

**PROJEKAT NAVODNJAVANJA KOMBINACIJOM SISTEMA CENTAR PIVOT I
RENDŽER U KULPINU****IRRIGATION PROJECT BY COMBINATION OF CENTER PIVOT AND RANGER
SYSTEM IN KULPIN**

Ivan Dudaš, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – HIDROTEHNIKA

Kratak sadržaj – Rad se može podeliti na dva dela, teorijsko - istraživački i praktični. U teorijsko – istraživačkom delu analizirani su klimatski uslovi za određivanje evapotranspiracije i vodnog deficita, dok su u praktičnom delu obrađeni hidrološki i hidraulički proračuni. U hidrološkom delu se računao hidromodul kao osnova svakog sistema za navodnjavanje, a u hidrauličkom delu je urađen proračun i dimenzionisanje pumpne stanice i cevovoda. Na kraju je usvojeno najbolje tehničko – ekološki – ekonomsko rešenje.

Ključne reči: Oprema za navodnjavanje, ETP, hidromodul, HDPE cevi, Hidraulički udar

Abstract – The paper can be divided into two parts, theoretical - research and practical. In the theoretical - research part, the climatic conditions for determining evapotranspiration and water deficit are analyzed, while in the practical part hydrological and hydraulic calculations are processed. In the hydrological part, the hydromodule was calculated as the basis of each irrigation system, and in the hydraulic part, the calculation and dimensioning of the pumping station and pipeline was done. In the end, after a detailed analysis, the best technical - ecological - economic solution has been adopted.

Keywords: Irrigation equipment, ETP, hydraulic module, HDPE pipes, Water hammer

1. UVOD**1.1. Mašine za navodnjavanje****(Rendžer, linear i centar pivot)**

Sistem „Portalnih uređaja“ predstavlja jednu metodu navodnjavanja za potrebe povećanja prinosa. Sadrži pocinkovane konstrukcije, cevovode i pumpe pomoću kojih se voda dovodi iz bunara, akumulacije ili kanala na površinu koju je potrebno navodnjavati. Pomoću rasprskivača se jednako raspoređuje i na taj način biljka dobija predviđenu količinu vode. Trenutno, na teritoriji Republike Srbije ove mašine navodnjavaju preko 60.000 ha, od čega je preko 50.000 ha u Vojvodini. Upravljanje sistemom se sprovodi pomoću automatike koja ga čini relativno jednostavnim.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Srđan Kolaković.

Rendžeri predstavljaju jedan od sistema portalnih uređaja. Navodnjavana površina je pravougaonog oblika sa preporučljivim odnosima širine i dužine 1:1,5-1:3. Izvor vode je kanal koji je postavljen po dužini i pored njega se nalazi mašina koja uzima vodu iz njega i gura je u sistem. Mašina se kreće paralelno sa kanalom koji se može nalaziti u sredini parcele ili na ivici. Maksimalni rasponi koji se preporučuju sa centralnim napajem iznose 1600 metara ili kod bočnog napajanja 1000 metara.

Lineari su vrlo sličnih karakteristika kao i Rendžeri, s tim da je razlika u tome što se oni snabdevaju vodom iz cevovoda koji je ukopan u zemlju. Povezivanje mašine i cevovoda se vrši preko hindranata koji se postavljaju na određenim rastojanjima i gumiranog creva koje mašine vuku pored sebe.

Dužina gumenog creva zavisi od dužine razmaka između hidranata, i preporučuje se da bude duža za 10-15m od polovine hidrantskog razmaka. U praksi se koriste dve garniture creva, kako bi se maksimalno smanjili zastoji. Lineari, slično kao i Rendžeri, na početku imaju hidraulični deo tako da pritisak u dovodnim cevima ne mora biti veliki, što automatski smanjuje gubitke energije.

Centar pivot sistem Sistem se sastoji od centralne piramide koja je sastavljena od čeličnih profila u obliku rešetke, kao i kišnih krila koje se koriste i kod Rendžera i Lineara. Kišna krila na sebi imaju ugrađene rasprskivače, čiji se radijus dejstva širi, pa tako kod centra rasprskivači imaju najmanji radijus, dok je na kraju mašine radijus dejstva najveći.



Slika 1. Centar pivot sistemi

1.2. Pedologija i analiza klimatskih uslova

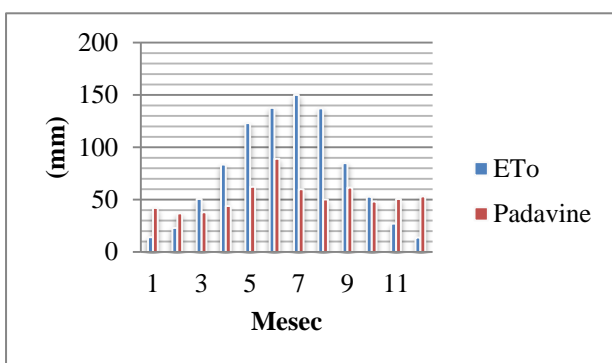
Pedologija i analiza klimatskih uslova su nam važni kako bi odredili između ostalog da li je potrebno oblagati korito kanala i koliki je maksimalni intenzitet kišenja na površini koja se navodnjava. Na osnovu detaljnih terenskim i laboratorijskih istraživanja, predmetno zemljište pripada redu automorfni zemljišta, koje je nastalo u uslovima vlaženja isključivo atmosferskim padavinama, pri čemu je procedjivanje vode slobodno i bez dužeg zadržavanja u profilu. Takođe lokalitet karakteriše ista klasa (humusno-akumulativna) i jedan tip zemljišta – černozem na lesnoj terasi sa karbonatnougljenim varijetetom.

Sagledavajući infiltracione i filtracione sposobnosti zemljišta, njegovu karbonatnost po profilu, kao i stabilnost strukturnih agregata prema raspilinjanju u vodi, a pri tome vodeći računa o tehničko - ekonomskim uslovima sistema za navodnjavanje, - maksimalni intenzitet kišenja ne sme biti veći od **25mm/čas**.

2. HIDROMODUL SISTEMA

2.1. Određivanje evapotranspiracije i vodnog deficit za vegetacioni period

Daljnijim analiziranjem temperature vazduha, padavina, relativne vlažnosti vazduha i vetra dobijamo rezultate koji su potrebni za određivanje evapotranspiracije. Savremene metode od strane "Ogranizacije za hranu i poljoprivredu-FAO" (eng: Food and Agriculture Organization) uvode pojam referentne evapotranspiracije ili ETo, koja predstavlja evapotranspiraciju sa travnate površine visine od 8cm do 15cm dobro obezbeđene lakopristupačnom vodom, i ona služi kao standard za određivanje evapotranspiracije svih drugih useva uvodeći u obračun eksperimentalno utvrđene korekcijske faktore za svaku kulturu. Jedan od najčešće korišćenih modela za utvrđivanje potrebe za vodom poljoprivrednih kultura je programski paket „CROPWAT“ koji su preporučili stručnjaci FAO-a.



2.2. Određivanje povratnog perioda i hidromodula

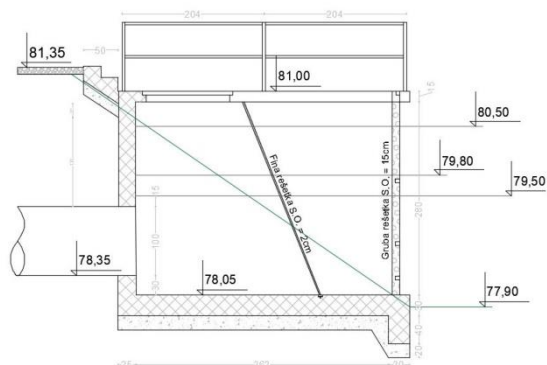
Za određivanje vrednosti vodnog deficita petogodišnjeg povratnog perioda, koristila se asimetrična teorijska raspodela verovatnoća Log-Pearson Type III. Za kontrolu ovog postupka radi se Weibull – ova empirijska raspodela verovatnoća.

Iz svega navedenog, za dimenzionisanje potrebne količine vode utvrđen je vodni deficit od **129 mm**, koji se mora nadomestiti za 31 bruto dan za mesec jul.

Sa ovim vrednostima se ulazi u određivanje hidromodula sistema i dobija se vrednost hidromodula **0,56 l/s/ha**.

3. VODOZAHVAT I DISTRIBUCIJA VODE

Zahvatanje vode za predmetno područje vrši se iz kanala Novi Sad-Savino Selo na stacionaži 26+080km koji pripada hidrosistemu Dunav – Tisa – Dunav. Distribucija vode se vrši posebnim cevovodom za Centar pivote, a posebnim cevovodom za punjenje kanala sistema Rendžera s tim da se razmatrala opcija dovođenja vode pomoću sekundarnog kanala III za sistem Rendžera koji prolazi pored i kroz parcelu koja se navodnjava. Postoje četiri nivoa vode u kanalu i od njih polazimo kod projektovanja ulivne građevine.



Slika 2. Ulivna građevina

Na vodozahvatu je potrebno dimenzionisati i pumpni bazen vodeći računa da je usisna cev dovoljno uronjena u vodi kako ne bi došlo do uvlačenja vazduha u nju, koje sprečava pravilan rad pumpe.

Deo sistema koji pokriva Centar pivot je 118ha, od 148.75ha koliko iznosi cela bruto površina za gornji deo. Pokrivenost sistema je 79.33%, a potrebni kapacitet pumpi da bi zadovoljio sva tri centar pivota istovremeno iznosi 66,1 l/s. Nakon unošenja ulaznih podataka, pomoći „Wilo select“ programa dobijamo dve pumpe od po 30kW. Pumpe su jednostepene centrifugalne sa aksijalnim usisnim nastavkom i radijalnim potisnim nastavkom, paralelno vezane i kontrolisane pomoću frekventnog regulatora. Cevni priključak sa usisne strane pumpe je DN150, kao i usisna cev koja je takođe prečnika DN150, a brzina u usisnoj cevi iznosi 1,87m/s. Na kraju usisne cevi nalazi se usisna korpa sa nepovratnom klapnom koja sprečava ulazak nečistoća kako ne bi došlo do eventualnog kvara pumpe usled povlačenja nečistoća.

Takođe, na ulivnoj građevini se nalaze još i dve rešetke, gruba rešetka svetlog otvora od 15cm i fina rešetka svetlog otvora od 2cm. Cevni priključak sa potisne strane je prečnika DN125 ali se odmah redukuje na DN150. Od armature na potisu svake pumpe se nalazi nepovratni ventil, zasun, vazdušni ventil, zatim račva koja je specijalno napravljena kako bi se što više smanjio lokalni gubitak, redukcija, horizontalni vodomer i na kraju tuljak sa letećom prirubnicom posle kojeg se prelazi na HDPE cevi koji dalje distribuišu vodu do centar pivota.

Za drugi deo sistema za navodnjavanje je potrebna veća količina vode, pa i pumpe zbog toga moraju biti većeg kapaciteta. Potreban protok je 82,30 l/s. Kod određivanja

potrebnog broja pumpi kao i napora pumpi postupak je bio isti kao kod centar pivota. Za deo sistema koji se navodnjavanja pomoću rendžera kritičan put se kreće istom trasom kao i za centar pivot, samo što je na kraju produžen. Prednost rendžera u pogledu dovodenja vode je to što rendžer ima svoj pogonski agregat pa je u ovom slučaju visini dizanja mnogo manja. Usvojeni broj pumpi je takođe dva. Obe pumpe su snage 18,5 kW i frekventno regulisane. Cevni priključak sa usisne strane je DN200, a potis na prečnika DN150. Potis se redukuje na DN280mm. Brzina na usisu iznosi 1,47m/s, a duž cevovoda iznosi 1,57m/s. Na kraju cevovoda se voda izliva u kanal za rendžer.

Jedan deo sekundarnog kanala III od stacionaže 3+701km pa do 4+964km će se iskoristiti kao deo kanala za Rendžer. Na istom kanalu se nalazi jedan armiranobetonski ramovski propust dimenzija 2x2 i dužine 15m na stacionaži 4+143km kao i dve tipske ustave na stacionaži 3+701km i 4+964km. Pored postojećeg kanala, za potrebe navodnjavanja se mora iskopati novi kanal ukupne dužine 574m koji se povezuje sa postojećim kanalom III pa ukupna dužina kanala za rendžer iznosi 1837m. Oba dela kanala, i novi i postojeći je potrebno obložiti vodonepropusnom folijom zbog velike infiltracije. Od ostalih objekata na kanalu, postoje još 17 tipskih propusta koji se nalaze na kanalima II i III i koji se moraju postaviti kako bi Rendžer neometano prolazio.



Slika 3. Kopanje kanala specijalno profilisanom kašikom

4. DIMENZIONISANJE I POSTAVLJANJE CEVOVODA

Unutar pumpne stanice nalaze se šavne čelične cevi maksimalnog pritiska 10 bara, a nakon pumpne stanice prelazi se na polietilenske cevi pritiska do 6 bara. Ukupna dužina potisnog cevovoda iznosi 1731 m za centar pivote i 2161 m za Rendžer. Polietilenske cevi imaju sve veću primenu kod ovakvih sistema.

HDPE cevi su otporne na koroziju, manja im je hrapavost u odnosu na čelične i duktilne cevi, zbog veće elastičnosti imaju bolju manipulaciju u odnosu na ostale cevi, a

takođe bolje trpe deformacije u pogledu širenja cevi u odnosu na čelik, pa samim tim amortizuju nadpritiske koji se javljaju kod hidrauličkog udara. Za određivanje prečnika cevovoda korišćena je jednačina kontinuiteta, a za određivanje potrebnog pritiska na ulazu se koristila Bernulijeva jednačina. Potreban pritisak na ulazu u pumpu se dobija tako što se saberu svi gubuci, u ovom slučaju lokalni i linijski, i na tu vrednost dodamo geodetsku razliku terena i potreban pritisak na izlazu. Na taj način se dobija potrebna visina dizanja koja u ovom slučaju iznosi 45,34m za centar pivot i 26,86m za rendžer.



Slika 4. Polaganje HDPE cevi

Potisni cevodod od HDPE se postavlja u rov širine 1m. Cevi se postavljaju na posteljicu debljine $d=15\text{cm}$, a minimalni nadsloj cevi je 1.10m. Potis nema konstantan pad, već prati pad terena. Na najvišim tačkama ima vazdušne ventile, a na najnižim ispuste kako bi se na kraju sezone voda mogla ispustiti iz cevovoda. Veza između cevovoda i centar pivota se ostvaruje pomoću hidranta i fazonskih komada izrađenih od livenog gvožđa, a na mestima gde se cevovod račva ili gde se javljaju krivine predviđeni su anker blokovi koji primaju uticaje koncentrisanih sila i prenose ih na tlo. Veza između PE cevi se ostvaruje čeonim zavarivanjem.

5. ZAŠTITA OD HIDRAULIČKOG UDARA

Usled naglog zatvaranja ventila ili ispadom pumpe iz rada može doći do znatnog porasta pritiska u mreži. Ta se pojava naziva hidraulički udar. Usled hidrauličkog udara u cevima dolazi do oscilatornih promena pritiska t.j. do naizmenične pojave nadpritiska i podpritiska usled kojih može doći do oštećenja cevovoda i pumpi. Zbog toga je potrebno predvideti zaštitu od hidrauličkog udara kako bi se sprečila veća oštećenja na sistemu. Usled hidrauličkog udara dolazi i do pojave kavitacije. Kavitacija je pojava pri kojoj se dešava prekid kontinuiteta toka tečnosti na onim mestima gde pritisak opadne do neke kritične granice. Prilikom pojave kavitacije dolazi do prelaska tečnosti u vodenu paru. U zoni niskog pritiska dolazi do povećavanja zapremine mehurića i lokalnog prekida kontinuiteta.

Daljim prelaskom mehurića u prostor sa povišenim pritiskom dolazi do njihovog naglog razaranja i ta pojava je praćena jakim šumom, vibracijama, lokalnim hidrauličkim udarima gde dolazi do oštećenja cevi. Da bi

se sistem zaštito predviđaju se vazdušni ventili i frekventni regulatori. Svaki potis na svom početku ima vazdušni ventil koji ima dvostruku ulogu. Prva mu je da omogući ispuštanje vazduha iz cevovoda, a druga uloga vazdušnog ventila je da omogući uvlačenje vazduha i time spreči pojavu podpritiska. Vazdušni ventili se takođe predviđaju na najvišim prelomnim tačkama cevovoda koji omogućavaju evakuaciju vazduha koji može da se pojavi u cevovodu usled uvlačenja vazduha na usisu, na spojevima armatura ili da prodre kroz zaptivke pumpe u potisnom cevovodu.

Pored vazdušnih ventila, značajnu ulogu u zaštiti od hidrauličkog udara imaju i frekventni regulatori. Oni se koriste kako bi polako povećavali i smanjivali brzinu pumpe i naj način smanje rizik od hidrauličkog udara. Takođe se koriste za održavanje zadatog pritiska pomoću regulisanja frekvencije pumpe i na taj način se obezbeđuje kontinualan rad.

6. ZAKLJUČAK

U današnje vreme, zbog sve dužih perioda bez kiše kao i zbog sve većih temperatura, za dobijanje dobrih prinosa je neophodno navodnjavanje. Jedan od načina navodnjavanja je prikazan u ovom radu, gde su primenjene centar pivot i rendžer mašine koje imaju veliki procenat primene kod ovakvih sistema.

Određivanje potrebne količine vode se vršilo preko hidromodula. Kao ulazni podaci za hidromodul korišćene su vrednosti padavina, temperatura, insolacija, vlažnost vazduha i vetra za poslednjih 20. Korišćen je softverski program CROPWAT 8.0. koji preporučuje FAO. Vrednost hidromodula iznosi 0,56 l/s/ha. Na osnovu površine koja je obuhvaćena centar pivotima i rendžerom, a ona iznosi oko 84% i hidromodula dobila se potrebna količina vode za navodnjavanje koja ukupno iznosi 148,4 l/s. Na sistemu je predviđena jedna crpna stanica u kojoj se nalaze 4 centrifuglane pumpe od kojih su dve za centar pivote i dve za punjenje kanala za rendžer. Dužina potisnog cevovoda iznosi 1731m za centar pivote i 2161m za punjenje kanala za rendžer. Kanal za rendžer je ukupne dužine 1837m, od čega je 1263m postojeći kanal, a 574m je kopan novi kanal.

Kao zaštita od hidrauličkog udara na sistemu su predvedeni vazdušni ventili koji se nalaze na najvišim tačkama potisnog cevovoda i frekventni regulatori koji regulišu rad pumpe na osnovu zadatih parametara.

Na kraju, posle detaljnih tehničko-ekološki-ekonomskih anazila dolazimo do zaključka da je kombinacija centar pivota i rendžera najbolje rešenje za projektovanu parcelu.

7. LITERATURA

- <https://www.valleyirrigation.com/>
- <http://www.bsb-agro.com/>
- <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/>
- <https://pestan.net/sr/pe-voda/>
- Prof. dr Dušan Uzelac: Hidromašinska oprema, autorizovana predavanja 2013.godina.
- Prof. dr Kolaković Srđan: Hidrotehničke melioracije – navodnjavanje skripta, Novi Sad – Fakultet tehničkih nauka 2006.godina.
- Prof. dr Kolaković Srđan: Hidrotehničke melioracije – odvodnjavanje, Univerzitet u Novom Sadu, 2006.godina

Kratka biografija



Ivan Dudaš rođen je u Bačkoj Topoli 1993.god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo-Hidrotehnika, Hidrotehničke melioracije, odbranio je 2021.godine.

Kontakt: dudasivan39@gmail.com