu časova rada pumpi i njihovog nominalnog kapaciteta nosi značajnu neodređenost. Analiza ekonomskih efekata kompleksnog uređenja režima voda na području ukazuje da naknade za odvodnjavanje treba povećati (3,75-4,5 puta) u odnosu na sadašnje iznose u cilju održivog upravljanja, odnosno da je konačna realizacija projekta nešto osetljiviji na smanjenje neto primanja, u odnosu na povećanje investicija.

Ključne reči: kompleksni drenažni sistemi, Pančevački rit, neodređenost pokazatelja efikasnosti, procena učinka

1. UVOD

Svrha procena učinka je da se oceni funkcionisanje sistema u odnosu na postavljene standarde, kao i da se predloži i metodologija, prvo za smanjenje neodređenosti pokazatelja učinka, a zatim i njihovo poboljšanje. U cilju postizanja visokog stepena preciznosti ili pouzdanosti u procenama učinka,

neophodno je korišćenje određenog broja pokazatelja kako bi se dostigao adekvatan nivo u objašnjenju nastalih promena. Drugim rečima: kako bismo preciznije objasnili promene u prinosima, potreban je veći broj određenih pokazatelja. Ukoliko se postavlja pitanje zbog čega se određeni kriterijum menja, najčešće neće biti dostupni svi podaci i stoga je neophodno da se kvalitativno ukaže na preciznost ili pouzdanost procena učinka prilikom objašnjavanja promene.

U ovom radu ocena učinka je usmerena na definisanje i proračun učinaka drenažnih sistema na poljoprivrednim područjima, zajedno sa metodologijom koja obuhvata dve grupe mera. Prva grupa obuhvata mere smanjenja neodređenosti pokazatelja drenažnih sistema, a druga mere vezane za ekonomski i socijalno opravdano poboljšanje samih vrednosti pokazatelja.

1.1 Neodređenost u analizama i projektovanju hidrotehničkih sistema

Rizici i neodređenosti koje se javljaju već pri projektovanju hidrotehničkih sistema su brojni. Neodređenost bi jednostavno mogla biti definisana kao pojava događaja koji su izvan kontrole. Neodređenost kod hidrotehničkih sistema je karakteristika koja nije deterministička i koja je izvan rigidne kontrole. Neodređenosti u oblasti projektovanja hidrotehničkih sistema mogu biti podeljene u sledeće osnovne grupe: hidrološke, hidrauličke, strukturne i ekonomske (Mays i Tung, 1992). Hidrološka neodređenost može biti klasifikovana kao: svojstvene, parametarske i modelske neodređenosti. Pojava hidroloških događaja, kao što su tečenje u rekama ili padavine, mogu se smatrati stohastičkim procesima zbog osmotrene prirodne ili svojstvene slučajnosti. Zbog nedostatka pouzdanih hidroloških informacija o tim procesima, kao što je nedovoljno dug period snimanja i osmatranja, postoji informaciona neodređenost. Te neodređenosti mogu se

pripisati parametarskoj ili modelskoj neodređenosti. Hidraulička neodređenost se odnosi na neodređenost procesa projektovanja i analizi performansi hidrotehničkih objekata. Hidraulička modelska neodređenost se odnosi na primenu pojednostavljenih modela koji dovode do nepouzdanosti projektovanih karakteristika hidrotehničkih objekata. Stukturna neodređenost se odnosi na oštećenja objekata na hidrosistemu usled sopstvenih slabosti objekata. Fizička oštećenja hidrauličkih objekata nekog hidrosistema mogu biti prouzrokovana mnogobrojnim uzrocima kao što su saturacija zemljišta i gubitak stabilnosti objekta, erozija zemljišta u zoni objekata, hidrauličko preopterećenje, itd. Ekonomska neodređenost proističe iz neodređenosti troškova izgradnje objekata hidrosistema, troškova nadoknade oštećenih objekata, projektovanih prihoda, troškova upravljanja i održavanja, inflacije, projektovanog roka trajanja objekata i drugih pokazatelja vezanih za troškove i koristi.

1.2 Neodređenost numeričkih modela

Wu i Zeng (2013) navode kao osnovne uzroke neodređenosti numeričkih modela strujanja podzemnih voda neodređenost ulaznih parametara i neodređenost samog modeliranja. Neodređenost ulaznih parametara podrazumeva heterogenost ulaznih podataka, greške u merenju, interpretaciju rezultata lokalnih merenja i nepoznate granične uslove. Neodređenost ulaznih parametara dovodi do nedostatka poverenja u tumačenja i predviđanja koja su zasnovana na analizi modela, osim ako može dokazati da je model razumno tačna predstava realnog sistema (Konikow, 2000). Neodređenost numeričkog modeliranja dinamike podzemnih voda obuhvata: kalibraciju numeričkog modela, neodređenost strukture modela, neodređenost pri ekstrapolaciji dobijenih rezultata u prostoru i vremenu, i numerička neodređenost kod nelinearnih problema.

Neodređenost ulaznih parametara. Režim podzemnih voda na poljoprivrednim područjima, udaljenim od vodnih tela (prirodni vodotoci, kanali, jezera i akumulacije) zavisi od padavina, infiltracije, evapotranspiracije i dotoka vode iz dubljih arteskkih horizonata. Sa aspekta poljoprivrede, padavine, pored temperature vazduha, predstavljaju najznačajniji klimatski parametar. Padavine predstavljaju veoma bitan deo bilansa voda na poljoprivrednom zemljištu, pa neodređenost u pogledu procene veličine padavina može imati značajan uticaj u analizama potreba za

odvodnjavanjem. Veoma često na poljoprivrednim područjima ne postoje kišomerene stanice, pa se za hidrološke analize moraju koristiti podaci sa meteoroloških stanica najbližih gradova. Rezultati dosadašnjih istraživanja ukazuju da su izmerene padavine na meteorološkoj stanici Beograd veće u odnosu na izmerene padavine u široj i bližoj okolini Beograda. Tako su na primer prosečne sume godišnjih padavina u Beogradu, u periodu od 1965. do 2000. godine, za oko 80 mm veće u odnosu na Sremsku Mitrovicu (Stričević et al., 2005). Poređenje padavina u Boljevcima (ruralno područje na 40 km od Beograda), i u Beogradu ukazuje da su za raspon padavina od 100 do 250 mm mesečno u Beogradu, padavine u Boljevcima su bile od 11% do 15% manje, za isti raspon padavina (Gregorić, 2008).

Ako je režim podzemnih voda pod dominantnim uticajem klimatskih faktora, na oscilacije nivoa podzemnih voda utiče osim padavina i evapotranspiracija. Pouzdani podaci o evapotranspiraciji mogu se dobiti merenjima. Postavljanje lizimetara (uređaja za merenje evapotranspiracije) je prilično skupo i zahtevno, pa se umesto merenja za procenu evapotranspiracije koriste empirijske formule. One su bazirane na ključnim klimatskim faktorima, pa se u najjednostavnijim formulama uzima u obzir samo srednja temperatura vazduha, dok se u složenijim koriste i druge klimatološke podatke. Formula Penman-Monteith (Allen et al., 1998) je postala standard za proračun referentne evapotranspiracije (USDA, 1997). Njena prednost je što je bazirana na bilansu energije, pa se može globalno primenjivati u čitavom svetu i njena primena je proverena na veoma velikom broju različitih tipova lizimetara (Droogers i Allen, 2002). Nedostatak je što zahteva poznavanje većeg broja ulaznih parametara (temperatura, vlažnost vazduha, sunčeva radijacija, brzina vetra). U praksi se za većinu poljoprivrednih lokacija raspolaze samo sa podacima o temperaturi vazduha.

Ključni pokazatelj učinka drenažnih sistema su količine prepumpane vode u najbliži recipijent, koje se u Srbiji određuju na osnovu časova rada pumpi i njihovog nominalnog kapaciteta. Kod crpne stanice Galovica, koja se nalazi na obali Save u blizini Beograda, nivoi vode u crpnom basenu variraju u veoma uskom dijapazonu od 70,60 mnm do 71,20 mnm (Gregorić, 2008). Međutim, nivoi vode u Savi variraju u značajnom dijapazonu, dostižući maksimalnu vrednost od 75,69 mnm. Dakle, nelogično je da se količine prepumpane

vode određuju preko časova rada crpki i njihovog nominalnog kapaciteta ne uzimajući u obzir visinsku razliku nivoa u crpnim basenima i u recipijentima. Neodređenosti količina prepumpane vode se mogu smanjiti samo detaljnim merenjima hidrauličkih karakteristika crpki u crpnim stanicama, za različite nivoe vode u crpnim basenima i nivoe vode u recipijentima.

Neodređenosti numeričkog modeliranja dinamike podzemnih voda. Poznavanje režima podzemnih voda, u različitim prirodnim uslovima, predstavlja osnov za izbor i primenu tehnički ispravnih i ekonomskih opravdanih rešenja u oblasti upravljanja režimom podzemnih voda. Danas se definisanje režima podzemnih voda ne može ni zamisliti bez numeričkog modeliranja dinamike podzemnih voda. Zadatak matematičkih modela je da kroz seriju hidrodinamičkih proračuna simuliraju uslove režima podzemnih voda, kako u prirodnim uslovima, tako i u uslovima primene raznih tehničkih mera. Pri primeni numeričkih modela za simuliranje dinamike podzemnih voda, ma kako sofisticirani oni bili, uvek postoji neki stepen neodređenosti u pogledu sposobnosti modela da verno prikažu i prognoziraju složenu dinamiku kretanja podzemnih voda. Neizvesnost izlaznih rezultata numeričkih modela može poticati od neodređenosti konceptualnih modela, ulaznih parametara i sposobnosti modela da efikasno simuliraju prirodne uslove (Pohll et al., 2002). Dakle, sugerise se da se prilikom korišćenja numeričkih modela za simulaciju kretanja podzemnih voda moraju obavezno uključiti i analize neodređenosti ulaznih parametara.

Neizvesnost i neodređenost funkcionisanja drenažnih sistema na poljoprivrednim područjima u Srbiji u uslovima budućih klimatskih promena. Većina drenažnih sistema u Srbiji je projektovana u skladu sa klimatskim i hidrološkim karakteristikama u dvadesetom veku. Međutim, savremena istraživanja ukazuju da su klimatske promene evidentne širom sveta. Promene u učestalosti i intenzitetu ekstremnih klimatskih događaja je još jedna od karakteristika buduće klime. Na području Srbije se poslednjih godina naizmenično javljaju ekstremni klimatski događaji poput jakih suša (2000., 2002., 2003., 2007., 2012.) i poplava (2006., 2014.). Primeri ranjivosti našeg društva na ekstremne vremenske pojave iz bliske prošlosti, ukazuju na relevantnost informacije o izmenjenim klimatskim uslovima i mogućim daljim promenama, posebno zbog pripreme strateških i planskih dokumenata, kako bi rizici

od negativnih uticaja bili svedeni na minimum (Đurđević et al., 2015).

U pogledu problema odvodnjavanja poljoprivrednih površina u Srbiji jedno od ključnih pitanja je da li su postojeći sistemi dovoljni, predimenzionisani, ili je potrebno graditi nove sisteme za odvodnjavanje poljoprivrednih površina. Pozitivne anomalije padavina u prolećnoj i zimskoj sezoni (Đurđević et al., 2015) ukazuju da će problem odvodnjavanja poljoprivrednih površina u Srbiji biti veoma prisutan i u uslovima klimatskih promena koje se očekuju u ovom veku.

2. MATERIJAL I METODE

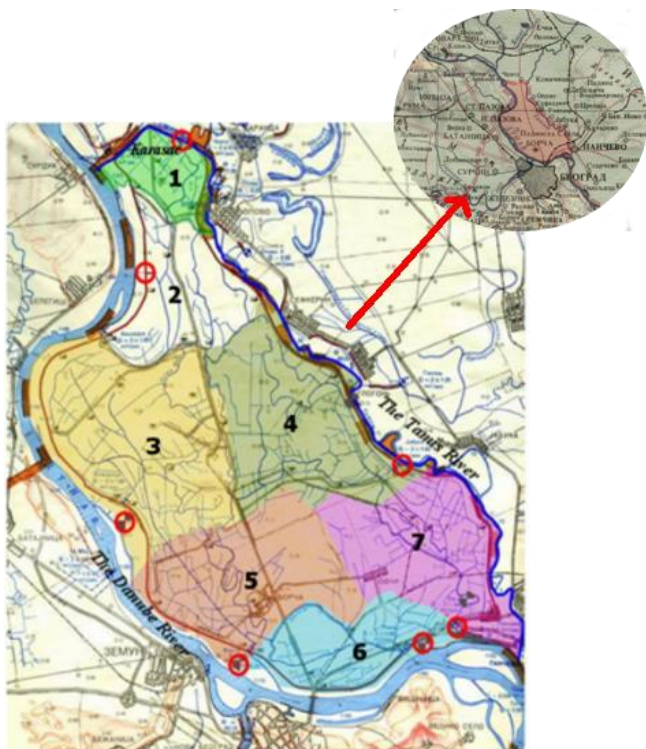
2.1 Ogledno područje Pančevački rit

Pančevački rit, ukupne površine 33.820 ha, predstavlja aluvijalnu ravan Dunava i Tamiša, okruženu odbrambenim nasipima pored vodotoka Dunava, Tamiša i Karašca. Nakon izgradnje HEPS „Đerdap I“, značajan deo površina je postao ugrožen visokim nivoima podzemnih voda, mada je celo područje bilo ugroženo štetnim delovanjem vode i pre izgradnje hidroelektrane. U cilju odvođenja suvišnih voda, čitavo područje Rita je kanalskom mrežom podeljeno na 7 slivova, koji nose nazive crpnih stanica kojima se voda izbacuje sa područja (Slika 1).

Ukupna dužina svih nasipa iznosi oko 90 km, a kanalske mreže 816 km, što čini gustinu kanalsanosti od oko 25,0 m/ha. Na slivnom području crpnih stanica Borča, Beljarica, Belanoš, Jabuka i Čenta – nova izvedena je i horizontalna cevna drenaža na ukupnoj površini od 6.140 ha. Evakuacija suvišnih voda se ostvaruje preko 7 crpnih stanica ukupnog instalisanog kapaciteta 35,8 m³/s. Sve navedeno ukazuje na kompleksnost izgrađenog sistema na ovom području, mada je njegova efikasnost ponekad nedovoljna.

Osnova za proračune bile su serije mesečnih suma padavina u širem regionu Pančevačkog rita i to na sledećim padavinskim stanicama: Sakule, Kovačica, Crepaja, Pančevo, Borča, Batajnica, Stara Pazova, Besni Fok i Beograd. Period obrade je 1946.–2014. god. S obzirom da se učinak drenažnog sistema u Pančevačkom ritu ispitivao na osnovu rezultata dve vrste modelskih istraživanja (numeričko modeliranje dinamike podzemnih voda i dinamička višekriterijumska analiza pokazatelja efikasnosti drenažnog sistema), u ovom radu je prikazana metodologija popravke ulaznih veličina i

veličina za kalibraciju numeričkog modela, kao i mera vezanih za ekonomsko poboljšanje samih vrednosti pokazatelja.



Slika 1. Položaj Pančevačkog rita sa obeleženim slivnim područjima crpnih stanica

2.2 Metodologija za popravljanje hidrološke neodređenosti mesečnih suma padavina

Istraživanja koja se sprovode u Pančevačkom ritu zahtevaju poznavanje serija mesečnih suma padavina na pojedinim lokalitetima gde se ova vrsta meteoroloških osmatranja sistematski ne vrši. Zbog toga je neophodno da se postojeći podaci, koji se osmatraju na zvaničnim padavinskim stanicama RHMZ Srbije prostorno interpoluju na željenoj lokaciji. U tu svrhu korišćen je matematički model VNC, koji je za ove svrhe razvijen u Institutu za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ (Prohaska, 2006). Suština metode sastoji se u uspostavljanju prostornih korelacionih zavisnosti na osnovu postojećih podataka osmatranja u širem regionu i da se, zatim, korišćenjem razrađene procedure ti podaci „prenesu“ unutar razmatranog prostora na lokalitete gde se oni ne osmatraju.

2.3 Metodologija za popravljanje neodređenosti prepumpanih količina vode u crpnim stanicama

Crpne stanice su objekti od ključnog značaja za uređenje i upravljanje režimom podzemnih voda na poljoprivrednim područjima. Na osnovu detaljnih hidrološko-hidrauličkih analiza u projektnoj dokumentaciji za uređenje voda poljoprivrednog područja definiše se režim rada crpnih stanica, koji je u direktnoj vezi sa režimom i efektima rada drenažnih objekata (drenažni kanali, bunari, ustave, sifoni i dr.).

Količine prepumpane vode najčešće se određuju na osnovu časova rada pumpi i njihovog nominalnog kapaciteta. U cilju smanjenja neodređenosti količine prepumpane vode, odnosno utvrđivanja stvarnog kapaciteta neophodno je izvršiti merenja kapaciteta pojedinačnih agregata i crpnih stanica u celini, i to u celokupnom opsegu rada, prema hidrauličkim uslovima koji važe u toku merenja. Kod definisanja kapaciteta crpnih stanica, za svaki agregat potrebno je izmeriti vrednosti sledećih parametara:

- proticaj evakuisane (drenirane) vode, odnosno odrediti zavisnost $Q(t)$ za vreme merenja (merenja proticaja sprovoditi u celokupnom opsegu rada agregata, koji se može ostvariti u hidrološkim uslovima tokom merenja);
- zavisnost $Q(H)$ realizovati merenjem proticaja i pritiska na potisu svakog agregata (u cilju proširenja opsega rada, regulacionim zatvaračem podešavati različite stepene otvorenosti);
- proticaj spregnutog rada agregata (zavisnosti $Q(t)$ na zajedničkom cevovodu);
- električnu snagu agregata u celokupnom opsegu rada (koji se ostvaruju u hidrološkim uslovima tokom merenja); i
- promene nivoa vode u crpilištu $Z(t)$ tokom merenja.

Za utvrđivanje kapaciteta crpne stanice u Pančevačkom ritu, odabrana je crpna stanica „Borča-Nova“. Merenja je realizovao Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Zavod za hidrauliku, 2006. godine. U crpnoj stanici se nalaze 2 vertikalne propelerne pumpe, nominalnog proticaja od $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$, snage 200 kW i 730 obrt/min. Crpna stanica je projektovana za automatski rad, koji je diktiran nivoima u crpilištu. Uključenje i isključenje se obavlja preko mernih sondi. Svaka pumpa ima svoj nezavisan dovod vode. Za režim rada crpne stanice predviđen je radni maksimum na koti 68,60 mm, a radni minimum na koti 69,00 mm. Da bi se obezbedilo ravnomerno opterećenje obe crpke, projektovano je

ciklično uključivanje agregata, koji su snabdeveni meraćem časova rada. Na crpnoj stanici postoje dva potisna cevovoda prečnika F800, koji se spajaju u jedan zajednički F1200.

Merenja proticaja CS „Borča-Nova“ su sprovedena na zajedničkom cevovodu, ultrazvučnom metodom. Dve identične ultrazvučne sonde montirane su na suprotnim stranama cevi, naizmenično emituju i primaju signal. Prateća elektronika se koristi za merenje razlike vremena putovanja u ta dva pravca i njihovog proizvoda. Na osnovu tih podataka dobija se signal proporcionalan sa protokom vode u cevovodu. Osnovna pretpostavka za tačno merenje meraćem je da se duž cevi ostvari uniformno tečenje.

2.4 Analiza osetljivosti kod drenažnih sistema

Analiza osetljivosti je tehnika koja nam pokazuje koliko će se neki izlazni parametar (npr. drenažna efikasnost) promeniti zbog promene neke neizvesne ulazne komponente (poput klimatskih faktora), a da ostali parametri sistema koji se posmatra ostanu nepromenjeni. Ova tehnika služi i za preispitivanje odluka da bi se utvrdilo u kojoj meri se može tolerisati netačnost pretpostavki na kojima odluka počiva. Primena analize osetljivosti ima nekoliko faza: definisanje kritičnih ulaznih parametara, određivanje intervala mogućeg kretanja vrednosti kritičnih parametara, određivanje verovatnih vrednosti kritičnih parametara i ocena izlaznih veličina uz primenu verovatnih vrednosti kritičnih parametara.

Kod drenažnih sistema, kakav je i Pančevački rit, najčešće se uzima u obzir hidrološki rizik. Međutim, za uspeh ovakvih projekata važne su i druge vrste neizvesnosti koje se često nedovoljno analiziraju, poput ekonomskih, demografskih, socijalnih i neizvesnosti vezanih za zaštitu životne sredine. Kod ekonomskih analiza drenažnih sistema koristi i troškovi se ne mogu precizno odrediti iz više razloga:

- biofizički doprinosi projekta su određeni u veoma širokom intervalu klimatskih sekvenci, kao što su padavine, evapotranspiracija, tokovi;
- često postoje ograničenja kod evidencije podataka kojima se određuje verovatnoća događaja ili trend;
- postoji neizvesnost kod određivanja troškova za svaku fazu projekta zbog varijabilnosti u produktivnosti i nepredvidivosti kod izgradnje i implementacije projekta;

- porast populacije i tražnja za ovom vrstom vodoprivrednih usluga može biti signifikantno promenljiva u vremenu i ne može se pouzdano predvideti.

Zato je od presudnog značaja izvršiti analizu osetljivosti za testiranje kapaciteta dohotka od investicionog projekta, ukoliko se izmene početni uslovi. Parametri na koje se najčešće testiraju projekti ove vrste su prekoračenje investicija, povećanje troškova funkcionisanja, i smanjenje prihoda od usluga. Ovi parametri testiraju se pojedinačno, a poželjno je testiranje njihovog združenog uticaja (najnepovoljnija varijanta).

2.5 Ekonomski efekti

Ekonomski pokazatelji za procenu opravdanosti ulaganja u sistem za odvodnjavanje su presudni pri donošenju odluke o gradnji novih ili rekonstrukciji postojećih drenažnih sistema. Izgradnja drenažnih sistema na poljoprivrednom području zahteva značajna investiciona ulaganja koja zavise od površine sistema, vrste i broja objekata, ostalih pratećih mera i radova. U zavisnosti od veličine sistema i iznosa raspoloživih finansijskih sredstava planirani objekti i radovi izvode se fazno. Zbog toga je značajno utvrditi vreme i redosled izgradnje pojedinih faza.

Stepen tačnosti kod izračunavanja ekonomskih efekata gde je uključeno i otklanjanje ekonomskih šteta koje se izgradnjom sistema otklanjaju je dosta nizak, ali predstavlja neku osnovu za utvrđivanje odnosa u raspodeli troškova funkcionisanja. Utvrđivanje ekonomskih koristi odnosno eliminisanje štete na zemljištima koja treba odvodnjavati vrši se poređenjem dobiti na odvodnjavanom i neodvodnjavanom zemljištu:

$$\Delta UP = UP_2 - UP_1 = \sum f' p' k' - \sum f p k \quad (1)$$

$$\Delta UT = UT_2 - UT_1 \quad (2)$$

$$\Delta D = D_2 - D_1 \quad (3)$$

gde je: UP_2 - ukupan prihod sa poljoprivrednog zemljišta posle odvodnjavanja, UP_1 - ukupan prihod sa poljoprivrednog zemljišta pre odvodnjavanja, f - površina koja se meliorise (ha), p - prinos po jedinici površine (t/ha), k - prodajna cena za jedinicu proizvodnje (€/t), UT_2 - troškovi proizvodnje sa poljoprivrednog zemljišta nakon uvođenja drenažnog sistema, uključujući i troškove funkcionisanja (€), UT_1 - troškovi

proizvodnje sa poljoprivrednog zemljišta pre drenažnog poduhvata (€), D_2 - dobit sa poljoprivrednog zemljišta nakon uvođenja drenažnog sistema (€), D_1 - dobit sa poljoprivrednog zemljišta pre drenažnog poduhvata (€).

Proračun ovih parametara rešava se metodom diferencijalne kalkulacije. Istraživanja ekonomskih pokazatelja efikasnosti drenažnih sistema se sastoje iz tri koraka. U prvom se vrši projektovanje neto-primanja na drenažnom sistemu, koje obuhvata prikupljanje podataka neophodnih za proračun neto-prihoda na poljoprivrednim površinama koje će obuhvatiti drenažni sistem. Zatim se primenom diskontnih metoda vrši proračun pokazatelja ekonomske efikasnosti, s obzirom da kod drenažnih sistema vremenski faktor ima značajnu ulogu:

Neto – sadašnja vrednost (NSW):

$$NSW = \sum_{t=1}^n \frac{B_n - C_n}{(1+i)^n} - INV \quad (4)$$

Interna stopa prinosa (ISP):

$$\sum \frac{B_n}{(1+i)^n} = \sum \frac{C_n}{(1+i)^n} \quad (5)$$

Odnos korist (B) troškovi (C):

$$B/C = \frac{\sum \frac{B_n}{(1+i)^n}}{\sum \frac{C_n}{(1+i)^n}} \quad (6)$$

gde je: B_n - koristi od odvodnjavanja, svake godine (€), C_n - troškovi odvodnjavanja, u svakoj godini (€), INV - početna investiciona ulaganja (€), n - broj godina eksploatacije sistema, i - kamatna (diskontna) stopa (%).

Projektovanje finansijskog toka novca je treći korak, odnosno faza koja sadrži važan finansijski pokazatelj projekta, a to je likvidnost. Bez obzira na ekonomski značaj drenažnih sistema prvenstveno za poljoprivredu, isti treba da budu likvidni u toku eksploatacije. To znači da razlika toka inputa i toka outputa bude pozitivan broj što praktično znači da sistem može ispunjavati svoje dospele tekuće obaveze. Menadžment sistema može da ima uticaja na ovaj pokazatelj, kao i mere ekonomske politike koje se sprovode u poljoprivredi i vodoprivredi.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Predložena metodologija za proračun i popravljavanje pokazatelja učinka drenažnih sistema, tj. relativnih parametara koji čine odabrani pokazatelj, obuhvata i tehničke i ekonomske parametre, odnosno pokazatelje.

3.1 Neodređenost suma padavina za Pančevački rit

Razrađena procedura modela VNC primenjena je za proračun serija mesečnih suma padavina na lokaciji Beljarica (opitna deonica za odvodnjavanje, 1983.) u Pančevačkom ritu. Proračun nelinearnih koeficijenata korelacije između kombinacija navedenih padavinskih stanica urađen je po modelu VNC (Tabela 1). Rezultati proračuna najverovatnijih koeficijenata linearne regresije $\alpha_{0,j}$, zajedno sa sračunatim težinama svake slučajne promenljive $\delta_{0,j}$, prikazani su u Tabeli 2.

Tabela 1. Nelinearni koeficijenti korelacije $r_{j,k}$ između mesečnih suma padavina na širem prostoru P. rita

| Padavinska stanica | Sakule | Kovačica | Crepaja | Pančevo | Borča | Batajnica | Stara Pazova | Besni Fok | Beograd |
|--------------------|--------|----------|---------|---------|-------|-----------|--------------|-----------|---------|
| Sakule | 1 | 0.948 | 0.895 | 0.857 | 0.856 | 0.854 | 0.841 | 0.843 | 0.859 |
| Kovačica | | 1 | 0.915 | 0.872 | 0.872 | 0.867 | 0.840 | 0.859 | 0.875 |
| Crepaja | | | 1 | 0.899 | 0.888 | 0.873 | 0.834 | 0.859 | 0.893 |
| Pančevo | | | | 1 | 0.868 | 0.835 | 0.806 | 0.830 | 0.887 |
| Borča | | | | | 1 | 0.901 | 0.849 | 0.915 | 0.930 |
| Batajnica | | | | | | 1 | 0.910 | 0.896 | 0.901 |
| Stara Pazova | | | | | | | 1 | 0.851 | 0.838 |
| Besni Fok | | | | | | | | 1 | 0.875 |
| Beograd | | | | | | | | | 1 |

Tabela 2. Prikaz najverovatnijih koeficijenata linearne regresije $\alpha_{0,j}$ i težine svake slučajne promenljive $\delta_{0,j}$

| Padavinska stanica | $\alpha_{0,j}$ | $\delta_{0,j}$ |
|--------------------|----------------|----------------|
| Sakule | -0.494 | 0.228 |
| Kovačica | 1.067 | 0.542 |
| Crepaja | 0.137 | 0.066 |
| Pančevo | 0.066 | 0.030 |
| Borča | -0.008 | 0.004 |
| Batajnica | -0.041 | 0.019 |
| Stara Pazova | 0.184 | 0.083 |
| Besni Fok | 0.026 | 0.012 |
| Beograd | 0.036 | 0.016 |

Analitički oblik formirane prostorne korelacione funkcije glasi:

$$r_{j,k} = 0.931 - 0.0024 a_{j,k} \quad (7)$$

sa višestrukim koeficijentom korelacije $R = 0.721$ što se svrstava u kategoriju značajnih korelacionih veza. Relativna ocena srednjih kvadratnih greški osnovnih podataka serija mesečnih suma padavina δ iznosi 0.268 (27%).

Model VNC je iskorišćen za prostornu interpolaciju podataka o mesečnim sumama podataka sa padavinskih stanica u širem regionu Pančevačkog rita na lokaciju Beljarica, gde ne postoje podaci o osmatranjima padavina. Korelacione veze između svih ostalih padavinskih stanica i lokacije Beljarica (Tabela 3) procenjeni su pomoću uspostavljene prostorne korelacione funkcije (7). Rezime proračuna serija mesečnih i godišnjih suma padavina na lokalitetu Beljarice prikazani su Tabeli 4, zajedno sa statističkim parametrima za mesec april i godišnje sume padavina.

Rezultati analize neodređenosti suma mesečnih padavina ukazuju da je prosečna suma godišnjih padavina na meteorološkoj stanici Beograd za 16% veća u odnosu na područje oglednog polja „Beljarica“, dok je prosečna suma padavina u Beogradu u aprilu za 14% veća u odnosu na isto područje. Kada se rezultati modela VNC za područje Pančevačkog rita, lokalitet Beljarica unesu u matematički model tečenja podzemnih voda, dobijeno je da srednja vrednost sumarnih količina prepumpanih voda, za period 1987. - 2014. godine iznosi 1,40 m³/s.

Može se konstatovati da su u hidrodinamičkim proračunima strujanja podzemnih voda u Pančevačkom ritu, korišćeni podaci o padavinama koji su procenjeni.

Tabela 3. Koeficijenti standardizovane korelacije između Beljarice i ostalih padavinskih stanica, $r_{0,j}$

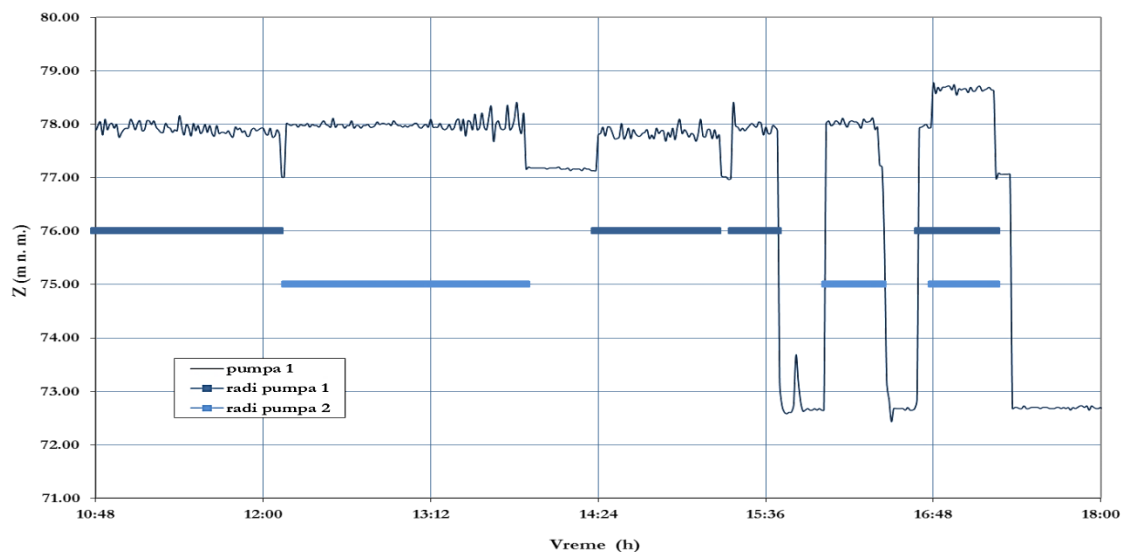
| Padavinska stanica | $r_{0,j}$ |
|--------------------|-----------|
| Sakule | 0.863 |
| Kovačica | 0.858 |
| Crepaja | 0.874 |
| Pančevo | 0.878 |
| Borča | 0.915 |
| Batajnica | 0.910 |
| Stara Pazova | 0.886 |
| Besni Fok | 0.914 |
| Beograd | 0.899 |

Tabela 4. Aprilske i godišnje sume padavina sa statističkim parametrima

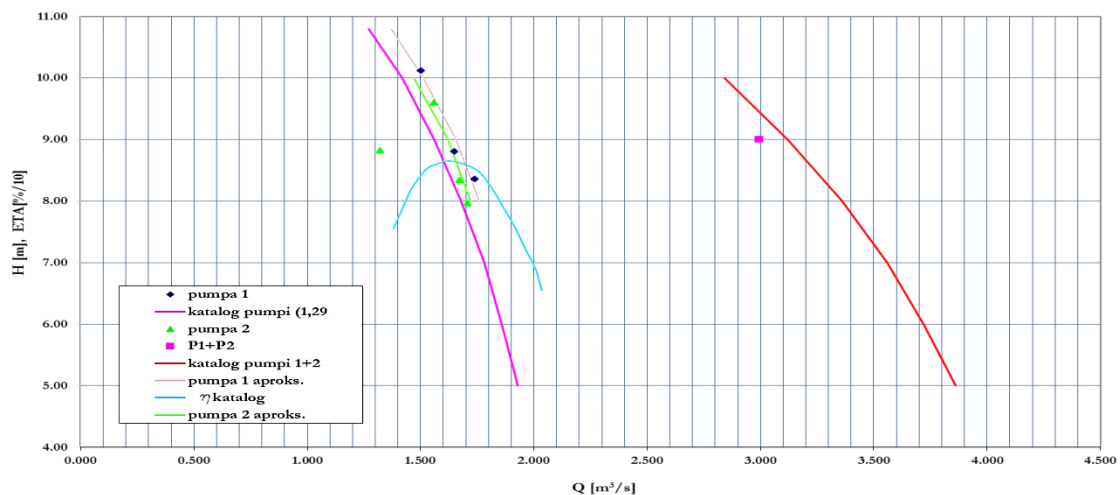
| | Sre | S | Cv | Cs | Min | Max |
|---------------|-------|-------|-----|-----|-------|---------|
| Godišnja suma | | | | | | |
| Beograd | 687,4 | 130,1 | 0,2 | 0,2 | 367,7 | 1.051,2 |
| Beljarica | 593,6 | 113,1 | 0,2 | 0,4 | 343,0 | 864,2 |
| Mesec april | | | | | | |
| Beograd | 56,4 | 24,5 | 0,4 | 1,2 | 19,3 | 157,9 |
| Beljarica | 49,4 | 20,7 | 0,4 | 0,6 | 13,2 | 106,2 |

3.2 Neodređenost prepumpanih količina vode

Dijagram promene pijezometarske kote na potisu pumpe 1, na mernom mestu MM6, sondom za merenje pritiska je prikazan na Grafikonu 1. Izmerene karakteristike obe pumpe su slične (Grafikon 2). Izmerena tačka na pumpi 2 koja znatno odstupa od aproksimativne Q-H krive pumpe 2 je snimljena u trenutku kada je režim rada pumpe bio nepovoljan. Vrednost proticaja na pumpi 1, pri hidrološkim uslovima koji su bili prilikom merenja, uz menjanje lokalnog gubitka na rešetki, je oscilovala od minimalnog proticaja 1436 L/s do maksimalnog proticaja 1796 L/s (Grafikon 3), dok je vrednost proticaja na pumpi 2 oscilovala od minimalnog proticaja 1253 L/s do maksimalnog proticaja 1782 L/s. Proticaj zabeležen pri spregnutom radu obe pumpe iznosi 3085 L/s.



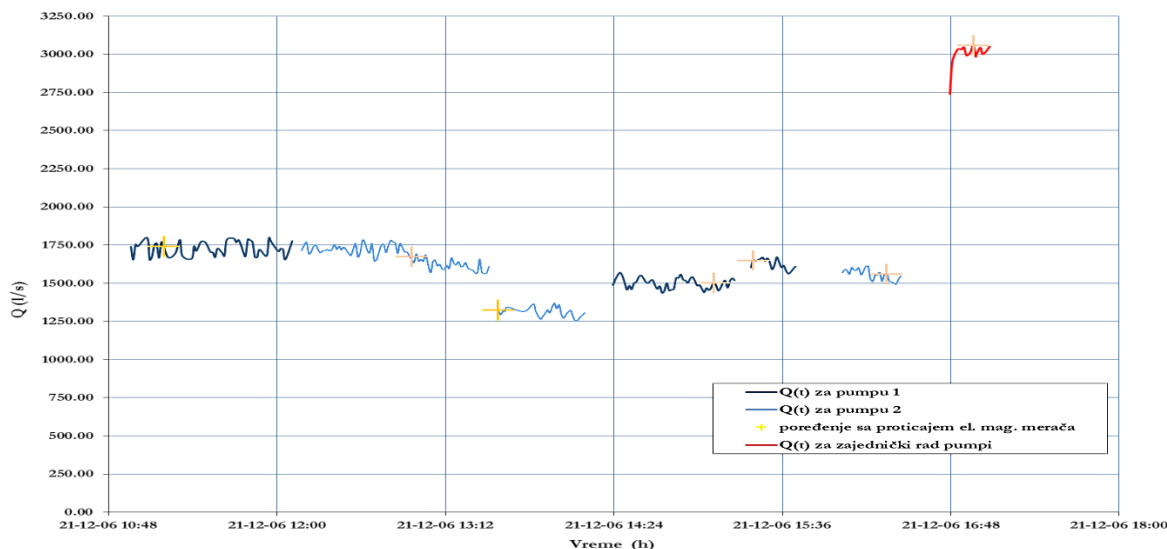
Grafikon 1. Dijagram promene pijezometarske kote na potesu pumpe 1



Grafikon 2. Q-H dijagram pumpe 1 i pumpe 2

Jasno je izražena neodređenost kada se količina prepumpane vode određuje na osnovu časova rada pumpi. Za pumpu br.1 proticaj u toku merenja varira oko 24%, dok za pumpu br.2 varijacija proticaja dostiže 35%. Vibracije pumpi su posledica nepovoljne strujne slike na usisima pumpi i svakako je potrebno redovno čišćenje rešetki kako bi se izbegao nepovoljan režim rada pumpi. Potrebno je ugraditi elektomagnetni merač

sa kontinualnim beleženjem podataka, na zajednički potisni cevovod obe pumpe. Prilikom ugradnje ovakvog merača proticaja potrebno je proveriti njegovu tačnost, odnosno kalibrisati drugim mernim uređajem kao redundantnim merilom. Količine prepumpane vode crpnih stanica se ne mogu pouzdano odrediti bez ugradnje merača na potisnim cevovodima pumpi.

Grafikon 3. Dijagram $Q(t)$ za pumpe 1 i 2

3.3 Analiza osetljivosti pokazatelja ekonomske efikasnosti drenažnih sistema

Razvoj područja Pančevačkog rita zavisi i od načina regulisanja režima voda. Opravdanost ovakvih poduhvata moguće je proceniti na osnovu investicija potrebnih za realizaciju, kao i troškova funkcionisanja tako izgrađenog drenažnog sistema. Istraživanja u ovom slučaju su veoma kompleksna jer objedinjuju tehničke, tehnološke i ekonomske pokazatelje razvoja i upravljanja sistemom.

Investiciona analiza obuhvata u ovom slučaju sve troškove na uređenju voda kao i troškove uređenja zemljišta (poljoprivrednog i građevinskog). Prema predloženom tehničkom rešenju radi se o kompleksnom uređenju poljoprivrednog područja. Investiciona ulaganja u ovom slučaju odnosila bi se na izgradnju ili rekonstrukciju većeg broja objekata i radova koje treba realizovati kao što su crpne stanice, ustave, rekonstrukcija kanala (spuštanje dna), razdvajanje slivnih površina, iskop drenažnih linija, izrada drenažnih zavesa, komasacija zemljišta, horizontalna cevna drenaža (Potkonjak et al., 2006). Planirane aktivnosti se mogu izvoditi po fazama, odnosno različitim scenarijima, pri čemu redosled primene može biti različit, a vreme trajanja realizacije zavisilo bi od dinamike i načina obezbeđenja finansijskih sredstava. Sadašnje stanje sistema za odvodnjavanje na području Pančevačkog rita je obeleženo kao „nulti“ scenario, Sc0,

sa kojim će se upoređivati sve predložene mere unapređenja drenažnog sistema. Scenario 1 (Sc1) podrazumeva razdvajanje slivnih površina u okviru Rita, i to stavljanjem u kontrolisanu funkciju rekonstruisane ustave, izgradnju novih ustava gde je potrebno i uklonjanje zemljanih čepova na kanalskoj mreži. Scenario 2 (Sc2) pretpostavlja podelu na slivove i izmuljenje kanalske mreže, dok scenario 3 (Sc3) predviđa nakon podele na slivove kompletiranje izgradnje prve drenažne linije oko celog rita. Scenario 4 (Sc4) predstavlja kombinaciju tehničkih rešenja, dok scenario 5 (Sc5) obuhvata kompleksno rešenje, sa izgradnjom horizontalne cevne drenaže. U skladu sa pretpostavljenim radovima variraju i investiciona ulaganja (Tabela 5).

Troškovi funkcionisanja pojedinih objekata i radova tokom eksploatacije drenažnog sistema obuhvataju amortizaciju, troškove energije (prepumpavanje), troškove održavanja, troškove upravljanja (Potkonjak i Škorić, 2002). Amortizacija je značajan trošak, u zavisnosti od veličine branjene površine, broja (gustine) i tehničkih karakteristika kanalske mreže, kapaciteta i karakteristika crpnih stanica. U korelaciji je sa stepenom tehničke opremljenosti i automatizacijom rada sistema. Kod obračuna amortizacije koriste se propisane zakonske stope koje se množe sa predračunskom vrednošću objekata i radova, što predstavlja godišnji iznos amortizacije. U ovom slučaju ne preporučuje se metod funkcionalne amortizacije (po učinku), zbog toga što je

svrha izgradnje ovih sistema odbrana od suvišnih voda, a stepen suvišnosti je teško merljiv. Osnovicu za amortizaciju predstavlja predračunska vrednost objekata i opreme, uvećana za iznos prethodnih, pripremnih i nepredviđenih radova i osnivačka ulaganja. Troškovi

amortizacije obračunavaju se u skladu sa Zakonom o amortizaciji (Sl. list 17/97.). Obračun amortizacije po ovom Zakonu ne mora se izvršiti ako objekti služe za odbranu od poplava i odvodnjavanje sa više od 50 % instalisanih kapaciteta.

Tabela 5. Investiciona analiza (prema Božić et al., 2014)

| | Sc0 | Sc1 | Sc2 | Sc3 | Sc4 | Sc5 |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Površine ugrožene/odbranjene | | | | | | |
| Ukupno ugrožene površine (<1 m) [ha] | 8.260 | 5.310 | 3.320 | 4.030 | 1.900 | 0 |
| Ukupno odbranjeno [ha] | - | 7.000 | 14.100 | 10.600 | 19.400 | 39.600 |
| Investicije | | | | | | |
| Ulaganja [10 ⁶ €] | - | 0,5 | 2,0 | 6,4 | 8,4 | 15,9 |
| Jedinična investicija [€/ha] | - | 71,2 | 141,5 | 605,4 | 432,2 | 401,8 |
| Troškovi funkcionisanja sistema | | | | | | |
| Ukupni troškovi [€] | 517.907 | 537.296 | 676.963 | 667.211 | 828.260 | 1.326.775 |
| Jedinična troškovi [€/ha] | | 76,4 | 48,0 | 63,0 | 42,7 | 33,5 |

Izvršenje poslova održavanja objekata na drenažnom sistemu (košenje kosina i bankina, uklanjanje rastinja, izmuljenje, održavanje horizontalne cevne drenaže i crpnih stanica) je u okvirima redovnog održavanja melioracionog sistema na osnovu kojih se određuje visina naknade za odvodnjavanje poljoprivrednog, šumskog i građevinskog zemljišta (Potkonjak i Škorić, 2007). Najveće učešće u troškovima redovnog održavanja kanala ima košenje kosina i dna kanala (oko 45%) a izmuljenje dna kanala učestvuje sa oko 40% u ukupnim troškovima. Svi troškovi su iskazani preko troškova izmuljenja kanalske mreže koji su procenjeni na 2 €/m³, u svim varijantama. Prema normativima izmuljuje se 150.000 m³ što iznosi 300.000 €/godišnje.

Troškovi utrošene energije za prepumpavanje zavise od prosečne godišnje zapremine Q (m³), prosečne visine dizanja H (m), i stepena korisnog dejstva pumpe η (-). Potrebna godišnja energija (kWh) je izračunata na osnovu formule :

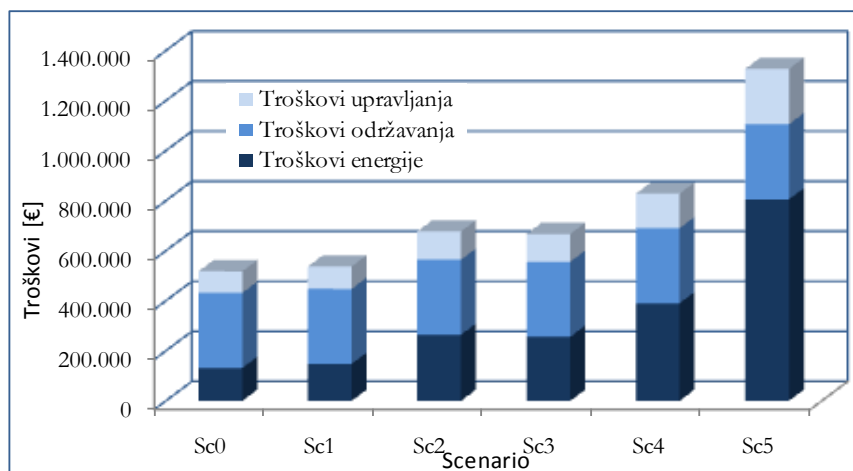
$$Q_E = \frac{9,81 \cdot Q \cdot H}{\eta \cdot 3600} \quad (8)$$

Jedinična cena električne energije je promenljiva u toku sezone i zavisi od odobrene snage, više i niže dnevne

tarife za aktivnu energiju, reaktivne energije, prekomerne reaktivne energije i prekomerne snage. Ovim stavkama za distribuciju energije se dodaju i troškovi za: isporučenu električnu energiju, naknadu za podsticaj povlašćenih proizvođača električneenergije, akcizu i porez na dodatu vrednost. U ovom radu, za proračune je pretpostavljena cena 0,10 €/kWh.

Troškovi upravljanja pojedinim objektima i sistemom u celini, kao indirektni trošak, predstavljaju troškove radne snage (i ostale prateće troškove) zaposlenih na upravljanju. Ovi troškovi iznose 20% od iznosa troškova energije i troškova održavanja.

Približan predračun godišnjih troškova funkcionisanja sistema, je dobijen tako što su ukupni troškovi podeljeni sa odbranjenom površinom s tim što je važno napomenuti da je koeficijent za građevinsko zemljište računat 20 puta veći od poljoprivrednog (Tabela 5, Grafikon 4). Troškovi po odbranjenoj jedinici površine su varirali od 33,5 do 76,4 €/ha, a najniži troškovi postizu se kada je sistem završen u celini. Odnos troškova upravljanja, energije i održavanja u svakoj fazi je prikazan ana Grafikonu 4.



Grafikon 4. Struktura troškova funkcionisanja

Ovi troškovi se pokrivaju iz naknade za odvodnjavanje građevinskog i poljoprivrednog zemljišta koju plaćaju korisnici sistema. Upoređujući dobijenu vrednost (za konačno i kompleksno uređenje režima voda na području Pančevačkog rita) od 33,5 €/ha može se konstatovati da naknadu za odvodnjavanje građevinskog zemljišta treba povećati za oko 3,75 puta, a naknadu za odvodnjavanje poljoprivrednog zemljišta treba povećati za oko 4,5 puta u odnosu na sadašnje iznose.

Statički pokazatelji efikasnosti. Ekonomski efekti kompleksnog uređenja poljoprivrednog područja Pančevačkog rita u ovom slučaju predstavljaju i ekonomske štete koje se izgradnjom sistema otklanjaju. Efekti odvodnjavanja u drugim delatnostima, van poljoprivrede, mogu se odrediti sa više ili manje tačnosti. U nekim slučajevima odvodnjavanje je uslov egzistencije ili uslov održavanja zdravlja stanovništva, odnosno naselja ili uslov održavanja saobraćaja. Izgradnja sistema za odvodnjavanje može biti uslov otvaranja novih privrednih aktivnosti (trgovina, ugostiteljstvo, turizam i sl.). Sve ove aktivnosti koje su u neposrednoj vezi s odvodnjavanjem moraju pojedinačno iskazati svoje ekonomske koristi ΔUP . Na osnovu dobijenih vrednosti može se odrediti pripadajući deo troškova funkcionisanja (Madžarević et al., 2002). U cilju pojednostavljenja proračuna efekata drenažnih sistema, pretpostavljena je samo jedna poljoprivredna kultura, kukuruz, te je obračun efekata izvršen korišćenjem diferencijalne kalkulacije (Potkonjak i Škorić, 2000).

Prema prethodno postavljenoj metodologiji za obračun efekata očekivana čista godišnja dobit po jedinici površine poljoprivrednog zemljišta za reprezentativnu godinu istraživanja iznosi 43 €/ha. Očekivana ukupna čista godišnja dobit po fazama dobijena je množenjem čiste jedinične godišnje dobiti (€/ha) sa brojem odbranjanih hektara. Za proračune u radu su uzeti prinosi kukuruza posle primene projekta od 6 t/ha zrna i 2 t/ha kukuruzovine, a prosečni prinosi kukuruza pre projekta iznosili su 4,4 t/ha i 1,8 t/ha kukuruzovine.

Tabela 6. Proračun efekata primenom diferencijalne kalkulacije

| Parametar | Jed. mere | Vrednost |
|-------------------|-----------|-----------|
| P1 | t/ha | 6,0 |
| P2 | t/ha | 4,4 |
| UP1 | € | 726 |
| UP2 | € | 990 |
| UT1 | € | 472 |
| UT2 | € | 693 |
| D1 | € | 254 |
| D2 | € | 297 |
| k | €/t | 165 |
| ΔUP | € | 264 |
| ΔUT | € | 221 |
| ΔD | € | 43 |
| f | ha | 39.600 |
| $\Sigma \Delta D$ | € | 1.702.800 |

Ovo je procena efekata posmatrana sa društvenog aspekta kompleksnog uređenja Pančevačkog rita. Treba imati u vidu da nakon kompletiranja drenažnog sistema, sistem treba da funkcioniše kao tehničko-ekonomska celina i u tom smislu da obezbeđuje prihode naplatom usluga od korisnika koji su vlasnici poljoprivrednog, šumskog i građevinskog zemljišta. Zbog toga treba planirati ukupan prihod, u ovom slučaju samo za stanje „posle“ izgradnje kompletnog sistema uređenja voda. Realizacija istog je u vidu naplate naknada za odvodnjavanje građevinskog i poljoprivrednog zemljišta, kao i naknade za odvođenje atmosferskih voda. Naknadu plaćaju domaćinstva, poljoprivredna gazdinstva, preduzeća (privatna i državna), ustanove i drugi koji pripadaju području Pančevačkog rita. Godišnji iznosi prikupljenih naknada treba da pokriju ukupne troškove funkcionisanja sistema, uz obezbeđenje minimalne akumulativnosti.

Dinamički pokazatelji efikasnosti. Efekti koji se mogu očekivati od ovakvih sistema su dugoročni. Ukupna NSW za period eksploatacije sistema od 30 godina i diskontnu stopu od 6% iznosila bi 6.832.339 €. Pošto je $NSW > 0$ to znači da je realizacija ovog projekta po ovom pokazatelju opravdana. Interna stopa prihoda za iste ulazne podatke iznosi 10,04%, što je više u odnosu na baznu diskontnu stopu za ovu vrstu projekata (6%). Testiranje osetljivosti ovog projekta je izvršeno na povećanje investicija od 20% u odnosu na predračunsku vrednost kao i smanjenje neto primanja od projekta, 20% godišnje u odnosu na projektovanu vrednost. Rezultati pokazuju da će u slučaju povećanja investicija za 20%, interna stopa prinosa opasti sa 10,04% na 7,95%. Ukoliko bi došlo do smanjenja neto primanja od projekta za 20% godišnje, interna stopa prinosa bi opala sa 10,04% na 7,54%, što ukazuje da je projekat osetljiviji na smanjenje neto primanja.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu su sagledane neodređenosti odabranih pokazatelja efikasnosti drenažnih sistema. Neodređenost je karakteristika koja nije deterministička i koja je izvan rigidne kontrole. U oblasti procene učinka drenažnih sistema neodređenosti mogu biti hidrološke, hidrauličke, strukturne i ekonomske. Jasno je da nisu mogli biti analizirani svi mnogobrojni pokazatelji učinka drenažnog sistema u Pančevačkom ritu i njihove popravke, već samo najznačajniji. Sa hidrološkog aspekta odabrana je analiza padavina, sa hidrauličkog analiza količina prepumpane vode, dok su sa

ekonomskog aspekta izvršene analize osetljivosti u cilju definisanja promena dohotka od investicionog projekta pri izmeni početnih uslova (prekoračenje investicija, povećanje troškova funkcionisanja i smanjenje prihoda od usluga). Sa aspekta poljoprivrede padavine predstavljaju značajan klimatski parametar, pa neodređenost u pogledu procene veličine padavina može imati značajan uticaj u analizama potreba za odvodnjavanjem. Na osnovu rezultata primene modela VNC, dobijena je prostorna korelaciona funkcija, sa koeficijentima standardizovane korelacije između mernih padavinskih stanica i lokacija u Pančevačkom ritu (Beljarica). Rezultati analize neodređenosti suma mesečnih padavina ukazuju na to da je prosečna suma godišnjih padavina na meteorološkoj stanici Beograd za 16% veća u odnosu na područje „Beljarica“, dok je prosečna suma padavina u Beogradu u aprilu za 14% veća u odnosu na isto područje.

Količine prepumpane vode, kao ključni pokazatelj učinka drenažnih sistema, najčešće se određuju na osnovu časova rada pumpi i njihovog nominalnog kapaciteta. Takav način određivanja bez uzimanja u obzir visinske razlike nivoa u crpnim basenima i u recipijentima, uključuje izvesnu neodređenost. Smanjenje ove neodređenosti je moguće utvrđivanjem stvarne količine prepumpane vode merenjem kapaciteta pojedinačnih agregata i crpne stanice u celini, i to u celokupnom opsegu rada, prema hidrauličkim uslovima koji važe u toku merenja. Analizom ovako dobijenih podataka može se utvrditi da li ima i kolika su odstupanja u odnosu na projektovane karakteristike agregata i koje bi mere trebalo preduzeti da se efikasnost eksploatacije poveća. Merenjem prepumpane vode na crpnoj stanici „Borča–Nova“ uočava se da količine prepumpane vode za pumpu 1 variraju oko 15%, za pumpu 2 oko 40%. Vrednost proticaja na pumpi 1 je oscilovala od 1436 L/s do 1796 L/s, dok je na pumpi 2 oscilovala od 1253 L/s do 1782 L/s. Dakle, određivanje količine prepumpane vode na osnovu časova rada pumpi i njihovog nominalnog kapaciteta uključuje značajnu neodređenost.

Nakon analize ekonomskih efekata konačnog i kompleksnog uređenja režima voda na području Pančevačkog rita, konstatovano je da naknadu za odvodnjavanje građevinskog zemljišta treba povećati za oko 3,75 puta, a naknadu za odvodnjavanje poljoprivrednog zemljišta za oko 4,5 puta u odnosu na sadašnje iznose, da bi upravljanje drenažnim sistemom bilo održivo. Analiza osetljivosti ovog projekta na

povećanje investicija od 20% u odnosu na predračunsku vrednost, ukazuje da će interna stopa prinosa opasti sa 10,04% na 7,95%. Ukoliko bi došlo do smanjenja neto primanja od projekta za 20% godišnje, interna stopa prinosa bi opala sa 10,04% na 7,54%. Projekat je nešto osetljiviji na smanjenje neto primanja, u odnosu na povećanje investicija.

Metodologija za procenu i popravljavanje pokazatelja učinka drenažnih sistema za upravljanje režimom podzemnih voda na poljoprivrednim područjima, prikazana u ovom radu može značajno da doprinese u procesu izrade novih planova, strategija i propisa za razvoj drenažnih sistema, kao i unapređenju upravljanja vodnim resursima na različitim nivoima odlučivanja.

ZAHVALNICA

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

LITERATURA

- [1] Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. 1998. Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO. Rome.
- [2] Božić M, Nikolić G, Milošev D, Rudić Ž, Tomović S. 2014. Assessment of Groundwater Management Using Modflow and Benefit-Cost Analysis. Irrigation and Drainage 63(4): 550-557.
- [3] Droogers P, Allen GR. 2002. Estimating Reference Evapotranspiration under Inaccurate Data Conditions. Irrigation and Drainage Systems 16: 33-45.
- [4] Đurđević V, Vuković A, Vujadinović Mandić M. 2015. Scenariji klimatskih promena za teritoriju Srbije – moguće posledice i opcije prilagođavanja. Planska i normativna zaštita prostora i životne sredine, 16.-18.april 2015., Subotica, Srbija, p. 29-35.
- [5] Gregorić E. 2008. Uticaj kanalske mreže na bilans voda jugoistočnog Srema. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- [6] Konikow LF. 2000. Use of numerical models to simulate groundwater flow and transport. In: Mook, W.G. (Ed) Environmental Isotopes in the Hydrological Cycle: Principles and Applications. IAEA, Vienna, Austria, p. 75-117.
- [7] Madžarević M, Potkonjak S, Škorić M. 2002. Ekonomski efekti izgradnje drenažnih sistema. Zbornik radova: Melioracije i poljoprivreda, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, p. 204-221.
- [8] Mays WL, Tung YK. 1992. Hydrosystems Engineering and Management. McGraw-Hill, New York.
- [9] Pohl G, Pohlmann K, Hassan A, Chapman J, Mihevc T. 2002. Assessing Groundwater Model Uncertainty for the Central Nevada Test Area (A—2002-01). United States.
- [10] Potkonjak S, Božić M, Nikolić G. 2006. Ekonomski aspekti uređenja voda u uslovima održivog razvoja. Letopis naučnih radova, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, p. 21-27.
- [11] Potkonjak S, Škorić M. 2000. Praćenje i ocena efekata odvodnjavanja. Zbornik radova: Poplave od unutrašnjih voda. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.
- [12] Potkonjak S, Škorić M. 2002. New Technologies of Land Reclamation in the Conditions of Sustainable Agricultural Development. In proceedings of the International Scientific Conference, XI 2002, Mehanizacija fakulta, Nitra, Slovenska Republika.
- [13] Potkonjak S, Škorić M. 2007. Finansiranje sistema za odvodnjavanje sa posebnim osvrtom na drenažu. Agroekonomika 36: 188-195.
- [14] Prohaska S. 2006. Hidrologija II deo. Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd.
- [15] Stričević R, Petković S, Đurović N. 2005. Change of the Climatic Characteristics of the Belgrade Region and its Influences on the Both Grass Water Shortage and Excess Water. Zemljište i biljka 54(1): 31-38.
- [16] USDA. 1997. Irrigation guide. National Engineering Handbook, Part 652. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service.
- [17] Wu JC, Zeng XK. 2013. Review of the uncertainty analysis of groundwater numerical simulation. Chinese Science Bulletin 58(23): 3044-3052.

METHODOLOGY FOR IMPROVING EFFICIENCY INDICATORS OF DRAINAGE SYSTEMS

by

Mile BOŽIĆ

Institute for the Development of Water Resources „Jaroslav Černi“, Belgrade

Summary

This paper gives an overview of uncertainties of selected efficiency indicators of drainage systems. The possibility of improvement the most important indicators of the drainage system in Pančevački rit was analyzed. Selected indicators are precipitation (spatial distribution), the amount of pumped water, and the economic indicator is a sensitivity analysis of the investments, whose aim is defining the change in income of the investment project when changing the initial conditions (investment overrun, increase of operating costs, and reduction of income). The uncertainty analysis of monthly precipitation indicates that the average amount of annual rainfall registered at the meteorological station Belgrade was 16% higher than at the representative region "Beljarica". Measurements at

the pump station „Borča–Nova“ indicate that the amount of pumped water can vary up to 40%, which suggests that determination of the quantity of pumped water on the basis of pump types and their nominal capacity carries significant uncertainty. The analysis of the economic effects of a complex water regime management indicates that current drainage fees should be increased from 3.75 to 4.5 times for sustainable operation, and that the final realization of the project is somewhat more sensitive to the decrease in net income, in comparison to an increase of investments.

Key words: complex drainage systems, Pančevački rit, uncertainty of efficiency indicators, performance evaluation

Redigovano 20.10.2017.