

**IDEJNO RJEŠENJE NAVODNJAVANJA PROSTORNE CJELINE SKELANI – PRORAČUN
POTREBA ZA VODOM****CONCEPTUAL DESIGN OF IRRIGATION FOR THE SKELANI AREA – WATER
REQUIREMENTS CALCULATION**

Vladimir Sarić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U master radu prikazana je hidrološka analiza područja opštine Srebrenica u BiH u cilju utvrđivanja kako potrebne tako i raspoložive količine vode za navodnjavanje poljoprivredne površine oko 1106 hektara. Na području kotline Skelani nalazi se poljoprivredno zemljište koje je pogodno za uzgajanje jagodastog voća, maline, kupine i aronije. Takođe prisutan je i uzgoj ratarskih kultura koji se mogu dodatno unaprediti i povećati njihova proizvodnja putem razvoja sistema za navodnjavanje.

Ključne reči – Navodnjavanje poljoprivredne površine, potrebe za vodom, opština Srebrenica, pumpe, crpna stanica.

Abstract - The master's thesis presents a hydrological analysis of the Srebrenica municipality area in Bosnia and Herzegovina, aimed at determining both the required and available quantities of water for irrigating an agricultural area of approximately 1106 hectares. In the Skelani basin, there is agricultural land suitable for cultivating berry fruits such as raspberries, blackberries, and aronia. Additionally, crop farming is also present in the area and can be further improved and its production increased through the development of an irrigation system.

Keywords - Irrigation of Agricultural Land, Srebrenica municipality, Pumps, Pumping Station.

1. UVOD

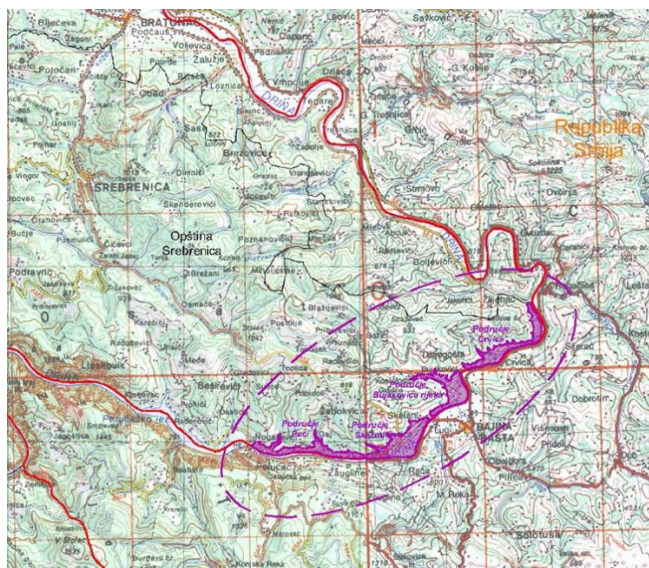
Navodnjavanje se može definisati kao dopuna prirodnih padavina u svrhu optimalnog sadržaja vode u tlu, u vegetacionom periodu, što je uslov za uspešno gajenje poljoprivrednih kultura. Značajan segment, za razvoj poljoprivrede, voćarskih i povrtarskih kultura je upravo navodnjavanje. Voda ima veliki značaj i ulogu za pravilan razvoj biljaka.

Navodnjavanjem nadoknađujemo količine vode koje su potrebne za pravilan rast, opstanak i prinos useva. Za našu zemlju, koja se karakteriše promenljivim klimatskim uslovima, gde padavina variraju iz godine u godinu, i po količinama i po rasporedu, navodnjavanje je bitan činilac za stabilizaciju poljoprivredne proizvodnje. Prema tome, cilj navodnjavanja je da obezbedi optimalnu vlažnost zemljišta, za određenu kulturu, u okviru postojećih i sagledivih ekonomskih granica, imajući u vidu da njene tolerantne granice optimalne vlažnosti utvrđuju i karakteristike zemljišta. Količine potrebne vode za intenzivnu biljnu proizvodnju u toku vegetacionog perioda određuju klimatski uslovi kao i planirana poljoprivredna proizvodnja (plodored) na zalivnoj površini.

Područje opštine Srebrenica, prostire se na površini od 532,60 km², a zajedno sa područjem Osat zahvata srednje rubno područje istočnog dijela Republike Srpske. Jednim dijelom istočni i cijeli južni dio opštine leži u zavoju rijeke Drine i predstavlja sastavni dio šireg, veoma živopisnog geografskog mozaika Podrinja. Geografski, teritorija opštine omeđena je susjednim opštinama: sa juga Rogaticom i Višegradom, sa zapada Milićima, a sa sjevera Bratuncem. Njen istočni dio silazi na rijeku Drinu, gdje se na lijevoj obali nalazi opština Bajina Bašta, koja je i istovremeno granica sa Republikom Srbijom. Na teritoriji opštine Bajina Bašta je značajan hidroenergetski objekat HE „Bajina Bašta“, sa akumulacijom Perućac, koje se nalazi u neposrednoj blizini na jugoistoku od područja projekta. Područje projekta se nalazi na jugoistočnoj strani opštine Srebrenica u mjesnoj zajednici Skelani. Samo područje projekta zauzima bruto površinu od 1.106 ha površina predviđenih za navodnjavanje (Slika 1. Pregledna karta područja projekta). Površine su ograničene sa južne i istočne strane rijekom Drinom i protežu se ka padinama planine Osat do nadmorske visine od 300 m.n.m, koja predstavlja i gornju visinsku granicu navodnjavanja na ovom području.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor Doc. dr. Goran Jeftenić.



Slika 1. Pregledna karta područja projekta navodnjavanja u naselju Skelani

2. NAVODNJAVANJE – PRORAČUN POTREBA ZA VODOM

2.1. Proračun referentne evapotranspiracije

Za proračun referentne evapotranspiracije korišćena je FAO Penman-Monteith metoda, koja je predložena je od strane FAO organizacije i postala je standard za proračun ETo. Prema metodi Penman-Monteith, referentna evapotranspiracija ETo (u mm/dan) računa se prema sledećem izrazu:

$$ET_0 = \frac{\frac{\Delta}{\lambda} \cdot (R_n - G) + \frac{187250}{T + 273} (e_s - e_a) / r_a}{\Delta + \gamma(1 + r_s / r_a)}$$

gdje je:

ET_0 referentna evapotranspiracija (mm/dan)

R_n neto radijacija (MJ m⁻² dan⁻¹)

T prosječna temperature vazduha (°C)

G razmjena toplote sa zemljom (MJ m⁻² dan⁻¹)

$(e_s - e_a)$ deficit zasićene vodene pare (kPa)

λ latentna toplota isparavanja (MJ kg⁻¹)

Δ izvod krive zasićene vodene pare (kPa °C⁻¹)

γ psihrometrijska konstanta (kPa °C⁻¹)

r_a, r_s aerodinamički otpor i otpor površine (s m⁻¹)

2.2. Hidromodul sistema – Mjerodavna potrošnja

Za određivanje hidromodula sistema koji predstavlja specifičnu potrošnju u sistemu koja se javlja u merodavnom periodu, može se koristiti podatak o mesecu maksimalne potrošnje u fiktivnoj sušnoj godini, što iznosi 89.2 mm i javlja se u avgustu ili izraženo u mm/dan: 2,9 mm/dan. Treba imati u vidu de je ovo potrošnja koja je uprosečena po površini koja se navodnjava. Kada se vršna dnevna potrošnja preračuna u specifičan protok (protok po jedinici površine), dobija se hidromodul sistema:

$$q_s = 2,9 \text{ [mm/dan]} = 0,33 \text{ [l/(s ha)]}$$

3. HIDROLOŠKA ANALIZA – PRORAČUN RASPOLOŽIVIH KOLIČINA VODE

Za proračun raspoloživih količina vode za zahvatanje, potrebno je sračunati dotok vode u akumulaciju. Obzirom da se radi o malim slivovima, za koje je karakteristična velika varijabilnost protoka unutar meseca, bilo je neophodno da se uradi hidrološka analiza i proračun dotoka na nivou dnevnih vrednosti. Iz tog razloga je urađen hidrološki model. Model je rađen na osnovu dnevnih vrednosti padavina, za meteorološku stanicu Loznica, za period za koji su računate i potrebe za vodom: 1991-2017. godina. Kako dnevne vrednost padavina za meteorološku stanicu Bajina Bašta nisu bile na raspolaganju, a prema podacima iz Vodoprivredne osnove Srbije, sumarne godišnje padavine za meteorološku stanicu Loznica 827.6 mm, a za meteorološku stanicu Bajina Bašta 733.4 mm, to su dnevne vrednosti padavina sa stanice Loznica, korigovane sa faktorom: 733.4/827.6=0,8862 za potrebe vodoprivredne analize.



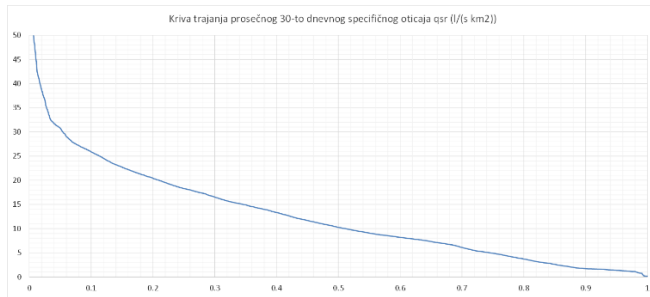
Slika 2. Šematski prikaz položaja brane i akumulacije Bujakovica sa pripadajućim slivnim površinama

Tabela 1. Karakteristike sliva do mesta pregradnog profila

Ime	F (km ²)	L (km)	I (%)	Z(mmm)
BUJAKOVICA	27.8	7.6	7.9	355-1100

3.1. Rezultati primene modela

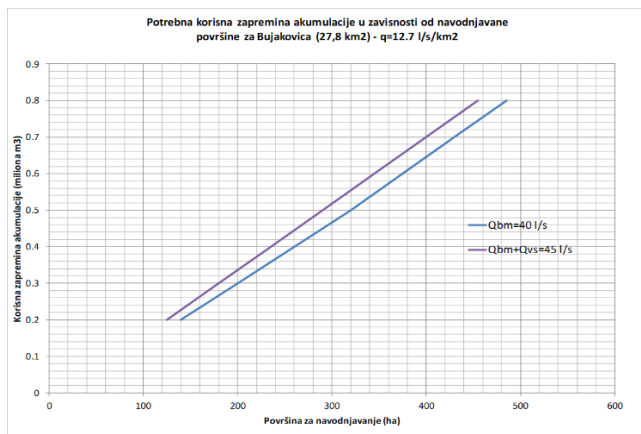
Obzirom da se radi o neizučenom slivovu, jedini način kalibracije je bio na osnovu regionalnih pokazatelja specifičnog oticaja i koeficijenta oticaja. Za ove potrebe su korišćeni podaci iz Vodoprivredne osnove Srbije. Na osnovu ovih dokumenata i analogije sa sličnim slivovima, usvojeno je da je prosečan višegodišnji specifičan oticaj na ovom području oko $12,5 \text{ l/(s km}^2\text{)}$. Na osnovu ovih pokazatelja su kalibrisani parametri modela. Osim prosečne vrednosti specifičnog oticaja, za proračun biološkog minimuma je bilo neophodno sračunati prosečne 30-to dnevne vrednosti malih protoka verovatnoće 95%. Ovaj proračun je takođe urađen na bazi specifičnog oticaja i dobijena je vrednost: $q_{95\%}=1,45 \text{ l/(s km}^2\text{)}$ (slika 3).



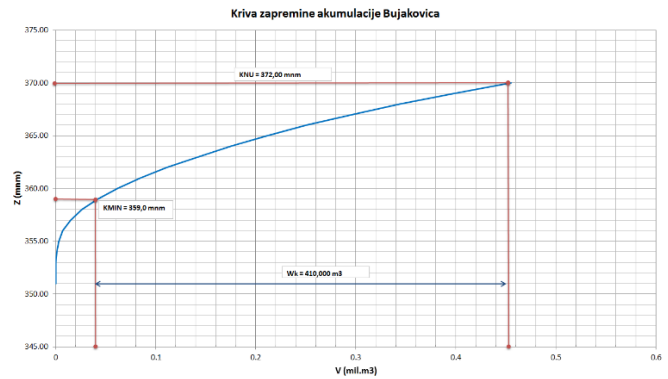
Slika 3. Kriva trajanja prosečnog 30-to dnevnog specifičnog oticaja za sliv brane Bujakovica, na osnovu rezultata modela za period 1991-2017.

4. PRORAČUN POTREBNIH ZAPREMINA AKUMULACIJE ZA NAVODNJAVANJE

Prilikom analize mogućnosti navodnjavanja zahvatanjem vode iz akumulacija, korišćeni su prethodno sračunati dnevni dotoci u akumulaciju Bujakovica za period 1991-2017. godina. Imajući u vidu odnos između potrebe za vodom u merodavnom periodu i relativno malog dotoka u akumulaciju, neophodno je bilo da se u simulacionom modelu, koji će biti izložen u nastavku, računa sa diskretizacijom po vremenu od 1 dan.



Slika 4. Zavisnost korisne zapremine akumulacije od navodnjavane površine.



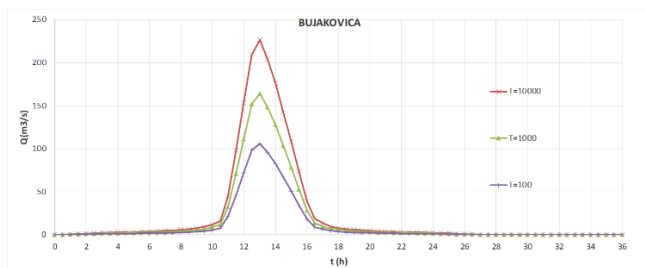
Slika 5. Kriva zapremine akumulacije Bujakovica dobijena na osnovu snimljenih profila.

5. ANALIZA VELIKIH VODA

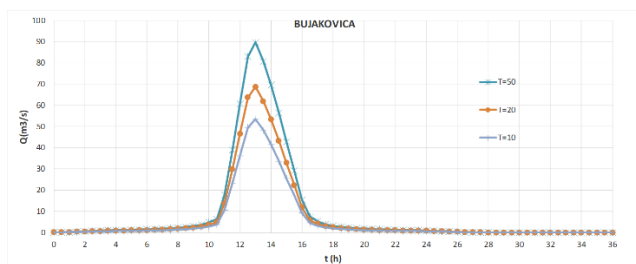
Za odabrani pregradni profil Bujakovica urađena je analiza velikih voda. Obzirom da se radi o neizučenom slivovima, metodologija proračuna podrazumeva da se prvo definišu računске kiše povratnog perioda od 100 do 10000 godina i verovatno maksimalne padavine (PMP) trajanja 24 časa, da se nakon toga sračunaju računski hidrogrami za razmatrane pregradne profile.

5.1. Računski hidrogrami

Primena računskih kiša konstantnog inteziteta za duža trajanja nije preporučljivo pri projektovanju, jer to može dovesti do ozbiljnog podcenjivanja računskih protoka. Zbog toga je neophodno da se definišu računski hijetogrami koji bi omogućili konstrukciju pouzdanih računskih hidrograma. U nedostatku drugih korisnih informacija, ovde se primenjuje metod naizmeničnih blokova za formiranje računskih hijetograma. Metod je zasnovan na zavisnosti visina-trajanje-povratni period kiše (Chow et al., 1988) i omogućava definisanje računskih kiša za sva trajanja manja od 24 h. Za izabrano najmanje trajanje kiše Δt , blok sa odgovarajućim količinom kiše se postavlja u centar dnevne kiše. U sledećem koraku, drugi blok trajanja Δt se postavlja desno od centralnog bloka sa visinom kiše koja odgovara razlici između računskih kiša trajanja Δt i $2\Delta t$. Ovo daje neravnomernu računsku kišu trajanja $2\Delta t$ sa ukupnom visinom jednakom računskoj visini za trajanje $2\Delta t$ koja takođe uključuje, u svom prvom bloku, računsku kišu trajanja Δt . Procedura se nastavlja dalje za duža trajanja na isti način. Metoda naizmeničnih blokova je primenjena na zavisnost visina-trajanje kiše koja je ista za sve povratne periode i koja je prikazana relativno u odnosu na 24-časovne visine kiša.



Slika 6. Računski hidrogrami velikih voda za PP Bujakovica.



Slika 7. Računski hidrogrami velikih voda za PP Bujakovica.

6. ZAKLJUČAK

Osnovni cilj ovog master rada je hidrološka analiza područja opštine Srebrenica u BiH u cilju utvrđivanja kako potrebne tako i raspoložive količine vode za navodnjavanje poljoprivredne površine oko 1106 hektara. Na području kotline Skelani nalazi se poljoprivredno zemljište koje je pogodno za uzgajanje jagodastog voća, maline, kupine i aronije. Takođe prisutan je i uzgoj ratarskih kultura koji se mogu dodatno unaprediti i povećati njihova proizvodnja putem razvoja sistema za navodnjavanje. U prvom delu rada, na osnovu raspoloživih podataka o padavinama i evapotranspiraciji sprovedena je analiza potreba za vodom za predmetnu površinu kako za prosečnu tako i za fiktivnu sušnu godinu. Kao hidromodul sistema koji predstavlja specifičnu potrošnju Sistema koji se javlja u merodavnom period dobijena je vrednost od 0.33l/s ha.

U drugom delu rada, prikazana je analiza za određivanje raspoloživih količina vode koje je moguće zahvatati iz akumulacije Bujakovica za navodnjavanje predmetnih poljoprivrednih površina. Za proračun raspoloživih količina vode za zahvatanje urađen je hidrološki model. Model je rađen na osnovu dnevnih vrednosti padavina za meteorološku stanicu Loznica pošto se radi o malim slivovima za koje je karakteristična velika varijabilnost protoka unutar meseca za period za koji su računate i potrebe za vodom: 1991-2017. godina. Za formiranje hidrološkog modela, korišćen je model 3Dnet-CATCH. Kalibracija modela izvršena je na osnovu višegodišnjeg specifičnog oticaja na ovom području koji iznosi 12.5 l/skm². Kao prosečan protok na mestu brane i potreban protok za biološki

minimum dobijene su vrednosti od $Q_{sr}=0.35 \text{ m}^3/\text{s}$ i $Q_{bm}=0.040 \text{ m}^3/\text{s}$, pri čemu su ovi podaci korišćeni u matematičkom modelu za analizu mogućnosti zahvatanja vode iz akumulacije. Kao konačan rezultat dobijeno je da je sa korisnom zapreminom akumulacije od 410000 m³ moguće navodnjavati poljoprivrednu površinu od 260 ha.

6. LITERATURA

- [1] Srđan Kolaković, skripta „Navodnjavanje“ sa predmeta „Hidrotehničke melioracije“.
- [2] Dr Dimitrije Avakumović, „Hidrotehničke melioracije – navodnjavanje“. Beograd: Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- [3] Dr Đuro Bošnjak, „Navodnjavanje poljoprivrednih useva“. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu.
- [4] Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., (1998) Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper (FAO), no. 56 / FAO, Rome (Italy). Land and Water Development Div. , 1998 , 300 p.
- DOI: <https://doi.org/10.24867/33CG04Saric>
- [6] Chow V.T., Maidment D.R., Mays L.W. (1988) Applied Hydrology. McGraw-Hill.
- [7] Vodoprivredna osnova Republike Srbije - Hidrometeorološke podloge, Beograd, 2009, Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi" a.d. i Republički hidrometeorološki zavod Srbije.

Kratka biografija:



Vladimir Sarić rođen je 05.06.1988. godine u Sarajevu, BiH. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, iz oblasti Građevinarstva – Hidrotehničke melioracije odbranio je 2025. godine.