



UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

SISTEMI ZA NAVODNJAVANJE

Praktikum

Dr Atila Bezdan





Dr Atila Bezdan

SISTEMI ZA NAVODNJAVANJE

Praktikum



UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Novi Sad, 2017

EDICIJA POMOĆNI UDŽBENIK

Osnivač i izdavač edicije

*Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet
Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad*

Godina osnivanja

1954

Glavni i odgovorni urednik edicije

Dr Nedeljko Tica, redovni profesor
Dekan Poljoprivrednog fakulteta

Članovi komisije za izdavačku delatnost

Dr Ljiljana Nešić, redovni profesor, - predsednik

Dr Branislav Vlahović, redovni profesor, - član

Dr Milica Rajić, redovni profesor, - član

Dr Nada Plavša, vanredni profesor, - član

CIP – Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

631.347(075.8)(076)

БЕЗДАН, Атила

Sistemi za navodnjavanje : praktikum / Atila Bezdан. - Novi Sad : Poljoprivredni fakultet, 2017
(Beograd : Apollo plus). - V, 109 str. : ilustr. ; 29 cm. - (Edicija Pomoćni udžbenik)

Tiraž 20. - Bibliografija.

ISBN 978-86-7520-415-2

а) Системи за наводњавање - Практикуми

Autor

Dr Atila Bezdán, *docent*

Glavni i odgovorni urednik

Dr Nedeljko Tica, *redovni profesor*
Dekan Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu

Urednik

Dr Zorica Srđević, *redovni profesor*
Direktor Departmana za uređenje voda

Recenzenti

Dr Radovan Savić, *redovni profesor*
Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet

Dr Borivoj Pejić, *redovni profesor*
Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet

Izdavač

Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

Zabranjeno preštampavanje i fotokopiranje. Sva prava zadržava izdavač.

izdavač. Štampa: Apollo plus, Beograd

Štampanje odobrio: Komisija za izdavačku delatnost
Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

Tiraž: 20

Mesto i godina štampanja: Novi Sad, 2017.

PREDGOVOR

Ovaj praktikum predstavlja pomoćni udžbenik za predmet Sistemi za navodnjavanje i namenjen je studentima smera za Uređenje, korišćenje i zaštitu voda na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Novom Sadu, koji ovaj predmet slušaju u okviru redovne nastave u četvrtoj godini osnovnih akademskih studija. Nastao je kao odgovor na potrebu da se studentima na sistematičan način detaljno objasni postupak izvođenja praktičnih vežbi. Praktikum odgovara postojećem programu za ovaj predmet i usaglašen je sa najznačajnijom domaćom i stranom literaturom iz ove oblasti. Vežbe i primeri obrađeni u praktikumu se baziraju na svetski priznatim metodama i standardima tako da može biti od koristi i studentima na drugim fakultetima na kojima se predaje navodnjavanje, kao i stručnjacima iz prakse koji se bave ovom problematikom.

Značajan doprinos konačnom obliku praktikuma dali su angažovani recenzenti svojim konstruktivnim sugestijama i savetima.

Novi Sad, 2017.

Autor

SADRŽAJ:

| | |
|---|-----|
| 1. KAP PO KAP | 1 |
| PROJEKTOVANJE ZALIVNOG SISTEMA "KAP PO KAP" | 5 |
| Zadatak | 5 |
| VEŽBA 1..... | 20 |
| 2. SAMOHODNI SEKTORSKI RASPRSKIVAČ - TIFON | 27 |
| PROJEKTOVANJE ZALIVNOG SISTEMA UREĐAJEM TIPA TIFON..... | 29 |
| Zadatak | 29 |
| VEŽBA 2..... | 42 |
| 3. SAMOHODNI AUTOMATSKI ŠIROKOZAHVATNI UREĐAJI ZA ZALIVANJE..... | 48 |
| PROJEKTOVANJE ZALIVNIH SISTEMA UREĐAJIMA TIPA RENDŽER, LINEAR I CENTAR PIVOT | 51 |
| Zadatak – rendžer sa bočnim napajanjem iz kanala..... | 51 |
| VEŽBA 3..... | 60 |
| Zadatak – rendžer sa centralnim napajanjem iz kanala | 66 |
| VEŽBA 4..... | 73 |
| Zadatak – linear sa bočnim napajanjem iz hidranata | 79 |
| VEŽBA 5..... | 90 |
| Zadatak – centar pivot | 97 |
| VEŽBA 6..... | 108 |
| 4. LITERATURA | 114 |

1. KAP PO KAP

Zalivanje kapanjem spada u grupu najsavremenijih metoda zalivanja. Voda se mrežom gusto razgranatih cevovoda, pod malim pritiskom, dovodi do svake biljke ili grupe biljaka vlažeći manji deo površine. Princip raspodele vode sastoji se u tome da se dovodni cevovod grana na određeni broj lateralnih cevovoda iz kojih se preko kapaljki voda doprema do biljaka.

Ovaj metod zalivanja omogućava učestala zalivanja malim normama čime se vlažnost u zoni korena održava na optimalnom nivou, oko poljskog vodnog kapaciteta (PVK). Korenov sistem se razvija samo u navlaženoj zoni, zbog čega on ima smanjenu masu ali prinosi su najčešće veći od prinosa biljaka gajenih u klasičnom sistemu navodnjavanja. Pored osnovne namene sistem kap po kap može se koristiti i za distribuciju mineralnih đubriva.

Najznačajnije prednosti navodnjavanja kapanjem su:

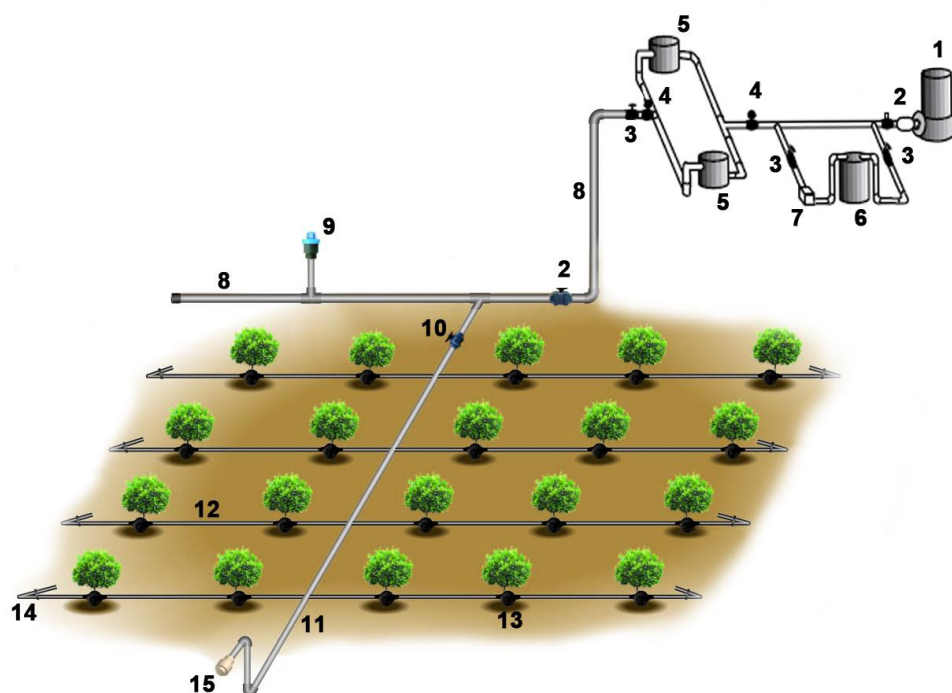
- Stalno održavanje lako pristupačne vode primenom učestalog zalivanja biljaka manjim količinama vode
- Mogu se dodavati mineralna đubriva u precizno određenim količinama
- Visok stepen efikasnosti vode koja se koristi za navodnjavanje, ušteda vode
- Gubici na isparavanje i infiltraciju su zanemarljivi
- Voda ne teče po površini i ne vlaži čitavu površinu pa je rast korova ograničen
- Minimalna mogućnost za eroziju zemljišta
- Mala mogućnost ispiranja hraniva u slojeve ispod aktivne rizosfere biljaka
- Ne vlaži se nadzemni deo biljke, što smanjuje pojavu biljnih bolesti
- U toku navodnjavanja mogu se obavljati i druge agrotehničke mere (zaštita od bolesti, orezivanje, berba, itd)
- Uniformnost zalivanja je veoma visoka, čak do 95%
- Mogućnost navodnjavanja parcela nepravilnog oblika
- Može se primenjivati na neravnim površinama i nagnutim terenima
- Uticaj vetra je zanemarljiv
- Ušteda energije zbog malih radnih pritisaka
- Rad sistema je najčešće potpuno automatizovan
- Ušteda u radnoj snazi

Nedostatci sistema za navodnjavanje kapanjem su:

Napomena: U praktikumu su korišćene jedinice izvedene iz Međunarodnog sistema mernih jedinica (SI) ali su zbog lakše uočljivosti i razumljivosti korišćene nestandardne oznake pojedinih mernih jedinica. Pre svega se to odnosi na jedinice za vreme (čas umesto h, sek umesto s) i jedinicu za zapreminu (lit umesto l).

- Često se otvori kapaljki mehaničkim, hemijskim ili biološkim delovanjem začepo što sprečava pravilnu raspodelu vode. Zbog toga se na sistemima za navodnjavanje kapa obavezno primenjuje filtriranje vode
- Kod ovog načina navodnjavanja može doći do akumulisanja određene količine soli u gornjem delu prokvašenog zemljišta
- Česta oštećenja izazvana mašinama ili glodarima
- Sunce može negativno uticati na trajnost laterala
- Na kraju vegetacije mora se obezbediti prostor za skladištenje laterala i ostale opreme sistema
- Nije pogodno za veće površine
- Investiciono ulaganje je veliko

Sistem za navodnjavanje kapa se u opštem slučaju sastoji od sledećih elemenata: pumpe, filtera, ventila, uređaja za fertirigaciju, manometra, vodomera, cevovoda (glavni, razvodni, zalivni) i emitera (kapaljki). Na slici 1 su prikazani elementi sistema.



- | | |
|----------------------|-------------------------------|
| 1. Pumpa | 9. Vazdušni ventil |
| 2. Nepovratni ventil | 10. Kontrolni ventil |
| 3. Ventil | 11. Razvodni cevovod |
| 4. Manometar | 12. Zalivni cevovod (lateral) |
| 5. Filteri | 13. Kapaljka |
| 6. Tank za đubrivo | 14. Zatvarač |
| 7. Injektor đubriva | 15. Ispust |
| 8. Glavni cevovod | |

Slika 1. Šematski prikaz sistema kap po kap

Snabdevanje vodom sistema za navodnjavanje kapanjem može biti gravitaciono ili uz pomoć pogonskog agregata (motor i pumpa). Najčešće se upotrebljavaju centrifugalne pumpe relativno male snage, protoka i sa relativno malom manometarskom visinom.

Jedan od osnovnih preduslova za uspešno funkcionisanje sistema "kap po kap" je voda odgovarajućeg kvaliteta, što se postiže filtriranjem. Zbog veoma malih otvora kapljača, začepijavanje je najveća mana ovog sistema. Filterima se zadržavaju čvrste čestice u vodi, ali ne mogu da zadrže hemijska jedinjenja. Na ovim sistemima najčešće se koriste peščani filtri i grubi i fini mehanički filtri (mreže, sita).

Cevovodi se izvode od materijala koji je otporan na koroziju da ne bi došlo do zapušavanja kapaljki. Glavni i razvodni cevovodi su obično tvrde PVC ili polietilenske cevi. Laterali su vodovi od polietilenskih fleksibilnih cevi koji idu duž redova kultura. Relativno su malog prečnika, najčešće od 12 do 25 mm. Radni pritisci koji treba da izdrže su uglavnom od 40 m vodenog stuba (≈ 4 bara) ili 60 m (≈ 6 bara). Najčešće se nalaze na površini kod zalivanja ratarskih, povrtarskih i hortikulturnih biljaka, dok u voćnjacima i vinogradima laterali mogu biti izdignuti (Slika 2). Laterali su najčešće dužine do 100 – 200 m. Na njima se nalaze kapljači čiji broj zavisi od dužine laterala i rastojanja kapaljki.



Slika 2. Laterali postavljeni na površini zemljišta i izdignuti

Najvažniji element u sistemu je kapaljka (Slika 3) kroz koju voda ističe u vidu kapljica do površine zemljišta. Na tržištu postoji veliki broj kapaljki koje rade na različitim principima i uglavnom su to patentna rešenja proizvođača opreme koja se stalno usavršavaju sa novim konstrukcijama. Prave se uglavnom od plastičnih materijala. Protok kapaljki se uglavnom kreće u granicama od 1 – 10 lit/čas uz optimalni radni pritisak od oko 1 – 1,5 bara. Kapaljke se mogu ugrađivati sa spoljne strane laterala ili u sam lateral.



Slika 3. Primeri kapaljki

PROJEKTOVANJE ZALIVNOG SISTEMA "KAP PO KAP"

Za potrebe izrade projekta zalivnog sistema "kap po kap" neophodno je raspolagati podacima o potrebama za vodom kultura koje se zalivaju, podacima o vodno-fizičkim karakteristikama zemljišta, geodetskim podlogama sa visinskom predstavom terena i dr. U nastavku je prikazan postupak projektovanja zalivnog sistema voćnjaka jabuka.

Zadatak

Izraditi projekat sistema za zalivanje voćnjaka jabuka metodom "kap po kap". Voćnjak je površine od **1,75 ha**, pravougaonog oblika sa stranicama parcele od **175 m** i **100 m**, kako je to prikazano na situacionom planu (Slika 4).

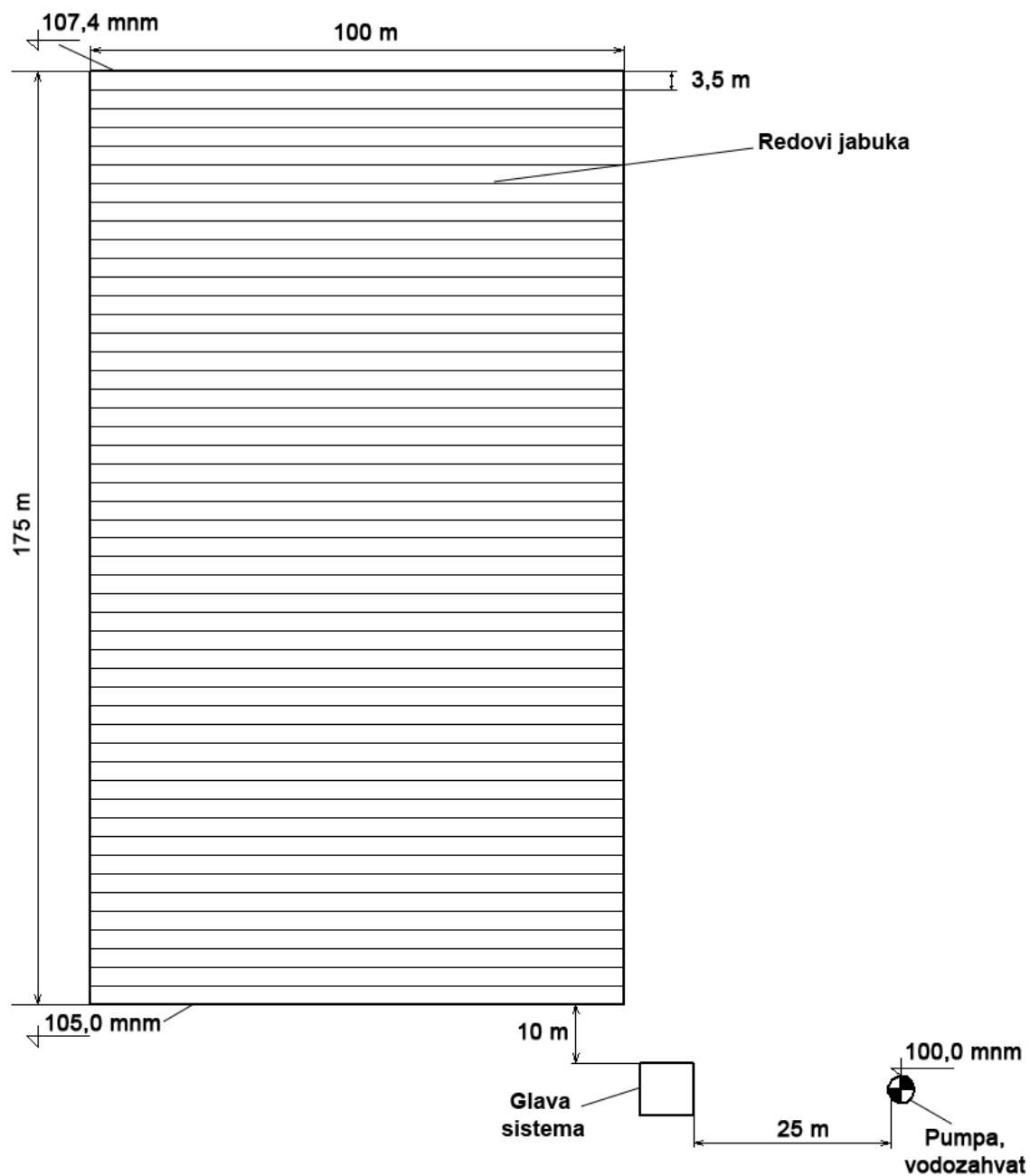
Parcela je pod blagim i ravnomernim padom. Najviša kota parcele je **107,4 mnm** a najniža je **105,0 mnm**. Kao vodozahvat će se koristiti akumulacija čiji se prosečni nivo vode nalazi na koti **100,0 mnm**.

U voćnjaku se odvija intenzivna proizvodnja jabuka sa razmakom između redova od **a = 3,5 m** i razmakom stabala u redu od **b = 1,0 m**. Pokrovnost iznosi **$P_k = 80\%$** . Potreba jabuke za vodom u kritičnom periodu iznosi **$ET_{jabuka} = 6,4 \text{ mm/dan}$** .

Ukupna količina pristupačne vode u zemljištu iznosi **$UPV = 150 \text{ mm/m}$** , a dubina aktivne rizosfere je **$h = 50 \text{ cm}$** . Dozvoljeno isušivanje zemljišta iznosi **$d = 20\%$** .

Rešenje zadatka treba da sadrži:

- Proračun zalivnih normi, intervala i trajanja zalivanja;
- Dispoziciju kapaljki, zalivnih cevi, razvodnika, glavnog cevovoda, glave sistema, potisnog cevovoda i pumpe;
- Proračun protoka i hidrauličkih gubitaka zalivnih cevi, razvodnih cevi, glavnog i potisnog cevovoda;
- Proračun potrebne snage crpnog agregata.



Slika 4. Situacioni plan voćnjaka jabuka

1) Proračun zalivnih normi, intervala i trajanja zalivanja

Kod navodnjavanja tehnikom "kap po kap" potrebo je izvršiti redukciju izračunate ETP u zavisnosti od stepena pokrivenosti površine zemljišta sa zasadom (pokrovnost P_K). Prema navodima Savva i Frenken (2002), Keller i Bliesner (1990) su predložili sledeću relaciju za određivanje stvarnih potreba za vodom prilikom korišćenja zalivnog sistema "kap po kap":

$$ET_C^K = ET_C \cdot 0,1 \cdot \sqrt{P_K} \quad [\text{mm/dan}]$$

U ovom primeru stvarne potrebe za vodom jabuke u sistemu "kap po kap" iznose:

$$ET_{jabuka}^K = ET_{jabuka} \cdot 0,1 \cdot \sqrt{P_K} = 6,4 \cdot 0,1 \cdot \sqrt{80} = 5,7 \text{ mm / dan}$$

Ukupna količina vode u zoni rizosfere (UPV_R) računa se kao proizvod ukupne količine pristupačne vode u zemljištu po metru dubine zemljišta (UPV) i dubine aktivne zone rizosfere (h):

$$UPV_R = UPV \cdot h \quad [\text{mm}]$$

U ovom primeru ukupna količina vode u zoni rizosfere iznosi:

$$UPV_R = UPV \cdot h = 150 \text{ mm / m} \cdot 0,5 \text{ m} = 75 \text{ mm}$$

Na osnovu ukupne količine vode u zoni rizosfere i dozvoljenog procenta isušivanja zemljišta (d) dolazi se do količine vode koju zalivanjem treba nadoknaditi zemljištu, odnosno do neto zalivne norme (NZN). Neto zalivna norma se kod sistema "kap po kap" odnosi na površinu koja se vlaži (P_V) tako da se i ona mora uzeti u obzir. Površina koja se vlaži sistemima "kap po kap" prema literaturnim podacima se kreće u granicama od 33%-67%. Prema preporukama FAO (Organizacije ujedinjenih nacija za hranu i poljoprivredu) P_V se za širokorede kulture (razmaci u redu ili razmaci redova veći od 1,8 m) kreće u granicama od 50%-60% u regionima sa manjim količinama padavina, a oko 40% u regionima sa većim količinama padavina. Neto zalivna norma u sistemima "kap po kap" proračunava se sledećom formulom:

$$NZN = UPV_R \cdot d \cdot P_V \quad [\text{mm}]$$

Usvaja se da površina koja se vlaži iznosi 40% od ukupne površine, tako da neto zalivna norma iznosi:

$$NZN = UPV_R \cdot d \cdot P_v = 75 \text{ mm} \cdot \frac{20\%}{100} \cdot \frac{40\%}{100} = 6 \text{ mm}$$

Da bi se dobio deficit koji je potrebno nadoknaditi uređajem za navodnjavanje, neto zalivni deficit se mora uvećati za gubitke vode pri zalivanju. To su gubici na poniranje, površinsko oticanje (kod strmijih terena), na spojevima cevovoda, itd. Kod sistema "kap po kap" ovi su gubici mnogo manji nego kod ostalih i procenjuju se na oko 5% ($E_a = 95\%$) od neto deficita. Bruto zalivna norma (BZN) se računa formulom:

$$BZN = \frac{NZN}{E_a} \quad [\text{mm}]$$

U ovom primeru bruto zalivna norma iznosi:

$$BZN = \frac{NZN}{E_a} = \frac{6 \text{ mm}}{0,95} = 6,3 \text{ mm}$$

Interval ili turnus zalivanja (I_z) određuje se proračunavanjem vremena koje je potrebno da se ukupna količina vode u zoni rizosfere na površini koja se vlaži snizi, odnosno isuši do dozvoljenog nivoa. Ova količina vode predstavlja neto zalivnu normu a trajanje isušivanja do dozvoljenog nivoa zavisi od intenziteta evapotranspiracije. Interval zalivanja se određuje sledećom formulom:

$$I_z = \frac{NZN}{ET_c^K} \quad [\text{dan}]$$

U ovom primeru interval zalivanja iznosi:

$$I_z = \frac{NZN}{ET_c^K} = \frac{6 \text{ mm}}{5,7 \text{ mm/dan}} = 1,1 \text{ dan}$$

Usvojiće se da interval ili turnus zalivanja iznosi 1 dan, odnosno zalivanje u kritičnom periodu vršiće se svakoga dana.

$$I_z = 1 \text{ dan} \quad (\text{usvojeno})$$

Zbog toga što se usvojena vrednost intervala zalivanja razlikuje od proračunate vrednosti, mora za korigovati vrednost neto zalivne norme. Kako je interval zalivanja jedan dan a dnevne potrebe jabuke za vodom u kritičnom periodu u sistemima "kap po kap" iznose 5,7 mm, neto zalivna norma iznosiće 5,7 mm/dan. Korigovana neto zalivna norma računa se:

$$NZN = I_z \cdot ET_c^K \quad [\text{mm}]$$

U ovom primeru korigovana neto zalivna norma iznosi:

$$NZN = I_z \cdot ET_c^K = 1 \text{ dan} \cdot 5,7 \text{ mm} / \text{dan} = 5,7 \text{ mm}$$

Korigovana bruto zalivna norma se dobija na osnovu korigovane neto zalivne norme i efikasnosti zalivnog sistema i u ovom primeru iznosi:

$$BZN = \frac{NZN}{Ea} = \frac{5,7 \text{ mm}}{0,95} = 6 \text{ mm}$$

Trajanje zalivanja (T) zavisi od bruto zalivne norme, površine oko biljke sa koje se vrši evapotranspiracija (P), broja kapaljki po biljci (n) i protoka kapaljki (q). Broj kapaljki oko biljke se može odrediti metodom probe, iz iskustva, na osnovu preporuka proizvođača opreme ili računskim putem ukoliko se poznaje procenat površine koja se vlaži (Pv) i površina zalivanja jedne kapaljke. U ovom primeru broj kapaljki po stablu jabuke iznosiće $n = 1$, a ukoliko nastavak proračuna bude zahtevao, broj kapaljki će se povećati i korigovati ceo proračun. Trajanje zalivanja računa se:

$$T = \frac{BZN \cdot P}{n \cdot q} \quad [\text{čas}]$$

Površina oko biljke sa koje se vrši evapotranspiracija iznosi:

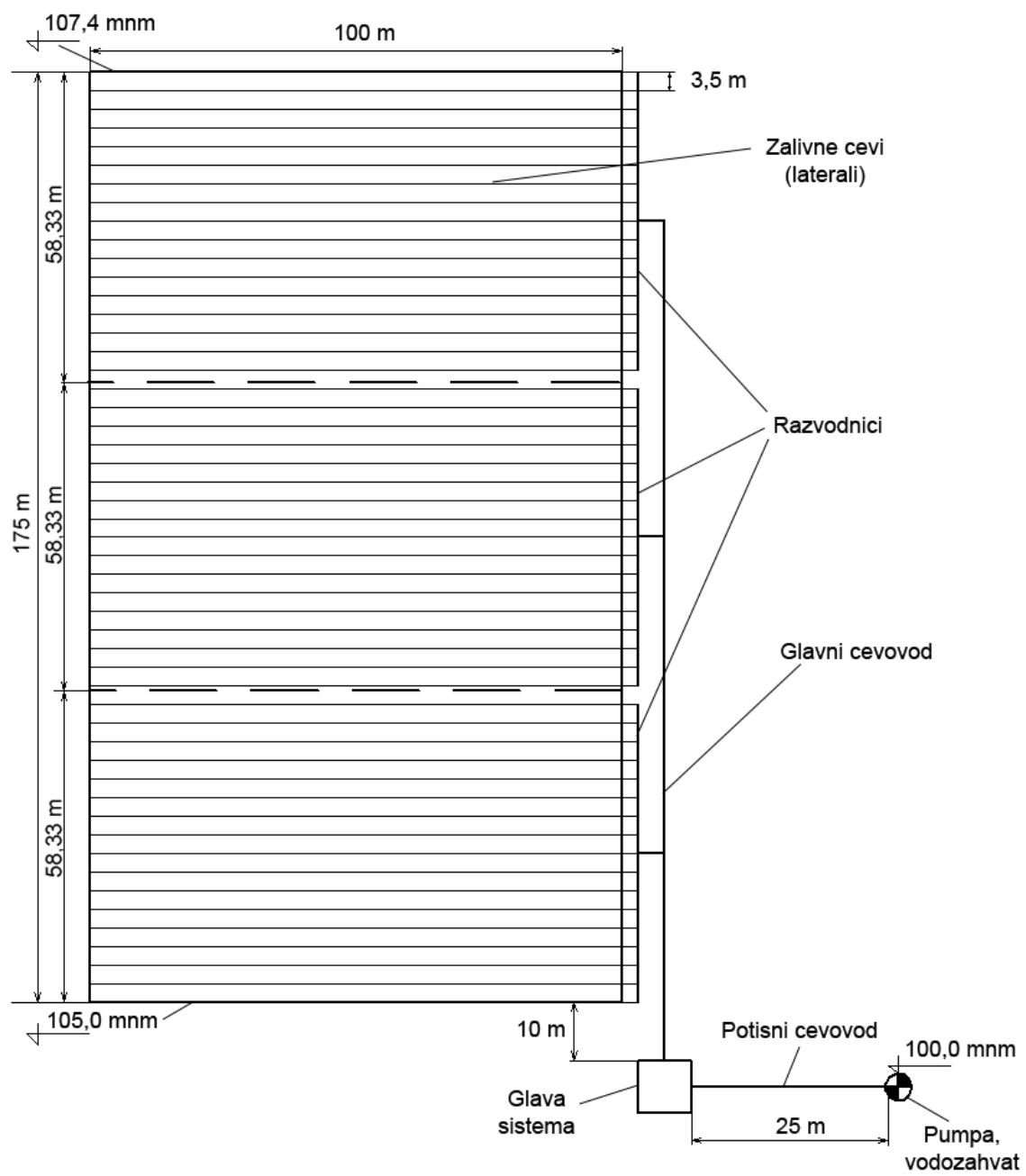
$$P = a \cdot b = 3,5 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 3,5 \text{ m}^2$$

Odgovarajuće kapaljke biraju se iz kataloga proizvođača. U ovom primeru odabrana je kapaljka sa protokom od $q = 3,0 \text{ lit}/\text{čas}$, optimalnim radnim pritiskom od $H_a = 1 \text{ bar}$, koeficijentom varijacije protoka kapaljke $C_v = 0,03$ i eksponentom kapaljke od $X = 0,48$.

U ovom primeru trajanje zalivanja iznosi:

$$T = \frac{BZN \cdot P}{n \cdot q} = \frac{6 \text{ mm} \cdot 3,5 \text{ m}^2}{1 \cdot 3 \text{ lit} / \text{čas}} = 7 \text{ časova}$$

Efektivno radno vreme sistema u jednom radnom danu (zavisi od funkcionalne sposobnosti sistema - kvarovi, manipulacije na sistemu, itd.) u periodima sa najvećim potrebama za vodom, u najboljem slučaju je 20-22 časa. Iz ovoga proizilazi da se parcela može podeliti na **3 zalivna polja** koja će se zalivati po 7 časova, a ukupno 21 čas. Situacioni plan voćnjaka sa tri zalivna polja prikazana je na slici 5.



Slika 5. Situacioni plan voćnjaka jabuka sa tri zalivna polja

2) Proračun dozvoljene varijacije u pritisku

Da bi se postigla zadovoljavajuća uniformnost zalivanja i ujednačeni prinosi, razlike u protoku između bilo koje dve kapaljke koje rade istovremeno ne bi smele biti veće od 10% a varijacije u pritisku veće od 20%. FAO i američko društvo inženjera poljoprivrede (ASAE) preporučuju korišćenje tabele 1 i jednačine za određivanje uniformnosti – ujednačenosti protoka kapaljki:

$$q_m = \frac{E_U \cdot q}{100 \cdot \left(1 - 1,27 \cdot \frac{C_V}{\sqrt{n}}\right)} \quad [\text{lit}/\text{čas}]$$

Gde su:

- E_U uniformnost protoka (%),
- q_m minimalni dozvoljeni protok kapaljke (lit/čas),
- q prosečan protok kapaljke (lit/čas),
- C_V koeficijent varijacije protoka kapaljke,
- n broj kapaljki po biljci.

Tabela 1. Preporučene vrednosti uniformnosti protoka (FAO, 2002)

| Vrsta emitera | Razmak emitera (m) | Topografija | Nagib terena (%) | E_U (%) |
|--|--------------------|----------------------------|------------------|-----------|
| Tačkasti, višegodišnje kulture | > 4 | Ravan teren, uniformni pad | < 2 | 90-95 |
| | | Neravan teren | > 2 | 85-90 |
| Tačkasti, višegodišnje kulture | < 4 | Ravan teren, uniformni pad | < 2 | 85-90 |
| | | Neravan teren | > 2 | 80-90 |
| Linijski, jednogodišnje i višegodišnje kulture | Svi | Ravan teren, uniformni pad | < 2 | 80-90 |
| | | Neravan teren | > 2 | 70-85 |

U ovom primeru usvaja se vrednost E_U od **85%** (tačkasti tip emitera - kapaljke na višegodišnjim kulturama, blag i ravnomeran pad terena). Minimalni dozvoljeni protok kapaljke iznosi:

$$q_m = \frac{E_u \cdot q}{100 \cdot \left(1 - 1,27 \cdot \frac{C_v}{\sqrt{n}}\right)} = \frac{85\% \cdot 3 \text{ lit} / \text{čas}}{100 \cdot \left(1 - 1,27 \cdot \frac{0,03}{\sqrt{1}}\right)} = 2,65 \text{ lit} / \text{čas}$$

Potreban pritisak (H_m) da bi se ostvario minimalni protok, izražen u metrima vodenog stuba, računa se sledećom formulom:

$$H_m = H_a \cdot \left(\frac{q_m}{q}\right)^{\frac{1}{x}} \quad [\text{m}]$$

Kako je radni pritisak kapaljke $H_a = 1 \text{ bar}$, potrebno ga je izraziti u metrima vodenog stuba.

$$1 \text{ bar} = 10,2 \text{ m} \quad \rightarrow \quad H_a = 1 \text{ bar} = 10,2 \text{ m}$$

Pritisak potreban da za minimalni protok kapaljke iznosi:

$$H_m = H_a \cdot \left(\frac{q_m}{q}\right)^{\frac{1}{x}} = 10,2 \text{ m} \cdot \left(\frac{2,65 \text{ lit} / \text{čas}}{3 \text{ lit} / \text{čas}}\right)^{\frac{1}{0,48}} = 7,9 \text{ m}$$

Dozvoljena varijacija u pritisku (ΔH_s) računa se sledećom formulom:

$$\Delta H_s = 2,5 \cdot (H_a - H_m)$$

i u ovom primeru iznosi:

$$\Delta H_s = 2,5 \cdot (H_a - H_m) = 2,5 \cdot (10,2 \text{ m} - 7,9 \text{ m}) = 5,75 \text{ m}$$

Ukoliko se u nastavku proračuna pokaže da su razlike u pritiscima u sistemu veće od ΔH_s proračun će se morati korigovati jer će razlike u protocima između pojedinih kapaljki biti veće od dozvoljenih i zalivanje neće biti ujednačeno. Tada će se morati smanjiti hidraulički gubici u sistemu odabirom većih prečnika cevi ili eventualno odabrati kapaljke drugačijih karakteristika. Ako će se koristiti kapaljke sa kompenzacijom pritiska (često se koriste na neravnim terenima sa velikim visinskim razlikama na parceli), tada će varijacije protoka kapaljke biti minimalne bez obzira na varijacije pritiska. U tom slučaju ovaj deo proračuna se izostavlja.

3) Proračun protoka i hidrauličkih gubitaka u lateralu

Ukupan protok laterala (Q_L) zavisi od broja kapaljki na lateralu (N_K) i protoka kapaljke (q). U ovom primeru oko jednog stabla biće postavljena jedna kapaljka. Kako je dužina

lateralu $L_L = 100 \text{ m}$ a stabla/kapaljke su na 1 m rastojanja, ukupan broj kapaljki na lateralu iznosi $N_K = 101$ ($100 / 1 = 100$, plus kapaljka na prvom ili poslednjem stablu) .

$$Q_L = N_K \cdot q \quad [\text{lit}/\text{čas}, \text{m}^3/\text{čas}]$$

$$Q_L = N_K \cdot q = 101 \cdot 3 \text{ lit} / \text{čas} = 303 \text{ lit} / \text{čas} = 0,3 \text{ m}^3 / \text{čas}$$

Hidraulički gubici u lateralu se računaju sledećom formulom:

$$H_L = L_L \cdot I \cdot F \quad [\text{m}]$$

Gde su:

- H_L hidraulički gubici u lateralu (m),
- L_L dužina laterala (m),
- I hidraulički pad pritiska,
- F redukcionni faktor.

Hidraulički pad pritiska očitava se sa nomograma koji daje proizvođač cevi. Na osnovu protoka cevi dobija se vrednost hidrauličkog pada pritiska u zavisnosti od prečnika cevi i radnog pritiska koje treba da izdrže cevi. Na slici 6 prikazan je primer nomograma za određivanje hidrauličkog pada pritiska za polietilenske cevi (najčešće se koriste za laterale).

U ovom primeru vrednost hidrauličkog pada u lateralu iznosi $I = 4,7\%$ ($0,047$) jer je protok laterala $0,3 \text{ m}^3/\text{čas}$ a odabrana je cev prečnika $\varnothing 16 \text{ mm}$, radnog pritiska do 40 m.

Zalivna cev – lateral je cev za više izlaza i u njoj se protok smanjuje duž toka. Zbog toga se za proračun gubitka pritiska mora uzeti u obzir redukcionni koeficijent F . U tabeli 2 date su vrednosti redukcionnog faktora F u zavisnosti od broja izlaza. U ovom primeru lateral ima 101 kapljač tako da redukcionni koeficijent iznosi $F = 0,351$.

Hidraulički gubici u lateralu su:

$$H_L = L_L \cdot I \cdot F = 100 \text{ m} \cdot 0,047 \cdot 0,351 = 1,65 \text{ m}$$

Hidraulički gubici u cevima se mogu izračunati i korišćenjem Darcy-Weisbach-ove ili Hazen-Williams-ove jednačine.

Tabela 2. Vrednosti redukcionog faktora F za proračun gubitaka u cevima sa više izlaza

| Broj izlaza | F | Broj izlaza | F |
|-------------|-------|-------------|-------|
| 1 | 1,0 | 16 | 0,382 |
| 2 | 0,639 | 17 | 0,380 |
| 3 | 0,535 | 18 | 0,389 |
| 4 | 0,486 | 19 | 0,377 |
| 5 | 0,457 | 20 | 0,376 |
| 6 | 0,435 | 22 | 0,374 |
| 7 | 0,426 | 24 | 0,372 |
| 8 | 0,415 | 26 | 0,370 |
| 9 | 0,409 | 28 | 0,369 |
| 10 | 0,402 | 30 | 0,368 |
| 11 | 0,397 | 35 | 0,365 |
| 12 | 0,394 | 40 | 0,364 |
| 13 | 0,391 | 50 | 0,361 |
| 14 | 0,387 | 100 | 0,356 |
| 15 | 0,384 | Preko 100 | 0,351 |

4) Proračun protoka i hidrauličkih gubitaka u razvodnim cevima

Parcela je dužine 175 m, a razmak između redova u voćnjaku je 3,5 m, tako da je ukupan broj laterala 51 (175 / 3,5 = 50, plus prvi ili poslednji lateral). U ovom primeru, parcela je podeljena na tri zalivna polja. Svako zalivno polje ima **17 laterala**. Dužina razvodnika je $L_R = 56 \text{ m}$ (16 x 3,5 = 56, 16 razmaka između laterala).

Protok u razvodniku Q_R zavisi od broja laterala i protoka laterala Q_L :

$$Q_R = Q_L \cdot \text{broj laterala} = 0,3 \text{ m}^3 / \text{čas} \cdot 17 = 5,1 \text{ m}^3 / \text{čas}$$

Hidraulički gubici u razvodnoj cevi se računaju sledećom formulom:

$$H_R = L_R \cdot I \cdot F \cdot p \quad [\text{m}]$$

Gde su:

- H_L hidraulički gubici u lateralu (m),
- L_R dužina razvodne cevi (m),
- I hidraulički pad pritiska,
- F redukcionni faktor,
- p pad pritiska na priključku laterala na razvodnu cev, $p = 1,1$ (usvaja se).

Na slici 7 prikazan je primer nomograma za određivanje hidrauličkog pada pritiska za tvrde PVC cevi (najčešće se koriste za razvodne i dovodne cevi).

U ovom primeru vrednost hidrauličkog pada u razvodnoj cevi iznosi $I = 1,65\%$ (**0,0165**) jer je protok razvodne cevi **5,1 m³/čas** a odabrana je cev prečnika **Ø50 mm**, radnog pritiska do 40 m.

Vrednost redukcionog koeficijenta iznosi **F = 0,380** (iz tabele 2) jer razvodna cev ima 17 izlaza.

Hidraulički gubici u razvodnoj cevi su:

$$H_R = L_R \cdot I \cdot F \cdot p = 56 \text{ m} \cdot 0,0165 \cdot 0,380 \cdot 1,1 = 0,39 \text{ m}$$

5) Provera pada pritiska u podsistemu

U ovom koraku je potrebno proveriti da li su razlike u pritiscima u podsistemu (jedno zalivno polje sa lateralima i razvodnikom) manje od ΔH_S da bi se obezbedilo ujednačeno zalivanje svih biljaka. Osim hidrauličkog pada pritiska u lateralima (H_L) i razvodniku (H_R) potrebno je uračunati i visinsku razliku terena na delu parcele na kome se nalazi posmatrano zalivno polje (h_{zp}). U ovom primeru voćnjak je podeljen na tri zalivna polja, a pošto je pad terena ravnomeran, usvojiće se da je visinska razlika terena jednog zalivnog polja 1/3 ukupne visinske razlike u voćnjaku, odnosno **$h_{zp} = 0,8 \text{ m}$** .

$$H_L + H_R + h_{zp} < \Delta H_S$$

$$1,65 \text{ m} + 0,39 \text{ m} + 0,8 \text{ m} = 2,84 \text{ m} < 5,75 \text{ m}$$

Pad pritiska u podsistemu je manji od dozvoljene granice što znači da su obezbeđeni uslovi za ujednačeno zalivanje.

6) Proračun protoka i hidrauličkih gubitaka u glavnom cevovodu

Prema situacionom planu, dužina glavnog cevovoda iznosi $L_G = 156 \text{ m}$.

$$L_G = 10 \text{ m} + 58,33 \text{ m} + 58,33 \text{ m} + 29,2 \text{ m} = 155,9 \approx 156 \text{ m}$$

Protok u glavnom cevovodu Q_G jednak je protoku u razvodniku Q_R jer će se zalivati samo po jedno zalivno polje. Tek kad se završi zalivanje jednog polja, počinje se sa zalivanjem drugog.

$$Q_G = Q_R = 5,1 \text{ m}^3 / \text{čas}$$

Za proračun hidrauličkih gubitaka u glavnom cevovodu koristiće se sledeća formula:

$$H_G = L_G \cdot I$$

Zbog toga što će se zalivati samo po jedno zalivno polje, nije potrebno koristiti redukcionni koeficijent F jer će cev imati samo jedan izlaz. U ovom primeru vrednost hidrauličkog pada u glavnom cevovodu iznosi $I = 0,58\%$ (**0,0058**) jer je protok **5,1 m³/čas** a odabrana je cev prečnika **Ø63 mm**, radnog pritiska do 40 m, nomogram na slici 7.

Hidraulički gubici u glavnom cevovodu su:

$$H_G = L_G \cdot I = 156 \text{ m} \cdot 0,0058 = 0,9 \text{ m}$$

7) Proračun protoka i hidrauličkih gubitaka u potisnom cevovodu

Prema situacionom planu, dužina potisnog cevovoda iznosi $L_P = 25 \text{ m}$.

Protok u potisnom cevovodu Q_P jednak je protoku u glavnom cevovodu Q_G i protoku u razvodniku Q_R .

$$Q_P = Q_G = Q_R = 5,1 \text{ m}^3 / \text{čas}$$

U ovom primeru vrednost hidrauličkog pada u potisnom cevovodu iznosi $I = 0,58\%$ (**0,0058**) jer je protok **5,1 m³/čas** a odabrana je cev prečnika **Ø63 mm**, radnog pritiska do 40 m, nomogram na slici 7.

Hidraulički gubici u potisnom cevovodu su:

$$H_P = L_P \cdot I = 25 \text{ m} \cdot 0,0058 = 0,15 \text{ m}$$

8) Proračun ukupnih hidrauličkih gubitaka u sistemu

Sumiranjem svih linijskih i lokalnih hidrauličkih gubitaka u sistemu dobija se ukupnih pad pritiska, odnosno zahtevani pritisak pumpe H_{UK} koji bi omogućio nesmetani rad zalivnog sistema. Zahtevani pritisak pumpe je manometarska visina dizanja pumpe i predstavlja ukupnu visinu dizanja pume i može se podeliti na usisnu i potisnu visinu.

Ukupni hidraulički gubici u sistemu sastoje se od (tabela 3): gubitka pritiska na usisnom cevovodu koji se računa prema empirijskom izrazu koji daje proizvođač (u ovom primeru

koristi se usvojena vrednost); gubitaka pritiska u glavnom, potisnom, razvodnim i zalivnim cevovodima; gubitka pritiska u "glavi sistema" (filteri, fertirigator, manometri, ventili, i dr., u ovom primeru koristi se usvojena vrednost); visine laterala u odnosu na površinu terena i radnog pritiska kapaljki.

Ovu sumu treba uvećati za 10% da bi se uračunali gubici na spojnica, a takođe potrebno je uračunati i visinsku razliku između nivoa vode u akumulaciji i najviše kote parcele.

Tabela 3. Proračun ukupnih hidrauličkih gubitaka u zalivnom sistemu

| | |
|--|------------------------------|
| H_U - gubitak pritiska na usisnom cevovodu | 0,6 m |
| H_P - gubitak pritiska u potisnom cevovodu | 0,15 m |
| H_K - gubitak pritiska u "glavi sistema" | 7,0 m |
| H_G - gubitak pritiska u glavnom cevovodu | 0,9 m |
| H_R - gubitak pritiska u razvodnom cevovodu | 0,39 m |
| H_{VL} - visina laterala u odnosu na površinu terena | 0,5 m |
| H_L - gubitak pritiska u lateralu | 1,65 m |
| H_a - radni pritisak kapaljke | 10,2 m |
| Σ | 21,40 m |
| Pad pritiska na spojnica, 10% | 2,1 m |
| Visinska razlika | 107,4 m – 100,0 m = 7,4 m |
| Ukupno | 30,90 m |

Ukupni pad pritiska u zalivnom sistemu, odnosno potreban pritisak pumpe iznosi $H_{UK} = 30,90$ m.

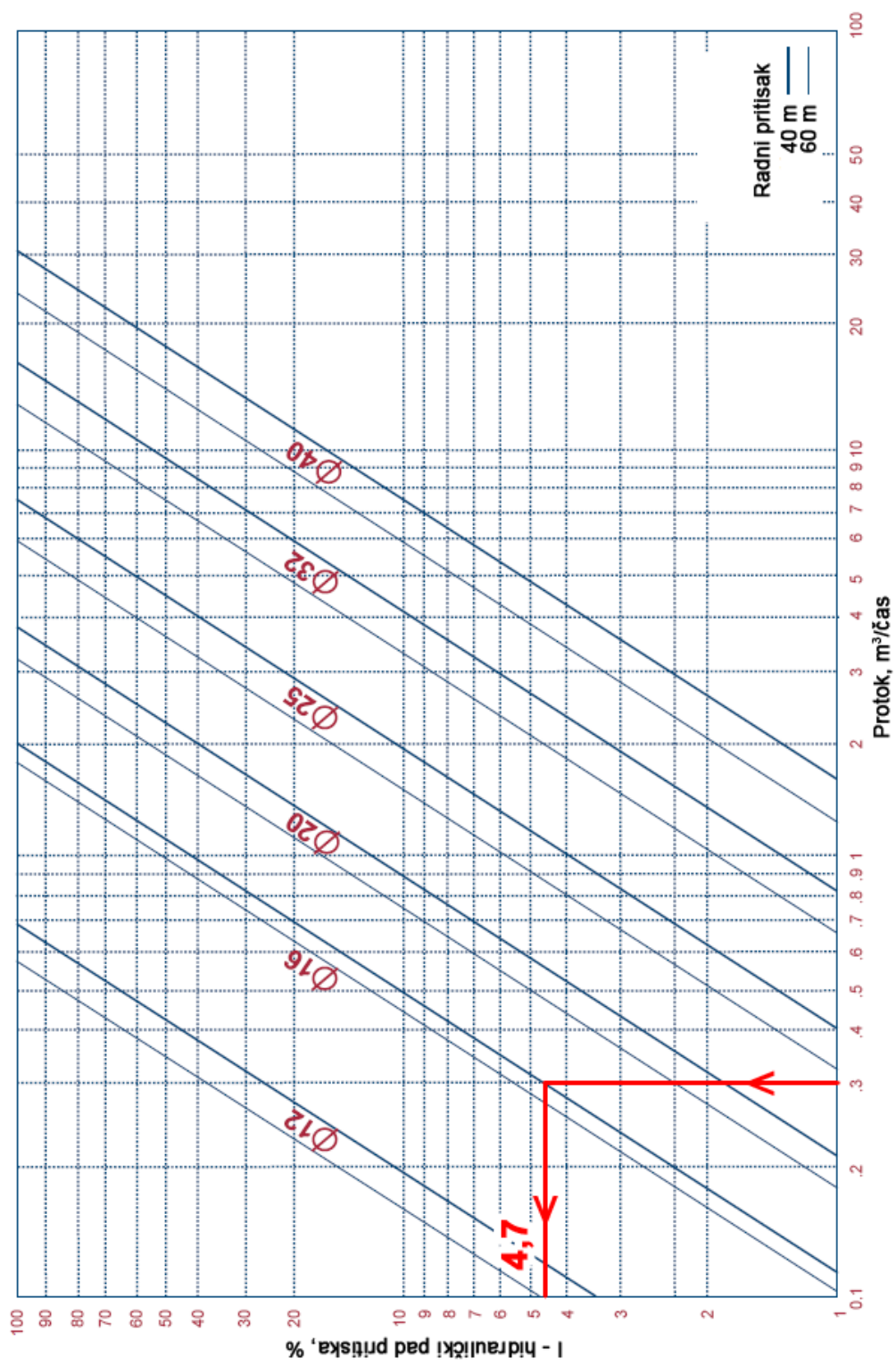
9) Proračun potrebne snage pumpe

Snaga pumpe srazmerna je manometarskoj visini dizanja pumpe (H), protoku (Q) i stepenu korisnog dejstva pumpe (η):

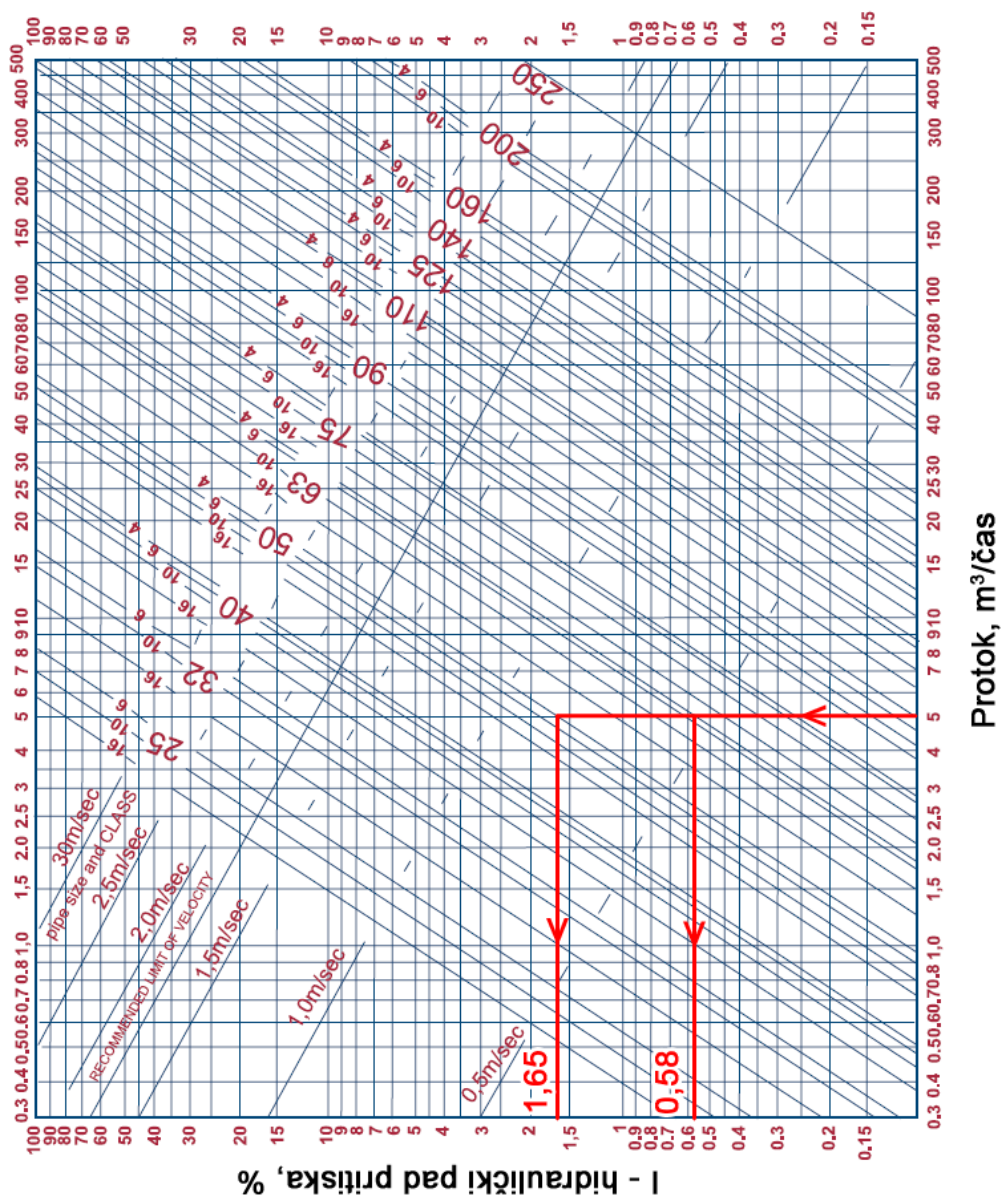
$$N(kW) = \frac{Q(m^3 / \text{čas}) \cdot H(m)}{360 \cdot \eta}$$

U ovom primeru protok iznosi $Q = 5,1$ m³/čas, manometarska visina dizanja pumpe iznosi $H = 30,92$ m a stepen korisnog dejstva pumpe je usvojena vrednost od $\eta = 0,55$ koje se dobija od proizvođača.

$$N = \frac{Q \cdot H}{360 \cdot \eta} = \frac{5,1 \cdot 30,92}{360 \cdot 0,55} = 0,8 \text{ kW}$$



Slika 6. Primer nomograma za određivanje hidrauličkog pada pritiska za polietilenske cevi



I - hidraulički pad pritiska, %

Protok, m³/čas

Slika 7. Primer nomograma za određivanje hidrauličkog pada pritiska za tvrde PVC cevi

VEŽBA 1

Izraditi projekat sistema za zalivanje _____ metodom "kap po kap". Parcela je površine od _____ ha, pravougaonog oblika sa stranicama od _____ m i _____ m, kako je to prikazano na situacionom planu (Slika 8).

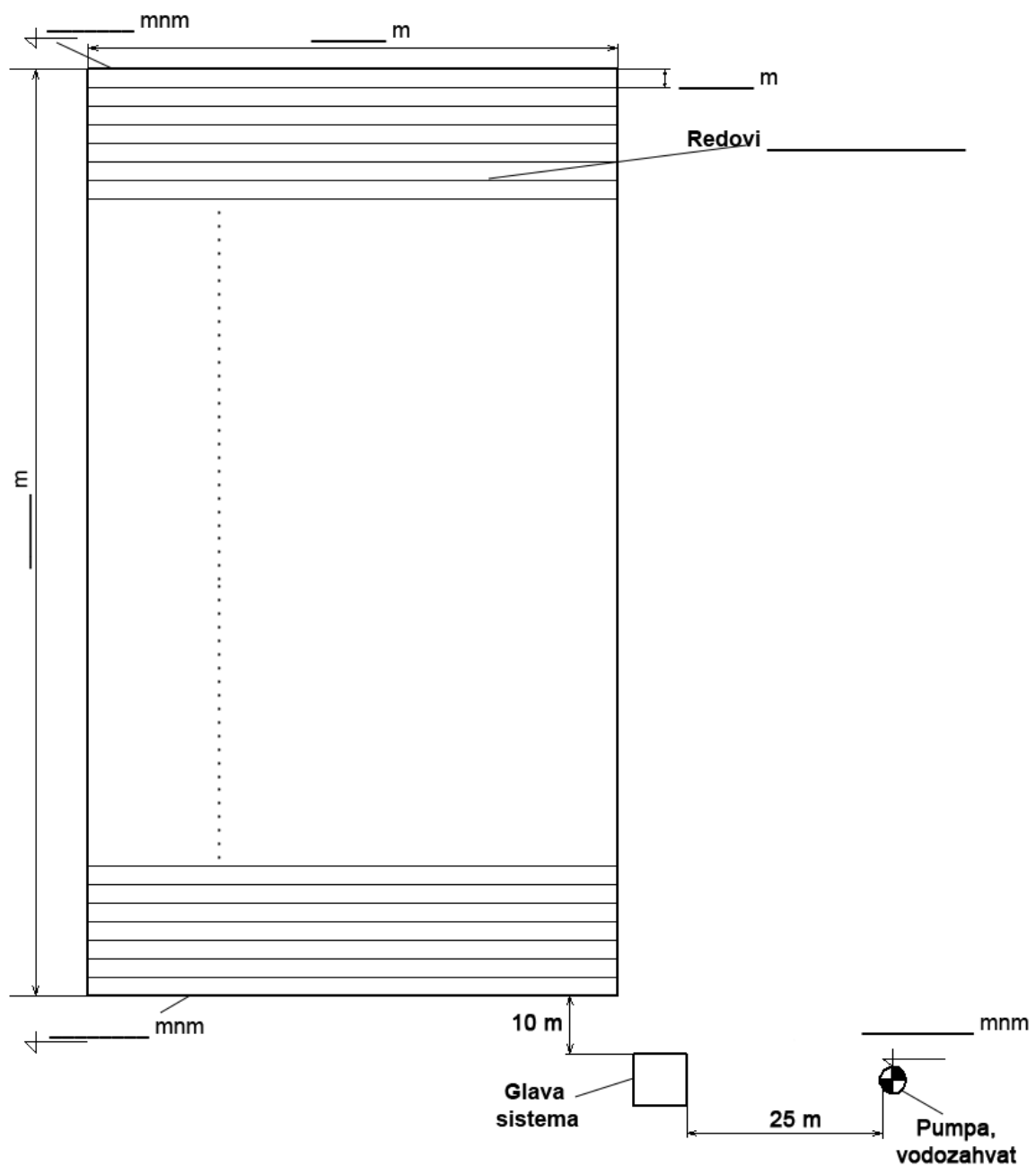
Parcela je pod blagim i ravnomernim padom. Najviša kota parcele je _____ mnm a najniža je _____ mnm. Kao vodozahvat će se koristiti akumulacija čiji se prosečni nivo vode nalazi na koti _____ mnm.

Na parceli se odvija intenzivna proizvodnja _____ sa razmakom između redova od $a =$ _____ m i razmakom u redu od $b =$ _____ m. Pokrovnost iznosi $P_K =$ ____%. Potreba _____ za vodom u kritičnom periodu iznosi $ET_c =$ _____ mm/dan.

Ukupna količina pristupačne vode u zemljištu iznosi $UPV =$ _____ mm/m, a dubina aktivne rizosfere je $h =$ _____ cm. Dozvoljeno isušivanje zemljišta iznosi $d =$ ____%.

Rešenje zadatka treba da sadrži:

- Proračun zalivnih normi, intervala i trajanja zalivanja;
- Dispoziciju kapaljki, zalivnih cevi, razvodnika, glavnog cevovoda, glave sistema, potisnog cevovoda i pumpe;
- Proračun protoka i hidrauličkih gubitaka zalivnih cevi, razvodnih cevi, glavnog i potisnog cevovoda;
- Proračun potrebne snage crpnog agregata.

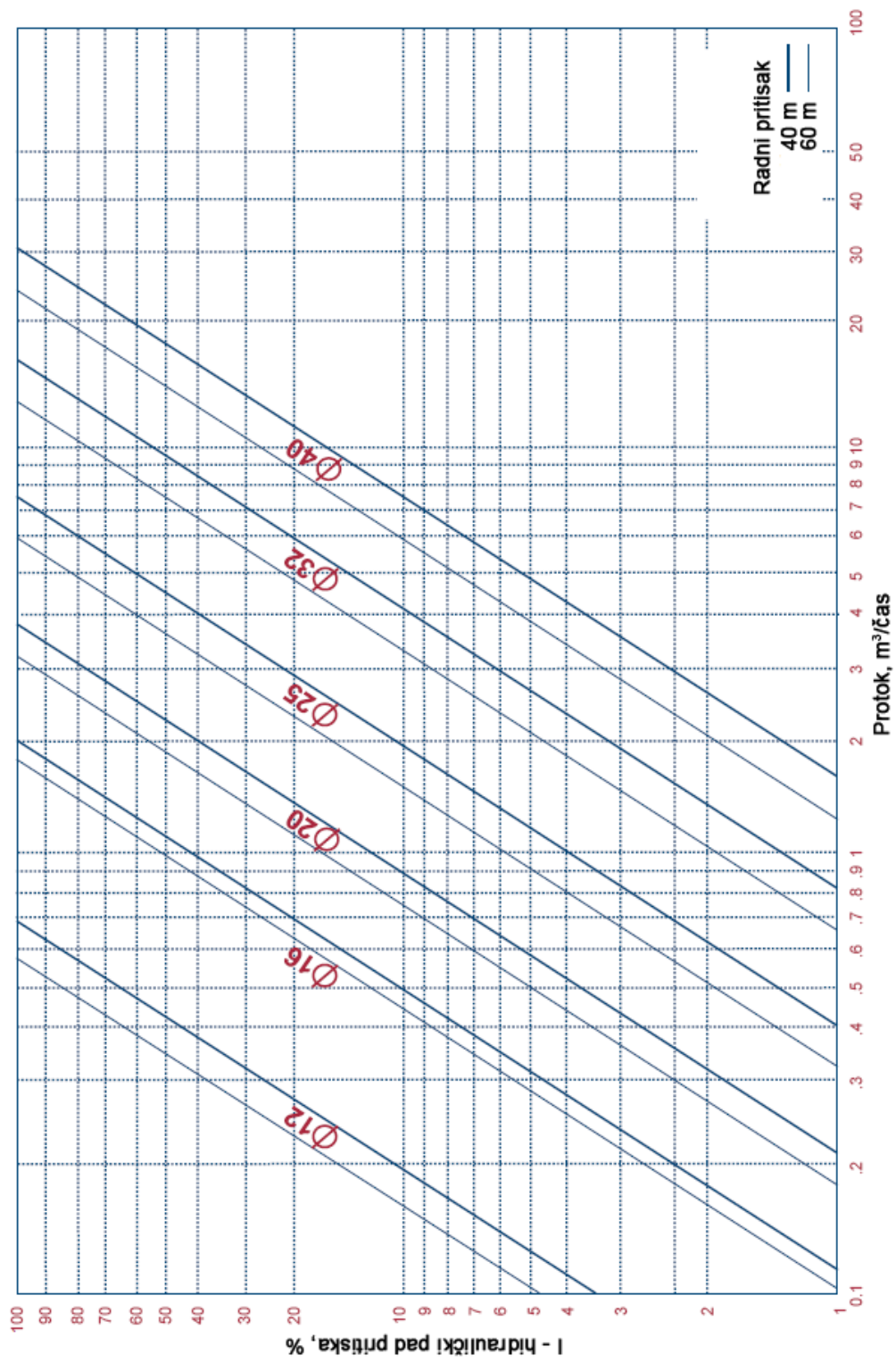


Slika 8. Situacioni plan parcele pod zalivnim sistemom "kap po kap"

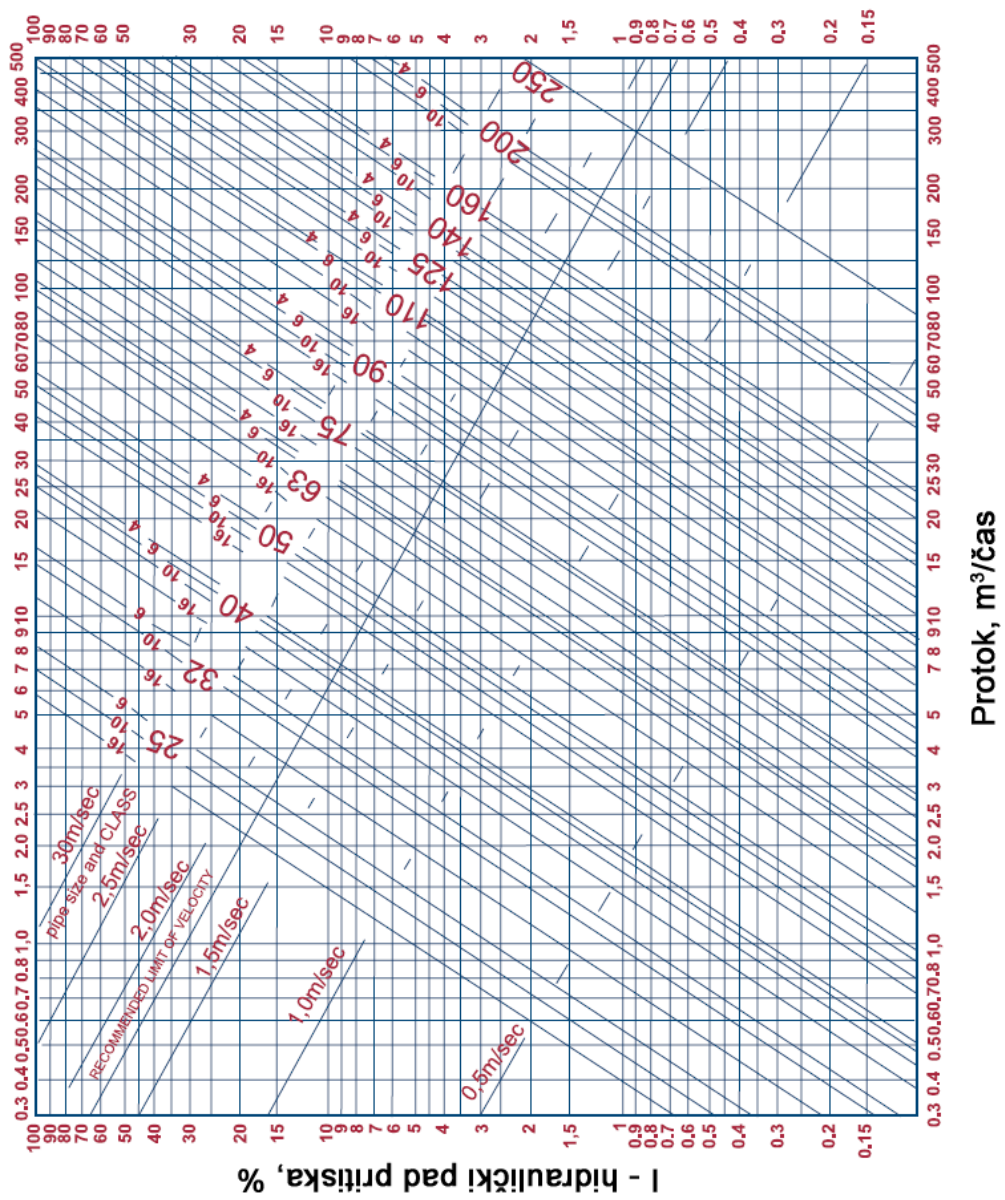
Na situacionom planu ucrtati granice zalivnih polja, glavnu i razvodne cevi i upisati njihove dužine. Rezultate proračuna upisati u tabelu 4. Prilikom proračuna koristiti nomograme na slikama 9 i 10.

Tabela 4. Rezultati proračuna

| | |
|--|----------------|
| 1) Proračun zalivnih normi, intervala i trajanja zalivanja | |
| Stvarne potrebe za vodom _____ u sistemu "kap po kap" | $ET_c^k =$ |
| Ukupna količina vode u zoni rizosfere | $UPV_R =$ |
| Neto zalivna norma | $NZN =$ |
| Bruto zalivna norma | $BZN =$ |
| Interval zalivanja | $I_z =$ |
| Korigovana neto zalivna norma | $NZN =$ |
| Korigovana bruto zalivna norma | $BZN =$ |
| Broj kapaljki po biljci | $n =$ |
| Površina oko biljke sa koje se vrši evapotranspiracija | $P =$ |
| Trajanje zalivanja | $T =$ |
| Broj zalivnih polja | |
| 2) Proračun dozvoljene varijacije u pritisku | |
| Radni pritisak kapaljke | $H_a =$ |
| Minimalni dozvoljeni protok kapaljke | $q_m =$ |
| Pritisak potreban za minimalni protok kapaljke | $H_m =$ |
| Dozvoljena varijacija u pritisku | $\Delta H_s =$ |
| 3) Proračun protoka i hidrauličkih gubitaka u lateralu | |
| Dužina laterala | $L_L =$ |
| Ukupan broj kapaljki na lateralu | $N_K =$ |
| Protok laterala | $Q_L =$ |
| Hidraulički gubici u lateralu | $H_L =$ |
| 4) Proračun protoka i hidrauličkih gubitaka u razvodnim cevima | |
| Broj laterala u zalivnom polju | |
| Dužina razvodnika | $L_R =$ |
| Protok u razvodniku | $Q_R =$ |
| Hidraulički gubici u razvodnoj cevi | $H_R =$ |
| 5) Provera pada pritiska u podsistemu | |
| | |
| 6) Proračun protoka i hidrauličkih gubitaka u glavnom cevovodu | |
| Dužina glavnog cevovoda | $L_G =$ |
| Protok u glavnom cevovodu | $Q_G =$ |
| Hidraulički gubici u glavnom cevovodu | $H_G =$ |
| 7) Proračun protoka i hidrauličkih gubitaka u potisnom cevovodu | |
| Dužina potisnog cevovoda | $L_P =$ |
| Protok u potisnom cevovodu | $Q_P =$ |
| Hidraulički gubici u potisnom cevovodu | $H_P =$ |
| 8) Proračun ukupnih hidrauličkih gubitaka u sistemu | |
| Ukupni hidraulički gubici u sistemu | $H_{UK} =$ |
| 9) Proračun potrebne snage pumpe | |
| Stepen korisnog dejstva pumpe | $\eta =$ |
| Snaga pumpe | $N =$ |



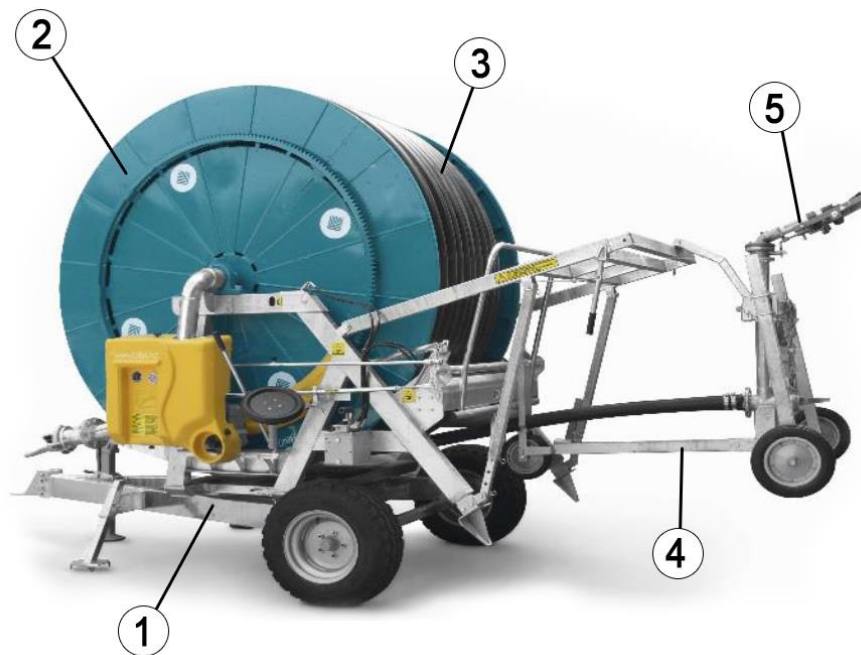
Slika 9. Nomogram za određivanje hidrauličkog pada pritiska za polietilenske cevi



Slika 10. Nomogram za određivanje hidrauličkog pada pritiska za tvrde PVC cevi

2. SAMOHODNI SEKTORSKI RASPRSKIVAČ - TIFON

Samohodni sektorski rasprskivač – **tifon** je uređaj za zalivanje koji se sastoji od velikog kotura na šasiji sa točkovima, na koji se u toku rada namotava ili odmotava fleksibilna gumena (polietilenska) cev, na čijem kraju se nalazi rasprskivač na kolicima ili sankama (Slika 11).



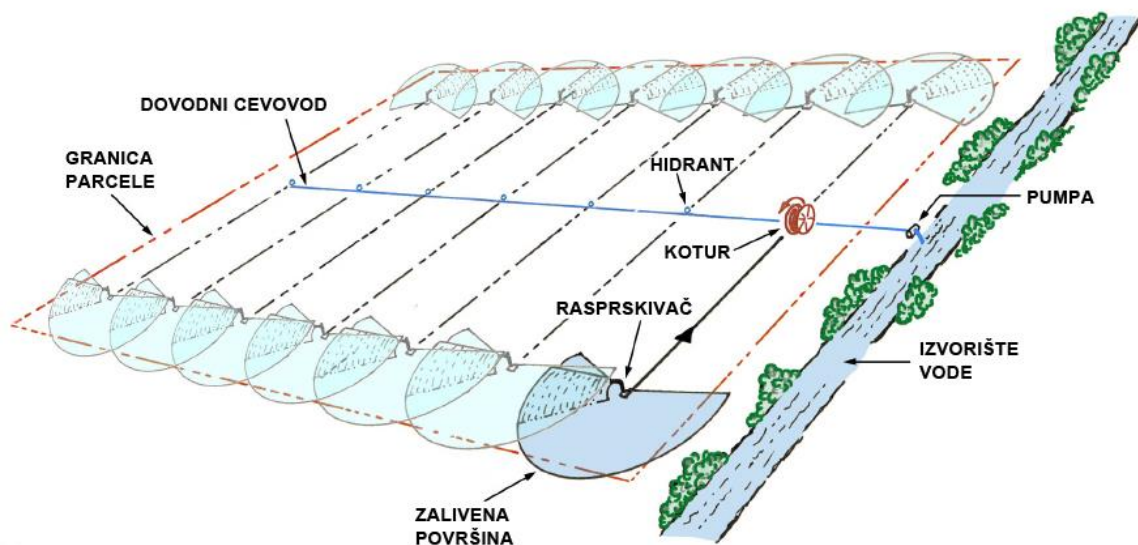
1. Šasija sa točkovima
2. Kotur
3. Fleksibilno crevo
4. Kolica ili sanke
5. Rasprskivač – kišni top

Slika 11. Delovi samohodnog sektorskog rasprskivača - tifona

Crevo može biti različite dužine, od 200 do 400 m sa prečnicima $\varnothing 40 - 140$ mm. Rasprskivač je velikog intenziteta i dometa, radi pod visokim pritiskom od 5 do 8 bara, a domet mlaza može biti od oko 20 do 60 m sa mogućim intenzitetom kišenja od 8 do 15 mm/čas. Kod većine rasprskivača okvašena površina je manja od 360° . Na nekim uređajima može da se podesi ovaj ugao i ako se želi izbeći čak i minimalno kvašenje susedne parcele. Tifon se može praktično primeniti za zalivanje svih poljoprivrednih kultura. Međutim, mora se voditi računa da rasprskivač sa relativno velikim prečnikom mlaznice daje krupne kapi koje mogu oštetiti biljke, pre svega u ranim fazama razvoja i nepovoljno delovati na strukturu površinskog sloja zemljišta. Ovaj nedostatak se može otkloniti tako što se umesto rasprskivača montira tzv. kišna rampa. To je kišno krilo

različite dužine, pričvršćeno na nosač, sa rasprskivačima koji daju sitne kapi vode (sprej rasprskivači).

Na početku zalivanja ceo uređaj se dovlači na početnu poziciju. Traktorskom vučom se kolica ili sanke sa rasprskivačem povlače do pred kraj parcele (umanjeno za polovinu širine zalivne trake) pri čemu se razmotava fleksibilno crevo. Sistem se uključuje u rad puštanjem vode pod pritiskom iz dovodne cevi preko hidranata na koji se priključuje tifon. Pre puštanja u rad potrebno je podesiti brzinu kretanja uređaja, koja zavisi od zalivne norme. Visina vodenog taloga dovedena na parcelu direktno je proporcionalna trajanju zalivanja, odnosno brzini kretanja uređaja. Brzina kretanja tifona je obično od 5 do 30 m/čas. Preko sopstvene hidroturbine vrši se lagano namotavanje fleksibilnog creva. Crevo za sobom povlači rasprskivač u radu (kišenju) koji je obično sektorski, odnosno zaliva površinu ispred prskača, odnosno kvazi se pravougaona površina u obliku trake. Kada se namotavanje creva završi uređaj se automatski isključuje. Ukoliko se zalivanje vrši iz sredine parcele, uređaj se okreće za 180° i proces zalivanja se po istom principu nastavlja iz suprotnog kraja parcele. Po završetku ceo uređaj se premešta na sledeću poziciju i prikopčava na sledeći hidrant. Hidranti mogu biti postavljeni na kraju parcele tako da se zalivanje tifonom obavlja na jednu stranu. Da li će se zalivanje vršiti iz sredine ili sa kraja parcele zavisi od veličine parcele i dužine creva tifona. Radna šema zalivanja tifonom iz sredine parcele je prikazana na slici 12.



Slika 12. Radna šema zalivanja tifonom

Položaj hidranata na parceli, njihovo međusobno rastojanje i potreban broj zavisi od dometa rasprskivača. U katalogima proizvođača se nalazi podatak o dometu mlaza i širine trake koja se adekvatno može zaliti. Hidrant se postavlja na sredini zalivne trake.

Logičan put u projektovanju zalivnih sistema uređajem tipa tifon je da se na osnovu norme zalivanja, brzine kretanja i dužine razvodnog creva bira tip tifona iz kataloga.

Zatim se na osnovu okvašene površine i drugih karakteristika uređaja izračunava potreban broj tifona da bi se zalila određena površina i potreban broj hidranata za tu površinu.

PROJEKTOVANJE ZALIVNOG SISTEMA UREĐAJEM TIPA TIFON

Za potrebe izrade projekta zalivnog sistema samohodnim sektorskim rasprskivačem tifon neophodno je raspolagati sa podacima o potrebama za vodom kultura koje se zalivaju, veličini i dimenziji zalivane parcele, lokaciji izvorišta vode, geodetskim podlogama sa visinskom predstavom i dr. U nastavku je prikazan postupak projektovanja.

Zadatak

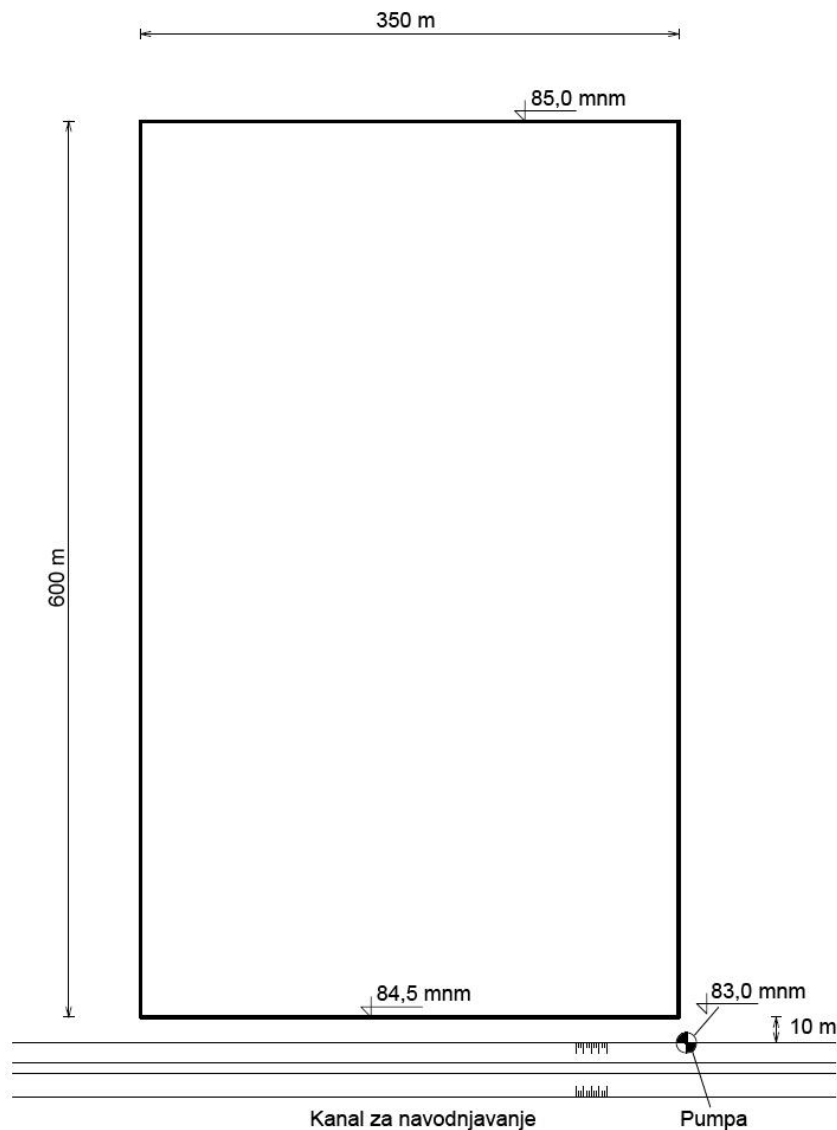
Izraditi projekat sistema za zalivanje sektorskom prskalicom tifon. Parcela je pravougaonog oblika površine od **21 ha**, sa stranicama parcele od **a = 600 m** i **b = 350 m**, kako je to prikazano na situacionom planu (Slika 13).

Parcela je pod blagim i ravnomernim padom. Najviša kota parcele je **85 mnm** a najniža je **84,5 mnm**. Kao vodozahvat će se koristiti kanal čiji se prosečni nivo vode nalazi na koti **83 mnm**.

Na parceli će se proizvoditi kukuruz čija potreba za vodom u kritičnom periodu iznosi $ET_{\text{kukuruz}} = 5 \text{ mm/dan}$, a potrebna neto zalivna norma iznosi **NZN = 35 mm**.

Rešenje zadatka treba da sadrži:

- Proračun zalivnih normi, protoka, intervala i trajanja zalivanja;
- Dispoziciju zalivnih traka, hidranata, dovodnog cevovoda i pumpe;
- Proračun hidrauličkih gubitaka u zalivnom sistemu;
- Proračun potrebne snage crpnog agregata.



Slika 13. Situacioni plan parcele

1) Proračun bruto zalivne norme i intervala - turnusa zalivanja

Interval ili turnus zalivanja (I_z) određuje se kao što je to u prethodnom poglavlju rečeno, proračunavanjem vremena koje je potrebno da se ukupna količina vode u zoni rizosfere na površini koja se vlaži snizi, odnosno isuši do dozvoljenog nivoa. Ova količina vode predstavlja neto zalivnu normu a trajanje isušivanja do dozvoljenog nivoa zavisi od intenziteta evapotranspiracije. Interval zalivanja se određuje sledećom formulom:

$$I_z = \frac{NZN}{ET_c} \quad [\text{dan}]$$

U ovom primeru interval zalivanja iznosi:

$$I_z = \frac{NZN}{ET_{kukuruz}} = \frac{35 \text{ mm}}{5 \text{ mm / dan}} = 7 \text{ dana}$$

Usvojiće se da interval ili turnus zalivanja iznosi 7 dana, odnosno u kritičnom periodu parcelu je potrebno zaliti za 7 dana kada treba početi sa ponovnim zalivanjem.

$$I_z = 7 \text{ dana}$$

Prilikom zalivanja javljaju se gubici vode, kao što su gubici na poniranje, površinsko oticanje (kod strmijih terena), na spojevima cevovoda, itd. Te gubitke je potrebno nadoknaditi. Kod zalivanja samohodnom sektorskim rasprskivačem - tifonom ovi su gubici iznose oko 25% ($E_a = 75\%$) od neto deficita vode. Bruto zalivna norma za interval zalivanja, odnosno po turnusu (BZN_{turnus}) se računa formulom:

$$BZN_{turnus} = I_z \frac{ET_c}{E_a} \quad [\text{mm}]$$

U ovom primeru bruto zalivna norma po turnusu iznosi:

$$BZN_{turnus} = I_z \frac{ET_{kukuruz}}{E_a} = 7 \text{ dana} \frac{5 \text{ mm / dan}}{0,75} = 46,7 \text{ mm}$$

Bruto zalivna norma po danu (BZN_{dan}) zavisi od intenziteta evapotranspiracije i efikasnosti zalivanja:

$$BZN_{dan} = \frac{ET_c}{E_a} \quad [\text{mm}]$$

U ovom primeru bruto zalivna norma po danu iznosi:

$$BZN_{dan} = \frac{ET_{kukuruz}}{E_a} = \frac{5 \text{ mm / dan}}{0,75} = 6,7 \text{ mm}$$

2) Odabir tipa tifona iz kataloga i proračun trajanja zalivanja

U sledećem koraku potrebno je preliminarno usvojiti vreme rada sistema. To je ekonomska kategorija i obično se projektuje da vreme rada bude u dve smene. Efektivno vreme rada mora da bude manje od 23 časa u toku dana da bi se ostavilo vremena i za manipulacije na sistemu, otklanjanje eventualnih kvarova i slično.

U ovom koraku može se usvojiti da efektivno vreme rada sistema iznosi **T = 20 časova**.

Potreban protok (Q) da bi se na parcelu dovela zahtevana norma vode u toku radnog vremena računa se po sledećoj formuli:

$$Q = \frac{2,78 \cdot A(\text{ha}) \cdot BZN_{dan}(\text{mm})}{T(\text{čas})} \quad [\text{lit/sek}]$$

Površina parcele (A) u ovom primeru iznosi:

$$A = a \cdot b = 600\text{m} \cdot 350\text{m} = 210000\text{m}^2 = 21\text{ha}$$

Potreban protok (Q) u ovom primeru iznosi:

$$Q = \frac{2,78 \cdot A(\text{ha}) \cdot BZN_{dan}(\text{mm})}{T(\text{čas})} = \frac{2,78 \cdot 21\text{ha} \cdot 6,7\text{mm}}{20\text{časova}} = 19,6\text{ lit / sek}$$

$$19,6\text{ lit / sek} \cdot 60 = 1176\text{ lit / min}$$

U ovom primeru izabrana je varijanta zalivanja tifonom sa kraja parcele. Kako dužina creva (L_{creva}) zavisi od širine parcele, ona u ovom primeru iznosi:

$$L_{creva} = 350\text{ m}$$

Na osnovu zahtevanog protoka i dužine creva bira se tip tifona iz kataloga proizvođača. Primeri kataloga su dati u tabelama 5, 6 i 7.

U ovom primeru odabran je tip tifona 100/350 sa sledećim karakteristikama:

- spoljašnji prečnik creva **Ø100 mm**
- dužina creva **$L_{creva} = 350\text{ m}$**
- prečnik mlaznice **Ø28 mm**
- potreban radni pritisak rasprskivača **Hr = 5,5 bara**
- protok rasprskivača **Q = 1149 lit/min = 19,15 lit/sek** (usvojena je nešto manja vrednost od proračunate)
- domet mlaza **$L_{mlaza} = 53,5\text{ m}$**
- širina adekvatno zalivene trake **$L_{trake} = 86\text{ m}$** ($L_{mlaza} \cdot 0,8$)

Tabela 5. Katalog tifona tipa 100/350

| Prečnik mlaznice | Radni pritisak rasprskivača | Domet mlaza | Širina adekvatno zalivene trake | Protok | | | | Maksimalna zalivena površina po danu | Visina vodenog nanosa | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------|-------------|---------------------------------|----------|----------|---------------------|------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| | | | | lity/min | lity/čas | m ³ /čas | ha | | 10 mm | | 15 mm | | 20 mm | | 25 mm | | 30 mm | | 35 mm | | 40 mm | | 50 mm | | 60 mm | |
| | | | | | | | | | Brzina kretanja | Pritisak na priključku mašine | Brzina kretanja | Pritisak na priključku mašine | Brzina kretanja | Pritisak na priključku mašine | Brzina kretanja | Pritisak na priključku mašine | Brzina kretanja | Pritisak na priključku mašine | Brzina kretanja | Pritisak na priključku mašine | Brzina kretanja | Pritisak na priključku mašine | Brzina kretanja | Pritisak na priključku mašine | Brzina kretanja | Pritisak na priključku mašine |
| 24 | 3,0 | 39 | 62 | 623 | 37,38 | 37,38 | 2,36 | 60 | 5,3 | 40 | 5,1 | 30 | 5,0 | 5,0 | 24 | 4,9 | 17 | 4,9 | 15 | 4,8 | 12 | 4,8 | 10 | 4,8 | | |
| | 4,0 | 44 | 70 | 720 | 43,20 | 43,20 | 2,70 | 61 | 6,7 | 41 | 6,5 | 31 | 6,4 | 6,3 | 20 | 6,3 | 18 | 6,3 | 15 | 6,2 | 12 | 6,2 | 10 | 6,2 | | |
| | 4,5 | 46 | 74 | 764 | 45,84 | 45,84 | 2,84 | 62 | 7,4 | 42 | 7,2 | 31 | 7,1 | 7,0 | 25 | 7,0 | 18 | 7,0 | 16 | 6,9 | 12 | 6,9 | 10 | 6,9 | | |
| | 5,0 | 48 | 77 | 806 | 48,36 | 48,36 | 2,98 | 63 | 8,1 | 42 | 7,9 | 31 | 7,8 | 7,7 | 25 | 7,7 | 18 | 7,7 | 16 | 7,6 | 13 | 7,6 | 10 | 7,6 | | |
| | 5,5 | 49 | 78 | 844 | 50,64 | 50,64 | 3,05 | 65 | 8,7 | 43 | 8,5 | 32 | 8,4 | 8,3 | 26 | 8,3 | 18 | 8,3 | 16 | 8,2 | 13 | 8,2 | 11 | 8,2 | | |
| 26 | 3,0 | 41 | 66 | 732 | 43,92 | 43,92 | 2,50 | 67 | 5,7 | 45 | 5,5 | 33 | 5,4 | 5,3 | 27 | 5,3 | 19 | 5,3 | 17 | 5,2 | 13 | 5,2 | 11 | 5,2 | | |
| | 4,0 | 46 | 74 | 846 | 50,76 | 50,76 | 2,84 | 69 | 7,2 | 46 | 7,0 | 34 | 6,9 | 6,8 | 28 | 6,8 | 20 | 6,8 | 17 | 6,7 | 14 | 6,7 | 11 | 6,7 | | |
| | 4,5 | 48 | 77 | 898 | 53,88 | 53,88 | 2,98 | 70 | 8,0 | 47 | 7,8 | 35 | 7,7 | 7,6 | 28 | 7,6 | 20 | 7,6 | 18 | 7,5 | 14 | 7,5 | 12 | 7,5 | | |
| | 5,0 | 51 | 82 | 946 | 56,76 | 56,76 | 3,19 | 70 | 8,7 | 46 | 8,5 | 35 | 8,4 | 8,3 | 28 | 8,3 | 20 | 8,3 | 17 | 8,2 | 14 | 8,2 | 12 | 8,2 | | |
| | 5,5 | 52 | 83 | 992 | 59,52 | 59,52 | 3,26 | 72 | 9,5 | 48 | 9,3 | 36 | 9,2 | 9,1 | 29 | 9,1 | 20 | 9,1 | 18 | 9,0 | 14 | 9,0 | 12 | 9,0 | | |
| 28 | 3,0 | 44 | 70 | 848 | 50,88 | 50,88 | 2,70 | 72 | 6,2 | 48 | 6,0 | 36 | 5,9 | 5,8 | 29 | 5,8 | 21 | 5,8 | 18 | 5,7 | 14 | 5,7 | 12 | 5,7 | | |
| | 4,0 | 48 | 77 | 981 | 58,86 | 58,86 | 2,98 | 77 | 7,9 | 51 | 7,7 | 38 | 7,6 | 7,5 | 26 | 7,5 | 22 | 7,5 | 19 | 7,4 | 15 | 7,4 | 13 | 7,4 | | |
| | 4,5 | 50 | 80 | 1040 | 62,40 | 62,40 | 3,12 | 78 | 8,7 | 52 | 8,5 | 39 | 8,4 | 8,3 | 26 | 8,3 | 22 | 8,3 | 20 | 8,2 | 16 | 8,2 | 13 | 8,2 | | |
| | 5,0 | 52 | 83 | 1096 | 65,76 | 65,76 | 3,26 | 79 | 9,5 | 53 | 9,3 | 40 | 9,2 | 9,1 | 26 | 9,1 | 23 | 9,1 | 20 | 9,0 | 16 | 9,0 | 13 | 9,0 | | |
| | 5,5 | 53,5 | 86 | 1149 | 68,94 | 68,94 | 3,37 | 81 | 10,3 | 54 | 10,1 | 40 | 10,0 | 9,9 | 27 | 9,9 | 23 | 9,9 | 20 | 9,8 | 16 | 9,8 | 13 | 9,8 | | |
| | 6,0 | 55 | 88 | 1202 | 72,12 | 72,12 | 3,48 | 82 | 11,1 | 55 | 10,9 | 41 | 10,8 | 10,7 | 27 | 10,7 | 23 | 10,7 | 20 | 10,6 | 16 | 10,6 | 14 | 10,6 | | |
| 30 | 3,0 | 46 | 74 | 974 | 58,44 | 58,44 | 2,84 | 79 | 6,9 | 53 | 6,7 | 40 | 6,6 | 6,5 | 32 | 6,5 | 23 | 6,5 | 20 | 6,4 | 16 | 6,4 | 13 | 6,4 | | |
| | 4,0 | 50 | 80 | 1127 | 67,62 | 67,62 | 3,12 | 85 | 8,7 | 56 | 8,5 | 42 | 8,4 | 8,3 | 28 | 8,3 | 24 | 8,3 | 21 | 8,2 | 17 | 8,2 | 14 | 8,2 | | |
| | 4,5 | 52 | 83 | 1195 | 71,70 | 71,70 | 3,26 | 86 | 9,6 | 57 | 9,4 | 43 | 9,3 | 9,2 | 29 | 9,2 | 25 | 9,2 | 22 | 9,1 | 17 | 9,1 | 14 | 9,1 | | |
| | 5,0 | 54 | 86 | 1260 | 75,60 | 75,60 | 3,40 | 88 | 10,5 | 58 | 10,3 | 44 | 10,2 | 10,1 | 29 | 10,1 | 25 | 10,1 | 22 | 10,0 | 18 | 10,0 | 15 | 10,0 | | |
| | 5,5 | 56,5 | 90 | 1320 | 79,20 | 79,20 | 3,58 | 88 | 11,4 | 58 | 11,2 | 44 | 11,1 | 11,0 | 29 | 11,0 | 25 | 11,0 | 22 | 10,9 | 18 | 10,9 | 15 | 10,9 | | |

Tabela 6. Katalog tifona tipa 90/400

| Precnik mlaznice | Radni pritisak rasprskivaca | Domet mlaza | Sirina adekvatno zalivene trake | Protok | Maksimalna zalivena površina po danu | Visina vodenog nanosa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------|-------------|---------------------------------|--------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | | 10 mm | | 15 mm | | 20 mm | | 25 mm | | 30 mm | | 35 mm | | 40 mm | | 50mm | | 60 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | Brzina kretanja | Pritisak na priključku mašine | Brzina kretanja | Pritisak na priključku mašine | Brzina kretanja | Pritisak na priključku mašine | Brzina kretanja | Pritisak na priključku mašine | Brzina kretanja | Pritisak na priključku mašine | Brzina kretanja | Pritisak na priključku mašine | Brzina kretanja | Pritisak na priključku mašine | Brzina kretanja | Pritisak na priključku mašine | Brzina kretanja | Pritisak na priključku mašine | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 3,0 | 35 | 56 | 432 | 25,92 | 30,06 | 31,86 | 33,60 | 35,16 | 37,2 | 38,7 | 40,56 | 42,48 | 44,1 | 45,9 | 47,7 | 49,5 | 51,3 | 53,1 | 54,9 | 56,7 | 58,5 | 60,3 | 62,1 | 63,9 | 65,7 | 67,5 | 69,3 | 71,1 | 72,9 | 74,7 | 76,5 | 78,3 | 80,1 | 81,9 | 83,7 | 85,5 | 87,3 | 89,1 | 90,9 | 92,7 | 94,5 | 96,3 | 98,1 | 99,9 | 101,7 | 103,5 | 105,3 | 107,1 | 108,9 | 110,7 | 112,5 | 114,3 | 116,1 | 117,9 | 119,7 | 121,5 | 123,3 | 125,1 | 126,9 | 128,7 | 130,5 | 132,3 | 134,1 | 135,9 | 137,7 | 139,5 | 141,3 | 143,1 | 144,9 | 146,7 | 148,5 | 150,3 | 152,1 | 153,9 | 155,7 | 157,5 | 159,3 | 161,1 | 162,9 | 164,7 | 166,5 | 168,3 | 170,1 | 171,9 | 173,7 | 175,5 | 177,3 | 179,1 | 180,9 | 182,7 | 184,5 | 186,3 | 188,1 | 189,9 | 191,7 | 193,5 | 195,3 | 197,1 | 198,9 | 200,7 | 202,5 | 204,3 | 206,1 | 207,9 | 209,7 | 211,5 | 213,3 | 215,1 | 216,9 | 218,7 | 220,5 | 222,3 | 224,1 | 225,9 | 227,7 | 229,5 | 231,3 | 233,1 | 234,9 | 236,7 | 238,5 | 240,3 | 242,1 | 243,9 | 245,7 | 247,5 | 249,3 | 251,1 | 252,9 | 254,7 | 256,5 | 258,3 | 260,1 | 261,9 | 263,7 | 265,5 | 267,3 | 269,1 | 270,9 | 272,7 | 274,5 | 276,3 | 278,1 | 279,9 | 281,7 | 283,5 | 285,3 | 287,1 | 288,9 | 290,7 | 292,5 | 294,3 | 296,1 | 297,9 | 299,7 | 301,5 | 303,3 | 305,1 | 306,9 | 308,7 | 310,5 | 312,3 | 314,1 | 315,9 | 317,7 | 319,5 | 321,3 | 323,1 | 324,9 | 326,7 | 328,5 | 330,3 | 332,1 | 333,9 | 335,7 | 337,5 | 339,3 | 341,1 | 342,9 | 344,7 | 346,5 | 348,3 | 350,1 | 351,9 | 353,7 | 355,5 | 357,3 | 359,1 | 360,9 | 362,7 | 364,5 | 366,3 | 368,1 | 369,9 | 371,7 | 373,5 | 375,3 | 377,1 | 378,9 | 380,7 | 382,5 | 384,3 | 386,1 | 387,9 | 389,7 | 391,5 | 393,3 | 395,1 | 396,9 | 398,7 | 400,5 | 402,3 | 404,1 | 405,9 | 407,7 | 409,5 | 411,3 | 413,1 | 414,9 | 416,7 | 418,5 | 420,3 | 422,1 | 423,9 | 425,7 | 427,5 | 429,3 | 431,1 | 432,9 | 434,7 | 436,5 | 438,3 | 440,1 | 441,9 | 443,7 | 445,5 | 447,3 | 449,1 | 450,9 | 452,7 | 454,5 | 456,3 | 458,1 | 459,9 | 461,7 | 463,5 | 465,3 | 467,1 | 468,9 | 470,7 | 472,5 | 474,3 | 476,1 | 477,9 | 479,7 | 481,5 | 483,3 | 485,1 | 486,9 | 488,7 | 490,5 | 492,3 | 494,1 | 495,9 | 497,7 | 499,5 | 501,3 | 503,1 | 504,9 | 506,7 | 508,5 | 510,3 | 512,1 | 513,9 | 515,7 | 517,5 | 519,3 | 521,1 | 522,9 | 524,7 | 526,5 | 528,3 | 530,1 | 531,9 | 533,7 | 535,5 | 537,3 | 539,1 | 540,9 | 542,7 | 544,5 | 546,3 | 548,1 | 549,9 | 551,7 | 553,5 | 555,3 | 557,1 | 558,9 | 560,7 | 562,5 | 564,3 | 566,1 | 567,9 | 569,7 | 571,5 | 573,3 | 575,1 | 576,9 | 578,7 | 580,5 | 582,3 | 584,1 | 585,9 | 587,7 | 589,5 | 591,3 | 593,1 | 594,9 | 596,7 | 598,5 | 600,3 | 602,1 | 603,9 | 605,7 | 607,5 | 609,3 | 611,1 | 612,9 | 614,7 | 616,5 | 618,3 | 620,1 | 621,9 | 623,7 | 625,5 | 627,3 | 629,1 | 630,9 | 632,7 | 634,5 | 636,3 | 638,1 | 639,9 | 641,7 | 643,5 | 645,3 | 647,1 | 648,9 | 650,7 | 652,5 | 654,3 | 656,1 | 657,9 | 659,7 | 661,5 | 663,3 | 665,1 | 666,9 | 668,7 | 670,5 | 672,3 | 674,1 | 675,9 | 677,7 | 679,5 | 681,3 | 683,1 | 684,9 | 686,7 | 688,5 | 690,3 | 692,1 | 693,9 | 695,7 | 697,5 | 699,3 | 701,1 | 702,9 | 704,7 | 706,5 | 708,3 | 710,1 | 711,9 | 713,7 | 715,5 | 717,3 | 719,1 | 720,9 | 722,7 | 724,5 | 726,3 | 728,1 | 729,9 | 731,7 | 733,5 | 735,3 | 737,1 | 738,9 | 740,7 | 742,5 | 744,3 | 746,1 | 747,9 | 749,7 | 751,5 | 753,3 | 755,1 | 756,9 | 758,7 | 760,5 | 762,3 | 764,1 | 765,9 | 767,7 | 769,5 | 771,3 | 773,1 | 774,9 | 776,7 | 778,5 | 780,3 | 782,1 | 783,9 | 785,7 | 787,5 | 789,3 | 791,1 | 792,9 | 794,7 | 796,5 | 798,3 | 800,1 | 801,9 | 803,7 | 805,5 | 807,3 | 809,1 | 810,9 | 812,7 | 814,5 | 816,3 | 818,1 | 819,9 | 821,7 | 823,5 | 825,3 | 827,1 | 828,9 | 830,7 | 832,5 | 834,3 | 836,1 | 837,9 | 839,7 | 841,5 | 843,3 | 845,1 | 846,9 | 848,7 | 850,5 | 852,3 | 854,1 | 855,9 | 857,7 | 859,5 | 861,3 | 863,1 | 864,9 | 866,7 | 868,5 | 870,3 | 872,1 | 873,9 | 875,7 | 877,5 | 879,3 | 881,1 | 882,9 | 884,7 | 886,5 | 888,3 | 890,1 | 891,9 | 893,7 | 895,5 | 897,3 | 899,1 | 900,9 | 902,7 | 904,5 | 906,3 | 908,1 | 909,9 | 911,7 | 913,5 | 915,3 | 917,1 | 918,9 | 920,7 | 922,5 | 924,3 | 926,1 | 927,9 | 929,7 | 931,5 | 933,3 | 935,1 | 936,9 | 938,7 | 940,5 | 942,3 | 944,1 | 945,9 | 947,7 | 949,5 | 951,3 | 953,1 | 954,9 | 956,7 | 958,5 | 960,3 | 962,1 | 963,9 | 965,7 | 967,5 | 969,3 | 971,1 | 972,9 | 974,7 | 976,5 | 978,3 | 980,1 | 981,9 | 983,7 | 985,5 | 987,3 | 989,1 | 990,9 | 992,7 | 994,5 | 996,3 | 998,1 | 999,9 | 1001,7 | 1003,5 | 1005,3 | 1007,1 | 1008,9 | 1010,7 | 1012,5 | 1014,3 | 1016,1 | 1017,9 | 1019,7 | 1021,5 | 1023,3 | 1025,1 | 1026,9 | 1028,7 | 1030,5 | 1032,3 | 1034,1 | 1035,9 | 1037,7 | 1039,5 | 1041,3 | 1043,1 | 1044,9 | 1046,7 | 1048,5 | 1050,3 | 1052,1 | 1053,9 | 1055,7 | 1057,5 | 1059,3 | 1061,1 | 1062,9 | 1064,7 | 1066,5 | 1068,3 | 1070,1 | 1071,9 | 1073,7 | 1075,5 | 1077,3 | 1079,1 | 1080,9 | 1082,7 | 1084,5 | 1086,3 | 1088,1 | 1089,9 | 1091,7 | 1093,5 | 1095,3 | 1097,1 | 1098,9 | 1100,7 | 1102,5 | 1104,3 | 1106,1 | 1107,9 | 1109,7 | 1111,5 | 1113,3 | 1115,1 | 1116,9 | 1118,7 | 1120,5 | 1122,3 | 1124,1 | 1125,9 | 1127,7 | 1129,5 | 1131,3 | 1133,1 | 1134,9 | 1136,7 | 1138,5 | 1140,3 | 1142,1 | 1143,9 | 1145,7 | 1147,5 | 1149,3 | 1151,1 | 1152,9 | 1154,7 | 1156,5 | 1158,3 | 1160,1 | 1161,9 | 1163,7 | 1165,5 | 1167,3 | 1169,1 | 1170,9 | 1172,7 | 1174,5 | 1176,3 | 1178,1 | 1179,9 | 1181,7 | 1183,5 | 1185,3 | 1187,1 | 1188,9 | 1190,7 | 1192,5 | 1194,3 | 1196,1 | 1197,9 | 1199,7 | 1201,5 | 1203,3 | 1205,1 | 1206,9 | 1208,7 | 1210,5 | 1212,3 | 1214,1 | 1215,9 | 1217,7 | 1219,5 | 1221,3 | 1223,1 | 1224,9 | 1226,7 | 1228,5 | 1230,3 | 1232,1 | 1233,9 | 1235,7 | 1237,5 | 1239,3 | 1241,1 | 1242,9 | 1244,7 | 1246,5 | 1248,3 | 1250,1 | 1251,9 | 1253,7 | 1255,5 | 1257,3 | 1259,1 | 1260,9 | 1262,7 | 1264,5 | 1266,3 | 1268,1 | 1269,9 | 1271,7 | 1273,5 | 1275,3 | 1277,1 | 1278,9 | 1280,7 | 1282,5 | 1284,3 | 1286,1 | 1287,9 | 1289,7 | 1291,5 | 1293,3 | 1295,1 | 1296,9 | 1298,7 | 1300,5 | 1302,3 | 1304,1 | 1305,9 | 1307,7 | 1309,5 | 1311,3 | 1313,1 | 1314,9 | 1316,7 | 1318,5 | 1320,3 | 1322,1 | 1323,9 | 1325,7 | 1327,5 | 1329,3 | 1331,1 | 1332,9 | 1334,7 | 1336,5 | 1338,3 | 1340,1 | 1341,9 | 1343,7 | 1345,5 | 1347,3 | 1349,1 | 1350,9 | 1352,7 | 1354,5 | 1356,3 | 1358,1 | 1359,9 | 1361,7 | 1363,5 | 1365,3 | 1367,1 | 1368,9 | 1370,7 | 1372,5 | 1374,3 | 1376,1 | 1377,9 | 1379,7 | 1381,5 | 1383,3 | 1385,1 | 1386,9 | 1388,7 | 1390,5 | 1392,3 | 1394,1 | 1395,9 | 1397,7 | 1399,5 | 1401,3 | 1403,1 | 1404,9 | 1406,7 | 1408,5 | 1410,3 | 1412,1 | 1413,9 | 1415,7 | 1417,5 | 1419,3 | 1421,1 | 1422,9 | 1424,7 | 1426,5 | 1428,3 | 1430,1 | 1431,9 | 1433,7 | 1435,5 | 1437,3 | 1439,1 | 1440,9 | 1442,7 | 1444,5 | 1446,3 | 1448,1 | 1449,9 | 1451,7 | 1453,5 | 1455,3 | 1457,1 | 1458,9 | 1460,7 | 1462,5 | 1464,3 | 1466,1 | 1467,9 | 1469,7 | 1471,5 | 1473,3 | 1475,1 | 1476,9 | 1478,7 | 1480,5 | 1482,3 | 1484,1 | 1485,9 | 1487,7 | 1489,5 | 1491,3 | 1493,1 | 1494,9 | 1496,7 | 1498,5 | 1500,3 | 1502,1 | 1503,9 | 1505,7 | 1507,5 | 1509,3 | 1511,1 | 1512,9 | 1514,7 | 1516,5 | 1518,3 | 1520,1 | 1521,9 | 1523,7 | 1525,5 | 1527,3 | 1529,1 | 1530,9 | 1532,7 | 1534,5 | 1536,3 | 1538,1 | 1539,9 | 1541,7 | 1543,5 | 1545,3 | 1547,1 | 1548,9 | 1550,7 | 1552,5 | 1554,3 | 1556,1 | 1557,9 | 1559,7 | 1561,5 | 1563,3 | 1565,1 | 1566,9 | 1568,7 | 1570,5 | 1572,3 | 1574,1 | 1575,9 | 1577,7 | 1579,5 | 1581,3 | 1583,1 | 1584,9 | 1586,7 | 1588,5 | 1590,3 | 1592,1 | 1593,9 | 1595,7 | 1597,5 | 1599,3 | 1601,1 | 1602,9 | 1604,7 | 1606,5 | 1608,3 | 1610,1 | 1611,9 | 1613,7 | 1615,5 | 1617,3 | 1619,1 | 1620,9 | 1622,7 | 1624,5 | 1626,3 | 1628,1 | 1629,9 | 1631,7 | 1633,5 | 1635,3 | 1637,1 | 1638,9 | 1640,7 | 1642,5 | 1644,3 | 1646,1 | 1647,9 | 1649,7 | 1651,5 | 1653,3 | 1655,1 | 1656,9 | 1658,7 | 1660,5 | 1662,3 | 1664,1 | 1665,9 | 1667,7 | 1669,5 | 1671,3 | 1673,1 | 1674,9 | 1676,7 | 1678,5 | 1680,3 | 1682,1 | 1683,9 | 1685,7 | 1687,5 | 1689,3 | 1691,1 | 1692,9 | 1694,7 | 1696,5 | 1698,3 | 1700,1 | 1701,9 | 1703,7 | 1705,5 | 1707,3 | 1709,1 | 1710,9 | 1712,7 | 1714,5 | 1716,3 | 1718,1 | 1719,9 | 1721,7 | 1723,5 | 1725,3 | 1727,1 | 1728,9 | 1730,7 | 1732,5 | 1734,3 | 1736,1 | 1737,9 | 1739,7 | 1741,5 | 1743,3 | 1745,1 | 1746,9 | 1748,7 | 1750,5 | 1752,3 | 1754,1 | 1755,9 | 1757,7 | 1759,5 | 1761,3 | 1763,1 | 1764,9 | 1766,7 | 1768,5 | 1770,3 | 1772,1 | 1773,9 | 1775,7 | 1777,5 | 1779,3 | 1781,1 | 1782,9 | 1784,7 | 1786,5 | 1788,3 | 1790,1 | 1791,9 | 1793,7 | 1795,5 | 1797,3 | 1799,1 | 1800,9 | 1802,7 | 1804,5 | 1806,3 | 1808,1 | 1809,9 | 1811,7 | 1813,5 | 1815,3 | 1817,1 | 1818,9 | 1820,7 | 1822,5 | 1824,3 | 1826,1 | 1827,9 | 1829,7 | 1831,5 | 1833,3 | 1835,1 | 1836,9 | 1838,7 | 1840,5 | 1842,3 | 1844,1 | 1845,9 | 1847,7 | 1849,5 | 1851,3 | 1853,1 | 1854,9 | 1856,7 | 1858,5 | 1860,3 | 1862,1 | 1863,9 | 1865,7 | 1867,5 | 1869,3 | 1871,1 | 1872,9 | 1874,7 |

Potrebna brzina kretanja, odnosno zalivanja tifona (V) da bi se na parcelu dovela zahtevana norma vode zavisi od bruto zalivne norme po turnusu, protoka i širine zalivne trake, a računa se po sledećoj formuli:

$$V = \frac{3600 \cdot Q(\text{lit} / \text{sek})}{BZN_{\text{turnus}} \cdot L_{\text{trake}}} \quad [\text{m}/\text{čas}]$$

U ovom primeru potrebna brzina kretanja pri zalivanju tifona iznosi:

$$V = \frac{3600 \cdot Q(\text{lit} / \text{sek})}{BZN_{\text{turnus}} \cdot L_{\text{trake}}} = \frac{3600 \cdot 19,15 \text{ lit} / \text{sek}}{46,7\text{mm} \cdot 86\text{m}} = 17,2 \text{ m} / \text{čas}$$

Trajanje zalivanja trake (T_T) zavisi od širine parcele (b) i od brzine kretanja tifona pri zalivanju i računa se po sledećoj formuli:

$$T_T = \frac{b(\text{m})}{V(\text{m} / \text{čas})} \quad [\text{čas}]$$

U ovom primeru trajanje zalivanja trake iznosi:

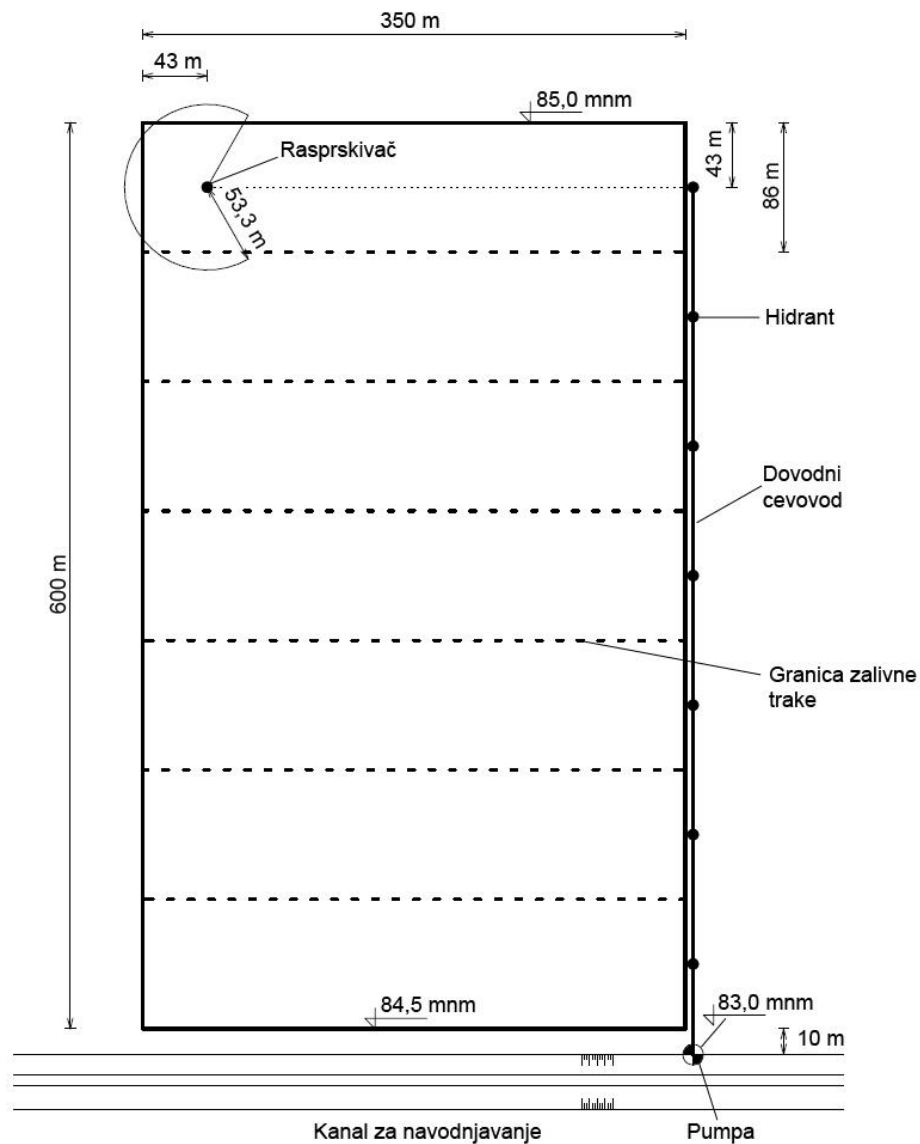
$$T_T = \frac{b(\text{m})}{V(\text{m} / \text{čas})} = \frac{350 \text{ m}}{17,2 \text{ m} / \text{čas}} = 20,3 \text{ časa}$$

Proračunato trajanje zalivanja je manje od maksimalno dozvoljenih 23 časa u toku dana, što znači da je odabran odgovarajući tip tifona i da će se u toku radnog dana zaliti jedna zalivna traka širine 86 m i dužine 350 m.

Kako je u prethodnim koracima određeno da interval zalivanja, odnosno turnus iznosi 7 dana, ukupna površina (P) koja može da se zalije odabrani tifonom za 7 dana iznosi:

$$P = I_z \cdot L_{\text{trake}} \cdot b = 7 \text{ dana} \cdot 86 \text{ m} \cdot 350 \text{ m} = 210700 \text{ m}^2 = 21,07 \text{ ha}$$

Kako je $P \approx A$ (21,07 ha \approx 21 ha), zaključuje se da se odabranim tifonom može adekvatno zaliti celokupna površina parcele u jednom turnusu zalivanja, odnosno da je potreban samo jedan tifon. Ukoliko se u turnusu zalivanja ne može zaliti cela parcela sa jednim tifonom potrebno je ili odabrati tifon drugačijih karakteristika ili predvideti rad još jednog ili više tifona. Ovakva odluka se bazira i na osnovu ekonomskih analiza. Radna šema zalivanja tifonom prikazana je na slici 14.



Slika 14. Radna šema zalivanja tifonom

3) Proračun hidrauličkih gubitaka u zalivnom crevu

Hidraulički gubici u zalivnom crevu uređaja računaju se korišćenjem Hazen-Vilijamsove (Hazen-Williams) jednačine:

$$H = 1,22 \cdot 10^{12} \cdot \frac{L}{100} \cdot \frac{\left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852}}{D^{4,871}}$$

gde je: H – hidraulički gubitak u cevi (m), L – dužina cevi (m), Q - protok u cevi (lit/sek), D – unutrašnji prečnik cevi (mm), C – koeficijent trenja cevi (C = 120 – čelične, C = 140 – aluminijumske, C = 150 – plastične).

Vrednosti unutrašnjeg prečnika zalivnog creva tifona dobijaju se iz kataloga proizvođača. Uobičajene vrednosti unutrašnjeg prečnika cevi u odnosu na spoljašnji prečnik date su u tabeli 8.

Tabela 8. Uobičajene vrednosti spoljašnjeg i unutrašnjeg prečnika zalivnog creva tifona

| Spoljašnji prečnik cevi (mm) | Unutrašnji prečnik cevi (mm) |
|------------------------------|------------------------------|
| 40 | 32,60 |
| 43 | 36,00 |
| 50 | 42,60 |
| 58 | 50,40 |
| 63 | 53,60 |
| 70 | 59,60 |
| 75 | 63,80 |
| 82 | 69,80 |
| 90 | 76,60 |
| 100 | 85,00 |
| 110 | 93,60 |
| 120 | 99,00 |
| 125 | 104,20 |
| 135 | 113,00 |
| 140 | 118,00 |
| 150 | 127,00 |

U ovom primeru odabran je tifon tipa 100/350, što znači da je dužina zalivnog creva $L_{creva} = 350 \text{ m}$, spoljašnji prečnik creva je $\varnothing 100 \text{ mm}$, iz tabele 7 se vidi da je unutrašnji prečnik $\varnothing 85 \text{ mm}$, a vrednost koeficijenta trenja iznosi $C = 150$. Vrednost hidrauličkog gubitka u crevu (H_c) iznosi:

$$H_c = 1,22 \cdot 10^{12} \cdot \frac{L_{creva}}{100} \cdot \frac{\left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852}}{D^{4,871}} = 1,22 \cdot 10^{12} \cdot \frac{350m}{100} \cdot \frac{\left(\frac{19,15 \text{ lit / sek}}{150}\right)^{1,852}}{85^{4,871}} = 37,7 \text{ m}$$

Vrednost hidrauličkog gubitka u crevu (H_c) u barima iznosi:

$$H_c = \frac{37,7m}{10,2m} = 3,7bar \quad (1bar = 10,2 \text{ m})$$

4) Proračun hidrauličkih gubitaka u dovodnom cevovodu

Za proračun hidrauličkih gubitaka u dovodnom cevovodu koristiće se sledeća formula:

$$H_D = L_D \cdot I$$

U ovom primeru odabrana je aluminijumska dovodna cev prečnika **Ø152 mm**. Sa radne šeme zalivanja tifonom (Slika 11) vidi se da dužina dovodnog cevovoda iznosi **$L_D = 567$ m**. Vrednost hidrauličkog pada u dovodnom cevovodu prema nomogramu (Slika 15) iznosi **$I = 0,7\%$ (**0,007**)** jer je protok **$Q = 19,15$ lit/sek = **68,9** m³/čas.**

Hidraulički gubitak u dovodnom cevovodu iznosi:

$$H_D = L_D \cdot I = 567 \text{ m} \cdot 0,006 = 4 \text{ m}$$

5) Proračun ukupnog potrebnog hidrauličkog pritiska za nesmetani rad sistema

Ukupan potreban hidraulički pritisak u sistemu sastoji se od (tabela 9): radnog pritiska rasprskivača koji je dobija iz kataloga proizvođača; gubitka pritiska u rasprskivaču koji se takođe dobija od proizvođača; gubitka pritiska u zalivnom crevu; gubitka pritiska na ventilima; visine rasprskivača u odnosu na površinu terena; gubitka pritiska u dovodnom cevovodu i hidrauličkih gubitaka pumpe.

Ovu sumu treba uvećati za 10% da bi se uračunali gubici na spojnicama, a takođe potrebno je uračunati i visinsku razliku između nivoa vode na izvorištu (u ovom primeru kanalu) i najviše kote parcele.

Iz kataloga proizvođača se vidi da je u ovom primeru odabran tifon sa rasprskivačem čiji je radni pritisak **$H_r = 5,5$ bara**, odnosno **$H_r = 56,1$ m**. Takođe, od proizvođača je dobijeno da su hidraulički gubici u samom rasprskivaču **$H_T = 0,5$ bara = **5,1** m**.

Usvajaju se vrednosti hidrauličkih gubitaka na ventilima, **$H_v = 2,0$ m** (iz kataloga ventila).

Visina rasprskivača u odnosu na površinu terena u ovom primeru iznosi **$h_r = 2,0$ m**.

Hidraulički gubici pumpe iznose **$H_p = 2,0$ m** (usvojeno iz kataloga pumpe).

Tabela 9. Proračun ukupnih hidrauličkih gubitaka u zalivnom sistemu

| | |
|---|------------------------------|
| H_R – radni pritisak rasprskivača | 56,1 m |
| H_T - gubitak pritiska u rasprskivaču | 5,1 m |
| H_C - gubitak pritiska u zalivnom crevu | 37,7 m |
| H_V - gubitak pritiska na ventilima | 2,0 m |
| h_r – visina rasprskivača u odnosu na teren | 2,0 m |
| H_D – gubitak pritiska u dovodnom cevovodu | 4 m |
| H_P – hidraulički gubici pumpe | 2,0 m |
| Σ | 108,9 m |
| Pad pritiska na spojnicama, 10% | 10,9 m |
| Visinska razlika | 85,0 mm – 83,0 mm = 2,0 m |
| Ukupno | 121,8 m |

Ukupni pad pritiska u zalivnom sistemu, odnosno potreban pritisak pumpe iznosi:

$$H_{UK} = 121,8 \text{ m} = 11,9 \text{ bara}$$

6) Kontrola varijacije pritiska u sistemu

Da bi se obezbedilo da tifon ravnomerno zaliva čitavu parcelu, kako poslednju – najudaljeniju traku od pumpe tako i najbližu traku pumpi, potrebno je da gubitak pritiska u dovodnom cevovodu bude manji od 20% sume pritisaka u koju spadaju radni pritisak rasprskivača, gubitak pritiska u rasprskivaču, gubitak pritiska u zalivnom crevu, gubitak pritiska na ventilima i visina rasprskivača u odnosu na teren. U ovom primeru taj uslov je zadovoljen:

$$H_D < 20\%(H_R + H_T + H_C + H_V + h_r)$$

$$4 \text{ m} < 20\%(56,1 \text{ m} + 5,1 \text{ m} + 37,7 \text{ m} + 2,0 \text{ m} + 2,0 \text{ m})$$

$$4 \text{ m} < 20,6 \text{ m}$$

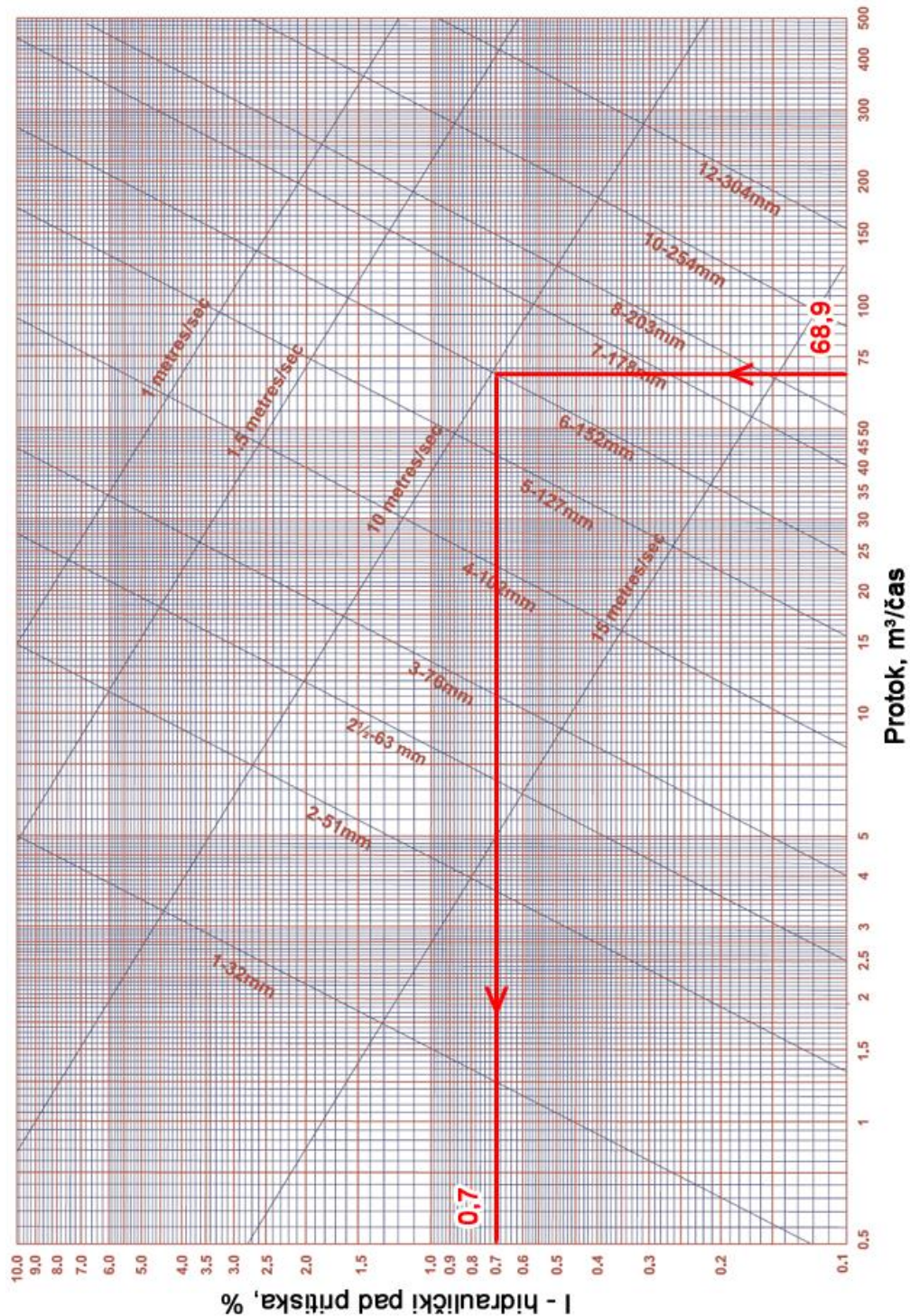
7) Proračun potrebne snage pumpe

Snaga pumpe srazmerna je manometarskoj visini dizanja pumpe (H), protoku (Q) i stepenu korisnog dejstva pumpe (η):

$$N(kW) = \frac{Q(m^3 / \text{čas}) \cdot H(m)}{360 \cdot \eta}$$

U ovom primeru protok iznosi $Q = 19,15 \text{ lit/sek} = 68,9 \text{ m}^3/\text{čas}$, manometarska visina dizanja pumpe predstavlja ukupan potreban pritisak pumpe i iznosi $H = 121,1 \text{ m}$ a stepen korisnog dejstva pumpe je usvojena vrednost od $\eta = 0,65$ koje se dobija od proizvođača.

$$N = \frac{Q \cdot H}{360 \cdot \eta} = \frac{68,9 \text{ m}^3 / \text{čas} \cdot 121,1 \text{ m}}{360 \cdot 0,65} = 35,7 \text{ kW}$$



Slika 15. Nomogram za određivanje hidrauličkog pada pritiska za aluminijumske cevi

VEŽBA 2

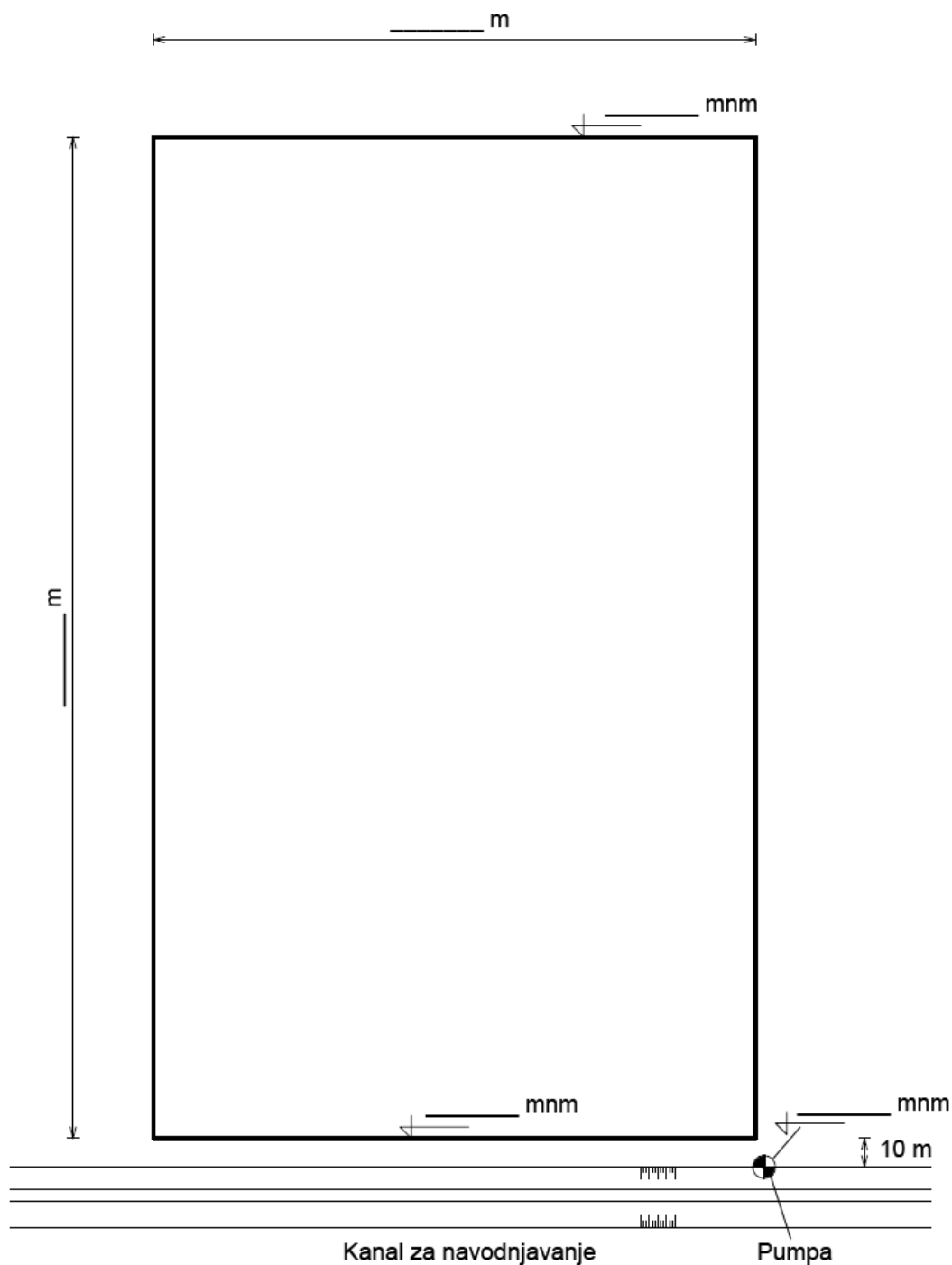
Izraditi projekat sistema za zalivanje sektorskom prskalicom tifon. Parcela je pravougaonog oblika površine od _____ **ha**, sa stranicama parcele od **a** = _____ **m** i **b** = _____ **m**, kako je to prikazano na situacionom planu (Slika 16). Zalivanje tifonom će se vršiti sa desnog kraja parcele.

Parcela je pod blagim i ravnomernim padom. Najviša kota parcele je _____ **mnm** a najniža je _____ **mnm**. Kao vodozahvat će se koristiti kanal čiji se prosečni nivo vode nalazi na koti _____ **mnm**.

Na parceli će se proizvoditi _____ čija potreba za vodom u kritičnom periodu iznosi **ET_c** = _____ **mm/dan**, a potrebna neto zalivna norma iznosi **NZN** = _____ **mm**.

Rešenje zadatka treba da sadrži:

- Proračun zalivnih normi, protoka, intervala i trajanja zalivanja;
- Dispoziciju zalivnih traka, hidranata, dovodnog cevovoda i pumpe;
- Proračun hidrauličkih gubitaka u zalivnom sistemu;
- Proračun potrebne snage crpnog agregata.

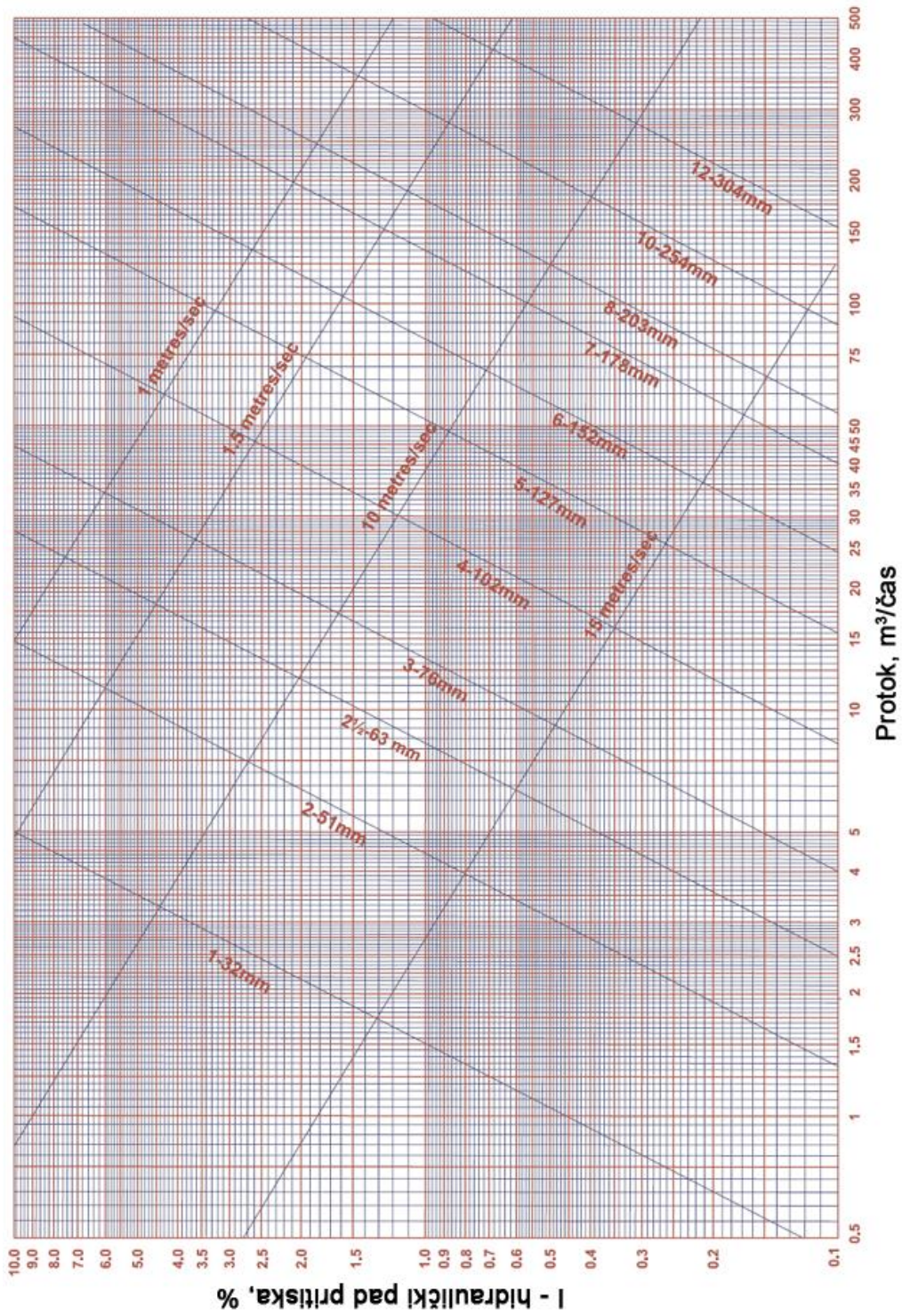


Slika 16. Situacioni plan parcele

Na situacionom planu ucrtati granice zalivnih traka, dovodni cevovod sa položajem hidranata kao i početni položaj rasprskivača. Potrebno je upisati i sve odgovarajuće veličine. Rezultate proračuna upisati u tabelu 10. Prilikom proračuna koristiti nomogram na slici 17.

Tabela 10. Rezultati proračuna

| | |
|---|------------------|
| 1) Proračun bruto zalivne norme i intervala - turnusa zalivanja | |
| Interval zalivanja | $I_z =$ |
| Bruto zalivna norma po turnusu | $BZN_{turnus} =$ |
| Bruto zalivna norma po danu | $BZN_{dan} =$ |
| 2) Odabir tipa tifona iz kataloga i proračun trajanja zalivanja | |
| Preliminarno vreme rada sistema | $T =$ |
| Površina parcele | $A =$ |
| Proračunat protok | $Q =$ |
| Dužina creva | $L_{creva} =$ |
| Spoljašnji prečnik creva | \emptyset |
| Prečnik mlaznice | \emptyset |
| Potrebni radni pritisak rasprskivača | $H_r =$ |
| Protok tifona | $Q =$ |
| Domet mlaza | $L_{mlaza} =$ |
| Širina adekvatno zalivene trake | $L_{trake} =$ |
| Brzina kretanja | $V =$ |
| Trajanje zalivanja | $T =$ |
| Ukupna površina zalivanja tifona | $P =$ |
| Potrebni broj tifona | $=$ |
| 3) Proračun hidrauličkih gubitaka u zalivnom crevu | |
| Unutrašnji prečnik creva | $D =$ |
| Hidraulički gubitak u crevu | $H_c =$ |
| 4) Proračun hidrauličkih gubitaka u dovodnom cevovodu | |
| Prečnik dovodne cevi | \emptyset |
| Dužina dovodne cevi | $L_D =$ |
| Hidraulički pad u dovodnom cevovodu | $I =$ |
| Hidraulički gubitak u dovodnom cevovodu | $H_D =$ |
| 5) Proračun ukupnog potrebnog hidrauličkog pritiska za nesmetani rad sistema | |
| Ukupni hidraulički gubici u sistemu | $H_{UK} =$ |
| 6) Kontrola varijacije pritiska u sistemu | |
| 7) Proračun potrebne snage pumpe | |
| Stepen korisnog dejstva pumpe | $\eta =$ |
| Snaga pumpe | $N =$ |



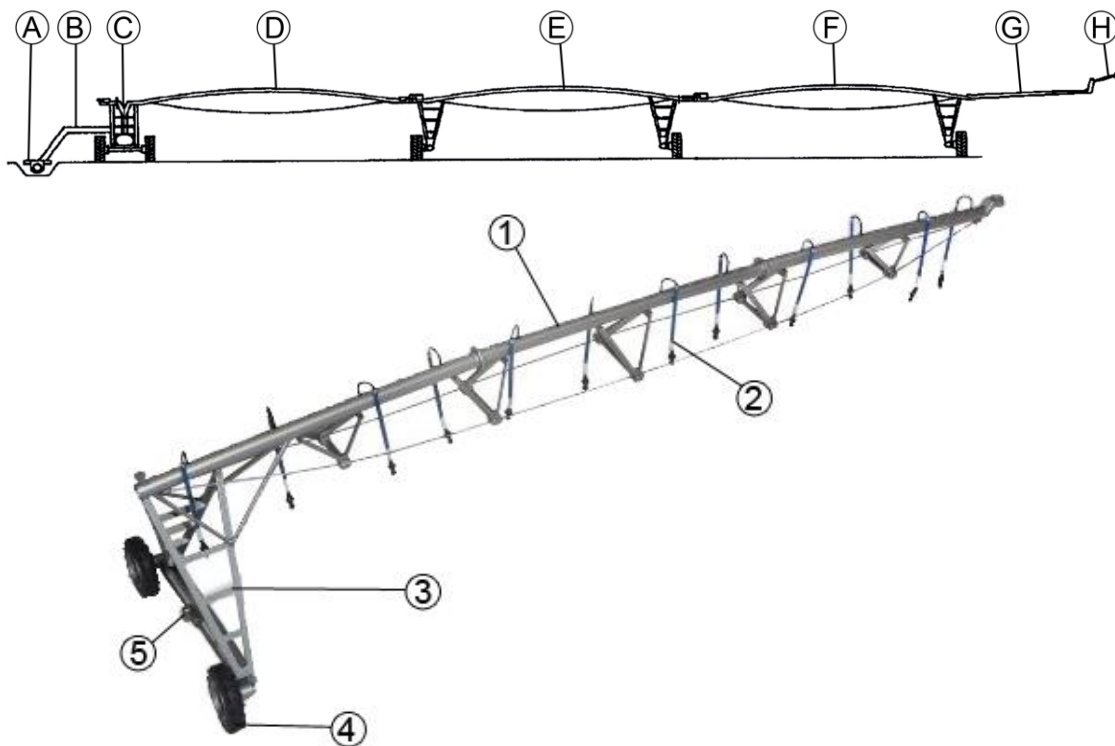
Slika 17. Nomogram za određivanje hidrauličkog pada pritiska za aluminijumske cevi

3. SAMOHODNI AUTOMATSKI ŠIROKOZAHVATNI UREĐAJI ZA ZALIVANJE

Samohodni automatski širokozahvatni uređaji za zalivanje prema načinu kretanja mogu biti kružni i linearni. Ovi uređaji su namenjeni zalivanju velikih površina, 100 – 250 ha, bez obzira na useve koji se gaje. Oba uređaja karakteriše visoka automatizacija rada.

Uređaji sa linearnim paralelnim kretanjem u odnosu na dve granice parcele mogu se snabdevati vodom iz otvorenog kanala - mašine tipa RENDŽER (Rainger) ili se fleksibilnim cevima vezivati za hidrante - mašine tipa LINEAR. Mogu biti sa centralnim napajanjem, kada se kanal ili cevovod nalazi u sredini parcele ili sa bočnim napajanjem kada se kanal ili cevovod nalaze na ivici parcele. Uređaj se sastoji od više raspona, u zavisnosti od potrebne dužine odnosno površine koja se zaliva. Raspon se sastoji od noseće čelične konstrukcije sa aluminijumskim ili čeličnim galvanizovanim cevima prečnika 6^{5/8}" (168 mm), 8^{5/8}" (219 mm) ili 10" (254 mm) koje su postavljene na tornjevima u obliku slova A. Tornjevi su snabdeveni pogonskim elektromotorom i točkovima sa pneumaticima. Na cevima se nalaze emiteri – rasprskivači. Dužine raspona se kreću od oko 30 do 60 m. Na kraju zadnjeg raspona može se postaviti prepust i kišni top koji proširuju zalivanu površinu. Uređaji tipa rendžer se kreću pored kanala i na sebi imaju dizel agregat za proizvodnju električne energije koja je potrebna za elektromotore koji pokreću tornjeve, kao i pumpu za zahvatanje vode. Uređaji tipa linear se umesto kanala snabdevaju vodom iz ukopanog cevovoda. Spoj mašine i cevovoda se ostvaruje preko hidranta i plastičnih creva, koje mašine vuku za sobom. Razmak hidranta je obično od 100-200 m. Dužina gumenog creva je za 15 m veća od polovine njihovog razmaka. Uvek se uzimaju dve garniture plastičnog creva, tako da nema dodatnih zastoja. Čim uređaj dođe na polovinu razmaka hidranta na drugi priključak mašine namešta se novo crevo a dovod prvog se automatski prekida. Uređaji tipa linear nema dizel crpni agregat, već se uređaj snabdeva iz hidranta sa zahtevanim proticajem i pritiskom. Da bi se obezbedilo pravolinijsko kretanje uređaja, vođenje se može vršiti: laserski; uz pomoć stubića postavljenih duž ivice kanala ili linije hidranata između kojih je razapeta sajla; uz pomoć kanala ili brazde kojom se kreće vođica ili antensko vođenje uz pomoć niskonaponskog voda ukopanog u zemlju. Sastavni delovi i konfiguracija uređaja tipa rendžer je prikazana na slici 18.

Uključivanje i isključivanje motora na pogonskim jedinicama regulisano je procentualnim programatorom. Ako se programator postavi na 100% motor na poslednjoj pogonskoj jedinici će neprekidno raditi što za posledicu ima najkraći prohod mašine po zalivanoj parceli ali i najmanju količinu vode koja se daje biljkama. Zato se u zavisnosti od visine vodenog taloga, motor usporava postavljanjem programatora na niži procenat. Tako na primer ako se procentualni programator postavi na 60% znači da će motor poslednjeg tornja raditi 36 a stajati 24 sekunde. Ostale pogonske jedinice usklađuju vreme rada, tj. brzinu kretanja prema poslednjem tornju, a to se vrši mikroprekidačima koji se uključuju ili isključuju u zavisnosti od horizontalnih uglova koji zaklapaju susedni rasponi.



A – usisna korpa, B – usisni cevovod, C – kolica sa dizel agregatom i pumpom, D – prvi raspon, E – ostali rasponi, F – poslednji raspon, G – prepust, H – kišni top,
 1 – noseća konstrukcija sa razvodnim cevima, 2 – rasprskivači, 3 – toranj, 4 – točkovi, 5 – pogonski elektromotor

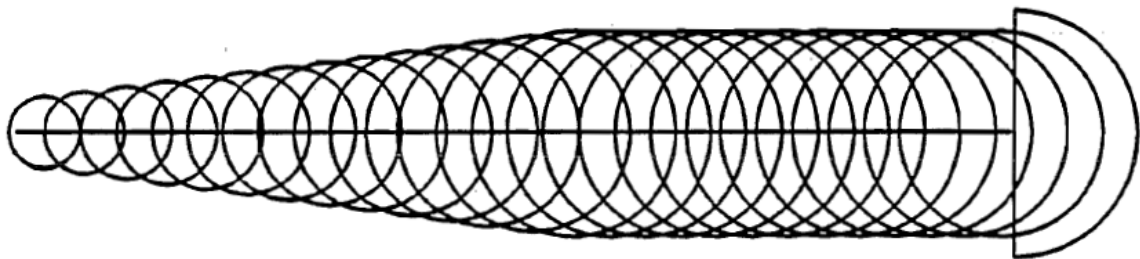
Slika 18. Sastavni delovi i konfiguracija uređaja tipa rendžer

Uređaj sa kružnim kretanjem (CENTAR PIVOT) ima veoma sličnu konstrukciju i princip rada kao i uređaj sa linearnim - paralelnim kretanjem, s tim da se kišno krilo okreće oko jednog centralnog tornja (stožer, pivot) odakle se snabdeva vodom. Uređaj čini centralna piramida sastavljena od čeličnih profila u obliku rešetke i oslonjena na betonski temelj (Slika 19), kao i već pomenuti rasponi sa prepustom i topom na kraju. Vertikalna napojna cev se pruža unutar piramide i to od stacionarnog cevovoda, ukopanog u zemlju, pa do početka krila gde je spoj izvršen lučnim fittingom. Ovo omogućava okretanje krila oko vertikalne napojne cevi. Duž kišnog krila postavljeni su rasprskivači. Kako zahvaćena – zalivena površina po dužnom metru krila raste eksponencijalno sa udaljenjem od centra potrebno je održati uniformnost zalivanja. Uniformnost zalivanja se održava ili različitim razmakom rasprskivača - razmak je gušći prema kraju krila ili različitim protokom vode kroz rasprskivače - protok se povećava od centra prema kraju krila (Slike 20 i 21). Dužina kišnog krila ovog uređaja može da bude do 850 m i zalivne površine do 225 ha. Pošto standardni centar pivot zaliva 78,5% parcele kvadratnog oblika, za zalivanje uglova se može dodati ugaono krilo (Corner System). Ovo dodatno krilo se shodno ukopanom

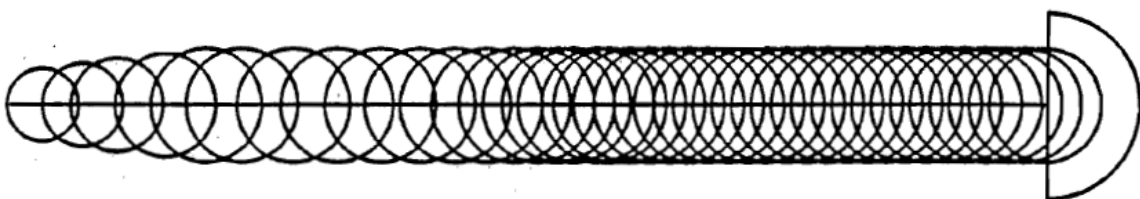
antenskom vodu otvara i zatvara na uglovima nezalivane površine od strane osnovnog krila. Rasprskivači na ugaonom krilu rade samo kada je ono manje ili više ispruženo.



Slika 19. Centralni toranj i prvi raspon centar pivot uređaja



Slika 20. Konstantni razmak rasprskivača – povećavanje protoka od centra prema kraju



Slika 21. Konstantni protok rasprskivača – smanjenje razmaka od centra prema kraju

Dodatna modifikacija je prevlačiv centar pivot uređaj, čija je dužina krila do 400 m, koja se posle zalivanja na jednom položaju zajedno sa piramidom traktorom prevlači na novi položaj. Potreba za ovom mašinom je nastala iz ekonomskih razloga, pošto stacionarni centar pivot ne bi bio ekonomičan sa dužinama manjim od 400 m.

PROJEKTOVANJE ZALIVNIH SISTEMA UREĐAJIMA TIPA RENDŽER, LINEAR I CENTAR PIVOT

Za potrebe izrade projekata zalivnih sistema samohodnim automatskim širokozahvatnim uređajima tipa rendžer, linear i centar pivot neophodno je raspolagati sa podacima o potrebama za vodom kultura koje se zalivaju, veličini i dimenziji zalivane parcele, lokaciji izvorišta vode, geodetskim podlogama sa visinskom predstavom i dr. U nastavku su prikazani postupci projektovanja.

Zadatak – rendžer sa bočnim napajanjem iz kanala

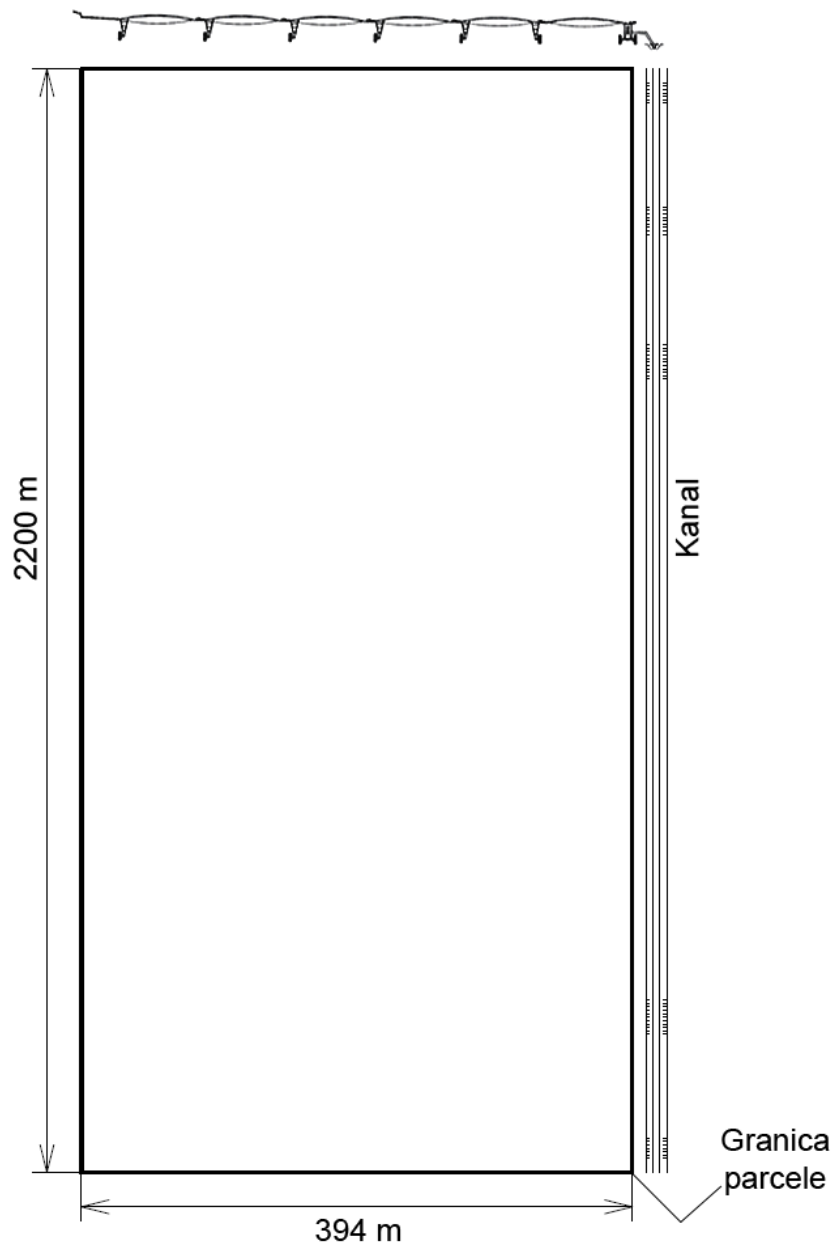
Izraditi projekat sistema za zalivanje samohodnim automatskim širokozahvatnim uređajem tipa **rendžer**. Parcela je površine od **86,7 ha**, sa stranicama parcele od **a = 2200 m** i **b = 394 m**. Napajanje rendžera je bočno iz kanala koji se proteže uz dužu stranicu parcele kako je to prikazano na situacionom planu (Slika 22).

Visinska razlika terena i minimalnog nivoa vode u kanalu iznosi **$h_v = 0,7$ m**, a visinska razlika između najviše i najniže kote parcele **$H_{parcele} = 1,0$ m**.

Na parceli će se proizvoditi soja, šećerna repa i kukuruz. Potreba gajenih kultura za vodom u kritičnom periodu iznosi **$ET_c = 4,5$ mm/dan**, a potrebna neto zalivna norma iznosi **NZN = 30 mm**.

Rešenje zadatka treba da sadrži:

- Proračun zalivnih normi i intervala zalivanja;
- Odabir komponenata zalivnog uređaja;
- Proračun protoka i hidromodula navodnjavanja;
- Proračun hidrauličkih gubitaka u sistemu;
- Proračun potrebne snage crpnog agregata;
- Podešavanje procentualnog programatora u zavisnosti od zalivne norme.



Slika 22. Situacioni plan zalivnog sistema uređajem tipa rendžer sa bočnim napajanjem iz kanala

1) Proračun bruto zalivne norme i intervala - turnusa zalivanja

Interval ili turnus zalivanja (I_z) određuje se kao što je to u prethodnim poglavlju rečeno, proračunavanjem vremena koje je potrebno da se ukupna količina vode u zoni rizosfere na površini koja se vlaži snizi, odnosno isuši do dozvoljenog nivoa. Ova količina vode predstavlja neto zalivnu normu a trajanje isušivanja do dozvoljenog nivoa zavisi od intenziteta evapotranspiracije. Interval zalivanja se određuje sledećom formulom:

$$I_z = \frac{NZN}{ET_c} \quad [\text{dan}]$$

U ovom primeru interval zalivanja iznosi:

$$I_z = \frac{NZN}{ET_c} = \frac{30 \text{ mm}}{4,5 \text{ mm / dan}} = 6,7 \text{ dana}$$

Usvojiće se da interval ili turnus zalivanja iznosi 7 dana, odnosno u kritičnom periodu parcelu je potrebno zaliti za 7 dana kada treba početi sa ponovnim zalivanjem.

$$I_z = 7 \text{ dana}$$

Zbog potrebe povratka mašine u početni položaj i eventualnih opravki i tekućeg održavanja usvojiće se da će zalivanje parcele trajati 6 dana (efektivno trajanje zalivanja $T_E = 6 \text{ dana}$) a jedan dan će se ostaviti za povratak mašine i održavanje.

Prilikom zalivanja javljaju se gubici vode, kao što su gubici na poniranje, površinsko oticanje (kod strmijih terena), na spojevima cevovoda, itd. Te gubitke je potrebno nadoknaditi. Kod zalivanja savremenim samohodnim automatskim širokozahvatnim uređajima ovi su gubici iznose oko 10% ($E_a = 90\%$) od neto deficita vode. Bruto zalivna norma za interval zalivanja, odnosno po turnusu (BZN_{turnus}) se računa formulom:

$$BZN_{\text{turnus}} = I_z \frac{ET_c}{E_a} \quad [\text{mm}]$$

U ovom primeru bruto zalivna norma po turnusu iznosi:

$$BZN_{\text{turnus}} = I_z \frac{ET_c}{E_a} = 7 \text{ dana} \frac{4,5 \text{ mm / dan}}{0,9} = 35 \text{ mm}$$

Kako 1 mm taloga vode na površini od 1 ha zauzima zapreminu od 10 m^3 , zalivna norma od 35 mm iznosi **$350 \text{ m}^3/\text{ha}$** .

2) Odabir komponenata zalivnog uređaja

Iz kataloga proizvođača opreme potrebno je odabrati odgovarajuće komponente sistema. U zavisnosti od spoljašnjeg prečnika cevi (D) uređaja postoje odgovarajuće dužine raspona kišnog krila i dužine prepusta. Uobičajene vrednosti su date u tabeli 11.

Tabela 11. Uobičajene vrednosti prečnika cevi, dužine raspona i dužine prepusta rendžera

| Spoljašnji prečnik cevi | | Dužina prvog raspona | Dužina ostalih raspona | Dužina prepusta |
|-------------------------|-----|----------------------|------------------------|-----------------|
| " | mm | m | m | m |
| 10 | 254 | 33,86 | 33,44 | 5,52 |
| 10 | 254 | 36,97 | 36,53 | 8,36 |
| 10 | 254 | 39,38 | 38,95 | 11,03 |
| 8 ^{5/8} | 219 | 43,80 | 43,37 | 3,08 |
| 8 ^{5/8} | 219 | 49,50 | 49,13 | 5,85 |
| 8 ^{5/8} | 219 | 55,29 | 54,86 | 8,69 |
| 6 ^{5/8} | 168 | 43,80 | 43,37 | 11,46 |
| 6 ^{5/8} | 168 | 49,56 | 49,13 | 17,04 |
| 6 ^{5/8} | 168 | 55,29 | 54,86 | 19,72 |
| 6 ^{5/8} | 168 | 60,96 | 60,62 | 25,39 |

U ovom primeru odabran je uređaj sa spoljašnjim prečnikom cevi $D = 6^{5/8} \text{ " } = 168 \text{ mm}$.

Dužine raspona i prepusta treba odabrati da ukupna dužina mašine (L) bude što približnija širini parcele. Takođe, u ukupnu dužinu mašine se može uračunati i domet krajnjeg kišnog topa, ali u ovom primeru rendžer će biti bez kišnog topa na kraju.

Prema podacima iz tabele 11, odabran je prvi raspon dužine $L_1 = 60,96 \text{ m}$, odabrano je 5 ostalih raspona dužine $L_2 = 60,62 \text{ m}$ i prepust dužine $L_p = 25,39 \text{ m}$. Ukupna dužina mašine iznosi:

$$L = 60,96 \text{ m} + 5 \cdot 60,62 \text{ m} + 25,39 \text{ m} = 389,45 \text{ m}$$

Uobičajeni razmak rasprskivača na kišnom krilu (L_R) iznosi 1,92m ili 2,88. U ovom primeru odabrano je da razmak iznosi $L_R = 2,88 \text{ m}$.

Broj rasprskivača na kišnom krilu se dobija kada se ukupna dužina kišnog krila podeli sa razmakom rasprskivača:

$$Br = \frac{L}{L_R}$$

U ovom primeru broj rasprskivača iznosi:

$$Br = \frac{L}{L_R} = \frac{389,45 \text{ m}}{2,88 \text{ m}} = 135,2$$

Usvaja se da broj rasprskivača na kišnom krilu iznosi **Br = 135**.

3) Proračun protoka i hidromodula navodnjavanja

Da bi se odredio potreban protok mašine u prvom koraku neophodno je definisati zalivanu površinu. Ukupna površina koja se zaliva je proizvod dužine parcele i efektivne dužine kišnog krila koji zavisi od broja rasprskivača i njihovog međusobnog razmaka i računa se:

$$P = a \cdot Br \cdot L_R$$

U ovom primeru ukupna površina koja se zaliva iznosi:

$$P = a \cdot Br \cdot L_R = 2200 \text{ m} \cdot 135 \cdot 2,88 \text{ m} = 855360 \text{ m}^2 = 85,54 \text{ ha}$$

Ukupna zapremina vode koju treba dovesti na parcelu računa se kao proizvod površine koja se zaliva i potrebne – bruto zalivne norme:

$$V = P(\text{ha}) \cdot BZN_{\text{turnus}} \left(\text{m}^3 / \text{ha} \right)$$

U ovom primeru ukupna zapremina vode koju treba dovesti na parcelu iznosi:

$$V = P(\text{ha}) \cdot BZN_{\text{turnus}} \left(\text{m}^3 / \text{ha} \right) = 85,54 \text{ ha} \cdot 350 \text{ m}^3 / \text{ha} = 29939 \text{ m}^3$$

Kao što je u prethodnim poglavljima rečeno, efektivno vreme rada mora da bude manje od 23 časa u toku dana da bi se ostavilo vremena za manipulacije na sistemu, otklanjanje eventualnih kvarova i slično. U ovom primeru usvojeno je da efektivno vreme rada sistema u toku dana iznosi **T = 23 časa**.

Ukupno trajanje zalivanja (T_z) parcele iznosi:

$$T_z = T_E \cdot T = 6 \text{ dana} \cdot 23 \text{ časa} = 138 \text{ časova}$$

Potreban protok (Q) rendžera računa se kao količnik ukupne zapremine vode koju treba dovesti na parcelu i ukupnog trajanja zalivanja:

$$Q = \frac{V}{T_z}$$

U ovom primeru protok vode iznosi:

$$Q = \frac{V}{T_z} = \frac{29939 \text{ m}^3}{138 \text{ čas}} = 216,95 \text{ m}^3 / \text{čas} = 0,0603 \text{ m}^3 / \text{sek} = 60,26 \text{ lit} / \text{sek}$$

Hidromodul navodnjavanja (q) računa se po sledećoj formuli:

$$q = \frac{BZN_{turnus} (mm) \cdot 10000}{T_z (\text{čas}) \cdot 3600} \quad [\text{lit/sek/ha}]$$

U ovom primeru hidromodul navodnjavanja iznosi:

$$q = \frac{BZN_{turnus} (mm) \cdot 10000}{T_z (\text{čas}) \cdot 3600} = \frac{35 \text{ mm} \cdot 10000}{138 \text{ čas} \cdot 3600} = 0,7 \text{ lit} / \text{sek} / \text{ha}$$

4) Proračun hidrauličkih gubitaka u uređaju

Hidraulički gubici u cevima rendžera računaće se korišćenjem prilagođene Hazen-Vilijamsove (Hazen-Williams) jednačine:

$$H_c = 6,527 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{L}{D^{4,87}} \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,85}$$

gde je: H – hidraulički gubitak u cevima (m), L – dužina cevi (m), Q - protok u cevi (lit/sek), D – unutrašnji prečnik cevi (m), C – koeficijent trenja cevi.

Odnosi spoljašnjeg i unutrašnjeg prečnika cevi dobijaju se iz kataloga proizvođača, a neke uobičajene vrednosti su date u tabeli 12.

Tabela 12. Spoljašnji i unutrašnji prečnici cevi samohodnih automatskih širokozahvatnih uređaja za maksimalne radne pritiske od 4 bara

| Spoljašnji prečnik cevi | | Unutrašnji prečnik cevi |
|-------------------------|-----|-------------------------|
| " | mm | mm |
| 10 | 254 | 248 |
| 8 ^{5/8} | 219 | 203 |
| 6 ^{5/8} | 168 | 154 |

Vrednost koeficijenta trenja se dobija iz kataloga proizvođača, a u ovom primeru je usvojena vrednost **C = 150**.

Vrednost hidrauličkih gubitaka u cevima rendžera iznose:

$$H_c = 6,527 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{L}{D^{4,87}} \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,85} = 6,527 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{389,45 \text{ m}}{(0,154 \text{ m})^{4,87}} \cdot \left(\frac{60,26 \text{ lit / sek}}{150}\right)^{1,85} = 4,3 \text{ m}$$

Visina zalivnog uređaja zavisi od odabranog modela i komponenti i nalazi se u katalogu proizvođača. U ovom primeru visina rendžera iznosi $H_V = 4,12 \text{ m}$.

Rasprskivači sa takođe biraju iz kataloga proizvođača. Postoje brojni modeli sa različitim karakteristikama i mogućnostima. Radni pritisci se kreću od 0,7 bara za rasprskivače manjeg protoka i bez regulatora pritiska pa do 2,4 bara za rasprskivače većeg protoka i sa regulatorima pritiska. U ovom primeru odabran je tip rasprskivača sa regulatorom pritiska koji zahteva radni pritisak od $H_R = 1,4 \text{ bara} = 14,28 \text{ m}$.

Hidraulički gubici u zalivnom uređaju, odnosno potreban pritisak na potisnoj cevi pumpe jednak je zbiru hidrauličkih gubitaka u cevovodu mašine, potrebnog radnog pritiska rasprskivača ili krajnjeg topa, visine zalivnog uređaja i visinske razlike parcele:

$$H_{\text{rendžer}} = H_c + H_R + H_V + H_{\text{parcele}}$$

U ovom primeru hidraulički gubici u rendžeru iznose:

$$H_{\text{rendžer}} = H_c + H_R + H_V + H_{\text{parcele}} = 4,3 \text{ m} + 14,28 \text{ m} + 4,12 \text{ m} + 1 \text{ m} = 23,7 \text{ m}$$

5) Proračun potrebne snage pumpe

Da bi se odredila potrebna snaga pumpe, pored hidrauličkih gubitaka u zalivnom uređaju potrebno je uračunati i gubitke u usisnom cevovodu i visinu dizanja vode – visinsku razliku minimalnog nivoa vode u kanalu i površine terena.

Formula za računanje gubitaka u usisnom cevovodu se najčešće dobija od proizvođača, a u ovom primeru glasi:

$$H_{\text{USIS}} = 4,59 \cdot 10^{-5} \cdot Q^{1,85} = 4,59 \cdot 10^{-5} \cdot (60,26 \text{ lit / sek})^{1,85} = 0,09 \text{ m}$$

Ukupni hidraulički gubici u sistemu se dobijaju kao zbir gubitaka u zalivnom uređaju, visinsku razliku minimalnog nivoa vode u kanalu i površine terena i gubitaka u usisnom cevovodu. Ukupni gubici se često uvećavaju za 10% iz sigurnosnih razloga, da bi se uračunali nepredviđeni otpori i gubici pritiska u sistemu, habanje komponenti sistema i

dr. Ukupni hidraulički gubici u sistemu predstavljaju ukupan potreban pritisak pumpe, odnosno manometarsku visinu dizanja pumpe.

$$H_{UK} = 1,1 \cdot (H_{rendžer} + h_v + H_{USIS}) = 1,1 \cdot (23,7 m + 0,7 m + 0,09 m) = 26,9 m$$

Stepen korisnog dejstva pumpe se dobija od proizvođača, a u ovom primeru iznosi $\eta = 0,81$.

Snaga pumpe srazmerna je manometarskoj visini dizanja pumpe (H), protoku (Q) i stepenu korisnog dejstva pumpe (η):

$$N(kW) = \frac{9,81 \cdot Q(lit / sek) \cdot H(m)}{1000 \cdot \eta}$$

U ovom primeru potrebna snaga pumpe iznosi:

$$N(kW) = \frac{9,81 \cdot Q(lit / sek) \cdot H(m)}{1000 \cdot \eta} = \frac{9,81 \cdot 60,26 lit / sek \cdot 26,9 m}{1000 \cdot 0,81} = 19,63 kW$$

6) Podešavanje procentualnog programatora

Brzina kretanja mašine pri podešenosti programatora na 100% jednaka je maksimalnoj brzini kretanja mašine koja u ovom primeru iznosi $v_{100\%} = 135 m/\text{čas}$.

Vreme prolaza mašine maksimalnom brzinom se računa kao količnik pređenog puta (dužina parcele) i maksimalne brzine:

$$T_{prolaz}^{100\%} = \frac{a(m)}{v_{100\%}(m / \text{čas})} \quad [\text{čas}]$$

U ovom primeru vreme prolaza mašine maksimalnom brzinom iznosi:

$$T_{prolaz}^{100\%} = \frac{a(m)}{v_{100\%}(m / \text{čas})} = \frac{2200 m}{135 m / \text{čas}} = 16,3 \text{ časa}$$

Nanos vode po prolazu pri maksimalnoj brzini mašine zavisi od protoka, maksimalne brzine i ukupne dužine kišnog krila i računa se sledećom formulom:

$$Zn_{prolaz}^{100\%} = \frac{3600 \cdot Q(lit / sek)}{v_{100\%}(m / \text{čas}) \cdot L(m)} \quad [mm]$$

U ovom primeru nanos vode po prolazu pri maksimalnoj brzini mašine iznosi:

$$Zn_{\text{prolaz}}^{100\%} = \frac{3600 \cdot Q(\text{lit} / \text{sek})}{v_{100\%} (m / \text{čas}) \cdot L(m)} = \frac{3600 \cdot 60,26 \text{ lit} / \text{sek}}{135 m / \text{čas} \cdot 389,45 m} = 4,13 \text{ mm}$$

Vremena prolaza i nanosi vode po prolazima za ostale procenete podešavanja procentualnog programatora se računaju prema tabeli 13:

Tabela 13. Vremena prolaza i nanosi vode po prolazima

| % | Vreme prolaza (čas) | % | Nanos vode po prolazu (mm) | | |
|-----|--------------------------------------|------|----------------------------|---------------------------------------|------|
| 100 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} =$ | 16,3 | 100 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} =$ | 4,1 |
| 90 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,9 =$ | 18,1 | 90 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,9 =$ | 4,6 |
| 80 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,8 =$ | 20,4 | 80 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,8 =$ | 5,2 |
| 70 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,7 =$ | 23,3 | 70 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,7 =$ | 5,9 |
| 60 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,6 =$ | 27,2 | 60 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,6 =$ | 6,9 |
| 50 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,5 =$ | 32,6 | 50 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,5 =$ | 8,3 |
| 40 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,4 =$ | 40,8 | 40 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,4 =$ | 10,3 |
| 30 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,3 =$ | 54,3 | 30 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,3 =$ | 13,8 |
| 20 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,2 =$ | 81,5 | 20 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,2 =$ | 20,7 |
| 10 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,1 =$ | 163 | 10 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,1 =$ | 41,3 |
| 5 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,05 =$ | 326 | 5 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,05 =$ | 82,6 |

Procenat programatora koji obezbeđuje zadatu zalivnu normu računa se po sledećoj formuli:

$$\% = 100 \cdot \frac{Zn_{\text{prol}}^{100\%}}{Zn}$$

U ovom primeru zadata zalivna norma jednaka je bruto zalivnoj normi, koja iznosi BZN = 35mm, a procentualni programator treba podesiti na:

$$\% = 100 \cdot \frac{Zn_{\text{prol}}^{100\%}}{Zn} = 100 \cdot \frac{4,13 \text{ mm}}{35 \text{ mm}} = 11,8 \%$$

VEŽBA 3

Izraditi projekat sistema za zalivanje samohodnim automatskim širokozahvatnim uređajem tipa **rendžer**. Parcela je pravougaonog oblika površine od _____ **ha**, sa stranicama parcele od **a** = _____ **m** i **b** = _____ **m**. Napajanje rendžera je bočno iz kanala koji se proteže uz dužu stranicu parcele kako je to prikazano na situacionom planu (Slika 23). Rendžer treba da bude bez krajnjeg kišnog topa.

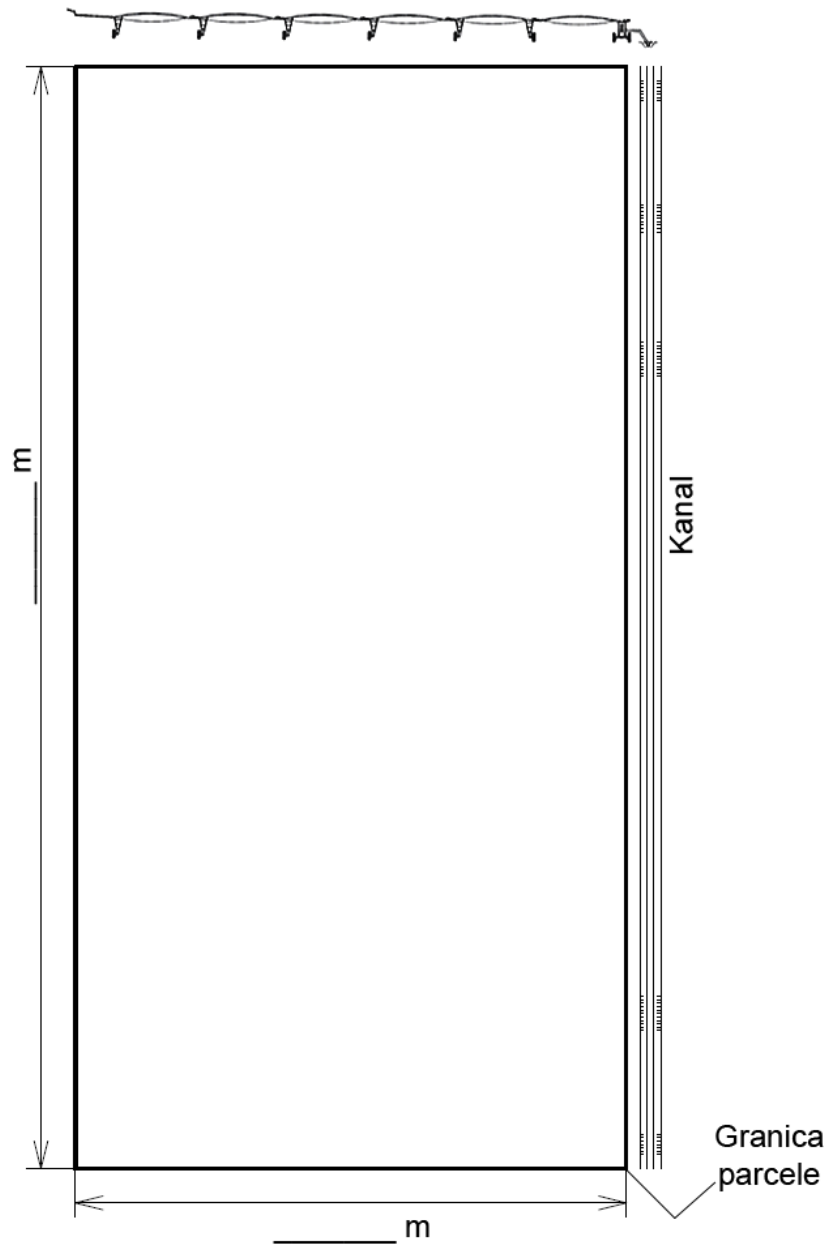
Visinska razlika terena i minimalnog nivoa vode u kanalu iznosi $h_v =$ _____ **m**, a visinska razlika između najviše i najniže kote parcele $H_{parcele} =$ _____ **m**.

Na parceli će se proizvoditi soja, šećerna repa i kukuruz. Potreba gajenih kultura za vodom u kritičnom periodu iznosi $ET_c =$ _____ **5 mm/dan**, a potrebna neto zalivna norma iznosi **NZN =** _____ **mm**.

Rešenje zadatka treba da sadrži:

- Proračun zalivnih normi i intervala zalivanja;
- Odabir komponenata zalivnog uređaja;
- Proračun protoka i hidromodula navodnjavanja;
- Proračun hidrauličkih gubitaka u sistemu;
- Proračun potrebne snage crpnog agregata;
- Podešavanje procentualnog programatora u zavisnosti od zalivne norme.

Rezultate proračuna upisati u tabele 14 i 15.



Slika 23. Situacioni plan parcele

Tabela 14. Rezultati proračuna

| | |
|--|-------------------------------|
| 1) Proračun bruto zalivne norme i intervala - turnusa zalivanja | |
| Interval zalivanja | $I_z =$ |
| Bruto zalivna norma po turnusu | $BZN_{turnus} =$ |
| 2) Odabir komponenata rendžera | |
| Spoljašnji prečnik cevi | $D =$ |
| Dužina prvog raspona | $L_1 =$ |
| Dužina ostalih raspona | $L_2 =$ $L_3 =$ $L_4 =$ |
| Dužina prepusta | $L_P =$ |
| Ukupna dužina rendžera | $L =$ |
| Razmak rasprskivača | $L_R =$ |
| Broj rasprskivača | $B_r =$ |
| 3) Proračun protoka i hidromodula navodnjavanja | |
| Zalivena površina | $P =$ |
| Ukupna zapremina vode | $V =$ |
| Ukupno trajanje zalivanja | $T_z =$ |
| Protok | $Q =$ |
| Hidromodul navodnjavanja | $q =$ |
| 4) Proračun hidrauličkih gubitaka u uređaju | |
| Hidraulički gubici u cevima rendžera | $H_C =$ |
| Visina rendžera | $H_V =$ |
| Radni pritisak rasprskivača | $H_R =$ |
| Hidraulički gubici u rendžeru | $H_{RENDŽER} =$ |
| 5) Proračun potrebne snage pumpe | |
| Hidraulički gubici u usisnom cevovodu | $H_{USIS} =$ |
| Ukupni hidraulički gubici u sistemu | $H_{UK} =$ |
| Snaga pumpe | $N =$ |
| 6) Podešavanje procentualnog programatora | |
| Vreme prolaza mašine maksimalnom brzinom | $T_{100\%} =$ |
| Nanos vode po prolazu pri maksimalnoj brzini | $Zn_{100\%} =$ |
| Procenat programatora koji obezbeđuje zadatu zalivnu normu | $\% =$ |

Tabela 15. Vremena prolaza i nanosi vode po prolazima

| Vreme prolaza (čas) | | Nanos vode po prolazu (mm) | |
|---------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 100 | $= T_{prol}^{100\%} =$ | 100 | $= Zn_{prol}^{100\%} =$ |
| 90 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,9 =$ | 90 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,9 =$ |
| 80 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,8 =$ | 80 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,8 =$ |
| 70 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,7 =$ | 70 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,7 =$ |
| 60 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,6 =$ | 60 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,6 =$ |
| 50 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,5 =$ | 50 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,5 =$ |
| 40 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,4 =$ | 40 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,4 =$ |
| 30 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,3 =$ | 30 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,3 =$ |
| 20 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,2 =$ | 20 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,2 =$ |
| 10 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,1 =$ | 10 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,1 =$ |
| 5 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,05 =$ | 5 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,05 =$ |

Zadatak – rendžer sa centralnim napajanjem iz kanala

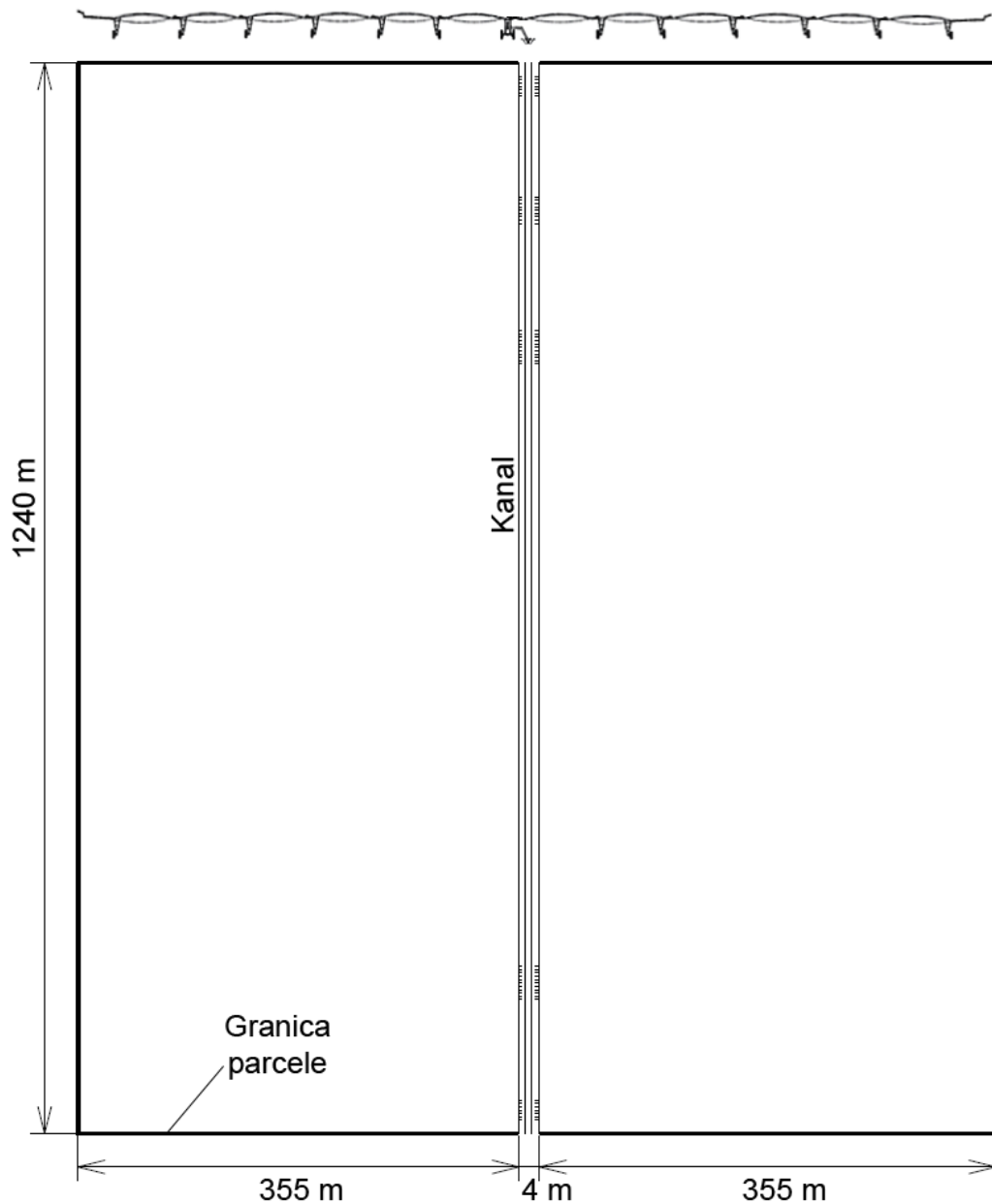
Izraditi projekat sistema za zalivanje samohodnim automatskim širokozahvatnim uređajima tipa **rendžer**. Parcela je pravougaonog oblika površine od **88 ha**, sa stranicama od **a = 1240 m** i **b = 714 m**. Napajanje rendžera je centralno iz kanala koji se proteže kroz sredinu parcele kako je to prikazano na situacionom planu (Slika 24).

Visinska razlika terena i minimalnog nivoa vode u kanalu iznosi **$H_v = 0,7$ m**, a visinska razlika između najviše i najniže kote parcele **$H_{parcele} = 1,0$ m**.

Na parceli će se proizvoditi soja, šećerna repa i kukuruz. Potreba gajenih kultura za vodom u kritičnom periodu iznosi **$ET_c = 5$ mm/dan**, a potrebna neto zalivna norma iznosi **NZN = 35 mm**.

Rešenje zadatka treba da sadrži:

- Proračun zalivnih normi i intervala zalivanja;
- Odabir komponenata zalivnog uređaja;
- Proračun protoka i hidromodula navodnjavanja;
- Proračun hidrauličkih gubitaka u sistemu;
- Proračun potrebne snage crpnog agregata;
- Podešavanje procentualnog programatora u zavisnosti od zalivne norme.



Slika 24. Situacioni plan zalivnog sistema uređajem tipa rendžer sa centralnim napajanjem iz kanala

1) Proračun bruto zalivne norme i intervala - turnusa zalivanja

Za ulazne podatke u ovom primeru interval zalivanja iznosi:

$$I_z = \frac{NZN}{ET_c} = \frac{35 \text{ mm}}{5 \text{ mm/dan}} = 7 \text{ dana}$$

Zbog potrebe povratka mašine u početni položaj i eventualnih opravki i tekućeg održavanja usvojiće se da će zalivanje parcele trajati 6 dana (efektivno trajanje zalivanja $T_E = 6$ dana) a jedan dan će se ostaviti za povratak mašine i održavanje.

Bruto zalivna norma za interval zalivanja, odnosno po turnusu (BZN_{turnus}) iznosi:

$$BZN_{turnus} = I_z \frac{ET_c}{Ea} = 7 \text{ dana} \frac{5 \text{ mm / dan}}{0,9} = 38,9 \text{ mm} \approx 40 \text{ mm}$$

Usvojena je vrednost bruto zalivne norme od $BZN_{turnus} = 40 \text{ mm} = 400 \text{ m}^3/\text{ha}$.

2) Odabir komponenata zalivnog uređaja

Iz kataloga proizvođača opreme potrebno je odabrati odgovarajuće komponente sistema.

U ovom primeru odabran je uređaj sa spoljašnjim prečnikom cevi $D = 6^{5/8} \text{ " } = 168 \text{ mm}$.

Dužine raspona, prepusta i domet krajnjeg kišnog topa treba odabrati tako da ukupna dužina mašine (L_{UK}) bude što približnija širini parcele. U ovom primeru rendžer će imati dva kišna krila jednake dužine (L_{KRILA}) jer se napajanje vrši iz kanala koji se nalazi na sredini parcele.

Centralni kanal za napajanje uređaja vodom zauzima prostor u širini od **4 m** tako da širine leve i desne parcele iznose **355 m** pa je potrebno odabrati raspone, prepust i eventualno krajnji kišni top što približnije toj dužini. Na osnovu širine parcele i odabranog spoljašnjeg prečnika cevi mašine iz tabele 11 odabrani su sledeći rasponi: jedan - prvi raspon dužine $L_1 = 55,29 \text{ m}$, pet raspona dužine $L_2 = 54,86 \text{ m}$ i prepust dužine $L_P = 25,39 \text{ m}$. Rendžer je bez kišnog topa. Ukupna dužina jednog kišnog krila rendžera iznosi:

$$L_{KRILA} = 55,29 \text{ m} + 5 \cdot 54,86 \text{ m} + 25,39 \text{ m} = 354,98 \text{ m}$$

Ukupna dužina mašine je:

$$L_{UK} = 2 \cdot L_{KRILA} = 2 \cdot 354,98 \text{ m} = 709,96 \text{ m}$$

Odabran je da razmak rasprskivača od $L_R = 2,88 \text{ m}$.

Broj rasprskivača na kišnom krilu iznosi:

$$Br = \frac{L}{L_R} = \frac{354,98 \text{ m}}{2,88 \text{ m}} = 123,3$$

Usvaja se da se na jedno kišno krilo instalira **Br = 123** rasprskivača.

3) Proračun protoka i hidromodula navodnjavanja

Ukupna površina koja se zaliva je proizvod dužine parcele i efektivne dužine oba kišna krila koji zavisi od broja rasprskivača i njihovog međusobnog razmaka:

$$P = a \cdot 2 \cdot Br \cdot L_R = 1240 \text{ m} \cdot 2 \cdot 123 \cdot 2,88 \text{ m} = 878515 \text{ m}^2 = 87,85 \text{ ha}$$

Ukupna zapremina vode koju treba dovesti na parcelu računa se kao proizvod površine koja se zaliva i potrebne – bruto zalivne norme:

$$V = P(\text{ha}) \cdot BZN_{turnus} (\text{m}^3 / \text{ha}) = 87,85 \text{ ha} \cdot 400 \text{ m}^3 / \text{ha} = 35140 \text{ m}^3$$

U ovom primeru usvojeno je da efektivno vreme rada sistema u toku dana iznosi **T = 23 časa**.

Ukupno trajanje zalivanja (T_z) parcele iznosi:

$$T_z = T_E \cdot T = 6 \text{ dana} \cdot 23 \text{ časa} = 138 \text{ časova}$$

Potreban protok (Q) rendžera računa se kao količnik ukupne zapremine vode koju treba dovesti na parcelu i ukupnog trajanja zalivanja:

$$Q = \frac{V}{T_z} = \frac{35140 \text{ m}^3}{138 \text{ čas}} = 254,64 \text{ m}^3 / \text{čas} = 0,0707 \text{ m}^3 / \text{sek} = 70,7 \text{ lit} / \text{sek}$$

Hidromodul navodnjavanja iznosi:

$$q = \frac{BZN_{turnus} (\text{mm}) \cdot 10000}{T_z (\text{čas}) \cdot 3600} = \frac{40 \text{ mm} \cdot 10000}{138 \text{ čas} \cdot 3600} = 0,8 \text{ lit} / \text{sek} / \text{ha}$$

4) Proračun hidrauličkih gubitaka u uređaju

Hidraulički gubici u cevima rendžera računaće se korišćenjem prilagođene Hazen-Vilijamsove (Hazen-Williams) jednačine kao i u prethodnom primeru, s tim da se zbog centralnog napajanja ukupan protok deli na dva kraka tako da je dovoljno hidrauličke gubitke u cevima računati samo za jedan krak (kišno krilo), odnosno u formulu se unosi polovina ukupnog protoka.

Vrednost koeficijenta trenja se dobija iz kataloga proizvođača i u ovom primeru je usvojena vrednost **C = 150**, a unutrašnji prečnik cev je usvojen iz tabele 12 i iznosi **D = 154 mm = 0,154 m**.

Vrednost hidrauličkih gubitaka u cevima rendžera sa centralnim napajanjem iznose:

$$H_c = 6,527 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{L}{D^{4,87}} \cdot \left(\frac{Q}{C} \right)^{1,85} = 6,527 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{354,98 \text{ m}}{(0,154 \text{ m})^{4,87}} \cdot \left(\frac{\frac{70,7 \text{ lit / sek}}{2}}{150} \right)^{1,85} = 1,45 \text{ m}$$

Visina zalivnog uređaja zavisi od odabranog modela i komponenti i nalazi se u katalogu proizvođača. U ovom primeru visina rendžera iznosi **H_V = 4,12 m**.

Rasprskivači sa takođe biraju iz kataloga proizvođača. U ovom primeru odabran je tip rasprskivača sa regulatorom pritiska koji zahteva radni pritisak od **H_R = 1,4 bara = 14,28 m**.

Hidraulički gubici u zalivnom uređaju, odnosno potreban pritisak na potisnoj cevi pumpe jednak je zbiru hidrauličkih gubitaka u cevovodu mašine, potrebnog radnog pritiska rasprskivača ili krajnjeg topa, visine zalivnog uređaja i visinske razlike parcele. U ovom primeru hidraulički gubici u rendžeru iznose:

$$H_{rendžer} = H_c + H_R + H_V + H_{parcele} = 1,45 \text{ m} + 14,28 \text{ m} + 4,12 \text{ m} + 1 \text{ m} = 20,85 \text{ m}$$

5) Proračun potrebne snage pumpe

Da bi se odredila potrebna snaga pumpe, pored hidrauličkih gubitaka u zalivnom uređaju potrebno je uračunati i gubitke u usisnom cevovodu i visinu dizanja vode – visinsku razliku minimalnog nivoa vode u kanalu i površine terena.

Formula za računanje gubitaka u usisnom cevovodu se najčešće dobija od proizvođača, a u ovom primeru glasi:

$$H_{USIS} = 4,59 \cdot 10^{-5} \cdot (Q)^{1,85} = 4,59 \cdot 10^{-5} \cdot (70,7 \text{ lit / sek})^{1,85} = 0,12 \text{ m}$$

Ukupni hidraulički gubici u sistemu se dobijaju kao zbir gubitaka u zalivnom uređaju, visinsku razliku minimalnog nivoa vode u kanalu i površine terena i gubitaka u usisnom cevovodu i sve to uvećano za 10% iz sigurnosnih razloga kako je to objašnjeno u prethodnom primeru. Ukupni hidraulički gubici u sistemu iznose:

$$H_{UK} = 1,1 \cdot (H_{rendžer} + h_V + H_{USIS}) = 1,1 \cdot (20,85 \text{ m} + 0,7 \text{ m} + 0,12 \text{ m}) = 23,8 \text{ m}$$

Stepen korisnog dejstva pumpe se dobija od proizvođača, a u ovom primeru iznosi $\eta = 0,81$.

Snaga pumpe srazmerna je manometarskoj visini dizanja pumpe (H), protoku (Q) i stepenu korisnog dejstva pumpe (η):

$$N(kW) = \frac{9,81 \cdot Q(\text{lit / sek}) \cdot H(m)}{1000 \cdot \eta} = \frac{9,81 \cdot 70,7 \text{ lit / sek} \cdot 23,8 \text{ m}}{1000 \cdot 0,81} = 20,38 \text{ kW}$$

6) Podešavanje procentualnog programatora

Brzina kretanja mašine pri podešenosti programatora na 100% jednaka je maksimalnoj brzini kretanja mašine koja u ovom primeru iznosi $v_{100\%} = 135 \text{ m/čas}$.

Vreme prolaza mašine maksimalnom brzinom se računa kao količnik pređenog puta (dužina parcele) i maksimalne brzine i u ovom primeru iznosi:

$$T_{prolaz}^{100\%} = \frac{a(m)}{v_{100\%}(m / čas)} = \frac{1240 \text{ m}}{135 \text{ m / čas}} = 9,2 \text{ časa}$$

Nanos vode po prolazu pri maksimalnoj brzini mašine zavisi od ukupnog protoka, maksimalne brzine i ukupne dužine mašine i u ovom primeru iznosi:

$$Zn_{prolaz}^{100\%} = \frac{3600 \cdot Q(\text{lit / sek})}{v_{100\%}(m / čas) \cdot L_{UK}(m)} = \frac{3600 \cdot 70,7 \text{ lit / sek}}{135 \text{ m / čas} \cdot 709,96 \text{ m}} = 2,66 \text{ mm}$$

Vremena prolaza i nanosi vode po prolazima za ostale procenete podešavanja procentualnog programatora se računaju prema tabeli 16.

Tabela 16. Vremena prolaza i nanosi vode po prolazima

| % | | Vreme prolaza (čas) | | % | | Nanos vode po prolazu (mm) | |
|-----|-------------------------------|---------------------|--|-----|--------------------------------|----------------------------|--|
| 100 | $= T_{prol}^{100\%} =$ | 9,2 | | 100 | $= Zn_{prol}^{100\%} =$ | 2,7 | |
| 90 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,9 =$ | 10,2 | | 90 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,9 =$ | 2,9 | |
| 80 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,8 =$ | 11,5 | | 80 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,8 =$ | 3,3 | |
| 70 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,7 =$ | 13,1 | | 70 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,7 =$ | 3,8 | |
| 60 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,6 =$ | 15,3 | | 60 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,6 =$ | 4,4 | |
| 50 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,5 =$ | 18,4 | | 50 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,5 =$ | 5,3 | |
| 40 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,4 =$ | 23,0 | | 40 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,4 =$ | 6,7 | |
| 30 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,3 =$ | 30,7 | | 30 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,3 =$ | 8,9 | |
| 20 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,2 =$ | 46,0 | | 20 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,2 =$ | 13,3 | |
| 10 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,1 =$ | 92,0 | | 10 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,1 =$ | 26,6 | |
| 5 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,05 =$ | 184,0 | | 5 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,05 =$ | 53,2 | |

U ovom primeru zadata zalivna norma jednaka je bruto zalivnoj normi, koja iznosi BZN = 40 mm, a procentualni programator treba podesiti na:

$$\% = 100 \cdot \frac{Zn_{prol}^{100\%}}{Zn} = 100 \cdot \frac{2,66 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} = 6,7 \%$$

VEŽBA 4

Izraditi projekat sistema za zalivanje samohodnim automatskim širokozahvatnim uređajem tipa **rendžer**. Parcela je pravougaonog oblika površine od _____ **ha**, sa stranicama od **a** = _____ **m** i **b** = _____ **m**. Napajanje rendžera je centralno iz kanala koji se proteže kroz sredinu parcele kako je to prikazano na situacionom planu (Slika 25). Rendžer treba da bude bez krajnjeg kišnog topa.

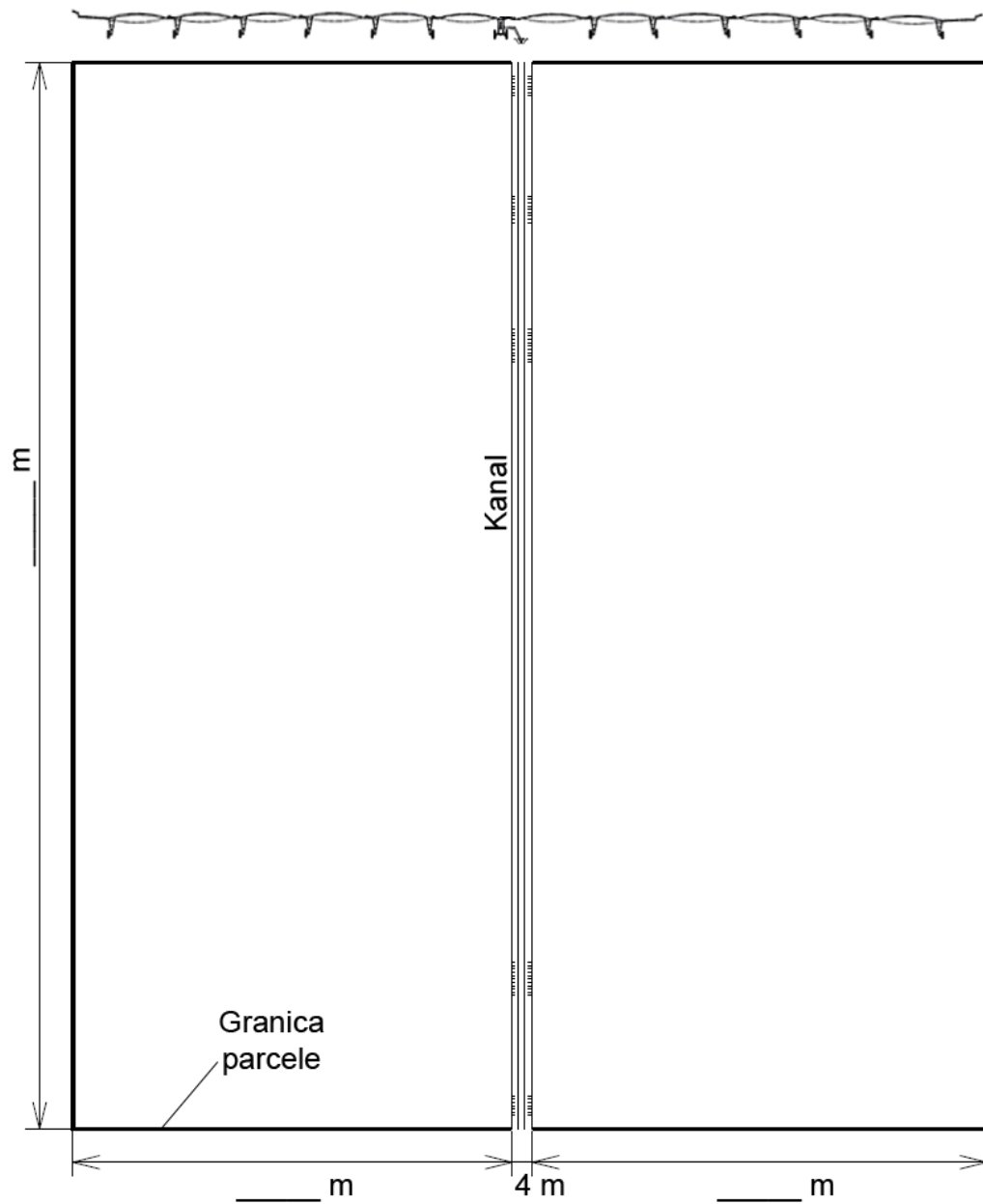
Visinska razlika terena i minimalnog nivoa vode u kanalu iznosi $H_v =$ _____ **m**, a visinska razlika između najviše i najniže kote parcele $H_{parcele} =$ _____ **m**.

Na parceli će se proizvoditi soja, šećerna repa i kukuruz. Potreba gajenih kultura za vodom u kritičnom periodu iznosi $ET_c =$ _____ **mm/dan**, a potrebna neto zalivna norma iznosi **NZN** = _____ **mm**.

Rešenje zadatka treba da sadrži:

- Proračun zalivnih normi i intervala zalivanja;
- Odabir komponenata zalivnog uređaja;
- Proračun protoka i hidromodula navodnjavanja;
- Proračun hidrauličkih gubitaka u sistemu;
- Proračun potrebne snage crpnog agregata;
- Podešavanje procentualnog programatora u zavisnosti od zalivne norme.

Rezultate proračuna upisati u tabele 17 i 18.



Slika 25. Situacioni plan zalivnog sistema uređajem tipa rendžer sa centralnim napajanjem iz kanala

Tabela 17. Rezultati proračuna

| | |
|--|-------------------------------|
| 1) Proračun bruto zalivne norme i intervala - turnusa zalivanja | |
| Interval zalivanja | $I_z =$ |
| Bruto zalivna norma po turnusu | $BZN_{turnus} =$ |
| 2) Odabir komponenata rendžera | |
| Spoljašnji prečnik cevi | $D =$ |
| Širina leve i desne parcele | $b_1 =$ |
| Dužina prvog raspona | $L_1 =$ |
| Dužina ostalih raspona | $L_2 =$ $L_3 =$ $L_4 =$ |
| Dužina prepusta | $L_P =$ |
| Ukupna dužina jednog krila rendžera | $L_{KRILA} =$ |
| Ukupna dužina rendžera | $L_{UK} =$ |
| Razmak rasprskivača | $L_R =$ |
| Broj rasprskivača | $B_r =$ |
| 3) Proračun protoka i hidromodula navodnjavanja | |
| Zalivena površina | $P =$ |
| Ukupna zapremina vode | $V =$ |
| Ukupno trajanje zalivanja | $T_z =$ |
| Protok | $Q =$ |
| Hidromodul navodnjavanja | $q =$ |
| 4) Proračun hidrauličkih gubitaka u uređaju | |
| Hidraulički gubici u cevima rendžera | $H_C =$ |
| Visina rendžera | $H_V =$ |
| Radni pritisak rasprskivača | $H_R =$ |
| Hidraulički gubici u rendžeru | $H_{RENDŽER} =$ |
| 5) Proračun potrebne snage pumpe | |
| Hidraulički gubici u usisnom cevovodu | $H_{USIS} =$ |
| Ukupni hidraulički gubici u sistemu | $H_{UK} =$ |
| Snaga pumpe | $N =$ |
| 6) Podešavanje procentualnog programatora | |
| Vreme prolaza mašine maksimalnom brzinom | $T_{100\%} =$ |
| Nanos vode po prolazu pri maksimalnoj brzini | $Zn_{100\%} =$ |
| Procenat programatora koji obezbeđuje zadatu zalivnu normu | $\% =$ |

Tabela 18. Vremena prolaza i nanosi vode po prolazima

| % | | Vreme prolaza (čas) | % | | Nanos vode po prolazu (mm) |
|-----|---|-----------------------------|-----|---|------------------------------|
| 100 | = | $T_{prol}^{100\%} =$ | 100 | = | $Zn_{prol}^{100\%} =$ |
| 90 | = | $T_{prol}^{100\%} : 0,9 =$ | 90 | = | $Zn_{prol}^{100\%} : 0,9 =$ |
| 80 | = | $T_{prol}^{100\%} : 0,8 =$ | 80 | = | $Zn_{prol}^{100\%} : 0,8 =$ |
| 70 | = | $T_{prol}^{100\%} : 0,7 =$ | 70 | = | $Zn_{prol}^{100\%} : 0,7 =$ |
| 60 | = | $T_{prol}^{100\%} : 0,6 =$ | 60 | = | $Zn_{prol}^{100\%} : 0,6 =$ |
| 50 | = | $T_{prol}^{100\%} : 0,5 =$ | 50 | = | $Zn_{prol}^{100\%} : 0,5 =$ |
| 40 | = | $T_{prol}^{100\%} : 0,4 =$ | 40 | = | $Zn_{prol}^{100\%} : 0,4 =$ |
| 30 | = | $T_{prol}^{100\%} : 0,3 =$ | 30 | = | $Zn_{prol}^{100\%} : 0,3 =$ |
| 20 | = | $T_{prol}^{100\%} : 0,2 =$ | 20 | = | $Zn_{prol}^{100\%} : 0,2 =$ |
| 10 | = | $T_{prol}^{100\%} : 0,1 =$ | 10 | = | $Zn_{prol}^{100\%} : 0,1 =$ |
| 5 | = | $T_{prol}^{100\%} : 0,05 =$ | 5 | = | $Zn_{prol}^{100\%} : 0,05 =$ |

Zadatak – linear sa bočnim napajanjem iz hidranata

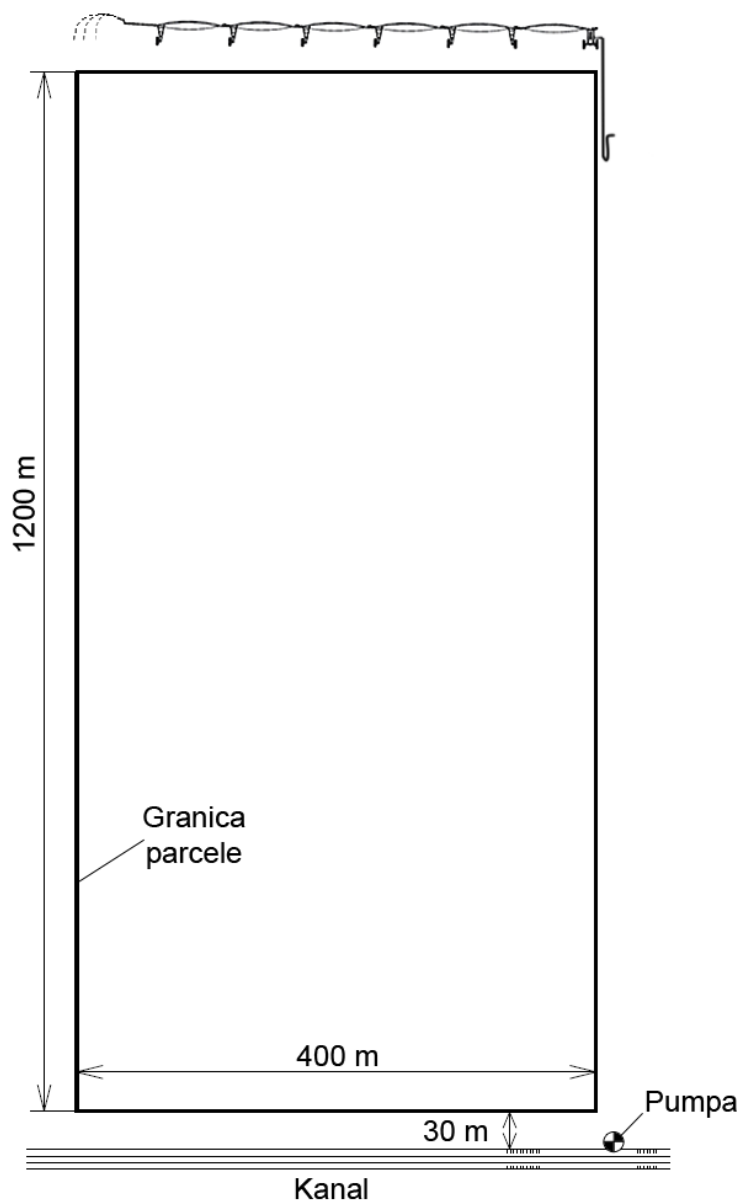
Izraditi projekat sistema za zalivanje samohodnim automatskim širokozahvatnim uređajem tipa **linear**. Parcela je pravougaonog oblika površine od **48 ha**, sa stranicama od **a = 1200 m** i **b = 400 m**. Napajanje lineara je bočno iz hidranata koji se nalaze uz dužu stranicu parcele kako je to prikazano na situacionom planu (Slika 26).

Visinska razlika minimalnog nivoa vode u kanalu i pumpe koja obezbeđuje zahtevani protok i pritisak vode na hidrantima iznosi **$h_v = 1,0$ m**, a visinska razlika između najviše i najniže kote parcele **$H_{parcele} = 1,0$ m**.

Na parceli će se proizvoditi soja, šećerna repa i kukuruz. Potreba gajenih kultura za vodom u kritičnom periodu iznosi **$ET_c = 4,5$ mm/dan**, a potrebna neto zalivna norma iznosi **$NZN = 30$ mm**.

Rešenje zadatka treba da sadrži:

- Proračun zalivnih normi i intervala zalivanja;
- Odabir komponenata zalivnog uređaja;
- Proračun protoka i hidromodula navodnjavanja;
- Dispoziciju stacionarnog cevovoda sa hidrantima;
- Proračun hidrauličkih gubitaka u sistemu;
- Proračun potrebne snage crpnog agregata;
- Podešavanje procentualnog programatora u zavisnosti od zalivne norme.



Slika 26. Situacioni plan zalivnog sistema uređajem tipa linear sa bočnim napajanjem iz hidranata

1) Proračun bruto zalivne norme i intervala - turnusa zalivanja

Za ulazne podatke u ovom primeru interval zalivanja iznosi:

$$I_z = \frac{NZN}{ET_c} = \frac{30 \text{ mm}}{4,5 \text{ mm/dan}} = 6,7 \text{ dana} \rightarrow I_z = 7 \text{ dana}$$

Zbog potrebe povratka mašine u početni položaj i eventualnih opravki i tekućeg održavanja usvojiće se da će zalivanje parcele trajati 6 dana (efektivno trajanje zalivanja $T_E = 6 \text{ dana}$) a jedan dan će se ostaviti za povratak mašine i održavanje.

Bruto zalivna norma za interval zalivanja, odnosno po turnusu (BZN_{turnus}) iznosi:

$$BZN_{turnus} = I_z \frac{ET_c}{Ea} = 7 \text{ dana} \frac{4,5 \text{ mm / dan}}{0,9} = 35 \text{ mm}$$

Usvojena je vrednost bruto zalivne norme od $BZN_{turnus} = 35 \text{ mm} = 350 \text{ m}^3/\text{ha}$.

2) Odabir komponenata zalivnog uređaja

Iz kataloga proizvođača opreme potrebno je odabrati odgovarajuće komponente sistema.

U ovom primeru odabran je uređaj sa spoljašnjim prečnikom cevi $D = 6^{5/8} \text{ ''} = 168 \text{ mm}$.

Dužine raspona, prepusta i domet krajnjeg kišnog topa treba odabrati tako da ukupna dužina mašine (L_{UK}) bude što približnija širini parcele.

U ovom primeru na kraju kišnog krila lineara instaliraće se i krajnji kišni top sa efektivnim dometom mlaza od oko $L_T = 15 \text{ m}$. Na osnovu širine parcele, dometa kišnog topa i odabranog spoljašnjeg prečnika cevi mašine iz tabele 11 odabrani su sledeći rasponi: jedan - prvi raspon dužine $L_1 = 60,96 \text{ m}$, pet raspona dužine $L_2 = 60,62 \text{ m}$ i prepust dužine $L_P = 19,72 \text{ m}$. Ukupna dužina kišnog krila lineara sa dometom kišnog topa iznosi:

$$L_{UK} = 60,96 \text{ m} + 5 \cdot 60,62 \text{ m} + 19,72 \text{ m} + 15 \text{ m} = 398,78 \text{ m}$$

Ukupna dužina kišnog krila lineara bez dometa kišnog topa iznosi:

$$L = 60,96 \text{ m} + 5 \cdot 60,62 \text{ m} + 19,72 \text{ m} = 383,78 \text{ m}$$

Odabran je da razmak rasprskivača od $L_R = 2,88 \text{ m}$.

Broj rasprskivača na kišnom krilu iznosi:

$$Br = \frac{L}{L_R} = \frac{383,78 \text{ m}}{2,88 \text{ m}} = 133,3$$

Usvaja se da se na kišno krilo instalira $Br = 133$ rasprskivača.

Rasprskivači sa takođe biraju iz kataloga proizvođača. U ovom primeru odabran je tip rasprskivača sa regulatorom pritiska koji zahteva radni pritisak od $H_R = 1,4 \text{ bara} = 14,28 \text{ m}$.

3) Proračun protoka i hidromodula navodnjavanja

Ukupna površina koja se zaliva je proizvod dužine parcele i ukupne dužine kišnog krila lineara sa dometom kišnog topa:

$$P = a \cdot L_{UK} = 1200 \text{ m} \cdot 398,78 \text{ m} = 478536 \text{ m}^2 = 47,85 \text{ ha}$$

Ukupna zapremina vode koju treba dovesti na parcelu računa se kao proizvod površine koja se zaliva i potrebne – bruto zalivne norme:

$$V = P(\text{ha}) \cdot BZN_{turnus} (\text{m}^3 / \text{ha}) = 47,85 \text{ ha} \cdot 350 \text{ m}^3 / \text{ha} = 16747,5 \text{ m}^3$$

U ovom primeru usvojeno je da efektivno vreme rada sistema u toku dana iznosi $T = 23$ časa.

Ukupno trajanje zalivanja (T_z) parcele iznosi:

$$T_z = T_E \cdot T = 6 \text{ dana} \cdot 23 \text{ časa} = 138 \text{ časova}$$

Potreban protok (Q) lineara računa se kao količnik ukupne zapremine vode koju treba dovesti na parcelu i ukupnog trajanja zalivanja:

$$Q = \frac{V}{T_z} = \frac{16747,5 \text{ m}^3}{138 \text{ čas}} = 121,36 \text{ m}^3 / \text{čas} = 0,0337 \text{ m}^3 / \text{sek} = 33,7 \text{ lit} / \text{sek}$$

Hidromodul navodnjavanja iznosi:

$$q = \frac{BZN_{turnus} (\text{mm}) \cdot 10000}{T_z (\text{čas}) \cdot 3600} = \frac{35 \text{ mm} \cdot 10000}{138 \text{ čas} \cdot 3600} = 0,7 \text{ lit} / \text{sek} / \text{ha}$$

4) Odabir krajnjeg kišnog topa

Iz kataloga proizvođača odabira se krajnji kišni top u zavisnosti od protoka topa, radnog pritiska i zahtevanog efektivnog dometa mlaza topa.

Protok kišnog topa zavisi od dužine uređaja bez topa, zahtevanog dometa mlaza topa i ukupnog protoka sistema, a računa se prema sledećoj formuli:

$$Q_{TOPA} = Q \cdot \frac{(L + L_T)^2 - L^2}{(L + L_T)^2}$$

U ovom primeru, protok topa iznosi:

$$Q_{TOPA} = Q \cdot \frac{(L + L_T)^2 - L^2}{(L + L_T)^2} = 33,7 \text{ lit / sek} \cdot \frac{(383,78 \text{ m} + 15 \text{ m})^2 - 383,78^2}{(383,78 \text{ m} + 15 \text{ m})^2} = 2,4 \text{ lit / sek}$$

Iz tabele 19 odabran je kišni top sa prečnikom mlaznice od $\varnothing 9/16''$, na osnovu protoka od **2,3 lit/sek** (približno 2,4 lit/sek), radnog pritiska od $H_T = 1,4 \text{ bara}$ (isto kao i pritisak rasprskivača) i sa efektivnim dometom mlaza od $L_T = 14,3 \text{ m}$ što je dovoljno približno zahtevanih 15 m.

5) Proračun hidrauličkih gubitaka u uređaju

Hidraulički gubici u cevima lineara računace se korišćenjem prilagođene Hazen-Vilijamsove (Hazen-Williams) jednačine kao i u prethodnim primerima. Vrednost koeficijenta trenja se dobija iz kataloga proizvođača i u ovom primeru je usvojena vrednost $C = 150$, a unutrašnji prečnik cev je usvojen iz tabele 12 i iznosi $D = 154 \text{ mm} = 0,154 \text{ m}$.

Vrednost hidrauličkih gubitaka u cevima lineara sa bočnim napajanjem iznosi:

$$H_C = 6,527 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{L}{D^{4,87}} \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,85} = 6,527 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{383,78 \text{ m}}{(0,154 \text{ m})^{4,87}} \cdot \left(\frac{33,7 \text{ lit / sek}}{150}\right)^{1,85} = 1,43 \text{ m}$$

Visina zalivnog uređaja zavisi od odabranog modela i komponenti i nalazi se u katalogu proizvođača. U ovom primeru visina lineara iznosi $H_V = 4,12 \text{ m}$.

Hidraulički gubici u zalivnom uređaju, odnosno potreban pritisak na potisnoj cevi pumpe jednak je zbiru hidrauličkih gubitaka u cevovodu mašine, potrebnog radnog pritiska rasprskivača ili krajnjeg topa (u ovom primeru rasprskivači i kišni top rade pod istim pritiscima), visine zalivnog uređaja i visinske razlike parcele. U ovom primeru hidraulički gubici u linearu iznose:

$$H_{LINEAR} = H_C + H_R + H_V + H_{parcele} = 1,43 \text{ m} + 14,28 \text{ m} + 4,12 \text{ m} + 1 \text{ m} = 20,83 \text{ m}$$

Tabela 19. Karakteristike krajnjeg kišnog topa

| Radi pritisak (bar) | | 1.0 | 1.4 | 1.7 | 2.1 | 2.4 | 2.8 | 3.4 | 3.8 | 4.1 | 4.5 | 4.8 | 5.2 | 5.5 | 5.9 | 6.2 | 6.6 | 6.9 |
|-------------------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Prečnik mlaznice 1 3/32" | Protok (l/s) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,5 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 |
| | Efektivni Domnet (m) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,5 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 |
| | Maksimalni Domnet (m) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 24,1 | 25,3 | 25,3 | 25,6 | 26,2 | 26,5 | 27,1 | 27,4 | 28,0 | 28,3 | 28,7 |
| Prečnik mlaznice 7/16" | Protok (l/s) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 3,2 | 2,8 | 3,0 | 3,0 | 3,2 | 3,2 | 3,3 | 3,4 |
| | Efektivni Domnet (m) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 19,2 | 20,4 | 20,7 | 21,0 | 21,3 | 21,9 | 22,3 | 22,3 | 22,6 | 22,9 | 23,2 |
| | Maksimalni Domnet (m) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 24,7 | 26,2 | 26,5 | 27,1 | 27,4 | 28,0 | 28,3 | 28,7 | 29,0 | 29,3 | 29,6 |
| Prečnik mlaznice 1 5/32" | Protok (l/s) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,7 | 2,8 | 3,0 | 3,2 | 3,2 | 3,3 | 3,5 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 3,8 |
| | Efektivni Domnet (m) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 20,1 | 20,4 | 21,0 | 21,3 | 21,6 | 22,3 | 22,3 | 22,9 | 23,2 | 23,2 | 23,5 |
| | Maksimalni Domnet (m) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 25,6 | 26,2 | 26,8 | 27,4 | 27,7 | 28,3 | 28,7 | 29,3 | 29,6 | 29,9 | 30,2 |
| Prečnik mlaznice 1/2" | Protok (l/s) | 1,6 | 1,9 | 2,1 | 2,3 | 2,5 | 2,7 | 3,0 | 3,2 | 3,3 | 3,5 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 4,0 | 4,1 | 4,2 | 4,4 |
| | Efektivni Domnet (m) | 11,3 | 13,7 | 15,5 | 17,4 | 18,6 | 19,5 | 20,7 | 21,0 | 21,6 | 22,3 | 22,3 | 22,9 | 23,2 | 23,5 | 23,8 | 24,1 | 24,4 |
| | Maksimalni Domnet (m) | 14,3 | 17,7 | 20,1 | 22,3 | 23,8 | 25,0 | 26,5 | 27,1 | 27,7 | 28,3 | 28,7 | 29,3 | 29,6 | 30,2 | 30,5 | 30,8 | 31,1 |
| Prečnik mlaznice 1 7/32" | Protok (l/s) | 1,8 | 2,1 | 2,3 | 2,6 | 2,8 | 3,0 | 3,3 | 3,5 | 3,7 | 3,8 | 4,0 | 4,2 | 4,3 | 4,4 | 4,5 | 4,7 | 4,8 |
| | Efektivni Domnet (m) | 11,3 | 14,0 | 16,2 | 17,7 | 18,9 | 20,1 | 21,3 | 21,9 | 22,3 | 22,9 | 23,2 | 23,5 | 24,1 | 24,4 | 24,7 | 25,0 | 25,3 |
| | Maksimalni Domnet (m) | 14,6 | 18,0 | 20,7 | 22,6 | 24,1 | 25,6 | 27,4 | 28,0 | 28,7 | 29,3 | 29,9 | 30,2 | 30,8 | 31,1 | 31,7 | 32,0 | 32,3 |
| Prečnik mlaznice 9/16" | Protok (l/s) | 2,5 | 2,3 | 2,6 | 2,9 | 3,2 | 3,4 | 3,8 | 4,0 | 4,1 | 4,4 | 4,5 | 4,7 | 4,9 | 5,0 | 5,2 | 5,3 | 5,5 |
| | Efektivni Domnet (m) | 10,4 | 14,3 | 16,5 | 18,0 | 18,9 | 20,1 | 22,3 | 22,9 | 23,2 | 23,5 | 24,1 | 24,4 | 24,7 | 25,0 | 25,3 | 25,6 | 25,9 |
| | Maksimalni Domnet (m) | 13,4 | 18,3 | 21,0 | 22,9 | 24,4 | 25,9 | 28,7 | 29,3 | 29,6 | 30,2 | 30,8 | 31,1 | 31,7 | 32,0 | 32,3 | 32,9 | 33,2 |
| Prečnik mlaznice 5/8" | Protok (l/s) | 3,1 | 2,9 | 3,2 | 3,5 | 3,8 | 4,1 | 4,6 | 4,9 | 5,0 | 5,3 | 5,5 | 5,7 | 5,9 | 6,1 | 6,3 | 6,5 | 6,6 |
| | Efektivni Domnet (m) | 0,0 | 14,9 | 17,1 | 18,3 | 19,5 | 20,7 | 23,2 | 23,5 | 24,1 | 24,4 | 24,7 | 25,0 | 25,3 | 25,6 | 26,2 | 26,5 | 26,5 |
| | Maksimalni Domnet (m) | 0,0 | 19,2 | 21,9 | 23,5 | 25,0 | 26,5 | 29,6 | 30,2 | 30,8 | 31,1 | 31,7 | 32,0 | 32,6 | 32,9 | 33,5 | 33,8 | 34,1 |
| Prečnik mlaznice 5/8" X 7/32" | Protok (l/s) | 0,0 | 3,2 | 3,6 | 3,9 | 4,2 | 4,5 | 5,0 | 5,3 | 5,6 | 5,7 | 6,0 | 6,2 | 6,4 | 6,6 | 6,8 | 6,9 | 7,1 |
| | Efektivni Domnet (m) | 0,0 | 14,6 | 17,1 | 18,3 | 18,3 | 20,7 | 23,2 | 23,5 | 24,1 | 24,4 | 24,7 | 25,0 | 25,3 | 25,6 | 26,2 | 26,5 | 26,5 |
| | Maksimalni Domnet (m) | 0,0 | 18,9 | 21,9 | 23,5 | 25,0 | 26,5 | 29,6 | 30,2 | 30,8 | 31,1 | 31,7 | 32,0 | 32,6 | 32,9 | 33,5 | 33,8 | 34,1 |

6) Proračun hidrauličkih gubitaka u priključnom crevu i kolicima

Za razliku od rendžera, lineari se napajaju vodom iz stacionarnog cevovoda i hidranata, koji obezbeđuju potreban protok i pritisak vode. Spoj lineara sa hidrantima se vrši pomoću fleksibilnog creva kojeg mašina vuče sa sobom. Spoj fleksibilnog creva i cevi mašine je u kolicima koje se nalazi na prvom tornju. Da bi se proračunali ukupni hidraulički gubici u sistemu neophodno je odrediti i gubitke u crevu i kolicima. Ovi gubici zavise od protoka, tipa i prečnika creva i tipa kolica i nalaze se u katalozima proizvođača (Tabela 20).

Tabela 20. Hidraulički gubici u fleksibilnom crevu i kolicima

| Protok (lit/sek) | Ojačano crevo 4" unutrašnji 4-12" spoljašnji | Standardno crevo 4-3/4" unutrašnji 5-3/8" spoljašnji | Standardno crevo 6" unutrašnji 6-5/8" spoljašnji | Ojačano crevo 6" unutrašnji 6-5/8" spoljašnji | Standardno crevo 8" unutrašnji 8-5/8" spoljašnji | Gubici u kolicima creva sa uračunatom visinskom razlikom od površine terena od cevi uređaja |
|---------------------|--|--|--|---|--|---|
| | Pad pritiska (m/m) | Pad pritiska (m/m) | Pad pritiska (m/m) | Pad pritiska (m/m) | Pad pritiska (m/m) | Gubitak pritiska (m) |
| 6.3 | 0.007 | | | | | |
| 12.6 | 0.003 | 0.012 | 0.005 | 0.005 | 0.001 | 3.9 |
| 18.9 | 0.054 | 0.027 | 0.009 | 0.011 | 0.003 | 4.1 |
| 25.2 | 0.092 | 0.045 | 0.016 | 0.019 | 0.004 | 4.3 |
| 31.5 | 0.139 | 0.068 | 0.025 | 0.029 | 0.006 | 4.6 |
| 37.9 | | 0.096 | 0.034 | 0.040 | 0.009 | 4.9 |
| 44.2 | | 0.127 | 0.046 | 0.054 | 0.012 | 5.3 |
| 50.5 | | 0.163 | 0.059 | 0.069 | 0.015 | 5.7 |
| 56.8 | | 0.202 | 0.073 | 0.085 | 0.019 | 6.1 |
| 63.1 | | 0.246 | 0.089 | 0.104 | 0.023 | 6.6 |
| 69.4 | | 0.293 | 0.106 | 0.124 | 0.028 | 7.1 |
| 75.7 | | 0.344 | 0.124 | 0.145 | 0.033 | 7.7 |
| 82.0 | | 0.399 | 0.144 | 0.169 | 0.038 | 8.2 |
| 88.3 | | | 0.165 | 0.193 | 0.043 | 8.8 |
| 94.6 | | | 0.188 | 0.220 | 0.049 | 9.4 |
| 100.9 | | | 0.212 | 0.248 | 0.055 | 10.0 |
| 107.3 | | | 0.237 | 0.277 | 0.062 | 10.7 |
| 113.6 | | | 0.263 | 0.308 | 0.069 | 11.4 |
| 119.9 | | | 0.291 | 0.340 | 0.076 | 12.2 |
| 126.2 | | | 0.320 | 0.374 | 0.084 | 13.0 |

U ovom primeru odabrano je standardno fleksibilno crevo unutrašnjeg prečnika od **6"**, a iz tabele 20 se za protok od **33,7 lit/sek** dobija pad pritiska od $I = 0,028 \text{ m/m}$ i gubitak pritiska u kolicima od $H_{\text{KOLICA}} = 4,7 \text{ m}$.

Razmak između hidranata zavisi od moguće dužine fleksibilnog creva. Zapravo, potrebno je međusobno uskladiti razmake među hidrantima i dužine creva. Maksimalne dužine creva mogu da budu oko 300 m, mada su obično kraća. U ovom primeru usvojeno je da razmak između hidranata iznosi $L_{\text{HIDRANT}} = 150 \text{ m}$. Potrebna dužina creva se obično računa kao polovina razmaka između hidranata uvećana za 15-20 m. U ovom primeru dužina creva iznosi:

$$L_{\text{CREVO}} = \frac{L_{\text{HIDRANT}}}{2} + 20 = \frac{150 \text{ m}}{2} + 20 = 95 \text{ m}$$

Hidraulički gubici u fleksibilnom crevu zavise od dužine creva i pada pritiska u crevu i u ovom primeru iznose:

$$H_{\text{CREVO}} = L_{\text{CREVO}} \cdot I = 95 \text{ m} \cdot 0,028 \text{ m/m} = 2,7 \text{ m}$$

Potreban hidraulički pritisak na hidrantu zavisi od zahtevanog pritiska lineara, gubitaka u fleksibilnom crevu i kolicima. U ovom primeru potreban hidraulički pritisak na hidrantu iznosi:

$$H_{HIDRANT} = H_{LINEAR} + H_{CREVO} + H_{KOLICA} = 20,83 m + 2,7 m + 4,7 m = 28,23 m$$

7) Proračun potrebne snage pumpe

Da bi se odredila potrebna snaga pumpe potrebno je uračunati i gubitke u usisnom cevovodu i visinu dizanja vode – visinsku razliku minimalnog nivoa vode u kanalu i pumpe, kao i gubitke u stacionarnom cevovodu na kojem se nalaze hidranti.

Formula za računanje gubitaka u usisnom cevovodu se najčešće dobija od proizvođača, i kao u prethodnim primerima glasi:

$$H_{USIS} = 4,59 \cdot 10^{-5} \cdot (Q)^{1,85} = 4,59 \cdot 10^{-5} \cdot (33,7 \text{ lit / sek})^{1,85} = 0,03 m$$

Na osnovu dužine parcele, razmaka hidranata i rastojanja pumpe i kanala od parcele dobija se da je dužina stacionarnog cevovoda $L_{SC} = 1200 m - 75 m + 30 m = 1155 m$, kako je to prikazano i na situacionom planu na slici 27.

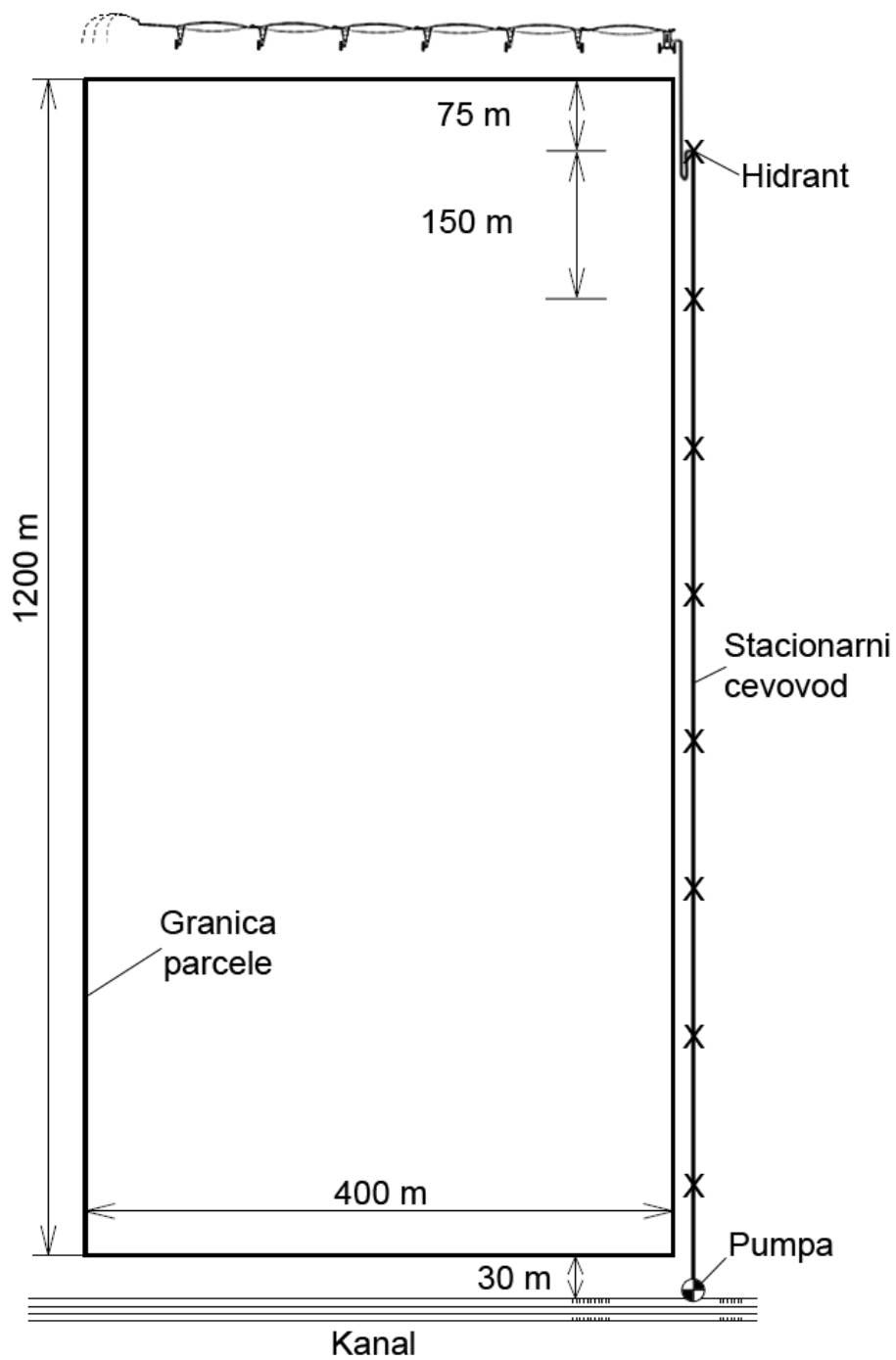
Hidraulički gubici u stacionarnom cevovodu zavise od tipa i prečnika cevi i protoka. U ovom primeru odabrana je dovodna PVC cev prečnika $\varnothing 200 \text{ mm}$, radnog pritiska do 40 m. Vrednost hidrauličkog pada u stacionarnom cevovodu prema nomogramu (Slika 28) iznosi $I = 0,5\% (0,005)$ jer je protok $Q = 33,7 \text{ lit/sek} = 121,36 \text{ m}^3/\text{čas}$.

Hidraulički gubitak u stacionarnom cevovodu iznosi:

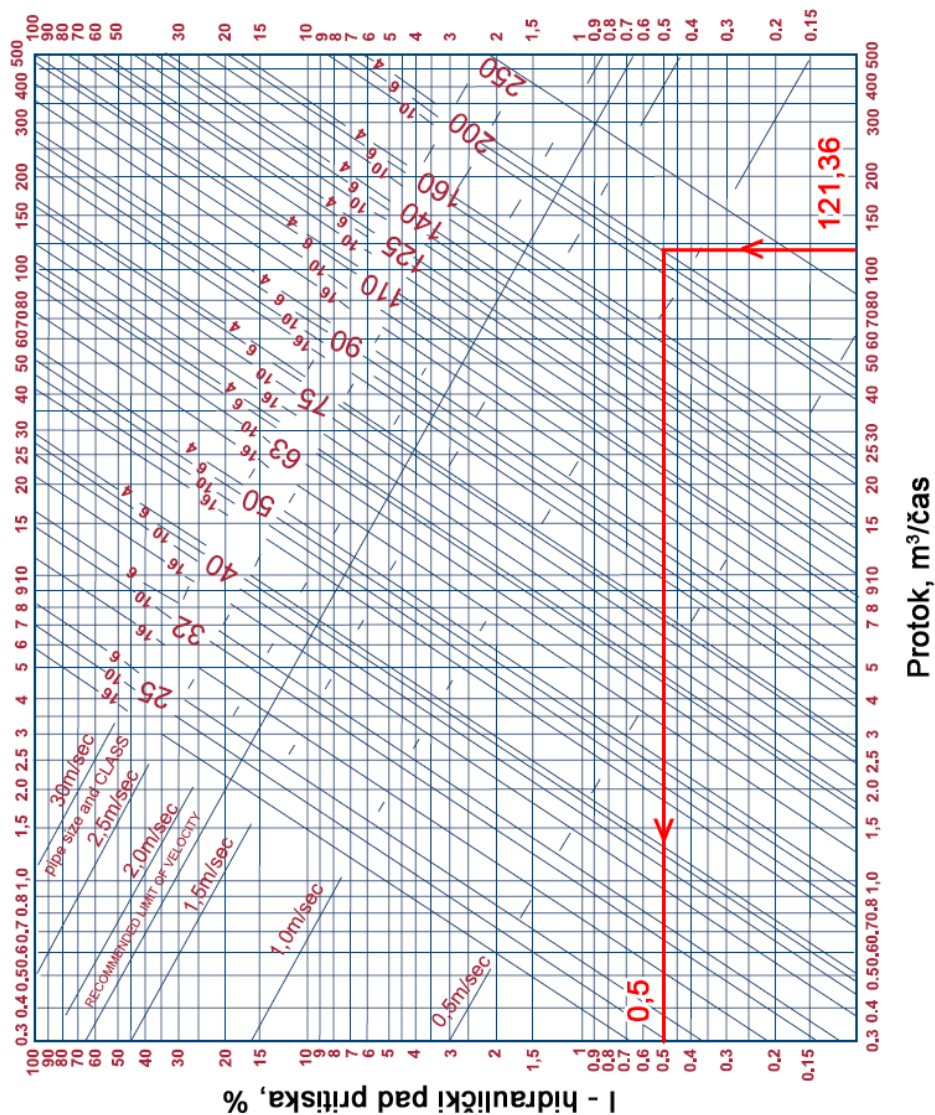
$$H_{SC} = L_{SC} \cdot I = 1155 m \cdot 0,005 = 5,8 m$$

Ukupni hidraulički gubici u sistemu se dobijaju kao zbir potrebnog hidrauličkog pritiska na hidrantu, gubitaka u stacionarnom cevovodu, visinske razliku minimalnog nivoa vode u kanalu i pumpe i gubitaka u usisnom cevovodu i sve to uvećano za 10% iz sigurnosnih razloga kako je to objašnjeno u prethodnim primerima. Ukupni hidraulički gubici u sistemu iznose:

$$H_{UK} = 1,1 \cdot (H_{HIDRANT} + H_{SC} + h_V + H_{USIS}) = 1,1 \cdot (28,23 m + 5,8 m + 1 + 0,03 m) = 35,06 m$$



Slika 27. Situacioni plan zalivnog sistema uređajem tipa linear sa bočnim napajanjem iz hidranata



Slika 28. Nomogram za određivanje hidrauličkog pada pritiska za tvrde PVC cevi

Stepen korisnog dejstva pumpe se dobija od proizvođača, a u ovom primeru iznosi $\eta = 0,81$. Snaga pumpe srazmerna je manometarskoj visini dizanja pumpe (H), protoku (Q) i stepenu korisnog dejstva pumpe (η):

$$N(kW) = \frac{9,81 \cdot Q(\text{lit / sek}) \cdot H(m)}{1000 \cdot \eta} = \frac{9,81 \cdot 33,7 \text{ lit / sek} \cdot 35,06 \text{ m}}{1000 \cdot 0,81} = 14,31 \text{ kW}$$

8) Podešavanje procentualnog programatora

Brzina kretanja mašine pri podešenosti programatora na 100% jednaka je maksimalnoj brzini kretanja mašine koja u ovom primeru iznosi $v_{100\%} = 112,5 \text{ m/čas}$.

Vreme prolaza mašine maksimalnom brzinom se računa kao količnik pređenog puta (dužina parcele) i maksimalne brzine i u ovom primeru iznosi:

$$T_{\text{prolaz}}^{100\%} = \frac{a(m)}{v_{100\%}(m/\text{čas})} = \frac{1200 m}{112,5 m/\text{čas}} = 10,67 \text{ časova}$$

Nanos vode po prolazu pri maksimalnoj brzini mašine zavisi od ukupnog protoka, maksimalne brzine i ukupne dužine mašine i u ovom primeru iznosi:

$$Zn_{\text{prolaz}}^{100\%} = \frac{3600 \cdot Q(\text{lit / sek})}{v_{100\%}(m/\text{čas}) \cdot L_{UK}(m)} = \frac{3600 \cdot 33,7 \text{ lit / sek}}{112,5 m/\text{čas} \cdot 398,78 m} = 2,7 \text{ mm}$$

Vremena prolaza i nanosi vode po prolazima za ostale procenete podešavanja procentualnog programatora se računaju prema tabeli 21.

U ovom primeru zadata zalivna norma jednaka je bruto zalivnoj normi, koja iznosi BZN = 35 mm, a procentualni programator treba podesiti na:

$$\% = 100 \cdot \frac{Zn_{\text{prol}}^{100\%}}{Zn} = 100 \cdot \frac{2,7 \text{ mm}}{35 \text{ mm}} = 7,7\%$$

Tabela 21. Vremena prolaza i nanosi vode po prolazima

| % | Vreme prolaza (čas) | % | Nanos vode po prolazu (mm) |
|-----|--|-----|--|
| 100 | = $T_{\text{prol}}^{100\%}$ = 10,67 | 100 | = $Zn_{\text{prol}}^{100\%}$ = 2,7 |
| 90 | = $T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,9$ = 11,9 | 90 | = $Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,9$ = 3,0 |
| 80 | = $T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,8$ = 13,3 | 80 | = $Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,8$ = 3,4 |
| 70 | = $T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,7$ = 15,2 | 70 | = $Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,7$ = 3,9 |
| 60 | = $T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,6$ = 17,8 | 60 | = $Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,6$ = 4,5 |
| 50 | = $T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,5$ = 21,3 | 50 | = $Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,5$ = 5,4 |
| 40 | = $T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,4$ = 26,7 | 40 | = $Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,4$ = 6,8 |
| 30 | = $T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,3$ = 35,6 | 30 | = $Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,3$ = 9,0 |
| 20 | = $T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,2$ = 53,4 | 20 | = $Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,2$ = 13,5 |
| 10 | = $T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,1$ = 106,7 | 10 | = $Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,1$ = 27,0 |
| 5 | = $T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,05$ = 213,4 | 5 | = $Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,05$ = 54,0 |

VEŽBA 5

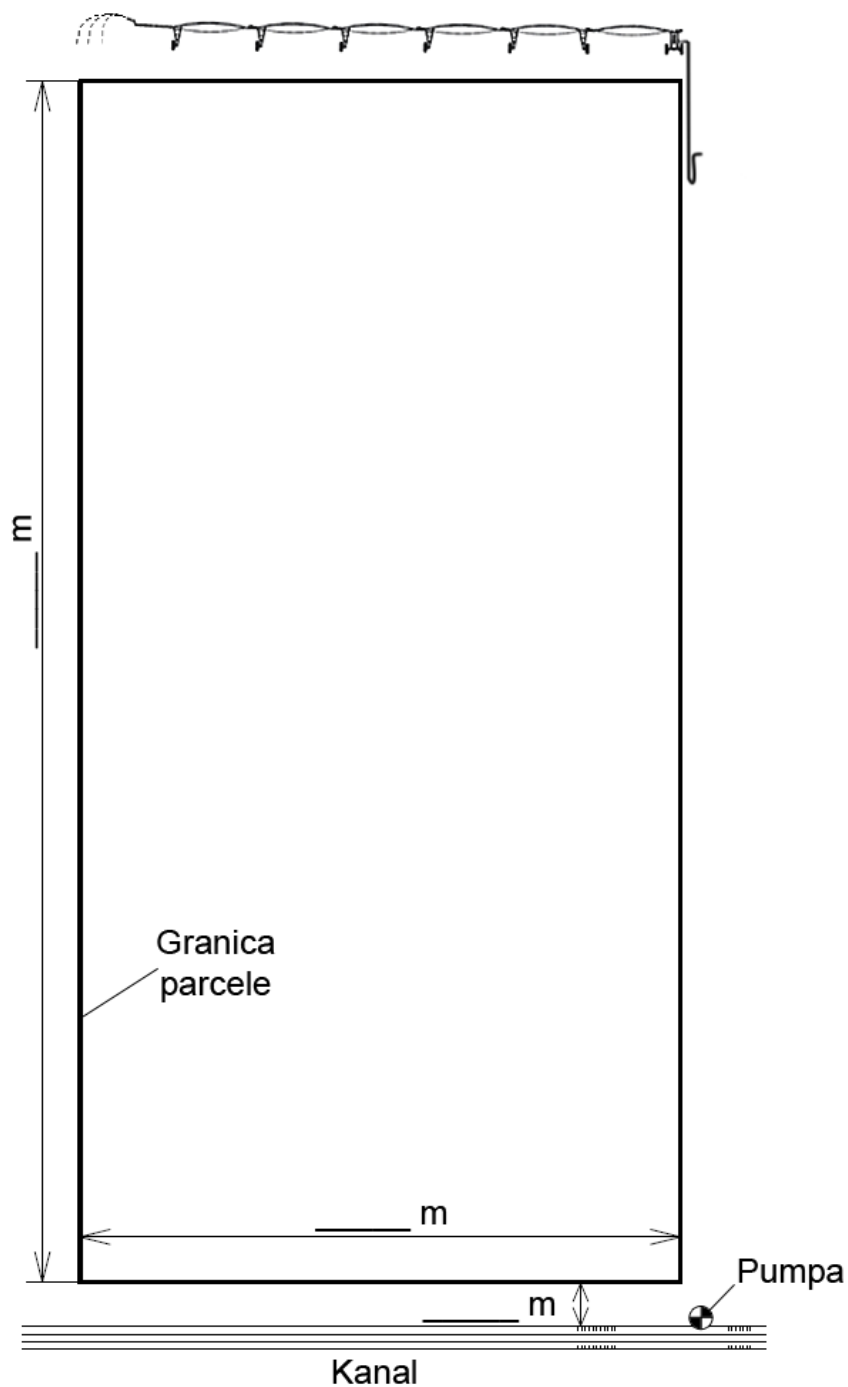
Izraditi projekat sistema za zalivanje samohodnim automatskim širokozahvatnim uređajem tipa **linear**. Parcela je pravougaonog oblika površine od _____ **ha**, sa stranicama od **a** = _____ **m** i **b** = _____ **m**. Napajanje lineara je bočno iz hidrantata koji se nalaze uz dužu stranicu parcele kako je to prikazano na situacionom planu (Slika 29). Pumpa koja obezbeđuje potreban protok i pritisak vode na hidrantima crpi vodu iz kanala koji je udaljen _____ **m** od parcele. Pored raspona i prepusta, projektom treba predvideti i krajnji kišni top.

Visinska razlika minimalnog nivoa vode u kanalu i pumpe koja obezbeđuje zahtevani protok i pritisak vode na hidrantima iznosi $h_v =$ _____ **m**, a visinska razlika između najviše i najniže kote parcele $H_{parcele} =$ _____ **m**.

Na parceli će se proizvoditi soja, šećerna repa i kukuruz. Potreba gajenih kultura za vodom u kritičnom periodu iznosi $ET_c =$ _____ **mm/dan**, a potrebna neto zalivna norma iznosi **NZN** = _____ **mm**.

Rešenje zadatka treba da sadrži:

- Proračun zalivnih normi i intervala zalivanja;
- Odabir komponenata zalivnog uređaja;
- Proračun protoka i hidromodula navodnjavanja;
- Dispoziciju stacionarnog cevovoda sa hidrantima;
- Proračun hidrauličkih gubitaka u sistemu;
- Proračun potrebne snage crpnog agregata;
- Podešavanje procentualnog programatora u zavisnosti od zalivne norme.



Slika 29. Situacioni plan zalivnog sistema uređajem tipa linear sa bočnim napajanjem iz hidranata

Na situacionom planu ucrtati stacionarni cevovod sa položajem hidranata. Potrebno je upisati i sve odgovarajuće dužine i rastojanja. Rezultate proračuna upisati u tabele 22 i 23. Prilikom proračuna koristiti nomogram na slici 30.

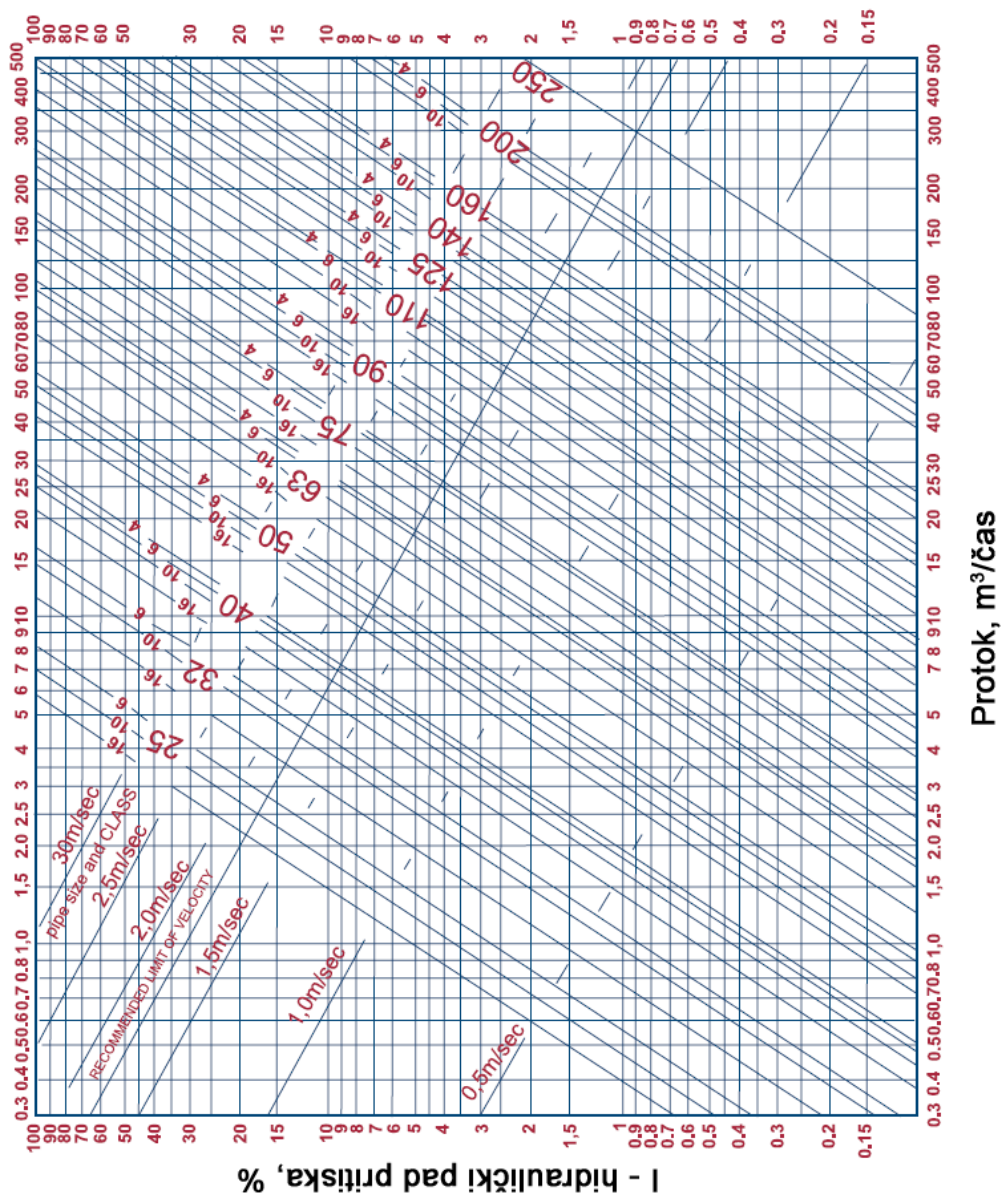
Tabela 22. Rezultati proračuna

| | |
|---|-------------------------------|
| 1) Proračun bruto zalivne norme i intervala - turnusa zalivanja | |
| Interval zalivanja | $I_z =$ |
| Bruto zalivna norma po turnusu | $BZN_{turnus} =$ |
| 2) Odabir komponenata lineara | |
| Spoljašnji prečnik cevi | $D =$ |
| Dužina prvog raspona | $L_1 =$ |
| Dužina ostalih raspona | $L_2 =$ $L_3 =$ $L_4 =$ |
| Dužina prepusta | $L_P =$ |
| Domet mlaza kišnog topa | $L_T =$ |
| Ukupna dužina krila lineara sa dometom topa | $L_{UK} =$ |
| Ukupna dužina krila lineara bez dometa topa | $L =$ |
| Razmak rasprskivača | $L_R =$ |
| Broj rasprskivača | $B_r =$ |
| Radni pritisak rasprskivača | $H_R =$ |
| 3) Odabir krajnjeg kišnog topa | |
| Protok kišnog topa | $Q_{TOPA} =$ |
| Prečnik mlaznice kišnog topa | \emptyset |
| Radni pritisak kišnog topa | $H_T =$ |
| Efektivni domet mlaza topa | $L_T =$ |
| 4) Proračun protoka i hidromodula navodnjavanja | |
| Zalivana površina | $P =$ |
| Ukupna zapremina vode | $V =$ |
| Ukupno trajanje zalivanja | $T_z =$ |
| Protok | $Q =$ |
| Hidromodul navodnjavanja | $q =$ |
| 5) Proračun hidrauličkih gubitaka u uređaju | |
| Hidraulički gubici u cevima lineara | $H_C =$ |
| Visina lineara | $H_V =$ |
| Hidraulički gubici u linearu | $H_{LINEAR} =$ |
| 6) Proračun hidrauličkih gubitaka u priključnom crevu i kolicima | |
| Unutrašnji prečnik fleksibilnog creva | \emptyset |
| Hidraulički gubici u kolicima | $H_{KOLICA} =$ |
| Razmak hidranata | $L_{HIDRANT} =$ |
| Dužina fleksibilnog creva | $L_{CREVO} =$ |
| Hidraulički gubici u fleksibilnom crevu | $H_{CREVO} =$ |
| Potreban hidraulički pritisak na hidrantu | $H_{HIDRANT} =$ |
| 7) Proračun potrebne snage pumpe | |
| Hidraulički gubici u usisnom cevovodu | $H_{USIS} =$ |
| Hidraulički gubici u stacionarnom cevovodu | $H_{SC} =$ |
| Ukupni hidraulički gubici u sistemu | $H_{UK} =$ |

| | |
|--|----------------|
| Snaga pumpe | $N =$ |
| 8) Podešavanje procentualnog programatora | |
| Vreme prolaza mašine maksimalnom brzinom | $T_{100\%} =$ |
| Nanos vode po prolazu pri maksimalnoj brzini | $Zn_{100\%} =$ |
| Procenat programatora koji obezbeđuje zadatu zalivnu normu | $\% =$ |

Tabela 23. Vremena prolaza i nanosi vode po prolazima

| % | Vreme prolaza (čas) | % | Nanos vode po prolazu (mm) |
|-----|-------------------------------|-----|--------------------------------|
| 100 | $= T_{prol}^{100\%} =$ | 100 | $= Zn_{prol}^{100\%} =$ |
| 90 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,9 =$ | 90 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,9 =$ |
| 80 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,8 =$ | 80 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,8 =$ |
| 70 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,7 =$ | 70 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,7 =$ |
| 60 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,6 =$ | 60 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,6 =$ |
| 50 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,5 =$ | 50 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,5 =$ |
| 40 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,4 =$ | 40 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,4 =$ |
| 30 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,3 =$ | 30 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,3 =$ |
| 20 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,2 =$ | 20 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,2 =$ |
| 10 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,1 =$ | 10 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,1 =$ |
| 5 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,05 =$ | 5 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,05 =$ |



Slika 30. Nomogram za određivanje hidrauličkog pada pritiska za tvrde PVC cevi

Zadatak – centar pivot

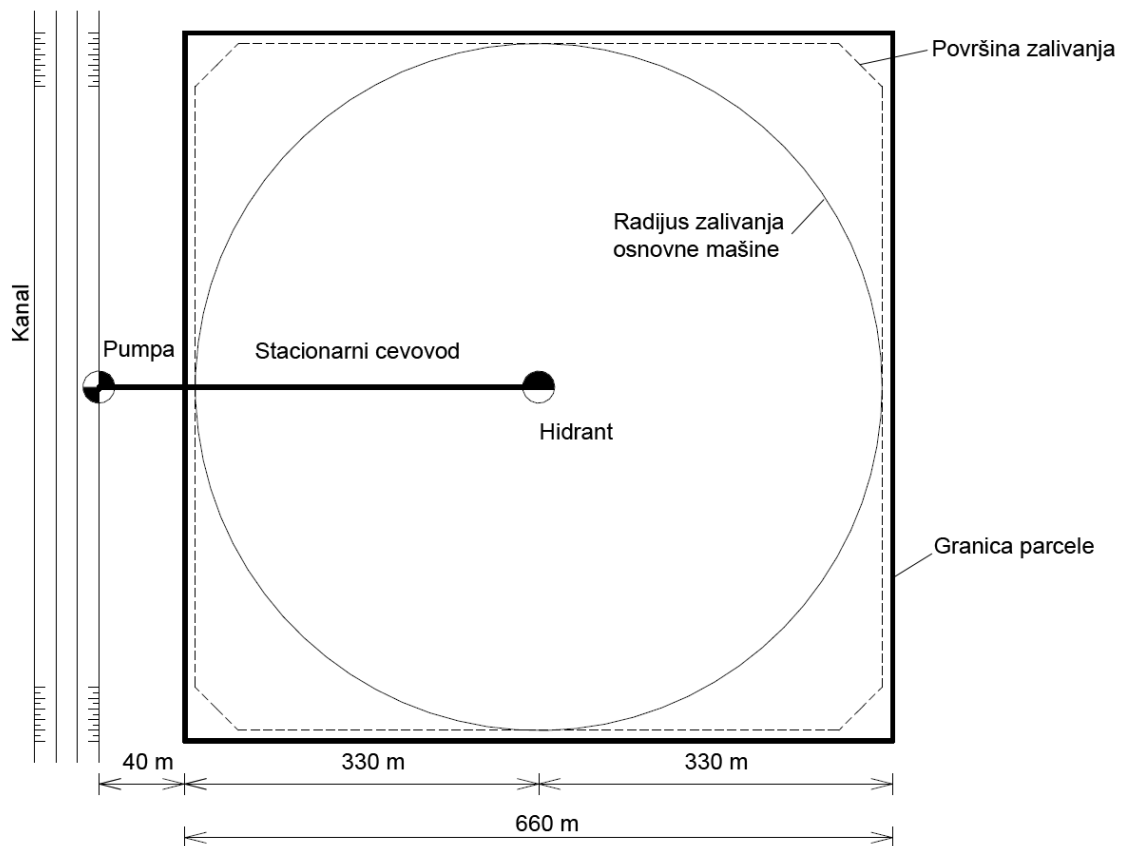
Izraditi projekat sistema za zalivanje samohodnim automatskim širokozahvatnim uređajem tipa **centar pivot**. Parcela je kvadratnog oblika površine od **43,56 ha**, sa dužinom stranice od **a = 660 m**. Zapadna strana površine graniči se sa magistralnim kanalom DTD, koji će poslužiti kao vodozahvat, kako je to prikazano na situacionom planu (Slika 31). Centar pivot pored raspona koji čine osnovnu mašinu treba da sadrži i ugaono krilo (korner uređaj), prepust i krajnji kišni top koji bi omogućavali da se u što većem procentu zaliva kvadratna parcela.

Visinska razlika minimalnog nivoa vode u kanalu i pumpe koja obezbeđuje zahtevani protok i pritisak vode na hidrantu iznosi $h_v = 1,0 \text{ m}$, a visinska razlika između najviše i najniže kote parcele $H_{\text{parcele}} = 1,0 \text{ m}$.

Na parceli će se proizvoditi soja, šećerna repa i kukuruz. Potreba gajenih kultura za vodom u kritičnom periodu iznosi $ET_c = 4,5 \text{ mm/dan}$, a potrebna neto zalivna norma iznosi $NZN = 30 \text{ mm}$.

Rešenje zadatka treba da sadrži:

- Proračun zalivnih normi i intervala zalivanja;
- Odabir komponenata zalivnog uređaja;
- Proračuna zalivene površine, protoka i hidromodula navodnjavanja;
- Proračun hidrauličkih gubitaka u sistemu;
- Proračun potrebne snage crpnog agregata;
- Podešavanje procentualnog programatora u zavisnosti od zalivne norme.



Slika 31. Situacioni plan zalivnog sistema uređajem tipa centar pivot

1) Proračun bruto zalivne norme i intervala - turnusa zalivanja

Za ulazne podatke u ovom primeru interval zalivanja iznosi:

$$I_z = \frac{NZN}{ET_c} = \frac{30 \text{ mm}}{4,5 \text{ mm/dan}} = 6,7 \text{ dana} \rightarrow I_z = 7 \text{ dana}$$

Bruto zalivna norma za interval zalivanja, odnosno po turnusu (BZN_{turnus}) iznosi:

$$BZN_{\text{turnus}} = I_z \frac{ET_c}{Ea} = 7 \text{ dana} \frac{4,5 \text{ mm/dan}}{0,9} = 35 \text{ mm}$$

Usvojena je vrednost bruto zalivne norme od $BZN_{\text{turnus}} = 35 \text{ mm} = 350 \text{ m}^3/\text{ha}$.

2) Odabir komponenata zalivnog uređaja

Iz kataloga proizvođača opreme potrebno je odabrati odgovarajuće komponente sistema.

U ovom primeru odabran je uređaj sa spoljašnjim prečnikom cevi $D = 6^{5/8} \text{ ''} = 168 \text{ mm}$.

Dužine raspona osnovne mašine treba odabrati tako da ukupna dužina osnovne mašine (L_{OM}) bude što približnija polovini širine parcele.

U zavisnosti od spoljašnjeg prečnika cevi (D) uređaja postoje odgovarajuće dužine raspona kišnog krila centar pivota. Uobičajene vrednosti su date u tabeli 24.

Tabela 24. Uobičajene vrednosti prečnika cevi i dužine raspona centar pivota

| Spoljašnji prečnik cevi | | Dužina prvog raspona | Dužina ostalih raspona |
|-------------------------|-----|----------------------|------------------------|
| " | mm | m | m |
| 8 ^{5/8} | 219 | 43,29 | 43,37 |
| 8 ^{5/8} | 219 | 49,06 | 49,13 |
| 6 ^{5/8} | 168 | 37,76 | 37,61 |
| 6 ^{5/8} | 168 | 43,29 | 43,37 |
| 6 ^{5/8} | 168 | 49,06 | 49,13 |
| 6 ^{5/8} | 168 | 54,79 | 54,86 |
| 6 ^{5/8} | 168 | 60,55 | 60,62 |

Na osnovu polovine širine parcele koja iznosi 330 m i uobičajenih raspona centar pivota iz tabele 24, odabrani su sledeći rasponi: jedan – prvi raspon dužine $L_1 = 54,79 \text{ m}$ i pet raspona dužine $L_2 = 54,86 \text{ m}$. Ukupna dužina osnovne mašine iznosi:

$$L_{OM} = 54,79 \text{ m} + 5 \cdot 54,86 \text{ m} = 329,09 \text{ m}$$

Ugaona krila se takođe biraju iz kataloga proizvođača, a neke uobičajene dužine su 83,2 m (osnovna dužina ugaonog krila 58,2 m sa prepustom dužine 25 m) i 77,4 m (osnovna dužina ugaonog krila 52,4 m sa prepustom dužine 25 m).

U ovom primeru odabrano je ugaono krilo dužine $L_{KORNER} = 83,2 \text{ m}$.

Ukupna dužina kišnog krila centar pivota sa korner uređajem i prepustom iznosi:

$$L_{CP} = L_{OM} + L_{KORNER} = 329,09 \text{ m} + 83,2 \text{ m} = 412,29 \text{ m} \approx 412,3 \text{ m}$$

U ovom primeru na kraju kišnog krila, odnosno na kraju ugaonog krila centar pivota instaliraće se i krajnji kišni top sa efektivnim dometom mlaza od oko $L_T = 15 \text{ m}$.

Ukupan radijus zalivanja, odnosno ukupna dužina kišnog krila centar pivota sa ugaonim krilom, prepustom i dometom mlaza krajnjeg kišnog topa iznosi:

$$L_Z = L_{OM} + L_{KORNER} + L_T = 329,09 \text{ m} + 83,2 \text{ m} + 15 \text{ m} = 427,29 \text{ m} \approx 427,3 \text{ m}$$

Rasprskivači sa takođe biraju iz kataloga proizvođača. U ovom primeru odabran je tip rasprskivača sa regulatorom pritiska koji zahteva radni pritisak od $H_R = 1,4 \text{ bara} = 14,28 \text{ m}$. Odabran je da razmak rasprskivača od $L_R = 2,88 \text{ m}$.

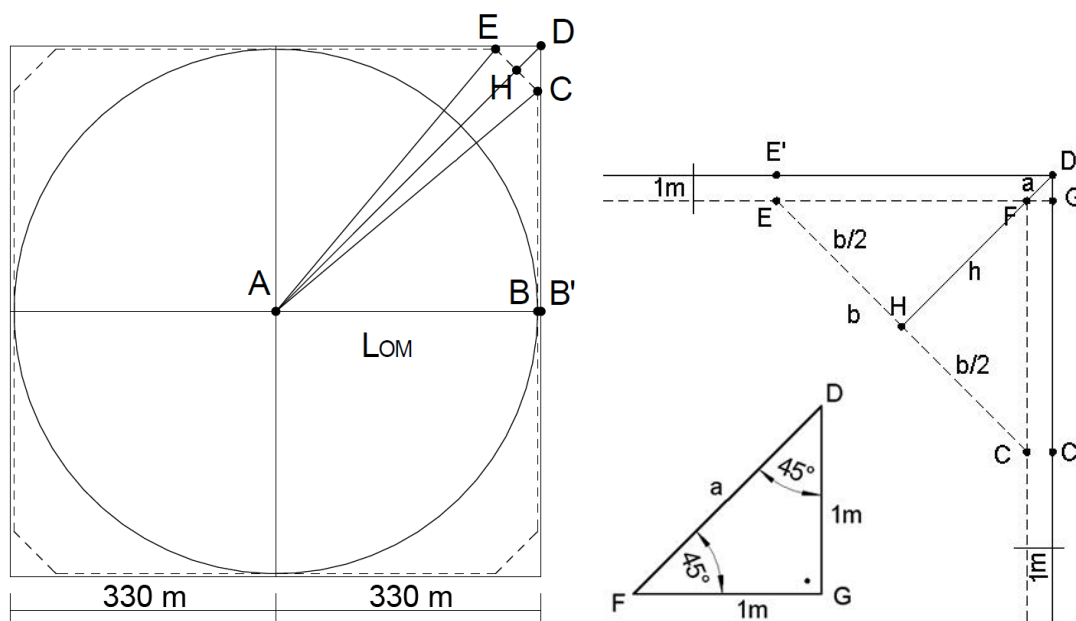
Broj rasprskivača na kišnom krilu iznosi:

$$Br = \frac{L_{CP}}{L_R} = \frac{412,3 \text{ m}}{2,88 \text{ m}} = 143,2$$

Usvaja se da se na kišno krilo instalira $Br = 143$ rasprskivača.

3) Proračun zalivene površine

Da bi se odredio potreban protok centar pivota potrebno je odrediti i površinu zalivanja. Kako se u ovom primeru koristi i ugaono krilo, zalivena površina ima složen geometrijski oblik (Slika 32).



Slika 32. Određivanje zalivene i nezalivene površine

Nezaliveni deo parcele ostaće trake širine 1 m uz ivicu parcele (dužina osnovne mašine je 329 m, a polovina stranice parcele je 330 m) i četiri trougla koja su na slici 32 obeležene tačkama E, C i F. Da bi se dobila površina trougla ECF potrebno je odrediti visinu trougla h , odnosno duž FH i stranicu trougla b , odnosno duž EC . U prvom koraku potrebno je odrediti duž DH koja se dobija na sledeći način:

$$DH = AD - AH$$

$$AD = \sqrt{(AB')^2 + (DB')^2} = \sqrt{329^2 + 329^2} = 465,3 \text{ m}$$

$$AH = 427,3 \text{ m} \quad (\text{radijus zalivanja})$$

$$DH = 465,3 - 427,3 = 38 \text{ m}$$

U sledećem koraku potrebno je odrediti dužinu stranice **a**, odnosno duž **FD** a zatim i visinu trougla **h**:

$$a = FD = \sqrt{FG^2 + GD^2} = \sqrt{1^2 + 1^2} = 1,4 \text{ m}$$

$$h = FH = DH - a = 38 \text{ m} - 1,4 \text{ m} = 36,6 \text{ m}$$

Kako je trougao **FHC** jednakokraki pravougli trougao onda važi da je **h = b/2**, što znači da površina trougla **ECF** iznosi:

$$P_{\Delta ECF} = \frac{b \cdot h}{2} = \frac{2 \cdot \frac{b}{2} \cdot h}{2} = \frac{2 \cdot h \cdot h}{2} = h^2 = 36,6^2 = 1339,6 \text{ m}^2$$

Površina nezalivenih traka širine 1 m uz ivicu parcele iznosi:

$$P_{\text{TRAKE}} = 4 \cdot 659 \text{ m} = 2636 \text{ m}^2$$

Ukupne zalivene i nezalivene površine iznose:

$$P_{\text{NEZALIVENO}} = P_{\text{TRAKE}} + 4 \cdot P_{\Delta} = 2636 \text{ m}^2 + 4 \cdot 1339,6 \text{ m}^2 = 7994,4 \text{ m}^2 \approx 0,8 \text{ ha}$$

$$P_{\text{ZALIVENO}} = P - P_{\text{NEZALIVENO}} = 43,56 \text{ ha} - 0,8 \text{ ha} = 42,76 \text{ ha}$$

4) Proračun protoka i hidromodula navodnjavanja

Ukupna zapremina vode koju treba dovesti na parcelu računa se kao proizvod površine koja se zaliva i potrebne – bruto zalivne norme:

$$V = P(\text{ha}) \cdot BZN_{\text{turnus}} (\text{m}^3 / \text{ha}) = 42,76 \text{ ha} \cdot 350 \text{ m}^3 / \text{ha} = 14966 \text{ m}^3$$

U ovom primeru usvojeno je da efektivno vreme rada sistema u toku dana iznosi **T = 22 časa**.

Ukupno trajanje zalivanja (T_z) parcele centar pivotom iznosi:

$$T_z = I_z \cdot T = 7 \text{ dana} \cdot 22 \text{ časa} = 154 \text{ časa}$$

Potreban protok (Q) centar pivota računa se kao količnik ukupne zapremine vode koju treba dovesti na parcelu i ukupnog trajanja zalivanja:

$$Q = \frac{V}{T_z} = \frac{14966 \text{ m}^3}{154 \text{ časa}} = 97,18 \text{ m}^3 / \text{časa} = 0,0269 \text{ m}^3 / \text{sek} = 26,99 \text{ lit} / \text{sek} \approx 27 \text{ lit} / \text{sek}$$

Hidromodul navodnjavanja iznosi:

$$q = \frac{BZN_{turnus} (mm) \cdot 10000}{T_z (\text{časa}) \cdot 3600} = \frac{35 \text{ mm} \cdot 10000}{154 \text{ časa} \cdot 3600} = 0,63 \text{ lit} / \text{sek} / \text{ha}$$

5) Odabir krajnjeg kišnog topa

Kao i u prethodnom primeru krajnji kišni top odabira se iz kataloga proizvođača u zavisnosti od protoka topa, radnog pritiska i zahtevanog efektivnog dometa mlaza topa.

Protok kišnog topa centar pivota zavisi od dužine osnovne mašine bez ugaonog krila i prepusta, zahtevanog dometa mlaza topa i ukupnog protoka sistema, i u ovom primeru iznosi:

$$Q_{TOPA} = Q \cdot \frac{(L_{OM} + L_T)^2 - L^2}{(L_{OM} + L_T)^2} = 27 \text{ lit} / \text{sek} \cdot \frac{(329 \text{ m} + 15 \text{ m})^2 - 329^2}{(3298 \text{ m} + 15 \text{ m})^2} = 2,3 \text{ lit} / \text{sek}$$

Iz tabele 13 odabran je kišni top sa prečnikom mlaznice od $\emptyset 9/16''$, na osnovu protoka od **2,3 lit/sek**, radnog pritiska od $H_T = 1,4 \text{ bara}$ (isto kao i pritisak rasprskivača) i sa efektivnim dometom mlaza od $L_T = 14,3 \text{ m}$ što je dovoljno približno zahtevanih 15 m.

6) Proračun protoka rasprskivača

Zbog toga što zalivena površina po dužnom metru krila centar pivota raste eksponencijalno sa udaljenjem od centra potrebno je održati uniformnost zalivanja ili različitim razmakom rasprskivača ili različitim protokom vode kroz rasprskivače. U ovom primeru razmak rasprskivača je konstantan i iznosi 2,88 m a protok će se menjati, odnosno povećavati od centra prema kraju mašine. Protoci rasprskivača zavise od protoka sistema (Q), rastojanja od centra do posmatranog rasprskivača (R), polovine rastojanja do susednog rasprskivača (W) i radijusa zalivanja (L_z), a računaju se prema sledećoj formuli:

$$Q_R = Q \cdot \frac{2 \cdot R \cdot W}{L_z^2}$$

U ovom primeru protoci kroz prvi i poslednji rasprskivač iznose:

$$Q_1 = Q \cdot \frac{2 \cdot R \cdot W}{L_z^2} = 27 \text{ lit / sek} \cdot \frac{2 \cdot 2,88 \text{ m} \cdot 1,44 \text{ m}}{427,3_m^2} = 0,0012 \text{ lit / sek}$$

$$Q_{143} = 27 \text{ lit / sek} \cdot \frac{2 \cdot (143 \cdot 2,88 \text{ m}) \cdot 1,44 \text{ m}}{427,3_m^2} = 0,18 \text{ lit / sek}$$

7) Proračun hidrauličkih gubitaka u uređaju

Hidraulički gubici u cevima centar pivota računaju se korišćenjem prilagođene Hazen-Vilijamsove (Hazen-Williams) jednačine kao i u prethodnim primerima. Vrednost koeficijenta trenja se dobija iz kataloga proizvođača i u ovom primeru je usvojena vrednost **C = 150**, a unutrašnji prečnik cevi je usvojen iz tabele 12 i iznosi **D = 154 mm = 0,154 m**.

Vrednost hidrauličkih gubitaka u cevima centar pivota iznosi:

$$H_c = 6,527 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{L_{CP}}{D^{4,87}} \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,85} = 6,527 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{412,3 \text{ m}}{(0,154 \text{ m})^{4,87}} \cdot \left(\frac{27 \text{ lit / sek}}{150}\right)^{1,85} = 1,02 \text{ m}$$

Visina zalivnog uređaja zavisi od odabranog modela i komponenti i nalazi se u katalogu proizvođača. U ovom primeru visina centar pivota iznosi **H_v = 3,73 m**.

Hidraulički gubici u zalivnom uređaju, odnosno potreban pritisak na potisnoj cevi pumpe jednak je zbiru hidrauličkih gubitaka u cevovodu mašine, potrebnog radnog pritiska rasprskivača ili krajnjeg topa (u ovom primeru rasprskivači i kišni top rade pod istim pritiscima), visine zalivnog uređaja, visinske razlike parcele i hidrauličkih gubitaka na spoju osnovne mašine za ugaonim krilom ukoliko postoji. Hidraulički gubitci na spoju osnovne mašine za ugaonim krilom dobijaju se iz kataloga proizvođača, a u tabeli 25 dat je primer uobičajenih vrednosti.

Tabela 25. Hidraulički gubici na spoju osnovne mašine sa ugaonim krilom

| Protok m ³ /čas | Hidraulički gubitak (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Ukupna dužina centar pivota sa ugaonim krilom i prepustom (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 152,4 | 182,9 | 213,4 | 243,8 | 274,3 | 304,8 | 335,3 | 365,8 | 396,2 | 426,7 | 457,2 | 487,7 | 518,2 | 548,6 | 579,1 | 609,6 | 640,1 | 670,6 | 701,0 | 731,5 | 762,0 | 792,5 | 823,0 |
| 22,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| 45,4 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| 68,1 | 1,4 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| 90,8 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| 113,6 | 2,1 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| 136,3 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| 159,0 | 2,8 | 2,8 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| 181,7 | 3,5 | 3,5 | 2,8 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 |
| 204,4 | 4,2 | 3,5 | 3,5 | 2,8 | 2,8 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| 227,1 | 5,6 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 2,8 | 2,8 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| 249,8 | 6,3 | 5,6 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 2,8 | 2,8 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| 272,5 | 7,0 | 6,3 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 2,8 | 2,8 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| 295,2 | 8,4 | 7,0 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 2,8 | 2,8 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| 317,9 | 9,2 | 7,7 | 7,0 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 2,8 | 2,8 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| 340,7 | 10,6 | 9,2 | 7,7 | 6,3 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 2,8 | 2,8 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| 363,4 | 12,0 | 9,9 | 8,4 | 7,0 | 6,3 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 2,8 | 2,8 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| 386,1 | 13,4 | 11,3 | 9,2 | 7,7 | 7,0 | 6,3 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 2,8 | 2,8 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| 408,8 | 14,8 | 12,0 | 10,6 | 9,2 | 7,7 | 7,0 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| 431,5 | 16,2 | 13,4 | 11,3 | 9,9 | 8,4 | 7,0 | 6,3 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| 454,2 | 17,6 | 14,8 | 12,7 | 10,6 | 9,2 | 7,7 | 7,0 | 6,3 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| 476,9 | 19,0 | 16,2 | 13,4 | 11,3 | 9,9 | 8,4 | 7,7 | 7,0 | 6,3 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,1 | 2,1 |
| 499,6 | 20,4 | 16,9 | 14,8 | 12,7 | 10,6 | 9,2 | 8,4 | 7,7 | 6,3 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,1 |
| 522,3 | 22,5 | 18,3 | 15,5 | 13,4 | 12,0 | 9,9 | 9,2 | 7,7 | 7,0 | 6,3 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| 545,0 | 23,9 | 19,7 | 16,9 | 14,8 | 12,7 | 11,3 | 9,9 | 8,4 | 7,7 | 7,0 | 6,3 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| 567,8 | 25,3 | 21,8 | 18,3 | 15,5 | 13,4 | 12,0 | 10,6 | 9,2 | 8,4 | 7,7 | 7,0 | 6,3 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 2,8 | 2,8 |
| 590,5 | 27,5 | 23,2 | 19,7 | 16,9 | 14,1 | 12,7 | 11,3 | 9,9 | 9,2 | 7,7 | 7,0 | 6,3 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 2,8 |
| 613,2 | 29,6 | 24,6 | 21,1 | 17,6 | 15,5 | 13,4 | 12,0 | 10,6 | 9,2 | 8,4 | 7,7 | 7,0 | 6,3 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 2,8 |
| 635,9 | 31,7 | 26,0 | 22,5 | 19,0 | 16,2 | 14,1 | 12,7 | 11,3 | 9,9 | 9,2 | 8,4 | 7,7 | 7,0 | 6,3 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 2,8 |
| 658,6 | 33,1 | 28,2 | 23,9 | 20,4 | 17,6 | 15,5 | 13,4 | 12,0 | 10,6 | 9,9 | 8,4 | 7,7 | 7,0 | 6,3 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 2,8 |
| 681,3 | 35,2 | 29,6 | 25,3 | 21,1 | 18,3 | 16,2 | 14,1 | 12,7 | 11,3 | 9,9 | 9,2 | 8,4 | 7,7 | 7,0 | 6,3 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 2,8 |
| 704,0 | 37,3 | 31,7 | 26,8 | 22,5 | 19,7 | 16,9 | 14,8 | 13,4 | 12,0 | 10,6 | 9,9 | 9,2 | 8,4 | 7,7 | 7,0 | 6,3 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 |
| 726,7 | 39,4 | 33,1 | 28,2 | 23,9 | 20,4 | 18,3 | 15,5 | 14,1 | 12,7 | 11,3 | 10,6 | 9,2 | 8,4 | 7,7 | 7,0 | 6,3 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 |
| 749,4 | 42,2 | 35,2 | 29,6 | 25,3 | 21,8 | 19,0 | 16,9 | 14,8 | 13,4 | 12,0 | 10,6 | 9,9 | 9,2 | 8,4 | 7,7 | 7,0 | 6,3 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 |
| 772,1 | 44,4 | 37,3 | 31,0 | 26,8 | 23,2 | 19,7 | 17,6 | 15,5 | 14,1 | 12,7 | 11,3 | 10,6 | 9,2 | 8,4 | 7,7 | 7,0 | 6,3 | 5,6 | 4,9 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 |

Ovaj gubitak zavisi od protoka mašine i od ukupne dužine centar pivota uključujući i ugaono krilo i prepust (bez dometa mlaza kišnog topa) i u ovom primeru iznosi:

$$H_{SK} = 0,7 m$$

Hidraulički gubici centar pivota iznose:

$$H_{CP} = H_C + H_R + H_V + H_{parcele} + H_{SK} = 1,02 m + 14,28 m + 3,73 m + 1 m + 0,7 m = 20,73 m$$

8) Proračun potrebne snage pumpe

Da bi se odredila potrebna snaga pumpe potrebno je uračunati i gubitke u usisnom cevovodu i visinu dizanja vode – visinsku razliku minimalnog nivoa vode u kanalu i pumpe, kao i gubitke u stacionarnom cevovodu.

Formula za računanje gubitaka u usisnom cevovodu se najčešće dobija od proizvođača, i kao i u prethodnim primerima glasi:

$$H_{USIS} = 4,59 \cdot 10^{-5} \cdot (Q)^{1,85} = 4,59 \cdot 10^{-5} \cdot (27 \text{ lit / sek})^{1,85} = 0,02 m$$

Prema situacionom planu (Slika 31) vidi se da dužina stacionarnog cevovoda iznosi $L_{SC} = 40 m + 330 m = 370 m$.

Hidraulički gubici u stacionarnom cevovodu zavise od tipa i prečnika cevi i protoka. U ovom primeru odabrana je dovodna PVC cev prečnika $\varnothing 200 \text{ mm}$, radnog pritiska do 40 m. Vrednost hidrauličkog pada u stacionarnom cevovodu prema nomogramu (Slika 33) za protok od $Q = 27 \text{ lit/sek} = 97,18 \text{ m}^3/\text{čas}$ iznosi $I = 0,4\% (0,004)$.

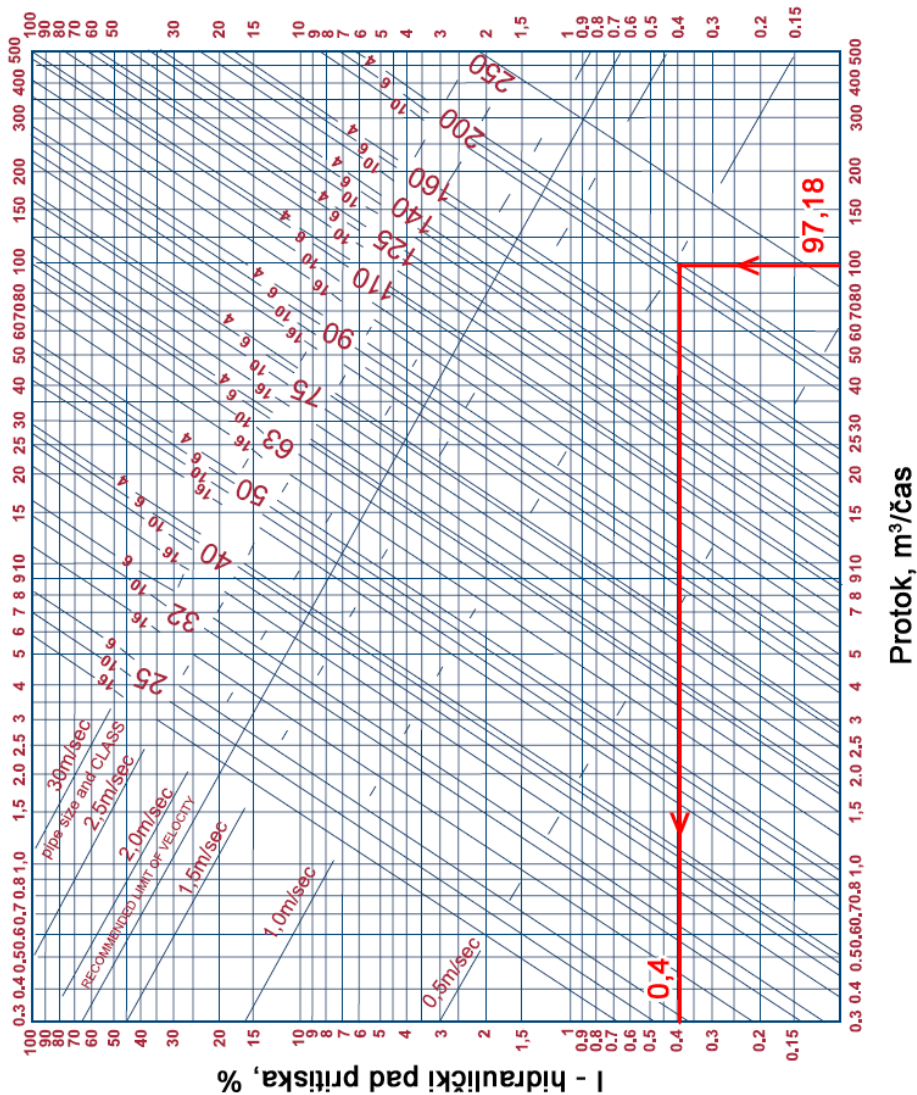
Hidraulički gubitak u stacionarnom cevovodu iznosi:

$$H_{SC} = L_{SC} \cdot I = 370 m \cdot 0,004 = 1,48 m$$

Ukupni hidraulički gubici u sistemu se dobijaju kao zbir potrebnog hidrauličkog pritiska na hidrantu, gubitaka u stacionarnom cevovodu, visinske razliku minimalnog nivoa vode u kanalu i pumpe i gubitaka u usisnom cevovodu i sve to uvećano za 10% iz sigurnosnih razloga kako je to objašnjeno u prethodnim primerima. Ukupni hidraulički gubici u sistemu iznose:

$$H_{UK} = 1,1 \cdot (H_{CP} + H_{SC} + h_V + H_{USIS}) = 1,1 \cdot (20,73 m + 1,48 m + 1 + 0,02 m) = 25,55 m$$

Stepen korisnog dejstva pumpe se dobija od proizvođača, a u ovom primeru iznosi $\eta = 0,81$.



Slika 33. Nomogram za određivanje hidrauličkog pada pritiska za tvrde PVC cevi

Snaga pumpe srazmerna je manometarskoj visini dizanja pumpe (H), protoku (Q) i stepenu korisnog dejstva pumpe (η):

$$N(kW) = \frac{9,81 \cdot Q(\text{lit / sek}) \cdot H(m)}{1000 \cdot \eta} = \frac{9,81 \cdot 27 \text{ lit / sek} \cdot 25,55 \text{ m}}{1000 \cdot 0,81} = 8,35 \text{ kW}$$

9) Podešavanje procentualnog programatora

Brzina kretanja mašine pri podešenosti programatora na 100% jednaka je maksimalnoj brzini kretanja mašine koja u ovom primeru iznosi $v_{100\%} = 127,1 \text{ m/čas}$.

Vreme prolaza centar pivota maksimalnom brzinom se računa sledećom formulom:

$$T_{\text{prolaz}}^{100\%} = \frac{2\pi \cdot L_{OM}}{v_{100\%}} = \frac{2\pi \cdot 329 \text{ m}}{127,1 \text{ m / čas}} = 16,26 \text{ časova}$$

Nanos vode po prolazu pri maksimalnoj brzini mašine zavisi od ukupnog protoka, vremena prolaza centar pivota maksimalnom brzinom i površine zalivanja i u ovom primeru iznosi:

$$Zn_{\text{prolaz}}^{100\%} = \frac{3600 \cdot T_{\text{prolaz}}^{100\%} (\text{čas}) \cdot Q (\text{lit / sek})}{P_{\text{ZALIVENO}} (\text{m}^2)} = \frac{3600 \cdot 16,26 \text{ časa} \cdot 27,2 \text{ lit / sek}}{427605,6 \text{ m}^2} = 3,7 \text{ mm}$$

Vremena prolaza i nanosi vode po prolazima za ostale procenete podešavanja procentualnog programatora se računaju prema tabeli 26.

Tabela 26. Vremena prolaza i nanosi vode po prolazima

| % | Vreme prolaza (čas) | | % | Nanos vode po prolazu (mm) | |
|-----|--------------------------------------|-------|-----|---------------------------------------|------|
| 100 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} =$ | 16,26 | 100 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} =$ | 3,7 |
| 90 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,9 =$ | 18,1 | 90 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,9 =$ | 4,1 |
| 80 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,8 =$ | 20,3 | 80 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,8 =$ | 4,6 |
| 70 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,7 =$ | 23,2 | 70 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,7 =$ | 5,3 |
| 60 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,6 =$ | 27,1 | 60 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,6 =$ | 6,2 |
| 50 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,5 =$ | 32,5 | 50 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,5 =$ | 7,4 |
| 40 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,4 =$ | 40,7 | 40 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,4 =$ | 9,3 |
| 30 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,3 =$ | 54,2 | 30 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,3 =$ | 12,3 |
| 20 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,2 =$ | 81,3 | 20 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,2 =$ | 18,5 |
| 10 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,1 =$ | 162,6 | 10 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,1 =$ | 37,0 |
| 5 | $= T_{\text{prol}}^{100\%} : 0,05 =$ | 325,2 | 5 | $= Zn_{\text{prol}}^{100\%} : 0,05 =$ | 74,0 |

U ovom primeru zadata zalivna norma jednaka je bruto zalivnoj normi, koja iznosi BZN = 35 mm, a procentualni programator treba podesiti na:

$$\% = 100 \cdot \frac{Zn_{\text{prol}}^{100\%}}{Zn} = 100 \cdot \frac{3,7 \text{ mm}}{35 \text{ mm}} = 10,6 \%$$

VEŽBA 6

Izraditi projekat sistema za zalivanje samohodnim automatskim širokozahvatnim uređajem tipa **centar pivot**. Parcela je kvadratnog oblika površine od _____ **ha**, sa dužinom stranice od **a** = _____ **m**. Zapadna strana površine graniči se sa magistralnim kanalom DTD, koji će poslužiti kao vodozahvat, kako je to prikazano na situacionom planu (Slika 34). Centar pivot pored raspona koji čine osnovnu mašinu treba da sadrži i ugaono krilo, prepust i krajnji kišni top koji bi omogućavali da se u što većem procentu zaliva kvadratna parcela.

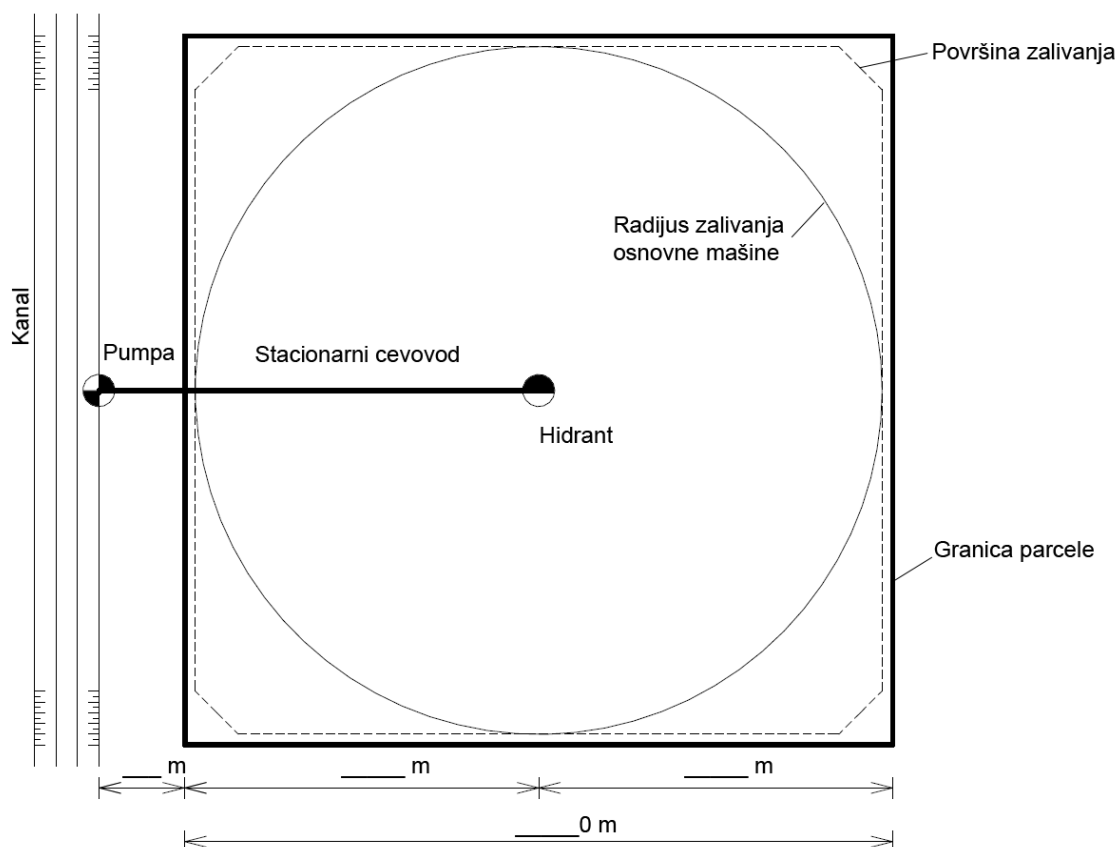
Visinska razlika minimalnog nivoa vode u kanalu i pumpe koja obezbeđuje zahtevani protok i pritisak vode na hidrantu iznosi $h_v =$ _____ **m**, a visinska razlika između najviše i najniže kote parcele $H_{parcele} =$ _____ **m**.

Na parceli će se proizvoditi soja, šećerna repa i kukuruz. Potreba gajenih kultura za vodom u kritičnom periodu iznosi $ET_c =$ _____ **mm/dan**, a potrebna neto zalivna norma iznosi $NZN =$ _____ **mm**.

Rešenje zadatka treba da sadrži:

- Proračun zalivnih normi i intervala zalivanja;
- Odabir komponenata zalivnog uređaja;
- Proračuna zalivene površine, protoka i hidromodula navodnjavanja;
- Proračun hidrauličkih gubitaka u sistemu;
- Proračun potrebne snage crpnog agregata;
- Podešavanje procentualnog programatora u zavisnosti od zalivne norme.

Rezultate proračuna upisati u tabele 27 i 28. Prilikom proračuna koristiti nomogram na slici 35.



Slika 34. Situacioni plan zalivnog sistema uređajem tipa centar pivot

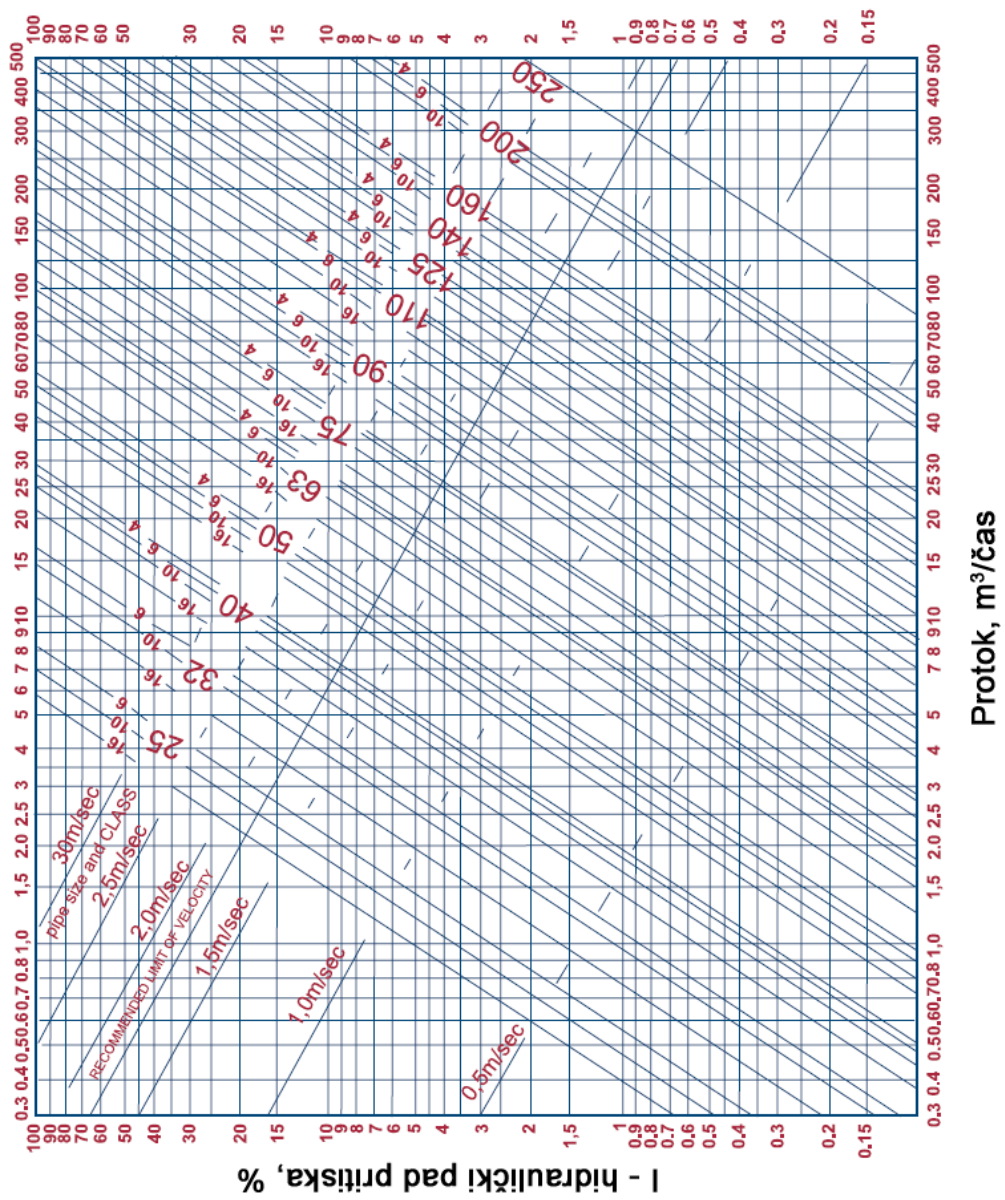
Tabela 27. Rezultati proračuna

| | |
|--|--------------------|
| 1) Proračun bruto zalivne norme i intervala - turnusa zalivanja | |
| Interval zalivanja | $I_z =$ |
| Bruto zalivna norma po turnusu | $BZN_{turnus} =$ |
| 2) Odabir komponenata lineara | |
| Spoljašnji prečnik cevi | $D =$ |
| Dužina prvog raspona | $L_1 =$ |
| Dužina ostalih raspona | $L_2 =$ |
| Dužina osnovne mašine centar pivota | $L_{OM} =$ |
| Dužina ugaonog krila | $L_{KORNER} =$ |
| Ukupna dužina centar pivota bez dometa topa | $L_{CP} =$ |
| Dometa mlaza kišnog topa | $L_T =$ |
| Ukupan radijus zalivanja | $L_z =$ |
| Razmak rasprskivača | $L_R =$ |
| Broj rasprskivača | $B_r =$ |
| Radni pritisak rasprskivača | $H_R =$ |
| 3) Proračun zalivene površine | |
| Nezalivena površina | $P_{NEZALIVENO} =$ |
| Zalivena površina | $P_{ZALIVENO} =$ |
| 4) Proračun protoka i hidromodula navodnjavanja | |
| Ukupna zapremina vode | $V =$ |
| Ukupno trajanje zalivanja | $T_z =$ |

| | |
|--|----------------|
| Protok | $Q =$ |
| Hidromodul navodnjavanja | $q =$ |
| 5) Odabir krajnjeg kišnog topa | |
| Protok kišnog topa | $Q_{TOPA} =$ |
| Prečnik mlaznice kišnog topa | \emptyset |
| Radni pritisak kišnog topa | $H_T =$ |
| Efektivni domet mlaza topa | $L_T =$ |
| 6) Proračun protoka rasprskivača | |
| Protok kroz prvi rasprskivač | $Q_1 =$ |
| Protok kroz poslednji rasprskivač | $Q_{\dots} =$ |
| 7) Proračun hidrauličkih gubitaka u uređaju | |
| Hidraulički gubici u cevima centar pivota | $H_C =$ |
| Visina centar pivota | $H_V =$ |
| Hidraulički gubici na spoju ugaonog krila | $H_{SK} =$ |
| Hidraulički gubici centar pivota | $H_{CP} =$ |
| 8) Proračun potrebne snage pumpe | |
| Hidraulički gubici u usisnom cevovodu | $H_{USIS} =$ |
| Hidraulički gubici u stacionarnom cevovodu | $H_{SC} =$ |
| Ukupni hidraulički gubici u sistemu | $H_{UK} =$ |
| Snaga pumpe | $N =$ |
| 9) Podešavanje procentualnog programatora | |
| Vreme prolaza mašine maksimalnom brzinom | $T_{100\%} =$ |
| Nanos vode po prolazu pri maksimalnoj brzini | $Zn_{100\%} =$ |
| Procenat programatora koji obezbeđuje zadatu ZN | $\% =$ |

Tabela 28. Vremena prolaza i nanosi vode po prolazima

| % | Vreme prolaza (čas) | % | Nanos vode po prolazu (mm) |
|-----|-------------------------------|-----|--------------------------------|
| 100 | $= T_{prol}^{100\%} =$ | 100 | $= Zn_{prol}^{100\%} =$ |
| 90 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,9 =$ | 90 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,9 =$ |
| 80 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,8 =$ | 80 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,8 =$ |
| 70 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,7 =$ | 70 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,7 =$ |
| 60 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,6 =$ | 60 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,6 =$ |
| 50 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,5 =$ | 50 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,5 =$ |
| 40 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,4 =$ | 40 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,4 =$ |
| 30 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,3 =$ | 30 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,3 =$ |
| 20 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,2 =$ | 20 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,2 =$ |
| 10 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,1 =$ | 10 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,1 =$ |
| 5 | $= T_{prol}^{100\%} : 0,05 =$ | 5 | $= Zn_{prol}^{100\%} : 0,05 =$ |



Slika 35. Nomogram za određivanje hidrauličkog pada pritiska za tvrde PVC cevi

4. LITERATURA

1. Avakumović, D., Stanić, M., (1995): Hidrotehničke melioracije – zbirka zadataka, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd.
2. Avakumović, D., (2005): Navodnjavanje, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd.
3. Belić, S., Benka, P., (1996): Tehnika navodnjavanja i odvodnjavanja, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
4. Kolaković, S., (2006): Navodnjavanje – Sistemi za navodnjavanje, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
5. Ratković, V., (2006): Navodnjavanje jagodastog voća, Hidrobiro AD Novi Sad, Neptun inženjering biro Novi Sad, Novi Sad.
6. Sava, A. P., Frenken, K., (2002): Irrigation manual – Planning, Development, Monitoring and Evaluation of Irrigated Agriculture with Farmer Participation, Volume I – V, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Harare.
7. Scherer, T. F., Kranz, W., Pfof, D., Werner, H., Wright, J. A., Yonts, C. D., (1999): Sprinkler Irrigation Systems, MWPS – 30 First Edition, MidWest Plan Service, Iowa State University, Ames, Iowa.
8. Stričević, J. R., (2007): Navodnjavanje: Osnove projektovanja i upravljanja sistemima, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
9. Stričević, J. R., (2000): Projektovanje u melioracijama - Praktikum, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd.
10. Trajković, S., Milanović, M., (2012): Navodnjavanje voćnjaka, Kancelarija za program podrške u privatnom sektoru za podršku sektoru voćarstva i bobičastog voća u Južnoj Srbiji, Niš
11. www.valleyirrigation.com/
12. www.ocmis-irrigazione.it/
13. www.netafim.com/
14. <http://rivulis.com/>

